BDeBooks.com

E-BOOK

www.BDeBooks.com
FB.com/BDeBooksCom
BDeBooks.Com@gmail.com

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড কর্তৃক প্রবর্তিত ৪ চার বছর মেয়াদি ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রমে ২০১৬ সালের নতুন সিলেবাস অনুযায়ী দ্বিতীয় সেমিস্টার সিভিল, কনস্ট্রাশন, সিভিল (উড) টেকনোলজির জন্য প্রণীত

সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্

Civil Engineering Materials

Subject Code : 66421

[অতি সংক্ষিপ্ত ও সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর এবং রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর সংকেতসহ]

রচনায়

মোঃ আনোয়ার হোসেন
বিএসসি-ইন-টেক. এডুকেশন (সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং)
অধ্যক্ষ (অব)
বি.এস. পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট
কাপ্তাই.

হক পাবলিকেশনস্
HAQUE PUBLICATIONS
৩৮ বাংলাবাজার (২য় তলা), ঢাকা-১১০০

প্রকাশক : হক পাবলিকেশনস্-এর পক্ষে
হাজী জাহানারা হক
৩৮ বাংলাবাজার (২য় তলা), ঢাকা-১১০০
ফোন : ৯৫৮০৩৭০

[প্রকাশক কর্তৃক সকল স্বত্ব সংরক্ষিত]

প্রথম প্রকাশ : ২ ফেব্রুয়ারি ২০১৭

প্রচ্ছদ পরিকল্পনায় : মোঃ আশরাফুল হক আলো

সার্বিক তত্ত্বাবধানে : ইঞ্জিঃ মোঃ হামিদুল হক মামুন

চিত্রাঙ্কনে : জি. মাওলা কম্পিউটার

বর্ণবিন্যাসে : জি. মাওলা কম্পিউটার

মুদ্রণে : জি. মাওলা প্রিন্টিং প্রেস
৩৪ শ্রীশ দাস লেন, বাংলাবাজার
ঢাকা-১১০০

বাংলাদেশ পুস্তক প্রকাশক ও বিক্রেতা সমিতি কর্তৃক গৃহীত

মূল্য (MRP) : ২৬০.০০ টাকা মাত্র

লেখকের কথা

বিসমিল্লাহির রাহমানির রাহিম

প্রযুক্তির উন্নয়নের সাথে সামাজিক চাহিদা পূরণের উপযোগী ডিপ্লোমা প্রকৌশলী তৈরির উদ্দেশ্যে বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড ২০১০ সাল হতে ৪ বছর মেয়াদি ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং-এর নতুন কোর্স স্ট্রাকচার চালু করে। এ কোর্সের ২০১৬ সালের সিলেবাস অনুযায়ী দ্বিতীয় পর্ব : সিভিল, কনস্ট্রাকশন, সিভিল (উড) টেকনোলজির জন্য "সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ (৬৬৪২১" পুস্তকখানি প্রণয়ন করি। এতে সিলেবাস অনুযায়ী প্রত্যেকটি সাধারণ উদ্দেশ্যের আওতাধীন বিশেষ উদ্দেশ্যাবলির সীমায় আলোচনা সীমাবদ্ধ রাখা হয়েছে। তবে কোন কোন ক্ষেত্রে শিক্ষার্থীদের নিকট বিষয়বস্তুর সহজ, সরল ও পর্যায়ক্রমিক উপস্থাপনের জন্য এর ব্যতিক্রমও ঘটেছে। এতে প্রত্যেকটি অধ্যায়ের শেষে শিক্ষার্থীর শিখন মূল্যায়নে অতি সংক্ষিপ্ত, সংক্ষিপ্ত ও রচনামূলক প্রশ্ন দেয়া হয়েছে।

বইটি প্রণয়নে অনেক স্বনামধন্য লেখকের বইপত্র, বিভিন্ন প্রতিষ্ঠানের গবেষণাপত্র, নির্দেশিকা, হ্যান্ড আউট ইত্যাদির সহায়তা নিয়েছি এবং বিভিন্ন গুণীজনের সহযোগিতা ও পরামর্শ গ্রহণ করেছি। আমি তাঁদের সকলের নিকট কৃতজ্ঞ ও ঋণী।

পরিশেষে অনিচ্ছাকৃত ভুলত্রুটি, মুদ্রণভ্রান্তি ও সীমাবদ্ধতার কথা অকপটে স্বীকার করে পাঠকবৃন্দ ও সুধীজনদের নিকট হতে গঠনমূলক পরামর্শ কামনা করছি। স্বল্প সময়ে বইটির মুদ্রণ শেষ করে পাঠককুলের হাতে তুলে দেয়ায় 'হক পাবলিকেশনস' এর স্বত্বাধিকারিণী হাজী জাহানারা হককে ধন্যবাদ জ্ঞাপন করছি। এ বইখানা শিক্ষার্থী ও পাঠককুলের সামান্য উপকারে আসলে আমার শ্রম সার্থক মনে করব।

ধন্যবাদান্তে

মোঃ আনোয়ার হোসেন

উৎসর্গ

যাদের দোয়া, ভালোবাসা ও ত্যাগ
আমাকে করেছে ধন্য
আমার স্নেহময়ী মা ও বাবা'কে
— লেখক

সিলেবাস

66421 **CIVIL ENGINEERING MATERIALS**

T	P	C
2	3	3

AIMS

- To be able to identify and classify the materials used for construction in civil engineering field.
- To be able to recognize the sources of various civil engineering materials.
- To be able to understand the characteristics of various civil engineering materials.
- To be able to understand the uses of different civil engineering materials.

SHORT DESCRIPTION

Aspects of engineering materials; Engineering uses of Stone; Bricks; Sand; Cement; Timber ; Aluminum as construction materials;Timber & Wood based materials ; Glass and ceramics; Paints and varnishes; Plastic materials ; Alloy & Matel ; Insulating materials; Geo-Textile ; Lime and water proofing materials.

DETAIL DESCRIPTION

1. **Various aspects of civil engineering materials.**
   - 1.1 Define civil engineering materials.
   - 1.2 Mention the classification of civil engineering materials in civil technology

2. **Stone**
   - 2.1 Define stones.
   - 2.2 Mention geological, physical and chemical classification of stones.
   - 2.3 List the characteristics of good stones for construction.
   - 2.4 Describe the dressing of stones.
   - 2.5 Describe the uses of stone in civil engineering filed.

3. **Brick & Hollow block.**
   - 3.1 Define bricks
   - 3.2 Mention the raw materials of Bricks and properties of good bricks making earth .
   - 3.3 Explain the Preparation of clay (manual/mechanically): Pug mill and Machine molding.
   - 3.4 Explain the procedures of drying and burning bricks.
   - 3.5 Mention the types of kilns : Bull's Trench Kiln & Hoffman's Kiln.
   - 3.6 Explain the Size of Brick as per BNBC & PWD specification.
   - 3.7 Explain Common testing of Bricks as per BNBC Compressive strength, Water absorption, Efflorescence, Dimensional tolerance Test.
   - 3.8 Define Special Bricks: Hollow Block & ceramic brick
   - 3.9 Mention the uses of hollow block and ceramic brick
   - 3.10 State the Advantage and disadvantage of hollow block and ceramic brick

4. **Sand.**
   - 4.1 Classify sand according to their sources.
   - 4.2 Mention the specifications of good sand.
   - 4.3 Describe the purpose of grading of sand.
   - 4.4 Mention the use of various grades of sand.

5. **Cement.**
   - 5.1 Define cement.
   - 5.2 Mention the Raw materials of cement & functions of various ingredients of cement.
   - 5.3 Explain manufacture process of ordinary Portland cement, Flow diagram for wet and dry process.
   - 5.4 Mention the properties and uses of ordinary Portland cement.
   - 5.5 Explain the testing of cement as per BNBC : Strength of Cement , Fineness by sieving, Consistency, Soundness, Setting times.
   - 5.6 Understand special cement and their uses.
   - 5.7 Explain storage of cement.

6. **Tiles**
   - 6.1 Define the following tiles: clay tiles, concrete tiles, Plastic tiles, Mosaic tiles, Marble tiles, Glazed tiles. Homogenous tiles
   - 6.2 Explain the uses of different kinds of tiles.

7. **Timber & Wood Based Products**
   - 7.1 Explain the classification of trees: Exogenous and Endogenous trees and their cross section.
   - 7.2 Explain the various types of timber : Teak , Shilkarai, Mehegoni, Gamari, Teak Chambal, Mango, etc.
   - 7.3 Mention the market forms of converted timber as per PWD.
   - 7.4 Explain seasoning of Timber and method of seasoning.
   - 7.5 Explain plywood; manufacturing plywood (brief description only), uses of plywood.
   - 7.6 Explain the Veneers .
   - 7.7 Define other wood based products, their brief description of manufacturing and uses.
   - 7.8 Laminated board, block board, fiber board, MDF board, melamine board and gypsum board. Applications of boards in false ceiling and wall paneling.

8. **Glass and Ceramics.**
   - 8.1 Mention the constituents of glass.
   - 8.2 Define the various types of Glass as per use like: Plate glass, weird glass, Tempered glass, colored glass, fiber glass, formed glass, float glass.
   - 8.3 Explain the properties of glass.
   - 8.4 Mention the uses of glass
   - 8.5 Mention the classification of ceramics.
   - 8.6 Explain the properties of ceramics.
   - 8.7 Mention the uses of ceramics in civil engineering field.

9. Paints and varnishes.

9.1 Understand the purpose and uses of paints.
9.2 Explain the different type of paints: Distemper, plastic paint, enamels paint, cement paint, weather coat paint for outside of the building.
9.3 Understand varnishes and polish types properties and their uses
9.4 Explain lacquers their properties and their uses
9.5 Define the method of Application of different types of paints.

10. Plastic

10.1 Define plastic.
10.2 Explain the list the of raw materials for plastic.
10.3 Mention the type of properties of plastic.
10.4 Mention the characteristics of thermoplastic and thermosetting plastic.
10.5 Identify the uses of plastic as an engineering materials.
10.6 Define laminating plastic.

11. Alloy and Metals

11.1 Define the common types of iron used in industry.
11.2 Mention the uses of wrought iron and cast iron.
11.3 Mention the classification of steel on the basis of carbon content.
11.4 Define the Mild steel, alloy steel and stainless steel.
11.5 Mention the uses of non-ferrous metals and alloys like copper, zinc, tin, lead, brass and bronze.
11.6 Define light metal (aluminum/white metal) as construction material.
11.7 Mention the uses of aluminum as construction materials .

12. Insulating Materials

12.1 Define insulating materials
12.2 Make a list of insulating materials
12.3 State sound and thermal insulation
12.4 Mention the uses of insulation materials

13. Geo-textiles

13.1 Introduction to geo-textiles
13.2 Mention the Uses of geo-textiles
13.3 Describe the Advantage and disadvantage of geo-textiles

14. Lime:

14.1 Define the lime
14.2 Mention the Uses of lime
14.3 List the Advantage and disadvantage of lime

15. Construction chemicals & Water proofing Materials

15.1 Define Construction chemicals/Admixture.
15.2 Make a list of construction chemicals
15.3 Mention the uses of construction chemicals
15.4 Define water proofing Materials.
15.5 Make a list of water proofing materials
15.6 Mention the uses of water proofing materials.

PRACTICAL :

1. Show skill in identifying various types of stone
   - 1.1 Select different type of stone in the laboratory.
   - 1.2 Grading of stone as aggregates
2. Show skill in field test of bricks
   - 2.1 Perform field test of bricks
   - 2.2 Select 1st class , 2nd class, 3rd class bricks and jhama bricks
3. Show skill in conducting laboratory test of bricks
   - 3.1 Perform:
     - (a) Compression test
     - (b) Absorption test
   - 3.2 Determine average weight of a brick.
4. Show skill in conducting laboratory test of cement
   - 4.1 Conduct laboratory tests of cement
     - (a) Make cement paste of Normal Consistency(CPNC)
     - (b) Determine initial setting time
     - (c) Perform final setting time
     - (d) Perform compressive strength test
     - (e) Perform tensile strength test
     - (f) Perform fineness test
   - 4.2. Conduct field tests of cement
5. Show skill in conducting test of sand
   - (a) Bulking of sand
   - (b) F M of sand
   - (c) Specific gravity of sand
6. Identify mild steel, cast iron, copper, and, aluminum, tin, by physical observation.
7. Identify Varies types of wood and artificial wood: Veneers , plywood, Laminated board, block board, fiber board and gypsum board.

সূচিপত্র

অধ্যায়-১ ঃ সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ এর পরিচিতি

১.১ সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ এর সংজ্ঞা ১৫
১.২ সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ এর শ্রেণিবিভাগ ২০
১.২.১ সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ নির্বাচনে বিবেচ্য বিষয়সমূহ ২১
➲ **অনুশীলনী-১**
» অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১
» সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৪
» রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২৭

অধ্যায়-২ ঃ পাথর

২.১ পাথরের সংজ্ঞা ২৮
২.২ পাথরের ভূতাত্ত্বিক, গঠন-প্রকৃতিগত বা ভৌত ও রাসায়নিক শ্রেণিবিভাগ ২৯
২.৩ উত্তম নির্মাণ পাথরের বৈশিষ্ট্যসমূহ ৩৬
২.৪ পাথর সজ্জিতকরণ ৩৮
২.৫ সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং কর্মকাণ্ডে পাথরের ব্যবহার ৩৯
➲ **অনুশীলনী-২**
» অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪৩
» সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪৬
» রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫০

অধ্যায়-৩ ঃ ইট ও হলো ব্লক

৩.১ ইটের সংজ্ঞা ৫১
৩.২ ইটের কাঁচামাল এবং ভাল ইট তৈরির মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্যাদি ৫১
৩.৩ ইটের কাদা প্রস্তুতকরণ—পাগমিল ও মেশিন মোল্ডিং ৫৩
৩.৪ ইট শুকানো ও পোড়ানো ৫৮
৩.৫ ইট পোড়ানো চুল্লির প্রকারভেদ ৫৯
৩.৫.১ উত্তম ইটের বৈশিষ্ট্য ৬৬
৩.৬ ইটের প্রমাণ আকার, ওজন, শ্রেণিবিভাগ ও ব্যবহার ৬৬
৩.৭ ইটের সাধারণ পরীক্ষা ৬৭
৩.৮ বিশেষ ধরনের ইট—হলো ব্লক এবং সিরামিক ইট ৬৯

৩.৯	হলো ব্লক ও সিরামিক ইটের ব্যবহার	৭০
৩.১০	হলো ব্লক ও সিরামিক ইটের সুবিধা-অসুবিধা	৭০
➲	**অনুশীলনী-৩**	
➠	অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর	৭১
➠	সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর	৭৫
➠	রচনামূলক প্রশ্নাবলি	৭৮

অধ্যায়-৪ ঃ বালি

৪.০	ভূমিকা	৮০
৪.১	উৎস অনুসারে বালির শ্রেণিবিভাগ	৮০
৪.১.২	ভাল বালির ধর্ম	৮১
৪.১.৩	বালি পরীক্ষা	৮১
৪.২	ভাল বালির বিনির্দেশাবলি	৮১
৪.৩	বালির আকার বিন্যাসক্রম বা গ্রেডিং এর উদ্দেশ্য	৮১
৪.৩.১	বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক	৮৩
৪.৪	বিভিন্ন গ্রেডের বালির ব্যবহার	৮৯
৪.৪.১	বালির আয়তন স্ফীতি	৮৯
৪.৪.২	বাংলাদেশে বালির প্রাপ্তিস্থান	৮৯
➲	**অনুশীলনী-৪**	
➠	অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর	৯০
➠	সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর	৯১
➠	রচনামূলক প্রশ্নাবলি	৯৩

অধ্যায়-৫ ঃ সিমেন্ট

৫.১	সিমেন্টের সংজ্ঞা	৯৪
৫.২	সিমেন্টের কাঁচামাল ও বিভিন্ন উপাদানের কার্যাবলি	৯৫
৫.৩	সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের প্রস্তুতপ্রণালি এবং সিক্ত ও শুষ্ক প্রবাহ চিত্র	৯৬
৫.৪	সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের ধর্ম ও ব্যবহার	৯৯
৫.৫	সিমেন্ট পরীক্ষণ	১০০
৫.৬	বিশেষ ধরনের সিমেন্ট এবং এগুলোর ব্যবহার	১০৪
৫.৭	সিমেন্ট গুদামজাতকরণ	১০৬
➲	**অনুশীলনী-৫**	
➠	অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর	১০৭
➠	সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর	১১০
➠	রচনামূলক প্রশ্নাবলি	১১৪

অধ্যায়-৬ ঃ টালি

৬.১ বিভিন্ন ধরনের টালির সংজ্ঞা ১১৬
৬.২ বিভিন্ন ধরনের টালির ব্যবহার ১১৯
অনুশীলনী-৬
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২০
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২১
রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১২২

অধ্যায়-৭ ঃ টিম্বার এবং কাঠজাত পণ্য

৭.০ ভূমিকা ১২৩
৭.১ বৃক্ষের শ্রেণিবিভাগ ১২৪
৭.২ বিভিন্ন ধরনের টিম্বার ১২৭
৭.৩ রূপান্তরিত টিম্বারের বাজার আকার-আকৃতি ১৩০
৭.৪ টিম্বার পরিশুষ্ককরণ এবং পরিশুষ্ককরণের পদ্ধতি ১৩০
৭.৫ প্লাইউড ১৩৫
৭.৬ ভিনিয়ার ১৩৫
৭.৭ কাঠজাত অন্যান্য পণ্য ১৩৬
৭.৮ বিভিন্ন ধরনের বোর্ড এবং ফলস্ সিলিং ও ওয়াল প্যানেলিং-এ বোর্ড স্থাপন ১৩৮
অনুশীলনী-৭
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪২
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪৪
রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৪৮

অধ্যায়-৮ ঃ কাচ ও মৃৎসামগ্রী

৮.১ কাচের উপাদানসমূহ ১৪৯
৮.২ বিভিন্ন ধরনের কাচের সংজ্ঞা ১৫০
৮.৩ কাচের ধর্ম ১৫১
৮.৪ কাচের ব্যবহার ১৫১
৮.৫ মৃৎসামগ্রীর শ্রেণিবিভাগ ১৫৩
৮.৬ মৃৎসামগ্রী বা সিরামিকের ধর্ম ১৫৫
৮.৭ প্রকৌশল কর্মকাণ্ডে সিরামিকের ব্যবহার ১৫৫
অনুশীলনী-৮
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫৬
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫৮
রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৬১

অধ্যায়-৯ ঃ রং এবং বার্নিশ

৯.১ রঙের উদ্দেশ্য ও ব্যবহার ১৬২
৯.২ বিভিন্ন ধরনের রঙের ব্যাখ্যা ১৬৫
৯.৩ বার্নিশ ও পালিশের ধরন, বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার ১৬৭
৯.৪ ল্যাকারস এগুলোর বৈশিষ্ট্য ও এগুলোর ব্যবহার ১৬৯
৯.৫ বিভিন্ন ধরনের রং প্রয়োগের পদ্ধতি ১৭০
৯.৫.১ রং লেপনে দোষত্রুটি ১৭০
➲ **অনুশীলনী-৯**
» অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭১
» সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭৩
» রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৭৬

অধ্যায়-১০ ঃ প্লাস্টিক

১০.১ প্লাস্টিক এর সংজ্ঞা ১৭৭
১০.২ প্লাস্টিক তৈরির কাঁচামাল ১৭৭
১০.৩ প্লাস্টিক এর ধর্ম ১৭৮
১০.৪ থার্মোসেটিং প্লাস্টিক এবং থার্মোপ্লাস্টিক এর বৈশিষ্ট্য ১৭৯
১০.৪.১ প্লাস্টিক প্রস্তুত প্রক্রিয়া ১৮০
১০.৪.২ প্লাস্টিক সামগ্রীর মোল্ডিং পদ্ধতিসমূহ ১৮১
১০.৫ প্রকৌশল সামগ্রী হিসাবে প্লাস্টিক এর ব্যবহার ১৮৩
১০.৫.১ বিভিন্ন প্রকৌশল ক্ষেত্রে প্লাস্টিক ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ ১৮৪
১০.৬ লেমিনেটিং প্লাস্টিক ১৮৪
➲ **অনুশীলনী-১০**
» অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮৫
» সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮৭
» রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৯২

অধ্যায়-১১ ঃ ধাতু ও ধাতু সংকর

১১.১ শিল্পকারখানায় ব্যবহৃত সাধারণ ধরনের লোহার নাম ১৯৩
১১.২ পেটা লোহা ও ঢালাই লোহা ব্যবহার ১৯৫
১১.৩ কার্বনের পরিমাণের ভিত্তিতে ইস্পাতের শ্রেণিবিভাগ ১৯৫
১১.৩.১ বাণিজ্যিক ইস্পাত ১৯৫
১১.৪ মৃদু ইস্পাত, সংকর ইস্পাত ও স্টেইনলেস ইস্পাত ১৯৯
১১.৪.১ অলৌহজ ধাতু ২০২
১১.৫ কয়েকটি অলৌহজ ধাতু ও এদের সংকর ধাতুর ব্যবহার ২০৫
১১.৬ নির্মাণসামগ্রী হিসেবে অ্যালুমিনিয়াম ২০৫

১১.৭ নির্মাণসামগ্রী হিসাবে অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার ২০৬
১১.৭.১ নির্মাণসামগ্রী হিসাবে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারে সুবিধা এবং অসুবিধাসমূহ ২০৬
➲ **অনুশীলনী-১১**
» অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০৭
» সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১৩
» রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২১৮

অধ্যায়-১২ ঃ অন্তরক সামগ্রী

১২.১ অন্তরক সামগ্রী এর সংজ্ঞা ২১৯
১২.২ অন্তরক সামগ্রীর তালিকা ২১৯
১২.৩ শব্দ অন্তরণ ও তাপ অন্তরণ ২২১
১২.৪ অন্তরক সামগ্রীগুলোর ব্যবহার ২২২
➲ **অনুশীলনী-১২**
» অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২৪
» সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২৪
» রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২২৬

অধ্যায়-১৩ ঃ জিওটেক্সটাইল

১৩.১ জিওটেক্সটাইলের পরিচিতি ২২৭
১৩.২ জিওটেক্সটাইলের ব্যবহার ২২৭
১৩.৩ জিওটেক্সটাইলের সুবিধা-অসুবিধা ২২৮
➲ **অনুশীলনী-১৩**
» অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২৮
» সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২৮
» রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২২৮

অধ্যায়-১৪ ঃ চুন

১৪.১ চুন এর সংজ্ঞা ২২৯
১৪.১.১ চুন তৈরিকরণ প্রক্রিয়া ২৩১
১৪.২ চুনের ব্যবহার ২৩২
১৪.২.১ চুন গুদামজাতকরণ ২৩২
১৪.৩ চুনের সুবিধা ও অসুবিধা ২৩২
➲ **অনুশীলনী-১৪**
» অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩৩
» সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩৪
» রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২৩৪

অধ্যায়-১৫ ঃ কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালস্ এবং পানিরোধী সামগ্রী

১৫.১ কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালস্ এর সংজ্ঞা ২৩৫
১৫.২ ও ১৫.৩ কনস্ট্রাকশন কেমিক্যাল এর তালিকা এবং এগুলোর ব্যবহার ২৩৫
১৫.৪ পানিরোধী সামগ্রীর সংজ্ঞা ২৩৬
১৫.৫ পানিরোধী সামগ্রীর তালিকা ২৩৭
১৫.৬ পানিরোধী সামগ্রীর ব্যবহার ২৩৭
➲ **অনুশীলনী-১৫**
» অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩৮
» সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩৮
» রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২৩৮

ব্যবহারিক

১.১ বিভিন্ন ধরনের পাথর বাছাইকরণ ২৪১
১.২ পাথরের অ্যাগ্রিগেট এর গ্রেডিং ২৪২
২.১ ইটের মাঠ পরীক্ষা ২৪৪
২.২ '১ম শ্রেণি', '২য় শ্রেণি' '৩য় শ্রেণি' ও ঝামা ইট শনাক্তকরণ ২৪৫
৩.১ (ক) ল্যাবরেটরিতে ইটের চাপশক্তি নির্ণয়করণ ২৪৬
৩.১ (খ) ইটের পানি শোষণ ক্ষমতা নির্ণয়করণ ২৪৭
৩.২ ইটের গড় ওজন নির্ণায়ন ২৪৮
৪.১ (ক) ল্যাবরেটরিতে স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট (CPNC) তৈরিকরণ ২৪৯
৪.১ (খ) সিমেন্টের প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময় নির্ণয় ২৫০
৪.১ (গ) সিমেন্টের চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতার সময় নির্ণয় ২৫০
৪.১(ঘ) সিমেন্টের চাপশক্তি পরীক্ষা এবং ২৫১
৪.১ (ঙ) সিমেন্টের টান শক্তি পরীক্ষা ২৫১
৪.১ (চ) সিমেন্টের সূক্ষ্মতা (fineness) পরীক্ষাকরণ ২৫৩
৪.২ কার্যক্ষেত্রে সিমেন্ট পরীক্ষা (Field test of cement) ২৫৪
৫ (ক) বালির আয়তন স্ফীতি ২৫৪
৫ (খ) বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (F.M of Sand) ২৫৫
৫ (গ) বালির আপেক্ষিক গুরুত্ব ২৫৬
৬ লৌহজ (ঢালাই লোহা, মৃদু ইস্পাত) ও অলৌহজ ধাতু (তামা, অ্যালুমিনিয়াম, টিন) ভৌত পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে শনাক্তকরণ ২৫৭

» **সুপার সাজেশনস্** ২৫৯-২৮৮

অধ্যায়-১

সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ এর পরিচিতি
(Aspects of civil engineering meterials)

১.১ সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ এর সংজ্ঞা (Definition of civil engineering materials) ঃ

প্রকৌশল নির্মাণে বিভিন্ন ধরনের গুণ, মান ও শক্তিসম্পন্ন সামগ্রী ব্যবহৃত হয়। প্রকৌশলীগণ নির্মাণের জন্য স্বল্পব্যয়, নিরাপদ, নিরাপত্তা, সৌন্দর্য ও স্থায়িত্বের দিক বিবেচনা করে থাকেন। প্রকৌশল নির্মাণে (Engineering construction) ব্যবহৃত সামগ্রীকে প্রকৌশল সামগ্রী (Engineering materials) বা নির্মাণসামগ্রী (Materials of construction) বলা হয়।

ইমারত, ব্রিজ, বিমানবন্দর, রাস্তাঘাট, পোতাশ্রয় ইত্যাদি পূর্তকর্ম অর্থাৎ সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং এর আওতাভুক্ত নির্মাণের (Civil engineering construction) সামগ্রীকে পূর্তকর্ম নির্মাণের সামগ্রী বা সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস (Civil engineering materials) বলা হয়। যেহেতু অনেক ক্ষেত্রে একই সামগ্রী ভিন্ন ভিন্ন প্রকৌশল নির্মাণে (Engineering construction) ব্যবহৃত হয়, তাই কোন নির্মাণসামগ্রীকে একক কোন প্রকৌশল বা প্রযুক্তির নির্মাণসামগ্রী হিসাবে সুনির্দিষ্ট করে সীমারেখা টেনে দেয়া সম্ভব নয়। তবে সাধারণভাবে কোন প্রযুক্তির আওতাভুক্ত নির্মাণে বহুল ব্যবহৃত সামগ্রীকে ঐ প্রকৌশল বা প্রযুক্তির নির্মাণসামগ্রী বলা হয়ে থাকে।

নির্মাণসামগ্রীর যথাযথ নির্বাচনের উপরই নির্মাণের উৎকর্ষতা নির্ভর করে। তাই এগুলো নির্বাচনের ক্ষেত্রে এগুলোর মৌলিক স্বভাবের উপর প্রকৌশলীর সম্যক জ্ঞান থাকা আবশ্যক। যে কোন প্রকৌশল নির্মাণে প্রকৌশল সামগ্রীর শক্তি, স্থায়িত্ব, উপযোগিতা, সহজলভ্যতা, সৌন্দর্য, ব্যবহার ও সংযোগ সরলতা ইত্যাদি দিকগুলো বিবেচনায় আনতে হয়। যে কোন নির্মাণসামগ্রীর গুণগত মান ও বৈশিষ্ট্যের উপরই নির্মাণের মান, স্থায়িত্ব, সৌন্দর্য, নিরাপত্তা ইত্যাদি নির্ভর করে। আবহাওয়া, পরিবেশ, পরিস্থিতি ইত্যাদির ভিন্নতায় একই ধরনের নির্মাণে ভিন্ন ভিন্ন ক্ষেত্রে ভিন্ন ভিন্ন ধরনের সামগ্রী নির্বাচন করতে হতে পারে। এ ছাড়াও প্রতিনিয়ত প্রযুক্তির উন্নয়নে নবতর পরিবেশ পরিস্থিতির সম্মুখীন হওয়ার প্রেক্ষাপটে প্রকৌশল নির্মাণ ও এতদসংক্রান্ত কার্যাদি দিন দিন জটিলতার দিকে অগ্রসরমান। তাই প্রকৌশল সামগ্রীর ধর্ম, গুণাবলি ও বৈশিষ্ট্যের উপর প্রকৌশলীর যথাযথ জ্ঞান থাকা বাঞ্ছনীয়।

প্রযুক্তির অবদানে ভূপৃষ্ঠে গড়ে উঠছে সুরম্য অট্টালিকা, মনোহরি বহুতলের ইমারত, দালানকোঠা, রাস্তাঘাট, বন্দর, পোতাশ্রয়, বিমানবন্দর ইত্যাদি। স্বল্প সময়ে নিরাপদ ভ্রমণের জন্য তৈরি করা হয় যন্ত্রযান। মানুষের জীবনের সার্বিক চাহিদা পূরণে বিভিন্ন সামগ্রী উৎপাদনে এ ভূপৃষ্ঠেই স্থাপিত হচ্ছে নানা ধরনের শিল্পকারখানা। আর এ ভূপৃষ্ঠের ভূত্বক কোথাও উর্বর ভূমি, কোথাও পাহাড়-পর্বত, কোথাও বালি, কোথাও শিলা, কোথাও ধাতুর খনিজ আস্তরণ, কোথাও বিভিন্ন উপাদানের জটিল মিশ্রণে গড়া। বিভিন্ন প্রকৌশল নির্মাণে (Engineering construction) ভিন্ন ভিন্ন ধরনের বিপুল পরিমাণ নির্মাণসামগ্রীর চাহিদা পূরণে ভূপৃষ্ঠের সুবিশাল এলাকার বিভিন্ন উপাদান সরাসরি বা কৃত্রিম উপায়ে প্রকৌশল নির্মাণের উপযোগী সামগ্রীতে রূপান্তর করে ব্যবহার করা হয়। তাই ভূত্বককে নির্মাণসামগ্রীর আধার বা ভান্ডার (Container) বলা হয়।

সিভিল ইঞ্জিনিয়ারগণ তথা সকল প্রযুক্তির প্রকৌশলীগণ তাদের নির্মিত কাঠামোর স্থায়িত্ব, নিরাপত্তা, সাশ্রয়, সৌন্দর্য ইত্যাদি বিষয়ে সচেতন থাকেন এবং নির্মাণসামগ্রীর বৈশিষ্ট্য ও ধর্মাবলি সম্পর্কে পূর্বাহ্নে জেনে নেন। নিচে এগুলোর বৈশিষ্ট্য ও ধর্মাবলি সম্পর্কে সংক্ষেপে উদ্ধৃত করা হল ঃ

(ক) ভৌত ধর্মাবলি ঃ আকার, আকৃতি, ঘনত্ব, সচ্ছিদ্রতা, বুনট (দৃঢ়াবদ্ধ, স্বাভাবিক, শিথিল), বর্ণ, গন্ধ, সৌন্দর্য ইত্যাদি।

(খ) যান্ত্রিক ধর্মাবলি ঃ শক্তি, স্থিতিস্থাপকতা, নমনীয়তা, অনমনীয়তা, প্রাচুর্যতা, ভঙ্গুরতা, স্থিতিস্থাপন ক্ষমতা, ঘাতসহতা, কাঠিন্য, মন্থর বিকৃতি ইত্যাদি।

(গ) রাসায়নিক ধর্মাবলি ঃ ক্ষয়রোধিতা, অম্লত্ব, ক্ষারত্ব, রাসায়নিক গঠন ইত্যাদি।

(ঘ) বৈদ্যুতিক ধর্মাবলি ঃ তড়িৎ সঞ্চারণ শক্তি, তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা, তড়িৎ প্রতিরোধ ক্ষমতা, ইত্যাদি।

(ঙ) তাপীয় ধর্মাবলি ঃ আপেক্ষিক তাপ, তাপীয় প্রসারণ, তাপ পরিবাহিতা ইত্যাদি।

(চ) চুম্বকীয় ধর্মাবলি ঃ চুম্বকীয় ভেদ্যতা, চুম্বকীয় আবেশ, হিস্টিরিসিস ইত্যাদি।

উত্তম নির্মাণসামগ্রীর বৈশিষ্ট্যগুলো নিচে দেয়া হল ঃ

(i) এগুলো ডিজাইন বলের বিপরীতে, পারিপার্শ্বিক পরিবেশে ও যুক্তিসঙ্গত সময়কালে আকার, আকৃতি, ঘনত্ব, সচ্ছিদ্রতা, বুনট, বর্ণ, গন্ধ ইত্যাদি ভৌত ধর্মাবলি অক্ষুন্ন রাখবে।

(ii) এগুলো শক্তি, স্থিতিস্থাপকতা, নমনীয়তা, অনমনীয়তা, ঘাতসহতা, প্রসার্যতা, ভঙ্গুরতা, কাঠিন্য, বিকৃতি, স্থিতিস্থাপন ক্ষমতা ইত্যাদি যান্ত্রিক ধর্মাবলি ব্যবহারক্ষেত্র ও কাঠামোর জন্য সন্তোষজনক হবে।

(iii) এগুলোর রাসায়নিক ধর্মাবলি নির্মাণকাঠামো বা পরিবেশ ও পারিপার্শ্বিকতার জন্য ক্ষতির কারণ হবে না।

(iv) এগুলোর তড়িৎ সঞ্চারণ শক্তি, তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা, তড়িৎ প্রতিরোধ ক্ষমতা ইত্যাদি বৈদ্যুতিক ধর্মাবলি ঈপ্সিত ব্যবহারক্ষেত্রের জন্য সন্তোষজনক বিবেচিত হবে।

(v) এগুলোর আপেক্ষিক তাপ, তাপীয় প্রসারণ, তাপ পরিবাহিতা ইত্যাদি তাপীয় ধর্মাবলি ব্যবহারক্ষেত্র, পারিপার্শ্বিক পরিবেশ ও নির্মাণের জন্য বিনষ্টের কারণ হবে না এবং ব্যবহারক্ষেত্রের চাহিদা পূরণেও সন্তোষজনক বিবেচিত হবে।

(vi) এগুলো ঈপ্সিত ক্ষেত্রে চুম্বকীয় ভেদ্যতা, চুম্বকীয় আবেশ ইত্যাদি চুম্বকীয় ধর্মাবলি সন্তোষজনকভাবে সম্পাদনে সক্ষম হবে।

(vii) ব্যবহারক্ষেত্র অনুযায়ী ঈপ্সিত বৈশিষ্ট্যাদিসহ এগুলো সাশ্রয়ী, সহজপ্রাপ্ত ও সহজ কার্যোপযোগী হবে।

প্রসঙ্গত উল্লেখ্য, নির্মাণের ধরন, স্থায়িত্বকাল, পারিপার্শ্বিক পরিবেশ, ব্যয়ের পরিমাণ ইত্যাদি বিষয়াদির বিবেচনায় কোন নির্দিষ্ট নির্মাণের জন্য উত্তম সামগ্রীর বৈশিষ্ট্যাদি নির্ধারণ করা হয়।

প্রত্যেকটি সামগ্রী অসংখ্য অণুর সমন্বয়ে গঠিত। একই সামগ্রীর সকল অণুর ধর্ম একই রকম কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন পদার্থের অণুর ধর্মও ভিন্ন ভিন্ন। সৃষ্টির নিয়মানুসারে প্রত্যেকটি বস্তু বা সামগ্রীর অণুগুলোর মধ্যে নির্দিষ্ট পরিমাণ ফাঁক (Space) থাকে। ভিন্ন ভিন্ন বস্তুতে এ ফাঁকের পরিমাণও ভিন্ন ভিন্ন। এ ফাঁককে আন্তঃআণবিক ফাঁক (Intermolecular space) বলা হয়। স্বাভাবিক অবস্থায় আন্তঃআণবিক আকর্ষণের কারণে সামগ্রীর অণুগুলো পরস্পর হতে বিচ্ছিন্ন হয় না। আবার বিজ্ঞানীদের মতে, প্রত্যেক সামগ্রীর অণুগুলো সদা দ্রুত কম্পনশীল বলে এদের মধ্যে বিকর্ষণ ক্ষমতাও বিদ্যমান। ফলে অণুগুলো পরস্পরের খুব কাছাকাছিও আসে না বিধায় আন্তঃআণবিক ফাঁকও সর্বদা নির্দিষ্ট থাকে। অর্থাৎ অণুগুলো পরস্পরকে কাছেও আসতে দেয় না আবার পরস্পরকে দূরেও নিক্ষেপ করে না। কোন সামগ্রীর উপর চাপ প্রয়োগ করলে অণুগুলো ঘনসন্নিবিষ্ট হতে চায় কিন্তু বিকর্ষণ শক্তি তা প্রতিহত করে। যদি প্রযুক্ত চাপ বিকর্ষণ শক্তি হতে অধিক হয় তাহলে এদের মধ্যকার নির্দিষ্ট সম্পর্ক ভেঙে যায় এবং সামগ্রীও ভেঙে গুঁড়িয়ে যায়। আবার সামগ্রীর উপর টান বল প্রয়োগ করলে আন্তঃআণবিক আকর্ষণের কারণে অণুগুলো বিচ্ছিন্ন হতে চায় না। কিন্তু প্রযুক্ত টানের পরিমাণ অণুগুলোর আন্তঃআণবিক আকর্ষণের চেয়ে অধিক হলে সামগ্রীটি ছিঁড়ে যায়। সামগ্রীর অণুগুলোর আকর্ষণ-বিকর্ষণের ফলশ্রুতিতে বাহির হতে প্রযুক্ত বলকে প্রতিহত করে নিজের ভৌত ধর্মাবলি (আকার, আকৃতি, বুনট ইত্যাদি) অবিকৃত রাখার ক্ষমতাকে আমরা সামগ্রীর শক্তি (Strength of materials) বলে থাকি। সকল সামগ্রীর অণুগুলোর আকর্ষণ ও বিকর্ষণ শক্তি সমান হয় না। যেমন, কংক্রিট যথেষ্ট পরিমাণ চাপ সহ্য করতে পারে কিন্তু চাপের তুলনায় টান নেয়ার সক্ষমতা খুবই নগণ্য, আবার ইস্পাত দণ্ড পর্যাপ্ত টান ও চাপ সহ্য করতে পারে। কাজেই প্রকৌশল কাজে কোন কাঠামো বা যন্ত্রাংশ ডিজাইন করতে হলে সামগ্রীর ধর্মাবলি সম্পর্কে জেনে সামগ্রী ব্যবহার করতে হয়।

প্রকৌশলীগণ বিভিন্ন ধরনের ধাতু, ধাতু সংকর, কাঠ, কংক্রিট, ইট, মৃৎজাতীয় সামগ্রী, পাথর, কাচ, প্লাস্টিক, রাবার ইত্যাদি সামগ্রী প্রকৌশল কাজে ব্যবহার করে থাকে। আর এগুলোর ভৌত, রাসায়নিক, যান্ত্রিক ও অন্যান্য ধর্মগুলো ভিন্ন ভিন্ন। কাজেই সুনির্দিষ্ট কাজের উপযোগী উপযুক্ত সামগ্রী নির্বাচনের জন্য সামগ্রীগুলোর ধর্মাবলি সম্পর্কে প্রকৌশলীর যথাযথ জ্ঞান থাকা আবশ্যক। প্রকৌশল সামগ্রীর প্রায় সকল ধর্মাবলিই সম্পূর্ণরূপে পরীক্ষানিরীক্ষার (experiment) মাধ্যমে সুনির্দিষ্ট অবস্থার প্রেক্ষিতে পরিমাপ করে নির্ণয় করা হয়। প্রকৌশল সামগ্রীর ধর্মাবলির পরিমাপ নির্ণয়ের পরীক্ষানিরীক্ষাকে (experiment) সাধারণভাবে টেস্ট (Test) নামে আখ্যায়িত করা হয়। প্রকৌশল কাঠামো ডিজাইনে ব্যবহারের জন্য ধর্মাবলি ও সামগ্রীর গুণগত তথ্যাদি টেস্ট প্রদান করে থাকে। 'টেস্ট' এর প্রক্রিয়া পদ্ধতি ও প্রয়োজনীয় নিয়মাবলি বিশেষ সংস্থা কর্তৃক আদর্শায়িত করা থাকে। ফলে কোন সামগ্রী সম্পর্কিত সঠিক তথ্যাদি আহরণ করা সহজতর হয় এবং টেস্টসমূহের ফলাফল সহজেই তুলনা করা যায়। সাধারণত দেশের কোন জাতীয় সংস্থা টেস্টের আদর্শায়ন (Standardization) করে থাকে। এতে প্রকৌশল নির্মাণে ও শিল্পে ব্যবহারক্ষেত্রে সামগ্রীর উন্নয়ন সম্ভব হয়। BSI (British Standard Institute), ASTM (American Society of Testing & Materials), AASHO (American Association of State Highway Official), AASHTO (American Association of State Highway & Transportation Officials), MIT (Massachusettes Institute of Technology), IRC (Indian Road Congress), BSTI (Bangladesh Standard Testing Institute), ACI (American Concrete Institute), ASM (American Society for Metals), ASME (American Society of Mechanical Engineers), API (American Petroleum Institution), SAE (Society of Automotive Engineers) ইত্যাদি প্রতিষ্ঠানগুলো বিভিন্ন ধরনের সামগ্রী টেস্টের প্রক্রিয়া, পদ্ধতি ও নিয়মাবলির আদর্শায়ন এবং বিনির্দেশাদি প্রণয়ন ও বিভিন্ন পরিভাষার সংজ্ঞা প্রদান করে থাকে।

নিম্নে প্রকৌশল সামগ্রীর গুরুত্বপূর্ণ যান্ত্রিক ধর্মাবলি সম্পর্কে আলোচনা করা হল ঃ

১। **শক্তি (Strength) ঃ** বস্তুর উপর বাহির হতে বল প্রয়োগ করলে এর অভ্যন্তরে অণুগুলোর আকর্ষণ ও বিকর্ষণজনিত কারণে প্রতিরোধী বলের সৃষ্টি হয়ে এর আকার-আকৃতি ও প্রকৃতি অপরিবর্তিত রাখতে চেষ্টা করে। বস্তুর এ ধর্মকে বস্তুর শক্তি বলা হয়। বস্তুর মৌলিক শক্তি তিন ধরনের, যথা–

(ক) টান শক্তি (Tensile strength)

(খ) চাপশক্তি (Compressive strength) ও

(গ) শিয়ার শক্তি (Shear strength)।

বস্তুর শক্তি সম্পর্কে উদ্ধৃত করতে হলে এর উপর বাহির হতে প্রযুক্ত বলের ধরন সম্পর্কে জানতে হবে। উদাহরণ হিসেবে বলা যায়, ইস্পাতের টান শক্তি ও চাপশক্তি পরস্পর প্রায় সমান। আবার কাস্ট আয়রনের চাপশক্তির পরিমাণ অধিক কিন্তু টান শক্তির পরিমাণ খুবই নগণ্য। কংক্রিটের চাপশক্তির পরিমাণ অধিক এবং এর চাপশক্তির তুলনায় টান শক্তির পরিমাণ খুবই কম।

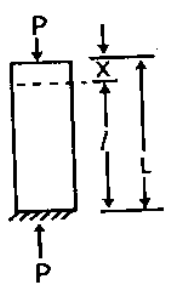
পীড়ন (Stress) ঃ বস্তুর উপর বাহির হতে প্রযুক্ত বলের প্রভাবে এর অভ্যন্তরে সৃষ্ট বলের তীব্রতাকে পীড়ন (Stress) বলা হয়। পীড়নের সমীকরণ নিম্নরূপ–

$$\text{পীড়ন (S)} = \frac{\text{প্রযুক্ত বল (P)}}{\text{বল প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল (A)}}$$

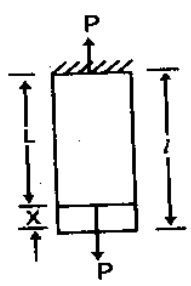
পীড়ন প্রধানত তিন ধরনের, যথা–(ক) চাপ পীড়ন (Compressive stress) (খ) টান পীড়ন (Tensile stress) ও (গ) শিয়ার পীড়ন (Shear stress)। বস্তুর উপর প্রযুক্ত চাপশক্তির ফলে চাপ পীড়ন (S_c), প্রযুক্ত টান শক্তির ফলে টান পীড়ন (S_t) এবং বস্তুর কোন সেকশন এক অংশ অপর অংশ হতে স্লাইড করার ফলে শিয়ার পীড়ন (S_s) সৃষ্টি হয়।

$$\text{শিয়ার পীড়ন } (S_s) = \frac{\text{শিয়ার বল}}{\text{শিয়ার এলাকার ক্ষেত্রফল}}$$ । পীড়নের একক সচরাচর কেজি/বর্গসেন্টিমিটার হয়ে থাকে।

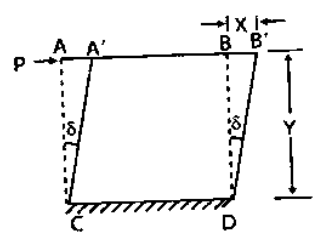
বিকৃতি (Strain) ঃ কোন বস্তুর উপর বাহির হতে বল প্রয়োগ করলে এর অভ্যন্তরে পীড়ন সৃষ্টির সাথে সাথে প্রযুক্ত বলের অক্ষ বরাবর দিকে মাপের পরিবর্তন ঘটে বা আকারের পরিবর্তন হয়ে থাকে। আদিমাপ (L) এবং পরিবর্তিত মাপ (l) এর পার্থক্যকে মোট বিকৃতি (deformation) বলা হয়। মোট বিকৃতি ও আদিমাপের অনুপাতকে বিকৃতি (Strain) বলা হয়। সাধরণত মোট বিকৃতিকে x এবং বিকৃতিকে e দ্বারা সূচিত করা হয়।



চিত্র ঃ ১.১



চিত্র ঃ ১.২



চিত্র ঃ ১.৩

বিকৃতিকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়, যথা– চাপ পীড়নের প্রভাবে চাপ বিকৃতি (Compressive strain), (ii) টান পীড়নের প্রভাবে টান বিকৃতি (Tensile strain), (iii) শিয়ার পীড়নের প্রভাবে শিয়ার বিকৃতি (Shear strain)।

$$\text{চাপ বিকৃতি, } e_c = \frac{\text{আদিমাপ (L)} - \text{পরিবর্তিত মাপ } (l)}{\text{আদিমাপ (L)}} \text{ (চিত্র ১.১)}$$

$$\text{টান বিকৃতি, } e_t = \frac{\text{পরিবর্তিত মাপ } (l) - \text{আদিমাপ (L)}}{\text{আদিমাপ (L)}} \text{ (চিত্র ১.২)}$$

বিকৃতির একক নাই, অর্থাৎ বিকৃতির মান একটি সাংখ্যিক মান।

বাহির হতে প্রযুক্ত বলের প্রভাবে যদি বস্তুর আকৃতির পরিবর্তন ঘটে তবে এ পরিবর্তনকে শিয়ার বিকৃতি বলা হয়। ধরি, ABDC ঘনকটির CD তলটি আটকিয়ে রেখে AB তলে বাহির হতে P বল প্রয়োগ করা হল (চিত্র ১.৩)। এর ফলে এর আকার δ কোণে পরিবর্তিত হয়ে A′B′DC রূপ ধারণ করল। এক্ষেত্রে শুধুমাত্র আকৃতির পরিবর্তন হয়েছে, তাই এটি শিয়ার বিকৃতি। এর মান খুবই ছোট বিধায় শিয়ার বিকৃতি, $\delta = \frac{x}{y}$ রেডিয়ান।

শিয়ার বিকৃতি (δ), শিয়ার পীড়নের (S_s) সাথে সরাসরি এবং দৃঢ়তা গুণাঙ্কের (G) সাথে উল্টানুপাতে সম্পর্কিত ।

শিয়ার বিকৃতি $(\delta) = \frac{S_s}{G}$

স্থিতিস্থাপকতা (Elasticity) ঃ বস্তুর যে ধর্মের জন্য বল প্রয়োগের ফলে সৃষ্ট বিকৃতি উক্ত প্রযুক্ত বল অপসারণ করলে বিকৃত বস্তু সম্পূর্ণরূপে পূর্বাবস্থায় ফিরে আসে, বস্তুর এ ধর্মকে স্থিতিস্থাপকতা (Elasticity) বলা হয়। কোন বস্তুতে সর্বোচ্চ যে পরিমাণ প্রযুক্ত বলের ফলে সৃষ্ট পীড়নে স্থিতিস্থাপকতা বজায় থাকে, ঐ পরিমাণ পীড়নকে ঐ বস্তুটির স্থিতিস্থাপকতা সীমা (Elastic limit) বলা হয়।

১৬৭৮ সালে বিখ্যাত বিজ্ঞানী রবার্ট হুক আবিষ্কার করেন যে, স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুতে সৃষ্ট পীড়ন, এর ফলে সৃষ্ট বিকৃতির সমানুপাতিক অর্থাৎ $\frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}$ = ধ্রুবক। এ ধ্রুবকটিকে স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক (Modules of elasticity) বলা হয়। একে E দ্বারা সূচিত করা হয়। স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের এ সূত্রটি বিজ্ঞানী টমাস ইয়ং ১৮০২ সালে প্রথম সংজ্ঞায়িত করেন বলে একে ইয়ং-এর গুণাঙ্ক (Young's modules of elasticity)-ও বলা হয়ে থাকে। অধিকাংশ ইস্পাতের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক 2.1×10^6 কেজি/ব.সে.মি. এবং কাঠের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক 0.07×10^6 কেজি/ব.সে.মি. বা তার চেয়ে কম। সকল প্রকৌশল সামগ্রীর স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক এই দুপ্রান্তিকের মধ্যে পড়ে। মাইল্ড স্টিল স্থিতিস্থাপক ধাতব পদার্থের একটি উত্তম উদাহরণ।

হুকের স্থিতিস্থাপক সূত্রটি শিয়ার পীড়ন ও শিয়ার বিকৃতির ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য । কিন্তু টান ও চাপের ক্ষেত্রে এ অনুপাতের মান একই রকম হয় না। এক্ষেত্রে একে শিয়ার গুণাঙ্ক (Shear modules) বলা হয়ে থাকে। যেহেতু বিকৃতির একক সংখ্যা, তাই E এর একক পীড়নের এককের অনুরূপ হয়ে থাকে। প্রসঙ্গত উল্লেখ্য, স্থিতিস্থাপক সীমা বহির্ভূত ইয়ং-এর গুণাঙ্ক কোন গুরুত্ব বহন করে না।

দৃঢ়তা গুণাঙ্ক (Modules of rigidity) ঃ সাধারণত টান ও চাপ পীড়নের ক্ষেত্রে স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক প্রযোজ্য হয়ে থাকে। শিয়ার পীড়ন ও শিয়ার বিকৃতির ক্ষেত্রে দৃঢ়তা গুণাঙ্ক ব্যবহার করা হয়। শিয়ার পীড়ন ও শিয়ার বিকৃতির অনুপাতকে দৃঢ়তা গুণাঙ্ক (modules of rigidity –G) বলা হয়।

$$G = \frac{\text{শিয়ার পীড়ন}}{\text{শিয়ার বিকৃতি}}$$

বাল্ক মডুলাস (Bulk modules) ঃ আয়তন পরিবর্তনের প্রযুক্ত প্রত্যক্ষ বলে সৃষ্ট পীড়ন ও আয়তনিক বিকৃতির অনুপাতকে বাল্ক মডুলাস (Bulk modules –K) বলা হয়।

$$K = \frac{\text{(আয়তন পরিবর্তনে) প্রত্যক্ষ পীড়ন}}{\text{আয়তনিক বিকৃতি}}$$

পয়শনের অনুপাত (Poisson's ratio) ঃ বস্তুর উপর বাহির হতে বল প্রয়োগ করলে বস্তু যে মুখী ক্রিয়াশীল হয় বস্তুতে বিকৃতি সেদিকেই হয়। একে লম্বালম্বি বিকৃতি (Longitudinal strain) বলা হয়। বস্তুতে লম্বালম্বি বিকৃতি ঘটলে এর আড়াআড়িও বিকৃতি ঘটে থাকে। এ বিকৃতিকে আড়াআড়ি বিকৃতি (Lateral strain) বলা হয় । বস্তুতে চাপ প্রয়োগ করলে চাপের ক্রিয়ার দিকে বস্তুর মাপ কমে যায় কিন্তু চাপের ক্রিয়ার দিকের আড়াআড়ি বস্তুর মাপ বেড়ে যায়। আবার বস্তুতে টান প্রয়োগ করলে টান বলের ক্রিয়ামুখী বস্তুর মাপ বেড়ে যায় কিন্তু টান বলের ক্রিয়ার আড়াআড়ি দিকে বস্তুর মাপ কমে যায়। এটা প্রমাণিত সত্য যে, বলের ক্রিয়ামুখী বস্তুর বিকৃতি ও এর আড়াআড়ি বিকৃতি পরস্পরের সাথে অনুপাত রক্ষা করে। বিজ্ঞানী পয়শনের পরীক্ষার ফলাফল অনুযায়ী বস্তুতে বলের ক্রিয়ার আড়াআড়ি বিকৃতি ও বস্তুতে বলের ক্রিয়ামুখী বিকৃতি এর অনুপাত একটি ধ্রুবক । এ ধ্রুবককে পয়শনের ধ্রুবক বলা হয়। এটা পয়শনের অনুপাত নামে পরিচিত।

$$\text{পয়শনের অনুপাত, } \mu = \frac{\text{আড়াআড়ি বিকৃতি}}{\text{লম্বালম্বি বিকৃতি}}$$

যেহেতু বিকৃতির একক সংখ্যা। তাই, এ ধ্রুবকও একটি সংখ্যা । প্রায় সকল ধাতুর ক্ষেত্রেই এ ধ্রুবকের মান ০.২৫ হতে ০.৩৫ এর মধ্যে হয়ে থাকে।

নমনীয়তা (Plasticity) : বস্তুর যে ধর্মের জন্য বাহির হতে বল প্রয়োগের ফলে সৃষ্ট বিকৃতি তার উপর হতে প্রযুক্ত বল অপসারণ করলেও বিকৃত বস্তু পুনরায় তার পূর্ব অবস্থায় ফিরে আসে না, বস্তুর এ ধর্মকে নমনীয়তা (Plasticity) বলে। এটা বস্তুর স্থিতিস্থাপকতার বিপরীত ধর্ম। সিসা নমনীয় ধাতব পদার্থের একটি উত্তম উদাহরণ।

অনমনীয়তা (Stiffness) : স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর বিকৃতি প্রতিরোধ করার ক্ষমতাকে বস্তুর অনমনীয়তা বলা হয়। অর্থাৎ যে ধর্মের জন্য বস্তু উল্লেখযোগ্য বিকৃতি ব্যতিরেকেই সর্বাধিক পীড়ন নিতে পারে, বস্তুর এ ধর্মকেই অনমনীয়তা (Stiffness) বলা হয়। যে বস্তুর স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক যত বেশি তার অনমনীয়তাও তত বেশি। ইস্পাত অনমনীয় বস্তুর একটি উত্তম উদাহরণ।

প্রসার্যতা (Ductility) : বস্তুর যে ধর্মের জন্য বস্তুকে টান প্রয়োগ করলে উক্ত বস্তু নমনীয় সীমার মধ্যে না ছিঁড়ে ক্রমাগত লম্বা হতে থাকে, বস্তুর এ ধর্মকে প্রসার্যতা (Ductility) বলা হয়। নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের নমুনায় টান প্রয়োগে ছিঁড়া পর্যন্ত লম্বা হওয়ার শতকরা হার দ্বারা প্রসার্যতার পরিমাপ প্রকাশ করা হয়। উদাহরণ হিসাবে বলা যায়, তামা একটি উত্তম প্রসার্য ধাতু।

ঘাতসহতা (Malleability) : বস্তুর যে ধর্মের জন্য বস্তুতে চাপ প্রয়োগ করলে নমনীয় বিকৃতি (Plastic deformation) ঘটতে থাকে অর্থাৎ চাপ প্রয়োগে বস্তু বিচূর্ণ না হয়ে বিস্তৃতি লাভ করতে পারে, বস্তুর এ ধর্মকে ঘাতসহতা (Malleability) বলে। যে বস্তুর প্রসার্যতা অধিক ঐ বস্তুর ঘাতসহতা অত্যধিক। পেটা লোহার (Wrought iron) ঘাতসহতা অধিক বলে একে হাতুড়ি দ্বারা পিটিয়ে শিটে পরিণত করা যায়।

কাঠিন্য (Toughness) : যে ধর্মের জন্য বস্তু আঘাতে অবিচল থাকে, তাকে কাঠিন্য বলা হয়। বস্তুকে আঘাত করলে আঘাতের কিছু শক্তি (energy) বস্তুতে শোষিত হয় ফলে কিছু কাজ (work) হয় এবং এ কাজ গড় পীড়ন ও বিকৃতির গুণফলের সমান। ফলে যে বস্তু অধিক পীড়ন নিতে পারে এবং এতে অধিক বিকৃতি ঘটতে পারে, তার কাঠিন্যও অধিক হয়।

ভঙ্গুরতা (Brittleness) : বস্তুর যে ধর্মের জন্য বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করলে বিকৃতি ব্যতিরেকে বা সামান্য বিকৃতিতেই বস্তু ভেঙে বা ছিঁড়ে যায়, বস্তুর এ ধর্মকে ভঙ্গুরতা (Brittleness) বলা হয়। ভঙ্গুরতা ঘাতসহতার বিপরীত ধর্ম। যে সকল বস্তুর বিকৃতি ০.০৫ বা এর কম ঐ সকল বস্তুগুলো ভঙ্গুর বস্তু। ঢালাই লোহা, কংক্রিট, কাচ—এ ধরনের বস্তুর প্রকৃষ্ট উদাহরণ।

ফ্যাটিগ (Fatique) : বস্তুর যে ধর্মের জন্য বস্তুটি পুনঃপুন ক্রিয়ারত পীড়ন প্রতিরোধে সক্ষম হয়, তাকে বস্তুর ফ্যাটিগ বা ফ্যাটিগ স্ট্রেংথ (Fatigue or Fatigue strength) বলা হয়। ফ্যাটিগ টেস্টের মাধ্যমে বস্তুর ফ্যাটিগ মান নির্ণয় করা যায়। একটি তার সরাসরি টেনে ছেঁড়া বেশ কষ্টকর কিন্তু কয়েকবার এদিক-ওদিক মোচড়ানোর পর এটা সহজেই ছেঁড়া যায়। ফ্যাটিগ ধর্মের জন্যই এরূপ হয়ে থাকে।

স্থিতিস্থাপন ক্ষমতা (Resilience) : স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর শক্তি (energy) সঞ্চয়ের ক্ষমতাকে বস্তুর স্থিতিস্থাপন ক্ষমতা (Resilience) বলা হয়। আনুপাতিক সীমা পর্যন্ত প্রতি একক আয়তনের পীড়ন ও বিকৃতির গুণফল দ্বারা প্রাপ্ত কাজকে (work) বস্তুর স্থিতিস্থাপন ক্ষমতা বলা হয়। অর্থাৎ, স্থিতিস্থাপন ক্ষমতা = গড় প্রয়োগকৃত বল × বিকৃতি।

মন্থর বিকৃতি (Creep) : বিম, কলাম, লিন্টেল (আর.সি.সি.) ইত্যাদিতে দীর্ঘকাল যাবত অপরিবর্তনীয় স্থির বল প্রয়োগ করা অবস্থায় থাকলে ধীরে ধীরে এতে বিকৃতি ঘটতে থাকে। এরূপ বিকৃতিকে মন্থর বিকৃতি (Creep) বলা হয়। দীর্ঘদিন যাবৎ এরূপ বিকৃতি ঘটতে থাকলে যন্ত্রাংশ বা কাঠামোর স্থায়িত্ব নষ্ট হয়ে যায়। কাঠামোর উপর স্থির ভার অর্পিত হওয়ার পর যে বিকৃতি দেখা দেয় তা স্থির বিকৃতিতে থাকে অথবা এ বিকৃতির অস্থিতিস্থাপক অংশ কমে যায়। কিন্তু দীর্ঘ সময় অতিক্রান্তের পর অপরিবর্তনীয় স্থির ভারের প্রভাবে ধীরে ধীরে বিকৃতির পরিমাণ বাড়তে থাকে এবং এর প্রভাবে কাঠামো বিনষ্ট হয়। এ দ্বিতীয় বিকৃতির স্তরকে মন্থর বিকৃতি (Creep) বলা হয়।

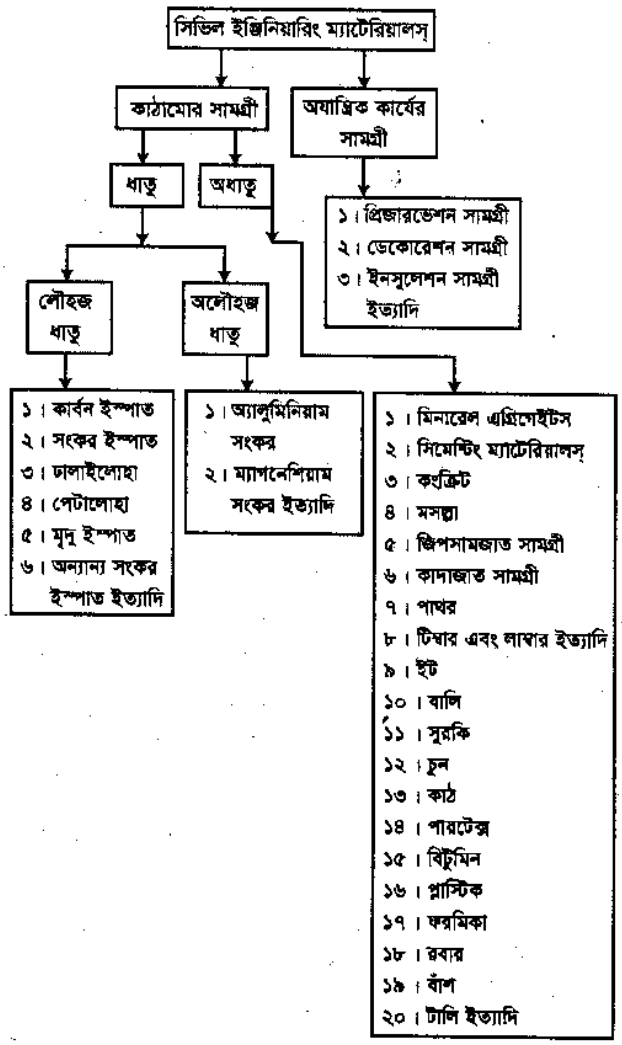
তাপীয় পীড়ন (Temperature stress) : সকল বস্তুই তাপে প্রসারিত হয় এবং ঠাণ্ডায় সংকুচিত হয়। এ ধরনের বিকৃতি বস্তুতে কোন পীড়ন ঘটায় না। কিন্তু এ বিকৃতি প্রতিরোধ করলে বস্তুতে পীড়নের সৃষ্টি হয়। একে তাপীয় পীড়ন (Temperature stress) এবং এ বিকৃতিকে তাপীয় বিকৃতি (Thermal strain) বলা হয়। তাপমাত্রায় পরিবর্তনের সাথে বিকৃতির পরিবর্তনের হারকে তাপীয় প্রসারণ সহগ (Coefficient of thermal expansion) বলা হয়।

১.২ সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ এর শ্রেণিবিভাগ (Classification of civil engineering materials) ঃ

রাস্তা, ইমারত, ব্রিজ, বিমানবন্দর ইত্যাদি পূর্তকর্ম (Civil engineenig construction) নির্মাণে বিভিন্ন ধরনের গুণ, মান ও শক্তিসম্পন্ন সামগ্রী ব্যবহৃত হয়। প্রকৌশলীগণ নির্মাণের জন্য স্বল্পব্যয়, নিরাপদ, নিরাপত্তা, সৌন্দর্য ও স্থায়িত্ব ইত্যাদি দিক বিবেচনা করে সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ নির্বাচন করে থাকেন। বহু সংখ্যক সামগ্রী সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ হিসেবে ব্যবহৃত হয়। এগুলোকে দুটি বৃহত্তর গ্রুপে ভাগ করা যায়– (ক) কাঠামোর সামগ্রী (Strucural materials), যা নির্মাণে আগত ভারকে প্রতিহত করে নির্মাণ কাঠামোকে স্বাভাবিক রাখে অর্থাৎ এ সকল সামগ্রীর যান্ত্রিক ধর্মাবলি (Mechanical properties) কাজে লাগানোর উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত হয় এবং (খ) অযান্ত্রিক কার্যাদি সম্পাদনের সামগ্রী (Materials of non-mechanical purposes) অর্থাৎ প্রিজারভেশন, ডেকোরেশন, ইনসুলেশন সামগ্রী ইত্যাদি।

আবার সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং কাঠামোর ম্যাটেরিয়ালগুলোকে সাধারণভাবে দুটি শ্রেণিতে ভাগ করা যেতে পারে, যথা– ১। ধাতু (Metals) ও ২। অধাতু (Non-metals)। ধাতু প্রাকৃতিক দিক হতে লৌহজ ধাতু (Ferrous metals) ও অলৌহজ ধাতু (Non-ferrous metals)। কাঠামো নির্মাণে যেমন প্রথমোক্তটির ব্যাপক ব্যবহার দেখা যায় তেমনি দ্বিতীয়টির ব্যবহারও যথেষ্ট পরিমাণে পরিলক্ষিত হয়। তা ছাড়া সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালগুলোকে প্রাপ্তির উৎসের দিক বিবেচনায় দুই ভাগে ভাগ করা যায়, যথা– (ক) পাথর, বালি, মাটি, কাঠ, বাঁশ, বেত ইত্যাদি প্রাকৃতিক সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং সামগ্রী ও (খ) ইট, সিমেন্ট, প্লাস্টিক ইত্যাদি কৃত্রিম সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং সামগ্রী।

নিচের ছকে সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ এর শ্রেণিবিভাগ দেখানো হল ঃ



১.২.১ সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ নির্বাচনে বিবেচ্য বিষয়সমূহ (The factors to be considered during the selection of civil engineering materials) ঃ

এ কথা অনস্বীকার্য যে, সিভিল প্রকৌশল নির্মাণে (Civil engineering construction) কাঠামোর জন্য মান-শ্রেণি, কাজের ধরন, পরিবেশ ও পারিপার্শ্বিক অবস্থা ইত্যাদির ওপর ভিত্তি করে প্রকৌশল সামগ্রীর ঈপ্সিত ধর্মাবলি অনুযায়ী এগুলো নির্বাচন করতে হয়। এ বিষয়ে সংশ্লিষ্ট প্রকৌশলীগণকে নতুন উদ্ভাবিত সামগ্রী ব্যবহারের ক্ষেত্রে সতর্কতা অবলম্বন করতে হয় এবং প্রচলিত সামগ্রী সম্ভাব্য নতুন নতুন ক্ষেত্রে ব্যবহারের মানসিকতা রাখতে হয় যেন প্রচলিত সামগ্রীর বহুবিধ ব্যবহারের মাধ্যমে এর সর্বাধিক উপযোগিতা গ্রহণ করা যায়। সংশ্লিষ্ট প্রকৌশলীগণকে দেশীয় সামগ্রীর ব্যবহার, অর্থনৈতিক দিক হতে সাশ্রয়ী ও সামগ্রীর সহজপ্রাপ্ততার প্রতি সবিশেষ নজর দিয়ে সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং সামগ্রী নির্বাচন করতে হয় এবং স্থানীয়ভাবে প্রাপ্ত সামগ্রীকে অগ্রাধিকার দিতে হয়। উপযুক্ত সামগ্রী স্থানীয়ভাবে পাওয়া না গেলে এবং উপযুক্ত সামগ্রীর জন্য খরচের পরিমাণ অত্যধিক হলে ক্ষেত্রবিশেষে অনেক সময় স্থানীয়ভাবে প্রাপ্ত অপেক্ষাকৃত নিম্নমানের সামগ্রীকেও নির্বাচন করতে হয়।

সাধারণত ডিজাইনারগণ দুটি ক্ষেত্র হতে তথ্যাদি গ্রহণ করে প্রকৌশল সামগ্রী নির্বাচন করে থাকেন। ক্ষেত্রদ্বয় হলো (ক) পূর্বে বাস্তব ক্ষেত্রে ব্যবহৃত সামগ্রীর কার্যকারিতা, সফলতা, স্থায়িত্ব ইত্যাদি সংক্রান্ত রেকর্ড ও জ্ঞান, কার্যকারিতা, সফলতা ইত্যাদি সম্পর্কে পরীক্ষার ফলাফল, এবং (খ) কোন সামগ্রী নির্মাণে ব্যবহারের জন্য ডিজাইনারের স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী নির্বাচন।

উপরোক্ত আলোচনার আলোকে নিম্নোক্ত বিষয়গুলো বিবেচনা করে প্রকৌশল সামগ্রী নির্বাচন করতে হয় ঃ

(ক) সামগ্রীর সহজলব্ধতা ও অর্থনৈতিক সাশ্রয়তা।

(খ) সামগ্রীগুলোর ধর্মাবলি।

(গ) সামগ্রী ব্যবহারে কী কী বিষয়ে যত্নবান হতে হবে।

(ঘ) নির্দিষ্ট সামগ্রী কী কী ধরনের হবে এবং এর জন্য অর্থনৈতিক সম্পৃক্ততা।

(ঙ) বিভিন্ন ধরনের সামগ্রী তৈরিকরণের পদ্ধতি এবং এতে সামগ্রীর বৈশিষ্ট্যের উপর প্রভাব।

(চ) সামগ্রীগুলোর মধ্যে সাম্যতা সমন্বয়নের ক্ষেত্রে স্পেসিফিকেশনের পদ্ধতি।

(ছ) ঈপ্সিত ধর্ম পরিমাপের জন্য নিরীক্ষা (Testing) ও পরিদর্শনের পদ্ধতি।

অনুশীলনী–১

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **প্রকৌশল সামগ্রী (Engineering materials) বলতে কী বুঝায়?**
অথবা, নির্মাণসামগ্রী বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ প্রকৌশল নির্মাণে বিভিন্ন ধরনের গুণ, মান ও শক্তিসম্পন্ন সামগ্রী ব্যবহৃত হয়। প্রকৌশলীগণ নির্মাণের জন্য স্বল্পব্যয়, নিরাপদ, নিরাপত্তা, সৌন্দর্য ও স্থায়িত্বশীলতার দিক বিশেষভাবে বিবেচনা করে থাকেন। প্রকৌশল নির্মাণে (Engineering construction) ব্যবহৃত সামগ্রীকে নির্মাণসামগ্রী বা প্রকৌশল সামগ্রী (Engineering materials) বলা হয়। ইট, টালি, লোহা ইত্যাদি নির্মাণ বা প্রকৌশল সামগ্রীর উদাহরণ।

২। **নির্মাণসামগ্রী বা প্রকৌশল সামগ্রী নির্বাচনে সামগ্রীর কোন কোন ধর্মের উপর বিশেষভাবে নজর দেয়া হয়?**
অথবা, প্রকৌশল সামগ্রীর ধর্মগুলো লেখ।

উত্তর ঃ নির্মাণসামগ্রী বা প্রকৌশল সামগ্রী নির্বাচনে সামগ্রীর নিচের ধর্মগুলোর প্রতি বিশেষভাবে নজর দেয়া হয় ঃ
(ক) ভৌত ধর্ম, (খ) যান্ত্রিক ধর্ম, (গ) রাসায়নিক ধর্ম, (ঘ) বৈদ্যুতিক ধর্ম, (ঙ) তাপীয় ধর্ম ও (চ) চুম্বকীয় ধর্ম।

৩। **ব্যবহারিক উদ্দেশ্য অনুযায়ী নির্মাণসামগ্রী কয় প্রকার এবং কী কী?**

উত্তর ঃ ব্যবহারিক উদ্দেশ্য অনুযায়ী নির্মাণসামগ্রী দুই প্রকার, যথা–(i) কাঠামোর সামগ্রী (ii) অন্যান্য (সুরক্ষা, সৌন্দর্য, অন্তরক ইত্যাদি সামগ্রী)।

৪। **আন্তঃআণবিক ফাঁক বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর প্রত্যেক বস্তু বা সামগ্রীর অণুগুলোর মধ্যে সৃষ্টিগতভাবে নির্দিষ্ট পরিমাণ ফাঁক থাকে। ভিন্ন ভিন্ন বস্তুতে এ ফাঁকের পরিমাণও ভিন্ন ভিন্ন। এ ফাঁককে আন্তঃআণবিক ফাঁক (Intermolecular space) বলা হয়।

৫। **'টেস্ট' বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর নির্মাণসামগ্রীর প্রায় সকল ধর্মাবলিই সম্পূর্ণরূপে পরীক্ষানিরীক্ষার মাধ্যমে সুনির্দিষ্ট অবস্থার প্রেক্ষিতে পরিমাপ করে নির্ণয় করা হয়। সাধারণভাবে এ পরীক্ষানিরীক্ষাকে টেস্ট (Test) নামে আখ্যায়িত করা হয়।

৬। **প্রসার্যতা বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর কোন বস্তুর উপর টানা বল প্রয়োগ করলে যে গুণের কারণে বস্তু নমনীয় সীমার মধ্যে না ছিঁড়ে শুধু লম্বা হতে থাকে, বস্তুর এ গুণকে প্রসার্যতা (Ductility) বলা হয়।

৭। **নির্মাণসামগ্রীর ভৌত ধর্ম বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর নির্মাণসামগ্রীর আকার, আকৃতি, ঘনত্ব, সচ্ছিদ্রতা (Porosity), বুনট ইত্যাদি বাহ্যিক দিক হতে জানার মতো বিষয়গুলো সম্পর্কে সামগ্রীর যে ধর্ম ধারণা দেয়, তাকে নির্মাণসামগ্রীর ভৌত ধর্ম বলা হয়।

৮। **পীড়ন কী?**

উত্তর কোন সামগ্রীর উপর বাহির হতে প্রযুক্ত বলের প্রভাবের ফলে এর অভ্যন্তরে সৃষ্ট বলের তীব্রতাকে পীড়ন বলে। গাণিতিকভাবে একক ক্ষেত্রফলে পতিত বলই পীড়ন।

অর্থাৎ, পীড়ন $= \dfrac{\text{প্রযুক্ত বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}}$

৯। **বিকৃতি কী?**

উত্তর প্রযুক্ত বাহ্যিক বলের প্রভাবে সামগ্রীর একক দৈর্ঘ্যে যে পরিবর্তন (হ্রাস বা বৃদ্ধি) হয়, তাই বিকৃতি।

গাণিতিকভাবে বিকৃতি $= \dfrac{\text{দৈর্ঘ্যে হ্রাস বা বৃদ্ধির পরিমাণ}}{\text{আদি দৈর্ঘ্য}}$

১০। **বিভিন্ন ধরনের পীড়নের নাম লেখ।**

উত্তর বিভিন্ন ধরনের পীড়নগুলো হল– (ক) চাপ পীড়ন (খ) টান পীড়ন ও (গ) শিয়ার পীড়ন।

১১। **বিভিন্ন ধরনের বিকৃতির নাম লেখ।**

উত্তর বিভিন্ন ধরনের বিকৃতিগুলো হল– (ক) টান বিকৃতি (খ) চাপ বিকৃতি ও (গ) শিয়ার বিকৃতি।

১২। **বিভিন্ন ধাতুর ক্ষেত্রে পয়শন ধ্রুবকের মান কত?**

উত্তর বিভিন্ন ধাতুর ক্ষেত্রে পয়শন ধ্রুবকের মান ০.২৫ হতে ০.৩৫ এর মধ্যে হয়ে থাকে।

১৩। **কয়েকটি ভঙ্গুর সামগ্রীর নাম লেখ।**

উত্তর কাচ, ঢালাই লোহা, কংক্রিট ভঙ্গুর সামগ্রীর উত্তম উদাহরণ।

১৪। **কী কারণে তার মোচড়ালে ছিঁড়ে যায়?**

উত্তর তারের ফ্যাটিগ ধর্মের জন্য এটি মোচড়ালে ভেঙে যায়।

১৫। **প্রকৌশল সামগ্রীর যান্ত্রিক ধর্মগুলো কী কী?**

উত্তর প্রকৌশল সামগ্রীর যান্ত্রিক ধর্মগুলো হল ঃ

(ক) শক্তি, (খ) স্থিতিস্থাপকতা, (গ) নমনীয়তা, (ঘ) অনমনীয়তা, (ঙ) প্রসার্যতা, (চ) ভঙ্গুরতা, (ছ) কাঠিন্য, (জ) স্থিতিস্থাপন ক্ষমতা, (ঝ) ঘাতসহতা, (ঞ) মন্থর বিকৃতি ইত্যাদি।

১৬। বস্তুর দৃঢ়তা গুণাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ।

উত্তর শিয়ার পীড়ন ও শিয়ার বিকৃতির অনুপাতই দৃঢ়তা গুণাঙ্ক (Modules of rigidity) নামে পরিচিত।

অর্থাৎ, দৃঢ়তা গুণাঙ্ক = $\frac{\text{শিয়ার পীড়ন}}{\text{শিয়ার বিকৃতি}}$

১৭। ACI ও AASHO এর পুরো নাম লেখ।

উত্তর ACI = American Concrete Institute

AASHO = American Association of State Highway Official.

১৮। বস্তুর কাঠিন্য বলতে কী বুঝায়?

উত্তর যে ধর্মের জন্য বস্তু আঘাতে অবিচল থাকে, বস্তুর এ গুণকে কাঠিন্য বলা হয়।

১৯। বস্তুর শক্তি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর বস্তুতে প্রয়োগকৃত বলের প্রভাবে এর অভ্যন্তরে অণুগুলোতে আকর্ষণ ও বিকর্ষণজনিত কারণে প্রতিরোধী বলের সৃষ্টি হয়, যা বস্তুর আকার, আকৃতি ও প্রকৃতি অপরিবর্তিত রাখতে চেষ্টা করে। বস্তুর এ ধর্মকে বস্তুর শক্তি বলা হয়।

২০। স্থিতিস্থাপকতা কী?

উত্তর বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করলে বস্তুতে বিকৃতি ঘটে। বস্তুর যে ধর্মের জন্য বস্তুর উপর হতে প্রযুক্ত বল অপসারণ করলে বিকৃত বস্তু সম্পূর্ণরূপে পূর্বাবস্থায় ফিরে আসে, বস্তুর এ গুণকে স্থিতিস্থাপকতা বলা হয়।

২১। ঘাতসহতা কী?

উত্তর বস্তুর যে ধর্মের জন্য বস্তুতে চাপ প্রয়োগ করলে নমনীয় বিকৃতি ঘটতে থাকে অর্থাৎ চাপ প্রয়োগে বস্তু বিচূর্ণ না হয়ে বিস্তৃতি লাভ করতে পারে, এ গুণকে ঘাতসহতা বলা হয়।

২২। নমনীয়তা কী?

উত্তর বস্তুর উপর চাপ প্রয়োগ করলে বস্তুর বিকৃতি ঘটে। বস্তুর যে ধর্মের জন্য বস্তুর উপর হতে প্রযুক্ত বল অপসারণ করলেও বিকৃত বস্তু পূর্বাবস্থায় ফিরে আসে না, বস্তুর এ গুণকে নমনীয়তা বলা হয়।

২৩। অনমনীয়তা কী?

উত্তর স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর বিকৃতি প্রতিরোধ করার ক্ষমতাকে বস্তুর অনমনীয়তা বলা হয়।

২৪। ভঙ্গুরতা কী?

উত্তর বস্তুর যে ধর্মের জন্য প্রযুক্ত বলের প্রভাবে বিকৃতি ব্যতিরেকে বা সামান্য বিকৃতিতেই বস্তু ভেঙে বা ছিঁড়ে যায় বা চূর্ণ হয়, বস্তুর এ গুণকে ভঙ্গুরতা বলে।

২৫। ফ্যাটিগ কী?

উত্তর বস্তুর যে ধর্মের জন্য বস্তুটি পুনঃপুন ক্রিয়ারত পীড়ন প্রতিরোধে সক্ষম হয়, তাকে ফ্যাটিগ বলা হয়।

২৬। বস্তুর স্থিতিস্থাপন ক্ষমতা কী?

উত্তর স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোন বস্তুর শক্তি সঞ্চয়ের ক্ষমতাকে বস্তুর স্থিতিস্থাপন ক্ষমতা বলা হয়।

স্থিতিস্থাপন ক্ষমতা = গড় প্রয়োগকৃত বল × বিকৃতি।

২৭। মন্থর বিকৃতি কী?

উত্তর কোন বস্তু উপর দীর্ঘকাল যাবৎ স্থির বল বা ভার কাজ করলে বস্তুতে ধীরে ধীরে বিকৃতি ঘটতে থাকে। এ বিকৃতিকে মন্থর বিকৃতি বলে।

২৮। তাপীয় প্রসারণ সহগ কী?

উত্তর তাপমাত্রার প্রভাব বস্তুকে প্রসারিত ও সংকুচিত করে। তাপমাত্রার পরিবর্তনের সাথে বিকৃতির পরিবর্তনের হারকে তাপীয় প্রসারণ সহগ বলা হয়।

২৯। প্রকৌশল বা নির্মাণসামগ্রীর ভৌত ধর্মগুলো কী কী?

উত্তর প্রকৌশল সামগ্রীর ভৌত ধর্মগুলো নিচে দেয়া হল ঃ
(ক) আকার, (খ) আকৃতি, (গ) ঘনত্ব, (ঘ) সচ্ছিদ্রতা, (ঙ) বুনট (দৃঢ়াবদ্ধ, স্বাভাবিক, শিথিল), (চ) বর্ণ, (ছ) গন্ধ ও (জ) সৌন্দর্য ইত্যাদি।

৩০। ভূত্বককে প্রকৌশল সামগ্রীর আধার বলা হয় কেন?

উত্তর বিভিন্ন প্রকৌশল নির্মাণে (Engineering construction) ভিন্ন ভিন্ন ধরনের বিপুল পরিমাণ নির্মাণসামগ্রীর চাহিদা পূরণে ভূপৃষ্ঠের সুবিশাল এলাকার বিভিন্ন উপাদান সরাসরি বা কৃত্রিম উপায়ে প্রকৌশল নির্মাণের উপযোগী সামগ্রীতে রূপান্তর করে ব্যবহার করা হয়। তাই ভূত্বককে প্রকৌশল বা নির্মাণসামগ্রীর আধার (Container of engineering materials) বলা হয়।

৩১। সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালসের যে কোন চারটি সামগ্রীর নাম লেখ।

উত্তর চারটি সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালের নাম হল– (i) ইট, (ii) টালি, (iii) পাথর ও (iv) বালি।

৩২। নির্মাণ প্রকল্পে প্রকৌশলীর দায়িত্বগুলো কী কী?

উত্তর নির্মাণ প্রকল্পের পরিচালনা, ডিজাইন, নির্মাণ, মেরামত, রক্ষণাবেক্ষণ ইত্যাদি দায়িত্ব নির্মাণ প্রকৌশলীর উপর বর্তায়।

৩৩। সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস বলতে কী বুঝায়?
অথবা, পূর্তকর্ম নির্মাণের সামগ্রী বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ইমারত, ব্রিজ, বিমানবন্দর, রাস্তাঘাট, পোতাশ্রয় ইত্যাদি পূর্তকর্ম অর্থাৎ সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং এর আওতাভুক্ত নির্মাণের (Civil engineering construction) সামগ্রীকে পূর্তকর্ম নির্মাণের সামগ্রী বা সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস (Civil engineering materials) বলা হয়।

৩৪। টীকা লেখ ঃ পয়শনের অনুপাত।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.১ নং দ্রষ্টব্য।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। 'নির্মাণসামগ্রীর মান নিয়ন্ত্রণ ও উন্নয়ন প্রকৌশলীর কাজের আওতাভুক্ত' বুঝিয়ে লেখ।

উত্তর প্রকৌশলীগণ প্রকৌশল কর্মকাণ্ডে ক্ষেত্র অনুযায়ী বিভিন্ন ধরনের মান ও গুণাগুণের সামগ্রী ব্যবহার করে থাকেন। এ সকল সামগ্রীগুলোর ঈপ্সিত গুণাগুণ, স্থায়িত্ব, স্থিতিস্থাপকতা, দৃঢ়তা, ভঙ্গুরতা ইত্যাদি সামগ্রীর উপাদানসমূহের আনুপাতিক হার, মিশ্রণ ও তৈরি প্রক্রিয়া, তাপীয় অবস্থা ইত্যাদি নানা বিষয়ের উপর নির্ভর করে। কাজেই কাঠামো বা কাঠামোর অংশ, যন্ত্রাংশ ইত্যাদির নির্মাণসামগ্রীর মান নিয়ন্ত্রণ ও উন্নয়নে প্রকৌশলীকে যথাযথ পদক্ষেপ গ্রহণ করতে হয়। তাই, নির্মাণসামগ্রীর মান নিয়ন্ত্রণ ও উন্নয়ন প্রকৌশলীর কাজের আওতাভুক্ত।

২। নির্মাণসামগ্রী কীভাবে তার ভৌত ধর্মাবলি অক্ষুন্ন রাখে?

উত্তর স্বাভাবিক অবস্থায় নির্মাণসামগ্রী তথা সকল বস্তুর অণুগুলো আন্তঃআণবিক বলের প্রভাবে পরস্পর আকর্ষিত এবং সদা কম্পনশীল বলের প্রভাবে পরস্পর বিকর্ষিত হয়। ফলত স্বাভাবিক অবস্থায় যে কোন নির্মাণসামগ্রীতে এর অণুগুলোর মাঝে স্ব স্ব নির্দিষ্ট আন্তঃআণবিক ফাঁক ঠিক থাকে এবং নির্মাণসামগ্রী তার ভৌত ধর্মাবলি (আকার, আকৃতি, সচ্ছিদ্রতা, দৃঢ়তা ইত্যাদি) অক্ষুণ্ন রাখে। নির্মাণসামগ্রীতে বাহির হতে প্রযুক্ত বল যখন এর আন্তঃআণবিক ফাঁকের উপর প্রভাব ফেলে, তখনই নির্মাণসামগ্রী স্বীয় ভৌত ধর্মাবলি অক্ষুণ্ন রাখতে পারে না।

৩। প্রকৌশল সামগ্রী 'টেস্টের' প্রয়োজন হয় কেন?

উত্তর প্রকৌশলীগণ বিভিন্ন ধরনের ধাতু, ধাতু সংকর, কাঠ, কংক্রিট, ইট, মৃৎজাতীয় সামগ্রী, পাথর, কাচ, প্লাস্টিক, রাবার ইত্যাদি সামগ্রী প্রকৌশল কাজে ব্যবহার করে থাকে। আর এগুলোর ভৌত, রাসায়নিক, যান্ত্রিক ও অন্যান্য ধর্মগুলো ভিন্ন ভিন্ন। কাজেই সুনির্দিষ্ট কাজের উপযোগী উপযুক্ত সামগ্রী নির্বাচনের জন্য সামগ্রীগুলোর ধর্মাবলি সম্পর্কে জানা, সামগ্রীগুলোর মধ্যে উপযোগিতার তুলনা করা এবং প্রকৌশল কাঠামো ডিজাইনে টেস্টে প্রাপ্ত তথ্যাদি ব্যবহারের জন্য প্রকৌশল সামগ্রী 'টেস্টের' প্রয়োজন হয়।

৪। **পয়শনের অনুপাত সংক্ষেপে বুঝিয়ে লেখ।**

উত্তর বস্তুর উপর বাহির হতে বল প্রয়োগ করলে বস্তু যে মুখী ক্রিয়াশীল হয় বস্তুতে বিকৃতি সেদিকেই হয়। একে লম্বালম্বি বিকৃতি (Longitudinal strain) বলা হয়। বস্তুতে লম্বালম্বি বিকৃতি ঘটলে এর আড়াআড়িও বিকৃতি ঘটে থাকে। এ বিকৃতিকে আড়াআড়ি বিকৃতি (Lateral strain) বলা হয়। বস্তুতে চাপ প্রয়োগ করলে চাপের ক্রিয়ার দিকে বস্তুর মাপ কমে যায় কিন্তু চাপের ক্রিয়ার দিকের আড়াআড়ি বস্তুর মাপ বেড়ে যায়। আবার বস্তুতে টান প্রয়োগ করলে টান বলের ক্রিয়ামুখী বস্তুর মাপ বেড়ে যায় কিন্তু টান বলের ক্রিয়ার আড়াআড়ি দিকে বস্তুর মাপ কমে যায়। এটা প্রমাণিত সত্য যে, বলের ক্রিয়ামুখী বস্তুর বিকৃতি ও এর আড়াআড়ি বিকৃতি পরস্পরের সাথে অনুপাত রক্ষা করে। বিজ্ঞানী পয়শনের পরীক্ষার ফলাফল অনুযায়ী বস্তুতে বলের ক্রিয়ার আড়াআড়ি বিকৃতি ও বস্তুতে বলের ক্রিয়ামুখী বিকৃতি এর অনুপাত একটি ধ্রুবক । এ ধ্রুবককে পয়শনের ধ্রুবক বলা হয়। এটা পয়শনের অনুপাত নামে পরিচিত।

পয়শনের অনুপাত, $\mu = \frac{\text{আড়াআড়ি বিকৃতি}}{\text{লম্বালম্বি বিকৃতি}}$

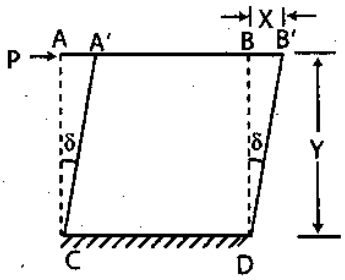
যেহেতু বিকৃতির একক সংখ্যা। তাই, এ ধ্রুবকও একটি সংখ্যা । প্রায় সকল ধাতুর ক্ষেত্রেই এ ধ্রুবকের মান ০.২৫ হতে ০.৩৫ এর মধ্যে হয়ে থাকে।

৫। **শিয়ার বিকৃতি সম্পর্কে সংক্ষেপে লেখ।**

উত্তর বাহির হতে প্রযুক্ত বলের প্রভাবে যদি বস্তুর আকৃতির পরিবর্তন ঘটে তবে এ পরিবর্তনকে শিয়ার বিকৃতি বলা হয়। ধরি ABDC ঘনকটির CD তলটি আটকিয়ে রেখে AB তলে বাহির হতে P বল প্রয়োগ করা হল। এর ফলে এর আকার δ কোণে পরিবর্তিত হয়ে A′B′DC রূপ ধারণ করল। এক্ষেত্রে শুধুমাত্র আকৃতির পরিবর্তন হয়েছে, তাই এটি শিয়ার বিকৃতি। এর মান খুবই ছোট বিধায় শিয়ার বিকৃতি, $\delta = \frac{x}{y}$ রেডিয়ান।

শিয়ার বিকৃতি (δ), শিয়ার পীড়নের (S_s) সাথে সরাসরি এবং দৃঢ়তা গুণাঙ্কের (G) সাথে উল্টানুপাতে সম্পর্কিত ।

শিয়ার বিকৃতি $(\delta) = \frac{S_s}{G}$



৬। **প্রকৌশল সামগ্রী নির্বাচনে বিবেচ্য বিষয়গুলো সংক্ষেপে উদ্ধৃত কর।**

অথবা, ভাল নির্মাণসামগ্রী নির্বাচনে সামগ্রীর কোন কোন ধর্ম বিবেচনা করতে হয়?

অথবা, ভাল নির্মাণসামগ্রীর বৈশিষ্ট্য নির্ধারক ধর্মাবলি সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর যেহেতু প্রকৌশল সামগ্রীর ধর্মাবলি হতে এগুলোর সার্বিক আচরণ সম্পর্কে জানা যায়, তাই নিচের বিষয়গুলো বিবেচনা করে প্রকৌশল সামগ্রী নির্বাচন করা হয় ঃ

(i) ভৌত ধর্মাবলি
(ii) যান্ত্রিক ধর্মাবলি
(iii) রাসায়নিক ধর্মাবলি
(iv) বৈদ্যুতিক ধর্মাবলি
(v) তাপীয় ধর্মাবলি ও
(vi) চুম্বকীয় ধর্মাবলি।

৭। ভাল নির্মাণসামগ্রীর কী কী বৈশিষ্ট্য থাকা উচিত?
অথবা, ভাল প্রকৌশল সামগ্রীর গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্যগুলো কী কী?
অথবা, প্রকৌশল সামগ্রীর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।
অথবা, আদর্শ নির্মাণসামগ্রীর কী কী বৈশিষ্ট্য থাকা উচিত?

উত্তর ঃ উত্তম নির্মাণসামগ্রীর বৈশিষ্ট্যগুলো নিচে দেয়া হল ঃ

(i) এগুলো ডিজাইন বলের বিপরীতে, পারিপার্শ্বিক পরিবেশে ও যুক্তিসঙ্গত সময়কালে আকার, আকৃতি, ঘনত্ব, সচ্ছিদ্রতা, বুনট, বর্ণ, গন্ধ ইত্যাদি ভৌত ধর্মাবলি অক্ষুন্ন রাখবে।

(ii) এগুলো শক্তি, স্থিতিস্থাপকতা, নমনীয়তা, অনমনীয়তা, ঘাতসহতা, প্রসার্যতা, ভঙ্গুরতা, কাঠিন্য, বিকৃতি, স্থিতিস্থাপন ক্ষমতা ইত্যাদি যান্ত্রিক ধর্মাবলি ব্যবহারক্ষেত্র ও কাঠামোর জন্য সন্তোষজনক হবে।

(iii) এগুলোর রাসায়নিক ধর্মাবলি নির্মাণকাঠামো বা পরিবেশ ও পারিপার্শ্বিকতার জন্য ক্ষতির কারণ হবে না।

(iv) এগুলোর তড়িৎ সঞ্চারণ শক্তি, তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা, তড়িৎ প্রতিরোধ ক্ষমতা ইত্যাদি বৈদ্যুতিক ধর্মাবলি ঈপ্সিত ব্যবহারক্ষেত্রের জন্য সন্তোষজনক বিবেচিত হবে।

(v) এগুলোর আপেক্ষিক তাপ, তাপীয় প্রসারণ, তাপ পরিবাহিতা ইত্যাদি তাপীয় ধর্মাবলি ব্যবহারক্ষেত্র, পারিপার্শ্বিক পরিবেশ ও নির্মাণের জন্য বিনষ্টের কারণ হবে না এবং ব্যবহারক্ষেত্রের চাহিদা পূরণেও সন্তোষজনক বিবেচিত হবে।

(vi) এগুলো ঈপ্সিত ক্ষেত্রে চুম্বকীয় ভেদ্যতা, চুম্বকীয় আবেশ ইত্যাদি চুম্বকীয় ধর্মাবলি সন্তোষজনকভাবে সম্পাদনে সক্ষম হবে।

(vii) ব্যবহারক্ষেত্র অনুযায়ী ঈপ্সিত বৈশিষ্ট্যাদিসহ এগুলো সাশ্রয়ী, সহজপ্রাপ্ত ও সহজ কার্যোপযোগী হবে।

প্রসঙ্গত উল্লেখ্য, নির্মাণের ধরন, স্থায়িত্বকাল, পারিপার্শ্বিক পরিবেশ, ব্যয়ের পরিমাণ ইত্যাদি বিষয়াদির বিবেচনায় কোন নির্দিষ্ট নির্মাণের জন্য উত্তম সামগ্রীর বৈশিষ্ট্যাদি নির্ধারণ করা হয়।

৮। প্রকৌশল সামগ্রীর ভৌত গুণাগুণ লেখ।

উত্তর ঃ প্রকৌশল সামগ্রীর ভৌত ধর্মগুলো নিচে দেয়া হল ঃ

(ক) আকার	(ঙ) বুনট (দৃঢ়াবদ্ধ, স্বাভাবিক, শিথিল)
(খ) আকৃতি	(চ) বর্ণ
(গ) ঘনত্ব	(ছ) গন্ধ
(ঘ) সচ্ছিদ্রতা	(জ) সৌন্দর্য ইত্যাদি।

৯। যান্ত্রিক প্রকৌশল কাজে কোন প্রকারের সামগ্রী বেশি ব্যবহার করা হয় এবং কেন?

উত্তর ঃ যান্ত্রিক প্রকৌশল কাজে ধাতু ও ধাতু সঙ্কর সামগ্রী বেশি ব্যবহৃত হয়। যেহেতু ধাতু ও ধাতু সঙ্কর সামগ্রীর যান্ত্রিক ধর্মাবলি (শক্তি, স্থিতিস্থাপকতা, কাঠিন্য, ঘাতসহনীয়তা ইত্যাদি) যান্ত্রিক প্রকৌশল কর্মকাণ্ডের জন্য সর্বাধিক উপযোগী, তাই যান্ত্রিক প্রকৌশল কাজে এগুলো বেশি ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

১০। সচরাচর ব্যবহৃত প্রকৌশল সামগ্রীগুলোর নাম লেখ।

উত্তর ঃ নিচে সচরাচর ব্যবহৃত প্রকৌশল সামগ্রীগুলোর নাম দেয়া হল ঃ

১। ইট	২। টালি	৩। পাথর
৪। বালি	৫। সিমেন্ট	৬। চুন
৭। লোহা ও এর সংকর ধাতুসমূহ	৮। লৌহযুক্ত ধাতু ও এগুলোর সংকরসমূহ	৯। কাঠ
১০। কাচ	১১। ইন্সুলেটিং সামগ্রী	১২। তাপরোধী সামগ্রী
১৩। পানিরোধী সামগ্রীসমূহ	১৪। শব্দশোষক সামগ্রীসমূহ	১৫। শব্দ অন্তরক সামগ্রীসমূহ
১৬। গ্যালিয়াম আর্সেনাইড সামগ্রী	১৭। অপটিক্যাল ফাইবার	১৮। পিচ্ছিলকারক সামগ্রী
১৯। জ্বালানি সামগ্রী	২০। পরিবাহী (তাপ/বিদ্যুৎ) সামগ্রী ইত্যাদি।	

১১। **BSI, ASTM, AASHO, AASHTO, MIT, IRC, BSTI, ACI, ASM, ASME, API, SAE সংক্ষিপ্ত নামের প্রতিষ্ঠানগুলোর পূর্ণনাম লেখ।**

উত্তর BSI = British Standard Institute.
ASTM = American Society of Testing & Matreials.
AASHO = American Association of State Highway Official.
AASHTO = American Association of State Highway & Transportation Officials.
MIT = Massachusettes Institute of Technology.
IRC = Indian Road Congress.
BSTI = Bangladesh Standard Testing Institute.
ACI = American Concrete Institute.
ASM = American Society for Metals.
ASME = American Society of Mechanical Engineers.
API = American Petroleum Institution.
SAE = Society of Automotive Engineers.

রচনামূলক প্রশ্নাবলি :

১। **সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ ব্যবহারে সাধারণ বিবেচ্য বিষয়গুলো আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.২.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। **প্রকৌশল সামগ্রী নির্বাচনে বিবেচ্য বিষয়গুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.২.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **বস্তুর স্থিতিস্থাপকতা সম্পর্কে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **বস্তুর শক্তি সম্পর্কে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **বাংলাদেশে সচরাচর ব্যবহৃত পূর্তকর্ম নির্মাণসামগ্রীর শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১.২ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-২

পাথর
(Stone)

২.১ পাথরের সংজ্ঞা (Definition of stones) ঃ

আদিকালেও মানুষ পাথর ব্যবহার করত। প্রস্তরযুগের মানুষ পাথরকে আত্মরক্ষার ও পশু শিকারের হাতিয়ার হিসেবে ব্যবহার করত। কালক্রমে এ পাথর নির্মাণের প্রধান উপকরণে পরিণত হয়। পাথর খুবই শক্ত, মজবুত ও দীর্ঘস্থায়ী সামগ্রী। সড়ক, সেতু, টাওয়ার, ইমারত ইত্যাদি নির্মাণকার্যে পাথর ব্যবহার করা যায়। যে সকল পাথর প্রকৃতি প্রদত্ত শিলা হতে সংগৃহীত, দৃঢ়, শক্ত, সমসত্ত্ব, অগ্নিরোধী, ক্ষয়রোধী, টেকসই, ওজনে ভারী, কার্যোপযোগী আকার-আকৃতিসম্পন্ন, সন্তোষজনক তাপ ও চাপসহন ক্ষমতাসম্পন্ন, আকর্ষণীয় বর্ণ ও অবয়ববিশিষ্ট, যুক্তিসঙ্গত মূল্যে সহজে পাওয়া যায়, এ জাতীয় পাথরই নির্মাণ পাথর (Building stone)। নির্মাণকাজের সার্বিক দিক বিবেচনা করে পাথর নির্বাচন করলে আবহাওয়া ও অন্যান্য পারিপার্শ্বিক প্রতিক্রিয়া পাথরের তেমন ক্ষতিসাধন করতে পারে না। নির্মাণকাজে ব্যবহৃত সামগ্রীসমূহের মধ্যে পাথরের ন্যায় স্থায়িত্বশীল সামগ্রী অন্য আর একটিও নেই বিধায় পাথরকে নির্মাণ উপকরণের রাজা (King of materials) বলা হয়।

যদিও শিলা (Rocks) এবং পাথর (Stone) সচরাচর একই অর্থে ব্যবহৃত হয়। মূলত শিলা ভূতাত্ত্বিক ধারণা, যার আওতা ব্যাপক ও বিস্তৃত। পৃথিবী গঠনকারী খনিজের যৌগই শিলা (Rocks)। নির্মাণসামগ্রীর দৃষ্টিকোণ হতে প্রাকৃতিকভাবে জমাটবদ্ধ খনিজের প্রকাণ্ড আকারের কঠিন বস্তুই শিলা এবং নির্মাণে ব্যবহারের নির্দিষ্ট আকার-আকৃতির শিলাখণ্ডই পাথর (Stone)। অর্থাৎ শিলার বাণিজ্যিক উৎপাদনই (Commercial production) পাথর।

মূলত পাথর প্রাকৃতিক উপায়ে গঠিত জটিল রাসায়নিক যৌগবিশেষ। এ সাধারণ ভূত্বকও এর রূপান্তরমাত্র। বহুবিধ খনিজ পদার্থের জটিল রাসায়নিক যৌগই পাথর। এর উৎপত্তির ক্ষেত্রে খনিজসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রাকৃতিক নিয়মেই হয়ে থাকে। বহুবিধ খনিজ সামগ্রী দীর্ঘমেয়াদি প্রাকৃতিক তাপ, চাপ ইত্যাদির প্রভাবে জটিল রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় জমাটবদ্ধ হয় এবং পাথরের উৎপত্তি ঘটায়। খনিজসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক বৈশিষ্ট্যের উপর পাথরের গঠন, যুনট, বর্ণ, ভঙ্গুরতা, দৃঢ়তা, চুম্বকতা, আপেক্ষিক গুরুত্ব, ওজন ইত্যাদি নির্ভর করে।

ভূতাত্ত্বিক ও রসায়নবিদদের মতে, প্রায় দুইশত খনিজ পদার্থ বিভিন্ন প্রকার পাথর গঠনে সক্রিয় ভূমিকা রাখে। তবে একই পাথরের মধ্যে সকল প্রকার খনিজ থাকে না। কোন কোন পাথরে শুধুমাত্র একটি এবং কোন কোনটিতে কয়েকটি খনিজের সমন্বয় দেখা যায়। নিম্নে কতিপয় গুরুত্বপূর্ণ খনিজ সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা হল ঃ

১। কোয়ার্টজ বা সিলিকা (Quartz) ঃ কোয়ার্টজের উপর জলবায়ুর প্রভাব খুবই কম। বিশুদ্ধ কোয়ার্টজের বর্ণ সাদা। বালিজাত পাথর গঠনে এর ভূমিকা খুবই গুরুত্বপূর্ণ এবং ব্যাপক। অপদ্রব্যের পরিমাত্রার উপর এর বর্ণে ভিন্নতা দেখা দেয়। এর আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৬ এবং কাঠিন্য নম্বর ৭। কোয়ার্টজাইট, গ্রানাইট, নিস ও বেলেপাথরে এর প্রাধান্য দেখা যায়।

২। ফেলস্পার (Felsper) ঃ এতে অ্যালুমিনা, সিলিকা, পটাশিয়াম, সোডিয়াম বা ক্যালসিয়াম থাকে। এটা স্ফটিকদানাযুক্ত পাথর গঠনে কার্যকর ভূমিকা পালন করে যেমন–গ্রানাইট, ব্যাসাল্ট,ট্রাপ ও নিস ইত্যাদি। ফেলসপার দু'প্রকার হতে পারে, যথা–

(ক) পটাশ ফেলস্পার

(খ) লাইম সোডা ফেলস্পার।

পটাশ ফেলসপার ও লাইম সোডা ফেলস্পার যথাক্রমে অর্থক্লস (Orthoclause) ও প্লেজিক্লস (Plagioclause) নামে পরিচিত। অর্থক্লস পটাশিয়াম, অ্যালুমিনা ও সিলিকার সমন্বয়ে এবং প্লেজিক্লস সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনা ও সিলিকার সমন্বয়ে গঠিত। পটাশ ফেলসপারের রং সাদা, লালাভ, ধূসর বা সবুজ। এর গঠন দানাদার এবং খুব শক্ত। এর আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৫ হতে ২.৭ এবং কাঠিন্য নম্বর ৬। লাইম সোডা ফেলসপারের বর্ণ সাধারণত সাদা তবে লালাভ, নীলাভ বা ধূসর বর্ণেরও হতে পারে। এর গঠন আঁশালো বা দানাদার এবং খুব শক্ত। এর আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৪ হতে ২.৮৫ এবং কাঠিন্য নম্বর ৬।

৩। **মাইকা (Mica) ঃ** এটা অ্যালুমিনা, সিলিকা, ম্যাগনেশিয়াম ও আয়রনের জটিল সিলিকেটের সমন্বয়ে গঠিত। শুভ্র মাইকা মাসকোভাইট এবং কৃষ্ণ মাইকা বায়োটাইট নামে পরিচিত। মাইকা পাথরের বুনটে দুর্বলতা সৃষ্টি করে। যে পাথরে মাইকার মাত্রা যত বেশি ঐ পাথর তত কম শক্তিসম্পন্ন হয়। গ্রানাইট, নিস ও সিস্ট পাথরে মাইকার উপস্থিতি দেখা যায়। এর আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৫ এবং কাঠিন্য নম্বর ৩।

৪। **অ্যামফিবোল (Amphibole) ঃ** এটা সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, আয়রন ও অ্যালুমিনিয়ামের জটিল সিলিকেট। এটা হর্নব্লেন্ড (Hornblende) নামেও পরিচিত। এর গঠন দানাদার এবং খুব শক্ত। এর কাঠিন্য নম্বর ৫.৫ এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব ৩.২। এর বর্ণ কালো হতে সবুজ হয়ে থাকে।

৫। **পাইরক্সিন (Pyroxene) ঃ** এটা ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, আয়রন ও অ্যালুমিনিয়ামের জটিল সিলিকেট। এটা আগাইট নামেও পরিচিত। এর বুনট দানাদার এবং খুবই শক্ত। এটা হর্নব্লেন্ডের মতো, তবে অপেক্ষাকৃত ভারী। এর কাঠিন্য নম্বর ৫ হতে ৬ এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৩ হতে ৩.৬।

৬। **অলিভিন (Olivine) ঃ** এটা ম্যাগনেশিয়াম, আয়রন ও সিলিকার সমন্বয়ে গঠিত। প্রায় সকল ব্যাসাল্ট পাথরেই এর উপস্থিতি লক্ষণীয়। এটা কাচের মতো মসৃণ, বর্ণ হলুদাভ সবুজ এবং খুব শক্ত। এর কাঠিন্য নম্বর ৬.৫ এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব ৩.৫।

৭। **ক্যালসাইট (Calcite) ঃ** এটা ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$)। চুনাপাথর ও মার্বেল পাথরে এর আধিক্য পরিলক্ষিত হয়। এর গঠন দানাদার তবে খুব শক্ত নয়। এর বর্ণ সাদা তবে ধূসর বর্ণেরও হতে পারে। এর কাঠিন্য নম্বর ৩ এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৭।

৮। **ডোলোমাইট (Dolomite) ঃ** এটা ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম কার্বনেটে গঠিত। এটা ক্যালসাইট অপেক্ষা শক্ত। ডোলোমাইটিক চুনাপাথর ও ডোলোমাইটিক মার্বেলে এর উপস্থিতি দেখা যায়। এর গঠন স্ফটিকদানাযুক্ত এবং বর্ণ সাদা হতে ধূসর। এর আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৮৬।

৯। **গারনেট (Garnet) ঃ** এটা লাইম অ্যালুমিনা বা ম্যাগনেশিয়া অ্যালুমিনার জটিল সিলিকেট বিশেষ। এতে কিয়ৎ পরিমাণ ম্যাঙ্গানিজ ও আয়রন থাকতে পারে। এটা সাধারণত সবুজ বর্ণের, বুনট দানাদার। এর কাঠিন্য নম্বর ৭ এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব ৪।

১০। **ম্যাগনেসাইট (Magnesite) ঃ** এটা ম্যাগনেশিয়াম কার্বনেট। এটা মিহিদানার দৃঢ় বুনটে তৈরি এবং বর্ণ সাদা বা ধূসর।

১১। **অ্যাজবেস্টস (Asbestos) ঃ** এটা আঁশালো খনিজ পদার্থ। এটা ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়ামের সিলিকেট, আয়রন অক্সাইড ও অ্যালুমিনার সমন্বয়ে তৈরি। এর বর্ণ ধূসর বাদামি ও ফিকে কালো। আঁশে আঁশে খুলে খুলে যাওয়ার ভৌত গুণাবলি এতে বিদ্যমান। তাই এটা শক্ত নয়।

১২। **আয়রন অক্সাইড (Iron oxide) ঃ** আয়রন অক্সাইডের তিনটি ভিন্নরূপ ঃ

(ক) **হেমাটাইট ঃ** এর বর্ণ লাল হতে বাদামি এবং বুনট দানাদার।

(খ) **লিমোনাইট ঃ** এর বর্ণ বাদামি কালো-হলুদ, বুনট দানাদার বা আঁশালো।

(গ) **ম্যাগনেটাইট ঃ** এর বর্ণ কালো এবং বুনট দানাদার।

২.২ পাথরের ভূতাত্ত্বিক, গঠন-প্রকৃতিগত বা ভৌত ও রাসায়নিক শ্রেণিবিভাগ (Geologycal, physical & chemical classification of stones) ঃ

প্রকৌশল কার্যে নানা শ্রেণির নানা গুণের পাথর ব্যবহার করা হয়। বিভিন্ন দিক বিবেচনা করে পাথরকে নিম্নোক্ত তিন শ্রেণিতে ভাগ করা যেতে পারে, যথা–

(ক) ভূতাত্ত্বিক (Geological) শ্রেণিবিভাগ

(খ) গঠন-প্রকৃতিগত বা ভৌত (Physical) শ্রেণিবিভাগ

(গ) রাসায়নিক (Chemical) শ্রেণিবিভাগ।

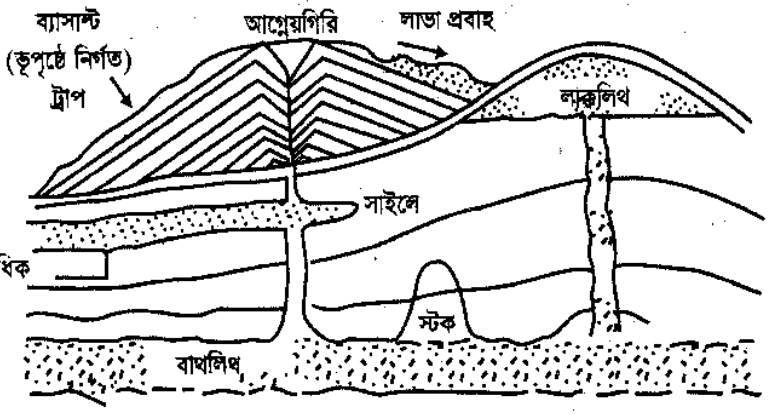
(ক) ভূতাত্ত্বিক (Geological) শ্রেণিবিভাগ ঃ ভূপৃষ্ঠে প্রাপ্ত পাথরকে ভূতাত্ত্বিক বিচারে তিন শ্রেণিতে ভাগ করা হয়, যথা–

১। আগ্নেয় পাথর (Igneous stones)

২। পাললিক পাথর (Sedimentary stones)

৩। রূপান্তরিত পাথর (Metamorphic stones)।

১। **আগ্নেয় পাথর (Igneous stones) ঃ** পৃথিবী প্রথম অবস্থায় একটি বিগলিত ধাতব অগ্নিপিণ্ড ছিল। ক্রমশ তাপ বিকিরণ করে শীতল হতে হতে এর বহির্দেশ জমাট বেঁধে শক্ত পাথরে পরিণত হয়। এটাই আগ্নেয় পাথর। পৃথিবীর প্রথম পর্যায়ে এ পাথর সৃষ্টি হয় বলে এটাকে প্রাথমিক পাথরও বলা হয়। আগ্নেয় পাথরের অপর নাম অন্তরীভূত পাথর। আগ্নেয়গিরি বা ভূমিকম্পের ফলে পৃথিবীর দুর্বল অংশে ফাটল সৃষ্টি হয়ে পৃথিবীর অভ্যন্তরস্থ উত্তপ্ত গলিত লাভা ভূপৃষ্ঠে বা অভ্যন্তরে (ভূপৃষ্ঠের সামান্য নিচে) নির্গত হয়ে আগ্নেয় পাথর সৃষ্টি করে। যে লাভা জলবায়ুর প্রভাবে দ্রুত ঠাণ্ডা হয় সেগুলো কাচের মতো স্ফটিক গঠনের পাথর এবং যেগুলো ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা হয় সেগুলো স্ফটিক গঠনের বিশেষ দানার পাথর সৃষ্টি করে। ট্রাপ ও ব্যাসাল্ট প্রথমোক্ত এবং গ্রানাইট দ্বিতীয়োক্ত শ্রেণির পাথর।



চিত্র ঃ ২.১ আগ্নেয় পাথরের ফরমেশন

আগ্নেয় পাথরের বৈশিষ্ট্যসমূহ ঃ

(i) **অস্তরিত (Non-stratified) ঃ** এগুলো উত্তপ্ত গলিত অবস্থা হতে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা হয়ে জমাটবদ্ধ হয় বিধায় এগুলোতে কোন স্তর থাকে না।

(ii) **জীবাশ্মমুক্ত ঃ** এগুলো ভূগর্ভ হতে নির্গত গলিত উত্তপ্ত পদার্থ হতে সৃষ্টি হয় বিধায় এগুলোতে জীবাশ্মের উপস্থিতির প্রশ্নই উঠে না।

(iii) **কেলাসিত ঃ** এগুলো গলিত অবস্থা হতে তাপ বিকিরণ করে সৃষ্ট, তাই এগুলো অদানাদার কেলাসিত। তবে ক্ষেত্রবিশেষে এগুলো দানা বাঁধে বা নির্দিষ্ট আকারে কেলাসিত হয়।

(iv) **পানি অপ্রবেশ্য ঃ** গলিত অবস্থা হতে ঠাণ্ডা হয়ে এগুলো সৃষ্টি হয়, তাই এগুলোতে পানি প্রবেশ করতে পারে না। ফলত এগুলো পানি অপ্রবেশ্য হয়।

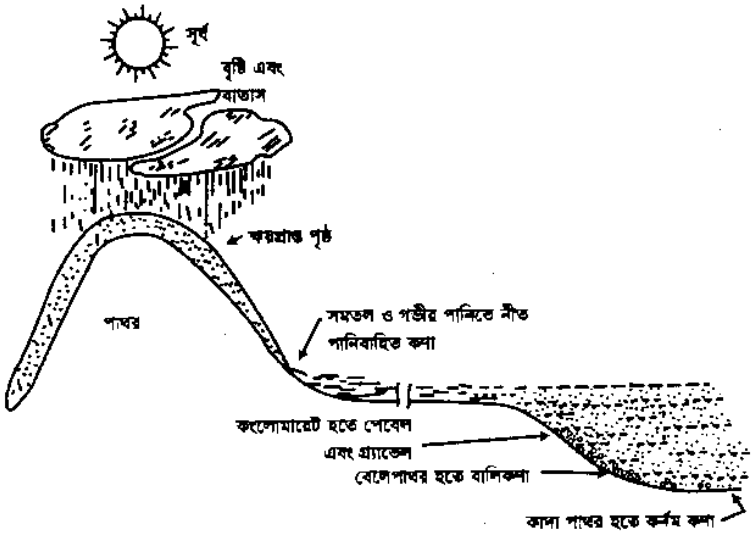
(v) **সুদৃঢ়, শক্ত, মজবুত ও সুসংহত ঃ** এগুলো বিগলিত অবস্থা হতে ক্রমান্বয়ে তাপ হারিয়ে সংকুচিত হয়ে জমাট বাঁধে বিধায় সুদৃঢ়, শক্ত, মজবুত, শক্তিশালী ও সুসংহত হয়।

(vi) **জোড়া ও সংযুক্তি ঃ** যেহেতু এগুলো সৃষ্টিতে গলিত পদার্থ নির্গমন ও সঞ্চিত হয়, তাই এগুলোর স্তরে জোড়া ও সংযুক্তি সৃষ্টি হয়।

(vii) **প্রাথমিক পাথর ঃ** আগ্নেয় পাথর পৃথিবীর প্রথম পাথর। তাই এগুলো হতে অন্যান্য পাথরের সৃষ্টি হয়েছে।

২। **পাললিক পাথর (Sedimentary stones) ঃ** আগ্নেয় বা প্রাথমিক পাথর বৃষ্টি, বায়ু, তুষার, তাপ, সমুদ্রের ঢেউ প্রভৃতি প্রাকৃতিক শক্তির প্রভাবে ক্ষয়প্রাপ্ত এবং চূর্ণীভূত হয়ে কাঁকর, কাদা ও ধুলায় পরিণত হয়। এরূপ ক্ষয়িত পাথরকণা জলস্রোত, বায়ু ও হিমবাহ দ্বারা পরিবাহিত হয়ে পলল এবং তলানিরূপে ক্রমান্বয়ে হ্রদ, সাগর বা নদীগর্ভে সঞ্চিত হয়ে অত্যধিক চাপ, উত্তাপ বা অন্যান্য প্রাকৃতিক প্রক্রিয়ায় শক্ত পাথর সৃষ্টি করে। এ পাথর সৃষ্টিতে অগণিত জলজন্তুর হাড়চূর্ণ, বালি, লৌহ ইত্যাদি যৌগিক পদার্থ ও নানাবিধ উদ্ভিদ দেহের রাসায়নিক উপাদান বিশেষ ভূমিকা পালন করে থাকে। পলল বা তলানি হতে গঠিত হয় বলে এ পাথরকে পাললিক পাথর বলা হয়। যেহেতু এ পাথর স্তরে স্তরে সঞ্চিত হয়ে গঠিত হয় সেহেতু এগুলোকে স্তরীভূত পাথরও বলা হয়ে থাকে।

সমুদ্রগর্ভে গঠিত নানাপ্রকার পাথরে উদ্ভিদ ও জীবজন্তুর দেহাবশেষ প্রস্তরীভূত অবস্থায় দেখা যায়– এগুলোকে জীবাশ্ম বলে। বেলেপাথর, চুনাপাথর, কেওলিন পাললিক পাথরের অন্যতম উদাহরণ।



চিত্র ঃ ২.২ পাললিক পাথরের ফরমেশন

পাললিক পাথরের বৈশিষ্ট্যসমূহ ঃ

(i) **স্তরিত ঃ** এগুলো স্তরে স্তরে সৃষ্টি বিধায় এগুলোকে স্তরিত পাথরও বলা হয় এবং এগুলোর স্তরগুলো সাধারণত অনুভূমিক। এগুলোর দানা স্থূল বা বেশ সূক্ষ্মও হতে পারে।

(ii) **জীবাশ্মযুক্ত ঃ** এগুলোর উৎপত্তি অঞ্চলে জীবের মৃতদেহের কঠিনাংশের জীবাশ্মের উপস্থিতি বিদ্যমান বিধায় এগুলো জীবাশ্মযুক্ত পাথর।

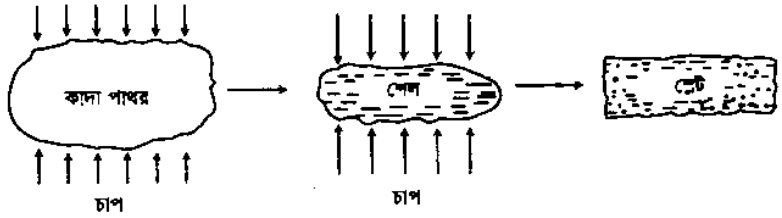
(iii) **অকেলাসিত (Non-crystallic) ঃ** যেহেতু এগুলো উত্তপ্ত গলিত অবস্থা হতে ঠাণ্ডা হয়ে সৃষ্টি হয় না, তাই এগুলোর কেলাসিত হওয়া কোন সম্ভাবনাও নেই।

(iv) **তরঙ্গের দাগ (Ripple marks) ঃ** এগুলো সচরাচর জলভাগের তলদেশে সৃষ্ট বিধায় এগুলোতে তরঙ্গের দাগ দেখা যায়।

(v) **কাঠিন্য ঃ** পানি স্রোত, বায়ু ইত্যাদির মাধ্যমে আগ্নেয় শিলার ভগ্নাংশ সঞ্চিত হয়ে এগুলোর সৃষ্টি বিধায় এগুলোর কাঠিন্য আগ্নেয় পাথর হতে কম।

৩। **রূপান্তরিত পাথর (Metamorphic stones) ঃ** ভূ-আন্দোলন, অগ্নুৎপাত ও ভূমিকম্পে দীর্ঘ সময় উর্ধ্বস্তরের চাপে, রাসায়নিক ক্রিয়ায় এবং ভূগর্ভস্থ তাপের প্রভাবে সৃষ্ট অনুকূল অবস্থায় আগ্নেয় ও পাললিক পাথর রূপান্তরিত হয়ে এক নতুন পাথরে রূপ নেয়। এ নতুন পাথরই রূপান্তরিত পাথর।

উদাহরণ ঃ চুনাপাথর রূপান্তরিত হয়ে মার্বেল,
গ্রানাইট রূপান্তরিত হয়ে নিস্,
কাদা রূপান্তরিত হয়ে স্লেট,
বেলেপাথর রূপান্তরিত হয়ে কোয়ার্টজাইট,
কয়লা রূপান্তরিত হয়ে গ্রাফাইট ইত্যাদিতে পরিণত হয়।



চিত্র ঃ ২.৩ রূপান্তরিত পাথরের ফরমেশন

রূপান্তরিত পাথরের বৈশিষ্ট্যসমূহ ঃ

(i) **কাঠিন্য ঃ** যেহেতু আগ্নেয় ও পাললিক পাথর তাপ ও চাপে পরিবর্তিত হয়ে রূপান্তরিত পাথরে পরিণত হয়, তাই এগুলোর কাঠিন্য, শক্তি ও মজবুতি উক্ত পাথরদ্বয় থেকে অধিক হয়ে থাকে।

(ii) **কেলাসিত ঃ** এগুলো তাপ ও চাপে আগ্নেয় ও পাললিক পাথরের পরিবর্তনে সৃষ্ট, তাই সাধারণত এগুলো কেলাসিত (Crystalline) হয়ে থাকে।

(iii) **তরঙ্গ দাগ ঃ** এগুলোতে তরঙ্গ দাগ থাকে না।

(iv) **গঠনে সমান্তরাল ঃ** এগুলোর গঠন অনুভূমিক, উল্লম্ব বা তীর্যকভাবে সমান্তরালে হয়ে থাকে।

(v) **জীবাশ্মমুক্ত ঃ** যেহেতু এগুলো আগ্নেয় পাথর ও পাললিক পাথরের ভগ্নাংশ হতে সৃষ্ট এবং আগ্নেয় পাথরে জীবাশ্মের অনুপস্থিতি এবং অত্যধিক তাপ ও চাপে পাললিক পাথর হতে জীবাশ্মের বিলুপ্তি ঘটে, তাই এগুলো জীবাশ্মমুক্ত পাথর।

(খ) গঠন-প্রকৃতিগত বা ভৌত (Physical) শ্রেণিবিভাগ ঃ গঠন প্রকৃতিগত বিচারে পাথরকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

১। অস্তরিত (Unstratified) পাথর।

২। স্তরিত (Stratified) পাথর।

৩। ভাঁজকৃত বা বলিত (Foliated) পাথর।

১। অস্তরিত পাথর ঃ এগুলো আগ্নেয় পাথর শ্রেণিভুক্ত। নির্মাণের জন্য এগুলো সর্বাধিক উপযোগী, বেশ মজবুত ও টেকসই।

২। স্তরিত পাথর ঃ এগুলো পাললিক পাথর শ্রেণিভুক্ত। এগুলো স্তরে স্তরে সৃষ্ট, পরতে পরতে বিভক্ত করা যায়।

৩। ভাঁজকৃত বা বলিত পাথর ঃ এগুলো সচরাচর রূপান্তরিত পাথর শ্রেণিভুক্ত। যদিও এগুলোতে স্তর দেখা যায় তবে স্তরগুলো অসমান। এগুলো বেশ শক্ত ও স্থায়িত্বশীল।

(গ) রাসায়নিক (Chemical) শ্রেণিবিভাগ ঃ রাসায়নিক উপাদানের বিচারে পাথরকে নিচের ভাগসমূহে বিভক্ত করা যায়, যথা–

১। বালিজাত পাথর (Silicious stone),

২। চুনজাত পাথর (Calcareous stone),

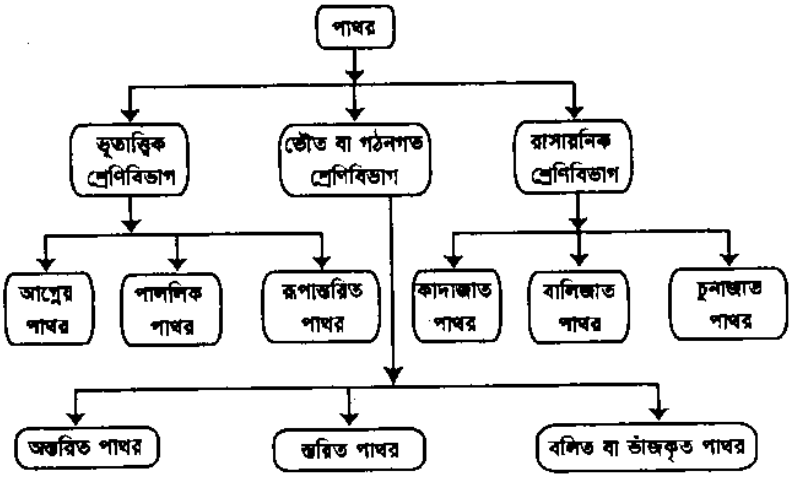
৩। কাদাজাত পাথর (Argillaceous stone)।

১। বালিজাত পাথর ঃ এ জাতীয় পাথরের প্রধান উপাদান বালি বা সিলিকা। এতে সিলিকা বালুকণা, কোয়ার্টজ এবং চকমকি (flint) রূপে অবস্থান করে। এর উপর জলবায়ুর প্রভাব খুবই কম। কিন্তু অন্যান্য দুর্বল খনিজের সাথে মিলিত অবস্থায় থাকলে এটা সহজেই ভেঙে পড়ে। এ জাতীয় পাথরে যতবেশি মুক্ত সিলিকা থাকে ততই বেশি শক্ত ও স্থায়ী হয়। গ্রানাইট, ট্রাপ, কোয়ার্টজ এবং বেলেপাথর এ শ্রেণিভুক্ত।

২। চুনজাত পাথর ঃ এ জাতীয় পাথর কার্বনেট অব লাইম হতে সৃষ্টি হয়। পরিবেশ ও পারিপার্শ্বিক বায়ুমণ্ডলের উপাদান ও আবহাওয়ার উপর এদের আয়ুষ্কাল নির্ভর করে। এ জাতীয় পাথরে কখনও কখনও সিলিকা পদার্থ, কাদা এবং জোড়ক পদার্থ হিসেবে লৌহজাতীয় পদার্থের উপস্থিতি দেখা যায়। চুনাপাথর, মার্বেল এ শ্রেণিভুক্ত।

৩। কাদাজাত পাথর ঃ এ জাতীয় পাথরের উৎপত্তি কাদাজাতীয় সামগ্রী হতে। এ সকল পাথরে কাদার সাথে কিয়ৎ পরিমাণ বালি, চুন ও অন্যান্য খনিজের উপস্থিতি দেখা যায়। এ পাথর ভঙ্গুর কিন্তু বেশ শক্ত ও দীর্ঘায়ুসম্পন্ন। কাদাজাতীয় স্লেট পাথর ও ল্যাটারাইট এ শ্রেণিভুক্ত।

উপরোক্ত আলোচনার আলোকে নিচের ছকে পাথরের শ্রেণিবিভাগ দেখানো হল ঃ



এখানে বিভিন্ন শ্রেণির কয়েকটি পাথরের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দেয়া হল ঃ

১। **গ্রানাইট (Granite)** ঃ এ পাথর কেলাসিত স্ফটিক দানাদার আগ্নেয় পাথর শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত। এটা কোয়ার্টজ, ফেলস্পার ও মাইকার দ্বারা স্ফটিক দানায় তৈরি। এতে কোন কোন ক্ষেত্রে অল্পমাত্রায় হর্নব্লেন্ড ও পাইরক্সিন পরিলক্ষিত হয়। এটা ৬০% হতে ৮০% বালিযুক্ত এবং অম্লভাবাপন্ন। এটা অতি উচ্চতাপে পৃথিবীর গভীরে সৃষ্ট। জলবায়ুর প্রভাবে এর উপরিস্থ আয়রন অপসারিত হলে এটাকে ভূপৃষ্ঠস্থ পাথর বলে অনুমিত হয়। গ্রানাইট ভূপৃষ্ঠস্থ আবরণের নিচে গলিত লাভার আকারে ছড়িয়ে পড়ে এবং ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা হয়ে স্ফটিক গঠনের বিশেষ দানার রূপ নেয়। দানাগুলো খালি চোখেও পরিদৃশ্য হয়। গ্রানাইট পাথর কালো, ছাই, সবুজ, টকটকে বা স্বাভাবিক লাল বর্ণের হতে পারে। নির্দিষ্ট বর্ণের পাথরের দানার কারণে এ রকম হয়ে থাকে। এ পাথর ভালভাবে পলিশ গ্রহণ ও রক্ষা করে। বর্ণের গভীরতা ও দানার সমতার উপর এর মূল্য নির্ভর করে। উত্তম শ্রেণির গ্রানাইট এর ক্রাশিং স্ট্রেংথ ১১০০০ টনি/বর্গমিটার, গড়পড়তা ওজন ২.৭ গ্রাম/ঘনসেন্টিমিটার, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৭, শোষণ ক্ষমতা সর্বাধিক ০.৫%।

ব্যবহার ঃ গ্রানাইট কারুকার্যে, রেলপথের ব্যালাস্ট ও রাস্তায় খোয়া হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

প্রাপ্তিস্থান ঃ পাকভারত উপমহাদেশের উত্তর-পশ্চিম সীমান্ত প্রদেশ, উড়িষ্যা, বিহার, হায়দ্রাবাদ ও কচ্ছে গ্রানাইট পাওয়া যায়। বাংলাদেশের চট্টগ্রাম ও সিলেটে অল্প পরিমাণে গ্রানাইট পাওয়া যায়।

২। **ট্রাপ ও ব্যাসাল্ট (Trap & Basalt)** ঃ এগুলো খুব শক্ত, শক্তিশালী, স্থায়িত্বশীল অদানাদার বা অতিসূক্ষ্ম দানার আগ্নেয় পাথর। গলিত লাভা ভূপৃষ্ঠের উপরিভাগে ঠাণ্ডা হয়ে ট্রাপ ও ব্যাসাল্টে পরিণত হয়। সবুজ পাথর (Green stone), পরফাইরি (Porphyry) এবং এমিগডালয়েড (Amygdaloid) পাথর ট্রাপ পরিবারভুক্ত। এ শ্রেণির পাথরে ফেলসপার হর্নব্লেন্ড, অগাইট এবং আয়রন অক্সাইড অধিক মাত্রায় এবং কোয়ার্টজ অল্পমাত্রায় থাকে। এদের ক্রাশিং স্ট্রেংথ ১১০০০ হতে ১৫৪০০ টনি/বর্গমিটার, গড়পড়তা ওজন ২.৮৫ গ্রাম/ঘনসেন্টিমিটার, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৯, শোষণ ক্ষমতা ০.৫% এর কম।

ব্যবহার ঃ ভিত্তি নির্মাণে এবং কংক্রিটের খোয়া হিসেবে এগুলো ব্যবহৃত হয়।

প্রাপ্তিস্থান ঃ ভারতের দাক্ষিণাত্য, মধ্যপ্রদেশ এবং উত্তর প্রদেশ; বাংলাদেশের সিলেট জেলার ছাতক এবং পার্বত্য চট্টগ্রাম জেলার রাঙামাটিতে অল্প পরিমাণে এদের পাওয়া যায়।

৩। **বেলেপাথর (Sand-stone)** ঃ বেলেপাথর পাললিক পাথরের শ্রেণিভুক্ত। ছোট ছোট কোয়ার্টজ দানা জোড়ক পদার্থে জমাটবদ্ধ হয়ে বেলেপাথর সৃষ্টি করে। সংযোজক বা জোড়ক পদার্থের মাত্রা ও মানের উপর এ জাতীয় পাথরের গুণাগুণ নির্ভর করে। জোড়ক পদার্থগুলো হচ্ছে বালিজাত, চুনজাত, লৌহঘটিত বা কাদাজাত। বেলেপাথর মোটাদানা বা সরুদানার হতে পারে। বালিজাত জোড়কের বেলেপাথর খুবই শক্ত ও স্থায়িত্বশীল। কাদাজাত জোড়কের বেলেপাথর ক্ষণভঙ্গুর ও দুর্বল। এর ক্রাশিং স্ট্রেংথ ৪০০০ হতে ৮০০০ টনি/বর্গমিটার, গড়পড়তা ওজন ২৩০০ কেজি/ঘনমিটার, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৩, শোষণ ক্ষমতা ৫% হতে ৬%।

ব্যবহার ঃ যাঁতা, শানপাথর (সিলিকাস শ্রেণি), রাস্তার খোয়া (নিম্নমানের) প্রস্তুত কাজে এগুলো ব্যবহার হয়।

প্রাপ্তিস্থান ঃ বাংলাদেশের কক্সবাজার, সেন্টমার্টিন দ্বীপ, সীতাকুণ্ড ও পার্বত্য চট্টগ্রাম; ভারতের গোয়ালিয়র, নাগপুর, জব্বলপুর, মহীশুর; পাকিস্তানের সিন্ধু, করাচী, ঝিলাম।

৪। **চুনাপাথর (Limestone)** ঃ চুনাপাথরের প্রধান উপাদান $CaCO_3$ । এটা স্তরীভূত পাথর। ক্যালসিয়াম কার্বনেটের দানা স্তরে স্তরে জমা হয়ে জোড়ক পদার্থের উপস্থিতিতে চুনাপাথর সৃষ্টি করে। এ জাতীয় পাথরের অন্যান্য উপাদানের মধ্যে কর্দম, সিলিকা ও ম্যাগনেশিয়াই প্রধান। বিভিন্ন শ্রেণির চুনাপাথরের মধ্যে গঠন, বুনট, স্থায়িত্ব ইত্যাদিতে পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। মার্বেলের ন্যায় মুক্ত বুনটবিশিষ্ট চুনাপাথর ও মার্বেলের ন্যায় সুদৃঢ় সুসংবেদ্ধ চুনাপাথর এর প্রকৃষ্ট উদাহরণ। উপাদানগত দিকে বিবেচনা করলে চুনাপাথরকে (ক) কাদাজাত চুনাপাথর, (খ) বালিজাত চুনাপাথর, (গ) ম্যাগনেশিয়াম চুনাপাথর– এ তিন শ্রেণিতে ভাগ করা যায়। এর ক্রাশিং স্ট্রেংথ ৩৩০ হতে ৬৬০ টনি/বর্গমিটার, গড়পড়তা ওজন ২.৬ গ্রাম/ঘনসেন্টিমিটার, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬, শোষণ ক্ষমতা ২% হতে ৬%।

ব্যবহার ঃ রেলপথের ব্যালাস্ট, রাস্তার খোয়া, চুন তৈরি, সিমেন্ট তৈরি, ইমারতের কাজ, অগ্নিরোধক ইট তৈরি ইত্যাদি।

প্রাপ্তিস্থান ঃ বাংলাদেশের ছাতক (সিলেট), সেন্টমার্টিন দ্বীপ, কক্সবাজার, পার্বত্য চট্টগ্রাম, খাসিয়া, জৈন্তিয়া, গারো পাহাড়; পাকিস্তানের সিন্ধু, বেলুচিস্তান; ভারতের পোরবন্দর, জব্বলপুর, এলাহাবাদ।

৫। **শেল (Shale)** ঃ শেল পাললিক শ্রেণির পাথর। এটি অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট, কিয়ৎ পরিমাণ মাইকা ও কোয়ার্টজ-এর সমন্বয়ে গঠিত, শক্ত ও শক্তিশালী পাথর। এর ওজন ২.৮৫ গ্রাম/ঘনসেন্টিমিটার, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৭৪, ক্রাশিং স্ট্রেংথ ৬৬০০ হতে ৯৯০০ টনি/বর্গমিটার।

ব্যবহার ঃ খেলনা ও সিরামিক দ্রব্যাদি তৈরিতে।

প্রাপ্তিস্থান ঃ বাংলাদেশের ময়মনসিংহ, সিলেট, চট্টগ্রাম।

৬। **নিস ও সিস্ট (Gneiss & Schist)** ঃ নিস ও সিস্ট রূপান্তরিত পাথরের শ্রেণিভুক্ত। পাতলা পাতে বিভক্ত গ্রানাইট, নিস নামে এবং অতি সূক্ষ্ম স্তরবিশিষ্ট নিস, সিস্ট নামে পরিচিত। যে গ্রানাইট হতে এদের উৎপত্তি তাদের গুণাবলির উপর নিস ও সিস্টের গুণাবলি নির্ভর করে। নিস বেশ শক্ত ও স্থায়িত্বশীল। পক্ষান্তরে সিস্ট তুলনামূলকভাবে কম শক্ত। এদের ক্রাশিং স্ট্রেংথ ২৭৫০ হতে ৪৯৫০ টনি/বর্গমিটার, গড়পড়তা ওজন ২.১৪ গ্রাম/ঘনসেন্টিমিটার, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৪২।

ব্যবহার ঃ গাঁথুনির কাজে, পেভিং এর কাজে, রাস্তার কাজে।

প্রাপ্তিস্থান ঃ বাংলাদেশের সিলেট, চট্টগ্রাম (কম); পাকিস্তানের উত্তর-পশ্চিম সীমান্ত প্রদেশ, দরগাহ; ভারতের মহীশুর, কচ্ছ, বিহার ইত্যাদি।

৭। **ল্যাটারাইট (Laterite)** ঃ বালিযুক্ত কর্দমের রূপান্তরিত শিলার নাম ল্যাটারাইট। এতে আয়রন অক্সাইড থাকে। এ কারণে এর বর্ণ ইটের মতো। এটা তুলনামূলকভাবে নরম পাথর। এর গড়পড়তা ওজন ২.২ গ্রাম/ঘনসেন্টিমিটার, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৪৫, ক্রাশিং স্ট্রেংথ ৩৩০০ হতে ৫৫০০ টনি/বর্গমিটার।

ব্যবহার ঃ রাস্তার খোয়া, ছোটখাটো নির্মাণকাজ।

প্রাপ্তিস্থান ঃ বাংলাদেশের সিলেট (প্রচুর), পার্বত্য চট্টগ্রাম, রাজশাহী, দিনাজপুর, বগুড়া; ভারতের বিহার, উড়িষ্যা, মধ্যপ্রদেশ, রত্নাগিরি, কানারা ইত্যাদি।

৮। **কোয়ার্টজাইট (Quarzite)** ঃ বালিজাত বেলেপাথর রূপান্তরের মাধ্যমে কোয়ার্টজাইটে পরিণত হয়। এটা সূক্ষ্মদানায় গঠিত দৃঢ়, শক্ত, মজবুত ও স্থায়িত্বশীল পাথর। এটাকে নির্মাণকার্যে ব্যবহৃত পাথরগুলোর মধ্যে সর্বাপেক্ষা শক্তিশালী পাথর হিসেবে গণ্য করা হয়। এর গড়পড়তা ওজন ২.৯৩ গ্রাম/ঘনসেন্টিমিটার, আপেক্ষিক গুরুত্ব ৩.০০, ক্রাশিং স্ট্রেংথ ১১০০০ হতে ১৯৫০০ টনি/বর্গমিটার।

ব্যবহারঃ ঠেস দেওয়াল, এপ্রোন, রিভিটমেন্ট, কংক্রিটের খোয়া ইত্যাদি।

প্রাপ্তিস্থান ঃ বাংলাদেশের কক্সবাজার, চট্টগ্রাম; ভারতের দক্ষিণাত্য, মধ্যপ্রদেশ ইত্যাদি।

৯। **স্লেট (Slate)** ঃ শেল, কর্দম পাথর দীর্ঘমেয়াদি তাপ ও চাপের প্রভাবে রূপান্তরিত হয়ে স্লেট পাথরে পরিণত হয়। এটাকে পাতলা পাতে বিভক্ত করা যায়। স্লেটে আঘাত করলে ঝন ঝন শব্দ হয়। লাইম ও মাইকাযুক্ত স্লেট দুর্বল।

এর পানি শোষণ ক্ষমতা সামান্য এবং এটা ক্ষয়রোধ ক্ষমতাসম্পন্ন, ক্রাশিং স্ট্রেংথ ৩৩০০ হতে ৭১৫০ টনি/বর্গমিটার, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৪৮।

ব্যবহার ঃ ছাউনি, টালি, পেভিং ব্লক ইত্যাদি।

প্রাপ্তিস্থান ঃ বাংলাদেশের সিলেট, চট্টগ্রাম; ভারতের রাজপুতনা, কাংরা, ছান্দা; পাকিস্তানের আটক, নওশেরা ইত্যাদি।

১০। **মার্বেল (Marble)** ঃ স্ফটিক দানার চুনাপাথর অত্যধিক তাপ ও চাপে রূপান্তরিত হয়ে মার্বেল পাথরে পরিণত হয়। খাঁটি মার্বেল সাদা বর্ণের, অপদ্রব্যের উপস্থিতিতে মার্বেলের বর্ণে ভিন্নতা দেখা যায়। এটা সুসংবদ্ধ ও সুগঠিত দানাদার পাথর। এ পাথর পলিশ গ্রহণ করে এবং আবহাওয়ার বিঘ্নতায় তেমন আক্রান্ত হয় না।

ব্যবহার ঃ অলঙ্কারমূলক কাজ, বৈদ্যুতিক সুইচবোর্ড, টেবিল, শেলফ, জানালার সিল, মেঝে, ডেডো, সিঁড়ি ইত্যাদি।

প্রাপ্তিস্থান ঃ বাংলাদেশের সিলেট, চট্টগ্রাম (খুবই কম); পাকিস্তানের মর্দান, উত্তর-পশ্চিম সীমান্ত প্রদেশ; ভারতের আজমীর, জোধপুর, মধ্যপ্রদেশ, রাজপুতনা, জব্বলপুর ইত্যাদি।

এতদভিন্ন নিম্নোক্ত পানিক্ষয়িত পাথরগুলোও নির্মাণকাজে ব্যবহৃত হয় ঃ

১। **বোল্ডার (Boulder)** ঃ পানিক্ষয়িত অনেকটা গোলাকৃতির বড় পাথরই বোল্ডার। এগুলো ভেঙে ঈপ্সিত আকারে খণ্ড খণ্ড করে নির্মাণকাজে ব্যবহার করা যায়।

২। **শিঙ্গেল (Shingle)** ঃ সমুদ্রসৈকত সন্নিকটে প্রাপ্ত পানিক্ষয়িত অপেক্ষাকৃত বড় আকৃতির নুড়ি পাথরকে শিঙ্গেল বলা হয়। শিঙ্গেলকে ঈপ্সিত আকারে খণ্ড খণ্ড করে ইমারতের কাজে ব্যবহার করা যায়।

৩। **পেবেল (Pebbles)** ঃ নদীর তলদেশে প্রাপ্ত পানিক্ষয়িত অপেক্ষাকৃত ছোট আকৃতির নুড়িকে পেবেল বলা হয়। পেবেল সরাসরি ইমারতের কাজে এবং কংক্রিটের কোর্স অ্যাগ্রিগেট হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

৪। **গ্র্যাভেল (Gravel)** ঃ পানিক্ষয়িত যে কোন পাথরের গোলাকৃতির নুড়িকেই গ্র্যাভেল বলা হয়। নদীর তলদেশে এবং পলল গঠিত সমভূমিতে গ্র্যাভেল পাওয়া যায়। এটা রাস্তার আচ্ছাদন কাজে এবং কংক্রিটের কোর্স অ্যাগ্রিগেট হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

৫। **কংলোমারেট (Conglomerate)** ঃ বালিজাত, চুনজাত বা কাদাজাত জোড়কের সহযোগে গ্র্যাভেল ও শিঙ্গেল গ্রথিত হয়ে কংলোমারেটে রূপ নেয়। এ জাতীয় পাথর রন্ধ্রবিশিষ্ট দানাদার ও অসম আকৃতির হয়ে থাকে। এ জাতীয় পাথর ইমারত নির্মাণে উপযোগী নয়।

● **বাংলাদেশে পাথর প্রাপ্তিস্থান ও এগুলোর ব্যবহার ঃ**

নিচের ছকে বাংলাদেশে প্রাপ্ত বিভিন্ন পাথরের প্রাপ্তিস্থান ও ব্যবহার দেয়া হল ঃ

পাথরের নাম	প্রাপ্তিস্থান	ব্যবহার
১। গ্রানাইট	চট্টগ্রাম ও সিলেট (অল্প পরিমাণ)	কারুকার্য, ইমরাত, ব্রিজ পিয়ার, রেলপথের ব্যালাস্ট, রাস্তার খোয়ার ইত্যাদি।
২। ট্রাপ ও ব্যাসাল্ট	ছাতক (সিলেট), রাঙামাটি (অল্প পরিমাণ)	ভিত্তি নির্মাণ, কংক্রিটের খোয়া, কৃত্রিম পাথর তৈরি, পেভিং ইত্যাদি।
৩। বেলেপাথর	কক্সবাজার, সেন্টমার্টিন দ্বীপ, সীতাকুণ্ড, পার্বত্য চট্টগ্রাম, দিনাজপুর	ইমারত নির্মাণ, রাস্তার খোয়া, যাঁতা ও শানপাথর (মোটা দানার) ইত্যাদি।
৪। চুনাপাথর	ছাতক (সিলেট), সেন্টমার্টিন দ্বীপ, খাসিয়া, জন্তিয়া, গারো পাহাড়, কক্সবাজার, পার্বত্য চট্টগ্রাম	৪। চুন ও সিমেন্ট তৈরি, রাস্তার খোয়া, রেলপথের ব্যালাস্ট, অগ্নিরোধক ইট, ইমারত ইত্যাদি।
৫। শেল	ময়মনসিংহ, চট্টগ্রাম, সিলেট	খেলনা, সিরামিক দ্রব্যাদি ইত্যাদি।
৬। নিস্ ও সিস্ট	সিলেট, চট্টগ্রাম (কম পরিমাণে)	পেভিং এর কাজ, গাঁথুনির কাজ ইত্যাদি।
৭। ল্যাটারাইট	পার্বত্য চট্টগ্রাম, সিলেট (প্রচুর), দিনাজপুর, রাজশাহী, বগুড়া	রাস্তার খোয়া, ছোটখাটো নির্মাণ ইত্যাদি।
৮। কোয়ার্টজাইট	কক্সবাজার, চট্টগ্রাম	ঠেস দেয়াল, এপ্রোন, রিভিটমেন্ট, কংক্রিটের খোয়া, ইত্যাদি।
৯। স্লেট	সিলেট, চট্টগ্রাম	ছাউনির কাজ, টালি, পেভিং ব্লক, শেলফ, রাস্তার খোয়া, বৈদ্যুতিক সুইচবোর্ড ইত্যাদি।
১০। মার্বেল	সিলেট, চট্টগ্রাম (কম পরিমাণ)	স্মৃতিস্তম্ভ, অলঙ্কারমূলক কাজ, বৈদ্যুতিক সুইচবোর্ড, শেলফ, মেঝে, কৃত্রিম পাথর তৈরি ইত্যাদি।

নির্মাণকাজের জন্য ভূপৃষ্ঠের উপযোগী শিলা হতে পাথর সংগ্রহ করা হয়ে থাকে। যে সকল শিলা (rocks) হতে উত্তম নির্মাণ পাথর (Stone) পাওয়া যায় এবং পাথর উত্তোলন, সংগ্রহ, স্তূপীকৃতকরণ, পরিবহন ইত্যাদি সার্বিক ব্যবস্থাদিসহ এ সকল শিলা প্রাপ্তির স্থানকে কোয়ারি (quarry) বা পাথর উত্তোলন কেন্দ্র বলা হয়। শিলা হতে পাথর প্রাপ্তির জন্য প্রয়োগকৃত প্রক্রিয়াকে কোয়ারিং বা পাথর উত্তোলন প্রক্রিয়া (quarrying) বলা হয়। পাথর উত্তোলন বা কোয়ারিং এর কাজ সাধারণত চারটি পদ্ধতিতে করা হয়ে থাকে, যথা– (i) খনন পদ্ধতি (By digging), (ii) তাপ পদ্ধতি (By heating), (iii) ওয়েজিং পদ্ধতি (By wedging) ও (iv) বিস্ফোরণ পদ্ধতি (By blasting)।

বাংলাদেশে পানি ক্ষয়িত পাথর আহরণের কেন্দ্রসমূহ, তাদের অবস্থান ও প্রাপ্ত পাথরের তালিকা নিম্নে দেয়া হল ঃ

পাথর আহরণ কেন্দ্র	অবস্থান	প্রাপ্ত পাথর
লুবা	সিলেট (খাসিয়া পাহাড় ও সুরমা নদী সংযোগকারী স্রোতস্বিনীর উপর)	শিঙ্গেল (নিম্নমানের) ও বোল্ডার
পাইরেন বা জাফলং	সিলেট (ছাতক হতে ৩৫ মাইল দূরে নদীপথে)	শিঙ্গেল ও বোল্ডার (উন্নতমানের)
ভোলাগঞ্জ	সিলেট (নোয়া নদীর উপর ছাতক হতে ১৪ মাইল দূরে)	শিঙ্গেল ও বোল্ডার (প্রচুর উন্নতমানের)
শেলা, ভাওয়াল	সিলেট (সুনামগঞ্জ হতে ১১ মাইল ছাতক হতে ১২ মাইল)	নুড়িপাথর, বোল্ডার (উন্নতমানের নয়, তবে সারা বৎসর সংগ্রহ করা যায়)
সারিনদী	সিলেট (সারিপুল হতে ৬ মাইল, সুনামগঞ্জ সড়ক হতে ২৩ মাইল)	নুড়িপাথর
টেকের ঘাট	সিলেট	চুনাপাথর

২.৩ উত্তম নির্মাণ পাথরের বৈশিষ্ট্যসমূহ (Characteristics of good stones for construction) ঃ

নির্মাণকাজে ব্যবহার উপযোগী উত্তম পাথরের গড়ন ও গঠনশৈলী নিখুঁত হবে। এর পর্যাপ্ত কাঠিন্য, ঘাতসহনীয়তা, শক্তি, ক্ষয়রোধ ক্ষমতা, আগুন-বিদ্যুৎ-তাপরোধক ক্ষমতা ও কার্য সুবিধা থাকবে এবং তরল শোষণের ক্ষমতা খুবই নগণ্য হবে। এগুলোতে ছিদ্র খুবই কম থাকবে এবং অত্যধিক ভারী হবে না। এগুলো আকর্ষণীয় বর্ণের ও সৌন্দর্যবর্ধক হবে।

নির্মাণকার্যে ব্যবহৃত উত্তম পাথরের বৈশিষ্ট্যসমূহ নিচে দেয়া হল ঃ

১। **পাথরের গঠনশৈলী (Structure of stones) ঃ** পাথরের উৎপত্তিতে যে প্রক্রিয়ায় পাথরের কণাগুলো সন্নিবেশিত হয়, ঐ প্রক্রিয়ার উপর পাথরের গঠনশৈলী নির্ভর করে। পাথরে তিন ধরনের গঠনশৈলী পরিলক্ষিত হয়, যথা–

(ক) অস্তরিত (Unstratified)

(খ) স্তরিত (Stratified)

(গ) ভাঁজকৃত বা বলিত (Foliated)।

গলিত লাভা ঠাণ্ডা হয়ে আগ্নেয় পাথরের সৃষ্টি করে। এ জাতীয় পাথরে কোন স্তর থাকে না। তাই এগুলো নির্মাণকার্যের জন্য সর্বাধিক উপযোগী। পাললিক পাথর স্তরে স্তরে জমা হয়ে সৃষ্টি হয় বিধায় এগুলোর গঠনশৈলী স্তরিত। এদেরকে ফাটল তল বরাবর (Planes of cleavage) পরতে পরতে (Lamina) বিভক্ত করা সহজসাধ্য। রূপান্তরিত পাথরের গঠনশৈলী বলিত বা ভাঁজকৃত। যদিও রূপান্তরিত পাথরে স্তর দেখা যায়, কিন্তু এ স্তর সর্বত্র সমান নয়। পাললিক পাথর শক্ত এবং স্থায়িত্বশীল নয়। তবে রূপান্তরিত পাথর আগ্নেয় পাথরের ন্যায় শক্ত এবং স্থায়িত্বশীল।

২। **পাথরের গ্রথন বা গ্রন্থনশৈলী (Texture of stone) ঃ** পাথরের উপাদানসমূহের আকার-আকৃতি ও সন্নিবেশকে পাথরের গ্রথন (texture) বলা হয়। পাথরের গ্রথনের উপর এর শক্ততা (Hardness) নির্ভর করে। ঠাসা দানায় সুসংবদ্ধ গ্রথনের সমসত্ত্ব পাথরে আবহাওয়ার প্রতিকূলতা ক্ষতিসাধন করতে পারে না। সূক্ষ্মদানায় দৃঢ়ভাবে গঠিত পাথর বেশ স্থায়িত্বশীল এবং নির্মাণের জন্য উপযোগী। পাথরের ভগ্নপৃষ্ঠ দেখে পাথরের গ্রথন বুঝা যায়। দানাদার পাথরের ভগ্নতল সমান এবং অদানাদার পাথরের ভগ্নতল অসমান। দানাদার গ্রথনের পাথর ইমারতের জন্য এবং অদানাদার গ্রথনের পাথর রাস্তা নির্মাণের জন্য উপযোগী।

৩। **সচ্ছিদ্রতা ও শোষ্যতা (Porosity and absorption) ঃ** কোন পাথরের আয়তনের সাথে এর অভ্যন্তরস্থ ছিদ্রের আয়তনের অনুপাতের শতকরা হারকে সচ্ছিদ্রতা বা পরোসিটি বলা হয়। ছিদ্রময় পাথর দুর্বল। বহিঃপৃষ্ঠের দেওয়ালে ছিদ্রময় পাথর ব্যবহার করলে বৃষ্টির পানি রাসায়নিকভাবে সক্রিয় হয়ে পাথরে বিযোজন ও বিভাজন ঘটায়। যখন পাথর পানিতে ডুবিয়ে রাখা হয় তখন ছিদ্রময় পাথর অধিক পানি শোষণ করে। মার্বেলের ন্যায় শক্ত ও শক্তিশালী পাথরও প্রায় ১% পানি শোষণ করে। অপরপক্ষে, বেলেপাথর প্রায় ২০% পানি শোষণ করে। তাই সহজেই বলা যায়, বেলেপাথর দুর্বল পাথর। শীতপ্রধান অঞ্চলে পাথরের ছিদ্রে জমা পানি বরফ হয়ে আয়তনে বৃদ্ধি পায়। ফলে অভ্যন্তরস্থ চাপে পাথর বিভাজিত হয়ে ফাটল সৃষ্টি করে। হাইড্রোলিক স্ট্রাকচার-এর ক্ষেত্রে ছিদ্রময় পাথর ব্যবহার করা অনুচিত।

৪। আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্ব (Specific gravity & Density) ঃ পাথরের মোট ওজনকে তার মোট আয়তন দিয়ে ভাগ করলে ঘনত্ব পাওয়া যায়। অধিক ঘনত্বের পাথরের আপেক্ষিক গুরুত্বও অধিক হয় এবং শক্তিও অধিক হয়। অপেক্ষাকৃত অধিক ঘনত্বের দৃঢ় ও সুসংবদ্ধ পাথরের আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৭ হতে ২.৮ এবং অসংবদ্ধ ঢিলা পাথরের আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৪ এর মতো। ভারী পাথর ভিত, বাঁধ, ঠেস দেওয়াল, জেটি, ডকইয়ার্ড ইত্যাদির কাজে এবং হালকা পাথর খিলান ও অলঙ্কারমূলক কাজে ব্যবহার করা হয়।

৫। পাথরের কাঠিন্য, ঘাতসহন ক্ষমতা ও শক্তি (Hardness, Toughness & Strength of stone) ঃ যে পাথর দ্বারা অন্য পাথরের উপর আঁচড় বা দাগকাটা যায়, তার কাঠিন্য অধিক। যেমন, জিপসাম পাথর দিয়ে ট্যাল্ক পাথরে আঁচড় কাটা যায় তাই জিপসামের কাঠিন্য ট্যাল্ক এর চেয়ে বেশি। যে সকল পাথর খুব ঠাসা স্ফটিক দানায় গঠিত সে সকল পাথর অপেক্ষাকৃত অধিক কাঠিন্যসম্পন্ন। মোহস্ এর কাঠিন্য স্কেলে (Moh's scale of hardness) কাঠিন্য পরিমাপ করা যেতে পারে (মূল-10 স্কেলে)। কাঠিন্যের নিম্ন হতে উর্ধ্বমুখী মানে বিভিন্ন পাথরের নাম (১) ট্যাল্ক, (২) জিপসাম, (৩) ক্যালসাইট, (৪) ফ্লোরাইট, (৫) এপেটাইট, (৬) ফেলসপার, (৭) কোয়ার্টজ, (৮) টেপাজ, (৯) কোরানডাম, (১০) হীরক। মোহস্ এর কাঠিন্য স্কেল 15 অনুসারে (১) ট্যাল্ক (২) জিপসাম (৩) ক্যালসাইট (৪) ফ্লোরাইট (৫) এপেটাইট (৬) ফেলস্পার (অর্থক্লেস) (৭) ভেট্রিয়াস সিলিকা (৮) কোয়ার্টজ (৯) টেপাজ (১০) গারনেট (১১) ফিউজড্ জারকোনিয়া (১২) ফিউজড্ অ্যালুমিনা (১৩) সিলিকন কার্বাইড (১৪) বোরন কার্বাইড (১৫) ডায়মন্ড। ট্যাল্ক এতই নরম যে, ট্যালকম পাউডার তৈরি করা যায় এবং হীরক এতই শক্ত যে, কাচ কাটা যায়।

পাথরের ঘাতসহন ক্ষমতা এর কাঠিন্যের উপর নির্ভর করে না। যেমন কোয়ার্টজ যদিও উচ্চ কাঠিন্যসম্পন্ন কিন্তু ঘাতসহনে খুবই অপারগ। যে পাথরের সাংঘর্ষিক বল (impact) প্রতিরোধক ক্ষমতা অধিক, তার ঘাতসহন ক্ষমতাও অধিক। অধিক ঘাতসহনীয় ক্ষমতাসম্পন্ন পাথরই উত্তম পাথর।

কাঠামোতে ব্যবহৃত পাথরে প্রচুর চাপা বল কাজ করে। পাথরের গ্রথন, আপেক্ষিক গুরুত্ব, ঘনত্ব, সচ্ছিদ্রতা ইত্যাদির উপর পাথরের শক্তি নির্ভর করে। উত্তম গ্রথন, উচ্চমানের আপেক্ষিক গুরুত্ব ও নিম্নমানের ছিদ্রময়তা শক্তিশালী পাথরের বৈশিষ্ট্য।

নিম্নোক্ত বিষয়গুলোর উপর পাথরের কাঠিন্য, ঘাতসহন ক্ষমতা ও শক্তি নির্ভর করে ঃ

(ক) পাথরের উপাদানসমূহের দৃঢ়তা ও অনমনীয়তা বৈশিষ্ট্যের উপর।

(খ) উপাদানসমূহের আকার-আকৃতির উপর।

(গ) উপাদানসমূহে বিন্যস্ততার উপর (সমসত্ত্ব বিন্যাস, এলোমেলো বিন্যাস, ইত্যাদি)।

(ঘ) উপাদানসমূহের সংযুক্তির মাত্রার উপর।

(ঙ) জোড়ক উপাদানের গুণাগুণ ও পরিমাত্রার উপর।

৬। পাথরের ক্ষয়রোধ ক্ষমতা (Abrasion resistance of stone)ঃ যে পাথর ঘর্ষণে কম ক্ষয়প্রাপ্ত হয় তা রাস্তা তৈরির সামগ্রী হিসেবে ব্যবহৃত হয়। ঘর্ষণের ফলে ক্ষয়প্রাপ্ত হওয়ার প্রবণতা রোধের গুণকে ক্ষয়রোধ ক্ষমতা নামে আখ্যায়িত করা হয়।

৭। বাহ্যিক অবয়ব ও বর্ণ (Appearance and colour) ঃ সাম্য বর্ণের পাথর সাধারণত শক্তিশালী ও স্থায়িত্বশীল। কারুকার্য, অলঙ্কারমূলক কাজ ও স্মৃতিসৌধ নির্মাণে পাথরের এ জাতীয় গুণ থাকা বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। পাথরের গায়ে লাল ও বাদামি বর্ণের ছাপ পাথরে অপদ্রব্যের উপস্থিতি নির্দেশ করে। এ অপদ্রব্যের মধ্যে আয়রন অক্সাইড ও ঢিলা-মাটি কণাই প্রধান। পাথর অতিরিক্ত আয়রন অক্সাইডযুক্ত হলে, এগুলো বায়ুমণ্ডল হতে জলীয় অংশ বা অক্সিজেন গ্রহণ করে মরিচার সৃষ্টি করে এবং নির্মাণপৃষ্ঠ কুৎসিত ও কদাকার রূপ ধারণ করে।

৮। তরলের প্রবেশ্যতা (Permeability) ঃ পাথরের ভিতর দিয়ে তরল পদার্থের প্রবাহ দুর্বল পাথর নির্দেশ করে অর্থাৎ রন্ধ্রযুক্ত পাথরের ভিতর দিয়ে তরল পদার্থ প্রবাহিত হতে পারে। উত্তম পাথর তরল অপ্রবেশ্য হবে।

৯। পাথরের তাপসহন ক্ষমতা (Fire resistance of stone)ঃ পাথর তাপ কুপরিবাহী। তাপের প্রভাবে পাথর ও পাথর নির্মিত ইমারত বিযোজন ও বিভাজিত হতে পারে। ৬০০° সেঃ হতে ৮০০° সেঃ তাপমাত্রায় মার্বেল ও চুনাপাথর দগ্ধীভূত হয় এবং ক্যালসাইটে রূপ নেয়। ব্যাসাল্ট ও ট্রাপ উত্তম অগ্নিরোধক ক্ষমতাসম্পন্ন। কিন্তু গ্রানাইট তাপে খুব তাড়াতাড়ি বিযোজিত হয়। তাপ সহনের ক্ষেত্রে বেলেপাথর সর্বোত্তম।

১০। পাথরের তড়িৎ বহন ক্ষমতা (Electrical conductivity) ঃ পাথরের তড়িৎ বহন ক্ষমতা খুবই কম কিন্তু ভিজা অবস্থায় অধিক মাত্রায় তড়িৎ বহন করতে পারে। ঠাসা গঠনের পাথরের পানি শোষ্যতার মাত্রা নগণ্য বিধায় এগুলো বিদ্যুৎ কুপরিবাহী। তাই বৈদ্যুতিক সুইচবোর্ড স্থাপনের স্থানে মার্বেল বা স্লেট পাথর ব্যবহার করা হয়।

১১। পাথরের শোধন গুণ (Seasoning qualities) ঃ পাথর খাদ (Quarry) হতে সদ্য আহরিত পাথরে জলীয়কণা থাকে। এটাকে পাথরের খনি রস বা খনি অম্বু (Quarry sap) বলা হয়। এ জলীয়কণা থাকা অবস্থায় পাথর অপেক্ষাকৃত কম শক্ত থাকে এবং কাটা বা সজ্জিতকরণ (Dressing) সহজ হয়। তাই পাথর খাদ হতে পাথর আহরণের সাথে সাথে প্রাথমিক সজ্জিতকরণের কাজ সমাপ্ত করতে হয় এবং চূড়ান্ত সজ্জিতকরণের কাজ ও পলিশকরণের (Polishing) কাজ ব্যবহার কালে করা যায়। তবে পাথর নির্মাণকাজে ব্যবহারের পূর্বে অবশ্যই শোধন বা রসমুক্ত করে নিতে হবে। এ কাজের জন্য পাথরকে উন্মুক্তভাবে ছয় মাস কাল রেখে দিলেই চলবে।

১২। কার্য সুবিধা (Working facility) ঃ পাথর সজ্জিতকরণ একটি ব্যয়বহুল কাজ। শক্ত পাথর সজ্জিতকরণ খুবই কষ্টকর এবং এর খরচও পড়ে অধিক, অপরপক্ষে অপেক্ষাকৃত কম শক্ত পাথর সজ্জিতকরণে খরচের পরিমাণ কম।

১৩। পাথরের প্রাকৃতিক শয্যা (Natural bed of stone) ঃ পাথর উৎপত্তিকালে যেভাবে অবস্থান করে সেরূপ অবস্থানকে পাথরের প্রাকৃতিক শয্যা বলা হয়। আগ্নেয় পাথরের প্রাকৃতিক বা স্বাভাবিক শয্যা চিহ্নিত করা কষ্টসাধ্য। পাললিক পাথরের স্তর দেখেই এগুলোর প্রাকৃতিক শয্যা বুঝা যায়। পাথর প্রাকৃতিক শয্যায় অবস্থানকালে সর্বাধিক চাপ সহ্য করতে পারে। তাই নির্মাণে পাথর স্থাপনকালে পাথরের প্রাকৃতিক শয্যার উপর বিশেষ নজর দেয়া আবশ্যক। প্রাকৃতিক শয্যার বিপরীতে চাপ প্রয়োগ করলে বা নির্মাণের চাপ পতিত হলে পাথর সহজেই ভেঙে যায়। তাই অবশ্যই লক্ষ রাখতে হবে, পাথরের উপর পতিত চাপ যেন প্রাকৃতিক শয্যার উপর লম্বভাবে পতিত হয়।

২.৪ পাথর সজ্জিতকরণ (Dressing of stones) ঃ

প্রাকৃতিক শিলাস্তর হতে আহরিত পাথর বিভিন্ন আকার আকৃতির এবড়োথেবড়ো অবস্থায় পাওয়া যায়। এগুলো সরাসরি নির্মাণে ব্যবহার করা যায় না। তাই আহরণের সাথে সাথেই 'কোয়ারি স্যাপ' থাকা অবস্থায় চাহিদানুরূপ আকার-আকৃতিতে সজ্জিত (Dressing) করে নেয়া হয় এবং পৃষ্ঠদেশ ব্যবহার উপযোগী মসৃণতায় আনয়ন করা হয়। একে পাথর সজ্জিতকরণ (Dressing of stone) বলা হয়।

নিম্নোক্ত উদ্দেশ্যে পাথর সজ্জিতকরণ বা ড্রেসিং করা হয়ে থাকে ঃ

(ক) পাথরকে নির্মাণে ব্যবহার উপযোগী করার জন্য।

(খ) নির্মাণে পাথরকে আকর্ষণীয় সুন্দর মনোরম দেখানোর জন্য।

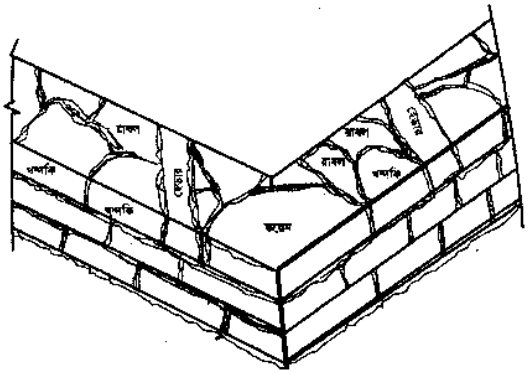
(গ) গাঁথুনিতে খাড়া জোড়া (vertical joint) পরিহার করার জন্য।

(ঘ) নির্মাণের সৌন্দর্য বৃদ্ধির জন্য।

(ঙ) নির্মাণে ব্যবহারকালে সহজে নাড়াচাড়া ও যথাযথ স্থানে যথাযথভাবে স্থাপন করার জন্য।

(চ) সুনির্দিষ্ট কাজে– কর্নিশ, স্ট্রিংকোর্স, সিল ইত্যাদি ব্যবহার করার জন্য।

সাধারণত পাথর সজ্জিতকরণের মাধ্যমে নিম্নোক্ত রূপদান করা হয়ে থাকে ঃ



চিত্র ঃ ২.৪ ড্রেসিং করা বিভিন্ন ধরনের পাথর

(i) **হেডার (Header) ঃ** এগুলো মোটামুটি দীর্ঘ এবং আয়তাকার। এগুলো দেওয়ালের প্রস্থ বরাবরে সঠিক বন্ডে স্থাপন করা যায়।

(ii) **রাবল (Rubble) ঃ** এগুলো সচরাচর কোন নির্দিষ্ট আকৃতির হয় না। এগুলো দেওয়ালের অভ্যন্তর ও পশ্চাৎ ভাগে ব্যবহার করা হয়। ছোট ও চেপ্টা আকৃতির রাবলকে চিপস (chips) বলা হয়ে থাকে।

(iii) **খন্দকি (Khandki) ঃ** এগুলোর সম্মুখদিক আয়তাকার এবং ফেস স্টোন (Face stone) হিসাবে দেওয়ালে ব্যবহৃত হয়। এগুলোকে স্ট্রেচার (Stretcher)-ও বলা হয়।

(iv) **কয়েন (Quion) ঃ** এগুলো দেয়ালে কোনায় ব্যবহার করা হয়। এগুলো দেয়ালের কোণে ব্যবহার উপযোগী করার জন্য সন্নিহিত দু'টি তলই সমকোণে মসৃণ করে নেয়া হয়।

(v) **ব্লক পাথর (Block stone) ঃ** এগুলো আয়তাকার পাথর। এগুলো গাঁথুনি ও কারুকার্যে বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়।

(vi) **ফ্ল্যাগ পাথর (Flagstone) ঃ** এগুলো কম পুরুত্বের স্ল্যাবের মতো। এগুলো রাস্তা ও মেঝে বাঁধাইয়ে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এগুলোকে টালি পাথরও বলা হয়ে থাকে।

(vii) **স্টোন মেটাল (Stone metal) ঃ** এগুলো টুকরা আকারের পাথর। এগুলো রেলপথে ব্যালাস্ট, কংক্রিটের অ্যাগ্রিগেট ও সড়কের খোয়া হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

২.৫ সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং কর্মকাণ্ডে পাথরের ব্যবহার (Uses of stones in civil engineering fields) ঃ

নির্মাণ প্রকৌশলীগণ নির্মাণের বিভিন্ন দিক চিন্তা করে পাথরকে নির্মাণে বিভিন্ন উদ্দেশ্যে ব্যবহার করে থাকেন। সাধারণত পাথর নিম্নে বর্ণিত কার্যসমূহে ব্যবহৃত হয় ঃ

(ক) সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং কর্মকাণ্ডে সরাসরি ব্যবহার ঃ

১। দেওয়াল, ভিত্তি, সুপার স্ট্রাকচার, কলাম ও পেডেস্টালে।

২। ইমারতের অংশবিশেষে যেমন–লিন্টেল, আর্চ, কার্নিশ, কুপিং, বেড ব্লক, সিল, গ্রানাইট ও মার্বেলের স্ল্যাব হিসেবে।

৩। চারুকার্য, শিল্পকর্মের সম্মুখ পৃষ্ঠে, অলঙ্কারমূলক কাজে।

৪। পেভিং এর কাজে (ইমারত, রাস্তা ও ফুটপাত)।

৫। ভারী নির্মাণে (ড্যাম, ব্রিজ, টাওয়ার, ঠেস দেওয়াল, গাইওয়াল, ইত্যাদি)।

৬। রোড মেটাল হিসেবে (ম্যাকাডাম রোড, বিটুমিনাস রোড ইত্যাদি)।

৭। আর্দ্রতারোধী সামগ্রী হিসেবে (ডি.পি.সি. তৈরি, রুফিং কাজ)।

৮। কনক্রিট তৈরিতে (সাধারণ ও আর.সি.সি. কংক্রিটের খোয়া হিসেবে)।

৯। ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পাথরকণা বালির বিকল্প হিসেবে।

১০। কৃত্রিম পাথর তৈরিতে (ফাঁকা বা সলিড ব্লক তৈরির ক্ষেত্রে)।

১১। রেলওয়ের ব্যালাস্ট হিসেবে।

(খ) শিল্পের কাঁচামাল হিসেবে ব্যবহার ঃ

১। সিমেন্ট উৎপাদনে

২। চুন উৎপাদনে

৩। কাদাজাত সামগ্রী উৎপাদনে

৪। টেক্সটাইল ও গ্লাস শিল্পে

৫। লোহা প্রস্তুতকরণে

৬। ধাতব সামগ্রীর কারখানা ও সার কারখানায়।

বিভিন্ন নির্মাণকাজে কোন পাথর ব্যবহার উপযোগী এবং কেন ঃ

নিম্নের তালিকায় বিভিন্ন নির্মাণকাজের জন্য ব্যবহার উপযোগী পাথরের নাম এবং ব্যবহারের প্রধান কারণগুলো দেয়া হল ঃ

কাজের নাম	ব্যবহারযোগ্য পাথরের নাম	মন্তব্য
সাধারণ ইমারত, ভিত্তি, সুপার স্ট্রাকচার	বেলেপাথর	শক্ত ও স্থায়িত্বশীল বিধায়
টেবিল, কলাম, স্থাপত্য সৌন্দর্যমূলক কাজ, খোদাই কাজ ও অলঙ্কারমূলক কাজ	মার্বেল, বেলেপাথর (দৃঢ়াবদ্ধ)	শক্ত, সুন্দর, ঈপ্সিত আকার-আকৃতিতে নেয়া সহজ বিধায়
কলের চূর্ণকারী পাথর/শানের কাজ	বেলেপাথর (মোটাদানা)	অ্যাব্রেসিভ গুণসম্পন্ন বিধায়
ছাউনির কাজ	স্লেট	অশোষ্য, বিদ্যুৎ অপরিবাহী পলিশ গ্রহণ করে, সুন্দর বিধায়
রাবল ম্যাসনরি	ট্রাপ, ব্যাসাল্ট, গ্রানাইট, বেলেপাথর	আবহাওয়ার প্রতিক্রিয়ারোধী বিধায়
ইমারত, ব্রিজ ইত্যাদির খিলানের কাজ	মার্বেল, গ্রানাইট, বেলেপাথর	স্থায়িত্বশীল, ওজন অপেক্ষাকৃত কম বিধায়
বাঁধের কাজ, পোতাশ্রয়, ব্রিজ পিয়ার, উইয়ার, ইত্যাদি	স্লেট, গ্রানাইট, কোয়ার্টজাইট, নিস	পানির ধাক্কা প্রতিরোধে সক্ষম, অত্যধিক শক্তিশালী বিধায়
মেঝের কাজ	মার্বেল, বেলেপাথর, গ্রানাইট	সুন্দর, পলিশ গ্রহণ করে বিধায়
ভিত্তির কংক্রিটের কাজ	গ্রানাইট, ব্যাসাল্ট, ট্রাপ, কোয়ার্টজাইট	শক্ত, স্থায়িত্বশীল, শক্তিশালী বিধায়
সুপারস্ট্রাকচারের কাজ	গ্রানাইট, ট্রাপ, ল্যাটারাইট, কোয়ার্টজাইট	শক্ত, স্থায়িত্বশীল বিধায়
রাস্তার কংক্রিটের কাজ	নিস, ট্রাপ, স্লেট, গ্রানাইট	ওয়্যার ও টিয়ার প্রতিরোধী, টাফ ও শক্ত বিধায়
রেলওয়ে ব্যালাস্ট, রোড মেটাল, কংক্রিটের কোর্স অ্যাগ্রিগেট	কোয়ার্টজাইট, গ্রানাইট, ট্রাপ, ল্যাটারাইট	শক্ত, টাফ, ওয়্যার ও টিয়ার-রোধী গুণসম্পন্ন বিধায়
ব্রিজের কাজ	ব্যাসাল্ট ও স্লেট	স্থায়িত্বশীল, শক্ত ও শক্তিশালী বিধায়
অগ্নিরোধী ইমারতে	বেলেপাথর	উচ্চমাত্রায় অগ্নিরোধী গুণ থাকায়
সমুদ্র পাড়স্থ দেওয়াল ও টাওয়ার	গ্রানাইট ও ট্রাপ	শক্ত, শক্তিশালী, বড় ব্লক পাওয়া যায়, পানি ধাক্কা প্রতিহতে সক্ষম বিধায়
লিন্টেল ও ড্যাম্পপ্রুফ কোর্স	গ্রানাইট, স্লেট, বেলেপাথর	আর্দ্রতারোধক, অশোষ্য বিধায়
শিল্পকারখানার ইমারত	গ্রানাইট, বেলেপাথর (দৃঢ়াবদ্ধ)	অগ্নি ও এসিডরোধী গুণের জন্য
অন্তরক হিসাবে	স্লেট, মার্বেল	অশোষ্য, দৃঢ়াবদ্ধ, বিদ্যুৎ অপরিবাহী, উত্তম পলিশ গ্রহণ করে বিধায়

● **পাথরের পরীক্ষণ (Testing of stones) ঃ**

নির্মাণকার্যের জন্য পাথর চূড়ান্তভাবে নির্বাচনের পূর্বে পাথর সম্পর্কে সম্যক ধারণা নেয়া দরকার। তাই পাথরের গুণাবলি ও আবহাওয়ায় পাথরের উপর প্রতিক্রিয়া জানার জন্য পাথরের পরীক্ষণ আবশ্যক। এ পরীক্ষণ প্রক্রিয়াকে দু'ভাগে ভাগ করা হয়, যথা–

১। মাঠে পরীক্ষা (Field test)

২। গবেষণাগারে পরীক্ষা (Laboratory test)।

১। মাঠে পরীক্ষা (Field test) ঃ পাথরের মাঠে পরীক্ষাকার্য নিম্নলিখিত উপায়ে করা হয়ঃ

(ক) ওজন পরীক্ষা ঃ সম-আকারের ভিন্ন শ্রেণির দু'টি পাথরের টুকরা হাতে নিলে, যেটি অধিকতর ভারী অনুভূত হবে ঐ পাথরটিই ভাল, কেননা ভারী পাথরের গঠন দৃঢ় এবং ছিদ্রের পরিমাণ কম, ফলে ওজন বেশি।

(খ) পাথর ভেঙ্গে ঃ বিভিন্ন শ্রেণির পাথর ভাঙ্গলে যেটি ভাঙ্গতে অধিক শক্ত অনুভূত হবে, সেটিই ভাল। কেননা দৃঢ় গঠনের টেকসই পাথর ভাঙ্গার কাজ হালকা ফাঁপা পাথর ভাঙ্গার কাজ অপেক্ষা অধিক কষ্টসাধ্য।

(গ) বাহ্যিক দর্শনে ঃ ভাঙা পাথরের ভাঙ্গা পৃষ্ঠ দেখতে যদি সমতল হয় এবং দানাগুলো যদি স্পষ্ট দৃশ্য হয়, তবে ভাল পাথর বলে বিবেচিত হবে।

(ঘ) বর্ণের সাম্যতা পর্যবেক্ষণে ঃ সাম্য বর্ণের পাথর অসাম্য বর্ণের পাথর অপেক্ষা শক্ত ও স্থায়ী।

(ঙ) আঘাত করে ঃ কোন পাথরকে অন্য কোন পাথর বা হাতুড়ির সাহায্যে আঘাত করলে ধাতব আঘাতের ন্যায় শব্দ হলে তা ভাল পাথর বুঝায়।

(চ) ঘর্ষণ করে ঃ নির্মাণকাজের কোন পাথরকে অপর পাথর বা শক্ত কিছু দ্বারা ঘর্ষণ করলে যদি পাথরটি ক্ষয়প্রাপ্ত হয় তবে পাথরটি নির্মাণকাজের জন্য অনুপযোগী বলে বিবেচিত হবে। যে পাথর ঘর্ষণের ফলে অধিক ধুলাবালি সৃষ্টি করবে তাও নির্মাণের অনুপযোগী।

(ছ) আঁচড় কেটে ঃ কোন পাথরে চাকু বা ছুরি দ্বারা আঁচড় দিলে যদি সহজেই দাগ পড়ে তবে তা নির্মাণের অনুপযোগী।

(জ) পৃষ্ঠদেশ দর্শনে ঃ যে পাথরের গায়ে ফাটল দেখা যায় ঐ পাথর নির্মাণকার্যে ব্যবহার অনুপযোগী।

(ঝ) দীর্ঘদিনের উন্মুক্ত পাথর খাদ দর্শনে ঃ দীর্ঘদিন উন্মুক্ত এরূপ পাথরের খাদ দেখে বুঝা যায় যে ঐ খাদের পাথরের উপর আবহাওয়ার প্রতিক্রিয়া কীরূপ।

(ঞ) পুরাতন ইমারত দর্শনে ঃ কোন শ্রেণির পাথরে নির্মিত পুরাতন ইমারত দেখেও ঐ শ্রেণির পাথর সম্পর্কে অবহিত হওয়া যায়।

২। গবেষণাগারে পরীক্ষা (Laboratory test) ঃ পাথরের গবেষণাগারে পরীক্ষা প্রধানত নিম্নলিখিত উপায়ে করা হয় ঃ

(ক) ঘাতসহিষ্ণুতা পরীক্ষা (Attrition test) ঃ দু'মুখ বন্ধ একটি ইস্পাতের সিলিন্ডারে ৫ সেমি হতে ৭ সেমি আকারের পাথর খণ্ড ওজন নিয়ে ভর্তি করে এটাকে একটি অনুভূমিক অক্ষের সাথে ৩০° হেলানো অবস্থায় অক্ষদণ্ডের চতুর্দিকে ২০০০ বার ঘুরান হয়। ফলে পাথরের খণ্ডগুলো ঘূর্ণনের সময় পরস্পরের সাথে ঘাত-প্রতিঘাতে ক্ষয়প্রাপ্ত হতে থাকে। ২০০০ বার ঘুরানের পর সিলিন্ডারের পাথরগুলোকে ২ মিমি চালুনিতে চালার পর ক্ষয়প্রাপ্ত অংশের ওজন নেয়া হয়। চালুনিতে অবশিষ্ট পাথরের ওজন ও প্রথমোক্ত ওজনের পার্থক্যই ক্ষয়প্রাপ্ত অংশের ওজনের সমান। উত্তম শ্রেণির পাথরের ক্ষয়প্রাপ্ত অংশের পরিমাণ কম হবে। এ পরীক্ষা রাস্তায় ব্যবহৃত পাথরের জন্য অতীব প্রয়োজনীয়। ভাল পাথর ২% এর অধিক ক্ষয়প্রাপ্ত হয় না।

(খ) শোষ্যতা পরীক্ষা (Absorption test) ঃ এ পরীক্ষায় একখণ্ড নমুনা পাথরের ওজন নিয়ে এটাকে ২৪ ঘণ্টা পানিতে ডুবিয়ে রাখার পর পুনরায় ওজন নেয়া হয়। ওজনদ্বয়ের পার্থক্যই শোষিত পানির পরিমাণ। উত্তম শ্রেণির পাথরের পানি শোষণ ক্ষমতা কম হবে।

(গ) অম্ল পরীক্ষা (Acid test) ঃ নমুনা পাথর খণ্ড এক সপ্তাহ যাবৎ পাতলা সালফিউরিক ও হাইড্রোক্লোরিক এসিডের দ্রবণে (১% এসিড) ডুবিয়ে রেখে এর ক্ষয়িষ্ণুতার পরিমাণ দেখা হয়। ক্ষয়িষ্ণু পাথর শিল্প এলাকায় ব্যবহার অনুপযোগী।

(ঘ) ব্রার্ডের পরীক্ষা (Brard's test) ঃ এ পরীক্ষার দ্বারা পাথরের কণাসমূহের সংসক্তি পরীক্ষা করা হয়। একখণ্ড নমুনা পাথরকে সোডিয়াম সালফেটের ফুটন্ত দ্রবণে ডুবিয়ে এনে কয়েকদিন মুক্ত বাতাসে ঝুলিয়ে রাখলে পাথরের অভ্যন্তরে প্রবেশিত সোডিয়াম সালফেটের দ্রবণ দানা বাঁধে এবং পাথরের আলগা স্তর সজোরে বের করে দেয়। পরীক্ষার আগে ও পরে নমুনা পাথর খণ্ডটির ওজন নেয়া হয়। পাথর দৃঢ়াবদ্ধ হলে উভয় ওজনের মধ্যে কোন পার্থক্য হবে না।

(ঙ) স্মিথের পরীক্ষা (Smith's test) ঃ এ পরীক্ষার সাহায্যে পাথরে মাটি, কাদা বা অন্য কোন দ্রাব্য পদার্থ আছে কি না জানা যায়। একটি পরীক্ষানলের $\frac{১}{২}$ ভাগ পরিষ্কার পানি নিয়ে এটাকে নমুনা পাথর দিয়ে পূর্ণ করা হয় এবং এক ঘণ্টা পর প্রবলভাবে ঝাঁকানো হয়। যদি পানি পরিষ্কারই থাকে তবে বুঝা যাবে পাথর দ্রাব্য পদার্থমুক্ত।

(চ) অগ্নিরোধিতা পরীক্ষা (Fire test) ঃ মাফ্‌ল (Muffle) চুল্লিতে বিভিন্ন নমুনা পাথরের ঘনককে তাপ দিয়ে এদের তুলনামূলক অগ্নিরোধী ক্ষমতা পরীক্ষা করা হয়। সাধারণত কোন পাথরই ৯০০° সেঃ এর অধিক তাপমাত্রা সহ্য করতে পারে না।

(ছ) সচ্ছিদ্রতা ও শোষ্যতা পরীক্ষা (Porosity & absorption test) ঃ একখণ্ড নমুনা পাথরকে সম্পূর্ণ শুষ্ক অবস্থায় ওজন নেয়া হয় (ধরি W গ্রাম)। এরপর এটাকে ২৪ ঘণ্টা পানিতে ডুবিয়ে রাখার পর পৃষ্ঠ শুকনা অবস্থায় ওজন নেয়া হয় (ধরি W_1 গ্রাম)। এখন শোষ্যতার শতকরা হার $= \frac{W_1 - W}{W} \times ১০০$ (ওজন হিসেবে)। উক্ত পাথরটিকে পুনরায় পানিতে ডুবন্ত অবস্থায় ওজন নেয়া হয় (ধরি W_2 গ্রাম)। উক্ত পাথর কর্তৃক অপসারিত পানির ওজন $= W_1 - W_2$ গ্রাম।

শোষ্যতার পরিমাণ (%) $= \frac{W_1 - W}{W_1 - W_2} \times ১০০$ (আয়তন হিসেবে)।

উক্ত নমুনা পাথরকে ৫ ঘন্টাব্যাপী পানিতে সিদ্ধ করে পানিতে ঠাণ্ডা হওয়ার জন্য এক রাত্রি রাখা হয় এবং পানি হতে উঠিয়ে পৃষ্ঠ শুষ্ক অবস্থায় ওজন নেয়া হয় (ধরি W_3 গ্রাম)।

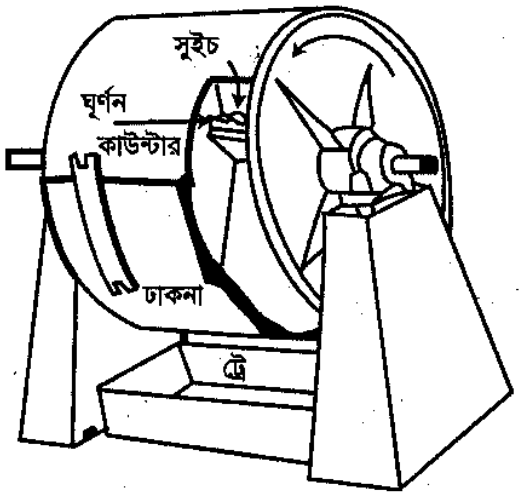
মোট পানি শোষ্যতার পরিমাণ $= (W_3 - W)$ গ্রাম

এখন, সচ্ছিদ্রতার মাত্রা (%) $= \frac{W_3 - W}{W_1 - W_2} \times ১০০$ (আয়তনে)

আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \frac{W}{W_1 - W_2}$

এবং ঘনত্ব $= \frac{W}{W_1 - W_2}$ গ্রাম/সিসি

(জ) ক্ষয়রোধিতা পরীক্ষা (Abrasion test) ঃ লস অ্যাঞ্জেলস অ্যাব্রেশন টেস্টের জন্য চিত্রানুরূপ (চিত্র ঃ ২.৫) লস অ্যাঞ্জেলস অ্যাব্রেশন টেস্ট মেশিন ব্যবহৃত হয়। এ টেস্টের সাহায্যে অ্যাগ্রিগেটের ক্ষয়রোধিতার মাত্রা জানা যায়। এ যন্ত্রটি ফাঁকা সিলিন্ডারের মতো তবে এর দুই প্রান্ত বন্ধ। এর পার্শ্ব ব্যাস ৭০ সেমি এবং ভিতরের দৈর্ঘ্য ৫০ সেমি। এটা স্ট্যান্ডের উপর থেকে অনুভূমিক অক্ষের উপর ঘুরে। ৪.৮ সেমি (প্রায়) ব্যাসের ৩৯০ গ্রাম হতে ৪৪৫ গ্রাম ওজনের কাস্ট আয়রনের বল বা শটস্ (Ball or shots) অ্যাব্রেশন চার্জ হিসাবে সিলিন্ডারের ভিতরে দেয়া হয়। নমুনা অ্যাগ্রিগেটের গ্রেডিং এর উপর অ্যাব্রেশন চার্জ হিসাবে প্রদত্ত বলের সংখ্যা ও বলের ওজন নির্ভর করে। বিভিন্ন গবেষণা প্রতিষ্ঠানের বিনির্দেশ মতো নির্দিষ্ট গ্রেডিং এর অ্যাগ্রিগেটের জন্য নির্দিষ্ট ওজন ও ব্যাসের নির্দিষ্ট সংখ্যক বল ব্যবহার করা হয়। এ যন্ত্রটিতে সিলিন্ডারের দৈর্ঘ্য বরাবর ব্যাসার্ধীয় ভেন (Radial vane) স্থাপিত থাকে।



চিত্র ঃ ২.৫ লস অ্যাঞ্জেলস অ্যাব্রেশন টেস্ট মেশিন

বিনির্দেশিত অ্যাব্রেশন চার্জসহ নির্দিষ্ট নমুনা অ্যাগ্রিগেটের ৫ কেজি বা ১০ কেজি (W_1) (অ্যাগ্রিগেটের গ্রেডেশনের উপর ভিত্তি করে) যন্ত্রটির সিলিন্ডারের ভিতরে দিতে হয়। অ্যাগ্রিগেটের গ্রেডিং এর উপর ভিত্তি করে সিলিন্ডারকে প্রতি মিনিটে ৩০ বার হতে ৩৩ বার হারে ৫০০ বার থেকে ১০০০ বার ঘুরানো হয়। বিনির্দেশিত সংখ্যক ঘূর্ণন শেষে অ্যাগ্রিগেটগুলোকে ইন্ডিয়ান স্ট্যান্ডার্ড ১৭ মিমি চালুনিতে চেলে অতিক্রান্ত অ্যাগ্রিগেটের ওজন নেয়া হয় (W_3) এবং ক্ষয়ের শতকরা হারে (বা, লস অ্যাঞ্জেলস অ্যাব্রেশন ভ্যালু) এ পরীক্ষার ফলাফল তৈরি করা হয়। আই.এস.আই (ISI) অনুসারে সিমেন্ট কংক্রিটের অ্যাগ্রিগেটের অ্যাব্রেশন ভ্যালু ১৬%, বিটুমিনাস মিক্স এর ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ ৩০%, বিটুমিনাস বাউন্ড ম্যাকাডাম এর বেস কোর্স-এ ৫০% এর মতো হতে পারে।

ক্ষয়ের শতকরা হার $= \frac{W_3}{W_1} \times 100$

অনুশীলনী-২

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর :

১। **পাথরকে নির্মাণসামগ্রীর রাজা বলা হয় কেন?** [বাকাশিবো-২০১২, ১৪(পরি)]

উত্তর আদিকালের মানুষের আত্মরক্ষার হাতিয়ার পাথর কালক্রমে নির্মাণের প্রধান উপকরণে পরিণত হয়। পাথর খুবই মজবুত, শক্ত, দীর্ঘস্থায়ী এবং আবহাওয়া ও পারিপার্শ্বিক প্রতিক্রিয়া পাথরের তেমন কোন ক্ষতিসাধন করতে পারে না। তা ছাড়া নির্মাণসামগ্রীর মধ্যে পাথরের ন্যায় স্থায়িত্বশীল সামগ্রী আর একটিও নেই বিধায় পাথরকে নির্মাণসামগ্রীর রাজা বলা হয়।

২। **পাথর কী?**

উত্তর পাথর প্রাকৃতিক উপায়ে গঠিত জটিল রাসায়নিক যৌগবিশেষ। বহুবিধ খনিজ সামগ্রী দীর্ঘমেয়াদি প্রাকৃতিক তাপ, চাপ ইত্যাদির প্রভাবে জটিল রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় জমাটবদ্ধ হয়ে পাথরের উৎপত্তি ঘটায়।

৩। **প্রাথমিক পাথর বলতে কী বুঝায়?**
বা, আগ্নেয় পাথর বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২, ১৩]

উত্তর প্রথম অবস্থায় পৃথিবী বিগলিত ধাতব অগ্নিপিণ্ড ছিল। এর বহিঃপৃষ্ঠ কালক্রমে শীতল হয়ে আগ্নেয় পাথরে পরিণত হয়। পৃথিবীতে প্রথম পর্যায়ে এ পাথরের সৃষ্টি হয় বিধায় এটি প্রাথমিক পাথর নামেও পরিচিত।

৪। **নির্মাণ পাথর (Building stone) বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর যে সকল পাথর প্রকৃতি প্রদত্ত শিলা হতে সংগৃহীত, দৃঢ়, শক্ত, সমসত্ত্ব, অগ্নিরোধী, ক্ষয়রোধী, টেকসই, ওজনে ভারী, কার্যোপযোগী আকার-আকৃতিসম্পন্ন, সন্তোষজনক তাপ ও চাপসহন ক্ষমতাসম্পন্ন, আকর্ষণীয় বর্ণ ও অবয়ববিশিষ্ট, যুক্তিসঙ্গত মূল্যে সহজে পাওয়া যায়, এ জাতীয় পাথরই নির্মাণ পাথর (Building stone)।

৫। **মাইকার উপস্থিতি পাথরের কী ক্ষতি করে?**

উত্তর মাইকার উপস্থিতি পাথরের বুনটে দুর্বলতা সৃষ্টি করে। যে পাথরে মাইকার উপস্থিতি যত বেশি সে পাথর তত কম শক্তিসম্পন্ন।

৬। **অগাইট কী?** [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, আয়রন ও অ্যালুমিনিয়ামের জটিল সিলিকেট অগাইট নামে পরিচিত। এটা পাইরক্সিন নামেও পরিচিত।

৭। **পাথরে আয়রন অক্সাইডের তিনটি ভিন্নরূপের নাম লেখ।**

উত্তর পাথরে আয়রন অক্সাইডের তিনটি ভিন্নরূপ হল– (ক) হেমাটাইট, (খ) লিমোনাইট ও (গ) ম্যাগনেসাইট।

৮। **গ্রানাইটের ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।**

উত্তর গ্রানাইট কারুকার্য, রেলপথের ব্যালাস্ট ও রাস্তার খোয়া হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

৯। **বাংলাদেশের কোথায় কোথায় বেলেপাথর পাওয়া যায়?**

উত্তর বেলেপাথর বাংলাদেশের কক্সবাজার, সেন্টমার্টিন দ্বীপ, সীতাকুণ্ড, চট্টগ্রাম, পার্বত্য চট্টগ্রামের পাহাড়ি এলাকায় পাওয়া যায়।

১০। **চুনাপাথরকে কী কী শ্রেণিতে ভাগ করা যায়?**

উত্তর চুনাপাথরকে (ক) কাদাজাত চুনাপাথর, (খ) বালিজাত চুনাপাথর ও (গ) ম্যাগেনেশিয়াম চুনাপাথর–এই তিন শ্রেণিতে ভাগ করা হয়।

১১। **পাথরের শ্রেণিবিভাগগুলো কী কী?**

উত্তর পাথরকে (ক) ভূতাত্ত্বিক দিক হতে (খ) রাসায়নিক দিক হতে ও (গ) গঠন প্রকৃতিগত দিক হতে শ্রেণিবিভাগ করা যায়।

১২। **ভূতাত্ত্বিক দিক হতে পাথরকে কী কী শ্রেণিতে ভাগ করা যায়?**

উত্তর ভূতাত্ত্বিক দিক হতে পাথরকে (ক) আগ্নেয় বা প্রাথমিক পাথর, (খ) পাললিক পাথর ও (গ) রূপান্তরিত পাথর–এই তিন শ্রেণিতে ভাগ করা যায়।

১৩। আগ্নেয় পাথর স্ফটিক এর ন্যায় হয় কেন?

উত্তর গলিত লাভা ঠাণ্ডা হয়ে আগ্নেয় পাথরের সৃষ্টি বিধায় এগুলোর গঠন স্ফটিকের মতো হয়ে থাকে।

১৪। পাললিক পাথরে জীবাশ্মের উপস্থিতি দেখা যায় কেন?

উত্তর প্রাথমিক পাথর বৃষ্টি, বায়ু, তাপ, ঢেউ প্রভৃতির মাধ্যমে ক্ষয়প্রাপ্ত ও চূর্ণীভূত হয়ে জলস্রোত, বায়ু ও হিমবাহ দ্বারা পরিবাহিত হয়ে হ্রদ, সাগর ও নদীগর্ভে পলল বা তলানিরূপে সঞ্চিত হয়। এ সময় এ সঞ্চিত তলানিতে উদ্ভিদ ও জলজ প্রাণীর দেহাবশেষও পতিত হয়। তাই পাললিক পাথরে জীবাশ্মের উপস্থিতি দেখা যায়।

১৫। গ্রানাইট, চুনাপাথর ও কাদা রূপান্তরিত হয়ে কোন কোন পাথরে রূপ নেয়?

উত্তর গ্রানাইট রূপান্তরিত হয়ে নিস্ পাথরে, চুনাপাথর রূপান্তরিত হয়ে মার্বেল পাথরে এবং কাদা রূপান্তরিত হয়ে স্লেট পাথরে রূপ নেয়।

১৬। পাথরের রাসায়নিক শ্রেণির ভাগগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর রাসায়নিক দিক হতে পাথরকে (ক) বালিজাত পাথর, (খ) চুনজাত পাথর ও (গ) কাদাজাত পাথর–এই তিন ভাগে ভাগ করা হয়।

১৭। বিভিন্ন ধরনের পাথরে কী কী ধরনের গঠনশৈলী পরিলক্ষিত হয়?

উত্তর বিভিন্ন ধরনের পাথরে (ক) অস্তরিত (খ) স্তরিত ও (গ) ভাঁজকৃত বা বলিত গঠনশৈলী পরিলক্ষিত হয়।

১৮। আগ্নেয় পাথরের গঠনশৈলী কীরূপ?

উত্তর আগ্নেয় পাথরের গঠনশৈলী অস্তরিত।

১৯। নির্মাণকাজের উপযোগী পাথরের গুণাগুণ লেখ। [বাকাশিবো-২০১১(পরি), ২০১২]
অথবা, ভাল পাথরের গুণাবলি লেখ।

উত্তর নির্মাণকাজের উপযোগী পাথরের গঠনশৈলী ও গঠন নিখুঁত হবে। এগুলোর পর্যাপ্ত কাঠিন্য, ঘাত সহনীয়তা, শক্তি, ক্ষয়রোধ ক্ষমতা, আগুন, বিদ্যুৎ তাপরোধক ক্ষমতা, কার্য সুবিধা থাকবে, তরল শোষণের ক্ষমতা খুবই নগণ্য হবে, ছিদ্র কম থাকবে এবং অত্যধিক ভারী হবে না। এগুলো আকর্ষণীয় বর্ণের ও সৌন্দর্যবর্ধক হবে।

২০। পাললিক পাথরের গঠনশৈলী কীরূপ?

উত্তর পাললিক পাথরের গঠনশৈলী স্তরিত।

২১। পাথর ড্রেসিং করা হয় কেন?
অথবা, কী উদ্দেশ্যে পাথর ড্রেসিং করা হয়?

উত্তর নিম্নোক্ত উদ্দেশ্যে পাথর সজ্জিতকরণ বা ড্রেসিং করা হয়ে থাকে ঃ

(ক) পাথরকে নির্মাণে ব্যবহার উপযোগী করার জন্য।
(খ) নির্মাণে পাথরকে আকর্ষণীয় সুন্দর মনোরম দেখানোর জন্য।
(গ) গাঁথুনিতে খাড়া জোড়া (vertical joint) পরিহার করার জন্য।
(ঘ) নির্মাণের সৌন্দর্য বৃদ্ধির জন্য।
(ঙ) নির্মাণে ব্যবহারকালে সহজে নাড়াচাড়া ও যথাযথ স্থানে যথাযথভাবে স্থাপন করার জন্য।
(চ) সুনির্দিষ্ট কাজে– কার্নিশ, স্ট্রিংকোর্স, সিল ইত্যাদি ব্যবহার করার জন্য।

২২। পাথরের গ্রন্থনশৈলী বা গ্রথন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর পাথরের উপাদানসমূহের আকার-আকৃতি ও সন্নিবেশকে পাথরের গ্রথন বলা হয়। পাথরের গ্রথনের উপর এর শক্ততা (Hardness) নির্ভর করে।

২৩। পাথরের সচ্ছিদ্রতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর কোন পাথরের আয়তনের সাথে তার অভ্যন্তরস্থ ছিদ্রের আয়তনের অনুপাতের শতকরা হারকে সচ্ছিদ্রতা বা পরোসিটি বলা হয়।

২৪। কাচ কাটতে হীরা ব্যবহার করা হয় কেন?

উত্তর কাঁচের চেয়ে হীরার কাঠিন্যতা অধিক। তাই কাচ কাটতে হীরা ব্যবহার করা হয়।

২৫। **পাথরের ক্ষয়রোধী ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঘর্ষণের ফলে ক্ষয়প্রাপ্ত হওয়ার প্রবণতা রোধের গুণকে ক্ষয়রোধী ক্ষমতা বলা হয়। যে পাথরের ক্ষয়রোধী ক্ষমতা অধিক তা রাস্তার কাজের জন্য উত্তম।

২৬। **পাথরের খনি অম্বু বা 'কোয়ারি স্যাপ' কী?**

উত্তর কোয়ারি (Quarry) হতে সদ্য আহরিত পাথরে সামান্য পরিমাণ জলীয়কণার উপস্থিতি দেখা যায়। পাথরের এ জলীয়কণাই পাথরে খনি রস বা খনি অম্বু (Quarry sap)। খনি অম্বু থাকাকালে পাথর ড্রেসিং করতে হয়।

২৭। **স্লেট পাথরের গঠন কীরূপ?**

উত্তর স্লেট জাতীয় পাথর বিভিন্ন পরতে (Layer) গঠিত এবং এগুলোকে পরতে পরতে আলাদাও করা যায়।

২৮। **বাংলাদেশে ল্যাটারাইট পাথরের প্রাপ্তিস্থানগুলোর নাম লেখ।**

উত্তর বাংলাদেশের সিলেটে প্রচুর ল্যাটারাইট পাথর পাওয়া যায়। তা ছাড়া পার্বত্য চট্টগ্রাম, রাজশাহী, দিনাজপুর, বগুড়াতেও এ জাতীয় পাথর পাওয়া যায়।

২৯। **নির্মাণসামগ্রীর দিক হতে শিলা ও পাথরের মধ্যে পার্থক্য কী?**

উত্তর যদিও শিলা (Rocks) এবং পাথর (Stone) সচরাচর একই অর্থে ব্যবহৃত হয়। মূলত শিলা ভূতাত্ত্বিক ধারণা, যার আওতা ব্যাপক ও বিস্তৃত। পৃথিবী গঠনকারী খনিজের যৌগই শিলা (Rocks)। নির্মাণসামগ্রীর দৃষ্টিকোণ হতে প্রাকৃতিকভাবে জমাটবদ্ধ খনিজের প্রকাণ্ড আকারের কঠিন বস্তুই শিলা এবং নির্মাণে ব্যবহারের নির্দিষ্ট আকার-আকৃতির শিলাখণ্ডই পাথর (Stone)। অর্থাৎ শিলার বাণিজ্যিক উৎপাদনই (Commercial production) পাথর।

৩০। **হর্নব্লেন্ড কী?**

উত্তর হর্নব্লেন্ড সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, আয়রন ও অ্যালুমিনিয়ামের জটিল সিলিকেট। এটা পাথরকে ভারী, ঘাতসহ, আবহাওয়ারোধী ও শক্তিশালী করে।

৩১। **পাথর কোয়ারিং এর পদ্ধতিগুলো কী কী?**

উত্তর পাথর কোয়ারিং এর পদ্ধতিগুলো হল– (i) খনন পদ্ধতি (ii) তাপ পদ্ধতি (iii) ওয়েজিং পদ্ধতি ও (iv) বিস্ফোরণ পদ্ধতি।

৩২। **পাথরের স্থায়িত্ব কোন কোন গুণের উপর বিশেষভাবে নির্ভর করে?**

উত্তর পাথরের স্থায়িত্ব পাথরের গঠন বিন্যাস ও কাঠিন্যের উপর বিশেষভাবে নির্ভর করে।

৩৩। **মার্বেল পাথরের ব্যবহারক্ষেত্র লেখ।**

উত্তর অলঙ্কারমূলক কাজ, টেবিল, শেলফ, জানালার সিল, মেঝে, ডেডো, সিঁড়ি, বৈদ্যুতিক সুইচবোর্ড ইত্যাদিতে মার্বেল পাথর ব্যবহৃত হয়।

৩৪। **পানিক্ষয়িত পাথরগুলো কী কী?**

উত্তর পানিক্ষয়িত পাথরগুলো হল– (ক) শিঙ্গেল, (খ) বোল্ডার, (গ) পেবেল, (ঘ) গ্র্যাভেল (ঙ) কংলোমারেট ইত্যাদি।

৩৫। **রাবল ম্যাসনরিতে কী কী পাথর ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর সাধারণত রাবল ম্যাসনরিতে ট্রাপ, ব্যাসাল্ট, গ্রানাইট ও বেলেপাথর ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

৩৬। **বেলেপাথরের ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।**

উত্তর বেলেপাথর সাধারণত শানপাথর, রাস্তার খোয়া ইত্যাদি কাজে ব্যবহৃত হয়।

৩৭। **কোন কোন শিল্পের কাঁচামাল হিসাবে পাথর ব্যবহৃত হয়?** [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সাধারণত (ক) চুন উৎপাদনে, (খ) কাদাজাত সামগ্রী উৎপাদনে, (গ) সিমেন্ট শিল্পে, (ঘ) টেক্সটাইল ও গ্লাস শিল্পে ও (ঙ) ধাতব সামগ্রী ও সার কারখানায় কাঁচামাল হিসাবে পাথর ব্যবহৃত হয়।

৩৮। **কোয়ার্টজ (Quartz) কী?**

উত্তর কোয়ার্টজ বা বালিকণা বেলেপাথরের প্রধান উপাদান। কোয়ার্টজ কণার উপর জলবায়ুর প্রভাব খুবই নগণ্য। বিশুদ্ধ কোয়ার্টজ এর বর্ণ সাদা। অপদ্রব্যের মাত্রার উপর এর বর্ণের ভিন্নতা দেখা যায়।

৩৯। **চুনাপাথরের প্রধান উপাদান কী?**

উত্তর চুনাপাথরের প্রধান উপাদান ক্যালসাইট বা চুন (CaO)।

৪০। পাথরের ড্রেসিং বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১১(পরি)]

উত্তর ঃ প্রাকৃতিক শিলাস্তর হতে আহরিত পাথর বিভিন্ন আকার-আকৃতির এবড়োথেবড়ো অবস্থায় পাওয়া যায়। এগুলোকে 'কোয়ারি স্যাপ' থাকা অবস্থায় নির্মাণে ব্যবহার উপযোগী আকার-আকৃতিতে আনয়ন করা হয় এবং পৃষ্ঠদেশ ব্যবহার উপযোগী মসৃণতায় আনা হয়। এ কাজকে পাথরের ড্রেসিং (Dressing of stone) বলা হয়।

৪১। অর্থক্লেস ও প্লেজিক্লেস কী?

উত্তর ঃ পটাশ ফেলসপার অর্থক্লেস এবং লাইম সোডা ফেলসপার প্লেজিক্লেস্ নামে পরিচিত।

৪২। রূপান্তরিত পাথরের গঠনশৈলী কীরূপ?

উত্তর ঃ রূপান্তরিত পাথরের গঠনশৈলী বলিত বা ভাঁজকৃত।

৪৩। ট্রাপ পরিবারভুক্ত পাথরগুলো কী কী?

উত্তর ঃ গ্রীন স্টোন, পরফাইরি, এমিগডালয়েড পাথর ট্রাপ পরিবারভুক্ত।

৪৪। কোন কোন পাথরে ক্যালসাইটের আধিক্য দেখা যায়?

উত্তর ঃ চুনাপাথর ও মার্বেল পাথরে ক্যালসাইটের আধিক্য দেখা যায়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। পাথরের উৎপত্তি সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। কোয়ার্টজ এর সংক্ষিপ্ত পরিচিতি উল্লেখ কর।

উত্তর ঃ কোয়ার্টজের উপর জলবায়ুর প্রভাব খুবই কম। বিশুদ্ধ কোয়ার্টজের বর্ণ সাদা। বালিজাত পাথর গঠনে এর ভূমিকা খুবই গুরুত্বপূর্ণ এবং ব্যাপক। অপদ্রব্যের পরিমাত্রার উপর এর বর্ণের ভিন্নতা দেখা দেয়। এর আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬৬ এবং কাঠিন্য নম্বর ৭। কোয়ার্টজাইট, গ্রানাইট, নিস ও বেলেপাথরে এর প্রাধান্য দেখা যায়।

৩। ডোলোমাইটের সংক্ষিপ্ত পরিচিতি লেখ।

উত্তর ঃ এটা ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম কার্বনেটে গঠিত। এটা ক্যালসাইট অপেক্ষা শক্ত। ডোলোমাইটিক চুনাপাথর ও ডোলোমাইটিক মার্বেলে এর উপস্থিতি দেখা যায়। এর গঠন স্ফটিকদানাযুক্ত এবং বর্ণ সাদা হতে ধূসর। এর আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৮৬।

৪। গ্রানাইট পাথরের গুণাগুণ ও ব্যবহার লেখ। [বাকাশিবো-২০১১, ১৩]

উত্তর ঃ গ্রানাইট পাথর কালো, ছাই, সবুজ, টকটকে বা স্বাভাবিক লাল বর্ণের হতে পারে। নির্দিষ্ট বর্ণের পাথরের দানার কারণে এ রকম হয়ে থাকে। এ পাথর ভালভাবে পলিশ গ্রহণ ও রক্ষা করে। বর্ণের গভীরতা ও দানার সমতার উপর এর মূল্য নির্ভর করে। উত্তম শ্রেণির গ্রানাইট এর ক্রাশিং স্ট্রেংথ ১১০০০ টনি/বর্গমিটার। গড়পড়তা ওজন ২.৭ গ্রাম/ঘনসেন্টিমিটার, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৭, শোষণ ক্ষমতা সর্বাধিক ০.৫%।

ব্যবহার ঃ গ্রানাইট কারুকার্যে, রেলপথের ব্যালাস্ট ও রাস্তায় খোয়া হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

৫। চুনাপাথরের পরিচিতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর ঃ চুনাপাথরের প্রধান উপাদান $CaCO_3$। এটা স্তরীভূত পাথর। ক্যালসিয়াম কার্বনেটের দানা স্তরে স্তরে জমা হয়ে জোড়ক পদার্থের উপস্থিতিতে চুনাপাথর সৃষ্টি করে। এ জাতীয় পাথরের অন্যান্য উপাদানের মধ্যে কর্দম, সিলিকা ও ম্যাগনেশিয়াই প্রধান। বিভিন্ন শ্রেণির চুনাপাথরের মধ্যে গঠন, বুনট, স্থায়িত্ব ইত্যাদিতে পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। মার্বেলের ন্যায় মুক্ত বুনটবিশিষ্ট চুনাপাথর ও মার্বেলের ন্যায় সুদৃঢ় সুসংবদ্ধ চুনাপাথর এর প্রকৃষ্ট উদাহরণ। উপাদানগত দিকে বিবেচনা করলে চুনাপাথরকে (ক) কাদাজাত চুনাপাথর, (খ) বালিজাত চুনাপাথর ও (গ) ম্যাগনেশিয়াম চুনাপাথর—এ তিন শ্রেণিতে ভাগ করা যায়। এর ক্রাশিং স্ট্রেংথ ৩৩০ হতে ৬৬০ টনি/বর্গমিটার, গড়পড়তা ওজন ২.৬ গ্রাম/ঘনসেন্টিমিটার, আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৬, শোষণ ক্ষমতা ২% হতে ৬%।

৬। **পানিক্ষয়িত পাথরগুলোর সংক্ষিপ্ত পরিচিতি উল্লেখ কর।**

উত্তর ঃ পানিক্ষয়িত পাথরগুলোর সংক্ষিপ্ত পরিচিতি নিচে উল্লেখ করা হল ঃ

১। **বোল্ডার (Boulder) ঃ** পানিক্ষয়িত অনেকটা গোলাকৃতির বড় পাথরই বোল্ডার। এগুলো ভেঙে ঈপ্সিত আকারে খণ্ড খণ্ড করে নির্মাণকাজে ব্যবহার করা যায়।

২। **শিঙ্গেল (Shingle) ঃ** সমুদ্রসৈকত সন্নিকটে প্রাপ্ত পানিক্ষয়িত অপেক্ষাকৃত বড় আকৃতির নুড়ি পাথরকে শিঙ্গেল বলা হয়। শিঙ্গেলকে ঈপ্সিত আকারে খণ্ড খণ্ড করে ইমারতের কাজে ব্যবহার করা যায়।

৩। **পেবেল (Pebbles) ঃ** নদীর তলদেশে প্রাপ্ত পানিক্ষয়িত অপেক্ষাকৃত ছোট আকৃতির নুড়িকে পেবেল বলা হয়। পেবেল সরাসরি ইমারতের কাজে এবং কংক্রিটের কোর্স অ্যাগ্রিগেট হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

৪। **গ্র্যাভেল (Gravel) ঃ** পানিক্ষয়িত যে কোন পাথরের গোলাকৃতির নুড়িকেই গ্র্যাভেল বলা হয়। নদীর তলদেশে এবং পলল গঠিত সমভূমিতে গ্র্যাভেল পাওয়া যায়। এটা রাস্তার আচ্ছাদন কাজে এবং কংক্রিটের কোর্স অ্যাগ্রিগেট হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

৫। **কংলোমারেট (Conglomerate) ঃ** বালিজাত, চুনজাত বা কাদাজাত জোড়কের সহযোগে গ্র্যাভেল ও শিঙ্গেল গ্রথিত হয়ে কংলোমারেটে রূপ নেয়। এ জাতীয় পাথর রন্ধ্রবিশিষ্ট দানাদার ও অসম আকৃতির হয়ে থাকে। এ জাতীয় পাথর ইমারত নির্মাণে উপযোগী নয়।

৭। **আগ্নেয় পাথরের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.২ নং দ্রষ্টব্য।

৮। **বালিজাত পাথর সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। **কাঠিন্যের নিম্নমান হতে ঊর্ধ্বমুখী মানে বিভিন্ন পাথরের নাম লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ মোহস্ কাঠিন্য স্কেলে (Moh's scale of hardness) কাঠিন্য পরিমাপ করা যেতে পারে (মূল-10 স্কেলে)। কাঠিন্যের নিম্ন হতে ঊর্ধ্বমুখী মানে বিভিন্ন পাথরের নাম (১) ট্যাল্ক, (২) জিপসাম, (৩) ক্যালসাইট, (৪) ফ্লোরাইট, (৫) এপেটাইট, (৬) ফেলসপার, (৭) কোয়ার্টজ, (৮) টেপাজ, (৯) কোরানডাম, (১০) হীরক। মোহস্ এর কাঠিন্য স্কেল 15 অনুসারে (১) ট্যাল্ক (২) জিপসাম (৩) ক্যালসাইট (৪) ফ্লোরাইট (৫) এপেটাইট (৬) ফেলসপার (অর্থক্লেস) (৭) ভেট্রিয়াস সিলিকা (৮) কোয়ার্টজ (৯) টেপাজ (১০) গারনেট (১১) ফিউজড্ জারকোনিয়া (১২) ফিউজড্ অ্যালুমিনা (১৩) সিলিকন কার্বাইড (১৪) বোরন কার্বাইড (১৫) ডায়মন্ড।

১০। **কোন কোন বিষয়ের উপর পাথরের কাঠিন্য, ঘাতসহন ক্ষমতা ও শক্তি নির্ভর করে?**

উত্তর ঃ নিম্নোক্ত বিষয়গুলোর উপর পাথরের কাঠিন্য, ঘাতসহন ক্ষমতা ও শক্তি নির্ভর করে ঃ

(ক) পাথরের উপাদানসমূহের দৃঢ়তা ও অনমনীয়তা বৈশিষ্ট্যের উপর।
(খ) উপাদানসমূহের আকার-আকৃতির উপর।
(গ) উপাদানসমূহে বিন্যস্ততার উপর (সমসত্ত্ব বিন্যাস, এলোমেলো বিন্যাস, ইত্যাদি)।
(ঘ) উপাদানসমূহের সংযুক্তির মাত্রার উপর।
(ঙ) জোড়ক উপাদানের গুণাগুণ ও পরিমাত্রার উপর।

১১। **পাথরের প্রাকৃতিক শয্যা সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর ঃ পাথর উৎপত্তিকালে যেভাবে অবস্থান করে সেরূপ অবস্থানকে পাথরের প্রাকৃতিক শয্যা বলা হয়। আগ্নেয় পাথরের প্রাকৃতিক বা স্বাভাবিক শয্যা চিহ্নিত করা কষ্টসাধ্য। পাললিক পাথরের স্তর দেখেই এগুলোর প্রাকৃতিক শয্যা বুঝা যায়। পাথর প্রাকৃতিক শয্যায় অবস্থানকালে সর্বাধিক চাপ সহ্য করতে পারে। তাই নির্মাণে পাথর স্থাপনকালে পাথরের প্রাকৃতিক শয্যার উপর বিশেষ নজর দেয়া আবশ্যক। প্রাকৃতিক শয্যার বিপরীতে চাপ প্রয়োগ করলে বা নির্মাণের চাপ পতিত হলে পাথর সহজেই ভেঙে যায়। তাই অবশ্যই লক্ষ রাখতে হবে, পাথরের উপর পতিত চাপ যেন প্রাকৃতিক শয্যার উপর লম্বভাবে পতিত হয়।

১২। **স্লেট, মার্বেল, বেলেপাথর ও ব্যাসাল্ট এর ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।**

উত্তর ঃ **ব্যবহারক্ষেত্র ঃ**

স্লেট পাথর ঃ ছাউনি, পেভিং ব্লক, শেলফ, সিঁড়ি, রোড মেটাল ইত্যাদি।

মার্বেল পাথর ঃ অলংকারমূলক কাজ, সিঁড়ি, শেলফ, টেবিল, সুইচবোর্ড, মেঝে ইত্যাদি।

বেলেপাথর ঃ যাঁতা, শানপাথর, রাস্তার খোয়া ইত্যাদি।

ব্যাসাল্ট ঃ ভিত্তির কংক্রিটের খোয়া, ব্যালাস্ট, রোড মেটাল ইত্যাদি।

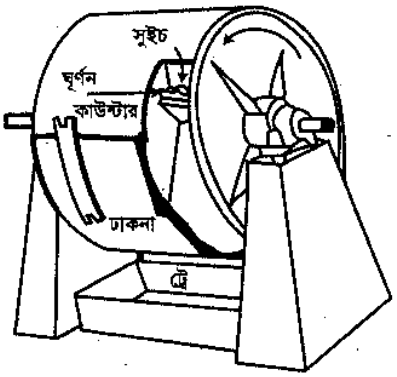
১৩। বাংলাদেশের কোথায় কোন পাথর পাওয়া যায় এবং কী কাজে ব্যবহৃত হয়?

উত্তর ঃ নিচের ছকে বাংলাদেশে প্রাপ্ত বিভিন্ন পাথরের প্রাপ্তিস্থান ও ব্যবহার দেয়া হল ঃ

পাথরের নাম	প্রাপ্তিস্থান	ব্যবহার
১। গ্রানাইট	চট্টগ্রাম ও সিলেট (অল্প পরিমাণ)	কারুকার্য, ইমরাত, ব্রিজ পিয়ার, রেলপথের ব্যালাস্ট, রাস্তার খোয়ার ইত্যাদি।
২। ট্রাপ ও ব্যাসাল্ট	ছাতক (সিলেট), রাঙামাটি (অল্প পরিমাণ)	ভিত্তি নির্মাণে, কংক্রিটের খোয়া, কৃত্রিম পাথর তৈরি, পেভিং ইত্যাদি।
৩। বেলেপাথর	কক্সবাজার, সেন্টমার্টিন দ্বীপ, সীতাকুণ্ড, পার্বত্য চট্টগ্রাম, দিনাজপুর	ইমারত নির্মাণ, রাস্তার খোয়া, যাঁতা ও শানপাথর (মোটাদানার) ইত্যাদি।
৪। চুনাপাথর	ছাতক (সিলেট), সেন্টমার্টিন দ্বীপ, খাসিয়া, জন্তিয়া, গারো পাহাড়, কক্সবাজার, পার্বত্য চট্টগ্রাম	৪। চুন ও সিমেন্ট তৈরি, রাস্তার খোয়া, রেলপথের ব্যালাস্ট, অগ্নিরোধক ইট, ইমারত ইত্যাদি।
৫। শেল	ময়মনসিংহ, চট্টগ্রাম, সিলেট	খেলনা, সিরামিক দ্রব্যাদি ইত্যাদি।
৬। নিস্ ও সিস্ট	সিলেট, চট্টগ্রাম (কম পরিমাণে)	পেভিং এর কাজ, গাঁথুনির কাজ ইত্যাদি।
৭। ল্যাটারাইট	পার্বত্য চট্টগ্রাম, সিলেট (প্রচুর), দিনাজপুর, রাজশাহী, বগুড়া	রাস্তার খোয়া, ছোটখাটো নির্মাণ ইত্যাদি।
৮। কোয়ার্টজাইট	কক্সবাজার, চট্টগ্রাম	ঠেস দেয়াল, এপ্রোন, রিভিটমেন্ট, কংক্রিটের খোয়া, ইত্যাদি।
৯। শ্লেট	সিলেট, চট্টগ্রাম	ছাউনির কাজে, টালি, পেভিং ব্লক, শেলফ, রাস্তার খোয়া, বৈদ্যুতিক সুইচবোর্ড ইত্যাদি।
১০। মার্বেল	সিলেট, চট্টগ্রাম (কম পরিমাণ)	স্মৃতিস্তম্ভ, অলংকারমূলক কাজ, বৈদ্যুতিক সুইচবোর্ড, শেলফ, মেঝে, কৃত্রিম পাথর তৈরি ইত্যাদি।

১৪। পাথরের ক্ষয়রোধিতা পরীক্ষাটি লেখ। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ **ক্ষয়রোধিতা পরীক্ষা (Abrasion test) ঃ** লস অ্যাঞ্জেলস অ্যাব্রেশন টেস্টের জন্য চিত্রানুরূপ লস অ্যাঞ্জেলস অ্যাব্রেশন টেস্ট মেশিন ব্যবহৃত হয়। এ টেস্টের সাহায্যে অ্যাগ্রিগেটের ক্ষয়রোধিতার মাত্রা জানা যায়। এ যন্ত্রটি ফাঁকা সিলিন্ডারের মতো তবে এর দুই প্রান্ত বন্ধ। এর পার্শ্ব ব্যাস ৭০ সেমি এবং ভিতরের দৈর্ঘ্য ৫০ সেমি। এটা স্ট্যান্ডের উপর থেকে অনুভূমিক অক্ষের উপর ঘুরে। ৪.৮ সেমি (প্রায়) ব্যাসের ৩৯০ গ্রাম হতে ৪৪৫ গ্রাম ওজনের কাস্ট আয়রনের বল বা শটস্ (Ball or shots) অ্যাব্রেশন চার্জ হিসাবে সিলিন্ডারের ভিতরে দেয়া হয়। নমুনা অ্যাগ্রিগেটের গ্রেডিং এর উপর অ্যাব্রেশন চার্জ হিসাবে প্রদত্ত বলের সংখ্যা ও বলের ওজন নির্ভর করে। বিভিন্ন গবেষণা প্রতিষ্ঠানের বিনির্দেশ মতো নির্দিষ্ট গ্রেডিং এর অ্যাগ্রিগেটের জন্য নির্দিষ্ট ওজন ও ব্যাসের নির্দিষ্ট সংখ্যক বল ব্যবহার করা হয়। এ যন্ত্রটিতে সিলিন্ডারের দৈর্ঘ্য বরাবর ব্যাসার্ধীয় ভেন (Radial vane) স্থাপিত থাকে।



চিত্র ঃ লস অ্যাঞ্জেলস অ্যাব্রেশন টেস্ট মেশিন

বিনির্দেশিত অ্যাব্রেশন চার্জসহ নির্দিষ্ট নমুনা অ্যাগ্রিগেটের ৫ কেজি বা ১০ কেজি (W_1) (অ্যাগ্রিগেটের গ্রেডেশনের উপর ভিত্তি করে) যন্ত্রটির সিলিন্ডারের ভিতরে দিতে হয়। অ্যাগ্রিগেটের গ্রেডিং এর উপর ভিত্তি করে সিলিন্ডারকে প্রতি মিনিটে ৩০ বার হতে ৩৩ বার হারে ৫০০ বার থেকে ১০০০ বার ঘুরানো হয়। বিনির্দেশিত সংখ্যক ঘূর্ণন শেষে অ্যাগ্রিগেটগুলোকে ইন্ডিয়ান স্ট্যান্ডার্ড ১৭ মিমি চালুনিতে চেলে অতিক্রান্ত অ্যাগ্রিগেটের ওজন নেয়া হয় (W_3) এবং ক্ষয়ের শতকরা হারে (বা, লস অ্যাঞ্জেলস অ্যাব্রেশন ভ্যালু) এ পরীক্ষার ফলাফল তৈরি করা হয়। আই.এস.আই (ISI) অনুসারে সিমেন্ট কংক্রিটের অ্যাগ্রিগেটের অ্যাব্রেশন ভ্যালু ১৬%, বিটুমিনাস মিক্স এর ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ ৩০%, বিটুমিনাস বাউন্ড ম্যাকাডাম এর বেস কোর্স-এ ৫০% এর মতো হতে পারে।

ক্ষয়ের শতকরা হার $= \frac{W_3}{W_1} \times 100$

১৫। পাথরের ছয়টি ব্যবহার লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর: নির্মাণ প্রকৌশলীগণ নির্মাণের বিভিন্ন দিক চিন্তা করে পাথরকে নির্মাণে বিভিন্ন উদ্দেশ্যে ব্যবহার করে থাকেন। সাধারণত পাথর নিম্নে বর্ণিত কার্যসমূহে ব্যবহৃত হয়ঃ

১। দেওয়াল, ভিত্তি, সুপার স্ট্রাকচার, কলাম ও পেডেস্টালে।

২। ইমারতের অংশবিশেষে যেমন–লিন্টেল, আর্চ, কার্নিশ, কুপিং, বেড ব্লক, সিল, গ্রানাইট ও মার্বেলের স্ল্যাব হিসেবে।

৩। চারুকার্য, শিল্পকর্মের সম্মুখ পৃষ্ঠ, অলঙ্কারমূলক কাজে।

৪। পেভিং এর কাজে (ইমারত, রাস্তা ও ফুটপাত)।

৫। ভারী নির্মাণে (ড্যাম, ব্রিজ, টাওয়ার, ঠেস দেওয়াল, গাইওয়াল, ইত্যাদি)।

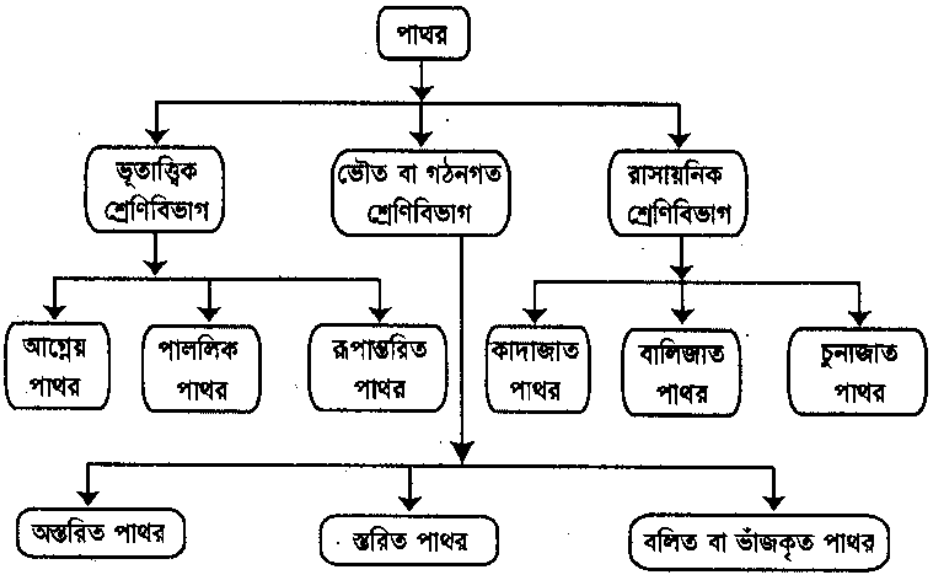
৬। রোড মেটাল হিসেবে (ম্যাকাডাম রোডে, বিটুমিনাস রোড ইত্যাদি)।

১৬। ভাল পাথরের গুণাবলি লেখ। [বাকাশিবো-২০১১(পরি)]

উত্তর: নির্মাণকাজের উপযোগী পাথরের গঠনশৈলী ও গঠন নিখুঁত হবে। এগুলোর পর্যাপ্ত কাঠিন্য, ঘাত সহনীয়তা, শক্তি, ক্ষয়রোধ ক্ষমতা, আগুন, বিদ্যুৎ তাপরোধক ক্ষমতা, কার্য সুবিধা থাকবে, তরল শোষণের ক্ষমতা খুবই নগণ্য হবে, ছিদ্র কম থাকবে এবং অত্যধিক ভারী হবে না। এগুলো আকর্ষণীয় বর্ণের ও সৌন্দর্যবর্ধক হবে।

১৭। পাথরের শ্রেণিবিভাগ কর। [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর: নিচের ছকে পাথরের শ্রেণিবিভাগ দেখানো হলঃ



রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। মার্বেল পাথরের পরিচিতি ও প্রাপ্তিস্থান সম্পর্কে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। পাললিক পাথর সম্পর্কে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ভূতাত্ত্বিকগণের মতে, পাথরের শ্রেণিবিন্যাস কর এবং প্রত্যেকটির বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১২, ১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। পাথরের গঠন প্রকৃতিগত শ্রেণিবিভাগ সম্পর্কে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। নির্মাণকাজে ব্যবহার উপযোগী পাথরের বৈশিষ্ট্যগুলো আলোচনা কর।

বা, উত্তম নির্মাণ পাথরের বৈশিষ্ট্যগুলো বর্ণনা কর।

বা, ভাল পাথরের গুণাবলি লেখ। [বাকাশিবো-২০১১ (পরি), ১২, ১৩, ১৪]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। কোন কাজে কোন পাথর কেন ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ এর ২.৫ নং ছক দ্রষ্টব্য।

৭। পাথরের উপাদানসমূহের বর্ণনা লেখ।

বা, পাথরের গুরুত্বপূর্ণ খনিজ পদার্থগুলোর বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। পাথর কেন সজ্জিত করা হয়? চিত্রসহ বিভিন্ন সজ্জিত পাথরের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯। বাংলাদেশে প্রাপ্ত বিভিন্ন পাথরের প্রাপ্তিস্থান ও ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.২ নং দ্রষ্টব্য।

১০। আগ্নেয় পাথরের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.২ নং দ্রষ্টব্য।

১১। পাললিক পাথরের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। রূপান্তরিত পাথরের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ২.২ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৩

ইট ও হলো ব্লক
(Brick & Hollow block)

৩.১ ইটের সংজ্ঞা (Definition of bricks) ঃ

মাটি দিয়ে তৈরি ও পোড়ানো নির্মাণ ও ব্যবহার্য সামগ্রী সুপ্রাচীন কাল হতেই মানুষ ব্যবহার করে আসছে। মৃত্তিকার কাদায় তৈরি বিভিন্ন নির্মাণসামগ্রী ও ব্যবহার্য সামগ্রীকে কাদাজাত সামগ্রী (Clay products) বলা হয়। কাদাজাত সামগ্রীর মধ্যে (ক) ইট (Bricks), (খ) দুর্গল ইট (Refractory bricks), (গ) টেরাকোটা (Terracotta), (ঘ) টালি (Tiles), (ঙ) পোর্সেলিন (Porcelin), (চ) শিলাপণ্য (Stonewares), (ছ) মৃৎপণ্য (Earthenwares), (জ) সচ্ছিদ্র পাইপ (Porous pipe) অন্যতম।

এ সকল কাদাজাত সামগ্রীগুলোর মধ্যে ইমারত নির্মাণে ইটের ব্যবহার সর্বাধিক। ইট কাদার তৈরি আয়তাকার কঠিন ঘনবস্তু। এগুলো কাঁচা অবস্থায় ভিজালে নমনীয় হয় এবং উচ্চতাপে পোড়ানোর পর কৃত্রিম পাথরের ন্যায় দৃঢ়তা লাভ করে।

উৎকৃষ্ট ইটের মান নিম্নোক্ত বিষয়গুলোর উপর নির্ভর করে ঃ

১। ইটে ব্যবহৃত কাদার রাসায়নিক ধর্মের উপর।

২। ইটের কাদা প্রস্তুতকরণের উপর।

৩। ইট শুকানোর পদ্ধতির উপর।

৪। চুল্লিতে ইট পোড়ানোর সময়ে চুল্লির তাপমাত্রার উপর।

৫। পোড়ানোর সময় চুল্লিতে বায়ুপ্রবেশের পরিমাণের উপর।

৩.২ ইটের কাঁচামাল এবং ভাল ইট তৈরির মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্যাদি (Raw materials of bricks and properties of good brick making earth) ঃ

মাটি বা কাদাই ইটের প্রধান কাঁচামাল। আগ্নেয় শিলার প্রাকৃতিকভাবে ক্ষয়িত বা বিশিষ্টায়িত 0.005 মিলিমিটার এর চেয়ে সূক্ষ্ম কণাই ইটের কাঁচামাল হিসেবে ব্যবহৃত হয়। অর্থক্লেজ ফেলস্পার সমৃদ্ধ আগ্নেয় শিলা দ্রুত প্রাকৃতিকভাবে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে কাদাজাতীয় মৃত্তিকায় পরিণত হয়। এ জাতীয় মৃত্তিকাই ইটের কাঁচামাল হিসেবে ব্যবহৃত হয়। ক্ষয়িত ফেলসপার হতে প্রাপ্ত কেওনাইট মূলত অ্যালুমিনা ও সিলিকার যৌগবিশেষ। আর এ যৌগই সকল ধরনের কর্দমের মূল উপাদান। এগুলোকে আর্দ্রতায় নমনীয় করে ঈপ্সিত আকারে মোল্ড করা যায় এবং পোড়ালে পাথরের ন্যায় শক্ত হয়। এগুলোর মধ্যে চীনামাটি অগ্নিসহ ইট (Refractories) ও মৃৎপণ্য (Earthenwares) তৈরিতে পাললিক বা 'বল ক্লে' এর নমনীয়তা অধিক বিধায় এগুলোর সাথে কিছু পরিমাণ চীনামাটি মিশিয়ে হোয়াইট ওয়্যার বিশেষ করে মেঝের টালি তৈরির জন্য উপযোগী করা হয়। তা ছাড়া ইমারতের ইট তৈরির জন্য ভূপৃষ্ঠের মাটিতে লাইম, আয়রন অক্সাইড, ম্যাগনেশিয়া ইত্যাদি অপদ্রব্য মিশ্রিত কাদা ব্যবহৃত হয়। সাম্য উপাদানের ও গ্রন্থনের কম অপদ্রব্য মিশ্রিত পাললিক শেল (Shales) জাতীয় মাটিও ইমারতে ইট তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

উত্তম ইট তৈরির মাটির নিচের বৈশিষ্ট্যাদি থাকা আবশ্যক ঃ

(i) ইট তৈরির মাটি বিশুদ্ধ কর্দম ও বালির পরিমিত মিশ্রণ হবে।

(ii) এগুলোতে পরিমিত পরিমাণে অ্যালুমিনা, লাইম, আয়রন অক্সাইড, ম্যাগনেশিয়া ইত্যাদি থাকা আবশ্যক।

(iii) এগুলোতে ইটের জন্য অনিষ্টকর উপাদান থাকবে না।

(iv) এগুলোতে খণ্ডাকারে মাটি বা অপদ্রব্য থাকবে না।

(v) উত্তম ইট তৈরির মাটিতে পানি দিয়ে আর্দ্র করে সমসত্ত্ব ও সাম্য মিশ্রণের কাদা তৈরি করা যাবে।

(vi) এগুলোতে তৈরি কাদা সহজে মোলড্ করা যাবে।

(vii) মোলডে তৈরি ইট কোনরূপ চির ধরা বা বিকৃতি ব্যতিরেকে শুকানো যাবে।

(viii) এগুলো শুকানোর পরও পানির উপস্থিতিতে নমনীয় হবে।

(ix) এগুলোকে শুকানোর পর দহন সীমায় পোড়ালে পাথরের ন্যায় শক্ত হবে, নমনীয় হবে না এবং আকার-আকৃতিতে কোনরূপ বিকৃতি ঘটবে না।

(x) দহন সীমার অধিক পোড়ালে কাঁচিক হবে এবং আকার-আকৃতিতে বিকৃতি ঘটবে।

যাহোক, উৎকৃষ্ট মানের ইটের কাদার রাসায়নিক বিশ্লেষণে প্রাপ্ত উপাদানসমূহ এবং এগুলোর শতকরা হার নিম্নে উদ্ধৃত হল ঃ

১। সিলিকা (SiO_2)	55%
২। অ্যালুমিনা (Al_2O_3)	30%
৩। আয়রন অক্সাইড (Fe_2O_3)	8%
৪। ম্যাগনেশিয়া (MgO)	5%
৫। লাইম (CaO)	1%
৬। জৈব পদার্থ	1%
মোট	100%

নিম্নে ইটের কাদার বিভিন্ন উপাদানের কার্যাবলি আলোচনা করা হল ঃ

১। **সিলিকা (Silica, SiO_2)** ঃ ইটের কাদায় প্রয়োজনানুপাতে সিলিকা থাকা আবশ্যক। এতে ইটে ফাটল, বক্রতা ও সংকোচন সৃষ্টি হয় না। ইটের কাদায় অধিক অনুপাতে বালি থাকলে ইটের আকার ও গ্রথন ভাল হয়, তবে মাত্রাতিরিক্ত সিলিকা ইটকে দুর্বল ও ভঙ্গুর করে। সাধারণত ইটের কাদায় সিলিকা ও অ্যালুমিনা মিশ্রিত অবস্থায় সিলিকেট অব অ্যালুমিনা হিসেবে থাকে এবং সিলিকা মুক্ত অবস্থায়ও থাকতে পারে।

২। **অ্যালুমিনা (Alumina, Al_2O_3)** ঃ এটা ইটের কাদার প্রধান উপাদান। এটা ইটের ঘনত্ব বাড়ায় কিন্তু প্রয়োজনের অধিক অ্যালুমিনা ইট শুকানোর সময় সংকোচন, ফাটল ও বক্রতা সৃষ্টি করে এবং পোড়ানোর প্রভাবে অধিক দৃঢ়তা লাভ করে। অ্যালুমিনা ইটের কাদাকে নমনীয় করে মৌল্ডিং এর সুবিধা প্রদান করে।

৩। **আয়রন অক্সাইড (Iron Oxide, Fe_2O_3)** ঃ ইটের কাদায় আয়রন অক্সাইডের পরিমাণ ও পোড়ানোর তাপমাত্রার উপর ইটের বর্ণ নির্ভর করে। আয়রন অক্সাইডের পরিমাণ 8% হলে ইট গাঢ় লাল বর্ণের হয়ে থাকে। আয়রন অক্সাইডের মাত্রা হ্রাসের উপর নির্ভর করে ইটের বর্ণ গাঢ় লাল হতে হালকা হলুদ বর্ণ হতে পারে। ইটের কাদায় ম্যাঙ্গানিজ থাকলে ইট কালো বর্ণের হয় এবং আয়রনের উপস্থিতিতে ম্যাগনেশিয়া ইটকে হলুদ বর্ণ দান করে। আয়রন অক্সাইড ইটে অপ্রবেশতা ও স্থায়িত্বের মাত্রা বৃদ্ধি করে।

৪। **ম্যাগনেশিয়া (Magnesia, MgO)** ঃ ইটের কাদায় প্রয়োজনানুপাতে ম্যাগনেশিয়া থাকলে হলুদাভ বর্ণ সৃষ্টি করে এবং ইটের সংকোচন প্রতিহত করে। মাত্রাতিরিক্ত ম্যাগনেশিয়া ইটকে ক্ষয়প্রাপ্ত হতে সহায়তা করে।

৫। **লাইম (Lime)** ঃ লাইম ইট শুকানোর সময় সংকোচন প্রতিহত করে এবং পোড়ানোর সময় বিগলক হিসেবে কাজ করে, ইটের উপাদানসমূহকে গলাতে এবং কণাসমূহকে দৃঢ়াবদ্ধ হতে সহায়তা করে। ইটের কাদায় লাইম পাউডার অবস্থায় থাকা বাঞ্ছনীয়। নতুবা পোড়ানোর সময় লাইম খণ্ড 'কুইক লাইম' এ পরিণত হয়। পরে পানির উপস্থিতিতে 'স্ল্যাকড লাইমে' পরিণত হয়ে আয়তনে বৃদ্ধি পেয়ে ইটে ফাটল সৃষ্টি করে এবং ইটের আকার-আকৃতি বিনষ্ট করে। মাত্রাতিরিক্ত লাইম বিগলিত হয়েও ইটের আকার বিনষ্ট করতে পারে।

৬। **জৈব পদার্থ** ঃ ইটের কাদায় সামান্য পরিমাণ জৈব পদার্থ পোড়ানোর ক্ষেত্রে সহায়তা করে কিন্তু মাত্রাতিরিক্ত জৈব পদার্থ সম্পূর্ণরূপে দাহ্য হয়ে ইটে সচ্ছিদ্রতার সৃষ্টি করে বিধায় ইটের ওজন কমে যায়, পানি শোষণের মাত্র বৃদ্ধি পায় এবং ইটের চাপশক্তি হ্রাস পায়।

নিম্নে ইটের কাদায় ক্ষতিকর বা অনিষ্টকর উপাদানগুলো (Harmful constituents) সম্পর্কে আলোচনা করা হল ঃ

ইটের কাদা যাবতীয় অনিষ্টকর পদার্থমুক্ত হওয়া আবশ্যক। ইটের কাদায় অনিষ্টকর উপাদান থাকলে ইট নিকৃষ্টমানের হবে এবং নির্মাণকাজে ব্যবহার করা যাবে না। কাজেই ইট তৈরির পূর্বে ইটের কাদা ভালভাবে পরীক্ষা করে নেয়া উচিত। সাধারণত ইটের কাদায় নিম্নে বর্ণিত অনিষ্টকর উপাদানসমূহ থাকতে পারে ঃ

১। **ক্ষার** ঃ সাধারণত ইটের কাদায় বিভিন্ন ধাতুর সালফেট ও ক্লোরাইড থাকে। এগুলোর মধ্যে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের সালফেট এবং ক্লোরাইডই প্রধান। ইটের কাদায় এগুলো থাকলে ইট শুকানোর সময় ইটের পৃষ্ঠে এক প্রকার সবুজাভ বর্ণের সৃষ্টি করে পোড়ানোর সময় মোচড় ও বক্রতা সৃষ্টি করে এবং ইটের আকার-আকৃতি বিনষ্ট করে। ইটের ক্ষারকীয় পানিগ্রাসী পদার্থ বায়ুমণ্ডল হতে পানি শোষণ করে ইটের গায়ে শ্যাওলাবরণের সৃষ্টি করে। তা ছাড়া ইটের ক্ষারকীয় লবণ বায়ুমণ্ডল হতে পানি গ্রহণ করে ফলে দেওয়াল ভিজে যায়। এ দেওয়াল শুকানোর পর লবণের সাদাস্তর দেখা দেয়, ফলে ইফ্লোরেসেন্স (Effloresence) সৃষ্টি হয়।

২। পাথর খণ্ড ঃ ইটের কাদায় পাথর খণ্ড থাকলে কাদা উত্তমরূপে এবং সাম্যভাবে মিশ্রণ করা যায় না। ফলে ইট তৈরির ক্ষেত্রে অসুবিধা হয় এবং ইটের গঠন সাম্যতা থাকে না। তাই পাথর খণ্ড ইটের জন্য অনিষ্টকর এবং এগুলো ইটকে দুর্বল করে।

৩। চুনাপাথর বা লাইম স্টোন ঃ ইটের কাদায় চুন বা চুনাপাথর খণ্ডাকারে থাকলে উচ্চতাপে ক্যালসিনেশন হয়ে ক্যালসিয়াম অক্সাইডে ($CaCO_3 = CaO + CO_2$) রূপান্তরিত হয়। যখন এ ক্যালসিয়াম অক্সাইড পানির সংস্পর্শে আসে, তখন পানিযোজিত হয়ে আয়তনে বৃদ্ধি পায়, ইটে ফাটল সৃষ্টি করে খণ্ড খণ্ড করে ফেলে।

৪। আয়রন পাইরাটিস ঃ ইটের কাদায় আয়রন পাইরাটিস থাকলে পোড়ানোর সময় এগুলোর অক্সাইডসমূহ ইটকে স্ফটিকাকারের খণ্ডে খণ্ডে বিভক্ত করে ইটকে ধ্বংস করে দেয়।

৫। উদ্ভিদজাতীয় ও অন্যান্য জৈব পদার্থ ঃ সাধারণত ইটের কাদায় ঘাস, পাতা, কাঠখণ্ড, প্রাণীর হাড় ইত্যাদি থাকতে পারে। পোড়ানোর সময় এগুলো ছাই বা কাঠ কয়লায় (কার্বন) রূপান্তরিত হয় এবং ইটের ওজন কমিয়ে দেয়, ইটে ঝাঁঝরার সৃষ্টি করে এবং ইটের চাপশক্তি নেয়ার ক্ষমতা কমে যায়।

৬। লবণ ঃ ইটের কাদায় সোডিয়ামের লবণসমূহ, সালফেট অব্ সোডা, পটাশিয়াম সালফেট, ক্যালসিয়াম সালফেট ইত্যাদি থাকলে ইটের গায়ে লোনা ধরে এবং ক্রমান্বয়ে ইট ক্ষয়প্রাপ্ত হতে থাকে। কাঠামোতে ইট ব্যবহারের ক্ষেত্রে ইট ধুয়ে ব্যবহার করলে, ইটের কাঠামোর পৃষ্ঠ প্লাস্টারিং করে পানি শোষণের হাত হতে রক্ষা করলে এবং ভূনিম্নস্থ পানি শোষণ প্রতিরোধ করলে লোনাক্রান্ত হতে ইটকে রক্ষা করা যেতে পারে। তা ছাড়া হাইড্রোক্লোরিক এসিডের দুর্বল দ্রবণে ধুয়েও লোনাক্রান্ততা দূর করা যেতে পারে।

৩.৩ ইটের কাদা প্রস্তুতকরণ–পাগমিল ও মেশিন মোল্ডিং (Preparation of clay–pugmill & machine moulding) ঃ

ইট কাদাজাত সামগ্রী। উত্তম মানের ইট তৈরিতে (ক) ইটের কাদার রাসায়নিক ধর্ম (খ) কাদা প্রস্তুতকরণ (গ) ইট শুকানো (ঘ) ইট পোড়ানোর সময়ে তাপমাত্রা (ঙ) ইট পোড়ানোর সময় চুল্লিতে বায়ুপ্রবেশের মাত্রা ইত্যাদি বিশেষভাবে প্রভাব ফেলে থাকে। তাই উত্তম ইট তৈরির জন্য নিম্নোক্ত পর্যায়ক্রমিক ধাপসমূহ যথাযথভাবে অনুসরণ করতে হয় ঃ

(i) ইটের কাদার মাটি নির্বাচন (Selection of brick clay)

(ii) ইটের কাদা প্রস্তুতকরণ (Preparation of brick clay)

(iii) ইট তৈরিকরণ (Brick moulding)

(iv) ইট শুকানো (Brick drying)

(v) ইট পোড়ানো (Brick burning)।

ইটের কাদার মাটি নির্বাচন ঃ

প্রথমেই নির্ধারণ করতে হবে কোন স্থানের মাটি দিয়ে ইটের কাদা তৈরি করা হবে। এ মাটি নির্বাচনের জন্য নমুনা মাটি সংগ্রহ করে নমুনা ইট তৈরির মাধ্যমে অথবা পরীক্ষাগারে পরীক্ষা করে ইট তৈরির কাদার প্রয়োজনীয় উপাদানসমূহ প্রয়োজনানুপাতে পেলে উক্ত নমুনা মাটি ইটের কাদা তৈরির জন্য নির্বাচন করা যাবে। যদি কোন স্থানের নমুনা মাটিতে দেখা যায় যে, প্রয়োজনীয় উপাদানসমূহের ঘাটতি থাকে এবং অন্যান্য দিক (যেমনঃ স্থানান্তর খরচ, যাতায়াত খরচ, শ্রমিক খরচ, ইত্যাদি) বিবেচনায় লাভজনক। তবে উক্ত মাটিতে ঘাটতি উপাদান মিশিয়ে উক্ত মাটি দিয়ে ইটের কাদা তৈরি করা যেতে পারে।

নিচের ফিল্ড টেস্টগুলোর মাধ্যমে প্রস্তাবিত স্থানীয় মাটি ইট তৈরির উপযোগী কি না জেনে নেয়া যায় ঃ

(ক) উপাদানের সঙ্গতি পরীক্ষা (Consistency test) ঃ ইটের জন্য মাটি সংগ্রহের প্রস্তাবিত স্থানের মাটিতে কাদা (Clay) ও বালি (Sand) যথাযথ অনুপাতে আছে কি না তা পরীক্ষা করাই এ পরীক্ষার উদ্দেশ্য।

এ পরীক্ষায় প্রস্তাবিত স্থান হতে কিছু পরিমাণ নমুনা মাটি নিতে হবে। এতে যদি মাটির ঢেলা বা মাটি খণ্ড খণ্ড আকারে থাকে তবে তা গুঁড়া করে পর্যায়ক্রমে কম কম করে পানি দিয়ে মন্থন করে মোল্ড (Mould) করার মতো নমনীয় অবস্থায় আনতে হবে এরপর এ নমনীয় মাটি হাতের মুঠোতে নিয়ে মাটির গোলক (ball) তৈরি করে শুকাতে হবে। যদি মাটির গোলক শুকানো কালে খণ্ড বিখণ্ড হয়, বিকৃত হয় বা সাধারণ চাপে ভেঙ্গে যায়, তবে এতে বালির আধিক্য বিদ্যমান। আর যদি শুকানো কালে পৃষ্ঠে সরু ফাটল দেখা দেয় বা বেশ চাপেও না ভাঙ্গে, তবে এতে কাদার পরিমাণ অধিক। শুকানো কালে গোলকের অবিকৃতি, ফাটল ও খণ্ড খণ্ড না হওয়া ইটের উপযোগী মাটি নির্দেশ করে। প্রস্তাবিত স্থানের মাটিতে বালি বা কাদার ঘাটতি পূরণের মাধ্যমে মাটিকে ইট তৈরির উপযোগী করা যায়। তবে উপযোগী করার পর প্রয়োজনে দুই বা ততোধিক বার পরীক্ষা করতে হবে।

(খ) মোল্ডিং ধর্ম পরীক্ষা (Moulding property test) ঃ ইটের কিনারা ও কোনাগুলোর উত্তম তীক্ষ্ণ গড়নের জন্য পানি-মাটির অনুপাত নির্ণয়ের উদ্দেশ্যে এ পরীক্ষা করা হয়। উপাদানের সঙ্গতি পরীক্ষায় গ্রহণীয় নমুনা মাটি এ পরীক্ষার জন্য নমুনা হিসাবে ব্যবহৃত হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত এ নমুনা মাটি দিয়ে মোটামুটি তিন মিলিমিটার ব্যাসের সুতা বা রশি তৈরি করা সম্ভব না হয় ততক্ষণ এতে পর্যায়ক্রমে কম কম করে পানি মেশানো হয় এবং প্রতিবার পানি মেশানোর পর উত্তমরূপে মন্থন করে এ পরীক্ষার নমুনা মাটি তৈরি করা হয়। যে পানি-মাটি অনুপাতের নমুনা মাটি দিয়ে ব্রিক মোল্ড এর সাহায্যে ইট তৈরি করলে ইটের কোনা ও ধারগুলো তীক্ষ্ণ (sharp) হয়, ঐ পানি-মাটি অনুপাতে নমনীয় মাটিই মোল্ডিং এর জন্য উপযোগী। ইট তৈরি কালে নমনীয় মাটিতে এ পানি-মাটি অনুপাত বজায় রাখতে হয়। এর ব্যতিক্রমে পানি-মাটি অনুপাতের তারতম্য করে দুই বা ততোধিক বার এ পরীক্ষা করতে হতে পারে।

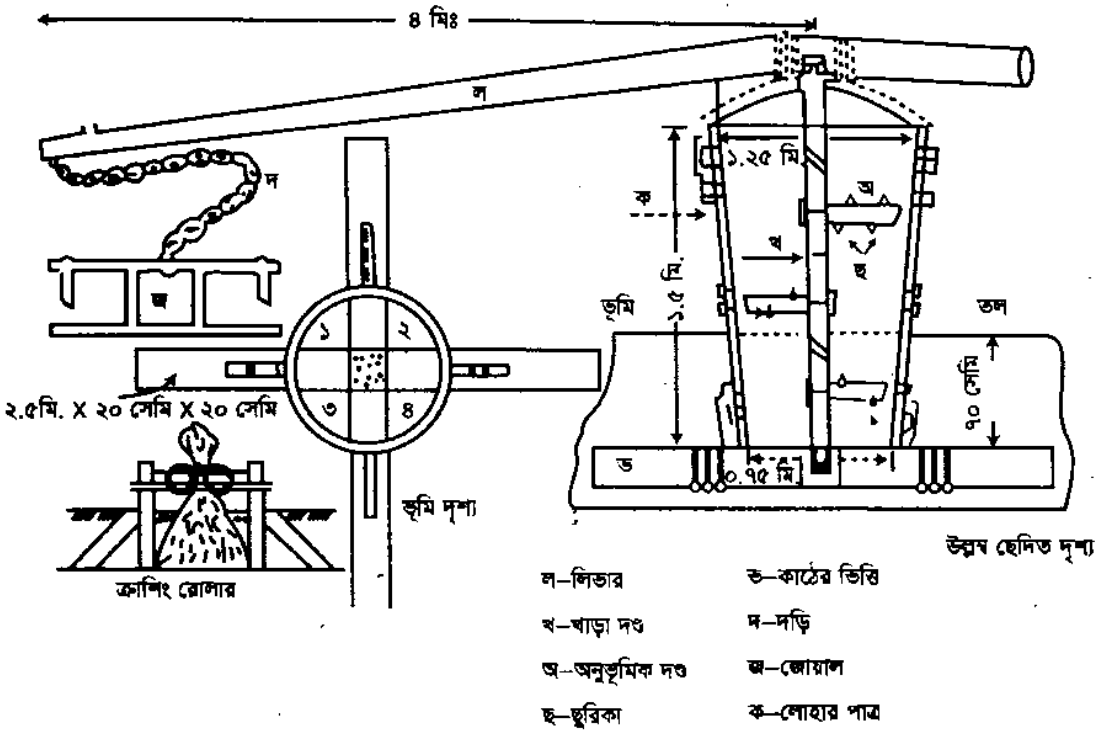
(গ) বিকৃতি ও সংকোচন পরীক্ষা (Deformation & shirnkage test) ঃ বিকৃতি এবং সংকোচন এর পরিমাণ (যেন নমুনা ইট পোড়ানোর সময় বিকৃতি ও সংকোচন না ঘটে) নির্ণয়ের উদ্দেশ্যেই এ পরীক্ষা করা হয়।

উপরের (খ) নং পরীক্ষায় বর্ণিত উপযোগী নমুনা মাটি দিয়ে মোল্ড করা ইট শুকিয়ে সাধারণ কুমারের চুল্লির মতো চুল্লিতে লোহিত তপ্ত (red hot) হওয়া পর্যন্ত প্রায় 84 ঘণ্টা পোড়ানো হয়। পোড়ানোর পর ধীরে ধীরে ঠান্ডা হওয়ার পর চুল্লি হতে বের করে বিকৃতি ও সংকোচনের মাত্রা দেখা হয় এবং বিকৃত ও ভাল ইট পৃথক পৃথক স্ট্যাক রাখা হয়। যদি বিকৃত ইটের সংখ্যা অধিক হয় তবে এর কারণ বের করে মাটিতে কাদা ও বালির অনুপাতের সংশোধন করতে হয় এবং ঈপ্সিত ফলাফল না পাওয়া পর্যন্ত উপরোক্ত পরীক্ষাগুলো করে দেখতে হয়।

ইটের কাদা প্রস্তুতকরণ ঃ

ইটখোলার (Brick-field) স্থান নির্বাচনের পর বর্ষা শুরুর পূর্বেই ইটের কাদার জন্য নির্ধারিত মাটি এনে উন্মুক্তভাবে রেখে দিতে হয়। এটাকে ওয়েদারিং (weathering) বলা হয়। এতে ইটের কাদার নমনীয়তা শক্তি বৃদ্ধি পায়। বর্ষার পর পক্ষকালের মধ্যে ইটের কাদার মান উন্নয়নের জন্য প্রয়োজন বোধে বালি, চুন, অ্যালুমিনা ইত্যাদি মিশ্রিত করে নেয়া যেতে পারে। এটাকে ব্লেন্ডিং (Blending) বলা হয়। উক্ত মাটি পক্ষকাল স্তূপীকৃত অবস্থায় রাখলে উপাদানসমূহের উত্তম মিশ্রণ ঘটে। স্তূপীকৃত মাটি কোদালের সাহায্যে কেটে প্রয়োজন অনুপাতে পানি দিয়ে উত্তমরূপে মন্থন করা হয়। এটাকে টেম্পারিং (Tempering) বলা হয়। মন্থন কাজ সচরাচর দুভাবে করা যেতে পারে, যথা– (ক) মানুষ বা জন্তুর পদ পেষণ পদ্ধতি, (খ) যান্ত্রিক পদ্ধতি বা পাগমিল পদ্ধতি। মানুষ বা জন্তুর পদ পেষণ পদ্ধতিতে সাধারণত মন্থনকার্য মানুষের পায়ের সাহায্যে অথবা পশুর সাহায্যে করা হয়। নির্বাচিত ইটের মাটির মন্থনকার্য চলাকালে মাটি কোদাল দিয়ে উল্টিয়ে-পাল্টিয়ে প্রয়োজনীয় পরিমাণে পানি দিয়ে সমসত্ত্ব ও নমনীয় কাদায় পরিণত করা হয়। টেম্পারিং চলাকালে পাথর খণ্ড, নুড়ি, কাঁকর বা অন্যান্য অপদ্রব্য হাতে বাছাই করে অপসারণ করা হয়। স্বল্পসংখ্যক ইট তৈরির জন্য এ পদ্ধতিটি ব্যবহার করা যেতে পারে। যদি বেশি পরিমাণে ইটের কাদার প্রয়োজন হয়, তবে যান্ত্রিক উপায়ে পাগমিলের সাহায্যে মন্থনকার্য করা যায়। এখানে একটি পাগমিলের ছবিসহ ইটের কাদা প্রস্তুতকরণ প্রক্রিয়া আলোচনা করা হল।

পাগমিল (Pug mill) ঃ পাগমিল একটি গোলাকার লোহার পাত্রবিশেষ। এর আকৃতি অনেকটা তলাহীন বালতির মতো। সাধারণত এর উচ্চতা 1 মিটার হতে 2 মিটার, উপরের ব্যাস 1 মিটার হতে 1.5 মিটার, নিচের ব্যাস 0.75 মিটার হতে 1 মিটার। এর উপরের প্রান্তে 1 মিটার ব্যাসের পরিমিত স্থান খোলা থাকে। এর কিয়দংশ ভূমিতলের নিচে বসান থাকে যেন অতিরিক্ত উচ্চতার জন্য উপরের খোলা স্থানে সাধারণভাবে মিশ্রিত মাটি দিতে এবং পশুর সাহায্যে লিভার ঘুরাতে অসুবিধা না হয়।



চিত্র ঃ ৩.১ পাগমিল

এর কেন্দ্রে একটি খাড়া দণ্ড বসানো থাকে, যা লিভারের সাহায্যে ঘুরানো যায় (বর্তমানে বিদ্যুৎশক্তি ব্যবহার করে যান্ত্রিক উপায়ে খাড়া দণ্ডটি ঘুরানো যায়)। খাড়াদণ্ডের সাথে ছুরিকা সমেত অনুভূমিক দণ্ডসমূহ চিত্রানুরূপ সংযুক্ত থাকে। লিভার ঘুরানোর ফলে খাড়া দণ্ড ঘোরে এবং সাথে সাথে অনুভূমিক দণ্ডও ছুরিকা সমেত ঘোরে। (ভূমি ছবিতে প্রদর্শিত) দুটি কাঠের উপর লোহার পাত্রটি বসানো হয়। নিচের ফোকরগুলোর মধ্যে 1, 2, 3নং ফোকর স্থায়ীভাবে বন্ধ করে দেয়া হয় এবং 4নং ফোকরটি সাময়িকভাবে বন্ধ রাখা হয়।

কার্যপ্রক্রিয়া ঃ উপরের খোলা পথে মাটি (প্রয়োজনীয় পানিসহ) দেয়া হয় এবং লিভারটি জন্তুর সাহায্যে বা যান্ত্রিক উপায়ে ঘুরানো হয়। ফলে খাড়াদণ্ড ঘুরে এবং সাথে সাথে ছুরিকা সমেত অনুভূমিক দণ্ডও ঘুরে এবং উত্তমরূপে মন্থন না হওয়া পর্যন্ত ৪ নং ফোকর খুলে দেয়া হয় না। উত্তমরূপে মন্থন শেষ হলে 4 নং ফোকর খুলে দেয়া হয় এবং উপরের খোলা পথে প্রয়োজন অনুপাতে পানিসহ (আংশিক মিশ্রিত) মাটি দেয়া হয় এবং মন্থনকৃত কাদা 4 নং ফোকর দিয়ে সবেগে নিচ দিয়ে বের হয়ে আসে। একজন শ্রমিক উপরের খোলা পথে মাটি দিতে থাকে, আরেকজন শ্রমিক মন্থনকৃত কাদা ইট তৈরির জন্য সরবরাহ করে। ভালভাবে মিশ্রণের জন্য মিলটি সবসময় মাটি ভর্তি রাখতে হয়।

ইটের জন্য নির্বাচিত মাটি শক্ত খণ্ডাকারের হলে ক্রাশিং রোলারের সাহায্যে চূর্ণ করে নিতে হয়। এক্ষেত্রে কাস্ট আয়রন বা পাথরের রোলার প্রয়োজনানুযায়ী দূরত্বে বসিয়ে এদের ভিতর দিয়ে মাটির খণ্ড প্রবেশ করিয়ে চূর্ণ করা হয়।

ইট তৈরিকরণ ঃ

ইট দুভাবে তৈরি হয়, যথা–

১। হাতে তৈরি (Hand moulding)

২। যন্ত্রে তৈরি (Machine moulding)।

হাতে তৈরি পদ্ধতি আবার দু'প্রকার, যথা–

(ক) মাঠে বা ভূমিতে তৈরি (Ground moulding)

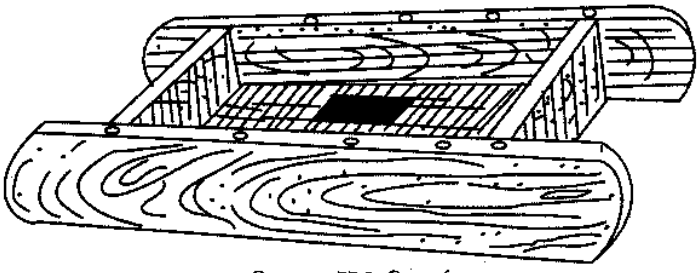
(খ) টেবিলে তৈরি (Table moulding)।

যন্ত্রে তৈরি পদ্ধতিও দু'প্রকার, যথা–

(ক) নমনীয় পদ্ধতি (Plastic process)

(খ) শুষ্ক পদ্ধতি (Dry process)।

ইট তৈরির ফর্মা (Brick mould) ঃ কাঁচা ইট শুকানো ও পোড়ানোর পর প্রায় ১০% সঙ্কুচিত হয়। তাই ইট তৈরির ফর্মার আকার ১০% অধিক পরিসর রেখে তৈরি করা হয়। ফর্মা উপরের দিক খোলা একটি আয়তাকার বাক্সবিশেষ। এটা কাঠ বা ইস্পাতের পাতলা পাত দিয়ে তৈরি করা হয়। কাঠের তৈরি ফর্মা দ্রুত ক্ষয়প্রাপ্ত হয় বিধায় এর কিনারাগুলো ইস্পাতের পাত দিয়ে মুড়িয়ে নেয়া হয়। ফর্মার তলদেশের মাঝখানের কিছু অংশ উঁচু থাকে, যা ইট তৈরির সময় ইটের গায়ে গর্তাকৃতির দাগ সৃষ্টি করে। ফর্মার কিনারার বর্ধিত দিক হাতলের ন্যায় কাজ করে।



চিত্র ঃ ৩.২ ইট তৈরির ফর্মা

ইটে সিল মোহর বা শনাক্তকরণ চিহ্ন (Frog on brick) ঃ ইটের ফর্মার তলদেশের মাঝখানে কিছু অংশ উঁচু থাকায় ইট তৈরির সময় এর পৃষ্ঠে গর্তাকৃতির দাগ পড়ে। এ গর্তাকৃতির দাগকে ইটে সিলমোহর বা শনাক্তকরণ চিহ্ন বলা হয়। এ সিলমোহর নির্মাণকারী প্রতিষ্ঠানের নামের সাক্ষ্য বহন, ইটের জোড়ায় মসলা রাখা ও সংযুক্তিতে সহায়তা করা, ধরার সুবিধা প্রদান করা ও সৌন্দর্য বৃদ্ধির কাজ করে থাকে। যন্ত্রে তৈরি ইটে সাধারণত সিলমোহর থাকে না। গাঁথুনির ইটের সিলমোহর খোদিত দিক সর্বদা উপরে থাকে। তবে, উন্মুক্ত দেওয়ালে সর্বোপরের ইট এবং আর্দ্রতারোধী স্তরের নিচের ইটের স্তরটিতে সিলমোহরের দিকটি নিচে থাকে।

মাঠে বা ভূমিতে ইট তৈরি (Ground moulding) ঃ আমাদের দেশে সাধারণত মাঠে ইট তৈরি করা হয়ে থাকে। মাঠে ইট তৈরির জন্য সুপ্রশস্থ মাঠকে আগাছা ও অপদ্রব্যমুক্ত করার পর সমতল করে নেয়া হয়। ইট তৈরির মাঠ নির্ধারণের পূর্বে অবশ্যই স্মরণ রাখতে হয়, যেন নির্বাচিত মাঠটি অপেক্ষাকৃত উঁচু, ছায়ামুক্ত হয় এবং স্যাঁতসেঁতে না হয়। মাঠকে সমতল করার পর ছোটখাটো গর্ত থাকলে ভরাট করে মিহি বালি সমভাবে ছিটিয়ে দিতে হয়। ইট তৈরির কারিগর মাঠের এক প্রান্ত হতে মন্থনকৃত কাদা দিয়ে ইট তৈরি আরম্ভ করে।

ইট তৈরির প্রক্রিয়া (Brick moulding process) ঃ সাধারণত দু' প্রক্রিয়ায় ফর্মার সাহায্যে ইট তৈরি হয়, যথা–

১। বালি বুলানো প্রক্রিয়া (Sand moulding)

২। পানি চটকানো প্রক্রিয়া (Slop moulding)।

ইট তৈরির কারিগর ফর্মার মধ্যে শুকনা বালি ছিটিয়ে নেয়, যেন ফর্মার গায়ে কাদা না লেগে থাকে। এরপর প্রয়োজনীয় পরিমাণ কাদা নিয়ে একটা পিণ্ড তৈরি করে এবং পিণ্ডের গায়ে শুকনা বালি ছিটিয়ে দিয়ে দু' হাতে ধরে বেশ উপরে উঠিয়ে সজোরে ফর্মার ভিতর নিক্ষেপ করে, জোরে নিক্ষিপ্ত হওয়ায় কাদা ফর্মার কোনায় এবং ধারে ভালভাবে পৌঁছে ফাঁকাহীন অবস্থায় ফর্মা সম্পূর্ণরূপে পূর্ণ করে এবং এরপরও হাতে কাদা ঠেসে দেয়া হয় এবং ফর্মাকে স্বাভাবিক অবস্থায় রেখে সামান্য উঁচুতে উঠিয়ে মাটির উপর ছেড়ে দেয়া হয়। ফলে ফর্মার সকল কোনা ও ধারে কাদা পৌঁছার ক্ষেত্রে কোন সন্দেহ থাকে না। তারপর ফর্মার উপরের অতিরিক্ত কাদা কাঠের বা ধাতুর নির্মিত গজ দিয়ে ফর্মার সমান করে কেটে অপসারণ করা হয় এবং এ কাদা পরবর্তী ইট তৈরিতে ব্যবহার করা হয়। এরপর ফর্মার উপরের পৃষ্ঠে (কাটা পৃষ্ঠে) সামান্য বালি সমভাবে ছিটিয়ে দিয়ে ফর্মাটি উপুড় করে (মাঠের ইটের লাইন বিন্যাস অনুযায়ী) মাটির উপর (মাঠে) ফেলা হয় এবং ফর্মাকে উপর দিকে সরিয়ে নেয়া হয়। এভাবে বালি ছিটানো প্রক্রিয়ায় একটা একটা করে ইট তৈরি হয়।

আবার কোন কোন ক্ষেত্রে ফর্মার ভিতরে বালি ছিটানোর পরিবর্তে ফর্মাকে পানিতে ডুবিয়ে নেয়া হয় যেন কাদা ফর্মার গায়ে লেগে না থাকে। এ প্রক্রিয়ায় ইট তৈরির জন্য ফর্মায় কাদা ভর্তি করা ও অন্য সকল কার্যাদি বালি ছিটানো প্রক্রিয়ার মতোই। ফর্মাকে পানিতে ডুবিয়ে ইট তৈরির প্রক্রিয়াকে পানি চটকানো প্রক্রিয়া বলা হয়।

বালি ছিটানো প্রক্রিয়ায় তৈরি ইটের ধার ও কোণগুলো ধারালো হয়, কাদা অতিরিক্ত নমনীয় হওয়ার সম্ভাবনা থাকে না এবং ইট পোড়ানোর সময় পৃষ্ঠের বালি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে গাঢ় বর্ণ ও অভেদ্য পৃষ্ঠ সৃষ্টি করে। পক্ষান্তরে, পানি চটকানো প্রক্রিয়ায় তৈরি ইটের ধার ও কোণগুলো ধারালো হয় না, কাদা অতিরিক্ত নমনীয় হওয়ার সম্ভাবনা থাকে এবং পোড়ালে বর্ণ গাঢ় হয় না।

টেবিলে ইট তৈরি (Table moulding) ঃ পৃষ্ঠগুলো সমতল, কোণগুলো তীক্ষ্ণ, ধারগুলো ধারাল সুষম আকারবিশিষ্ট ইটের জন্য টেবিলে ইট তৈরি করা হয়। দুর্গল ইট বা অনুরূপ প্রয়োজনীয় ইট তৈরির ক্ষেত্রে এ পদ্ধতি বিশেষভাবে ব্যবহারযোগ্য। এ পদ্ধতিতে ইট তৈরির জন্য টেবিলকে ভালভাবে স্থাপন করে নেয়া হয় এবং ফর্মার (অভ্যন্তরীণ) আকারের চেয়ে সামান্য বড় আকারের হার্ডবোর্ড কেটে নেয়া হয়। ফর্মা টেবিলের উপর রেখে মন্থনকৃত কাদায় পূর্ণ করা হয় (মাঠে ইট তৈরির প্রক্রিয়ার অনুরূপ) এবং ফর্মার উপর হার্ডবোর্ড খণ্ড স্থাপন করে হার্ডবোর্ড সমেত ফর্মা উপুড় করে টেবিলের উপর রেখে ফর্মা সরিয়ে নেয়া হয় এবং ইটটি হার্ডবোর্ডের উপর পড়ে থাকে। তারপর ইটটির উপর আরেকটি হার্ডবোর্ড দিয়ে ইটটি শুকানোর জন্য রৌদ্রে নেয়া হয়।

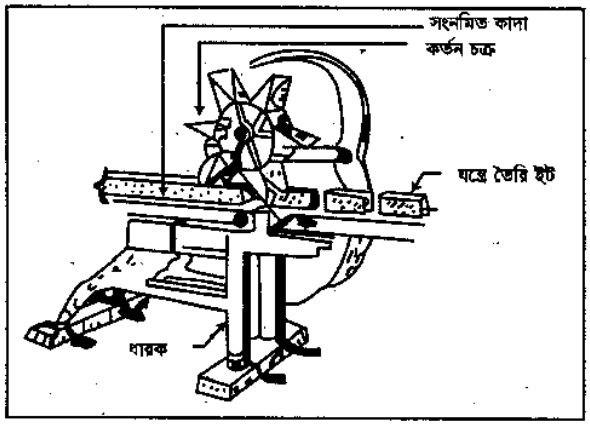
কোন কোন ক্ষেত্রে তলাহীন ফর্মা (সানসা ফর্মা) টেবিলে ইট তৈরির ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়। এ প্রক্রিয়ায় হার্ডবোর্ডের উপর তলাহীন ফর্মাটি বসিয়ে কাদায় পূর্ণ করা হয় এবং ফর্মার উপরের তলের সমান করে অতিরিক্ত কাদা অপসারণ করে ফর্মাটি সরিয়ে নেয়া হয়। ফর্মাটি সরানোর পর হার্ডবোর্ডের উপর ইটটি পড়ে থাকে। তারপর ইটটিকে শুকানোর জন্য হার্ডবোর্ডসহ নেয়া হয়।

যন্ত্রে ইট তৈরি (Machine moulding) ঃ

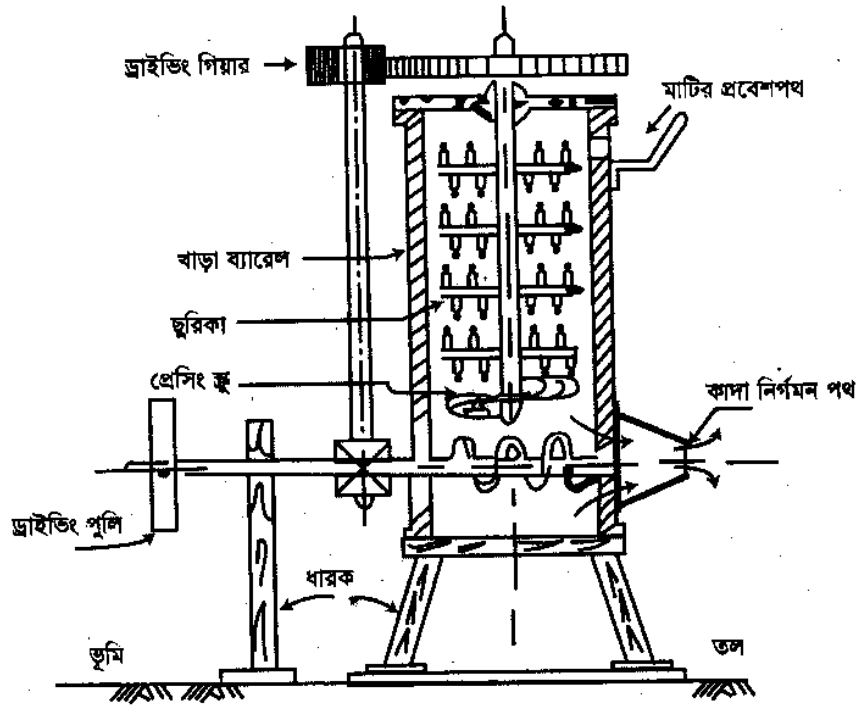
যন্ত্রে তৈরি ইটে সিলমোহর থাকে না। নমনীয় ও শুষ্ক উভয় পদ্ধতিতেই যন্ত্রে ইট তৈরি করা যায়।

নমনীয় পদ্ধতিতে ইট তৈরি (Plastic process) ঃ নমনীয় পদ্ধতিতে ইট তৈরির জন্য পাগমিল ও অগার সমন্বয়ে গঠিত যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। এর খাড়া সিলিন্ডার পাগমিল হিসেবে পরিচিত। ইটের জন্য নির্বাচিত মাটি দিয়ে (প্রয়োজনানুপাতে উপাদানসমূহ মিশিয়ে) পাগমিল ভর্তি করা হয়, এর ভিতরে ঘূর্ণায়মান প্রেস এর সাহায্যে মন্থনকৃত কাদা সবেগে নিচে চলে আসে এবং স্পাইরাল স্ক্রুর দ্বারা পেষাই হতে থাকে। অনুভূমিক অক্ষদণ্ড অগারের সাথে স্পাইরাল স্ক্রুগুলো আটকানো থাকে। অগারের এক প্রান্তে যন্ত্র চালানোর চালিকাশক্তি প্রয়োগ করা হয়। এর ফলে মন্থনকৃত কাদা অগারের অপর প্রান্তে স্থাপিত নির্গমন ছাঁচের ভিতর দিয়ে বের হয়ে আসে। ছাঁচটির আকার ইটের উচ্চতা ও প্রস্থের সমান করে তৈরি, ছাঁচের ভিতর দিয়ে নির্গত কাদা পরিবাহক গ্রহণ করে এবং কর্তন যন্ত্র বা তারযুক্ত ফ্রেমের সাহায্যে ইটের মাপমতো কাটা হয় এবং শুকানোর পর চুল্লিতে পোড়ানো হয়।

শুষ্ক পদ্ধতিতে ইট তৈরি (Dry process) ঃ নির্বাচিত মাটি মিহি পাউডারে পরিণত করে সামান্য পরিমাণ পানি (7% হতে 10%) মিশিয়ে প্লাঞ্জার মেশিনের সাহায্যে প্রতি বর্গসেন্টিমিটারে 1000 হতে 1200 কেজি চাপে ইট তৈরি করা হয়। এ জাতীয় ইট শুকানোর দরকার হয় না, এগুলোকে সরাসরি চুল্লিতে পোড়ানো হয়। এ ইটগুলো খুব শক্ত, শক্তিশালী, দৃঢ়াবদ্ধ ও স্থায়িত্বশীল।



চিত্র ঃ ৩.৩ ইট তৈরির যন্ত্র



চিত্র ঃ ৩.৪ কাদা মন্থন যন্ত্র

৩.৪ ইট শুকানো ও পোড়ানো (Drying & burning of bricks) ঃ

ইট শুকানো (Brick drying) ঃ ইট তৈরির জন্য প্রস্তুতকৃত কাদায় প্রায় ৪০% (মাটির ধরনের উপর নির্ভরশীল) পানি থাকে। তাই কাঁচা ইট নমনীয় থাকে। ফলে ইটের নির্দিষ্ট আকার-আকৃতি অক্ষুণ্ন রেখে স্থানান্তর ও পোড়ানোর জন্য চুল্লিতে সাজানো যায় না। তাই ইট পোড়ানোর পূর্বে শুকিয়ে নিতে হয়।

ইট শুকালে এর মুক্ত পানি বাষ্পাকারে উবে যায়। ফলে এগুলো বেশ শক্ত হয়, ওজনও কিছুটা কমে যায় এবং স্থানান্তর ও পোড়ানোর জন্য চুল্লিতে সাজানো কালে সামান্য আঘাতে নষ্ট হয় না, আকার-আকৃতি বিনষ্ট হয় না। তা ছাড়া ইট পোড়ানোর জন্য অপেক্ষাকৃত কম জ্বালানির দরকার হয়। ভিজা ইট পোড়ালে এগুলোতে ফাটল দেখা দেয় এবং বিনষ্ট হয়।

সাধারণত দুই নিয়মে ইট শুকানো হয়, যথা–

১। প্রাকৃতিক শুকানো (Natural drying)

২। কৃত্রিম শুকানো (Artificial drying)।

১। প্রাকৃতিক শুকানো (Natural drying) ঃ মাঠে ইট তৈরির পর মাঠেই এগুলোকে ২ হতে ৩ দিন রাখার ফলে এগুলো রোদের তাপে শুকিয়ে বেশ শক্ত হয়। তারপর মাঠের (ইটখোলায়) কিনারা ঘেঁষে প্রতি ইটের মাঝে 2 সেমি হতে 4 সেমি ফাঁক রেখে কাত করে সাজিয়ে ৫ হতে ৭ দিন রাখা হয়। সূর্যের তাপের প্রখরতার উপর ইট শুকানোর সময়ের পরিমাণ নির্ভর করে। ভালভাবে শুকানোর পর ইট পোড়ানোর জন্য চুল্লিতে দেয়া হয়। স্মরণ রাখা আবশ্যক যে, ইট যেন বৃষ্টিতে না ভিজে। ইট যদি পানিতে বা বৃষ্টিতে ভিজে তবে এর শক্তি কমে যায় এবং পোড়ানোর পরও এদের গায়ে দাগ দেখা যায়।

২। কৃত্রিম শুকানো (Artificial Drying) ঃ আবহাওয়ার প্রতিকূলতা দেখা দিলে বা তাড়াতাড়ি ইটের চাহিদা পূরণের দরকার হলে ইট শুকানোর প্রকোষ্ঠ (Chamber) বা টানেলে (tunnel) তপ্ত বাতাস বা গ্যাস প্রবাহিত করে ইট কৃত্রিম উপায়ে শুকানো হয়। এ সময় সতর্কতার সাথে তপ্ত বাতাস বা গ্যাস প্রবাহিত করতে হয় যেন ইট অতিদ্রুত শুকানোর ফলে এতে ফাটল সৃষ্টি না হয়। কৃত্রিম উপায়ে ইট শুকানো কালে তাপমাত্রা সাধারণত 120° সে. এর মধ্যে রাখা হয় এবং ইট ২/৩ দিনের মধ্যে শুকিয়ে যায়।

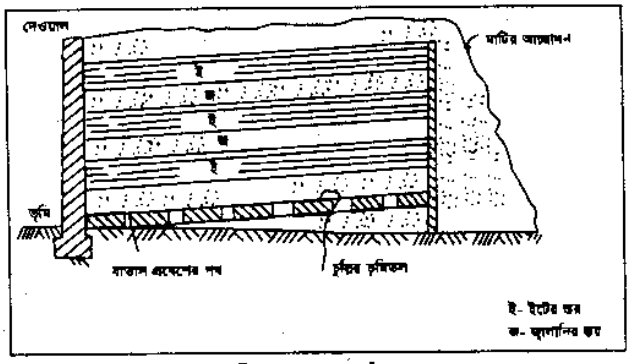
ইট পোড়ানো (Brick burning) ঃ ইট ভালভাবে শুকানোর পর পোড়াতে হয়। ইট পোড়ানোর ফলে (ক) ইটের শক্ততা বাড়ে এবং শক্তি বৃদ্ধি পায় (খ) ইটের কাঠিন্য বৃদ্ধি পায়, অশোষ্যতা গুণপ্রাপ্ত হয় এবং স্থায়িত্বশীলতা বৃদ্ধি পায়। ভালভাবে পোড়ানো ইট শক্ত, শক্তিশালী, সাম্য বুনট (Texture) এর হয়ে থাকে এবং আবহাওয়ার প্রতিকূলতা এর উপর কোনরূপ প্রভাব ফেলে না। ইট পোড়ানোর ক্ষেত্রে সুনিপুণতা ও দক্ষতার প্রয়োজন। কেননা কম পোড়া ইট নরম ও ব্যবহার অনুপযোগী হয় এবং অধিক পোড়া ইট কাচজাত দ্রব্যের গুণপ্রাপ্ত হয়ে ভঙ্গুরতা গুণ লাভ করে।

শুকানোর ফলে ইটের কাদায় মুক্ত পানি বাষ্পাকারে উবে যায়। প্রায় 1200° ফাঃ তাপমাত্রায় পোড়ালেও ইটের কাদা বায়ুমণ্ডল হতে পানি শোষণ করে নমনীয় হতে পারে। প্রায় 2100° ফাঃ তাপমাত্রায় ইট পোড়ালে এতে ব্যবহৃত খনিজসমূহ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে অধিক কাঠিন্য ও অধিক শক্তিসম্পন্ন ইটে রূপান্তরিত হয়। 2100° ফাঃ এর অধিক তাপমাত্রায় ইট কাচজাত দ্রব্যের (Vetrified) গুণপ্রাপ্ত হয়। কাজেই ইট পোড়ানোর সময় তাপমাত্রার উপর সতর্কদৃষ্টি রাখতে হয়। ইট পাঁজা (Clamp) বা চুল্লিতে (Kiln) পোড়ানো হয়।

৩.৫ ইট পোড়ানো চুল্লির প্রকারভেদ (Types of kilns) ঃ

পাঁজা (Clamp) ঃ পাঁজা ইট পোড়ানোর প্রাচীনতম চুল্লি এবং এতে ইট পোড়ানোর খরচ কম। এ জাতীয় চুল্লির আকার সাধারণত আয়তাকার বা বর্গাকার হয়ে থাকে।

পাঁজার নির্মাণপদ্ধতি ও ইট পোড়ানোর নিয়ম ঃ শুষ্ক আবহাওয়ায় যখন বৃষ্টিপাতের সম্ভাবনা থাকে না তখন অপেক্ষাকৃত উঁচু আয়তাকার বা বর্গাকার সমতল ভূমিতে পাঁজা তৈরি করা হয়। পাঁজা তৈরির জন্য 12 মিটার × 9 মিটার স্থানকে লম্বালম্বি দিকে 30° কোণে ঢালু করে নেয়া হয় এবং এর উপর প্রথমে প্রায় 0.1 মিটার পুরু জ্বালানি স্তর দেয়া হয়। তারপর জ্বালানি স্তরের উপর একস্তর (4-5 ইটের) ইট ফাঁকা প্রক্রিয়ায় (Criss & Cross) প্রায় পরস্পরের সাথে 5 সেমি বায়ু চলাচলের পথ রেখে সাজানো হয়। এভাবে পর্যায়ক্রমে একস্তর জ্বালানি ও একস্তর রোদে শুকানো ইট সাজিয়ে 3 মিটার হতে 5 মিটার উচ্চতা পর্যন্ত পাঁজা নির্মাণ করা হয় এবং কাদামাটি দিয়ে পাঁজার উপর ও চারদিক আবৃত করে দেয়া হয়। যেন এর ভিতরের তাপ বের হয়ে যেতে না পারে। উন্নতমানের পাঁজার তলদেশে ও চতুষ্পার্শ্বের দেয়াল পোড়া ইটের দ্বারা নির্মাণ করা হয়ে থাকে। পাঁজার মেঝে বায়ু প্রবেশের জন্য ছিদ্র রাখা হয়, যেন দহনে সহায়তার জন্য পর্যাপ্ত বাতাস প্রবেশ করতে পারে। প্রথমে জ্বালানির নিম্ন স্তরে আগুন দেয়া হয় এবং ধীরে ধীরে ইট পোড়ানো চলতে থাকে। জ্বালানি শেষ না হওয়া পর্যন্ত পাঁজার ভিতরে আগুন জ্বলতে থাকে। পোড়ানো শেষ হলে ঠান্ডা হওয়ার পর এটা ভেঙে ইট বের করা হয়। এর তলদেশের ইটগুলো অতিরিক্ত পোড়ার ফলে ঝামা হয়ে যায় এবং উপরের ইটগুলো অপর্যাপ্ত পোড়ার দরুন আমা থেকে যায়। এতে জ্বালানি হিসেবে তুষ, লাকড়ি, গোবর, ঘাস, পাটখড়ি ব্যবহার করা যেতে পারে।



চিত্র ঃ ৩.৫ (ক) পাঁজা

পাঁজায় ইট পোড়ানোর সুবিধা ঃ

নিম্নে পাঁজায় ইট পোড়ানোর সুবিধাসমূহ দেয়া হল ঃ

১। এ প্রক্রিয়ায় খরচের পরিমাণ কম এবং স্বল্প উৎপাদনের ক্ষেত্রেও ব্যবহার করা যায়।

২। এ প্রক্রিয়া অদক্ষ শ্রমিকের দ্বারা করানো যেতে পারে, যেহেতু এতে কাজের জটিলতা নেই বললেই চলে।

৩। যদিও পাঁজায় উত্তম মানের ইট কম পাওয়া যায়, তবুও এর উত্তম মানের ইট অন্যান্য চুল্লির ইট অপেক্ষা শক্ত ও শক্তিশালী। কেননা এতে ইট ধীরে ধীরে পোড়ানো ও ঠান্ডা করা হয়।

পাঁজায় ইট পোড়ানোর অসুবিধা ঃ

নিম্নে পাঁজায় ইট পোড়ানোর অসুবিধাসমূহ উল্লেখ করা হল ঃ

১। পাঁজায় ইট খুব ধীরে ধীরে পোড়ানো হয়। তাই চুল্লি হতে দ্রুত ইট সরবরাহ সম্ভব নয়।

২। এতে আগুন নিয়ন্ত্রণের কোন ব্যবস্থা নেই। ফলে ইট অধিক বা কম পোড়া হয়ে থাকে।

৩। পাঁজার পার্শ্বস্থ ইটগুলোর আকারের সাম্যতা থাকে না।

৪। অধিকাংশ ইটে ফাটল দেখা যায়।

৫। যেহেতু ধীরে ধীরে পোড়ানো ও ঠান্ডা করা হয়, ফলে সময়ের অপচয় হয়।

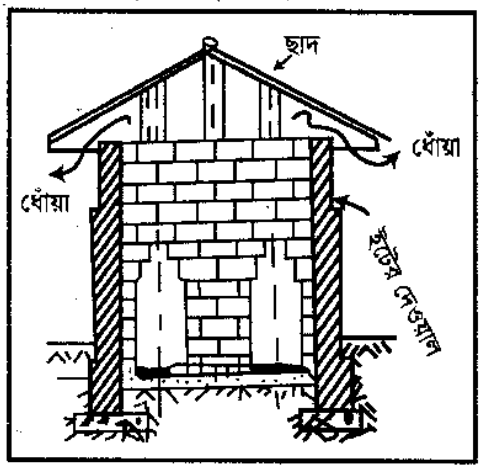
৬। পাঁজা ভাঙার পরই ইট পাওয়া সম্ভব, তাই প্রত্যহ ইট সরবরাহ সম্ভব নয়।

৭। যেহেতু ইট পোড়াতে অধিক সময় লাগে, তাই বৃষ্টি-বাদলে ক্ষতির সম্ভাবনা থাকে।

ইট পোড়ানোর চুল্লি ঃ ইট পোড়ানোর সুষ্ঠু ব্যবস্থা সম্বলিত নির্দিষ্ট নিয়মে দেয়ালে ঘেরা আবেষ্টনীকে চুল্লি বলা হয়। এ চুল্লিগুলো আঞ্চলিক ভাষায় ইটের ভাটা বা ইটের ভাটি নামে পরিচিত। ইট পোড়ার চুল্লিগুলোকে ইট পোড়ানো কার্যের ব্যাপকতার উপর ভিত্তি করে দু'ভাগে ভাগ করা যায়, যথা– (ক) সবিরাম চুল্লি (Intermittent kiln) ও (খ) অবিরাম চুল্লি (Continuous kiln)। আবার চুল্লি বা ভাটিগুলোতে ব্যবহৃত জ্বালানি অনুযায়ী এগুলোকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়, যথা– (১) যে ভাটায় জ্বালানি হিসাবে জ্বালানি কাঠ ব্যবহার করা হয় ঐগুলোকে 'বোকাই ভাটা' ও (২) যেগুলোতে জ্বালানি হিসাবে কয়লা ব্যবহৃত হয় ঐগুলোকে 'কাপ্তানি ভাটা' বলা হয়ে থাকে। তা ছাড়া চুল্লির তপ্ত বাতাস বের হওয়ার (Draught) দিকের উপর ভিত্তি করে সবিরাম চুল্লিকে দু'ভাগে করা যায়। এগুলো হল– (অ) বাতাস উর্ধ্বমুখী বের করা সবিরাম চুল্লি (Upward draught intermittent kiln) ও (আ) বাতাস অধঃমুখী বের করা সবিরাম চুল্লি (Down draught intermittent kiln)। এ ভাটি বা চুল্লিগুলো সাধারণত বাংলাদেশের গ্রামাঞ্চলে বিশেষ করে রাজশাহী ও দিনাজপুর জেলায় ইট পোড়ানোর কাজে ব্যবহৃত হয়।

(অ) বাতাস উর্ধ্বমুখী বের করা সবিরাম চুল্লি ঃ এ ধরনের চুল্লি স্থায়ী ইটখলায় (brick-field) ব্যবহার করা হয়। এগুলোর উপর ছাউনি থাকে। এ জাতীয় ভাটা বা চুল্লির বাইরের দিকে দেয়াল পোড়া ইটের তৈরি এবং এগুলোর মুখ স্থানীয় বাতাস প্রবাহের দিকের মুখোমুখি করে রাখা হয়, ফলে এগুলোতে আগুন জ্বলাকালে বাতাসের প্রবল প্রবাহ সৃষ্টি হয়। এ সময় বাতাসের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণে রাখার জন্য প্রবাহ পথে ড্যাম্পার ব্যবহার করা যায়। প্রবল বায়ুকে উপরের দিকে ধাবিত করার জন্য ভাটির দৈর্ঘ্যের মাঝামাঝি বায়ুপ্রবাহের দিকের আড়াআড়ি দেওয়াল নির্মাণ করা হয়। ইটের সংখ্যার উপর ভিত্তি করে এ ভাটাগুলোর দৈর্ঘ্য 6 মিটার হতে 18 মিটার, প্রস্থ 5 মিটার, উচ্চতা 2 মিটার এর মতো হয়ে থাকে।

[চিত্র ৩.৫ (খ)] সাধারণত ভাটিগুলোর ভূমিতে 1.2 মিটার দূরে এপাশ হতে ওপাশ পর্যন্ত 30 সেমি গভীর ও 40 সেমি প্রশস্ত গর্ত করা হয়। এ গর্তগুলোর পাশে বিশেষ নিয়মে [চিত্র ৩.৫ (খ) এর মতো] ইট সাজানো হয় এবং গর্তগুলোতে জ্বালানি দেয়ার জন্য গর্ত বরাবর সোজা বিপরীত দু'পাশে দরজা থাকে। ইট সাজানোর সময় গর্তের উভয় পাশে শুষ্ক কাঁচা ইটকে কিছু ফাঁক রেখে সাজানো হয়, যাতে সহজেই ফাঁক দিয়ে আগুনের শিখা প্রবেশ করে ইটগুলো পোড়াতে পারে। গর্তের দু'পাশে ইট সাজানো কালে অষ্টম সারির পর থেকে ক্রমান্বয়ে প্রতি সারিতে ইট বাড়িয়ে গর্তের উপর আর্চের (Arch) ন্যায় করে গর্ত ঢেকে দেয়া হয় এবং উপরের অংশে পুরো ভাটায় সমভাবে ইট সাজিয়ে উপরের দিকে যাওয়া হয়। ভাটায় এভাবে ইট সাজানোর কাজ সমাপ্ত করার পর এর উপর কাদার প্রলেপ দেয়া হয়। এ ধরনের ভাটায় উপরি ভাগের ইটগুলো পোড়া হয় না বললেই চলে। তাই বার বার এ ইটগুলো ভাটার উপরের স্তরে ব্যবহার করাই উত্তম।

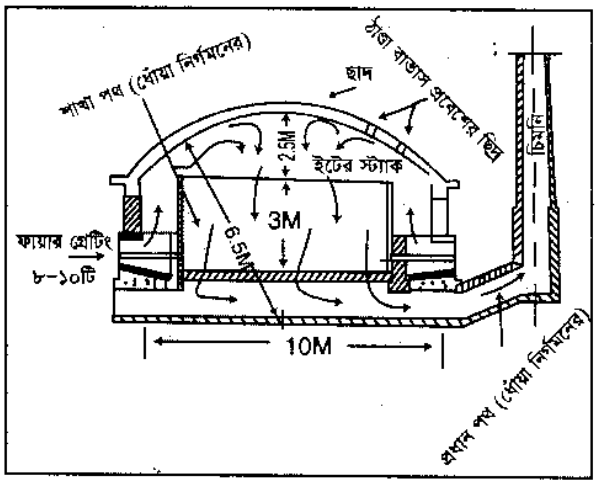


চিত্র ঃ ৩.৫ (খ) বাতাস উর্ধ্বমুখী বের হওয়ার সবিরাম চুল্লির ছেদিত দৃশ্য

এক লক্ষ কাঁচা ইট পোড়ার জন্য 12 মিটার × 9 মিটার × 6 মিটার আকারের ভাটা ব্যবহার করে দক্ষ কারিগরের তত্ত্বাবধানে ইট পোড়ালে মোটামুটি 50% হতে 60% ভাল ইট পাওয়া যায়। এ ভাটায় আগুন দেয়ার পর কাঁচা ইটের পানি শুকাতে দুই তিন দিন সময় লাগে। এরপর তাপমাত্রা ধীরে ধীরে বাড়িয়ে প্রয়োজনীয় তাপে তিন-চার দিনব্যাপী ইট পোড়ানো হয়। পোড়া শেষ হওয়ার পর ইট ঠান্ডা হওয়ার জন্য আট দশ দিন সময় লাগে। তারপর উপরের দিক হতে ইট বের করে নিয়ে খালি ভাটায় পুনরায় কাঁচা ইট সাজানো হয়।

পাঁজা অপেক্ষা এ ভাটায় ইট ভাল পোড়া হয়। তবে উপরের দিকের ইট আধা-পোড়া অবস্থায় থাকে বা কোন কোন ক্ষেত্রে মোটেই পোড়া হয় না। তা ছাড়া অগ্নিশিখা সংলগ্ন ইটগুলো অধিক পুড়ে ঝামায় রূপ নেয় অথবা বিনষ্ট হয়। এ ভাটিগুলোতে ইট পোড়াতে দু'সপ্তাহেরও অধিক সময় ব্যয় হয়। যেহেতু একবার ইট পোড়ার পর নতুন করে ইট সাজিয়ে ইট পোড়াতে হয়, তাই এতে জ্বালানি ও তাপমাত্রার অপচয় হয় এবং ইট পোড়ার খরচ অধিক পড়ে।

(আ) বাতাস অধঃমুখী বের করা সবিরাম চুল্লি ঃ এ ধরনের ভাটির দৈর্ঘ্য 20 মিটার থেকে 22 মিটার, প্রস্থ 5 মিটার হতে 6 মিটার এবং উচ্চতা 3.5 মিটার থেকে ৪মিটার হয়ে থাকে। এগুলোর মেঝে ও দেয়াল পোড়া ইটে তৈরি করা হয় এবং উপরে ছাদ থাকে। এগুলোর মেঝের নিচ দিয়ে ধূম্রনালি ব্যবস্থা (flue system) থাকে। এ ধূম্রনালিগুলোর এক মুখ মেঝের সাথে অপর মুখ প্রধান ধূম্রনালির সাথে যুক্ত। প্রধান ধূম্রনালির একমুখ মেঝের সাথে অপর মুখ ধূম্রনালির সাথে যুক্ত থাকে। মেঝে থেকে তপ্ত বাতাস ধূম্র এ সকল ধূম্রনালিগুলোতে প্রবেশ করে এবং চিমনি পথে বের হয়ে যায়। এ জাতীয় ভাটিগুলোর [চিত্র ৩.৫ (গ)] পাশে অগ্নি প্রজ্বলিত করলে অগ্নিশিখা বাতাসের সাথে ছাদকে ছুঁয়ে নিম্নমুখী প্রবাহিত হয়। ফলে উত্তপ্ত বাতাস মেঝের উপর সাজানো ইট পুড়িয়ে মেঝের ধূম্রনালি পথে প্রবাহিত হয়ে চিমনি পথে বের হয়ে যায়। এ ধরনের প্রতি ভাটিতে প্রতি পক্ষকালে 50000 হতে 60000 ইট পোড়ানো সম্ভব।



চিত্র ঃ ৩.৫ (গ) বাতাস নিম্নমুখী বের হওয়া সবিরাম চুল্লির ছেদিত দৃশ্য

এ ভাটির সুবিধাসমূহ ঃ

- এগুলোতে অপেক্ষাকৃত কম খরচে ভালভাবে ইট পোড়ানো যায়।
- এগুলোতে তাপের অপচয় কম হয়।
- এগুলোর মেঝের ধূম্রনালিগুলোকে সুনিয়ন্ত্রিতভাবে স্থাপন করে সব ইট সমানভাবে পরিমাণমতো পোড়ানো যায়।

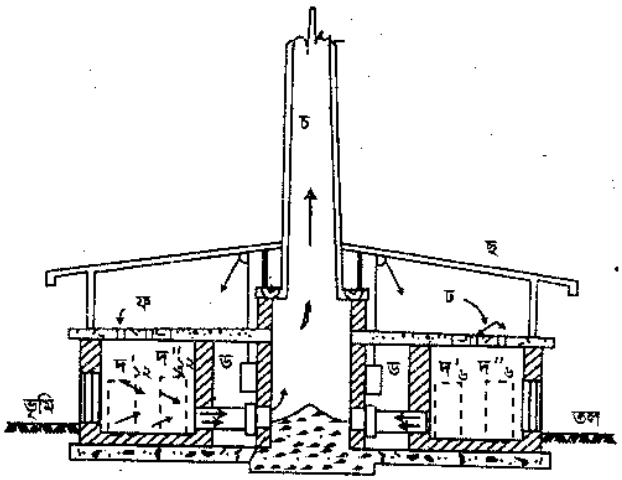
এ ধরনের ভাটির অসুবিধাসমূহ ঃ

- ইট ঠান্ডা হওয়ার জন্য সময় দিতে হয়, ফলে এ সময় ভাটি কার্যহীন থাকে।
- ইট পোড়ানোর পর পোড়ানোকালের সৃষ্ট অতিরিক্ত তাপের অপচয় হয়।
- প্রতিবার ইট পোড়ানোর পর নতুন করে ইট সাজিয়ে নিতে হয় বিধায় প্রতিবারই নতুন করে ভাটি জ্বালানোতে যথেষ্ট জ্বালানি ও সময় নষ্ট হয়।

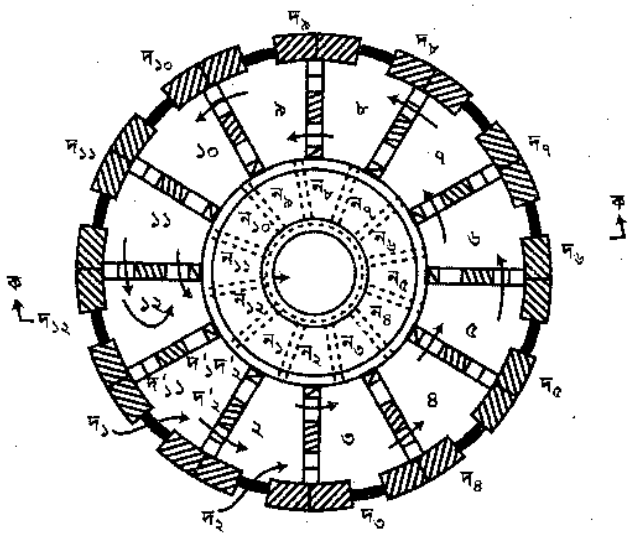
অবিরাম চুল্লি ঃ এ জাতীয় চুল্লি হতে প্রত্যহ ইট সরবরাহের সুবিধা থাকে বিধায় এ প্রক্রিয়ায় সুষ্ঠুভাবে পোড়ানোর উপযোগী করে ইট সাজানো হয়। অধিক সংখ্যক ইট পোড়ানোর জন্য এ জাতীয় চুল্লি ব্যবহার করা হয়। একটি ভাল অবিরাম চুল্লিতে কম জ্বালানি দ্বারা অধিক পরিমাণে উত্তম মানের ইট পোড়ানো যায়। ইট পোড়ানোর জন্য অনেক ধরনের চুল্লি ব্যবহার করা হয়। এদের মধ্যে অবিরাম চুল্লি হিসাবে হফম্যানের চুল্লি ও বুল'স ট্রেঞ্চ চুল্লিই আমাদের দেশে সর্বাধিক ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

হফম্যানের চুল্লি (Hoffman's kiln) ঃ

হফম্যানের চুল্লি দেখতে বৃত্তাকৃতির [চিত্র ৩.৬ (ক)]। এটা 10 হতে 20টি কক্ষে বিভক্ত হতে পারে। তবে 12টি কক্ষ থাকাই উত্তম। ছবিতে একটি 12 কক্ষবিশিষ্ট চুল্লির ভূমি ছবি ও খণ্ডিত ছবি দেখানো হল। প্রদর্শিত চুল্লিটির 1, 2, ...12টি কক্ষ আছে। প্রতি কক্ষের আকার প্রায় 9 মিটার × 5.5 মিটার × 2.5 মিটার। প্রতি কক্ষে ৪টি দরজা আছে (১নং কক্ষে $দ'_১$, $দ''_১$, $দ'_২$, $দ''_২$)। $দ'_১$, $দ''_১$, ব্যতীত প্রত্যেকটি দরজাই খোলা। আবার প্রতিটি কক্ষের বাইরের দিকে একটি করে দরজা আছে (চিত্রে $দ_১$, $দ_২$ ------ $দ_{১২}$)। এগুলোর ভিতর দিয়ে পোড়ানো ঠান্ডা হওয়া ইট চুল্লি হতে বের করা হয় এবং কাঁচা রৌদ্রে শুকানো ইট চুল্লিতে ভর্তি করানো হয়। বাইরের দিকের $দ_১$, $দ_২$ ব্যতীত প্রত্যেকটি দরজাই বন্ধ থাকে। $দ_১$, $দ_২$ দিয়ে ঠান্ডা বাতাস ভিতরে প্রবেশ করতে দেয়া হয়। চুল্লির কেন্দ্রে একটি ধূম্রনির্গমন চিমনি (চ) আছে। এর সাথে প্রত্যেকটি কক্ষ হতে ধূম্রনালি ($ন_১$, $ন_২$ -----$ন_{১২}$) সংযুক্ত থাকে। ইট পোড়ানের সময় কক্ষ হতে ধোঁয়া ধূম্রনালি দিয়ে কেন্দ্রীয় চিমনিতে প্রবেশ করে এবং বের হয়ে যায়। ইস্পাতের তৈরি ড্যাম্পারের (ড) সাহায্যে ধূম্রনালির মুখ বন্ধ করে রাখা যায়। যে কক্ষে ইট পোড়ানো হয় কেবলমাত্র ঐ কক্ষের ধূম্রনালির মুখ খোলা থাকে (চিত্রে $ন_{১২}$ খোলা এবং $ন_৬$ বন্ধ অবস্থায় আছে)। প্রত্যেক কক্ষের উপরিভাগে ফায়ার হোল (ফ) রাখা হয়। এর ভিতর দিয়ে জ্বালানি (কয়লার গুঁড়া) দেয়া হয়। ফায়ার হোলের মুখ কাস্ট আয়রনে তৈরি ঢাকনি দিয়ে ঢেকে রাখা হয় (চিত্রে ঢ) যাতে তাপ বের হয়ে যেতে না পারে। সর্বোপরি চুল্লিটির উপর ছাউনি (ছ) দেয়া থাকে।



ক ক রেখায় খণ্ডিত ছবি



ভূমি ছবি

চিত্র ঃ ৩.৬ (ক) হফম্যানের চুল্লি

ইট পোড়ানো পদ্ধতি ঃ হফম্যানের চুল্লি একটি অবিরাম চুল্লি। কোন নির্দিষ্ট সময়ে চুল্লির প্রত্যেকটি কক্ষকে নির্দিষ্ট কাজ সম্পাদন করতে হয়। যেমন চিত্রের চুল্লিতে 1নং কক্ষে যখন কাঁচা রৌদ্রে শুকানো ইট ভর্তি করা হচ্ছে, তখন 2 নং কক্ষে ঠান্ডা হওয়া পোড়ানো ইট সরিয়ে ফেলা হচ্ছে। 3, 4, 5 এবং 6নং কক্ষের পোড়ানো ইট ঠান্ডা করা হচ্ছে। 7 ও 8নং কক্ষে ইট আগুনে পোড়ানো হচ্ছে এবং উক্ত কক্ষদ্বয়ের ফায়ার হোল দিয়ে কয়লার গুঁড়া দেয়া হচ্ছে। 9, 10, 11 ও 12নং কক্ষের কাঁচা রৌদ্রে শুকানো ইট তাপে শুষ্ক হচ্ছে। চিত্রে প্রদর্শিত $দ_১$, $দ_২$ দরজা দিয়ে ঠান্ডা বাতাস প্রবেশ করে 3, 4, 5, 6 নং কক্ষের পোড়ানো ইট ঠান্ডা করছে এবং এ বাতাস 7 ও 8 নং কক্ষে প্রবেশ করে দহনকার্যে সহায়তার পর তপ্ত অবস্থায় কাঁচা ইটে ভর্তি 9, 10, 11 ও 12 নং কক্ষের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হয়ে ধূম্রনালি পথে ধূম্র নির্গমন চিমনিতে প্রবেশ করে। এভাবে পর্যায়ক্রমে পোড়ানোর কাজ সামনের দিকে অগ্রসর হতে থাকে। প্রথম পর্যয়ের কক্ষগুলোতে পোড়ানো ইট ঠান্ডা হওয়ার পর সরিয়ে রৌদ্রে শুকানো কাঁচা ইটে ভর্তি করে পোড়ানোর উপযোগী করে রাখা হয়। দ্বিতীয় পর্যায়ে কক্ষগুলোতে পোড়ানো ইট ঠান্ডা হতে থাকে এবং তৃতীয় পর্যায়ের কক্ষগুলোতে ইট পোড়ানো কার্য চলতে থাকে। এভাবে বিভিন্ন কক্ষগুলোতে ইট সরিয়ে ফেলা, ভর্তি করা, ঠান্ডা হতে দেয়া ও পোড়ানো কার্য চলতে থাকে।

হফম্যানের চুল্লির সুবিধা ঃ

১। সর্বাধিক সংখ্যক উত্তম মানের ইট পাওয়া যায়।
২। জ্বালানি খরচ কম।
৩। চুল্লিতে সাম্যভাবে ইট পোড়ানো সম্ভব।
৪। জ্বালানি হিসেবে সস্তা মূল্যের কয়লার গুঁড়া ব্যবহার করা যায়।
৫। আগুন নিয়ন্ত্রণে রাখা যায় এবং তাপের পরিমাণের হ্রাস-বৃদ্ধি করা যায়।
৬। বছরের সকল সময় ইট পোড়ানো যায়।
৭। ভাঙা ও ধ্বংসপ্রাপ্ত ইটের হার নগণ্য।
৮। বৃহৎ উৎপাদনের জন্য সুবিধাজনক।
৯। প্রাত্যহিক সরবরাহ সম্ভব।
১০। জ্বালানি উত্তমভাবে পোড়লে ধূম্র নির্গত হয় না।

হফম্যানের চুল্লির অসুবিধা ঃ

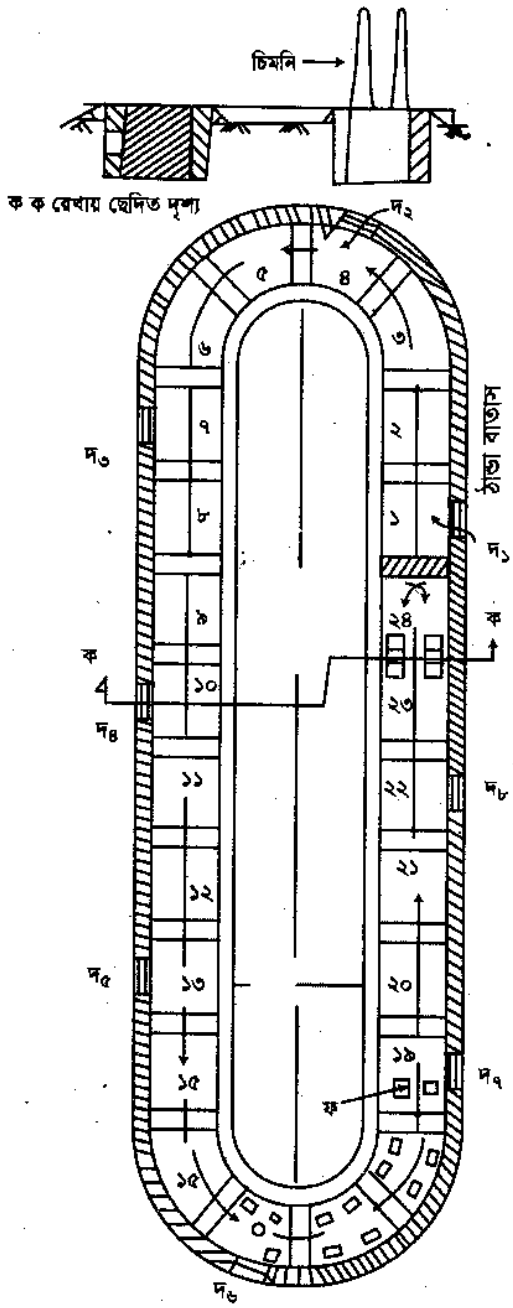
১। প্রাথমিক ব্যয় অধিক।
২। স্বল্প উৎপাদনের জন্য অযৌক্তিক।
৩। অদক্ষ কারিগরের দ্বারা কাজ করানো যায় না।

বুলের পরিখা চুল্লি (Bull's Trench kiln) ঃ

বুলের পরিখা চুল্লি একটা অবিরাম চুল্লি। ইট পোড়ানোর জন্য বাংলাদেশে এ চুল্লিটি ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয় [চিত্র ৩.৬ (খ)]। এ পরিখা চুল্লিটি আয়তাকার বা বৃত্তীয় হতে পারে। তবে স্থানের মিতব্যয় কল্পে অর্ধবৃত্তাকার প্রান্তদ্বয়যুক্ত ডিম্বাকারের পরিখা নির্মাণ করা হয়। পুরো বা আংশিক ভূনিম্নে খনন করে ইটের দেয়ালের বেষ্টনী দিয়ে এ চুল্লি নির্মাণ করা হয়। পোড়ানো ইটের পরিমাণ এবং প্রাপ্ত পরিসরের উপর এর আকার নির্ভর করে। সচরাচর ব্যবহৃত এ জাতীয় চুল্লির আকার 80 মিটার হতে 90 মিটার × 6 মিটার হতে ৮ মিটার × 2 মিটার হতে 2.5 মিটার এবং এটা ডিম্বাকারের হয়ে থাকে। চুল্লিটিতে এমনভাবে সজ্জিত করে ইট ভর্তি করা হয়, যাতে এগুলোর মধ্যে ফাঁক থাকে। নিচের দিকে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ প্রবাহের জন্য ধূম্রনালি রাখা হয়। চুল্লির বাইরের দিকের দেয়ালে অথবা চুল্লির প্রস্থের মাঝামাঝি বিশেষভাবে সাজানো ইটের উপর ধূম্র নির্গমন চিমনি বসানোর ব্যবস্থা রাখা হয়। এতে চিমনি ফোকরগুলো (0.8 মিটার × 0.3 মিটার × 2 মিটার) সাধারণত 5.5 মিটার পর পর রাখা হয়ে থাকে। দু চিমনি ফোকরের মাঝে কয়লা পথ (Fire hole) (ফ) রাখা হয়।

এ কয়লা পথে জ্বালানি হিসেবে কয়লার গুঁড়া দেয়া হয় এবং তাপ যেন বের হয়ে না যেতে পারে তার জন্য ইস্পাতের তৈরি সহজে অপসারণযোগ্য ঢাকনি দিয়ে ঢেকে রাখা হয়। সমগ্র চুল্লিটি কয়েকটি কক্ষে বিভক্ত থাকে। প্রতি দু'কক্ষের মাঝে 15 সেমি হতে 20 সেমি পরিমাণ জায়গা খালি রাখা হয়। সাধারণত প্রতি দু'কক্ষের পর তৃতীয় কক্ষের বাইরের দেয়ালে দরজা রাখা হয়। চিত্রে $দ_১$, $দ_২$ ইত্যাদি (চিত্রে একটি 24 কক্ষের চুল্লি দেখানো হল)। এক এক কক্ষ করে ইট ভর্তি করা হয় এবং কক্ষে ইট ভর্তির পর ছাই,

ভাঙা ইট, কাদামাটি ইত্যাদি দিয়ে আবৃত করে দেয়া হয়, যাতে তাপ বের হয়ে যেতে না পারে। যখন এক কক্ষে ইট পোড়ানো হতে থাকে তখন নিকটবর্তী কক্ষের ইট তাপ পেয়ে গরম হতে থাকে। প্রতি কক্ষ ইট পোড়াতে প্রায় 24 ঘন্টা সময় লাগে। এক কক্ষের ইট পোড়ানো সমাপ্ত হওয়ার পর নিকটবর্তী কক্ষে ইট পোড়ানো কাজ আরম্ভ করা হয় এবং পূর্ব কক্ষের সংযোগকারী ধূম্রনালিসমূহের সংযোগ বন্ধ করে দেয়া হয় এবং পূর্ব কক্ষে ঠান্ডা বাতাস প্রবেশ করার জন্য বাইরের দিকের দরজা খুলে দেয়া হয়। এভাবে পোড়ানো কার্য চলতে থাকে। প্রথম দিকে পোড়ানো ইট ঠান্ডা হওয়ার পর সরিয়ে ফেলা এবং রৌদ্রে শুকানো ইটে ভর্তি করে পোড়ানোর উপযোগী করে রাখা হয়।



চিত্র ঃ ৩.৬ (খ) বুলের পরিখা চুল্লি

চিত্রে প্রদর্শিত চুল্লিটিতে–

1 হতে 5 কক্ষগুলোতে ইট ভর্তি করা হচ্ছে।

6 হতে 10 কক্ষগুলোতে পোড়ানো ইট সরানো হচ্ছে।

11 হতে 15 কক্ষগুলোতে ইট ঠান্ডা করা হচ্ছে।

16 হতে 20 কক্ষগুলোতে ইট পোড়ানো হচ্ছে।

21 হতে 24 কক্ষগুলোতে ইট শুকানো হচ্ছে।

বুলের পরিখা চুল্লির সুবিধা ঃ

১। এ চুল্লিতে ইট পোড়ানো অর্থনৈতিক দৃষ্টিতে যুক্তিযুক্ত। কেননা এতে তাপের অপচয় হয় না এবং কয়লার পরিবর্তে কয়লার গুঁড়া ব্যবহার করা যায়। কয়লার গুঁড়া কয়লা অপেক্ষা সস্তা।

২। এতে কয়লা বা লাকড়ি বা উভয় জ্বালানি ব্যবহার করা যায়।

৩। আগুন সম্পূর্ণ নিয়ন্ত্রণে থাকে এবং যে কোন সময়ই পোড়ানো কার্য বন্ধ করা যায়।

৪। এতে পোড়ানোর সময় জ্বালানি সমভাবে প্রয়োগ করা সম্ভব।

৫। বৃষ্টি, বাতাস এর ক্ষতিসাধন করতে পারে না। কেননা এটা মাটির নিচে ছাই ও কাদা দ্বারা আবৃত থাকে।

৬। এটা সময়ের অপচয় হতে রক্ষা করে কেননা এতে সবসময় ইট পোড়ানো, ইট ভর্তি করা, ইট ঠান্ডা করা ও ইট সরিয়ে ফেলা যায়।

৭। এ চুল্লি একটি দ্রুততম পোড়ানো পদ্ধতি। এতে ২৪ ঘণ্টার মধ্যে ইট পোড়ানো, 10 হতে 12 ঘণ্টার মধ্যে ইট ঠান্ডা করা যায়।

৮। প্রত্যহ ইট সরবরাহ সম্ভব।

৯। অন্যান্য ইট পোড়ানো চুল্লি হতে এতে ইট কম ভাঙে, কম ক্ষতি হয়।

১০। একত্রে বহুসংখ্যক ইট পোড়ানো যায়।

বুলের পরিখা চুল্লির অসুবিধা ঃ

১। দ্রুত ঠান্ডা করলে ইট ভঙ্গুর হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

২। ক্ষুদ্র উৎপাদনের জন্য অর্থনীতির দৃষ্টিতে অসঙ্গত।

৩। সুনিপুণ ও দক্ষ শ্রমিকের প্রয়োজন।

৪। সর্বদা সতর্কদৃষ্টি রাখতে হয়।

সবিরাম ও অবিরাম চুল্লির তুলনামূলক পার্থক্য ঃ

পার্থক্যের বিবেচ্য বিষয়	সবিরাম চুল্লি	অবিরাম চুল্লি
১। নির্মাণের জন্য স্থানের পরিমাণ	সাধারণ পরিসর	বিস্তর পরিমাণ
২। বৃহদায়তন উৎপাদন	অর্থনৈতিক দৃষ্টিতে সাশ্রয়ী নয়	অর্থনৈতিক দৃষ্টিতে সাশ্রয়ী
৩। উত্তম ইটের সংখ্যা	কম	বেশি
৪। পোড়ানোতে ইটের ক্ষয়ক্ষতি	বেশি	খুবই কম
৫। পোড়ানোর অবস্থা	সঠিক ও যথার্থভাবে পোড়া সম্ভব নয়	সঠিক ও যথার্থভাবে পোড়া সম্ভব
৬। ইট সরবরাহ	প্রত্যহ সরবরাহ সম্ভব নয়	প্রত্যহ সরবরাহ সম্ভব
৭। ব্যবহৃত জ্বালানি	কাঠ, কয়লা	কয়লা

৩.৫.১ উত্তম ইটের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of good bricks) ঃ

উত্তম বা প্রথম শ্রেণির ইটের বৈশিষ্ট্যসমূহ নিম্নরূপ ঃ

১। উৎকৃষ্ট ইট বা প্রথম শ্রেণির ইট আকারে সুষম। এর তলগুলো সমান, কিনার ও কোণগুলো তীক্ষ্ণ এবং পাশগুলো সমান্তরাল।

২। এগুলোর বাংলাদেশি মানসম্মত পরিমাপ 240 মিমি ×112 মিমি × 70 মিমি $\left(9\frac{1}{2}'' \times 4\frac{1}{2}'' \times 2\frac{3}{4}''\right)$ অপেক্ষা 3.175 মিমি $\left(\frac{1}{8}''\right)$ কম বা বেশি হতে পারে।

৩। সাম্য বর্ণ এ ধরনের ইটের অন্যতম বৈশিষ্ট্য কারণ বর্ণের সাম্যতা ইটের পোড়ানো ও রাসায়নিক গঠনের সমরূপতার পরিমাপক। উৎকৃষ্ট ইট সাধারণত গাঢ় লাল বা তাম্র বর্ণের হয়ে থাকে।

৪। উৎকৃষ্ট ইটের কাঠিন্য এমন যে, এতে নখ বা ছুরি দিয়ে আঁচড় কাটা যায় না, হাতুড়ি দ্বারা আঘাত করলে ঝন ঝন শব্দ হয়।

৫। ইংরেজি টি (T) অক্ষরের ন্যায় স্থাপন করে 1.5 হতে 1.7 মিটার উঁচু হতে স্বাভাবিক শক্ত মাটির উপর স্বাভাবিক অবস্থায় ছেড়ে দিলে এ ধরনের ইট ভাঙ্গে না।

৬। এ ধরনের ইট সুবদ্ধ এবং মিহি ও সমবুনটযুক্ত। এ ইট ভাঙলে ভগ্নতলে কোনরূপ চিড়, চুনের কণা বা বুদবুদ দৃষ্ট হয় না।

৭। ইট প্রধানত চাপ পীড়ন বহন করে এবং উৎকৃষ্ট ইটের বিচূর্ণন শক্তি 400–700 টন/বর্গমিটার।

৮। এ ধরনের ইটের প্রতিটির ওজন প্রায় 3.125 কেজি (প্রচলিত বাংলাদেশি মানসম্মত ইট) এবং প্রতি ঘনমিটার এর ওজন 1892 কেজি এর কম নয়।

৯। উৎকৃষ্ট ইটের পানি বিশোষণ এর শুষ্ক অবস্থায় ওজনের 1/5 অংশ হতে 1/7 অংশ (15% হতে 20%) এর অধিক নয়।

১০। উৎকৃষ্ট ইটে দ্রাব্য লবণের (পটাশিয়াম, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম এর সালফেট) পরিমাণ $2\frac{1}{2}$% এর অধিক নয়। কারণ অধিক পরিমাণ দ্রাব্য লবণ গাঁথুনি পৃষ্ঠে উদ্ ত্যাগের সৃষ্টি করে, যা গাঁথুনিকে স্থায়ীভাবে আর্দ্র ও সেঁতসেঁতে করে।

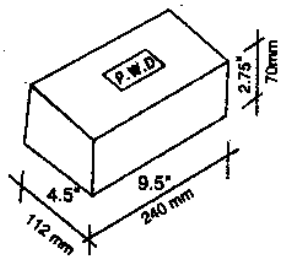
১১। ইটের তৈরি ইমারত গ্রীষ্মে শীতল এবং শীতে উষ্ণ হওয়া প্রয়োজন বিধায় উৎকৃষ্ট ইটের তাপ পরিবাহিতা ন্যূনতম।

১২। উৎকৃষ্ট ইট দাহ্য নয় ও দহনে সহায়তা করে না। অধিক সিলিকাযুক্ত ইট তুলনামূলকভাবে অগ্নিরোধী। উৎকৃষ্ট ইটের তৈরি ইমারত সন্তোষজনকভাবে অগ্নিরোধী।

১৩। উৎকৃষ্ট ইট পানিতে ভিজালে আয়তনে পরিবর্তন হয় না।

৩.৬ ইটের প্রমাণ আকার, ওজন, শ্রেণিবিভাগ ও ব্যবহার (Standared size, weight & classification of bricks & uses) ঃ

ইট ছোট হলে জোড়া সংখ্যা অধিক হয়, ফলে মসলা অধিক লাগে। আবার বড় হলে রাজমিস্ত্রির পক্ষে গাঁথুনির কাজ করা কষ্টসাধ্য। বাস্তব অভিজ্ঞতায় দেখা গেছে, উৎকৃষ্ট গাঁথুনির জন্য ইটের দৈর্ঘ্য এর প্রস্থের দ্বিগুণ ও এক দিকের মসলার জোড়ার সমান হওয়া বাঞ্ছনীয়। সেমতে বাংলাদেশের পাবলিক ওয়ার্কস ডিপার্টমেন্টের (P.W.D) অনুমোদিত প্রমাণ (Standard) ইটের পরিমাপ মসল্লা বাদে 240 মিমি × 112 মিমি × 70 মিমি $\left(9\frac{1}{2}'' \times 4\frac{1}{2}'' \times 2\frac{3}{4}''\right)$ এবং মসল্লাসহ 250 মিমি × 125 মিমি × 75 মিমি (10″ × 5″ × 3″)। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে উক্ত পরিমাপে সামান্য পরিমাণ ($\frac{1}{8}''$ বা 3.17 মিমি) তারতম্য অনুমোদন দেয়া হয়। এক ঘনমিটার ইটের গাঁথুনির ওজন 1892 কেজি এবং প্রতিটি প্রমাণ ইটের ওজন 3.125 কেজি।



চিত্র ঃ ৩.৭

এতদভিন্ন বিভিন্ন সংস্থা কর্তৃক প্রস্তাবিত মেট্রিক ইটের আকার 190 মিমি × 90 মিমি × 90 মিমি (মসলা বাদে) এবং 200 মিমি × 100 মি × 100 মি (মসলাসহ)।

আমাদের দেশের পাবলিক ওয়ার্কস ডিপার্টমেন্টের (P.W.D) মতানুসারে ইটের শ্রেণিবিভাগ নিম্নে উদ্ধৃত হল ঃ

১। **প্রথম শ্রেণির ইট (First class brick) ঃ** উত্তমরূপে পোড়ানো সাম্যগাঢ় লাল বা তাম্র বর্ণের এবং সুষম আকারবিশিষ্ট ইটই প্রথম শ্রেণির ইট। এগুলোকে আঘাত করলে ধাতব বাজনার শব্দ হয়। এগুলোতে ফাটল বা বৃষ্টির দাগ থাকে না। ২৪ ঘন্টা পানিতে ডুবিয়ে রাখলে এগুলো স্বীয় শুষ্ক ওজনের $\frac{1}{6}$ এর বেশি পানি শোষণ করে না। এদের কোণগুলো তীক্ষ্ণ এবং ধারগুলো ধারালো।

ব্যবহার ঃ স্থায়ী নির্মাণকাজে এ শ্রেণির ইট ব্যবহার করা হয়, যেমন– ইমারত, ব্রিজ কালভার্ট ইত্যাদি। নির্মাণের পৃষ্ঠে পয়েন্টিং করতে হলে এ জাতীয় ইট ব্যবহার করা হয়।

২। **দ্বিতীয় শ্রেণির ইট (Second class bricks) ঃ** এ জাতীয় ইট প্রথম শ্রেণির ইটের মতোই, তবে ধার ও কিনারাগুলোতে সামান্য অসাম্যতা দেখা যায় এবং পানি শোষণ করে প্রায় 22%।

ব্যবহার ঃ এ শ্রেণির ইট আধাস্থায়ী বা ক্ষণস্থায়ী কাজে ব্যবহার করা হয়। এ শ্রেণির ইট নির্মাণে ব্যবহারের পর আস্তর করে দিতে হয়।

৩। **তৃতীয় শ্রেণির ইট (Third class bricks) ঃ** এ শ্রেণির ইট পর্যাপ্ত পোড়া না হওয়ায় আংশিক শক্ত হয়। এদের প্রধান বৈশিষ্ট্য এরা হলুদ বর্ণের। এরা বাতাস হতে দ্রুত জলীয়বাষ্প গ্রহণ করে লবণাক্রান্ত হয়। বেশিরভাগ ক্ষেত্রেই এগুলোর আকার-আকৃতি ঠিক থাকে না।

ব্যবহার ঃ এ জাতীয় ইট গুরুত্বপূর্ণ কাজে ব্যবহার করা হয় না।

৪। **পিকড ঝামা ইট ঃ** অত্যধিক পোড়া হওয়ায় ফলে ঝামা ইটের উদ্ভব হয়। এ শ্রেণির ইট কাচজাত দ্রব্যের গুণাবলি প্রাপ্ত হয় এবং আকৃতিতে বিকৃতি দেখা দেয়। এগুলোকে পিকড ঝামা ইট নামে আখ্যায়িত করা হয়।

ব্যবহার ঃ এগুলো রাস্তার খোয়ার কাজে এবং কংক্রিটের কোর্স অ্যাগ্রিগেইট হিসেবে ব্যবহার করা যায়। কিছু কিছু ইট মাত্রাতিরিক্ত তাপে পিণ্ডে পরিণত হয়, এগুলো ঝামা ইট নামে পরিচিত। এগুলো কঠিন ও ভঙ্গুর। তাই প্রকৌশল কার্যে এগুলো ব্যবহার করা হয় না।

৩.৭ ইটের সাধারণ পরীক্ষা (Common testing of bricks) ঃ

ইটের মাঠ পরীক্ষা (Field test of bricks) ঃ

নিম্নে মাঠে ইট যাচাইকরণ বা নিরীক্ষার কয়েকটি পদ্ধতি উল্লেখ করা হল ঃ

১। একটি ইট নিয়ে এর পৃষ্ঠে নখের সাহায্যে আঁচড় কাটতে চেষ্টা করতে হবে। যদি আঁচড় কাটা যায় তবে ইটটি ভাল নয়। যদি আঁচড় না কাটা যায় তবে এটি দৃঢ়াবদ্ধ গঠনের ভাল ইট।

২। একটি ইটকে অন্য একটি ইট বা হাতুরি দিয়ে আঘাত করতে হবে। যদি পরিষ্কার বাজনা বা ধাতব আঘাতের শব্দ হয় তবে এটি ভাল ইট।

৩। দুটি ইট নিয়ে এদেরকে T এর মতো স্থাপন করে 1.5 মিটার থেকে 1.7 মিটার উপর হতে স্বাভাবিক মাটির উপরে স্বাভাবিক অবস্থায় ছেড়ে দিলে যদি ভেঙে যায় তবে এটি ভাল ইট নয়, যদি না ভাঙ্গে তবে ভাল ইট।

৪। একটি ইট ভেঙ্গে টুকরা টুকরা করতে হবে। যদি এগুলোতে ছিদ্রের পরিমাণ অধিক পরিলক্ষিত হয়, তবে ইট ভাল নয়।

৫। ইটের টুকরাগুলো ভাল করে দেখতে হবে। যদি এগুলোতে বর্ণের ভিন্নতা দেখা যায় তবে ইট ভাল নয়, কিন্তু যদি সদৃশ গাঢ় লাল বা তাম্র বর্ণের হয় তবে এটি ভাল ইট।

গবেষণাগারে ইট পরীক্ষা (Laboratory test of bricks) ঃ

ইট নির্মিত কাঠামোতে আগত ভার বা বলের ফলে যে পীড়ন সৃষ্টি হয়, ইট উক্ত পীড়ন প্রতিরোধ করে কাঠামো টিকিয়ে রাখে বিধায় ইটে নির্দিষ্ট পরিমাণ পীড়ন প্রতিরোধের ক্ষমতা থাকতে হয়। তা ছাড়া বৃষ্টি, তুষার ক্রিয়া, আগুন ইত্যাদি হতে কাঠামোকে রক্ষার জন্য ইটের আবহাওয়ায় টিকে থাকার গুণ থাকা আবশ্যক। এতদভিন্ন গ্রীষ্মকালে শীতল ও শীতকালে (ইমারতে) গরম রাখা, কাঠামোকে লবণাক্রান্ত হতে রক্ষা করা এবং শব্দ অন্তরক বা সাউন্ড ইনসুলেটর হিসাবে ব্যবহৃত হওয়ার জন্য ইটের প্রয়োজনীয় বৈশিষ্ট্যাদি থাকা বাঞ্ছনীয়। তাই ইট নির্মিত কাঠামোর শক্তি ও স্থায়িত্বের জন্য প্রয়োজনীয় গুণাবলির ইট নির্বাচনের নিমিত্তে গবেষণাগারে ইট পরীক্ষা করে নেয়া হয়। গবেষণাগারে প্রধানত ইটের নিম্নোক্ত পরীক্ষাগুলো করা হয় ঃ

(ক) শক্তি পরীক্ষা (Strength test)

(খ) পানি শোষ্যতার মাত্রা পরীক্ষা (Water absorption test)

(গ) এফ্লোরেসেন্স পরীক্ষা বা লবণের মাত্রা নির্ধারণের পরীক্ষা (Efflorescence test)

(ঘ) আবহাওয়ার প্রতিকূলতায় টিকে থাকার ক্ষমতা পরীক্ষা (Resistance of weathering test)।

১। শক্তি পরীক্ষা (Strength test) ঃ ইট প্রধানত চাপ পীড়ন বহন করে। এজন্য ইটের শক্তি বলতে চাপশক্তি বুঝায়। একই ইটখোলার বা ব্রিক ফিল্ডের বিভিন্ন ইটের চাপ সহ্য করার ক্ষমতা ভিন্ন ভিন্ন মানের পাওয়া যায়। গড়পড়তা মানই গ্রহণযোগ্য বলে বিবেচিত হয়। কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ পরীক্ষার যন্ত্রে 6 হতে 8টি নমুনা ইটের চাপ সহ্য করার ক্ষমতা পরিমাপ করা হয় এবং গড় করে গ্রহণযোগ্য মান নির্ধারণ করা হয়। উৎকৃষ্ট ১ম শ্রেণির ইটের বিচূর্ণ শক্তি বা ক্রাশিং স্ট্রেংথ 400 হতে 700 টন/বর্গমিটার। বিচূর্ণন শক্তির 1/8 অংশ গাঁথুনির নিরাপদ শক্তি হিসেবে বিবেচনা করা হয়। ইটের বিচূর্ণন শক্তির 1/40 অংশ নিরাপদ শিয়ার পীড়ন হিসেবে ধরা হয়। তবে ইটের গাঁথুনি নিরাপদ চাপ পীড়নের প্রায় 1/10 অংশ টান পীড়ন বহনে সক্ষম হলেও ইট টান পীড়নের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হয় না। দ্বিতীয় শ্রেণির ইটের বিচূর্ণন শক্তি 100 হতে 400 টন/বর্গমিটার।

২। পানি শোষ্যতার মাত্রা পরীক্ষা (Water absorption test)ঃ নমুনা ইটগুলোর (ক) কক্ষ উষ্ণতায় ওজন নেয়া হয়, (খ) কক্ষ উষ্ণতায় 24 ঘন্টা পানিতে ভিজিয়ে ওজন নেয়া হয়, (গ) 5 ঘন্টা সিদ্ধ করে পুরোরাত্র পানিতে ঠান্ডা করে ওজন নেয়া হয়। (খ) ও (গ) এর শোষ্যতা অনুপাতকে স্যাচুরেশন কো-ইফিসিয়েন্ট বলা হয়। এর সাহায্যে ইটের শোষ্যতার মাত্রা এবং স্যাচুরেশনের মাত্রা জানা যায়। উৎকৃষ্ট ইটের পানি বিশোষণ তার শুষ্ক অবস্থায় ওজনে 1/5 হতে 1/7 অংশের (15% হতে 20%) অধিক হওয়া উচিত নয়।

৩। লবণের মাত্রা নির্ধারণের পরীক্ষা ঃ ইটে দ্রবণীয় লবণের (পটাশিয়াম, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম এর সালফেট) পরিমাণ জানার জন্য সল্ট অ্যানালাইসিস করা হয়। এর মাত্রা 0.5% হতে 2.5% এর অধিক হওয়া উচিত নয়, অধিক হলে ইট লোনাক্রান্ত (Salt efflorescence) হবে এবং এর ফলে গাঁথুনি স্থায়ীভাবে আর্দ্র ও সেঁতসেঁতে হবে। অন্য কথায়, অধিক দ্রাব্য লবণযুক্ত ইট স্বল্প আবহরোধী।

নিচের পরীক্ষাটির সাহায্যে ইটে লবণের উপস্থিতির মাত্রা বা লোনাক্রান্ততার (Salts efflorecence) মাত্রা জানা যায় ঃ

ঈপ্সিত ইটের স্ট্যাক হতে দৈবচয়নে (Random sample) কমপক্ষে ৫টি শুষ্ক নমুনা ইট নিয়ে মুক্ত বায়ু চলাচল করে এরূপ কক্ষে 18° সে. হতে 25° সে. কক্ষ উষ্ণতায় সরু তলদেশের প্রতি পাত্রে একটি করে ইট প্রান্তের উপর দাঁড় করিয়ে রেখে ইটের কমপক্ষে 2.5 সেন্টিমিটার পরিমাণ নিমজ্জিত হয় এরূপ পরিমাণে 'ডিসটিল্ড ওয়াটার' পাত্রে দিয়ে রেখে দিতে হবে। পুরো পানি অদৃশ্য (বাষ্পীভূত/শোষিত) হওয়ার পর ইটগুলো শুষ্ক মনে হলে পুনরায় পাত্রে পূর্বের সমপরিমাণ ডিসটিল্ড ওয়াটার দিয়ে একই অবস্থায় রেখে দিতে হবে এবং এ পানি অদৃশ্য হয়ে যাওয়ার পর ইটগুলো নিরীক্ষা করে উক্ত নমুনা ইটগুলোর লোনাক্রান্ততার মাত্রা শূন্য (nil – যদি ইফ্লোরেসেন্স এর কোনরূপ উপস্থিতি না থাকে), সাধারণ মাত্রা (Slight – যদি ইটের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফলের 10% এ লবণের উপস্থিতি দেখা যায়), মধ্যম মাত্রা (Moderate – যদি ইটের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফলের 50% বা তার কম অংশ লবণের আচ্ছাদন দেখা যায়), বেশিমাত্রা (Heavy – যদি ইটের পৃষ্ঠের 50% বা তার অধিক লবণের প্রলেপে আচ্ছাদিত থাকে কিন্তু লবণের মিহি গুঁড়া দেখা না যায়), অত্যধিক মাত্রা (Serious– যদি লবণের পাউডারসহ লবণে আবৃত এবং উক্ত প্রক্রিয়ার পুনরাবৃত্তিকরণে আরো বৃদ্ধির সম্ভাবনা থাকে) ইত্যাদি পরীক্ষা করা হয়।

৪। আবহাওয়ার প্রতিকূলতায় টিকে থাকার ক্ষমতা পরীক্ষা (Resistance of weathering test) ঃ এটা ইটের তুষার প্রতিরোধক ক্ষমতা নির্ণয়ের জন্য করা হয়। হিমাংক ও ফুটন্ত তাপমাত্রায় পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তিত পরীক্ষণে ফাটল ও স্থায়ী সম্প্রসারণ পরিদৃষ্ট হলে ইটের তুষার প্রতিরোধক ক্ষমতা ঘাটতি প্রমাণিত হয়।

৩.৮ বিশেষ ধরনের ইট—হলো ব্লক এবং সিরামিক ইট (Special bricks–Hollow block and ceramic bricks) ঃ

বিশেষ ধরনের ইট সাধারণত আয়তাকার ঘনবস্তু কিন্তু নির্মাণে ব্যবহারের সুবিধার জন্য, অবস্থানগত আকৃতির কারণে বা ডিজাইনারের নির্বাচনের কারণে বিশেষ বিশেষ আকার-আকৃতির ইটের প্রয়োজন দেখা দেয়। এগুলোকে উদ্দেশ্যমাফিক ইট (Purpose made brick) বা বিশেষ ধরনের ইট বলা হয় (চিত্রঃ ৩.৮)। নিম্নে কয়েকটি বিশেষ ধরনের ইট ও এদের ব্যবহার উল্লেখ করা হল ঃ

নাম	ব্যবহার
১। ঝাঁঝরা ইট (Perforated bricks)	ইমারতের দেওয়ালে, সড়কের ডিভাইডারে
২। ফাঁপা ইট (Hollow bricks)	ইমারতের ফাঁপা দেওয়ালে, সড়কের ডিভাইডারে
৩। ছক অঙ্কিত ইট (Checkered bricks)	ইটের গাঁথুনির কাজে
৪। খাঁজকাটা সুস্থিত ইট	অলংকারমূলক কাজে (Stable bricks with grooved)
৫। প্লিন্থ ইট (Plinth bricks)	প্লিন্থের কাজে
৬। জ্যাম্ব ইট (Jamb bricks)	দেওয়ালের কোনায় অলংকারমূলক কাজে
৭। বুল নোজ ইট (Bull nose brick)	অলংকারমূলক কাজে
৮। স্ট্রিং কোর্স ইট (String course brick)	স্ট্রিং কোর্সে
৯। কোপিং ইট (Coping brick)	কোপিং এর কাজে
১০। কর্নিশ ইট (Cornice brick)	কার্নিশের কাজে
১১। গাটার ইট (Gutter brick)	ড্রেনের কাজে

চিত্র ঃ ৩.৮ বিশেষ ধরনের ইট

হলো ব্লক (Hollow block) ঃ যেসব ব্লকের (ম্যাসনরি বা কংক্রিট) ফাঁপা কোর এলাকার ক্ষেত্রফল মোট ক্ষেত্রফলের 25% এর অধিক (কিন্তু 45% এর অধিক নয়) সেগুলোকে হলো ব্লক বলা হয়। ব্রিক ম্যাসনরির হলো ব্লক বা হলো ব্রিক টেরাকোটা তৈরির কাদার মতো কাদা দিয়ে তৈরি করা হয়। এগুলো কাজের চাহিদা অনুযায়ী বিভিন্ন আকার-আকৃতিতে তৈরি করা হয়ে থাকে। ঈপ্সিত আকারের ডাই বা মোল্ডের সাহায্যে এগুলো তৈরি করা হয়। কাদায় তৈরি হলো ব্লক শুকানোর পর বা পোড়ানোর পূর্বে আকার-আকৃতিতে সৌন্দর্য আনয়ন এবং নিখুঁতভাবে কাজে লাগানোর সুবিধার জন্য মোল্ডে পুনরায় চাপ দিয়ে নেয়া হয় এবং দহন সীমায় (Vitrification) পোড়ানো হয়। কাদার তৈরি হলো ব্লকে শেল (Shell) ফাঁপা অংশকে আবেষ্টন করে থাকে এবং ওয়েভ সেলের মধ্যস্থ পার্টিশন হিসেবে থাকে। এগুলোতে শেলের পুরুত্ব ন্যূনতম 2 সেমি এবং ওয়েভের (Wave) পুরুত্ব ন্যূনতম 1 সেমি হবে। কংক্রিট হলো ব্লকের মুখপাতের পুরুত্ব ন্যূনতম 5 সেমি হবে, নিট ক্ষেত্রফল মোট ক্ষেত্রফলের ন্যূনতম 55% হতে 60% হবে। ব্লকে কোরের সংখ্যা কমপক্ষে দুটি থাকবে। এগুলো তৈরিতে সূক্ষ্ম এগ্রিগেট 60% এবং স্থূল এগ্রিগেট 40% (6 মিমি হতে 12 মিমি আকারের) ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

সিরামিক ইট (Ceramic brick) ঃ সিরামিক ইট সাধারণ ইটের কাদা দিয়েই তৈরি করা হয়ে থাকে। তবে এগুলো মেশিন মোল্ডিং-এ তৈরি করা হয়। ফলে এগুলোর ঘনত্ব সাধারণ ইটের তুলনায় অধিক হয় এবং এগুলো সাধারণ ইটের চেয়ে অধিক চাপ নিতে পারে। এগুলো কাজের চাহিদা অনুযায়ী আকার-আকৃতিতে ও বর্ণে তৈরি করা হয়। এগুলোর পানি শোষণের মাত্রা কম এবং আবহক্রিয়ায় কম আক্রান্ত হয় এবং স্থায়িত্বের মাত্রাও অধিক। এগুলোর পৃষ্ঠদেশ বেশ মসৃণ বিধায় দেয়াল স্থাপনে সহজ এবং এগুলোর জন্য প্লাস্টারিং করতে হয় না।

৩.৯ হলো ব্লক ও সিরামিক ইটের ব্যবহার (Uses of hollow blocks and ceramic bricks) ঃ

হলো ব্লক (Hollow block) এর ব্যবহার ঃ

কংক্রিটের হলো ব্লক ঃ

(i) এগুলো ভারবাহী (Load bearing) ও অভারবাহী (Non-load bearing) দেওয়াল নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।

(ii) এগুলো স্টোন ফেসিং এবং বিনা স্টোন ফেসিং এর দেওয়ালেও ব্যবহার করা যায়।

(iii) কংক্রিট হলো ব্লক তৈরির সময় পৃষ্ঠের উপর ভিত্তি করে সাধারণ ফিনিশড্ পৃষ্ঠের জন্য, গ্লেইজড ফিনিশড পৃষ্ঠের জন্য, স্লাম্পড ফিনিশড পৃষ্ঠের জন্য, বিশেষ ধরনের ফেইস ফিনিশড পৃষ্ঠের জন্য ও রঙিন ফিনিশড পৃষ্ঠের জন্য এগুলো ব্যবহার করা যায়।

(iv) এগুলোর কাজ ইটের চেয়ে শক্তিশালী হয়।

কাদার (ব্রিক) হলো ব্লক ঃ এগুলো ফাঁপা দেওয়াল, পার্টিশন দেওয়াল, মেঝে, আর্চ পার্টিশন, অগ্নিরোধক, শব্দ অন্তরক ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

সিরামিক ইট ঃ এগুলো সৌন্দর্যবর্ধক কাজে, ফুটপাত, আর্চ, অলঙ্কারমূলক ম্যাসনরি কাজে ব্যবহৃত হয়।

৩.১০ হলো ব্লক ও সিরামিক ইটের সুবিধা-অসুবিধা (Advantages and disadvantages of hollow blocks & ceramic bricks) ঃ

হলো ব্লকের সুবিধাসমূহ ঃ

(i) ব্লকগুলোর আকার নিয়মিত বিধায় এগুলোকে ড্রেসিং এর দরকার হয় না ফলে নির্মাণকাজ দ্রুত করা যায়।

(ii) ব্লকগুলো হালকা বিধায় স্থানান্তর সহজ।

(iii) এগুলো তুলনামূলক হালকা ওজনের হয় বিধায় ভিত্তিতে চাপ কম পড়ে এবং মাটির ভারবহন ক্ষমতা অপেক্ষাকৃত কম হলে নির্মাণ করা যায়।

(iv) এগুলো ব্যবহারে নির্মাণসামগ্রীর সাশ্রয় হয়।

(v) এগুলো দিয়ে কম পুরুত্বের দেওয়াল নির্মাণ করা যায় ফলে ফ্লোর এরিয়া অধিক পাওয়া যায়।

(vi) ব্লকের আকার বৃহত্তর হলে জোড়ার সংখ্যা কম হয়, ফলে মসলা কম লাগে।

(vii) হলো ব্লকে ফাঁপা থাকায় এগুলো তাপ, শব্দ ও আর্দ্রতায় অন্তরক হিসাবে উত্তম।

(viii) সর্বোপরি এগুলো আবহক্রিয়ায় কম আক্রান্ত হয়, তাই এগুলোর পৃষ্ঠে প্লাস্টারের দরকার হয় না।

(ix) এগুলোর নির্মিত দেওয়াল সুন্দর দেখায়।

(x) কাজের চাহিদা অনুযায়ী হলো ব্লক বিভিন্ন আকার-আকৃতির তৈরি করা যায়।

হলো ব্লকের অসুবিধাসমূহ ঃ

(i) হলো ব্লকের নির্মাণখরচ অপেক্ষাকৃত অধিক।

(ii) হলো ব্লক অপেক্ষাকৃত কম চাপ প্রতিরোধ করতে পারে।

(iii) এগুলোর উপর বিম, গার্ডার ইত্যাদি সরাসরি স্থাপন করা যায় না।

(iv) কাদার হলো ব্লক তৈরি, শুকানো, পোড়ানো ও কাঠামোতে সংস্থাপনে সতর্কতা অবলম্বন করতে হয়।

(v) কংক্রিট হলো ব্লক তৈরিতে, কিউরিং, স্থানান্তরে ও কাঠামোতে সংস্থাপনে বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন আবশ্যক।

(vi) হলো ব্লক স্থাপনে দেওয়ালের নির্দিষ্ট স্থানের জন্য তৈরিকৃত ব্লক ঐ স্থানেই ব্যবহার করতে হয় বিধায় ম্যাসনরি কাজের গতি কম হয়।

(vii) কংক্রিট ব্লক কিউরিং (তিন হতে চার সপ্তাহ) এর সমাপ্তির পর ব্যবহার করতে হয় বিধায় নির্মাণে বিলম্ব ঘটতে পারে।

সিরামিক ইটের সুবিধাসমূহ ঃ

(i) এগুলো দেখতে সুন্দর।

(ii) এগুলো ঈপ্সিত আকার-আকৃতির পাওয়া যায়।

(iii) এগুলো আবহক্রিয়ায় আক্রান্ত হয় না।

(iv) এগুলোকে প্লাস্টার করার দরকার হয় না।

(v) এগুলো ঈপ্সিত বর্ণে তৈরি করা যায়।

(vi) এগুলো অলঙ্কারমূলক কাজে ব্যবহার করা যায়।

(vii) এগুলোর পুরুত্ব কম বিধায় কাঠামোতে স্থাপন সহজ।

সিরামিক ইটের অসুবিধাসমূহ ঃ

(i) এগুলোর পুরুত্ব কম বিধায় জোড়া (অনুভূমিক) অধিক পড়ে।

(ii) এগুলোর কাজ ধীর।

(iii) এগুলোর সংস্থাপন খরচ অধিক।

(iv) বাজার মূল্য সাধারণ ইটের তুলনায় অধিক।

(v) অধিক পুরুত্বের দেওয়ালের জন্য ব্যয়সাপেক্ষ।

অনুশীলনী-৩

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **কাদাজাত সামগ্রী বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ বিভিন্ন নির্মাণে যেমন– ইমরাত, ছাদ, মেঝে ইত্যাদি এবং কারুকাজ, সাজসজ্জা ও অলংকারমূলক কাজে কাদার তৈরি নানা ধরনের সামগ্রী বা উপকরণ ব্যবহৃত হয়। এ সকল উপকরণ বা সামগ্রীকে কাদাজাত সামগ্রী (Clay products) বলা হয়। ইট, তাপ দুর্গল ইট, টেরাকোটা, টালি, মৃৎপণ্য, শিলাপণ্য, পোর্সেলিন ইত্যাদি কাদাজাত সামগ্রীর মধ্যে অন্যতম।

২। **বিভিন্ন ধরনের কাদাজাত সামগ্রীর নাম লেখ।**

অথবা, নির্মাণক্ষেত্রে ব্যবহৃত কাদাজাত সামগ্রীর তালিকা দাও।

উত্তর ঃ ইট, টালি, টেরাকোটা, মৃৎপণ্য, শিলাপণ্য, পোর্সেলিন, দুর্গল ইট ইত্যাদি কাদাজাত সামগ্রীর মধ্যে অন্যতম।

৩। **ইট কী বা ইটের সংজ্ঞা লেখ।**

উত্তর ঃ কাদাজাত সামগ্রীর মধ্যে ইমারত নির্মাণে ইটের ব্যবহার সর্বাধিক পরিলক্ষিত হয়। ইট কাদার তৈরি আয়তাকার কঠিন ঘনবস্তু। এগুলো কাঁচা অবস্থায় নমনীয় এবং উচ্চ তাপে পোড়ানোর পর কৃত্রিম পাথরের ন্যায় শক্ত হয়।

৪। **কোন উপাদান ইটের কাদাকে নমনীয়তা দান করে?**

উত্তর ঃ পানির উপস্থিতিতে অ্যালুমিনা (Al_2O_3) ইটের কাদাকে নমনীয়তা (Plasticity) দান করে।

৫। **কোন কোন বিষয়ের উপর ইটের গুণাবলি নির্ভর করে?**

অথবা, উৎকৃষ্ট মানের ইট কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

অথবা, ইটের গুণাবলির উপর প্রভাব বিস্তারকারী বিষয়গুলো লেখ।

উত্তর (i) ইটে ব্যবহৃত কাদার রাসায়নিক ধর্ম (ii) কাদা প্রস্তুতকরণ (iii) ইট শুকানোর পদ্ধতি (iv) ইট পোড়ানোর সময় তাপমাত্রা ও (v) ইট পোড়ানো কালে চুল্লিতে বায়ুপ্রবেশের পরিমাণের উপর ইটের গুণাবলি নির্ভর করে।

৬। **ইটের কাদায় প্রয়োজনীয় উপাদানগুলো কী কী?**

অথবা, ইটের মাটির মূল উপাদানগুলোর তালিকা (শতকরা হারসহ) উল্লেখ কর।

অথবা, উৎকৃষ্ট ইটের কাদার রাসায়নিক উপাদানগুলোর শতকরা হার লেখ।

উত্তর ইটের কাদায় প্রয়োজনীয় উপাদানগুলো হল–

(ক) সিলিকা (55%) (খ) অ্যালুমিনা (35%)

(গ) আয়রন অক্সাইড (8%) (ঘ) ম্যাগনেশিয়া (5%)

(ঙ) লাইম (1%) ও (চ) জৈব পদার্থ (1%)।

৭। **ইটের জন্য মাটি নির্বাচনে কী কী ফিল্ড টেস্ট করা হয়?**

উত্তর ইটের জন্য মাটি নির্বাচনে নিচের ফিল্ড টেস্টগুলো করা হয় ঃ

(ক) উপাদানের সঙ্গতি বা কনসিস্ট্যান্স পরীক্ষা

(খ) মোল্ডিং ধর্ম পরীক্ষা এবং

(গ) বিকৃতি ও সংকোচন পরীক্ষা।

৮। **ইটের উপাদান হিসাবে সিলিকার কাজ কী?**

উত্তর সিলিকা ইটে ফাটল, বক্রতা ও সংকোচন রোধ করে। সিলিকা ইটের শক্তি বৃদ্ধি করে এবং উচ্চ তাপ প্রতিরোধ ক্ষমতা প্রদান করে।

৯। **অতিরিক্ত সিলিকা ইটের কী ক্ষতি করে?**

উত্তর প্রয়োজনের অতিরিক্ত সিলিকা ইটকে দুর্বল ও ভঙ্গুর করে।

১০। **প্রয়োজনাতিরিক্ত লাইম ইটের কী ক্ষতি করে?**

উত্তর প্রয়োজনাতিরিক্ত লাইম ইট পোড়ানোর সময় ইটকে বিগলিত করে এবং আকার-আকৃতি বিনষ্ট করে।

১১। **প্রয়োজনীয় আয়রন অক্সাইড ইটে কী কাজ করে থাকে?**

উত্তর প্রয়োজনীয় আয়রন অক্সাইড ইটে অপ্রবেশ্যতা গুণ দান করে এবং স্থায়িত্ব বৃদ্ধি করে। তা ছাড়া ইটের বর্ণ সৃষ্টিতে এটি বিশেষ ভূমিকা পালন করে থাকে।

১২। **ইটে ম্যাগনেশিয়ার কাজ কী?**

উত্তর ম্যাগনেশিয়া ইটকে হলুদ বর্ণ দান করে এবং সংকোচন প্রতিহত করে। মাত্রাতিরিক্ত ম্যাগনেশিয়া ইটকে ক্ষয়প্রাপ্ত হতে সহায়তা করে।

১৩। **ইটের কাদার ক্ষতিকর উপাদানগুলো কী কী?**

উত্তর ইটের কাদায় অনিষ্টকর বা ক্ষতিকর উপাদানগুলোর মধ্যে– (ক) ক্ষার (খ) পাথর খণ্ড (গ) চুনাপাথর (ঘ) আয়রন পাইরাটিস (ঙ) লবণ ও (চ) অতিরিক্ত জৈব পদার্থই অন্যতম।

১৪। **ইটের কাদার আয়রন পাইরাটিস এর উপস্থিতি ইটের কী ক্ষতি করে?**

উত্তর ইটের কাদায় আয়রন পাইরাটিস থাকলে ইট পোড়ানোর সময় এর অক্সাইডগুলো ইটকে স্ফটিকাকারের খণ্ডে খণ্ডে বিভক্ত করে ইটকে ধ্বংস করে দেয়।

১৫। ইটে লোনা ধরে কেন?

উত্তর ইটের কাদায় সোডিয়ামের লবণসমূহ থাকলে ইটে লোনা ধরে।

১৬। ইটের কাদায় মাত্রাতিরিক্ত জৈব পদার্থ ইটের কী ক্ষতি করে?

উত্তর ইটের কাদায় মাত্রাতিরিক্ত জৈব পদার্থ সম্পূর্ণরূপে দাহ্য হয়ে ইটে সচ্ছিদ্রতার সৃষ্টি করে।

১৭। ইট তৈরির ধাপগুলো ধারাবাহিকভাবে লেখ।

উত্তর ইট তৈরির ধাপগুলো হল– (১) ইটের কাদা নির্বাচন (২) কাদা প্রস্তুতকরণ (৩) ইট তৈরিকরণ (৪) ইট শুকানো ও (৫) ইট পোড়ানো।

১৮। ইট তৈরির কাদা কেমন হবে?

উত্তর ইট তৈরির কাদা নির্দিষ্ট মাত্রায় নমনীয় হবে এবং এতে ইটের জন্য প্রয়োজনীয় উপাদান নির্দিষ্ট অনুপাতে থাকবে। এর মিশ্রণ সমসত্ত্ব হবে।

১৯। ইটের কাদা 'ওয়েদারিং' করণ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ইটের কাদার জন্য নির্বাচিত মাটি বর্ষার পূর্বে কেটে স্তূপীকৃত করে রাখা হয়। এতে মাটির উপাদানসমূহ আবহক্রিয়ার প্রভাবে উত্তমরূপে মিশ্রিত হয় এবং মাটির গুণগতমান বৃদ্ধি পায়। এ প্রক্রিয়া 'ওয়েদারিং' নামে পরিচিত।

২০। ইটের কাদা 'ব্লেন্ডিং' করণ কী?

উত্তর ইটের কাদার মান উন্নয়নে বর্ষার পর পক্ষকালের মধ্যে প্রয়োজনে বালি, চুন, অ্যালুমিনা ইত্যাদি মিশ্রিত করে নেয়া হয়ে থাকে। এ প্রক্রিয়া 'ব্লেন্ডিং' করণ নামে পরিচিত।

২১। ইটের কাদা 'টেম্পারিং' করণ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর বর্ষার পূর্বে ইটের কাদার জন্য স্তূপীকৃত মাটি বর্ষা শেষে ইট তৈরির জন্য কোদালের সাহায্যে কেটে প্রয়োজন অনুপাতে পানি মিশিয়ে উত্তমরূপে মন্থন করা হয়। এ প্রক্রিয়াকে 'টেম্পারিং' বলা হয়। এর মাধ্যমে কাদাকে সমসত্ত্ব ও নমনীয় করে ইট তৈরি করা হয়।

২২। ইটের আকার অপেক্ষা ফর্মার আকার অধিক রাখা হয় কেন?

উত্তর কাঁচা ইট শুকানো ও পোড়ানোর সময় সংকুচিত হয় এবং এ সংকোচনের পরিমাণ প্রায় 10%। তাই সঠিক আকারের ইট পাওয়ার জন্য ফর্মার আকার ইটের আকারের চেয়ে অধিক রাখা হয়।

২৩। কী কী পদ্ধতিতে ইটের কাদা মন্থন বা প্রস্তুত করা হয়?

উত্তর সাধারণত দু পদ্ধতিতে ইটের কাদা মন্থন বা প্রস্তুত করা হয় ঃ

(ক) দৈহিক শক্তি পদ্ধতি (কোদাল ও পায়ের সাহায্যে বা জন্তু শক্তির সাহায্যে)

(খ) যান্ত্রিক পদ্ধতি (পাগমিলের সাহায্যে)।

২৪। পাগমিল কী?

উত্তর স্বল্প সময়ে অধিক পরিমাণে নমনীয় আঠালো সমসত্ত্ব ইটের কাদা তৈরি করার জন্য তলাবিহীন বালতির মতো লোহার তৈরি গোলাকার মোচাকৃতির যে পাত্র ব্যবহার করা হয়, তা পাগমিল নামে পরিচিত।

২৫। ইট শুকানো হয় কেন বা ইট শুকানোর কারণ কী?

উত্তর কাঁচা ইট নমনীয় থাকে। ইটের নির্দিষ্ট আকার-আকৃতি অক্ষুণ্ন রেখে স্থানান্তর ও পোড়ানোর জন্য চুল্লিতে সাজানো এবং অপেক্ষাকৃত কম জ্বালানিতে পোড়ানোর সুবিধার জন্য ইট শুকানো হয়।

২৬। ইটের সিলমোহর বা শনাক্তকরণ চিহ্ন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ইটের ফর্মার ভিতর দিকের তলদেশে মাঝখানে কিছু অংশ উঁচু থাকে। এতে ইট নির্মাতার শনাক্তকরণ চিহ্ন উল্টোভাবে অংকিত থাকে। ফলে ইট তৈরি করার সময় ইটের পৃষ্ঠে ফর্মার তলদেশের উঁচু অংশের সজ্জিতরূপে একটি গর্তাকৃতির দাগ পড়ে। এই গর্তাকৃতির দাগই ইটের সিলমোহর বা শনাক্তকরণ চিহ্ন।

২৭। প্রথম শ্রেণির ইটের প্রমাণ আকার, ওজন এবং পানি শোষণের ক্ষমতা লেখ।

উত্তর প্রথম শ্রেণির ইটের প্রমাণ আকার 240 মিমি × 112 মিমি × 70 মিমি, ওজন 3.125 কেজি এবং পানি শোষণ ক্ষমতা শুষ্ক ওজনের 15% হতে 20%।

২৮। সিলিকা ও অ্যালুমিনার ব্যবহারিক প্রয়োগক্ষেত্রগুলো লেখ।

উত্তর সিলিকা ও অ্যালুমিনা ইট তৈরিতে, গ্লাস তৈরিতে, মৃৎপণ্য তৈরিতে, ফাউন্ড্রি কাজে, সিমেন্ট তৈরিতে, ইত্যাদি ব্যবহারিক ক্ষেত্রে প্রয়োগ হয়।

২৯। ইটে সিলমোহর বা শনাক্তকরণ চিহ্ন রাখা হয় কেন?

উত্তর নির্মাণকারী প্রতিষ্ঠানের নামের সাক্ষ্য বহন, ইটের জোড়ায় মসলা রাখা ও সংযুক্তিতে সহায়তা করা, ধরার সুবিধা দান করা ও সৌন্দর্য বৃদ্ধির জন্য ইটে সিলমোহর বা শনাক্তকরণ চিহ্ন রাখা হয়।

৩০। ইট পোড়ানো হয় কেন?

উত্তর ইট পোড়ালে (ক) ইটের শক্ততা বাড়ে ও শক্তি বৃদ্ধি পায়, (খ) ইটের কাঠিন্য বৃদ্ধি পায় এবং অশোষ্যতা গুণ প্রাপ্ত হয়, (গ) আবহাওয়ার প্রতিকূলতায় টিকে থাকে এবং স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। তাই ইট পোড়ানো হয়।

৩১। ১২০০° ফাঃ এর কম তাপে ইট পোড়ালে কী ক্ষতি হয়?

উত্তর ১২০০° এর কম তাপমাত্রায় ইট পোড়ালে পানির উপস্থিতিতে ইট নমনীয় হতে পারে।

৩২। অত্যধিক তাপে ইট পোড়ালে কী ক্ষতি হয়?

উত্তর অত্যধিক তাপমাত্রায় পোড়ালে ইটের আকার-আকৃতি বিনষ্ট হয় এবং কাঁচজাত সামগ্রীর গুণপ্রাপ্ত হয়।

৩৩। আমাদের দেশে ইট পোড়ানোর প্রচলিত চুল্লিগুলো কী কী?

উত্তর ইট পোড়ানোর প্রচলিত চুল্লিগুলো হল– ১। পাঁজা; ২। সবিরাম চুল্লি; ৩। অবিরাম চুল্লি।

৩৪। পাঁজা কী?

উত্তর পাঁজা একটি প্রাচীনতম ইট পোড়ানোর চুল্লি। গ্রাম্য এলাকায় অল্প সংখ্যক ইট পোড়ানোর জন্য এ চুল্লির ব্যবহার দেখা যায়। এতে পোড়ানো ইট অপেক্ষাকৃত নিম্নমানের হয়ে থাকে।

৩৫। বোকাই ভাটা ও কাপ্তানি ভাটা কী?

উত্তর যে সবিরাম চুল্লিতে জ্বালানি হিসাবে জ্বালানি কাঠ ব্যবহার করা হয়, তাকে 'বোকাই ভাটা' এবং যেটিতে জ্বালানি হিসাবে কয়লা ব্যবহার করা হয়, তাকে 'কাপ্তানি ভাটা' বলা হয়।

৩৬। পাঁজায় কী পদ্ধতিতে ইট সাজানো হয়?

উত্তর পাঁজায় ইট ক্রিস্ অ্যান্ড ক্রস (Criss & Cross) ফাঁকা প্রক্রিয়ায় পরস্পরের সাথে মোটামুটি ৫ সেমি বায়ুপথ রেখে সাজানো হয়।

৩৭। হফম্যান চুল্লির অসুবিধাগুলো কী কী?

উত্তর হফম্যান চুল্লির অসুবিধাগুলো হল–

(ক) প্রাথমিক ব্যয় অধিক, (খ) স্বল্প উৎপাদনের জন্য অযৌক্তিক, (গ) অদক্ষ কারিগর দ্বারা কাজ করানো যায় না।

৩৮। বুলের পরিখা চুল্লির অসুবিধাগুলো কী কী?

উত্তর বুলের পরিখা চুল্লির অসুবিধাগুলো হল–

(ক) দ্রুত ঠান্ডা করলে ইট ভঙ্গুর হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

(খ) ক্ষুদ্র উৎপাদনের জন্য অর্থনৈতিক দৃষ্টিতে অসঙ্গত।

(গ) সুনিপুণ ও দক্ষ কারিগরের দরকার হয়।

(ঘ) সর্বদা সতর্কদৃষ্টি রাখতে হয়।

৩৯। **ব্রিক মোল্ডিং বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ইটের উপযোগী কাদা দিয়ে প্রমাণ মাপের ইটের জন্য নির্দিষ্ট ফর্মায় ইট তৈরির প্রক্রিয়াই 'ব্রিক মোল্ডিং'।

৪০। **বিশেষ ধরনের ইটের সংজ্ঞা লেখ।**

উত্তর বিশেষ ধরনের ইট সাধারণত আয়তাকার ঘনবস্তু কিন্তু নির্মাণে ব্যবহারের সুবিধার জন্য, অবস্থানগত আকৃতির কারণে বা ডিজাইনারের নির্বাচনের কারণে বিশেষ বিশেষ আকার-আকৃতির ইটের প্রয়োজন দেখা দেয়। এগুলোকে উদ্দেশ্যমাফিক ইট (Purpose made brick) বা বিশেষ ধরনের ইট বলা হয়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর :

১। **শতকরা হারসহ ইটের কাদার উপাদানগুলোর তালিকা প্রণয়ন কর।**

উত্তর ইটের কাদায় প্রয়োজনীয় উপাদানগুলো হল–

(ক) সিলিকা (55%) (খ) অ্যালুমিনা (35%)
(গ) আয়রন অক্সাইড (8%) (ঘ) ম্যাগনেশিয়া (5%)
(ঙ) লাইম (1%) ও (চ) জৈব পদার্থ (1%)।

২। **ইটের কাদায় চুনাপাথর খণ্ড থাকলে কী ক্ষতি হয়?**

উত্তর ইটের কাদায় চুন বা চুনাপাথর খণ্ডাকারে থাকলে উচ্চতাপে ক্যালসিনেশন হয়ে ক্যালসিয়াম অক্সাইডে ($CaCO_3 = CaO + CO_2$) রূপান্তরিত হয়। যখন এ ক্যালসিয়াম অক্সাইড পানির সংস্পর্শে আসে, তখন পানিযোজিত হয়ে আয়তনে বৃদ্ধি পায়, ইটে ফাটল সৃষ্টি করে খণ্ড খণ্ড করে ফেলে।

৩। **ইটে শ্যাওলাবরণ পড়ে কেন?**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **ইটের বর্ণ নির্ধারণে আয়রন অক্সাইডের ভূমিকা সংক্ষেপে লেখ।**

উত্তর ইটের কাদায় আয়রন অক্সাইডের পরিমাণ ও পোড়ানোর তাপমাত্রার উপর ইটের বর্ণ নির্ভর করে। আয়রন অক্সাইডের পরিমাণ ৮% হলে ইট গাঢ় লাল বর্ণের হয়ে থাকে। আয়রন অক্সাইডের মাত্রা হ্রাসের উপর নির্ভর করে ইটের বর্ণ গাঢ় লাল হতে হালকা হলুদ বর্ণ হতে পারে। ইটের কাদায় ম্যাঙ্গানিজ থাকলে ইট কালো বর্ণের হয় এবং আয়রনের উপস্থিতিতে ম্যাগনেশিয়া ইটকে হলুদ বর্ণ দান করে।

৫। **উৎকৃষ্ট মানের ইট কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?**
অথবা, ইট তৈরিতে কী কী বিষয় প্রভাববিস্তার করে?

উত্তর (i) ইটে ব্যবহৃত কাদার রাসায়নিক ধর্ম (ii) কাদা প্রস্তুতকরণ (iii) ইট শুকানোর পদ্ধতি (iv) ইট পোড়ানোর সময় তাপমাত্রা ও (v) ইট পোড়ানো কালে চুল্লিতে বায়ুপ্রবেশের পরিমাণের উপর ইটের গুণাবলি নির্ভর করে।

৬। **লোনা দূরীকরণের উপায়সমূহ কী কী?**

উত্তর কাঠামোতে ইট ব্যবহারের ক্ষেত্রে ইট ধুয়ে ব্যবহার করলে, ইটের কাঠামোর পৃষ্ঠ প্লাস্টারিং করে পানি শোষণের হাত হতে রক্ষা করলে এবং ভূনিম্নস্থ পানি শোষণ প্রতিরোধ করলে লোনাক্রান্ত হতে ইটকে রক্ষা করা যেতে পারে। তা ছাড়া হাইড্রোক্লোরিক এসিডের দুর্বল দ্রবণে ধুয়েও লোনাক্রান্ততা দূর করা যেতে পারে।

৭। **ইটের কাদা নির্বাচন প্রক্রিয়া সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮। **টীকা লেখ : (ক) পাগমিল, (খ) যন্ত্রে তৈরি ইট, (গ) ইট তৈরির ফর্মা।**

উত্তর সংকেত ৩.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৯। ইট তৈরিতে বালি বুলান ও পানি চটকানো প্রক্রিয়ার পার্থক্য লেখ।

উত্তর বালি ছিটান প্রক্রিয়ায় তৈরি ইটের ধার ও কোণগুলো ধারাল হয়, কাদা অতিরিক্ত নমনীয় হওয়ার সম্ভাবনা থাকে না এবং ইট পোড়ানোর সময় পৃষ্ঠের বালি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে গাঢ় বর্ণ ও অভেদ্য পৃষ্ঠ সৃষ্টি করে। পক্ষান্তরে, পানি চটকানো প্রক্রিয়ায় তৈরি ইটের ধার ও কোণগুলো ধারাল হয় না, কাদা অতিরিক্ত নমনীয় হওয়ার সম্ভাবনা থাকে এবং বর্ণ গাঢ় হয় না।

১০। ইট শুকানোর প্রাকৃতিক পদ্ধতি সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর মাঠে ইট তৈরির পর মাঠেই এগুলোকে ২ হতে ৩ দিন রাখার ফলে এগুলো রোদের তাপে শুকিয়ে বেশ শক্ত হয়। তারপর মাঠের (ইটখোলায়) কিনারা ঘেঁষে প্রতি ইটের মাঝে ২ সেমি হতে ৪ সেমি ফাঁক রেখে কাত করে সাজিয়ে ৫ হতে ৭ দিন রাখা হয়। সূর্যের তাপের প্রখরতার উপর ইট শুকানোর সময়ের পরিমাণ নির্ভর করে। ভালভাবে শুকানোর পর ইট পোড়ানোর জন্য চুল্লিতে দেয়া হয়।

১১। ইট শুকানোর কৃত্রিম পদ্ধতি সংক্ষিপ্তে লেখ।

উত্তর আবহাওয়ার প্রতিকূলতা দেখা দিলে বা তাড়াতাড়ি ইটের চাহিদা পূরণের দরকার হলে ইট শুকানোর প্রকোষ্ঠ (Chamber) বা টানেলে (tunnel) তপ্ত বাতাস বা গ্যাস প্রবাহিত করে ইট কৃত্রিম উপায়ে শুকানো হয়। এ সময় সতর্কতার সাথে তপ্ত বাতাস বা গ্যাস প্রবাহিত করতে হয় যেন ইট অতিদ্রুত শুকানোর ফলে এতে ফাটল সৃষ্টি না হয়। কৃত্রিম উপায়ে ইট শুকানো কালে তাপমাত্রা সাধারণত 120° সে. এর মধ্যে রাখা হয় এবং ইট 2 হতে ৩ দিনের মধ্যে শুকিয়ে যায়।

১২। পাঁজায় ইট পোড়ানোর সুবিধাগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। পাঁজায় ইট পোড়ানোর অসুবিধাগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। হফম্যান চুল্লির সুবিধাগুলো সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। বুলের পরিখা চুল্লির সুবিধাগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। নমনীয় পদ্ধতিতে যন্ত্রে ইট তৈরির প্রক্রিয়া সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর নমনীয় পদ্ধতিতে ইট তৈরির জন্য পাগমিল ও অগার সমন্বয়ে গঠিত যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। এর খাড়া সিলিন্ডার পাগমিল হিসেবে পরিচিত। ইটের জন্য নির্বাচিত মাটি দিয়ে (প্রয়োজনানুপাতে উপাদানসমূহ মিশিয়ে) পাগমিল ভর্তি করা হয়, এর ভিতরে ঘূর্ণায়মান প্রেস এর সাহায্যে মন্থনকৃত কাদা সবেগে নিচে চলে আসে এবং স্পাইরাল স্ক্রুর দ্বারা পেষাই হতে থাকে। অনুভূমিক অক্ষদণ্ড অগারের সাথে স্পাইরাল স্ক্রুগুলো আটকানো থাকে। অগারের এক প্রান্তে যন্ত্র চালানোর চালিকাশক্তি প্রয়োগ করা হয়। এর ফলে মন্থনকৃত কাদা অগারের অপর প্রান্তে স্থাপিত নির্গমন ছাঁচের ভিতর দিয়ে বের হয়ে আসে। ছাঁচটির আকার ইটের উচ্চতা ও প্রস্থের সমান করে তৈরি, ছাঁচের ভিতর দিয়ে নির্গত কাদা পরিবাহক গ্রহণ করে এবং কর্তন যন্ত্র বা তারযুক্ত ফ্রেমের সাহায্যে ইটের মাপমতো কাটা হয় এবং শুকানোর পর চুল্লিতে পোড়ানো হয়।

১৭। শুষ্ক পদ্ধতিতে যন্ত্রে ইট তৈরির প্রক্রিয়া সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ইটের মাটির ওয়েদারিং, ব্লেন্ডিং, টেম্পারিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। **পাগমিলে কীভাবে ইটের মাটি টেম্পারিং করা হয়?**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২০। **ইটের মাটি নির্বাচনে উপাদানের সঙ্গতি পরীক্ষাটি লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২১। **ইটের মাটি নির্বাচনে মোল্ডিং ধর্ম পরীক্ষাটি লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২২। **ইটের মাটি নির্বাচনে বিকৃতি ও সংকোচন পরীক্ষার সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। **ইটের কাদায় ক্ষতিকর উপাদানগুলো আলোচনা কর।**

উত্তর সাধারণত ইটের কাদায় নিম্নে বর্ণিত অনিষ্টকর উপাদানসমূহ থাকতে পারে ঃ

১। **ক্ষার ঃ** সাধারণত ইটের কাদায় বিভিন্ন ধাতুর সালফেট ও ক্লোরাইড থাকে। এগুলোর মধ্যে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের সালফেট এবং ক্লোরাইডই প্রধান। ইটের কাদায় এগুলো থাকলে ইট শুকানোর সময় ইটের পৃষ্ঠে এক প্রকার সবুজাভ বর্ণের সৃষ্টি করে পোড়ানোর সময় মোচড় ও বক্রতা সৃষ্টি করে এবং ইটের আকার-আকৃতি বিনষ্ট করে। ইটের ক্ষারকীয় পানিগ্রাসী পদার্থ বায়ুমণ্ডল হতে পানি শোষণ করে ইটের গায়ে শ্যাওলাবরণের সৃষ্টি করে। তা ছাড়া ইটের ক্ষারকীয় লবণ বায়ুমণ্ডল হতে পানি গ্রহণ করে ফলে দেওয়াল ভিজে যায়। এ দেওয়াল শুকানোর পর লবণের সাদাস্তর দেখা দেয়, ফলে ইফ্লোরেসেন্স (Effloresence) সৃষ্টি হয়।

২। **পাথর খণ্ড ঃ** ইটের কাদায় পাথর খণ্ড থাকলে কাদা উত্তমরূপে এবং সাম্যভাবে মিশ্রণ করা যায় না। ফলে ইট তৈরির ক্ষেত্রে অসুবিধা হয় এবং ইটের গঠন সাম্যতা থাকে না। তাই পাথর খণ্ড ইটের জন্য অনিষ্টকর এবং এগুলো ইটকে দুর্বল করে।

৩। **চুনাপাথর বা লাইম স্টোন ঃ** ইটের কাদায় চুন বা চুনাপাথর খণ্ডাকারে থাকলে উচ্চতাপে ক্যালসিনেশন হয়ে ক্যালসিয়াম অক্সাইডে ($CaCO_3 = CaO + CO_2$) রূপান্তরিত হয়। যখন এ ক্যালসিয়াম অক্সাইড পানির সংস্পর্শে আসে, তখন পানি-যোজিত হয়ে আয়তনে বৃদ্ধি পায়, ইটে ফাটল সৃষ্টি করে খণ্ড খণ্ড করে ফেলে।

৪। **আয়রন পাইরাটিস ঃ** ইটের কাদায় আয়রন পাইরাটিস থাকলে পোড়ানোর সময় এগুলোর অক্সাইডসমূহ ইটকে স্ফটিকাকারের খণ্ডে খণ্ডে বিভক্ত করে ইটকে ধ্বংস করে দেয়।

৫। **উদ্ভিদজাতীয় ও অন্যান্য জৈব পদার্থ ঃ** সাধারণত ইটের কাদায় ঘাস, পাতা, কাঠখণ্ড, প্রাণীর হাড় ইত্যাদি থাকতে পারে। পোড়ানোর সময় এগুলো ছাই বা কাঠ কয়লায় (কার্বন) রূপান্তরিত হয় এবং ইটের ওজন কমিয়ে দেয়, ইটে ঝাঁঝরার সৃষ্টি করে এবং ইটের চাপশক্তি নেয়ার ক্ষমতা কমে যায়।

৬। **লবণ ঃ** ইটের কাদায় সোডিয়ামের লবণসমূহ, সালফেট অব্ সোডা, পটাশিয়াম সালফেট, ক্যালসিয়াম সালফেট ইত্যাদি থাকলে ইটের গায়ে লোনা ধরে এবং ক্রমান্বয়ে ইট ক্ষয়প্রাপ্ত হতে থাকে।

২৪। **প্রথম শ্রেণির ইটের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর উত্তম বা প্রথম শ্রেণির ইটের বৈশিষ্ট্যসমূহ নিম্নরূপ ঃ

১। উৎকৃষ্ট ইট বা প্রথম শ্রেণির ইট আকারে সুষম। এর তলগুলো সমান, কিনার ও কোণগুলো তীক্ষ্ণ এবং পার্শ্বগুলো সমান্তরাল।

২। এগুলোর বাংলাদেশি মানসম্মত পরিমাপ 240 মিমি × 112 মিমি × 70 মিমি $\left(9\frac{1}{2}'' \times 4\frac{1}{2}'' \times 2\frac{3}{4}''\right)$ অপেক্ষা 3.175 মিমি $\left(\frac{1}{8}''\right)$ কম বা বেশি হতে পারে।

৩। সাম্য বর্ণ এ ধরনের ইটের অন্যতম বৈশিষ্ট্য কারণ বর্ণের সাম্যতা ইটের পোড়ানো ও রাসায়নিক গঠনের সমরূপতা পরিমাপক। উৎকৃষ্ট ইট সাধারণত গাঢ় লাল বা তাম্র বর্ণের হয়ে থাকে।

৪। উৎকৃষ্ট ইটের কাঠিন্য এমন যে, এতে নখ বা ছুরি দিয়ে আঁচড় কাটা যায় না এবং হাতুড়ি দ্বারা আঘাত করলে ঝন ঝ শব্দ হয়।

৫। ইংরেজি টি (T) অক্ষরের ন্যায় স্থাপন করে 1.5 হতে 1.7 মিটার উঁচু হতে স্বাভাবিক শক্ত মাটির উপর স্বাভাবিক অবস্থা ছেড়ে দিলে এ ধরনের ইট ভাঙ্গে না।

৬। এ ধরনের ইট সুবদ্ধ এবং মিহি ও সমবুনটযুক্ত। এ ইট ভাঙলে ভগ্নতলে কোনরূপ চিড়, চুনের কণা বা বুদবুদ দৃ হয় না।

৭। ইট প্রধানত চাপ পীড়ন বহন করে এবং উৎকৃষ্ট ইটের বিচূর্ণন শক্তি ৪০০–৭০০ টন/বর্গমিটার।

৮। এ ধরনের ইটের প্রতিটির ওজন প্রায় 3.125 কেজি (প্রচলিত বাংলাদেশি মানসম্মত ইট) এবং প্রতি ঘনমিটার এর ওজ 1892 কেজি এর কম নয়।

৯। উৎকৃষ্ট ইটের পানি বিশোষণ এর শুষ্ক অবস্থায় ওজনের 1/5 অংশ হতে 1/7 অংশ (15% হতে 20%) এর অধি নয়।

১০। উৎকৃষ্ট ইটে দ্রাব্য লবণের (পটাশিয়াম, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম এর সালফেট) পরিমাণ $2\frac{1}{2}$% এ অধিক নয়। কারণ অধিক পরিমাণ দ্রাব্য লবণ গাঁথুনি পৃষ্ঠে উদ্‌ত্যাগের সৃষ্টি করে, যা গাঁথুনিকে স্থায়ীভাবে আর্দ্র ও সেঁতসেঁতে করে।

১১। ইটের তৈরি ইমারত গ্রীষ্মে শীতল এবং শীতে উষ্ণ হওয়া প্রয়োজন বিধায় উৎকৃষ্ট ইটের তাপ পরিবাহিতা ন্যূনতম।

১২। উৎকৃষ্ট ইট দাহ্য নয় ও দহনে সহায়তা করে না। অধিক সিলিকাযুক্ত ইট তুলনামূলকভাবে অগ্নিরোধী। উৎকৃষ্ট ইটে তৈরি ইমারত সন্তোষজনকভাবে অগ্নিরোধী।

১৩। উৎকৃষ্ট ইট পানিতে ভিজালে আয়তনে পরিবর্তন হয় না।

২৫। হলো ব্লক ও সিরামিক ইটের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৯ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি :

১। ইটের কাদার উপাদানগুলোর কার্যাবলি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। ইটের কাদার অনিষ্টকর উপাদানগুলোর বর্ণনা দাও।
অথবা, ইটের কাদায় ক্ষতিকর উপাদানগুলোর ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। উত্তম ইট তৈরিতে প্রভাববিস্তারকারী বিষয়গুলো আলোচনা কর বা উৎকৃষ্ট ইটের মান কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ইটের মাটি নির্বাচনে ফিল্ড টেস্টগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫। চিত্রসহ পাগমিলের কার্যপ্রক্রিয়া আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। ইট তৈরির বিভিন্ন প্রক্রিয়া আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। চিত্রসহ পাঁজার নির্মাণ ও ইট পোড়ানো পদ্ধতি আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। হফম্যান চুল্লির চিত্রসহ বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৯। চিত্রসহ হফম্যান চুল্লির সাহায্যে ইট পোড়ানো পদ্ধতির বর্ণনা দাও।
অথবা, চিত্রসহ হফম্যান চুল্লির কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১০। চিত্রসহ বুলের পরিখা চুল্লির বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১১। বুলের পরিখা চুল্লিতে ইট পোড়ানো পদ্ধতি আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১২। উৎকৃষ্টমানের ইট কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। হফম্যান চুল্লির কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।
অথবা, চিত্রসহ অবিরাম পদ্ধতিতে ইট পোড়ানোর একটি কৌশল বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। পাগমিলের সাহায্যে মাটি টেম্পারিং করার প্রক্রিয়া চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। বাংলাদেশে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত ইট পোড়ানোর চুল্লির সুবিধা ও অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। একটি পাগমিলের চিত্র অঙ্কন করে বিভিন্ন অংশ দেখাও এবং কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। উত্তম ইটের মাঠ পরীক্ষা বর্ণনা দাও।
অথবা, ইট ক্রয়ের সময় কীভাবে প্রথম শ্রেণির ইটকে চিহ্নিত করবে উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। বুলের পরিখা চুল্লি ও হফম্যান চুল্লির চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। উৎকৃষ্ট ইটের বৈশিষ্ট্যগুলো আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৫.১ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ইটে লবণের উপস্থিতির মাত্রা বা লোনাক্রান্ততার মাত্রা নির্ণয়ের পরীক্ষাটি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.৭ নং দ্রষ্টব্য।

২১। সিরামিক ইট ও হলো ব্লকের সুবিধা-অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৩.১০ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৪

বালি
(Sand)

৪.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

বালি একটি গুরুত্বপূর্ণ নির্মাণসামগ্রী। এগুলো মূলত শিলা কণাবিশেষ। কোয়ার্টজ এর ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণাই বালি হিসেবে পরিচিত। আবহাওয়ার ক্রিয়ায় বালির আকার-আকৃতিতে বৈষম্য পরিলক্ষিত হয়। বিভিন্ন গ্রেড (Grade) ও সাইজের বালি পাওয়া যায়। বালি কোয়ার্টজজাত, চুনাপাথরজাত ও কাদাজাত পাথর হতে পাওয়া যেতে পারে। বালির কণাগুলো কোনাদার (angular), গোলাকৃতিবিশিষ্ট (Rounded) বা সূক্ষ্মাগ্রবিশিষ্ট (Sharp) হতে পারে। ASTM অনুযায়ী 4.75 মিলিমিটার হতে 0.075 মিলিমিটার আকারে খনিজ অ্যাগ্রিগেটই বালি।

৪.১ উৎস অনুসারে বালির শ্রেণিবিভাগ (Classification of sand according to sources) ঃ

বালির শ্রেণিবিভাগ প্রধানত উৎস অনুসারে এবং আকার অনুসারে করা হয়ে থাকে।

উৎস অনুসারে বালির শ্রেণিবিভাগ ঃ

আমরা প্রধানত তিনটি উৎস হতে বালি পেয়ে থাকি। সে মতে উৎস অনুসারে বালিকে তিন শ্রেণিতে ভাগ করা হয়, যথা–

১। গর্তের বালি (Pit sand)

২। নদীর বালি (River sand)

৩। সমুদ্রের বালি (Sea sand)।

১। গর্তের বালি (Pit sand) ঃ এ জাতীয় বালির বর্ণ বাদমি বা হলুদাভ। এগুলো সূক্ষ্মাগ্র, কোনাদারবিশিষ্ট এবং লবণমুক্ত। এগুলোতে সামান্য কাদা ও অন্যান্য অপদ্রব্য থাকতে পারে। এ কারণে এ জাতীয় বালি ব্যবহারের পূর্বে চালুনিতে চেলে এবং ধৌত করে ব্যবহার করতে হয়। এ বালি ফাইন অ্যাগ্রিগেট হিসেবে মসলা ও কংক্রিটে ব্যবহার করা যায়। এ বালি মসলার জন্য বিশেষ উপযোগী।

২। নদীর বালি (River sand) ঃ নদীর বালির বর্ণ অনেকটা সাদা এবং আকার অপেক্ষাকৃত ছোট এবং গোলাকৃতিবিশিষ্ট। এদের পৃষ্ঠ মসৃণ। এগুলোর সাথে সামান্য পরিমাণ কাদাজাত অপদ্রব্য ও গ্র্যাভেল মিশ্রিত অবস্থায় পাওয়া যায়। তাই এগুলো উত্তমরূপে ধৌত করে এবং চালুনিতে চেলে নির্মাণকাজে ব্যবহার করা শ্রেয়। গর্তের বালি অপেক্ষা নদীর বালি সূক্ষ্ম বিধায় আস্তরের কাজের জন্য এগুলো বিশেষ উপযোগী। তবে অপেক্ষাকৃত বড় আকারের নদীর বালি মসলা ও কংক্রিটের কাজেও ব্যবহার করা হয়।

৩। সমুদ্রের বালি (Sea sand) ঃ সমুদ্রের বালি সাদা বর্ণের এবং বেশ মসৃণ এবং গোলাকৃতির। এগুলোতে জীবাশ্ম ও লবণ মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। এগুলো নির্মাণে ব্যবহার করলে বায়ুমণ্ডল হতে পানি শোষণ করে নেয় এবং নির্মাণ লোনাক্রান্ত হয়। এ বালি নির্মাণে ব্যবহার না করাই শ্রেয়।

এ ছাড়া বালিকণার আকার অনুযায়ী বালির শ্রেণিবিভাগ করা হয়ে থাকে।

বালিকণার আকার অনুযায়ী বালিকে তিন শ্রেণিতে ভাগ করা যায়, যথা–

১। মিহি বালি (Fine sand)

২। মধ্যম বালি (Medium sand)

৩। স্থূল বা মোটা বালি (Coarse sand)।

১। মিহি বালি (Fine sand) ঃ এ জাতীয় বালি 16নং (এ.এস.টি.এম) চালুনিতে চাললে কোন অবশেষ থাকে না। এ জাতীয় বালি সাধারণত আস্তরের কাজে ব্যবহার করা হয়।

২। মধ্যম মানের স্থূল বালি (Moderately coarse sand) ঃ এ জাতীয় বালি 8নং (এ.এস.টি.এম) চালুনিতে চাললে কোন অবশেষ থাকে না। এ জাতীয় বালি গাঁথুনির কাজের মসলা তৈরি করার জন্য উপযোগী।

৩। স্থূল বা মোটা বালি (Coarse sand) ঃ এ জাতীয় বালি 4নং (এ.এস.টি.এম) চালুনিতে চাললে চালনিতে কোন অবশেষ থাকে না। এ জাতীয় বালি কংক্রিটের ফাইন অ্যাগ্রিগেট হিসেবে বেশ উপযোগী।

[* এ.এস.টি.এম চালুনির আকার– 16নং (1/16 ইঞ্চি), 8নং (1/8 ইঞ্চি) ও 4নং (3/16 ইঞ্চি)]

৪.১.২ ভাল বালির ধর্ম (Properties of good sand) ঃ

ভাল বালি সূক্ষ্মাগ্রবিশিষ্ট কোনাদার এবং বিশুদ্ধ সিলিকায় গঠিত। এগুলো কাদা, পলি, জীবাশ্ম, শেল, লবণ ইত্যাদি অপদ্রব্যমুক্ত। এগুলো শক্তিধর, টেকসই স্থায়িত্বশীল এবং আকারগত পর্যায় ক্রমিকভাবে সুবিন্যস্ত (Well graded)। সচরাচর ব্যবহার ক্ষেত্রে এগুলোতে 3% হতে 4% কাদা ও পলি থাকতে পারে। তবে নির্মাণে ব্যবহারের পূর্বে এগুলো ধৌত করে নেয়া বিধেয়।

৪.১.৩ বালি পরীক্ষা (Test of sand) ঃ

পলি ও কাদার উপস্থিতি নির্ণয় ঃ নমুনা বালি শুষ্ক অবস্থায় ওজন নিয়ে পরিষ্কার পানিতে ধৌত করে পুনরায় শুষ্ক করে ওজন নিলে বালিতে পলি ও কাদার পরিমাণ জানা যাবে।

জৈব পদার্থের উপস্থিতি নির্ণয় ঃ একটি কাচের বোতলে নমুনা বালির সাথে 3% সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ মিশিয়ে বোতলটির মুখ বন্ধ অবস্থায় উত্তমরূপে ঝাঁকানোর পর 24 ঘন্টা রেখে দিলে যদি বাদামি বর্ণ ধারণ করে তবে বালিতে জৈব পদার্থের উপস্থিতি বুঝা যাবে। বর্ণের গাঢ়ত্ব বিচার করে জৈব পদার্থের মাত্রা নির্ধারণ করা যায়।

লবণের উপস্থিতি নির্ণয় ঃ নমুনা বালি একটি পরিষ্কার কাচের গ্লাসে নিয়ে এতে পর্যাপ্ত পানি সংযোগ করে কয়েক মিনিট চামচ দিয়ে নাড়াচাড়া করে কিছু সময় স্থির অবস্থায় রেখে দেয়ার পর পরিষ্কার পানি জিহ্বার স্পর্শে আনলে যদি লবণ অনুভূত হয়, তবে বালিতে লবণের উপস্থিতি বুঝা যাবে।

৪.২ ভাল বালির বিনির্দেশাবলি (Specifications of good sand) ঃ

কোন প্রকৌশল কাজের জন্য কাজের ধরন, মান, পরিবেশ ইত্যাদি বিবেচনায় এনে ঐ কাজের জন্য সামগ্রী সংগ্রহের ক্ষেত্রে সামগ্রীর সহজলভ্যতা, মূল্য, গুণাগুণ, উৎস, আকার-আকৃতি, বিন্যাস ইত্যাদি বিষয়ের উদ্ধৃতি দরকার হয়। কোন সুনির্দিষ্ট সামগ্রী প্রাপ্তি বা সংগ্রহের লক্ষ্যে ঐ সামগ্রী সংক্রান্ত সুনির্দিষ্ট তথ্যাদি উল্লেখ করার দরকার হয়। কোন সামগ্রীর এ সুনির্দিষ্ট তথ্যাদিকেই ঐ সামগ্রীর বিনির্দেশাবলি (Specifications) বলা হয়। নিম্নে ভাল বালির বিনির্দেশাবলি উল্লেখ করা হল ঃ

(ক) উৎস ঃ ভাল বালি প্রাপ্তির জন্য উৎস একটি অন্যতম শর্ত। এক্ষেত্রে সুনির্দিষ্ট কাজে ব্যবহারযোগ্যতা ও কার্যোপযোগিতার জন্য কোন উৎসের বালি আবশ্যক তা বিনির্দেশাবলিতে উল্লেখ করতে হবে।

(খ) আকৃতি ঃ কী ধরনের আকৃতির (কোনাদার, সূক্ষ্মাগ্র, গোলাকৃতি) বালি কাজের জন্য উপযোগী হবে, তা বিনির্দেশে থাকতে হবে।

(গ) অপদ্রব্যের উপস্থিতি ঃ বালিতে অপদ্রব্য পলি, কাদা, জৈব পদার্থ, পানি, লবণ ইত্যাদি থাকতে পারবে কি না। যদি থাকে তবে এর সর্বোচ্চ পরিমাণ বিনির্দেশে উল্লেখ করতে হবে। তবে ভাল বালির বিনির্দেশে 'অপদ্রব্য উপস্থিতি গ্রহণীয় নয়' উল্লেখ করতে হবে।

(ঘ) সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক ও গ্রেডিং ঃ যেহেতু বালি আস্তরের কাজে, ভরাটের কাজে, কংক্রিটের কাজে ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়, তাই কাজের চাহিদা উপযোগী সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক বিনির্দেশে উল্লেখ করতে হয় এবং বালিকণার আকার বিতরণ (grading) এর বিষয়ও উল্লেখ করা উচিত।

৪.৩ বালির আকার বিন্যাসক্রম বা গ্রেডিং এর উদ্দেশ্য (Purposes of grading of sand) ঃ

কোন অ্যাগ্রিগেট এর বিভিন্ন আকারের কণা বিতরণকে ঐ অ্যাগ্রিগেটের গ্রেডিং বলা হয়। বালি একটি উত্তম সূক্ষ্মপূরক (fine aggregate)। এর গ্রেডিং বা আকার বিন্যাসক্রম মসলা ও কংক্রিট তথা নির্মাণের ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। কণার আকার বিতরণ অর্থাৎ গ্রেডিং এর দিক হতে বালি তিন ধরনের, যথা–

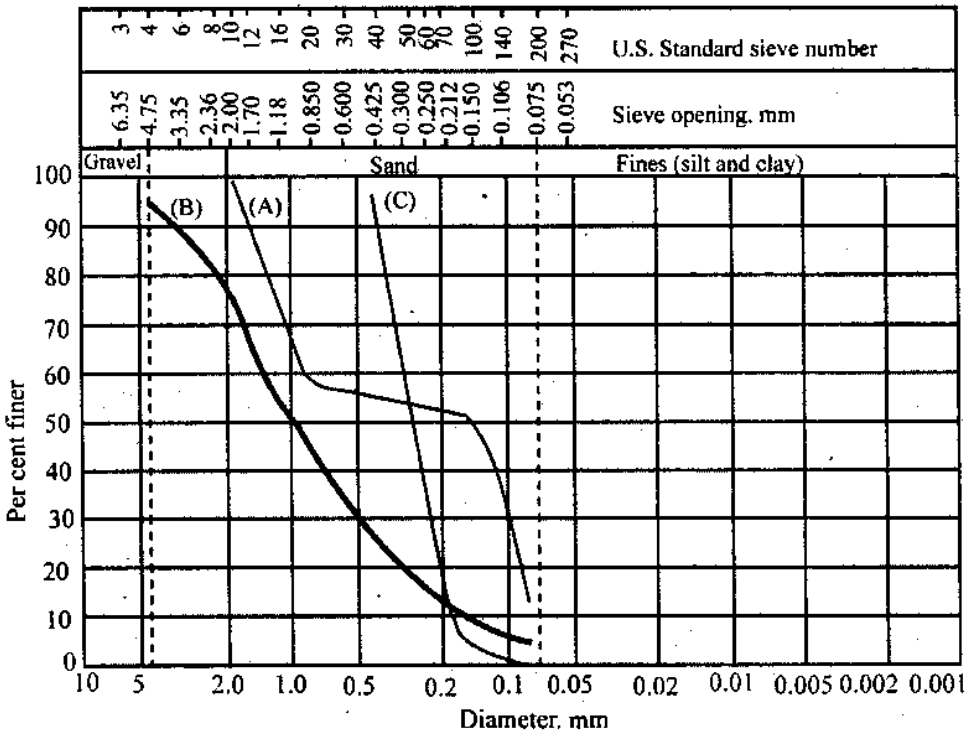
(i) সুবিন্যস্ত বালি (Well graded sand) ঃ বিভিন্ন আকারের কণা সন্তোষজনক আনুপাতিক হারে বিদ্যমান।

(ii) ফাঁক বিন্যাসের বালি (Gap graded sand) ঃ মোটা ও চিকন কণা বিদ্যমান, মধ্যবর্তী আকারের কণা কিঞ্চিৎ পরিমাণে আছে। এবং

(iii) সমকণার বিন্যাসের বালি (Uniform grade sand) ঃ এতে একই আকারের বা প্রায় একই আকারের বালিকণা বিদ্যমান।

গ্রেডিং বা কণার আকার বিন্যাসক্রমের মূলনীতি হল, স্থূল কণার মধ্যস্থ ফাঁকগুলো পর্যায়ক্রমে সূক্ষ্মতর কণায় পূর্ণ হবে অর্থাৎ যদি অ্যাগ্রিগেট এর কণাগুলো সম-আকারের হয়, তবে এগুলোর মধ্যস্থ ফাঁক অধিক হবে এবং বিভিন্ন আকারের অ্যাগ্রিগেটে ফাঁক কম হবে। তাই নির্মাণকাজে একই আকারের কণার বিন্যাসক্রমের বা গ্রেডিং এর বালি ব্যবহার না করে বিভিন্ন আকারের কণার বিন্যাসক্রমের বালি ব্যবহার করাই উত্তম। এতে স্থূল কণাগুলোর মধ্যস্থ ফাঁকগুলো অপেক্ষাকৃত সূক্ষ্ম কণায় এবং এগুলোর মধ্যস্থ ফাঁক অধিকতর সূক্ষ্ম কণায় পূর্ণ হবে। তাই অধিকতর ঘনত্বের মসলা বা কংক্রিট তৈরিতে সমান আকারের (uniform graded) বা শুধুমাত্র স্থূল আকার ও সূক্ষ্ম আকারের (gap graded) বালি ব্যবহার না করে সুবিন্যস্ত আকার ক্রমের (well graded) বালি ব্যবহার করা হয়। এতে যেমন কংক্রিট বা মসলার ঘনত্ব অধিক হয়, তেমনি সিমেন্টও কম লাগে এবং নির্মাণও শক্তিশালী হয়। এ উদ্দেশ্যেই বালির আকারের বিন্যাসক্রম বা গ্রেডিং করা হয়ে থাকে।

বালির আকার বিন্যাসক্রম বা গ্রেডিং সাধারণত চালুনি বিশ্লেষণের মাধ্যমে কণার আকার বিতরণ কার্ভে প্রকাশ করা হয়। বালির গ্রেডিং বা কণার আকার বিতরণ বিশ্লেষণে ASTM পদ্ধতিতে সর্বনিম্নে প্যান রেখে পর্যায়ক্রমে নিচ হতে উপরের দিকে আমেরিকান প্রমাণ চালুনি নং 200(0.075 mm), 140(0.106mm), 100(0.150mm), 70(0.210 mm), 60(0.250 mm), 50(0.300 mm), 40(0.425mm), 30(0.600mm), 20(0.850mm), 16(1.18mm), 12(1.70mm), 10(2.00mm), 8(2.36mm), 6(3.35mm), 4(4.75mm) রেখে সর্ব উপরের চালনিতে ঈপ্সিত নমুনার নির্দিষ্ট ওজনের বালি ঢেলে উপরে ঢাকনা দিয়ে সতর্কতার সাথে আটকিয়ে যান্ত্রিক শেকার বা হস্তচালিত শেকারে (Shaker) ভালভাবে ঢেলে প্রত্যেকটি চালুনিতে অবশেষের ওজন পৃথক পৃথকভাবে নিয়ে প্রত্যেকটি চালুনির জন্য শতকরা পুঞ্জীভূত অবশেষ (% Coarser) বা শতকরা পুঞ্জীভূত অতিক্রান্ত (% finer) নির্ণয় করে গ্রাফ কাগজে চালুনি নম্বর বা চালুনির ছিদ্রের আকারের বিপরীতে শতকরা হার চিহ্নিত করে চিহ্নিত বিন্দুগুলো ধারাবাহিকভাবে সংযোগ করলে ঈপ্সিত নমুনার গ্রেডিং বা কণার আকার বিতরণ কার্ভ পাওয়া যায়। (বালির গ্রেডিং বা কণার আকার বিতরণ বিশ্লেষণে উপরোক্ত সকল চালুনির প্রাপ্তিতে বিঘ্নতা ঘটলে অধারাবাহিক 2/4টি চালুনি ব্যবহার না করলেও কার্ভ অংকনে ও ফলাফলে বৃহত্তর কোন প্রভাব ফেলে না।) নিম্নের তিনটি নমুনা বালির গ্রেডিং বা কণার আকার বিতরণ কার্ভ দেখানো হল। এর 'A' কার্ভটি গ্যাপ গ্রেডেড স্যান্ড, 'B' কার্ভটি ওয়েল গ্রেডেড স্যান্ড এবং 'C' কার্ভটি ইউনিফরম গ্রেডেড স্যান্ড।



চিত্র : ৪.১

৪.৩.১ বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক ঃ

সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক বা ফাইননেস মডুলাস (Fineness modules = F.M) বালির মোটামুটি গড় আকার সম্পর্কে ধারণা প্রদান করে। বালি যত মিহি (Fine) হয়, তার সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক তত কম হয় এবং যত স্থূল হয় সূক্ষতা গুণাঙ্ক (F.M) তত বেশি হয়।

সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক একটি ইমপেরিক্যাল (emperical) সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা হয়। আমেরিকান প্রমাণ চালুনি 4নং, 8নং, 16 নং, 30নং, 50নং ও 100 নং এ অবশেষের পুঞ্জীভূত (Cumulative) শতকরা হারের সমষ্টিকে 100 দিয়ে ভাগ করলে যে সংখ্যা পাওয়া যায়, তাকে বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক বা সূক্ষ্মতাঙ্ক বা ফাইননেস মডুলাস বলা হয়। বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (FM) বালির গ্রেডিং এর নির্দেশক নয় বরং একই সূক্ষ্মতা গুণাঙ্কের বালির গ্রেডিং অসংখ্য ধরনের হতে পারে। সাধারণভাবে দেখা যায়, মিহি বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক 1.5 পর্যন্ত, মধ্যম মানের স্থূল বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক 1.5 হতে 2.00 এবং মোটা বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক 2.00 এর অধিক হয়ে থাকে। নির্মাণের স্থূল কাজে ব্যবহৃত বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক 2 হতে 3 হওয়া উচিত।

বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (F.M) নির্ণয় পদ্ধতি ঃ নিচে প্যান দিয়ে প্যানের উপর ধারাবাহিকভাবে নিচ হতে উপরের দিকে যথাক্রমে আমেরিকান প্রমাণ চালুনি 100 নং (0.150mm), 50 নং (0.300 mm), 30 নং (0.600 mm), 16 নং (1.18mm), 8 নং (2.36 mm) ও 4নং (4.750 mm) রেখে সর্ব উপরের অর্থাৎ 4 নং চালুনিতে ঈপ্সিত বালির নির্দিষ্ট পরিমাণ (ওজনে) নমুনা বালি দিয়ে উপরের ঢাকনা দিয়ে সতর্কতার সাথে প্যান, চালুনিগুলো সর্ব উপরের ঢাকনাসহ একত্রে আটকিয়ে যান্ত্রিক শেকার বা হস্তচালিত শেকারে ভালভাবে ঝেড়ে (সচরাচর 5 হতে 7 মিনিট অর্থাৎ কোন চালুনিতে তার চেয়ে সূক্ষ্মতর কণা না থাকা পর্যন্ত) প্রত্যেক চালুনিতে অবশেষের (retained) পৃথক পৃথক ওজন নিয়ে উপরোক্ত সকল চালুনিতে শতকরা পুঞ্জীভূত অবশেষের পরিমাণ নির্ণয় করে এগুলোর সমষ্টিকে 100 দিয়ে ভাগ করে নমুনা বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (F.M) নির্ণয় করা হয়।

উদাহরণ-১। গোমতী নদীর বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর। নমুনা বালির ওজন 100 গ্রাম। প্রমাণ চালুনিগুলোতে চালার পর নিম্নের তালিকায় প্রদত্ত তথ্যাদি পাওয়া গেল ঃ

চালুনি	অবশেষ (গ্রামে)	পুঞ্জীভূত অবশেষ (গ্রামে)	পুঞ্জীভূত অবশেষের % হার
3″	0.00	0.00	0.00
$1\frac{1}{2}$″	0.00	0.00	0.00
$\frac{3}{4}$″	0.00	0.00	0.00
$\frac{3}{8}$″	0.00	0.00	0.00
4 নং	0.00	0.00	0.00
8 নং	0.00	0.00	0.00
16 নং	12.00	12.00	12.00
30 নং	18.00	12.00 + .18.00 = 30.00	30.00
50 নং	60.00	30.00 + 60.00 = 90.00	90.00
100 নং	10.00	90.00 + 10.00 = 100.00	100.00
			মোট = 232.00

∴ গোমতী নদীর বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক, $F = \frac{232.00}{100} = 2.32$

● দুই বা ততোধিক নমুনা বালির সংযুক্ত বা মিশ্রিত সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক নির্ণয়ের জন্য নিম্নের সূত্রটি ব্যবহার করা হয়।

$$F_C \text{ অর্থাৎ } F \text{ মিশ্রিত} = \frac{m_1F_1 + m_2F_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + m_nF_n}{m_1 + m_2 + \ldots\ldots\ldots + m_n} \quad \ldots\ldots (৪.১)$$

এখানে $F_1, F_2, \ldots\ldots F_n$ যথাক্রমে 1, 2,..... n নমুনা বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক

$m_1, m_2, \text{----} m_n$ যথাক্রমে 1, 2, -----n নমুনা বালির ওজন

F_c = মিশ্রিত নমুনার সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক

যদি সকল নমুনাই সমওজনে নেয়া হয়, তবে–

$$F_{\text{মিশ্রিত}} = \frac{F_1 + F_2 + \ldots\ldots + F_n}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৪.২)$$

● দুটি নমুনা বালির ওজন ও সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক যথাক্রমে m_1, F_1 ও m_2, F_2 এবং মিশ্রিত সূক্ষতা গুণাঙ্ক F_c হলে দেখাও যে,

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{F_2 - F_c}{F_c - F_1}$$

সমাধান নমুনা দুটির মিশ্রিত সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক, $F_c = \frac{m_1F_1 + m_2F_2}{m_1 + m_2}$

বা, $F_c(m_1 + m_2) = m_1F_1 + m_2F_2$

বা, $F_cm_1 + F_cm_2 = m_1F_1 + m_2F_2$

বা, $F_cm_1 - m_1F_1 = m_2F_2 - F_cm_2$

বা, $m_1(F_c - F_1) = m_2(F_2 - F_c)$

$\therefore \frac{m_1}{m_2} = \frac{F_2 - F_c}{F_c - F_1}$ **(প্রমাণিত)** ..... (৪.৩)

যদি $\frac{m_1}{m_2} = R$ ধরা হয়, তবে–

$R = m_1 : m_2 = (F_2 - F_c) : (F_c - F_1)$ ..... (৪.৩ক)

নিম্নের উদাহরণের সাহায্যে মিশ্রিত বালির সূক্ষ্মতাঙ্ক নির্ণয়ের পদ্ধতি দেয়া হল ঃ

উদাহরণ-২। কর্ণফুলী ও হালদা নদীর দুটি নমুনা বালি হতে প্রত্যেকটির 1000 গ্রাম বালি প্রমাণ চালুনিগুলোতে চালার পর নিম্নের তথ্যসমূহ পাওয়া গেল। মিশ্রিত বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক কত হবে?

	কর্ণফুলী		হালদা নদী	
চালুনি	অবশেষ (গ্রাম)	চালুনিতে পুঞ্জীভূত অবশেষ (গ্রামে)	অবশেষ (গ্রাম)	চালুনিতে পুঞ্জীভূত অবশেষ (গ্রামে)
3″	0.00	–	0.00	–
$1\frac{1}{2}$″	0.00	–	0.00	–
$\frac{3}{4}$″	0.00	–	0.00	–
$\frac{3}{8}$″	0.00	–	0.00	–
4 নং	0.00	–	0.00	–
8 নং	10.00	10.00	0.00	–
16নং	150.00	(10.00 + 150.00) = 160.00	50.00	50.00
30নং	300.00	(160.00+300.00) = 460.00	250.000	(50.00 + 250.00) = 300.00
50নং	400.00	(460.00+400.00) = 860.00	350.00	(300.00+350.00) = 650.00
100নং	140.00	(860.00 + 140.00 = 1000.0	350.00	(650.00+350.00)= 1000.0

সমাধান

চালুনি	কর্ণফুলী পুঞ্জীভূত অবশেষের % হার	হালদা নদী পুঞ্জীভূত অবশেষের % হার
8নং	1.00	-
16 নং	16.00	5.00
30 নং	46.00	30.00
50 নং	86.00	65.00
100 নং	100.00	100.00
মোট =	249.00	200.00

কর্ণফুলী এর বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক $= \frac{249}{100} = 2.49$

হালদা নদীর বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক $= \frac{200}{100} = 2$

মিশ্রিত বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক $= \frac{(1000 \times 2.49 + 1000 \times 2)}{1000 + 1000}$

$= \frac{4490}{2000} = 2.24$ ·

[বা, F মিশ্রিত $= \frac{2.49 + 2}{2} = 2.24$ [(উভয় ধরনের বালির নমুনার ওজন সমান বিধায়)]

উদাহরণ-৩ । সিলেট ও সাভার এর দুটি নমুনা বালির সূক্ষ্মতাঙ্ক যথাক্রমে 3.00 ও 2.00 এবং নমুনাদ্বয়ের মিশ্রিত সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক 2.50 হলে মিশ্রণে নমুনাদ্বয়ের ওজনের অনুপাত কত?

সমাধান ধরে নিই, মিশ্রণে সিলেট ও সাভারের বালির নমুনার ওজন যথাক্রমে x ও y ।

এখন F (মিশ্রিত) $= \frac{3.00\,x + 2.00\,y}{x + y}$

বা, $2.50\,(x + y) = 300\,x + 2.00\,y$

বা $0.50\,y = 0.50\,x$

$\therefore y = x$

নির্ণেয় নমুনাদ্বয়ের অনুপাত $= x : y$

$= x : x$

$= 1 : 1$

বিকল্প পদ্ধতি ঃ

ধরে নিই, সিলেট এর নমুনা বালির ওজন, m_1, সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক $F_1 = 3.00$

সাভার এর নমুনা বালির ওজন m_2, সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক $F_2 = 2.00$

এবং মিশ্রিত সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক $F_c = 2.50$

আমরা জানি,

$m_1 : m_2 = (F_2 - F_c) : (F_c - F_1)$

$= (2.00$ Ñ $2.50) : (2.50$ Ñ $3.00)$

$= -0.50 : -0.50$

$= 1 : 1$

উদাহরণ-৪ । সিলেট ও দিনাজপুরের দুটি নমুনা বালির মিশ্রিত সূক্ষ্মতাঙ্ক 2.25 এবং মিশ্রিত নমুনাদ্বয়ের মোট ওজন 2000 গ্রাম । যদি নমুনাদ্বয়ের সূক্ষ্মতাঙ্ক যথাক্রমে 2.60 ও 1.90 হয়, তবে প্রতি নমুনার ওজন কত?

সমাধান ধরি, সিলেট এর নমুনা বালির ওজন P গ্রাম

$\therefore$ দিনাজপুরের নমুনা বালির ওজন $(2000 - P)$ গ্রাম

F (মিশ্রিত) $= \frac{2.60\,P + 1.90\,(2000 - P)}{2000}$

বা, $2.25 \times 2000 = 3800 + 2.60\,P - 1.90\,P$

বা, $0.70P = 700$

$P = 1000$ গ্রাম (সিলেটের নমুনা বালির ওজন)

দিনাজপুরের নমুনা বালির ওজন $= 2000 - 1000 = 1000$ গ্রাম ।

উদাহরণ-৫। পঞ্চগড়, ডোমার, জাফলং ও শাহবাজপুরের নমুনা বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক যথাক্রমে 2.0, 2.5, 2.6, 1.5 এবং এগুলো 1 : 3 : 5 : 6 অনুপাতে (ওজনে) মিশালে মিশ্রণের সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক কত হবে?

সমাধান: মিশ্রিত সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক $= \dfrac{1 \times 2.00 + 3 \times 2.50 + 5 \times 2.6 + 6 \times 1.5}{1 + 3 + 5 + 6}$

$= 2.1$

উদাহরণ-৬। নিম্নে 500 গ্রাম ওজনের নমুনা বালির চালুনি বিশ্লেষণ দেয়া হল। বালির সূক্ষ্মতার গুণাঙ্ক নির্ণয় কর ঃ

চালুনি নং	4	8	16	30	50	100	প্যান
অবশেষ (গ্রাম)	0	0	6	40	323	110	21

সমাধান:

চালুনি নং	4	8	16	30	50	100	মোট
অবশেষ (গ্রাম)	0	0	6	40	323	110	-
% অবশেষ	0	0	1.20	8.00	64.60	22.00	-
% পুঞ্জীভূত অবশেষ	0	0	1.20	9.20	73.80	95.80	180.00

নির্ণেয় সূক্ষ্মতার গুণাঙ্ক $= \dfrac{180.00}{100} = 1.80$

উদাহরণ-৭। কালিয়াকৈর ও সুনামগঞ্জের নমুনা বালি একত্রে মিশিয়ে সংযুক্ত FM = 2.54 পাওয়া গেল। যদি কালিয়াকৈর ও সুনামগঞ্জের নমুনা বালির FM যথাক্রমে 2.84 এবং 2.24 হয়, তাহলে কী অনুপাতের নমুনা বালি মিশানো হয়েছিল, নির্ণয় কর।

সমাধান: ধরে নিই, কালিয়াকৈরের m_1 ওজনের নমুনা বালির সাথে সুনামগঞ্জের m_2 ওজনের নমুনা বালি মিশানো হয়েছিল।

অতএব মিশ্রিত বালির $F.M = \dfrac{m_1 \times 2.84 + m_2 \times 2.24}{m_1 + m_2} = 2.54$

বা, $2.54\,(m_1 + m_2) = 2.84m_1 + 2.24m_2$

বা, $2.54m_2 - 2.24m_2 = 2.84m_1 - 2.54m_1$

বা, $0.3m_2 = 0.3m_1$

$\therefore\ m_2 = m_1$

বিকল্প পদ্ধতি ঃ

আমরা জানি,

$m_1 : m_2 = (F_2 - F_c) : (F_c - F_1)$

$= (2.24 - 2.54) : (2.54 - 2.84)$

$= -0.30 : -0.30$

$= 1 : 1$

অর্থাৎ উক্ত স্থানদ্বয়ের বালি সমান অনুপাতে (1:1) মিশানো হয়েছিল।

উদাহরণ-৮। 'ক' নমুনার 400 গ্রাম এবং 'খ' নমুনার 500 গ্রাম বালি বৃটিশ প্রমাণ চালুনিতে চাললে 4নং, 8নং, 16নং, 30নং, 50নং, ও 100 নং চালুনিতে ও প্যানে যথাক্রমে 'ক' নমুনার 0, 50, 190, 103, 47, 0 ও 10 (গ্রামে) অবশেষ থাকে এবং 'খ' নমুনার 10, 73, 106, 91, 200, 12 ও 8 (গ্রামে) অবশেষ থাকে। নমুনাদ্বয়ের সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক কত হবে? 'ক' ও 'খ' নমুনা 2:1 অনুপাতে মিশালে মিশ্রিত সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক কত হবে?

সমাধান: 'ক' নমুনার জন্য (ওজন 400 গ্রাম)

চালুনি নং	4	8	16	30	50	100	প্যান	মোট	সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক
অবশেষ	0	50	190	103	47	0	10	-	
% অবশেষ	0	12.5	47.5	25.75	11.75	-	2.50	-	$\dfrac{353.25}{100}$
% পুঞ্জীভূত অবশেষ	0	12.5	60.0	85.75	97.50	97.50	-	353.25	$= 3.53$

'খ' নমুনার জন্য (ওজন 500 গ্রাম)

চালুনি নং	4	8	16	30	50	100	প্যান	মোট	সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক
অবশেষ	10	73	106	91	200	12	8	-	
% অবশেষ	2	14.6	21.2	18.2	40	2.4	1.6	-	$\dfrac{306.9}{100}$
% পুঞ্জীভূত অবশেষ	2	16.6	37.8	56.00	96.00	98.4	-	306.8	$= 3.068$ $\simeq 3.07$

'ক' ও 'খ' নমুনার বালি 2 ঃ 1 অনুপাতে মিশালে–

মিশ্রিত বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক $= \frac{3.53 \times 2 + 3.07 \times 1}{2 + 1}$

$= 3.376$

$\simeq 3.38$

উত্তর ঃ ক নমুনার বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক = 3.53

খ নমুনার বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক = 3.07

মিশ্রিত (2 ঃ 1) বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক = 3.38

উদাহরণ-৯ । নিচের তথ্যাদি হতে 500 গ্রাম বালির সূক্ষ্মতার গুণাঙ্ক (এফ.এম.) নির্ণয় কর ঃ

চালুনি নং	4	8	16	30	50	100
অবশেষ (গ্রাম)	5	25	50	200	110	60

সমাধান ঃ নমুনার ওজন = 500 গ্রাম

চালুনি নং	অবশেষ (গ্রাম)	পুঞ্জীভূত অবশেষ (গ্রাম)	% পুঞ্জীভূত অবশেষ	সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক
4	5	5	01	
8	25	(+) 30	06	
16	50	(+) 80	16	$\frac{247}{100} = 2.47$
30	200	(+) 280	56	
50	110	(+) 390	78	
100	60	(+) 450	90	
			মোট = 247	

উদাহরণ-১০ । নিচে 400 গ্রাম ওজনের নমুনা বালির চালুনি বিশ্লেষণ দেয়া হল । বালির সূক্ষ্মতার গুণাঙ্ক (এফ.এম) নির্ণয় কর ঃ

চালুনি নং	4	8	16	30	50	100	প্যান
অবশেষ (গ্রাম)	0	20	50	180	80	30	40

সমাধান ঃ নমুনা বালির ওজন = 400 গ্রাম

চালুনি নং	অবশেষ (গ্রাম)	পুঞ্জীভূত অবশেষ (গ্রাম)	% পুঞ্জীভূত অবশেষ	সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক
4	00	00	00.00	
8	20	20	5.00	
16	50	70	17.50	
30	180	250	62.50	$\frac{257.50}{100} = 2.58$
50	80	330	82.50	
100	30	360	90.00	
প্যান	40	400	–	
			মোট 257.50	

উত্তর ঃ নমুনা বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (এফএম) = 2.58

উদাহরণ-১১ । 500 গ্রাম কুষ্টিয়া বালি আদর্শ চালুনি বিশ্লেষণ করে নিম্নলিখিত ফলাফল পাওয়া গেল । নমুনা বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর ঃ

চালুনি নম্বর	4	8	16	30	50	100	Pan
অবশেষ	0.00	2.00	6.00	38.00	320.00	113.00	21.00

সমাধান ঃ

চালুনি নং	4	8	16	30	50	100	মোট	সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক
অবশেষ (গ্রাম)	0.00	2.00	6.00	38.00	320.00	113.00	–	$\frac{180.20}{100} = 1.8$
% অবশেষ	0.00	0.40	1.20	7.60	64.00	22.60	–	
% পুঞ্জীভূত অবশেষ	0.00	0.40	1.60	9.20	73.20	95.80	180.20	

নমুনা কুষ্টিয়া বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক = 1.80 **(উত্তর)**

উদাহরণ-১২। নিম্নের তথ্যাদি নমুনা বালির F.M নির্ণয় কর ঃ

চালুনি নং	4	8	12	16	20	30	40	50	70	100
অবশেষ (গ্রাম)	30	50	40	80	10	90	20	80	40	60

সমাধান ঃ যেহেতু F.M নির্ণেয় চালুনি নং 4, 8, 16, 30, 50 ও 100-তে অবশেষ এর পরিমাণ দরকার হবে, তাই চালুনি নং 16-তে অবশেষ = 40 + 80 = 120 গ্রাম, চালুনি নং 30-এ অবশেষ = 10 + 90 = 100 গ্রাম, চালুনি নং 50-এ অবশেষ = 20 + 80 = 100 গ্রাম এবং চালুনি নং 100-তে অবশেষ = 40 + 60 = 100 গ্রাম।

চালুনি নং	অবশেষ গ্রাম	পুঞ্জীভূত অবশেষ	% পুঞ্জীভূত অবশেষ	F.M
4	30	30	$\frac{30 \times 100}{500} = 6.00$	$\frac{302.00}{100} = 3.02$
8	50	80	$\frac{80 \times 100}{500} = 16.00$	
16	120	200	40.00	
30	100	300	60.00	
50	100	400	80.00	
100	100	500	100.00	
	মোট 500 গ্রাম		মোট 302.00	

উদাহরণ-১৩। দুটি নমুনা বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক যথাক্রমে 2.40 ও 3.60 এবং এদের মিশ্রিত সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক 2.90 হলে নমুনা বালিদ্বয় কী অনুপাতে মেশানো হয়েছিল? যদি নমুনা বালিদ্বয়ের ওজনের সাথে আয়তন সমানুপাতিক হয় এবং মিশ্রিত নমুনা বালির আয়তন স্বতন্ত্র আয়তনের সমষ্টির 70% হয় এবং মিশ্রিত বালির আয়তন 10 ঘনমিটার হলে কোন নমুনার কী পরিমাণ (আয়তনে) বালি একত্রে মিশানো হয়েছিল?

সমাধান ঃ দেয়া আছে, $F_1 = 2.40$, $F_2 = 3.60$, $F_c = 2.90$

আমরা জানি, $m_1 : m_2 = (F_2 - F_c) : (F_c - F_1)$

১নং নমুনার ওজন ঃ ২নং নমুনার ওজন $= (3.60 - 2.90) : (2.90 - 2.40)$

$= 0.70 : 0.50$

$= 7 : 5$

অনুপাতদ্বয়ের যোগফল = 7 + 5 = 12

নমুনাদ্বয়ের স্বতন্ত্র আয়তনের সমষ্টি $= \frac{10}{0.70} = 14.28$ ঘনমিটার

নির্ণেয় ১নং নমুনা বালির আয়তন $= \frac{14.28 \times 7}{12} = 8.33$ ঘনমিটার

নির্ণেয় ২নং নমুনা বালির আয়তন $= \frac{14.28 \times 5}{12} = 5.95$ ঘনমিটার

উত্তর ঃ নমুনা বালিদ্বয়ের অনুপাত 7 ঃ 5 এবং নমুনাদ্বয়ের আয়তন 8.33 ঘনমিটার ও 5.95 ঘনমিটার।

৪.৪ বিভিন্ন গ্রেডের বালির ব্যবহার (Use of various grades of sand) ঃ

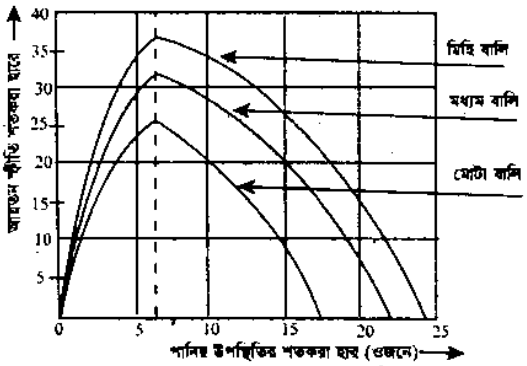
মসলা ও কংক্রিটের ফাইন অ্যাগ্রিগেট (Fine aggregate) হিসেবে সুবিন্যস্ত (well graded) বালি ব্যবহার করা হয়। কাচশিল্পে প্রচুর পরিমাণে সকল গ্রেডের বালির ব্যবহার দেখা যায়। এতদভিন্ন রাস্তায় ইটের ফাঁক পূরণে, ভিটি ভরাটে বিভিন্ন গ্রেডের বালি ব্যবহার করা হয়ে থাকে। সব ধরনের নির্মাণকাজেই সুবিন্যস্ত (well graded) বালি ব্যবহার করা উচিত। তবে অত্যধিক মোটা বা অত্যধিক চিকন বালি ব্যবহার না করাই শ্রেয়।

পাবলিক ওয়ার্কস ডিপার্টমেন্টের (P. W. D) তথ্যানুযায়ী বিভিন্ন ধরনের কাজে বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (F.M) নিম্নে উদ্ধৃত করা হল ঃ

কাজের নাম	সূক্ষ্মতার একক
সব ধরনের রিইনফোর্সড্ কংক্রিটের কাজে	2.35
সাধারণ কংক্রিটে, সিমেন্ট প্লাস্টারে, গাঁথুনির মসলায়, আর্দ্রতারোধী স্তরে	1.20
সলিং ও হেরিংবোন বন্ডের ফাঁক পূরণে, মেঝে বালি ভরাটে	0.80

৪.৪.১ বালির আয়তন স্ফীতি (Bulking of sand) ঃ

বালিতে একটি নির্দিষ্ট মাত্রায় জলীয়কণা বিদ্যমান থাকলে বালি তার প্রকৃত আয়তন অপেক্ষা অধিক আয়তন প্রদর্শন করে। এটাকে বালির আয়তন স্ফীতি (Bulking of sand) বলা হয়। বালিতে 5% হতে 8% (বালির ওজনের) জলীয়কণার উপস্থিতি এগুলোর আয়তন 25% হতে 40% এর মতো বাড়িয়ে দেয়। সর্বোচ্চ আয়তন স্ফীতির পর বালিতে আরও পানি দিলে বালি প্রকৃত আয়তনে ফিরে আসে। শুষ্ক বালিতে কম পরিমাণে পানি দিলে বালিকণার পৃষ্ঠে পানির প্রলেপন এবং পানির প্রলেপন ও বালিকণার পৃষ্ঠের মাঝে বাতাস আটকিয়ে আয়তন স্ফীতি ঘটে থাকে। বালিতে অধিক পরিমাণে পানি দিলে বালি নিমজ্জিত হওয়ার দরুন বালির ফাঁকে আটকানো বাতাস বুদবুদ আকারে বের হয়ে আসে এবং বালি প্রকৃত আয়তনে ফিরে যায়। শুষ্ক মিহি বালিতে 10% পানি দিলে প্রায় 40% আয়তন স্ফীতি হতে পারে। বালির আয়তন স্ফীতি মোটা বালির তুলনায় মধ্যম মানের বালিতে অধিক এবং মিহি বালিতে সর্বাধিক ঘটে। নিচের লৈখিক চিত্রে বিভিন্ন গ্রেডের বালির আয়তন স্ফীতি দেখানো হল ঃ



চিত্র ঃ ৪.২ বালির আয়তন স্ফীতি

বালির আয়তন স্ফীতি নির্ণয়ের জন্য নিম্নের সূত্রটি ব্যবহার করা হয় ঃ

$$b = \frac{V_m}{V_s} \times 100$$

এখানে, b = বালির আয়তন স্ফীতির শতকরা হার

V_m = ভিজা বালির আয়তন

V_s = সম্পূর্ণরূপে সম্পৃক্ত বা সম্পূর্ণ শুষ্ক বালির আয়তন।

যেহেতু মসলা বা কংক্রিটে বালি আয়তনের পরিমাপে ব্যবহার করা হয়, তাই বালি পরিমাপ কালে বালির আয়তন স্ফীতির প্রতি বিশেষ নজর দিতে হয়। কার্যক্ষেত্রে মসলা বা কংক্রিট প্রস্তুতকালে কিঞ্চিৎ ভেজা বালি ব্যবহার করতে হলে আয়তন স্ফীতির সমপরিমাণ বালি অধিক দিতে হবে, অন্যথায় ঘন (dense) মসলা বা কংক্রিট পাওয়া যাবে না।

৪.৪.২ বাংলাদেশে বালির প্রাপ্তিস্থান ঃ

বাংলাদেশের সর্বত্রই প্রচুর পরিমাণে বালি পাওয়া যায়। সিলেট, ময়মনসিংহ, ঢাকা, দিনাজপুর, কুষ্টিয়া, চট্টগ্রাম প্রভৃতি জেলায় (সুনামগঞ্জ, দুর্গাপুর, সাভার, ডোমার, চরতারাপুর, কক্সবাজার) প্রচুর পরিমাণে উৎকৃষ্ট মানের নদীর বালি পাওয়া যায়। দেশের উত্তরাঞ্চলীয় জেলাগুলোতে বালি পাওয়া যায়, তবে এ অঞ্চলের বালি অনেক ক্ষেত্রেই উৎকৃষ্ট মানের নয়।

অনুশীলনী-৪

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **বালি কী?**

উত্তর ঃ বালি একটি গুরুত্বপূর্ণ নির্মাণসামগ্রী। কোয়ার্টজ এর ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণাই বালি হিসাবে পরিচিত। এগুলো মসলা কংক্রিট ও ভরাটের কাজে বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়।

২। **উৎস অনুসারে বালিকে কী কী শ্রেণিতে ভাগ করা যায়?**

উত্তর ঃ উৎস অনুসারে বালিকে (ক) গর্তের বালি (খ) নদীর বালি ও (গ) সমুদ্রের বালি– এই তিন শ্রেণিতে ভাগ করা যায়।

৩। **গ্রেডিং এর দিক হতে বালি কয় প্রকার ও কী কী?**

উত্তর ঃ গ্রেডিং এর দিক হতে বালি তিন প্রকার, যথা– (i) ওয়েল গ্রেডেড্ স্যান্ড (ii) গ্যাপ গ্রেডেড্ স্যান্ড ও (iii) ইউনিফরম গ্রেডেড্ স্যান্ড।

৪। **আকার অনুযায়ী বালিকে কী কী ভাগে ভাগ করা যায়?**

উত্তর ঃ আকারের উপর ভিত্তি করে বালিকে (ক) মিহি বালি (খ) মধ্যম মানের মোটা বালি ও (গ) মোটা বালি–এই তিন ভাগে ভাগ করা যায়।

৫। **বালির গ্রেডিং ও সূক্ষ্মতা গুণাঙ্কের পার্থক্য কী?**

উত্তর ঃ বালিকণার আকার বিতরণই বালির গ্রেডিং, পক্ষান্তরে বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক বালিকণার আকারের মোটামুটি গড় পড়তা ধারণা প্রধান করে। বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক এর গ্রেডিং এর নির্দেশক নয় বরং একই সূক্ষ্মতা গুণাঙ্কের বালির গ্রেডিং অগণিত ধরনের হতে পারে।

৬। **অ্যাগ্রিগেট গ্রেডিং এর মূলনীতি কী?**

উত্তর ঃ গ্রেডিং বা কণার আকার বিন্যাসক্রমের মূলনীতি হল, স্থূল কণার মধ্যস্থ ফাঁকগুলো পর্যায়ক্রমে সূক্ষ্মতর কণায় পূর্ণ হবে অর্থাৎ যদি অ্যাগ্রিগেট এর কণাগুলো সমআকারের হয়, তবে এগুলোর মধ্যস্থ ফাঁক অধিক হবে এবং বিভিন্ন আকারের অ্যাগ্রিগেটে ফাঁক কম হবে।

৭। **বালির গ্রেডিং কী?**

উত্তর ঃ বালির বিভিন্ন আকারের কণা বিতরণকে বালির গ্রেডিং বলা হয়।

৮। **বালির স্পেসিফিকেশনে উল্লেখ্য বিষয়গুলো কী কী?**

উত্তর ঃ বালির স্পেসিফিকেশনে প্রধানত (ক) প্রাপ্তির উৎস, (খ) আকৃতি, (গ) অপদ্রব্যমুক্ত, (ঘ) সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক ও বিন্যাস (grading) সংক্রান্ত তথ্যাদি উল্লেখ করতে হয়।

৯। **বালির সূক্ষ্মতাঙ্ক বা সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (F.M) বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক একটি ইমপেরিক্যাল সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা হয়। এই গুণাঙ্ক মূলত বস্তুর আকার সম্পর্কে ধারণা দেয়। বস্তুর আকার যত ছোট হয় এ সূক্ষ্মতা গুণাঙ্কের মান তত কম হয় এবং বস্তু আকার যত বড় হয় এ সূক্ষ্মতা গুণাঙ্কের মান তত বেশি হয়। উপরে বড় ছিদ্রের ক্রমান্বয়ে ছোট ছিদ্রের আমেরিকান প্রমাণ সাইজের 4নং, 8নং, 16 নং, 30 নং, 50 নং ও 100 নং চালুনিগুলো সাজিয়ে বালি চাললে সকল চালুনির অবশেষের পুঞ্জীভূত শতকরা হারের সমষ্টিকে 100 দিয়ে ভাগ করলে বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (F.M) পাওয়া যায়।

১০। **বালির আয়তন স্ফীতি বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ বালিতে নির্দিষ্ট মাত্রায় জলীয়কণা থাকলে বালি তার প্রকৃত আয়তন অপেক্ষা অধিক আয়তন প্রদর্শন করে। একে বালির আয়তন স্ফীতি (Bulking of sand) বলে।

১১। **বালিকণার আকার অনুযায়ী বালি কয় প্রকার ও কী কী?**

উত্তর বালিকণার আকার অনুযায়ী বালিকে তিন শ্রেণিতে ভাগ করা যায়, যথা–

১। মিহি বালি (Fine sand)

২। মধ্যম বালি (Medium sand)

৩। স্থূল বা মোটা বালি (Coarse sand)।

১২। **বালির ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।**

উত্তর বালি (ক) গাঁথুনি, প্লাস্টার ইত্যাদির মসলা তৈরিতে (খ) কংক্রিটের সূক্ষ্ম পূরক (Fine aggregate) হিসাবে (গ) কাচশিল্পে (ঘ) রাস্তায় ইটের ফাঁক পূরণে (ঙ) ভিটি ইত্যাদি ভরাটে ব্যবহৃত হয়।

১৩। **পরীক্ষাগারে বালির কী কী পরীক্ষা করা হয়?**

উত্তর পরীক্ষাগারে বালির (ক) পলিকণা ও কাদার উপস্থিতি (খ) জৈব পদার্থের উপস্থিতি ও (গ) লবণের উপস্থিতি পরীক্ষা করা হয়।

১৪। **সমুদ্রের বালি নির্মাণে ব্যবহার না করাই শ্রেয় কেন?**

উত্তর সমুদ্রের বালিতে লবণ থাকে এবং নির্মাণে ব্যবহার করলে নির্মাণ লোনাক্রান্ত হয় বিধায় সমুদ্রের বালি ব্যবহার না করাই শ্রেয়।

১৫। **মোটা বা স্থূল বালি কোন কোন কাজে ব্যবহার করা হয়?**

উত্তর মোটা বালি কংক্রিটের কাজে সর্বাধিক ব্যবহৃত হয়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর :

১। **নদীর বালি সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর নদীর বালির বর্ণ অনেকটা সাদা এবং আকার অপেক্ষাকৃত ছোট এবং গোলাকৃতিবিশিষ্ট। এদের পৃষ্ঠ মসৃণ। এগুলোর সাথে সামান্য পরিমাণ কাদাজাত অপদ্রব্য ও গ্র্যাভেল মিশ্রিত অবস্থায় পাওয়া যায়। তাই এগুলো উত্তমরূপে ধৌত করে এবং চালুনিতে চেলে নির্মাণকাজে ব্যবহার করা শ্রেয়। গর্তের বালি অপেক্ষা নদীর বালি সূক্ষ্ম বিধায় আস্তরের কাজের জন্য এগুলো বিশেষ উপযোগী। তবে অপেক্ষাকৃত বড় আকারের নদীর বালি মসলা ও কংক্রিটের কাজেও ব্যবহার করা হয়।

২। **আকার অনুযায়ী বালির পরিচিতি ও ব্যবহার লেখ।**

উত্তর

১। **মিহি বালি (Fine sand) :** এ জাতীয় বালি 16নং (এ.এস.টি.এম) চালুনিতে চাললে কোন অবশেষ থাকে না। এ জাতীয় বালি সাধারণত আস্তরের কাজে ব্যবহার করা হয়।

২। **মধ্যম মানের স্থূল বালি (Moderately coarse sand) :** এ জাতীয় বালি 8নং (এ.এস.টি.এম) চালুনিতে চাললে কোন অবশেষ থাকে না। এ জাতীয় বালি গাঁথুনির কাজের মসলা তৈরি করার জন্য উপযোগী।

৩। **স্থূল বা মোটা বালি (Coarse sand) :** এ জাতীয় বালি 4নং (এ.এস.টি.এম) চালুনিতে চাললে চালনিতে কোন অবশেষ থাকে না। এ জাতীয় বালি কংক্রিটের ফাইন অ্যাগ্রিগেট হিসেবে বেশ উপযোগী।

৩। **ভাল বালির ধর্মগুলো উল্লেখ কর।**

উত্তর ভাল বালি সূক্ষ্মাগ্রবিশিষ্ট কোনাদার এবং বিশুদ্ধ সিলিকায় গঠিত। এগুলো কাদা, পলি, জীবাশ্ম, শেল, লবণ ইত্যাদি অপদ্রব্যমুক্ত। এগুলো শক্তিধর, টেকসই স্থায়িত্বশীল এবং আকারগত পর্যায় ক্রমিকভাবে সুবিন্যস্ত (Well graded)। সচরাচর ব্যবহারক্ষেত্রে এগুলোতে 3% হতে 4% কাদা ও পলি থাকতে পারে। তবে নির্মাণে ব্যবহারের পূর্বে এগুলো ধৌত করে নেয়া বিধেয়।

৪। বালিতে জৈব পদার্থের উপস্থিতি কীভাবে বুঝা যায়?

উত্তর ঃ একটি কাচের বোতলে নমুনা বালির সাথে 3% সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ মিশিয়ে বোতলটির মুখ বন্ধ অবস্থায় উত্তমরূপে ঝাঁকানোর পর 24 ঘন্টা রেখে দিলে যদি বাদামি বর্ণ ধারণ করে তবে বালিতে জৈব পদার্থের উপস্থিতি বুঝা যাবে। বর্ণের গাঢ়ত্ব বিচার করে জৈব পদার্থের মাত্রা নির্ধারণ করা যায়।

৫। বালিতে লবণের উপস্থিতি কীভাবে বুঝা যায়?

উত্তর ঃ নমুনা বালি একটি পরিষ্কার কাচের গ্লাসে নিয়ে এতে পর্যাপ্ত পানি সংযোগ করে কয়েক মিনিট চামচ দিয়ে নাড়াচাড়া করে কিছু সময় স্থির অবস্থায় রেখে দেয়ার পর পরিষ্কার পানি জিহ্বার স্পর্শে আনলে যদি লবণ অনুভূত হয়, তবে বালিতে লবণের উপস্থিতি বুঝা যাবে।

৬। বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক নির্ণয়ের পদ্ধতি সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর ঃ **বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (F.M) নির্ণয়করণ পদ্ধতি ঃ** নিচে প্যান দিয়ে প্যানের উপর ধারাবাহিকভাবে নিচ হতে উপরের দিকে যথাক্রমে আমেরিকান প্রমাণ চালুনি 100 নং (0.150mm), 50 নং (0.300mm), 30 নং (0.600mm), 16 নং (1.18mm), 8 নং (2.36mm) ও 4নং (4.750mm) রেখে সর্ব উপরের অর্থাৎ 4 নং চালুনিতে ঈপ্সিত বালির নির্দিষ্ট পরিমাণ (ওজনে) নমুনা বালি দিয়ে উপরের ঢাকনা দিয়ে সতর্কতার সাথে প্যান, চালুনিগুলো সর্ব উপরের ঢাকনাসহ একত্রে আটকিয়ে যান্ত্রিক শেকার বা হস্ত চালিত শেকারে ভালভাবে চেলে (সচরাচর 5 হতে 7 মিনিট অর্থাৎ কোন চালুনিতে তার চেয়ে সূক্ষ্মতর কণা না থাকা পর্যন্ত) প্রত্যেক চালুনিতে অবশেষের (retained) পৃথক পৃথক ওজন নিয়ে উপরোক্ত সকল চালুনিতে শতকরা পুঞ্জীভূত অবশেষের পরিমাণ নির্ণয় করে এগুলোর সমষ্টিকে 100 দিয়ে ভাগ করে নমুনা বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (F.M) নির্ণয় করা হয়।

৭। বালির আয়তন স্ফীতি ব্যাখ্যা কর।

অথবা, বালির আয়তন স্ফীতি সম্পর্কে সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর ঃ বালিতে একটি নির্দিষ্ট মাত্রায় জলীয়কণা বিদ্যমান থাকলে বালি তার প্রকৃত আয়তন অপেক্ষা অধিক আয়তন প্রদর্শন করে। এটাকে বালির আয়তন স্ফীতি (Bulking of sand) বলা হয়। বালিতে 5% হতে 8% (বালির ওজনের) জলীয়কণার উপস্থিতি এগুলোর আয়তন 25% হতে 40% এর মতো বাড়িয়ে দেয়। সর্বোচ্চ আয়তন স্ফীতির পর বালিতে আরও পানি দিলে বালি প্রকৃত আয়তনে ফিরে আসে। শুষ্ক বালিতে কম পরিমাণে পানি দিলে বালিকণার পৃষ্ঠে পানির প্রলেপন এবং পানির প্রলেপন ও বালিকণার পৃষ্ঠের মাঝে বাতাস আটকিয়ে আয়তন স্ফীতি ঘটে থাকে। বালিতে অধিক পরিমাণে পানি দিলে বালি নিমজ্জিত হওয়ার দরুন বালির ফাঁকে আটকানো বাতাস বুদবুদ আকারে বের হয়ে আসে এবং বালি প্রকৃত আয়তনে ফিরে যায়। শুষ্ক মিহি বালিতে 10% পানি দিলে প্রায় 40% আয়তন স্ফীতি হতে পারে। বালির আয়তন স্ফীতি মোটা বালির তুলনায় মধ্যম মানের বালিতে অধিক এবং মিহি বালিতে সর্বাধিক ঘটে।

৮। বাংলাদেশে বালির প্রাপ্তির স্থানগুলোর নাম লেখ।

উত্তর ঃ বাংলাদেশের সর্বত্রই প্রচুর পরিমাণে বালি পাওয়া যায়। সিলেট, ময়মনসিংহ, ঢাকা, দিনাজপুর, কুষ্টিয়া, চট্টগ্রাম প্রভৃতি জেলায় (সুনামগঞ্জ, দুর্গাপুর, সাভার, ডোমার, চরতারাপুর, কক্সবাজার) প্রচুর পরিমাণে উৎকৃষ্ট মানের নদীর বালি পাওয়া যায়। দেশের উত্তরাঞ্চলীয় জেলাগুলোতে বালি পাওয়া যায়, তবে এ অঞ্চলের বালি অনেক ক্ষেত্রেই উৎকৃষ্ট মানের নয়।

৯। বিভিন্ন গ্রেডের বালির ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০। বালি গ্রেডিং এর উদ্দেশ্য কী?

উত্তর ঃ নির্মাণকাজে একই আকারের কণার বিন্যাসক্রমের বা গ্রেডিং এর বালি ব্যবহার না করে বিভিন্ন আকারের কণার বিন্যাসক্রমের বালি ব্যবহার করাই উত্তম। এতে স্থূল কণাগুলোর মধ্যস্থ ফাঁকগুলো অপেক্ষাকৃত সূক্ষ্ম কণায় এবং এগুলোর মধ্যস্থ ফাঁক অধিকতর সূক্ষ্ম কণায় পূর্ণ হবে। তাই অধিকতর ঘনত্বের মসলা বা কংক্রিট তৈরিতে সমান আকারের (uniform graded) বা শুধুমাত্র স্থূল আকার ও সূক্ষ্ম আকারের (gap graded) বালি ব্যবহার না করে সুবিন্যস্ত আকার ক্রমের (well graded) বালি ব্যবহার করা হয়। এতে যেমন কংক্রিট বা মসলার ঘনত্ব অধিক হয়, তেমনি সিমেন্টও কম লাগে এবং নির্মাণও শক্তিশালী হয়। এ উদ্দেশ্যেই বালির আকারের বিন্যাসক্রম বা গ্রেডিং করা হয়ে থাকে।

১১। টীকা লেখ ঃ বালির সূক্ষ্মতার গুণাঙ্ক।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৩.১ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। আকার, উৎস অনুযায়ী বালির শ্রেণিবিভাগ আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। বালিতে বিভিন্ন ধরনের অপদ্রব্যের উপস্থিতি জানার পরীক্ষাগুলোর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.১.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। বালির F.M. ও মিশ্রিত F.M. ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৩.১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ভাল বালির বিনির্দেশাবলি (Specifications) লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। নিম্নের তথ্যাদি হতে সিলেট বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর ঃ

[illegible]	[illegible]
4	20
8	50
16	100
30	130
50	50
100	50
	মোট 400

[উত্তর ঃ ৩.২৭৫]

৬। নিম্নের তথ্যাদি হতে গোমতীর বালি ও সাতারের বালির মিশ্রিত সূক্ষ্মতাঙ্ক নির্ণয় কর ঃ

চালনি নং	গোমতী-অবশেষের [illegible]	সাতারের বালি [illegible]
4	3	10
8	5	16
16	8	16
30	9	38
50	50	40
100	25	80
	মোট 100	মোট 200

[উত্তর ঃ ২.৩৫]

৭। একটি নমুনা বালির 1000 গ্রাম প্রমাণ চালুনিগুলোতে চালার পর 8নং, 16নং, 30নং, 50নং ও 100নং চালুনিতে পুঞ্জীভূত অবশেষ (গ্রামে) পাওয়া গেল যথাক্রমে 10.00, 160.00, 460.00, 860.00 এবং 1000 গ্রাম। ঐ বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ পুঞ্জীভূত অবশেষের % হারের সমষ্টি = 1% + 16% + 46% + 86% + 100% = 249%

নির্ণেয় সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক = (249 ÷ 100) = 2.49

৮। নিম্নের তথ্যাদি হতে নমুনা বালির F.M নির্ণয় কর ঃ

চালুনি নং	4	6	8	12	16	30	50	70	100
অবশেষ (গ্রাম)	20	30	20	40	10	120	100	20	140

[উত্তর ঃ FM = 2.78]

অধ্যায়-৫

সিমেন্ট
(Cement)

৫.১ সিমেন্টের সংজ্ঞা (Definition of cement) ঃ

সিমেন্ট একটি উন্নতমানের জোড়ক পদার্থ। প্রকৌশল নির্মাণে জোড়ক পদার্থ হিসেবে এটা সর্বাধিক ব্যবহৃত। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম যৌগ সম্বলিত চুনজাত সামগ্রী পুড়িয়ে মিহি পাউডারে পরিণত করে সিমেন্ট তৈরি করা হয়। এর সাথে উদক চুনের সাদৃশ্য আছে। তবে এটা উদক চুন অপেক্ষা অধিক উদক গুণসম্পন্ন।

বর্তমান যুগে কাঠামো নির্মাণের এ উন্নয়নের পিছনে যে জোড়ক পদার্থটির ভূমিকা সর্বাধিক, তার নাম সিমেন্ট। ঈপ্সিত কাজের উপযোগী করে বিভিন্ন মান ও ব্র্যান্ডের সিমেন্ট তৈরি করা সম্ভব হয়েছে বিধায় প্রায় সকল কাঠামো নির্মাণেই সিমেন্ট ব্যবহৃত হয়। সিমেন্ট মিহি পাউডারবিশেষ। এগুলো সহজে পানির উপস্থিতিতে রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে জমাটবদ্ধ হয়ে নির্মাণের এককসমূহকে সংযুক্ত করে বিধায় এগুলো শক্তিশালী কাঠামো নির্মাণে সহায়ক। এগুলোর সাথে অ্যাডমিক্সচার মিশ্রণ করে এগুলোর জমাটবদ্ধতার সময় নিয়ন্ত্রণ করা যায় বিধায় এগুলো দ্রুত জমাটবদ্ধতা ও কাঠিন্য অর্জনে সক্ষম এবং কাজের চাহিদানুযায়ী অ্যাডমিক্সচার মিশিয়ে এগুলোর জমাটবদ্ধতা ও কাঠিন্য অর্জনের সময় বিলম্বিতও করা যায়। এগুলো পানির নিচের কাজে যেমন বাঁধ, পোতাশ্রয়, জেটি ইত্যাদি, গননচুম্বী অট্টালিকা নির্মাণে, ঝুলন্ত কাঠামো ইত্যাদি নির্মাণে সফলভাবে ব্যবহার করা যায়। এগুলোর জোরালো ও স্থায়ী বন্ধন ক্ষমতা, দীর্ঘ আয়ুষ্কাল ও যে কোন আবহাওয়ায় টিকে থাকার গুণ থাকায় জোড়ক পদার্থ হিসেবে এগুলোর ব্যবহার ব্যাপক। এ ছাড়াও এগুলো যে কোন আকার-আকৃতির কাঠামো নির্মাণে ব্যবহার করা যায়। বিভিন্ন বর্ণের সিমেন্ট প্রস্তুত করা যায় বিধায় বিভিন্ন অলংকারমূলক কাজে জোড়ক সামগ্রী হিসেবেও এগুলো ব্যবহার করা যায়। এগুলো ধাতব পদার্থের (আয়রন) সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়া করে না বিধায় এগুলোর নির্মাণে রিইনফোর্সমেন্ট ব্যবহার করা যায়। পরিশেষে বলা যায় যে, এ জোড়ক পদার্থের উপযোগিতা এত বেশি এবং ব্যবহার এত ব্যাপক যে, এর আবিষ্কার না হলে মানব সভ্যতার বর্তমান পূর্ণতাপ্রাপ্তি অসম্পূর্ণ থেকে যেত।

সিমেন্টকে প্রধানত দু শ্রেণিতে ভাগ করা হয়, যথা–

১। প্রাকৃতিক সিমেন্ট (Natural cement)

২ কৃত্রিম সিমেন্ট (Artificial cement)।

১। প্রাকৃতিক সিমেন্ট ঃ ২৫% হতে ৪০% কর্দমযুক্ত এবং অবশিষ্টাংশ কার্বোনেট অব লাইম বা কখনও তৎসংগে কার্বোনেট অব ম্যাগনেশিয়াযুক্ত প্রাকৃতিক চুনাপাথর পুড়িয়ে এবং মিহি পাউডারে চূর্ণ করে এ ধরনের সিমেন্ট তৈরি করা হয়। এর বর্ণ বাদামি এবং পানির সাথে মিশ্রণে এ সিমেন্ট দ্রুত জমাটবদ্ধ হয়। তবে এ সিমেন্ট কৃত্রিম সিমেন্টের ন্যায় অধিক শক্তিসম্পন্ন নয়। ইংল্যান্ডে উৎকৃষ্ট মানের প্রাকৃতিক সিমেন্টকে রোমান সিমেন্ট (Roman cement) বলা হয়। রোমিওগণ প্রথম চুনাপাথর পোড়ানো পাউডার নির্মাণকাজে জোড়ক পদার্থ হিসেবে ব্যবহার করেন। তবে এ সিমেন্ট বাংলাদেশে ব্যবহার হয় না। ইংল্যান্ডে জোসেফ পার্কার ১৮২৪ সালে কাদামিশ্রিত চুনাপাথর পুড়িয়ে প্রথম প্রাকৃতিক সিমেন্ট তৈরি করেন।

২। কৃত্রিম সিমেন্ট ঃ ১৮২৪ সালে লিডসের জনৈক রাজমিস্ত্রি জোসেফ আসপদীন প্রথম কৃত্রিম সিমেন্ট তৈরি করেন। বিশুদ্ধ চুনাপাথরের সাথে সঠিক অনুপাতে মৃত্তিকা মিশ্রিত করত মিশ্রণকে কাঁচিক হবার প্রারম্ভিক তাপমাত্রায় পুড়িয়ে এবং উদ্ভূত 'ক্লিংকার'কে মিহি পাউডারে চূর্ণ করে এ জাতীয় সিমেন্ট তৈরি করা হয়। কৃত্রিম সিমেন্টের মধ্যে পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট সবচেয়ে জনপ্রিয় এবং বহুল ব্যবহৃত। এর বর্ণ এবং গুণাগুণ ইংল্যান্ডের পোর্টল্যান্ডের নিকটবর্তী স্থানে প্রাপ্ত পাথরের মতো। তাই একে পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট নাম দেয়া হয়। একে নরমাল সেটিং সিমেন্টও বলা হয়। তবে কৃত্রিম সিমেন্ট বলতে মূলত পোর্টল্যান্ড সিমেন্টকেই বুঝায়। নির্মাণকাজের চাহিদা, পরিবেশ, অবস্থান, ধরন ইত্যাদি দিক বিবেচনায় পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের উপাদানগুলোর আনুপাতিক হারের তারতম্য করে, ক্ষেত্রবিশেষে নতুন উপাদান সংযোজন করে কাজের ক্ষেত্র উপযোগী পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট তৈরি করা হয়। সে মতে, বিভিন্ন ধরনের

পোর্টল্যান্ড সিমেন্টগুলো হল– (ক) সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Ordinary portland cement), (খ) র‍্যাপিড হার্ডেনিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Rapid Hardening protland cement), (গ) এক্সট্রা র‍্যাপিড হার্ডেনিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট বা কুইক সেটিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Extra Rapid Hardening portland cemnt or Quick setting protland cement), (ঘ) লো-হিট পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Low heat portland cemnet), (ঙ) পোর্টল্যান্ড ব্লাস্ট ফারনেস স্লাজ সিমেন্ট (Portland Blast Furnance slag cement), (চ) পোর্টল্যান্ড পাজোলান সিমেন্ট (Portland puzzolan cement), (ছ) সালফেট রেজিস্টিং সিমেন্ট (Sulphate resisting cement), (জ) হোয়াইট পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (White portland cement), (ঝ) কালার্ড পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Coloured portland cement)।

এছাড়াও অন্যান্য কৃত্রিম সিমেন্টগুলো হল– (i) হাই অ্যালুমিনা সিমেন্ট (High Alumina cement) (ii) সুপার সালফেট সিমেন্ট (Super sulphate cemnet) ও (iii) বিশেষ সিমেন্ট (Special cement) যেমন (ক) ম্যাসনরি সিমেন্ট, (খ) ট্রাইফ সিমেন্ট (Trief cement), (গ) এক্সপানসিভ সিমেন্ট (Expansive cement) ও (ঘ) অয়েল ওয়েল সিমেন্ট (Oil well cement) ইত্যাদি।

৫.২ সিমেন্টের কাঁচামাল ও বিভিন্ন উপাদানের কার্যাবলি (Raw materials of cement and functions of various ingredients of cement) ঃ

সিমেন্টের কাঁচামাল ঃ সিমেন্ট তৈরিকরণে প্রধানত দু'ধরনের কাঁচামাল ব্যবহার করা হয়, যথা–

(ক) চুনজাতীয় দ্রব্য (Calcareous materials) ঃ ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়ামের যৌগ যেমন– চুনাপাথর, চক, মার্ল ইত্যাদি এ জাতীয় দ্রব্যের অন্তর্ভুক্ত।

(খ) কাদাজাতীয় দ্রব্য (Argillaceous materials) ঃ প্রধানত সিলিকা, অ্যালুমিনা, আয়রন অক্সাইড যেমন– কাদা, স্লেট, শেল ইত্যাদি এ জাতীয় দ্রব্যের অন্তর্ভুক্ত।

সিমেন্টের উপাদানিক গঠন ঃ

সিমেন্ট গঠনের উপাদানসমূহকে প্রধানত দু'ভাগে বিভক্ত করা হয়, যথা–

১। খনিজ উপাদান

২। অম্ল ও ক্ষারকীয় উপাদান (রাসায়নিক উপাদান)।

পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের গঠনে খনিজ উপাদানের তালিকা ঃ

১। ট্রাই ক্যালসিয়াম সিলিকেট ($3CaO, SiO_2 - C_3S$)	..... 50%
২। ডাই ক্যালসিয়াম সিলিকেট ($2CaO, SiO_2 - C_2S$)	..... 25%
৩। ট্রাই ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট ($3CaO, Al_2O_3 - C_3A$)	..... 10%
৪। টেট্রা ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনো ফেরাইট ($4CaO, Al_2O_3, Fe_2O_3 - C_4AF$)	..... 10%
৫। ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$)	..... 3%
৬। অন্যান্য যৌগ	..... 2%
	মোট 100%

পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের রাসায়নিক গঠনে অম্ল ও ক্ষারকীয় উপাদানের তালিকা ঃ

১। ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO)	..... 63%
২। ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইড (MgO)	..... 2%
৩। সিলিকা (SiO_2)	..... 22%
৪। অ্যালুমিনা (Al_2O_2)	..... 7%
৫। আয়রন অক্সাইড (Fe_2O_3)	..... 3%
৬। সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3)	..... 2%
৭। ক্ষারকীয় পদার্থ	..... 1%
	মোট 100%

নিম্নে সিমেন্টের উপাদানগুলোর কার্যাবলি উদ্ধৃত করা হল ঃ

১। **লাইম বা চুন (CaO) ঃ** সিমেন্টে প্রায় 63% চুন থাকে। ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট তৈরির জন্য পর্যাপ্ত চুন থাকা আবশ্যক। এর পরিমাণ কম হলে সিমেন্টের শক্তি হ্রাস পায় এবং জমাটবদ্ধতার সময় ত্বরান্বিত করে। চুনের পরিমাণ অধিক হলে সিমেন্ট খুঁতযুক্ত হয় এবং এর প্রসারণ ও সংসক্তি হারিয়ে ফেলে।

২। **সিলিকা (SiO_2) ঃ** সিমেন্টে প্রায় 22% সিলিকা থাকে। এটা চুনের উপস্থিতিতে ডাই-ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ট্রাই-ক্যালসিয়াম সিলিকেটে রূপান্তরিত হয়। এটা সিমেন্টের শক্তি বৃদ্ধি করে।

৩। **অ্যালুমিনা (Al_2O_3) ঃ** সিমেন্টে প্রায় 7% অ্যালুমিনা থাকে। এটা ক্লিংকার গঠনের তাপমাত্রা কমিয়ে দেয় এবং সিমেন্টের অন্যান্য যৌগকে সহজে পানির সঙ্গে সংযুক্ত করে। এটা সিমেন্টের জমাটবদ্ধতা ত্বরান্বিত করে। এটার আধিক্য সিমেন্টকে দুর্বল করে।

৪। **ম্যাগনেশিয়া (MgO) ঃ** সিমেন্টে ম্যাগনেশিয়ার পরিমাণ 2% এর অধিক হওয়া উচিত নয়। এটার আধিক্য সিমেন্টের জন্য ক্ষতিকর এবং এটা সিমেন্টের শক্তি কমিয়ে দেয়।

৫। **আয়রন অক্সাইড (Fe_2O_3) ঃ** সিমেন্টে আয়রন অক্সাইডের পরিমাণ প্রায় 3%। এটা সিমেন্টের কাঠিন্য ও শক্তি উন্নত করে। সিমেন্টের বর্ণও এটার উপর নির্ভর করে। আয়রন অক্সাইড উচ্চতাপে ক্যালসিয়াম ও অ্যালুমিনার সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে ট্রাই ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনোফেরাইট গঠন করে। এ যৌগটির উপরই সিমেন্টের শক্তি ও কাঠিন্য নির্ভর করে।

৬। **ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) বা জিপসাম ঃ** সিমেন্টে ক্যালসিয়াম সালফেটের পরিমাণ প্রায় ৪%। এটা জিপসাম ($CaSO_4, 2H_2O$) হিসেবে সিমেন্ট ক্লিংকারের সাথে মিশিয়ে মিহি পাউডারে পরিণত করা হয়। এটা সিমেন্টের জমাটবদ্ধতার গতি মন্থর করে। সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টে 3–4% জিপসাম মিশালে প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময় 30 মিনিটের কম হয় না এবং চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতার সময় 10 ঘন্টার অধিক হয় না।

৭। **সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) ঃ** সালফার ট্রাই-অক্সাইডের পরিমাণ ২% এর অধিক হওয়া অনুচিত। এর আধিক্য সিমেন্টকে খুঁতযুক্ত করে।

৮। **ক্ষারকীয় দ্রব্য ঃ** ক্ষারকীয় দ্রব্যের পরিমাণ 1% এর অধিক হওয়া অনুচিত। সিমেন্টের কাঁচামালে যে ক্ষারকীয় দ্রব্য থাকে পোড়ানোর সময় তা দূরীভূত হয়। এটার আধিক্য নির্মাণকে লোনাক্রান্ত করে।

৫.৩ সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের প্রস্তুতপ্রণালি এবং সিক্ত ও শুষ্ক প্রবাহ চিত্র (Manufacture process of ordinary Portland cement, flow diagram for wet and dry process) ঃ

সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট প্রস্তুতপ্রণালি ঃ

সাধারণত দু'পদ্ধতিতে সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট তৈরি করা হয়, যথা–

১। সিক্ত পদ্ধতি (Wet process)

২। শুষ্ক পদ্ধতি (Dry process)।

১। **সিক্ত পদ্ধতি (Wet process) ঃ** এ পদ্ধতিতে তিন ধাপে সিমেন্ট প্রস্তুত করা হয়, যথা–

১। কাঁচামালসমূহ আনুপাতিক হারে মিশিয়ে স্লারি তৈরিকরণ

২। স্লারিকে পুড়িয়ে পিণ্ডে পরিণতকরণ

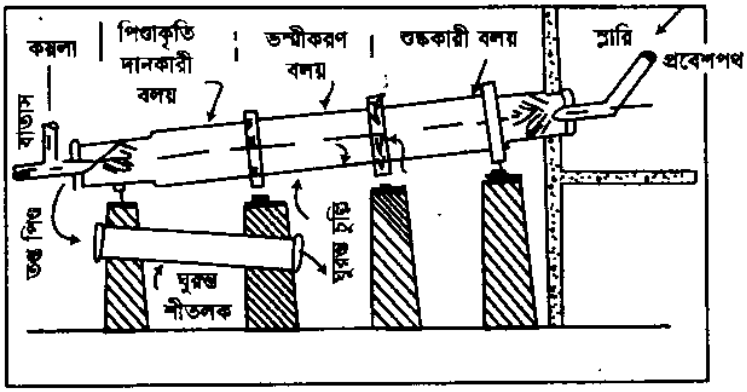
৩। পিণ্ডের সাথে জিপসাম মিশিয়ে চূর্ণ করে মিহি পাউডারে পরিণতকরণ।

প্রথম পর্যায়ে কাঁচামালসমূহ (চুনাপাথর চক, কংকর, মার্ল ইত্যাদি চুনজাতীয় দ্রব্য; সিলিকা, অ্যালুমিনা, ম্যাগনেশিয়া, আয়রন অক্সাইড ইত্যাদি সংমিশ্রিত কাদাজাতীয় দ্রব্য) একত্রে মিশ্রণ করে নেয়া হয়। সচরাচর চুনজাতীয় দ্রব্য 2 ভাগের (অর্থাৎ 60% - 65%) সাথে 1 ভাগ (অর্থাৎ 35% – 40%) কাদাজাতীয় দ্রব্য একত্রিত করা হয়। এ মিশ্রণকে চূর্ণক যন্ত্রে চূর্ণ করা হয়। এ সকল

চূর্ণকৃত কাঁচামাল 'ওয়াশমিলে' প্রয়োজনীয় পরিমাণ পানি সহযোগে মিহি করে পেষণ করা হয়। এ সময় পানির পরিমাণ প্রায় 45% হতে 50%। 'ওয়াশমিলে' পেষণকৃত মিশ্রণের 80% হতে 90% ভাগ 200 নং চালনি (Sieve) দিয়ে অতিক্রমণ করে। এ মিশ্রণকে স্লারি (Slurry) বলা হয়। এ স্লারির (Slurry) তারল্য এমন যে পাম্পের সাহায্যে পাইপের মাধ্যমে স্থানান্তর করা যায়। ওয়াশমিলে পেষণকৃত সমসত্ত্ব মিশ্রণ 'স্লারি' পাম্পের সাহায্যে সাইলো (Silo)-তে নেয়া হয়। এখানে স্লারির উপাদানসমূহের আনুপাতিক হার পরীক্ষা করে প্রয়োজনীয় সংশোধন করা হয়।

দ্বিতীয় পর্যায়ে সংশোধিত স্লারি পাম্প করে ঘুরন্ত চুল্লির উপরের প্রান্তীয় মুখে সরবরাহ করা হয়। সাধারণত ঘুরন্ত চুল্লির (Rotary kiln) দৈর্ঘ্য 60 মিটার – 120 মিটার, ব্যাস 2.5 মিটার – 3.5 মিটার হয়ে থাকে। এটা সিলিন্ডার আকৃতির এবং এর ইস্পাতের খোলকের অভ্যন্তরে তাপসহিষ্ণু ইটের লাইনিং করা থাকে। এটা 20 : 1 ঢালে 'রোলার বিয়ারিং' এর উপর স্থাপিত। এটা নিজ অক্ষের উপর প্রতি মিনিটে 1 হতে 3 বার ঘুরে। এটা তিনটি বলয়ে বিভক্ত তবে চুল্লিটির নিম্নপ্রান্তে নির্গমন পথ সংলগ্ন অতিতপ্ত অঞ্চলকে চতুর্থ বলয় 'অতিতপ্ত বলয়' হিসাবে বিবেচনা করা যায়। এটাতে জ্বালানি হিসেবে কয়লা, তৈল বা গ্যাস ব্যবহার করা হয়। কয়লা ব্যবহার করলে গুঁড়া করে দিতে হয়। বাতাসের প্রবাহে (ব্লোয়ারের সাহায্যে) কয়লা চুল্লির নিম্নপ্রান্তের প্রজ্বলিত অংশে দেয়া হয়।

চুল্লিটির উপরে প্রান্তের প্রথম কয়েক মিটারে বিশেষ ধরনের শিকল ঝুলন্ত অবস্থায় থাকে। উপরের প্রান্ত দিয়ে সরবরাহকৃত স্লারি স্প্রে আকারে ঝুলন্ত তপ্ত শিকলের গায়ে পতিত হলে শুষ্ক হয়ে চুল্লির তলদেশে পড়ে। চুল্লির এ অঞ্চলই শুষ্ককারী বলয়। এ বলয়ে তাপমাত্রা 400° হতে 600° ফাঃ। এ অঞ্চলের পরই ভস্মীকরণ বলয়।



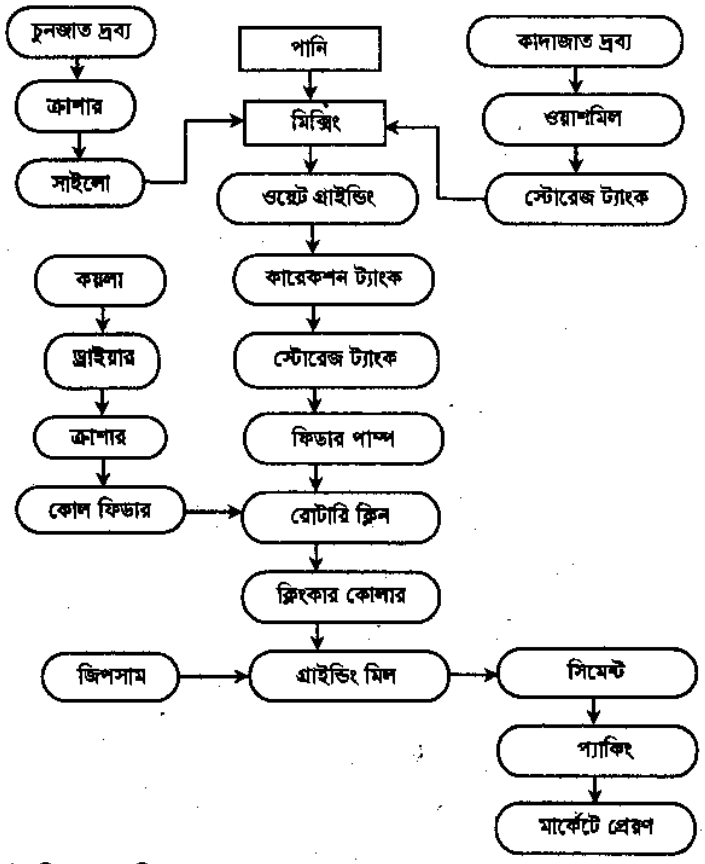
চিত্র : ৫.১ ঘুরন্ত চুল্লি ও ঘুরন্ত শীতলক

ঢালের কারণে শুষ্ক স্লারি ক্রমশ গড়িয়ে ভস্মীকরণ বলয়ে প্রবেশ করে এবং ভস্মীকরণের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত হয়। এ বলয়ে তাপমাত্রা 1200° হতে 1600° ফাঃ। ভস্মীকরণ অঞ্চল অতিক্রমকালেই ভস্মীকরণ সমাপ্ত হয় এবং উপাদানসমূহ পিণ্ডাকৃতি দানকারী বলয়ে প্রবেশ করে। এখানে উচ্চতাপে (1600° হতে 3000° ফাঃ) উপাদানগুলো রাসায়নিক বিক্রিয়া করে সিলিকেট, অ্যালুমিনেট ও ফেরাইটের যৌগ গঠন করে এবং 60 মিলিমিটার হতে 120 মিলিমিটার ব্যাসের মটর কলাই আকৃতির ছোট ছোট কাচ-সদৃশ পিণ্ডে পরিণত হয় এবং চুল্লির নিম্নপ্রান্তের অতিতপ্ত বলয় (Firing zone) হয়ে (যার তাপমাত্রা ৩০০০° ফাঃ এর বেশি) নির্গমন পথে বের হয়ে শীতলীকরণ সিলিন্ডারে প্রবেশ করে। শীতলকরণ সিলিন্ডারের উভয় প্রান্ত খোলা বিধায় অবাধ বায়ু চলাচলের ফলে পিণ্ডগুলো (Clinker) শীতল হয়।

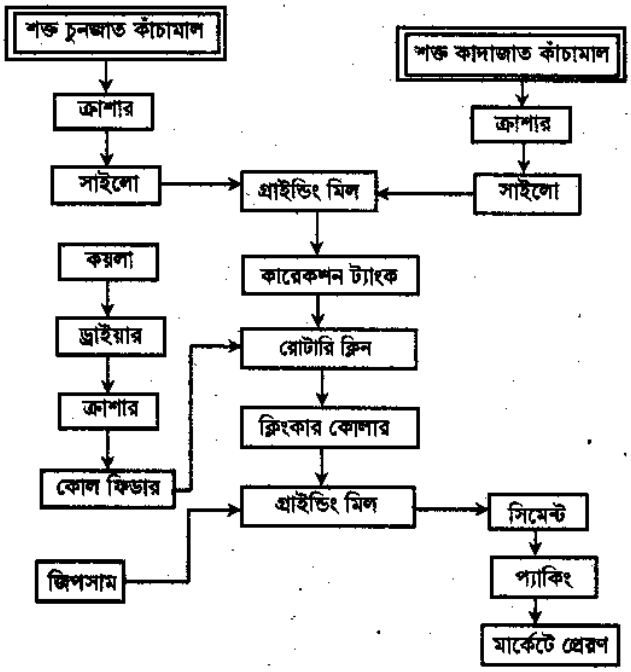
তৃতীয় পর্যায়ে শীতল করা পিণ্ডগুলোর সাথে 2% হতে 3% জিপসাম মিশিয়ে 'বল মিলে' বা টিউব মিলে মিহি পাউডারে পরিণত করা হয়। এ মিহি পাউডারই সিমেন্ট।

শুষ্ক পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরিকরণ : চুনজাতীয় ও কাদাজাতীয় বিভিন্ন কাঁচামাল সঠিক অনুপাতে শুষ্ক অবস্থায় মিশিয়ে ভালভাবে চূর্ণ করে চূর্ণকৃত মিশ্রণ 'র-মিক্স' (Raw mix) কে ঘুরন্ত চুল্লিতে (Rotary kiln) সিক্ত পদ্ধতির ন্যায় পুড়িয়ে পিণ্ড (Clinker) তৈরি করা হয় এবং শীতল করা পিণ্ডের সাথে জিপসাম সহযোগে পাউডারে (বল মিল বা টিউব মিলের সাহায্যে) পরিণত করা হয়। এ পাউডারই সিমেন্ট।

সিক্ত পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরির প্রবাহ চিত্র ঃ



শুষ্ক পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরির প্রবাহ চিত্র ঃ



নিম্নে পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট তৈরির সিক্ত পদ্ধতি ও শুষ্ক পদ্ধতির মধ্যে পার্থক্য দেয়া হল ঃ

সিক্ত পদ্ধতি	শুষ্ক পদ্ধতি
১। চূর্ণ করা কাঁচামালের সাথে 30% হতে 50% পানি মিশিয়ে গ্রাইন্ডিং মিলে পেষাই করা হয়।	১। চূর্ণকৃত কাঁচামালের মিশ্রণকে তাপ দিয়ে শুকিয়ে গ্রাইন্ডিং মিলে পেষাই করা হয়।
২। পেষাইকৃত সমসত্ত্ব মিশ্রণ কাদার পাতলা কাই (Paste) এর মতো হয়।	২। পেষাইকৃত মিশ্রণ মিহি পাউডারের মতো হয়।
৩। পেষাইকৃত পাতলা কাই স্লারি নামে পরিচিত।	৩। পেষাইকৃত মিহি পাউডার র-মিক্স নামে পরিচিত।
৪। রোটারি চুল্লিতে স্লারি শুকানো, পোড়ানোর কাজ করতে হয়।	৪। রোটারি চুল্লিতে র-মিক্স পোড়ানোর কাজ করতে হয়।
৫। জ্বালানি খরচ তুলনামূলক বেশি।	৫। জ্বালানি খরচ তুলনামূলক কম।

৫.৪ সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের ধর্ম ও ব্যবহার (Properties and uses of ordinary Portland cement) ঃ

সিমেন্টের গুরুত্বপূর্ণ ধর্মসমূহ হল–

১। সিমেন্টের পানি যোজন (Hydration)

২। সিমেন্টের জমাটবদ্ধতা (Seting of cement)

৩। সিমেন্টের সূক্ষ্মতা (Fineness of cement)

৪। সিমেন্টের নিখুঁততা (Soundness of cement)

৫। সিমেন্টের শক্তি (Strength of cement)।

১। সিমেন্টের পানি যোজন (Hydration) ঃ সিমেন্টের সাথে পানির সকল প্রকার বিক্রিয়াই সিমেন্টের পানি যোজন (Hydration)। সিমেন্টের সকল উপাদানিক যৌগগুলো শুষ্ক অবস্থায় থাকে। সিমেন্টে পানির উপস্থিতির সাথে সাথেই এর উপাদানিক যৌগগুলোতে রাসায়নিক বিক্রিয়া আরম্ভ হয়। কিন্তু এদের প্রত্যেকটির পানি যোজনের হার সমান নয়। এর মধ্যে ট্রাই-ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট (C_3A) এবং টেট্রা-ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনো ফেরাইট (C_4AF) পানির সাথে বিক্রিয়া করে প্রথমেই পানিযোজিত হয়। এদের পর পরই সিমেন্টের গুরুত্বপূর্ণ উপাদানিক যৌগ ট্রাই-ক্যালসিয়াম সিলিকেট মাত্র এক সপ্তাহের মধ্যেই প্রায় সম্পূর্ণরূপে পানির সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন করে। প্রাথমিকভাবে এটাই সিমেন্টকে শক্তিদান করে। ডাই-ক্যালসিয়াম সিলিকেট সবচেয়ে ধীরে ধীরে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন করে এবং এ বিক্রিয়ায় বেশ কিছু দিন অতিবাহিত হয়। এ উপাদানিক যৌগের জন্যই সিমেন্ট ধীরে ধীরে শক্তিপ্রাপ্ত হয়। পানি যোজন ক্রিয়ায় পানি-সিমেন্ট দ্রবণ দীর্ঘদিনব্যাপী কেলাস ও জেল (gel) গঠন করে। সিমেন্টের পানি যোজনে রাসায়নিক বিক্রিয়া নিম্নে দেখানো হল ঃ

$3CaO, SiO_2 + XH_2O = 2CaO\ SiO_2\ XH_2O + Ca(OH)_2$

$2CaO, SiO + XH_2O = CaO\ SiO_2\ XH_2O$

$3CaO\ Al_2O_3 + 6H_2O = 3CaO\ Al_2O_2\ 6H_2O$

$4CaO\ Al_2O_3\ Fe_2O_3 + XH_2 = 3CaO\ Al_2O_3\ 6H_2O$ লোহার যৌগ

উপরোক্ত কেলাসগুলো পরস্পরের সাথে এবং নির্মাণে ব্যবহৃত বালি, অ্যাগ্রিগেট পৃষ্ঠের সাথে সংযুক্ত হয়ে অল্প সময়ের মধ্যে জমাটবদ্ধ ও শক্ত হয়।

২। সিমেন্টের জমাটবদ্ধতা (Setting of cement) ঃ সিমেন্ট পেস্ট তরল অবস্থা হতে কঠিন অবস্থায় পরিবর্তন হওয়াকে সিমেন্টের জমাটবদ্ধতা বলা হয়। প্রাথমিক জমাটবদ্ধতা ও চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতা যথাক্রমে জমাটবদ্ধতার প্রারম্ভ ও সমাপ্তি বুঝায়। জমাটবদ্ধতা (Setting) ও শক্ততা (Hardening) একই কার্য নির্দেশ করে না, যদিও উভয় কার্যই একত্রে আরম্ভ হয়। কিন্তু জমাটবদ্ধতা সমাপ্তির পরও শক্ততার কার্য চলতে থাকে। জমাটবদ্ধ হওয়ার সাথে তাপমাত্রার সম্পর্ক অঙ্গাঙ্গিভাবে জড়িত। প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময় হতে তাপমাত্রা দ্রুত বাড়তে থাকে এবং চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতার সময় তাপমাত্রাও চূড়ান্ত সীমায় পৌঁছায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে জমাটবদ্ধতার মাত্রা মন্থর হতে থাকে। তাপমাত্রা 85° ফাঃ এর উর্ধ্বে হলে বিপরীত প্রতিক্রিয়া পরিলক্ষিত হয়। নিম্ন তাপমাত্রায় জমাটবদ্ধতা বাধাপ্রাপ্ত হয়।

অবাস্তব জমাটবদ্ধতা (False setting) ঃ সিমেন্টে পানির উপস্থিতির কয়েক মিনিটের মধ্যেই তাপ উৎপন্ন হওয়া ছাড়াই জমাটবদ্ধতার লক্ষণ পরিলক্ষিত হয়। এ জমাটবদ্ধতাকে অবাস্তব জমাটবদ্ধতা বলা হয়। এ ধরনের জমাটবদ্ধতার পর কোন অতিরিক্ত পানি না মিশিয়ে পুনঃমিশ্রণ করলে সিমেন্টের শক্তির উপর কোনরূপ প্রভাব পড়ে না।

আকস্মিক জমাটবদ্ধতা (Flash setting) ঃ ট্রাই-ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট (C_3A) পানির উপস্থিতিতে প্রচণ্ড বিক্রিয়া সৃষ্টি করে এবং শীঘ্রই সিমেন্টের পৃষ্ঠ কঠিন হওয়া আরম্ভ করে। এ জমাটবদ্ধতাকে আকস্মিক জমাটবদ্ধতা বলা হয়। এ অবস্থা হতে নিরাপদ থাকার জন্য সিমেন্ট ক্লিংকারের সাথে জিপসাম মিশিয়ে সিমেন্ট প্রস্তুত করা হয়।

৩। **সিমেন্টের সূক্ষ্মতা (Fineness of cement) ঃ** যেহেতু সিমেন্ট পানির সহযোগে রাসায়নিক বিক্রিয়া করে। কাজেই সিমেন্টের প্রতিটি সূক্ষ্ম কণার বহিঃপৃষ্ঠে পানির স্পর্শই রাসায়নিক বিক্রিয়া তথা পানি যোজনের কাজ সহজতর করে। এক্ষেত্রে সহজেই বলা যায়, সিমেন্টের সূক্ষ্মতা যত বেশি হবে পানিযোজিতকরণ তত সহজতর হবে এবং দ্রুত সিমেন্টের শক্তি বৃদ্ধি করবে। কিন্তু অতি সূক্ষ্ম সিমেন্টের জন্য খরচের পরিমাণ ও বায়ুদূষিতকরণের দিকে লক্ষ রেখে সূক্ষ্মতার মাত্রা নির্ধারণ করতে হয়।

৪। **সিমেন্টের নিখুঁততা (Soundness of cement) ঃ** সিমেন্ট পেস্ট একবার জমাটবদ্ধ হয়ে গেলে এটার আয়তন বৃদ্ধি পাওয়া সম্ভব নয়। কিন্তু সিমেন্টের কোন উপাদানিক যৌগের মন্থর পানি যোজনের কারণে অথবা সিমেন্টে মুক্ত লাইম, ম্যাগনেশিয়া এবং ক্যালসিয়াম সালফেট থাকলে আয়তনে বৃদ্ধি পাবে, ফলে ফাটল দেখা দিবে। কাজেই সিমেন্টের কাঁচামালে মন্থর পানি যোজীয় উপাদান, লাইম, ম্যাগনেশিয়া, ক্যালসিয়াম সালফেট-এর মাত্রা নির্ধারণে সতর্কতা অবলম্বন করতে হয়।

৫। **সিমেন্টের শক্তি (Strength of cement) ঃ** নির্মাণে ব্যবহারের জন্য কাঠিন্যপ্রাপ্ত সিমেন্টের যান্ত্রিক শক্তি সম্পর্কে ধারণা থাকা আবশ্যক। কিন্তু সিমেন্টের শক্তি পরীক্ষার জন্য বিশদ বিবরণ নির্দিষ্ট করে দেয়া আছে। মূলত সিমেন্ট সরাসরি নির্মাণে ব্যবহার করা হয় না বরং এর তৈরি মসলা, কংক্রিটই নির্মাণে ব্যবহার করা হয়। কাজেই কংক্রিট, মসল্লার শক্তিই বিবেচনা করা উচিত। মসলা বা কংক্রিটের শক্তি নির্ভর করে– (১) সিমেন্টের সাথে অ্যাগ্রিগেটের সংযুক্তির মাত্রা এবং (২) অ্যাগ্রিগেটের শক্তির উপর। সিমেন্টের শক্তি পরীক্ষার জন্য নির্দিষ্ট নির্দেশ অনুযায়ী কংক্রিট ও মসলা তৈরি করে সিমেন্টের শক্তি পরীক্ষা করা হয়। আমাদের দেশে ব্যবহারিকক্ষেত্রে সিমেন্টের কম্প্রেসিভ ও টেনসাইল স্ট্রেংথ পরীক্ষা করা হয়।

প্রধানত নিম্নের ক্ষেত্রগুলোতে সিমেন্ট ব্যবহার করা হয় ঃ

১। যে সকল ভিত্তি পানির স্পর্শে আসে, ঐ সকল ভিত্তি নির্মাণে যেমন জলাধার, পানি অপ্রবেশ্য মেঝে, ডক ইয়ার্ড ইত্যাদি।

২। গুরুত্বপূর্ণ শক্তিশালী নির্মাণকাজে যেমন ব্রিজ পায়ার, লাইট হাউস, সুউচ্চ টাওয়ার ইত্যাদি।

৩। নির্মাণের অনাবৃত অংশে যেমন চিমনির চূড়ার অংশ, দেয়ালের কপিং, ব্রিজ ইত্যাদিতে।

৪। সিমেন্টের মসলা, কংক্রিট, রিইনফোর্সড্ কংক্রিট, রিইনফোর্সড ব্রিকওয়ার্ক, কৃত্রিম পাথর তৈরি ইত্যাদিতে।

৫। পানি সরবরাহ ও নিষ্কাশন সংক্রান্ত নির্মাণে।

৬। নির্মাণের বহিঃপৃষ্ঠকে আবহাওয়ার বিরূপতা হতে রক্ষার জন্য।

৭। কম পুরুত্বের দেয়ালে প্রয়োজনীয় অতিরিক্ত শক্তি বৃদ্ধির জন্য।

৮। পয়েন্টিং কাজে।

৯। ইমারতের সৌন্দর্যবর্ধনমূলক কাজে।

৫.৫ সিমেন্ট পরীক্ষণ (Testing of cement) ঃ

সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের জন্য ল্যাবরেটরিতে নিম্নের প্রমাণ পরীক্ষা (Test)-গুলো করা হয় ঃ

১। সূক্ষ্মতা পরীক্ষা (Test for fineness)

২। জমাটবদ্ধতার সময় পরীক্ষা (Test for setting time– প্রাথমিক ও চূড়ান্ত)

৩। খুঁতহীনতা পরীক্ষা (Test for soundness)

৪। রাসায়নিক গঠন পরীক্ষা (Test for chemical compositions)

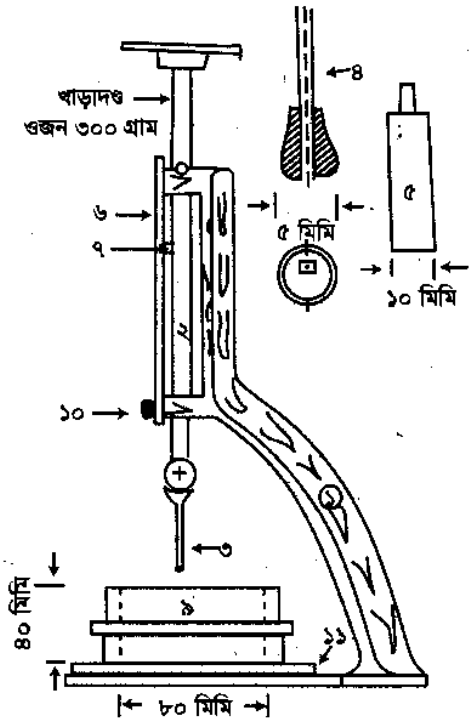
৫। শক্তি পরীক্ষা (Test for strength– কম্প্রেসিভ ও টেনসাইল)

১। **সূক্ষ্মতা পরীক্ষা ঃ** চালুনি পরীক্ষায় বৃটিশ প্রমাণ চালুনির 170 নং চালুনিতে চাললে চালুনিতে অবশিষ্টের পরিমাণ–

সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট 10% এবং র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিমেন্ট 5%, তা ছাড়া এয়ার প্যারমিয়াবিলিটি পদ্ধতিতে পৃষ্ঠদেশের ক্ষেত্রফল পরীক্ষায় প্রতিগ্রাম সিমেন্টের কণার পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল 2250 বর্গসেমি এবং অগনারের টারবিডি মিটার পদ্ধতিতে 1600 বর্গসেমি এর কম হবে না।

২। **জমাটবদ্ধতার সময় পরীক্ষা ঃ** জমাটবদ্ধতার সময় পরীক্ষা ও খুঁতহীনতা পরীক্ষায় জন্য স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্টের দরকার হয়। কাজেই প্রথমত কোন নমুনা সিমেন্টে কী হারে পানি মিশালে স্বাভাবিক তারল্যের পেস্ট পাওয়া যাবে তা জেনে নিতে হবে। স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট নির্ধারণ ও সিমেন্টের জমাটবদ্ধতার সময় নিরূপণের জন্য ভাইকেট যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। নিম্নে একটি ভাইকেট যন্ত্রের চিত্র দেয়া হল। এটাতে চিত্রানুরূপ ফ্রেম (১) এর সাথে একটি খাড়া দণ্ড (২) সংযুক্ত আছে। প্রয়োজনে এটাকে (২) ফ্রেমের সাথে সংযুক্ত অবস্থায় উপরে-নিচে উঠানামা করানো যায়।

খাড়া দণ্ডটিকে প্রয়োজনীয় উচ্চতায় ফ্রেমের সাথে আটকানোর জন্য স্ক্রু (১০) আছে। দণ্ডটির নিম্নপ্রান্তে 1 মিলিমিটার বর্গ প্রস্থচ্ছেদের সুচ (৩), 5 মিলিমিটার ব্যাসের সুচ (৪) ও 10 মিলিমিটার ব্যাসের প্লাঞ্জার (৫) সংযুক্ত করা যায়। ফ্রেমটির সাথে একটি স্কেল (৬) এবং দণ্ডটির সাথে একটি নির্দেশক (indicator) (৭) সংযুক্ত আছে। নির্দেশকটি স্কেলের ধার ঘেঁষে দণ্ডটির সাথে উঠানামা করে। ফ্রেমের সাথে সংযুক্ত প্ল্যাটফর্ম (৪) এর উপর দণ্ড বরাবর একটি রাবার রিং (৯) স্থাপন করা যায়। রবার রিং (৯) এর ব্যাস 80 মিলিমিটার এবং উচ্চতা 40 মিলিমিটার। রাবার রিং রাখার জন্য কম পুরুত্বের কাচের প্লেট (১১)।



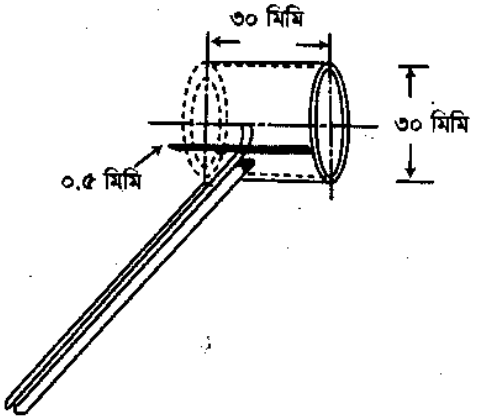
চিত্র ঃ ৫.২ ভাইকেট যন্ত্র

স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট (Cement paste of normal consistency–CPNC) ঃ সিমেন্টের সাথে বিভিন্ন অনুপাতে পানি মিশিয়ে সিমেন্ট পেস্ট তৈরি করা হয় এবং ভাইকেট যন্ত্রের খাড়া দণ্ডের নিম্নপ্রান্তে 10 মিলিমিটার ব্যাসের প্লাঞ্জার সংযোগ করে রবার রিং-এ সদ্যপ্রস্তুত পেস্টে পূর্ণ করে প্লাঞ্জারের ঠিক নিচে প্লাটফর্মের উপর স্থাপন করে এটার উপরের তল প্লাঞ্জারের নিম্নতল স্পর্শ করিয়ে স্বাভাবিকভাবে ছেড়ে দিলে যে পানি-সিমেন্ট অনুপাতের পেস্টে প্লাঞ্জার 33–35 মিলিমিটার প্রবেশ করে, ঐ পেস্টই CPNC (Cement Paste of Normal Consistency) বা স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট।

প্রাথমিক জমাটবদ্ধতা সময় পরীক্ষা (Initial setting time test) ঃ স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্টে রবার রিংটি পূর্ণ করে পেস্টপূর্ণ রিংটি খাড়া দণ্ড বরাবর ঠিক নিচে প্লাটফর্মের উপর রেখে খাড়া দণ্ডের নিম্নপ্রান্তে 1 মিলিমিটার বর্গ প্রস্থচ্ছেদের সুচটি সংযুক্ত করে সুচের নিম্নপ্রান্ত পেস্টের উপরের তলের স্পর্শে এনে স্বাভাবিকভাবে ছেড়ে দিলে যে সময় 35 মিলিমিটার প্রবেশ করে সিমেন্টে প্রথম পানি মিশ্রণের সময় হতে ঐ সময় পর্যন্ত সময়কে প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময় ধরা হয়। সাধারণত পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের ক্ষেত্রে এ সময়ের পরিমাণ 30 মিনিটের কম নয়।

চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতার সময় পরীক্ষা (Final setting time test) ঃ যন্ত্রটির খাড়া দণ্ডের নিম্নপ্রান্তে 5 মিলিমিটার ব্যাসের সুচ সংযুক্ত করে উপরোক্ত পেস্টের উপরিতলের স্পর্শে এনে স্বাভাবিক অবস্থায় ছেড়ে দিলে যে সময় পেস্টের উপরে শুধুমাত্র একটা চাপের দাগ পড়ে, সিমেন্টের প্রথম পানি মিশ্রণের সময় হতে ঐ সময় পর্যন্ত সময়কে চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতার সময় ধরা হয়। সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের ক্ষেত্রে এ সময়ের পরিমাণ 10 ঘন্টার অধিক নয়।

৩। খুঁতহীনতা পরীক্ষা ঃ এ পরীক্ষা লি চ্যাটেলিয়ার (Le Chatelier) যন্ত্রের সাহায্যে করা হয়। এটা দু'মুখ খোলা পিতলের তৈরি সিলিন্ডার বিশেষ, যার উচ্চতা 30 মিমি এবং ব্যাস 30 মিমি।



চিত্র ঃ ৫.৩

যন্ত্রটিতে সিলিন্ডারের সাথে চিত্রানুরূপ দুটি নির্দেশক দণ্ড সংযুক্ত থাকে। নির্দেশকদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থান দিয়ে সিলিন্ডারটির এক প্রান্ত হতে অপর প্রান্ত পর্যন্ত সরু ফাড়া (0.5 মিমি) থাকে। সিলিন্ডারটি একটি কাচের প্লেটের উপর বসিয়ে এটাতে স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট ভর্তি করে অপর মুখ আর একটি কাচের প্লেট দিয়ে বন্ধ করে 64° ফাঃ হতে 68° ফাঃ তাপমাত্রার পানিতে 24 ঘন্টা ডুবিয়ে রাখার পর তুলে আনা হয় এবং নির্দেশকদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব পরিমাপ করা হয়। এরপর এটাকে পানিতে ডুবিয়ে ৩০ মিনিটের মধ্যে পানির তাপমাত্রা স্ফুটনাঙ্কে উন্নীত করা হয় এবং তাপমাত্রার সমতা বজায় রেখে ত্বরান্বিত পানি যোজন নিশ্চিত করা হয়। পানিতে এক ঘন্টা যাবৎ ফুটন্ত অবস্থায় রাখার পর এটা পানি হতে সরিয়ে কক্ষ তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা করে নির্দেশকদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব পরিমাপ করা হয়। বর্ণিত দুই মাপের পার্থক্যই সিমেন্টের প্রসারণ নির্দেশ করে। এর মান 10 মিমি এর কম হওয়া বাঞ্ছনীয়।

৪। রাসায়নিক গঠন পরীক্ষা ঃ সিমেন্টের উপাদানগুলো সঠিক অনুপাতে আছে কি না অথবা সিমেন্টে কোন ভেজাল আছে কি না, তা জানবার জন্য রাসায়নিক গঠন পরীক্ষা করা হয়। র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিমেন্ট ও সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের রাসায়নিক গঠন একই রকম। রাসায়নিক বিশ্লেষণে উভয় সিমেন্টের ক্ষেত্রে নিম্নের ফলাফল পাওয়া যাবে ঃ

(ক) চুনের সাথে সিলিকা, অ্যালুমিনা ও আয়রন অক্সাইডের নেট (Net) অনুপাত (অর্থাৎ সিমেন্টেশন ইনডেক্স) নিম্নরূপ হবে–

$$\text{সিমেন্টেশন ইনডেক্স} = \frac{CaO}{2.8(SiO_2) + 1.2(Al_2O_3) + 0.65\,(Fe_2O_3)} = 0.66 \text{ হতে } 1.02$$

(খ) ম্যাগনেশিয়া দুই শতাংশের অধিক হবে না (ওজনে)।

(গ) দহনজনিত ক্ষয়ের পরিমাণ দুই শতাংশের অধিক হবে না (ওজনে)।

(ঘ) অদ্রাব্য তলানির পরিমাণ 0.5% এর অধিক হবে না (ওজনে)।

(ঙ) সালফার-ট্রাই-অক্সাইডে বিদ্যমান মোট সালফারের পরিমাণ ২% এর অধিক হবে না (ওজনে)।

৫। শক্তি পরীক্ষা ঃ সিমেন্টের টেনসাইল স্ট্রেংথ ও কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ পরীক্ষার জন্য সিমেন্ট, বালি ও পানির সংমিশ্রণে তৈরি আদর্শ মসল্লার বৃকেট ও ঘনক (Briquetts and cube) ব্যবহার করা হয়। বৃকেট ও ঘনক তৈরির জন্য আদর্শ বালির (Standard sand) আদর্শ মসল্লা (Standard mortar) ব্যবহার করা হয়।

আদর্শ বালি (Standard sand) ঃ এ বালি উত্তমরূপে পর্যায়িত (well graded) বিশুদ্ধ প্রাকৃতিক সিলিকা। এগুলো 18 নং চালুনিতে (বৃটিশ প্রমাণ) চাললে চালুনিতে কোন অবশেষ থাকে না, কিন্তু 25 নং (বৃটিশ প্রমাণ) চালুনিতে চাললে কম পক্ষে 90% চালুনিতে অবশেষ থাকে।

আদর্শ মসলা (Standard mortar) ঃ সিমেন্ট ও সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক আদর্শ বালি 1:3 অনুপাতে মিশ্রিত করে পানির সহযোগে এ মসলা তৈরি করা হয়।

আদর্শ মসলার জন্য পানি ঃ পরিষ্কার পান উপযোগী পানি আদর্শ মসলা তৈরিতে ব্যবহার করা হয়। পানির পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য নিম্নের সূত্রটি ব্যবহার করা হয়–

$$W = \frac{1}{4}(0.78P) + 2.4$$

এখানে, W = সিমেন্ট ও বালির ওজনের শতকরা হারে পানির পরিমাণ

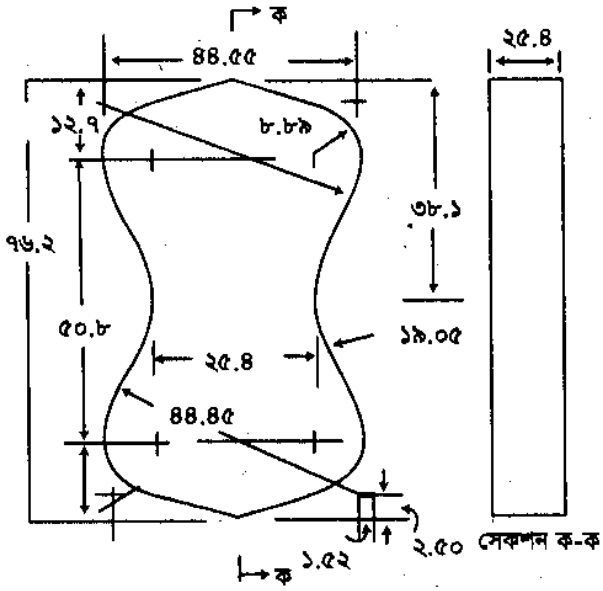
P = স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট তৈরিতে পানির শতকরা হার।

তবে সচরাচর আদর্শ মসল্লা তৈরিতে বালি ও সিমেন্টর ওজনের 8% পানি ব্যবহার করা হয়।

গজিং (Gauging) ঃ মসলার বিভিন্ন উপাদান মিশানোর বা মিশ্রিত করার প্রক্রিয়াকে গজিং (Gauging) বলা হয়।

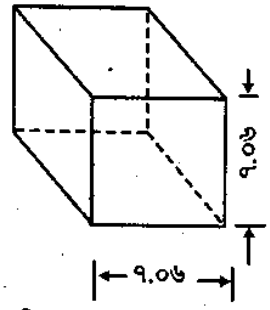
(ক) টেনসাইল স্ট্রেংথ পরীক্ষা (Tensile strength test) ঃ আদর্শ মসলা দিয়ে চিত্রানুরূপ বৃকেট তৈরি করে 90% আপেক্ষিক আর্দ্রতাযুক্ত আবহাওয়ায় 64° হতে 68° ফারেনহাইট তাপমাত্রায় 24 ঘণ্টা কিউরিং করার পর ফর্মা হতে এগুলোকে বের করে পরিষ্কার পান উপযোগী পানিতে ডুবিয়ে রেখে দেয়া হয়। অতঃপর নির্দেশিত সময়ের (3 দিন/7 দিন/14 দিন/28 দিন) পর শক্তি পরীক্ষার জন্য পানি হতে উঠিয়ে টেনসাইল স্ট্রেংথ টেস্ট যন্ত্রের সাহায্যে টেনসাইল স্ট্রেংথ পরীক্ষা করা হয়।

প্রতিটি সময়কালের টেস্টে অন্তত 6টি বৃকেটের গড়পড়তা ফলাফলই গ্রহণ করা সমীচীন। টেনসাইল স্ট্রেংথ-এর পরিমাণ সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের জন্য 3 দিনে 20 কেজি/বর্গসেন্টিমিটার এবং 7 দিনে 25 কেজি/বর্গসেন্টিমিটার এর কম গ্রহণযোগ্য নয়। র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিসেন্টের জন্য 1 দিন পর 20 কেজি/বর্গসেন্টিমিটার এবং 3 দিন পর 30 কেজি/বর্গসেন্টিমিটার টান শক্তি হওয়া উচিত।



চিত্র ঃ ৫.৪ আদর্শ বৃকেট (সকল একক মিমি)

(খ) কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ পরীক্ষা (Compressive strength test) ঃ দুটি আদর্শ পদ্ধতিতে সিমেন্টের কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ পরীক্ষা করা যায়। এক্ষেত্রে একটি পদ্ধতিতে মসলার এবং অপর পদ্ধতিতে কংক্রিটের ঘনক ব্যবহার করা হয়। আমরা মসলার ঘনক প্রস্তুত করে কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ পরীক্ষা পদ্ধতি সম্পর্কে আলোচনা করব। এ পদ্ধতিতে আদর্শ শুষ্ক বালি ও সিমেন্টের ১৪৩ অনুপাতের মিশ্রণে বালি ও সিমেন্টের শুষ্ক অবস্থায় ওজনের 10% পানি মিশ্রিত করে 7.06 সেন্টিমিটার আকারের ঘনক তৈরি করা হয় এবং ২৪ ঘণ্টা পর্যন্ত কক্ষ তাপমাত্রায় মোল্ড অভ্যন্তরে রেখে দেয়া হয়।



চিত্র ঃ ৫.৫ ঘনক (একক সেমি)

24 ঘণ্টা পর ঘনকগুলো মোল্ড হতে বের করে পরিষ্কার পানিতে ডুবিয়ে রাখা হয় এবং নির্দেশিত সময়ের (তিন দিন/7দিন ...) পর উঠিয়ে কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ টেস্ট যন্ত্রের সাহায্যে সরাসরি 'কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ' পরীক্ষা করা হয়। প্রতিটি (তিন দিন এবং 7 দিন) নির্ধারিত সময়ের ক্ষেত্রে ৬টি ঘনকের গড়পড়তা শক্তিই গ্রহণ করা সমীচীন। সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের জন্য কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ 3 দিনে 115 কেজি/বর্গসেন্টিমিটার এর কম হওয়া এবং 7 দিনে 715 কেজি/বর্গসেন্টিমিটার এর কম হওয়া উচিত নয়। র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিমেন্টের জন্য 1 দিন পর 115 কেজি/বর্গসেন্টিমিটার এবং 3 দিন পর 210 কেজি/বর্গসেন্টিমিটার হওয়া উচিত।

কার্যক্ষেত্রে সিমেন্ট পরীক্ষা ঃ

কার্যক্ষেত্রে (Field) সিমেন্ট ভাল-মন্দ বুঝার জন্য নিচের পরীক্ষাগুলো করা হয়ে থাকে এবং ভাল সিমেন্টে নিম্নের অবস্থাগুলো পরিলক্ষিত হয় ঃ

১। সিমেন্টের বস্তার ভিতর হাত দিলে ঠান্ডা অনুভূত হবে।

২। একমুষ্টি সিমেন্ট পানিতে ফেললে ডুবে যাবে।

৩। হাতে মিহি পাউডারের মতো অনুভূত হবে।

৪। একমুষ্টি সিমেন্ট হাতে নিয়ে জড়ো করলে জড়ো হয়ে থাকবে।

৫। একখণ্ড কাচের পাতের উপর পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের শক্ত পেস্ট (thick paste) রেখে পানিতে ২৪ ঘণ্টা ডুবিয়ে রাখলে ফাটল সৃষ্টি হবে না, বরং জমাটবদ্ধ হবে।

৫.৬ বিশেষ ধরনের সিমেন্ট এবং এগুলোর ব্যবহার (Special cement and their uses) ঃ

নিম্নে বিভিন্ন ধরনের কয়েকটি বিশেষ ধরনের সিমেন্টের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা ও ব্যবহার দেয়া হল ঃ

১। র‍্যাপিড হার্ডেনিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Rapid hardening Portland cement)ঃ র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিমেন্ট দ্রুত শক্ত হয় এবং 8 দিনেই সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের 24 দিনের সমপরিমাণ শক্তি অর্জন করে। তাই একে আরলি স্ট্রেংথ পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Early strength Portland cement) বলা হয়। দ্রুত দৃঢ়তার জন্য এই সিমেন্টে (ক) সূক্ষ্মতা বাড়িয়ে 'স্পেসিফিক সারফেস' বাড়ানো হয় (প্রতি গ্রামে 3250 বর্গসেমি এর কম নয়), (খ) চুনের মাত্রা বাড়ানো হয় এবং (গ) অধিক তাপমাত্রায় পোড়ানো হয়। যে সকল ক্ষেত্রে অল্প সময়ে শাটারিং খুলে ফেলার দরকার হয় এবং দ্রুত কাজ সমাপ্ত করতে হয়, সে সকল ক্ষেত্রে এ সিমেন্ট ব্যবহার করা হয়। সাধারণত সিমেন্ট কংক্রিটের রাস্তা, সিউয়েজ লাইনের মেরামত ইত্যাদি কাজে এ সিমেন্ট ব্যবহার করা হয়। তা ছাড়া এগুলো শীতল আবহাওয়ায় কংক্রিটের কাজেও ব্যবহার করা যায় কেননা এগুলো দ্রুত শক্ত হওয়ার সময় দ্রুত তাপ উৎপন্ন হয়, তাই শীতল আবহাওয়ায় বিঘ্ন ঘটায় না।

২। কুইক সেটিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Quick setting Portland cement) ঃ র‍্যাপিড হার্ডেনিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট গ্রাইন্ডিং কালে এর সাথে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) মিশিয়ে কুইক সেটিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট তৈরি করা হয়। এ সিমেন্টের প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময় 5 মিনিট এবং 30 মিনিটে চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতা শেষ হয়। স্রোতস্বিনী বা পানির নিচের কাজে এ সিমেন্ট বিশেষভাবে ব্যবহার করা হয়।

৩। লো-হিট পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Low heat Portland cement) ঃ এ সিমেন্ট জমাটবদ্ধতা ও কাঠিন্য অর্জনে সাধারণ সিমেন্ট অপেক্ষা কম তাপ বিমুক্ত করে এবং শক্তি অর্জনের হার অপেক্ষাকৃত মন্থর। এগুলো বৃহৎ বাঁধ, সেতুর অ্যাবাটমেন্ট, পাল্লার ইত্যাদি নির্মাণের কংক্রিট তৈরির ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়।

৪। হাই-অ্যালুমিনা সিমেন্ট (High-alumina cement) ঃ এটি পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের শ্রেণিভুক্ত নয়। হাই-অ্যালুমিনা সিমেন্টে প্রায় 35% হতে 45% অ্যালুমিনেট থাকে বিধায় একে অ্যালুমিনাস সিমেন্ট (Aluminous cement)-ও বলা হয়। বিশেষ ধরনের 'ভাইব্রেটরি ফারনেসে' শুকানো বক্সাইট ও চক বা চুনাপাথর মিশানোর পর এগুলোকে তাপে গলিয়ে পিণ্ডাকারে ঢালাই করা হয়। পরবর্তীতে পিণ্ডগুলোকে ভেঙ্গে এবং প্রয়োজনীয় সূক্ষ্মতার মিহি পাউডারে পরিণত করে এ সিমেন্ট তৈরি করা হয়। এ সিমেন্ট মোটামুটি কালো বর্ণের পাউডারের মতো এবং এর তৈরি কংক্রিটের বর্ণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের কংক্রিটের চেয়ে গাঢ় বর্ণের। এতে জমাটবদ্ধতার সময় নিয়ন্ত্রণের জন্য পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের মতো জিপসাম মেশানো হয় না, তার স্থলে গলিত সামগ্রীকে শীতল করার পর্যায়িক মাত্রা (Cooling rate) নিয়ন্ত্রণের মাধ্যমে জমাটবদ্ধতার সময় নিয়ন্ত্রণ করা হয়। এ সিমেন্টের প্রারম্ভিক জমাটবদ্ধতার সময় 3 ঘন্টা হতে 6 ঘন্টা এবং প্রারম্ভিক জমাটবদ্ধতার পর প্রায় 2 ঘন্টার মধ্যে চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতা সম্পন্ন হয়। এতে অধিক অনুপাতে অ্যালুমিনেট থাকায় সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের 28 দিনে প্রাপ্ত শক্তির সমপরিমাণ শক্তি 24 ঘন্টায় প্রাপ্ত হয়। এ সিমেন্ট দ্রুত তাপ সৃষ্টিসহ মনোক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট গঠনের ফলে জমাটবদ্ধ ও শক্ত হয়ে থাকে। দ্রুত তাপ সৃষ্টির ফলে এ সিমেন্ট অস্বাভাবিক তাপমাত্রায় কংক্রিটের কাজের জন্য বিশেষ উপযোগী। এ সিমেন্ট সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের চেয়ে প্রায় দ্বিগুণ চাপ শক্তিসম্পন্ন এবং এগুলো লোনা পানি প্রতিরোধী। যেহেতু এগুলোতে মুক্ত চুনের উপস্থিতি নাই, তাই এগুলো পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের তুলনায় অধিক খুঁতহীন (Sound)।

এগুলো সালফেট মিশ্রিত পানি ও সমুদ্রের পানি প্রতিরোধী। এগুলো সমুদ্রের উপকূলের নির্মাণকাজে, দুগ্ধ কারখানা, ভাটিখানা, কাগজের কল, ট্যানারি, সার কারখানা ইত্যাদির মেঝে নির্মাণ এবং পানির নিচের নির্মাণকাজের জন্য বেশ উপযোগী কিন্তু হাইড্রেশনে দ্রুত তাপ সৃষ্টি করে বিধায় পুরু দেওয়াল, বাঁধ ইত্যাদির মাস কংক্রিটের (Mass concrete) কাজের জন্য উপযোগী নয়। এগুলো দুর্গল ও তাপরোধক কংক্রিটে ব্যবহৃত হয়। এগুলোর বাণিজ্যিক নাম "সিমেন্ট ফন্ডু" (Cemnet Fondu) ফ্রান্সে, "লাইটেনিং" (Lightening) ইংল্যান্ডে এবং "লুমনাইট" (Lumnite) যুক্তরাষ্ট্রে।

৫। সালফেট রেজিস্টিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Sulphate resisting Portland cement) ঃ পানিতে বা মাটিতে বিদ্যমান ক্ষতিকারক লবণ সোডিয়াম সালফেট, ম্যাগনেশিয়াম সালফেট ইত্যাদি মসলা ও কংক্রিটের উপর বিরূপ প্রতিক্রিয়া (আয়তন বৃদ্ধি ও বিযোজন) সৃষ্টি করে। নির্মাণের স্থায়িত্বের জন্য তাই সালফেট রেজিস্টিং সিমেন্ট ব্যবহার করা হয়, যেহেতু এগুলো তৈরিতে ট্রাই ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট এর হার কমিয়ে দেয়া হয়, তাই শক্ত হওয়ার হার কিছু মন্থর হয় বিধায় এগুলোকে সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের চেয়ে সূক্ষ্ম পাউডারে পরিণত করে শক্ত হওয়ার হার স্বাভাবিক রাখা হয়। তা ছাড়া এগুলোতে ডাই-ক্যালসিয়াম সিলিকেট এর পরিমাণ বাড়িয়ে দেয়া হয়, তাই কিউরিং এর জন্য অধিক সময় দরকার হয়। সাধারণত সাগর জলে ও নদী মোহনায় সেতু, বাঁধ ইত্যাদি নির্মাণে সালফেট রেজিস্টিং সিমেন্ট ব্যবহার করা হয়।

৬। এয়ার এনট্রেইনিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Air entraining Portland cement) ঃ সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের ক্লিংকারের সাথে 0.01% হতে 0.05% (ওজনে) জৈব ফোমিং সামগ্রী মিশিয়ে সূক্ষ্ম পাউডারে পরিণত করে এ সিমেন্ট তৈরি করা হয়। ফলত কংক্রিট তৈরিকালে কংক্রিটে অসংখ্য অতি সূক্ষ্ম বুদবুদ সৃষ্টি হয়। এতে কংক্রিটের ওজন 10% হতে 15% কমে যায়, তুষার ক্রিয়ার প্রভাব কমে যায় এবং কংক্রিট সড়কের পেভমেন্টে সূক্ষ্ম ফাটল দেখা দেয় না। নির্মাণে তুষার ক্রিয়ারোধের জন্য এ সিমেন্ট ব্যবহার করা হয়। সাধারণত শীতপ্রধান এলাকায় কংক্রিট সড়ক ও ইমারত নির্মাণ, শীতল কক্ষের দেয়াল নির্মাণ ইত্যাদি ক্ষেত্রে এ সিমেন্ট ব্যবহার করা হয়।

৭। পোর্টল্যান্ড ব্লাস্ট ফারনেস স্লাগ সিমেন্ট (Portland blast furnace slag cement) ঃ বাত্যাচুল্লিতে প্রাপ্ত ধাতুমল (Slag) সাধারণ সিমেন্টের সাথে নির্দিষ্ট অনুপাতে মিশিয়ে পাউডারে পরিণত করে এ সিমেন্ট পাওয়া যায়। তবে ধাতুমল সালফাইডমুক্ত হতে হবে। এ সিমেন্ট সালফেটরোধী। কর্দম বা জলাভূমিতে সড়ক নির্মাণে, সমুদ্রজলে নির্মাণের জন্য এ সিমেন্ট ব্যবহার করা হয়। এগুলো হাইড্রেশন কালে অপেক্ষাকৃত কম তাপ উৎপন্ন করে বিধায় এগুলো 'লো হিট সিমেন্ট' হিসাবে ব্যবহার করা যায় এবং বাঁধ, পায়ার, পুরু দেয়াল ইত্যাদি নির্মাণে ব্যবহার করা যায়।

৮। পাজোলান সিমেন্ট (Puzzolan cement) ঃ পাজোলান সামগ্রী ক্লিংকারের সাথে নির্দিষ্ট অনুপাতে মিশিয়ে পাউডারে পরিণত করে অথবা সিমেন্টের সাথে পাজোলান সামগ্রীর পাউডার মিশিয়ে এ সিমেন্ট তৈরি করা হয়। এগুলো ধীরগতিতে শক্তি অর্জন করে। সাধারণত ইমারতের দেওয়াল, মেঝে ইত্যাদি নির্মাণে এ সিমেন্ট ব্যবহার করা হয়। এগুলো হাইড্রেশন কালে অপেক্ষাকৃত কম তাপ উৎপন্ন করে বিধায় এগুলো 'লো হিট সিমেন্ট' হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

৯। সাদা পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (White Portland cement) ঃ আয়রন অক্সাইডের উপস্থিতির জন্য পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের বর্ণ গ্রে বর্ণের হয়ে থাকে। সাদা (White) সিমেন্টের জন্য কাঁচামাল নির্বাচনে বেশ সতর্ক থাকতে হয় যেন কাঁচামালে আয়রন অক্সাইড খুবই নগণ্য (১% এর কম) পরিমাণে থাকে। তাই সাধারণ চুনাপাথর বা লাইমের পরিবর্তে সাদা চক এবং কাদার পরিবর্তে চীনামাটি দিয়ে পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট এর ন্যায় সাদা সিমেন্ট তৈরি করা হয়। ছাইমুক্ত রাখার জন্য জ্বালানি হিসাবে কয়লার পরিবর্তে জ্বালানি তেল বা গ্যাস ব্যবহার করা হয়। তা ছাড়া আয়রন অক্সাইডের অনুপস্থিতিতে বিগালক হিসাবে সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম ফ্লোরাইড (ক্রায়োলাইট) ব্যবহার করা যায়। সৌন্দর্যবর্ধক মেঝে, ব্রিজ, রেইল, ট্রাফিক স্কার্ব, বিমানবন্দরে বিভিন্ন অঞ্চল চিহ্নিতকরণ ইত্যাদি কাজে সাদা সিমেন্ট ব্যবহৃত হয়। তা ছাড়া মার্বেল ও সাদা টালি তৈরিতে সাদা সিমেন্ট ব্যবহৃত হয়। সাদা সিমেন্টের বাণিজ্যিক নাম স্নোক্রিট (Snowcrete)।

১০। রঙিন পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Coloured Portland cement) ঃ সাদা পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের ক্লিংকারকে পাউডার আকারে গ্রাইন্ডিং করা কালে রঞ্জক (বর্ণদানকারী উপাদান) মিশিয়ে রঙিন পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট তৈরি করা হয়। রঞ্জকের পরিমাণ ১০% এর অধিক হওয়া বাঞ্ছনীয় নয়। তবে রঞ্জক অবশ্যই দ্রবণীয় লবণমুক্ত হতে হবে। সাধারণত পাউডার আকারে বিভিন্ন ধাতুর অক্সাইড রঞ্জক হিসাবে নির্দিষ্ট বর্ণের জন্য সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট বা সাদা সিমেন্টের সাথে মিশিয়ে নির্দিষ্ট বর্ণের রঙিন সিমেন্ট তৈরি করা হয়। যেমন লোহার বাদামি অক্সাইড বাদামি বর্ণের জন্য, লোহার কালো অক্সাইড কালো বর্ণের জন্য, লোহার লাল অক্সাইড লাল বর্ণের জন্য, ক্রোমিয়াম অক্সাইড সবুজ বর্ণের জন্য, কোবাল্ট অক্সাইড নীল বর্ণের জন্য ব্যবহৃত হয়। রঙিন সিমেন্ট সৌন্দর্যবর্ধক কাজে, সুইমিং পুল, ঝরনা, গোসলখানা, টেনিস কোর্ট, টালি ও কংক্রিটের বিভিন্ন ধরনের অলংকারমূলক নির্মাণকাজে ব্যবহৃত হয়। রঙিন পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের বাণিজ্যিক নাম কলোক্রিট বা কালারক্রিট (Colocrete or colourcrete)।

১১। অ্যান্টিব্যাকটেরিয়াল সিমেন্ট (Antibacterial cement) ঃ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের সাথে জীবাণুনাশক সামগ্রীর পাউডার মিশিয়ে এ সিমেন্ট তৈরি করা হয়। কসাইখানার মেঝে, খাদ্য কারখানার মেঝে, সুইমিং পুল, গোসলখানার মেঝে ইত্যাদি নির্মাণে এ সিমেন্ট ব্যবহার করা হয়।

সিমেন্ট পানির উপস্থিতিতে একটি নির্দিষ্ট সময়ের পর জমাটবদ্ধ হওয়া আরম্ভ করে, তাই সিমেন্টের মসলা বা কংক্রিট জমাটবদ্ধ হওয়া আরম্ভের পূর্বে কাজে লাগাতে হয়। কাজেই সিমেন্টের মসলা বা কংক্রিট একত্রে অধিক পরিমাণে তৈরি না করে কম পরিমাণে তৈরি করে ব্যবহারের পর প্রয়োজনে বার বার তৈরি করা উচিত।

৫.৭ সিমেন্ট গুদামজাতকরণ (Storing of cement) ঃ

সিমেন্ট গুদামজাতকরণের সময় নিম্নের বিষয়গুলোর প্রতি লক্ষ রাখতে হবে ঃ

১। সিমেন্ট যতটুকু সম্ভব কম সময়ের জন্য গুদামজাত করতে হবে।

২। বর্ষাকালে সিমেন্ট গুদামজাত করা সমীচীন নয়।

৩। আবহাওয়ারোধী কক্ষে সিমেন্ট গুদামজাত করতে হবে।

৪। সেঁতসেঁতে গুদামে বা মেঝেতে সিমেন্ট গুদামজাত করা যাবে না।

৫। দেওয়ালের গা ঘেঁষে সিমেন্ট গুদামজাত করা যাবে না।

৬। সিমেন্টের বস্তা পাশাপাশি রাখতে হবে এবং তেরপল দিয়ে ঢেকে দিতে হবে যেন বায়ুর মুক্ত প্রবাহ হতে রক্ষা পায়।

৭। সিমেন্টের এক বস্তার উপর এক বস্তা এরূপে 10 বস্তার অধিক রাখা যাবে না।

৮। শুষ্ক উঁচু প্লাটফর্মের উপর সিমেন্ট রাখতে হবে।

৯। খোলা সিমেন্ট (বস্তা ভর্তি নয়) বায়ুরোধী চেম্বারে গুদামজাত করতে হবে।

১০। আগে উৎপাদিত সিমেন্ট আগে ব্যবহার করতে হবে।

১১। সদ্য উৎপাদিত সিমেন্টের তুলনায় সময় অতিক্রান্তে পূর্বে উৎপাদিত সিমেন্টের জমাটবদ্ধতার সময় ও শক্ততা (hardening) নিচের হারে হ্রাস পায় ঃ

৩ মাস পর কমপক্ষে 2%

৬ মাস পর কমপক্ষে 5%

১ বছর পর কমপক্ষে 40%

২ বছর কমপক্ষে 50%

অনুশীলনী–৫

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **'সিমেন্ট একটি উন্নত মানের জোড়ক' কেন?**

উত্তর ঃ কাজের ধরন ও মান অনুযায়ী প্রয়োজনীয় সিমেন্ট পাওয়া যায়। এর সাহায্যে কাজ করা সহজ, কাজের স্থায়িত্বশীলতাও অধিক। প্রায় সকল প্রকৌশল নির্মাণেই এর ব্যবহার দেখা যায়। তাই সিমেন্ট একটি উন্নত মানের জোড়ক।

২। **সিমেন্ট কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর ঃ সিমেন্ট প্রধানত দুই প্রকার, যথা– (ক) প্রাকৃতিক সিমেন্ট ও (খ) কৃত্রিম সিমেন্ট।

৩। **কৃত্রিম সিমেন্ট কী?**

উত্তর ঃ চুনাপাথরের সাথে প্রয়োজনানুপাতে মৃত্তিকা মিশ্রিত করে মিশ্রণকে কাঁচিক হওয়ার প্রারম্ভিক তাপমাত্রায় পুড়িয়ে যে ক্লিংকার পাওয়া যায়, তাকে চূর্ণ করে কৃত্রিম সিমেন্ট তৈরি করা হয়।

৪। **প্রাকৃতিক সিমেন্ট কী?**

উত্তর ঃ 25%–40% কর্দম এবং বাদবাকি কার্বনেট অব লাইম যুক্ত প্রাকৃতিক চুনাপাথর পুড়িয়ে এবং মিহি পাউডারে চূর্ণ করে প্রাকৃতিক সিমেন্ট পাওয়া যায়।

৫। **নরমাল সেটিং সিমেন্টকে পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট বলা হয় কেন?**

উত্তর ঃ নরমাল সেটিং সিমেন্টের বর্ণ ইউরোপের ডরসেটে প্রাপ্ত পোর্টল্যান্ড পাথরের মতো বিধায় নরমাল সেটিং সিমেন্টকে পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট বলা হয়।

৬। **সিমেন্টের কাঁচামালগুলোকে কী কী ভাগে ভাগ করা যায়?**

উত্তর ঃ সিমেন্টের কাঁচামালগুলোকে (ক) চুনজাতীয় দ্রব্য ও (খ) কাদাজাতীয় দ্রব্য–এই দুই ভাগে ভাগ করা যায়।

৭। **সিমেন্টের স্লারি কী?**

উত্তর ঃ ভিজা পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরির জন্য উপাদানসমূহের সমসত্ত্ব মিশ্রণকে স্লারি বলা হয়।

৮। **'র-মিক্স' কী?**

উত্তর ঃ শুষ্ক পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরির জন্য উপাদানসমূহের মিশ্রণকে 'র-মিক্স' বলা হয়।

৯। কী কী পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরি করা হয়?

উত্তর দুই পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরি করা হয়। পদ্ধতি দুটি হল– (ক) ভিজা পদ্ধতি ও (খ) শুষ্ক পদ্ধতি।

১০। সিমেন্টে চুন কী কাজ করে?

উত্তর চুন সিমেন্টে প্রয়োজনীয় ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট তৈরি করে। এতে চুনের পরিমাণ কম হলে সিমেন্টের শক্তি কম হয় এবং তাড়াতাড়ি জমাট বাঁধে। তা ছাড়া সিমেন্টে চুনের পরিমাণ অধিক হলে ব্যবহারের পর আয়তনে বৃদ্ধি পায় এবং নির্মাণের ক্ষতিসাধন করে।

১১। কলোক্রিটের ব্যবহার লেখ।

উত্তর কলোক্রিট সৌন্দর্যবর্ধক কাজে যেমন সুইমিং পুল, গার্ডেন পুল, ঝরনা গোসলখানা, টেনিস কোর্ট, টালি ও কংক্রিটের বিভিন্ন ধরনের অলংকারমূলক কাজে ব্যবহৃত হয়।

১২। সিমেন্টে আয়রন অক্সাইডের কাজ কী?

উত্তর সিমেন্টের উপাদানগুলো পোড়ানো কালে উচ্চতাপে ক্যালসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের সাথে আয়রন অক্সাইড বিক্রিয়া করে ট্রাই ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনো ফেরাইট তৈরি করে, যা সিমেন্টকে শক্তিশালী করে এবং ধূসর বর্ণ দান করে।

১৩। অতিরিক্ত ক্ষার সিমেন্টের কী ক্ষতিসাধন করে?

উত্তর সিমেন্টে অতিরিক্ত ক্ষার থাকলে নির্মাণে ব্যবহারের পর নির্মাণপৃষ্ঠে এফ্লোরেসেন্স দেখা দেয় এবং অনেক সময় কাঠামোর গায়ে শ্যাওলাও জন্মায়।

১৪। সিমেন্টে জিপসাম কী কাজ করে বা সিমেন্টে জিপসাম দেওয়া হয় কেন?

উত্তর সিমেন্টে জিপসামের পরিমাণ যত কম হবে এটি তত দ্রুত জমাটবদ্ধ হবে। তাই সিমেন্টের জমাটবদ্ধতা গতি মন্থরের জন্য জিপসাম ব্যবহার করা হয়।

১৫। সিমেন্ট তৈরির ধাপগুলো কী কী?

উত্তর সিমেন্ট তৈরির ধাপগুলো হল–

(ক) কাঁচামালগুলো আনুপাতিক হারে মিশিয়ে স্লারি তৈরিকরণ

(খ) স্লারিকে পুড়িয়ে পিণ্ডে পরিণতকরণ ও

(গ) পিণ্ডের সাথে জিপসাম মিশিয়ে পাউডারে পরিণতকরণ।

১৬। র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিমেন্ট দ্রুত শক্ত হয় কেন?

উত্তর র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিমেন্টের সূক্ষ্মতা অধিক, চুনের মাত্রা অপেক্ষাকৃত বেশি এবং অপেক্ষাকৃত অধিক তাপমাত্রায় পোড়ানো, তাই এই সিমেন্ট দ্রুত শক্ত হয়।

১৭। রোটারি চুল্লির বিভিন্ন বলয়গুলো কী কী?

উত্তর রোটারি চুল্লির বলয়গুলো হল– (ক) শুষ্ককারী বলয় (তাপমাত্রা 400°–600° ফাঃ) (খ) ভস্মীকরণ বলয় (তাপমাত্রা 1200°–1600° ফাঃ) (গ) পিণ্ডাকৃতি দানকারী বলয় (1600°–3000° ফাঃ) এবং (ঘ) অতি তপ্ত বলয় (তাপমাত্রা 3000° ফাঃ-এর উর্ধ্বে)।

১৮। 'কুইক সেটিং সিমেন্ট' কী এবং কোথায় ব্যবহৃত হয়?

উত্তর র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিমেন্টের সাথে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশিয়ে গ্রাইন্ডিং করলে কুইক সেটিং সিমেন্ট পাওয়া যায়। এ সিমেন্ট দ্রুত জমাটবদ্ধ হয়। এ সিমেন্ট স্রোতস্বিনী বা পানির নিচের কাজে বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়।

১৯। পাজোলান সিমেন্ট কী?

উত্তর সিমেন্ট ক্লিংকারের সাথে পাজোলান সামগ্রী মিশিয়ে অথবা সিমেন্টের সাথে পাজোলান সামগ্রীর পাউডার মিশিয়ে পাজোলান সিমেন্ট তৈরি করা হয়। এগুলো ধীরগতিতে জমাটবদ্ধ হয়।

২০। সিমেন্ট ফন্ডু ও স্লোক্রিট কোথায় ব্যবহৃত হয়?

উত্তর ঃ সাধারণত দুগ্ধ কারখানা, ভাটিখানা, কাগজের কল, ট্যানারি, সার কারখানা ইত্যাদির মেঝে তৈরিতে সিমেন্ট ফন্ডু এবং সৌন্দর্যবর্ধক কাজ, মোজাইক মেঝে, সুইমিং পুল নির্মাণ ইত্যাদি কাজে স্লোক্রিট ব্যবহৃত হয়।

২১। সাদা সিমেন্ট (White cement) বলতে কী বুঝায়?

অথবা, 'স্লোক্রিট' বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ সাধারণ চুনাপাথর, কাদা ইত্যাদি কাঁচামাল ব্যবহার না করে আয়রনমুক্ত হোয়াইট চক, চীনামাটি ও সিমেন্টের অন্যান্য কাঁচামাল দিয়ে সাদা সিমেন্ট তৈরি করা হয়। এগুলো 'স্লোক্রিট' বাণিজ্যিক নামেও পরিচিত। মোজাইক, সুইমিং পুল, গোসলখানা ইত্যাদিতে অলংকারমূলক ও সৌন্দর্যবর্ধক কাজে সাদা সিমেন্ট ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

২২। সিমেন্টের ফলস্ সেটিং (অবাস্তব জমাটবদ্ধতা) বলতে কী বোঝায়?

উত্তর ঃ সিমেন্টে পানির উপস্থিতির কয়েক মিনিটের মধ্যে বিনা তাপ উৎপন্নে জমাটবদ্ধতার লক্ষণ পরিলক্ষিত হয়। এ জমাটবদ্ধতাকে অবাস্তব জমাটবদ্ধতা (False setting) বলা হয়। এরূপ অবস্থায় পুনরায় পানি না দিয়ে পুনঃমিশ্রণ করলে সিমেন্টের শক্তিতে কোন প্রভাব পড়ে না।

২৩। কার্যক্ষেত্রে সিমেন্টের পরীক্ষাগুলো কী কী?

উত্তর ঃ কার্যক্ষেত্রে সিমেন্ট ভাল-মন্দ জানার জন্য সচরাচর নিচের পরীক্ষা করা হয়ে থাকে ঃ

(ক) সিমেন্টের বস্তায় হাত দিলে ঠাণ্ডা অনুভূত হলে সিমেন্ট ভাল।

(খ) পানিতে মুঠোবদ্ধ সিমেন্ট ফেললে ডুবে গেলে সিমেন্ট ভাল।

(গ) দু' আঙ্গুলের মাঝে নিয়ে ঘষলে, মিহি পাউডার মনে হলে সিমেন্ট ভাল।

(ঘ) সিমেন্ট মুঠোতে জড়ো করলে, জড়ো হয়ে থাকলে সিমেন্ট ভাল।

২৪। সিমেন্টের রাসায়নিক গঠন পরীক্ষা করা হয় কেন?

উত্তর ঃ সিমেন্টের প্রয়োজনীয় উপাদান যথাযথ অনুপাতে আছে কি না বা সিমেন্টে ভেজাল দেয়া হয়েছে কি না তা জানার জন্য সিমেন্টের রাসায়নিক গঠন পরীক্ষা করা হয়।

২৫। সিমেন্টের ধর্মগুলো লেখ।

অথবা, সিমেন্টের ধর্মগুলো কী কী?

উত্তর ঃ সিমেন্টের গুরুত্বপূর্ণ ধর্মগুলো হল– (ক) পানি যোজন, (খ) জমাটবদ্ধতা, (গ) সূক্ষ্মতা (fineness), (ঘ) নিখুঁতি (Soundness) ও (ঙ) শক্তি (Strength)।

২৬। সিমেন্টের কী কী পরীক্ষা গবেষণাগারে করা হয়?

উত্তর ঃ গবেষণাগারে সিমেন্টের নিচের পরীক্ষাগুলো করা হয়–

(i) সূক্ষ্মতা পরীক্ষা, (ii) জমাটবদ্ধতার সময় পরীক্ষা, (iii) খুঁতহীনতা পরীক্ষা, (iv) রাসায়নিক গঠন পরীক্ষা ও (v) শক্তি পরীক্ষা।

২৭। CPNC বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ CPNC হল Cement Paste of Normal Consistency অর্থাৎ স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট। সিমেন্টের সাথে বিভিন্ন অনুপাতে পানি মিশিয়ে সিমেন্ট পেস্ট তৈরি করা হয় এবং ভাইকেট যন্ত্রের খাড়া দণ্ডের নিম্নপ্রান্তে 10 মিলিমিটার ব্যাসের প্লাঞ্জার সংযোগ করে রবার রিং এ সদ্য প্রস্তুত পেস্টে পূর্ণ করে প্লাঞ্জারের ঠিক নিচে প্লাটফর্মের উপর স্থাপন করে এটার উপরের তল প্লাঞ্জারের নিম্নতল স্পর্শ করিয়ে স্বাভাবিকভাবে ছেড়ে দিলে যে পানি-সিমেন্ট অনুপাতের পেস্টে প্লাঞ্জার 33 হতে 35 মিলিমিটার প্রবেশ করে, ঐ পেস্টই CPNC (Cement Paste of Normal Consistency) বা স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট।

২৮। সিমেন্ট তৈরির কাঁচামালগুলোর নাম লেখ।

উত্তর সিমেন্ট তৈরিতে প্রধানত দু' ধরনের কাঁচামালের দরকার হয়, যথা–

(ক) চুনাপাথর, চক, মার্ল ইত্যাদি অর্থাৎ চুনজাতীয় দ্রব্য; (খ) কাদা, স্লেট, শেল ইত্যাদি অর্থাৎ কাদাজাতীয় দ্রব্য।

২৯। আদর্শ বালি (Standard sand) কী?

উত্তর যে বালি 18 নং চালুনিতে (বৃটিশ প্রমাণ চালুনি) চাললে চালুনিতে কোন অবশেষ থাকে না এবং 25 নং চালুনিতে (বৃটিশ প্রমাণ চালুনি) চাললে 90% (চালুনিতে) অবশেষ থাকে, তাকে আদর্শ বালি বলা হয়। এ বালি উত্তমরূপে পর্যায়িত (well graded)।

৩০। সিমেন্টের প্রাথমিক জমাটবদ্ধতা ও চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সিমেন্টের প্রাথমিক জমাটবদ্ধতা ও চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতা বলতে যথাক্রমে জমাটবদ্ধতার প্রারম্ভ ও সমাপ্তির সময়কে বুঝায়।

তাত্ত্বিক

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। প্রাকৃতিক সিমেন্টের সংক্ষিপ্ত পরিচিতি দাও বা প্রাকৃতিক সিমেন্টের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

উত্তর 25% হতে 40% কর্দমযুক্ত এবং অবশিষ্টাংশ কার্বোনেট অব লাইম বা কখন তৎসঙ্গে কার্বোনেট অব ম্যাগনেশিয়াযুক্ত প্রাকৃতিক চুনাপাথর পুড়িয়ে এবং মিহি পাউডারে চূর্ণ করে প্রাকৃতিক সিমেন্ট তৈরি করা হয়। এর বর্ণ বাদামি এবং পানির সাথে মিশ্রণে এ সিমেন্ট দ্রুত জমাটবদ্ধ হয়। তবে এ সিমেন্ট কৃত্রিম সিমেন্টের ন্যায় অধিক শক্তিসম্পন্ন নয়। ইংল্যান্ডে উৎকৃষ্ট মানের প্রাকৃতিক সিমেন্টকে রোমান সিমেন্ট (Roman cement) বলা হয়। রোমিওগণ প্রথম চুনাপাথর পোড়ানো পাউডার নির্মাণকাজে জোড়ক পদার্থ হিসেবে ব্যবহার করেন।

২। কৃত্রিম সিমেন্টের সংক্ষিপ্ত পরিচিতি উল্লেখ কর।

উত্তর ১৮২৪ সালে লিডসের জনৈক রাজমিস্ত্রি জোসেফ আসপদীন প্রথম কৃত্রিম সিমেন্ট তৈরি করেন। বিশুদ্ধ চুনাপাথরের সাথে সঠিক অনুপাতে মৃত্তিকা মিশ্রিত করত মিশ্রণকে কাঁচিক হবার প্রারম্ভিক তাপমাত্রায় পুড়িয়ে এবং উদ্ভূত 'ক্লিংকার'কে মিহি পাউডারে চূর্ণ করে এ জাতীয় সিমেন্ট তৈরি করা হয়। কৃত্রিম সিমেন্টের মধ্যে পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট সবচেয়ে জনপ্রিয় এবং বহুল ব্যবহৃত। এর বর্ণ এবং গুণাগুণ ইংল্যান্ডের পোর্টল্যান্ডের নিকটবর্তী স্থানে প্রাপ্ত পাথরের মতো। তাই একে পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট নাম দেয়া হয়। একে নরমাল সেটিং সিমেন্টও বলা হয়। তবে কৃত্রিম সিমেন্ট বলতে মূলত পোর্টল্যান্ড সিমেন্টকেই বুঝায়।

৩। পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের খনিজ উপাদানের তালিকা তৈরি কর।
অথবা, পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের খনিজ উপাদানগুলোর শতকরা হার লেখ।
অথবা, পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের গঠনে খনিজ উপাদানগুলোর নাম লেখ।

উত্তর পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের গঠনে খনিজ উপাদানের তালিকা নিম্নরূপ ঃ

১। ট্রাই ক্যালসিয়াম সিলিকেট ($3CaO, SiO_2 - C_3S$)	..... 50%
২। ডাই ক্যালসিয়াম সিলিকেট ($2CaO, SiO_2 - C_2S$)	..... 25%
৩। ট্রাই ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট ($3CaO, Al_2O_3 - C_3A$)	..... 10%
৪। টেট্রা ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনো ফেরাইট ($4CaO, Al_2O_3, Fe_2O_3 - C_4AF$)	..... 10%
৫। ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$)	..... 3%
৬। অন্যান্য যৌগ	..... 2%
	মোট 100%

৪। **পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের অম্ল ও ক্ষারকীয় উপাদানের তালিকা তৈরি কর।**

অথবা, পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের রাসায়নিক উপাদানের তালিকা পরিমাণসহ লেখ।

অথবা, পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের উপাদানের নাম ও শতকরা হার উল্লেখ কর।

উত্তর ঃ

পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের রাসায়নিক গঠনে অম্ল ও ক্ষারকীয় উপাদানের তালিকা নিম্নরূপ ঃ

১। ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO)	63%
২। ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইড (MgO)	2%
৩। সিলিকা (SiO_2)	22%
৪। অ্যালুমিনা (Al_2O_3)	7%
৫। আয়রন অক্সাইড (Fe_2O_3)	3%
৬। সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3)	2%
৭। ক্ষারকীয় পদার্থ	1%
	মোট 100%

৫। **সিমেন্ট পোড়ানোর ঘূর্ণন চুল্লির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত ঃ ৫.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৬। **র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিমেন্ট সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।**

উত্তর ঃ র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিমেন্ট দ্রুত শক্ত হয় এবং ৪ দিনেই সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের ২৪ দিনের সমপরিমাণ শক্তি অর্জন করে। তাই একে আরলি স্ট্রেংথ পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Early strength portland cement) বলা হয়। দ্রুত দৃঢ়তার জন্য এই সিমেন্টের (ক) সূক্ষ্মতা বাড়িয়ে 'স্পেসিফিক সারফেস' বাড়ানো হয় (প্রতি গ্রামে 3250 বর্গসেমি এর কম নয়), (খ) চুনের মাত্রা বাড়ানো হয় এবং (গ) অধিক তাপমাত্রায় পোড়ানো হয়। যে সকল ক্ষেত্রে অল্প সময়ে শাটারিং খুলে ফেলার দরকার হয় এবং দ্রুত কাজ সমাপ্ত করতে হয়, সে সকল ক্ষেত্রে এ সিমেন্ট ব্যবহার করা হয়। সাধারণত সিমেন্ট কংক্রিটের রাস্তা, সিউয়েজ লাইনের মেরামত ইত্যাদি কাজে এ সিমেন্ট ব্যবহার করা হয়। তা ছাড়া এগুলো শীতল আবহাওয়ায় কংক্রিটের কাজেও ব্যবহার করা যায় কেননা এগুলো দ্রুত শক্ত হওয়ার সময় দ্রুত তাপ উৎপন্ন হয়, তাই শীতল আবহাওয়ায় বিঘ্ন ঘটায় না।

৭। **পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের ব্যবহার লেখ।**

অথবা, সিমেন্টের ব্যবহারক্ষেত্র লেখ।

উত্তর ঃ নিম্নের ক্ষেত্রগুলোতে সিমেন্ট ব্যবহার করা হয় ঃ

১। যে সকল ভিত্তি পানির স্পর্শে আসে, ঐ সকল ভিত্তি নির্মাণে যেমন জলাধারে, পানি অপ্রবেশ্য মেঝে, ডক ইয়ার্ড ইত্যাদি।

২। গুরুত্বপূর্ণ শক্তিশালী নির্মাণকাজে যেমন ব্রিজ, পায়ার, লাইট হাউস, সুউচ্চ টাওয়ার ইত্যাদি।

৩। নির্মাণের অনাবৃত অংশে যেমন চিমনির চূড়ার অংশে, দেয়ালের কপিং, ব্রিজ ইত্যাদিতে।

৪। সিমেন্টের মসলা, কংক্রিট, রিইনফোর্সড্ কংক্রিট, রিইনফোর্সড ব্রিকওয়ার্ক, কৃত্রিম পাথর তৈরি ইত্যাদিতে।

৫। পানি সরবরাহ ও নিষ্কাশন সংক্রান্ত নির্মাণে।

৬। নির্মাণের বহিঃপৃষ্ঠকে আবহাওয়ার বিরূপতা হতে রক্ষার জন্য।

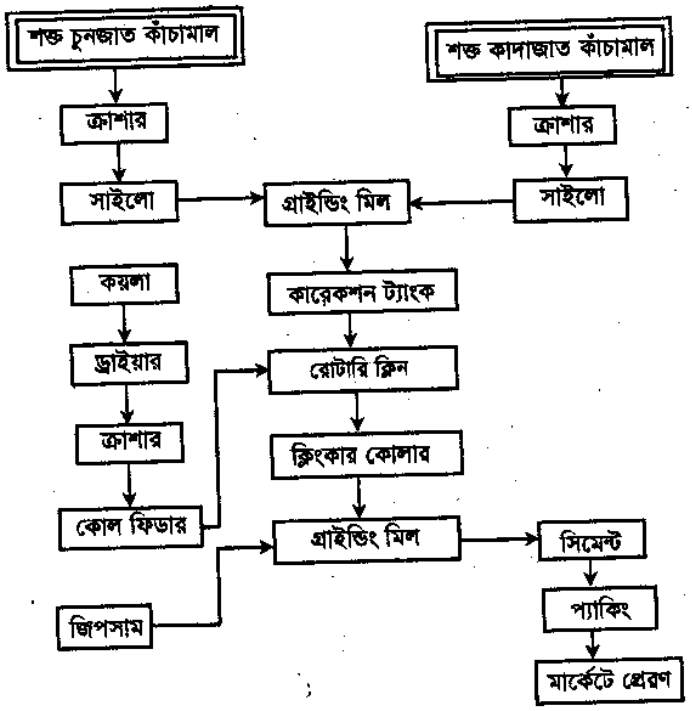
৭। কম পুরুত্বের দেয়ালে প্রয়োজনীয় অতিরিক্ত শক্তি বৃদ্ধির জন্য।

৮। পয়েন্টিং কাজে।

৯। ইমারতের সৌন্দর্যবর্ধনমূলক কাজে।

৮। **শুষ্ক পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরির প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর।**

উত্তর ঃ শুষ্ক পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরির প্রবাহ চিত্র ঃ



৯। **সিমেন্ট গুদামজাতকরণের সময় কী কী বিষয় লক্ষ রাখতে হয়?**
অথবা, সিমেন্ট গুদামজাতকরণের উপায় উল্লেখ কর।

উত্তর ঃ সিমেন্ট গুদামজাতকরণের সময় নিম্নের বিষয়গুলোর প্রতি লক্ষ রাখতে হবে ঃ

১। সিমেন্ট যতটুকু সম্ভব কম সময়ের জন্য গুদামজাত করতে হবে।

২। বর্ষাকালে সিমেন্ট গুদামজাত করা সমীচীন নয়।

৩। আবহাওয়ারোধী কক্ষে সিমেন্ট গুদামজাত করতে হবে।

৪। সেঁতসেঁতে গুদামে বা মেঝেতে সিমেন্ট গুদামজাত করা যাবে না।

৫। দেওয়ালের গা ঘেঁষে সিমেন্ট গুদামজাত করা যাবে না।

৬। সিমেন্টের বস্তা পাশাপাশি রাখতে হবে এবং তেরপল দিয়ে ঢেকে দিতে হবে যেন বায়ুর মুক্ত প্রবাহ হতে রক্ষা পায়।

৭। সিমেন্টের এক বস্তার উপর এক বস্তা এরূপে 10 বস্তার অধিক রাখা যাবে না।

৮। শুষ্ক উঁচু প্লাটফর্মের উপর সিমেন্ট রাখতে হবে।

৯। খোলা সিমেন্ট (বস্তা ভর্তি নয়) বায়ুরোধী চেম্বারে গুদামজাত করতে হবে।

১০। আগে উৎপাদিত সিমেন্ট আগে ব্যবহার করতে হবে।

১১। সদ্য উৎপাদিত সিমেন্টের তুলনায় সময় অতিক্রান্তে পূর্বে উৎপাদিত সিমেন্টের জমাটবদ্ধতার সময় ও শক্ততা (hardening) নিচের হারে হ্রাস পায় ঃ

৩ মাস পর কমপক্ষে 2%

৬ মাস পর কমপক্ষে 5%

১ বছর পর কমপক্ষে 40%

২ বছর কমপক্ষে 50%

১০। **টীকা লেখ : কুইক সেটিং সিমেন্ট, রঙিন পোর্টল্যান্ট সিমেন্ট, হাই-অ্যালুমিনা সিমেন্ট।**

উত্তর **কুইক সেটিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Quick setting Portland cement) :** র‍্যাপিড হার্ডেনিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট গ্রাইন্ডিং কালে এর সাথে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) মিশিয়ে কুইক সেটিং পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট তৈরি করা হয়। এ সিমেন্টের প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময় ৫ মিনিট এবং 30 মিনিটে চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতা শেষ হয়। স্রোতস্বিনী বা পানির নিচের কাজে এ সিমেন্ট বিশেষভাবে ব্যবহার করা হয়।

রঙিন পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট (Coloured portland cement) : সাদা পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের ক্লিংকারকে পাউডার আকারে গ্রাইন্ডিং করা কালে রঞ্জক (বর্ণদানকারী উপাদান) মিশিয়ে রঙিন পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট তৈরি করা হয়। রঞ্জকের পরিমাণ 10%-এর অধিক হওয়া বাঞ্ছনীয় নয়। তবে রঞ্জক অবশ্যই দ্রবণীয় লবণমুক্ত হতে হবে। সাধারণত পাউডার আকারে বিভিন্ন ধাতুর অক্সাইড রঞ্জক হিসাবে নির্দিষ্ট বর্ণের জন্য সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট বা সাদা সিমেন্টের সাথে মিশিয়ে নির্দিষ্ট বর্ণের রঙিন সিমেন্ট তৈরি করা হয়। যেমন লোহার বাদামি অক্সাইড বাদামি বর্ণের জন্য, লোহার কালো অক্সাইড কালো বর্ণের জন্য, লোহার লাল অক্সাইড লাল বর্ণের জন্য, ক্রোমিয়াম অক্সাই সবুজ বর্ণের জন্য, কোবাল্ট অক্সাইড নীল বর্ণের জন্য ব্যবহৃত হয়। রঙিন সিমেন্ট সৌন্দর্যবর্ধক কাজে, সুইমিং পুল, ঝরনা, গোসলখানা, টেনিস কোর্ট, টালি ও কংক্রিটের বিভিন্ন ধরনের অলংকারমূলক নির্মাণকাজে ব্যবহৃত হয়। রঙিন পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের বাণিজ্যিক নাম কলোক্রিট বা কালারক্রিট (Colocrete or colourcrete)।

হাই-অ্যালুমিনা সিমেন্ট (High-Alumina Cement) : এটি পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের শ্রেণিভুক্ত নয়। হাই অ্যালুমিনা সিমেন্টে প্রায় 35% হতে 45% অ্যালুমিনেট থাকে বিধায় একে অ্যালুমিনাস সিমেন্ট (Aluminous cement)-ও বলা হয়। বিশেষ ধরনের 'ভাইব্রেটরি ফারনেসে' শুকানো বক্সাইট ও চক বা চুনাপাথর মিশানোর পর এগুলোকে তাপে গলিয়ে পিণ্ডাকারে ঢালাই করা হয়। পরবর্তীতে পিণ্ডগুলোকে ভেঙ্গে এবং প্রয়োজনীয় সূক্ষ্মতার মিহি পাউডারে পরিণত করে এ সিমেন্ট তৈরি করা হয়। এ সিমেন্ট মোটামুটি কালো বর্ণের পাউডারের মতো এবং এর তৈরি কংক্রিটের বর্ণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের কংক্রিটের চেয়ে গাঢ় বর্ণের। এতে জমাটবদ্ধতার সময় নিয়ন্ত্রণের জন্য পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের মতো জিপসাম মেশানো হয় না, তার স্থলে গলিত সামগ্রীকে শীতল করার পর্যায়িক মাত্রা (Cooling rate) নিয়ন্ত্রণের মাধ্যমে জমাটবদ্ধতার সময় নিয়ন্ত্রণ করা হয়। এ সিমেন্টের প্রারম্ভিক জমাটবদ্ধতার সময় 3 ঘন্টা হতে 6 ঘন্টা এবং প্রারম্ভিক জমাটবদ্ধতার পর প্রায় ২ ঘন্টার মধ্যে চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতা সম্পন্ন হয়।

১১। **স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর CPNC হল Cement Paste of Normal Consistency অর্থাৎ স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট। সিমেন্টের সাথে বিভিন্ন অনুপাতে পানি মিশিয়ে সিমেন্ট পেস্ট তৈরি করা হয় এবং ভাইকেট যন্ত্রের খাড়া দণ্ডের নিম্নপ্রান্তে 10 মিলিমিটার ব্যাসের প্লাঞ্জার সংযোগ করে রবার রিং-এ সদ্যপ্রস্তুত পেস্টে পূর্ণ করে প্লাঞ্জারের ঠিক নিচে প্ল্যাটফর্মের উপর স্থাপন করে এটার উপরের তল প্লাঞ্জারের নিম্নতল স্পর্শ করিয়ে স্বাভাবিকভাবে ছেড়ে দিলে যে পানি-সিমেন্ট অনুপাতের পেস্টে প্লাঞ্জার 33 হতে 35 মিলিমিটার প্রবেশ করে, ঐ পেস্টই CPNC (Cement paste of normal consistency) বা স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট।

১২। **বিভিন্ন ধরনের পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের নাম লেখ।**

উত্তর সংকেত ৫.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৩। **ভাল সিমেন্টের রাসায়নিক গঠন পরীক্ষার ফলাফল উদ্ধৃত কর।**

উত্তর সিমেন্টের উপাদানগুলো সঠিক অনুপাতে আছে কি না অথবা সিমেন্টে কোন ভেজাল আছে কি না, তা জানবার জন্য রাসায়নিক গঠন পরীক্ষা করা হয়। র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিমেন্ট ও সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের রাসায়নিক গঠন একই রকম। রাসায়নিক বিশ্লেষণে উভয় সিমেন্টের ক্ষেত্রে নিম্নের ফলাফল পাওয়া যাবে :

(ক) চুনের সাথে সিলিকা, অ্যালুমিনা ও আয়রন অক্সাইডের নেট (Net) অনুপাত (অর্থাৎ সিমেন্টেশন ইনডেক্স) নিম্নরূপ হবে–

$$\text{সিমেন্টেশন ইনডেক্স} = \frac{CaO}{2.8(SiO_2) + 1.2(Al_2O_3) + 0.65\,(Fe_2O_3)} = 0.66 \text{ হতে } 1.02$$

(খ) ম্যাগনেশিয়া দুই শতাংশের অধিক হবে না (ওজনে)।

(গ) দহনজনিত ক্ষয়ের পরিমাণ দুই শতাংশের অধিক হবে না (ওজনে)।

(ঘ) অদ্রাব্য তলানির পরিমাণ 0.5% এর অধিক হবে না (ওজনে)।

(ঙ) সালফার ট্রাই-অক্সাইডে বিদ্যমান মোট সালফারের পরিমাণ 2% এর অধিক হবে না (ওজনে)।

১৪। ল্যাবরেটরিতে সিমেন্টের কী কী পরীক্ষা করা হয়?

উত্তর ঃ গবেষণাগারে সিমেন্টের নিচের পরীক্ষাগুলো করা হয়–

(i) সূক্ষ্মতা পরীক্ষা,

(ii) জমাটবদ্ধতার সময় পরীক্ষা,

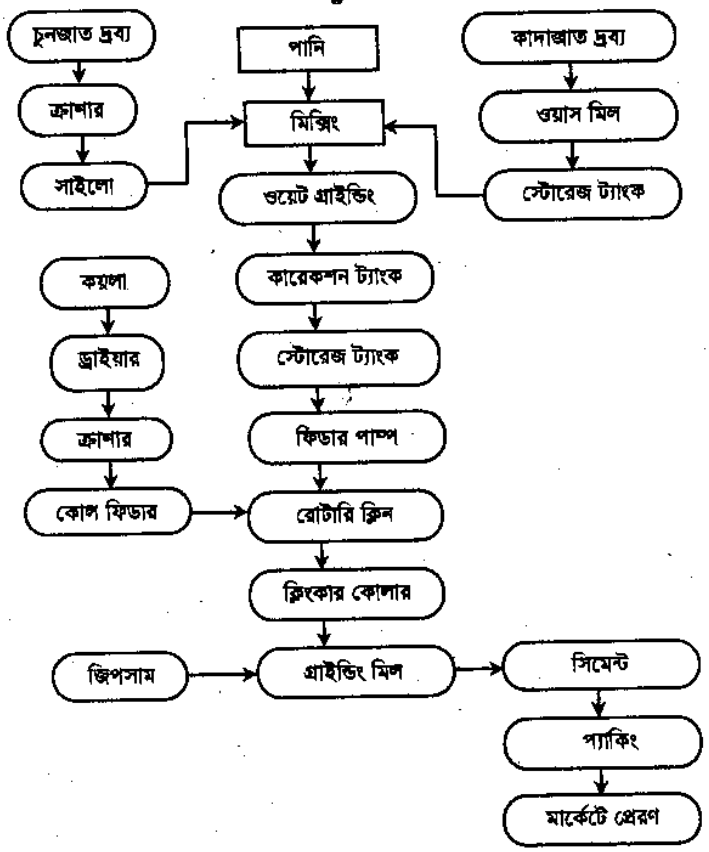
(iii) খুঁতহীনতা পরীক্ষা,

(iv) রাসায়নিক গঠন পরীক্ষা ও

(v) শক্তি পরীক্ষা।

১৫। ভেজা পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরির প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর ঃ সিক্ত পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরির প্রবাহ চিত্র ঃ



রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের উপাদানগুলোর কার্যাবলি আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৫.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। সিক্ত প্রক্রিয়ায় সিমেন্ট তৈরিকরণ পদ্ধতি আলোচনা কর।

অথবা, সিমেন্ট প্রস্তুতির ভিজা পদ্ধতি বর্ণনা কর।

অথবা, আর্দ্র পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরির প্রক্রিয়া আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৫.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৬

টালি
(Tiles)

৬.১ বিভিন্ন ধরনের টালির সংজ্ঞা (definition of different types of tiles) ঃ

চুল্লিতে পোড়ানো কম পুরুত্বের কাদার তৈরি স্ল্যাবকে টালি বলা হয়। টালি সাধারণত চালাঘরের ছাউনিতে (Roofing), মেঝে আচ্ছাদনে (Flooring), দেয়াল আবৃতকরণে (Walling), ড্রেন নির্মাণে এবং অলঙ্কারমূলক কাজে ব্যবহার করা হয়। ইটের কাদ মতো কাদা দিয়েই টালি তৈরি করা হয়। তবে টালি তৈরিকালে অধিক সতর্কতার দরকার হয়। কেননা এগুলোর পুরুত্ব ইটের চে কম বিধায় এগুলো শুকানো ও পোড়ানো কালে সঙ্কুচিত হয়ে দুমড়িয়ে যেতে পারে। কাদার তৈরি ভাল টালির নিম্নোক্ত বৈশিষ্ট্যগুলে থাকবে ঃ

(ক) আকার-আকৃতি ঃ এগুলো ঈপ্সিত আকার-আকৃতির হবে।

(খ) ত্রুটিমুক্ত ঃ এগুলো বাঁকানো, দোমড়ানো, তোবড়ানো, মোচড়ানো হবে না এবং, বক্রতা, ছিদ্র ও ফাটলমুক্ত হবে।

(গ) বর্ণের সাম্যতা ঃ এগুলোর বর্ণ সাম্য বর্ণের হবে।

(ঘ) পোড়ানো ঃ এগুলো উত্তমরূপে পোড়ানো হবে।

(ঙ) মজবুতি ঃ এগুলো দৃঢ়, শক্ত ও শক্তিশালী হবে।

(চ) পানি অভেদ্যতা ঃ এগুলো পানি অভেদ্য (impermeable) হবে।

(ছ) শোষ্যতা ঃ এগুলো স্বীয় ওজনের 20% এর অধিক পানি শোষণ করবে না।

(জ) পৃষ্ঠ মসৃণতা ঃ এগুলোর প্রদর্শনীয় পৃষ্ঠ মসৃণ হবে এবং অপর পৃষ্ঠ স্থাপনের উপযোগী অমসৃণ হবে।

(ঝ) আঘাতে এগুলোতে বাজনার শব্দ হবে।

কাজের স্থায়িত্ব, সৌন্দর্য, ভোক্তার রুচি, কার্যক্ষেত্রের পরিবেশ ও চাহিদা, আর্থিক সঙ্গতি, কাঁচামালের সহজলভ্যতা ইত্যা বিবেচনায় কাদার টালি, প্লাস্টিক টালি, মার্বেল টালি, মোজাইক টালি ইত্যাদি তৈরি ও ব্যবহার করা হয়ে থাকে। টালি তৈরি ব্যবহৃত সামগ্রী অনুযায়ীকে টালিকে প্রধানত নিম্নোক্ত ভাগে ভাগ করা যেতে পারে ঃ

১। কাদার টালি (Clay tiles)

২। কংক্রিটের টালি (Concrete tiles)

৩। প্লাস্টিক টালি (Plastic tiles)

৪। মোজাইক টালি (Mosaic tiles)

৫। মার্বেল টালি (Marble tiles)

৬। গ্লেইজড্ টালি (Glazed tiles)।

১। কাদার টালি (Clay tiles) ঃ ইটের কাদার মতো মন্থনকৃত মিহি কাদা দিয়ে তৈরি কম পুরুত্বের উদ্দেশ্যমাফিক আকা আকৃতির স্ল্যাবই কাদার টালি। ক্লে প্রোডাক্ট (Clay product) হিসেবে গণ্য সকল ধরনের টালিই কাদার টালি। কাদার টালি ব্যবহারের স্থান অনুযায়ী প্রধানত পাঁচ ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

(i) ক্লে রুফিং টালি (Clay roofing tiles)

(ii) ক্লে ফ্লোরিং টালি (Clay flooring tiles)

(iii) গ্লেইজড্ আর্থেনওয়্যার টালি (Glazed earthenware tiles)

(iv) ক্লে ফ্ল্যাট টেরাসিং টালি (Clay flat terracing tiles)

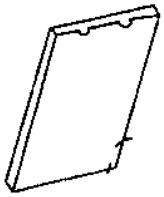
(v) ড্রেন টালি (Drain tiles)।

(i) ক্লে রুফিং টালি (Clay roofing tiles) ঃ ক্লে রুফিং টালি সাধারণত চালাঘরের ছাউনির কাজে ব্যবহৃত হয়।

ছাউনির কাজে ব্যবহৃত কাদার টালির মধ্যে–

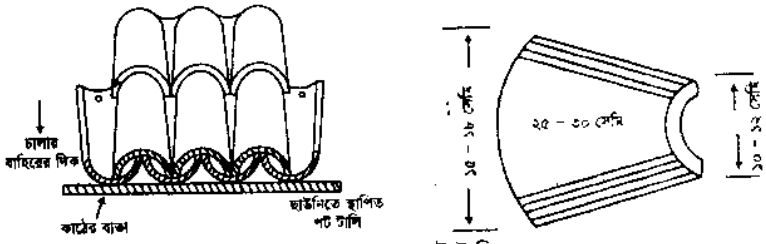
(ক) প্লেইন টালি (Plain tiles),
(খ) পট টালি (Pot tiles),
(গ) প্যান টালি (Pan tiles),
(ঘ) ফ্ল্যাট টালি (Flat tiles) ও
(ঙ) ভ্যালী, হিপ ও রিজ টালি (Valley, hip & ridge tiles)
(চ) করুগেটেড টালি (Corrugated tiles) সচরাচর ব্যবহৃত হয়।

(ক) প্লেইন টালি ঃ এ জাতীয় টালি হাতে তৈরি এবং গ্লেজ করা। এ জাতীয় টালি ছাউনিতে ব্যবহার কালে বাতার সাথে আটকানোর সুবিধার্থে এগুলোর উপরের প্রান্তের নিচের তলায় দুটি বর্ধিত অংশ রাখা হয়।



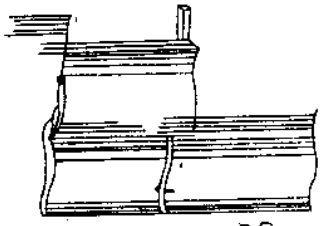
চিত্র ঃ ৬.১ (ক) প্লেইন টালি

(খ) পট টালি ঃ পট টালি কুমারের চাকার উপর হাতে তৈরি করা হয়। এগুলো ফাঁপা অর্ধ-সিলিন্ডার আকৃতির, তবে দু'প্রান্তের ব্যাসের মধ্যে পার্থক্য থাকে। দৈর্ঘ্য 25 হতে 30 সেন্টিমিটার, ব্যাস 10 হতে 12 সেন্টিমিটার ও 15 হতে 18 সেন্টিমিটার। প্রথমে সিলিন্ডার আকৃতিতে এদেরকে তৈরি করা হয় এবং কাঁচা অবস্থায়ই কাটা চিহ্ন দেয়া থাকে যেন শুকানোর পর নির্বিঘ্নে বিভক্ত করা যায়।



চিত্র ঃ ৬.১ (খ) পট টালি

(গ) প্যান টালি ঃ এগুলো পট টালির অনুরূপ তবে দৈর্ঘ্যে কিছুটা খাটো, ওজনে ভারী এবং উভয় প্রান্তের প্রস্থ সমান। প্রথমে এগুলোকে সমতল স্ল্যাবের ন্যায় তৈরি করা হয় এবং কাঁচা অবস্থায়ই পৃষ্ঠ কিঞ্চিৎ বক্র করে দেয়া হয় এবং ছাউনিতে ব্যবহারকালে সুবিধার জন্য এদের উপরের প্রান্তের নিচের তলায় বর্ধিত অংশ রাখা হয় যেন সহজে অনুভূমিক বাতার সাথে আটকানো যায়।



চিত্র ঃ ৬.১ (গ) প্যান টালি

(ঘ) ফ্ল্যাট টালি ঃ এ জাতীয় টালি সমতল। এদের আকার 15 × 15 × 1.25 হতে 20 × 20 × 1.25 সেমি। এগুলোকে মেঝের আচ্ছাদনের কাজে এবং টেরেস ছাদের নিচে ব্যবহার করা হয়।

চিত্র ঃ ৬.১ (ঘ) ফ্ল্যাট টালি

(ঙ) ভ্যালী, হিপ ও রিজ টালি ঃ এ জাতীয় টালি চালাঘরের ভ্যালী (Valley), হিপ (Hip), এবং দু'চালার উর্ধ্ব সংযোগস্থল রিজ-এ পানি নিষ্কাশনে ব্যবহার করা হয়।

(চ) করুগেটেড টালি (Corrugated tiles) ঃ করুগেটেড টালি মিহি কাদামাটি দিয়ে যান্ত্রিক চাপে টেউটিনের মতো করে তৈরি করে চুল্লিতে সতর্কতার সাথে পুড়িয়ে নেয়া হয়। ছাউনিতে স্থাপন কালে প্রতি পাশে একটি বা দুটি ঢেউ ওভারল্যাপ দেয়া হয়। এগুলো দেখতে ঢেউটিনের ছাউনির মতো মনে হয়।

চিত্র ঃ ৬.১ (ঙ) রিজ টালি

(ii) ক্লে ফ্লোরিং টালি (Clay flooring tiles) ঃ মিহি কাদামাটি দিয়ে যান্ত্রিক চাপ প্রয়োগে সমতল স্ল্যাবের ন্যায় ক্লে ফ্লোরিং টালি তৈরি করে চুল্লিতে পোড়ানো হয়। এগুলো তৈরিকৃত ভিত্তির (prepared base) উপর সহজেই সমতলভাবে স্থাপন করা যায়। এগুলো পাথর খণ্ড, চুন খণ্ড ও খালি চোখে দেখার মতো সব ধরনের অপদ্রব্যমুক্ত। এগুলোকে আঘাত করলে বাজনার মতো শব্দ হয় এবং এগুলো ভাঙলে ভগ্ন পৃষ্ঠ পরিষ্কার, দৃঢ় (dense) দেখায় এবং ধারগুলো তীক্ষ্ণ হয়।

(iii) গ্লেইজড আর্থেনওয়্যার টালি (Glazed earthenware tiles) ঃ গ্লেইজড আরর্থেনওয়্যার টালি দেয়াল ও মেঝের পৃষ্ঠ আবৃতকরণে ব্যবহৃত হয়। এগুলোর সৃষ্ট পৃষ্ঠ সমতল, মসৃণ, পরিষ্কার, পানি অশোষ্য। এগুলোর প্রদর্শনীয় পৃষ্ঠ গ্লেইজড করা এবং বিপরীত পৃষ্ঠ (নিচের পিঠ) ও ধারগুলো সম্পূর্ণরূপে গ্লেইজডমুক্ত। এতে এগুলোকে সহজেই মেঝে ও দেয়ালে স্থাপন করা যায় এবং এগুলো স্থাপিত পৃষ্ঠকে দৃঢ়ভাবে আঁকড়ে ধরে। এগুলো ভাঙলে সূক্ষ্ম বা মিহি দানায় গঠন, দৃঢ় (dense) ও সমসত্ত্ব দেখায়। এগুলোর নির্মাণত্রুটি সৌন্দর্যে বিঘ্ন ঘটায় তাই এগুলোতে নির্মাণত্রুটি থাকলে এগুলো ব্যবহার উপযোগী থাকে না।

(iv) ক্লে ফ্ল্যাট টেরাসিং টালি (Clay flat terracing tiles) ঃ উত্তম মন্থনকৃত মিহি কাদা দিয়ে হাতে বা যন্ত্রের চাপে কম পুরুত্বের সমতল স্ল্যাবের ন্যায় তৈরি করে চুল্লিতে পুড়িয়ে ক্লে ফ্ল্যাট টেরাসিং টালি তৈরি করা হয়। তৈরিকৃত ভিত্তির উপর এগুলোর এক বা একাধিক স্তর এমনভাবে স্থাপন করা হয় যেন এগুলোর উপর সন্তোষজনকভাবে ফ্লোর বা রুফ ফিনিশ (floor or roof finish) স্থাপন করা যায়। এগুলো সব ধরনের নির্মাণত্রুটি, বক্রতা, দোমড়ানো, ফাটল ইত্যাদি মুক্ত হওয়া আবশ্যক।

(v) ড্রেন টালি ঃ পানি নিষ্কাশনের নালা নির্মাণের জন্য এ টালিগুলো অর্ধবৃত্তকারে ইংরেজি U বা V এর ন্যায় 0.75 মিটার হতে 1.25 মিটার দৈর্ঘ্যে তৈরি করা হয়।

২। কংক্রিটের টালি ঃ 1ঃ 3 অনুপাতের সিমেন্ট মসল্লার সাথে ঈপ্সিত বর্ণের উপাদান (পাউডার আকারের) মিশিয়ে ঈপ্সিত আকার-আকৃতিতে তৈরি করা হয়। এ জাতীয় টালি সাধারণত পাতলা পুরুত্বের ঈপ্সিত আকারে পূর্বে ঢালাই (Precast) করা এবং প্রয়োজনানুসারে কার্য ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়।

৩। প্লাস্টিক টালি ঃ প্লাস্টিক টালির মধ্যে অ্যাজবেস্টস আঠার টালি ও ফ্যানলাইট টালিই প্রধান। এ জাতীয় টালি উৎপাদনে কৃত্রিম পলিভিনাইল ক্লোরাইড এবং কুমারণ (Coumerone) আঠা অথবা শুধুমাত্র কুমারণ আঠার সাথে কিছু তিসির তৈল ব্যবহার করা হয়। এ টালি বিভিন্ন বর্ণের হতে পারে। ঈপ্সিত বর্ণের জন্য মূল উপাদানের সহিত নির্দিষ্ট বর্ণের রঞ্জক মিশ্রণ করা হয়। অ্যাজবেস্টস আঠার টালি বাসগৃহ, সরকারি ভবন ও উপাসনালয়ের মেঝে নির্মাণে ব্যবহার করা হয়। খনিজ তেলের সংস্পর্শে আসতে পারে এমন জায়গা এবং গোসলখানায় এ টালি ব্যবহার করা উচিত নয়। ফ্যান টালি ফেনল এনডিহাইট আঠা হতে উৎপাদন করা হয়। বিভিন্ন নির্মাতা প্রতিষ্ঠান বিভিন্ন পুরুত্বের, আকারের বর্ণেরও ডিজাইনের প্লাস্টিক টালি বাজারজাত করে থাকে। প্রচলিত বাজারে প্রাপ্ত এ জাতীয় টালিগুলোর আকার 25 সেমি × 25 সেমি, 30 সেমি × 30 সেমি, 40 সেমি × 40 সেমি, 60 সেমি × 60 সেমি হয়ে থাকে। তবে ডিজাইনগত পার্থক্যের জন্য এগুলোর আকার কমবেশি হতে দেখা যায়। এ টালি উচ্চ এসিড প্রতিরোধ গুণসম্পন্ন। এগুলো 24 ঘণ্টা পানিতে ভিজিয়ে রাখলে 0.02 হতে 0.05 ভাগ পানি শোষণ করে। ল্যাবরেটরি, গোসলখানা, ঝরনা, পায়খানা, প্রবেশপথ ও সিঁড়িতে এ টালি ব্যবহার করা হয়। এ টালি অ্যাসফল্ট মসল্লা বা ফেনল ফরমালডিহাইড মসল্লার মাধ্যমে সংস্থাপন করা হয়।

৪। মোজাইক টালি ঃ ছোট ছোট মার্বেল পাথরের দানা, মার্বেল পাউডার ও সাদা সিমেন্ট 2ঃ1ঃ1 অনুপাতে মিশিয়ে মসল্লা তৈরি করা হয় এবং নির্দিষ্ট আকারের ফর্মায় ঢালাই করে অথবা যান্ত্রিক চাপে কম পুরুত্বের স্ল্যাব তৈরি করা হয়। এ স্ল্যাবগুলোই মোজাইক টালি। এ জাতীয় টালি সাধারণত পূর্ব ঢালাইকৃত হয়ে থাকে। সিমেন্টের মসল্লা দিয়ে মেঝে, দেয়ালে এ টালি সংস্থাপন করা হয়। সাধারণত মোজাইক টালির আকার 15 × 15 সেমি হয়ে থাকে। বিভিন্ন বর্ণ ও আকারের মোজাইক টালি সৌন্দর্যবর্ধক ও অলঙ্কারমূলক কাজে ব্যবহার করা হয়।

৫। **মার্বেল টালি ঃ** বিভিন্ন বর্ণের মার্বেল পাথর কেটে 1 সেমি থেকে 1.5 সেমি পুরুত্বের মার্বেল টালি তৈরি করা হয়। মার্বেল পাথরের বর্ণের উপর এ ধরনের টালির বর্ণ নির্ভর করে। এগুলো শোভাবর্ধক, সুন্দর, বেশ টেকসই ও মজবুত। এগুলো মেঝের শোভাবর্ধক আচ্ছাদন ও বিভিন্ন অলঙ্কারমূলক কাজে ব্যবহৃত হয়।

৬। **গ্লেইজড টালি ঃ** গ্লেইজড টালি হল কাদাজাত টালি। কাদার তৈরি টালি শুকানোর পর দু'ধাপে পুড়িয়ে গ্লেইজড টালি তৈরি করা হয়। প্রথম পর্যায়ে প্রায় 1200° ফাঃ তাপমাত্রায় এ টালিগুলো পোড়ানো হয় এবং ঠান্ডা করা হয়। এ পর্যায়কে বিস্কুট পর্যায় বলা হয়। এর পর এগুলোকে ঈপ্সিত বর্ণ ও গ্লেইজের জন্য গ্লেইজিং দ্রবণে ডুবিয়ে নেয়া হয় এবং দ্বিতীয় পর্যায়ে চুলিতে দিয়ে প্রায় 2200° ফাঃ তাপমাত্রায় পোড়ানো হয়। পোড়ানোর মাত্রার উপর ভিত্তি করে এগুলোকে প্রথম, দ্বিতীয় ও তৃতীয় শ্রেণিতে ভাগ করা হয়। কম পোড়া টালিকে পুনঃচুল্লিতে পুড়িয়ে নেয়া হয়। এ জাতীয় টালি দেওয়াল, মেঝে ইত্যাদি অলঙ্কার ও সৌন্দর্যবর্ধক আচ্ছাদনে ব্যবহার করা হয়।

৭। **হোমোজিনিয়াস টালি (Homogenous tiles) ঃ** পোর্সেলিন টালিই সাধারণভাবে হোমোজিনিয়াস টালি হিসাবে পরিচিত। এগুলো গ্লেজ ও আনগ্লেজ উভয় ধরনেরই হতে পারে। এগুলোতে কোনরূপ কর্দম দাগ বা সূক্ষ্ম ফাটল গ্রহণীয় নয়। এগুলো প্রায়শই সস্তা চীনামাটি দিয়ে তৈরি। এগুলো বিভিন্ন বর্ণ ও ডিজাইনে তৈরি করা হয়ে থাকে। এগুলো গ্রানাইট এর মতো টাফ (tough)। এগুলো সাধারণত 0.5% এর অধিক (স্বীয় ওজনের) পানি শোষণ করে না। এগুলো সিরামিক টালি হতে শক্তিশালী এবং চলাচল এলাকা যেমন আবাস কক্ষ, ভোজন কক্ষ, বৈঠক কক্ষ ইত্যাদির জন্য সিরামিক টালির তুলনায় অধিক উপযোগী ও টেকসই। তবে ব্যবহারের কয়েক বছর পর এগুলোতে বক্রতার প্রবণতা দেখা বিধায় এগুলো স্থাপনকালে জোড়ায় 1.5 মিমি হতে 2 মিমি ফাঁক রেখে স্থাপন করা উত্তম। রঙিন হোমোজিনিয়াস টালির দাম সাধারণ টালির তুলনায় কিছুটা বেশি। এগুলো সাধারণত 80cm × 80cm, 60cm × 60cm, 40cm × 40cm, 60cm × 40cm ইত্যাদি আকারের হয়ে থাকে।

৮। **উডেন টালি (Wooden tiles) ঃ** চিত্তাকর্ষক ফিগার ও গ্রেইনের টালি আকৃতির উৎকৃষ্ট মানের কাঠের উভয় পিঠ লেমিনেটিং করে উডেন টালি তৈরি করা হয়। ফ্লোরিং-এ ব্যবহারকালে ফাঁকহীন সংযোগ দেয়ার জন্য প্রয়োজনীয় সংযোগের ব্যবস্থা (ট্যাংগ, গ্রুভ ইত্যাদি) থাকে। এগুলোর পৃষ্ঠদেশ অন্যান্য টালির মতো মসৃণ নয় বরং খসখসে। তাই এগুলো পিচ্ছিল হয় না। এগুলো বিভিন্ন বর্ণের হতে পারে এবং অলংকারমূলক ফ্লোরিং-এ ব্যবহার করা যায়। এগুলোর লেমিনেটিং ক্ষতিগ্রস্ত হলে আর্দ্রতায় আক্রান্ত হয় এবং ফ্লোরিং ক্ষতিগ্রস্ত হয়। পানির সংস্পর্শে এগুলো ব্যবহার না করাই উত্তম।

৬.২ বিভিন্ন ধরনের টালির ব্যবহার (Uses of different kinds of tiles) ঃ

নিম্নের ছকে বিভিন্ন ধরনের টালির ব্যবহার ক্ষেত্র উল্লেখ করা হল ঃ

টালির নাম	ব্যবহার
প্লেইন টালি	ঢালু চালাঘরের ছাউনিতে।
পট টালি	ঢালু চালাঘরের ছাউনিতে।
প্যান টালি	ঢালু চালাঘরের ছাউনিতে।
ফ্ল্যাট টালি	টেরেসড্ ছাদের নিচে এবং মেঝের আচ্ছাদনের কাজে।
রিজ টালি	ঢালু চালাঘরের দু'চালের উর্ধ্ব সংযোগস্থলে ছাউনিতে।
হিপ টালি	চালাঘরের হিপ এ ছাউনির কাজে।
ভ্যালী টালি	চালাঘরের ভ্যালীতে পানি নিষ্কাশনে।
করুগেটড টালি	চালাঘরের ছাউনিতে।
ড্রেন টালি	নিষ্কাশন ড্রেন নির্মাণে।
প্লাস্টিক টালি	মেঝে, দেওয়ালের আচ্ছাদনে।
মোজাইক টালি	মেঝে, দেওয়াল, সিঁড়ির আচ্ছাদন ইত্যাদিতে।
মার্বেল টালি	মেঝে, দেওয়ালের আচ্ছাদন, সৌন্দর্যবর্ধক ও অলঙ্কারমূলক কাজে।
গ্লেইজড্ টালি	মেঝে, দেওয়াল, সুইমিং পুল ইত্যাদিতে।
কংক্রিট টালি	ফুটপাথ, ড্রেনের উপরে স্ল্যাব, দেওয়াল ও মেঝে।
হোমোজিনিয়াস টালি	অধিক চলাচলের এলাকাতে (আবাস কক্ষ, বৈঠক ঘর, ভোজন কক্ষ ইত্যাদিতে)।
উডেন টালি	অলংকারমূলক ফ্লোরিং এর কাজে।

অনুশীলনী–৬

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **টালি কী?**

উত্তর ঃ চুল্লিতে পোড়ানো কম পুরুত্বের কাদায় তৈরি স্ল্যাবকে টালি বলে। ইট তৈরির উপযোগী কাদা দিয়েই টালি তৈরি করা হয়।

২। **ছাউনিতে ব্যবহৃত কাদার তৈরি বিভিন্ন ধরনের টালিগুলো কী কী?**
অথবা, ছাউনির কাজে ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রকার কাদার টালির নাম লেখ।

উত্তর ঃ কাদার তৈরি টালিগুলো হল– (ক) প্লেইন টালি, (খ) পট টালি, (গ) প্যান টালি, (ঘ) ফ্ল্যাট টালি, (ঙ) ভ্যালী, হিপ ও রিজ টালি, (চ) করুগেটেড টালি।

৩। **বিভিন্ন প্রকার কাদার টালির নাম লেখ।**

উত্তর ঃ নিচে বিভিন্ন প্রকার কাদার টালির নাম দেওয়া হল ঃ

(i) ক্লে রুফিং টালি (Clay roofing tiles)

(ii) ক্লে ফ্লোরিং টালি (Clay flooring tiles)

(iii) গ্লেইজড্ আর্থেনওয়্যার টালি (Glazed earthenware tiles)

(iv) ক্লে ফ্ল্যাট টেরাসিং টালি (Clay flat terracing tiles)

(v) ড্রেন টালি (Drain tiles)।

৪। **রিজ, হিপ ও ভ্যালী টালি কোথায় ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর ঃ রিজ টালি চালাঘরের দুই চালার শীর্ষ সংযোগস্থলে, ভ্যালী টালি চালাঘরের ভ্যালী সংযোগে এবং হিপ টালি হিপ সংযোগস্থলে ব্যবহৃত হয়।

৫। **ইট ও টালির মধ্যে পার্থক্য কী?**

উত্তর ঃ ইট ও টালি উভয়ে কাদার তৈরি হলেও টালির পুরুত্ব ইট হতে কম এবং আকার-আকৃতির পার্থক্য বিদ্যমান। টালি ছাউনি, মেঝে ও দেওয়ালে প্রধানত ব্যবহৃত হয়। পক্ষান্তরে, ইট দেওয়াল, ভিত্তি ইত্যাদি নির্মাণের একক ও কোর্স অ্যাগ্রিগেইট, সুরকি ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

৬। **প্লেইন টালি কী?**

উত্তর ঃ প্লেইন টালি ছাউনিতে ব্যবহৃত হয়। এগুলোকে ছাউনিতে ব্যবহারের সময় বাতার সাথে সহজে আটকানোর জন্য উপরের প্রান্তের নিচের তলায় দুটি বর্ধিত আল থাকে।

৭। **রিজ টালি কী?**

উত্তর ঃ দোচালা ঘরের শীর্ষে চালাদ্বয়ের সংযোগস্থলে 'টুয়া' হিসাবে ব্যবহৃত টালিই রিজ টালি।

৮। **ড্রেন টালি কী?**

উত্তর ঃ পানি নিষ্কাশনের জন্য ড্রেন নির্মাণে ব্যবহৃত টালিই ড্রেন টালি। এগুলোর প্রস্থচ্ছেদ ইংরেজি U বা V আকৃতির হয়ে থাকে।

৯। **ফ্ল্যাট টালি কী?**

উত্তর ঃ ফ্ল্যাট টালিগুলো সমতল। এগুলোর আকার $15 \times 15 \times 1.25$ হতে $20 \times 20 \times 1.25$ (একক সেমি) হয়ে থাকে। এগুলো মেঝের আচ্ছাদনে, টেরেস ছাদের নিচে ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

১০। **মার্বেল টালি কী?**

উত্তর ঃ মার্বেল পাথর কেটে মার্বেল টালি তৈরি করা হয়। মেঝে, দেওয়ালের আচ্ছাদন, অলঙ্কারমূলক সৌন্দর্যবর্ধক কাজে মার্বেল টালি ব্যবহৃত হয়।

১১। **প্লাস্টিক টালি কোথায় ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর ঃ প্লাস্টিক টালি ল্যাবরেটরি, গোছলখানা, ঝরনা, পায়খানা, প্রবেশপথ ইত্যাদির মেঝে ও দেওয়ালের আচ্ছাদনে ব্যবহৃত হয়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ভাল টালির বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**
অথবা, কাদার তৈরি উৎকৃষ্ট মানের টালির বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর ঃ কাদার তৈরি ভাল টালির নিম্নোক্ত বৈশিষ্ট্যগুলো থাকবে–

(ক) আকার-আকৃতি ঃ এগুলো ঈপ্সিত আকার-আকৃতির হবে।

(খ) ত্রুটিমুক্ত ঃ এগুলো বাঁকানো, দোমড়ানো, তোবড়ানো, মোচড়ানো হবে না এবং, বক্রতা, ছিদ্র ও ফাটলমুক্ত হবে।

(গ) বর্ণের সাম্যতা ঃ এগুলোর বর্ণ সাম্য বর্ণের হবে।

(ঘ) পোড়ানো ঃ এগুলো উত্তমরূপে পোড়ানো হবে।

(ঙ) মজবুতি ঃ এগুলো দৃঢ়, শক্ত ও শক্তিশালী হবে।

(চ) পানি অভেদ্যতা ঃ এগুলো পানি অভেদ্য (impermeable) হবে।

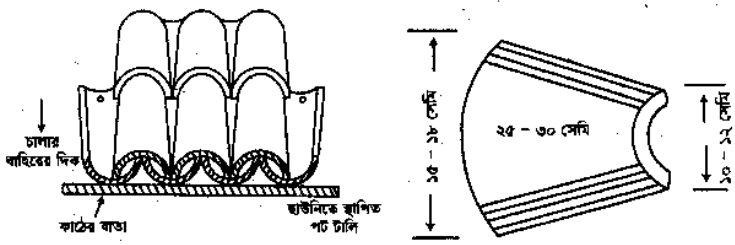
(ছ) শোষ্যতা ঃ এগুলো স্বীয় ওজনের 20% এর অধিক পানি শোষণ করবে না।

(জ) পৃষ্ঠ মসৃণতা ঃ এগুলোর প্রদর্শনীয় পৃষ্ঠ মসৃণ হবে এবং অপর পৃষ্ঠ স্থাপনের উপযোগী অমসৃণ হবে।

(ঝ) আঘাতে এগুলোতে বাজনার শব্দ হবে।

২। **চিত্রসহ পট টালির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর ঃ পট টালি কুমারের চাকার উপর হাতে তৈরি করা হয়। এগুলো ফাঁপা অর্ধ-সিলিন্ডার আকৃতির, তবে দু'প্রান্তের ব্যাসের মধ্যে পার্থক্য থাকে। দৈর্ঘ্য 25 হতে 30 সেন্টিমিটার, ব্যাস 10 হতে 12 সেন্টিমিটার ও 15 হতে 18 সেন্টিমিটার। প্রথমে সিলিন্ডার আকৃতিতে এদেরকে তৈরি করা হয় এবং কাঁচা অবস্থায়ই কাটা চিহ্ন দেয়া থাকে যেন শুকানোর পর নির্বিঘ্নে বিভক্ত করা যায়।



চিত্র ঃ পট টালি

৩। **মোজাইক টালির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর ঃ ছোট ছোট মার্বেল পাথরের দানা, মার্বেল পাউডার ও সাদা সিমেন্ট 2ঃ1ঃ1 অনুপাতে মিশিয়ে মসল্লা তৈরি করা হয় এবং নির্দিষ্ট আকারের ফর্মায় ঢালাই করে অথবা যান্ত্রিক চাপে কম পুরুত্বের স্ল্যাব তৈরি করা হয়। এ স্ল্যাবগুলোই মোজাইক টালি। এ জাতীয় টালি সাধারণত পূর্ব ঢালাইকৃত হয়ে থাকে। সিমেন্টের মসল্লা দিয়ে মেঝে, দেয়ালে এ টালি সংস্থাপন করা হয়। সাধারণত মোজাইক টালির আকার 15 × 15 সেমি হয়ে থাকে। বিভিন্ন বর্ণ ও আকারের মোজাইক টালি সৌন্দর্যবর্ধক ও অলঙ্কারমূলক কাজে ব্যবহার করা হয়।

৪। **টালি কোন কোন কাজে ব্যবহার করা হয়?**
অথবা, বিভিন্ন প্রকার টালির ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর ঃ নিম্নের ছকে বিভিন্ন ধরনের টালির ব্যবহার ক্ষেত্র উল্লেখ করা হল ঃ

টালির নাম	ব্যবহার ক্ষেত্র
প্লেইন টালি	ঢালু চালাঘরের ছাউনিতে।
পট টালি	ঢালু চালাঘরের ছাউনিতে।
প্যান টালি	ঢালু চালাঘরের ছাউনিতে।
ফ্ল্যাট টালি	টেরেসড্ ছাদের নিচে এবং মেঝের আচ্ছাদনের কাজে।
রিজ টালি	ঢালু চালাঘরের দু'চালের উর্ধ্ব সংযোগস্থলে ছাউনিতে।
হিপ টালি	চালাঘরের হিপ এ ছাউনির কাজে।
ভ্যালী টালি	চালাঘরের ভ্যালীতে ছাউনি ও পানি নিষ্কাশনে।
করুগেটেড টালি	চালাঘরের ছাউনিতে।
ড্রেন টালি	নিষ্কাশন ড্রেন নির্মাণে।
প্লাস্টিক টালি	মেঝে, দেওয়ালের আচ্ছাদনে।
মোজাইক টালি	মেঝে, দেওয়াল, সিঁড়ির আচ্ছাদন ইত্যাদিতে।
মার্বেল টালি	মেঝে, দেওয়ালের আচ্ছাদন, সৌন্দর্যবর্ধক ও অলঙ্কারমূলক কাজে।
গ্লেইজড্ টালি	মেঝে, দেওয়াল, সুইমিং পুল ইত্যাদিতে।
কংক্রিট টালি	ফুটপাথ, ড্রেনের উপরের স্ল্যাব, দেওয়াল ও মেঝে।
হোমোজিনিয়াস টালি	অধিক চলাচলের এলাকাতে (আবাস কক্ষ, বৈঠক ঘর, ভোজন কক্ষ ইত্যাদিতে)।
উভেন টালি	অলংকারমূলক ফ্লোরিং এর কাজে।

৫। **গ্লেইজড টালি বুঝিয়ে লেখ।**

উত্তর ঃ গ্লেইজড টালি হল কাদাজাত টালি। কাদার তৈরি টালি শুকানোর পর দু'ধাপে পুড়িয়ে গ্লেইজড টালি তৈরি করা হয়। প্রথম পর্যায়ে প্রায় 1200° ফাঃ তাপমাত্রায় এ টালিগুলো পোড়ানো হয় এবং ঠান্ডা করা হয়। এ পর্যায়কে বিস্কুট পর্যায় বলা হয়। এর পর এগুলোকে ঈপ্সিত বর্ণ ও গ্লেইজের জন্য গ্লেজিং দ্রবণে ডুবিয়ে নেয়া হয় এবং দ্বিতীয় পর্যায়ে চুলিতে দিয়ে প্রায় 2200° ফাঃ তাপমাত্রায় পোড়ানো হয়। পোড়ানোর মাত্রার উপর ভিত্তি করে এগুলোকে প্রথম, দ্বিতীয় ও তৃতীয় শ্রেণিতে ভাগ করা হয়। কম পোড়া টালিকে পুনঃচুল্লিতে পুড়িয়ে নেয়া হয়। এ জাতীয় টালি দেওয়াল, মেঝে ইত্যাদি অলঙ্কার ও সৌন্দর্যবর্ধক আচ্ছাদনে ব্যবহার করা হয়।

৬। **বিভিন্ন প্রকার কাদার টালির নাম লেখ।**

উত্তর ঃ নিচে বিভিন্ন প্রকার কাদার টালির নাম দেওয়া হল ঃ

(i) ক্লে রুফিং টালি (Clay roofing tiles)
(ii) ক্লে ফ্লোরিং টালি (Clay flooring tiles)
(iii) গ্লেইজড্ আর্থেনওয়্যার টালি (Glazed earthen ware tiles)
(iv) ক্লে ফ্ল্যাট টেরাসিং টালি (Clay flat terracing tiles)
(v) ড্রেন টালি (Drain tiles)।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **বিভিন্ন ধরনের টালির সচিত্র বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত ঃ ৬.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। **প্লাস্টিক টালি ও মোজাইক টালির বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত ঃ ৬.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। **বিভিন্ন ধরনের টালির ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ৬.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৭

টিম্বার এবং কাঠজাত পণ্য
(Timber & Wood-Based Products)

৭.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

মানব সভ্যতার উষালগ্ন হতেই মানুষ কাঠ ব্যবহার করত। আদি মানুষেরা প্রথমত কাঠকে জ্বালানি হিসেবে এবং নিরাপদ আবাস নির্মাণে ব্যবহার করত বলে অনেকে মনে করেন। বর্তমানে কাঠের ব্যবহার এত ব্যাপক ও বিস্তৃত যে এর একটা পূর্ণ তালিকা তৈরি করা বেশ কঠিন। সহজে বলা যায়, শিশুকালের দোলনা হতে মরণের পরের শবাধার তৈরিতেও কাঠের দরকার হয়। সব শুকনো কাঠের রাসায়নিক গঠন প্রায় একই রকম। এতে মোটামুটি 49% কার্বন, 6% হাইড্রোজেন, 44% অক্সিজেন ও 1% ভস্ম থাকে। সচরাচর এক ঘনমিটার শুষ্ক কাঠের ওজন 400–900 কেজি হয়ে থাকে। কাঠের ধরনের উপর নির্ভর করে শক্ত মানের প্রতি ঘনমিটার কাঠের ওজন 650–900 কেজি, মধ্য মানের প্রতি ঘনমিটারের ওজন 480–650 কেজি এবং হালকা মানের কাঠ 400–480 কেজি/ঘনমিটার হয়ে থাকে।

আমরা বৃক্ষ হতে টিম্বার পেয়ে থাকি। টিম্বার (Timber) শব্দটি সেক্সন শব্দ টিমব্রেন (Timbrain) হতে নেয়া, যার অর্থ তৈরি করা। প্রকৌশল কাজে ব্যবহার উপযোগী কমপক্ষে 0.6 মিটার বেড়ের বৃক্ষ কাণ্ড হতে প্রাপ্ত নির্দিষ্ট আকার-আকৃতির কাঠকে টিম্বার (Timber) বলা হয়। তবে সাধারণভাবে জীবিত গাছকে 'স্ট্যান্ডিং টিম্বার' (Standing timber), কাটা পতিত গাছকে 'রাফ টিম্বার (Rough timber), নির্দিষ্ট মাপে খণ্ড করা বাকল অপসারিত গাছের কাণ্ডকে 'লগ' টিম্বার বা লগ (Log timber or log) এবং লগকে বাজার আকৃতিতে চেরাই করে প্রাপ্ত কাঠকে (যেমন– বিম, রাফটার, পোস্ট ইত্যাদি) কনভার্টেড টিম্বার (Converted timber) বলা হয়। যেসব পণ্য ও মালামাল (Products and goods) কাঠ দিয়ে তৈরি করা হয়, সেগুলোকে কাঠজাত পণ্য (Wood-based products) বলা হয়।

টিম্বারের ভৌত ধর্মাবলি এর আঁশের বিন্যাস, বৈশিষ্ট্য, ওজন, এতে আর্দ্রতার পরিমাণ ইত্যাদির উপর নির্ভর করে এবং এর যান্ত্রিক ধর্মাবলি এর উপর পতিত বলের প্রভাব প্রতিরোধের সামর্থ্যের সাথে সম্পর্কীত, যেমন– চাপশক্তি, টান শক্তি, স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক ইত্যাদি। তাই টিম্বার ব্যবহারে এর ভৌত ও যান্ত্রিক ধর্মাবলির উপর সবিশেষ নজর রাখতে হয়। তা ছাড়া টিম্বার ব্যবহারে এগুলোর গ্রেইন (grain) ও ফিগার (figure) এর দিক বিশেষ বিবেচনায় রাখতে হয়। টিম্বারের গ্রেইন (grain) বলতে গাছের আঁশের দিক, আকার, বিন্যাস, অবয়ব (appearance) বা আঁশের গুণাগুণকে যেমন– মোটা আঁশ, আড়াআড়ি আঁশ, সর্পিল আঁশ, কোনাকুনি আঁশ ইত্যাদিকে বুঝায়। অপরদিকে, টিম্বারের ফিগার (figure) বলতে গাছের গিরা, বার্ষিক বর্ধন ও বলয়, মজ্জা রশ্মি ইত্যাদি বা নিয়মিত বা বিন্যস্ত আঁশের বিচ্যুতি (যেমন– ঢেউ খেলানো আঁশ, আড়াআড়ি আঁশ ইত্যাদি) বা অনিয়মিত হওয়ার দরুন টিম্বার পৃষ্ঠে সৃষ্ট কারুকার্যের মতো বা অলংকারমূলক চিত্রের মতো পৃষ্ঠ অবয়ব (appearance) কে বুঝায়। কোন কাঠের আঁশের অসামঞ্জস্যতা, গিরা, ঢেউ খেলানো আঁশ, আড়াআড়ি আঁশ ইত্যাদি গ্রেইন সংক্রান্ত ত্রুটির জন্য ভারবাহী কাঠামোর জন্য অনুপযোগী হতে পারে, কিন্তু আকর্ষণীয়, লোভনীয়, চিত্তাকর্ষক ফিগার এর জন্য অভারবাহী কাঠামো যেমন– শ্রীবর্ধক আসবাবপত্র তৈরির জন্য বিশেষভাবে উপযোগী হতে পারে। তাই কাজে ব্যবহারের উপযোগিতার বিবেচনায় টিম্বারের দোষত্রুটি নির্ধারণই যুক্তিযুক্ত।

ওজনের তুলনায় কাঠ প্রচুর শক্তির অধিকারী। এগুলো যথেষ্ট স্থিতিস্থাপক এবং তাপ ও শব্দ প্রতিরোধক। ভাল কাঠ কয়েক শত বছর পর্যন্ত টিকে থাকে। পৃথিবীর প্রায় সকল অঞ্চলেই বৃক্ষ উৎপন্ন হয়। এগুলোর কোন কোনটি দীর্ঘস্থায়ী ও দীর্ঘায়ুসম্পন্ন এবং কোন কোনটি ক্ষণস্থায়ী ও স্বল্পায়ুসম্পন্ন। কাজেই নির্মাণের ধরন, স্থায়িত্ব, উপযোগিতা ইত্যাদির অনুসারে টিম্বার নির্বাচন করে কাজে লাগানো উচিত। কাঠ স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয় ধরনের নির্মাণে ব্যবহার করা যায়। এগুলোকে সহজে কাজে লাগানো যায় এবং এগুলোতে সহজে ফিটিংস্‌ও লাগানো যায়। টিম্বারকে ভারবাহী ও অভারবাহী উভয় ধরনের মেম্বার (Member) হিসেবে ব্যবহার করা যায়। এগুলো আসবাবপত্র, পুতুল, খেলনা ইত্যাদি তৈরিতে, অলঙ্কারমূলক শোভাবর্ধক কাজে, ভাস্কর্য নির্মাণে, চারুশিল্প ইত্যাদিতে ব্যবহার করা হয়। টিম্বারকে কার্যক্ষেত্রেও সুবিধাজনক ঈপ্সিত আকার-আকৃতিতে রূপান্তর করা যায় এবং এগুলোর ছোট ছোট খণ্ডও ব্যবহার করা যায়। এগুলোর অপাংশ জ্বালানি হিসেবেও ব্যবহার করা যায়। উৎকৃষ্ট মানের টিম্বার প্রকৌশল কাজে ব্যবহৃত হয়।

গাছের বয়স, প্রকৃতি, গাছ কাটার সময়, কাঠ চেরাই প্রক্রিয়া, কাঠ শুষ্ককরণ প্রক্রিয়া ইত্যাদির উপর টিম্বারের বৈশিষ্ট্য অনেকাংশে নির্ভর করে। ভালমানের টিম্বারের বৈশিষ্ট্য নিচে দেয়া হল ঃ

(ক) **শক্তি ও স্থায়িত্ব ঃ** এগুলো শক্ত খুঁতহীন, ঘাতসহনীয়, স্থায়িত্বশীল ও টেকসই হবে।

(খ) **ত্রুটিমুক্ত ঃ** এগুলো কৃত্রিম ও প্রাকৃতিক উভয় ধরনের ত্রুটিমুক্ত হবে।

(গ) **বর্ণের সাম্যতা ঃ** এগুলোতে বর্ণের সাম্যতা থাকবে। এগুলোতে হঠাৎ করে কোন অংশের বর্ণের বৈষম্য দেখা যাবে না। সাম্য ও গাঢ় বর্ণের টিম্বারকে ভাল মানের টিম্বার বলে গণ্য করা হয়।

(ঘ) **গন্ধ ঃ** এগুলো হতে দুর্গন্ধ নির্গত হবে না।

(ঙ) **শব্দ ঃ** এগুলোতে হাতুড়ি দিয়ে আঘাত করলে স্পষ্ট শব্দ হবে।

(চ) **রস ঃ** এগুলো রসমুক্ত হবে।

(ছ) **আঁশ বিন্যাস ঃ** এগুলোর আঁশ বিন্যাস সরল ও মসৃণ হবে।

(জ) **সার কাঠ ঃ** এগুলো প্রাপ্তবয়স্ক গাছের সার কাঠ (Heart wood) হতে সংগৃহীত।

(ঝ) **চেরাই ঃ** এগুলো আঁশের সমান্তরালে চেরাই করে পাওয়া যাবে।

(ঞ) **বার্ষিক বলয় ঃ** এগুলোর গড়নে বার্ষিক বলয়গুলোর (Annual ring) সাম্যতা ও নিয়মতান্ত্রিকতা থাকবে।

(ট) **ঘনত্ব ঃ** এগুলোর ঘনত্ব অধিক হবে। কেননা অধিক ওজনের টিম্বারের স্থায়িত্বশীলতা ও শক্তি অধিক।

(ঠ) **চাপসহনীয়তা ঃ** এগুলোর চাপ সহ্য করার ক্ষমতা থাকবে যেন পাইল, স্ট্রাট, পোস্ট ইত্যাদি হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

(ড) **স্থিতিস্থাপকতাঃ** এগুলোর স্থিতিস্থাপক গুণ থাকবে। কেননা গরুর গাড়ির চাকা, শ্যাফট, খেলনা, পুতুল ইত্যাদি তৈরির জন্য এ গুণ থাকা বাঞ্ছনীয়।

(ঢ) **অগ্নিরোধিতা ঃ** এগুলোর অগ্নিরোধিতা গুণ থাকবে।

(ণ) **কার্যোপযোগিতা ঃ** এগুলোকে সহজে কার্যোপযোগী করা যাবে।

৭.১ বৃক্ষের শ্রেণিবিভাগ (Classification of trees) ঃ

উদ্ভিদ বিজ্ঞান গাছের বৃদ্ধির ধরনের উপর ভিত্তি করে বৃক্ষকে দু' ভাগে ভাগ করেছে, যথা–

১। বহিঃবর্ধক বৃক্ষ (Exogenous trees)

২। অন্তঃবর্ধক বৃক্ষ (Endogenous trees)।

১। বহিঃবর্ধক বৃক্ষ (Exogenous trees) ঃ বহিঃবর্ধক বৃক্ষ তার জীবন্তকালে সজীব বাকল ও পূর্বতন কাঠের মধ্যবর্তী অংশে এক নতুন স্তর সৃষ্টি করে নিজের কলেবর বৃদ্ধি করে। এ জাতীয় বৃক্ষকে বহিঃবর্ধক বৃক্ষ বলা হয়। এরূপ বয়স্ক গাছের প্রস্থচ্ছেদ পরীক্ষা করলে প্রস্থচ্ছেদে ধারাবাহিক বৃত্তাকার বলয় (ring) দেখা যায়। এ বলয়গুলোর প্রত্যেকটি প্রতি বছরে বৃক্ষের বর্ধনের পরিমাণ নির্দেশ করে। প্রায় সব বাণিজ্যিক টিম্বারই এ শ্রেণিভুক্ত। আম, জাম, শাল, মেহগনি, সেগুন, কড়ই ইত্যাদি এ শ্রেণির বৃক্ষের প্রকৃষ্ট উদারহণ। এ বহিঃবর্ধক শ্রেণির বৃক্ষকে আবার দু'ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

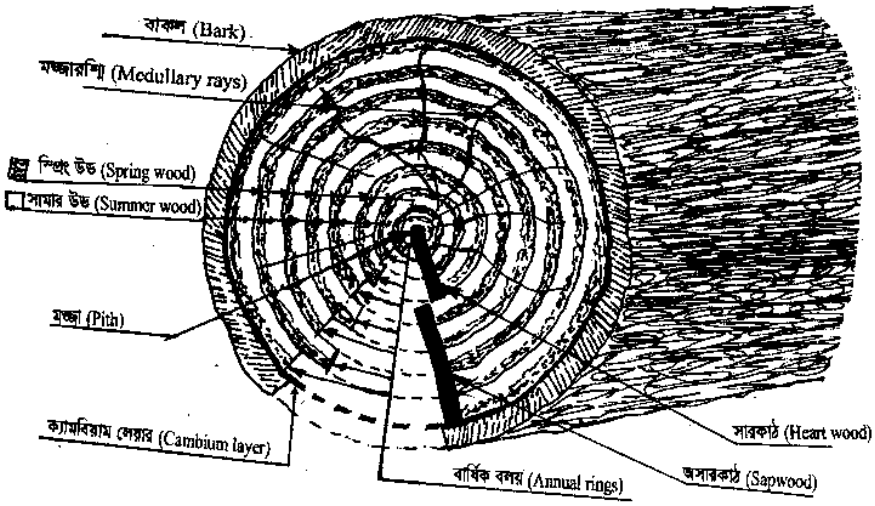
(ক) প্রশস্ত পাতার বৃক্ষ (Broad leaved trees)

(খ) সরু পাতার বৃক্ষ (Needle leaved trees)।

(ক) প্রশস্ত পাতার বৃক্ষ ঃ প্রশস্ত পাতার বৃক্ষের পাতা বেশ প্রশস্ত। এ ধরনের প্রায় সব বৃক্ষের পাতাই প্রতি বছর শীতকালে ঝরে যায় এবং শীত শেষে নতুন পাতা গজায়। এগুলোর টান প্রতিরোধ ক্ষমতা অধিক এবং সহজে আগুন ধরে না। এগুলোর আঁশ বেশ দৃঢ়াবদ্ধ, সহজে ঘুণে ধরে না, সহজে বিদীর্ণ করা যায় না এবং প্রাপ্ত টিম্বারও ওজনে ভারী। এগুলোর বাণিজ্যিক মূল্য অধিক এবং প্রকৌশল কাজের জন্য বেশ উপযোগী। এ জাতীয় বৃক্ষ হতে প্রাপ্ত টিম্বার শক্ত কাঠ (Hard wood) নামে পরিচিত। কড়ই, শাল, সেগুন, মেহগনি ইত্যাদি বৃক্ষ এ শ্রেণিভুক্ত।

(খ) সরু পাতার বৃক্ষ ঃ সরু পাতার বৃক্ষের পাতা বেশ লম্বা ও সুচালো। এদের বার্ষিক বলয়গুলো (Annual ring) স্পষ্ট দৃশ্য হয়। এগুলোর টান প্রতিরোধ ক্ষমতা কম, আঁশগুলো দৃঢ়াবদ্ধ নয়, সহজে বিদীর্ণ করা যায় এবং সহজে আগুন ধরে এবং ঘুণে আক্রান্ত হয়। এ জাতীয় বৃক্ষ হতে প্রাপ্ত টিম্বার হালকা ও নরম। এগুলো নরম কাঠ (Soft wood) নামেও পরিচিত। এগুলো ভারী প্রকৌশল কাজে তেমন ব্যবহৃত হয় না। এগুলো দিয়াশলাই, প্যাকিং ও খেলাধুলার সরঞ্জামাদি তৈরিতে বিপুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ইউক্যালিপ্টাস, পাইন, ফার, শিমুল ইত্যাদি এ শ্রেণির বৃক্ষ।

বহিঃবর্ধক বৃক্ষের প্রস্থচ্ছেদের প্রতি গভীরভাবে তাকালে নিচের চিত্র সদৃশ মনে হবে ঃ (চিত্রঃ ৭.১)



চিত্র ঃ ৭.১ বহিঃবর্ধক বৃক্ষের প্রস্থচ্ছেদ

বিভিন্ন অংশের পরিচিতি ঃ

(ক) বাকল ঃ বাকল বৃক্ষের বাইরের আবরণ, যা জীবিত বা মৃত কোষে গঠিত। এটি গাছের জলীয়াংশের বাষ্পীভবন রোধ করে এবং গাছের মূল অংশ (কাণ্ড) কে সরাসরি বাইরের আঘাত হতে রক্ষা করে। বাকলের বহিঃপৃষ্ঠে মৃত কোষের সংখ্যাই অধিক এবং ভিতরের দিকের সকল কোষই জীবিত।

(খ) ক্যামবিয়াম লেয়ার (Cambium layer) ঃ এটি অসারকাঠের বহিপৃষ্ঠে এবং বাকলের অন্তঃপৃষ্ঠে পিচ্ছিল পদার্থের একটি হালকা স্তর, যা গাছকে জীবন্ত রাখতে সহায়তা করে। এ স্তর থাকায় অসারকাঠের জলীয়াংশ শুষ্ক হতে পারে না। এ স্তরের অন্তঃদিকেই গাছের বর্ধন ঘটে। এটা বাকলের সমন্বয়ে গাছের নবগঠিত অংশকে রক্ষা করে।

(গ) অসারকাঠ বা রসালো কাঠ বা পল কাঠ (Sapwood) ঃ বাকলের দিকে নবগঠিত হালকা বর্ণের রসালো অংশকে অসারকাঠ বা রসালো কাঠ বা পল কাঠ (Sapwood) বলা হয়। অসারকাঠ গাছের খাদ্য ও অ্যালবুমিনে ভরপুর। টিম্বার হিসেবে এ অংশ ব্যবহার করলে ছত্রাক ও কীটপতঙ্গে আক্রান্ত হয়। এ জাতীয় টিম্বারের আয়ুষ্কাল কম, তবে বিভিন্ন শোধন প্রক্রিয়ায় শোধনের পর সাধারণ নির্মাণ কাঠামোতে ব্যবহার করা যায়।

(ঘ) সারকাঠ বা হৃদ কাঠ (Heart wood) ঃ পল কাঠের ভিতরের ধার হতে মজ্জার (Pith) বহিঃপৃষ্ঠ পর্যন্ত গাঢ় বর্ণের দৃঢ় শক্ত অংশই সারকাঠ বা হৃদ কাঠ। এ অংশের পরিমাণ খুবই কম এবং গাছের জীবনধারণের জন্য খাদ্য তৈরিতে এ অংশের ভূমিকা খুবই নগণ্য, কিন্তু এ অংশই গাছকে দাঁড়িয়ে থাকার দৃঢ়তা দান করে। ভাল মানের টিম্বার এ অংশ হতেই সংগৃহীত হয়। তবে এ অংশও নির্মাণে ব্যবহারের পূর্বে শোধন ও শুষ্ককরণ করা আবশ্যক।

(ঙ) মজ্জা (Pith) ঃ গাছের প্রস্থচ্ছেদের কেন্দ্রে অবস্থিত গাঢ় বর্ণের ক্ষুদ্রতর অংশই মজ্জা। এটাকে কেন্দ্র করেই বার্ষিক বলয়গুলো অবস্থান করে।

(চ) বার্ষিক বলয় (Annual ring) ঃ বৃক্ষের প্রস্থছেদের প্রায় সম্পূর্ণ অংশই কতগুলো বার্ষিক বলয়ের সমষ্টি। ফি বছর এক একটি নতুন বলয় বা চক্র সৃষ্টির যাধ্যমেই গাছ তার কলেবর বৃদ্ধি করে। প্রতিটি বার্ষিক বলয়ের ভিতরের দিক বাইরের দিকের তুলনায় দৃঢ় ও গাঢ় বর্ণের। বার্ষিক বলয়ের প্রতি তাকালে স্পষ্টত দেখা যায় যে, বসন্তকালে (গাঢ় অংশ) এর বর্ধিষ্ণু মাত্রা বেশি। এ অংশকে স্প্রিং উড (Spring wood) এবং গ্রীষ্মকালে ধীরে বর্ধিষ্ণু সাদা অংশকে 'সামার উড' (Summer wood) বলা হয়। শীতকালে গাছের কোনরূপ বর্ধন ঘটে না।

(ছ) মজ্জা রশ্মি (Medullary rays) ঃ মজ্জা হতে বাকল অভিমুখী বার্ষিক বলয়গুলোর আড়াআড়ি যে সব সরু সরু কোষ রশ্মি বৃক্ষের প্রস্থচ্ছেদে দেখা যায়, এগুলোকে মজ্জারশ্মি বলা হয়। এগুলো ক্যামবিয়াম লেয়ার হতে ব্যাসার্ধীয়ভাবে মজ্জা পর্যন্ত বা কোন বার্ষিক বলয় পর্যন্ত বিস্তৃত। গাছের খাদ্য বহনই এগুলোর প্রধান কাজ। এগুলো বার্ষিক চক্রগুলোকে সুবদ্ধ করে পরস্পরের মাঝে সংযোগ রক্ষা করে এবং সম্মিলিত অবস্থায় থাকার শক্তি প্রদান করে।

২। **অন্তঃবর্ধক বৃক্ষ (Endogenous trees) ঃ** অন্তঃবর্ধক বৃক্ষ প্রতি বছর অভ্যন্তরভাগে নতুন স্তর সৃষ্টি করে কলেবর বৃদ্ধি করে। তাল, সুপারি, নারিকেল ইত্যাদি এ জাতীয় বৃক্ষের অন্তর্ভুক্ত। এ জাতীয় বৃক্ষের অসারকাঠ (Sapwood), সারকাঠ (Heart wood) দিয়ে বেষ্টিত থাকে। বাণিজ্যিক টিম্বার হিসেবে এ জাতীয় বৃক্ষের ভূমিকা একেবারেই নগণ্য। এগুলোর আঁশ মোটা এবং বেশ শক্ত।

পাতা পতনের উপর ভিত্তি করে বৃক্ষকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

(ক) পাতা পতনকারী বৃক্ষ (Deciduous trees)

(খ) চিরসবুজ বৃক্ষ (Evergreen trees)।

(ক) পাতা পতনকারী বৃক্ষ ঃ এ জাতীয় গাছ প্রতি বছর শীতকালে পাতা শূন্য হয়ে যায় এবং শীত শেষে নতুন পাতা গজায়। প্রায় সব বহিঃবর্ধক বৃক্ষই এ শ্রেণির। শাল, শিমুল, মেহগনি ইত্যাদি এ শ্রেণির বৃক্ষ।

(খ) চিরসবুজ বৃক্ষ ঃ এ জাতীয় গাছে একটা নতুন পাতা গজালে একটা পুরাতন পাতা ঝরে। তাই এগুলোতে সারা বছরই পাতা থাকে এবং জীবিত অবস্থায় পুরো সময়ই সুবজ থাকে। সব অন্তঃবর্ধক বৃক্ষ এবং বেশ কিছু সংখ্যক বহিঃবর্ধক বৃক্ষও এ শ্রেণিভুক্ত যেমন আম, জাম, কাঁঠাল, তাল, সুপারি ইত্যাদি।

বনবৃক্ষ ও বাগান বৃক্ষ (Forest trees & garden trees) ঃ

বৃক্ষ জন্মানোর পরিসরের উপর ভিত্তি করে বৃক্ষকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

(ক) বনবৃক্ষ (Forest trees)

(খ) বাগান বৃক্ষ (Garden trees)।

(ক) বনবৃক্ষ ঃ বন হল বৃক্ষরাজির বিপুল সমাহার। এতে গাছের সংখ্যা অধিক থাকার ফলে পাশাপাশি অধিক পরিসর না পেয়ে গাছ অধিক সূর্যালোক গ্রহণের জন্য প্রতিযোগিতামূলকভাবে সোজাসুজি লম্বা হতে থাকে এবং প্রাথমিক বয়সে শাখাপ্রশাখা কম গজায়। ফলে কাণ্ডের দৈর্ঘ্য খুব লম্বা হয় এবং উৎকৃষ্ট মানের টিম্বার পাওয়া যায়।

(খ) বাগান বৃক্ষ ঃ বাগানে (পার্কে, রাস্তার ধারে) বৃহৎ পরিসরে গাছের সংখ্যা কম থাকে। ফলে প্রতিটি গাছই পাশাপাশি বৃহৎ পরিসরে বৃদ্ধি হওয়ার সুযোগ গ্রহণ করে এবং প্রাথমিক বয়সেই প্রচুর শাখাপ্রশাখা গজায়। ফলে এ জাতীয় বৃক্ষের কাণ্ডের দৈর্ঘ্য কম হয় এবং যথেচ্ছা শাখাপ্রশাখা গজায় বলে কাণ্ডে গিরার (Knot) সংখ্যা অধিক হয়। ফলত অধিক দৈর্ঘ্যের টিম্বার পাওয়া যায় না এবং গিরা থাকার ফলে টিম্বারের মানও ভাল হয় না।

বনবৃক্ষ ও বাগান বৃক্ষ এর তুলনামূলক পার্থক্য নিম্নে দেয়া হল ঃ

পার্থক্যের দিক	বনবৃক্ষ	বাগান বৃক্ষ
১। পরিসর	১। স্বল্প পরিসরে অধিক সংখ্যক বৃক্ষ।	১। বৃহৎ পরিসরে স্বল্পসংখ্যক বৃক্ষ।
২। বর্ধন	২। সূর্যালোক পাওয়ার জন্য প্রতিযোগিতায় বর্ধিত হয়।	২। বৃহৎ পরিসরে বর্ধন বিধায় সূর্যালোক পাওয়ার জন্য প্রতিযোগিতার দরকার হয় না।
৩। কাণ্ড দৈর্ঘ্য	৩। দীর্ঘ হয়।	৩। খাটো হয়।
৪। গিরা ও শাখাপ্রশাখা	৪। শাখাপ্রশাখার সংখ্যা কম ফলত গিরার সংখ্যা কম হয়।	৪। শাখাপ্রশাখা অধিক হয় ফলত গিরার (Knot) সংখ্যা অধিক হয়।
৫। টিম্বারের মান	৫। উন্নতমানের।	৫। অপেক্ষাকৃত কম উন্নতমানের।
৬। বাজার মূল্য	৬। অধিক।	৬। অপেক্ষাকৃত কম।
৭। জন্মানো	৭। প্রাকৃতিক (সাধারণত)।	৭। সাধারণত রোপণ করা।
৮। উৎপাদনের পরিমাণ	৮। অধিক।	৮। কম।
৯। বৃক্ষের ব্যবহার	৯। সাধারণত প্রকৌশল ও আসবাবপত্র তৈরির কাজে ব্যবহৃত হয়।	৯। প্রকৌশল কাজে ব্যবহৃত হয় না, তবে আসবাবপত্র তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।
১০। বৃক্ষের ধরন	১০। টিম্বার বৃক্ষ।	১০। এগুলো সচরাচর ফলজ ও ভেষজ বৃক্ষ।

৭.২ বিভিন্ন ধরনের টিম্বার (Various types of trees) ঃ

নিচের ছকে বিভিন্ন ধরনের টিম্বারের সংক্ষিপ্ত ব্যাখ্যা দেয়া হল ঃ

সেগুন (Teak)	মনোহরী হলুদাভ সোনালি রংবিশিষ্ট টিম্বার। এগুলো অতীব শক্ত, শক্তিধর, টেকসই ও খুবই মূল্যবান। রজন জাতীয় তৈল থাকায় এগুলো পারিপার্শ্বিক আবহাওয়া, ছত্রাক ও কীট-পতঙ্গের আক্রমণ প্রতিহত করতে পারে। ওজন—৭০০—৮০০ কেজি/ঘন মিটার।	মূল্যবান আসবাবপত্র, জাহাজের পাটাতন, ইমারতের শোভাবর্ধক কাজ ইত্যাদিতে ব্যবহার করা যায়।	চট্টগ্রাম, পার্বত্য চট্টগ্রাম ও যশোর।
শাল (Sal)	এগুলো খুব শক্ত, শক্তিধর, ভারী, টেকসই টিম্বার। এগুলো ওজনে ভারী এবং দীর্ঘায়ু হয়। ওজন—৮৫০—৯০০ কেজি/ঘনমিটার।	গৃহের খুঁটি, সেতুর খুঁটি, জাহাজের পাটাতন, রেল স্লিপার হিসেবে বহুল পরিমাণে ব্যবহার করা যায়।	পার্বত্য চট্টগ্রাম, কুমিল্লা ও দিনাজপুর।
শিল কড়াই (Shilkarai)	এগুলো বেশ টেকসই, শক্ত, ঘাতসহনীয় শক্তিধর টিম্বার। এগুলো সহজে পলিশ গ্রহণ করে। পোকা, কীটপতঙ্গে আক্রান্ত হয়।	গৃহনির্মাণ, আসবাবপত্র, নৌকা, ঘরের পাটাতন ইত্যাদি কাজে ব্যবহার করা যায়।	বাংলাদেশের সর্বত্র।
কাঁঠাল (Jack fruit)	এগুলোর রং হলুদ, সিজনিং করা সহজ, উত্তমরূপে পলিশ করা যায়। এগুলো মধ্যমান শক্ত ও শক্তিধর। ওজন—৭৫০—৮০০ কেজি/ঘনমিটার।	গৃহসামগ্রী, আসবাবপত্র, বাদ্যযন্ত্র ইত্যাদি নির্মাণে ব্যবহার করা যায়।	বাংলাদেশের সর্বত্র।
কালজাম (Kalajam)	এগুলো বাদামি রংয়ের মোটামুটি শক্তিধর, চিরহরিৎ বৃক্ষ।	এগুলো গৃহনির্মাণে, দরজা জানালার চৌকাঠে ব্যবহৃত হয়।	দেশের সর্বত্র।
দেওদার (Himalayan Cedar)	এগুলো হিমালয় এলাকার মূল্যবান টিম্বার। এগুলো বেশ শক্ত, টেকসই এবং সহজে পলিশ গ্রহণ করে। এগুলো প্রায় সেগুনের মত শক্তিসম্পন্ন। ওজন—৫০০—৬০০ কেজি/ঘনমিটার।	প্রায় সকল কাজে বিশেষ করে রেল স্লিপার, গৃহ ও সেতু নির্মাণে ব্যবহার করা যায়।	দেশের সর্বত্রই অল্প পরিমাণে পাওয়া যায়।
চাপলাশ (Chaplash)	এগুলো সুষম তন্তুযুক্ত, মাঝারি রকমের শক্ত হলুদাভ বাদামি রংয়ের। এগুলোকে সহজে পলিশ করা যায় এবং বেশ সুন্দর দেখায়।	এগুলো আসবাবপত্র ও নৌকা, দরজা-জানালার চৌকাঠ ইত্যাদিতে ব্যবহার করা যায়।	চট্টগ্রাম, পার্বত্য চট্টগ্রাম ও সিলেট।
চাম্বল (Chambal)	এগুলো মাঝারি ধরনের শক্ত ও শক্তিধর, তবে স্থায়িত্বশীলতা কম। এগুলোকে সহজে পলিশ করা যায়।	এগুলো আসবাবপত্র, নৌকা, দরজা-জানালার চৌকাঠ ইত্যাদিতে ব্যবহার করা যায়।	পার্বত্য চট্টগ্রাম।
গজারি (Gaxari)	এগুলো বেশ মজবুত, শক্ত ও শক্তিশালী। এগুলো বেশ চাপ নিতে পারে।	এগুলো পাইপ, পোস্ট ও গৃহ নির্মাণের কাজে বেশ জনপ্রিয়।	ঢাকার ভাওয়ালগড় ও টাংগাইল মধুপুর জঙ্গল।
নাগেশ্বর (Nageshwar)	এগুলো বেশ ভারী, কঠিন ও শক্তিধর। এগুলো কাজে লাগানো কষ্টকর তবে বেশ টেকসই। ওজন—৯৫০—১০০০ কেজি/ঘনমিটার।	এগুলো তাঁবুর খুঁটি, গোঁজ, কাঠের মেঝে, আসবাবপত্র, সেতুর খুঁটি ইত্যাদি কাজে ব্যবহৃত হয়।	সিলেট, চট্টগ্রাম ময়মনসিংহ ও খুলনা।

তাল (Plam)	এগুলো যদিও অন্তঃবর্ধক বৃক্ষ তবুও বেশ শক্ত ও টেকসই। এগুলোর রং কালো, আঁশ মোটা সহজে পোকা-পতঙ্গে আক্রান্ত হয় না।	এগুলো গৃহের পোস্ট, খুঁটি, বিম, ডোংগা, নৌকা নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।	দেশের সর্বত্র।
গরান (Garan)	এগুলো হতে কমলা লাল রংয়ের টিম্বার পাওয়া যায়। এগুলোর কাঠ কয়লা বেশ উন্নতমানের। এগুলো চিরহরিৎ বৃক্ষ।	এগুলো জ্বালানি হিসেবে বেশ সমাদৃত এবং এগুলোর বাকল চামড়া ট্যানিং-এ ব্যবহৃত হয়।	সুন্দরবন।
গামারী (Gamhari)	এগুলো সিজন করা সহজ, কাজে লাগান সহজ। এগুলো মাঝারি ধরনের শক্ত, শক্তিধর, টেকসই ও সহজে পলিশ গ্রহণ করে। ওজন—৫০০ কেজি/ঘন মিটার।	এগুলো আসবাবপত্র বাদ্যযন্ত্র, গৃহ-নির্মাণ ইত্যাদি কাজে ব্যবহৃত হয়।	পার্বত্য চট্টগ্রাম, সিলেট।
গর্জন (Garjan)	এগুলো অতীব শক্তিধর ও টেকসই এবং এগুলো কাজে লাগান বেশ কষ্টসাধ্য। এগুলো ভালভাবে পলিশ গ্রহণ করে না।	এগুলো গৃহ কাঠামো, নৌকা ও রেল স্লিপার ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।	পার্বত্য চট্টগ্রাম, সুন্দরবন।
গেওয়া (Gewa)	এগুলো নরম কাঠ এবং ওজনে হালকা।	এগুলো নরম বোর্ড, নিউজপ্রিন্টের মণ্ড তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।	সুন্দরবন।
চন্দন (Sandal wood)	এগুলোর রং সাদা বা লালাভ এবং এগুলো মধ্যম মানের শক্ত ও শক্তিধর এবং সুগন্ধী মূল্যবান টিম্বার। ওজন—১০০—১৫০ কেজি/ঘনমিটার।	এগুলো মূল্যবান আসবাবপত্র, শোভা বর্ধন ও অলংকারমূলক কাজে ব্যবহৃত হয়।	পার্বত্য চট্টগ্রাম (কম)।
জারুল (Jarul)	এগুলো লবণাক্ততায় কম আক্রান্ত হয় তবে হালকা। এগুলো মোটামুটি শক্ত ও শক্তিধর। এগুলোকে সিজন করা সহজ এবং সহজে পলিশ গ্রহণ করে। ওজন—৬০০—৬৫০ কেজি/ঘনমিটার।	এগুলো গরুর গাড়ির চাকা, নৌকা ও আসবাবপত্র তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।	দেশের সর্বত্র (কম)।
আম (Mango)	এগুলো মাঝারি ধরনের শক্ত এবং সহজে পোকায় আক্রান্ত হয়। এগুলোর তক্তা বেশ ভাল মানের হয়।	এগুলো ফর্ম ওয়ার্ক, খেলা ও প্যাকিং বাক্স নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।	দেশের সর্বত্র
অর্জুন (Argun)	এগুলো গাঢ় বাদামি বর্ণের টিম্বার এবং মাঝারিমানের শক্ত ও শক্তিধর। এগুলো বেশ ভারী। ওজন—৮৫০—৯০০ কেজি/ঘনমিটার।	এগুলো আসবাবপত্র ও গৃহনির্মাণ ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।	পার্বত্য চট্টগ্রাম।
তেঁতুল (Tamarind)	এগুলো বাদামি রঙের আড়াআড়ি বুনণের তন্তুযুক্ত এবং অতীব শক্তিধর টেকসই কাঠ। এগুলো কাজে প্রয়োগ কষ্টসাধ্য, সহজে পলিশ গ্রহণ করে না।	এগুলো বিবিধ হাতিয়ারের হাতল, ঘানি ইত্যাদি তৈরিতে এবং জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত হয়।	দেশের সর্বত্র।

বট (Banyan)	এগুলোর রং অনেকটা বাদামি এবং তেমন টেকসই নয়, তবে পানির নিচের কাজে বেশ স্থায়িত্বশীল। এগুলো সহজে ছত্রাক ও পোকামাকড়ে আক্রান্ত হয়। ওজন—৫৫০—৬০০ কেজি/ঘনমিটার।	কৃষি যন্ত্রপাতি, ব্যাবুর গোঁজ ইত্যাদিতে এগুলোর ব্যবহার দেখা যায়।	দেশের সর্বত্র।
নিম (Neem)	এগুলো বেশ শক্ত ও টেকসই, তবে সহজে পোকায় আক্রান্ত হয়। এগুলো কাজে লাগানো সহজ এবং সহজেই পলিশ গ্রহণ করে। ওজন—৮০০—৮৫০ কেজি/ঘনমিটার।	এগুলো সাধারণত গৃহ ও আসবাবপত্র নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।	দেশের সর্বত্র।
দেবদারু (Polyathia Longfolia)	এগুলো সাদাভ রঙের দুর্বল কাঠ। এগুলো কাজে লাগান ও সিজন করা সহজ। এগুলো সহজে পলিশ গ্রহণ করে। এগুলো মাঝারি ধরনের শক্ত।	এগুলো প্যাকিং, সাধারণ নির্মাণ ও আসবাবপত্রের কাজে ব্যবহৃত হয়।	দেশের সর্বত্র।
শিরিষ (Shiris)	এগুলো সাধারণ মানের শক্ত, শক্তিধর ও টেকসই।	এগুলো কৃষি সরঞ্জাম, মাড়াই কলের ফ্রেম, গরুর গাড়ির চাকা ও গৃহ-নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।	পার্বত্য চট্টগ্রাম, খুলনা, ঢাকা ও ময়মনসিংহ।
শিমুল (Shimul)	এগুলো বেশ নরম ও হালকা। ওজন—৩৫০—৪০০ কেজি/ঘনমিটার।	এগুলো দিয়াশলাই কাঠি ও বাক্স তৈরিতে, প্যাকিং বাক্স ও জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত হয়।	দেশের সর্বত্র।
শিশু (Shisham)	এগুলো ঘাত সহনীয়, শক্ত, শক্তিধর টেকসই টিম্বার। এগুলো সহজে সিজন করা যায় এবং কাজ করা সহজ। এগুলো সহজে পলিশ গ্রহণ করে।	এগুলো উত্তম আসবাবপত্র, নৌকা, ভিনিয়ার ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।	দেশের সর্বত্র (কম)।
সুন্দরী (Sundari)	এগুলো খুবই মজবুত, টেকসই, ভারী ও ঘাত সহনীয় গুণসম্পন্ন টিম্বার, তবে সিজন কালে সংকুচিত হয়। ওজন—৮০০—৮৫০ কেজি/ঘনমিটার।	এগুলো পাইল, অক্ষদণ্ড, পোল, পোস্ট, নৌকা ইত্যাদি নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।	সুন্দরবন।
বৈলাম (Bailum)	এগুলো বেশ টেকসই, ভারী এবং শক্তিধর।	এগুলো চৌকাঠ, ঘরের খুঁটি, আসবাবপত্র ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।	দেশের সর্বত্র (কম)।
বাবলা (Babul)	এগুলো ঘন আড়াআড়ি আঁশের গঠিত শক্ত, টেকসই, ঘাত সহনীয় গুণসম্পন্ন টিম্বার। এগুলো কাজে লাগান কষ্টসাধ্য তবে সহজে পলিশ গ্রহণ করে। ওজন—৮৫০—৯০০ কেজি/ঘনমিটার।	এগুলো কৃষি সরঞ্জাম রেল স্লিপার, গেজ, নৌকা ইত্যাদি নির্মাণে এবং এগুলোর কস বা আঠা চামড়া ট্যানিং-এ ব্যবহৃত হয়।	দেশের উত্তর ও দক্ষিণ-পশ্চিমাঞ্চল।
তেলসু (Telsu)	এগুলো শক্তিধর স্থায়িত্বশীল টিম্বার। এগুলো বেশ শক্ত, সহজে পোকায় আক্রান্ত হয় না এবং সহজে সিজন করা যায়।	এগুলো চৌকাঠ, মেঝেও আসবাবপত্র তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।	দেশের সর্বত্র।

৭.৩ রূপান্তরিত টিম্বারের বাজার আকার-আকৃতি (Market forms of converted timber) ঃ

বাজারের চাহিদা অনুযায়ী লগকে সঠিক প্রক্রিয়ায় চেরাই করে নানাবিধ বাজার আকৃতির রূপ দেয়া হয়। এগুলোকে বাজার আকার-আকৃতির টিম্বার (Market forms of timber) বলা হয়।

নিচে এগুলোর নাম ও পরিচিতি দেয়া হল ঃ

(ক) **লগ (Log)** ঃ শাখাপ্রশাখা ছেদিত কাটা গাছের কার্যোপযোগী দৈর্ঘ্যের কাণ্ডকে (মোটাসোটা ডালকেও) লগ বলা হয়।

(খ) **কাঠের কড়ি (Balk)** ঃ গোলাকার লগের বাইরের দিক হতে চারখানা স্ল্যাব করাতে চেরাই করে বাদ দেয়ার পর যে চারকোণী প্রস্থচ্ছেদের কাঠের গুঁড়ি পাওয়া যায়, তাকে কাঠের কড়ি (Balk) বলা হয়।

(গ) **লাম্বার (Lumber)** ঃ করাতের সাহায্যে কাঠের কড়িকে বিভক্ত করলে লাম্বার পাওয়া যায়।

(ঘ) **স্লিপার (Sleeper)** ঃ রেলসড়কে রেললাইন বসানোর জন্য ব্যালাস্টের উপর স্থাপিত আয়তাকার প্রস্থচ্ছেদের কাঠের স্ল্যাবই স্লিপার (Sleeper)। বিভিন্ন গেজের রেললাইনে ব্যবহৃত কাঠের স্লিপারের সাইজ নিম্নের ছকে দেয়া হল ঃ

গেজের নাম	স্লিপারের সাইজ (সেন্টিমিটারে)
ব্রড গেজ	$275 \times 25 \times 13$
মিটার গেজ	$180 \times 20 \times 11.5$
ন্যারো গেজ	$150 \times 18 \times 11.5$

(ঙ) **তক্তা (Plank)** ঃ সমান্তরাল পার্শ্ববিশিষ্ট 2.5 মিটার হতে 6 মিটার লম্বা মোটামুটি 2.5 সেমি হতে 10 সেমি পুরু এবং 20 সেমি হতে 40 সেমি চওড়া কাঠের স্ল্যাবকে তক্তা বলা হয়।

(চ) **ডীল (Deal)** ঃ মোটামুটিভাবে 5 সেমি হতে 10 সেমি পুরু এবং 22 সেমি এর কম চওড়া তক্তাকে ডীল বলে।

(ছ) **ব্যাটেন (Batten)** ঃ মোটামুটি 4 সেমি হতে 5 সেমি পুরু এবং 22 সেমি এর কম চওড়া তক্তাকে ব্যাটেন বলে।

(জ) **বোর্ড (Board)** ঃ 5 সেমি এর কম পুরুত্ববিশিষ্ট এবং 15 সেমি এর অধিক চওড়া তক্তাকে বোর্ড বলে।

(ঝ) **স্ক্যান্টলিং (Scantling)** ঃ কাঠের নানা আকৃতির টুকরাংশকে স্ক্যান্টলিং বলা হয়।

(ঞ) **এন্ড (End)** ঃ তক্তা, ব্যাটেন, ডীল ইত্যাদিকে প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্যে কাটার পর যে প্রান্তীয় খুচরা টুকরা পাওয়া যায়, এগুলোকে এন্ড (End) বলা হয়।

(ট) **পোল বা স্পার (Pole or spar)** ঃ অনূর্ধ্ব 20 সেমি ব্যাসবিশিষ্ট গিরা ও অন্যান্য দোষত্রুটিমুক্ত গোলাকার লগকে পোল বা স্পার বলা হয়।

(ঠ) **হ্যান্ড মাস্ট (Hand mast)** ঃ 5 সেমি হতে 20 সেমি ব্যাসবিশিষ্ট পোলকে হ্যান্ড মাস্ট বলা হয়।

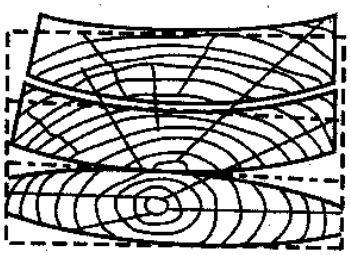
(ড) **ইঞ্চ মাস্ট (Inch mast)** ঃ 60 সেমি এর অধিক ব্যাসবিশিষ্ট পোলকে ইঞ্চ মাস্ট বলা হয়।

(ঢ) **রাফ টিম্বার (Rough Timber)** ঃ কুঠারের সাহায্যে মোটামুটি অষ্টভুজ আকৃতির প্রস্থচ্ছেদে রূপান্তরিত লগকে রাফ টিম্বার বলা হয়।

৭.৪ টিম্বার পরিশুষ্ককরণ এবং পরিশুষ্ককরণের পদ্ধতি (Seasoning of timber and method of seasoning) ঃ

আমরা গাছ হতে টিম্বার বা কাঠ পেয়ে থাকি। জীবিত গাছের সব অংশেই রস বা জলীয় অংশ থাকে। তাই সব টিম্বারেই কমবেশি জলীয় কণা বিদ্যমান। টিম্বার পরিশুষ্ককরণকালে যখন এগুলো শুকাতে আরম্ভ করে তখন এগুলো হতে জলীয় কণা ধীরে ধীরে কমতে থাকে এবং টিম্বারে সংকোচন ঘটে। টিম্বারের যে অংশে জলীয় কণার পরিমাণ অধিক থাকে সে অংশে সংকোচনের মাত্রাও অধিক। যেহেতু এগুলোর সকল অংশে সমহারে জলীয় কণা (Sap) থাকে না, তাই এগুলোর সকল অংশে সংকোচনের পরিমাণও সমান হয় হয় না। অসার অংশে জলীয় কণার পরিমাণ অধিক বিধায় এ অংশে সংকোচনের পরিমাণও অধিক হয়। চিত্রে (চিত্র ঃ ৭.২) স্পর্শকীয় সংকোচন দেখানো হল। এ সংকোচনের মাত্রা অসারাংশে অধিক হয় বিধায় পরিশুষ্ককরণকালে লগের

ভিতরের দিক অপেক্ষা বাইরের দিক দ্রুত শুকায় এবং লগের পরিধিতে চিড় ধরতে পারে। তাই গাছ কাটার পর পরই প্রয়োজনীয় আকৃতিতে কাঠ চেরাই করে নেয়া উত্তম।



চিত্র ঃ ৭.২ স্পর্শকীয় সংকোচন

টিম্বারের অসমসত্ত্ব গঠন বিন্যাসের-কারণে টিম্বারের সবদিকে সমহারে সংকোচন ও প্রসারণ ঘটে না। সাধারণত আঁশ বরাবরে এর পরিমাণ 0.1% হতে 0.3%, ব্যাসার্ধ বরাবরে 3% হতে 6% এবং স্পর্শক বরাবরে 7% হতে 12% হয়ে থাকে।

টিম্বারের কোষে যে জলীয় কণা থাকে, তাকে মুক্ত পানি (Free water) বলা হয়। এ মুক্ত পানি টিম্বারের ওজন বৃদ্ধি ছাড়া অন্য কোন ভূমিকা পালন করে না তবে এর ফলে ভিজা পচন দেখা দিতে পারে। টিম্বার যখন শুকানো হয় তখন মুক্ত পানির বাষ্পীভবন ঘটে কিন্তু কোষপ্রাচীরে সম্পৃক্ত পানি (Combined water) অপসারণ করতে সময়ের দরকার হয়। যে মুহূর্তে টিম্বার কোষ হতে মুক্ত পানির সমাপ্তি ঘটে কিন্তু কোষপ্রাচীরের সম্পৃক্ত পানি থেকে যায়, টিম্বারে জলীয় কণার এরূপ উপস্থিতিকে আঁশ সম্পৃক্ত পানি মাত্রা (Fibre saturation point) বলা হয়। সাধারণত এ অবস্থায় টিম্বারে 25% হতে 30% পানি থাকে। টিম্বারে জলীয় কণার মাত্রা এরূপ অবস্থায় পৌঁছার পর এগুলো দ্রুত সংকুচিত হতে থাকে এবং টিম্বারের শক্তি বাড়তে থাকে। টিম্বারের স্বাভাবিক পরিশুষ্ককরণে যে পর্যন্ত টিম্বারের আর্দ্রতা তার পার্শ্বস্থ বায়ুমণ্ডলের আর্দ্রতার (Humidity) সমান না হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত টিম্বার সংকুচিত হয়। টিম্বারে বায়ুমণ্ডলের সমমাত্রার আর্দ্রতাকে টিম্বারের ভারসাম্য আর্দ্রতা (Equilibrium moisture Content) বলা হয়। যে পদ্ধতিতে টিম্বারে কোষ ও কোষপ্রাচীরস্থ আর্দ্রতা শুকিয়ে সাম্য আর্দ্রতায় আনয়ন করা হয়, তাকে টিম্বার পরিশুষ্ককরণ বা সিজনিং (Seasoning of timber) বলা হয়।

টিম্বারের কোষস্থ ও কোষপ্রাচীরস্থ জলীয় কণা শুষ্ক না করে এগুলো কাজে ব্যবহার করা সঙ্গত নয়। জলীয় কণাযুক্ত টিম্বারে তৈরি কাঠামো অল্প দিনের মধ্যে বিশ্রী হয়ে যায়, কাঠামোর জোড়ায় ফাঁক দেখা দেয় এবং টিম্বারে পচন ধরে। তাই ব্যবহার করার পূর্বে টিম্বার শুষ্ক করে নেয়া আবশ্যক।

টিম্বার হতে জলীয় কণা দূরীভূত করাই টিম্বার পরিশুষ্ককরণের (Seasoning) প্রধান উদ্দেশ্য। টিম্বার ভালভাবে না শুকালে টিম্বারের আয়ুষ্কাল হ্রাস পায়, ছত্রাক, পোকামাকড় ও পচনে আক্রান্ত হয় এবং জোড়ায় ফাঁক দেখা দেয়। নিচে টিম্বার পরিশুষ্ককরণের প্রধান প্রধান উদ্দেশ্যগুলো দেয়া হল ঃ

(ক) টিম্বারকে সাম্য আর্দ্রতায় (Equlibrium moisture content) আনয়ন করা হয়, যাতে টিম্বারের আয়ুষ্কাল ও স্থায়িত্ব বৃদ্ধি এবং সহজে ব্যবহার ও রূপান্তর করা যায়।

(খ) টিম্বারকে ভালমানের পলিশ গ্রহণ ও রংকরণের উপযোগী করা।

(গ) নির্দিষ্ট মাত্রায় জলীয় কণা হ্রাসকরণ ও স্যাপ (Sap) শুকিয়ে সংরক্ষক (Preservative) ব্যবহার উপযোগী করা।

(ঘ) ছত্রাকের আক্রমণ হতে রক্ষা করা।

(ঙ) টিম্বারকে স্থানান্তর ও উত্তোলন সুবিধার জন্য ওজন হ্রাস করা।

(চ) আবহাওয়ার তারতম্যের দরুণ টিম্বারে সংকোচন ও প্রসারণ হওয়ার সম্ভাবনা দূর করা।

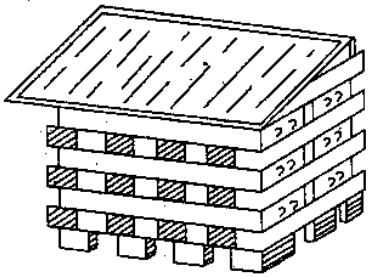
(ছ) টিম্বারের শক্তি বৃদ্ধি করা (আর্দ্রতা 10% হতে 12% হলে টিম্বারের শক্তি দ্বিগুণ এবং 5% হলে তিন গুণ বৃদ্ধি পায়)।

আমরা প্রধানত দুই পদ্ধতিতে টিম্বার শুষ্ক করতে পারি, যথা–

১। প্রাকৃতিক পরিশুষ্ককরণ (Natural seasoning) ও

২। কৃত্রিম পরিশুষ্ককরণ (Artificial seasoning)।

১। প্রাকৃতিক পরিশুষ্ককরণ (Natural seasoning) ঃ এ পদ্ধতিকে বাতাসে শুকানো (Air drying) পদ্ধতিও বলা হয়। এ পদ্ধতিতে টিম্বারকে খোলা স্থানে গাদা দিয়ে রেখে বাতাসে শুকানো হয় এবং একটা প্লাটফর্মে টিম্বারগুলোকে চিত্রানুরূপ অবস্থায় সাজিয়ে রেখে বৃষ্টির হাত হতে রক্ষার জন্য এগুলোর উপর চালা (Shed) দেয়া হয়। এ চালা স্থায়ী বা অস্থায়ী উভয় ধরনের হতে পারে। সমতালে সমহারে শুকানোর জন্য কিছু দিন পর পর গাদা ভেঙ্গে টিম্বারগুলো ওলটপালট করে দিতে হয় কেননা একই অবস্থায় থাকলে অসমভাবে শুষ্ক হওয়ার দরুণ এগুলোতে ফাটল, বক্রতা ইত্যাদি দেখা দিতে পারে (চিত্র ঃ ৭.৩)।



চিত্রঃ ৭.৩ প্রাকৃতিক পরিশুষ্ককরণ

এ পদ্ধতি বেশ মন্থর। এতে টিম্বার শুকাতে অত্যধিক সময় লাগে এবং স্থান, আবহাওয়া, কাঠের সাইজ ও প্রকারভেদের উপর সময়ের তারতম্য নির্ভর করে। এতে কাঠ কাজের উপযোগী শুষ্ক হতে 2–4 বছর সময় লাগতে পারে। এ পদ্ধতি অনিয়ন্ত্রিত পদ্ধতি। ভিতরের কাজে ব্যবহারের জন্য টিম্বারের যে পরিমাণ শুষ্ক করা দরকার এতে সে পরিমাণ শুষ্ক করা অনেক ক্ষেত্রেই সম্ভব হয়। টিম্বার যতদিন পর্যন্ত শুষ্ক না হয় তত দিন পর্যন্ত বিনিয়োগকৃত মূলধন আটকা পড়ে থাকে এবং অধিক পরিমাণ কাঠ পরিশুষ্ককরণের জন্য বিস্তর জায়গার দরকার হয়।

এ পদ্ধতি অত্যধিক ব্যয়বহুল নয় এবং এতে টিম্বারের ক্ষতি হওয়ার সম্ভাবনা কম থাকে। এ পদ্ধতিতে কাঠ সমভাবে শুকায় বলে শুষ্ককরণকালে এগুলোতে বিকৃতিও কম ঘটে এবং সার্বক্ষণিক তদারকির দরকার পড়ে না। এ পদ্ধতিতে শুষ্ক করা কাঠ বাইরের কাজের জন্য বিশেষ উপযোগী। সার্বিক দিক বিবেচনায় পরিশুষ্ককরণ পদ্ধতিগুলোর মধ্যে এ পদ্ধতি সর্বোত্তম।

২। কৃত্রিম পরিশুষ্ককরণ (Artificial seasoning) ঃ টিম্বারকে বদ্ধ কোঠায় (Chamber) নির্দিষ্ট সময় পর্যন্ত নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রায় রেখে বা রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহার করে অথবা ধুঁয়া (Smoke), বাষ্প ইত্যাদির সাহায্যে শুষ্ক করাকে কৃত্রিম পরিশুষ্ককরণ বলা হয়।

এ পদ্ধতি কাঠ পরিশুষ্ককরণের একটি ব্যয়বহুল পদ্ধতি। এতে চুল্লি নির্মাণ ও নানা ধরনের যন্ত্রপাতি সংগ্রহ ও সংস্থাপনে প্রচুর অর্থের যোগান দিতে হয়।

এ পদ্ধতি টিম্বার পরিশুষ্ককরণের একটা নিয়ন্ত্রিত প্রক্রিয়া। তাই খুব কম সময়ের মধ্যে টিম্বারের আর্দ্রতা প্রয়োজনমাফিক হ্রাস করে সহজে কাজে লাগানো যায়। এতে টিম্বারের দোষ ও কাঠিন্য কম দেখা দেয়, টিম্বারে ফাটল বা অভ্যন্তরীণ আঁশে পীড়ন সৃষ্টি না করে স্বল্প সময়ে টিম্বার শুকানো যায় এবং কাজের চাহিদানুসারে টিম্বার সরবরাহ করা সম্ভব হয়। এতে টিম্বারে ছত্রাক ও কীটপতঙ্গের আক্রমণ কম হয়। বাণিজ্যিক দিকের বিচারে এ পদ্ধতি বেশ লাভজনক।

টিম্বারের কৃত্রিম পরিশুষ্ককরণ ও প্রাকৃতিক পরিশুষ্ককরণের বিভিন্ন দিকের তুলনা নিম্নের ছকে উদ্ধৃত করা হল ঃ

তুলনার বিষয়	প্রাকৃতিক পরিশুষ্ককরণ	কৃত্রিম পরিশুষ্ককরণ
১। পরিশুষ্ককরণ পদ্ধতি	মুক্ত বাতাসে শুকানো পদ্ধতি	চুল্লি/উষ্ণ বাতাস/বাষ্প ফুটন্ত পানি/ধুঁয়া ইত্যাদি পদ্ধতি
২। পরিশুষ্ককরণের জন্য সময়ের পরিমাণ	সুদীর্ঘ সময়	স্বল্প সময়
৩। পরিশুষ্ককরণে খরচ	অপেক্ষাকৃত কম	অপেক্ষাকৃত বেশি
৪। টিম্বার বিনষ্টের আশংকা	কম	বেশি
৫। টিম্বার দোমড়ানো, ফাটল ও বাঁকানোর সম্ভাবনা	কম	বেশি
৬। টিম্বারের শক্তি ও স্থিতিস্থাপকতা	স্বাভাবিক থাকে	কমে যায়
৭। পরিশুষ্ককরণের সার্বক্ষণিক সতর্কতা	অত্যাবশ্যক নয়	অত্যাবশ্যক
৮। পরিশুষ্ককরণের পরিমাণ	বায়ুর আর্দ্রতার সাথে ভারসাম্যপূর্ণ	যে কোন মাত্রায় করা যায়
৯। বাণিজ্যিক দিকে উপযোগিতা	অনুপযোগী	উপযোগী
১০। শুষ্ক টিম্বার সরবরাহে নিশ্চয়তা	নাই	আছে
১১। বাণিজ্যিক ক্ষেত্রে প্রচলন	কম	বহুল প্রচলিত

নিচে বিভিন্ন শ্রেণির কৃত্রিম পরিশুষ্ককরণ প্রক্রিয়ার নাম দেয়া হল ঃ

(ক) চুল্লিতে পরিশুষ্ককরণ (Kiln seasoning)

(খ) রাসায়নিক পরিশুষ্ককরণ (Chemical seasoning)

(গ) বাষ্পে পরিশুষ্ককরণ (Steam seasoning)

(ঘ) ধুঁয়ায় পরিশুষ্ককরণ (Smoke seasoning)

(ঙ) স্ফুটন পরিশুষ্ককরণ (Seasoning by boiling))

(চ) বৈদ্যুতিক পরিশুষ্ককরণ (Electrical seasoning)

(ছ) পানির সহায়তায় পরিশুষ্ককরণ (Water seasoning) ।

নিচে বিভিন্ন ধরনের কৃত্রিম পরিশুষ্ককরণ প্রক্রিয়ার বর্ণনা দেয়া হল–

(ক) চুল্লিতে পরিশুষ্ককরণ (Kiln seasoning) ঃ এ পদ্ধতিতে সদ্য চেরাই করা কাঁচা তক্তা, কাঠের টুকরা ইত্যাদি বিশেষ ধরনের খোলা ট্রলিতে রেখে ট্রলিটিকে আবদ্ধ প্রকোষ্ঠে স্থাপন করা হয়। এ প্রকোষ্ঠের সাথে তাপ দান ব্যবস্থা ও বাতাসের আর্দ্রতা নিয়ন্ত্রণের ব্যবস্থা থাকে। এ পদ্ধতিতে পরিশুষ্ককরণকালে কাঠের কোষের ভিতরকার রস যাতে অতি দ্রুত শুকাতে না পারে সে দিকে বিশেষ লক্ষ রাখতে হয়। নতুবা কাঠে ক্ষুদ্রাকৃতির ফাটল ধরবে এবং টিম্বারে গাত্রে কাঠিন্য দেখা দিবে। সাধারণত দু'ধরনের চুল্লিতে টিম্বার পরিশুষ্করণের কাজ করা হয়ে থাকে, যথা–

(i) কোঠা বা বগী চুল্লি (Compartment kiln)

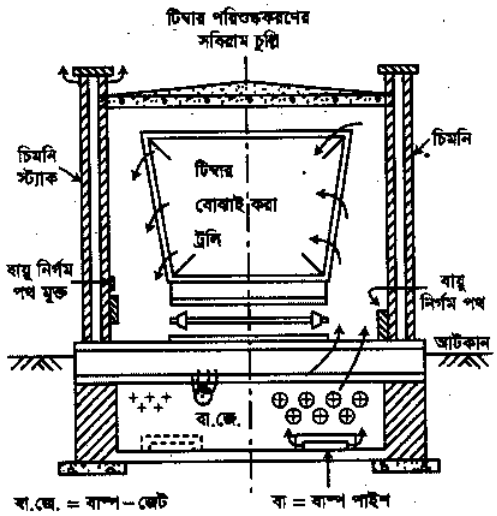
(ii) প্রগতিশীল চুল্লি (Progressive kiln) ।

(i) কোঠা বা বগী চুল্লি ঃ এটি একটি আবদ্ধ বায়ুরোধী প্রকোষ্ঠবিশেষ। এটার সাথে তাপদান ও বাতাসের আর্দ্রতা নিয়ন্ত্রণের ব্যবস্থা থাকে এবং এটার ভিতরে কৃত্রিম উপায়ে বায়ুপ্রবাহের ব্যবস্থা করা যায়।

বায়ুপ্রবাহ সৃষ্টির জন্য সাধারণত বৈদ্যুতিক পাখা ব্যবহার করা হয়। এটার দেয়ালগুলো ফাঁপা এবং প্রকোষ্ঠের ভিতরের গ্যাস বের করে দেয়ার জন্য কোন কোন দেওয়ালের সাথে চিমনি স্থাপন করা থাকে। প্রকোষ্ঠের ভিতর প্রেরিত বায়ু কতগুলো বাষ্পীয় নলের উপর দিয়ে প্রেরণ করা হয় ফলে প্রকোষ্ঠে উষ্ণ বায়ুপ্রবাহের সৃষ্টি হয়। প্রকোষ্ঠে তাপমাত্রা বেড়ে গেলে পানি ছিটিয়ে বায়ুর আর্দ্রতা বাড়িয়ে দেয়া হয়।

এ পদ্ধতিতে টিম্বারগুলোকে প্রাকৃতিক পদ্ধতির ন্যায় খোলা ট্রলিতে রেখে ট্রলিটিকে চুল্লির ভিতরে রাখা হয় এবং ধীরে ধীরে প্রকোষ্ঠের ভিতরের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা হয়।

ফলে চুল্লির ভিতরের বায়ুর আর্দ্রতা ধীরে ধীরে কমতে থাকে এবং টলিস্থ টিম্বারের আর্দ্রতাও হ্রাস পেতে থাকে। টিম্বারের আর্দ্রতা ঈপ্সিত মাত্রায় আসলে প্রকোষ্ঠ হতে টিম্বার বোঝাই ট্রলিটা বের করে নেয়া হয়। এভাবে টিম্বার পরিশুষ্ককরণ কাজ অবিরামভাবে করা যেতে পারে (চিত্র ঃ ৭.৪)।



চিত্র ঃ ৭.৪ টিম্বার পরিশুষ্ককরণ চুল্লি

(ii) প্রগতিশীল চুল্লি ঃ এ চুল্লিকে দেখতে অনেকটা সুড়ঙ্গের মতো মনে হয় বিধায় এটাকে সুড়ঙ্গ চুল্লিও বলা হয়। এটার প্রবেশ প্রান্তে নিম্নচাপ মাত্রা ও উচ্চ আর্দ্রতা এবং নির্গমন প্রান্তে উচ্চ তাপমাত্রা ও নিম্ন আর্দ্রতা বিরাজ করে। খোলা ট্রলিতে কাঁচা টিম্বার প্রাকৃতিক পদ্ধতির ন্যায় সাজিয়ে রেখে ট্রলিকে চুল্লিতে প্রবেশ করানো হয় এবং ট্রলিটি ধীরে ধীরে নির্গমন প্রান্তের দিকে আগাতে থাকে। ফলে ক্রমশ উচ্চ তাপমাত্রায় প্রবেশ করে বিধায় টিম্বার শুষ্ক হতে থাকে। ঈপ্সিত মাত্রায় টিম্বার শুষ্ক হওয়ার পর নির্গমণ প্রান্ত দিয়ে ট্রলিকে বের করে আনা হয়।

চুল্লি পদ্ধতিতে টিম্বার পরিশুষ্ককরণে 70°সেঃ হতে 82°সেঃ তাপমাত্রা প্রয়োগ করা হয়। এ পদ্ধতিতে নরম কাঠের 2.5–5 সেমি পুরু তক্তা বা বোর্ড 4 হতে 6 দিনে এবং (3 মাস হতে 6 মাস প্রাকৃতিক শুকনা) শক্ত কাঠের 2.5 সেমি হতে 5 সেমি পুরু তক্তা বা বোর্ড 6 দিন হতে 12 দিনে শুকানো যায়।

এ পদ্ধতি বেশ ব্যয়বহুল। প্রাত্যহিক চাহিদা পূরণে প্রচুর পরিমাণ কাঠ স্বল্প সময়ে শুকানোর জন্য এ পদ্ধতি বেশ উপযোগী। যে সব তাপ প্রতিরোধী টিম্বার প্রাকৃতিক পদ্ধতিতে ঈপ্সিতমাত্রায় শুকানো যায় না সেসব ক্ষেত্রে এ পদ্ধতি ব্যবহারের আবশ্যকতা দেখা দেয়। [যেসব কাঠে সহজে আগুন ধরে না এগুলোকে তাপরোধী কাঠ (Refractory wood) বলা হয়।]

(খ) রাসায়নিক পরিশুষ্ককরণ (Chemical seasoning) ঃ এ পদ্ধতিকে টিম্বারের লবণ পরিশুষ্ককরণ (Salt seasoning) পদ্ধতিও বলা হয়। চুল্লিতে শুকানো কার্য সহজতর ও লাভজনক করার জন্য কাঠকে লবণের দ্রবণে (সচরাচর ইউরিয়ার দ্রবণে) ডুবিয়ে নেয়ার পর চুল্লিতে শুকানো হয়। এতে টিম্বারের পৃষ্ঠে ফাটল দেখা দেয় না।

(গ) বাষ্পে পরিশুষ্ককরণ (Steam seasoning) ঃ এ পদ্ধতিতে আবদ্ধ কক্ষে টিম্বারের গাদার (Stack) ভিতর দিয়ে প্রবল চাপ (10–12 কেজি/বর্গ সেমি) 4 হতে 6 ঘণ্টা উষ্ণ বাষ্প প্রবাহিত করার পর স্বাভাবিক বাতাসে ধীরে ধীরে শুকানো হয়। এ পদ্ধতি একটা দ্রুত পরিশুষ্ককরণ পদ্ধতি এবং এতে ছত্রাক আক্রমণ ও পচন হয় না। এতে টিম্বার খুব বেশি সংকুচিত হয় না ফলে বক্রতা ও ফাটল কম দেখা দেয়। তবে টিম্বারের স্থিতিস্থাপকতা ও শক্তি হ্রাস পায়।

(ঘ) ধুঁয়ায় পরিশুষ্ককরণ (Smoke seasoning) ঃ এটা একটা প্রাচীন পদ্ধতি। এ পদ্ধতিতে টিম্বারকে ঝুলিয়ে রেখে খড়, কুটা, তৃণলতা জ্বালিয়ে নিম্নদিক হতে মৃদু তাপ ও ধুঁয়ায় টিম্বার শুকানো হয়। মৃদু তাপ ও ধুঁয়া লাগার দরুন টিম্বারের ভিতরের রস বের হয়ে বাইরের পৃষ্ঠকে আর্দ্রভাবাপন্ন দেখায়। ধীরে ধীরে এ অবস্থা কেটে যায় এবং কাঠের কোষপ্রাচীরে অঙ্গার মুক্ত আঠালো দ্রব্য লেগে কাঠকে অধিকতর শক্ত ও টেকসই করে। এ পদ্ধতিতে দক্ষ হাতে কাঠ শুকালে কাঠ স্থায়িত্বশীল ও বিনাশরোধী হয়।

এ পদ্ধতি প্রয়োগকালে কাঠের আঁশ বেশ নরম হয় এবং প্রয়োজনানুপাতে কাঠকে বাঁকানো যায়। এ পদ্ধতিতে কাঠ শুকাতে খরচ কম হয় এবং কাঠে পচন ও ছত্রাক দেখা দেয় না। তবে বৃহৎ আকারের কাঠ পরিশুষ্ককরণের জন্য এ পদ্ধতি উপযোগী নয়।

(ঙ) স্ফুটন পরিশুষ্ককরণ (Seasoning by boiling) ঃ এ পদ্ধতিতে মাইল্ড স্টিলের তৈরি উপরের দিক খোলা ও নিম্ন দিকে তাপদানকারী নল সংযুক্ত বৃহৎ চৌবাচ্চা আকারের ভেট (Vat) নামীয় পাত্রে টিম্বারকে ফুটন্ত পানিতে উত্তপ্ত করা হয়। ফলে টিম্বারের ভিতরের রস তরল হয়ে যায় এবং টিম্বারকে পাত্র হতে উঠিয়ে নিয়ে মুক্ত বাতাসে ধীরে ধীরে শুকানো হয়।

এটা একটা দ্রুততর কাঠ পরিশুষ্ককরণ পদ্ধতি। 2.5 সেমি পুর তক্তা এতে মাত্র এক ঘণ্টায় শুষ্ক করা যায়। ছোট সাইজের কাঠের টুকরার জন্য এ পদ্ধতি বেশ উপযোগী। এতে টিম্বারে সংকোচন কম হয় তাই ফাটলও কম ধরে। তবে এটা একটা ব্যয়বহুল পদ্ধতি এবং এতে টিম্বারের শক্তি ও স্থিতি স্থাপকতা হ্রাস পায়।

(চ) বৈদ্যুতিক পরিশুষ্ককরণ (Electrical seasoning) ঃ এটা একটা অতিদ্রুত পরিশুষ্ককরণ প্রক্রিয়া। এ পদ্ধতিতে টিম্বারের ভিতর দিয়ে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির দিক পরিবর্তী বিদ্যুৎ (High-frequency alternating current) প্রবাহিত করা হয়। ফলে প্রতিরোধজনিত (Resistance) কারণে তাপের উদ্ভব ঘটে এবং এতে টিম্বার শুকায়। প্রসঙ্গত উল্লেখ্য, রসালো টিম্বার বিদ্যুৎপ্রবাহ কম প্রতিরোধ করে এবং শুকানোর মাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে প্রতিরোধের মাত্রা বাড়ে, তাপের মাত্রাও বাড়ে।

(ছ) পানির সহায়তায় পরিশুষ্ককরণ (Water seasoning) ঃ এ পদ্ধতিতে বাকল অপসারিত লগ (Log) স্রোতের পানিতে রেখে দিলে এগুলোর ভিতরের রস তরল হয়ে যায়। এক্ষেত্রে লগের মোটা দিক স্রোতের মুখোমুখি অবস্থায় 2–4 সপ্তাহ রেখে দিলে স্রোতের পানি টিম্বার কোষে প্রবেশ করে এবং রসকে তরল করে দেয় এবং কাঠের রস কিছুটা দূরীভূত হয়ে যায়।

রস আবদ্ধকারী ক্যামবিয়ান লেয়ার ও পানির সাথে অপসারিত হয়। এরপর লগকে পানি হতে উঠিয়ে ছায়াযুক্ত স্থানে কিছুকাল উন্মুক্ত অবস্থায় রেখে দিলে টিম্বার শুকিয়ে যায়। (লগ সম্পূর্ণরূপে পানিতে নিমজ্জিত অবস্থায় রাখতে হয় নতুবা পানির উপরাংশে পচনে আক্রান্ত হবে। বেশিদিন লগ পানিতে রাখা ঠিক নয় এতে টিম্বারের আয়ুষ্কাল কমে যায়।) যেখানে স্রোতের পানি না পাওয়া যায় সেখানে স্থির পানিতে (পুকর ইত্যাদি)ও সিজনিং করা যাবে।

এ পদ্ধতিতে খরচের পরিমাণ খুবই নগণ্য এবং কাঠ দুমড়িয়ে যাওয়ার সম্ভাবনাও কম। এ পদ্ধতিতে পরিশুষ্ককৃত টিম্বারে পচন ধরার সম্ভাবনা কম এবং ফাটল ধরে না। তবে কাঠের শক্তি ও স্থিতিস্থাপকতা কমে যায় ও কাঠ ভঙ্গুর হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

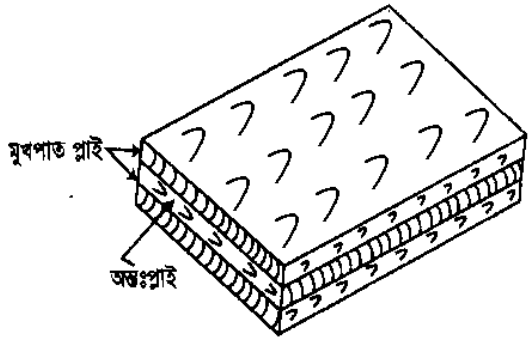
৭.৫ প্লাইউড (Plywood) ঃ

কমপক্ষে তিনটা ভিনিয়ার পরস্পরের আঁশের অবস্থান সমকোণে রেখে আঠা দিয়ে একটার উপর আরেকটা বসিয়ে প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে ১০–১৫ কেজি চাপ প্রয়োগ করে এক কাঠে পরিণত করা হয়। এগুলোকে প্লাইউড (Plywood) বলা হয়। প্লাইউড দুভাবে তৈরি করা যায়, যথা–

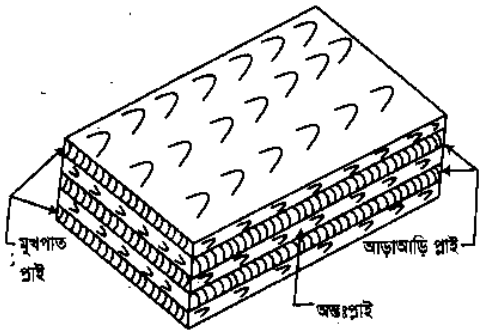
(ক) ঠান্ডায় চাপে (Cold pressing) ও

(খ) তপ্ত চাপে (Hot pressing)।

ঠান্ডায় চাপের কালে আসঞ্জক (adhesive) কক্ষ তাপমাত্রায় দৃঢ়ভাবে আঁকড়ে ধরে আর তপ্ত চাপে হাইড্রোলিক প্রেসের লিভারে বৈদ্যুতিক প্রবাহের মাধ্যমে তপ্ত অবস্থায় গুতে আটকানো প্লাইউডে চাপ প্রয়োগ করা হয়। প্লাইউডের মাঝের ভিনিয়ারগুলো নিম্নমানের কাঠের ভিনিয়ার হলেও অসুবিধা হয় না এবং গাত্র সৌন্দর্যেও বিঘ্ন ঘটায় না। সাধারণত বেজোড় সংখ্যক ভিনিয়ারে প্লাইউড তৈরি করা হয়ে থাকে (চিত্র ঃ ৭.৫ ও ৭.৬)।



চিত্র ঃ ৭.৫ তিন ভিনিয়ারের প্লাই



চিত্র ঃ ৭.৬ পাঁচ ভিনিয়ারের প্লাই

এভাবে তৈরি করা প্লাই সমপুরুত্বের স্বাভাবিক কাঠের চেয়ে প্রায় তিনগুণ শক্তিধর। এগুলো সহজে ফাটে না, আর্দ্রতায় কম আক্রান্ত হয় এবং ঈপ্সিত দৈর্ঘ্যে প্রয়োজনীয় আকারে তৈরি করা যায়। এগুলোর মাঝে বা কিনারায় পেরেক বসালে অসুবিধা হয় না। এদের গাত্র সৌজন্য ও বেশ আকর্ষণীয়। এগুলোতে ঘুণে ধরে না এবং এগুলোর সংকোচন হয় না বললেই চলে।

প্লাইউডের ব্যবহার ঃ

এগুলো হালকা বা ভারী সব ধরনের কাজেই ব্যবহার করা যায়। এগুলো বিশেষ করে পার্টিশন ও প্যানেলের কাজে, শৈল্পীক সৌন্দর্যবর্ধক কাজে, রেল কার ও অন্যান্য যানবাহনের বডি নির্মাণে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। তবে বাইরের কাজ অপেক্ষা এগুলো ভিতরের কাজের জন্য বেশি উপযোগী।

৭.৬ ভিনিয়ার (Veneers) ঃ

এগুলো হালকা পুরুত্বের কাঠের পাতবিশেষ। যে সব কাঠ দেখতে সুন্দর, মনোরম, উত্তম গঠন ও উৎকৃষ্ট গ্রথনশৈলীর এবং আঁশগুলো সুন্দর ও টেকসই ঐসব কাঠের লগ হতে ধারালো ব্লেডের সাহায্যে বিশেষ প্রক্রিয়ায় খুবই কম পুরুত্বের (0.4 মিমি–6 মিমি) পাত তুলে নেয়া হয়। এ পাতগুলোই ভিনিয়ার (Veneers) নামে পরিচিত।

ভিনিয়ার উঠানোর আগে লগগুলোকে পরিমাণমতো শুকিয়ে নিতে হয়। সাধারণত সেগুন, মেহগনী, চম্পা, শিশু, গর্জন, বুনো আম ইত্যাদি গাছের সুষম আকৃতির লগ ভিনিয়ার উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

ভিনিয়ারকে ঈপ্সিত রঙে রঙিন করে নেয়া যায়। এগুলো ওজনে হালকা এবং এদের গাত্র বেশ সুন্দর। এগুলোকে নিম্নমানের কাঠের মুখপাতে (face) আঠা দিয়ে লাগিয়ে এ কাঠকে দামী কাঠ হিসেবে গাত্র সৌন্দর্যের জন্য ব্যবহার করা যায়। এগুলো আসবাবপত্র, ম্যাচ বাক্স, প্লাইউড, ল্যামিনেটেড বোর্ড ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

কাঠের লগ হতে ভিনিয়ার বা প্লাই কাটার কাজ বেশ যত্ন ও সাবধানতার সাথে করতে হয়। ভালমানের কাঠ যেমন– মেহগনি, চম্পাফুল ইত্যাদি জাতের নিখুঁত কাঠ হতে ভালমানের ভিনিয়ার বা প্লাই কাটা যেতে পারে। সাধারণত তিন পদ্ধতিতে কাঠ ভিনিয়ারিং করা যায়, যথা–

(ক) করাতে চেড়াই পদ্ধতি (Sawing method)

(খ) স্লাইসিং পদ্ধতি (Slicing method)

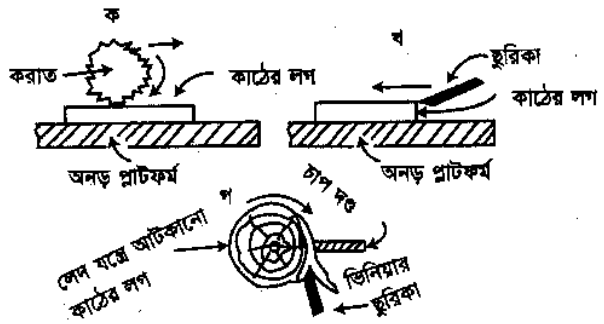
(গ) রোটারি কাটিং (Rotary cutting)।

তবে ভিনিয়ার কাটার পূর্বে কাঠের লগকে ভিজিয়ে বা সিক্ত করে নেয়া উত্তম। এতে কাঠের আঁশ নরম থাকে এবং ভিনিয়ার ভেঙ্গে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে না।

(ক) করাতে চেড়াই পদ্ধতি ঃ এ পদ্ধতিতে কাঠের লগ বা এর অর্ধাংশ বা সিকি অংশ ভাল করে অনড় প্লাটফর্মে আটকিয়ে চলনযোগ্য করাতের সাহায্যে হালকা পুরুত্বের পাত বা শিটের মতো করে ভিনিয়ার কাটা হয় [চিত্র ঃ ৭.৭ (ক)]। করাতের লাইন চ্যুতি না হওয়ার জন্য এর পাশে 'স্ট্রেইট এজ' ব্যবহার করা উত্তম। এ পদ্ধতির বিশেষ অসুবিধা হল এতে করাতের আলে বিস্তর কাঠের অপচয় হয় ফলে ভিনিয়ারের মূল্য বেড়ে যায়। এক্ষেত্রে চক্র কর্তকের কেন্দ্রে পুরুত্ব অধিক এবং আলে খুবই হালকা পুরুত্ব হলে অপচয়ের পরিমাণ কম হবে। এ পদ্ধতিটি খুবই মন্থর। এ পদ্ধতির বিশেষ সুবিধা হল– এতে টিম্বারের বার্ষিক বলয় সুন্দরভাবে ফুটে উঠে তাই সৌন্দর্যবর্ধক ও ডেকোরেশনের কাজে এ পদ্ধতিতে কাটা ভিনিয়ার বেশ উত্তম।

(খ) স্লাইসিং পদ্ধতি ঃ এ পদ্ধতিতে ভিনিয়ার কাটার জন্য প্লাটফর্মের উপর শক্তভাবে কাঠের লগ বা লগের অর্ধাংশ আটকানো থাকে এবং খুবই ধারালো ছুরিকা খুবই হালকা পাতের মতো ভিনিয়ার কেটে দেয়। ছুরিকা ভিনিয়ার কেটে নেওয়ার পর প্লাটফর্ম ভিনিয়ারের পুরুত্বের সমান উপরে উঠে এবং পুনরায় ছুরিকা ভিনিয়ার কেটে দেয়। এতে কোন করাতের গুঁড়া হয় না এবং উন্নতমানের ভিনিয়ার পাওয়া যায় [চিত্র ঃ ৭.৭ (খ)]।

(গ) রোটারি কাটিং পদ্ধতি ঃ এ পদ্ধতিতে কাঠের লগকে একটি লেদ-এ আটকিয়ে অনড় ছুরিকার সাহায্যে পাতলা পাতের মতো করে ভিনিয়ার কেটে নেয়া হয়। এটি একটি আধুনিক পদ্ধতি। এতে কাঠের অপচয় হয় না। এতে ঈপ্সিত দৈর্ঘ্যের ভিনিয়ার পাওয়া যায়। প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্যের ভিনিয়ার কেটে নেয়া যায়। এটি বাণিজ্যিক ক্ষেত্রে ব্যবহার উপযোগী পদ্ধতি [চিত্র ৭.৭ (গ)]।



চিত্র ঃ ৭.৭

৭.৭ কাঠজাত অন্যান্য পণ্য (Other wood-based products) ঃ

প্রযুক্তির উন্নয়নের ফলে কাঠের ন্যায় গুণসম্পন্ন সৌন্দর্যবর্ধক বিভিন্ন ফ্যাশনের কাঠজাত পণ্য তৈরি করা সম্ভব। এগুলোর গুণগতমান, তাপ, শব্দ ও অগ্নিরোধী তাপমাত্রা, ওজন, দাম ইত্যাদির আনুকূল্যে বর্তমানে এ ধরনের কাঠজাত পণ্যের বহুল ব্যবহার দেখা যায়। এগুলোর উপর আবহক্রিয়ার প্রভাব, ছত্রাক ও কীটপতঙ্গের আক্রমণও কম হয়। এগুলো তৈরিতে কাঠের অপাংশ ও নিম্নমানের কাঠ ব্যবহার করা যায়। এগুলোর উপযোগিতার তুলনায় দামও সন্তোষজনক। এগুলো স্থানান্তরে বা ব্যবহারকালে সহজে বিনষ্ট হয় না। এগুলো অধিকাংশ ক্ষেত্রেই কাঠের বিকল্প হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

বর্তমানে আমাদের দেশে যেসব কাঠজাত পণ্য ব্যবহৃত হয় নিম্নে তাদের প্রধান প্রধানগুলোর নাম দেয়া হল ঃ

(ক) ভিনিয়ার (Veneers)

(খ) প্লাইউড (Plywood)

(গ) লেমিনেটেড বোর্ড (Laminated board)

(ঘ) ব্যাটেন বোর্ড (Batten board)

(ঙ) পারটেক্স (Partex)

(চ) কর্ক বোর্ড (Cork board)

(ছ) চীপ বোর্ড ও পার্টিক্যাল বোর্ড (Chipboard & partical board)

(জ) সান বোর্ড (Sun board)

(ঝ) পুনঃনির্মিত কাঠ (Reconstructed wood)

১। ইনসুলেটিং বোর্ড (Insulating board)

২। সফট বোর্ড (Soft bard)

৩। হার্ডবোর্ড (Hardboard)

৪। সুপার হার্ডবোর্ড (Super hardboard)

৫। কালার বোর্ড (Colour board)।

নিচে কয়েকটি কাঠজাত পণ্যের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দেয়া হল ঃ

১। কর্ক বোর্ড (Cork board) ঃ এগুলো ওক গাছের বাকল হতে তৈরি। এগুলো খুবই হালকা, ছিদ্রযুক্ত ও স্থিতিস্থাপক এবং সহজে সংনমিত হয়।

এগুলো প্রধানত তাপ ও শব্দ অন্তরক হিসেবে দেয়াল, সিলিং ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।

২। চীপ বোর্ড ও পার্টিক্যাল বোর্ড (Chip board & partical board) ঃ

সাধারণত বিভিন্ন ধরনের কাঠ, করাতের গুঁড়া, ভিনিয়ারের অপাংশ, পাটখড়ি, বিভিন্ন ফলের আঁশালো খোসা, আখের ছোবড়া, ম্যাচ ফ্যাক্টরির কাঠজাতীয় সামগ্রীর অপাংশ, ফার্নিচার কারখানার কাঠের অপাংশ, বিভিন্ন ধরনের আঁশালো তৃণ যেমন খড়, ইত্যাদি চীপ বোর্ড ও পার্টিক্যাল বোর্ডের কাঁচামাল হিসেবে ব্যবহৃত হয়। কারখানা হতে সরাসরি কাজের উপযোগী বোর্ড পাওয়া যায় এবং প্রাপ্ত বোর্ডগুলোতে কোনরূপ ফিনিশিং কাজ করতে হয় না।

এ জাতীয় বোর্ড আসবাবপত্র, দরজা, জানালা, পার্টিশন ইত্যাদি ভিতরের কাজে ব্যবহার করা যায়। এ বোর্ড পানিতে আক্রান্ত হয় বিধায় এগুলো বাইরের কাজের উপযোগী নয়। তবে আচ্ছাদন দিলে এগুলোকে বাইরের কাজেও ব্যবহার করা যেতে পারে। মূলত এ জাতীয় বোর্ডগুলো উপজাত সামগ্রী (By product) হিসেবে কারখানায় উৎপাদন করা হয়।

৩। সান বোর্ড (Sun board) ঃ মূলত এগুলো এক ধরনের হার্ডবোর্ড। এগুলো সুন্দরী কাঠের অপাংশ হতে তৈরি এক ধরনের উপজাত দ্রব্য। সান বোর্ড এগুলোর বাণিজ্যিক নাম। এগুলো প্লেইন, ভিনিয়ার ও লেমিনেটেড আকারে পাওয়া যায়। এগুলো সকল ক্ষেত্রেই কাঠের চেয়ে ভাল এবং ভিনিয়ার কাজের জন্য উত্তম। এগুলোকে সহজে রঙিন করা যায় এবং সহজে বার্নিশও করা যায়। এগুলো শব্দ অন্তরক এবং অগ্নি ও উত্তাপ নিরোধক। এগুলো সহজে পানিতে আক্রান্ত হয়। এগুলো সাজসজ্জার কাজে এবং শোভাবর্ধক কাজে ব্যবহৃত হয়। এগুলো বাইরের কাজে ব্যবহৃত হয় না।

৪। ম্যাট বোর্ড (Mat board) ঃ বাঁশ হতে এ বোর্ড তৈরি করা হয়। এ জাতীয় বোর্ডগুলো ছাউনির কাজের জন্য বেশ উপযোগী বিধায় এগুলো ঢেউটিনের পরিবর্তে ছাউনির কাজে ব্যবহার করা যায়। এগুলো বেশ অগ্নিরোধী, পানিতে সহজে আক্রান্ত হয় না এবং দামেও বেশ সস্তা। আমাদের দেশে এ বোর্ডের ব্যবহার খুব একটা দেখা যায় না।

৫। পারটেক্স (Partex) ঃ এগুলো পাটখড়ি হতে তৈরি একটি উপজাত সামগ্রী। এগুলো প্রথম তৈরি করে স্টার পার্টিক্যাল বোর্ড মিলস্, ঢাকা। এগুলো ভিনিয়ারের অপাংশ, কাঠের টুকরা ইত্যাদি হতেও তৈরি করা যায়। উভয় পৃষ্ঠ পলিশ করা পারটেক্সের এক পিঠে মেলামাইন প্লাস্টিক ল্যামিনা ও অপর পিঠে মেলাইন প্রটেকটিভ দেয়া থাকলে এটাকে ডেকোরেটিভ পারটেক্স মেলামাইন লেমিনেটেড বোর্ড বলা হয়। বাজারে বিভিন্ন পুরুত্ব ও ঘনত্বের পারটেক্স পাওয়া যায়। সাধারণত পারটেক্স বোর্ডের পৃষ্ঠ ভিনিয়ার, প্লাই, ফরমিকা, অ্যালুমিনিয়াম শিট বা লেমিনেটেড শিটে আবৃত করে ব্যবহার করা হয়।

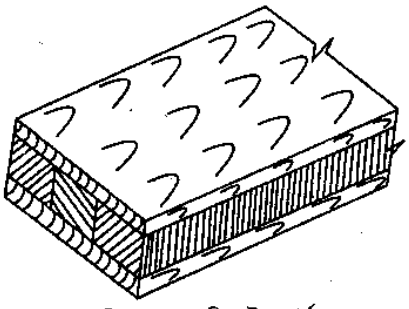
এগুলো ওজনে হালকা ঘুণে ধরে না, কাটা সহজ, নিয়ন্ত্রিত পরিবেশে টিকে বহুদিন, অর্থনৈতিক দিক হতে সাশ্রয়ী, ব্যবহার জটিলতা কম, বোর্ড হিসেবে পাওয়া যায় বিধায় জোড়া দেয়ার দরকার হয় না, পরিবহন ও স্থানান্তরকরণও সহজ এবং ভালমানের অন্তরক (insolator)। এগুলো পানিতে সহজে আক্রান্ত হয় তাই এগুলো ভিজা দেওয়াল বা মেঝের সংস্পর্শে আনা ঠিক নয়। এগুলো সাধারণত আচ্ছাদনের কাজে, পার্টিশন, ফলস্ সিলিং, দরজা, জানালা, আসবাবপত্র ইত্যাদি তৈরিতে ও শব্দ অন্তরক হিসেবে ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

৭.৮ বিভিন্ন ধরনের বোর্ড এবং ফলস্ সিলিং ও ওয়াল প্যানেলিং-এ বোর্ড স্থাপন (Various types of board and applicaions of boards in false ceiling and wall peneling) ঃ

(ক) লেমিনেটেড বোর্ড (Laminated board) ঃ

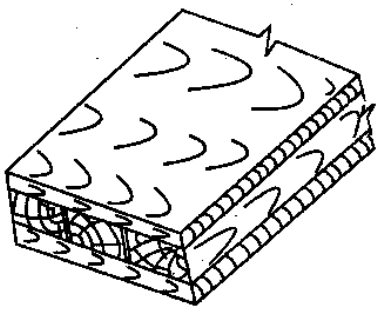
এগুলোও প্লাইউডের ন্যায় তৈরি করা হয়। এর অন্তঃপ্লাই এর পুরুত্ব সাধারণতঃ ৬ মিলিমিটার হয়ে থাকে। এতে স্থাপিত অন্তঃপ্লাইয়ে পাশাপাশি স্থাপিত ফালিগুলো আঠা দিয়ে বসিয়ে 'ক্রস গ্রেইনে' (Cross grain) কম্প্রেস করা হয়। এর পর সৌন্দর্যবর্ধন ও শোভনীয়করণের জন্য উপরিভাগে ভিনিয়ারের পাত আঠা দিয়ে চেপে লাগিয়ে দেয়া হয়। লেমিনেটেড বোর্ডের পুরুত্ব সাধারণত 12–16 মিলিমিটার হয়ে থাকে এবং ভিনিয়ারের আঁশ কোরের (Core) আঁশের সমকোণে থাকে (চিত্র ঃ ৭.৮)।

এগুলোর কুঞ্চন-প্রসারণ স্বাভাবিক কাঠের তুলনায় কম এবং এগুলোর কিনারায় বা মাঝখানে পেরেক বসালে অসুবিধা হয় না। এগুলো আবহরোধী ও সৌন্দর্যবর্ধক। এগুলো পার্টিশনে, শোভাবর্ধনমূলক কাজে ও আসবাবপত্র তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।



চিত্র ঃ ৭.৮ লেমিনেটেড বোর্ড

(খ) ব্লক বোর্ড ও ব্যাটেন বোর্ড (Block board & batten board) ঃ ব্যাটেন বোর্ড, লেমিনেটেড বোর্ডের ন্যায় তৈরি। তবে এগুলোর কোরের (Core) পুরুত্ব 18 মিলিমিটার হতে 25 মিলিমিটার হয়ে থাকে এবং খণ্ডে খণ্ডে কাটা কাঠের ব্যাটেনে তৈরি। এবং ব্যাটেনগুলো গ্লু দিয়ে ভালোভাবে পরস্পরের সাথে চাপে আবদ্ধ করা।



চিত্র ঃ ৭.৯ ব্যাটেন বোর্ড

লেমিনেটেড বোর্ডের ন্যায় এগুলোতেও পেরেক বসাতে অসুবিধা হয় না এবং কুঞ্চন ও সংকোচনের মাত্রাও কম। এগুলো আসবাবপত্র তৈরিতে, শোভাবর্ধক কাজে ও পার্টিশনে ব্যবহৃত হয়।

ব্লক বোর্ড তৈরিতে ব্যবহৃত কোরের স্ট্রিপগুলোর প্রস্থ ব্যাটেন বোর্ডের ব্যাটেনের প্রস্থচ্ছের তুলনায় সরু হয়ে থাকে এবং এ সরু প্রস্থের স্ট্রিপগুলো গ্লু দিয়ে পরস্পর আবদ্ধ করে ব্লক বোর্ডের কোর তৈরি করা হয়। এগুলোর ভিতরের স্ট্রিপের সর্বাধিক প্রস্থ সচরাচর 25 মিমি হয়ে থাকে।

এগুলোতে লেমিনটেড বোর্ডের ন্যায় পেরেক বসানো যায় এবং এগুলোর কুঞ্চন ও সংকোচনের মাত্রা কম। এগুলো আসবাবপত্র তৈরিতে, শোভাবর্ধক কাজে ও পার্টিশনে ব্যবহৃত হয়।

(গ) ফাইবার বোর্ড ও মিডিয়াম ডেনসিটি ফাইবার বোর্ড (Fibre board & Medium Density Fibre board–MDF board) : ফাইবার বোর্ড উৎপাদনের জন্য ভালমানের কাঠকে 6 মিলিমিটার হতে 15 মিলিমিটারের ছোট ছোট টুকরায় খণ্ড খণ্ড করে নিয়ে বৃহদাকার পাত্রে সিদ্ধ করে নরম করা হয়। এরপর এগুলোকে একটি বায়ুরোধী আবদ্ধ সিলিন্ডারে নিয়ে প্রতি বর্গসেন্টিমিটারে 30 হতে 40 কেজি চাপ প্রয়োগ করে উত্তপ্ত করা হয়। প্রয়োজনমতো উত্তপ্ত হলে কয়েক সেকেন্ডের জন্য চাপের মাত্রা 60 কেজি/বর্গ সেমিতে উন্নীত করে আকস্মিকভাবে সিলিন্ডারের নিচের মুখ খুলে দেয়া হয়। ফলে এগুলো প্রবলবেগে নির্গত হওয়ার কালে কাঠের লিগনিন (কাঠের সংযোগ সামগ্রী) থেকে কাঠের আঁশগুলো পৃথক হয়ে যায়। এরপর আঁশগুলোকে পরিষ্কার পানিতে ধুয়ে তারের জালের উপর ঈপ্সিত পুরুত্বে (প্যাটার্ন অনুযায়ী) বিছিয়ে দুটি ইস্পাতের প্লেটের মাঝ দিয়ে অতিক্রম করানো হয়। কাঠের আঁশ সমেত তারজালি প্লেটের মাঝ দিয়ে অতিক্রম করার কালে প্রয়োজনীয় তাপ ও চাপ প্রয়োগ করে বিভিন্ন মানের (ইন্সুলেটিং বোর্ড, মিডিয়াম ডেনসিটি ফাইবার বোর্ড, অন্যান্য বোর্ড ইত্যাদি) বোর্ড তৈরি করা হয়। এভাবে উৎপাদিত বোর্ডের গ্রথনশৈলী কাঠের গ্রথনশৈলী হতে ভিন্ন ধরনের হয়।

ফাইবার বোর্ডগুলো বেশ শক্তিধর, টেকসই, হালকা ও নমনীয়। এগুলোকে চাহিদানুরূপ আকারে বাঁকানো যায় এবং বাঁকানো কালে ফাটল ধরে না। এগুলোকে সহজে ছিদ্র করা যায়। এগুলোর মাঝে বা কিনারায় পেরেক বসাতে অসুবিধা হয় না। এগুলোতে রং করা যায়। কাজের চাহিদা অনুসারে তৈরি করা হয় বলে এগুলোকে শব্দ ও তাপ অন্তরক হিসেবেও ব্যবহার করা হয়। এগুলো সাধারণত পার্টিশন, ফলস সিলিং, আসবাবপত্র, দরজা, রেলকোচ, টেবিলের আচ্ছাদন ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।

ফাইবার বোর্ডগুলো সাধারণত তিন ধরনের বিভিন্নতা (Variety) বা বৈচিত্র্যে তৈরি করা হয়ে থাকে–

(i) ইন্সুলেটিং ফাইবার বোর্ড (Insulating Fibre Board)

(ii) মিডিয়াম ডেনসিটি ফাইবার বোর্ড (Medium Density Fibre Board বা MDF board) বা মিডিয়াম হার্ডবোর্ড এবং হার্ডবোর্ড (Medium hardboard & Hardboard)

(iii) অন্যান্য ভেরাইটি (Other varieties)।

(i) ইন্সুলেটিং ফাইবার বোর্ড : ইন্সুলেটিং বোর্ডগুলো সাধারণত (ক) সাধারণ ব্যবহারের বোর্ড, (খ) লাথ (প্লাস্টার বেসের জন্য), (গ) ছাদের অন্তরক বোর্ড (roof insulating board), (ঘ) ফ্যাক্টরি ফিনিশড্ ইনটেরিয়র বোর্ড, (ঙ) শিটিং (Sheathing) ও (চ) অদাহ্য ফিনিশড সারফেসের ইনটেরিয়র বোর্ড হিসাবে তৈরি করা হয়। এগুলো তাপ, শব্দ ও বিদ্যুৎ অন্তরক হিসাবে ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

(ii) মিডিয়াম ডেনসিটি ফাইবার বোর্ড ও হার্ডবোর্ড : এগুলো সাধারণত 6 মিমি পুরুত্বে তৈরি করা হয়। এগুলো বেশ শক্ত ও স্থায়িত্বশীল। সচরাচর কাঠামো ভিতরের দিকের সৌন্দর্যবর্ধনে ও ফিনিশিং-এ ব্যবহৃত হয়। তা ছাড়া প্যাকিং, আরসিসি ফর্ম ওয়ার্কস, ফ্লাশ ডোর, আসবাবপত্রের ফিনিশিং কভার তৈরিতে এগুলো ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

(iii) অন্যান্য ভ্যারাইটি বা বাণিজ্যিক নামের ফাইবার বোর্ড : বাজারে বিভিন্ন বাণিজ্যিক নামে এ জাতীয় বোর্ডগুলো পাওয়া যায়। এগুলোর মধ্যে ইনসুলাইট, লিনোফেল্ট, মেসোনাইট ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য।

(ঘ) মেলামাইন বোর্ড (Melamine board) : মেলামাইন আসঙ্গকে কাগজ (ভিনিয়ার/সুতিবস্ত্র) পরিপৃক্ত করে চাপে পৃষ্ঠ সুসংবদ্ধ করে মেলামাইন বোর্ড তৈরি করা হয়। এগুলো তাপ, আঁচড় ও বিবর্ণ প্রতিরোধী। এগুলোকে লেকোয়ার আবৃত প্রকৃত কাঠের মতো দেখায়। এগুলো বিভিন্ন বুনট বা গ্রথনশৈলীতে (Texture) তৈরি করা যায়। ব্যবহারের উপযোগিতার কারণে স্থাপত্যবিদ ও ডিজাইনার কর্তৃক এগুলোর বহুল ব্যবহার দেখা যায়। এগুলো রেডিও, ক্যামেরা, টেলিভিশন ইত্যাদির কেইস তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(ঙ) জিপসাম বোর্ড (Gypsum board) ঃ জিপসাম বোর্ড একটি অগ্নিরোধক শিট বিশেষ। এএসটিএম (ASTM) এর মতে, পৃষ্ঠে কাগজ এবং অন্তঃস্তর জিপসামে তৈরি এক বিশেষ ধরনের অদাহ্য শিট বা বোর্ড জিপসাম বোর্ড নামে পরিচিত। এ ধরনের বোর্ডের প্যানেল প্রধানত ভিতরের দেওয়াল বা সিলিং এর পৃষ্ঠস্তর হিসাবে; সিরামিক, প্লাস্টিক এবং ধাতুর টালির ভিত্তির জন্য, বহিঃপৃষ্ঠের (Exterior surface) জন্য, এলিভেটর ও অন্যান্য শ্যাফট এনক্লোজার (Shaft enclosures) এর জন্য ব্যবহৃত হয়। তা ছাড়া এটা কাঠামোর বিভিন্ন অংশকে অগ্নিরোধীকরণে ব্যবহৃত হয়।

স্বাভাবিক জিপসাম বোর্ড দেওয়াল এবং সিলিং এর পৃষ্ঠস্তর (Surface layer) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। নিম্নে বিভিন্ন ধরনের জিপসাম বোর্ডের নামসহ সংক্ষিপ্ত পরিচিতি উল্লেখ করা হল ঃ

(i) X টাইপ জিপসাম বোর্ড ঃ এগুলো সচরাচর 12.5 মিমি এবং 16 মিমি পুরুত্বের হয়ে থাকে। এগুলোর অন্তঃস্তরের গুণগত মান উন্নত করে অগ্নিরোধিতার মাত্রা বাড়িয়ে নেয়া হয়। এগুলো 'ফিনিস' অবস্থায় থাকে।

(ii) প্রিডেকোরেট জিপসাম বোর্ড ঃ এগুলো তৈরি কালে অলংকৃত করে তৈরি করা হয়। ফলে এগুলোর জন্য পরবর্তীতে অলংকৃতকরণ বা ট্রিটমেন্টের দরকার হয় না। তবে পৃষ্ঠদেশে 'ভিনাইল ফিল্ম' বা রং দেয়া যেতে পারে।

(iii) ওয়াটার রেজিস্ট্যান্স জিপসাম বোর্ড ঃ এগুলোর অন্তঃস্তর (Core) পানিরোধী জিপসামে এবং পৃষ্ঠদেশ পানি বিকর্ষিত কাগজে তৈরি। রান্নাঘর, স্নানাগার, লন্ড্রি ইত্যাদিতে সিরামিক টাইলস, প্লাস্টিকস্ ইত্যাদির 'ফিনিশ' প্রয়োগে ভিত্তি হিসেবে এ জাতীয় বোর্ড ব্যবহৃত হয়। এ জাতীয় বোর্ড স্বাভাবিক 'X' টাইপ বোর্ডের মতো অন্তঃস্তরবিশিষ্ট হয়ে থাকে। এগুলোর পুরুত্ব 12.5 মিমি এবং 16 মিমি হয়ে থাকে।

(iv) জিপসাম ব্যাকিং বোর্ড (Gypsum backing board) ঃ এ ধরনের বোর্ডের ভিত্তিস্তর বা ব্যাকিং ম্যাটেরিয়াল্স কয়েকটি স্তরে থাকে। তবে সাধারণত অ্যালুমিনিয়াম পাতের ব্যাকিংসহ স্বাভাবিক বা 'X' টাইপ অন্তঃস্তর (Core) বিশিষ্ট বোর্ড বাজারে পাওয়া যায়।

(v) জিপসাম কোর বোর্ড (Gypsum core board) ঃ এ জাতীয় বোর্ড কারখানায় 12.5 মিমি পুরুত্বের দুটি বোর্ডকে একত্রে কম্প্রেসড ও লেমিনেটেড করে তৈরি করা হয় বা সরাসরি 2.5 মিমি পুরুত্বের নিরেট কোর বোর্ড হিসবে তৈরি করা হয়।

(vi) জিপসাম শিট (Gypsum sheet) ঃ এ জাতীয় শিটে অদাহ্য অন্তঃস্তরের উপর পানিবিকর্ষিত কাগজের আচ্ছাদন দেয়া থাকে এবং জিপসামের সাথে পানিবিকর্ষিত সামগ্রী মিশিয়ে এ শিট তৈরি করা হয়।

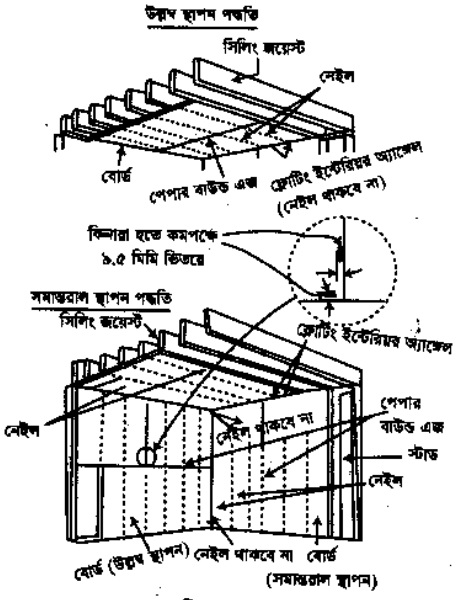
ব্যবহার ঃ জিপসাম বোর্ড সাধারণত শব্দ ও অগ্নিরোধক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। তা ছাড়া পূর্বে নির্মিত দেওয়ালের আচ্ছাদনের কাজে, সিলিং রিমডেলিং এর কাজে, স্থানান্তরযোগ্য গৃহাদি নির্মাণে, রিমডেলিং ও মেরামত কাজের মুখপাতে ইমরাতে, শব্দ ও অগ্নি প্রতিরোধে ব্যবহৃত হয়। এতদভিন্ন সিঙ্গেল লেয়ার বা ডাবল লেয়ার ওয়াল সিস্টেমে জিপসাম বোর্ড ব্যবহৃত হয়ে থাকে। অধিক পুরুত্বের জিপসাম বোর্ড অগ্নি প্রতিরোধের কাজে অধিক দৃঢ়তা (Rigidity) ও অধিক ঘাত সহনীয়তার জন্য ব্যবহৃত হয়। 25 মিমি পুরুত্বে জিপসাম বোর্ড বা কারখানায় একত্রে কম্প্রেসড ও লেমিনেটেড করা দুটি 12.5 মিমি পুরুত্বের জিপসাম বোর্ড শ্যাফট দেওয়ালে, পার্টিশন দেওয়ালে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। অনেক ক্ষেত্রেই অগ্নিরোধক মেমব্রেন হিসাবে জিপসাম বোর্ড দেওয়ালের আচ্ছাদনে ব্যবহৃত হয়।

(চ) ফলস্ সিলিং ও ওয়াল প্যানেলিং-এ বোর্ড (Applications of boards in false ceiling & wall paneling) ঃ কাঠামোর ধরন, ফলস, সিলিং ও ওয়াল প্যানেলিং এর উদ্দেশ্য, ডিজাইনারের অনুমোদন, ব্যবহৃত বোর্ডের ধরন ও গুণগত মান, কাঠামোর ও বোর্ডের আকার, আকৃতি, পুরুত্ব; কাঠামোতে ব্যবহৃত জয়েস্ট ও জয়েস্টের অবস্থান ও এ সংক্রান্ত তথ্যাদি, ব্যয়ের পরিমাণ, কাজের জন্য প্রাপ্ত সময় ও সুযোগ-সুবিধা ইত্যাদি বিষয় বিবেচনা করে ফলস্ সিলিং ও ওয়াল প্যানেলিং-এ বোর্ডের উপযোজন করতে হয় বিধায় সকল ক্ষেত্রে একই প্রক্রিয়ার প্রয়োগ সম্ভব হয় না। নিচে সাধারণভাবে ফলস্ সিলিং ও ওয়াল প্যানেলিং-এ বোর্ডের উপযোজন দেয়া হল।

বোর্ড কাঠ বা ধাতুর ফ্রেমিং এর উপর সরাসরি স্থাপন করা যায়। এগুলোকে ম্যাসনরি বা কংক্রিট পৃষ্ঠের উপর সরাসরি বা ফারিং করা ফালির উপর ও স্থাপন করা যায়। সচরাচর আবাসিক নির্মাণে আদর্শ ওয়াল বোর্ড সিস্টেমে বোর্ড স্থাপন করে ভিতরের দিকের প্যানেল ও কোনার সংযোগ টেপ দিয়ে আটকিয়ে তার উপর জয়েন্ট ট্রিটমেন্ট কম্পাউন্ডে আবৃত করে সজ্জিতকরণের জন্য তৈরি করা হয়। বাইরের দিকের কোনার ক্ষেত্রে সাধারণত 'মেটাল কর্নার বিড' ব্যবহার করে সংযোগ দৃঢ় করা হয় এবং জয়েন্ট ট্রিটমেন্ট কম্পাউন্ডে আবৃত করে দেয়া হয়। স্থাপিত বোর্ডের উন্মুক্ত ধারগুলো ধাতু বা প্লাস্টিকের অলংকৃত বা সজ্জিত পাত দিয়ে আবৃত করে

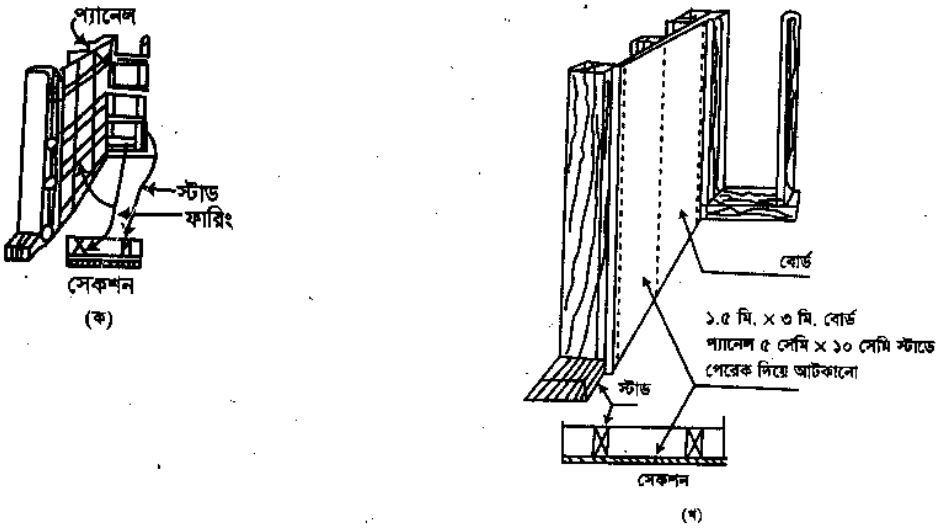
দেয়া হয়। এভাবে স্থাপিত বোর্ডের পৃষ্ঠদেশের উপর সজ্জিতকরণের কাজ (পেইন্ট, ওয়াল পেপার, টাইলস্, প্যানেলিং ইত্যাদি) করা যায়। তবে প্রিডেকোরেটেড বোর্ড স্থাপন করলে সজ্জিতকরণের দরকার পড়ে না তবে প্রয়োজনীয় মৌল্ডিং করা যেতে পারে। জোড়ার সৌন্দর্য রক্ষায় ব্যাটেন দিয়ে আবৃত করে দেয়া উত্তম।

হালকা (বাণিজ্যিক বা আবাসিক) নির্মাণের ক্ষেত্রে সিঙ্গেল প্লাই বোর্ড সিস্টেমে এ জাতীয় বোর্ড স্থাপন করা হয়। স্বাভাবিক মাত্রার শব্দ নিয়ন্ত্রণ, অগ্নিপ্রতিরোধ ও স্বাভাবিক ব্যবহারের জন্য এ ব্যবস্থা বেশ উপযোগী। তা ছাড়া মাল্টিপ্লাই সিস্টেমে বোর্ড স্থাপনে দুই বা ততোধিক স্তরে বোর্ড স্থাপন করা হয়। এতে শব্দ নিয়ন্ত্রণ ও অগ্নি প্রতিরোধের মাত্রা উল্লেখযোগ্য হারে বৃদ্ধি পায়। ফ্রেমিং মেম্বারে বোর্ড দুই রকমে স্থাপন করা যায়– (ক) ফ্রেমিং মেম্বারের সাথে সমান্তরালে (খ) ফ্রেমিং মেম্বারের সাথে সমকোণে (চিত্র ঃ ৭.১০)। সাধারণত ফ্রেমিং মেম্বারের সমকোণে স্থাপিত কাঠামো অধিকতর শক্তিশালী হয় এবং জোড়ার মোট দৈর্ঘ্য কম হয়।



চিত্র ঃ ৭.১০

যখন ইন্টেরিয়র ফিনিশ হিসাবে প্যানেলিং ব্যবহার করা হয়, তখন প্যানেলিং এর জন্য স্টাড (Stud) এর সাথে পেরেক বা গ্লু এর সাহায্যে আটকানোর জন্য স্টাড-এ অনুভূমিক ফারিং (Furring) স্ট্রিপ স্থাপন করা হয়। [চিত্র ঃ ৭.১১ (ক)] পাশিপাশি প্যানেলে সংযোগ দেওয়ার জন্য সচরাচর বাট জয়েন্ট বা ক্রসল্যাপ জয়েন্ট (যদি জয়েন্ট ডিজাইনার অনুমোদন দেয়) ব্যবহার করা হয়ে থাকে। উড প্যানেলিং-এ কর্নার এর ক্ষেত্রে মিটারিং বা ওভারল্যাপিং সিস্টেমে প্যানেলিং করা যায়।



চিত্র ঃ ৭.১১

অনুশীলনী–৭

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **টিম্বার বলতে কী বুঝায়? বা টিম্বার কী?**

উত্তর প্রকৌশল কাজে ব্যবহার উপযোগী কমপক্ষে 0.6 মিটার বেড়ের বৃক্ষ কাণ্ড হতে প্রাপ্ত নির্দিষ্ট আকার-আকৃতির কাঠই টিম্বার নামে পরিচিত।

২। **স্ট্যান্ডিং টিম্বার কী?**

উত্তর সাধারণভাবে জীবিত গাছকে স্ট্যান্ডিং টিম্বার বলা হয়।

৩। **লগ টিম্বার বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর নির্দিষ্ট মাপে খণ্ড করা বাকল অপসারিত গাছের কাণ্ডকে লগ টিম্বার বলা হয়।

৪। **কনভার্টেড টিম্বার কী?**

উত্তর লগ বা লগ টিম্বারকে বাজার আকার আকৃতিতে চেরাই করে প্রাপ্ত কাঠকে কনভার্টেড টিম্বার বলা হয়।

৫। **ভাল টিম্বারের আঁশ কীরূপ হয়?**

উত্তর ভাল টিম্বারের আঁশ সরল ও মসৃণ হয়ে থাকে।

৬। **গাছের বৃদ্ধির ধরন অনুযায়ী গাছকে কী কী ভাগে ভাগ করা যায়?**

উত্তর গাছের বৃদ্ধির ধরন অনুযায়ী গাছকে (ক) অন্তঃবর্ধক ও (খ) বহিঃবর্ধক –এ দু'শ্রেণিতে ভাগ করা যায়।

৭। **পাতার আকার অনুযায়ী গাছকে কী কী ভাগে ভাগ করা যায়?**

উত্তর পাতার আকার অনুযায়ী গাছকে (ক) প্রশস্থ পাতার বৃক্ষ ও (খ) সরু পাতার বৃক্ষ—এ দু'ভাগে ভাগ করা যায়।

৮। **হৃদ কাঠ কী?**

উত্তর অসারকাঠ বা পল কাঠের অন্তঃপৃষ্ঠ হতে মজ্জার ধার পর্যন্ত গাঢ় বর্ণের শক্ত কাঠই হৃদ কাঠ।

৯। **রসালো কাঠ কী?**

উত্তর সার কাঠের বহিঃপৃষ্ঠ হতে বাকলের দিকের নব গঠিত হালকা বর্ণের রসালো অংশই রসালো কাঠ।

১০। **বনবৃক্ষের কাণ্ডের দৈর্ঘ্য অধিক হয় কেন?**

উত্তর বনে স্বল্প পরিসরে অধিক সংখ্যক বৃক্ষ সূর্যের আলো পাওয়ার জন্য প্রতিযোগিতামূলকভাবে সোজাসুজি লম্বা হয় বলে বনবৃক্ষের কাণ্ডের দৈর্ঘ্য অধিক হয়।

১১। **গাছের ক্যামবিয়াম লেয়ারের কাজ কী?**

উত্তর গাছের ক্যামবিয়াম লেয়ার গাছকে জীবন্ত রাখতে সহায়তা করে এবং রসালো অংশের জলীয়াংশ শুষ্ক হতে দেয় না।

১২। **বাকল গাছের কী কী কাজ করে?**

উত্তর গাছের বাকল গাছের জলীয়াংশের বাষ্পীয়ভবন রোধ করে এবং গাছকে বাহিরের আঘাত হতে রক্ষা করে।

১৩। **'স্প্রিং উড' বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর গাছের প্রত্যেকটি বার্ষিক বলয়ের ভিতরের দিক বাইরের দিকের তুলনায় দৃঢ় এবং গাঢ় বর্ণের। এ গাঢ় বর্ণের অংশই স্প্রিং উড। গাছের এই অংশ বসন্তকালে গঠিত।

১৪। **'সামার উড' কী?**

উত্তর গাছের প্রত্যেকটি বার্ষিক বলয়ের বাইরের দিক ভিতরের দিকের তুলনায় কম দৃঢ় ও হালকা বর্ণের হয়। এ অংশ গ্রীষ্মকালে সৃষ্ট এবং কম বর্ধিষ্ণু। এ কম দৃঢ় হালকা বর্ণের অংশ সামার উড।

১৫। শক্ত কাঠ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর: যে সকল কাঠ ওজনে ভারী, আঁশ খুবই দৃঢ়াবদ্ধ, বেশ টান শক্তি রোধ করতে পারে এবং প্রকৌশল কাজের জন্য বেশ উপযোগী—এ জাতীয় কাঠই শক্ত কাঠ নামে পরিচিত।

১৬। নরম কাঠ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর: যে সকল কাঠের আঁশগুলো দৃঢ়াবদ্ধ নয়, টান প্রতিরোধ ক্ষমতা কম, ওজনে হালকা ভারী প্রকৌশল কাজে তেমন ব্যবহারিত হয় না, সেগুলোই নরম কাঠ।

১৭। কাঠের ফিগার (Figure) কী?

উত্তর: টিম্বারের ফিগার (figure) বলতে গাছের গিরা, বার্ষিক বর্ধন ও বলয়, রশ্মি (rays) ইত্যাদি বা নিয়মিত বা বিন্যস্ত আঁশের বিচ্যুতি যেমন— ঢেউ খেলানো আঁশ, আড়াআড়ি আঁশ ইত্যাদি অনিয়মিত হওয়ার দরুন টিম্বার পৃষ্ঠে সৃষ্ট কারুকার্যের মতো বা অলংকারমূলক চিত্রের মতো পৃষ্ঠ অবয়ব (appearance) কে বুঝায়।

১৮। বিভিন্ন মানের টিম্বারের ওজন উদ্ধৃত কর।

উত্তর: শক্তমানের কাঠের ওজন 650 কেজি–900 কেজি/ঘ.মি., মাধ্যম মানের কাঠের ওজন 480–650 কেজি/ঘ.মি. এবং হালকা মানের কাঠের ওজন 400–480 কেজি/ঘ.মি।

১৯। বাজার আকার-আকৃতির টিম্বার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর: ক্রেতাদের চাহিদানুযায়ী বাজারে যে আকার-আকৃতির টিম্বার পাওয়া যায় সেগুলো সরাসরি কাজে লাগানো যেতে পারে আবার কিছুটা আকার-আকৃতির পরিবর্তন করে প্রকৌশল কাজে লাগানো যেতে পারে। বাজারের চাহিদা অনুযায়ী চেরাই করা টিম্বারকে বাজার আকার-আকৃতির টিম্বার বলা হয়।

২০। লাম্বার কী?

উত্তর: করাতের সাহায্যে কাঠের কড়িকে বিভক্ত করলে লাম্বার পাওয়া যায়।

২১। কাঠের গ্রেইন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর: টিম্বারের গ্রেইন (grain) বলতে গাছের আঁশের দিক, আকার, বিন্যাস, অবয়ব (appearance) বা আঁশের গুণাগুণকে বুঝায় যেমন— মোটা আঁশ, আড়াআড়ি আঁশ, সর্পিল আঁশ, কোনাকুনি আঁশ ইত্যাদি।

২২। কাঠের ঋতুসহকরণ (Seasoning) কাকে বলে?

উত্তর: যে পদ্ধতিতে কাঠের কোষ এবং কোষপ্রাচীরস্থ আর্দ্রতা শুকিয়ে সাম্য আর্দ্রতায় আনা হয়, তাকে কাঠের ঋতুসহকরণ (seasoning) বলা হয়।

২৩। বনবৃক্ষের বৈশিষ্ট্যগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর: বনবৃক্ষের কাণ্ডের দৈর্ঘ্য লম্বা। এগুলো স্বল্প পরিসরে অধিক সংখ্যক বৃক্ষ থাকে। এগুলোতে শাখাপ্রশাখা ও গিরা কম থাকে। এগুলোর টিম্বারের মান উন্নত ও বাজার মূল্য বেশি। এগুলোর উৎপাদন প্রাকৃতিকভাবেই অধিক হয়। এগুলো সাধারণত টিম্বার বৃক্ষ।

২৪। টিম্বার কী কী উপাদানে গঠিত?

উত্তর: টিম্বার মোটামুটি 49% কার্বন, 6% হাইড্রোজেন, 44% অক্সিজেন ও 1% ভস্ম নিয়ে গঠিত।

২৫। স্ক্যান্টলিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর: কাঠের নানা আকৃতির টুকরাংশকে স্ক্যান্টলিং বলা হয়।

১৫। শক্ত কাঠ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর যে সকল কাঠ ওজনে ভারী, আঁশ খুবই দৃঢ়াবদ্ধ, বেশ টান শক্তি রোধ করতে পারে এবং প্রকৌশল কাজের জন্য বেশ উপযোগী—এ জাতীয় কাঠই শক্ত কাঠ নামে পরিচিত।

১৬। নরম কাঠ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর যে সকল কাঠের আঁশগুলো দৃঢ়াবদ্ধ নয়, টান প্রতিরোধ ক্ষমতা কম, ওজনে হালকা ভারী প্রকৌশল কাজে তেমন ব্যবহারিত হয় না, সেগুলোই নরম কাঠ।

১৭। কাঠের ফিগার (Figure) কী?

উত্তর টিম্বারের ফিগার (figure) বলতে গাছের গিরা, বার্ষিক বর্ধন ও বলয়, রশ্মি (rays) ইত্যাদি বা নিয়মিত বা বিন্যস্ত আঁশের বিচ্যুতি যেমন— ঢেউ খেলানো আঁশ, আড়াআড়ি আঁশ ইত্যাদি অনিয়মিত হওয়ার দরুন টিম্বার পৃষ্ঠে সৃষ্ট কারুকার্যের মতো বা অলংকারমূলক চিত্রের মতো পৃষ্ঠ অবয়ব (appearance) কে বুঝায়।

১৮। বিভিন্ন মানের টিম্বারের ওজন উদ্ধৃত কর।

উত্তর শক্তমানের কাঠের ওজন 650 কেজি–900 কেজি/ঘ.মি., মাধ্যম মানের কাঠের ওজন 480–650 কেজি/ঘ.মি. এবং হালকা মানের কাঠের ওজন 400–480 কেজি/ঘ.মি।

১৯। বাজার আকার-আকৃতির টিম্বার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ক্রেতাদের চাহিদানুযায়ী বাজারে যে আকার-আকৃতির টিম্বার পাওয়া যায় সেগুলো সরাসরি কাজে লাগানো যেতে পারে আবার কিছুটা আকার-আকৃতির পরিবর্তন করে প্রকৌশল কাজে লাগানো যেতে পারে। বাজারের চাহিদা অনুযায়ী চেরাই করা টিম্বারকে বাজার আকার-আকৃতির টিম্বার বলা হয়।

২০। লাম্বার কী?

উত্তর করাতের সাহায্যে কাঠের কড়িকে বিভক্ত করলে লাম্বার পাওয়া যায়।

২১। কাঠের গ্রেইন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর টিম্বারের গ্রেইন (grain) বলতে গাছের আঁশের দিক, আকার, বিন্যাস, অবয়ব (appearance) বা আঁশের গুণাগুণকে বুঝায় যেমন— মোটা আঁশ, আড়াআড়ি আঁশ, সর্পিল আঁশ, কোনাকুনি আঁশ ইত্যাদি।

২২। কাঠের ঋতুসহকরণ (Seasoning) কাকে বলে?

উত্তর যে পদ্ধতিতে কাঠের কোষ এবং কোষপ্রাচীরস্থ আর্দ্রতা শুকিয়ে সাম্য আর্দ্রতায় আনা হয়, তাকে কাঠের ঋতুসহকরণ (seasoning) বলা হয়।

২৩। বনবৃক্ষের বৈশিষ্ট্যগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর বনবৃক্ষের কাণ্ডের দৈর্ঘ্য লম্বা। এগুলো স্বল্প পরিসরে অধিক সংখ্যক বৃক্ষ থাকে। এগুলোতে শাখাপ্রশাখা ও গিরা কম থাকে। এগুলোর টিম্বারের মান উন্নত ও বাজার মূল্য বেশি। এগুলোর উৎপাদন প্রাকৃতিকভাবেই অধিক হয়। এগুলো সাধারণত টিম্বার বৃক্ষ।

২৪। টিম্বার কী কী উপাদানে গঠিত?

উত্তর টিম্বার মোটামুটি 49% কার্বন, 6% হাইড্রোজেন, 44% অক্সিজেন ও 1% ভস্ম নিয়ে গঠিত।

২৫। স্ক্যান্টলিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর কাঠের নানা আকৃতির টুকরাংশকে স্ক্যান্টলিং বলা হয়।

২৬। **পরিশুষ্ককরণকালে টিম্বারের কোন দিকে কী পরিমাণ সংকোচন ঘটে?**

উত্তর ঃ টিম্বারের অসমসত্ত্ব গঠন বিন্যাসের কারণে সাধারণত আঁশ বরাবর 0.1% হতে 0.3%, ব্যাসার্ধ বরাবর 3% হতে 6% এবং স্পর্শক বরাবর 7% হতে 12% সংকোচন ঘটে থাকে।

২৭। **টিম্বারের আঁশ সম্পৃক্ত পানি মাত্রা কী?**

উত্তর ঃ টিম্বারের কোষ হতে মুক্ত পানির অপসারণ ঘটার পরও এর কোষপ্রাচীরে সম্পৃক্ত পানি থেকে যায়। টিম্বারের কোষপ্রাচীরে জলীয় কণার এ উপস্থিতির মাত্রাকে টিম্বারে আঁশ সম্পৃক্ত মাত্রা বলা হয়।

২৮। **টিম্বারের প্রাকৃতিক পরিশুষ্ককরণ বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ টিম্বারকে ছায়ায়, খোলা স্থানে নিয়মতান্ত্রিকভাবে স্টেক দিয়ে বাতাসের সাহায্যে শুকানোর পদ্ধতিকেই টিম্বারের প্রাকৃতিক পরিশুষ্ককরণ বলা হয়।

২৯। **টিম্বারের কৃত্রিম পরিশুষ্ককরণ কী?**

উত্তর ঃ টিম্বারকে ধুঁয়া, বাষ্প ইত্যাদির সাহায্যে বা রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহার করে বা বদ্ধ কোঠায় নির্দিষ্ট সময় পর্যন্ত নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রায় রেখে শুষ্ককরণকে টিম্বারের কৃত্রিম পরিশুষ্ককরণ বলা হয়।

৩০। **কী কী পদ্ধতিতে টিম্বার কৃত্রিম পরিপরিশুষ্ককরণ করা হয়?**

উত্তর ঃ সাধারণত টিম্বার (ক) চুল্লিতে পরিশুষ্ককরণ (খ) রাসায়নিক পরিশুষ্ককরণ (গ) বাষ্পে পরিশুষ্ককরণ (ঘ) ধুঁয়ায় পরিশুষ্ককরণ (ঙ) বৈদ্যুতিক পরিশুষ্ককরণ (চ) স্ফুটন পরিশুষ্ককরণ ইত্যাদি পদ্ধতিতে পরিশুষ্ককরণ করা হয়ে থাকে।

৩১। **টিম্বারের ভারসাম্য আর্দ্রতা বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ টিম্বারের আর্দ্রতা বায়ুমণ্ডলের আর্দ্রতার সমান হলে তাকে টিম্বারের ভারসাম্য আর্দ্রতা বলা হয়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **টিম্বারের ব্যবহার উপযোগিতা সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর ঃ ওজনের তুলনায় কাঠ প্রচুর শক্তির অধিকারী। এগুলো যথেষ্ট স্থিতিস্থাপক এবং তাপ ও শব্দ প্রতিরোধক। ভাল কাঠ কয়েক শত বছর পর্যন্ত টিকে থাকে। পৃথিবীর প্রায় সকল অঞ্চলেই বৃক্ষ উৎপন্ন হয়। এগুলোর কোন কোনটি দীর্ঘস্থায়ী ও দীর্ঘায়ুসম্পন্ন এবং কোন কোনটি ক্ষণস্থায়ী ও স্বল্পায়ুসম্পন্ন। কাজেই নির্মাণের ধরন, স্থায়িত্ব, উপযোগিতা ইত্যাদি অনুসারে টিম্বার নির্বাচন করে কাজে লাগানো উচিত। কাঠ স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয় ধরনের নির্মাণে ব্যবহার করা যায়। এগুলোকে সহজে কাজে লাগানো যায় এবং এগুলোতে সহজে ফিটিংস্ও লাগানো যায়। টিম্বারকে ভারবাহী ও অভারবাহী উভয় ধরনের মেম্বার (Member) হিসেবে ব্যবহার করা যায়। এগুলো আসবাবপত্র, পুতুল, খেলনা ইত্যাদি তৈরিতে, অলঙ্কারমূলক শোভাবর্ধক কাজে, ভাস্কর্য নির্মাণে, চারুশিল্প ইত্যাদিতে ব্যবহার করা হয়। টিম্বারকে কার্যক্ষেত্রেও সুবিধাজনক ঈপ্সিত আকার-আকৃতিতে রূপান্তর করা যায় এবং এগুলোর ছোট ছোট খণ্ডও ব্যবহার করা যায়। এগুলোর অপাংশ জ্বালানি হিসেবেও ব্যবহার করা যায়। উৎকৃষ্ট মানের টিম্বার প্রকৌশল কাজে ব্যবহৃত হয়।

২। **বহিঃবর্ধক বৃক্ষের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর ঃ বহিঃবর্ধক বৃক্ষ তার জীবন্তকালে সজীব বাকল ও পূর্বতন কাঠের মধ্যবর্তী অংশে এক নতুন স্তর সৃষ্টি করে নিজের কলেবর বৃদ্ধি করে। এ জাতীয় বৃক্ষকে বহিঃবর্ধক বৃক্ষ বলা হয়। এরূপ বয়স্ক গাছের প্রস্থচ্ছেদ পরীক্ষা করলে প্রস্থচ্ছেদে ধারাবাহিক বৃত্তাকার বলয় (ring) দেখা যায়। এ বলয়গুলোর প্রত্যেকটি প্রতি বছরে বৃক্ষের বর্ধনের পরিমাণ নির্দেশ করে। প্রায় সব বাণিজ্যিক টিম্বারই এ শ্রেণিভুক্ত। আম, জাম, শাল, মেহগনি, সেগুন, কড়ই ইত্যাদি এ শ্রেণির বৃক্ষের প্রকৃষ্ট উদারহণ।

৩। **প্রশস্ত পাতাসম্পন্ন বৃক্ষের বৈশিষ্ট্যগুলো বুঝিয়ে লেখ।**

উত্তর ঃ প্রশস্ত পাতার বৃক্ষের পাতা বেশ প্রশস্ত। এ ধরনের প্রায় সব বৃক্ষের পাতাই প্রতি বছর শীতকালে ঝরে যায় এবং শীত শেষে নতুন পাতা গজায়। এগুলোর টান প্রতিরোধ ক্ষমতা অধিক এবং সহজে আগুন ধরে না। এগুলোর আঁশ বেশ দৃঢ়াবদ্ধ, সহজে ঘুণে ধরে না, সহজে বিদীর্ণ করা যায় না এবং প্রাপ্ত টিম্বারও ওজনে ভারী, এগুলোর বাণিজ্যিক মূল্য অধিক এবং প্রকৌশল কাজের জন্য বেশ উপযোগী। এ জাতীয় বৃক্ষ হতে প্রাপ্ত টিম্বার শক্ত কাঠ (Hard wood) নামে পরিচিত। কড়ই, শাল, সেগুন, মেহগনি ইত্যাদি বৃক্ষ এ শ্রেণিভুক্ত।

৪। **সরু পাতার বৃক্ষের বৈশিষ্ট্যগুলো উদ্ধৃত কর।**

উত্তর ঃ সরু পাতার বৃক্ষের পাতা বেশ লম্বা ও সুচালো। এদের বার্ষিক বলয়গুলো (Annual ring) স্পষ্ট দৃশ্য হয়। এগুলোর টান প্রতিরোধ ক্ষমতা কম, আঁশগুলো দৃঢ়াবদ্ধ নয়, সহজে বিদীর্ণ করা যায় এবং সহজে আগুন ধরে এবং ঘুণে আক্রান্ত হয়। এ জাতীয় বৃক্ষ হতে প্রাপ্ত টিম্বার হালকা ও নরম। এগুলো নরম কাঠ (Soft wood) নামেও পরিচিত। এগুলো ভারী প্রকৌশল কাজে তেমন ব্যবহৃত হয় না। এগুলো দিয়াশলাই, প্যাকিং ও খেলাধুলার সরঞ্জামাদি তৈরিতে বিপুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ইউক্যালিপ্টাস, পাইন, ফার, শিমুল ইত্যাদি এ শ্রেণির বৃক্ষ।

৫। **অন্তঃবর্ধক বৃক্ষ সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।**

উত্তর ঃ অন্তঃবর্ধক বৃক্ষ প্রতি বছর অভ্যন্তরভাগে নতুন স্তর সৃষ্টি করে কলেবর বৃদ্ধি করে। তাল, সুপারি, নারিকেল ইত্যাদি এ জাতীয় বৃক্ষের অন্তর্ভুক্ত। এ জাতীয় বৃক্ষের অসারকাঠ (Sapwood) সারকাঠ (Heart wood) দিয়ে বেষ্টিত থাকে। বাণিজ্যিক টিম্বার হিসেবে এ জাতীয় বৃক্ষের ভূমিকা একেবারেই নগণ্য। এগুলোর আঁশ মোটা এবং বেশ শক্ত।

৬। **কাঠ সিজনিং পদ্ধতিগুলোর নাম লেখ।**

উত্তর ঃ টিম্বার প্রধানত দুটি পদ্ধতিতে পরিশুদ্ধকরণ (Seasoning) করা হয়, যথা–

১। প্রাকৃতিক পরিশুষ্ককরণ (Natural seasoning) ও

২। কৃত্রিম পরিশুষ্ককরণ (Artificial seasoning)।

নিচে বিভিন্ন শ্রেণির কৃত্রিম পরিশুষ্ককরণ পদ্ধতির নাম দেয়া হল ঃ

(ক) চুল্লিতে পরিশুষ্ককরণ (Kiln seasoning)

(খ) রাসায়নিক পরিশুষ্ককরণ (Chemical seasoning)

(গ) বাষ্পে পরিশুষ্ককরণ (Steam seasoning)

(ঘ) ধোঁয়ায় পরিশুষ্ককরণ (Smoke seasoning)

(ঙ) স্ফুটন পরিশুষ্ককরণ (Seasoning by boiling)

(চ) বৈদ্যুতিক পরিশুষ্ককরণ (Electrical seasoning)

(ছ) পানির সহায়তায় পরিশুষ্ককরণ (Water seasoning)।

৭। **টিম্বার সিজনিং এর উদ্দেশ্যগুলো লেখ।**

উত্তর ঃ টিম্বার পরিশুষ্ককরণের প্রধান প্রধান উদ্দেশ্যগুলো নিচে দেয়া হল ঃ

(ক) টিম্বারকে সাম্য আর্দ্রতায় (Equilibrium moisture content) আনয়ন করা হয় যাতে টিম্বারের আয়ুষ্কাল ও স্থায়িত্ব বৃদ্ধি এবং সহজ ব্যবহার ও রূপান্তর করা যায়।

(খ) টিম্বারকে ভালমানের পলিশ গ্রহণ ও সংরক্ষণের উপযোগী করা।

(গ) নির্দিষ্ট মাত্রায় জলীয়কণা হ্রাসকরণ ও স্যাপ (Sap) শুকিয়ে সরক্ষক (Preservative) ব্যবহার উপযোগী করা।

(ঘ) ছত্রাকের আক্রমণ হতে রক্ষা করা।

(ঙ) টিম্বারকে স্থানান্তর ও উত্তোলন সুবিধার জন্য ওজন হ্রাস করা।

(চ) আবহাওয়ার তারতম্যের দরুণ টিম্বারে সংকোচন ও প্রসারণ হওয়ার সম্ভাবনা দূর করা।

(ছ) টিম্বারের শক্তি বৃদ্ধি করা (আর্দ্রতা 10% হতে 12% হলে টিম্বারের শক্তি দ্বিগুণ এবং 5% হলে তিন গুণ বৃদ্ধি পায়)।

৮। **বনবৃক্ষ ও বাগান বৃক্ষের মাঝে তুলনামূলক পার্থক্যগুলো লেখ।**

উত্তর ঃ বনবৃক্ষ ও বাগান বৃক্ষ এর তুলনামূলক পার্থক্য নিম্নে দেয়া হল ঃ

		বাগান বৃক্ষ
১। পরিসর	১। স্বল্প পরিসরে অধিক সংখ্যক বৃক্ষ।	১। বৃহৎ পরিসরে স্বল্পসংখ্যক বৃক্ষ।
২। বর্ধন	২। সূর্যালোক পাওয়ার জন্য প্রতিযোগিতায় বর্ধিত হয়।	২। বৃহৎ পরিসরে বর্ধন বিধায় সূর্যালোক পাওয়ার জন্য প্রতিযোগিতার দরকার হয় না।
৩। কাণ্ড দৈর্ঘ্য	৩। দীর্ঘ হয়।	৩। খাটো হয়।
৪। গিরা ও শাখাপ্রশাখা	৪। শাখাপ্রশাখা সংখ্যা কম ফলত গিরার সংখ্যা কম হয়।	৪। শাখাপ্রশাখা অধিক হয় ফলত গিরার (Knot) সংখ্যা অধিক হয়।
৫। টিম্বারের মান	৫। উন্নতমানের।	৫। অপেক্ষাকৃত কম উন্নতমানের।
৬। বাজার মূল্য	৬। অধিক।	৬। অপেক্ষাকৃত কম।
৭। জন্মানো	৭। প্রাকৃতিক (সাধারণত)।	৭। সাধারণত রোপণ করা।
৮। উৎপাদনের পরিমাণ	৮। অধিক।	৮। কম।
৯। বৃক্ষের ব্যবহার	৯। সাধারণত প্রকৌশল ও আসবাবপত্র তৈরির কাজে ব্যবহৃত হয়।	৯। প্রকৌশল কাজে ব্যবহৃত হয় না, তবে আসবাবপত্র তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।
১০। বৃক্ষের ধরন	১০। টিম্বার বৃক্ষ।	১০। এগুলো সচরাচর ফলজ ও ভেষজ বৃক্ষ।

৯। **গাছের গ্রেইন (grain) ও ফিগার (Figure) সম্পর্কে লেখ।**

উত্তর ঃ টিম্বারের গ্রেইন (grain) বলতে গাছের আঁশের দিক, আকার, বিন্যাস, অবয়ব (appearance) বা আঁশের গুণাগুণকে যেমন– মোটা আঁশ, আড়াআড়ি আঁশ, সর্পিল আঁশ, কোনাকুনি আঁশ ইত্যাদিকে বুঝায় অপরদিকে টিম্বারের ফিগার (figure) বলতে গাছের গিরা, বার্ষিক বর্ধন ও বলয়, মজ্জা রশ্মি ইত্যাদি বা নিয়মিত বা বিন্যস্ত আঁশের বিচ্যুতি (যেমন– ঢেউ খেলানো আঁশ, আড়াআড়ি আঁশ ইত্যাদি) বা অনিয়মিত হওয়ার দরুন টিম্বার পৃষ্ঠে সৃষ্ট কারুকার্যের মতো বা অলংকারমূলক চিত্রের মতো পৃষ্ঠ অবয়ব (appearance) কে বুঝায়। কোন কাঠের আঁশের অসামঞ্জস্যতা, গিরা, ঢেউ খেলানো আঁশ, আড়াআড়ি আঁশ ইত্যাদি গ্রেইন সংক্রান্ত ত্রুটির জন্য ভারবাহী কাঠামোর জন্য অনুপযোগী হতে পারে, কিন্তু আকর্ষণীয়, লোভনীয়, চিত্তাকর্ষক ফিগার এর জন্য অভারবাহী কাঠামো যেমন– শ্রীবর্ধক আসবাবপত্র তৈরির জন্য বিশেষভাবে উপযোগী হতে পারে। কাজেই কাজে ব্যবহারের উপযোগিতার বিবেচনায় টিম্বারের দোষত্রুটি নির্ধারণই যুক্তিযুক্ত।

১০। **উৎকৃষ্ট কাঠের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর ঃ ভালমানের টিম্বারের বৈশিষ্ট্য নিচে দেয়া হল ঃ

(ক) শক্তি ও স্থায়িত্ব ঃ এগুলো শক্ত খুঁতহীন, ঘাতসহনীয়, স্থায়িত্বশীল ও টেকসই হবে।

(খ) ত্রুটিমুক্ত ঃ এগুলো কৃত্রিম ও প্রাকৃতিক উভয় ধরনের ত্রুটিমুক্ত হবে।

(গ) বর্ণের সাম্যতা ঃ এগুলোতে বর্ণের সাম্যতা থাকবে। এগুলোতে হঠাৎ করে কোন অংশের বর্ণের বৈষম্য দেখা যাবে না। সাম্য ও গাঢ় বর্ণের টিম্বারকে ভাল মানের টিম্বার বলে গণ্য করা হয়।

(ঘ) গন্ধ ঃ এগুলো হতে দুর্গন্ধ নির্গত হবে না।

(ঙ) শব্দ ঃ এগুলোতে হাতুড়ি দিয়ে আঘাত করলে স্পষ্ট শব্দ হবে।

(চ) রস ঃ এগুলো রসমুক্ত হবে।

(ছ) আঁশ বিন্যাস ঃ এগুলোর আঁশ বিন্যাস সরল ও মসৃণ হবে।

(জ) সার কাঠ ঃ এগুলো প্রাপ্তবয়স্ক গাছের সার কাঠ (Heart wood) হতে সংগৃহীত।

(ঝ) **চেরাই ঃ** এগুলো আঁশের সমান্তরালে চেরাই করে পাওয়া যাবে।

(ঞ) **বার্ষিক বলয় ঃ** এগুলোর গড়নে বার্ষিক বলয়গুলোর (Annual ring) সাম্যতা ও নিয়মতান্ত্রিকতা থাকবে।

(ট) **ঘনত্ব ঃ** এগুলোর ঘনত্ব অধিক হবে। কেননা অধিক ওজনের টিম্বারের স্থায়িত্বশীলতা ও শক্তি অধিক।

(ঠ) **চাপসহনীয়তা ঃ** এগুলোর চাপ সহ্য করার ক্ষমতা থাকবে যেন পাইল, স্ট্রাট, পোস্ট ইত্যাদি হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

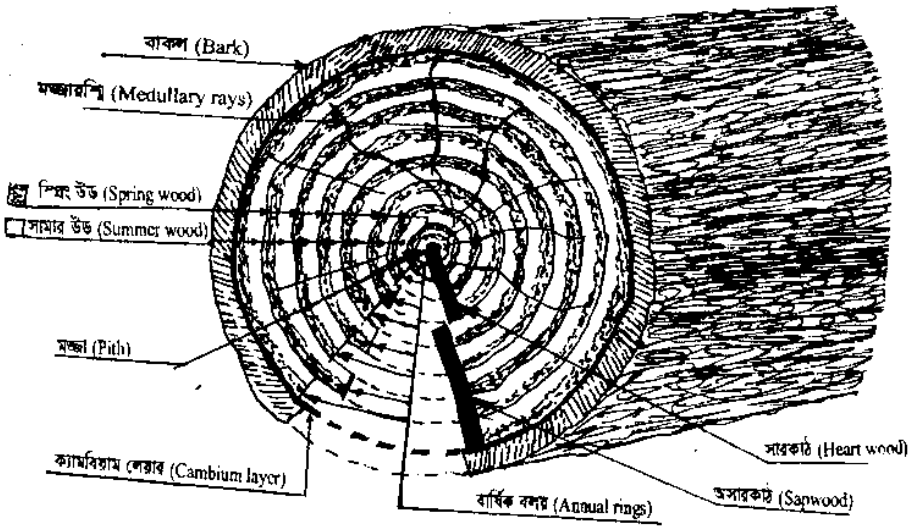
(ড) **স্থিতিস্থাপকতাঃ** এগুলোর স্থিতিস্থাপক গুণ থাকবে। কেননা গরুর গাড়ির চাকা, শ্যাফট, খেলনা, পুতুল ইত্যাদি তৈরির জন্য এ গুণ থাকা বাঞ্ছনীয়।

(ঢ) **অগ্নিরোধিতা ঃ** এগুলোর অগ্নিরোধিতা গুণ থাকবে।

(ণ) **কার্যোপযোগিতা ঃ** এগুলোকে সহজে কার্যোপযোগী করা যাবে।

১১। একটি বহিঃবর্ধক বৃক্ষের প্রস্থচ্ছেদ এঁকে বিভিন্নাংশের নাম লেখ।

উত্তর ঃ



১২। তক্তা, ডীল, ব্যাটেন ও বোর্ড বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। প্লাই বোর্ড এর সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। মেলামাইন বোর্ডের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। টিম্বারের সংকোচন সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৭.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৬। টিম্বার পরিশুষ্ককরণ বা সিজনিং এর উদ্দেশ্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৭। টিম্বারের প্রাকৃতিক পরিশুষ্ককরণ পদ্ধতিটি সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৮। টিম্বার পরিশুষ্ককরণে ব্যবহৃত বর্গী চুল্লির বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি :

১। টিম্বার সম্পর্কে একটি রচনা লিপিবদ্ধ কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৭.০ নং দ্রষ্টব্য।

২। উৎকৃষ্ট মানের টিম্বারের বৈশিষ্ট্যগুলো আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৭.০ নং দ্রষ্টব্য।

৩। গাছের বর্ধন, পাতার ধরন ও পত্র পতনের উপর ভিত্তি করে বিভিন্ন শ্রেণির গাছ সম্পর্কে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৭.১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। একটা বহিঃবর্ধক বৃক্ষের প্রস্থচ্ছেদ আঁক এবং বিভিন্নাংশের পরিচিতি উল্লেখ কর।
অথবা, বহিঃবর্ধক বৃক্ষের প্রস্থচ্ছেদ অংকন করে বিভিন্নাংশের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৭.১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। বিভিন্ন ধরনের বাজার আকার-আকৃতির টিম্বারগুলোর পরিচিতি উদ্ধৃত কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ৭.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। টিম্বার পরিশুষ্ককরণের বিভিন্ন ধরনের প্রক্রিয়া আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ৭.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৭। ফলস সিলিং-এ বোর্ড লাগানোর প্রক্রিয়া লেখ।

উত্তর সংকেত ৭.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৮। প্লাইউড তৈরি প্রক্রিয়া লেখ।

উত্তর সংকেত ৭.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৯। ভিনিয়ার তৈরির পদ্ধতিগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ৭.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৮

কাচ ও মৃৎসামগ্রী
(Glass & Ceramics)

৮.১ কাচের উপাদানসমূহ (Constituents of glass) ঃ

নিচের ছকে বিভিন্ন ধরনের কাচ তৈরির কাঁচামালগুলোর তালিকা দেয়া হল ঃ

সাধারণ গ্লাস বা বোতল গ্লাস (Ordinary or bottle glass)	60–70	2–3	15	5	–	5–7
উইন্ডো গ্লাস (Window glass)	70–75	–	13	13	–	4
প্লেট গ্লাস (Plate glass)	74–78	17	6	–	–	1
ফ্লিন্ট বা কাট গ্লাস (Flint or cut glass)	50	12	–	–	30	1
ফিউজিবল গ্লাস (রাসায়নিক যন্ত্রপাতির জন্য) (Fusible glass for chemical apparatus)	70	2	8	16	–	1
ইনফিউজিবল গ্লাস (জ্বালানি টিউবের জন্য) (Infusible glass for combustion)	73	10–12	10	3	–	1

কাচ তৈরিতে এর উপাদান ও উপাদানের আনুপাতিক হারের তারতম্যের মাধ্যমে এগুলোর ধর্ম, গুণাবলি, ব্যবহার উপযোগিতায় ভিন্নতা আনা যায়। তাই ভিন্ন ভিন্ন ধরন ও গুণাবলির জন্য এগুলোর উপাদান ও উপাদানের আনুপাতিক হারে ভিন্নতা দেখা যায়। তবে সব ধরনের কাচের মূল উপাদান বালি (SiO_2)। এখানে সাধারণভাবে কাচের উপাদানগুলো আনুপাতিক হারসহ দেয়া হল– (ক) বালি– 50% হতে 78% (খ) পটাশ– 2% হতে 17%, (গ) চুন– 6% হতে 15% (ঘ) সোডা– 3% হতে 16% (ঙ) অ্যালুমিনা– 1% হতে 7% ও (চ) অন্যান্য উপাদান (যেমন– বোরাক্স, রঞ্জক, লেড অক্সাইড, ভাঙ্গা কাচ ইত্যাদি)। ঈপ্সিত কাচের জন্য উপরোক্ত উপাদানের কোন কোনটির দরকার নাও হতে পারে।

সকল কাচের জন্যই মূল উপাদান সিলিকা (SiO_2) বা বালি। এ বালি গলাতে খুবই উচ্চতাপের দরকার হয় বিধায় এগুলোর সাথে ক্ষারকীয় সামগ্রী (যেমন– সোডিয়াম কার্বনেট বা পটাশিয়াম কার্বনেট বা সোডা) দিয়ে গলনাঙ্কের পরিমাণ হ্রাস করা হয়। এতে সান্দ্রতা কার্যোপযোগী হয়। লাইম কাচের ক্ষণভঙ্গুরতা হ্রাস করে, পটাশ কাচের তাপরোধীতার মাত্রা বৃদ্ধি করে এবং ম্যাগনেশিয়া কাচের অবাঞ্ছিত ময়লা পরিষ্কার করে ও কাচে স্বচ্ছতা আনয়ন করে। কাচের ভাঙা টুকরা (Cullet) কাজে লাগানোর জন্য সমশ্রেণির কাচ তৈরিতে এগুলো ব্যবহৃত হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে গলনাঙ্কের মাত্রা হ্রাস এবং কাচের তাপীয় প্রসারাঙ্ক কমানোর জন্য বোরাক্স বা বরিক এসিডও ব্যবহার করা হয়।

গলিত কাচের সাথে রঞ্জক যোগে রঙিন কাচ তৈরি করা যায়। সচরাচর ব্যবহৃত রঞ্জকগুলোর মধ্যে কোবাল্ট, নিকেল ও ম্যাঙ্গানিজ এর অক্সাইড, ক্রোমিক অক্সাইড, কপারাস অক্সাইড, ক্রায়োলাইট-ও টিন অক্সাইড অন্যতম। কাচে লাল বর্ণের জন্য গোল্ড সিলিনিয়াম সালফাইড, কপারাস অক্সাইড ইত্যাদি, সবুজ বর্ণের জন্য ক্রোমিক অক্সাইড, হলুদ বর্ণের জন্য ক্যাডমিয়াম সালফাইড, ভায়োলেট বর্ণের জন্য ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, নীল বর্ণের জন্য কোবাল্ট অক্সাইড, কপারিক অক্সাইড ইত্যাদি আম্বর বর্ণের জন্য সালফার ও আয়রন অক্সাইড, কালো বর্ণের জন্য ফেরিক ও কপারিক অক্সাইড, কোবাল্ট নিকেল, ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড ইত্যাদি রঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

৮.২ বিভিন্ন ধরনের কাচের সংজ্ঞা (Definition of different types of glass) ঃ

নিচের বিভিন্ন ধরনের গ্লাসের সংজ্ঞা দেয়া হল ঃ

(ক) সোডালাইম গ্লাস (Soda-lime glass) ঃ বালি, চুনাপাথর এবং সোডা এগুলোকে প্রায় 1200° সে. তাপমাত্রায় গলিয়ে সোডালাইম গ্লাস তৈরি করা হয়। এটি সফট গ্লাস নামেও পরিচিত। এগুলো বেশ সস্তা এবং অপেক্ষাকৃত কম তাপে বিগলিত হয় এগুলো সাধারণত কন্টেনার, বাল্ব ও অন্যান্য সাধারণ সামগ্রী তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। গ্লাস তৈরি প্রক্রিয়ায় ভিন্নতা এনে বিভিন্ন কাজের উপযোগী ও গড়ন ভিন্নতার কাচ তৈরি করে বাণিজ্যিকভাবে বাজারজাত করা হয়ে থাকে। যেমন যদিও তন্তু কাচ (fibre glass সিলিকা গ্লাসের উপাদানে তৈরি কিন্তু এ জাতীয় কাচ সরাসরি মোল্ডে ঢালাই না করে সরু ছিদ্রের জেটের ভিতর দিয়ে অত্যধিক চাপে (বাষ্পীয় চাপে) নির্গমন করা হয় ফলে সরু সুতার ন্যায় কাচ পাওয়া যায় এবং এগুলোর টান শক্তি অত্যধিক। এগুলোকে তন্তু কাচ (fibre glass) বলা হয়। এ তন্তু কাচ (fibre glass) কে গ্লাস উলও (glass wool) বলা হয়ে থাকে।

(খ) পটাশ-লাইম গ্লাস (Potash-lime glass) ঃ তাপে পটাশিয়াম কার্বনেট, বালি, লাইম স্টোন গলিয়ে এগুলো তৈরি করা হয় এগুলো পানি ও রাসায়নিক ক্রিয়ায় আক্রান্ত হয় না। এগুলো গবেষণাগারের সামগ্রী তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(গ) লেড গ্লাস (Lead glass) ঃ তাপে ফ্লিন্ট, লিথার্জ এবং পটাশিয়াম কার্বনেট গলিয়ে এগুলো তৈরি করা হয়। এগুলো ফ্লিন্ট গ্লাস নামেও পরিচিত। এগুলোর প্রতিফলন সূচক অধিক কিন্তু তাপ দেওয়া কালে ফারনেসের নির্গত গ্যাসের স্পর্শে এলে কিঞ্চিৎ কালো ও অস্বচ্ছ হয়। এগুলো লেন্স, প্রিজম, অপটিক্যাল যন্ত্রপাতি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) বোরোসিলিকেট গ্লাস (Borosilicate glass) ঃ এগুলো বিশেষ ধরনের গ্লাস। এগুলো তৈরিতে বালির কিয়দংশের পরিবর্তে বিভিন্ন অনুপাতে বোরন অক্সাইড, অ্যালুমিনিয়াম ও সোডিয়ামের অক্সাইড মেশানো হয়। এ গ্লাস তাপ, রাসায়নিক ক্রিয়া ও আঘাত প্রতিরোধী, তাপমাত্রার আকস্মিক পরিবর্তনে তেমন আক্রান্ত হয় না। এগুলো গবেষণাগারের যন্ত্রপাতি ও রান্নাবান্নার সামগ্রী তৈরিতে অধিক ব্যবহৃত হয়।

(ঙ) পাইরোসিরাম (Pyroceram or float glass) ঃ পাইরোসিরাম অধুনা আবিষ্কৃত বিশেষ ধরনের গ্লাস। এগুলো কর্কের ন্যায় পানিতে ভাসে, ইস্পাতের মতো শক্তিশালী। এগুলো সাধারণ জয়েনারি টুলস দ্বারা চেরাই করা যায়, ড্রিল করা যায় এবং স্বচ্ছ এগুলো গাড়ির যন্ত্রাংশ তৈরিতে বেশ উপযোগী।

(চ) শিট গ্লাস (Sheet glass) ঃ শিট গ্লাস তৈরির জন্য গ্লাসের গলিত উপাদানের মিশ্রণ সমতল টেবিলে ঢালাই করে অ্যানেলিং চেম্বারে নিয়ে আরো হিট ট্রিটমেন্ট করা হয়। এগুলো নিখুঁত সমতল ও সমপুরুত্বের হয় না। এগুলো দরজা-জানালা গ্লেজিং-এ ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

(ছ) প্লেট গ্লাস (Plate glass) ঃ প্লেট গ্লাস সমতল ও সমপুরুত্বের নিখুঁত গ্লাস এবং এগুলোতে দৃশ্যের ত্রুটিবিচ্যুতি ঘটে না। এ জাতীয় গ্লাস তৈরিকালে গলিত গ্লাস উপকরণকে ঢালাই টেবিলে যথাযথভাবে সমতল ও সমপুরুত্বে ঢালাই করে প্রয়োজনীয় গ্রাইন্ডিং ও পলিশিং করে উভয় পৃষ্ঠ সতর্কতার সাথে সমতল করে দেয়া হয়। এগুলো কারটেন ওয়ালিং, জানালা ও পার্টিশনে বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

(জ) অয়্যার্ড গ্লাস (Wired glass) ঃ অয়্যার্ড গ্লাস তৈরিতে ঢালাইকালে ঢালাই পুরুত্বের কেন্দ্রের মাঝে তারজালি (wire mesh) দেয়া হয়, ফলে গ্লাস ভেঙে গেলেও কাচ খণ্ডগুলো আটকে থাকে। এ জাতীয় গ্লাস অগ্নিরোধী। এগুলো স্কাইলাইট ও ছাদের ট্রাসে বেশ উপযোগী।

(ঝ) সেফটি গ্লাস (Safety glass) ঃ সেফটি গ্লাস তৈরিতে দুটি প্লেট গ্লাস শিটের মাঝে স্বচ্ছ সেলুলয়েড বা রজনের শিট স্থাপন করে তাপ ও চাপে একটি শিটে রূপে তৈরি করা হয়। এগুলো যানবাহন, কার ইত্যাদির জানালায় ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

(ঞ) ফাইবার গ্লাস (Fibre glass) ঃ ফাইবার গ্লাস খুবই গুরুত্বপূর্ণ গ্লাস। এগুলো শব্দ ও তাপ অন্তরক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। সোডা লাইম গ্লাস তৈরির গলিত উপাদানকে সরু জেটের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত করে ফাইবার বা কাচের আঁশ তৈরি করা হয়। এগুলো বিটুমিনের ইমালশনে নিমজ্জিত করে মোটামুটি 20 মিমি হতে 25 মিমি পুরু করে চাপে ম্যাট তৈরি করে উক্ত ফাইবার ম্যাট অন্তরক হিসেবে ব্যবহার করা হয়। এগুলো রোল আকারে বাজারে পাওয়া যায়। এগুলো এয়ারক্রাফট, মিসাইল ইত্যাদিতে অন্তরক হিসেবে ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

(ট) ফোম গ্লাস (Foam glass) ঃ ফোম গ্লাস তৈরিতে কার্বন ও অন্য কোন গ্যাস গ্লাসের পাউডারের সাথে মিশিয়ে তৈরি করা হয়। এতে গ্লাস সচ্ছিদ্র ও হালকা হয়। এগুলো সাধারণ ম্যাসনরি টুলসে কাটা যায় এবং সহজে কাজ করা যায়। এগুলো তাপ-শব্দ অন্তরক হিসেবে কক্ষের পার্টিশনে বিশেষ করে এয়ারকন্ডিশনড বিল্ডিং-এ ব্যবহৃত হয়।

(ঠ) ফ্রোস্টেড গ্লাস (Frosted glass) ঃ ফ্রোস্টেড্ গ্লাসকে গ্রাউন্ড গ্লাস (Ground glass) বা অবস্কিউরড্ গ্লাস (Obscured glass) বলা হয়ে থাকে। এগুলোর এক পৃষ্ঠ ঘষে দেয়া হয় বা গলিত গ্লাস পাউডার দিয়ে দেয়া হয়। তাই এগুলো আংশিক স্বচ্ছ (Semi-transparent) হয়ে থাকে। এগুলো জানালার প্যান, ভেন্টিলেটর ইত্যাদিতে আলো বিকীর্ণকরণের জন্য ব্যবহৃত হয়।

(ড) কালার্ড গ্লাস (Coloured glass) বা স্টেইনড গ্লাস (Stained glass) ঃ সাধারণ গ্লাস শীতল অবস্থায় শক্ত, ভঙ্গুর ও স্বচ্ছ হয়ে থাকে। কাচ তাপে কোমলায়ন করে গলে যাওয়ার পূর্বে ঈপ্সিত বর্ণের জন্য প্রয়োজনীয় ধাতব লবণ (Metallic salt) ও অন্যান্য উপাদান মিশিয়ে রঙিন গ্লাস তৈরি করা হয়। এগুলোকে স্টেইন্ড গ্লাস (Stained glass) ও বলা হয়ে থাকে। এক্ষেত্রে সবুজ বর্ণের জন্য ক্রোমিয়াম, নীল বর্ণের জন্য কোবাল্ট এবং লাল বর্ণের জন্য ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড ব্যবহার করা যায়।

(ঢ) টেম্পারড গ্লাস (Tempered glass) ঃ সাধারণ গ্লাস শীতল অবস্থায় শক্ত, ভঙ্গুর ও স্বচ্ছ হয়ে থাকে। এ গ্লাসকে তাপে কোমলায়ন করে টেম্পারড গ্লাস তৈরি করা হয়।

৮.৩ কাচের ধর্ম (Properties of glass) ঃ

নিচে কাচের ধর্মগুলো দেয়া হল ঃ

১। এগুলো উচ্চতাপে প্রসার্য, অদানাদার ও ভঙ্গুর সামগ্রী।

২। বিভিন্ন প্রকার কাচের ওজনে তারতম্য ঘটে। তবে এগুলো পানির তুলনায় প্রায় আড়াই গুণ ভারী। সে মতে প্রতি ঘনমিটারের ওজন প্রায় 2500 কেজি।

৩। এগুলোর তাপীয় প্রসারাঙ্ক খুব কম (প্রতি ডিগ্রি সেন্টিগ্রেডে 8×10^{-4} হতে 9×10^{-4})।

৪। এগুলোর আলোকীয় ধর্ম বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

৫। এগুলো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কম আক্রান্ত হয়।

৬। গ্লাস উল বা গ্লাস ফাইবার আকারে এগুলো তাপ ও শব্দ অন্তরক।

৭। গলিত গ্লাস বিদ্যুৎ পরিবাহী।

৮। এগুলো স্বাভাবিক তাপমাত্রায় উচ্চমানের বিদ্যুৎ প্রতিরোধী ও ডাই ইলেকট্রিক স্ট্রেংথ-সম্পন্ন।

৯। এগুলোকে স্যান্ড ব্লাস্টিং এর মাধ্যমে ঘোলা করা যায়।

১০। গলনাঙ্কে এগুলোর টুকরাকে জোড়া দেয়া যায়।

১১। এগুলোকে আলো অপসারী ও আংশিক স্বচ্ছ অবস্থায় তৈরি করা যায়।

১২। এগুলো ঈপ্সিত আকার-আকৃতিতে ঢালাই করা যায়।

১৩। এগুলোর তৈরি দণ্ডের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের সাথে টান নেয়ার শক্তি বিপরীতমুখী অনুপাতে ঘটে। (যেমন, 1.27 সেমি ব্যাসের দণ্ড 700 কেজি/বর্গসেন্টিমিটার এবং 0.00129 সেমি ব্যাসের ফাইবার 24500 কেজি/বর্গসেন্টিমিটার টান নিতে পারে।)

৮.৪ কাচের ব্যবহার (Uses of glass) ঃ

আজকাল কাচের বহুল ব্যবহার পরিলক্ষিত হয়। অফিস-আদালতের দরজা-জানালায়, ঢালু ছাদের স্কাইলাইটে, সিঁড়ির সান লাইটে, দরজা-জানালার উপরের ফ্যান লাইটে, আলমারির দরজায়, ড্রেসিং টেবিলে, দোকানের প্রদর্শন কক্ষে, শোকেসে, অফিস-আদালতের টেবিল আচ্ছাদনে, বাথরুমে, গবেষণাগারে, যানবাহনের জানালায়, পানপাত্র, বাসন-কোসন, ছাইদানি, ফুলদানি, রাসায়নিক গবেষণাগারে সরঞ্জাম ইত্যাদিতে কাচ ব্যবহারের ব্যাপকতা দেখা যায়। এতদভিন্ন বৈদ্যুতিক বাল্ব, টিউব লাইটের টিউব, হারিকেনের চিমনি, পার্টিশন দেয়াল ইত্যাদিতে কাচ ব্যবহৃত হয়।

নিচের ছকে বিভিন্ন কাজের নামের পাশে ব্যবহার উপযোগী কাচের নাম দেয়া হল ঃ

কাজের নাম	কাচের নাম
দরজা-জানালার পাল্লা	সেফটি গ্লাস, শিট গ্লাস, অয়্যার্ড গ্লাস
পার্টিশন দেয়াল, বড় জানালার পাল্লা	প্লেট গ্লাস
স্কাইলাইট	অয়্যার্ড গ্লাস
যানবাহনের জানালা	সেফটি গ্লাস, রঙিন গ্লাস
বোতল, হারিকেনের চিমনি, পানির গ্লাস	সোডালাইম গ্লাস
রাসায়নিক যন্ত্রপাতি, লেন্স ইত্যাদি	বোরোসিলিকেট গ্লাস
শব্দ ও তাপ অন্তরক দেয়াল ও মেঝে, উষ্ণ পানির পাইপ, সিলিন্ডারের আবরক, তড়িৎ অন্তরকের কাজ	ফাইবার গ্লাস
শব্দ ও তাপ অন্তরকের কাজ	গ্লাস উল
আলোকীয় কাজ ও কারুকার্য	লিড গ্লাস
হিমাগারের কক্ষ	ফোম গ্লাস
গবেষণাগারের যন্ত্রপাতি (কৃত্রিম জ্বালানি, উইন্ডো টানেল)	প্লাস্টিক গ্লাস
বাথরুম, ভেন্টিলেটর বিকিরণকারী আলোর জন্য	ফ্রোস্টেড গ্লাস
সেলফ ও দেয়ালে লাইনিং-এর কাজ	ওপেক গ্লাস, শিট গ্লাস
প্রতিফলিত দৃশ্য দেখার জন্য	মিরর (আয়না)
গাড়ির ইঞ্জিনের যন্ত্রাংশের কাজ	পাইরোসিরাম
সার্ভে যন্ত্রপাতি	প্রিজম গ্লাস
রঙ্গমঞ্চ, উপাসনালয়	স্টেইনড গ্লাস

মৃৎসামগ্রী বা সিরামিকের উপাদান (Constituents of ceramics) ঃ

মৃৎসামগ্রী একটি অজৈব ও অধাতব সামগ্রী। মৃৎসামগ্রীর আওতাভুক্ত সকল পণ্যই কাদা বা মৃত্তিকাকে বিভিন্ন তাপমাত্রায় পুড়িয়ে তৈরি করা হয়। তবে ভিন্ন ভিন্ন মৃৎপণ্যের জন্য মৃত্তিকার উপাদানের আনুপাতিক হার ভিন্ন ভিন্ন এবং পোড়ানোর তাপমাত্রাও ভিন্ন ভিন্ন হয়। নিম্নে (ক) টেরাকোটা, (খ) স্যানিটারি পণ্য ও শিলাপণ্যের উপাদানের তালিকা দেয়া হল ঃ

(ক) টেরাকোটার উপাদানের তালিকা ঃ

উপাদানের নাম	শতকরা হার
সিলিকা (SiO_2)	73%
অ্যালুমিনা (Al_2O_3)	10%
আয়রন অক্সাইড (Fe_2O_3)	3%
লাইম (CaO)	1%
ম্যাগনেশিয়া (MgO)	0.2%
ক্ষারকীয় পদার্থ	0.3%
জৈব পদার্থ	7%
পানি	5.5%

(খ) স্যানিটারি পণ্য ও শিলাপণ্যের উপাদানের তালিকা ঃ

উপাদানের নাম	শতকরা হার
সিলিকা	75% (অনধিক)
অ্যালুমিনা	25% (অনধিক)
গুঁড়া করা শিলাপণ্য	অল্প পরিমাণ
আয়রন অক্সাইড	1% (অনধিক)

৮.৫ মৃৎসামগ্রীর শ্রেণিবিভাগ (Classification of ceramics) ঃ

সিরামিক সামগ্রীগুলোকে প্রধানত পাঁচ ভাগে ভাগ করা যেতে পারে। এগুলো হল (ক) মাটি নির্মিত ইট বা সাধারণ ইট, (খ) মাটি নির্মিত টালি, (গ) দুর্গল ও দুর্গল সামগ্রী, (ঘ) পোর্সিলিন (Porcelain), (ঙ) শিলাপণ্য (Stoneware)। নিম্নে এগুলোর সংক্ষিপ্ত পরিচিতি দেয়া হল ঃ

(ক) মাটি নির্মিত ইট ঃ এগুলো মূলত সাধারণ ইট। এগুলো দামে সস্তা এবং এগুলোর ব্যবহারও সর্বাধিক।

(খ) মাটি নির্মিত টালি ঃ এগুলো মেঝে, দেওয়াল ও ছাউনিতে ব্যবহৃত হয়।

(গ) দুর্গল ও দুর্গল সামগ্রী ঃ এগুলো উচ্চ তাপমাত্রায় বিনা ফাটলে এবং না গলে টিকে থাকে। তাপসহিষ্ণু কাদা দুর্গলের প্রধান উপাদান। এগুলো ফায়ার প্লেস, বয়েলার ও উচ্চ তাপের চুল্লিতে ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) পোর্সিলিন (Porcelain) ঃ পোর্সিলিন এক বিশেষ ধরনের মৃৎপণ্য। অধিক মাত্রায় সিলিকা ও অ্যালুমিনা সমৃদ্ধ 'কেওলিন' মৃত্তিকা দিয়ে পোর্সিলিন তৈরি করা হয়। পোর্সিলিন তৈরির ধাপগুলো নিম্নরূপ ঃ

১। স্লিপ তৈরিকরণ

২। স্লিপকে ঢালাই উপযোগী তরলে রূপান্তরকরণ

৩। ঈপ্সিত সামগ্রীর জন্য প্লাস্টার মোল্ডে তরল ঢালাইকরণ ও সামগ্রী শুষ্কীকরণ

৪। সামগ্রীকে বিস্কুট পর্যায়ে পোড়ানো

৫। সামগ্রীতে গ্লেজ প্রদান

৬। সামগ্রীকে দ্বিতীয় পর্যায়ে পোড়ানো।

অধিক মাত্রায় সিলিকা ও অ্যালুমিনা সমৃদ্ধ কেওলিন মৃত্তিকাকে ওয়াশ ট্যাংকের ভিতর দিয়ে অতিক্রম করিয়ে মৃত্তিকা হতে বিভিন্ন অপদ্রব্য, কাঁকর, পাথরকুচি ইত্যাদি দূরীভূত করা হয় এবং অপদ্রব্যমুক্ত মৃত্তিকা থিতানো ট্যাংকে রেখে তলানি হিসেবে স্লিপ পাওয়া যায়। যেহেতু আয়রন ও এর যৌগগুলো পোর্সিলিনে দাগের সৃষ্টি করে তাই স্লিপকে ম্যাগনেটাইট সেপারেটরের উপর দিয়ে অতিক্রম করানো হয়। এতে স্লিপ আয়রনমুক্ত হয়। এর পর স্লিপকে রেশম বা মসলিন কাপড়ে ছেঁকে মৃত্তিকার মোটা কণাগুলো অপসারণ করে ফিল্টার প্রেসে পানি দূর করে কোমল নরম কাদা পাওয়া যায়। এ নরম কোমল কাদা ছায়ায় (চালার নিচে) কয়েক দিন রেখে পরিপক্ব করানো হয়। পরিপক্ব কাদার সাথে নির্দিষ্ট মাত্রায় ফেলসফার, ফ্লিন্ট, কাদাপণ্য ইত্যাদির মিহি পাউডার মিশ্রিত করে বল মিলে উত্তমরূপে মিশ্রণের পর স্লারি তৈরি হয়। এই স্লারিকে ঢালাই স্লিপ (Casting slip) বা ঢালাই তরল (Casting fluid) বলা হয়। এ ঢালাই স্লিপে সর্বাধিক পরিমাণ কাদা পানিতে ভাসমান অবস্থায় থাকে এবং এ স্লিপ সহজে মোল্ডে ঢালাই করা যায়। সান্দ্রতা কমিয়ে এবং পিএইচ মান বাড়িয়ে স্লিপের এ গুণ বজায় রাখা যায়। এ উদ্দেশ্যে এতে বিভিন্ন পানি বিযোজ্য লবণ প্রয়োগ করা হয়। স্লিপকে ঈপ্সিত প্যাটার্নের প্লাস্টার মোল্ডে নির্দিষ্ট পরিমাপে ঢালাই করা হয় এবং দু'ভাগে বিভক্ত সচ্ছিদ্র মোল্ডে হতে মোটামুটি ঘণ্টা খানিকের মধ্যে মোল্ড আকৃতির সামগ্রীটি তুলে নেওয়া হয় এবং তপ্ত বায়ুচুল্লিতে শুকানো হয়। এর পর উচ্চমান গ্লেজের নিয়মানুযায়ী প্রথম পর্যায়ের পোড়ানো, গ্লেজকরণ ও চূড়ান্ত পোড়ানোর কাজ করা হয়।

পোর্সিলিন একটি সাদা বর্ণের পণ্য। স্যানিটারি ও গোসলখানার সরঞ্জাম– যেমন ওয়াশ বেসিন, ওয়াটার ক্লোসেট, প্যান, বাথটাব ইত্যাদি; তৈজসপত্র যেমন– প্লেট, পেয়ালা, ডিশ ইত্যাদি; বৈদ্যুতিক চুল্লি, রেজিস্টার টিউব ইত্যাদি পোর্সিলিন সামগ্রী নিত্যদিন ব্যবহৃত হয়।

গ্লেজ ও গ্লেজিং ঃ কাচসদৃশ চকচকে ও পানি অপ্রবেশ্য স্তর সৃষ্টির সামগ্রীকে বা সামগ্রীসমূহের মিশ্রণকে গ্লেজ (glaze) বলা হয়। লেড সিলিকেট, বোরোসিলিকেট, টিন, টেনটেনিয়াম ও জারকোনিয়াম অক্সাইড ইত্যাদি (আয়রন অক্সাইডমুক্ত) বর্ণহীন গ্লেজ। বিভিন্ন বর্ণের গ্লেজের জন্য অন্যান্য ধাতব অক্সাইড ব্যবহৃত হয়, যেমন– লাল ও বাদামি বর্ণের জন্য আয়রন অক্সাইড, সবুজের জন্য কপার অক্সাইড, নীলের জন্য কোবাল্ট অক্সাইড ইত্যাদি। আবহাওয়ার ক্ষতিকর প্রভাব ও অন্যান্য অনিষ্টকর প্রভাব হতে মৃৎসামগ্রীকে রক্ষার জন্য এগুলো পৃষ্ঠ চকচকে ও অপ্রবেশ্য গ্লেজের প্রলেপ দেওয়ার প্রক্রিয়াকে গ্লেজিং (glazing) বলা হয়। এখানে স্মরণীয় যে, গ্লেজ ও গ্লেজগ্রাহী সামগ্রীর তাপীয় প্রসারাঙ্কের মান সমান না হলে গ্লেজগ্রাহী সামগ্রীর গ্লেজ প্রলেপে চিড় ও ফাটল দেখা দেয়।

লবণ গ্লেজিং ঃ মৃৎপণ্যকে একবার পুড়িয়ে কাচসদৃশ মনোরম ও সাশ্রয়ী গ্লেজ দেওয়ার জন্য সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করে লবণ গ্লেজিং করা হয়। এক্ষেত্রে গ্লেজগ্রাহী সামগ্রী সঠিক তাপমাত্রায় উত্তপ্ত হওয়ার পর দক্ষ হাতে চুল্লির ভিতর লবণ ছিটিয়ে দেয়া হয়। এতে তাপে সোডিয়াম লবণের বিয়োজন ঘটে এবং সহজে ক্লোরিন গ্যাস উবে যায়। সোডিয়াম; সিলিকার সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয়। এ সোডিয়াম সিলিকেট; সিলিকেট অব অ্যালুমিনা, লাইম ও আয়রনের সহযোগে বিগলিত হয়ে কাচ-সদৃশ স্তর সৃষ্টি করে।

উচ্চমানের গ্লেজিং ঃ গ্লেজগ্রাহী সামগ্রীকে দু পর্যায়ে পুড়িয়ে এ গ্লেজ দেওয়া হয়। সাদা বা রঙিন গ্লেজ দেয়ার জন্য এ গ্লেজিং বেশ উপযোগী। এতে গ্লেজ সামগ্রীর মিহি পাউডার ও ঈপ্সিত রঞ্জকের মিহি পাউডার সঠিক মাত্রায় পানিতে মিশিয়ে নেয়া হয়। এগুলো পানিতে কলয়েড আকারে ভাসমান থাকে। এ মিশ্রণকে 'গ্লেজ স্লিপ' বলা হয়। পোর্সিলিন সামগ্রীতে ব্যবহারের জন্য উন্নতমানের কেওলিনের গ্লেজ স্লিপ তৈরি করে রাখা হয় এবং গ্লেজগ্রাহী সামগ্রীকে প্রথমে বিস্কুট পর্যায়ে পুড়িয়ে (এ সময় গ্লেজগ্রাহী সামগ্রী সচ্ছিদ্র থাকে) কিয়ৎ সময়ের জন্যে তৈরিকৃত গ্লেজ স্লিপে ডুবিয়ে নেয়া হয়। এর পর গ্লেজমণ্ডিত সামগ্রী দ্বিতীয় পর্যায়ে পোড়ানো হয়। পোড়ানোর সময় সরাসরি আগুন, ঝুল বা ছাইয়ের স্পর্শে না আসার জন্য চুল্লিতে দুর্গল ইট নির্মিত প্রকোষ্ঠ 'মাফল' এ পোড়ানো হয়। এখানে উল্লেখ্য, অধিকাংশ পোর্সিলিন সামগ্রীতে বায়ু জেটের সাহায্যে স্প্রে করে গ্লেজ স্লিপ প্রয়োগ করা হয়।

(ঙ) শিলাপণ্য (Stonewares) ঃ 75% সিলিকা, 24% অ্যালুমিনা ও সামান্য পরিমাণে অন্যান্য মৃত্তিকা উপাদানে সমৃদ্ধ কাদা দিয়ে শিলাপণ্য তৈরি করা হয়। উচ্চ তাপমাত্রায় পোড়ানোর ফলে এগুলোতে স্বাভাবিকভাবেই গ্লেজ সৃষ্টি হয়। এগুলো রাসায়নিক ক্রিয়ারোধক ও পানি অপ্রবেশ্য হয়ে থাকে। এগুলো স্যানিটারি পণ্য যেমন– বেসিন, শাওয়ার পাইপ, গোসলখানা ও ল্যাট্রিনের গ্লেজ টালি এবং রাসায়নিক গবেষণাগারের সামগ্রী হিসেবে ব্যবহৃত হয়। এগুলো বেশ টেকসই এবং আবহাওয়া এগুলোর উপর তেমন কোন প্রভাব ফেলে না।

পাথুরে পাইপ (Stoneware pipe) ঃ উচ্চমাত্রায় সিলিকা এবং অ্যালুমিনা সমৃদ্ধ তাপসহিষ্ণু কাদা দিয়ে পাথুরে পাইপ তৈরি করা হয়। এতে সংকোচন না হওয়ার জন্য শিলাপণ্য চূর্ণ ও গলনাঙ্ক কমানোর জন্য কিয়ৎ পরিমাণে আয়রন অক্সাইড দেওয়া হয়। গ্লেজ করা পাথুরে পাইপ সেচ ড্রেন ও পয়ঃপাইপ হিসাবে বহুল ব্যবহৃত হয়।

সচ্ছিদ্র পাইপ (Porous pipe) ঃ লাইট ওয়েট সেলুলার কাদা দিয়ে সচ্ছিদ্র পাইপ তৈরি করা হয়। এগুলো শব্দরোধক ও তাপরোধক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

টেরাকোটা (Terra-cotta ঃ টেরাকোটা ল্যাটিন শব্দ, যার অর্থ পোড়ামাটি। এগুলো এক ধরনের উন্নত মানের কাদাজাত সামগ্রী। এগুলো বিভিন্ন ডিজাইনে 1.5 সেমি হতে 3 সেমি পুরু কাঠামোযুক্ত বিভিন্ন আকারের ফাঁপা ব্লকে ইটের মতো করে তৈরি করা হয়। এগুলোর কাদাকে সাধারণ ইট তৈরির কাদার ন্যায় উত্তমরূপে মন্থন, ওয়েদারিং, টেম্পারিং ইত্যাদি করার পর প্রস্তুতকৃত কাদা দিয়ে টেরাকোটা তৈরি করা হয় এবং শুকানোর পর সতর্কতার সাথে সাধারণ ইট পোড়ানোর চুল্লির ন্যায় চুল্লিতে পোড়ানো হয়। পোড়ানোর পূর্বে এতে ঈপ্সিত বর্ণের গ্লেজ দেওয়া হয়। সতর্কতা ও যত্নসহকারে উত্তমরূপে পোড়ালে কঠিন, পানি অপ্রবেশ্য ও দৃঢ় বুনটের টেরাকোটা পাওয়া যায়। ছিদ্রযুক্ত টেরাকোটা তৈরির ক্ষেত্রে প্রস্তুতকৃত কাদার সাথে করাতের গুঁড়া বা কর্কচূর্ণ উত্তমরূপে মিশিয়ে ভালভাবে পোড়ালে করাতের গুঁড়া বা কর্কচূর্ণ পুড়ে যায় এবং সছিদ্র টেরাকোটা পাওয়া যায়। এগুলো শব্দ ও অগ্নিরোধক।

চুল্লিতে দু'ধাপে পোড়ানো টেরাকোটাকে ফেইন্স (Faince) বলে। এক্ষেত্রে শুকানো টেরাকোটাকে প্রথম ধাপে প্রায় ১২০০° ফাঃ তাপমাত্রায় পোড়ানোর (বিস্কুট পর্যায়) পর চুল্লি হতে বের করে শীতল করার পর ঈপ্সিত বর্ণের গ্লেজ যৌগের প্রলেপ দিয়ে দ্বিতীয় ধাপে প্রায় ২২০০° ফাঃ তাপমাত্রায় পোড়ানো হয়। সাধারণত টেরাকোটার তুলনায় 'ফেইনস' বেশ টেকসই, মজবুত ও দৃঢ় বুনটের হয়ে থাকে।

ব্যবহার ঃ টেরাকোটা বা পোড়ামাটির ব্যবহার সুপ্রাচীন কাল হতেই প্রচলিত ছিল। তবে আধুনিক স্থাপত্যিক কাজে ১৯২০ সালের দিক হতে এর ব্যবহার ও প্রচলন এ দেশে বেড়েছে। সচ্ছিদ্র টেরাকোটা শব্দ, তাপ অন্তরক ও অগ্নিরোধী সামগ্রী হিসেবে ব্যবহার করা যায়। এগুলোকে সহজে চেরাই করা যায় এবং এগুলোতে পেরেক বসানো যায়। তাই এগুলো সহজে ব্যবহার করা যায়।

পাথরের বিকল্প হিসাবে ইমারতে অলংকারমূলক কাজে বিশেষ ধরনের টেরাকোটা ব্যবহৃত হয়। এগুলো ইমারতের কার্নিশ, আর্চ, কলাম বা পিলারের বেস ও ক্যাপিটাল ও অন্যান্য অলংকারমূলক কাজে এবং ইস্পাতের কলাম, বিম ইত্যাদিতে অগ্নিরোধক আচ্ছাদন হিসাবে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

৮.৬ মৃৎসামগ্রী বা সিরামিকের ধর্ম (Properties of ceramics) ঃ

নিম্নে মৃৎসামগ্রীর ধর্মগুলো দেয়া হল ঃ

১। এগুলোকে কাঁচা অবস্থায় ঈপ্সিত আকার দেয়া যায়।

২। এগুলো পোড়ানোর পর বেশ টেকসই হয়।

৩। এগুলো এসিডে আক্রান্ত হয় না।

৪। এগুলোকে ঈপ্সিত বর্ণে রাঙানো যায় এবং বর্ণ স্থায়ী হয়।

৫। এগুলো বেশ শক্ত ও মজবুত।

৬। এগুলো আবহক্রিয়ায় আক্রান্ত হয় না।

৭। এগুলোর গঠন সমবুনটের এবং কাঠিন্য অধিক।

৮। এগুলোর কাদা লৌহমুক্ত করে এগুলোকে ধবধবে সাদা বর্ণের করা যায়।

৯। এগুলো পোড়ানো কালে সামগ্রীর ধরন অনুযায়ী নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পোড়াতে হয়।

১০। এগুলো তাপ ও বিদ্যুৎ অপরিবাহী।

১১। এগুলোর প্রসারাঙ্ক ও সংকোচনাঙ্ক খুবই নগণ্য।

১২। এগুলো লবণাক্ত পরিবেশে ও পানিতে আক্রান্ত হয় না।

১৩। অধিক ঘনত্বের সিরামিক পানি অশোষ্য এবং বায়ুরোধী।

১৪। এগুলোর উপাদানে বিশেষত্ব এনে এগুলোকে নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত তাপরোধী করা যায়।

৮.৭ প্রকৌশল কর্মকাণ্ডে সিরামিকের ব্যবহার (Uses of ceramics in the engineering field) ঃ

নিম্নে প্রকৌশল কর্মকাণ্ডে বিভিন্ন শ্রেণির সিরামিকের ব্যবহার সংক্ষেপে দেয়া হল ঃ

(ক) মাটির তৈরি ইট হিসেবে ব্যবহার ঃ

(i) ইমারতের গাঁথুনিতে

(ii) দেয়াল, মেঝে নির্মাণে

(iii) সড়ক ও জনপথ নির্মাণে

(iv) ব্রিজ, কালভার্ট নির্মাণে ও

(v) কংক্রিটের খোয়া, রেলপথের ব্যালাস্ট হিসাবে ইত্যাদিতে।

(খ) মাটি নির্মিত টালি হিসাবে ব্যবহার ঃ

(i) ঢালু চালের ছাউনিতে

(ii) ঘরের মেঝে ও দেয়াল আবৃতকরণে

(iii) পানি নিষ্কাশনের ড্রেন নির্মাণে।

(গ) **পোর্সিলিন সামগ্রী হিসাবে ব্যবহার ঃ**

- **টেরাকোটার ব্যবহার ঃ**
  - (i) ইমারতের কার্নিশ, আর্চ, কলাম বা পিলারের বেইস ও ক্যাপিটালে।
  - (ii) বিভিন্ন অলঙ্কারমূলক কাজে, ভাস্কর্য শিল্পের কাজে, কারুকার্য খচিত পাত্রে, সৌন্দর্যমূলক নির্মাণে।
  - (iii) ইস্পাতের কলাম, বিম ইত্যাদিতে অগ্নিরোধক আচ্ছাদনের কাজে ইত্যাদিতে।
- **স্যানিটারি সামগ্রী ও শিল্পপণ্য হিসাবে ব্যবহার ঃ**
  - (i) ড্রেন পাইপ, গোসলখানা ও পায়খানার সরঞ্জাম–কমোড, বেসিন, প্যান, প্রশ্রাব পাত্র ইত্যাদি হিসাবে।
  - (ii) তৈজসপত্র বাসন-কোসন, থালা, ডিশ, প্লেট, চা পাত্র, কাপ-পিরিচ, লবণ পাত্র, ছাইদানি, ফুলদানি, রান্নাঘরের বেসিন ইত্যাদি হিসাবে।
  - (iii) বৈদ্যুতিক সরঞ্জামে বিদ্যুৎ অপরিবাহী সামগ্রী হিসাবে কাট-আউটের বেস, বার্নারের প্লেট, ইনসুলেটর রেজিস্টর, গ্যাস বার্নার, নজেল স্পার্ক প্লাগ, সিরামিক রোটর, বিভিন্ন ধরনের সেন্সর, বিভিন্ন ইলেকট্রিক ও ইলেকট্রনিক যন্ত্রের খুচরা যন্ত্রাংশ তৈরিতে।

(ঘ) **দুর্গল ও দুর্গল সামগ্রী হিসাবে ব্যবহার ঃ**

- (i) দুর্গল ইট তৈরি
- (ii) চুল্লি ও ফায়ার প্লেস
- (iii) লোহা গলানোর ফারনেস, বয়লারের লাইনিং, কাচ গলানোর চুল্লি, দহন প্রকোষ্ঠ ইত্যাদিতে।

অনুশীলনী–৮

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **কাচ কী?**

উত্তর কাচ নির্মাণ উপকরণের মধ্যে একটি গুরুত্বপূর্ণ উপকরণ। বালিকে উচ্চতাপে বিগলিত করে এগুলো তৈরি করা হয়। কাচ স্বচ্ছ, অদানাদার, ভঙ্গুর এবং আলোর প্রতিফলন ও প্রতিসরণ গুণসম্পন্ন কঠিন পদার্থ।

২। **ফ্লিন্ট গ্লাসের কাঁচামালগুলো কী কী?**

উত্তর ফ্লিন্ট গ্লাসের কাঁচামালগুলো হল– (ক) সিলিকা (খ) পটাশ (গ) লেড অক্সাইড ও (ঘ) অ্যালুমিনা।

৩। **প্লেট গ্লাস তৈরিতে কী কী কাঁচামাল ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর প্লেট গ্লাস তৈরিতে কাঁচামালগুলো হল– (ক) সিলিকা (খ) পটাশ (গ) লাইম ও (ঘ) অ্যালুমিনা।

৪। **উইন্ডো গ্লাস তৈরিতে কী কী কাঁচামাল লাগে?**

উত্তর উইন্ডো গ্লাস তৈরিতে কাঁচামালগুলো হল– (ক) সিলিকা (খ) লাইম (গ) সোডা ও (ঘ) অ্যালুমিনা।

৫। **কাচ তৈরিকালে বোরাক্স দেয়া হয় কেন?**

উত্তর কাচের গলনাঙ্কের মাত্রা হ্রাস এবং তাপীয় প্রসারণের পরিমাণ কমানোর জন্য কাচ তৈরিকালে বোরাক্স বা বরিক এসিড দেয়া হয়।

৬। **টেরাকোটা বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর টেরাকোটা ল্যাটিন শব্দ, যার অর্থ পোড়ামাটি। এগুলো পাথরের বিকল্প হিসাবে ইমারতে অলঙ্কারমূলক কাজে, অগ্নিরোধক আচ্ছাদনে ব্যবহৃত হয়।

৭। **টেরাকোটা কোথায় ব্যবহার করা হয়?**

উত্তর টেরাকোটা ইমারতের কার্নিশ, আর্চ, কলাম বা পিলারের বেস ও ক্যাপিটালে, অন্যান্য অলঙ্কারমূলক কাজে এবং ইস্পাতের কলাম, বিম ইত্যাদিতে অগ্নিরোধক আচ্ছাদনের কাজে ব্যবহার করা হয়।

৮। **পোর্সিলিন (Porcelain) কী?**

উত্তর পোর্সিলিন এক বিশেষ ধরনের মৃৎপণ্য। অধিক মাত্রায় সিলিকা ও অ্যালুমিনা সমৃদ্ধ 'কেওলিন' মৃত্তিকা দিয়ে পোর্সিলিন (Porcelain) তৈরি করা হয়। এগুলো সাদা বর্ণের পণ্য। স্যানিটারি গোসলখানার সামগ্রী (ওয়াশ বেসিন, বাথটাব, প্লেট, পেয়ালা, ডিশ ইত্যাদি) তৈরিতে পোর্সিলিন ব্যবহৃত হয়।

৯। **কাচে পটাশের মাত্রা ও কাজ উল্লেখ কর।**

উত্তর কাচের শ্রেণিভেদে পটাশের মাত্রা 2% হতে 17% হতে পারে এবং এর কাজ কাচের তাপরোধের মাত্রা বৃদ্ধি করা।

১০। **গঠনের উপাদানগত দিক হতে কাচকে কী কী শ্রেণিতে ভাগ করা যায়?**

উত্তর গঠনের উপাদানগত দিক হতে কাচকে প্রধানত (i) সোডালাইম গ্লাস (ii) পটাশ-লাইম গ্লাস (iii) লেড গ্লাস (iv) বোরোসিলিকেট গ্লাস ও (v) পাইরোসিরাম– এই পাঁচ শ্রেণিতে ভাগ করা যায়।

১১। **'গ্লেজ স্লিপ' কী?**

উত্তর গ্লেজ সামগ্রীর মিহি পাউডার ও ঈপ্সিত রঞ্জকের মিহি পাউডার সঠিক মাত্রায় পানিতে মিশিয়ে যে মিশ্রণ তৈরি করা হয়, তাকে গ্লেজ স্লিপ বলা হয়।

১২। **গ্লেজ বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর মৃৎসামগ্রীর উপর কাচসদৃশ চকচকে পানি অপ্রবেশ্য স্তর বা প্রলেপ সৃষ্টির সামগ্রীকে বা সামগ্রীসমূহের মিশ্রণকে গ্লেজ (Glaze) বলে। লেড সিলিকেট, বোরোসিলিকেট, টিন, টেনটেনিয়াম, জার্কোনিয়াম ইত্যাদি গ্লেজ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

১৩। **গ্লেজযাহী পৃষ্ঠের গ্লেজে চিড় বা ফাটল ধরে কেন?**

উত্তর গ্লেজযাহী সামগ্রী ও গ্লেজ এর তাপীয় প্রসারাঙ্ক সমান না হলে গ্লেজযাহী সামগ্রীর পৃষ্ঠের গ্লেজে চিড় বা ফাটল ধরে।

১৪। **গ্লেজিং বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর মৃৎসামগ্রীকে আবহাওয়ার ক্ষতিকর প্রভাব ও অন্যান্য অনিষ্টকর প্রভাব হতে রক্ষার জন্য এগুলোর পৃষ্ঠে চকচকে ও অপ্রবেশ্য গ্লেজের প্রলেপ দেওয়ার প্রক্রিয়াকে গ্লেজিং বলা হয়।

১৫। **কাচের উপাদানগুলো কী কী?**

উত্তর কাচের মূল উপাদান বালি (SiO_2)। তা ছাড়া চুন, সোডা ও অ্যালুমিনা প্রয়োজনীয় উপাদান এবং ক্ষেত্রবিশেষে কাচের ধরন অনুযায়ী অন্যান্য উপাদানের দরকার হয়।

১৬। **তন্তু কাচ কী?**

উত্তর গলিত সিলিকা কাচকে মোল্ডে ঢালাই না করে সরু ছিদ্রের জেটের ভিতর দিয়ে বাষ্পীয় চাপে নির্গত করানো হলে সরু সুতার ন্যায় যে কাচ পাওয়া যায়, এগুলোকে তন্তু কাচ (fibre glass) বলা হয়।

১৭। **পাইরোসিরাম কী?**

উত্তর পাইরোসিরাম অধুনা আবিষ্কৃত এক বিশেষ ধরনের গ্লাস। এগুলো কর্কের ন্যায় পানিতে ভাসে এবং এগুলোকে সাধারণ জয়েনারি টুলস্ এর সাহায্যে চেরাই করা ও ড্রিল করা যায়। এগুলো ইস্পাতের ন্যায় শক্তিশালী। গাড়ির যন্ত্রাংশ তৈরিতে এগুলো ব্যবহার করা যায়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **কাচের উপাদানগুলোর শতকরা হার নির্দেশ কর।**
অথবা, কাচ তৈরির কাঁচামালের নাম লেখ।

উত্তর ঃ সব ধরনের কাচের মূল উপাদান বালি (SiO_2)। সাধারণভাবে কাচের উপাদানগুলো আনুপাতিক হারসহ হল– (ক) বালি– 50% হতে 78% (খ) পটাশ– 2% হতে 17% (গ) চুন– 6% হতে ১5% (ঘ) সোডা– 3% হতে 16% (ঙ) অ্যালুমিনা– 1% হতে 7% ও (চ) অন্যান্য উপাদান (যেমন– বোরাক্স, রঞ্জক, লেড অক্সাইড, ভাঙ্গা কাচ ইত্যাদি)। ঈপ্সিত কাচের জন্য উপরোক্ত উপাদানের কোন কোনটির দরকার নাও হতে পারে।

২। **কাচের কাঁচামালগুলোর কার্যাবলি সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর ঃ সকল কাচের জন্যই মূল উপাদান (সিলিকা (SiO_2) বা বালি। এ বালি গলাতে খুবই উচ্চতাপের দরকার হয় বিধায় এগুলোর সাথে ক্ষারকীয় সামগ্রী (যেমন– সোডিয়াম কার্বনেট বা পটাশিয়াম কার্বনেট বা সোডা) দিয়ে গলনাঙ্কের পরিমাণ হ্রাস করা হয়। এতে সান্দ্রতা কার্যোপযোগী হয়। লাইম কাচের ক্ষণভঙ্গুরতা হ্রাস করে, পটাশ কাচের তাপরোধিতার মাত্রা বৃদ্ধি করে এবং ম্যাগনেশিয়া কাচের অবাঞ্ছিত ময়লা পরিষ্কার করে ও কাচে স্বচ্ছতা আনয়ন করে। কাচের ভাঙা টুকরা (Cullet) কাজে লাগানোর জন্য সমশ্রেণির কাচ তৈরিতে এগুলো ব্যবহৃত হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে গলনাঙ্কের মাত্রা হ্রাস এবং কাচের তাপীয় প্রসারাঙ্ক কমানোর জন্য বোরাক্স বা বরিক এসিডও ব্যবহার করা হয়।

৩। **বিভিন্ন ধরনের কাচের নাম লেখ।**

উত্তর ঃ নিচে বিভিন্ন ধরনের বাণিজ্যিক কাচের নাম দেয়া হল ঃ

(ক) শিট গ্লাস (Sheet glass)
(খ) প্লেট গ্লাস (Plate glass)
(গ) অয়্যারড্ গ্লাস (Wired glass)
(ঘ) সেফটি গ্লাস (Safety glass)
(ঙ) সোডালাইম গ্লাস (Soda-lime glass)
(চ) বোরোসিলিকেট গ্লাস (Borosilicate glass)
(ছ) ফাইবার গ্লাস (Fibre glass)
(জ) লেড গ্লাস (Lead glass)
(ঝ) ফোম গ্লাস (Foam glass)
(ঞ) প্লাস্টিক গ্লাস (Plastic glass)
(ট) ওপেক গ্লাস (Opaque glass)
(ঠ) ফ্রোস্টেড গ্লাস (Frosted glass)
(ড) কালার্ড গ্লাস (Coloured glass)
(ঢ) মিরর (Mirror)
(ণ) পাইরোসিরাম (Pyroceram)
(ত) প্রিজম গ্লাস (Prism glass)
(থ) স্টেইনড গ্লাস (Stained glass)।

৪। শতকরা হারসহ টেরাকোটার উপাদানের তালিকা উদ্ধৃত কর।

উত্তর ঃ টেরাকোটার উপাদানের তালিকা ঃ

উপাদানের নাম	শতকরা হার
সিলিকা (SiO_2)	73%
অ্যালুমিনা (Al_2O_3)	10%
আয়রন অক্সাইড (Fe_2O_3)	3%
লাইম (CaO)	1%
ম্যাগনেশিয়া (MgO)	0.2%
ক্ষারকীয় পদার্থ	0.3%
জৈব পদার্থ	7%
পানি	5.5%

৫। স্যানিটারি পণ্যের উপাদানের তালিকা তৈরি কর।

উত্তর ঃ স্যানিটারি পণ্য ও শিলাপণ্যের উপাদানের তালিকা ঃ

উপাদানের নাম	শতকরা হার
সিলিকা	75% (অনধিক)
অ্যালুমিনা	25% (অনধিক)
গুঁড়া করা শিলাপণ্য	অল্প পরিমাণ
আয়রন অক্সাইড	1% (অনধিক)

৬। পোর্সিলিন তৈরির ধাপগুলো লেখ।

উত্তর ঃ পোর্সিলিন এক বিশেষ ধরনের মৃৎপণ্য। অধিক মাত্রায় সিলিকা ও অ্যালুমিনা সমৃদ্ধ 'কেওলিন' মৃত্তিকা দিয়ে পোর্সিলিন তৈরি করা হয়। পোর্সিলিন তৈরির ধাপগুলো নিম্নরূপ ঃ

(ক) স্লিপ তৈরিকরণ

(খ) স্লিপকে ঢালাই উপযোগী তরলে রূপান্তরকরণ

(গ) ঈপ্সিত সামগ্রীর জন্য প্লাস্টার মোলডে তরল ঢালাইকরণ ও সামগ্রী শুষ্ককরণ

(ঘ) সামগ্রীকে বিস্কুট পর্যায়ে পোড়ানো

(ঙ) সামগ্রীতে গ্লেইজ প্রদান

(চ) সামগ্রীকে দ্বিতীয় পর্যায়ে পোড়ানো।

৭। লবণ গ্লেজিং করার প্রক্রিয়া সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর ঃ মৃৎপণ্যকে একবার পুড়িয়ে কাচসদৃশ মনোরম ও সাশ্রয়ী গ্লেজ দেওয়ার জন্য সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করে লবণ গ্লেজিং করা হয়। এক্ষেত্রে গ্লেজগ্রাহী সামগ্রী সঠিক তাপমাত্রায় উত্তপ্ত হওয়ার পর দক্ষ হাতে চুল্লির ভিতর লবণ ছিটিয়ে দেয়া হয়। এতে তাপে সোডিয়াম লবণের বিয়োজন ঘটে এবং সহজে ক্লোরিন গ্যাস উবে যায়। সোডিয়াম, সিলিকার সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয়। এ সোডিয়াম সিলিকেট; সিলিকেট অব অ্যালুমিনা, লাইম ও আয়রনের সহযোগে বিগলিত হয়ে কাচসদৃশ স্তর সৃষ্টি করে।

৮। পাথুরে পাইপ সম্পর্কে সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর ঃ উচ্চমাত্রায় সিলিকা এবং অ্যালুমিনা সমৃদ্ধ তাপসহিষ্ণু কাদা দিয়ে পাথুরে পাইপ তৈরি করা হয়। এতে সংকোচন না হওয়ার জন্য শিলাপণ্য চূর্ণ ও গলানাঙ্ক কমানোর জন্য কিয়ৎ পরিমাণে আয়রন অক্সাইড দেওয়া হয়। গ্লেজ করা পাথুরে পাইপ সেচ ড্রেন ও পয়ঃপাইপ হিসাবে বহুল ব্যবহৃত হয়।

৯। সিরামিকের শ্রেণিবিভাগ লেখ।

উত্তর ঃ সিরামিক সামগ্রীগুলোকে প্রধানত পাঁচ ভাগে ভাগ করা যেতে পারে। এগুলো হল (ক) মাটি নির্মিত ইট বা সাধারণ ইট, (খ) মাটি নির্মিত টালি, (গ) দুর্গল ও দুর্গল সামগ্রী, (ঘ) পোর্সিলিন (Porcelain), (ঙ) শিলাপণ্য (Stoneware)।

১০। লাল, কালো, নীল, সবুজ বর্ণের জন্য কাচে কী কী রঞ্জক উপাদান মেশানো হয়?

উত্তর ঃ গলিত কাচের সাথে রঞ্জক যোগে রঙিন কাচ তৈরি করা যায়। সচরাচর ব্যবহৃত রঞ্জকগুলোর মধ্যে কোবাল্ট, নিকেল ও ম্যাঙ্গানিজ এর অক্সাইড, ক্রোমিক অক্সাইড, কপারাস অক্সাইড, ক্রায়োলাইট ও টিন অক্সাইড অন্যতম। কাচে লাল বর্ণের জন্য গোল্ড সিলিনিয়াম সালফাইড, কপারাস অক্সাইড ইত্যাদি, সবুজ বর্ণের জন্য ক্রোমিক অক্সাইড, হলুদ বর্ণের জন্য ক্যাডমিয়াম সালফাইড, ভায়োলেট বর্ণের জন্য ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, নীল বর্ণের জন্য কোবাল্ট অক্সাইড, কপারিক অক্সাইড ইত্যাদি, আম্বর বর্ণের জন্য সালফার ও আয়রন অক্সাইড, কালো বর্ণের জন্য ফেরিক ও কপারিক অক্সাইড, কোবাল্ট নিকেল, ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড ইত্যাদি রঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

১১। কাচের ধর্ম সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর ঃ নিচে কাচের ধর্মগুলো দেয়া হল ঃ

১। এগুলো উচ্চতাপে প্রসার্য, অদানাদার ও ভঙ্গুর সামগ্রী।

২। বিভিন্ন প্রকার কাচের ওজনে তারতম্য ঘটে। তবে এগুলো পানির তুলনায় প্রায় আড়াই গুণ ভারী। সে মতে প্রতি ঘনমিটারের ওজন প্রায় ২৫০০ কেজি।

৩। এগুলোর তাপীয় প্রসারাঙ্ক খুব কম (প্রতি ডিগ্রি সেন্টিগ্রেডে 8×10^{-4} হতে 9×10^{-4})

৪। এগুলোর আলোকীয় ধর্ম বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

৫। এগুলো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কম আক্রান্ত হয়।

৬। গ্লাস উল বা গ্লাস ফাইবার আকারে এগুলো তাপ ও শব্দ অন্তরক।

৭। গলিত গ্লাস বিদ্যুৎ পরিবাহী।

৮। এগুলো স্বাভাবিক তাপমাত্রায় উচ্চমানের বিদ্যুৎ প্রতিরোধী ও ডাই ইলেকট্রিক স্ট্রেংথ-সম্পন্ন।

৯। এগুলোকে স্যান্ড ব্লাস্টিং এর মাধ্যমে ঘোলা করা যায়।

১০। গলনাঙ্কে এগুলোর টুকরাকে জোড়া দেয়া যায়।

১১। এগুলোকে আলো অপসারী ও আংশিক স্বচ্ছ অবস্থায় তৈরি করা যায়।

১২। এগুলো ঈপ্সিত আকার-আকৃতিতে ঢালাই করা যায়।

১৩। এগুলোর তৈরি দণ্ডের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের সাথে টান নেয়ার শক্তি বিপরীতমুখী অনুপাতে ঘটে। (যেমন, 1.27 সেমি ব্যাসের দণ্ড 700 কেজি/বর্গসেন্টিমিটার এবং 0.00129 সেমি ব্যাসের ফাইবার 24500 কেজি/বর্গসেন্টিমিটার টান নিতে পারে।)

১২। **প্রকৌশল কর্মকাণ্ডে সিরামিক হিসাবে টেরাকোটা, স্যানিটারি সামগ্রী ও শিলাপণ্যের ব্যবহার লেখ।**

উত্তর **টেরাকোটার ব্যবহার ঃ**

(i) ইমারতের কার্নিশ, আর্চ, কলাম বা পিলারের বেইস ও ক্যাপিটালে।

(ii) বিভিন্ন অলঙ্কারমূলক কাজে, ভাস্কর্য শিল্পের কাজে, কারুকার্য খচিত পাত্রে, সৌন্দর্যমূলক নির্মাণে।

(iii) ইস্পাতের কলাম, বিম ইত্যাদিতে অগ্নিরোধক আচ্ছাদনের কাজে ইত্যাদিতে।

স্যানিটারি সামগ্রী ও শিলাপণ্য হিসাবে ব্যবহার ঃ

(i) ড্রেন পাইপ, গোসলখানা ও পায়খানার সরঞ্জাম–কমোড, বেসিন, প্যান, প্রস্রাব পাত্র ইত্যাদি হিসাবে।

(ii) তৈজসপত্র বাসন-কোসন, থালা, ডিশ, প্লেট, চা পাত্র, কাপ-পিরিচ, লবণ পাত্র, ছাইদানি, ফুলদানি, রান্নাঘরের বেসিন ইত্যাদি হিসাবে।

(iii) বৈদ্যুতিক সরঞ্জামে বিদ্যুৎ অপরিবাহী সামগ্রী হিসাবে কাট-আউটের বেস, বার্নারের প্লেট, ইনসুলেটর রেজিস্টর, গ্যাস বার্নার, নজেল স্পার্ক প্লাগ, সিরামিক রোটর, বিভিন্ন ধরনের সেন্সর, বিভিন্ন ইলেকট্রিক ও ইলেকট্রনিক যন্ত্রের খুচরা যন্ত্রাংশ তৈরিতে।

১৩। **কাচ কোথায় কোথায় ব্যবহার হয়? কাচের বহুবিদ ব্যবহার সংক্ষেপে বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ৮.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **বিভিন্ন ধরনের কাচ তৈরির জন্য কাঁচামালের তালিকা তৈরি কর।**

উত্তর সংকেত ৮.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। **কাচের উপাদানগুলোর শতকরা হার ও ধর্ম সংক্ষেপে লেখ।**

উত্তর সংকেত ৮.১ ও ৮.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। **বিভিন্ন কাজে কাচের ব্যবহার সম্পর্কে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ৮.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৪। **পোর্সিলিন তৈরি পদ্ধতি আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ৮.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৫। **উচ্চমান গ্লেজিং করার প্রক্রিয়া আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ৮.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৬। **বিভিন্ন ধরনের মৃৎপণ্য সম্পর্কে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ৮.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৭। **সিরামিকের ধর্মগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত ৮.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৮। **সিরামিকের ব্যবহারগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত ৮.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৯। **বিভিন্ন ধরনের মৃৎসামগ্রীর বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত ৮.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১০। **গঠনের উপাদানগত দিক হতে কাচের শ্রেণিবিভাগ বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ৮.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১১। **টীকা লেখ ঃ মৃৎসামগ্রীর গ্লেজিং।**

উত্তর সংকেত ৮.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৯

রং এবং বার্নিশ
(Paint & Varnish)

৯.১ রঙের উদ্দেশ্য ও ব্যবহার (Purposes and uses of paint) ঃ

রং এবং বার্নিশ উভয়ই সংরক্ষাকারী (Protective) ও শোভাবর্ধনকারী সামগ্রী। এগুলো সাধারণত কাঠ ও ধাতব পৃষ্ঠে ব্রাশের সাহায্যে লেপন করে বা ক্ষেত্রবিশেষে স্প্রে করে দেয়া হয়। এগুলো প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠে শুকিয়ে হালকা ও টেকসই আস্তরণ সৃষ্টি করে এবং প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠকে আবহক্রিয়া এবং হালকা ঘর্ষণ ক্রিয়ার হাত হতে রক্ষা করে।

মূল উপাদান (Base), বাহন (Vehicle), শুষ্কীকর (Drier), রঞ্জক (Pigments) ও দ্রাবক (Solvent or thiner) মিশ্রিত দ্রবণই 'রং' বা পেইন্ট (Paint)। বস্তু বা কাঠামো পৃষ্ঠে রঙের প্রলেপন দেয়াকে পেইন্টিং (Painting) বলা হয়। সচরাচর 'রং' (Paint) বলতে তেল রং বা অয়েল পেইন্ট (Oil paints) কে বুঝায়। এতে বাহন হিসেবে তেল ব্যবহৃত হয়।

রঙের কাজ (function of paint) হল নিচের উদ্দেশ্যাদি পূরণ করা–

(i) সুন্দর, বর্ণিল, পরিচ্ছন্ন, চিত্তাকর্ষক পৃষ্ঠ সৃষ্টি করা।

(ii) প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠকে আবহাওয়ার বিরূপ প্রতিক্রিয়া হতে সুরক্ষা প্রদান করা।

(iii) পারিপার্শ্বিক ও বায়ুমণ্ডলীয় কারণে টিম্বারকে স্বাভাবিক আয়ুষ্কালে বিনষ্ট হতে না দেয়া।

(iv) বিভিন্ন ধাতব পৃষ্ঠকে ক্ষয়, মরিচা ধরা ইত্যাদির হাত হতে রক্ষা করা।

নিম্নে রঙের প্রয়োজনীয় উপাদানের তালিকা দেয়া হল ঃ

(ক) মূল উপাদান (Base) ঃ

যেমন– হোয়াইট লেড, জিঙ্ক হোয়াইট, আয়রন অক্সাইড, গ্রাফাইট, লিথোফোন, অ্যান্টিমনি হোয়াইট ইত্যাদির মিহি পাউডার।

(খ) বাহন (Vehicle) ঃ

যেমন– তিসির তেল, বাদাম তেল, সয়াবিন তেল, টাংগ অয়েল, ক্যাস্টর অয়েল ইত্যাদি।

(গ) শুষ্কীকর (Drier) ঃ

যেমন– লেড-মনোক্সাইড, লেড এসিটেট, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, জিঙ্ক সালফেট, ম্যাঙ্গানিজ সালফেট ইত্যাদির মিহি পাউডার।

(ঘ) দ্রাবক (Solvent or Thinner) ঃ

যেমন– তার্পিন তেল, দ্রবণীয় ন্যাপথা ইত্যাদি।

(ঙ) রঞ্জক (Pigments) ঃ

যেমন– হোয়াইট লেড, ব্লু লেড, ক্রোম গ্রিন, ক্রোম ইয়েলো, আম্বর, রেড লেড, কার্বন ব্লাক ইত্যাদির মিহি পাউডার।

(ক) মূল উপাদান ঃ সাধারণত ধাতব অক্সাইডের পাউডার মূল উপাদান (Base) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। মূল উপাদান পেইন্টিং করা পৃষ্ঠে (i) অস্বচ্ছ আবরণ সৃষ্টি (ii) পৃষ্ঠের উজ্জ্বলতা বৃদ্ধি (iii) টেকসই পাতলা ঘর্ষণ প্রতিরোধী পৃষ্ঠ সৃষ্টি (iv) শুকানোর কালে ফাটল সৃষ্টিতে বাধাদান (v) পৃষ্ঠের ছিদ্র বন্ধকারী ও বাঁধনি সৃষ্টি ও (vi) লেপনে সহায়তা করে। সচরাচর হোয়াইট লেড, রেড লেড, জিঙ্ক হোয়াইট, আয়রন অক্সাইড, গ্রাফাইট ইত্যাদি রঙের মূল উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(i) হোয়াইট লেড ($2PbCO_3$, $Pb(OH)_2$ ঃ এগুলো পাউডার, বা ৮% তিসির তেলে পেস্ট আকারে বাজারে সস্তা দামে পাওয়া যায়। একে সহজে প্রয়োগ করা যায়। এটা পানিরোধী ও স্থিতিস্থাপক এবং কাঠে ব্যবহারের জন্য বেশ উপযোগী। যেহেতু এটা মরিচারোধক নয়, তাই লোহা পৃষ্ঠে ব্যবহার করা হয় না। যেহেতু এটা হাইড্রোজেন সালফাইডের স্পর্শে কালো হয়ে যায় তাই শিল্পাঞ্চলের জন্য এটা রঙের সমাপনী লেপনে ব্যবহার করা যায় না। এটার পাউডার ব্যবহারে সতর্কতা অবলম্বন করতে হয় কেননা নিশ্বাসের সাথে দেহে প্রবেশ করে বিষক্রিয়ায় আক্রান্ত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

(ii) রেড লেড (Pb_3O_4) ঃ এটা গাঢ় এবং হালকা মরিচা বর্ণের পাউডাররূপে বাজারে পাওয়া যায়। এটা মরিচারোধী। এটা কাঠের কাজে প্রাথমিক প্রলেপনে ব্যবহার করা হয়।

(iii) জিঙ্ক হোয়াইট (ZnO) ঃ এটা সালফারে আক্রান্ত হয় না এবং বিষাক্তও নয়। তাই এটা সচরাচর ব্যবহৃত হয়। এটার বর্ণ স্থিতির জন্য অভ্যন্তরীণ ও শোভাবর্ধক কাজে বহুল ব্যবহৃত হয়।

(iv) আয়রন অক্সাইড ঃ এটা লোহা ও ইস্পাতের কাজে বেশ উপযোগী। তবে লোনা পানিতে তেমন কার্যকর নয়। এটা বেশ সস্তা এবং মরিচা প্রতিরোধ করে।

(v) লিথোফোন (Lithophone) ঃ এটার রাসায়নিক সংকেত ZnS & $BaSO_4$. এটা বিষক্রিয়াহীন এবং সস্তা, আর বর্ণ জিঙ্ক হোয়াইট এর মতো। এটা সূর্যের আলোতে হলুদ বর্ণ ধারণ করে। পানির স্পর্শে আসে এরূপ ক্ষেত্রে এটা ব্যবহৃত হয় না।

এগুলো ছাড়াও রঙের মূল উপাদান হিসাবে অ্যান্টিমনি হোয়াইট ও টিটানিয়াম ব্যবহৃত হয়। এগুলোর মধ্যে টিটানিয়াম হলুদ বর্ণে রূপ নেয় এবং অ্যান্টিমনি আবহক্রিয়ায় আক্রান্ত হয় না।

(খ) বাহন ঃ বাহন তরল পদার্থ এবং এটা রঙের সকল উপাদান ধারণ করে। এ উপমহাদেশে বিভিন্ন গ্রেডের (কাঁচা, সিদ্ধ, দু' সিদ্ধ) তিসির তেল বাহন হিসাবে সর্বাধিক ব্যবহৃত হয়। এটিতে থাকা এসিড বাতাসের অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে কঠিন স্তর সৃষ্টি করে। কাঁচা তিসির তেল দ্রুত শুকায় না, তাই এটা বাইরের কাজের জন্য উপযোগী নয়। এক্ষেত্রে সিদ্ধ করা তিসির তেল দ্রুত শুকায়, তাই এটা বাইরের কাজে ব্যবহার করা হয়। একাধিক বার সিদ্ধ করা তিসির তেল গাঢ় ও ঘন হয়, তাই এক্ষেত্রে দ্রাবক হিসাবে তারপিন ব্যবহার করা হয়।

এ বাহন (i) রঙের সকল উপাদান ধারণ করে (ii) মূল উপাদান ও রঞ্জককে মিশতে এবং সমবর্ণের মিশ্রণ তৈরিতে সহায়তা করে (iii) রঙের সকল উপাদানের মধ্যে বন্ধন সৃষ্টি করে (iv) বস্তু বা কাঠামো পৃষ্ঠে সমভাবে লেপনের সুযোগ দান করে (v) লেপিত পৃষ্ঠের ছিদ্রে প্রবেশ করে অভেদ্য পৃষ্ঠ তৈরিতে সহায়তা করে (vi) শুকানোর পর স্থিতিস্থাপক ও পানি অশোষ্য স্তর সৃষ্টি করে।

(গ) শুষ্কীকর ঃ এটা বায়ু হতে অক্সিজেন গ্রহণ করে বাহনের স্পর্শে এনে রঙের আস্তরণকে শুষ্ক ও শক্ত করে। এটা প্রধানত ধাতব যৌগবিশেষ। লেড মনোক্সাইড, লেড অ্যাসিটেট, জিঙ্ক সালফেট, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, ম্যাঙ্গানিজ সালফেট ইত্যাদি শুষ্কীকর হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এগুলোর মধ্যে লেড মনোক্সাইড বা লিথার্জ-এর ব্যবহার অধিক।

শুষ্কীকর বায়ু হতে অক্সিজেন গ্রহণ করে বাহনের স্পর্শে এনে রংকে শুকাতে সহায়তা করে কিন্তু এটা রঙের স্থিতিস্থাপকতা কমিয়ে দেয় বিধায় রঙের চূড়ান্ত লেপনে শুষ্কীকর ব্যবহার করা হয় না। শুষ্কীকর তরল বা পেস্ট আকারের হয়ে থাকে। উদ্বায়ী তেলে কোবাল্ট, লেড, ম্যাঙ্গানিজ ইত্যাদির যৌগের মিহি পাউডার মিশিয়ে তরল শুষ্কীকর এবং উপরোক্ত যৌগের পাউডার ও ভরক সামগ্রীর (যেমন– কাদা, চকের গুঁড়া, বেরিয়াম সালফেট, সিলিকা ইত্যাদি) পাউডার বেশি পরিমাণে (মূল উপাদানের এক চতুর্থাংশের অধিক নয়) তিসির তেলে মিশিয়ে পেস্ট আকারের শুষ্কীকর তৈরি করা হয়। শুষ্কীকর (i) রং শুকাতে সহায়তা করে (ii) স্থায়িত্ব বাড়ায় (iii) ভরক দ্রব্য সহযোগে রঙের আয়তন বৃদ্ধি করে ফলে রঙে খরচ কমে (iv) রঙের গুজনের উন্নয়ন ঘটায় এবং (v) সংকোচন ও ফাটল রোধ করে।

(ঘ) দ্রাবক ঃ এটার প্রধান কাজ রংকে সহজ লেপন উপযোগী তারল্য দান করা। সচরাচর ব্যবহৃত দ্রাবকগুলো হল তারপিন, স্পিরিট, বেনজিন, ন্যাপথা। বহুল ব্যবহৃত দ্রাবক হল তারপিন। এটা সাধারণত অদাহ্য বর্ণহীন পদার্থ। রঙে এটার কিছু অংশ বাষ্পীভূত হয় আর কিছু অংশ অক্সিজেনে মিলে আঠাল শক্ত আস্তরণে রূপ নেয়।

দ্রাবকে রঙের অন্যান্য উপাদান (মূল উপাদান, বাহন, রঞ্জক, শুষ্কীকর) মিশানোর পর এটা বেশ গাঢ় বা প্রায় পেস্টের মতো হয়, ফলে বস্তু বা কাঠামো পৃষ্ঠে লেপন করে দেয়া যায় না। তাই লেপন উপযোগী তারল্যে আনয়নের জন্য প্রয়োজনানুপাতে দ্রাবক মিশাতে হয়। রঙে বিভিন্ন উপাদানের মিশ্রণকে লেপন উপযোগী তারল্যে আনয়নের জন্য এতে যে তরল পদার্থ (সচরাচর তারপিন তেল, স্পিরিট) মিশানো হয়, তাকে দ্রাবক (Solvent বা thinner) বলা হয়। দ্রাবক (i) পেইন্টে তারল্য আনয়ন করে (ii) রংকে প্রলেপিত পৃষ্ঠের ছিদ্রে প্রবেশ করতে সহায়তা করে (iii) রং প্রলেপনের পর বাষ্পীভূত হয় এবং রং শুকিয়ে মসৃণ পৃষ্ঠ সৃষ্টি করে (iv) পেইন্টিং-এ সুবিধা প্রদান করে এবং (v) পেইন্টের আচ্ছাদন এলাকা (Covering area) বৃদ্ধি করে।

(ঙ) রঞ্জক ঃ রঙে কাঙ্ক্ষিত বর্ণ দেয়াই রঞ্জকের কাজ। যে রঞ্জক বর্ণ বদলায় না সেটাই উত্তম রঞ্জক।

রঙের স্থায়িত্ব বা দ্যুতি রঙে মিশ্রিত রঞ্জকের আয়তন এবং অনুঘায়ী বাহন ও রঞ্জকের আয়তনের সমষ্টির অনুপাতের উপর বিশেষভাবে সম্পর্কীত। এ অনুপাতকে পিগমেন্ট ভলিউম কনসেনট্রেশন নম্বর (P.V.C.N) বলা হয়। একে (P.V.C.N) নিম্নের সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা হয় ঃ

$$PVCN = \frac{V_1}{V_1 + V_2}$$

এখানে, V_1 = রঙে পিগমেন্ট বা রঞ্জকের আয়তন

V_2 = রঙে অনুঘায়ী তরলের আয়তন।

রঙের স্থায়িত্ব ও দ্যুতি PVCN এর সাথে উল্টা সমানুপাতিক অর্থাৎ PVCN বেশি হলে রং দুর্বল হবে।

বিভিন্ন উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত পেইন্ট এর PVCN ঃ

ধাতব পৃষ্ঠে প্রাইম কোট–PVCN 25 হতে 40

টিম্বার পৃষ্ঠে প্রাইম কোট–PVCN 35 হতে 40

ইমারতে বহিঃপৃষ্ঠে–PVCN 28 হতে 40

সেমি গ্লোস পেইন্ট–PVCN 35 হতে 45

ফ্লেইন্ট পেইন্ট–PVCN 50 হতে 75

নিম্নের ছকে বিভিন্ন বর্ণের জন্য রঞ্জকের তালিকা দেয়া হল ঃ

কালো	ল্যাম্প ব্লাক, কার্বন ব্লাক, বোন ব্লাক, গ্রাফাইট, ভেজিটেবল ব্লাক, আইভরি ব্লাক।
নীল	ইন্ডিগো, প্রুসিয়ান ব্লু, কোবাল্ট ব্লু, আল্ট্রামেরিন।
বাদামি	র-আম্বর, বার্নট্ আম্বর, বার্নট্ সিয়েনা, ভেনডাইক ব্রাউন।
সবুজ	প্যারিস গ্রিন, ক্রোম গ্রিন, গ্রিন আর্থ, এমারাল্ড গ্রিন, ভারডিজারিস কপার সালফেট।
লাল	রেড লেড, আয়রন অক্সাইড, মারকিউরিক অক্সাইড, ইন্ডিয়ান রেড, ভারমিলিয়ন রেড, কারমাইন।

নিম্নে রঞ্জকের কার্যাবলি উদ্ধৃত করা হল ঃ

(ক) রং (paint) এর বর্ণ (colour) দানই রঞ্জকের প্রধান কাজ।

(খ) রঞ্জক রঙের মূল উপাদানের সাথে সম্পৃক্ত হয়ে ঈপ্সিত বর্ণের নিশ্চয়তা প্রদান করে।

(গ) ঈপ্সিত বর্ণের রঞ্জক কাঠামোকে দৃষ্টিনন্দিত, আকর্ষণীয় করে তোলে।

(ঘ) রঞ্জক ও মূল উপাদান সম্মিলিতভাবে প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠে অস্বচ্ছ আস্তরণ তৈরি করে।

(ঙ) আবহাওয়ার বিরূপ প্রতিক্রিয়া সত্ত্বেও রঞ্জক রং প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠের বর্ণ অক্ষুণ্ন রাখে।

(চ) রং শুকানো কালে রঞ্জক রং প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠে চিড় বা ফাটল (Cracks) ধরার প্রবণতা অনেকাংশে হ্রাস করে।

পেইন্ট বা রং তৈরিকরণ ঃ পৃথক দুটি পাত্রের একটিতে মূল উপাদান (Base– বিভিন্ন ধাতুর অক্সাইড) এর পাউডার সামান্য পরিমাণ তেলে (Vehicle) উত্তমরূপে মিশিয়ে গাঢ় পেস্ট (thick paste) তৈরি করে একে সন্তোষজনক কার্যোপযোগী (workability) করার জন্য প্রয়োজনীয় পরিমাণে তেল (Vehicle) মিশাতে হবে এবং উত্তমরূপে নেড়ে ভালভাবে মিশ্রণ তৈরি করতে হবে।

অপর পাত্রে ঈপ্সিত রঞ্জক (Pigment) এর পাউডার ও শুষ্কীকরের পাউডার প্রয়োজনীয় অনুপাতে নিয়ে সামান্য পরিমাণ তেলে মিশিয়ে উত্তমরূপে মিশ্রিত করে গাঢ় পেস্ট (thick paste) তৈরি করে উভয় পাত্রের পেস্ট একত্রিত করে উত্তমরূপে নেড়ে মিশালে ঈপ্সিত পেইন্ট বা রং পাওয়া যাবে। [একই রঙে একাধিক প্রকারের শুষ্কীকর (drier) ব্যবহার করা যাবে না। শুষ্কীকর মিশানোর অল্প সময়ের মধ্যে রং ব্যবহার করতে হবে। মাত্রাতিরিক্ত শুষ্কীকর রঙের ক্ষতিসাধন করে। রঙের উপাদানগুলোর উত্তম মিশ্রণ না ঘটলে রং প্রলেপিত পৃষ্ঠে স্পট (Spots) পড়ে।]

উত্তম রঙের বৈশিষ্ট্য ঃ নিম্নে উত্তম রঙের বৈশিষ্ট্যগুলো উদ্ধৃত করা হল ঃ

(ক) উত্তম রং প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠে শক্ত ও স্থায়িত্বশীল (Hard & durable) আস্তরণ সৃষ্টি করবে।

(খ) এগুলো যুক্তিসঙ্গত মূল্যে সহজলভ্য হবে।

(গ) এগুলোকে সহজে প্রয়োগ উপযোগী পৃষ্ঠে লেপন করা যাবে।

(ঘ) এগুলো যুক্তিসঙ্গত সময়ে শুকিয়ে যাবে।

(ঙ) এগুলো শুকানো কালে পৃষ্ঠে সূক্ষ্ম চিড় বা ফাটল সৃষ্টি করবে না।

(চ) এগুলো দৃষ্টিনন্দন পৃষ্ঠ সৃষ্টি করবে।

(ছ) এগুলোর উত্তম লেপন গুণাগুণ থাকবে অর্থাৎ স্বল্প পরিমাণ ব্যবহার করে বেশি পরিমাণ এলাকা লেপনের গুণাগুণ থাকবে।

(জ) এগুলো প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠে সমবর্ণ সৃষ্টি করবে (শুকানোর পরও)।

(ঝ) এগুলো আবহক্রিয়ায় আক্রান্ত হবে না।

(ঞ) এগুলোর স্থায়িত্বকাল অধিক হবে।

(ট) এগুলো ব্যবহারের দীর্ঘ সময় পরও বিবর্ণ হবে না।

(ঠ) এগুলো প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠের সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাবে না।

(ড) এগুলো রং মিস্ত্রি (Painter) বা ব্যবহারকারীদের জন্য ক্ষতিকর হবে না।

(ঢ) এগুলো অবশ্যই প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠে যথাযথভাবে আটকে থাকবে এবং পৃষ্ঠের দোষত্রুটি ঢেকে সমতল মসৃণ পৃষ্ঠ সৃষ্টি করবে।

অধিকাংশ নির্মাণসামগ্রীই আবহাওয়ার বিরূপ প্রক্রিয়ায় আক্রান্ত হয়। এগুলোকে সুরক্ষাকল্পে এগুলোর পৃষ্ঠদেশ রং (Paint) লেপনে আবৃত করে দেয়া হয়। আবহাওয়া, রুচি, সৌন্দর্য, ব্যয়িত অর্থের পরিমাণ, ইত্যাদি বিবেচনা ক্ষেত্র অনুযায়ী উপযোগী রং ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

৯.২ বিভিন্ন ধরনের রঙের ব্যাখ্যা (Explain the different types of paint) ঃ

নিচে বিভিন্ন ধরনের পেইন্ট ও এগুলোর ব্যবহার উল্লেখ করা হল ঃ

(ক) তেলরং (Oil paint) ঃ এতে পেইন্টের মূল উপাদান (Base) কে তেল ও তারপিনে (Vehicle & thinners) উত্তমরূপে দ্রবীভূত করে নেয়া হয় এবং পৃথকভাবে রঞ্জককে (Pigment) তেলে দ্রবীভূত করে উভয় দ্রবণকে একত্রিত করে প্রয়োজনীয় পরিমাণে রঙের অন্যান্য উপাদান মিশিয়ে পেইন্টকে কার্যোপযোগী করা হয়। এ জাতীয় পেইন্ট সচরাচর তিন কোট ব্যবহার করা হয়।

ব্যবহার (Uses) ঃ কাষ্ঠ পাত্রে, ইস্পাত পৃষ্ঠে এবং আস্তর পাত্রে এটা ব্যবহার করা যায়।

(খ) জলরং (Water paint) ঃ এ জাতীয় পেইন্টে বাহন হিসেবে পানি ব্যবহৃত হয়। এতে রঞ্জক আঠা ও চক একত্রে পানিতে মিশিয়ে নেয়া হয়। এর ব্যবহার বেশ সহজ এবং ব্যবহারের ২ হতে ৩ ঘন্টার মধ্যে পানি শুকিয়ে প্রলেপিত পৃষ্ঠে পেইন্টের পাতলা আবরণের সৃষ্টি করে। ডিসটেম্পারও এক ধরনের জলরং।

ব্যবহার (Uses) ঃ ডিসটেম্পার সাধারণত কক্ষ অভ্যন্তরের দেয়ালে, সিলিং-এ ব্যবহৃত হয়, তবে ক্ষেত্রবিশেষ বহিঃপৃষ্ঠে শোভাবর্ধক কাজে ব্যবহার করা যায়।

(গ) অ্যালুমিনিয়াম পেইন্ট (Aluminium paint) ঃ তেল বা স্পিরিট বার্নিশের সাথে মিহি অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ মিশিয়ে অ্যালুমিনিয়াম পেইন্ট তৈরি করা হয়। এগুলো লোহা ও ইস্পাতের ক্ষয়রোধক এবং কিয়ৎ পরিমাণে তাপরোধী।

ব্যবহার (Uses) ঃ সামুদ্রিক পায়ার, তেল সঞ্চয় ট্যাংক ইত্যাদি রং করতে অ্যালুমিনিয়াম পেইন্ট ব্যবহৃত হয়। এগুলো রেডিয়েটর ও গরম জলের পাইপেও ব্যবহার করা যায়।

(ঘ) সেলুলোজ পেইন্ট (Cellulose paint) ঃ সাধারণ তেলরং অক্সিজেনের মাধ্যমে শক্ত হয়, পক্ষান্তরে সেলুলোজ পেইন্ট দ্রাবকের বাষ্পীভবনের মাধ্যমে শুকিয়ে যায়। এতে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় না। সাধারণভাবে এটা স্প্রে পেইন্ট (Spray paint) নামে পরিচিত। নাইট্রোকটন, সেলুলয়েড শিট, ফটোফিল্ম ইত্যাদি হতে এগুলো তৈরি করা হয়। এগুলোর তাপ সহনীয়তা, কাঠিন্য, মসৃণতা ইত্যাদি বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। এগুলো ফুটন্ত পানি, ধোঁয়া ও অম্লীয় আবহাওয়ায় আক্রান্ত হয় না। এগুলো বেশ দামি রং।

ব্যবহার (Uses) ঃ সেলুলোজ পেইন্ট মোটরগাড়ি, বিমান, সৌন্দর্যবর্ধক ক্ষেত্র ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।

(ঙ) ওয়াটার রিপিলেন্ট সিমেন্ট পেইন্ট (Water repellent cement paint) ঃ সাদা সিমেন্টের সাথে পানিরোধী সামগ্রী (সাবান, ভারী খনিজ তেল, চুন, ফ্লসিলিকেইট, পেট্রোলিয়াম জেলি), ছত্রাকরোধী সামগ্রী (মাইকল, কপটেক্স ইমালশন ইত্যাদি) এবং কিছু জোড়ক পদার্থ মিশিয়ে এগুলো তৈরি করা হয়। এগুলো বিভিন্ন রঙের হতে পারে।

ব্যবহার (Uses) ঃ অন্তঃ বা বহির্দেয়ালে পানিরোধী প্রলেপন হিসেবে এগুলো ব্যবহৃত হয়।

(চ) ডিসটেম্পার (Distemper) ঃ ডিসটেম্পার এক ধরনের জলরং। এতে দ্রাবক হিসেবে পানি ও তেল এবং মূল উপাদান (Base) হিসেবে গু বা রজন ব্যবহৃত হয়। এগুলোর সাথে ঈপ্সিত রঞ্জক (Pigment) সহযোগে ডিসটেম্পার তৈরি করা হয়। এগুলো দু' রকমের হতে পারে, যথা--

১। **তেল ডিসটেম্পার ঃ** এটা পেস্টের মতো হয়ে থাকে এবং ব্যবহার কালে পানি মিশিয়ে নিতে হয়।

২। **সাধারণ ডিসটেম্পার ঃ** এগুলো পাউডার আকারে থাকে এবং ব্যবহারের পূর্বে প্রস্তুতকারকের নির্দেশমতো পানি মিশিয়ে নিতে হয়। ডিসটেম্পার পানিতে ধুয়ে যায়, তাই কাঠামোর উন্মুক্ত পৃষ্ঠে ব্যবহৃত হয় না।

ব্যবহার (Uses) ঃ কক্ষের অন্তঃপৃষ্ঠে ও সৌন্দর্যবর্ধক কাজে এটি ব্যবহৃত হয়।

(ছ) এনামেল পেইন্ট (Enamel paint) ঃ এনামেল পেইন্ট ধাতুর অক্সাইড (হোয়াইট লেড, জিঙ্ক হোয়াইট) তেল, পেট্রোলিয়াম স্পিরিট ও রজন সামগ্রীর সমন্বয়ে তৈরি। এগুলো ধীরে শুকায় কিন্তু শুকানোর পর শক্ত, অশোষ্য, উজ্জ্বল, স্থিতিস্থাপক মসৃণ পৃষ্ঠ তৈরি করে। বাজারে বিভিন্ন বর্ণের এ জাতীয় পূর্বে তৈরি (Ready-made) রং পাওয়া যায়। এগুলোর রং করা পৃষ্ঠ অম্ল, ক্ষার, অগ্নি ও বাষ্পে আক্রান্ত হয় না।

ব্যবহার (Uses) ঃ দরজা-জানালা, ধাতুর গ্রিল, ডেক, সিঁড়ি ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।

(জ) তৈরি রং (Ready-mixed paint) ঃ রঙের উপাদানসমূহের সঠিক ও আনুপাতিক মিশ্রণের জন্য দক্ষ হাতের প্রয়োজন। অভিজ্ঞ প্রস্তুতকারকের তত্ত্বাবধানে প্রস্তুত ও বাজারজাত করা পেইন্টই তৈরি রং (Ready-mixed paint), যা সরাসরি ব্যবহার করা যায়, তবে ব্যবহার কালে প্রস্তুতকারকের নির্দেশমতো দ্রাবক মিশিয়ে নিতে হয়।

(ঝ) স্নোসেম (Snowcem) ঃ সিমেন্ট বেস পেইন্ট (স্নোসেম) এক ধরনের রং। পানির সাথে সাদা বা রঙিন সিমেন্ট মিশিয়ে এ পেইন্ট তৈরি করা হয়। এ রং ব্যবহারের পূর্বে আস্তর করা পৃষ্ঠ বা কংক্রিট পৃষ্ঠ ভালভাবে ভিজিয়ে নিতে হয় এবং ব্যবহারের পর পানি দিয়ে কিউরিং করতে হয়। সাধারণত নতুন কাজে তিন কোট এবং পুরাতন কাজে দু'কোট ব্যবহার করা হয়ে থাকে। নিম্নে সিমেন্ট বেস পেইন্টের ধর্মাবলি উদ্ধৃত করা হল ঃ

(ক) এগুলো মিহি সমবর্ণের পাউডার বিশেষ, যা সহজেই পানির সাথে মিশিয়ে ব্যবহার করা যায়।

(খ) এগুলো ব্রাশের সাহায্যে বা স্প্রেয়ার এর সাহায্যে প্রয়োগ করা যায়।

(গ) এগুলো ব্রাশের দাগবিহীন নেট ফিনিশ পৃষ্ঠ সৃষ্টি করে।

(ঘ) এগুলো শক্ত, স্থায়ী ও পানি নিরোধী পৃষ্ঠ সৃষ্টি করে ফলে আর্দ্রতা প্রতিরোধে সক্ষম হয়।

(ঙ) এগুলো পৃথক স্তর সৃষ্টি করে না বা স্তরে স্তরে উঠে আসে না ফলে আবহক্রিয়ায় অক্ষত থাকে।

ব্যবহার ঃ

(i) সিমেন্ট প্লাস্টার করা দেয়ালে শক্ত ও সৌন্দর্যবর্ধক পৃষ্ঠ তৈরিতে এটি ব্যবহার করা হয়।

(ii) এটি আবাসিক ও পাবলিক উভয় ধরনের বা যে কোন ধরনের ইমারতের ভিতর ও বাইরের পৃষ্ঠে ব্যবহার করা যায়।

(iii) ইমারতে আবহক্রিয়া রোধ ও স্থায়িত্বশীলতা বৃদ্ধির জন্য এটি ব্যবহার করা যায়।

(ঞ) প্লাস্টিক পেইন্ট (Plastic paint) ঃ প্লাস্টিক পেইন্টের মূল ও প্রধান উপাদান হিসাবে প্লাস্টিক ব্যবহৃত হয় এবং এটা দ্রুত শুকায় এবং এর আচ্ছাদন ক্ষমতা (Covering power) অধিক। এর প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠ দৃষ্টিনন্দন। অধুনা প্লাস্টিক ইমালশন পেইন্ট বেশ জনপ্রিয় হয়ে উঠছে। প্লাস্টিক কম্পাউন্ড যেমন-- ভিনাইল অ্যাসিটেট (Vinyl acetate), অ্যাক্রাইলেট (acrylate) ইত্যাদি পানিতে মিশিয়ে প্লাস্টিক ইমালশন পেইন্ট তৈরি করা হয়। প্রতি লিটার প্লাস্টিক ইমালন পেইন্টের ওজন প্রায় 1.4 কেজি। এতে প্রায় 0.6 কেজি পানির সাথে প্রায় 0.2 কেজি বাইন্ডার, 0.50 কেজি রঞ্জক এবং 0.10 কেজি অন্যান্য কঠিন পদার্থ থাকে। এর এক লিটার পেইন্ট দিয়ে প্রায় 15 বর্গমিটার দেওয়াল পৃষ্ঠে রং করা যায়। এ রং পানিতে ধুয়ে যায় না, আবহাওয়ায় আক্রান্ত হয় না।

ব্যবহার ঃ প্লাস্টিক পেইন্ট শো-রুম, ডিসপ্লে রুম, অডিটোরিয়াম, বাসগৃহ, অফিস বিল্ডিং ইত্যাদির দেওয়াল ও সিলিং ইত্যাদিতে ব্রাশ দিয়ে লেপন করে বা স্প্রে গান দিয়ে স্প্রে করে রং করা হয়।

এতদভিন্ন অ্যান্টিকরোসিভ পেইন্ট (Anticorrosive paint), অ্যাজবেস্টস পেইন্ট (Asbestos paint), বিটুমিনাস পেইন্ট (Bituminous paint), ব্রোঞ্জ পেইন্ট (Bronze paint), কেসিন পেইন্ট (Caesin paint), কলোয়ডাল পেইন্ট (Colloidal paint), ইমালশন পেইন্ট (Emulsion paint), গ্রাফাইট পেইন্ট (Graphite paint), প্লাস্টিক পেইন্ট (Plastic paint) ইত্যাদি তৈরি রং হিসেবে বাজারে বিক্রি হয়।

৯.৩ বার্নিশ ও পালিশের ধরন, বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার (Varnish & polish types, properties and uses) ঃ

রজন (Resin) বা রজনজাতীয় সামগ্রী, শুষ্কীকর (Drier) ও দ্রাবক (Solvent) এর দ্রবণকে বার্নিশ (Varnish) বলা হয়। বস্তু বা কাঠামো পৃষ্ঠে বার্নিশ এর প্রলেপন দেয়াকে বার্নিশিং (Varnishing) বলা হয়। সচরাচর গৃহের কাঠনির্মিত আসবাবপত্রের পৃষ্ঠে বার্নিশের লেপন দেয়া হয়। এতে কাঠের প্রকৃত রূপ প্রদর্শিত হয়। সূর্যকিরণ লাগে বা বৃষ্টিতে ভেজে এরূপ ক্ষেত্রে বার্নিশ না করাই উত্তম।

বার্নিশ এর কাজ ঃ বার্নিশ এর কাজ (Function of Varnish) হল নিচের উদ্দেশ্যাদি পূরণ করা–

(i) সুন্দর, পরিচ্ছন্ন এবং প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠের প্রকৃত রূপ প্রদর্শন করা।

(ii) প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠকে আবহাওয়ার বিরূপ প্রতিক্রিয়া হতে সুরক্ষা করা।

(iii) প্রয়োগকৃত টিম্বার পৃষ্ঠকে পানি অশোষ্যতা গুণ দান করে পচন, নষ্ট হওয়া ইত্যাদি হতে রক্ষা করা।

(iv) প্রয়োগকৃত ধাতব পৃষ্ঠকে ক্ষয়, মরিচা পড়া ইত্যাদি হতে রক্ষা করা।

বার্নিশ এর উপাদান ঃ নিম্নে বার্নিশ এর মূল উপাদানের তালিকা দেয়া হল ঃ

১। **রজন (Resins) ঃ**

যেমন– সেলাক (গালা) , কোপাল আম্বর, কাউরি, ডামার, গাম অ্যারাবিক, ম্যাস্টিকস ইত্যাদি।

২। **শুষ্কীকর (Driers) ঃ**

যেমন– কোবাল্ট, ম্যাঙ্গানিজ, লেড, ভ্যানাডিয়াম ইত্যাদির যৌগ।

৩। **দ্রাবক (Solvent) ঃ**

যেমন– তারপিন তেল, স্পিরিট, ন্যাপথা, বেনজিন, অ্যালকোহল ইত্যাদি।

রজন ঃ ভাল বার্নিশের জন্য ভাল রজন আবশ্যক। কোপাল রজন বেশ শক্ত ও উজ্জ্বল প্রভাবিশিষ্ট। এগুলো পুরানো পাইন বৃক্ষের গোড়ার মাটি হতে সংগ্রহ করা হয়। জীবিত পাইন বৃক্ষ হতে কাঁচা কোপাল রজন পাওয়া যায়। বিশেষ ধরনের বৃক্ষের নির্গত আঠা হতে প্রাকৃতিক রজন পাওয়া যায়। বিশেষ ধরনের বৃক্ষে জন্মানো লাখ পোকার নির্গত অপদ্রব্য হতে সেলাক রজন পাওয়া যায়।

রজন প্রলেপিত পৃষ্ঠে (i) স্বচ্ছ আবরণ সৃষ্টি (ii) পৃষ্ঠের উজ্জ্বলতা বৃদ্ধি (iii) টেকসই পাতলা ঘর্ষণ প্রতিরোধী পৃষ্ঠ সৃষ্টি (iv) শুকানোর পর পৃষ্ঠে ফাটল সৃষ্টিতে বাধাদান (v) পৃষ্ঠের ছিদ্র বন্ধ ও বাঁধন সৃষ্টি ও (vi) প্রলেপনে সহায়তা করে।

দ্রাবক ঃ নির্দিষ্ট রজনের জন্য নির্দিষ্ট দ্রাবক ব্যবহার করতে হয়। নিম্নে ছকে তা দেখানো হল ঃ

দ্রাবক	রজন
সিদ্ধ তিসির তেল	আম্বর কোপাল
মেথিলেটেড স্পিরিট	গালা, সেলাক
তারপিন তেল	ম্যাস্টিক, গাম, ডোমার
উড ন্যাপথা	কাঁচা কোপাল, অন্যান্য নিম্নমানের রজন

দ্রাবক (i) বার্নিশের উপাদানগুলো ধারণ করে (ii) রজন ও শুষ্কীকরকে মিশতে সহায়তা করে (iii) রজন ও শুষ্কীকর এর মধ্যে বন্ধন ও সমভাবে প্রলেপনে সহায়তা করে (iv) প্রলেপিত পৃষ্ঠের ছিদ্রে রজন প্রবেশের সহায়তার মাধ্যমে পানি অভেদ্য ও অশোষ্য পৃষ্ঠ তৈরিতে সহায়তা করে এবং (v) শুকানোর পর স্থিতিস্থাপক পৃষ্ঠ সৃষ্টি করে।

শুষ্কী কর ঃ শুষ্কীকর বার্নিশকে দ্রুত শুষ্ক হতে সহায়তা করে। সচরাচর লেড অ্যাসিটেট, কপার অ্যাসিটেট, লিথার্জ ইত্যাদি শুষ্কীকর হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

শুষ্কীকর (i) বার্নিশ শুকাতে সহায়তা করে (ii) স্থায়িত্ব বাড়ায় (iii) বার্নিশের আয়তন বৃদ্ধি করে খরচ কমায় (iv) বার্নিশের ওজনের উন্নয়ন ঘটায় এবং (v) পরিমিত মাত্রায় ব্যবহারে সংকোচন ও ফাটল রোধ করে।

বার্নিশের প্রকারভেদ ঃ তারপিন তেল বা অ্যালকোহল জাতীয় উদ্বায়ী দ্রাবকে রজন বা গালা মিশ্রিত করে বার্নিশ তৈরি করা হয়। দ্রাবকের উপর ভিত্তি করে বার্নিশকে চার ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

(ক) তেল বার্নিশ (Oil varnish)

(খ) স্পিরিট বার্নিশ (Spirit varnish)

(গ) তার্পিন বার্নিশ (Turpentine varnish)

(ঘ) পানি বার্নিশ (Water varnish)।

এতদভিন্ন ফ্রেঞ্চ পলিশ, লিকোয়ার, এনামেল ও ওয়াক্স পলিশও বার্নিশের অন্তর্ভুক্ত।

উপরোক্ত বার্নিশগুলোর সংক্ষিপ্ত বর্ণনা ঃ

তেল বার্নিশ ঃ এগুলোতে দ্রাবক হিসেবে তিসির তেল ব্যবহার হয়। আম্বর, কোপাল ইত্যাদি শক্ত রজন তিসির তেলে সিদ্ধ করে গলিয়ে তেল বার্নিশ তৈরি করা হয়। এগুলো ধীরে শুকায়, তবে শক্ত ও স্থায়ী আবরণ সৃষ্টি করে। এগুলো আসবাবপত্র ও বাইরের কাঠের কাজে ব্যবহার উপযোগী।

স্পিরিট বার্নিশ ঃ মেথিলেটেড স্পিরিটে নরম গালাজাতীয় পদার্থ গলিয়ে এগুলো প্রস্তুত করা হয়। এগুলো দ্রুত শুকায় এবং কঠিন উজ্জ্বল আবরণ সৃষ্টি করে। এগুলো কাঠের কাজে এবং গৃহের আসবাবপত্রে ব্যবহার করা হয়।

তার্পিন বার্নিশ ঃ ম্যাস্টিক, গাম, ডোমার ইত্যাদি নরম রজন তার্পিন তেলে গলিয়ে এ জাতীয় বার্নিশ তৈরি করা হয়। এগুলো দ্রুত শুকায়, তবে কম টেকসই এবং দামে অপেক্ষাকৃত সস্তা।

পানি বার্নিশ ঃ অ্যামোনিয়া, বোরাক্স, পটাশ, সোডা এর মধ্যে যে কোন একটি গালাসহ গরম পানিতে মিশিয়ে এটা তৈরি করা হয়। ওয়াল পেপার, ম্যাপ ইত্যাদিতে এ জাতীয় বার্নিশ ব্যবহার করা হয়।

বার্নিশের বৈশিষ্ট্য ঃ নিম্নে উত্তম বার্নিশের বৈশিষ্ট্যগুলো দেয়া হল ঃ

(ক) বার্নিশ দ্রুত শুকাবে।

(খ) এটি শুকানোর ফলে সৃষ্ট সংরক্ষাকারী আস্তরণ শক্ত, ক্ষয়রোধী, স্থায়িত্বশীল হবে।

(গ) এর প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠ সমপ্রকৃতির এবং দৃষ্টিনন্দিত হবে।

(ঘ) এর প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠকে উজ্জ্বল চকচকে দেখাবে।

(ঙ) এর পর্যাপ্ত স্থিতিস্থাপকতা গুণ থাকবে এবং শুকানো কালে কোন সংকোচন বা ফাটল দেখা দেবে না।

(চ) সময় অতিক্রান্তের সাথে এটা বিবর্ণ হবে না।

(ছ) এটা প্রয়োগ পৃষ্ঠের মূল সামগ্রীর প্রকৃত রূপ প্রদর্শন করবে।

(জ) এটা আবহাওয়ারোধী।

বার্নিশের ব্যবহার ঃ কাঠ, লোহা, ইস্পাত ইত্যাদি নির্মাণসামগ্রীকে আবহক্রিয়া ও ঈষৎ ঘর্ষণ ইত্যাদির হাত হতে সংরক্ষার জন্য বার্নিশ ব্যবহৃত হয়। কাঠের আসবাবপত্র ইত্যাদিতে কাঠের আঁশের প্রকৃত রূপ প্রদর্শন, অশোষ্য ও মসৃণ পৃষ্ঠ সৃষ্টির জন্য বার্নিশ ব্যবহৃত হয়। এতদভিন্ন রং করা পৃষ্ঠের ঔজ্জ্বল্য প্রদর্শন ও পৃষ্ঠকে সংরক্ষার জন্য বার্নিশ করা হয়।

নিচে বিভিন্ন বার্নিশের ব্যবহার উল্লেখ করা হল ঃ

(ক) যে সকল ক্ষেত্রে ঘন ঘন পরিষ্কার ও পলিশিং এর দরকার পড়ে এরূপ বাইরের সামগ্রীতে (যেমন– কাচ, হাউস ফিটিং ইত্যাদিতে) তেল বার্নিশ ব্যবহার করা হয়।

(খ) আবাসস্থলে ব্যবহৃত কাঠের আসবাবপত্রে স্পিরিট বার্নিশ ও বিশেষ ক্ষেত্রে ফ্রেঞ্চ পলিশ ব্যবহৃত হয়।

(গ) তামা, পিতল ও ইস্পাত সামগ্রীতে ল্যাকার (Lacquers) ব্যবহৃত হয়।

• পেইন্ট বা রং ও বার্নিশের মধ্যে পার্থক্য ঃ

নিচে পেইন্ট বা রং ও বার্নিশের পার্থক্য দেয়া হল ঃ

রং (Paint)	বার্নিশ (Varnish)
১। রঙের উপাদানগুলো হল–মূল উপাদান বাহন, রঞ্জক, দ্রাবক ও শুষ্কীকর।	১। বার্নিশের উপাদানগুলো হল– রজন, দ্রাবক ও শুষ্কীকর।
২। রং যে কোন ঈপ্সিত বর্ণের হতে পারে।	২। বার্নিশ বর্ণহীন।
৩। রং অস্বচ্ছ।	৩। বার্নিশ স্বচ্ছ।
৪। রং প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠের প্রকৃত রূপ প্রদর্শন করে না।	৪। বার্নিশ প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠের প্রকৃত রূপ প্রদর্শন করে।
৫। রং করা পৃষ্ঠ আলোর প্রতিফলন ঘটায় না।	৫। বার্নিশ করা পৃষ্ঠ আলোর প্রতিফলন ঘটায়।
৬। রং করা পৃষ্ঠের উপর বার্নিশ করা যায়।	৬। বার্নিশ করা পৃষ্ঠের উপর রং করা যায় না।
৭। রং প্রলেপিত পৃষ্ঠ উজ্জ্বল চকচকে দেখায় না।	৭। বার্নিশ করা পৃষ্ঠ উজ্জ্বল চকচকে দেখায়।
৮। রং করা পৃষ্ঠ সম্পূর্ণরূপে পানি অশোষ্য নয়।	৮। বার্নিশ করা পৃষ্ঠ সম্পূর্ণরূপে পানি অশোষ্য।
৯। সচরাচর কাঠ ও ধাতব সামগ্রীর পৃষ্ঠে রং করা হয়।	৯। সাধারণত কাঠের আসবাবপত্রের পৃষ্ঠে বার্নিশ করা হয়।
১০। রং করা পৃষ্ঠ মসৃণ হয় না।	১০। বার্নিশ করা পৃষ্ঠ মসৃণ হয়।

৯.৪ ল্যাকারস এগুলোর বৈশিষ্ট্য ও এগুলোর ব্যবহার (Lacquers–their properties & their uses) ঃ

ল্যাকার একটি বিশেষ ধরনের বার্নিশ। বাহন ও দ্রাবকের সাথে সেলুলোজজাত সামগ্রী যেমন নাইট্রোসেলুলোজ বা সেলুলোজ অ্যাসিটেট বা ইথাইল সেলুলোজ পরিমিত পরিমাণে মিশিয়ে পৃষ্ঠে প্রলেপের জন্য ল্যাকার তৈরি করা হয়। সাধারণত নাইট্রোসেলুলোজ, মডিফায়িং সামগ্রী ও ঈপ্সিত রজন (প্রয়োজনে) দ্রাবকের সাথে গলিয়ে মেশানো হয়ে থাকে। ল্যাকারস্ এর দ্রাবক বাষ্পীভবনের মাধ্যমে শুকায়। এগুলো সাধারণত স্প্রে বা ব্রাশিং এর মাধ্যমে প্রয়োগ করা হয় এবং দ্রাবক নির্বাচনে বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করতে হয়। নাইট্রোসেলুলোজ বেশ শক্ত বিধায় প্লাস্টিসাইজার যেমন– কাস্টর অয়েল, তিসির তেল ইত্যাদি মিশিয়ে প্রয়োজনীয় নমনীয়তায় আনতে হয়। প্রয়োজনে ল্যাকারের অন্যান্য রজন মিশিয়ে আসঞ্জনের মাত্রা বাড়ানো হয়।

সাধারণত ল্যাকার চার ধরনের হয়ে থাকে–

(i) কোল্ড গাম ল্যাকার (Cold gum lacquer) (ii) হট গাম ল্যাকার (Hot gum lacquer) (iii) সেলুলোজ ল্যাকার (Cellulose lacquer) এবং (iv) সিনথেটিক ল্যাকার (Synthetic lacquer)।

(i) কোল্ড গাম ল্যাকার (Cold gum lacquer) ঃ এ ধরনের ল্যাকারে নরম রজন ঠান্ডা অবস্থায় ব্যবহার করে পলিশ করা বা পলিশহীন পৃষ্ঠে ব্রাশের সাহায্যে ব্যবহার করা হয় এবং ল্যাকার সহজেই শুকিয়ে যায় ও উজ্জ্বল প্রভার পৃষ্ঠ তৈরি করে।

(ii) হট গাম ল্যাকার (Hot gum lacquer) ঃ এগুলোতে শক্ত রজন গরম করে মেশানো হয় অথবা ঈপ্সিত প্রলেপনের পৃষ্ঠকে গরম করে এগুলো প্রয়োগ করা হয়। এগুলো বেশ শক্ত আবরণ সৃষ্টি করে এবং পৃষ্ঠ উজ্জ্বল প্রভার হয়ে থাকে। এগুলোর ব্যবহার কম।

(iii) সেলুলোজ ল্যাকার (Cellulose lacquer) ঃ এগুলোতে সাধারণত নাইট্রোসেলুলোজ ব্যবহৃত হয়। এগুলোর নমনীয়তা বাড়ানোর জন্য সুবিধাজনক প্লাস্টিসাইজার মেশানো হয়। এগুলো স্বচ্ছ বর্ণহীন হয়ে থাকে তবে ঈপ্সিত রঞ্জক মিশিয়ে রঙিনও করা যেতে পারে। এগুলো পৃষ্ঠে বেশ আবরণ তৈরি করে এবং স্বাভাবিক তাপে নরম হয় না।

(iv) সিনথেটিক ল্যাকার (Synthetic lacquer) ঃ এগুলোতে সিনথেটিক রজন ব্যবহৃত হয়। এগুলো শক্ত, স্থায়িত্বশীল ও ক্ষয় প্রতিরোধী আবরণ সৃষ্টি করে। তাপের তারতম্য, আবহক্রিয়া, ধুঁয়া ইত্যাদি এগুলোর উপর তেমন প্রভাব ফেলে না।

ল্যাকারস্ এর বৈশিষ্ট্য ঃ

(i) এগুলো বেশ দ্রুত শুকায়।

(ii) এগুলো প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠে সুরক্ষা আবরণ তৈরি করে।

(iii) এগুলো ব্যবহৃত পৃষ্ঠে অ্যাব্রেশন, ক্র্যাকিং, চকিং প্রতিরোধ করে।

(iv) এগুলো প্রয়োগ করা সামগ্রীর মান বাড়ায়, পৃষ্ঠদেশ উজ্জ্বল ও মসৃণ করে।

ব্যবহার ঃ এগুলো বিশেষভাবে ইস্পাত, পিতল ও তামা ইত্যাদির পৃষ্ঠে ব্যবহৃত হয়। সাধারণত বৈজ্ঞানিক যন্ত্রপাতি, জরিপ যন্ত্রপাতি, স্ক্রু ও অন্যান্য ছোটখাটো যন্ত্রপাতির পৃষ্ঠ প্রলেপনে (Surface coating) এগুলো ব্যবহৃত হয়।

৯.৫ বিভিন্ন ধরনের রং প্রয়োগের পদ্ধতি (The method of application of different types of paints) ঃ

বিভিন্ন ধরনের রং প্রয়োগের ক্ষেত্রে রঙের ধরন, প্রয়োগ পৃষ্ঠের প্রকৃতি, প্রয়োগের জন্য প্রাপ্ত উপকরণ, রং প্রয়োগের ব্যয়িত সময়ের পরিমাণ, রং প্রয়োগকারীর দক্ষতা, পরিবেশ ও পারিপার্শ্বিক অনুকূলতা ইত্যাদি বিষয় বিবেচনায় আনতে হয়। এখানে সাধারণভাবে বিভিন্ন ধরনের রং প্রয়োগের পদ্ধতি উদ্ধৃত করা হল ঃ

(i) ইমারত, বাড়িঘর ইত্যাদিতে ভিতর ও বাইরের দিকের পৃষ্ঠে রং করার জন্য সাধারণত ব্রাশিং এবং স্প্রেয়িং পদ্ধতিতে রং করা হয়ে থাকে।

(ii) ইমালশন পেইন্ট বা জলরং (Water paint) ভিতরের দিকের দেওয়ালে প্রয়োগের জন্য সাধারণত কাপড় বা ফেল্ট রোলারের সাহায্যে করা হয়।

(iii) যানবাহনের বডি, ইস্পাতের আসবাবপত্র ইত্যাদিতে স্প্রেয়িং পদ্ধতিতে রং প্রয়োগ করা হয়ে থাকে।

(iv) সমতল ধাতুর পাতে তৈরি সামগ্রী, কম্পজিশন বোর্ড ইত্যাদিতে তৈরি সামগ্রীতে রোলার কোটিং-এ রং প্রয়োগ করা যেতে পারে।

(v) কনভেয়র চেইনের সাহায্যে রঙের ট্যাঙ্কে সামগ্রীকে ডুবিয়ে মেশিন ডিপ কোটিং-এ রং করা যায়।

(vi) বৃহৎ আকারের সামগ্রীর রঙের ট্যাঙ্কের উপর ঝুলিয়ে ফ্লো কোটিং-এ রং প্রয়োগ করা যেতে পারে।

৯.৫.১ রং লেপনে দোষত্রুটি ঃ

সাধারণত রং লেপনে (Painting) নিচের দোষত্রুটি দেখা দেয় ঃ

১। **ক্র্যাকিং অ্যান্ড স্কেলিং (Cracking & scalling) ঃ** রঙের স্তর ভঙ্গুর হলে এতে ক্র্যাকিং দেখা যায়। অনেক সময় রঙের স্তর পুরু হওয়ার কারণে বা রং করা সামগ্রীর (কাঠ ইত্যাদি) প্রসারণের কারণে রঙের স্তরে ফাটল দেখা দেয় এবং এ ফাটল পথে আর্দ্রতা প্রবেশ করে ধীরে ধীরে রঙের স্তর খসে পড়ে বা স্কেলিং হয়।

২। **ফোসকা পড়া (Blistering) ঃ** রং লেপনের নিচে বুদবুদ সৃষ্টি হলে এ জাতীয় দোষ দেখা দেয়। রং করা পৃষ্ঠে যদি জলীয় অংশ আটকা পড়ে তবেই এ বুদবুদ সৃষ্টি হতে পারে।

৩। **ব্লুম (Bloom) ঃ** এ ত্রুটির ফলে রং করা পৃষ্ঠে কদর্য দাগ পড়ে। বায়ুবদ্ধতা বা রঙের (Paint) ত্রুটির জন্য এরূপ হয়ে থাকে।

৪। **ক্রলিং বা স্যাগিং (Crawlling or sagging) ঃ** গাঢ় রং (thick paint) ব্যবহারের ফলে এ দোষ দেখা দেয়।

৫। **স্পটিং (Spotting) ঃ** চূড়ান্ত লেপনে রঙের দ্রবণের তেল যদি নির্মাণসামগ্রী (কাঠ ইত্যাদি) শোষণ করে নেয়, তাহলে এ দোষ দেখা দেয়। সাধারণত প্রাথমিক লেপনে প্রয়োজনানুপাতে তেল ব্যবহার না করলে এ অবস্থার সৃষ্টি হতে পারে।

৬। **ফেডিং বা বিবর্ণ হওয়া (Fading) ঃ** রং করা পৃষ্ঠ সূর্যালোকে থাকলে ধীরে ধীরে পেইন্টের বর্ণ (Colour) ফ্যাকাশে হয়ে যাওয়ার ফলে এ দোষ দেখা দেয়।

৭। **ফ্লেকিং (Flaking) ঃ** এ দোষের দরুণ রং করা পৃষ্ঠের অংশবিশেষ ঝরে পড়ে অথবা আলগা হয়ে যায়। এটা রঙের দ্রবণের দুর্বল আসঞ্জনের (Poor adhesion) ফলে হয়ে থাকে।

৮। **ওয়াশিং (Washing) ঃ** যদি রঙের দ্রবণে পানিতে দ্রবণীয় রঙের উপাদান ব্যবহার করা হয় তবে রং পানিতে ধুয়ে যায়। এতদভিন্ন বায়ুতে SO_2 থাকলে ভাল রঙেও দোষ দেখা দিতে পারে।

৯। **ফ্লাশিং (Flashing) ঃ** রং করা পৃষ্ঠের অংশবিশেষে রঙের বিশেষ আভা দেখা যায়। রংমিস্ত্রির অদক্ষতা বা নিকৃষ্ট মানের পেইন্ট (Paint) ব্যবহার বা আবহক্রিয়ায় এ দোষ দেখা দেয়।

১০। **গ্রীনিং (Grinning) ঃ** রঙের চূড়ান্ত কোটে (Final coat) পর্যাপ্ত অস্বচ্ছতা সৃষ্টি করতে ব্যর্থ হলে এ দোষ সৃষ্টি হয় এবং মূল পৃষ্ঠই (Background) স্পষ্ট দেখা যায়।

১১। **রানিং (Running) ঃ** খুব মসৃণ পৃষ্ঠে রং করলে এ ত্রুটি দেখা দেয়। এ ত্রুটির ফলে রং করা পৃষ্ঠে রংহীন ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ফাঁকা অংশ থাকে।

১২। **ম্যাপনিফিকেশন (Saponificaiton) ঃ** এ দোষের ফলে রং করা পৃষ্ঠে সাবানের দাগের মতো দাগ পড়ে। ক্ষারজাতীয় পদার্থের উপস্থিতিতে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এরূপ দাগ পড়ে।

১৩। **এলিগেটরিং (Alligatoring) ঃ** একস্তর রঙের উপর আরেক স্তর রং আঁকড়ে না ধরলে এ দোষ দেখা দেয়। শক্ত রঙের উপর নরম রং বা নরম রঙের উপর শক্ত রং ব্যবহার করলে এ অবস্থার সৃষ্টি হয়। তাই রং লেপনকালে সকল কোটে (Coat) রঙের দ্রবণের বৈশিষ্ট্য সদৃশ থাকা বাঞ্ছনীয় এবং এক কোট শুষ্ক হওয়ার পর অপর কোট রং প্রয়োগ করতে হয়।

১৪। **চকিং (Chalking) ঃ** রঙের দ্রবণে যে তেল থাকে তা প্রাকৃতিক বা রাসায়নিক পরিবর্তনের কারণে পূর্ণ বা আংশিকভাবে নষ্ট হয়ে গেলে এ দোষ দেখা দেয়।

অনুশীলনী-৯

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **রং বা পেইন্ট (Paint) কী?**

উত্তর ঃ মূল উপাদান, বাহন, শুষ্কীকর, রঞ্জক ও দ্রাবকের মিশ্রিত দ্রবণই রং বা পেইন্ট (Paint)।

২। **বার্নিশ কী?**

উত্তর ঃ রজন, শুষ্কীকর ও দ্রাবকের দ্রবণকে বার্নিশ বলে।

৩। **কী কী সামগ্রী রং বা পেইন্ট এর মূল উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর ঃ রং বা পেইন্ট এর মূল উপাদান হিসাবে হোয়াইট লেড, জিঙ্ক হোয়াইট, আয়রন অক্সাইড, গ্রাফাইট, লিথোপেন, অ্যান্টিমনি হোয়াইট ইত্যাদির মিহি পাউডার ব্যবহৃত হয়।

৪। **বার্নিশের মূল উপাদানগুলো কী কী?**

উত্তর ঃ বার্নিশের মূল উপাদানগুলো হল ঃ

(ক) রজন (গালা, কোপাল, ম্যাস্টিক ইত্যাদি)

(খ) শুষ্কীকর (লেড, জিঙ্ক, কোবাল্ট ইত্যাদি)

(গ) দ্রাবক (তারপিন, স্পিরিট, ন্যাপথা ইত্যাদি)

৫। **রং (পেইন্ট) এর প্রয়োজনীয় উপাদানগুলো কী কী?**

উত্তর ঃ রঙের প্রয়োজনীয় উপাদানগুলো হল ঃ

(ক) মূল উপাদান

(খ) বাহন

(গ) শুষ্কীকর

(ঘ) রঞ্জক

(ঙ) দ্রাবক।

৬। রং (পেইন্ট)-এ বাহন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর রং বা পেইন্ট এর যে তরল উপাদান অন্যান্য উপাদানকে ধারণ করে, তাই বাহন। তিসির তেল একটি উত্তম বাহন।

৭। রং (পেইন্ট)-এ ব্যবহৃত ৪টি কৃত্রিম সামগ্রীর নাম লেখ।

উত্তর রঙে বা পেইন্টে ব্যবহৃত চারটি কৃত্রিম সামগ্রীর নাম নিম্নরূপ ঃ

(ক) পলিভিনাইল অ্যাসিটেট

(খ) স্টাইরিন

(গ) ইথাইল অ্যাসিটেট

(ঘ) অ্যাক্রাইলেট।

৮। ডিসটেম্পার কেন স্ট্রাকচার/কাঠামোর বাহিরে ব্যবহার করা হয় না?

উত্তর ডিসটেম্পার একটি জলরং, তাই পানিতে ধুয়ে যায় বিধায় কাঠামোর বাহিরে ব্যবহার করা হয় না।

৯। পেইন্টে কী কী শুষ্কীকর উপাদান ব্যবহৃত হয়?

উত্তর পেইন্টে লেড মনোক্সাইড, লেড অ্যাসিটেট, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, জিংক সালফেট ইত্যাদি শুষ্কীকরণ উপাদান হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

১০। অ্যালুমিনিয়াম পেইন্ট কোথায় ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সাধারণ অ্যালুমিনিয়াম পেইন্ট সামুদ্রিক পায়ার, তেল সঞ্চয় ট্যাংক, রেডিয়েটর, গরম জলের পাইপ ইত্যাদিতে ব্যবহার করা হয়।

১১। তৈরি রং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর রঙের উপাদানগুলোর সঠিক আনুপাতিক মিশ্রণের উপর রঙের গুণাগুণ ও কার্যকারিতা নির্ভর করে বিধায় দক্ষ অভিজ্ঞ প্রস্তুতকারকের তত্ত্বাবধানে প্রস্তুতকৃত পেইন্ট বাজারে পাওয়া যায়। এগুলোকে তৈরি রং বলা হয়। তৈরি রং প্রস্তুতকারকের নির্দেশিত নিয়ম মেনে ব্যবহার করতে হয়।

১২। বিভিন্ন ধরনের বার্নিশের নাম লেখ।

উত্তর বিভিন্ন ধরনের বার্নিশের নাম নিম্নে দেয়া হল ঃ

(ক) তেল বার্নিশ (খ) স্পিরিট বার্নিশ (গ) তার্পিন বার্নিশ ও (ঘ) পানি বার্নিশ।

১৩। রং প্রলেপনের পর রং করা পৃষ্ঠে ফোসকা পড়ে কেন?

উত্তর রং প্রলেপনের নিচে বুদবুদ সৃষ্টি হলে বা আর্দ্র পৃষ্ঠের উপর রং করলে ব্যবহার করা পৃষ্ঠে ফোসকা পড়ে।

১৪। প্লাস্টিক পেইন্টের ব্যবহারক্ষেত্র লেখ।

উত্তর প্লাস্টিক পেইন্ট শো-রুম, ডিসপ্লে রুম, অডিটোরিয়াম, বাসগৃহ, অফিস বিল্ডিং ইত্যাদির দেওয়াল ও সিলিং ইত্যাদিতে ব্রাশ দিয়ে লেপন করে বা স্প্রে গান দিয়ে স্প্রে করে রং করা হয়।

১৫। চকিং কী?

উত্তর পেইন্টের দ্রবণে মিশ্রিত তেল কোন কারণে আংশিক বা সম্পূর্ণভাবে নষ্ট হয়ে গেলে চকিং দেখা দেয়।

১৬। পানি বার্নিশ কীভাবে তৈরি করা হয়?

উত্তর অ্যামোনিয়া, বোরাক্স, পটাশ, সোডা এর মধ্যে যে কোন একটি গালাসহ গরম পানিতে মিশিয়ে পানি বার্নিশ তৈরি করা হয়।

১৭। স্প্রে রং কোথায় ব্যবহৃত হয়?

উত্তর স্প্রে রং মোটরগাড়ি, বিমান ও সৌন্দর্যবর্ধক ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

১৮। **রঙের মাঝে কী প্রয়োজনে রঞ্জক ব্যবহার করা হয়?**

উত্তর রঙের মাঝে বর্ণ দানের জন্য রঞ্জক ব্যবহার করা হয়।

১৯। **রং কেন ব্যবহার করা হয়?**

উত্তর নির্মাণকাঠামোকে বিশেষ করে ধাতব ও কাঠনির্মিত কাঠামোর পৃষ্ঠকে আবহক্রিয়ার বিরূপ প্রভাব হতে, কীটপতঙ্গের আক্রমণ হতে এবং হালকা ঘর্ষণ ক্রিয়ার হাত হতে রক্ষা করা এবং দৃষ্টিনন্দন শোভাবর্ধনের জন্য রং (Paint) ব্যবহার করা হয়।

২০। **জলরং কোথায় ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর জলরং সাধারণত কক্ষ অভ্যন্তরের দেয়ালে, সিলিং-এ ব্যবহৃত হয়।

২১। **রং করা পৃষ্ঠ ফেডিং হয় কেন?**

উত্তর রং করা পৃষ্ঠ সূর্যালোকে থাকলে তা ধীরে ধীরে ফেডিং হয়ে যায়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **রং (পেইন্ট) ও বার্নিশ এর সংজ্ঞা লেখ।**

উত্তর **রং ঃ** মূল উপাদান (Base), বাহন (Vehicle), শুষ্কীকর (Drier), রঞ্জক (Pigments) ও দ্রাবক (Solvent or thiner) মিশ্রিত দ্রবণই 'রং' বা পেইন্ট (Paint)। সচরাচর 'রং' (Paint) বলতে তেলরং বা অয়েল পেইন্ট (Oil paint) কে বুঝায়।

বার্নিশ ঃ রজন (Resin) বা রজনজাতীয় সামগ্রী, শুষ্কীকর (Drier) ও দ্রাবক (Solvent) এর দ্রবণকে বার্নিশ (Varnish) বলা হয়। সচরাচর গৃহের কাঠনির্মিত আসবাবপত্রের পৃষ্ঠে বার্নিশের লেপন দেয়া হয়। এতে কাঠের প্রকৃত রূপ প্রদর্শিত হয়। সূর্যকিরণ লাগে বা বৃষ্টিতে ভেজে এরূপ ক্ষেত্রে বার্নিশ না করাই উত্তম।

২। **রঙের প্রয়োজনীয় উপাদানগুলো কী কী এবং এর মাঝে কী প্রয়োজনে রঞ্জক ব্যবহার করা হয়?**

উত্তর নিম্নে রঙের প্রয়োজনীয় উপাদানের তালিকা দেয়া হল ঃ

(ক) মূল উপাদান (Base) ঃ

যেমন– হোয়াইট লেড, জিঙ্ক হোয়াইট, আয়রন অক্সাইড, গ্রাফাইট, লিথোফোন, অ্যান্টিমনি হোয়াইট ইত্যাদির মিহি পাউডার।

(খ) বাহন (Vehicle) ঃ

যেমন– তিসির তেল, বাদাম তেল, সয়াবিন তেল, টাংগ অয়েল, ক্যাস্টর অয়েল ইত্যাদি।

(গ) শুষ্কীকর (Drier) ঃ

যেমন– লেড মনোক্সাইড, লেড অ্যাসিটেট, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, জিঙ্ক সালফেট, ম্যাঙ্গানিজ সালফেট ইত্যাদির মিহি পাউডার।

(ঘ) দ্রাবক (Solvent or Thinner) ঃ

যেমন– তার্পিন তেল, দ্রবণীয় ন্যাপথা ইত্যাদি।

(ঙ) রঞ্জক (Pigments) ঃ

যেমন– হোয়াইট লেড, ব্লু লেড, ক্রোম গ্রিন, ক্রোম ইয়েলো, আম্বর, রেড লেড, কার্বন ব্লাক ইত্যাদির মিহি পাউডার। রঙে কাঙ্ক্ষিত বর্ণ দেয়াই রঞ্জকের কাজ।

৩। **রঙের মূল উপাদানের (Base) কার্যাবলি লেখ।**

উত্তর রঙের মূল উপাদান পেইন্টিং করা পৃষ্ঠে (i) অস্বচ্ছ আবরণ সৃষ্টি (ii) পৃষ্ঠের উজ্জ্বলতা বৃদ্ধি (iii) টেকসই পাতলা ঘর্ষণ প্রতিরোধী পৃষ্ঠ সৃষ্টি (iv) শুকানোর কালে ফাটল সৃষ্টিতে বাধাদান (v) পৃষ্ঠের ছিদ্র বন্ধকারী ও বাঁধন সৃষ্টি ও (vi) লেপনে সহায়তা করে। সচরাচর হোয়াইট লেড, রেড লেড, জিঙ্ক হোয়াইট, আয়রন অক্সাইড, গ্রাফাইট ইত্যাদি রঙের মূল উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

৪। **PVCN সম্পর্কে সংক্ষেপে লেখ।**

উত্তর: রঙের স্থায়িত্ব বা দ্যুতি রঙে মিশ্রিত রঞ্জকের আয়তন এবং অনুদ্বায়ী বাহন ও রঞ্জকের আয়তনের সমষ্টির অনুপাতের উপর বিশেষভাবে সম্পর্কীত। এ অনুপাতকে পিগমেন্ট ভলিউম কনসেনট্রেশন নম্বর (P.V.C.N) বলা হয়। একে (P.V.C.N) নিম্নের সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা হয়ঃ

$$PVCN = \frac{V_1}{V_1 + V_2}$$

এখানে, V_1 = রঙে পিগমেন্ট বা রঞ্জকের আয়তন

V_2 = রঙে অনুদ্বায়ী তরলের আয়তন।

রঙের স্থায়িত্ব ও দ্যুতি PVCN এর সাথে উল্টা সমানুপাতিক অর্থাৎ PVCN বেশি হলে রং দুর্বল হবে।

৫। **ডিসটেম্পার কী? এগুলো কোথায় ব্যবহার করা হয়?**

উত্তর: ডিসটেম্পার এক ধরনের জলরং। এতে দ্রাবক হিসেবে পানি ও তেল এবং মূল উপাদান (Base) হিসেবে গ্লু বা রজন ব্যবহৃত হয়। এগুলোর সাথে ঈপ্সিত রঞ্জন (Pigment) সহযোগে ডিসটেম্পার তৈরি করা হয়। এগুলো দু রকমের হতে পারে, যথা—

(ক) তেল ডিসটেম্পার ঃ এটা পেস্টের মতো হয়ে থাকে এবং ব্যবহার কালে পানি মিশিয়ে নিতে হয়।

(খ) সাধারণ ডিসটেম্পার ঃ এগুলো পাউডার আকারে থাকে এবং ব্যবহারের পূর্বে প্রস্তুতকারকের নির্দেশমতো পানি মিশিয়ে নিতে হয়। ডিসটেম্পার পানিতে ধুয়ে যায়, তাই কাঠামোর উন্মুক্ত পৃষ্ঠে ব্যবহৃত হয় না।

ব্যবহার (Uses) ঃ কক্ষের অন্তঃপৃষ্ঠে ও সৌন্দর্যবর্ধক কাজে ডিসটেম্পার ব্যবহৃত হয়।

৬। **বার্নিশের মূল উপাদানগুলোর কাজ কী?**

উত্তর: বার্নিশের মূল উপাদানগুলোর কাজ নিচে দেয়া হল ঃ

(ক) রজন ঃ রজন প্রলেপিত পৃষ্ঠে (i) স্বচ্ছ আবরণ সৃষ্টি (ii) পৃষ্ঠের উজ্জ্বলতা বৃদ্ধি (iii) টেকসই পাতলা ঘর্ষণ প্রতিরোধী পৃষ্ঠ সৃষ্টি (iv) শুকানোর পর পৃষ্ঠে ফাটল সৃষ্টিতে বাধাদান (v) পৃষ্ঠের ছিদ্র বন্ধ ও বাঁধন সৃষ্টি ও (vi) প্রলেপনে সহায়তা করে।

(খ) দ্রাবক ঃ দ্রাবক (i) বার্নিশের উপাদানগুলো ধারণ করে (ii) রজন ও শুষ্কীকরকে মিশতে সহায়তা করে (iii) রজন ও শুষ্কীকরের মধ্যে বন্ধন ও সমভাবে প্রলেপনে সহায়তা করে (iv) প্রলেপিত পৃষ্ঠের ছিদ্রে রজন প্রবেশের সহায়তার মাধ্যমে পানি অভেদ্য ও অশোষ্য পৃষ্ঠ তৈরিতে সহায়তা করে এবং (v) শুকানোর পর স্থিতিস্থাপক পৃষ্ঠ সৃষ্টি করে।

(গ) শুষ্কীকর ঃ শুষ্কীকর (i) বার্নিশ শুকাতে সহায়তা করে (ii) স্থায়িত্ব বাড়ায় (iii) বার্নিশের আয়তন বৃদ্ধি করে খরচ কমায় (iv) বার্নিশের ওজনের উন্নয়ন ঘটায় এবং (v) পরিমিত মাত্রায় ব্যবহারে সংকোচন ও ফাটল রোধ করে।

৭। **রঙে বাহনের কাজ সংক্ষেপে লেখ।**

উত্তর: রঙে বাহন (i) রঙের সকল উপাদান ধারণ করে (ii) মূল উপাদান ও রঞ্জককে মিশতে এবং সমবর্ণের মিশ্রণ তৈরিতে সহায়তা করে (iii) রঙের সকল উপাদানের মধ্যে বন্ধন সৃষ্টি করে (iv) বস্তু বা কাঠামো পৃষ্ঠে সমভাবে লেপনের সুযোগ দান করে (v) লেপিত পৃষ্ঠের ছিদ্রে প্রবেশ করে অভেদ্য পৃষ্ঠ তৈরিতে সহায়তা করে (vi) শুকানোর পর স্থিতিস্থাপক ও পানি অশোষ্য স্তর সৃষ্টি করে।

৮। **ভাল বার্নিশের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর: নিম্নে উত্তম বার্নিশের বৈশিষ্ট্যগুলো দেয়া হল ঃ

(ক) বার্নিশ দ্রুত শুকাবে।

(খ) এটি শুকানোর ফলে সৃষ্ট সংরক্ষাকারী আস্তরণ শক্ত, ক্ষয়রোধী, স্থায়িত্বশীল হবে।

(গ) এর প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠ সমপ্রকৃতির এবং দৃষ্টিনন্দিত হবে।

(ঘ) এর প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠকে উজ্জ্বল চকচকে দেখাবে।

(ঙ) এর পর্যাপ্ত স্থিতিস্থাপকতা গুণ থাকবে এবং শুকানো কালে কোন সংকোচন বা ফাটল দেখা দেবে না।

(চ) সময় অতিক্রান্তের সাথে এটা বিবর্ণ হবে না।

(ছ) এটা প্রয়োগ পৃষ্ঠের মূল সামগ্রীর প্রকৃত রূপ প্রদর্শন করবে।

(জ) এটা আবহাওয়ারোধী হবে।

৯। **রং ও বার্নিশের মধ্যে তুলনামূলক পার্থক্য লেখ।**

উত্তর ঃ নিচে রং ও বার্নিশের পার্থক্য দেয়া হল ঃ

রং	বার্নিশ
১। রঙের উপাদানগুলো হল– মূল উপাদান বাহন, রঞ্জক, দ্রাবক ও শুষ্কীকর।	১। বার্নিশের উপাদানগুলো হল– রজন, দ্রাবক ও শুষ্কীকরণ।
২। রং যে কোন ঈপ্সিত বর্ণের হতে পারে।	২। বার্নিশ বর্ণহীন।
৩। রং অস্বচ্ছ।	৩। বার্নিশ স্বচ্ছ।
৪। রং প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠের প্রকৃত রূপ প্রদর্শন করে না।	৪। বার্নিশ প্রয়োগকৃত পৃষ্ঠে প্রকৃত রূপ প্রদর্শন করে।
৫। রং করা পৃষ্ঠ আলোর প্রতিফলন ঘটায় না।	৫। বার্নিশ করা পৃষ্ঠ আলোর প্রতিফলন ঘটায়।
৬। রং করা পৃষ্ঠের উপর বার্নিশ করা যায়।	৬। বার্নিশ করা পৃষ্ঠের উপর রং করা যায় না।
৭। রং প্রলেপিত পৃষ্ঠ উজ্জ্বল চকচকে দেখায় না।	৭। বার্নিশ করা পৃষ্ঠ উজ্জ্বল চকচকে দেখায়।
৮। রং করা পৃষ্ঠ সম্পূর্ণরূপে পানি অশোষ্য নয়।	৮। বার্নিশ করা সম্পূর্ণরূপে পানি অশোষ্য।
৯। সচরাচর কাঠ ও ধাতব সামগ্রীর পৃষ্ঠে রং করা হয়।	৯। সাধারণত কাঠের আসবাবপত্রের পৃষ্ঠে বার্নিশ করা হয়।

১০। **তৈরি রং বা রেডিমেইড পেইন্ট (রং) এবং সাধারণ পেইন্ট (রং) বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ **তৈরি রং বা রেডিমেইড পেইন্ট ঃ** ব্যবহারকারী চাহিদা অনুযায়ী বিভিন্ন রং প্রস্তুতকারক প্রতিষ্ঠান বিভিন্ন বর্ণ, ধরন, মান ও গুণাগুণসম্পন্ন কৌটাজাত রং বাজারে সরবরাহ করে থাকে। অভিজ্ঞ রং প্রস্তুতকারকের তত্ত্বাবধানে প্রস্তুতকৃত বাজারজাত করা যথাযথ গুণ ও মানসম্পন্ন কৌটাজাত এ সকল রংকে তৈরি রং বা রেডিমেইড পেইন্ট (ready-made paint) বলা হয়। এগুলো ব্যবহারের নির্দেশাবলি কৌটার সাথে সরবরাহ করা হয়।

সাধারণ রং ঃ স্থানীয়ভাবে কার্যক্ষেত্রে রঙের চাহিদা পূরণে রঙের বিভিন্ন উপাদান মিশিয়ে যে রং তৈরি করা হয়, এগুলোকে সাধারণ রং বলা হয়।

১১। **এনামেল পেইন্ট এর সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর ঃ এনামেল পেইন্ট ধাতুর অক্সাইড (হোয়াইট লেড, জিঙ্ক হোয়াইট) তেল, পেট্রোলিয়াম স্পিরিট ও রজন সামগ্রীর সমন্বয়ে তৈরি। এগুলো ধীরে শুকায় কিন্তু শুকানোর পর শক্ত, অশোষ্য, উজ্জ্বল, স্থিতিস্থাপক মসৃণ পৃষ্ঠ তৈরি করে। বাজারে বিভিন্ন বর্ণের এ জাতীয় পূর্বে তৈরি (Ready made) রং পাওয়া যায়। এগুলোর রং করা পৃষ্ঠ অম্ল, ক্ষার, অগ্নি ও বাষ্পে আক্রান্ত হয় না।

ব্যবহার (Uses) ঃ দরজা-জানালা, ধাতুর গ্রিল, ডেক, সিঁড়ি ইত্যাদিতে এনামেল পেইন্ট ব্যবহৃত হয়।

১২। **বার্নিশের ব্যবহারক্ষেত্র লেখ।**

উত্তর ঃ কাঠ, লোহা, ইস্পাত ইত্যাদি নির্মাণসামগ্রীকে আবহক্রিয়া ও ঈষৎ ঘর্ষণ ইত্যাদির হাত হতে সংরক্ষার জন্য বার্নিশ ব্যবহৃত হয়। কাঠের আসবাবপত্র ইত্যাদিতে কাঠের আঁশের প্রকৃত রূপ প্রদর্শন, অশোষ্য ও মসৃণ পৃষ্ঠ সৃষ্টির জন্য বার্নিশ ব্যবহৃত হয়। এতদভিন্ন রং করা পৃষ্ঠের ঔজ্জ্বল্য প্রদর্শন ও পৃষ্ঠকে সংরক্ষার জন্য বার্নিশ করা হয়।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। রং ও বার্নিশের মধ্যে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। উত্তম রং বা পেইন্ট এর বৈশিষ্ট্যগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। রং (পেইন্ট) এর প্রয়োজনীয় উপাদানগুলোর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। রং লেপন কাজে (Painting) ত্রুটিগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৫.১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। বিভিন্ন ধরনের পেইন্টের পরিচিতি ও ব্যবহারক্ষেত্র লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.২ নং দ্রষ্টব্য।

৬। তেল বার্নিশ ও স্পিরিট বার্নিশ এর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ডিসটেম্পারের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.২ নং দ্রষ্টব্য।

৮। বার্নিশ কী এবং কোথায় ব্যবহৃত হয়? উৎকৃষ্ট বার্নিশের বৈশিষ্ট্যগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৯। বিভিন্ন ধরনের পেইন্টের ব্যবহারক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.২ নং দ্রষ্টব্য।

১০। রং লেপনে দোষত্রুটিগুলোর বিস্তারিত বিবরণ দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৫১ নং দ্রষ্টব্য।

১১। রঙের প্রস্তুতপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.১ নং এর শেষাংশ দ্রষ্টব্য।

১২। বিভিন্ন ধরনের রং প্রয়োগের পদ্ধতিগুলো উদ্ধৃত কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৫ নং নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-১০

প্লাস্টিক
(Plastic)

১০.১ প্লাস্টিক এর সংজ্ঞা (Definition of plastic) ঃ

যে সকল সামগ্রীর উপর বাইরের চাপ বা শক্তি প্রয়োগ করলে আকার-আকৃতির পরিবর্তন ঘটে এবং চাপ অবমুক্তির পরও পূর্ব অবস্থায় ফিরে আসে না, বস্তুর যান্ত্রিক গুণাবলির দিক হতে ঐ সকল সামগ্রীই মূলত প্লাস্টিক সামগ্রী। উপাদানের দিক হতে অন্যান্য উপাদান যেমন অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেনসহ কার্বনের, যৌগসমূহ (compounds of carbon)-ই প্লাস্টিক। নির্মাণসামগ্রীর মধ্যে প্লাস্টিক একটি অন্যতম নির্মাণ উপকরণ। ডক্টর ব্যাকলেন্ড ১৯০৯ সালে সর্বপ্রথম ফেনল ফরমালডিহাইড (Phenol formaldehyde) রজন আবিষ্কার করেন। ফেনল ফরমালডিহাইডের সাথে সামান্য পরিমাণ ক্ষার ও অম্লজাতীয় পদার্থ মিশিয়ে উত্তপ্ত করে চাপ প্রয়োগে শক্ত করা হয়। এ উৎপন্ন দ্রব্য ব্যাকেলাইট নামে পরিচিত। এটা এক ধরনের প্লাস্টিক। উচ্চ আণবিক ওজনের প্রাকৃতিক বা কৃত্রিম জৈব যৌগ রজনকে তুলনামূলক মধ্যম মানের তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে চাপ দিয়ে ঠান্ডা করলে যে সামগ্রী পাওয়া যায়, তাই প্লাস্টিক (Plastics) বা প্লাস্টিক সামগ্রী (Plastic materials)। প্রকৃতপক্ষে, প্লাস্টিক উচ্চ আণবিক ওজন (High-molecular weight)-সম্পন্ন পদার্থ। এগুলোকে পলিমার (Polymer) বলা হয়। পলিমার গ্রিক শব্দ, যার অর্থ অনেক একক। অনেকগুলো ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অণুর সমন্বয়ে যখন একটিমাত্র বৃহৎ অণুর সৃষ্টি হয়, তখন তাকে **পলিমার** (Polymer) বলে। যে পদ্ধতিতে পলিমার তৈরি করা হয়, তাকে **পলিমারাইজেশন** (Polymerization) বলে। যে সকল ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অণুর সমন্বয়ে পলিমার তৈরি, তাদেরকে **মনোমার** (Monomer) বলে। ফাইবার (Fiber), রাবার (Rubber), প্লাস্টিক (Plastic) এরা সকলেই পলিমার। প্লাস্টিকের বিভিন্ন গুণাবলির [বিচিত্র বর্ণ, উৎকৃষ্ট অন্তরণ (Insulation) ধর্ম, সংযোগ সরলতা, ব্যবহারজনিত ক্ষয়রোধিতা, লঘু ওজন ইত্যাদি] জন্য বর্তমান যুগে প্রকৌশল শিল্পে এগুলো অন্যতম সামগ্রী হিসেবে স্থান দখল করে আছে। এগুলো (ক) রেজিন, গ্লু, আসঞ্জক হিসেবে (খ) সৌন্দর্যবর্ধক সামগ্রী, কেবিনেট, কাপড়, (নাইলন ইত্যাদি) তৈরিতে, (গ) লেমিনেটেড নিরাপত্তা গ্লাস হিসাবে, (ঘ) প্যাকিং (সেলফোন ইত্যাদি) তৈরিতে, (ঙ) পানির ট্যাঙ্ক, পাত্র ইত্যাদি তৈরিতে, (চ) পেইন্ট, ল্যাকার, বার্নিশ এর উপাদান হিসেবে, (ছ) ফটোগ্রাফিক ফিল্ম তৈরিতে, (জ) লেন্স, প্রিজম তৈরিতে, (ঝ) প্যানেলিং, গিয়ার কাপলিং ও অনুরূপ কাজে ব্যবহৃত হয়।

১০.২ প্লাস্টিক তৈরির কাঁচামাল (Raw materials for plastic) ঃ

নিচে প্লাস্টিক তৈরির কাঁচামালগুলোর তালিকা দেয়া হল ঃ

(ক) ফরমালডিহাইড (Formaldehydes, H-CHO)

(খ) ফেনল (Phenol, C_6H_5OH)

(গ) ইউরিয়া (Urea, $H_2N\text{-}CO\text{-}NH_2$)

(ঘ) ভিনাইল ক্লোরাইড (Vinyl chloride, $CH_2 = CHCl$)

(ঙ) ভিনাইল অ্যাসিটেট (Vinyl acetate, $CH_2 = C\text{-}COOCH_3$)

(চ) সেলুলোজ [Cellulose, $(C_6H_{10}O_5)$ n]

(ছ) স্টাইরিন (Styrene, $CH_2 = C_6H_5CH$)

(জ) প্রোপাইলিন (Propylene, C_3H_6)

(ঝ) ইথিলিন (Ethylene, C_2H_2)

(ঞ) মেলামাইন (Melamine, $C_3H_6N_6$)।

এ সকল কাঁচামালের জন্য মূল উপাদান হিসেবে কয়লা, চুন, পেট্রোলিয়াম গ্যাস, লবণ, পানি, বায়ু, ফেলসপার, সিলিকা, গন্ধক, উদ্ভিদজাত দ্রব্য (বাদামের খোসা, তুলা, তুষ, খড়, কাঠ, গাছের পাতা, ছেঁড়া কাপড়, ইত্যাদি) ব্যবহৃত হয়।

মূল কাঁচামালগুলোর সংক্ষিপ্ত পরিচিতি ঃ

(ক) ফরমালডিহাইড ঃ এগুলো বর্ণহীন ঝাঁঝালো গন্ধের গ্যাস। এগুলো তামা, রুপা ইত্যাদি ধাতব পদার্থের উপস্থিতিতে মিথাইল অ্যালকোহল বা মিথাইলিন জারিত করে তৈরি করা হয়। ফেনল, ইউরিয়া, মেলামাইন ইত্যাদি ফরমালডিহাইডের সাথে পলিমারাইজেশনের মাধ্যমে প্লাস্টিক তৈরি হয়। এগুলোর স্ফুটনাঙ্ক ২১০° সে.।

(খ) ফেনল ঃ এগুলো পানিতে দ্রবণীয় কিন্তু ক্ষারে দ্রবণীয় নয়। এগুলো জৈব রাসায়নিক পদার্থ। এগুলো ইউরিয়া ফরমালডিহাইড তৈরিতে ও রজন শিল্পে ব্যবহৃত হয়। এগুলোর গলনাঙ্ক ৪৩° সে. এবং স্ফুটানাঙ্ক ১৮৩° সে.।

(গ) ইউরিয়া ঃ এগুলো পানিতে দ্রবণীয় কিন্তু ক্ষারে দ্রবণীয় নয়। এগুলো জৈব রাসায়নিক পদার্থ। ইউরিয়া ফরমালডিহাইড তৈরিতে এগুলো ব্যবহার করা হয়।

(ঘ) ভিনাইল ক্লোরাইড ঃ এগুলো এক ধরনের গ্যাস, যা বরফ মিশ্রণে তরল করা যায়। অ্যাসিটিলিনের ভিতর দিয়ে শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রবাহিত করলে ভিনাইল ক্লোরাইড পাওয়া যায়। এগুলো হতে পলিভিনাইল ক্লোরাইড তৈরি করা হয়।

(ঙ) ভিনাইল অ্যাসিটেট ঃ অ্যাসিটিক এসিডের ভিতর দিয়ে অ্যাসিটিলিন গ্যাস প্রবাহিত করলে ভিনাইল অ্যাসিটেট পাওয়া যায়। পলিমারাইজেশনের মাধ্যমে এগুলো হতে পলিভিনাইল অ্যাসিটেট উৎপাদন করা যায়। এগুলো স্বাভাবিক তাপমাত্রায় তরল অবস্থায় থাকে।

(চ) সেলুলোজ ঃ এগুলো উদ্ভিদ কোষে পাওয়া যায়। কাঠ, তুলা ও অন্যান্য আঁশযুক্ত উদ্ভিদ উপকরণই এগুলোর প্রধান উৎস। কাগজ, পাল্প, কৃত্রিম রেশম তৈরিতে এগুলো বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

(ছ) স্টাইরিন ঃ এগুলো তেল ও আলকাতরার উপাদান। এগুলো অ্যালকোহল ও ইথারে দ্রবণীয়। এগুলো রাবার ও পলিস্টারিন তৈরির কাজে ব্যবহৃত হয়। এগুলোর স্ফুটনাঙ্ক ১৪৫° সে.।

(জ) প্রোপাইলিন ঃ এগুলো বর্ণহীন গ্যাস। এগুলো প্রধানত অ্যাসিটন পরিষ্কারক, লুব্রিক্যান্ট ও প্লাস্টিক তৈরির কাজে ব্যবহৃত হয়। এগুলোর স্ফুটনাঙ্ক ১৮৫° সে. এবং গলনাঙ্ক ১৪৮° সে.।

(ঝ) ইথিলিন ঃ এগুলো ইথেন ও প্রপেন হতে উৎপন্ন বর্ণহীন গ্যাস। এগুলো পলিথিলিন প্লাস্টিক তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। এগুলোর গলনাঙ্ক ১০৪° সে. এবং স্ফুটনাঙ্ক ১৭০° সে.।

(ঞ) মেলামাইন ঃ এগুলো ক্যালসিয়াম কার্বাইড হতে পাওয়া যায়। এগুলো হতে ইউরিয়া ফরমালডিহাইড, অ্যালকাইড, কেসিং, পলিস্টার ইত্যাদি থার্মোসেটিং প্লাস্টিক তৈরি করা হয়।

১০.৩ প্লাস্টিক এর ধর্ম (Properties of plastics) ঃ

প্লাস্টিক এর ধর্ম বেশ কিছু যোগজ (Additive) সামগ্রীর উপর নির্ভর করে। এ সকল যোগজ সামগ্রী মোল্ডিং কম্পাউন্ড (Moulding compound) নামে পরিচিত। এগুলো প্রাকৃতিক বা কৃত্রিম রজন এর সাথে মিশানো হয়। এ সামগ্রীগুলোর আনুপাতিক হার, তাপমাত্রা ও তৈরি পদ্ধতির উপর প্লাস্টিক এর ধর্মাবলি অনেকাংশে নির্ভর করে। এগুলো হল– (ক) প্রভাবক (খ) পূরক সামগ্রী (গ) কাঠিন্য দানকারী সামগ্রী (ঘ) ডাই অ্যান্ড পিগমেন্ট (ঙ) লুব্রিক্যান্ট (চ) দ্রাবক (ছ) প্লাস্টিসাইজার। নিচে এগুলোর সংক্ষিপ্ত পরিচিতি দেয়া হল ঃ

(ক) প্রভাবক (Catalysts) ঃ এগুলো প্লাস্টিকের পলিমারাইজেশনের রাসায়নিক বিক্রিয়া ত্বরান্বিত করে। এগুলো অ্যাক্সেলারেটর (accelerator) নামেও পরিচিত। যেমন– ইউরিয়া ফরমালডিহাইডের সাথে ইস্টার (ester) প্রভাব হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(খ) পূরক সামগ্রী (Fillers) ঃ এগুলো উৎপাদিত প্লাস্টিকের আয়তন বৃদ্ধি করে মূল্য কমায়, তাপ প্রতিরোধ ক্ষমতা বাড়ায়, আর্দ্রতা শোষণ হ্রাস করে, বৈদ্যুতিক ধর্ম উন্নয়ন করে, টান ও ইম্প্যাক্ট শক্তি বৃদ্ধি করে। পূরক সামগ্রীগুলো রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়, হালকা বর্ণের হওয়া উচিত। সাধারণত অ্যাজবেস্টস, মাইকা, গ্রাফাইট, উড ফ্লাওয়ার, নারিকেলের ছোবড়া ইত্যাদি পূরক সামগ্রী হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(গ) কাঠিন্য দানকারী সামগ্রী (Hardeners) ঃ এগুলো প্লাস্টিককে আকারের স্থায়িত্ব ও কাঠিন্য দান করে। যেমন, থার্মোসেটিং প্লাস্টিকে হেক্সামিথিলিন টেট্রামিন কাঠিন্য দানকারী হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) ডাই অ্যান্ড পিগমেন্ট (Dyes & pigments) ঃ এগুলো প্লাস্টিকে বর্ণদান করে। প্লাস্টিকের বিভিন্ন বর্ণের সামগ্রী তৈরি জন্য ঈপ্সিত বর্ণের রঞ্জক (pigments) ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে যেহেতু শিশু খেলনা ও খাদ্যপাত্র তৈরিতে প্লাস্টিক সচরাচর ব্যবহৃত হয় তাই বিষক্রিয়ামুক্ত রঞ্জক উপাদান ব্যবহার করতে হয় এবং এ বিষয়ে অত্যধিক সতর্ক থাকতে হয়।

(ঙ) লুব্রিক্যান্ট (Lubricants) ঃ প্লাস্টিক বা প্লাস্টিক সামগ্রী ছাঁচ (mould) হতে সহজে অপসারণের জন্য পিচ্ছিলকারক (Lubricants) মোল্ড বা 'প্লাস্টিক মিক্স' ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে পিচ্ছিলকারক নির্বাচনে লক্ষ রাখতে হবে যেন এগুলো কোনক্রমে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ না করে। সাধারণত তেল, মোম, মেটালিক সোপ ইত্যাদি লুব্রিক্যান্ট হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(চ) দ্রাবক (Solvents) ঃ এগুলো পুরো কম্পাউন্ডকে সমসত্ত্ব মিশ্রণ করে এবং কাস্টিং (Casting) ও ফরমিং (Forming) এর সহায়তার জন্য দেয়া হয়। ইস্টার (ester), অ্যালকোহল, পেট্রোলিয়াম এবং কোলটার দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(ছ) প্লাস্টিসাইজার (Plasticizer) ঃ অধিকাংশ প্লাস্টিকের বিভিন্ন যান্ত্রিক ধর্মের যেমন– নমনীয়তা (flexibility), ঘাতসহনীয়তা (Toughness), প্রসার্যতা (Ductility) ইত্যাদি উন্নয়নের জন্য প্লাস্টিসাইজার মেশানো হয়। তা ছাড়া এগুলো প্লাস্টিকে আর্দ্রতারোধী গুণ সৃষ্টি করতে, বৈদ্যুতিক ধর্মের উন্নয়নে ও বর্ণের স্থায়িত্ব দান করতে সহায়তা করে। সাধারণত প্যারাফিন, ন্যাপথলিন ইত্যাদি প্লাস্টিসাইজার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

যেহেতু যোগজ (Additive) সামগ্রীর আনুপাতিক হার, তৈরির তাপমাত্রা ইত্যাদি দিকের উপর প্লাস্টিক এর ধর্মাবলি অনেকাংশে নির্ভর করে, তাই সকল ক্ষেত্রে প্লাস্টিক এর ধর্মাবলি একই ধরনের হয় না। তাই সব ধরনের প্লাস্টিক এর সাধারণ প্রকৌশল ধর্মাবলি নিম্নে উদ্ধৃত করা হল ঃ

(i) প্লাস্টিক সামগ্রী ওজনে হালকা, স্থানান্তর সহজ এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব ১.৩ হতে ১.৪।

(ii) এগুলো অধিকাংশ রাসায়নিক দ্রব্যের সাথে বিক্রিয়া করে না।

(iii) এগুলো ক্ষয়রোধী।

(iv) এগুলো বিদ্যুৎ অপরিবাহী এবং বিদ্যুৎ অন্তরক (insulator)।

(v) এগুলো যে কোন ঈপ্সিত আকার-আকৃতিতে সহজেই ঢালাই (mould) করা যায়।

(vi) এগুলো ঈপ্সিত বর্ণে বা স্বচ্ছ (Transparent) অবস্থায় তৈরি করা যায়।

(vii) এগুলোর অপ্রতিধ্বনিকারী (non-resonant) গুণ আছে।

(viii) এগুলো আর্দ্রতা ও গ্রিজ (greases) প্রতিরোধী।

(ix) এগুলোকে সহজে দীর্ণ, কাটা ও জোড়া দেয়া যায়।

(x) এগুলোর তাপরোধিতার মাত্রা নগণ্য।

১০.৪ থার্মোসেটিং প্লাস্টিক এবং থার্মোপ্লাস্টিক এর বৈশিষ্ট্য (Characteristics of thermosetting plastics & thermoplastics) ঃ

প্লাস্টিকের সাধারণ নির্বাচন অনুযায়ী এগুলো (ক) থার্মোসেটিং (খ) থার্মোপ্লাস্টিক– এ দুই শ্রেণির যে কোন এক শ্রেণিভুক্ত হবেই। থার্মোপ্লাস্টিক তাপে নরম হয় এবং এগুলোকে পুনরায় যে কোন ঈপ্সিত আকার-আকৃতিতে ঢালাই করা যায় এবং এগুলোতে মূল ধর্মাবলি অক্ষুন্ন থাকে। এগুলোর যান্ত্রিকবন্ধন শক্তি হ্রাস পেলে নরম হয় বিধায় এগুলোর তৈরি সামগ্রী নমনীয় হয়। ১৫০° ফাঃ এর অধিক বা ৪০° ফাঃ এর কম তাপমাত্রায় এগুলোর ব্যবহার অনুমোদিত নয়। এগুলো পুনঃপুন ব্যবহারে লাগানো যায়। তাই এগুলোর স্ক্র্যাপের মূল্য আছে। এক্রিলিক রেজিন, সেলুলোজ অ্যাসিটেট, পলিভিনাইল ক্লোরাইড (PVC), পলিইথিলিন ইত্যাদি সচরাচর ব্যবহৃত থার্মোপ্লাস্টিকগুলোর মধ্যে অন্যতম।

থার্মোসেটিং প্লাস্টিক তাপে গলে স্থায়ীভাবে অণুগুলো শক্ত হয়ে যায় তাই পুনরায় গলানো যায় না। এগুলোর স্ক্র্যাপের পুনঃব্যবহার হয় না বিধায় এগুলোর স্ক্র্যাপের মূল্য নাই। সচরাচর ব্যবহৃত থার্মোসেটিং প্লাস্টিকগুলো হল– (ক) মেলামাইন (খ) ফেনল ফরমালডিহাইড রেজিন (ব্যাকেলাইট), (গ) ইউরিয়া ফরমালডিহাইড, (ঘ) ডুরাপ্লেক্স (Duraplex), (ঙ) ইপক্সি (epoxy) রেজিন ইত্যাদি।

নিম্নে থার্মোসেটিং প্লাস্টিক ও থার্মোপ্লাস্টিক এর বৈশিষ্ট্যগুলো উল্লেখ করা হল ঃ

থার্মোসেটিং প্লাস্টিক এর বৈশিষ্ট্য	থার্মোপ্লাস্টিক এর বৈশিষ্ট্য
১। এগুলো একবার উত্তপ্ত করে ঢালাই করার পর পুনরায় উত্তপ্ত করে ঢালাই করা যায় না।	১। এগুলো একবার উত্তপ্ত করে ঢালাই করে ঠান্ডা হওয়ার পর পুনরায় উত্তপ্ত করে ঢালাই করা যায়। পুনঃপুন এরূপ করা যায়।
২। প্রথমবার উত্তপ্ত করলেই এগুলোর গুণাগুণে স্থায়ী পরিবর্তন ঘটে।	২। পুনঃপুন গরম-ঠান্ডা করলে এগুলোর গুণাগুণ পরিবর্তন হয় না।
৩। প্রথমবারের পর আর এগুলো ব্যবহার করা যায় না এবং ভিন্ন ভিন্ন ছাঁচেও ঢালাই করা যায় না।	৩। এগুলো পুনঃপুন ব্যবহার করা যায় এবং ভিন্ন ভিন্ন আকৃতির ছাঁচে (mould) ঢালাই করা যায়।
৪। এগুলো উন্নত মানের প্লাস্টিক।	৪। এগুলো স্বাভাবিক মানের প্লাস্টিক।
৫। এগুলো ছাঁচে ঢালাই এর পর শক্ত হওয়ার সাথে সাথে ছাঁচ হতে তোলা হয়।	৫। এগুলো ছাঁচে ঢালাইয়ের পর শক্ত ও ঠান্ডা হলে ছাঁচ হতে তুলতে হয়।
৬। এগুলোর স্ক্র্যাপের মূল্য নাই।	৬। এগুলোর স্ক্র্যাপের মূল্য আছে।
৭। এগুলোর ঢালাইকরণ অপেক্ষাকৃত জটিল।	৭। এগুলোর ঢালাইকরণ সহজ।
৮। এগুলোকে প্রথমবারে উত্তপ্ত করলেই অণুগুলোর স্থায়ী পরিবর্তন ঘটে।	৮। এগুলো উত্তপ্ত করলে অণুগুলোর অস্থায়ী পরিবর্তন ঘটে।
৯। ফেনল ফরমালডিহাইড, কাস্ট ফেনলিক, পলিস্টার, মেলামাইন ফরমালডিহাইড, অ্যালকাইড ইউরিয়া ফারমালডিহাইড, কেসিন এগুলোর উদাহরণ।	৯। এক্রিলিক, পলিস্টারিন, পলিভিনাইল ক্লোরাইড, পলিইথিলিন নাইলন, সেলুলোজ অ্যাসিটেট, সেলুলোজ অ্যাসিটেট বুটেরেট, সেলুলোজ নাইট্রেট ইত্যাদি এগুলোর উদাহরণ।

১০.৪.১ প্লাস্টিক প্রস্তুত প্রক্রিয়া (Manufacturing process of plastics) ঃ

প্লাস্টিক তৈরির জন্য বিভিন্ন ধরনের কাঁচামাল ব্যবহৃত হয়। আলকাতরা, মোম, প্রাকৃতিক রজন ইত্যাদি সামগ্রী হতে যে সকল প্লাস্টিক তৈরি করা হয়, সেগুলোকে প্রাকৃতিক প্লাস্টিক (Natural plastic) বলা হয়ে থাকে। এগুলো উৎপাদনে খরচ কম হয় বিধায় এগুলো দামেও সস্তা। যেহেতু উৎপাদনকালে এগুলোর গুণগতমান নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব হয় না তাই প্রকৌশল ও অন্যান্য উন্নতমানের কাজে এগুলো তেমন একটা ব্যবহৃত হয় না। তা ছাড়া কার্যক্ষেত্রের চাহিদা ব্যবহারক্ষেত্রের ভিন্নতা, আবহাওয়ার বৈসাদৃশ্যতা ইত্যাদির উপযোগী করে এগুলো তৈরি করা সম্ভব হয় না বিধায় এগুলোর ব্যবহারক্ষেত্রও সীমিত।

কৃত্রিম সামগ্রী যেমন ফরমালডিহাইড, ফেনল, ইউরিয়া, ভিনাইল ক্লোরাইড, ভিনাইল এসিটেট, অ্যাক্রিলিক, সেলুলোজ ইত্যাদি হতে যে সকল প্লাস্টিক তৈরি করা হয়, এগুলোকে কৃত্রিম প্লাস্টিক (synthetic plastic) বলা হয়। এগুলোর উৎপাদন খরচ বেশি হয় বিধায় এগুলো দামেও অধিক। এগুলোর উৎপাদন গুণগতমান নিয়ন্ত্রণ ও উন্নয়ন করা যায়, তাই প্রকৌশল ও অন্যান্য উন্নতমানের কাজে ব্যবহার করা যায়। তা ছাড়া কার্যক্ষেত্রের চাহিদা, ব্যবহারক্ষেত্রের ভিন্নতা, আবহাওয়ার বৈসদৃশ্যতায় টিকে থাকার উপযোগী করে এগুলো তৈরি করা সম্ভব, তাই এগুলোর ব্যবহারক্ষেত্র ব্যাপক বিস্তৃত।

নিচের ছকে প্রাকৃতিক প্লাস্টিক ও কৃত্রিম প্লাস্টিকের তুলনামূলক পার্থক্য দেয়া হল ঃ

তুলনার বিষয়	প্রাকৃতিক প্লাস্টিক	কৃত্রিম প্লাস্টিক
১। কাঁচামাল	১। আলকাতরা, মোম, প্রাকৃতিক রজন ইত্যাদি	১। কয়লা, চুন, পেট্রোলিয়াম, লবণ, পানি, বায়ু, ফেলসপার, সিলিকা, গন্ধক, উদ্ভিজ্জাত দ্রব্য, কৃত্রিম রজন (ফেনল, ইউরিয়া, ফরমালডিহাইড ইত্যাদি)
২। তৈরি খরচ	২। কম	২। বেশি
৩। বাজার মূল্য	৩ কম	৩। বেশি
৪। গুণাগুণ নিয়ন্ত্রণ	৪। সম্ভব হয় না	৪। সম্ভব
৫। গুণগত মান	৫। নিম্ন	৫। উত্তম
৬। চাহিদা	৬। সীমিত	৬। ব্যাপক
৭। প্রকৌশল কাজে ব্যবহার	৭। সীমিত	৭। ব্যাপক

সব ধরনের প্লাস্টিকই 'বহুযোজন' বা পলিমারাইজেশন (Polymerization) নামক রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রস্তুত করা হয়। এতে জৈব পদার্থের একাধিক সাধারণ অণু (monomer) একে অন্যের সাথে মিলিত হয়ে একক অণুতে পরিণত হয়। এ অণুই পলিমার (Polymer)। এর আণবিক ওজন মূল যৌগের আণবিক ওজনের সরলগুণিতক এবং এতে মূল উপাদানের ওজনের কোন হেরফের হয় না।

বিশেষ ক্ষেত্রে 'বহুযোজন' প্রক্রিয়া কালে পানি অপসারণ করা হলে একে ঘনীকরণ বহুযোজন বা কনডেনসেশন পলিমারাইজেশন (Condesation polymerisation) বলা হয়। এতে যদি অন্যান্য সামগ্রীর কমতি না ঘটে তবে এ প্রক্রিয়াকে অতিরিক্ত বা যোগজ (addition) বহুযোজন এবং ভিন্ন দু'টি সামগ্রী বহুযোজিত হলে একে কো-পলিমার (Co-polymer) বলা হয়। ভিনাইল ক্লোরাইড ও ভিনাইল অ্যাসিসেট এর বহুযোজনা কো-পলিমারের উত্তম উদাহরণ।

রজনের সাথে বিভিন্ন অনুপাতে পূরক সামগ্রী (fillers–কাঠের গুঁড়া, কাগজ, অ্যাজবেস্টস, মাইকা, গ্রাফাইট, ছেঁড়া কাপড় ইত্যাদি), প্লাস্টিসাইজার (Plasticizer–ডাইবিউটাইল, ফেথালেট ট্রাই ক্রিসাইল ফসফেট ইত্যাদি), দ্রাবক (Solvents–অ্যালকোহল, পেট্রোলিয়াম, কোলটার স্পিরিট ইত্যাদি) মিশিয়ে প্লাস্টিক প্রস্তুত করা হয়। ক্ষেত্র অনুযায়ী ঈপ্সিত গুণাবলির প্লাস্টিক প্রস্তুতের জন্য এগুলোর সাথে রঞ্জক (Dyes & Pigments–বর্ণের উপাদান), পিচ্ছিলকারক (Lubricants–তেল, মোম, সাবান ইত্যাদি), প্রভাবক (Catalysts–সিলভার, কপার, সালফিউরিক এসিড, অ্যামোনিয়া, নিরপেক্ষ লবণ, ইত্যাদি), কাঠিন্য দানকারী সামগ্রী (Hardeners–হেক্সামিথিলিন, টেট্রামাইন ইত্যাদি), ফোমিং এজেন্ট (Foraming agents–সোডিয়াম বাইকার্বনেট, অ্যামোনিয়াম কার্বনেট ইত্যাদি) মিশিয়ে ঈপ্সিত ধরনের প্লাস্টিক তৈরি করা হয়।

১০.৪.২ প্লাস্টিক সামগ্রীর মোল্ডিং পদ্ধতিসমূহ (Moulding methods of plastic products) ঃ

প্লাস্টিক সামগ্রী তৈরিকরণে সচরাচর দুটি পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়, যথা–

১। মোল্ডিং পদ্ধতি বা ছাঁচে তৈরিকরণ পদ্ধতি (Moulding methods)

(ক) প্রেসার মোল্ডিং (Pressure moulding)

(খ) ইনজেকশন মোল্ডিং (Injection moulding)

(গ) এক্সট্রুশন মোল্ডিং (Extrusion moulding)

(ঘ) ব্লো মোল্ডিং (Blow moulding)

(ঙ) কাস্টিং (Casting)

(চ) ক্যালেন্ডারিং (Calendering)

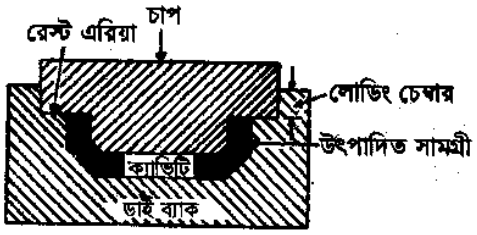
২। লেমিনেশন পদ্ধতি (Lamination Process)

(ক) উচ্চ চাপে লেমিনেটস

(খ) কম চাপে লেমিনেটস।

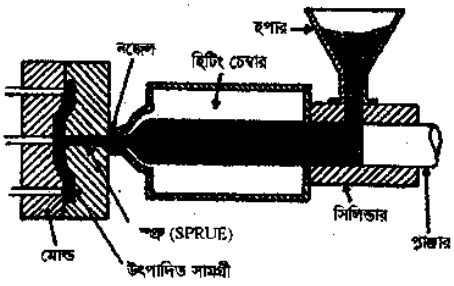
প্লাস্টিক সামগ্রী উৎপাদনে মোল্ডিং পদ্ধতি একটি সহজ ও সচরাচর ব্যবহৃত পদ্ধতি। এ পদ্ধতিতে দানাদার পাউডার আকারের রজন ও প্রয়োজনীয় যোগজ (Additive)-পূরক, প্লাস্টিসাইজার, দ্রাবক, রঞ্জক ইত্যাদি যথাযথ অনুপাতে নিয়ে রোলিং মেশিনে উত্তমরূপে রোলিং করে সমসত্ত্ব মিশ্রণ তৈরি করে একে অমসৃণ শিটে রূপ দেয়া হয় এবং মোল্ডিং এর কাজ সহজকরণের জন্য শিটকে নির্দিষ্ট কণা আকারে চূর্ণ করে নেয়া হয়।

(ক) প্রেসার মোল্ডিং (Pressure moulding) ঃ প্রায় সকল ধরনের থার্মোসেটিং রজন ও কয়েকটি থার্মোপ্লাস্টিক এর ক্ষেত্রে প্রেসার মোল্ডিং উপযোগী। এ পদ্ধতিতে ছাঁচ (mould) কে প্রয়োজনীয় তাপমাত্রায় উত্তাপিত করে ছাঁচের মধ্যে প্রয়োজনমতো প্লাস্টিক পাউডার দিয়ে চাপ প্রয়োগ করে কিছু সময় (১ মিনিট হতে ৫ মিনিট) রাখা হয়। এরপর ছাঁচ হতে সামগ্রী বের করে নেয়া হয়। সামগ্রীকে ব্যবহার উপযোগী করার জন্য প্রয়োজনে কিনারা কেটে, ছেঁটে, পরিষ্কার করে নিতে হয়। তবে লক্ষণীয় যে, থার্মোপ্লাস্টিক এর ক্ষেত্রে ছাঁচ সম্পূর্ণ শীতল হওয়ার পর প্লাস্টিক সামগ্রী তুলতে হয়। [চিত্র ঃ ১০.১ (ক)]



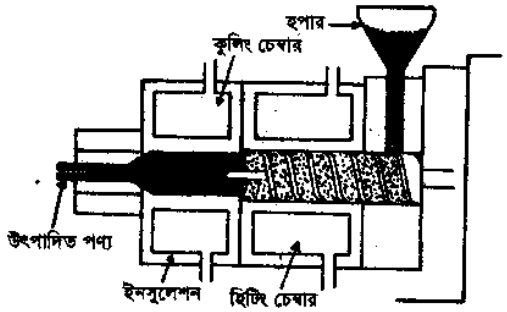
চিত্র ঃ ১০.১ (ক) প্রেসার মোল্ডিং

(খ) ইনজেকশন মোল্ডিং (Injection moulding) ঃ ইনজেকশন মোল্ডিং পদ্ধতিতে পিস্টনের সাহায্যে শীতল ছাঁচে প্লাস্টিক পাউডার দেয়া হয় এবং সামান্য তাপে পাউডারকে নরম করে ঈপ্সিত আকার-আকৃতিতে নেয়া হয়। [চিত্র ঃ ১০.১(খ)]



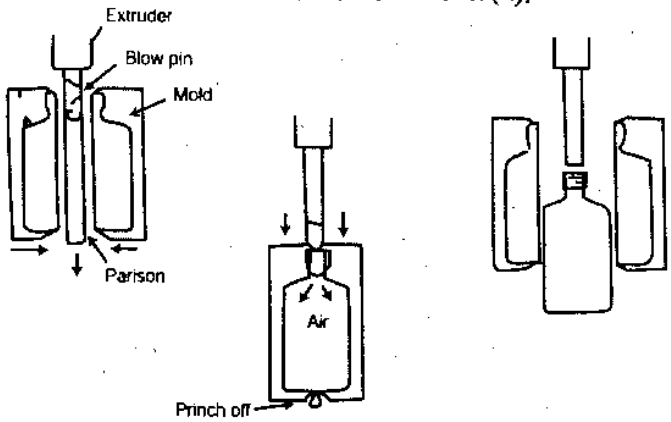
চিত্র ঃ ১০.১ (খ) ইনজেকশন মোল্ডিং

(গ) এক্সট্রুশন মোল্ডিং (Extrusion moulding) ঃ এ পদ্ধতি প্লাস্টিক শিট তৈরি ও বৈদ্যুতিক তারের উপর প্লাস্টিকের অন্তরক দেয়ার জন্য বেশ উপযোগী। এতে থার্মোপ্লাস্টিক ব্যবহৃত হয়। এ পদ্ধতি ইনজেকশন মোল্ডিং পদ্ধতির মতো। তবে এতে পিস্টনের স্থলে ঈপ্সিত আকৃতির ডাই এর পিছনে স্ক্রু সংযোগ থাকে। বৈদ্যুতিক তারে অন্তরক আচ্ছাদন দেয়ার জন্য ছাঁচের ভিতর দিয়ে তার টানা ও ভিনাইল রজন নিক্ষেপ একই সময়ে করতে হয়। ফলে তারের উপর প্লাস্টিকের আচ্ছাদন পড়ে। [চিত্র ঃ ১০.১(গ)]



চিত্র ঃ ১০.১ (গ) এক্সট্রুশন মোল্ডিং

(ঘ) ব্লো মোল্ডিং (Blow moulding) ঃ ব্লো মোল্ডিং পদ্ধতিতে প্লাস্টিকস্ এর ফাঁপা সামগ্রী যেমন– বোতল, কলম, পানির গ্লাস, জগ, মগ, তেলের পাত্র ইত্যাদি তৈরিতে বায়ুর চাপ বা বায়ুশূন্যতা কাজে লাগানো হয়। এ পদ্ধতিতে স্থাপত্য কারুকার্য রূপায়ণে প্লাস্টিক যৌগের নরম পেস্টের পরিবর্তে এর তরল দ্রবণ ব্যবহৃত হয়। [চিত্র ঃ ১০.১(ঘ)]



চিত্র ঃ ১০.১(ঘ) ব্লো মোল্ডিং

(ঙ) কাস্টিং (Casting) ঃ কাস্টিং পদ্ধতি অনেকটা ধাতুর ঢালাই পদ্ধতির মতো। এতে কোনরূপ চাপের দরকার হয় না। এ পদ্ধতিতে কোন কোন থার্মোসেটিং, থার্মোপ্লাস্টিক এবং পলিস্টার সামগ্রীকে তপ্ত করে বিভিন্ন ধরনের আকার-আকৃতির যেমন– স্বর্ণালংকারের ডাইস, ফিল্ম, শিট ইত্যাদি ডাইসে ঢালাই করে সামগ্রী তৈরি করা হয়। এ পদ্ধতিটি স্বল্প উৎপাদনের জন্য উপযোগী।

(চ) ক্যালেন্ডারিং (Calendering) ঃ ক্যালেন্ডারিং পদ্ধতিতে তপ্ত প্লাস্টিক পেস্টকে একসারি তপ্ত রোলারের ভিতর দিয়ে অতিক্রম করিয়ে সমপুরুত্বের হালকা প্লাস্টিক শিট তৈরি করা হয়।

১০.৫ প্রকৌশল সামগ্রী হিসাবে প্লাস্টিক এর ব্যবহার (Uses of plastics as engineering materials) ঃ

প্লাস্টিক এর নাম	ব্যবহার
১। পলিভিনাইল ক্লোরাইড (Polyvenyl chloride)	শিট ও টালি ফ্লোর ফিনিশ হিসাবে, ঢেউ শিট ছাউনির কাজে, পানি সরবরাহের পাইপ, স্যানিটারি ফিটিংস্, সিউয়ার, বৈদ্যুতিক ইনসুলেটর, কন্ডুইট পাইপ, খেলনা ইত্যাদি তৈরিতে।
২। নাইলন (Nylon)	পাইপ, বোতল, বিয়ারিং, গিয়ার, চশমার ফ্রেম, কাপড়, রশি, বেল্ট ইত্যাদি তৈরিতে, প্যাকেজ শিল্পে।
৩। পলিভিনাইল ফরমাল (Polyvenyl phormal)	পানিরোধী সামগ্রী, বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রী, আসঞ্জক, ল্যাকার ইত্যাদি তৈরিতে।
৪। পলিভিনাইল বিউটাইরাল (Polyvenyl beautiral)	বৈদ্যুতিক অন্তরক, কাঠ ও কাগজ আসঞ্জক, রং, বার্নিশ, যানবাহনের গদি ইত্যাদি তৈরিতে।
৫। পলিথিন (Polythene)	ক্ষয়রোধী আস্তরণ, বৈদ্যুতিক অন্তরক, ব্যাগ, প্যাকেজ সামগ্রী ইত্যাদি তৈরিতে।
৬। পলিভিনাইল ক্লোরাইড অ্যাসিটেট (Polyvenyl choloride acetate)	টেক্সটাইল শিল্পে, রবারের বিকল্প টায়ার, টিউব, খেলনা, ঢেউ শিট, পাইপ, স্যানিটারি ফিটিংস ইত্যাদি তৈরিতে।
৭। পলিটেট্রা ফ্লোরোইথিলিন (Polytetra Floroetheline)	তাপ ও বিদ্যুৎ অন্তরক, রাসায়নিক যন্ত্রপাতি, ভালভ-সিট বিয়ারিং ইত্যাদি তৈরিতে।
৮। পলিস্টাইরিন (Polyostyrene)	ওয়াল টালি, শীতল পানি সরবরাহ টিউব, বিদ্যুৎ অন্তরক, সৌন্দর্যবর্ধক সামগ্রী, খেলনা তৈরিতে।
৯। সেলুলোজ অ্যাসিটেট (Cellulose acetate)	ফটোফিল্ম, চশমার ফ্রেম, খেলনা, রেকর্ডিং ডিস্ক ইত্যাদি তৈরিতে।
১০। সেলুলোজ নাইট্রেট (Cellulose nitrate)	ফটোফিল্ম, বার্নিশ, যন্ত্রপাতির হাতল তৈরিতে।
১১। এক্রিলিক (Acrylics)	যানবাহনের জানালার শিট, সৌন্দর্যবর্ধক কেস, প্রতিফলক, বাতিদানি ইত্যাদি তৈরিতে।
১২। সেলুলোজ এসিটেট বিউটিরেট (Cellulose acetate beautirate)	তেল গ্যাস ও সেচ পানি সরবরাহের পাইপ, যন্ত্রপাতির হাতল, প্রদর্শনীর ও বিজ্ঞাপনের বোর্ড ইত্যাদি তৈরিতে।
১৩। ফেনোল ফরমালডিহাইড (Phenol formaldehyde) বা ব্যাকেলাইট (Bakelite)	পার্টিশন দেওয়ালের আচ্ছাদন, সুইচ, প্লাগ ইত্যাদি বৈদ্যুতিক সরঞ্জাম, বোতলের ক্যাপ, রেডিও, টেলিফোন, টেলিভিশন, ক্যামেরা ইত্যাদির বডি, সৌন্দর্যবর্ধক সামগ্রী ইত্যাদি তৈরিতে।
১৪। কাস্ট ফিনোলিক (Cast phenolic)	শোভন ও সৌন্দর্যবর্ধক সামগ্রী, যন্ত্রপাতির হাতল, আসবাবপত্রের হাতল, নব (Knob) ইত্যাদি তৈরিতে।
১৫। ইউরিয়া ফরমালডিহাইড (Urea formaldehyde)	ল্যাম্প শেড, টেক্সটাইল শিল্পের বিভিন্ন খুচরাংশ, বৈদ্যুতিক সরঞ্জাম, বার্নিশ, আসঞ্জক ইত্যাদি তৈরিতে।
১৬। মেলামাইন ফরমালডিহাইড (Melamine formaldehyde)	সৌন্দর্যবর্ধক দ্রব্য, বিভিন্ন ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতির বডি, বার্নিশ, আসঞ্জক ইত্যাদি তৈরিতে।
১৭। পলিস্টার (Polyster)	সুতা, আসঞ্জক ইত্যাদি তৈরিতে।
১৮। এপক্সি রজন (Apoxy resin)	ইলেকট্রনিক সরঞ্জাম, আসঞ্জক, অন্তরক, বার্নিশ ইত্যাদি তৈরিতে।
১৯। অ্যালকাইড (Alkyd)	বৈদ্যুতিক অন্তরক ও বৈদ্যুতিক সরঞ্জাম তৈরিতে।
২০। কেসিন (Casein)	বোতাম, ছাতার বাট, কলমের ব্যারেল ইত্যাদি তৈরিতে।
২১। সেলুলয়েড (Celluloid)	শিট, ব্লক ইত্যাদি তৈরিতে।
২২। কৃত্রিম আসঞ্জক (Synthetic adhesive)	প্লাইউড শিল্পের আসঞ্জক, নিরাপত্তা কাচ, কৃত্রিম সিরিশ ইত্যাদি।

১০.৫.১ বিভিন্ন প্রকৌশল ক্ষেত্রে প্লাস্টিক ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ ঃ

বিভিন্ন প্রকৌশল ক্ষেত্রে প্লাস্টিক ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ নিম্নে দেয়া হল ঃ

(ক) সুবিধাসমূহ ঃ

১। এগুলো আবহক্রিয়ায় আক্রান্ত হয় না এবং এগুলোতে পচন ধরে না।

২। এগুলো সহজে ঘাত (Shock) সহ্য করতে পারে।

৩। এগুলো যে কোন বর্ণের তৈরি করা যায়।

৪। এগুলো ঈপ্সিত আকারে ছাঁচে ঢালাই করা যায়।

৫। এগুলোতে শোভাবর্ধক স্থায়ী কাজ করা যায়।

৬। এগুলোকে কাঠের ন্যায় চেরাই করা যায়, প্রয়োজনে ছিদ্র, ড্রিল ও ওয়েল্ডিং করা যায়।

৭। এগুলো কাচের মতো স্বচ্ছ করেও তৈরি করা যায়।

৮। এগুলো উৎকৃষ্ট মানের বিদ্যুৎ অন্তরক (Insulator)।

৯। এগুলোর তাপ পরিবহনের মাত্রা কম।

১০। এগুলোর আর্দ্রতারোধীগুণ থাকায় বায়ুবন্ধী ও পানিবন্ধী জোড়ায় ব্যবহার করা যায়।

১১। এগুলোর ওজনের তুলনায় টান নেয়ার ক্ষমতা অধিক।

(খ) অসুবিধাসমূহ ঃ

১। এগুলো জলীয়কণা শোষণ করে স্ফীত (swell) হতে পারে।

২। সময়ের সাথে এগুলোর বিদ্যুৎ অন্তরক গুণ কমে যেতে পারে।

৩। কিছু কিছু প্লাস্টিক অম্ল ও ক্ষারে আক্রান্ত হয়ে বিশ্লিষ্ট (Decomposed) হতে পারে।

৪। এগুলোর তাপীয় প্রসারাংকের মাত্রা অধিক, পৃষ্ঠদেশের কাঠিন্য কম এবং এগুলো ক্রিপ (Creep) বৈশিষ্ট্যের হওয়ায় নির্মাণে সীমিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা যায়।

৫। এগুলোর দাহ্যতার মাত্রা অধিক হওয়ায় কাঠের মতো সীমাবদ্ধ ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

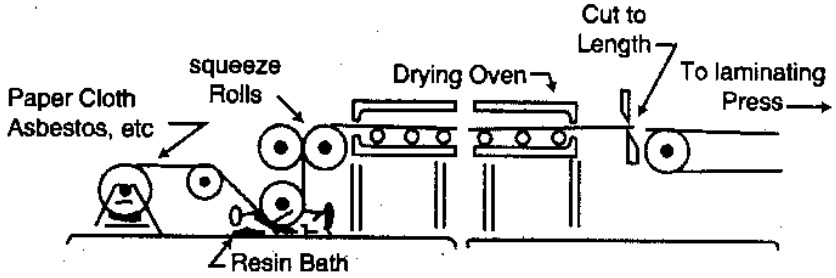
১০.৬ লেমিনেটিং প্লাস্টিক (Laminating plastics) ঃ

প্লাস্টিক বেইসড্ লেমিনেটকে দু' ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

(ক) উচ্চচাপে লেমিনেট (High pressure Laminates)

(খ) কম চাপে লেমিনেট (Low pressure Laminates)।

বিমান, যানবাহন, রেলকার, দরজা ও জানালার গ্লেজিং স্থাপত্য সৌন্দর্য বৃদ্ধিতে অলংকারমূলক কাজে, ইমারতে নানা শোভাবর্ধক কারুকাজে ইত্যাদিতে ব্যবহারের জন্য লেমিনেটিং পদ্ধতিতে প্লাস্টিক প্রলেপিত শিট, কাঠ, কাপড়, গ্লাস ফাইবার, কাগজ ইত্যাদিকে এক সেট রোলারের মাঝে চাপে রেখে অতিক্রান্ত করানো হয় এবং শুকানো হয়। ফলে এগুলোর গায়ে প্লাস্টিকের আবরণ পড়ে। এ পদ্ধতিতে খুবই সুন্দর লেমিনেট তৈরি করা যায়। [চিত্র ঃ ১০.২]



চিত্র ঃ ১০.২ লেমিনেটিং প্লাস্টিক

অনুশীলনী-১০

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **প্লাস্টিকস্ কী?** [বাকাশিবো-২০১১ (পরি), ১২, ১৪(পরি)]

উত্তর ঃ উচ্চ আণবিক ওজনের প্রাকৃতিক বা কৃত্রিম জৈব যৌগ (রজন) কে তুলনামূলক মধ্যমমানের তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে চাপ দিয়ে ঠান্ডা করলে যে সামগ্রী পাওয়া যায়, তাই প্লাস্টিক (Plastics)। মূলত প্লাস্টিক এমন সামগ্রী, যার উপর চাপ প্রয়োগে সৃষ্ট-বিকৃতি চাপ অবমুক্তিতে অপসারিত হয় না।

২। **প্লাস্টিক এর ধর্মে প্রভাববিস্তারকারী যোগজগুলো কী কী?**
অথবা, প্লাস্টিকের মোল্ডিং কম্পাউন্ডগুলোর নাম লেখ।

উত্তর ঃ প্লাস্টিকের উপর প্রভাব বিস্তারকারী যোগজগুলো হল–
(i) প্রভাবক; (ii) পূরক; (iii) কাঠিন্য দানকারী; (iv) রঞ্জক; (v) দ্রাবক (vi) লুব্রিক্যান্ট (vii) প্লাস্টিসাইজার।

৩। **পলিমার কী?**

উত্তর ঃ বহু যোজন প্রক্রিয়ায় প্লাস্টিক এর একাধিক সাধারণ অণু মিলিত হয় এবং বৃহত্তম একক অণু সৃষ্টি করে। একে পলিমার বলা হয়।

৪। **ব্যাকেলাইট কী?**

উত্তর ঃ ডক্টর ব্যাকল্যান্ড কর্তৃক আবিষ্কৃত কৃত্রিম রজন ফেনল ফরমালডিহাইডের সাথে সামান্য পরিমাণ ক্ষার ও অম্লজাতীয় পদার্থ মিশিয়ে উত্তপ্ত করার পর চাপ প্রয়োগে শক্ত করে যে প্লাস্টিক তৈরি করা হয়, তাই ব্যাকেলাইট নামে পরিচিত।

৫। **ডুরাপ্লেক্স কী?**

উত্তর ঃ ডুরাপ্লেক্স (Duraplex) একটি থার্মোসেটিং প্লাস্টিক। এটি পলিস্টারিন রজন নামেও পরিচিত। এটি ভালমানের বর্ণধারক এবং অন্যান্য রজনের সহিত এটিকে মিশানো যায়। এ রজনে ডাই-ইলেকট্রিক স্ট্রেংথ অধিক। এটি বিশেষভাবে গাড়ির বডি, এয়ারক্রাফট এর যন্ত্রাংশ ও স্থাপত্য কাজে ব্যবহারযোগ্য শিট নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।

৬। **প্রাকৃতিক প্লাস্টিক কী?**

উত্তর ঃ আলকাতরা, মোম, প্রাকৃতিক রজন ইত্যাদি হতে যে প্লাস্টিক তৈরি করা হয়, এগুলোকে প্রাকৃতিক প্লাস্টিক বলা হয়। এগুলো দামে সস্তা এবং এগুলোর ব্যবহারক্ষেত্র সীমিত।

৭। **কৃত্রিম প্লাস্টিক কী?**

উত্তর ঃ কৃত্রিম সামগ্রী যেমন ফরমালডিহাইড, ফেনল ও এক্রিইলিক, ভিনাইল অ্যাসিটেট, ভিনাইল ক্লোরাইড ইত্যাদি হতে যে সকল প্লাস্টিক তৈরি করা হয়, সেগুলোকে কৃত্রিম প্লাস্টিক বলা হয়। এগুলোর গুণগত মান উন্নত, দাম অধিক এবং ব্যবহারক্ষেত্র ব্যাপক।

৮। **সেলুলোজের প্রধান উৎস কী?**

উত্তর ঃ সেলুলোজের প্রধান উৎস আঁশজাত জৈব পদার্থ।

৯। **প্রেসার মোল্ডিং কী?**

উত্তর ঃ প্রায় সকল ধরনের থার্মোসেটিং রজন ও কয়েকটি থার্মোপ্লাস্টিক এর ক্ষেত্রে প্রেসার মোল্ডিং উপযোগী। এ পদ্ধতিতে ছাঁচ (mould) কে প্রয়োজনীয় তাপমাত্রায় উত্তাপিত করে ছাঁচের মধ্যে প্রয়োজনমতো প্লাস্টিক পাউডার দিয়ে চাপ প্রয়োগ করে কিছু সময় (১ মিনিট হতে ৫ মিনিট) রাখা হয়। এরপর ছাঁচ হতে সামগ্রী বের করে নেয়া হয়। সামগ্রীকে ব্যবহার উপযোগী করার জন্য প্রয়োজনে কিনারা কেটে, ছেঁটে, পরিষ্কার করে নিতে হয়। তবে লক্ষণীয় যে, থার্মোপ্লাস্টিক এর ক্ষেত্রে ছাঁচ সম্পূর্ণ শীতল হওয়ার পর প্লাস্টিক সামগ্রী তুলতে হয়।

১০। থার্মোপ্লাস্টিক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ যে সকল প্লাস্টিক উত্তপ্ত করলে গলে এবং ঠান্ডা করলে শক্ত হয় এবং এ প্রক্রিয়া বার বার করা যায়, সেগুলো থার্মোপ্লাস্টিক।

১১। থার্মোসেটিং প্লাস্টিক কী?

উত্তর ঃ যে সকল প্লাস্টিক একবার উত্তপ্ত করে ঢালাই করার পর পুনরায় আর ঢালাই করা যায় না, সেগুলোকে থার্মোসেটিং প্লাস্টিক বলে।

১২। প্লাস্টিক তৈরির কাস্টিং পদ্ধতি কী?

উত্তর ঃ কাস্টিং পদ্ধতি অনেকটা ধাতুর ঢালাই পদ্ধতির মতো। এতে কোনরূপ চাপের দরকার হয় না। এ পদ্ধতিতে কোন কোন থার্মোসেটিং, থার্মোপ্লাস্টিক এবং পলিস্টার সামগ্রীকে তপ্ত করে বিভিন্ন ধরনের আকার-আকৃতির যেমন— স্বর্ণালংকারের ডাইস, ফিল্ম, শিট ইত্যাদি ডাইসে ঢালাই করে সামগ্রী তৈরি করা হয়। এ পদ্ধতিটি স্বল্প উৎপাদনের জন্য উপযোগী।

১৩। চারটি থার্মোসেটিং প্লাস্টিক এর নাম লেখ।

উত্তর ঃ (i) ফেনল ফরমালডিহাইড; (ii) ইউরিয়া ফরমালডিহাইড; (iii) কেসিন; (iv) অ্যালকাইড।

১৪। মনোমার কী?

উত্তর ঃ যে সকল ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অণুর সমন্বয়ে পলিমার তৈরি, সেগুলোকে মনোমার বলা হয়।

১৫। প্লাস্টিক তৈরির কাঁচামালের মূল উপাদানগুলোর কী কী?

উত্তর ঃ প্লাস্টিক তৈরির কাঁচামালগুলোর জন্য মূল উপাদান হিসেবে কয়লা, চুন, পেট্রোলিয়াম গ্যাস, লবণ, পানি, বায়ু ফ্লেসপার, সিলিকা, গন্ধক, উদ্ভিদজাত দ্রব্য (কাঠ, খড়, বাদামের খোসা ইত্যাদি) ব্যবহৃত হয়।

১৬। মেলামাইন কী?

উত্তর ঃ ক্যালসিয়াম কার্বাইড হতে মেলামাইন পাওয়া যায়। এ মেলামাইন হতে ইউরিয়া ফরমালডিহাইড, অ্যালকাইড, পলিস্টার ইত্যাদি থার্মোসেটিং প্লাস্টিক তৈরি করা হয়।

১৭। প্লাস্টিক তৈরিতে ক্যালেন্ডারিং পদ্ধতি কী?

উত্তর ঃ ক্যালেন্ডারিং পদ্ধতিতে তপ্ত প্লাস্টিক পেস্টকে একসারি তপ্ত রোলারের ভিতর দিয়ে অতিক্রম করিয়ে সমপুরুত্বে হালকা প্লাস্টিক শিট তৈরি করা হয়।

১৮। থার্মোপ্লাস্টিক ক্র্যাপ কাজে লাগানো যায় কেন?

উত্তর ঃ থার্মোপ্লাস্টিক পুনরায় ঠান্ডা বা গরম করলে এদের গঠন কোন পরিবর্তন হয় না। তাই এগুলোর ক্র্যাপ কাজে লাগানো যায়।

১৯। পলিমারাইজেশন কী?

উত্তর ঃ বহু যোজন প্রক্রিয়ায় প্লাস্টিক এর বহু অণু একত্রে মিলিত হয়ে বৃহৎ একক অণু সৃষ্টি করে। একে পলিমার বলে। পলিমার তৈরির প্রক্রিয়াকে পলিমারাইজেশন বলা হয়।

২০। প্রাকৃতিক প্লাস্টিক কী কী দ্রব্য হতে তৈরি করা যায়?

উত্তর ঃ প্রাকৃতিক প্লাস্টিক আলকাতরা, মোম ইত্যাদি হতে তৈরি করা যায়।

২১। পাঁচটি থার্মোপ্লাস্টিক এর নাম লেখ।

উত্তর ঃ নিম্নে পাঁচটি থার্মোপ্লাস্টিক এর নাম দেয়া হল ঃ

(i) নাইলন; (ii) পলিভিনাইল ক্লোরাইড; (iii) পলিভিনাইল ফরমাল; (iv) পলিথিন; (v) সেলোলুজ নাইট্রেট।

২২। থার্মোসেটিং প্লাস্টিকের ক্র্যাপ কাজে লাগানো যায় না কেন?

উত্তর ঃ থার্মোসেটিং প্লাস্টিককে একবার উত্তপ্ত করে ঢালাই করার পর আর ঢালাই করা যায় না অর্থাৎ এগুলোর গঠন পরিবর্তন হয়ে যায়। তাই, থার্মোসেটিং প্লাস্টিকের ক্র্যাপ কাজে লাগানো যায় না।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **থার্মোপ্লাস্টিকের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।** [বাকাশিবো-২০১১(পরি)]

উত্তর ঃ নিম্নে থার্মোপ্লাস্টিক এর বৈশিষ্ট্যগুলো দেয়া হল ঃ

১। এগুলো একবার উত্তপ্ত করে ঢালাই করে ঠান্ডা হওয়ার পর পুনঃউত্তপ্ত করে ঢালাই করা যায়। পুনঃপুন এরূপ করা যায়।

২। পুনঃপুন গরম ঠান্ডা করলে এগুলোর গুণাগুণ পরিবর্তন হয় না।

৩। এগুলো পুনঃপুন ব্যবহার করা যায় এবং ভিন্ন ভিন্ন আকৃতির ছাঁচে (mould) ঢালাই করা যায়।

৪। এগুলো স্বাভাবিক মানের প্লাস্টিক।

৫। এগুলো ছাঁচে ঢালাইয়ের পর শক্ত ও ঠান্ডা হলে ছাঁচ হতে তুলতে হয়।

৬। এগুলোর স্ক্র্যাপের মূল্য আছে।

৭। এগুলোর ঢালাইকরণ সহজ।

৮। এগুলো উত্তপ্ত করলে অণুগুলোর অস্থায়ী পরিবর্তন ঘটে।

৯। এক্রিলিক, পলিস্টারিন, পলিভিনাইল ক্লোরাইড, পলিইথিলিন নাইলন, সেলুলোজ অ্যাসিটেট, সেলুলোজ অ্যাসিটেট বুটেরেট, সেলুলোজ নাইট্রেট ইত্যাদি এগুলোর উদাহরণ।

২। **থার্মোসেটিং প্লাস্টিকের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।** [বাকাশিবো-২০১১(পরি)]

উত্তর ঃ নিম্নে থার্মোসেটিং প্লাস্টিক এর বৈশিষ্ট্যগুলো দেয়া হল ঃ

১। এগুলো একবার উত্তপ্ত করে ঢালাই করার পর পুনরায় উত্তপ্ত করে ঢালাই করা যায় না।

২। প্রথমবার উত্তপ্ত করলেই এগুলোর গুণাগুণে স্থায়ী পরিবর্তন ঘটে।

৩। প্রথমবারের পর আর এগুলো ব্যবহার করা যায় না এবং ভিন্ন ভিন্ন ছাঁচেও ঢালাই করা যায় না।

৪। এগুলো উন্নত মানের প্লাস্টিক।

৫। এগুলো ছাঁচে ঢালাই এর পর শক্ত হওয়ার সাথে সাথে ছাঁচ হতে তোলা হয়।

৬। এগুলোর স্ক্র্যাপের মূল্য নাই।

৭। এগুলোর ঢালাইকরণ অপেক্ষাকৃত জটিল।

৮। এগুলোকে প্রথমবারে উত্তপ্ত করলেই অণুগুলোর স্থায়ী পরিবর্তন ঘটে।

৯। ফেনল ফরমালডিহাইড, কাস্ট ফেনলিক, পলিস্টার, মেলামাইন ফরমালডিহাইড, অ্যালকাইড ইউরিয়া ফারমালডিহাইড, কেসিন এগুলোর উদাহরণ।

৩। **প্লাস্টিকের মোল্ডিং কম্পাউন্ড বা যোগজগুলোর কার্যাবলি লেখ।**

উত্তর ঃ

(ক) প্রভাবক (Catalysts) ঃ এগুলো প্লাস্টিকের পলিমারাইজেশনের রাসায়নিক বিক্রিয়া ত্বরান্বিত করে। এগুলো অ্যাক্সেলারেটর (accelerator) নামেও পরিচিত।

(খ) পূরক (Fillers) সামগ্রী ঃ এগুলো উৎপাদিত প্লাস্টিকের আয়তন বৃদ্ধি করে মূল্য হ্রাস করে, তাপ প্রতিরোধ ক্ষমতা বাড়ায়, আর্দ্রতা শোষণ হ্রাস করে, বৈদ্যুতিক ধর্ম উন্নয়ন করে, টান ও ইম্প্যাক্ট শক্তি বৃদ্ধি করে। পূরক সামগ্রী, রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় ও হালকা বর্ণের হওয়া উচিত।

(গ) কাঠিন্য দানকারী সামগ্রী (Hardeners) ঃ এগুলো প্লাস্টিককে আকারের স্থায়িত্ব ও কাঠিন্য দান করে।

(ঘ) ডাই অ্যান্ড পিগমেন্ট (Dyes & pigments) ঃ এগুলো প্লাস্টিকে বর্ণদান করে। প্লাস্টিকের বিভিন্ন বর্ণের সামগ্রী তৈরি জন্য ঈপ্সিত বর্ণের রঞ্জক (pigments) ব্যবহার করা হয়।

(ঙ) লুব্রিক্যান্ট (Lubricants) ঃ প্লাস্টিক বা প্লাস্টিক সামগ্রী ছাঁচ (mould) হতে সহজে অপসারণের জন্য পিচ্ছিলকারক (Lubricants) মোল্ড বা 'প্লাস্টিক মিক্স' ব্যবহার করা হয়।

(চ) দ্রাবক (Solvents) ঃ এগুলো পুরো কম্পাউন্ডকে সমসত্ত্ব মিশ্রণ করে এবং কাস্টিং (Casting) ও ফরমিং (Forming) এর সহায়তার জন্য দেয়া হয়।

(ছ) প্লাস্টিসাইজার (Plasticizer) ঃ অধিকাংশ প্লাস্টিকের বিভিন্ন যান্ত্রিক ধর্মের যেমন– নমনীয়তা (flexibility), ঘাতসহনীয়তা (Toughness), প্রসার্যতা (Ductility) ইত্যাদি উন্নয়নের জন্য প্লাস্টিসাইজার মেশানো হয়। তা ছাড়া এগুলো প্লাস্টিকে আর্দ্রতারোধী গুণ সৃষ্টি করতে, বৈদ্যুতিক ধর্মের উন্নয়নে ও বর্ণের স্থায়িত্ব দান করতে সহায়তা করে।

৪। প্লাস্টিক তৈরিতে মোল্ডিং কম্পাউন্ডগুলো এগুলোতে ব্যবহৃত সামগ্রীর নামসহ লেখ।

উত্তর ঃ রজনের সাথে বিভিন্ন অনুপাতে পূরক সামগ্রী (fillers) হিসেবে কাঠের গুঁড়া, কাগজ, অ্যাজবেস্টস, মাইকা, গ্রাফাইট, ছেঁড়া কাপড় ইত্যাদি, প্লাস্টিসাইজার (Plasticizer) হিসেবে ডাইবিউটাইল, ফেথালেট ট্রাই ক্রিসাইল ফসফেট ইত্যাদি, দ্রাবক (Solvents) হিসেবে অ্যালকোহল, পেট্রোলিয়াম, কোলটার স্পিরিট ইত্যাদি মিশিয়ে প্লাস্টিক প্রস্তুত করা হয়। ক্ষেত্র অনুযায়ী ঈপ্সিত গুণাবলির প্লাস্টিক প্রস্তুতের জন্য এগুলোর সাথে রঞ্জক (Dyes & Pigments) হিসেবে বর্ণের উপাদান, পিচ্ছিলকারক (Lubricants) হিসেবে তেল, মোম, সাবান ইত্যাদি, প্রভাবক (Catalysts) হিসেবে সিলভার, কপার, সালফিউরিক এসিড, অ্যামোনিয়া, নিরপেক্ষ লবণ, ইত্যাদি, কাঠিন্য দানকারী সামগ্রী (Hardeners) হিসেবে হেক্সামিথিলিন, টেট্রামাইন ইত্যাদি, ফোমিং এজেন্ট (Foraming agent) হিসেবে সোডিয়াম বাইকার্বনেট, অ্যামোনিয়াম কার্বনেট ইত্যাদি মিশিয়ে ঈপ্সিত ধরনের প্লাস্টিক তৈরি করা হয়।

৫। থার্মোপ্লাস্টিক ও থার্মোসেটিং প্লাস্টিক এর পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩, ১৪(পরি)]

উত্তর ঃ নিম্নে থার্মোসেটিং প্লাস্টিক ও থার্মোপ্লাস্টিক এর পার্থক্য দেয়া হল ঃ

থার্মোসেটিং প্লাস্টিক	থার্মোপ্লাস্টিক
১। এগুলো একবার উত্তপ্ত করে ঢালাই করার পর পুনরায় উত্তপ্ত করে ঢালাই করা যায় না।	১। এগুলো একবার উত্তপ্ত করে ঢালাই করে ঠান্ডা হওয়ার পর পুনঃউত্তপ্ত করে ঢালাই করা যায়। পুনঃপুন এরূপ করা যায়।
২। প্রথমবার উত্তপ্ত করলেই এগুলোর গুণাগুণে স্থায়ী পরিবর্তন ঘটে।	২। পুনঃপুন গরম-ঠান্ডা করলে এগুলোর গুণাগুণ পরিবর্তন হয় না।
৩। প্রথমবারের পর আর এগুলো ব্যবহার করা যায় না এবং ভিন্ন ভিন্ন ছাঁচেও ঢালাই করা যায় না।	৩। এগুলো পুনঃপুন ব্যবহার করা যায় এবং ভিন্ন ভিন্ন আকৃতির ছাঁচে (mould) ঢালাই করা যায়।
৪। এগুলো উন্নত মানের প্লাস্টিক।	৪। এগুলো স্বাভাবিক মানের প্লাস্টিক।
৫। এগুলো ছাঁচে ঢালাই এর পর শক্ত হওয়ার সাথে সাথে ছাঁচ হতে তোলা হয়।	৫। এগুলো ছাঁচে ঢালাইয়ের পর শক্ত ও ঠান্ডা হলে ছাঁচ হতে তুলতে হয়।
৬। এগুলোর স্ক্র্যাপের মূল্য নাই।	৬। এগুলোর স্ক্র্যাপের মূল্য আছে।
৭। এগুলোর ঢালাইকরণ অপেক্ষাকৃত জটিল।	৭। এগুলোর ঢালাইকরণ সহজ।
৮। এগুলোকে প্রথমবারে উত্তপ্ত করলেই অণুগুলোর স্থায়ী পরিবর্তন ঘটে।	৮। এগুলো উত্তপ্ত করলে অণুগুলোর অস্থায়ী পরিবর্তন ঘটে।
৯। ফেনল ফরমালডিহাইড, কাস্ট ফেনলিক, পলিস্টার, মেলামাইন ফরমালডিহাইড, অ্যালকাইড ইউরিয়া ফারমালডিহাইড, কেসিন এগুলোর উদাহরণ।	৯। এক্রিলিক, পলিস্টারিন, পলিভিনাইল ক্লোরাইড, পলিইথিলিন নাইলন, সেলুলোজ অ্যাসিটেট, সেলুলোজ অ্যাসিটেট বুটেরেট, সেলুলোজ নাইট্রেট ইত্যাদি এগুলোর উদাহরণ।

৬। **থার্মোসেটিং ও থার্মোপ্লাস্টিক এর বৈশিষ্ট্য লেখ।** [বাকাশিবো-২০১১(পরি)]

উত্তর নিম্নে থার্মোসেটিং প্লাস্টিক ও থার্মোপ্লাস্টিক এর বৈশিষ্ট্যগুলো দেয়া হল ঃ

থার্মোসেটিং প্লাস্টিক	থার্মোপ্লাস্টিক
১। এগুলো একবার উত্তপ্ত করে ঢালাই করার পর পুনরায় উত্তপ্ত করে ঢালাই করা যায় না।	১। এগুলো একবার উত্তপ্ত করে ঢালাই করে ঠান্ডা হওয়ার পর পুনঃউত্তপ্ত করে ঢালাই করা যায়। পুনঃপুন এরূপ করা যায়।
২। প্রথমবার উত্তপ্ত করলেই এগুলোর গুণাগুণে স্থায়ী পরিবর্তন ঘটে।	২। পুনঃপুন গরম-ঠান্ডা করলে এগুলোর গুণাগুণ পরিবর্তন হয় না।
৩। প্রথমবারের পর আর এগুলো ব্যবহার করা যায় না এবং ভিন্ন ভিন্ন ছাঁচেও ঢালাই করা যায় না।	৩। এগুলো পুনঃপুন ব্যবহার করা যায় এবং ভিন্ন ভিন্ন আকৃতির ছাঁচে (mould) ঢালাই করা যায়।
৪। এগুলো উন্নত মানের প্লাস্টিক।	৪। এগুলো স্বাভাবিক মানের প্লাস্টিক।
৫। এগুলো ছাঁচে ঢালাই এর পর শক্ত হওয়ার সাথে সাথে ছাঁচ হতে তোলা হয়।	৫। এগুলো ছাঁচে ঢালাইয়ের পর শক্ত ও ঠান্ডা হলে ছাঁচ হতে তুলতে হয়।
৬। এগুলোর স্ক্র্যাপের মূল্য নাই।	৬। এগুলোর স্ক্র্যাপের মূল্য আছে।
৭। এগুলোর ঢালাইকরণ অপেক্ষাকৃত জটিল।	৭। এগুলোর ঢালাইকরণ সহজ।
৮। এগুলোকে প্রথমবারে উত্তপ্ত করলেই অণুগুলোর স্থায়ী পরিবর্তন ঘটে।	৮। এগুলো উত্তপ্ত করলে অণুগুলোর অস্থায়ী পরিবর্তন ঘটে।
৯। ফেনল ফরমালডিহাইড, কাস্ট ফেনলিক, পলিস্টার, মেলামাইন ফরমালডিহাইড, অ্যালকাইড ইউরিয়া ফারমালডিহাইড, কেসিন এগুলোর উদাহরণ।	৯। এক্রিইলিক, পলিস্টারিন, পলিভিনাইল ক্লোরাইড, পলিইথিলিন নাইলন, সেলুলোজ অ্যাসিটেট, সেলুলোজ অ্যাসিটেট বুটেরেট, সেলুলোজ নাইট্রেট ইত্যাদি এগুলোর উদাহরণ।

৭। **ইনজেকশন পদ্ধতিতে প্লাস্টিক তৈরি প্রক্রিয়া লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১০.৪.২ দ্রষ্টব্য।

৮। **প্লাস্টিক তৈরির প্রেসার মোল্ডিং প্রক্রিয়া লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১০.৪.২ দ্রষ্টব্য।

৯। **প্লাস্টিক সামগ্রী তৈরিকরণের বিভিন্ন পদ্ধতিগুলোর নাম লেখ।**

উত্তর প্লাস্টিক সামগ্রী তৈরিকরণে সচরাচর দুটি পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়, যথা–

১। মোল্ডিং পদ্ধতি বা ছাঁচে তৈরিকরণ পদ্ধতি (Moulding methods)

(ক) প্রেসার মোল্ডিং (Pressure moulding)
(খ) ইনজেকশন মোলল্ডিং (Injection moulding)
(গ) এক্সট্রুশন মোল্ডিং (Extrusion moulding)
(ঘ) ব্লো মোল্ডিং (Blow moulding)
(ঙ) কাস্টিং (Casting)
(চ) ক্যালেন্ডারিং (Calendering)

২। লেমিনেশন পদ্ধতি (Lamination process)

(ক) উচ্চচাপে লেমিনেটস
(খ) কম চাপে লেমিনেটস।

১০। **লেমিনেটিং প্লাস্টিক সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১০.৬ দ্রষ্টব্য।

১১। প্রকৌশল ক্ষেত্রে প্লাস্টিক ব্যবহারের সুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর ঃ বিভিন্ন প্রকৌশল ক্ষেত্রে প্লাস্টিক ব্যবহারের সুবিধা নিম্নে দেয়া হল ঃ

১। এগুলো আবহক্রিয়ায় আক্রান্ত হয় না এবং এগুলোতে পচন ধরে না।

২। এগুলো সহজে ঘাত (Shock) সহ্য করতে পারে।

৩। এগুলো যে কোন বর্ণের তৈরি করা যায়।

৪। এগুলো ঈপ্সিত আকারে ছাঁচে ঢালাই করা যায়।

৫। এগুলোতে শোভাবর্ধক স্থায়ী কাজ করা যায়।

৬। এগুলোকে কাঠের ন্যায় চেরাই করা যায়, প্রয়োজনে ছিদ্র, ড্রিল ও ওয়েল্ডিং করা যায়।

৭। এগুলো কাচের মতো স্বচ্ছ করেও তৈরি করা যায়।

৮। এগুলো উৎকৃষ্ট মানের বিদ্যুৎ অন্তরক (Insulator)।

৯। এগুলোর তাপ পরিবহনের মাত্রা কম।

১০। এগুলোর আর্দ্রতারোধীগুণ থাকায় বায়ুবন্ধী ও পানিবন্ধী জোড়ায় ব্যবহার করা যায়।

১১। এগুলোর ওজনের তুলনায় টান নেয়ার ক্ষমতা অধিক।

১২। প্লাস্টিকের কাঁচামালগুলোর একটি তালিকা তৈরি কর। [বাকাশিবো-২০১১, ১২(পরি), ১৩, ১৪]

অথবা, প্লাস্টিকের কাঁচামালগুলোর নাম লেখ।

অথবা, প্লাস্টিক তৈরির কাঁচামালগুলো কী কী?

উত্তর ঃ নিচে প্লাস্টিক তৈরির কাঁচামালগুলোর তালিকা দেয়া হল ঃ

(ক) ফরমালডিহাইড (Formaldehydes, H-CHO)

(খ) ফেনল (Phenol, C_6H_5OH)

(গ) ইউরিয়া (Urea, $H_2N\text{-}CO\text{-}NH_2$)

(ঘ) ভিনাইল ক্লোরাইড (Vinyl chloride, $CH_2 = CHCl$)

(ঙ) ভিনাইল এসিটেট (Vinyl acetate, $CH_2 = C\text{-}COOCH_3$)

(চ) সেলুলোজ [Cellulose, $(C_6H_{10}O_5)$ x]

(ছ) স্টাইরিন (Styrene, $CH_2 = C_6H_5CH$)

(জ) প্রোপাইলিন (Propylene, C_3H_6)

(ঝ) ইথিলিন (Ethylene, C_2H_2)

(ঞ) মেলামাইন (Melamine, $C_3H_6N_6$)।

১৩। কৃত্রিম প্লাস্টিক ও প্রাকৃতিক প্লাস্টিকের মধ্যে স্বাতন্ত্রীকতা সংক্ষেপে লেখ।

অথবা, কৃত্রিম প্লাস্টিক ও প্রাকৃতিক প্লাস্টিকের তুলনামূলক পার্থক্য লেখ।

উত্তর ঃ নিচের ছকে প্রাকৃতিক প্লাস্টিক ও কৃত্রিম প্লাস্টিকের তুলনামূলক পার্থক্য দেয়া হল ঃ

তুলনার বিষয়	প্রাকৃতিক প্লাস্টিক	কৃত্রিম প্লাস্টিক
১। কাঁচামাল	১। আলকাতরা, মোম, প্রাকৃতিক রজন ইত্যাদি	১। কয়লা, চুন, পেট্রোলিয়াম, লবণ, পানি, বায়ু, ফেলসপার, সিলিকা, গন্ধক, উদ্ভিজ্জাত দ্রব্য, কৃত্রিম রজন (ফেনল, ইউরিয়া, ফরমালডিহাইড ইত্যাদি)
২। তৈরি খরচ	২। কম	২। বেশি
৩। বাজার মূল্য	৩। কম	৩। বেশি
৪। গুণাগুণ নিয়ন্ত্রণ	৪। সম্ভব হয় না	৪। সম্ভব
৫। গুণগত মান	৫। নিম্ন	৫। উত্তম
৬। চাহিদা	৬। সীমিত	৬। ব্যাপক
৭। প্রকৌশল কাজে ব্যবহার	৭। সীমিত	৭। ব্যাপক

১৪। প্রকৌশল কাজে প্লাস্টিক ব্যবহারের অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর ঃ নিচে প্রকৌশল কাজে প্লাস্টিক ব্যবহারের অসুবিধাগুলো দেয়া হল ঃ

১। এগুলো জলীয়কণা শোষণ করে স্ফীত (swell) হতে পারে।

২। সময়ের সাথে এগুলোর বিদ্যুৎ অন্তরক গুণ কমে যেতে পারে।

৩। কিছু কিছু প্লাস্টিক অম্ল ও ক্ষারে আক্রান্ত হয়ে বিশ্লিষ্ট (Decomposed) হতে পারে।

৪। এগুলোর তাপীয় প্রসারাংকের মাত্রা অধিক, পৃষ্ঠদেশের কাঠিন্য কম এবং এগুলো ক্রীপ (Creep) বৈশিষ্ট্যের হওয়ায় নির্মাণে সীমিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা যায়।

৫। এগুলোর দাহ্যতার মাত্রা অধিক হওয়ায় কাঠের মতো সীমাবদ্ধ ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

১৫। প্লাস্টিক এর প্রকৌশল ধর্মগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর ঃ প্লাস্টিক এর সাধারণ প্রকৌশল ধর্মাবলি নিম্নে উদ্ধৃত করা হল ঃ

(i) প্লাস্টিক সামগ্রী ওজনে হালকা, স্থানান্তর সহজ এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব ১.৩ হতে ১.৪।

(ii) এগুলো অধিকাংশ রাসায়নিক দ্রব্যের সাথে বিক্রিয়া করে না।

(iii) এগুলো ক্ষয়রোধী।

(iv) এগুলো বিদ্যুৎ অপরিবাহী এবং বিদ্যুৎ অন্তরক (insulator)

(v) এগুলো যে কোন ঈপ্সিত আকার-আকৃতিতে সহজেই ঢালাই (mould) করা যায়।

(vi) এগুলো ঈপ্সিত বর্ণে বা স্বচ্ছ (Transparent) অবস্থায় তৈরি করা যায়।

(vii) এগুলোর অপ্রতিধ্বনিকারী (non-resonant) গুণ আছে।

(viii) এগুলো আর্দ্রতা ও গ্রিজ (greases) প্রতিরোধী।

(ix) এগুলোকে সহজে দীর্ণ, কাটা ও জোড়া দেয়া যায়।

(x) এগুলোর তাপরোধিতার মাত্রা নগণ্য।

১৬। প্রকৌশল কাজে প্লাস্টিকের ব্যবহার দিন দিন বাড়তেছে কেন?

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.৫.১ দ্রষ্টব্য।

১৭। প্লাস্টিকের ব্যবহারক্ষেত্রগুলো লেখ।

উত্তর ঃ প্লাস্টিকের বিভিন্ন গুণাবলির [বিচিত্র বর্ণ, উৎকৃষ্ট অন্তরণ (Insulation) ধর্ম, সংযোগ সরলতা, ব্যবহারজনিত ক্ষয়রোধিতা, লঘু ওজন ইত্যাদি] জন্য বর্তমান যুগে প্রকৌশল শিল্পে এগুলো অন্যতম সামগ্রী হিসেবে স্থান দখল করে আছে। এগুলো (ক) রেজিন, গ্লু, আসঞ্জক হিসেবে (খ) সৌন্দর্যবর্ধক সামগ্রী, কেবিনেট, কাপড়, (নাইলন ইত্যাদি) তৈরিতে, (গ) লেমিনেটেড নিরাপত্তা গ্লাস হিসাবে, (ঘ) প্যাকিং (সেলোফেন ইত্যাদি) তৈরিতে, (ঙ) পানির ট্যাঙ্ক, পাত্র ইত্যাদি তৈরিতে, (চ) পেইন্ট, লেকোয়ার, বার্নিশ এর উপাদান হিসেবে, (ছ) ফটোগ্রাফিক ফিল্ম তৈরিতে, (জ) লেন্স, প্রিজম তৈরিতে, (ঝ) প্যানেলিং, গিয়ার কাপলিং ও অনুরূপ কাজে ব্যবহৃত হয়।

১৮। প্লাস্টিক তৈরির ব্লো মোল্ডিং পদ্ধতি বুঝিয়ে লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.৪.২ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **প্লাস্টিক তৈরির কাঁচামালগুলোর তালিকা তৈরি কর।** [বাকাশিবো-২

উত্তর সংকেত: সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

২। **প্লাস্টিক এর ধর্ম নির্ধারক উপাদানগুলো সম্পর্কে আলোচনা কর।**

অথবা, প্লাস্টিক এর মোল্ডিং কম্পাউন্ডগুলোর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১০.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **প্লাস্টিকস্ এর প্রকৌশল ধর্মগুলো কী কী?** [বাকাশিবো-২০১১, ১২(

উত্তর সংকেত: সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **থার্মোপ্লাস্টিক ও থার্মোসেটিং প্লাস্টিক এর বৈশিষ্ট্য লেখ।**

উত্তর সংকেত: সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **প্লাস্টিক তৈরির ঢালাইকরণ প্রক্রিয়া আলোচনা কর।** [বাকাশিবো-২০১১(পরি), ১৪(

অথবা, প্লাস্টিক সামগ্রীর মোল্ডিং প্রক্রিয়া বর্ণনা দাও।

অথবা, প্লাস্টিক তৈরির পদ্ধতিগুলোর নাম লেখ এবং যে কোন একটি প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১০.৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **প্রকৌশল সামগ্রী হিসাবে প্লাস্টিক এর ব্যবহারক্ষেত্র সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১০.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **লেমিনেটিং প্লাস্টিক তৈরি প্রক্রিয়া চিত্রসহ আলোচনা কর।** [বাকাশিবো-২

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১০.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮। **প্লাস্টিক প্রস্তুতের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।** [বাকাশিবো-২

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১০.৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। **প্লাস্টিকের কাঁচামালগুলোর পরিচিতি দাও।**

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১০.২ নং দ্রষ্টব্য।

১০। **থার্মোপ্লাস্টিক ও থার্মোসেটিং প্লাস্টিকের পার্থক্য লেখ।** [বাকাশিবো-২

উত্তর সংকেত: সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১১। **প্রকৌশল কাজে প্লাস্টিক ব্যবহারের সুবিধাগুলো বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত: অনুচ্ছেদ ১০.৫.১ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-১১

ধাতু ও ধাতু সংকর
(Metals and Alloys)

১১.১ শিল্পকারখানায় ব্যবহৃত সাধারণ ধরনের লোহার নাম (Name the common types of iron used in industry) ঃ

বিশ্বের সর্বত্রই নির্মাণসামগ্রী হিসেবে বহুল পরিমাণে লোহা ব্যবহার করা হয়। লোহার শক্তি, শক্তির ওজন অনুপাত, ঘাতসহনীয়তার মাত্রা ইত্যাদি দিক বিবেচনা করলে নির্মাণসামগ্রী হিসেবে লোহার ব্যবহার যুক্তিসঙ্গত। লোহা খনিজ পদার্থ। লোহার আকরিকগুলো হতে লোহা তৈরি করা হয়। লোহার আকরিকগুলো বিভিন্ন প্রকার অপদ্রব্য মিশ্রিত। প্রাথমিকভাবে নিষ্কাশনের মাধ্যমে লোহার আকরিক হতে পিগ আয়রন পাওয়া যায়। পিগ আয়রন (Pig iron) হতে ঢালাই লোহা (Cast iron), পেটা লোহা (Wrought iron) ও ইস্পাত (Steel) তৈরি করা হয়। এগুলোকে লৌহজ ধাতু (Ferous metal) বলা হয়।

শিল্পকারখানায় ব্যবহৃত সাধারণ ধরনের লোহার নাম নিম্নে দেয়া হল ঃ

১। পিগ আয়রন (Pig iron)

২। ঢালাই লোহা (Cast iron)

৩। পেটা লোহা (Wrought iron)

৪। ইস্পাত (Steel)।

লোহা সম্পর্কে জানার পূর্বে আকরিক, খনিজ মল ও কিগালক সম্পর্কে জানার দরকার। তাই এগুলো সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা হল।

আকরিক (Ore) ঃ ধাতুগুলো প্রকৃতিতে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। এগুলো অক্সিজেন সহযোগে অক্সাইডরূপে, সালফার সহযোগে সালফাইডরূপে এবং কার্বনিক এসিডের সহযোগে কার্বোনেটরূপে প্রকৃতিতে অবস্থান করে। ধাতুর এ সকল খনিজ যৌগকে আকরিক (ores) বলা হয়। যে প্রাকৃতিক খনিজ পদার্থ হতে কোন ধাতু লাভজনক উপায়ে উৎপাদন করা যায়, ঐ খনিজ পদার্থকে ঐ ধাতুর আকরিক ধরা হয়। যেমন, লোহার আকরিক–(১) হেমাটাইট (২) লিমোনাইট (৩) ম্যাগনেটাইট (৪) সাইডেরাইট (৫) আয়রন পাইরাইটস।

(১) হেমাটাইট (Fe_2O_3) ঃ এগুলোর আপেক্ষিক গুরুত্ব ৪.৮ হতে ৫.৩ হয়ে থাকে। রেড হেমাটাইটই সাধারণত হেমাটাইট নামে পরিচিত। এতে তাত্ত্বিকভাবে ৭০% এর মতো লোহা থাকে তবে বাস্তব ক্ষেত্রে সচরাচর ৬০% এর মতো লোহা পাওয়া যায়। এগুলো সালফার ও ফসফরাসমুক্ত বিধায় এগুলো হতে লোহা নিষ্কাশনে বেসিমার পদ্ধতিকে অগ্রাধিকার দেয়া হয়।

(২) লিমোনাইট ($2Fe_2O_3, 3H_2O$) ঃ এগুলো মূলত ব্রাউন হেমাটাইট এবং এগুলোর আপেক্ষিক গুরুত্ব ৩.৬ হতে ৪ হয়ে থাকে। সাধারণত এগুলো নিষ্কাশনে ৩০% হতে ৫৫% লোহা পাওয়া যায়। সচরাচর বেসিমার পদ্ধতিতে এগুলো হতে লোহা নিষ্কাশন করা হয়।

(৩) ম্যাগনেটাইট (Fe_3O_4) ঃ এগুলো ব্ল্যাক অক্সাইড (Black oxide) বা লোডস্টোন (Loadstone) নামে পরিচিত। এগুলোর আপেক্ষিক গুরুত্ব ৫.১৮ এর মতো হয়ে থাকে এবং গলনাঙ্ক ১৫৪০ ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড। এগুলো নিষ্কাশনে সাধারণত ৬০% এর মতো লোহা পাওয়া যায়।

(৪) সাইডেরাইট ($FeCO_3$) ঃ এগুলো গ্রে বা ব্রাউন কার্বনেট বা স্পাথিক লোহার আকরিক নামে পরিচিত। এগুলোর আপেক্ষিক গুরুত্ব ৪.৫ হতে ৫ হয়ে থাকে এবং এগুলো নিষ্কাশন করলে ৩৫% এর মতো লোহা পাওয়া যায়।

(৫) আয়রন পাইরাইটস্ (FeS_2) ঃ এগুলো হতে লোহা নিষ্কাশন বাণিজ্যিক দিক হতে অলাভজনক। তাই এগুলো হতে লোহা নিষ্কাশন করা হয় না বললেই চলে। তা ছাড়া এগুলোতে সালফার থাকায় নিষ্কাশিত লোহা ভঙ্গুর হয়।

নিচের ছকে লোহার বিভিন্ন আকরিক হতে লোহা প্রাপ্তির সম্ভাব্য পরিমাণ উদ্ধৃত করা হল ঃ

আকরিক	হেমাটাইট	লিমোনাইট	ম্যাগনেটাইট	সাইডেরাইট
লোহার পরিমাণ	৬৫% হতে ৭৫%	৩০% হতে ৫৫%	৫৫% হতে ৬৫%	৩০% হতে ৪০%

উপরোক্ত আকরিকগুলোর মধ্যে প্রথমোক্ত তিনটিকে লোহার মুখ্য আকরিক ধরা হয়।

খনিজ মল (Gangue) ঃ আকরিকে খনিজের সাথে অপদ্রব্যরূপে যে সকল অবাঞ্ছিত পদার্থ, পাথর, বালি, কাদামাটি ইত্যাদি থাকে, সেগুলোকে খনিজ মল বলা হয়।

বিগালক (Smelter) ঃ ধাতু নিষ্কাশনের নিমিত্তে আকরিককে উত্তপ্ত করা কালে যে সকল পদার্থ দেয়া হয়, যা খনিজ মলের সাথে বিক্রিয়া করে গলনশীল ধাতুমল উৎপন্ন করে, সেগুলোকে বিগালক বলা হয়। যেমন– বালি, চুন, ম্যাগনেশিয়া ইত্যাদি।

লোহার আকরিকগুলোকে (অক্সাইড আকারে) বাত্যাচুল্লিতে উচ্চতাপে (3000° ফাঃ) পুড়িয়ে ও গলিয়ে পিগ আয়রন পাওয়া যায়। চুল্লিতে আকরিক পোড়ানোর কালে দুটি কার্য সম্পাদিত হয়– (১) কয়লা পুড়ে CO তৈরি করে এবং আকরিকের অক্সাইড গ্রহণ করে CO_2 হিসেবে নির্গত হয় এবং (২) আকরিক পোড়ানোর কালে যে বিগালক ($CaCO_3$) দেয়া হয় তা অপদ্রব্যের সাথে উচ্চতাপে ক্যালসিয়ামের সিলিকেট ও অ্যালুমিনেট তৈরি করে। ক্যালসিয়ামের সিলিকেট ও অ্যালুমিনেট লোহা অপেক্ষা হালকা বলে এগুলো গলিত লোহার উপর ভাসতে থাকে। বিশেষ পদ্ধতিতে ভাসমান অপদ্রব্য ও লোহা দুটি পৃথক পথে চুল্লি হতে বের করে আনা হয়। ভাসমান অপদ্রব্যকে ধাতুমল এবং এ প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত লোহাকে পিগ আয়রন বলা হয়। গলিত অবস্থায় এ পিগ আয়রনকে বড় বড় ছাঁচে ঢালাই করে নেয়া হয় এবং ঠান্ডা করে পরবর্তী ব্যবহারের জন্য রেখে দেয়া হয়। ধাতুমল ঠান্ডা হওয়ার পর পাথরের ন্যায় শক্ত হয়। পিগ আয়রনে ৯২% হতে ৯৪% লোহা, ৪% হতে ৫% কার্বন, ১% হতে ২% সিলিকন, ১% হতে ২% ম্যাঙ্গানিজ এবং ১% হতে ২% অন্যান্য অপদ্রব্য থাকে। ধাতুমলে ৪০% হতে ৪৫% চুন, ৩০% হতে ৩৫% সিলিকা, ১০% হতে ১২% অ্যালুমিনা এবং ৬% হতে ৮% অন্যান্য অপদ্রব্য থাকে। যেহেতু পিগ আয়রন কোন প্রকৌশল কাজে ব্যবহার করা যায় না এবং এগুলো প্রকৌশল কাজের উপযোগী লোহা– ঢালাই লোহা, পেটা লোহা, ইস্পাত তৈরিতে কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহার করা হয়, তাই পিগ আয়রনকে কাঁচা লোহা বলা হয়।

পিগ আয়রনের ব্যবহার ঃ এগুলো ঢালাই লোহা, পেটা লোহা ও ইস্পাত তৈরির কাজে ব্যবহার করা হয়। এগুলো লোহার সর্বাধিক নিম্নমানের অবস্থা। এগুলোকে কোন যান্ত্রিক ক্ষেত্রে ব্যবহার করা যায় না।

ধাতুমলের ব্যবহার ঃ এগুলো বিভিন্ন কাজে ব্যবহার করা হয়। ঠান্ডা হওয়ার পর এগুলোকে ঈপ্সিত আকারে খণ্ড করে নিম্নোক্ত কাজে ব্যবহার করা যায় ঃ

১। ব্লাস্ট ফারনেস সিমেন্ট তৈরির কাজে

২। রাস্তা তৈরির সামগ্রী (খোয়া) হিসেবে

৩। রেলওয়ের ব্যালাস্ট হিসেবে

৪। সালফার ও সালফেট সম্পন্ন ধাতুমল সার তৈরিতে

৫। কংক্রিটের অ্যাগ্রিগেট হিসেবে।

ঢালাই লোহা ঃ পিগ আয়রন পুনর্গলনে ঢালাই লোহা পাওয়া যায় এবং একে নির্দিষ্ট আকারের ছাঁচে ঢালাই করে ঈপ্সিত রূপ দেয়া হয়।

ঢালাই লোহার ধর্ম ঃ ঢালাই লোহা চাপের ক্ষেত্রে শক্তিশালী, কিন্তু টানের ক্ষেত্রে দুর্বল। এগুলো শক্ত কিন্তু ভঙ্গুর এবং ঘাত সহ্য করতে পারে না। এগুলো লবণের পানিতে দ্রুত ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। এগুলো ধূসর, সাদা অথবা নানা বর্ণের ছাপযুক্ত হতে পারে। এগুলো ইস্পাতের মতো নমনীয় নয়। এগুলোকে পিটিয়ে পাত করা যায় না। এগুলোর শোষণ ক্ষমতা নেই বললেই চলে এবং মোচড় সহ্য করতে পারে না। এগুলোকে যে কোন আকারে ঢালাই করা যায়। তাই এগুলোর তৈরি সামগ্রীর উৎপাদন খরচ কম। ঢালাইয়ের পর এগুলো কিঞ্চিৎ সংকুচিত হয়। এগুলোতে কার্বনের পরিমাণ ৩% হতে ৫%। এগুলোর গলনাঙ্ক ১২০০° সে. এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব ৭.২০। এগুলো ফোর্জযোগ্য নয় এবং অতিকষ্টে ওয়েল্ড করা যায়।

পেটা লোহা ঃ পেটা লোহা প্রায় বিশুদ্ধ লোহা। এতে ০.২৫ শতাংশের কম কার্বন এবং অল্প পরিমাণ ধাতুমল মিশ্রিত থাকে। পিগ আয়রন পিগ স্ক্রুটন বা প্যাডলিং পদ্ধতিতে শোধিত ও কার্বনমুক্ত করে পেটা লোহা প্রস্তুত করা হয়।

পেটা লোহার ধর্ম ঃ পেটা লোহার গঠন আঁশালো, প্রায় ১৬৫০° ফাঃ তাপে ফোর্জযোগ্য, এর গলনাঙ্ক ২৮০০° ফাঃ। এগুলোকে বাঁকা করা যায়, অস্থায়ী চুম্বকত্ব দেয়া যায়। এগুলোতে ঢালাই লোহা অপেক্ষা দ্রুত মরিচা পড়ে এবং লবণের পানিতে আক্রান্ত হয়। এগুলোতে কার্বনের পরিমাণ ০.১২% এবং ধাতুমল ১% হতে ২% থাকতে পারে।

১১.২ পেটা লোহা ও ঢালাই লোহা ব্যবহার (Uses of wrought iron and cast iron) ঃ

পেটা লোহার (Wrought iron) ব্যবহার ঃ

(i) পেটা লোহা কৃষি সরঞ্জাম ও যন্ত্রপাতি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(ii) এগুলো রেইল, ক্রেইন হুক, রেলওয়ে কাপলিং (এগুলোতে আকস্মিক লোড পড়ে) প্রস্তুতে ব্যবহার করা হয়।

(iii) এগুলো বৈদ্যুতিক চুম্বক তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(iv) যেহেতু এগুলো সহজে ওয়েল্ডিং করা যায়, তাই সৌন্দর্যবর্ধক অলংকারমূলক লোহার কাজে ব্যবহার করা হয়।

(iv) এগুলো ইস্পাত তৈরির কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ঢালাই লোহার (Cast iron) ব্যবহার ঃ

(i) যদিও ঢালাই লোহার গলনাঙ্ক কম এবং কাঠিন্যকরণে (Solidification) প্রসারিত হয় তবু এগুলো বিভিন্ন ধরনের সামগ্রী ঢালাইয়ে যেমন পানি নিষ্কাশন পাইপ, সিউয়ার, ওজন (বাটখারা), ফায়ার বার (fire bar), বেড প্লেট, নলকূপের বডি ও যন্ত্রাংশ ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(ii) এগুলো পেটা লোহা ও ইস্পাত প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

(iii) এগুলো অত্যধিক চাপ ও পীড়ন সহ্য করতে পারে। তাই রেল চেয়ার, কলাম, মেশিনের বেড, লেদ মেশিন, গাড়ির চাকা, বিভিন্ন মেশিনের ধারক (Support), ছাপা মেশিনের বেশিরভাগ ভারী অংশ, ব্রাকেট ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(iv) এগুলোতে সহজে মরিচা ধরে না বিধায় খোলা স্থানের সামগ্রী যেমন ল্যাম্প পোস্ট, গাটার পাইপ, ম্যানহোল কভার, রেলিং, ফায়ার গ্রেটিংস ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

১১.৩ কার্বনের পরিমাণের ভিত্তিতে ইস্পাতের শ্রেণিবিভাগ (Classification of steel on the basis of carbon content) ঃ

ইস্পাত মূলত লোহা ও কার্বনের সংকর। ইস্পাতে নগণ্য পরিমাণ সিলিকন, ফসফরাস, সালফার ইত্যাদি থাকে কিন্তু ইস্পাতের গুণাগুণে কোন প্রভাব ফেলে না, শুধুমাত্র লোহা ও কার্বনেরই প্রাধান্য থাকে। তাই এ ইস্পাতকে সাধারণ কার্বন ইস্পাত (Plain carbon steel) বলা হয়। ইস্পাত ঢালাই লোহা ও পেটা লোহা হতে তৈরি করা হয় এবং এতে কার্বনের পরিমাণ উক্ত লোহাদ্বয়ের কার্বনের পরিমাণের মাঝামাঝি। সে মতে ০.১৫% হতে ১.৫% কার্বন সম্পন্ন লোহাই সাধারণত ইস্পাত (steel) হিসাবে পরিচিত।

বিশুদ্ধ লোহা তেমন শক্তিশালী নয়। লোহার সাথে কার্বনের সংকরায়নে লোহার শক্তি অত্যধিক বাড়ে। লোহার অন্তঃকাঠামোর গঠনে ও যান্ত্রিক গুণাবলিতে কার্বনের মাত্রা বিশেষ প্রভাব ফেলে। লোহায় কার্বনের পরিমাণ বাড়ার সাথে সাথে এর টান শক্তির পরিমাণও বৃদ্ধি পেতে থাকে কিন্তু প্রসার্যতা হ্রাস পায়। কাজেই লোহার অযাচিতভাবে কার্বনের পরিমাণ নির্দিষ্ট সীমার অধিক হওয়া বাঞ্ছনীয় নয়।

কার্বনের পরিমাণের ভিত্তিতে ইস্পাতকে নিম্নোক্ত শ্রেণিতে ভাগ করা যায় ঃ

(i) ডেড মাইল্ড স্টিল (Dead Mild steel) ঃ কার্বনের পরিমাণ ০.১৫% এর কম।

(ii) মাইল্ড স্টিল (Mild steel) ঃ কার্বনের পরিমাণ ০.১৫% হতে ০.৩০%।

(iii) মিডিয়াম কার্বন স্টিল (Medium carbon steel) ঃ কার্বনের পরিমাণ ০.৩০% হতে ০.৮০%।

(iv) হাই-কার্বন স্টিল (High-carbon steel) ঃ কার্বনের পরিমাণ ০.৮০% হতে ১.৫%।

(মাইল্ড স্টিল ও হাই-কার্বন স্টিলই মূলত বিল্ডিং অ্যান্ড স্ট্রাকচারাল ইঞ্জিনিয়ারিং-এ ব্যবহৃত হয়।)

১১.৩.১ বাণিজ্যিক ইস্পাত (Commercial steels) ঃ

প্রকৌশল কর্মকাণ্ড সম্পাদনে বিভিন্ন ধরনের, গুণ মানের প্রকৌশল সামগ্রী ব্যবহৃত হয়। এ সকল সামগ্রীর আদর্শায়ন, মান নিয়ন্ত্রণ, ব্যবহারে স্থায়িত্ব, নিরাপত্তা ইত্যাদি বিভিন্ন দিক সম্পর্কে প্রয়োজনীয় পরীক্ষা-নিরীক্ষা করার জন্য বিশ্বের বিভিন্ন দেশে বিশেষ করে শিল্পোন্নত বিশ্বে বিভিন্ন প্রতিষ্ঠান গড়ে উঠে। এ সকল প্রতিষ্ঠানের মধ্যে BSI (British Standard Institute), ASTM (American Society of Testing & Materials), ACI (American Concrete Institute), SAE (Society for Automotive Engineers), AISI (American Iron & Steel Institute) ইত্যাদি অন্যতম। এ প্রতিষ্ঠানগুলো বিভিন্ন প্রকৌশল সামগ্রী সম্পর্কে যে সকল তথ্যাদি উপস্থাপন করে তা প্রকৌশলী ও ব্যবহারকারী উভয়ের জন্য অনুসরণীয়।

ইস্পাত সংকর ও ইস্পাতের বিনির্দেশ ও গঠনের (Specifications & Composition) উপর SAE ও AISI কর্তৃক যে সকল তথ্যাদি উপস্থাপন করা হয়েছে তা শিল্পোন্নত দেশগুলোতে বহুল প্রচলিত। আমাদের দেশেও এ সকল তথ্যাদি অনুসরণ করছে বিধায় এ বিষয়ে প্রকৌশলী ও ব্যবহারকারীর যথাযথ জ্ঞান থাকা আবশ্যক। তাই উক্ত সংস্থাদ্বয় কর্তৃক ইস্পাত ও ইস্পাত সংকর সম্পর্কে প্রণীত ছক ও সংখ্যাসূচি ব্যবস্থা (Numerical index system) সংক্ষিপ্তভাবে উল্লেখ করা হল। এখানে উল্লেখ্য, টেবিলটির একাংশ সংক্ষিপ্ত করে নিম্নে দেখানো হল ঃ

(ক) ওপেন হার্থ এবং ইলেকট্রিক ফার্নেসে উৎপাদিত ইস্পাত ও ইস্পাত সংকর এর টেবিল ঃ

AISI Number	C	Mn	P(maxi)	S(maxi)	Si	Ni	Cr	Mo	SAE Number
A1330	0.28–0.33	1.60–1.90	0.040	0.040	0.20–0.35	1	–	–	1330
A2340	0.38–0.43	0.70–0.90	0.040	0.040	0.20–0.35	3.25-3.75	–	–	2340
E3310	0.08–0.13	0.45–0.60	0.025	0.025	0.20–0.35	3.25-3.75	1.40-1.75	–	3310 3312

উপরোক্ত টেবিলে ব্যবহৃত বিভিন্ন সংকেত অর্থ ঃ

A = বেসিক ওপেন হার্থ অ্যালয় স্টিল
B = এসিড বেসিমার কার্বন স্টিল
C = বেসিক ওপেন হার্থ কার্বন স্টিল
D = এসিড ওপেন হার্থ কার্বন স্টিল
E = ইলেকট্রিক ফারনেস স্টিল
NE = জাতীয় প্রয়োজনে ব্যবহৃত আদর্শ ইস্পাত

(সর্ববামের কলামে)

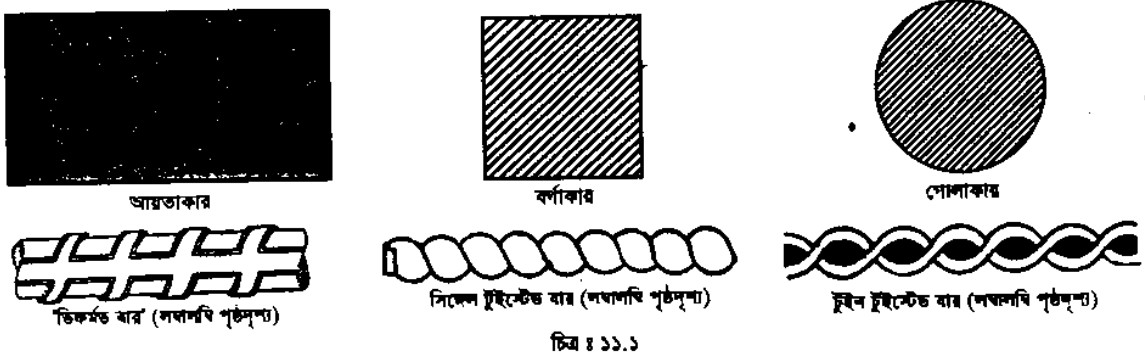
Q = ফোর্জিং করার যোগ্য
C = কার্বনের পরিমাণ (%)
Mn = ম্যাঙ্গানিজের পরিমাণ (%)
P = ফসফরাসের পরিমাণ (%)
S = সালফারের পরিমাণ (%)
Si = সিলিকার পরিমাণ (%)
Ni = নিকেলের পরিমাণ (%)
Cr = ক্রোমিয়ামের পরিমাণ (%)
Mo = মলিবডেনামের পরিমাণ (%)

সর্ববামের কলামের প্রথম সংখ্যা ইস্পাতের শ্রেণি, প্রথম সংখ্যা 1 হলে সাধারণ ইস্পাত, 2 হলে নিকেল ইস্পাত, 3 হলে নিকেল ক্রোমিয়াম ইস্পাত; ২য় সংখ্যাটি সংকরের পরিমাণ এবং শেষ দু'টি সংখ্যা কার্বন, ক্রোমিয়ামের পরিমাণ বুঝায়।

এখন একটি উদাহরণ দিয়ে বিষয়টি বুঝানো হল। ধরা যাক, AISI নম্বর E 3310–এতে বুঝায় উক্ত স্টিলটি ইলেকট্রিক ফারনেস স্টিল (E), প্রথম সংখ্যা 3 এর অর্থ হল এটি নিকেল-ক্রোমিয়াম সংকর ইস্পাত, ২য় সংখ্যা 3 এর অর্থ সংকরের পরিমাণ ৩% (নিকেল), তৃতীয় সংখ্যা 1 এর অর্থ হল ক্রোমিয়াম ১% এবং এতে অন্যান্য উপাদান টেবিল অনুযায়ী কার্বন ০.০৮০% হতে ০.১৩% ম্যাঙ্গানিজ ০.৪৫% হতে ০.৬০%, ফসফরাস ০.০২৫%, সালফার ০.০২৫%, সিলিকা ০.২০%–০.৩৫%, নিকেল ৩.২৫%–৩.৭৫%, ক্রোমিয়াম ১.৪০%–১.৭৫% এবং এটির SAE নম্বর 3310 বা 3312।

বিভিন্ন ধরনের বাণিজ্যিক ইস্পাত সম্পর্কে নিম্নে উদ্ধৃত করা হল ঃ

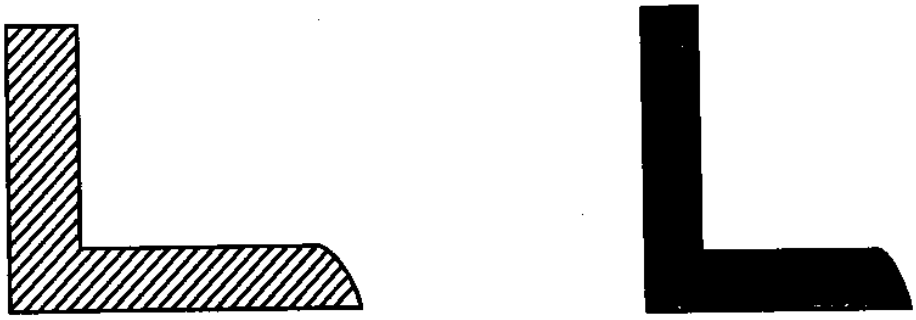
১। **বার আয়রন (Bar iron)** ঃ ইস্পাতের 'বার'গুলোর প্রস্থচ্ছেদ গোলাকার, বর্গাকার বা আয়তাকার হয়ে থাকে। সচরাচর সর্বোচ্চ ১০ মিটার দৈর্ঘ্যের 'বার' বাজারে পাওয়া যায়। গোলাকার বারগুলোর ব্যাস ২ মিমি হতে ৭৬ মিমি পর্যন্ত হয়ে থাকে। এগুলো 'রড' ও তার হিসেবে বাজারে বিক্রি হয়। সাধারণত ৫ মিমি ব্যাসের নিম্ন পর্যায়ের রডগুলোকে তার হিসেবে ধরা হয়। আয়তাকার 'বার' সচরাচর ২.৫ সেমি × ৬ মিমি হতে ৩০ মিমি হয়ে থাকে। সাধারণত প্রস্থ ৩ মিমি বাড়ালে পুরুত্ব ২ মিমি বাড়ানো হয়। বর্গাকার 'বার' ১২ মিমি হতে ৭.৫ সেমি বর্গাকার হয়ে থাকে। গোলাকার প্রস্থচ্ছেদের 'বার'গুলো বাজারে 'প্ল্যান বার' (Plan bar), ডিফর্মড বার (deformed bar), সিঙ্গেল টুইস্টেড বার (single twisted bar), ডাবল বা টুইন টুইস্টেড বার (Double twisted bar) হিসাবে বাজারে পাওয়া যায়।



চিত্র ঃ ১১.১

ব্যবহার ঃ গোলাকার 'বার' (প্ল্যান, ডিফর্মড, টুইস্টেড) সচরাচর আরসিসিতে বিশেষ করে কলাম, বিম, ছাদ ইত্যাদি কাজে; আয়তাকার 'বার' ও বর্গাকার 'বার' টাইবিম, স্ট্রাট, পোস্ট ইত্যাদির কাজে ব্যবহার করা হয়।

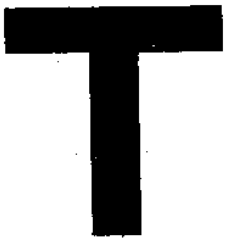
২। **অ্যাঙ্গেল বার (Angle bar)** ঃ এগুলো সর্বোচ্চ ১৩.৫ মিটার দৈর্ঘ্যের হয় এবং আকার ৩ সেমি × ৩ সেমি × ৬ মিমি হতে ২৩ সেমি × ২৩ সেমি × ৫ সেমি হয়ে থাকে। অ্যাঙ্গেল পার্শ্ব সম বা অসম উভয় প্রকারই হতে পারে।



চিত্র ঃ ১১.২

ব্যবহার ঃ অ্যাঙ্গেল বার টাই-বিম, স্ট্রাট, পোস্ট, কলাম, ইত্যাদিতে ব্যবহার হয়।

৩। **টি (Tee)** ঃ সর্বোচ্চ ১২ মিটার দৈর্ঘ্যের টি (Tee) বাজারে পাওয়া যায়। এগুলোর আকার ৪ সেমি × ৪ সেমি × ৬ মিমি হতে ১৫ সেমি × ১৫ সেমি × ১৫ মিমি হয়ে থাকে। অ্যাঙ্গেল বারের মতো এগুলোর পার্শ্ব সম-অসম উভয় প্রকারই হতে পারে।



চিত্র ঃ ১১.৩

ব্যবহার ঃ টি (Tee) সেকশনের বার বিম, জয়েস্ট ইত্যাদিতে ব্যবহার করা হয়।

৪। **চ্যানেল (Channel) ঃ** সর্বাধিক ১০ মিটার দৈর্ঘ্য এবং ১০ সিমি × ৬ সেমি হতে ৪০ সেমি × ১০ সেমি আকারের চ্যানেল বাজারে পাওয়া যায়।

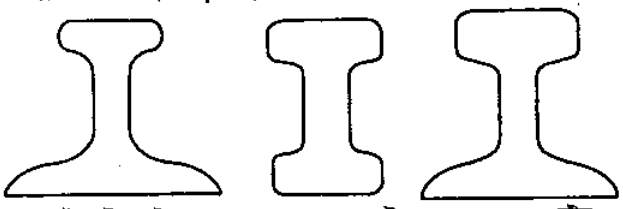
চিত্র ঃ ১১.৪

ব্যবহার ঃ ইস্পাতের চ্যানেল বিম ও গ্রাডার তৈরির কাজে ব্যবহার করা হয়।

৫। **রোলড জয়েস্ট (Rolled joist) ঃ** আই সেকশন (I section) ও গ্রাডার ইত্যাদি বিভিন্ন ধরনের সেকশনের রোলড জয়েস্ট বিভিন্ন ইস্পাত কারখানা বাজারে সরবরাহ করে থাকে। এগুলো বিম, গ্রাডার, ব্রিজ ইত্যাদি নির্মাণকাজে ব্যবহার করা হয়।

চিত্র ঃ ১১.৫

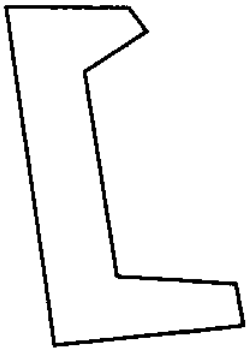
৬। **রেইল (Rail) ঃ** রেলওয়ের রেল যেমন ফ্ল্যাট ফুটেড রেল (Flat footed rail), বুল হেডেড রেল (Bull headed rail), ডাবল হেডেড রেল (Double headed rail), ফিশ প্লেট (fish plate) ও অন্যান্য খুচরাংশ নমুনা অনুযায়ী সরবরাহ করা হয়।



চিত্র ঃ ১১.৬

ব্যবহার ঃ রেল সেকশন রেললাইন নির্মাণে ব্যবহার করা হয়।

৭। **বাল্ব অ্যাঙ্গেল ও বাল্ব টি (Bulb angle and bulb tee) ঃ** বাল্ব অ্যাঙ্গেল ও বাল্ব টি জাহাজ নির্মাতাদের নির্দেশমতো তৈরি করে সরবরাহ করা হয়।



চিত্র ঃ ১১.৭

ব্যবহার ঃ বাল্ব অ্যাঙ্গেল ও বাল্ব টি নৌ-জাহাজ নির্মাণে ব্যবহার করা হয়।

৮। **প্লেট (Plate) ঃ** ১ সেমি হতে ২.৫ সেমি পুরুত্বের ইস্পাতের পাত বাজারে পাওয়া যায়।

চিত্র ঃ ১১.৮

ব্যবহার ঃ ইস্পাতের প্লেট ভারী সিলিন্ডার তৈরি, জাহাজের পাটাতন ও অন্যান্য ভারী ঢাকনা তৈরির কাজে ব্যবহার করা হয়।

৯। **শিট (Sheet) ঃ** ইস্পাত শিটও বাজারে সরবরাহ করা হয়। এগুলো ২ হতে ৩ মিলিমিটার পুরুত্বের হয়ে থাকে। এগুলোর পুরুত্ব বার্মিংহাম ওয়্যার গেজ (B.W.G.) ও স্ট্যান্ডার্ড ওয়্যার গেজ (S.W.G.) হিসেবে বাজারে পরিচিত। এ শিটগুলো সমতল ও ঢেউতোলা উভয় প্রকারেরই হতে পারে।

ব্যবহার ঃ ঢেউতোলা শিট ছাউনির কাজে এবং সমতল শিট পার্টিশনের কাজে ব্যবহার হয়।

এতদভিন্ন ইস্পাতের নাট, বোল্ট, পেরেক, স্ক্রু, রিভেট, এক্সপানডেড মেটাল, দা, কুড়াল, কোদাল ইত্যাদি বাজারে পাওয়া যায়। এগুলো ব্যবহারক্ষেত্র ও নির্মাণের চাহিদা মোতাবেক উপযুক্ত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়।

১১.৪ মৃদু ইস্পাত, সংকর ইস্পাত ও স্টেইনলেস ইস্পাত (Mild steel, alloy steel & stainless steel) ঃ

মৃদু ইস্পাতের (Mild steel) ধর্ম ঃ এগুলোতে ০.১৫% হতে ০.৩০% কার্বন থাকে। এগুলোর গঠন উজ্জ্বল। এগুলোকে ঝালাই করা যায়, কিন্তু শক্ততা বাড়ানো যায় না। এগুলো বিদ্যুৎ পরিবাহী ও নমনীয়। এগুলোকে বাঁকা করা যায় এবং এগুলোতে দ্রুত মরিচা পড়ে। এগুলোকে স্থায়ী চুম্বকত্ব দেয়া যায়। এগুলো টান ও চাপের ক্ষেত্রে প্রায় সমান শক্তিশালী। এগুলোর গলনাঙ্ক ১৪০০° সে. এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব ৭.৮০।

ব্যবহার ঃ মৃদু ইস্পাত প্রায় সকল নির্মাণকাজেই ব্যবহার করা হয়। বিশেষভাবে ব্রিজ, ইমারত, রেল, আরসিসি, রিভিট, তার, তারের রশি, ঢেউটিন ইত্যাদি তৈরির কাজে এটি ব্যবহার করা হয়।

মাঝারি কার্বন ইস্পাত (Medium carbon steel) এর ধর্ম ঃ এতে কার্বনের পরিমাণ ০.৩০% হতে ০.৮০% শতাংশ। এটা মৃদু ইস্পাত অপেক্ষা অধিক শক্তিধর এবং কম প্রসার্য, অন্যান্য গুণ মৃদু ইস্পাতের মতো।

ব্যবহার ঃ কানেকটিং রড, শ্যাফট, রেল ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

উচ্চ কার্বন ইস্পাত (High-carbon steel) এর ধর্ম ঃ এতে ০.৮% হতে ১.৫% কার্বন বিদ্যমান থাকে। নমনীয় ইস্পাতের অপরাপর গুণসহ এ ধরনের ইস্পাত মৃদু ইস্পাত অপেক্ষা অধিক শক্তিসম্পন্ন এবং সুকঠিন।

ব্যবহার ঃ ছুরি, কাঁচি, ক্ষুর, বাটালি, ড্রিল বিট, রেডিও এবং অন্যান্য যন্ত্রপাতি ও উচ্চ টান শক্তিসম্পন্ন প্রিস্ট্রেসিং স্টিল তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রকৌশল কার্যে বিশুদ্ধ লোহার ব্যবহার খুবই কম। প্রকৌশলীগণ প্রয়োজনীয় ধর্ম ও গুণাগুণসম্পন্ন ইস্পাত তৈরির জন্য লোহার সাথে এক বা একাধিক উপাদান (কার্বন ব্যতীত) মিশিয়ে ইস্পাতের যে সংকর ধাতু তৈরি করেন, ঐ সংকর ধাতুকে সংকর ইস্পাত (Alloy steel) বলা হয়। সংকর ইস্পাতে সংকর উপাদানটির নাম উল্লেখ থাকে। কার্বন ইস্পাতের সাথে যদি একটি উপাদান মিশ্রিত হয়ে ঈপ্সিত ধর্ম ও গুণাগুণ প্রাপ্ত হয়, তবে এগুলোকে ত্রিসংকর ইস্পাত বলা হয়। আর যদি দুটি উপাদানের মিশ্রণে ঈপ্সিত ধর্ম ও গুণাগুণ প্রাপ্ত হয়, তবে এগুলোকে চতুর্সংকর ইস্পাত বলা হয়।

যেহেতু সাধারণ ইস্পাত কতকগুলো বিশেষ ধরনের কার্য পরিধিতে ব্যবহার করা যায় না, তাই (ক) হিট ট্রিটমেন্ট অপারেশন সরল ও সহজ করার জন্য (খ) প্রসার্যতা না কমিয়ে ও ভঙ্গুরতা ব্যতীত উচ্চ টান শক্তির উন্নয়নের জন্য (গ) বৈদ্যুতিক, চুম্বকীয় ও তাপীয় বৈশিষ্ট্যের উন্নয়নের জন্য (ঘ) ক্ষয় প্রতিরোধী গুণ বাড়ানোর জন্য (ঙ) অস্বাভাবিক তাপমাত্রা প্রতিরোধের জন্য এবং (চ) ঘর্ষণজনিত ক্ষয় প্রতিরোধের উন্নয়নের জন্য সংকর ইস্পাত তৈরি করা হয়।

নিচে স্টিলের কয়েকটি সংকর উপাদানের কার্যাবলি দেয়া হল–

অ্যালুমিনাম (Aluminum) ঃ অ্যালুমিনাম হিট ট্রিটমেন্ট কালে গ্রেইন গ্রোথ প্রতিহত করে এবং পৃষ্ঠ কাঠিন্য ত্বরান্বিত করে।

তামা (Copper) ঃ তামা আবহাওয়ার প্রভাবে ক্ষয়িত হওয়া প্রতিহত করে। এটি ক্ষেত্রফল হ্রাস না করে এবং অতিরিক্ত বিকৃতি না ঘটিয়ে ইল্ড পয়েন্ট বৃদ্ধি করে ও শক্তি বাড়ায়।

ক্রোমিয়াম (Chromium) ঃ ক্রোমিয়াম ক্ষয় ও ঘর্ষণ প্রতিরোধের ক্ষমতা উন্নত করে, কাঠিন্য বাড়ায় এবং ভালভাবে পলিশ গ্রহণের উপযোগী করে।

ম্যাঙ্গানিজ (Manganese) ঃ ম্যাঙ্গানিজ ইস্পাতের ঘাতসহনীয়তা অত্যধিক বৃদ্ধি করে, কাঠিন্যের উন্নতি করে টুলস্ স্টিলে বিকৃতি ও সংকোচন প্রতিহত করে এবং ঘর্ষণরোধিতার মাত্রা বৃদ্ধি করে।

মলিবডেনাম (Molybdenum) ঃ মলিবডেনাম প্রসার্যতা হ্রাস না করে ক্ষয়রোধিতা, শক্তি, স্থিতিস্থাপক সীমা বৃদ্ধি করে, পুনঃপুন আঘাত রোধের ক্ষমতা ও কাঠিন্যের উন্নয়ন ত্বরান্বিত করে। মলিবডেনাম, সচরাচর ক্রোমিয়াম ও নিকেল এর সমন্বয়ে থাকে।

নিকেল (Nickel) ঃ নিকেল প্রসার্যতায় বিঘ্ন না ঘটিয়ে টান শক্তি বৃদ্ধি এবং বিরূপ অবস্থায় অধিক নিকেল ব্যবহার করে ক্ষয়রোধিতা বাড়ানো যায়। এটি সচরাচর ক্রোমিয়ামসহ ব্যবহৃত হয়।

সিলিকন (Silicon) ঃ সিলিকন মরিচা পড়া রোধ করে এবং অধিক তাপ প্রয়োগের জন্য রাসায়নিক ক্ষয় প্রতিরোধ ক্ষমতার উন্নয়ন ঘটায়। (তাই রাসায়নিক গবেষণাগারের প্লাম্বিং লাইনে এর ব্যবহার হয়ে থাকে।)

টাংস্টেন, ভ্যানাডিয়াম ও কোবাল্ট (Tungsten, Vanadium & Cobalt) ঃ টাংস্টেন, ভ্যানাডিয়াম ও কোবাল্ট ঘর্ষণ ক্ষয় প্রতিরোধ ক্ষমতা, ও উচ্চতাপে কাঠিন্যর উন্নতি করে। তাই এগুলো হাই-স্পিড স্টিল টুলস্ এ ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

সিসা (Lead) ঃ সিসা স্টিলের মেশিনয়্যাবিলিটি বৃদ্ধি করে। এতে স্টিলে হর্ট শর্ট (hot short) বা রেড শর্ট (red short) তৈরি হয় না (যা কম ম্যাঙ্গানিজ ও অধিক সালফার সম্পন্ন স্টিলের তপ্ত মেটালে কাজ করার সময় হয়ে থাকে)।

টিটানিয়াম (Tetanium) ঃ টিটানিয়াম কাঠিন্য, গ্রেইন সাইজ হ্রাস করে, কিন্তু ইল্ড স্ট্রেংথ ও ক্রিপ স্ট্রেংথ এর উন্নয়ন ঘটায়।

নিম্নে প্রধান প্রধান শ্রেণির সংকর ইস্পাতগুলোর তালিকা দেয়া হল ঃ

ত্রিসংকর ইস্পাত	চতুর্সংকর ইস্পাত
নিকেল ইস্পাত	ক্রোম-নিকেল ইস্পাত
সিলিকন ইস্পাত	ক্রোম-ভ্যানাডিয়াম ইস্পাত
কপার ইস্পাত	ক্রোম-মলিবডেনাম ইস্পাত
ম্যাঙ্গানিজ ইস্পাত	ম্যাঙ্গানিজ-সিলিকন ইস্পাত
ক্রোমিয়াম ইস্পাত	নিকেল-মলিবডেনাম ইস্পাত
টাংস্টেন ইস্পাত	
মলিবডেনাম ইস্পাত	
ভ্যানাডিয়াম ইস্পাত	

বিশেষ ধরনের সংকর ইস্পাত ঃ

নিকেল-ক্রোম-মলিবডেনাম ইস্পাত
ক্রোমিয়াম বিয়ারিং ইস্পাত
ক্রোম-নিকেল স্টেইনলেস ইস্পাত
ক্রোমিয়াম স্টেইনলেস ইস্পাত
হাই-নিকেল ইস্পাত
হাই-ম্যাঙ্গানিজ ইস্পাত।

● **কয়েকটি সংকর ইস্পাত ঃ**

মনেল মেটাল (Monel metal) ঃ এগুলো ইস্পাতের ন্যায় শক্তিধর এবং ঘাতসহনীয়। এগুলো ৬৭% নিকেল, ২৮% কপার, ৩% লোহা, ২% ম্যাঙ্গানিজের সহযোগে তৈরি। এগুলোর ক্ষয় ও পানি আক্রান্তরোধী গুণ ইস্পাতের চেয়ে অধিক। এগুলো উচ্চ তাপরোধী।

স্টেইনলেস ইস্পাত (Stainless steel) ঃ প্রধানত দু'ধরনের স্টেইনলেস ইস্পাত ব্যবহার করা হয়ে থাকে, যথা–

১। ক্রোম-নিকেল-স্টেইনলেস ইস্পাত ও

২। ক্রোম-স্টেইনলেস ইস্পাত।

১। **ক্রোম-নিকেল স্টেইনলেস ইস্পাত ঃ** ক্ষয়রোধ করা এগুলোর গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য। অন্যান্য বৈশিষ্ট্যের মধ্যে ক্রিপ (Creep) রোধের ক্ষমতা, টান শক্তি, নমনীয়তা ইত্যাদির মাত্রা অন্যান্য ইস্পাত হতে ভিন্ন ধরনের। এগুলোর গঠনে ১১.৫ হতে ২৪.০০% ক্রোমিয়াম, ৮ হতে ১৪.০০% নিকেল এবং ০.০৮ হতে ০.২০% কার্বন থাকে। এ ইস্পাত ক্ষয়রোধী, স্বাভাবিক আবহাওয়ায় মরিচাক্রান্ত হয় না এবং সাধারণ এসিডেও আক্রান্ত হয় না। এগুলো অধিক টান শক্তিসম্পন্ন এবং ওজনে হালকা। এগুলো পৃষ্ঠ প্রলেপ সামগ্রী (Surfacing materials) হিসেবে খুবই আকর্ষণীয়।

২। ক্রোম স্টেইনলেস ইস্পাত ঃ এ ইস্পাত উচ্চ শক্তিসম্পন্ন এবং মধ্যমমানের ক্ষয়রোধী। এগুলোতে ক্রোমিয়ামের পরিমাণ ১০%–৪০% থাকে।

ব্যবহার ঃ যানবাহনের ধূম্রনালির ধারক, তাপ নিয়ন্ত্রণ ভালভ, শ্যাফ্‌ট ইত্যাদি তৈরি করতে এগুলো ব্যবহার করা হয়। এতদভিন্ন রান্নাবান্নার সামগ্রী, ছুরি, কাঁচি ইত্যাদি তৈরিতেও এগুলোর ব্যবহার দেখা যায়।

৩। নিকেল ইস্পাত (Nickel steel) ঃ ০.১৫% হতে ০.৫০% কার্বন সম্পন্ন লোহার সাথে ১% হতে ৪.৫% নিকেল সংমিশ্রণে নিকেল ইস্পাত তৈরি করা হয়। নিকেল টান শক্তি বাড়ায় এবং ভঙ্গুরতা কমিয়ে দেয়। এগুলো ক্ষয় এবং ফেটিক (fatique) রোধী।

৪। ক্রোমিয়াম ইস্পাত (Chromium steel) ঃ ক্রোমিয়াম ইস্পাত অধিক কাঠিন্য গুণসম্পন্ন উচ্চ শক্তিশালী ও উচ্চ মানের ঘাতসহনীয় ইস্পাত। ০.২০% হতে ১.৫% কার্বন সম্পন্ন ইস্পাতের সহিত ০.৫% হতে ২% ক্রোমিয়ামের সংমিশ্রণে এ ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়। ক্রোমিয়ামের সাথে সিমেন্টাইটের সংমিশ্রণে ডাবল কারবাইড সৃষ্টির ফলে ক্রোমিয়াম ইস্পাত কাঠিন্য লাভ করে। ০.৬০% হতে ০.৯০% কার্বন সম্পন্ন ইস্পাতের সহিত প্রায় ০.৫০% ক্রোমিয়ামের সংমিশ্রণে তৈরি ক্রোমিয়াম ইস্পাত বাটালি, রেত, ড্রিলবিট, স-ব্লেড, ক্রাশিং-এর যন্ত্র তৈরিতে ব্যবহার করা হয়।

৫। টাংস্টেন ইস্পাত (Tungsten steel) ঃ ১৮% টাংস্টেন, ৪% ক্রোমিয়াম ও ১% ভ্যানাডিয়াম এর মিশ্রণ টাংস্টেন ইস্পাত/হাই-স্পিড ইস্পাত তৈরি। এগুলো অত্যধিক শক্ত, ঘাত (Abrasion) রোধী। এগুলো চুম্বক, রেল, ফোর্জিং টুলস তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

৬। টুলস স্টিল (Tools steel) ঃ ১.৫% কার্বন সম্পন্ন স্টিলই হাই-কার্বন স্টিল বা টুলস স্টিল। তবে পাঞ্চ, হ্যামার, বাটালজাতীয় টুলস এর জন্য সাধারণত ০.৯০% কার্বন এবং ডাই, ড্রিল, ফাইল, স ও গর্ত করার টুলস এ ১.৫০% কার্বনের টুলস স্টিল বা হাই-কার্বন স্টিল ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এগুলো ১৪০০°F হতে ১৮০০°F তাপমাত্রায় পানদানে অত্যধিক কাঠিন্য অর্জন করে। এগুলোকে নিম্ন তাপমাত্রায় ঈপ্সিত কাঠিন্য দেয়া যায়।

৭। ডুপ্লেক্স মেটাল বা ক্লাড স্টিল (Duplex metals or Clad steel) ঃ ডুপ্লেক্স মেটাল ভিন্ন দুটি ধাতুর পাতের সমন্বয়ে তৈরি করা হয়। দুটি ধাতুর পাতদ্বয়কে একটির উপর অপরটি স্থাপন করে উচ্চ তাপমাত্রায় ও চাপে রোলিং করে পরস্পরে সংযোগ দেয়া হয়। সাধারণত ব্যাকিং-এ স্টিল এবং সামনে ঈপ্সিত গুণাবলির ধাতব পাত দেয়া হয়ে থাকে। কোন কোন ক্ষেত্রে উভয় পৃষ্ঠেও ঈপ্সিত গুণাবলির ধাতব পাত ব্যবহার করে ডাবল ক্লাড (Double Clad) স্টিল তৈরি করার দরকার [illegible] পারে। ডুপ্লেক্স ক্ষয়রোধ বা তাপ প্রতিরোধ বা উভয়ের জন্য, তাপীয় বা বৈদ্যুতিক পরিবহন ক্ষমতা বৃদ্ধির জন্য, উন্নত বিয়ারিং ক্ষমতা প্রদানের জন্য ও অন্যান্য ঈপ্সিত গুণাবলির জন্য করা হয়ে থাকে। ডুপ্লেক্স শিট, পাত বা তার হিসাবে পাওয়া যায়। পেট্রোলিয়াম, দুগ্ধ কারখানা, বেকারি শিল্পে ডুপ্লেক্স মেটাল ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

দস্তামুণ্ডিত বা গ্যালভানাইজড্ ইস্পাত (Galvanized steel) ঃ

লোহা বা ইস্পাতের সামগ্রীকে দস্তার আবরণ দ্বারা মুণ্ডিত করাকে দস্তামুণ্ডিতকরণ বলা হয়। ইস্পাত বা লোহা নির্মিত সামগ্রীকে অতি উত্তমরূপে পরিষ্কার করে তপ্ত অবস্থায় গলিত দস্তার মধ্যে নিমজ্জিত করলে এগুলোর গায়ে দস্তার আবরণ পড়ে। দস্তার আবরণ দেয়া ইস্পাতই দস্তামুণ্ডিত বা গ্যালভানাইজড্ ইস্পাত। এ সময় দস্তার দ্রবণের তাপমাত্রা নিম্ন ধাপে রাখা হয়। দস্তামুণ্ডিতকরণের ফলে লোহা বা ইস্পাত মরিচারোধী হয়।

দস্তামুণ্ডিত বা গ্যালভানাইজড্ শিটের আকার স্পেসিফিকেশন ও ব্যবহার ঃ

দস্তামুণ্ডিত ঢেউটিনের প্রমাণ দৈর্ঘ্য ১.৮০ মিটার, ২.২০ মিটার, ২.৫০ মিটার, ২.৮০ মিটার ও ৩.২০ মিটার এবং প্রমাণ প্রস্থ ০.৮০ মিটার। প্রতি টিনে সাধারণত ঢেউ সংখ্যা ১০ এবং ঢেউয়ের গভীরতা ১৮ মিলিমিটার। এতদভিন্ন সমতল দস্তামুণ্ডিত টিনও বাজারে পাওয়া যায়। এগুলো সাধারণত রোলড অবস্থায় রাখা হয় এবং ঢেউটিন কুইন্টালের বান্ডিলেও বিক্রি হয়। এদের পুরুত্ব বার্মিংহাম ওয়্যার গেজ (B.W.G = Birmingham Wire Gauge) বা স্ট্যান্ডার্ড ওয়্যার গেজ (S.W.G = Standard Wire Gauge)-এ প্রকাশ করা হয়। আমাদের বাজারগুলোতে সাধারণত B.W.G মাপের ঢেউটিন বিক্রি হয়। বাজারে সচরাচর ১৮ গেজি (১.২৫ মিমি), ২০ গেজি (১.০০ মিমি), ২২ গেজি (০.৮০ মিমি), ২৪ গেজি (০.৬৩ মিমি), ইত্যাদি পুরুত্বের ঢেউটিন পাওয়া যায়। এর মধ্যে ২৪ গেজি ঢেউটিনের কুইন্টাল বান্ডেলের দৈর্ঘ্য ২১.৫ মিটার হতে ২২.৫ মিটার হয়ে থাকে। সে মতে ৩.২ মিটার দৈর্ঘ্যের ৭ খানা বা ২.৮ মিটার দৈর্ঘ্যের ৮ খানা বা ২.৫ মিটার দৈর্ঘ্যের ৯ খানা বা ২.২ মিটার দৈর্ঘ্যের ১০ খানা বা ১.৮ মিটার দৈর্ঘ্যের ১২ খানা টিনে এক বান্ডেল হয়ে থাকে।

ব্যবহার ঃ সচরাচর দস্তামুণ্ডিত ঢেউটিন ছাউনির কাজে এবং দস্তামুণ্ডিত সমতল টিন পার্টিশনের কাজে ব্যবহার করা হয়। এতদভিন্ন দস্তামুণ্ডিত ড্রাম, ঢাকনি, ইত্যাদিও নির্মাণকাজে ব্যবহার করা হয়।

বিভিন্ন ধরনের সংকর ইস্পাতের ব্যবহার (Uses of various alloy steels) ঃ

নিম্নে বিভিন্ন ধরনের সংকর ইস্পাতের ব্যবহার দেয়া হল ঃ

(ক) নিকেল ইস্পাত (Nickel steel) ঃ বয়লার প্লেট, যুদ্ধ জাহাজ, প্রপেলার, গাড়ির যন্ত্রাংশ, এরোপ্লেনের যন্ত্রাংশ, ঘড়ির পেন্ডুলাম ইত্যাদি তৈরিতে।

(খ) ক্রোমিয়াম ইস্পাত (Chromium steel) ঃ ব্লেড, রোলার, স-ব্লেড, বিয়ারিং, পেষণ যন্ত্র, ছুরি, কাঁচি, বিধ্বংসী গোলা, ডাই, পাঞ্চ ইত্যাদি তৈরিতে।

(গ) টাংস্টেন ইস্পাত (Tungsten steel) ঃ চুম্বক, ধাতু কাটার যন্ত্র, স্প্রিং, ড্রিল বিট, লেদ মেশিনের বিট ইত্যাদি তৈরিতে।

(ঘ) ভ্যানাডিয়াম ইস্পাত (Vanadium steel) ঃ ইঞ্জিন ফ্রেম, স্প্রিং, অটোমোবাইলের যন্ত্রাংশ ও বিভিন্ন ধরনের টুলস্ ইত্যাদি তৈরিতে।

(ঙ) ম্যাঙ্গানিজ ইস্পাত (Manganise steel) ঃ ক্রাশার, রোলার, নিরাপদ সিন্দুক, রেলওয়ের পয়েন্ট অ্যান্ড ক্রসিং, পেষণ যন্ত্র ইত্যাদি তৈরিতে।

(চ) সিলিকন ইস্পাত (Silicon steel) ঃ ডায়নামোর পোল পিস, ট্র্যান্সফরমার এর কোর, বৈদ্যুতিক যন্ত্রাংশ ইত্যাদি তৈরিতে।

(ছ) মলিবডেনাম ইস্পাত (Molybdenum steel) ঃ কর্তন যন্ত্র, অ্যাক্সেল, অটোমোবাইলের যন্ত্রাংশ ইত্যাদি তৈরিতে।

(জ) স্টেনলেস ইস্পাত (Stainless Stell) ঃ যানবাহনের যন্ত্র, কর্তন যন্ত্র, টারবাইন ব্লেড, ডাক্তারি যন্ত্রপাতি, বৈজ্ঞানিক যন্ত্রপাতি, অটোমোবাইল যন্ত্রপাতি, উন্নতমানের তৈজসপত্র ইত্যাদি তৈরিতে।

(ঝ) হাই-স্পিড ইস্পাত (High-speed steel) ঃ ইঞ্জিনের এগজস্ট ভালভ, ড্রিল বিট, হ্যাক-স ব্লেড, কাটিং বিট, মিলিং বিট ও অন্যান্য বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ কাটিং টুলস ইত্যাদি তৈরিতে।

১১.৪.১ অলৌহজ ধাতু (Non-ferrous metals) ঃ

যে সকল ধাতুতে লোহার উপস্থিতি নাই ঐ সকল ধাতুকে অলৌহজ ধাতু (Non-ferrous metals) বলা হয়।

লৌহজ ধাতু যেমন লৌহ আকরিক হতে নিষ্কাশনের মাধ্যমে তৈরি করা হয় তেমনি অলৌহজ ধাতুও এদের আকরিক হতে নিষ্কাশনের মাধ্যমে তৈরি করা হয়। তামা (Copper), দস্তা (Zinc), টিন (Tin), অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium), ক্রোমিয়াম (Chromium), নিকেল (Nickel), বিয়ারিং মেটাল, সিসা (Lead), বেল মেটাল ইত্যাদি অলৌহজ ধাতুর অন্তর্ভুক্ত। এ সকল ধাতুগুলো সচরাচর সংকরায়নের (Alloying) কাজে ব্যবহার করা হয়।

নিম্নে প্রকৌশল কর্মকাণ্ডে ব্যবহৃত গুরুত্বপূর্ণ অলৌহজ ধাতুর তালিকা ও সংক্ষিপ্ত পরিচিতি দেয়া হল ঃ

১। তামা (Copper)
২। দস্তা (Zinc)
৩। অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)
৪। ক্রোমিয়াম (Chromium)
৫। নিকেল (Nickel)
৬। টিন (Tin)
৭। গান মেটাল (Gun metal)
৮। মুন্টজ মেটাল (Muntz metal)
৯। ব্রোঞ্জ পাউডার (Bronze powder)
১০। আর্কিটেকচারাল ব্রোঞ্জ (Architectural bronze)
১১। টাইপ মেটাল (Type metal)
১২। জার্মান সিলভার (German silver)
১৩। ফিউজ মেটাল (Fuse metal)
১৪। বিয়ারিং মেটাল (Bearing metal)
(i) টিনভিত্তিক (Tin-based)
(ii) সিসাভিত্তিক (Lead-based)
(iii) দস্তাভিত্তিক (Zinc-based)
১৫। সিসা (Lead)
১৬। বেল মেটাল (Bell metal)
১৭। ডুরালুমিন (Duralumin)।

উপরোক্ত অলৌহজ ধাতুগুলোর সংক্ষিপ্ত বর্ণনা নিম্নে দেয়া হল ঃ

১। **তামা (Copper) ঃ** প্রকৌশলীগণের নিকট গুরুত্বের দিক হতে লোহার পরেই তামার স্থান। কপার পাইরাইটস ($Cu_2s.Fe_2S_3$), ম্যালাকোনাইট (CuO), কপার গ্লান্স (Cu_2S), আজুরাইট [$2CuCO_3.Ca(OH)_2$], ম্যালাকাইট [$CuCO_3.Cu(OH_2$] ইত্যাদি আকরিক হতে নিষ্কাশনের মাধ্যমে তামা পাওয়া যায়। তামা বাজারে পিণ্ড, পাত, তার ও টিউব হিসেবে পাওয়া যায়।

ধর্ম ঃ তামার বর্ণ তামাটে এবং পিটিয়ে পাত করা যায়। বাতাসে রেখে দিলে কার্বনেট উৎপন্ন করে সবুজাভ বর্ণ ধারণ করে। তামা অতীব প্রসার্য এবং উচ্চতাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী, ওয়েল্ডিং করা যায় না এবং ক্ষয়রোধী। এর গলনাঙ্ক ১০৮০° সে., টানশক্তি ২২৪০ কেজি/বর্গসেমি, ওজন ৮.৮০ গ্রাম/ঘনসেমি।

২। **দস্তা (Zinc) ঃ** প্রাকৃতিক দস্তা বিভিন্ন প্রকার ধাতব পদার্থের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় পাওয়া যায়।

(ক) জিংকাইট (খ) ফ্রংকলিনাইট (গ) ক্যালামিন (ঘ) জিংক ব্লেন্ড, প্রভৃতি আকরিক হতে নিষ্কাশনের মাধ্যমে দস্তা পাওয়া যায়। তরল দস্তাকে ছাঁচে ঢালাই করে নেয়া হয়। একে স্পেলটার (Spelter) বলা হয়। দস্তা পাউডার হিসেবেও পাওয়া যায়।

ধর্ম ঃ এগুলো নীলাভ সাদা বর্ণের, ঠান্ডা হলে ভঙ্গুর, উচ্চতাপে নমনীয় হয় এবং পাতে রূপ দেয়া যায়। এগুলোর গলনাঙ্ক ৪২০° সে. এবং ওজন ৭.২৯ গ্রাম/ঘনসেন্টিমিটার।

৩। **অ্যালুমিনিয়াম ঃ** বক্সাইট ও ক্রাইওলাইট হতে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়। প্রায় সকল বক্সাইটেই ৫৫ হতে ৬৫ শতাংশ অ্যালুমিনাসহ ফেরিক অক্সাইড, টেনটানিয়াম অক্সাইড, সিলিকা, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম কার্বনেট থাকে। ক্রাইওলাইট বিশুদ্ধ অবস্থায় থাকলে মোটামুটি ১৩ শতাংশ অ্যালুমিনিয়াম থাকে। আকরিক বক্সাইটকে বিশুদ্ধীকরণ এবং বিশুদ্ধীকৃত বক্সাইটকে ইলেক্ট্রোলাইসিস করে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়।

ধর্ম ঃ অ্যালুমিনিয়াম ও এর সংকরসমূহ ওজনে হালকা, ক্ষয়রোধী। এগুলোর বর্ণ সাদা, ভাঁজ করে রাখা যায় এবং পাত তৈরি করা যায়। এগুলোর গলনাঙ্ক ৬৫৯° সে. ও ঘনত্ব ২.৬১। এগুলো তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী।

৪। **ক্রোমিয়াম ঃ** মাটিজাতীয় অপদ্রব্যসহ এর আকরিক ক্রোম ওকোর (Cr_2O_3) হতে ক্রোমিয়াম পাওয়া যায় এবং সিলিকা, অ্যালুমিনা ও ম্যাগনেশিয়া জাতীয় অপদ্রব্য মিশ্রিত আকরিক ক্রোমাইট ($F_eO. Cr_2O_3$) হতে ক্রোমিয়াম পাওয়া যায়।

ধর্ম ঃ ক্রোমিয়াম উজ্জ্বল গ্রে বর্ণের শক্ত ধাতু। সহজে পলিশ করা যায় এবং ক্ষয়রোধী। এগুলোর ওজন ৬.৯ গ্রাম/ঘনসেমি এবং গলনাঙ্ক ১৫১০° সে.।

৫। **নিকেল ঃ** নিকেলের আকরিক পেন্টল্যানডাইট (Ni.Cu.Fe) হতে শোধন ও নিষ্কাশনের মাধ্যমে নিকেল পাওয়া যায়। ব্লাস্ট ফারনেসে গলিয়ে বিসিমার পদ্ধতিতে লোহা এবং পাতলা হাইড্রোক্লোরিক এসিডের সাহায্যে তামা অপসারণের পর নিকেল পাওয়া যায়।

ধর্ম ঃ নিকেল রুপার মতো বর্ণবিশিষ্ট, ভালভাবে পলিশ করা যায়। এটি পানি ও বাতাসে আক্রান্ত হয় না। এর ওজন ও গলনাঙ্ক যথাক্রমে ৮ গ্রাম/ঘনসেমি ও ১৪৫২° সে.।

৬। **টিন ঃ** ৭৭% টিনযুক্ত টিন পাথর নামক আকরিক হতে নিষ্কাশনের মাধ্যমে টিন পাওয়া যায়। টিন পাথর ক্যাসিটেরাইট (SnO_2) নামে পরিচিত। এগুলো টিনের একটি কালো বর্ণের অক্সাইড। টিনের আকরিক হতে যান্ত্রিক অথবা যান্ত্রিক তাপীয় ও রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সমন্বয়ে বিশুদ্ধ টিন আহরণ করা যায়।

ধর্ম ঃ টিন সাদা বর্ণের ধাতু। এগুলোর প্রসারণ শক্তি ও ঘাতসহনীয়তা শক্তি কম, ক্ষয়রোধী এবং স্বল্পহারে জারিত হয়, ওজন ও গলনাঙ্ক যথাক্রমে ৭.৩ গ্রাম/ঘনসেমি এবং ২৩২° সে.।

৭। **গান মেটাল (Gun metal) ঃ** গান মেটাল ১০% টিন, ৮৮% তামা, ২% দস্তার সংকর ধাতু। এগুলো আবহাওয়ায় আক্রান্ত বা ক্ষয় হয় না এবং প্রায় ৬০০°C তাপমাত্রায় ফোর্জড (forged) করা যায়। এগুলো স্টিম ও হাইড্রোলিক কাস্টিং, ভাল্ভ ও গিয়ার তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

৮। **মুন্টজ মেটাল (Muntz metal) ঃ** মুন্টজ মেটাল একটি সুপরিচিত পিতল সংকর। এতে প্রায় 40% দস্তা থাকে। অন্যান্য পিতলের চেয়ে এটি বেশ শক্ত ও ভঙ্গুর এবং এর টান শক্তি 54000 Psi। এগুলো শীথিং (sheathing), মেরিন ফিটিংস, বোল্ট ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

৯। **ব্রোঞ্জ পাউডার (Bronze powder) ঃ** ব্রোঞ্জ শিট গুঁড়া করে ব্রোঞ্জ পাউডার তৈরি করা হয়। ৯৫% তামা ও ৫% দস্তার সংকর চমকা লাল বর্ণের এবং ৭০% তামা, ৩০% দস্তার সংকর উজ্জ্বল সোনালি বর্ণের হয়। এগুলো প্রধানত রঙের রঞ্জক হিসাবে এবং ছাপাখানায় ডাস্টিং পাউডার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

১০। **আর্কিটেকচারাল ব্রোঞ্জ (Architectural bronze) ঃ** আর্কিটেকচারাল ব্রোঞ্জ একটি তামার সংকর ধাতু। এটি উত্তম ফোর্জড গুণাবলিসম্পন্ন। এতে ৫৬.৫% তামা, ৪১.২৫% দস্তা ও ২.২৫% সিসা থাকে। এটি হাতল, গ্রিল, রিভলভিং ডোরের যন্ত্রাংশ, কব্জা, যানবাহনের যন্ত্রাংশ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

১১। **টাইপ মেটাল (Type metal) ঃ** টাইপ মেটাল, টিন-সিসা-অ্যান্টিমনির (৭২%-১৮%-১০%) সংকর। ছাপাখানার টাইপ তৈরিতে এটি ব্যবহৃত হয়।

১২। **জার্মান সিলভার (German silver) ঃ** জার্মান সিলভার নিকেল-দস্তা-তামার (২০%-৩০%-৫০%) সংকর ধাতু। এর রুপালি শুভ্র বর্ণ ও ক্ষয়রোধিতার জন্য গৃহিণীদের নিকট প্রশংসিত। এগুলো রান্নাবান্নার তৈজস সামগ্রী তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

১৩। **ফিউজ মেটাল (Fuse metals) ঃ** নিম্ন তাপমাত্রায় গলে যায় এরূপ তারের একটি ডিভাইস এর নাম ফিউজ। বৈদ্যুতিক সার্কিটের নিরাপত্তায় ফিউজ ব্যবহৃত হয়। বিদ্যুৎপ্রবাহ প্রতিরোধে ফিউজের গলনাঙ্ক সীমা পর্যন্ত তাপ বৃদ্ধি পায়। গলনযোগ্য সংকর ধাতুগুলোর তাপমাত্রা ৪০°C হতে ৪০০°C পর্যন্ত হয়ে থাকে। কোন ঈপ্সিত গলনাঙ্কের জন্য নির্দিষ্ট অনুপাতের বিসমাথ, ক্যাডমিয়াম, সিসা, মারকারি এর সংকর ধাতু তৈরি করা হয়ে থাকে। ফিউজের আকার, ডায়মেনশন, তাপ পরিত্যাগের ক্ষমতা, মাউন্টিং ইত্যাদির উপর এর ক্ষমতা নির্ভর করে। গৃহস্থালিতে কার্ট্রিজ ফিউজ বা প্লাগ টাইপের ফিউজ এবং বিস্ফোরণ, তাপীয় ওভারলোড ইত্যাদি ক্ষেত্রে উদ্দেশ্য অনুযায়ী ফিউজ মেটাল ব্যবহার করতে হয়।

১৪। **বিয়ারিং মেটাল ঃ** টিন-অ্যান্টিমনি-তামার সংকর ধাতুই 'হোয়াইট বিয়ারিং মেটাল' হিসাবে পরিচিত। এটির গলনাঙ্ক কম এবং ঢালাই করে বিয়ারিং তৈরি করা সহজ। ব্যবহারক্ষেত্রের চাহিদা অনুযায়ী বিয়ারিং মেটাল তৈরির জন্য বিভিন্ন ধাতুর সংমিশ্রণে সংকর ধাতু তৈরি করা হয়ে থাকে।

সংকর ধাতুতে তামা কাঠিন্য ও ঘাতসহতা দান করে এবং গলনাঙ্ক বাড়ায়, সিসা তারল্য বাড়ায় ও অ্যান্টিফ্রিকশন গুণ দান করে, অ্যান্টিমনি শক্ত স্ফটিকের পরিমাণ বাড়ায় এবং বিয়ারিং গুণাবলির উন্নয়ন করে। কোন কোন বিয়ারিং মেটালে শক্তি ও উচ্চ তাপমাত্রার জন্য সামান্য পরিমাণে সিলভার ও নিকেল দেয়া হয় আবার কোন কোন ক্ষেত্রে সিসার নমনীয় প্রভাব কমানোর জন্য ক্যাডমিয়াম দিয়ে চাপশক্তি বাড়ানো হয়। কাজেই ব্যবহারক্ষেত্রের চাহিদা অনুযায়ী বিয়ারিং মেটাল সংকর ধাতুতে বিভিন্ন ধাতুর সংমিশ্রণের পরিমাণে পার্থক্য হয়ে থাকে। এতে যে ধাতুর পরিমাণ বেশি বিয়ারিং মেটালের নামকরণ সে ধাতুর ভিত্তিতে করা হয়ে থাকে। বিয়ারিং মেটাল বিভিন্ন ধরনের হয়ে থাকে। এগুলোর মধ্যে টিনভিত্তিক বিয়ারিং মেটাল, সিসাভিত্তিক বিয়ারিং মেটাল ও দস্তাভিত্তিক বিয়ারিং মেটাল অন্যতম।

টিনভিত্তিক বিয়ারিং মেটাল ঃ এতে ৮৫% টিন থাকে। এ বিয়ারিং মেটাল মোটর ও বিমানের ইঞ্জিনে উচ্চ গতির ও অধিক ভারের জন্য বিয়ারিং তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। (এগুলো Big end bearing)

সিসাভিত্তিক বিয়ারিং মেটাল ঃ এতে ৮০% সিসা থাকে। এ বিয়ারিং মেটাল ইলেকট্রিক মেশিন, রেলওয়ে-ট্রামওয়ে এবং মধ্যমমানের গতি ও মধ্যমমানের লোডের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। (এগুলো Long bearing)

দস্তাভিত্তিক বিয়ারিং মেটাল ঃ এতে ৮৫% দস্তা থাকে। যে সকল ক্ষেত্রে কম্পন (Vibration) কম, কিন্তু গতি বেশি ঐ সকল ক্ষেত্রের বিয়ারিং হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

১৫। **সিসা ঃ** গ্যালেনা নামে পরিচিত লেড সালফাইড (PbS) আকরিক হতে সিসা তৈরির করা হয়। গ্যালেনাতে ৮৬.৬% ভাগ সিসা থাকে। সিসার আকরিককে বিচূর্ণ করে ব্লাস্ট ফারনেসে গলিয়ে নিষ্কাশনের মাধ্যমে তরল সিসা পাওয়া যায়। তরলীকরণ প্রক্রিয়ায় শোধনের মাধ্যমে প্রায় বিশুদ্ধ সিসা উৎপাদন সম্ভব।

ধর্ম ঃ সিসা অপেক্ষাকৃত নরম ধাতু। একে কোমলায়ন প্রক্রিয়া ব্যতীত প্রয়োজনীয় আকার দেয়া যায়। এটা এসিডরোধী। এর বর্ণ ধূসর কিন্তু ধাতবীয় দ্যুতি আছে। শিট, পাইপ, সংযোজনী রড ইত্যাদি আকারে বাজারে পাওয়া যায়। এর ওজন ১১.৩৫ গ্রাম/ ঘনসেমি এবং গলনাঙ্ক ৩২৭° সে.।

১৬। **বেল মেটাল (Bell metal) ঃ** কাঁসার সাথে ৫% হতে ১২% টিন মিশ্রিত করে ব্রোঞ্জ তৈরি করা হয়। গান মেটালও এক ধরনের ব্রোঞ্জ। ২০% টিনসহ কাঁসার সংমিশ্রণে তৈরি ব্রোঞ্জকে বেল মেটাল নামে আখ্যায়িত করা হয়।

ধর্ম ঃ এটি ঘাতসহনীয়, পলিশ করলে উজ্জ্বল হয়। এগুলোর কম্পনাঙ্ক অধিক এবং স্বাভাবিক আঘাতে ভেঙে যায় না।

১৭। **ডুরালুমিন বা ডুর অ্যালুমিনিয়াম (Duralumin or Dur aluminium) ঃ** এটি অ্যালুমিনিয়াম এর গুরুত্বপূর্ণ সংকর ধাতু। এতে ৪% কপার, ১% ম্যাগনেশিয়াম, ০.৫% ম্যাঙ্গানিজ, ০.৭% সিলিকন, ০.৭% লোহা, ০.৩% টিন এবং শতকরা অবশিষ্ট অংশ অ্যালুমিনিয়াম। এর আপেক্ষিক গুরুত্ব ২.৮৫। এতে কম পরিমাণে ম্যাগনেশিয়াম এর উপস্থিতিতে কপার অ্যালুমিনিয়ামকে শক্ত ও শক্তিশালী করে। এ সংকরটির ঘনত্ব কম, উচ্চ মানের বিদ্যুৎ পরিবাহী। এগুলো আবহাওয়ার বিরূপ প্রভাবে ক্ষয় প্রতিরোধী। এটি এয়ারক্রাফট, রেলকার, বাস ও ট্রাকের বডি, রান্নাবান্নার তৈজসপত্র তৈরিতে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

১১.৫ কয়েকটি অলৌহজ ধাতু ও এদের সংকর ধাতুর ব্যবহার (Uses of some non-ferrous metals & their alloys) ঃ

নিম্নে কয়েকটি অলৌহজ ধাতু ও এদের সংকর ধাতুর ব্যবহার দেয়া হল ঃ

১। **তামা (Copper)** ঃ তামা বৈদ্যুতিক তার ও রজ্জু তৈরির কাজে ব্যবহার করা হয়। এতদভিন্ন রেডিও, টেলিভিশন, ডায়নামো, বিভিন্ন প্রকার যন্ত্রপাতি, বাসন-কোসন, ব্রোঞ্জ, পিতল, জার্মান সিলভার ইত্যাদি তৈরি করতে এটি ব্যবহার করা হয়।

২। **দস্তা (Zinc)** ঃ এগুলো বৈদ্যুতিক সেল ও ব্যাটারি তৈরির কাজে, গ্যালভানাইজিং-এর কাজে ও রঙের উপাদান হিসাবে ব্যবহার করা হয়। এতদভিন্ন ব্রোঞ্জ তৈরির কাজেও ব্যবহার করা হয়।

৩। **টিন (Tin)** ঃ এটা টিন প্লেটিং, দস্তার পাইপের আচ্ছাদন, সংকরায়নের কাজে ব্যবহৃত হয়। টিন প্রলেপিত ইস্পাত পাত্র, খাদ্য, দুগ্ধ ও ফল ইত্যাদি শিল্পে বিশেষভাবে এটি ব্যবহার করা হয়।

৪। **সিসা (Lead)** ঃ সিসা প্লাম্বিং কাজ, ঝালাই কাজ, আর্দ্রতারোধী কাজে ব্যবহার করা হয়। মুদ্রণের টাইপ তৈরিতে সিসা ব্যাপক হারে ব্যবহার করা হয়। রাসায়নিক দ্রব্য প্রক্রিয়াজাতকরণে এবং রঙের উপাদানেও এগুলো ব্যবহার করা হয়। এর সংকর ধাতু ব্যাটারি শিল্পে ও বিয়ারিং তৈরিতে ব্যাপক হারে ব্যবহৃত হয়।

৫। **পিতল (Brass)** ঃ পানির পাইপ লাইনের ভালভ, বৈদ্যুতিক ফিটিংস, স্টপ কক, বিব কক, দরজা-জানালার ফিটিংস, শোভন আসবাবপত্রের হ্যান্ডেল, নব ইত্যাদি এবং বিয়ারিং মেটাল তৈরিতে পিতল ব্যবহৃত হয়।

৬। **কাঁসা (Bronze)** ঃ শোভাবর্ধন সামগ্রী, ভালভ, গিয়ার, নাট ইত্যাদি তৈরিতে কাঁসা ব্যবহৃত হয়।

৭। **অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)** ঃ বাসন-কোসন, বৈদ্যুতিক কেবল তৈরির কাজে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহার করা হয়। উড়োজাহাজ, মোটরগাড়ি, সিঁড়ি ইত্যাদি তৈরির কাজে এগুলোর সংকর ধাতু খুবই উপযোগী। এতদভিন্ন উজ্জ্বল চকচকে দেখানোর জন্য বার্নিশের কাজেও এটি ব্যবহার করা যায়।

৮। **ক্রোমিয়াম (Chromium)** ঃ ক্রোমিয়াম সংকরায়নের কাজে বিশেষভাবে ব্যবহার করা হয়, যেমন– স্টেইনলেস স্টিল এবং অন্যান্য অধিক শক্তিশালী ইস্পাত।

৯। **নিকেল (Nickel)** ঃ নিকেল লোহা ও অন্যান্য ধাতুতে প্লেটিং এর কাজে, মুদ্রা তৈরিতে এবং লোহা ও অন্যান্য ধাতুর সংকরায়নে ব্যবহার করা হয়।

১০। **বেল মেটাল (Bell metal)** ঃ এগুলো ঘন্টা ও পেটা ঘড়ি তৈরিতে ব্যবহার করা হয়।

১১.৬ নির্মাণসামগ্রী হিসেবে অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium as construction materials) ঃ

সাধারণত অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক বক্সাইট ($Al_2O_3,3H_2O$) হতে অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত করা হয়। বক্সাইটে ৫০ হতে ৬০ শতাংশ অ্যালুমিনিয়াম এবং এর সাথে প্রধানত সিলিকা ও আয়রন অক্সাইড অপদ্রব্য হিসাবে থাকে। এটা ঈষৎ নীলাভ দ্যুতিসম্পন্ন সাদা বর্ণের অত্যন্ত হালকা ওজনের অলৌহজ ধাতু। তাই একে রুপাবৎ সাদা ধাতু (Silvery white metal) বা হালকা ধাতু (Light metal)-ও বলা হয়ে থাকে। অ্যালুমিনিয়ামের অন্যান্য আকরিক বা খনিজগুলো হল– (i) ক্রাইয়োলাইট (Cryolite– Na_3AlF_6), (ii) কোরান্ডাম (Corundum– Al_2O_3) (iii) কায়েনাইট (Kyanite– Al_2SiO_5), যা সিস্ট ও নিস (Schists & gneiss)-এ পাওয়া যায়, (iv) কেয়োলিন (Kaolin– $H_4Al_2Si_2O_3$)। বক্সাইড হতে অ্যালুমিনিয়াম আহরণে এগুলোকে ইলেকট্রিক ফারনেসে গলিয়ে অপদ্রব্য হ্রাসকরণকল্পে এতে কার্বন মিশানো হয়, যা ধাতুমল হিসেবে অপসারণ করা যায়। বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে ইলেকট্রোলাইটিক বাথে নিয়ে অ্যালুমিনিয়াম হতে অক্সাইড হ্রাস করা হয় এবং গলিত অ্যালুমিনিয়াম বাথের নিচের দিক (ক্যাথোড) দিয়ে সংগ্রহ করা যায়।

নিচে অ্যালুমিনিয়ামের ধর্মগুলো দেয়া হল, যার ভিত্তিতে অ্যালুমিনিয়াম নির্মাণসামগ্রী হিসেবে উপযোগী ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয় ঃ

(i) এটি ঈষৎ নীলাভ দ্যুতিসম্পন্ন রুপাবৎ সাদা বর্ণের ধাতু।

(ii) এটি খুবই হালকা ধাতু এবং এর সংকরগুলোও হালকা।

(iii) এটির ঘনত্ব, গলনাংক ও স্ফুটনাংক যথাক্রমে ২.৭০ গ্রাম/ঘনসেন্টিমিটার, ৬৬০° সেন্টিগ্রেড এবং ২০৫৭° সেন্টিগ্রেড।

(iv) এটি ক্ষয় এবং মরিচারোধী।

(v) এটি নমনীয় ও প্রসার্য (maleable & ductile) কিন্তু গলনাংকের কাছাকাছি তাপমাত্রায় ভঙ্গুর।

(vi) এটি তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী এবং তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মানও অধিক।

(vii) এটির কাঠিন্যের মাত্রা কম এবং এগুলোর পৃষ্ঠে সহজেই আঁচড় কাটা যায়।

(viii) এটি পিটিয়ে জোড়া (welded) দেয়া যায়, রিভিট করা যায় কিন্তু ঝালাই (Soldered) করা যায় না।

(ix) এটিকে সহজে বাঁকা করা যায়, রোল করা যায়, পিটিয়ে পাত করা যায়।

(x) এটিকে ঈপ্সিত আকার-আকৃতিতে ঢালাই করা যায়।

(xi) এটিকে সরু তারে এবং পাতলা কাগজের চেয়েও কম পুরুত্বের পাতে (foil) রূপ দেয়া যায় (5000 পাতের পুরুত্ব এক ইঞ্চিরও কম)।

(xii) এটির সংকর (কপার, ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন, ম্যাগনেশিয়াম এর সাথে) বেশ শক্ত, শক্তিশালী ও কাঠিন্যসম্পন্ন।

(xiii) এটি সাধারণ অবস্থায় পানি ও বাতাসের সাথে বিক্রিয়া করে না, তবে এসিড, ক্ষার ও নাইট্রোজেনের সাথে বিক্রিয়া করে।

১১.৭ নির্মাণসামগ্রী হিসাবে অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার (Uses of aluminium as construction materals) ঃ

নিম্নে অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার উল্লেখ করা হল ঃ

(ক) অ্যালুমিনিয়াম ইমারত নির্মাণে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। এ ধাতু এবং এর সংকরগুলো দরজা-জানালার ফ্রেম, জানালার হ্যান্ডেল, ছিটকিনি, বোল্ট ইত্যাদি, অন্যান্য ফিটিংস, ছাউনি সামগ্রী তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(খ) এটা রান্নাবান্নার সামগ্রী, তৈজসপত্র ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(গ) এটা বৈদ্যুতিক সরবরাহ (Transmission of electricity) সামগ্রী নির্মাণে বহুল ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) এটা অন্তঃদহন ইঞ্জিনের (Internal combustion engine) খুচরাংশ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(ঙ) অ্যালুমিনিয়াম ধাতব মুদ্রায় ওজন হ্রাসকারী এজেন্ট হিসাবে ব্যবহৃত।

(চ) অ্যালুমিনিয়াম ও এর সংকর ওজনে হালকা বিধায় বিমানের বডি ও যন্ত্রাংশ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(ছ) অ্যালুমিনিয়ামের পাউডার তিসির তেলের সাথে মিশিয়ে সংরক্ষাকারী প্রলেপনের ব্যবহার করা যায় (অ্যালুমিনিয়াম পেইন্ট)।

(জ) অ্যালুমিনিয়াম ফটোগ্রাফিক ফ্লাশ বাল্বে ব্যবহৃত হয়।

(ঝ) অ্যালুমিনিয়াম সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং কাজে যেমন স্থানান্তরযোগ্য ব্রিজ, গার্ডার, পোর্টেবল ফ্রেম ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(ঞ) অ্যালুমিনিয়াম সংকর রেইন ওয়াটার গাটার, গ্লেজিং বার, পাইপ, রেইল, সৌন্দর্যবর্ধক মেটাল ওয়ার্কস-এ ব্যবহৃত হয়।

(ট) খাদ্য পানীয় প্রক্রিয়াজাত ও প্যাকেটকরণে অ্যালুমিনিয়ামের কাগজের মতো হালকা শিট ব্যবহৃত হয়।

১১.৭.১ নির্মাণসামগ্রী হিসাবে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারে সুবিধা এবং অসুবিধাসমূহ (Advantages & disadvantages of using aluminium as construction materials) ঃ

নিম্নে নির্মাণসামগ্রী হিসাবে অ্যালুমিনিয়ামের সুবিধাসমূহ উদ্ধৃত করা হল ঃ

(ক) হালকা বিধায় নির্মাণে ভার কম পড়ে।

(খ) আসবাবপত্র, সৌন্দর্যবর্ধক কাঠামো নির্মাণ সহজ এবং দামে সস্তা।

(গ) আবহাওয়া অ্যালুমিনিয়ামের উপর তেমন প্রভাব ফেলে না ফলে এগুলোর নির্মিত কাঠামোর স্থায়িত্বকাল অধিক।

(ঘ) স্থানান্তরযোগ্য কাঠামো যেমন সিঁড়ি, চেয়ার, টেবিল, ব্রিজ (মুভেবল), পার্টিশন ইত্যাদি অ্যালুমিনিয়াম ও এর সংকর ধাতু দ্বারা নির্মাণ ও স্থানান্তর সহজ।

(ঙ) অ্যালুমিনিয়াম ও এর সংকরে নির্মিত দরজা-জানালার ফ্রেম, ফিটিংস ইত্যাদি যেমনি সুন্দর এবং এর জন্য ডেড লোডের পরিমাণও কম হয়।

(চ) খাদ্য ও পানীয় প্রক্রিয়াজাতকরণে অ্যালুমিনিয়ামের পাতলা শিটের প্যাকেট দীর্ঘদিন খাদ্যপানীয় বিশুদ্ধ রাখে এবং পুষ্টিমান অটুট থাকে।

(ছ) অ্যালুমিনিয়াম পেইন্ট বেশ স্থায়ী ও সৌন্দর্যবর্ধক সংরক্ষণকারী প্রলেপন হিসাবে কার্যকর ভূমিকা পালন করে।

নিম্নে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারে অসুবিধাসমূহ উদ্ধৃত করা হল ঃ

(ক) অ্যালুমিনিয়াম যেহেতু হালকা তাই ভারী কাঠামোর ভারবহনে সক্ষম নয়।

(খ) যেহেতু অ্যালুমিনিয়ামে ঝালাই করা (Soldered) যায় না, তাই একবার কোন কাঠামো ফেটে বা ভেঙে গেলে জোড়াতালি দেয়া যায় না।

(গ) অ্যালুমিনিয়ামের কাঠিন্য কম বিধায় কাঠামোর পৃষ্ঠে আঁচড়ের দাগ পড়ে।

অনুশীলনী-১১

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **লৌহজ ধাতু (Ferrous metal) বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর যে ধাতুর একটি উপাদান লৌহ, তাকে লৌহজ ধাতু বলা হয়। পিগ আয়রন, ঢালাই লোহা, পেটা লোহা, ইস্পাত ইত্যাদি লৌহজ ধাতু।

২। **শিল্পকারখানায় ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রকার লোহার নাম লেখ।** [বাকাশিবো-২০১১(পরি), ১৩]

উত্তর শিল্পকারখানায় ব্যবহৃত সাধারণ লোহাগুলো হল- (ক) পিগ আয়রন, (খ) ঢালাই লোহা, (গ) পেটা লোহা ও (ঘ) ইস্পাত।

৩। **আকরিক কী?** [বাকাশিবো-২০১২, ১৪(পরি)]

উত্তর ধাতুগুলো প্রকৃতিতে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। এগুলো অক্সাইড, সালফাইড, কার্বনেট রূপে প্রকৃতিতে অবস্থান করে। ধাতুর এ সকল খনিজ যৌগকে আকরিক বলা হয়।

৪। **লোহার আকরিকগুলো কী কী?** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর লোহার আকরিকগুলো হল- (ক) হেমাটাইট, (খ) লিমোনাইট, (গ) ম্যাগনেটাইট, (ঘ) সাইডেরাইট ও (ঙ) আয়রন পাইরাইটস।

৫। **খনিজ মল কী?**

উত্তর আকরিকের খনিজের সাথে অপদ্রব্যরূপে যে সকল অবাঞ্ছিত পদার্থ- পাথর, বালি, কাদামাটি ইত্যাদি থাকে, এগুলোকে খনিজ মল বলা হয়।

৬। **ধাতুমল কী?** [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর লোহার আকরিক অপদ্রব্যমুক্ত করার জন্য কয়লা ও চুনাপাথর ব্যবহার করা হয়। এগুলো উচ্চতাপে আকরিকের সাথে বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও অ্যালুমিনেট তৈরি করে। এগুলো চুল্লিতে গলিত লোহার উপর ভাসমান থাকে। এই ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও অ্যালুমিনেটই ধাতুমল।

৭। **বিগালক কী?**

উত্তর ধাতু নিষ্কাশনের নিমিত্তে আকরিককে উত্তপ্ত করা কালে যে সকল পদার্থ খনিজ মলের সাথে বিক্রিয়া করে গলনশীল ধাতুমল উৎপন্ন করে, সেগুলোকে বিগালক বলে। বালি, চুন, ম্যাগনেশিয়া ইত্যাদি লোহা নিষ্কাশনে বিগালক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

৮। **বিগলন প্রক্রিয়া কী?**

উত্তর লোহার আকরিককে উচ্চতাপে গলিয়ে ধাতুমল পৃথক করে পিগ আয়রন তৈরি করার প্রক্রিয়াকে বিগলন প্রক্রিয়া বলা হয়।

৯। **টুলস্ স্টিল কী?**

উত্তর ১.৫% কার্বন সম্পন্ন স্টিলই হাই-কার্বন স্টিল বা টুলস স্টিল। তবে পাঞ্চ, হ্যামার, বাটালজাতীয় টুলস্ এর জন্য সাধারণত ০.৯০% কার্বন এবং ডাই, ড্রিল, ফাইল, স ও গর্ত করার টুলস্-এ ১.৫০% কার্বনের টুলস্ স্টিল বা হাই-কার্বন স্টিল ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এগুলো ১৪০০°F হতে ১৮০০°F তাপমাত্রায় পানদানে অত্যধিক কাঠিন্য অর্জন করে। এগুলোকে নিম্ন তাপমাত্রায় ঈপ্সিত কাঠিন্যতা দেয়া যায়।

১০। **জার্মান সিলভার কী?**

উত্তর জার্মান সিলভার নিকেল-দস্তা-তামার (২০%-৩০%-৫০%) সংকর ধাতু। এর রূপালি শুভ্র বর্ণ ও ক্ষয়রোধিতার জন্য গৃহিণীদের নিকট প্রশংসিত। এগুলো রান্নাবান্নার তৈজসসামগ্রী তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

১১। পিগ আয়রনের ব্যবহার লেখ।

উত্তর ঢালাই লোহা, পেটা লোহা ও ইস্পাত তৈরিতে পিগ আয়রন ব্যবহৃত হয়।

১২। ঢালাই লোহা কী?

উত্তর পিগ আয়রনের সাথে বিগালক হিসাবে চুনাপাথর মিশ্রিত করে কিউপোলা (cupola) চুল্লিতে বিগলিত করে বিগলন প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত লোহাই ঢালাই লোহা। এগুলোকে ঈপ্সিত আকারের মোল্ডে ঢালাই করা হয়।

১৩। ঢালাই লোহার ব্যবহার লেখ।

উত্তর পাইপ, ম্যানহোল কভার, কলাম, চাকা, যন্ত্রাংশ, গেট, রেলিং, রেল চেয়ার, রেল স্লিপার ইত্যাদি তৈরিতে ঢালাই লোহা ব্যবহৃত হয়।

১৪। পেটা লোহা কী?

উত্তর পেটা লোহা প্রায় বিশুদ্ধ লোহা। পিগ আয়রনকে প্যাডলিং প্রক্রিয়ায় শোধিত ও কার্বনমুক্ত করে পেটা লোহা তৈরি করা হয়। এতে কার্বনের পরিমাণ ০.২৫% এর কম।

১৫। পেটা লোহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর পেটা লোহা অলংকৃত গেট, রেলিং, সিঁড়ি, টাইরড, প্লেট, টি, অ্যাঙ্গেল পাইপ, তার, রিভেট ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

১৬। ইস্পাত কী?

উত্তর ইস্পাত লৌহ ও কার্বনের ধাতু সংকর। এতে কার্বনের পরিমাণ ০.২৫% হতে ১.৫% হতে পারে।

[বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

১৭। কার্বনের উপর ভিত্তি করে ইস্পাতের প্রকারভেদগুলো লেখ।

উত্তর ইস্পাতকে কার্বনের উপর ভিত্তি করে (ক) ডেড মাইল্ড স্টিল (কার্বন ০.১৫% এর কম) (খ) মৃদু ইস্পাত (কার্বন ০.১৫%–০.৩০%) (গ) মাঝারি কার্বন ইস্পাত (কার্বন ০.৩০%–০.৮০%) ও (ঘ) উচ্চ কার্বন ইস্পাত (কার্বন ০.৮০% হতে ১.৫%)–এই চার গ্রেডে ভাগ করা যায়।

১৮। মৃদু ইস্পাত কী?

উত্তর পিগ আয়রন বা অন্যান্য লোহার কার্বনের পরিমাণ ০.১৫%-এ এনে মৃদু ইস্পাত তৈরি করা হয়।

১৯। মৃদু ইস্পাতের (mild steel) ব্যবহার লেখ।

উত্তর প্রায় সকল নির্মাণকাজেই বিশেষ করে ব্রিজ, ইমারত, রেল, আরসিসি, রিভেট, তার, ঢেউটিন ইত্যাদি তৈরির কাজে মৃদু ইস্পাত ব্যবহৃত হয়।

২০। সংকর উপাদান হিসাবে নিকেলের কাজ কী?

উত্তর নিকেল প্রসার্যতায় বিঘ্ন না ঘটিয়ে টান শক্তি বৃদ্ধি এবং বিরূপ অবস্থায় অধিক নিকেল ব্যবহার করে ক্ষয়রোধিতা বাড়ানো যায়। এটি সচরাচর ক্রোমিয়ামসহ ব্যবহৃত হয়।

২১। উচ্চ কার্বন ইস্পাত কোথায় ব্যবহার করা হয়?

উত্তর ছুরি, কাঁচি, ক্ষুর, বাটালি, ড্রিল বিট, রেডিও এবং অন্যান্য যন্ত্রপাতি ও উচ্চ টান শক্তিসম্পন্ন প্রিস্ট্রেসিং স্টিল তৈরিতে উচ্চ কার্বন ইস্পাত ব্যবহার করা হয়।

২২। সংকর ইস্পাত কী?

উত্তর ইস্পাতকে প্রকৌশল কাজে ব্যবহারের নিমিত্তে উপযোগিতা বৃদ্ধির জন্য এর সাথে এক বা একাধিক সংকর উপাদান (কার্বন ব্যতীত) মিশিয়ে যে সংকর ধাতু তৈরি করা হয়, তাকে সংকর ইস্পাত বলা হয়।

২৩। ইস্পাতে সংকর উপাদান হিসাবে সিসা কী কাজ করে?

উত্তর সিসা স্টিলের মেশিনয়্যাবিলিটি বৃদ্ধি করে। এতে স্টিলে হট শর্ট (hot short) বা রেড শর্ট (red short) তৈরি হয় না (যা কম ম্যাঙ্গানিজ ও অধিক সালফার সম্পন্ন স্টিলের তপ্ত মেটালে কাজ করার সময় হয়ে থাকে।)

২৪। ইস্পাতকে সংকরায়ন (alloying) করা হয় কেন?

উত্তর যেহেতু সাধারণ ইস্পাত কতকগুলো বিশেষ ধরনের কার্য পরিধিতে ব্যবহার করা যায় না, তাই (ক) হিট ট্রিটমেন্ট অপারেশন সরল ও সহজ করার জন্য (খ) প্রসার্যতা না কমিয়ে ও ভঙ্গুরতা ব্যতীত উচ্চ টান শক্তির উন্নয়নের জন্য (গ) বৈদ্যুতিক, চুম্বকীয় ও তাপীয় বৈশিষ্ট্যের উন্নয়নের জন্য (ঘ) ক্ষয় প্রতিরোধী গুণ বাড়ানোর জন্য (ঙ) অস্বাভাবিক তাপমাত্রা প্রতিরোধের জন্য এবং (চ) ঘর্ষণজনিত ক্ষয় প্রতিরোধের উন্নয়নের জন্য ইস্পাতকে সংকরায়ন (alloying) করা হয় বা সংকর ইস্পাত তৈরি করা হয়।

২৫। নিকেল ইস্পাত কী?

উত্তর নিকেল ইস্পাত ক্ষয় ও ফেটিক রোধী সংকর ইস্পাত। ০.১৫% হতে ০.৫০% কার্বন সম্পন্ন লোহার সাথে ১% হতে ৪.৫% নিকেল সংমিশ্রণে নিকেল ইস্পাত তৈরি করা হয়। নিকেল ইস্পাত দিয়ে বয়লার প্লেট, বন্দুক, ট্যাংক-এর খুচরাংশ, প্রপেলারের শ্যাফট ইত্যাদি তৈরি করা হয়।

২৬। স্টেইনলেস স্টিল কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর স্টেইনলেস্ স্টিল খুব শক্ত, ক্ষয়রোধক, চকচকে ও মরিচারোধী সংকর ইস্পাত। এগুলোতে ১১% হতে ২৪% ক্রোমিয়াম এবং ৮% থেকে ১৪% নিকেল থাকে।

২৭। ক্রোমিয়াম ইস্পাত কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ক্রোমিয়াম ইস্পাত অধিক কাঠিন্য গুণসম্পন্ন, উচ্চ শক্তিশালী ও উচ্চ ঘাতসহনীয়। ০.২০% হতে ১.৫% কার্বন সম্পন্ন ইস্পাতের সাথে ০.৫% হতে ২% ক্রোমিয়ামের মিশ্রণে ক্রোমিয়াম ইস্পাত তৈরি করা হয়। এগুলো বাটালি, রেত, ড্রিল, স, ব্লেড ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

২৮। দস্তামুণ্ডিত ইস্পাত কী?

উত্তর ইস্পাত বা লোহা নির্মিত সামগ্রীকে অতি উত্তমরূপে পরিষ্কার করে তপ্ত অবস্থায় গলিত দস্তার মধ্যে নিমজ্জিত করলে এগুলোর গায়ে দস্তার আবরণ পড়ে। এরূপে দস্তার আবরণ দেয়া ইস্পাতই দস্তামুণ্ডিত ইস্পাত। দস্তামুণ্ডিত ঢেউটিন ছাউনির কাজে ব্যবহৃত হয়।

২৯। স্টেইনলেস স্টিল ও হাই-স্পিড স্টিলের ব্যবহার লেখ।

উত্তর স্টেইনলেস স্টিল যানবাহনের ধূম্রনালির ধারক, নিয়ন্ত্রণ ভাল্ভ, শ্যাফ্ট ইত্যাদি এবং রান্নাবান্নার সামগ্রী, ছুরি, কাঁচি ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। আর হাই-স্পিড স্টিল ইঞ্জিনের এগজস্ট ভাল্ভ, ড্রিল বিট, হ্যাক-স ব্লেড, কাটিং বিট, মিলিং বিট ও অন্যান্য গুরুত্বপূর্ণ কাটিং টুলস্ ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

৩০। লোহার উপর কার্বনের প্রভাব কী?

উত্তর বিশুদ্ধ লোহা তেমন শক্তিশালী নয়। লোহার সাথে কার্বনের সংকরায়নে লোহার শক্তি অত্যধিক বাড়ে। লোহার অন্তঃকাঠামোর গঠনে ও যান্ত্রিক গুণাবলিতে কার্বনের মাত্রা বিশেষ প্রভাব ফেলে। লোহায় কার্বনের পরিমাণ বাড়ার সাথে সাথে এর টান শক্তির পরিমাণও বৃদ্ধি পেতে থাকে কিন্তু প্রসার্যতা হ্রাস পায়। কাজেই লোহায় অযাচিতভাবে কার্বনের পরিমাণ নির্দিষ্ট সীমার অধিক হওয়া বাঞ্ছনীয় নয়।

৩১। ডুপ্লেক্স মেটাল কী?

উত্তর ডুপ্লেক্স মেটাল ভিন্ন দুটি ধাতুর পাতের সমন্বয়ে তৈরি করা হয়। দুটি ধাতুর পাতদ্বয়কে একটির উপর অপরটি স্থাপন করে উচ্চ তাপমাত্রায় ও চাপে রোলিং করে পরস্পরে সংযোগ দেয়া হয়। সাধারণত ব্যাকিং-এ স্টিল এবং সামনে ঈপ্সিত গুণাবলির ধাতব পাত দেয়া হয়ে থাকে। কোন কোন ক্ষেত্রে উভয় পৃষ্ঠেও ঈপ্সিত গুণাবলির ধাতব পাত ব্যবহার করে ডাবল ক্লাড (Double Clad) স্টিল তৈরি করার দরকার হতে পারে। ডুপ্লেক্স ক্ষয়রোধ বা তাপ প্রতিরোধ বা উভয়ের জন্য, তাপীয় বা বৈদ্যুতিক পরিবহন ক্ষমতা বৃদ্ধির জন্য, উন্নত বিয়ারিং ক্ষমতা প্রদানের জন্য ও অন্যান্য ঈপ্সিত গুণাবলির জন্য করা হয়ে থাকে। ডুপ্লেক্স শিট, পাত বা তার হিসাবে পাওয়া যায়। পেট্রোলিয়াম, দুগ্ধ কারখানা, বেকারি শিল্পে ডুপ্লেক্স মেটাল ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

৩২। ফিউজ মেটাল কী?

উত্তর নিম্ন তাপমাত্রায় গলে যায় এরূপ তারের একটি ডিভাইস এর নাম ফিউজ। বৈদ্যুতিক সার্কিটের নিরাপত্তায় ফিউজ ব্যবহৃত হয়। বিদ্যুৎপ্রবাহ প্রতিরোধে ফিউজের গলনাঙ্ক সীমা পর্যন্ত তাপ বৃদ্ধি পায়। গলনযোগ্য সংকর ধাতুগুলোর তাপমাত্রা 40°C হতে 400°C পর্যন্ত হয়ে থাকে। কোন ঈপ্সিত গলনাঙ্কের জন্য নির্দিষ্ট অনুপাতের বিসমাথ, ক্যাডমিয়াম সিসা, মারকারি এর সংকর ধাতু তৈরি করা হয়ে থাকে। ফিউজের আকার, ডায়মেশন, তাপ পরিত্যাগের ক্ষমতা, মাউন্টিং ইত্যাদির উপর এর ক্ষমতা নির্ভর করে। গৃহস্থালিতে কার্ট্রিজ ফিউজ বা প্লাগ টাইপের ফিউজ এবং বিস্ফোরণ, তাপীয় ওভারলোড ইত্যাদি ক্ষেত্রে উদ্দেশ্য অনুযায়ী ফিউজ মেটাল ব্যবহার করতে হয়।

৩৩। মুন্টজ মেটাল কী?

উত্তর মুন্টজ মেটাল একটি সুপরিচিত পিতল সংকর। এতে প্রায় 40% দস্তা থাকে। অন্যান্য পিতলের চেয়ে এটি বেশ শক্ত ও ভঙ্গুর এবং এর টান শক্তি 54000 Psi। এগুলো শীথিং (sheathing), মেরিন ফিটিংস, বোল্ট ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

৩৪। গোলাকার প্রস্থচ্ছেদের কী কী ধরনের 'বার' বাজারে পাওয়া যায়?

উত্তর গোলাকার প্রস্থচ্ছেদের 'বার' গুলো বাজারে 'প্লেইন বার' (Plane bar), ডিফর্মড বার (deformed bar), সিঙ্গেল টুইস্টেড বার (single twisted bar), ডাবল বা টুইন টুইস্টেড বার (Double twisted bar) হিসাবে বাজারে পাওয়া যায়।

৩৫। অলৌহজ ধাতু বলতে কী বুঝায়?

উত্তর লৌহবিহীন যে কোন ধাতুই অলৌহজ ধাতু। প্রকৌশল কাজে লৌহজ ধাতু ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। তামা, দস্তা, টিন, অ্যালুমিনিয়াম, ক্রোমিয়াম, নিকেল, সিসা, বিয়ারিং মেটাল, বেল মেটাল ইত্যাদি অলৌহজ ধাতুও প্রকৌশল কাজে ব্যবহৃত হয়। তবে অলৌহজ ধাতুগুলো সংকরায়নের কাজে অধিক ব্যবহৃত হয়।

৩৬। অলৌহজ ধাতু প্রধানত কী কাজে ব্যবহৃত হয়?

উত্তর বিভিন্ন যন্ত্রপাতি নির্মাণে, যন্ত্রাংশে অলৌহজ ধাতু ব্যবহৃত হয়। তবে সংকরায়নে অলৌহজ ধাতু অধিক ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

৩৭। তামার আকরিকগুলো কী কী?

উত্তর তামার আকরিকগুলো হল– (ক) কিউপ্রাইট, (খ) ম্যালাকোনাইট, (গ) কপার গ্লান্স, (ঘ) আজুরাইট ও (ঙ) ম্যালাকাইট ইত্যাদি।

৩৮। দস্তার আকরিকগুলো কী কী?

উত্তর দস্তার আকরিকগুলো হল– (ক) জিংকাইট, (খ) ফ্রাংকলিনাইট, (গ) ক্যালামাইট ও (গ) জিঙ্ক ব্লেন্ড ইত্যাদি।

৩৯। কী কী আকরিক হতে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়?

উত্তর বক্সাইট ও ক্রাইওলাইট ইত্যাদি হতে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়।

৪০। ক্রোমিয়াম কী কাজে লাগে?

উত্তর ক্রোমিয়াম সংকরায়নের কাজে বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়। যেমন– স্টেইনলেস স্টিল ক্রোমিয়াম ও ইস্পাতের একটি সংকর ধাতু।

৪১। নিকেল কীভাবে তৈরি করা হয়? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর নিকেলের আকরিককে ব্লাস্ট ফার্নেসে গলিয়ে বিসিমার পদ্ধতিতে আকরিক হতে লোহা অপসারণ করা হয় এবং পাতলা সালফিউরিক এসিডের সাহায্যে তামা অপসারণ করে নিকেল উৎপাদন করা হয়।

৪২। সিসা কীভাবে তৈরি করা হয়?

উত্তর সিসার আকরিককে চূর্ণ করে ব্লাস্ট ফার্নেসে গলিয়ে নিষ্কাশনের মাধ্যমে তরল সিসা পাওয়া যায়। তরলীকরণ প্রক্রিয়ায় শোধনের মাধ্যমে প্রায় বিশুদ্ধ সিসা উৎপাদন সম্ভব।

৪৩। সিসার ধর্মগুলো লেখ।

উত্তর সিসা মোটামুটি নরম ধাতু। এগুলোকে কোমলায়ন ছাড়াও প্রয়োজনীয় আকার দেয়া যায়। এগুলোর বর্ণ ধূসর এবং ধাতবীয় দ্যুতি আছে। এগুলো এসিডরোধী।

৪৪। বেল মেটাল কী?

উত্তর ২০% টিনসহ কাঁসার সংমিশ্রণে তৈরি ব্রোঞ্জকে বেল মেটাল বলে। এগুলো ঘাতসহনীয় এবং পলিশ করলে উজ্জ্বল হয়। এগুলোর কম্পনাঙ্ক অধিক।

৪৫। বিয়ারিং মেটাল বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর তামার সাথে সিসা, টিন, অ্যান্টিমনি এর সংকরায়নের মাধ্যমে তৈরি সংকর ধাতু বিয়ারিং মেটাল নামে পরিচিত। এর মধ্যে (ক) হোয়াইট মেটালে ৮৬% টিন থাকে এবং (খ) ম্যাগনোলিয়া মেটালে ৮০% সিসা থাকে। অতি তাপীয় এলাকার বিয়ারিং তৈরির জন্য বিয়ারিং মেটাল ব্যবহৃত হয়।

৪৬। বিয়ারিং মেটাল কী উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত হয়?

উত্তর যেহেতু বিয়ারিং মেটাল মূল যন্ত্রাংশকে ক্ষয়প্রাপ্ত হতে রক্ষা করে, তাই মূল যন্ত্রাংশকে ক্ষয়ের হাত হতে রক্ষার উদ্দেশ্যে ঘূর্ণায়মান যন্ত্রাংশে বিয়ারিং মেটাল ব্যবহার করা হয়।

৪৭। ডুরালুমিন কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ডুরালুমিন অ্যালুমিনিয়ামের একটি গুরুত্বপূর্ণ সংকর ধাতু। এতে ৪% কপার, ১% ম্যাগনেশিয়াম, ০.৫% ম্যাঙ্গানিজ, ০.৭% সিলিকন, ০.৭% লোহা, ০.৩% টিন এবং শতকরা বাদবাকি অংশ অ্যালুমিনিয়াম থাকে। এগুলো বেশ শক্ত এবং শক্তিশালী, উচ্চমানের বিদ্যুৎ পরিবাহী এবং ক্ষয়রোধী সামগ্রী। এগুলো এয়ারক্রাফট ইন্ডাস্ট্রি, অটোমোবাইল নির্মাণ এবং রান্নাবান্নার তৈজসপত্র তৈরিতে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

৪৮। ইস্পাতে কী কী কারণে সংকরায়ন করা হয়?

উত্তর নিম্নে উদ্ধৃত কারণে ইস্পাতে সংকরায়ন করা হয় ঃ

(i) হিট ট্রিটমেন্ট অপারেশন সহজ-সরল করার জন্য।

(ii) প্রসার্যতা না কমিয়ে এবং ভঙ্গুরতা ব্যতীত টান শক্তির উন্নয়নের জন্য।

(iii) বৈদ্যুতিক ও চুম্বকীয় বৈশিষ্ট্যের উন্নয়নের জন্য।

(iv) ক্ষয় প্রতিরোধী গুণ বাড়ানোর জন্য।

(v) অস্বাভাবিক তাপমাত্রা প্রতিরোধের জন্য।

(vi) ঘর্ষণজনিত ক্ষয় প্রতিরোধ ক্ষমতা উন্নয়নের জন্য।

৪৯। পিগ আয়রনকে কাঁচা লোহা বলা হয় কেন?

উত্তর যেহেতু পিগ আয়রন প্রকৌশল কাজে ব্যবহার উপযোগী নয় এবং প্রকৌশল কাজের উপযোগী লোহা (ঢালাই লোহা, পেটা লোহা, ইস্পাত ইত্যাদি) তৈরিতে এগুলো কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহৃত হয়, তাই পিগ আয়রনকে কাঁচা লোহা বলা হয়।

৫০। পিগ আয়রন কী?

উত্তর লোহার আকরিককে বাত্যাচুল্লিতে উচ্চতাপে পুড়িয়ে বিগলন প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত অবিশুদ্ধ লোহাই পিগ আয়রন। এগুলো প্রকৌশল কাজের উপযোগী নয়।

৫১। তার কী?

উত্তর সাধারণত ৫ মিলিমিটারের কম ব্যাসের বার (bar) কে তার (Wire) হিসাবে ধরা হয়।

৫২। ত্রিসংকর ও চতুর্সংকর ইস্পাত কী?

উত্তর সাধারণত ইস্পাতের (কার্বন ইস্পাত) সাথে অন্য একটি সংকর উপাদান মিশ্রিত করা হলে ত্রিসংকর ইস্পাত এবং দুটি সংকর উপাদান মিশ্রিত করা হলে চতুর্সংকর ইস্পাত হবে।

৫৩। মনেল মেটাল কী?

উত্তর মনেল মেটাল ইস্পাতের তুলনায় অধিক ক্ষয়, আর্দ্রতা ও উচ্চ তাপরোধী। ৬৭% নিকেল, ২৮% কপার, ৩% লোহা ও ২% ম্যাঙ্গানিজ সহযোগে মনেল মেটাল তৈরি করা হয়। এটি একটি শক্তিধর, ঘাতসহনীয়, মূল্যবান সংকর ইস্পাত

৫৪। দন্তামুণ্ডিত ঢেউটিনে স্পেসিফিকেশন উল্লেখ কর।

উত্তর দন্তামুণ্ডিত ঢেউটিনের পুরুত্ব (বার্মিংহাম ওয়্যার গেজ) ১৮, ২০, ২২ ও ২৪ গেজি ইত্যাদি। এগুলো কুইন্টালের বান্ডিলে বিক্রি হয়। এগুলো ১.৮০ মিটার, ২.২ মিটার, ২.৫ মিটার, ২.৮ মিটার এবং ৩.২ মিটার প্রমাণ দৈর্ঘ্যের হয়ে থাকে এবং এগুলোর প্রমাণ প্রস্থ ০.৮ মিটার। এগুলোর ঢেউয়ের গভীরতা ১৮ মিমি এবং প্রতি টিনে ১০টি ঢেউ থাকে।

৫৫। ২৪ গেজি প্রতি বান্ডিল টিনে কোন দৈর্ঘ্যের কতখানা টিন থাকে?

উত্তর ২৪ গেজি প্রতি বান্ডিল টিনে থাকে–

১.৮০ মিটার দৈর্ঘ্যের বান্ডিলে ১২টি টিন বা

২.২০ মিটার দৈর্ঘ্যের বান্ডিলে ১০টি টিন বা

২.৫০ মিটার দৈর্ঘ্যের বান্ডিলে ৯টি টিন বা

২.৮০ মিটার দৈর্ঘ্যের বান্ডিলে ৮টি টিন বা

৩.২০ মিটার দৈর্ঘ্যের বান্ডিলে ৭টি টিন।

৫৬। BWG ও SWG এর পুরো শব্দ লেখ।

উত্তর BWG = Birmingham Wire Gauge ;

SWG = Standard Wire Gauge.

৫৭। বার্মিংহাম ওয়্যার গেজ এর ১৮, ২০, ২২ ও ২৪ গেজি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর বার্মিংহাম ওয়্যার গেজ এর ১৮ গেজি = ১.২৫ মিলিমিটার পুরু

২০ গেজি = ১.০০ মিলিমিটার পুরু

২২ গেজি = ০.৮০ মিলিমিটার পুরু

২৪ গেজি = ০.৬৩ মিলিমিটার পুরু

৫৮। চারটি চার সংকর ইস্পাতের নাম লেখ।

উত্তর (i) ক্রোম-নিকেল ইস্পাত

(ii) ক্রোম-ভ্যানাডিয়াম ইস্পাত

(iii) ক্রোম-মলিবডেনাম ইস্পাত

(iv) ম্যাঙ্গানিজ-সিলিকন ইস্পাত।

৫৯। অ্যালুমিনিয়াম কী?

উত্তর অ্যালুমিনিয়াম ঈষৎ নীলাভ দ্যুতিসম্পন্ন সাদা বর্ণের অত্যন্ত হালকা ওজনের অলৌহজ ধাতু।

৬০। অ্যালুমিনিয়ামের সাথে বিক্রিয়া করে এরূপ তিনটি সামগ্রীর নাম লেখ।

উত্তর (ক) এসিড, (খ) ক্ষার ও (গ) নাইট্রোজেন অ্যালুমিনিয়ামের সাথে বিক্রিয়া করে।

৬১। অ্যালুমিনিয়ামের প্রধানতম আকরিক কী? এতে কী পরিমাণ অ্যালুমিনিয়াম থাকে? [বাকাশিবো-২০১

উত্তর অ্যালুমিনিয়ামের প্রধান আকরিক বক্সাইট ($Al_2O_3, 3H_2O$)। এতে ৫০% হতে ৬০% অ্যালুমিনিয়াম থাকে।

৬২। অ্যালুমিনিয়াম কী কী কাজে ব্যবহৃত হয়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ অ্যালুমিনিয়াম ও এর সংকরগুলো ইমারতের উপকরণ হিসাবে দরজা-জানালার ফ্রেম, হ্যান্ডেল, ছিটকিনি, রান্নাবান্নার তৈজসপত্র, বৈদ্যুতিক সামগ্রী, ধাতব মুদ্রা, বিমানের যন্ত্রাংশ, পেইন্টের উপাদান, ফটোগ্রাফিক ফ্লাশ, খাদ্য ও পানীয় সরক্ষরণের ফয়েল, পোর্টেবল ফ্রেম, ল্যাডার ইত্যাদি তৈরির কাজে ব্যবহৃত হয়।

৬৩। অ্যালুমিনিয়ামের ঘনত্ব, গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের পরিমাণ কত?

উত্তর ঃ অ্যালুমিনিয়ামের ঘনত্ব ও গলনাঙ্ক যথাক্রমে ২.৭ গ্রাম/ঘনসেমি ও ৬৬০°C এবং স্ফুটনাঙ্ক ২০৫৭°C।

৬৪। অ্যালুমিনিয়ামের বিশেষ বৈশিষ্ট্য কী?

উত্তর ঃ অ্যালুমিনিয়ামের বিশেষ বৈশিষ্ট্য হল ওজনে হালকা কিন্তু সৌন্দর্য ও সামর্থ্যে অন্যান্য ধাতুর প্রায় সমতুল্য।

৬৫। অ্যালুমিনিয়ামের আকরিকগুলো কী কী?

উত্তর ঃ অ্যালুমিনিয়ামের প্রধান আকরিক হল– বক্সাইট ($Al_2O_3, 3H_2O$)। তা ছাড়া কায়েনাইট, ক্রাইয়োলাইট, কোরান্ডাম ইত্যাদিও অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। শতকরা হারসহ পিগ আয়রনের উপাদানগুলোর নাম লেখ।

উত্তর ঃ পিগ আয়রনে ৯২% হতে ৯৪% লোহা, ৪% হতে ৫% কার্বন, ১% হতে ২% সিলিকন, ১% হতে ২% ম্যাঙ্গানিজ এবং ১% হতে ২% অন্যান্য অপদ্রব্য থাকে।

২। ধাতুমলের ব্যবহারক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০১১]
অথবা, ধাতুমলের ব্যবহার সম্পর্কে লেখ।

উত্তর ঃ **ধাতুমলের ব্যবহার ঃ** এগুলো বিভিন্ন কাজে ব্যবহার করা হয়। ঠান্ডা হওয়ার পর এগুলোকে ঈপ্সিত আকারে খণ্ড করে নিম্নোক্ত কাজে ব্যবহার করা যায় ঃ

১। ব্লাস্ট ফারনেস সিমেন্ট তৈরির কাজে
২। রাস্তা তৈরির সামগ্রী (খোয়া) হিসেবে
৩। রেলওয়ের ব্যালাস্ট হিসেবে
৪। সালফার ও সালফেট সম্পন্ন ধাতুমল সার তৈরিতে
৫। কংক্রিটের অ্যাগ্রিগেট হিসেবে।

৩। পিগ আয়রনের তৈরি পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর ঃ লোহার আকরিকগুলোকে (অক্সাইড আকারে) বাত্যাচুল্লিতে উচ্চতাপে (3000° ফাঃ) পুড়িয়ে ও গলিয়ে পিগ আয়রন পাওয়া যায়। চুল্লিতে আকরিক পোড়ানোর কালে দুটি কার্যসম্পাদিত হয়– (১) কয়লা পুড়ে CO তৈরি করে এবং আকরিকের অক্সাইড গ্রহণ করে CO_2 হিসেবে নির্গত হয় এবং (২) আকরিক পোড়ানোর কালে যে বিগালক ($CaCO_3$) দেয়া হয় তা অপদ্রব্যের সাথে উচ্চতাপে ক্যালসিয়ামের সিলিকেট ও অ্যালুমিনেট তৈরি করে। ক্যালসিয়ামের সিলিকেট ও অ্যালুমিনেট লোহা অপেক্ষা হালকা বলে এগুলো গলিত লোহার উপর ভাসতে থাকে। বিশেষ পদ্ধতিতে ভাসমান অপদ্রব্য ও লোহা দু'টি পৃথক পথে চুল্লি হতে বের করে আনা হয়। ভাসমান অপদ্রব্যকে ধাতুমল এবং এ প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত লোহাকে পিগ আয়রন বলা হয়। গলিত অবস্থায় এ পিগ আয়রনকে বড় বড় ছাঁচে ঢালাই করে নেয়া হয় এবং ঠান্ডা করে পরবর্তী ব্যবহারের জন্য রেখে দেয়া হয়।

৪। ঢালাই লোহার ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ **ঢালাই লোহার ধর্ম ঃ** ঢালাই লোহা চাপের ক্ষেত্রে শক্তিশালী, কিন্তু টানের ক্ষেত্রে দুর্বল। এগুলো শক্ত কিন্তু ভঙ্গুর এবং ঘাত সহ্য করতে পারে না। এগুলো লবণের পানিতে দ্রুত ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। এগুলো ধূসর, সাদা অথবা নানা বর্ণের ছাপযুক্ত হতে পারে। এগুলো ইস্পাতের মতো নমনীয় নয়। এগুলোকে পিটিয়ে পাত করা যায় না। এগুলোর শোষণ ক্ষমতা নেই বললেই চলে এবং মোচড় সহ্য করতে পারে না। এগুলোকে যে কোন আকারে ঢালাই করা যায়। তাই এগুলোর তৈরি সামগ্রীর উৎপাদন খরচ কম। ঢালাইয়ের পর এগুলো কিঞ্চিৎ সংকুচিত হয়। এগুলোতে কার্বনের পরিমাণ ৩% হতে ৫%। এগুলোর গলনাঙ্ক ১২০০° সে. এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব ৭.২০। এগুলো ফোর্জযোগ্য নয় এবং অতিকষ্টে ওয়েল্ড করা যায়।

ঢালাই লোহার (Cast iron) ব্যবহার ঃ

(i) যদিও ঢালাই লোহার গলনাঙ্ক কম এবং কাঠিন্যকরণে (Solidification) প্রসারিত হয় তবু এগুলো বিভিন্ন ধরনের সামগ্রী ঢালাইয়ে যেমন পানি নিষ্কাশন পাইপ, সিউয়ার, ওজন (বাটখারা), ফায়ার বার (fire bar), বেড প্লেট, নলকূপের বডি ও যন্ত্রাংশ ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(ii) এগুলো পেটা লোহা ও ইস্পাত প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

(iii) এগুলো অত্যধিক চাপও পীড়ন সহ্য করতে পারে। তাই রেল চেয়ার, কলাম, মেশিনের বেড, লেদ মেশিন, গাড়ির চাকা, বিভিন্ন মেশিনের ধারক (Support), ছাপা মেশিনের বেশিরভাগ ভারী অংশ, ব্রাকেট ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(iv) এগুলোতে সহজে মরিচা ধরে না বিধায় খোলা স্থানের সামগ্রী যেমন ল্যাম্প পোস্ট, গাটার পাইপ, ম্যানহোল কভার, রেলিং, ফায়ার গ্রেটিংস ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

৫। **ঢালাই লোহা ও পেটা লোহার প্রধান প্রধান বৈশিষ্ট্য কী?** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ **ঢালাই লোহা ঃ** ঢালাই লোহা চাপের ক্ষেত্রে শক্তিশালী, কিন্তু টানের ক্ষেত্রে দুর্বল। এগুলো শক্ত কিন্তু ভঙ্গুর এবং ঘাত সহ্য করতে পারে না। এগুলো লবণের পানিতে দ্রুত ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। এগুলো ধূসর, সাদা অথবা নানা বর্ণের ছাপযুক্ত হতে পারে। এগুলো ইস্পাতের মতো নমনীয় নয়। এগুলোকে পিটিয়ে পাত করা যায় না। এগুলোর শোষণ ক্ষমতা নেই বললেই চলে এবং মোচড় সহ্য করতে পারে না। এগুলোকে যে কোন আকারে ঢালাই করা যায়। তাই এগুলোর তৈরি সামগ্রীর উৎপাদন খরচ কম। ঢালাইয়ের পর এগুলো কিঞ্চিৎ সংকুচিত হয়। এগুলোতে কার্বনের পরিমাণ ৩% হতে ৫%। এগুলোর গলনাঙ্ক ১২০০° সে. এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব ৭.২০। এগুলো ফোর্জযোগ্য নয় এবং অতিকষ্টে ওয়েল্ড করা যায়।

পেটা লোহা ঃ পেটা লোহার গঠন আঁশালো, প্রায় ১৬৫০° ফাঃ তাপে ফোর্জযোগ্য, এর গলনাঙ্ক ২৮০০° ফাঃ। এগুলোকে বাঁকা করা যায়, অস্থায়ী চুম্বকত্ব দেয়া যায়। এগুলোতে ঢালাই লোহা অপেক্ষা দ্রুত মরিচা পড়ে এবং লবণের পানিতে আক্রান্ত হয়। এগুলোতে কার্বনের পরিমাণ ০.১২% এবং ধাতুমল ১% হতে ২% থাকতে পারে।

৬। **মৃদু ইস্পাত (mild steel) কী কী কাজে ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর ঃ মৃদু ইস্পাত প্রায় সকল নির্মাণকাজেই ব্যবহার করা হয়। বিশেষভাবে ব্রিজ, ইমারত, রেল, আরসিসি, রিভিট, তার, তারের রশি, ঢেউটিন ইত্যাদি তৈরির কাজে এটি ব্যবহার করা হয়।

৭। **ধাতুমল ও খনিজ মল কাকে বলে?**

উত্তর ঃ **খনিজ মল ঃ** আকরিকের খনিজের সাথে অপদ্রব্যরূপে যে সকল অবাঞ্ছিত পদার্থ– পাথর, বালি, কাদামাটি ইত্যাদি থাকে, এগুলোকে খনিজ মল বলা হয়।

ধাতুমল ঃ লোহার আকরিক অপদ্রব্যমুক্ত করার জন্য কয়লা ও চুনাপাথর ব্যবহার করা হয়। এগুলো উচ্চতাপে আকরিকের সাথে বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও অ্যালুমিনেট তৈরি করে। এগুলো চুল্লিতে গলিত লোহার উপর ভাসমান থাকে। এই ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও অ্যালুমিনেটই ধাতুমল।

৮। **ইস্পাতের পাঁচটি সংকর উপাদানের কার্যাবলি লেখ।**

উত্তর ঃ নিচে স্টিলের কয়েকটি সংকর উপাদানের কার্যাবলি দেয়া হল ঃ

অ্যালুমিনাম (Aluminum) ঃ অ্যালুমিনাম হিট ট্রিটমেন্ট কালে গ্রেইন গ্রোথ প্রতিহত করে এবং পৃষ্ঠ কাঠিন্য ত্বরান্বিত করে।

তামা (Copper) ঃ তামা আবহাওয়ার প্রভাবে ক্ষয়িত হওয়া প্রতিহত করে। এটি ক্ষেত্রফল হ্রাস না করে এবং অতিরিক্ত বিকৃতি না ঘটিয়ে ইল্ড পয়েন্ট বৃদ্ধি করে ও শক্তি বাড়ায়।

ক্রোমিয়াম (Chromium) ঃ ক্রোমিয়াম ক্ষয় ও ঘর্ষণ প্রতিরোধের ক্ষমতা উন্নীত করে, কাঠিন্য বাড়ায় এবং ভালভাবে পলিশ গ্রহণের উপযোগী করে।

ম্যাঙ্গানিজ (Manganese) ঃ ম্যাঙ্গানিজ ইস্পাতের ঘাতসহনীয়তা অত্যধিক বৃদ্ধি করে, কাঠিন্যের উন্নতি করে টুলস স্টিলে বিকৃতি ও সংকোচন প্রতিহত করে এবং ঘর্ষণরোধিতার মাত্রা বৃদ্ধি করে।

মলিবডেনাম (Molybdenum) ঃ মলিবডেনাম প্রসার্যতা হ্রাস না করে ক্ষয়রোধিতা, শক্তি, স্থিতিস্থাপক সীমা বৃদ্ধি করে, পুনঃপুন আঘাত রোধের ক্ষমতা ও কাঠিন্যের উন্নয়ন ত্বরান্বিত করে। মলিবডেনাম, সচরাচর ক্রোমিয়াম ও নিকেল এর সমন্বয়ে থাকে।

৯। স্টেইনলেস ইস্পাতের ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।

উত্তর ঃ অনুচ্ছেদ ১১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০। ক্রোমিয়াম ইস্পাত সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

উত্তর ঃ **ক্রোমিয়াম ইস্পাত (Chromium steel) ঃ** ক্রোমিয়াম ইস্পাত অধিক কাঠিন্য গুণসম্পন্ন উচ্চ শক্তিশালী ও উচ্চ মানের ঘাতসহনীয় ইস্পাত। ০.২০% হতে ১.৫% কার্বন সম্পন্ন ইস্পাতের সাথে ০.৫% হতে ২% ক্রোমিয়ামের সংমিশ্রণে এ ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়। ক্রোমিয়ামের সাথে সিমেন্টাইটের সংমিশ্রণে ডাবল কারবাইড সৃষ্টির ফলে ক্রোমিয়াম ইস্পাত কাঠিন্য লাভ করে। ০.৬০% হতে ০.৯০% কার্বন সম্পন্ন ইস্পাতের সাথে প্রায় ০.৫০% ক্রোমিয়ামের সংমিশ্রণে তৈরি ক্রোমিয়াম ইস্পাত বাটালি, রেত, ড্রিলবিট, স-ব্লেড, ক্রাশিং-এর যন্ত্র তৈরিতে ব্যবহার করা হয়।

১১। দস্তামুক্তিত টেউটিনের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮ ও ৫৪ নং দ্রষ্টব্য।

১২। ইস্পাতের দস্তামুক্তল বলতে কী বুঝায়? এটি কেন করা হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। তামার ধর্ম ও ব্যবহারক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১১.৪.১ ও ১১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। দস্তার ধর্ম ও ব্যবহারক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১১.৪.১ ও ১১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ডুপ্লেক্স মেটাল, ডুরাপ্লেক্স ও ডুরালুমিন কী?

উত্তর ঃ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩১ অনুশীলনী ১৫
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ অনুশীলনী ১৪
অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪৭ অনুশীলনী ১৫ দ্রষ্টব্য।

১৬। গান মেটাল ও ফিউজ মেটালের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১১.৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। টিনের ধর্ম ও ব্যবহারক্ষেত্র সম্পর্কে সংক্ষেপে বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১১.৪.১ ও ১১.৬ নংদ্রষ্টব্য।

১৮। বিয়ারিং মেটাল সম্পর্কে সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১১.৪.১ ও ১১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। সিসার ধর্ম ও ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১১.৪.১ ও ১১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

২০। বেল মেটাল সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর ঃ কাঁসার সাথে ৫% হতে ১২% টিন মিশ্রিত করে ব্রোঞ্জ তৈরি করা হয়। গান মেটালও এক ধরনের ব্রোঞ্জ। ২০% টিনসহ কাঁসার সংমিশ্রণে তৈরি ব্রোঞ্জকে বেল মেটাল নামে আখ্যায়িত করা হয়।

এটি ঘাতসহনীয়, পলিশ করলে উজ্জ্বল হয়। এগুলোর কম্পনাঙ্ক অধিক এবং স্বাভাবিক আঘাতে ভেঙে যায় না।

২১। লোহার আকরিকগুলোয় লোহার শতকরা হার উল্লেখপূর্বক নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর ঃ

আকরিক	হেমাটাইট	লিমোনাইট	ম্যাগনেটাইট	সাইডেরাইট
লোহার পরিমাণ	৬৫% হতে ৭৫%	৩০% হতে ৫৫%	৫৫% হতে ৬৫%	৩০% হতে ৪০%

উপরোক্ত আকরিকগুলোর মধ্যে প্রথমোক্ত তিনটিকে লোহার মুখ্য আকরিক ধরা হয়।

২২। কার্বনের পরিমাণ অনুসারে ইস্পাতের শ্রেণিবিভাগ কর। [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। বিয়ারিং মেটাল কী এবং কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়? [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪৫ ও ৪৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। বিভিন্ন ধরনের বাণিজ্যিক ইস্পাতের ব্যবহার লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ বিভিন্ন ধরনের বাণিজ্যিক ইস্পাতের ব্যবহার নিম্নে দেওয়া হল ঃ

- গোলাকার 'বার' সচরাচর আরসিসিতে (বিশেষ করে কলাম, বিম, ছাদ ইত্যাদি কাজে); আয়তাকার 'বার' ও বর্গাকার 'বার' টাইবিম, স্ট্রাট, পোস্ট ইত্যাদির কাজে ব্যবহার করা হয়।
- অ্যাঙ্গেল বার টাইবিম, স্ট্রাট, পোস্ট, কলাম, ইত্যাদিতে ব্যবহার হয়।
- টি সেকশনের বার বিম, জয়েন্ট ইত্যাদিতে ব্যবহার করা হয়।
- ইস্পাতের চ্যানেল বিম ও গার্ডার তৈরির কাজে ব্যবহার করা হয়।
- রেল সেকশন রেললাইন নির্মাণে ব্যবহার করা হয়।
- বাল্ব অ্যাঙ্গেল ও বাল্ব টি নৌ-জাহাজ নির্মাণে ব্যবহার করা হয়।
- ইস্পাতের প্লেট ভারী সিলিন্ডার তৈরি, জাহাজের পাটাতন ও অন্যান্য ভারী ঢাকনা তৈরির কাজে ব্যবহার করা হয়।
- ঢেউতোলা শিট ছাউনির কাজে এবং সমতল শিট পার্টিশনের কাজে ব্যবহার হয়।

২৫। অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম ও ব্যবহারক্ষেত্র সংক্ষেপে উদ্ধৃত কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১১.৪.১ ও ১১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। নিকেলের ব্যবহার ও ধর্ম সম্পর্কে সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১১.৪.১ ও ১১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। প্রকৌশল সামগ্রী হিসাবে অ্যালুমিনিয়ামের ৫টি ধর্ম উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর ঃ নিচে অ্যালুমিনিয়ামের ধর্মগুলো দেয়া হল ঃ

(i) এটি ঈষৎ নীলাভ দ্যুতিসম্পন্ন রুপাবৎ সাদা বর্ণের ধাতু।
(ii) এটি খুবই হালকা ধাতু এবং এর সংকরগুলোও হালকা।
(iii) এটির ঘনত্ব, গলনাংক ও স্ফুটনাংক যথাক্রমে ২.৭০ গ্রাম/ঘনসেন্টিমিটার, ৬৬০° সেন্টিগ্রেড এবং ২০৫৭° সেন্টিগ্রেড।
(iv) এটি ক্ষয় এবং মরিচারোধী।
(v) এটি নমনীয় ও প্রসার্য (maleable & ductile) কিন্তু গলনাংকের কাছাকাছি তাপমাত্রায় ভঙ্গুর।
(vi) এটি তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী এবং তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মানও অধিক।
(vii) এটির কাঠিন্যের মাত্রা কম এবং এগুলোর পৃষ্ঠে সহজেই আঁচড় কাটা যায়।
(viii) এটি পিটিয়ে জোড়া (welded) দেয়া যায়, রিভিট করা যায় কিন্তু ঝালাই (Soldered) করা যায় না।
(ix) এটিকে সহজে বাঁকা করা যায়, রোল করা যায়, পিটিয়ে পাত করা যায়।
(x) এটিকে ঈপ্সিত আকার-আকৃতিতে ঢালাই করা যায়।
(xi) এটিকে সরু তারে এবং পাতলা কাগজের চেয়েও কম পুরুত্বের পাতে (foil) রূপ দেয়া যায় (5000 পাতের পুরুত্ব এক ইঞ্চিরও কম)।
(xii) এটির সংকর (কপার, ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন, ম্যাগনেশিয়াম এর সাথে) বেশ শক্ত, শক্তিশালী ও কাঠিন্যসম্পন্ন।
(xiii) এটি সাধারণ অবস্থায় পানি ও বাতাসের সাথে বিক্রিয়া করে না, তবে এসিড, ক্ষার ও নাইট্রোজেনের সাথে বিক্রিয়া করে।

২৮। **অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারে অসুবিধাগুলো কী কী?**

উত্তর ঃ নিম্নে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারে অসুবিধাসমূহ উদ্ধৃত করা হল ঃ

(ক) অ্যালুমিনিয়াম যেহেতু হালকা তাই ভারী কাঠামোর ভারবহনে সক্ষম নয়।

(খ) যেহেতু অ্যালুমিনিয়ামে ঝালাই করা (Soldered) যায় না তাই একবার কোন কাঠামো ফেটে বা ভেঙে গেলে জোড়াতালি দেয়া যায় না।

(গ) অ্যালুমিনিয়ামের কাঠিন্য কম বিধায় কাঠামোর পৃষ্ঠে আঁচড়ের দাগ পড়ে।

২৯। **অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহারগুলো লেখ।** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ নিম্নে অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার উল্লেখ করা হল ঃ

(ক) অ্যালুমিনিয়াম ইমারত নির্মাণে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। এ ধাতু এবং এর সংকরগুলো দরজা-জানালার ফ্রেম, জানালার হ্যান্ডেল, ছিটকিনি, বোল্ট ইত্যাদি, অন্যান্য ফিটিংস, ছাউনি সামগ্রী তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(খ) এটা রান্নাবান্নার সামগ্রী, তৈজসপত্র ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(গ) এটা বৈদ্যুতিক সরবরাহ (Transmission of electricity) সামগ্রী নির্মাণে বহুল ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) এটা অন্তঃদহন ইঞ্জিনের (Internal combustion engine) খুচরাংশ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(ঙ) অ্যালুমিনিয়াম ধাতব মুদ্রায় ওজন হ্রাসকারী এজেন্ট হিসাবে ব্যবহৃত।

(চ) অ্যালুমিনিয়াম ও এর সংকর ওজনে হালকা বিধায় বিমানের বডি ও যন্ত্রাংশ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(ছ) অ্যালুমিনিয়ামের পাউডার তিসির তেলের সাথে মিশিয়ে সংরক্ষাকারী প্রলেপনের ব্যবহার করা যায় (অ্যালুমিনিয়াম পেইন্ট)।

(জ) অ্যালুমিনিয়াম ফটোগ্রাফিক ফ্লাশ বাল্বে ব্যবহৃত হয়।

(ঝ) অ্যালুমিনিয়াম সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং কাজে যেমন স্থানান্তরযোগ্য ব্রিজ, গার্ডার, পোর্টেবল ফ্রেম ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(ঞ) অ্যালুমিনিয়াম সংকর রেইন ওয়াটার গাটার, গ্লেজিং বার, পাইপ, রেইল, সৌন্দর্যবর্ধক মেটাল ওয়ার্কস-এ ব্যবহৃত হয়।

(ট) খাদ্য পানীয় প্রক্রিয়াজাত ও প্যাকেটকরণে অ্যালুমিনিয়ামের কাগজের মতো হালকা শিট ব্যবহৃত হয়।

৩০। **অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারে সুবিধাগুলো কী কী?** [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ নিম্নে নির্মাণসামগ্রী হিসাবে অ্যালুমিনিয়ামের সুবিধাসমূহ উদ্ধৃত করা হল ঃ

(ক) হালকা বিধায় নির্মাণে ভার কম পড়ে।

(খ) আসবাবপত্র, সৌন্দর্যবর্ধক কাঠামো নির্মাণ সহজ এবং দামে সস্তা।

(গ) আবহাওয়া অ্যালুমিনিয়ামের উপর তেমন প্রভাব ফেলে না ফলে এগুলোর নির্মিত কাঠামোর স্থায়িত্বকাল অধিক।

(ঘ) স্থানান্তরযোগ্য কাঠামো যেমন সিঁড়ি, চেয়ার, টেবিল, ব্রিজ (মুভেবল), পার্টিশন ইত্যাদি অ্যালুমিনিয়াম ও এর সংকর ধাতু দ্বারা নির্মাণ ও স্থানান্তর সহজ।

(ঙ) অ্যালুমিনিয়াম ও এর সংকরে নির্মিত দরজা-জানালার ফ্রেম, ফিটিংস ইত্যাদি যেমনি সুন্দর এবং এর জন্য ডেড লোডের পরিমাণও কম হয়।

(চ) খাদ্য ও পানীয় প্রক্রিয়াজাতকরণে অ্যালুমিনিয়ামের পাতলা শিটের প্যাকেট দীর্ঘদিন খাদ্যপানীয় বিশুদ্ধ রাখে এবং পুষ্টিমান অটুট থাকে।

(ছ) অ্যালুমিনিয়াম পেইন্ট বেশ স্থায়ী ও সৌন্দর্যবর্ধক সংরক্ষণকারী প্রলেপন হিসাবে কার্যকর ভূমিকা পালন করে।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। ঢালাই লোহার ব্যবহারক্ষেত্রের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। পেটা লোহার ব্যবহারক্ষেত্রের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। মৃদু ইস্পাতের ধর্ম ও ব্যবহারক্ষেত্রের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪। বাণিজ্যিক ইস্পাতের বাজার আকার সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১২]
অথবা, বিভিন্ন আকৃতির বাণিজ্যিক ইস্পাতের সচিত্র বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.৩.১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। লোহার আকরিকগুলো বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। ইস্পাতের প্রধান প্রধান সংকর উপাদানগুলোর কার্যাবলি লেখ

উত্তর সংকেত ১১.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৭। যে কোন দু'টি অলৌহজ ধাতু সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা কর।
অথবা, অলৌহজ ধাতু সম্পর্কে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.৪.১ ও ১১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। ঢালাই লোহার বৈশিষ্ট্য বা ধর্মগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। দস্তামুক্তিত ইস্পাত সম্পর্কে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০। অ্যালুমিনিয়ামের গুরুত্বপূর্ণ ধর্মগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

১১। অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.৭ নং দ্রষ্টব্য।

১২। অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারের সুবিধাসমূহ লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.৭.১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। নির্মাণসামগ্রী হিসেবে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধা বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১(পরি), ১২, ১৩, ১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.৭.১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। নির্মাণসামগ্রী হিসাবে অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম ও ব্যবহার বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.৬ ও ১১.৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। অ্যালুমিনিয়াম সামগ্রী কোথায় কোথায় ব্যবহৃত হয় এবং কেন? [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১১.৭ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-১২

অন্তরক সামগ্রী
(Insulating Materials)

১২.১ অন্তরক সামগ্রী এর সংজ্ঞা (Definition of insulating materials) ঃ

বিদ্যুৎ সঞ্চালিত তামার তারকে শুকনো কাঠ বা শুকনো বাঁশ দিয়ে অপসারণ করতে হয়। কারণ তামার তারের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় এবং শুকনো কাঠ বা বাঁশের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হতে পারে না। আবার তামার দণ্ডের এক প্রান্তে তাপ দিলে অপর প্রান্তেও তাপ অনুভূত হয় কিন্তু কাঠের এক প্রান্তে তাপ দিলে অন্য প্রান্তে তাপ অনুভূত হয় না। কারণ তামা তাপ পরিবাহী কিন্তু শুকানো কাঠ তাপ পরিবাহী নয়। বিদ্যুৎ, তাপ, শব্দ এগুলো শক্তি। যে সামগ্রীর মাধ্যমে শক্তি সঞ্চারিত বা প্রবাহিত হতে পারে না এবং এর ভিতরেও শক্তি সঞ্চারিত হতে দেয় না, তাকে অন্তরক সামগ্রী বা ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালস্ (Insulating material) বা ইনসুলেটর (Insulator) বলা হয়। আর বস্তু বা সামগ্রীর এ শক্তি প্রবাহের প্রতিরোধ ক্ষমতাকে অন্তরণ বা ইনসুলেশন ক্ষমতা (Insulation capacity) বলা হয়। সকল সামগ্রীর অন্তরণ বা ইনসুলেশন ক্ষমতা সমান নয়। যে সামগ্রীর অন্তরণ বা ইনসুলেশন ক্ষমতা শূন্য, ঐ সামগ্রীই পরিবাহী সামগ্রী বা কন্ডাক্টর (Conductor)। যে সামগ্রীর বৈদ্যুতিক গুণাবলি ইনসুলেটর ও পরিবাহীর মধ্যে অবস্থান করে, সেগুলো হল সেমিকন্ডাক্টর (Semiconductor)। অন্তরক সামগ্রীগুলো নন-কন্ডাক্টর (non-conductor) গুণাবলিসম্পন্ন। ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালস্ বা অন্তরক সামগ্রীকে প্রধানত তিন শ্রেণিতে ভাগ করা যায়, যথা–

(ক) তাপ অন্তরক সামগ্রী বা হিট ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালস্ (Heat insulating materials)

(খ) শব্দ অন্তরক সামগ্রী বা সাউন্ড ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালস (Sound insulating materials)

(গ) বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রী বা ইলেকট্রিক্যাল ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়াল্স (Electrical insulating materials)।

নিম্নে অন্তরক সামগ্রীর কার্যাবলি দেয়া হল ঃ

(i) তাপ অন্তরকগুলো তাপ, বিদ্যুৎ অন্তরকগুলো বিদ্যুৎ এবং শব্দ অন্তরকগুলো শব্দ প্রবাহ প্রতিরোধ করে।

(ii) ইলেকট্রিক্যাল ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালস্ এক পরিবাহী হতে আরেক পরিবাহীতে আর্থের সাপেক্ষ বিভিন্ন ভোল্টেজ লিকেজ কারেন্ট প্রবাহে বাধা দেয়।

(iii) বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের উপর বিদ্যুৎ অন্তরকের আস্তরণ নিরাপত্তা নিশ্চিত করে।

(iv) বৈদ্যুতিক অন্তরক সামগ্রী বিদ্যুৎশক্তির অপচয় রোধ করে।

(v) তাপ অন্তরক সামগ্রীগুলো তাপের অপচয় রোধ করে।

(vi) তাপ অন্তরক সমাগ্রী ব্যবহারে কক্ষে ঈপ্সিত তাপমাত্রা বজায় রাখতে সহায়তা করে।

(vii) শব্দ অন্তরক সামগ্রী কক্ষে বাহির হতে শব্দ প্রবাহে বাধাদান করে।

(viii) শব্দ অন্তরক সামগ্রী ব্যবহারে কক্ষের বাসিন্দাদেরকে বাহিরের শব্দ ও শব্দদূষণ হতে রক্ষা করে।

১২.২ অন্তরক সামগ্রীর তালিকা (List of insulating materials) ঃ

নিম্নে তাপ অন্তরক সামগ্রীর (Heat unsulating materials) তালিকা দেয়া হল– (এখানে উল্লেখ্য, কোন কোন অন্তরক সামগ্রী একাধিক অন্তরক কাজ করে থাকে কিন্তু তালিকায় এগুলোর নাম একবারই উল্লেখ করা হয়েছে।)

(ক) তাপ অন্তরক সামগ্রীর তালিকা–

(i) কর্ক (Cork)

(ii) তুলা (Cotton)

(iii) কাঠ (Timber)

(iv) কাঠের গুঁড়া (Sawdust)

(v) পশম (Wool)

(vi) অ্যাজবেস্টস (Asbestos)

(vii) খনিজ উল (Rock wool)

(viii) জিপসাম বোর্ড (একস্তর চট বা কাপড়সহ)

(ix) অ্যাজবেস্টস-সিমেন্ট বোর্ড (ঢিলা)

(x) অ্যাজবেস্টস-সিমেন্ট বোর্ড (দৃঢ়)

(xi) গ্লাস উল

(xii) ইন্সুলেটিং বোর্ড (বিটুমিন বাউন্ড লেমিনেটিং উড ফাইবার বোর্ড)

(xiii) ফোম প্লাস্টিক

(xiv) ফোম গ্লাস

(xv) ফোম কংক্রিট

(xvi) হিট রিফ্লেক্টিং পেপার ইত্যাদি।

(খ) শব্দ অন্তরক সামগ্রীর তালিকা–

(i) পাথর

(ii) শক্ত ছিদ্রহীন কাঠ ও এগুলোর নির্মিত দেওয়াল

(iii) নিরেট কংক্রিট ও এগুলোর নির্মিত কাঠামো

(iv) ইট ও এগুলোর নির্মিত কাঠামো

(v) শব্দ নিরোধক কাচ ও এগুলোর নির্মিত কাঠামো

(vi) ফাঁপা দেওয়াল (ক্যাভিটি দেওয়াল) ইত্যাদি অন্যতম।

(গ) বিদ্যুত অন্তরক সামগ্রীর তালিকা–

(i) পোর্সিলিন (Porcelain)

(ii) বেকেলাইট (Bakelite)

(iii) মাইকানাইট (Micanite)

(iv) কাগজ (Paper)

(v) মাসকোভাইট (Muscovite)

(vi) গাটাপার্চা (Guttapercha)

(vii) রবার (Rubber)

(viii) কাচ (Glass)

(ix) ফাইবার গ্লাস (Fibre glass)

(x) পলিভিনাইল ক্লোরাইড (PVC–Polyvinyl chloride)

(xi) ফ্লোগোপাইট (Phlogopite)

(xii) রেয়ন (Reyon)

(xiii) ক্লোরিনেটেড ডাইফিনাইল (Chlorinated diphenyl)

(xiv) পাইরানল (Pyranol)

(xv) ইনারটীন (Inerteen)

(xvi) ট্র্যান্সফরমার অয়েল (Transformer oil)

(xvii) তরল বিটুমিনাস্ সামগ্রী (Liquid bituminous materials)

(xviii) ফ্রেয়ন (Freon)।

১২.৩ শব্দ অন্তরণ ও তাপ অন্তরণ (Sound and thermal insulation) ঃ

কোন বস্তুর কম্পনের ফলেই শব্দের উৎপত্তি ঘটে। কম্পনের ফলে বায়ুতে সংনমন ও সম্প্রসারণ ঘটে এবং এতে কানের পর্দায় কম্পন সৃষ্টি করে। কানের পর্দার স্পন্দন মস্তিষ্কে শব্দে রূপান্তরিত হয়। যখন শব্দ সমতালিক রীতিবদ্ধ নিয়মতান্ত্রিক হয় তখন একে মধুর শব্দ এবং অসমতালিক রীতিহীন অনিয়মতান্ত্রিক শব্দকে গোলমাল বলে আমরা আখ্যায়িত করে থাকি। এ গোলমেলে শব্দ বিপত্তির কারণ বলে আমরা এটাকে প্রতিরোধ করতে চাই। আর এ গোলমেলে শব্দ প্রতিরোধকল্পে যে সকল বস্তু বা সামগ্রী ব্যবহৃত হয়, তদেরকে আমরা শব্দ প্রতিরোধক সামগ্রী (Sound resisting materials) বলে থাকি।

কোন পৃষ্ঠে শব্দ প্রতিফলিত হলে যদি শব্দের মাত্রা হ্রাস পায়, এরূপ প্রতিফলক পৃষ্ঠের ক্রিয়াকে শব্দ পরিশোষণ (Sound absorption) বলা হয়। শব্দশোষক সামগ্রী (Sound absorbing materials) শব্দ শোষণ করে শব্দের প্রতিফলন ও তীব্রতা হ্রাস করে। ইমারত কাঠামোর অঙ্গসমূহের মাধ্যমে ইমারতের এক কক্ষ হতে অন্য কক্ষে বা ভিতর হতে বাহিরে বা বাহির হতে ভিতরে শব্দ চলাচলে বাধাদান করে শব্দের চলাচল বন্ধ বা শব্দ চলাচলের মাত্রা হ্রাস করাকে শব্দ অন্তরণ বা সাউন্ড ইনসুলেশন (Sound insulation) বা শব্দ নিরোধ (Sound profing) বলা হয়। যে সকল সামগ্রী শব্দ নিরোধ বা শব্দ অন্তরণ করে, সেগুলোকে শব্দ অন্তরক বা সাউন্ড ইনসুলেটর (Sound insulator) বলা হয়।

যে সকল সামগ্রী শব্দ পরিচলন ও প্রতিফলনে বাধা দেয়, ঐ সকল সামগ্রীকে শব্দ অন্তরক সামগ্রী বলা হয়।

শব্দ অন্তরক সামগ্রীগুলোর নিচের বৈশিষ্ট্যগুলো থাকা দরকার ঃ

(ক) এগুলোর শব্দ প্রতিরোধ করার গুণ থাকবে অর্থাৎ এগুলোর মাধ্যমে শব্দের পরিচলন বা শব্দের প্রতিফলন ঘটবে না।

(খ) এগুলো নির্মাণে ব্যবহার উপযোগী হবে এবং এগুলো দিয়ে নির্মিত দেওয়াল নিচ্ছিদ্র ও দৃঢ় হবে।

(গ) যেহেতু এগুলো দেওয়াল নির্মাণে ব্যবহৃত হবে তাই এগুলো দেখতে সুন্দর দেখাতে হবে।

(ঘ) এগুলোর স্থায়িত্ব ও অগ্নিরোধিতা গুণ থাকতে হবে।

তাপ অন্তরণ (Thermal insulation) ঃ ইমারতে কক্ষের ভিতরে ও বাইরের আবহাওয়ার তাপমাত্রার পার্থক্য বিরাজ করলে উচ্চ তাপমাত্রার স্থান হতে নিম্ন তাপমাত্রার স্থানে তাপ সঞ্চারিত হয়। কক্ষের তাপমাত্রা কম রাখার জন্য তাপমাত্রার সঞ্চারণ রোধে গৃহীত ব্যবস্থা বা কাঠামোকে তাপ অন্তরণ (Thermal insulation) বলা হয়।

যে সকল সামগ্রী তার মাধ্যমে তাপ সঞ্চারিত হতে দেয় না বা তাপ সঞ্চারণে প্রবল বাধার সৃষ্টি করে, ঐ সকল সামগ্রীকে তাপ অন্তরক (Heat insulator) বলা হয়। উচ্চমাত্রার তাপ পরিবাহী সামগ্রী নিম্নমানের তাপ অন্তরক। তাপ অন্তরক সামগ্রী কৃত্রিম ও প্রাকৃতিক উভয় ধরনের হতে পারে। যে পরিমাণ তাপ কোন সামগ্রীতে সঞ্চারিত বা প্রবাহিত হয়ে এক ঘন্টায় একক ক্ষেত্রফলে একক পুরুত্বের পৃষ্ঠদ্বয়ে 1°C তাপমাত্রার পার্থক্য ঘটায়, ঐ পরিমাণ তাপকে ঐ সামগ্রীর তাপ পরিবাহিতা বা থার্মাল কন্ডাক্টিভিটি (Thermal conductivity) বলা হয়।

উত্তম তাপ অন্তরক সামগ্রীর বৈশিষ্ট্যসমূহ ঃ

(ক) তাপ অন্তরক সামগ্রীগুলো নিম্নমানের তাপ পরিবাহী এবং উচ্চমানে তাপ প্রতিরোধী।

(খ) এগুলো ভৌত (Physical), রাসায়নিক ও যান্ত্রিক দিক হতে উচ্চতাপে সুস্থিত (Stable)।

(গ) এগুলো যথেষ্ট আর্দ্রতারোধী গুণসম্পন্ন হবে।

(ঘ) এগুলো পর্যাপ্ত পুরুত্বের হবে যেন সহজেই এগুলো তাপ প্রতিরোধ করতে পারে।

(ঙ) এগুলো অত্যধিক তাপে আক্রান্ত হবে না অর্থাৎ এগুলো অদাহ্য হবে।

(চ) এগুলোর গঠন আঁশালো সচ্ছিদ্রতাসম্পন্ন হবে।

(ছ) এগুলো আঘাত (Shocks) ও কম্পন (Vibration)-রোধী হবে।

● যে সকল সামগ্রী কোন বিদ্যুৎ পরিবাহীকে অন্যান্য বস্তু হতে পৃথক রাখার জন্য আবৃতকরণ সামগ্রী হিসাবে ব্যবহার করে বিদ্যুৎ হতে নিরাপত্তা ও বিদ্যুৎ এর অযাচিত প্রবাহ রোধ করে, সেগুলোকে বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রী বলা হয়। কোন ধাতব পদার্থই বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রী হিসাবে ব্যবহৃত হয় না।

বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রীর বৈশিষ্ট্যগুলো হল ঃ

(ক) এগুলো বিদ্যুৎ অপরিবাহী।

(খ) এগুলো বিদ্যুৎপ্রবাহে বা সঞ্চারণে প্রবল বাধা সৃষ্টি করে।

(গ) এগুলো বৈদ্যুতিক মেশিনে উচ্চতাপ প্রতিরোধে সক্ষম এবং এ তাপে খণ্ডবিখণ্ড হয় না।

(ঘ) এগুলো আবহাওয়ার প্রভাব প্রতিরোধে সক্ষম।

বিদ্যুৎ অন্তরক প্রাকৃতিক সামগ্রীগুলোর মধ্যে--

(ক) আঁশালো বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রী ও

(খ) ভার্নিশ অন্যতম।

১২.৪ অন্তরক সামগ্রীগুলোর ব্যবহার (Uses of insulating materials) ঃ

নিচে সচরাচর ব্যবহৃত কয়েকটি অন্তরক সামগ্রীর ব্যবহার উল্লেখ করা হল ঃ

(ক) কর্ক ও কর্কজাত পণ্য (Cork and cark products) ঃ এগুলো কর্ক, ওক গাছের বাকল হতে উৎপাদিত। এগুলোর আপেক্ষিক গুরুত্ব 0.25, ছিদ্রময় গঠন, আর্দ্রতায় আক্রান্ত হয় না, চাপে সংনমিত হয়।

ব্যবহার ঃ

(i) লুজ অবস্থায় (Loose form) গোলাকার পাইপ আচ্ছাদনে

(ii) তাপ অন্তরণ ও শব্দ অন্তরণের কাজে এগুলোর নমনীয় শিট বা স্থিতিস্থাপক বোর্ড দেওয়াল ও সিলিং-এ সহজে ব্যবহার করা যায়।

(iii) তাপ অন্তরক হিসেবে এগুলো দিয়ে বাষ্পীয় পাইপের বাইরের দিকে আচ্ছাদনে (Lining) ব্যবহৃত হয়।

(iv) এগুলো অপরিবাহী হিসেবে বৈজ্ঞানিক যন্ত্রপাতিতে ও বোতলের স্টপার হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(খ) অ্যাজবেস্টস (Asbestos & asbestos sheet) ঃ এগুলো নমনীয়, তাপ-শব্দ-বিদ্যুৎ অন্তরক, অগ্নিরোধকও এসিডে আক্রান্ত হয় না এবং কীটপতঙ্গে আক্রান্ত হয় না।

ব্যবহার ঃ

(i) অ্যাজবেস্টসের তাপ পরিবাহিতার মাত্রা নগণ্য, তাই এগুলো তাপ অন্তরক সামগ্রী হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(ii) এগুলোর স্বল্পদৈর্ঘ্যের তন্তু (fibre) দিয়ে হালকা ওজনের বোর্ড, ক্লথ ইত্যাদি তৈরি করে শব্দ অন্তরক সামগ্রী হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

(iii) যেহেতু এগুলো নিম্নমাত্রার তাপ পরিবাহী গুণসম্পন্ন, তাই এগুলোর তৈরি অগ্নিরোধক কাপড় এবং বৈদ্যুতিক অন্তরক সামগ্রী ইলেকট্রিশিয়ান ও ফায়ারম্যান (fireman) ব্যবহার করে থাকে।

(iv) এগুলোর তৈরি কাগজ বৈদ্যুতিক অন্তরক সামগ্রী হিসেবে বৈদ্যুতিক মোটর ও কয়েলের অনাবৃত বৈদ্যুতিক তার আচ্ছাদনে ব্যবহৃত হয়।

(v) এগুলোর তন্তু (fibre) বৈদ্যুতিক তার ইনসুলেশনে এবং এগুলোর শিট সুইচ বক্স ও ফিউজের পার্টিশন ও লাইনিং-এ ব্যবহৃত হয়।

(vi) সর্বোপরি এ সামগ্রীটি বিভিন্ন ধরনের কাজে তাপ অন্তরক, বৈদ্যুতিক অন্তরক ও শব্দ অন্তরক শিট, ব্লক, কাগজ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

অন্তরক সামগ্রী ছাড়াও ইমারতে অ্যাজবেস্টস সিমেন্টের সামগ্রী বিভিন্ন কাজে ব্যবহার করা হয়, যেমন--

(ক) ঢালু ছাদে ছাউনির কাজে সমতল বা ঢেউ শিট হিসাবে,

(খ) দেওয়ালে প্যানেলিং এর কাজে প্লেইন শিট হিসাবে,

(গ) পাইপের কাজে গোলাকার পাইপ ও গাটার হিসাবে,

(ঘ) রঙের কাজে রঙের উপাদান হিসাবে,

(ঙ) আর্দ্রতারোধী স্তরের কাজে বিটুমিন কোটেড অ্যাজবেস্টস ফেল্ট হিসাবে,

(চ) থার্মোসেটিং প্লাস্টিক তৈরিতে পূরক সামগ্রী হিসাবে ইত্যাদিতে।

(গ) রক উল (Rock wool) ঃ এগুলো নরম, হালকা, উলের ন্যায় নমনীয়, তামা ও পিতলের ঝাটিতে আবদ্ধ করে সংনমিত করা যায়– রোল করা যায়। এগুলোর তৈরি ব্লাংকেট শক্তিশালী, টাফ (tough) ও নমনীয়।

ব্যবহার ঃ

(i) এগুলো তাপ, শব্দ ও বিদ্যুৎ অন্তরক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) গ্লাস উল (Glass wool) ঃ এগুলোর ডাই-ইলেকটিক স্ট্রেংথ ও টান শক্তি অধিক। এগুলো আঁশালো গঠনের এবং বেশ স্থায়িত্বশীল।

ব্যবহার ঃ

(i) এগুলো পাইপ, বেন্ডস্, ভালভ ইত্যাদি কন্টেনার, শিল্পের যন্ত্রপাতির প্যানেল ইত্যাদিতে অন্তরণের কাজে ব্যবহৃত হয়।

(ii) বিমানের তাপ ও শব্দ অন্তরক হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

(iii) গ্লাস ব্লক পার্টিশন শব্দ অন্তরকের কাজ করে।

(iv) এগুলোর তৈরি ম্যাট ব্যাটারিতে সেপারেটর হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(ঙ) স্ল্যাগ উল (Slag wool) ঃ এগুলো লুজ ফিল (Loose fill) অন্তরক সামগ্রী।

ব্যবহার ঃ এগুলো অধিক তাপমাত্রায় তাপ অন্তরক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(চ) হালকা ওজনের কংক্রিট (Light weight concrete) ঃ এগুলো ছিদ্রময়, ওজনে হালকা ($1920 kg/m^3$), রিইনফোর্সমেন্ট (লৌহদণ্ড) ব্যবহার করা যায় না।

ব্যবহার ঃ শব্দ ও তাপ অন্তরক কাঠামো নির্মাণে।

(ছ) অ্যালুমিনিয়াম ফয়েল (Aluminium foils) ঃ এগুলো অ্যালুমিনিয়ামের তৈরি খুবই পাতলা শিট, ওজনে হালকা, উজ্জ্বল পৃষ্ঠের। এগুলো অ্যালফয়েল (Alfoil) নামে পরিচিত।

ব্যবহার ঃ রেফ্রিজারে অন্তরক সামগ্রী হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(জ) ফাইবার বোর্ড (Fibre bord) ঃ এগুলো পুনঃনির্মিত কাঠবিশেষ। এগুলোর গঠন আঁশালো এবং 3 হতে 12 মিলিমিটার পুরুত্বের এ বোর্ডগুলো বেশ শক্ত ও খুবই সূক্ষ্ম ছিদ্রসম্পন্ন।

ব্যবহার ঃ এগুলো তাপ ও শব্দরোধী বিধায় তাপ ও শব্দ অন্তরক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(ঝ) জিপসাম (Gypsum) ঃ এগুলোর গঠন স্ফটিক-আঁশালো, জিপসাম বোর্ড তৈরিতে ব্যবহৃত হয়, বোর্ডগুলো বেশ শক্ত ও শক্তিশালী।

ব্যবহার ঃ অন্তরক সামগ্রী হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(ঞ) অ্যাকুস্টিক প্লাস্টার (Acoustic plaster) ঃ এগুলো অমসৃণ ও ছিদ্রময় বিধায় শব্দ অন্তরণে কার্যকর।

ব্যবহার ঃ অডিটোরিয়াম, সিনেমা হল, থিয়েটার হল, গুরুত্ব পাবলিক বিল্ডিং ইত্যাদিতে শব্দ অন্তরক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(ট) কোবাল্ট কুইল্ট (Cobalt quilt) ঃ এগুলোর গঠন আঁশালো, অদাহ্য, পোকামাকড়ে নষ্ট করে না।

ব্যবহার ঃ তাপ ও শব্দ অন্তরক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(ঠ) রিফ্লেকটিং পেপার (Reflecting paper) ঃ এগুলোকে বিল্ডিং পেপারও বলা হয়ে থাকে। এগুলো পৃষ্ঠ তাপের প্রতিফলন ঘটায়।

ব্যবহার ঃ এগুলো তাপ অন্তরক হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

(ড) হলো ব্রিক ও টাইল (Hollow bricks and tiles) ঃ এগুলো কাদার তৈরি ফাঁপা গঠনের।

ব্যবহার ঃ তাপ ও শব্দ অন্তরক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(ঢ) পলিভিনাইল ক্লোরাইড (P.V.C) ঃ এগুলো প্লাস্টিক জাতীয় সামগ্রী।

ব্যবহার ঃ এগুলো বৈদ্যুতিক অন্তরক হিসেবে বিদ্যুতের তার আবৃতকরণে ব্যবহৃত হয়।

(ণ) বেকেলাইট (Bakelite) ঃ এগুলো বেকেলাইট প্লাস্টিক ও বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রী।

ব্যবহার ঃ বিদ্যুৎ অন্তরক হিসেবে বৈদ্যুতিক বোর্ড, প্যানেল, সুইচ কভার ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

(ত) গাটাপার্চা (Guttapercha) ঃ বিশেষ গাছের আঠা হতে তৈরি।

ব্যবহার ঃ বৈদ্যুতিক তার আবৃতকরণে ব্যবহৃত হয়।

(থ) রবার (Rubber) ঃ রবার গাছের লেটেক্স হতে তৈরি।

ব্যবহার ঃ তাপ ও বিদ্যুৎ অন্তরক হিসেবে ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

অনুশীলনী-১২

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **অন্তরক সামগ্রীর কাজ কী?** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ তাপ অন্তরক তাপ, শব্দ অন্তরক শব্দ এবং বিদ্যুৎ অন্তরক বিদ্যুৎপ্রবাহ রোধ করে। এগুলো তাপ ও বিদ্যুৎ এর অপচয় রোধ ও নিরাপত্তা নিশ্চিত করে এবং শব্দ অন্তরক শব্দদূষণ হতে আবাসিকদেরকে রক্ষা করে।

২। **সকল ধাতুই বিদ্যুৎ অন্তরক নয়– কেন?**

উত্তর ঃ সকল ধাতুই বিদ্যুৎ পরিবাহী, তাই এগুলো বিদ্যুৎ অন্তরক নয়।

৩। **অন্তরক সামগ্রীর (বৈদ্যুতিক) তিনটি কাজ লেখ।** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ অন্তরক সামগ্রী (বৈদ্যুতিক) (ক) বিদ্যুৎ সঞ্চারণে বাধা দেয়, (খ) বৈদ্যুতিক অপচয় রোধ করে ও (গ) নিরাপত্তা নিশ্চিত করে।

৪। **পাঁচটি প্রাকৃতিক তাপ অন্তরক সামগ্রীর নাম লেখ।** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ নিম্নে পাঁচটি প্রাকৃতিক তাপ অন্তরক সামগ্রীর নাম দেয়া হল ঃ
(i) কাঠ (ii) তুলা (iii) কাঠের গুঁড়া (iv) কর্ক (v) অ্যাজবেস্টস।

৫। **পাঁচটি বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রীর নাম লেখ।** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ নিম্নে পাঁচটি বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রীর নাম দেয়া হল ঃ
(i) পোর্সিলিন (ii) অ্যাজবেস্টস (iii) মাইকা (iv) ট্র্যান্সফরমার তেল (v) পাইরানল।

৬। **শব্দ অন্তরক সামগ্রী কী?** [বাকাশিবো-২০১২, ১৪(পরি)]

উত্তর ঃ যে সামগ্রী শব্দ সঞ্চারণে বাধা দেয়, সেগুলোই শব্দ অন্তরক সামগ্রী।

৭। **পাঁচটি শব্দ অন্তরক সামগ্রীর নাম লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর ঃ নিম্নে পাঁচটি শব্দ অন্তরক সামগ্রীর নাম দেয়া হল ঃ
(i) গ্লাস শিট (ii) সিন্ডার কংক্রিট (iii) প্লাস্টার করা দেওয়াল (iv) কংক্রিট (v) স্টোন ম্যাসনরি।

৮। **তাপ, বিদ্যুৎ ও শব্দ অন্তরক পাঁচটি প্রাকৃতিক সামগ্রীর নাম লেখ।**

উত্তর ঃ তাপ, বিদ্যুৎ ও শব্দ অন্তরক পাঁচটি প্রাকৃতিক সামগ্রীর নাম নিচে দেয়া হল ঃ
(i) কাঠ (শুষ্ক) (ii) তুলা (শুষ্ক) (iii) পশম (iv) কর্ক (v) অ্যাজবেস্টস।

৯। **অন্তরক সামগ্রী বা ইনসুলেটর কী?**

উত্তর ঃ যে সামগ্রীর মাধ্যমে শক্তি সঞ্চারিত বা প্রবাহিত হতে পারে না এবং এর ভিতরেও শক্তি সঞ্চারিত হতে দেয় না, তাকে অন্তরক সামগ্রী বা ইনসুলেটর বলে।

১০। **কোন কোন সামগ্রী তাপ ও বিদ্যুৎ অন্তরক?**

উত্তর ঃ কাঠ, এবোনাইট, রবার ইত্যাদি তাপ ও বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রী।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **শব্দ অন্তরক সামগ্রীর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর ঃ যে সকল সামগ্রী শব্দ পরিচলন ও প্রতিফলনে বাধা দেয়, ঐ সকল সামগ্রীকে শব্দ অন্তরক সামগ্রী বলা হয়। শব্দ অন্তরক সামগ্রীগুলোর নিচের বৈশিষ্ট্যগুলো থাকা দরকার ঃ
(ক) এগুলোর শব্দ প্রতিরোধ করার গুণ থাকবে অর্থাৎ এগুলোর মাধ্যমে শব্দের পরিচলন বা শব্দের প্রতিফলন ঘটবে না।
(খ) এগুলো নির্মাণে ব্যবহার উপযোগী হবে এবং এগুলো দিয়ে নির্মিত দেওয়াল নিচ্ছিদ্র ও দৃঢ় হবে।
(গ) যেহেতু এগুলো দেওয়াল নির্মাণে ব্যবহৃত হবে তাই এগুলো দেখতে সুন্দর দেখাতে হবে।
(ঘ) এগুলোর স্থায়িত্ব ও অগ্নিরোধিতা গুণ থাকতে হবে।

২। **তাপ অন্তরক সামগ্রীর গুণাবলি লেখ।**

উত্তর ঃ উত্তম তাপ অন্তরক সামগ্রীর গুণাবলি নিম্নে দেওয়া হল ঃ

(ক) তাপ অন্তরক সামগ্রীগুলো নিম্নমানের তাপ পরিবাহী এবং উচ্চমানের তাপ প্রতিরোধী।

(খ) এগুলো ভৌত (Physical), রাসায়নিক ও যান্ত্রিক দিক হতে উচ্চতাপে সুস্থিত (Stable)।

(গ) এগুলো যথেষ্ট আর্দ্রতারোধী গুণসম্পন্ন হবে।

(ঘ) এগুলো পর্যাপ্ত পুরুত্বের হবে যেন সহজেই এগুলো তাপ প্রতিরোধ করতে পারে।

(ঙ) এগুলো অত্যধিক তাপে আক্রান্ত হবে না অর্থাৎ এগুলো অদাহ্য হবে।

(চ) এগুলোর গঠন আঁশালো সচ্ছিদ্রতাসম্পন্ন হবে।

(ছ) এগুলো আঘাত (Shocks) ও কম্পন (Vibration)-রোধী হবে।

৩। **বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রীর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর ঃ বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রীর বৈশিষ্ট্যগুলো নিম্নে দেওয়া হল ঃ

(ক) এগুলো বিদ্যুৎ অপরিবাহী।

(খ) এগুলো বিদ্যুৎপ্রবাহে বা সঞ্চারণে প্রবল বাধা সৃষ্টি করে।

(গ) এগুলো বৈদ্যুতিক মেশিনে উচ্চতাপ প্রতিরোধে সক্ষম এবং এ তাপে খণ্ডবিখণ্ড হয় না।

(ঘ) এগুলো আবহাওয়ার প্রভাব প্রতিরোধে সক্ষম।

৪। **তাপ অন্তরক সামগ্রীগুলোর নাম লেখ।**

উত্তর ঃ তাপ অন্তরক সামগ্রীর নাম নিচে দেয়া হল ঃ

(i) জিপসাম বোর্ড (একস্তর চট বা কাপড়সহ)

(ii) অ্যাজবেস্টস-সিমেন্ট বোর্ড (ঢিলা)

(iii) অ্যাজবেস্টস-সিমেন্ট বোর্ড (দৃঢ়)

(iv) গ্লাস উল

(v) ইন্সুলেটিং বোর্ড (বিটুমিন বাউন্ড লেমেনেটিং উড ফাইবার বোর্ড)

(vi) ফোম প্লাস্টিক

(vii) ফোম গ্লাস

(viii) ফোম কংক্রিট

(ix) হিট রিফ্লেক্টিং পেপার ইত্যাদি।

৫। **অন্তরক সামগ্রীর কার্যাবলি লেখ।** [বাকাশিবো-২০১২]

অথবা, অন্তরক সামগ্রীর কাজ কী?

উত্তর ঃ নিম্নে অন্তরক সামগ্রীর কার্যাবলি দেয়া হল ঃ

(i) তাপ অন্তরকগুলো তাপ, বিদ্যুৎ অন্তরকগুলো বিদ্যুৎ এবং শব্দ অন্তরকগুলো শব্দ প্রবাহ প্রতিরোধ করে।

(ii) ইলেকট্রিক্যাল ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালস্ এক পরিবাহী হতে আরেক পরিবাহীতে আর্থের সাপেক্ষে বিভিন্ন ভোল্টেজ লিকেজ কারেন্ট প্রবাহে বাধা দেয়।

(iii) বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের উপর বিদ্যুৎ অন্তরকের আস্তরণ নিরাপত্তা নিশ্চিত করে।

(iv) বৈদ্যুতিক অন্তরক সামগ্রী বিদ্যুৎশক্তির অপচয় রোধ করে।

(v) তাপ অন্তরক সামগ্রীগুলো তাপের অপচয় রোধ করে।

(vi) তাপ অন্তরক সমাগ্রী ব্যবহারে কক্ষে ঈপ্সিত তাপমাত্রা বজায় রাখতে সহায়তা করে।

(vii) শব্দ অন্তরক সামগ্রী কক্ষে বাহির হতে শব্দ প্রবাহে বাধাদান করে।

(viii) শব্দ অন্তরক সামগ্রী ব্যবহারে কক্ষের বাসিন্দাদেরকে বাহিরের শব্দ ও শব্দদূষণ হতে রক্ষা করে।

৬। **তাপ পরিবাহিতা বা থার্মাল কন্ডাক্টিভিটির সংজ্ঞা লেখ।**

উত্তর ঃ যে পরিমাণ তাপ কোন সামগ্রীতে সঞ্চালিত বা প্রবাহিত হয়ে এক ঘন্টায় একক ক্ষেত্রফলে একক পুরুত্বের বিপরিত পৃষ্ঠদ্বয়ে 1°C তাপমাত্রার পার্থক্য ঘটায়, ঐ পরিমাণ তাপকে ঐ সামগ্রীর তাপ পরিবাহিতা বা থার্মাল কন্ডাক্টিভিটি (Thermal conductivity) বলা হয়।

৭। **গাটাপার্চা ও পোর্সিলিন সম্পর্কে সংক্ষেপে লেখ।**

উত্তর ঃ **গাটাপার্চা (Guttapercha) ঃ** বিশেষ গাছের রসালো অংশ সিদ্ধ করে প্রাপ্ত আঠা এ জাতীয় সামগ্রী। বৈদ্যুতিক তার আবৃতকরণে এগুলো ব্যবহৃত হয় এবং রবারের চেয়ে ভালমানের অন্তরক সামগ্রী।

পোর্সিলিন (Porcelain) ঃ পোর্সিলিন সিরামিকজাত অন্তরক সামগ্রী। এগুলোর পানিরোধী ও আবহরোধী গুণ থাকায় সরবরাহ লাইনের অন্তরক সামগ্রী, ভোল্টেজ যন্ত্রাংশ, ফিউজ হোল্ডার ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

৮। **অন্তরক সামগ্রী হিসাবে অ্যাজবেস্টসের কার্যকারিতা লেখ।**

অথবা, অন্তরক সামগ্রী হিসাবে অ্যাজবেস্টস এর ব্যবহার লেখ।

উত্তর ঃ নিম্নে অন্তরক সামগ্রী বা ইনসুলেটিং ম্যাটেরিয়ালস্ হিসাবে অ্যাজবেস্টস এর ব্যবহার উল্লেখ করা হল ঃ

(i) অ্যাজবেস্টসের তাপ পরিবাহিতার মাত্রা নগণ্য, তাই এগুলো তাপ অন্তরক সামগ্রী হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(ii) এগুলোর স্বল্পদৈর্ঘ্যের তন্তু (fibre) দিয়ে হালকা ওজনের বোর্ড, ক্লথ ইত্যাদি তৈরি করে শব্দ অন্তরক সামগ্রী হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

(iii) যেহেতু এগুলো নিম্নমাত্রার তাপ পরিবাহী গুণসম্পন্ন, তাই এগুলোর তৈরি অগ্নিরোধক কাপড় এবং বৈদ্যুতিক অন্তরক সামগ্রী ইলেকট্রিশিয়ান ও ফায়ারম্যান (fireman) ব্যবহার করে থাকে।

(iv) এগুলোর তৈরি কাগজ বৈদ্যুতিক অন্তরক সামগ্রী হিসেবে বৈদ্যুতিক মোটর ও কয়েলের অনাবৃত বৈদ্যুতিক তার আচ্ছাদনে ব্যবহৃত হয়।

(v) এগুলোর তন্তু (fibre) বৈদ্যুতিক তার ইনসুলেশনে এবং এগুলোর শিট সুইচ বক্স ও ফিউজের পার্টিশন ও লাইনিং-এ ব্যবহৃত হয়।

(vi) সর্বোপরি এ সামগ্রীটি বিভিন্ন ধরনের কাজে তাপ অন্তরক, বৈদ্যুতিক অন্তরক ও শব্দ অন্তরক শিট, ব্লক, কাগজ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **অন্তরক সামগ্রী হিসাবে অ্যাজবেস্টস এর ব্যবহারক্ষেত্র সবিস্তারে লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১২.৪ নং দ্রষ্টব্য।

২। **অন্তরক সামগ্রীর একটি তালিকা লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১২.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **তাপ, বিদ্যুৎ ও শব্দ অন্তরক সামগ্রীর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১২.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **পাঁচটি অন্তরক সামগ্রীর ব্যবহার লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১২.৪ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-১৩

জিওটেক্সটাইল
(Geotextiles)

১৩.১ জিওটেক্সটাইলের পরিচিতি (Introduction to geotextiles) ঃ

সাধারণ অর্থে জিওটেক্সটাইল বলতে কৃত্রিম বা প্রাকৃতিক পলিমেট্রিক সামগ্রীর আঁশে তৈরি নমনীয় ছিদ্রের বিশেষ ধরনের কাপড়কে বুঝায়। এগুলো মানসম্মত বুননে বা বয়নযন্ত্রে বিশেষ ধরনের ম্যাট এর ন্যায় বয়ন করা বা র‍্যানডমভাবে বোনা। এর গুলোর ভিতর দিয়ে তরল প্রবেশ করতে পারে কিন্তু এগুলোতে ছাঁকনির ন্যায় অতি সূক্ষ্ম কণা অবশিষ্ট থাকে।

জিওটেক্সটাইল সড়কও জনপথ, ড্রেন, পোতাশ্রয়, ব্রেক-ওয়াটার, ভূমি উদ্ধার, মাটি ভরাট ইত্যাদি সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং কাজে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

১৩.২ জিওটেক্সটাইলের ব্যবহার (Uses of geotextiles) ঃ

জিওটেক্সটাইল প্রধানত সড়ক, রেলপথ, পোতাশ্রয়, ব্রেক-ওয়াটার, ভূমি পুনরুদ্ধার ও অন্যান্য সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং কাজে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। কাজের ধরন ও ক্ষেত্র অনুযায়ী এগুলো দু'স্তরের মাঝে পৃথকীকরণে (Separtion), মাটি দৃঢ়ীকরণে (Stabilization), রিইনফোর্সমেন্ট (Reinforcement) হিসেবে, ফিলট্রেশনে (Filtration) পানি নিষ্কাশনে (Drainage) ও আর্দ্রতা, বন্ধক (Moisture barrier) হিসেবে ব্যবহৃত হয়। নিচে জিওটেক্সটাইল ব্যবহারের প্রধান প্রধান ক্ষেত্রগুলো দেয়া হল ঃ

(i) সড়কের সাব গ্রেডস্তরে পেভমেন্টস্তরের পানি সহজে নিষ্কাশিত হওয়ার জন্য জিওটেক্সটাইল ব্যবহার করা হয়।

(ii) পোতাশ্রয় ও ব্রেক-ওয়াটার নির্মাণে জিওটেক্সটাইল ব্যবহৃত হয়।

(iii) ভূমি উদ্ধারে পানি নিষ্কাশনে জিওটেক্সটাইল ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

(iv) সড়কের পেভমেন্ট অসমভাবে ডেবে যাওয়ার হাত হতে রক্ষার জন্য বেস স্তর জিওটেক্সটাইলে আবৃত করে দেয়া হয়।

(v) দুর্বল মাটিতে কাঠামো নির্মাণে ভিত্তির মাটিকে আবৃত রতে জিওটেক্সটাইল ব্যবহার করা হয়, এতে দুর্বল মাটির ভারবহন ক্ষমতা বাড়ে এবং ভিত্তির গভীরতা অপেক্ষাকৃত কম হয়।

(vi) জিওটেক্সটাইল সড়কের ফরমেশন স্তরে ব্যবহার করে আর্দ্রতা ধারণের মাত্রা কমানো যায়।

(vii) সড়কের পেভমেন্ট কিনারা শক্তিশালীকরণে ও আবৃতকরণে জিওটেক্সটাইল ব্যবহার করা হয়।

(viii) উপকূলীয় এলাকার ভাঙ্গনরোধ ও স্থায়িত্ব বাড়ানোর জন্য জিওটেক্সটাইল ব্যবহৃত হয়।

(ix) বাঁধে পানি চুঁয়ানো রোধে, ভূনিম্ন পানি নিষ্কাশনের ড্রেসের পার্শ্বস্থ ঢালে, মাটির ক্ষয়রোধে জিওটেক্সটাইলে আবৃত করে দেয়া হয়।

(x) সড়কের পেভমেন্ট স্তরের মাঝে রিইনফোর্সমেন্টের জিওটেক্সটাইল ব্যবহার করা যায় (এতে পেভমেন্টে ফাটল রোধ হয়।)।

(xi) মাটি ভরাটের ঢাল সংরক্ষণ ও ভাঙ্গন রোধে জিওটেক্সটাইল ব্যবহার করা যায়।

(xii) ঢেউ, তরঙ্গ ইত্যাদি হতে রক্ষায় সেতু ও সংলগ্ন সড়কের ঢালে জিওটেক্সটাইল ব্যবহার করা যায়।

(xiii) হ্যাজার্ড এলাকার পানি পরিশোধন, অপসারণ ও জঞ্জাল আটকে রাখার ক্ষেত্রেও জিওটেক্সটাইল ব্যবহৃত হয়।

১৩.৩ জিওটেক্সটাইলের সুবিধা-অসুবিধা (Advantages and disadvantages of geotextiles) ঃ

জিওটেক্সটাইল এর সুবিধাসমূহ ঃ

(i) এগুলো কৃত্রিম আঁশে তৈরি বিধায় পানিতে সহজে বিনষ্ট হয় না বা পচে যায় না।

(ii) এগুলো সতর্কতার সাথে যথাযথভাবে সংস্থাপন করলে স্রোত, তরঙ্গঘাত ইত্যাদিতে স্থানচ্যুত হয় না।

(iii) এগুলোর ছিদ্র দিয়ে অতি সূক্ষ্ম মৃত্তিকা কণা অতিক্রম করতে পারে না বিধায় মৃত্তিকার ক্ষয়রোধে এগুলো বেশ কার্যকর।

(iv) এগুলোর ভিতর দিয়ে পানি ধীরে ধীরে অতিক্রম করতে পারে বিধায় এগুলোতে আবৃত ভরাটকৃত মাটি ধ্বসে পড়ে না।

(v) এগুলো টান নিতে পারে বিধায় সড়ক পেভমেন্টে এগুলো রিইনফোর্সমেন্টের ন্যায় কাজ করে এবং পেভমেন্টে ফাটল দেখা দেয় না।

(vi) ইমারতের ভিত্তি তলে এগুলো ব্যবহার করলে মাটি স্থানচ্যুৎ হয় না।

(vii) হ্যাজার্ড পরিবেশে এগুলোর ভিতর দিয়ে পানি ছেঁকে বের হওয়ার ফলে কুলসমুক্ত পানি নিষ্কাশন সহজ হয়।

(viii) এগুলো নরম ও দুর্বল মাটিকে ভারবহনের উপযোগী করে।

জিওটেক্সটাইল এর অসুবিধাসমূহ ঃ

(i) এগুলোর আয়ুষ্কাল সীমিত।

(ii) এগুলো উন্মুক্ত অবস্থায় ব্যবহারে আয়ুষ্কাল আচ্ছাদিত অবস্থায় ব্যবহারে আয়ুষ্কালের তুলনায় অপেক্ষাকৃত কম হয়।

(iii) বিভিন্ন ধরনের মাটিতে যেমন পলি ও কর্দম মাটি, অধিক আণুবীক্ষণিক জীবাণু বহনকারী মাটি ইত্যাদি ও খোলা তরলে এগুলোর কার্যকারিতা হ্রাস পায়।

(iv) এগুলো সতর্কতার সাথে যথাযথভাবে সংস্থাপন, রক্ষণ না করলে এগুলোর কার্যকারিতার উপর নিশ্চিত হওয়া যায় না।

অনুশীলনী-১৩

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **জিওটেক্সটাইল কী?**

উত্তর ঃ সাধারণ অর্থে জিওটেক্সটাইল বলতে কৃত্রিম বা প্রাকৃতিক পলিমেট্রিক সামগ্রীর আঁশে তৈরি নমনীয় ছিদ্রের বিশেষ ধরনের কাপড়কে বুঝায়।

২। **কোন কোন সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ক্ষেত্রে জিওটেক্সটাইল ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর ঃ জিওটেক্সটাইল সড়ক ও জনপথ, ড্রেন, পোতাশ্রয়, ব্রেক-ওয়াটার, ভূমি উদ্ধার, মাটি ভরাট ইত্যাদি সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং কাজে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **জিওটেক্সটাইলের সংক্ষিপ্ত পরিচিতি লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১৩.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। **জিওটেক্সটাইলের অসুবিধাগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **জিওটেক্সটাইলের ব্যবহার লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১৩.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। **জিওটেক্সটাইলের সুবিধা-অসুবিধা লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-১৪

চুন
(Lime)

১৪.১ চুন এর সংজ্ঞা (Definition of lime) ঃ

রাসায়নিক দিক হতে চুন কমবেশি অপদ্রব্য মিশ্রিত CaO। এটি বাঁধনি গুণ সম্পন্ন পদার্থ। কমবেশি অপদ্রব্য মিশ্রিত চুনাপাথর ($CaCO_3$) পুড়িয়ে চুন তৈরি করা হয়। তা ছাড়া সামুদ্রিক প্রাণীর খোলস ও জীবজন্তুর হাড় ইত্যাদিতে চুন পাওয়া যায়। চুনাপাথর হতেই মূলত চুন তৈরি করা হয়ে থাকে। চুনের সাথে নিচের পরিভাষাগুলো বিশেষভাবে জড়িত বিধায় সেগুলো উল্লেখ করা হল ঃ

(ক) ভস্মীকরণ (Calcination) ঃ চুনাপাথরকে বাতাসের উপস্থিতিতে লোহিত বর্ণ ধারণ করা পর্যন্ত (1500° ফাঃ) পোড়ানোকে ভস্মীকরণ বলা হয়। পোড়ানোর ফলে চুনাপাথর বিভাজিত হয়ে ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয় ($CaCO_3$ উত্তাপে $= CaO + CO_2$)।

(খ) বিদাহী চুন (Quick lime) ঃ চুনাপাথরকে ভস্মীকরণ করার পর ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO) পাওয়া যায়, এগুলোকে বিদাহী চুন বলা হয়। এগুলো কস্টিক লাইম (Caustic lime) নামেও পরিচিত। বিদাহী চুনের আপেক্ষিক গুরুত্ব প্রায় ৩.১ এবং এগুলো অদানাদার। বিদাহী চুন অতি দ্রুত বাতাস হতে জলীয় বাষ্প শোষণ করে বলে চুনের বিদাহী অবস্থা স্বল্প সময় স্থায়ী হয়।

(গ) পানিযোজন (Hydration) ঃ বিদাহী চুনে অল্প পরিমাণ পানি সংযোগ করলে এগুলো গুঁড়া পাউডারে পরিণত হয়। একে পানিযোজন বলা হয় এবং প্রাপ্ত পাউডার আকৃতির চুনকে পানিযোজিত চুন বলা হয়। অপেক্ষাকৃত শুষ্ক পানিযোজিত চুন প্রস্তুত করা পানিযোজনের মূল উদ্দেশ্য। চুনকাম, পলেস্তরা প্রভৃতিতে পানিযোজিত চুন ব্যবহার করা হয়।

(ঘ) কলিকরণ (Slaking) ঃ বিদাহী চুনে পানিযোজন অপেক্ষা বেশি পরিমাণ পানি দিলে হিস্‌হিস্‌ শব্দ হয়, তাপ উৎপন্ন করে এবং আয়তনে বৃদ্ধি পেয়ে নমনীয় পেস্টে পরিণত হয়। এ পদ্ধতিকে কলিকরণ বলা হয় এবং এ ক্রিয়াকে কলিকরণ ক্রিয়া (Slaking action) বলা হয়।

(ঙ) কলিচুন (Slaked lime) ঃ কলিকরণের ফলে সে আঠালো নমনীয় চুনের পেস্ট পাওয়া যায়, এগুলোকে কলিচুন বলা হয়। $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$ (কলিচুন)

(চ) জমাটবদ্ধতা (Setting) ঃ কলিচুনের সাথে বাতাসের কার্বন ডাই-অক্সাইডের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এগুলো ধীরে ধীরে শক্ত হতে পারে অর্থাৎ ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়, একে চুনের জমাটবদ্ধতা (Setting) বলে। জমাটবদ্ধতায় চুনের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। আবার চুনের পেস্ট হতে পানি বাষ্পাকারে উবে যেয়ে চুন শক্ত হতে পারে, একে চুনের শুষ্ক হওয়া (Drying) বলা হয়। শুষ্ক হওয়ায় চুনের ভৌত পরিবর্তন ঘটে।

জমাটবদ্ধতায় ঃ $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$
(বায়ুমণ্ডল হতে, জমাটবদ্ধ রূপ, বাতাসে যাবে)

শুষ্ক হওয়ায় ঃ $Ca(OH)_2 \rightarrow CaO + H_2O$
(শুষ্ক রূপ, বাতাসে যাবে)

(ছ) উদকতা (Hydraulicity) ঃ চুনে যে গুণ থাকার দরুন এগুলো পানির নিচে বা বায়ু অপ্রবেশ্য স্থানে জমাটবদ্ধ হতে পারে, ঐ গুণকে উদকতা গুণ বলে।

চুনের শ্রেণিবিভাগ (Classification of lime) ঃ

প্রধানত চুনকে দুই শ্রেণিতে ভাগ করা হয়, যথা–

১। স্থূল, ধনী বা বিশুদ্ধ চুন (Fat, rich or pure lime)

২। উদক চুন (Hydraulic lime)।

১। বিশুদ্ধ চুন ঃ এ জাতীয় চুনে ক্যালসিয়ামের মাত্রা সর্বাধিক। কলিকরণে এ চুন আয়তনে 2–3 গুণ বৃদ্ধি পায়। খাঁটি চুনাপাথরকে ভস্মীকরণের মাধ্যমে এ চুন তৈরি করা হয়। এগুলোতে সামান্য পরিমাণ অপদ্রব্য থাকতে পারে। এগুলোর রং ধবধবে সাদা। এগুলো পানিতে বিগলনীয় এবং পানির নিচে জমাটবদ্ধ হতে পারে না। এগুলো পানির উপস্থিতিতে নমনীয় পেস্টে পরিণত হয়ে ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড তৈরি করে [$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$]। ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড বাতাস হতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করে ক্যালসিয়াম কার্বনেটে রূপান্তরিত হয়ে জমাটবদ্ধ হয় এবং [$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$] পানি বাষ্পাকারে বায়ুমণ্ডলে উড়ে যায়। এগুলোর জমাটবদ্ধতার জন্য কার্বন ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতি অপরিহার্য। তাই পুরু দেয়ালে এগুলো ব্যবহার করা হয় না।

আস্তরের উপরিতলে, চুনকামে ও লাইম পানিং এর কাজে এগুলো ব্যবহার করা হয়। এগুলোর সংকোচন প্রবণতা অধিক, তাই মসল্লায় ব্যবহার কালে 2–3 গুণ বালি মিশাতে হয়। এগুলো বাতাসে উন্মুক্ত অবস্থায় রাখলে পাউডারে পরিণত হয়।

২। উদক চুন ঃ এ জাতীয় চুনে অপদ্রব্যের পরিমাণ অধিক। এগুলো পানির নিচে, বায়ু অপ্রবেশ্য স্থানে জমাটবদ্ধ হতে পারে। কাদা, ম্যাগনেশিয়া ও সিলিকা মিশ্রিত চুনাপাথরকে উত্তপ্ত করে এ চুন তৈরি করা হয়। এগুলোতে সিলিকা, অ্যালুমিনা ও ম্যাগনেশিয়া থাকায় পানি যোজিতকরণের ফলে এগুলো ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়ামের হাইড্রোক্সাইডে পরিণত হয়। বালির সংমিশ্রণে এগুলোর মসল্লা তৈরি করলে ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট লবণ এবং ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইডে রূপ নেয়। এগুলোতে আরো অধিক পরিমাণে পানি দিলে জটিল রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এগুলো জমাটবদ্ধ হয়। তাই এ জাতীয় চুন পানির নিচে জমাটবদ্ধ হতে পারে। এগুলো বাঁধ নির্মাণে, পুরু দেয়ালে, পানির নিচের কাজে ও জলছাদে ব্যবহার করা হয়।

বিশুদ্ধ চুন এবং উদক চুন প্রস্তুত উপযোগী চুনাপাথরের রাসায়নিক গঠন ঃ

চুনাপাথরের মুখ্য উপাদান	বিশুদ্ধ চুনের রাসায়নিক গঠন (%)	উদক চুনের রাসায়নিক গঠন (%)
ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO)	96	45–65
ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইড (MgO)	1–2	30–40
অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (Al_2O_3)	–	2–5
সিলিকা (SiO_2)	2	20–30
FeO	2	2–5
অন্যান্য অপদ্রব্য	–	1–5

ভাল চুনের নিম্নোক্ত বৈশিষ্ট্যগুলো থাকবে ঃ

১। এগুলো অবশ্যই জ্বালানি ছাইমুক্ত থাকবে।

২। এগুলোতে কম পোড়া চুনাপাথর খণ্ড ও অন্যান্য অপদ্রব্য (সিলিকা, অ্যালুমিনা ইত্যাদি) 5% এর অধিক থাকবে না।

৩। এগুলো শক্ত পিণ্ডাকারে থাকবে।

৪। এগুলোকে সহজে পানিযোজিত করা যাবে।

৫। এগুলো মৃদু পানিতে দ্রবণীয় হবে।

৬। এগুলো 64 নং চালনি দিয়ে অতিক্রম করবে।

১৪.১.১ চুন তৈরিকরণ প্রক্রিয়া (Manufacturing process of lime) ঃ

প্রধানত তিনটি ধাপে চুন তৈরি করা হয়, যথা–

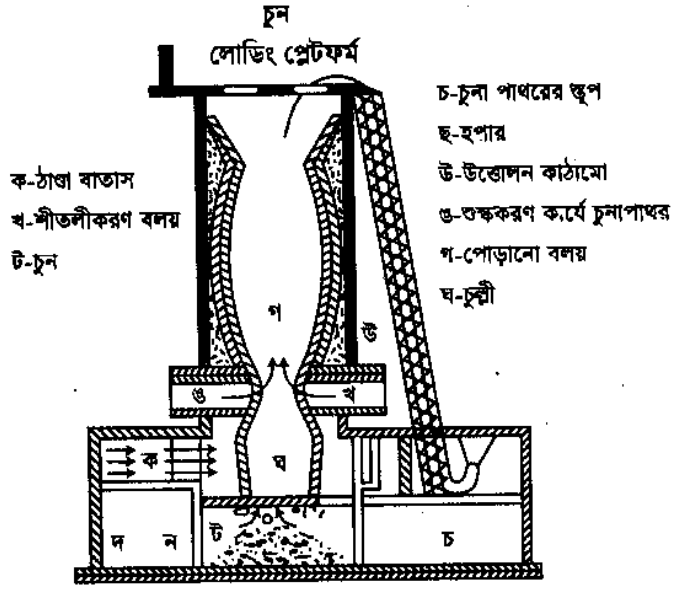
১। প্রাথমিক অবস্থায় তাপ দেয়া

২। ভস্মীকরণ

৩। পানিযোজন (Hydration) বা কলিকরণ (Slaking)।

১। প্রাথমিক অবস্থায় তাপ দেয়া (Pre-heating) ঃ চুনাপাথরের জলীয় অংশ বিতাড়নের জন্য প্রাথমিক অবস্থায় একটি আবদ্ধ পাত্রে প্রায় 600° ফাঃ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়।

২। ভস্মীকরণ (Calcination) ঃ চুনাপাথরকে ভস্মীকরণের জন্য পাঁজা বা চুল্লিতে পোড়ানো হয়। প্রায় সকল দেশেই অবিরাম বা সবিরাম চুল্লিতে এ পোড়ানো কাজ সম্পাদন করা হয়। কেননা চুল্লিতে পোড়ানোর খরচ অপেক্ষাকৃত কম। সাধারণত পোড়ানোর জন্য জ্বালানি হিসেবে কয়লা, কয়লার গুঁড়া বা জ্বালানি কাঠ ব্যবহার করা হয়। তবে জ্বালানি গ্যাসও জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করা যায়। পরবর্তী পৃষ্ঠায় একটি অবিরাম চুল্লিতে চুনাপাথর ভস্মীকরণের বিবরণ দেয়া হল।



চিত্র ঃ ১৪.১ চুন পোড়ানোর চুল্লি (অবিরাম)

চুল্লিটির নিচ দিয়ে বায়ু প্রবেশের ব্যবস্থা থাকে। পৃথক দুটি অগ্নি প্রকোষ্ঠতে (খ) কয়লা, তেল বা গ্যাস জ্বালিয়ে তপ্ত বাতাস চুনাপাথর রাখা প্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়ে চালিত করা হয়। চুনাপাথর দহন প্রকোষ্ঠ (গ) ও শীতলীকরণ বলয় (ঘ) যথাক্রমে অগ্নি প্রকোষ্ঠের উপরে ও নিচে থাকে। দহন প্রকোষ্ঠ (গ) এর উপরে সরবরাহ বলয় (ঙ) অবস্থিত। চুনাপাথর বিদ্যুৎচালিত গাড়িতে করে চুল্লিটির উপর নিয়ে যাওয়া হয় এবং স্বয়ংক্রিয় সরঞ্জামের সাহায্যে চুল্লির সরবরাহ বলয়ে প্রবেশ করানো হয়। এখানে প্রাথমিকভাবে (প্রায় 600° ফাঃ) শুষ্ক করে দহন প্রকোষ্ঠে দেয়া হয় এবং প্রায় 1500° ফাঃ তাপে ভস্মীকরণের পর শীতলীকরণ বলয়ে প্রবেশ করানো হয়। বিশুদ্ধ চুনাপাথরের ওজনের 56 ভাগ চুনে এবং 44 ভাগ কার্বন ডাই-অক্সাইডে রূপ নেয়। শীতলীকরণ বলয়ে ভস্মীকৃত চুনাপাথর ঠান্ডা হওয়ার পর অপসারণ করা হয়। প্রায় 1500° ফাঃ উত্তাপে চুনাপাথর ($CaCO_3$) বিগলিত হয়ে চুন (CaO) ও কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) এ রূপান্তরিত হয়। তবে চুনাপাথর 1600° ফাঃ এর অধিক তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা উচিত নয়। কারণ এর অধিক তাপমাত্রায় অর্থাৎ প্রায় 2200° ফাঃ তাপমাত্রায় চুনাপাথরে কতিপয় জটিল বিক্রিয়া সংঘটিত হয়, যা উৎকৃষ্ট মানের চুন প্রস্তুতের ক্ষেত্রে প্রত্যাশিত নয়।

৩। পানিযোজন বা কলিকরণ ঃ ভস্মীকরণে চুনাপাথর ($CaCO_3$) হতে কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) উবে গিয়ে ক্যালসিয়াম অক্সাইডে (CaO) পরিণত হয়। এগুলোতে পানি ছিটিয়ে চুন পাউডার তৈরি করা হয় অথবা পানিতে ভিজিয়ে পেস্টে পরিণত করা হয়। কলিকরণের ফলে চুন (CaO) পানি যোজিত হয়ে ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড [$Ca(OH)_2$] এ রূপান্তরিত হয় এবং আয়তনে বাড়ে।

১৪.২ চুনের ব্যবহার (Uses of lime) ঃ

নিম্নলিখিত কার্যসমূহে চুন ব্যবহার করা হয়–

(ক) চুনকামের ক্ষেত্রে (White washing)

(খ) 'লাইম পানিং'-এর ক্ষেত্রে (Lime punning)

(গ) মসলা ও কংক্রিট তৈরির ক্ষেত্রে

(ঘ) বিভিন্ন শিল্পের কাঁচামাল হিসেবে

১। সিমেন্ট শিল্পে

২। কাচশিল্পে

৩। কস্টিক সোডা উৎপাদনে

৪। ব্লিচিং পাউডার তৈরিতে

৫। সোডা লাইম তৈরির ক্ষেত্রে

৬। বিভিন্ন ঔষধ তৈরিতে।

১৪.২.১ চুন গুদামজাতকরণ (Storing of lime) ঃ

ভস্মীকৃত চুনাপাথর অর্থাৎ ক্যালসিয়াম অক্সাইডের খণ্ড বা পিণ্ড বায়ুরোধী (Air tight) এবং পানি অপ্রবেশ্য (Water tight) করে গুদামজাত করা হয়। চুন গুদামজাতকরণের ক্ষেত্রে বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করতে হয়, কেননা চুন বাতাস হতে জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করে এবং পানির উপস্থিতিতে প্রচণ্ড তাপ সৃষ্টি করে, আয়তনে বৃদ্ধি পায়। চুন অসতর্কভাবে গুদামজাত করলে মারাত্মক দুর্ঘটনা ঘটতে পারে। চুন দীর্ঘ সময়ের জন্য গুদামজাত করা উচিত নয়। কারণ এগুলো বাতাস হতে কার্বন ডাই অক্সাইড ও পানি শোষণ করে পুনরায় ক্যালসিয়াম কার্বনেটের (চুনাপাথরে) পিণ্ডে পরিণত হতে পারে।

১৪.৩ চুনের সুবিধা ও অসুবিধা (Advantages & disadvantages of lime) ঃ

নিচে চুনের সুবিধা ও অসুবিধাগুলো দেয়া হল ঃ

সুবিধাসমূহ ঃ

(i) চুন পানিতে দ্রবণীয় এবং এ দ্রবণ নির্মাণ পৃষ্ঠে লেপন করে দেয়া যায় বিধায় হোয়াইট ওয়াশ ডিসটেম্পার, কালার ওয়াশ ইত্যাদি কাজে চুনের ব্যবহার সহজ।

(ii) চুন সিমেন্টের তুলনায় দামে সস্তা।

(iii) সাধারণ নির্মাণে চুনের মসলা ও কংক্রিট ব্যবহার সাশ্রয়ী।

(iv) চুন সিমেন্ট শিল্পে, কাচ তৈরি ইত্যাদি ক্ষেত্রে সহজেই ব্যবহার করা যায়।

(v) চুন জীবাণুনাশক ও পরিবেশ বান্ধব বিধায় ইমারতের অন্তঃ ও বহির্পৃষ্ঠে ব্যবহার করা যায়।

অসুবিধাসমূহ ঃ

(i) চুনের বাঁধনিগুণ সিমেন্টের মতো শক্তিশালী নয় বিধায় ভারী ইমারত ও সুউচ্চ টাওয়ার ইত্যাদি নির্মাণে ব্যবহার করা যায় না।

(ii) চুন ধাতুর উপস্থিতিতে ধাতব অক্সাইড সৃষ্টি করে ধাতুর ক্ষয় সাধন করে বিধায় রিইনফোর্সড কংক্রিটে চুন ব্যবহার করা যায় না।

(iii) চুন জমাটবদ্ধ হতে অধিক সময় লাগে বিধায় জরুরি নির্মাণ কাজে চুন ব্যবহার করা যায় না।

(iv) চুনের মসলার বাঁধনি ক্ষমতা সিমেন্টের তুলনায় কম বিধায় ইমারতের স্থায়িত্বতায় প্রভাব ফেলে।

অনুশীলনী-১৪

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর :

১। **চুন কী?**

উত্তর রাসায়নিক দিক হতে চুন হল CaO। প্রাচীনকাল হতে এটি জোড়ক সামগ্রী হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

২। **বিদাহী চুন কী?**

উত্তর চুনাপাথরকে ভস্মীকরণের মাধ্যমে যে চুন (CaO) পাওয়া যায়, তাকে বিদাহী চুন বলে। এটি কস্টিক লাইম নামেও পরিচিত।

৩। **কলিকরণ কী?**

উত্তর বিদাহী চুনে পানিযোজন অপেক্ষা বেশি পরিমাণে পানি দিলে তাপ উৎপন্ন হয়, আয়তনে বৃদ্ধি পায় এবং হিস হিস শব্দ হয় এবং চুন পেস্টে রূপ নেয়, এ পেস্ট [$CaO + H_2O = (Ca(OH)_2$] ই কলিচুন।

৪। **ভস্মীকরণ বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর বাতাসের উপস্থিতিতে চুনাপাথরকে লোহিত তপ্ত (প্রায় 1500° ফাঃ তাপমাত্রায়) করাকে ভস্মীকরণ (Calcination) বলে। এতে চুনাপাথর চুন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে ($CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$) বিভাজিত হয়।

৫। **চুনে পানিযোজন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর বিদাহী চুনে অল্প পরিমাণ পানি দিলে এগুলো গুঁড়া পাউডারে পরিণত হয়, একে পানিযোজন বলা হয়।

৬। **উদকতা বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর যে গুণের জন্য চুন পানির নিচে বা যেখানে বাতাস প্রবেশ করতে পারে সেখানে জমাটবদ্ধ হতে পারে, ঐ গুণকে উদকতা বলা হয়।

৭। **উদক চুন কী?**

উত্তর যে চুন পানির নিচে বা যেখানে বাতাস প্রবেশ করতে পারে না সেখানে জমাটবদ্ধ হতে পারে, ঐ চুনই উদক চুন।

৮। **উন্মুক্ত স্থানে চুন গুদামজাত করলে কী অসুবিধা হয়?**

উত্তর চুন উন্মুক্ত স্থানে গুদামজাত করলে বাতাস হতে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও পানি শোষণ করে পুনরায় চুনাপাথরে ($CaCO_3$) রূপ নেয়।

৯। **চুন কীভাবে গুদামজাত করা উচিত?**

উত্তর চুন বায়ু ও পানিরোধী স্থানে সতর্কতার সাথে গুদামজাত করা উচিত।

১০। **চুনের জমাটবদ্ধতা বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর কলিচুনের সাথে বাতাসের কার্বন ডাই-অক্সাইডের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এগুলো ধীরে ধীরে শক্ত হতে পারে অর্থাৎ ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়, একে চুনের জমাটবদ্ধতা (Setting) বলা হয়। এতে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে।

১১। **চুন শুষ্ক হওয়া বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর কলিচুন হতে পানি বাষ্পাকারে উড়ে গেলে চুনের (CaO) একটি শক্ত পিণ্ড পাওয়া যায়, একে চুনের শুষ্ক হওয়া বলা হয়। এতে ভৌত পরিবর্তন ঘটে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। চুন কলিকরণ প্রক্রিয়া সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। চুনের জমাটবদ্ধতা ও চুন শুষ্ক হওয়া বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। খাঁটি চুন (Fat lime) সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। উদক চুন (Hydraulic lime) সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। চুন গুদামজাতকরণ সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১৪.২.১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। খনিক চুন ও উদক চুনের রাসায়নিক গঠনের পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। চুন ব্যবহারের ক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১৪.২ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। ভাল চুনের বৈশিষ্ট্যগুলো আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১৪.১ নং শেষাংশ দ্রষ্টব্য।

২। চুনের সুবিধা ও অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুচ্ছেদ ১৪.৩ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-১৫ কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালস্ এবং পানিরোধী সামগ্রী
(Construction chemicals & water proofing materials)

১৫.১ কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালস্ এর সংজ্ঞা (Definition of construction chemicals) ঃ

সিমেন্ট, মসলা এবং কংক্রিটে কোন ঈপ্সিত বৈশিষ্ট্য বা ধর্ম প্রদান বা উন্নয়নের জন্য যেসব সামগ্রী ব্যবহৃত হয়, সেসব সামগ্রীকে কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালস (Construction chemicalr) বা অ্যাডমিক্সচার (Admixture) বলা হয়। সাধারণত এসব সামগ্রী হাইড্রেশনে, তাপ উৎপাদনে, জেল স্ট্রাকচার (Gel structure) গঠনে প্রভাব ফেলে থাকে। যদি সিমেন্ট তৈরিকালে সিমেন্টের মূল উপাদানগুলোর হ্রাস-বৃদ্ধিকরণের মাধ্যমে এতে ঈপ্সিত গুণাবলি সৃষ্টি করা সম্ভব না হয়, তবেই শুধু এ জাতীয় সামগ্রী ব্যবহার করা উচিত। কেননা এসব সামগ্রীর ব্যবহারে সিমেন্ট, মসলা এবং কংক্রিটের কোন নির্দিষ্ট ধর্ম বা বৈশিষ্ট্যের উন্নয়ন ঘটলেও অপর কোন ধর্ম বা বৈশিষ্ট্যের উপর বিরূপ প্রভাব ফেলতে পারে। তাই কোন নির্দিষ্ট অ্যাডমিক্সচার নির্বাচনের পূর্বে এ বিষয়ে সতর্কতা আবশ্যক।

সাধারণত নিচের এক বা একাধিক উদ্দেশ্য সম্পাদনে কংক্রিটে কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালস ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

(i) কার্যোপযোগিতা (Workability) উন্নয়নে।
(ii) কংক্রিটে বায়ু প্রবেশের মাধ্যমে এর স্থায়িত্বতা (Durability) উন্নয়নে।
(iii) স্বল্প সময়ে কংক্রিটে জমাটবদ্ধতা (Setting) ও শক্ততা (Hardening) আনয়ন ত্বরান্বিতকরণে।
(iv) কংক্রিটের পানিরোধী (Waterproofing) বৈশিষ্ট্যাদি প্রদানে।
(v) কংক্রিটের জমাটবদ্ধতা গতি হ্রাসকরণে।
(vi) কংক্রিট জমাটবদ্ধ হওয়াকালে সংকোচন প্রতিহতকরণে।
(vii) কংক্রিটে ব্লিডিং ও সেগরিগেশন (Bleeding & segregation) হ্রাসকরণে।
(viii) কংক্রিটে তাপ সৃষ্টি হ্রাসকরণে।
(ix) কংক্রিট ক্ষয়রোধী (Wear resistance) করণে।

১৫.২ ও ১৫.৩ কনস্ট্রাকশন কেমিক্যাল এর তালিকা এবং এগুলোর ব্যবহার (List of construction chemicals & their uses) ঃ

নিচের ছকে কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালের তালিকা এবং এগুলোর ব্যবহার ও বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করা হল--

কনস্ট্রাকশন কেমিক্যাল এর তালিকা	ব্যবহার	বৈশিষ্ট্য
১। বায়ুবন্ধক কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালস্ (Air entraining admixture) (ক) প্রাকৃতিক রজন (খ) সালফোনেটেড সোপ (গ) প্রাণী ও উদ্ভিদজাত চর্বি (ঘ) কৃত্রিম ডিটারজেন্ট ইত্যাদি।	শীতপ্রধান অঞ্চলে কংক্রিটের কাজে ব্যবহৃত হয়। * পরিমিত মাত্রায় (4% – 6%) ব্যবহার করতে হয়।	(i) কংক্রিটে বরফ ক্রিয়া রোধ করে। (ii) স্থায়িত্বতার উন্নয়ন ঘটায়। (iii) ঘনত্ব ও শক্তি কমায়। (iv) ব্লিডিং ও সেগরিগেশন হ্রাস করে। (v) কার্যোপযোগিতা বাড়ায়।
২। গতিবর্ধক কনস্ট্রাকশন কেমিক্যাল (Accelerator admixture) (ক) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (খ) সোডিয়াম ক্লোরাইড (গ) সোডিয়াম সালফেট	(i) শীতপ্রধান এলাকায় দ্রুত জমাটবদ্ধ হওয়ার জন্য কংক্রিটে ব্যবহার করা হয়। (ii) কংক্রিটের জরুরি মেরামত কাজে। (iii) কম সময়ে কংক্রিট এর ফর্ম ওয়ার্ক খোলার জন্য। (iv) কম সময়ে কংক্রিট সড়ক, নালা ইত্যাদির কাজ সমাপ্ত করে উন্মুক্ত করে দেয়ার জন্য।	(i) কম সময়ে কংক্রিট জমাটবদ্ধ হয়। (ii) কম সময়ে শক্ততা বাড়ে। (iii) প্রাথমিক শক্তি বাড়ে কিন্তু শুষ্ক সংকোচন বৃদ্ধি করে। (iv) সালফেট রোধিতা কমায় বিধায় লোহা ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। (v) প্রাথমিক অবস্থায় কিঞ্চিৎ তাপ উৎপন্ন করে।

কনস্ট্রাকশন কেমিক্যাল এর তালিকা	ব্যবহার	বৈশিষ্ট্য
(ঘ) সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড (ঙ) ফ্লো সিলিকেট ইত্যাদি।		
৩। গতিমন্থক কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালস্ (Retarder admixture) (ক) জিপসাম পাউডার (খ) সেলুলোজ প্রোডাক্ট (গ) চিনি (ঘ) এক বা একাধিক হাইড্রোক্সিল গ্রুপের সল্ট অব অ্যাসিড ইত্যাদি।	(i) উষ্ণ এলাকায় দ্রুত জমাটবদ্ধ না হয়ে স্বাভাবিক সময় জমাটবদ্ধ হওয়ার জন্য। (ii) অবাস্তব জমাটবদ্ধতা হ্রাসে। (iii) কষ্টসাধ্য ঢালাইকরণে কংক্রিটের স্টিফিং (Stiffing) বিলম্বিতকরণে।	(i) এগুলোর ব্যবহারে শুষ্ক সংকোচন বৃদ্ধি পেতে পারে। (ii) পানির পরিমাণ কিছুটা হ্রাস করতে হয়। (iii) ব্লিডিং ও সেগরিগেশন কমায়। (iv) আসঞ্জন ক্ষমতা (Cohesiveness) কিঞ্চিৎ বাড়ায়।
৪। পাজোলান কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালস (Pozzolan admixture) (ক) আগ্নেয় ভস্ম, (খ) সুরকি, (গ) পোড়ামাটি, (ঘ) ছাই ইত্যাদি।	(i) কংক্রিটের সাধারণ নির্মাণে।	(i) কংক্রিটের স্থায়িত্বতা বাড়ায়। (ii) শক্ততা ও জমাটবদ্ধতা অধিক সময় লাগে। (iii) দামে সস্তা।
৫। রঞ্জক কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালস্ (Pigment admixture) (ক) ঈপ্সিত বর্ণের উপাদান (সিমেন্ট ক্লিংকারের সাথে বর্ণের জন্য ঈপ্সিত বর্ণের সিমেন্ট তৈরি করাই উত্তম)	(i) কংক্রিটের রঙিন অলঙ্কারমূলক ও শোভাবর্ধক কাজে।	(i) ঈপ্সিত বর্ণ দান করে। (ii) সিমেন্টের সাথে ঈপ্সিত বর্ণের পাউডার মিশিয়ে নিতে হয়।
৬। কার্যোপযোগিতার কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালস্ (Workability admixture) (ক) হাইড্রেটেড লাইম, (খ) বিনটোনাইট, (গ) ফ্লাই অ্যাশ, (ঘ) ট্যাল্ক ইত্যাদি।	(i) কার্যোপযোগিতা বাড়ানোর জন্য।	(i) অ্যাগ্রিগেট যথার্থভাবে গ্রেডিং অবস্থায় ব্যবহার না করলে ব্যবহার করা হয়। (ii) এয়ার এনট্রেনিং সামগ্রীগুলো কার্যোপযোগিতা বাড়ায়।
৭। পানিরোধী কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালস (Waterproofing admixture) (ক) রজন (খ) উদ্ভিদ ও প্রাণিজ তেল, চর্বি (গ) বিটুমিনজাত দ্রব্য ইত্যাদি।	(i) কংক্রিটকে পানি করার কাজে। (ii) কার্যোপযোগিতা বাড়ানোর কাজে।	(i) এগুলো ভৌতিক বা রাসায়নিকভাবে কংক্রিট নিশ্ছিদ্র করে।

উপরোক্ত সকল ধরনের কনস্ট্রাকশন কেমিক্যালসই বিভিন্ন বাণিজ্যিক নামে বাজারে পাওয়া যায় এবং তৈরিকারকের নির্দেশনা মোতাবেক ব্যবহার করতে হয়।

১৫.৪ পানিরোধী সামগ্রীর সংজ্ঞা (Definition of water proofing materials)

যে সকল সামগ্রী পানি শোষক নয় এবং পানি দ্বারা আক্রান্ত হয় না, অ্যাগুলোকে পানিরোধী সামগ্রী (Waterproofing materials) বলা হয়। সিরামিক, মেলামাইন, অ্যালকাইড, পলিভিনাইল ক্লোরাইড, অ্যাসবেস্টস, অ্যাসফল্ট, কাচ, রবার, জিআই শিট, স্টেইনলেস স্টিল ইত্যাদি।

কাঠামোতে ব্যবহার উপযোগী আদর্শ পানিরোধী সামগ্রীগুলোর নিম্নলিখিত গুণাবলি থাকা দরকার ঃ

১। এগুলো সম্পূর্ণরূপে পানিরোধী হবে এবং এগুলোর মধ্য দিয়ে পানি চুঁয়াবে না।
২। এগুলো দীর্ঘস্থায়ী হবে।
৩। এগুলো সন্তোষজনক নমনীয় (flexible) হবে যেন ফাটল ছাড়া কাঠামোর মুভমেন্ট সহ্য করতে পারে।
৪। এগুলো কাঠামোতে লাগালে যথাযথ অবস্থানে স্থায়ীভাবে স্থিতিশীল থাকবে।
৫। এগুলো যুক্তিসঙ্গত দামে সহজলভ্য হবে।
৬। এগুলোকে নিশ্ছিদ্র জোড়া (Leak proof) দেয়া যাবে।
৭। কাঠামোর চাপে এগুলোর স্থানচ্যুত হবে না।

১৫.৫ পানিরোধী সামগ্রীর তালিকা (List of waterproofing materials) ঃ

সাধারণত নিচের সামগ্রীগুলো পানিরোধী সামগ্রী হিসেবে ব্যবহৃত হয় ঃ

(i) গরম বিটুমিন
(ii) ম্যাস্টিক অ্যাসফ্যাল্ট
(iii) বিটুমিনাস বা অ্যাসফ্যাল্টিক ফেল্ট
(iv) মেটাল শিট
(v) শিটসহ বিটুমিনাস ফেল্ট (লিড কোর ফেল্ট)
(vi) ইট
(vii) পাথর
(viii) মসলা (1 ঃ 3 সিমেন্ট মসলা)
(ix) সিমেন্ট কংক্রিট
(x) প্লাস্টিক শিট
(xi) রবার
(xii) অ্যাসবেস্টস্ ইত্যাদি।

১৫.৬ পানিরোধী সামগ্রীর ব্যবহার (Uses of waterproofing materials) ঃ

নিচে পানিরোধী সামগ্রীর ব্যবহার উল্লেখ করা হল–

(i) গরম বিটুমিন (Hot bitumen) ঃ এগুলো খুবই নমনীয় (Flexible) সামগ্রী। এগুলো কংক্রিট বা মসলার বেডিং এর ন্যূনতম 3 মিলিমিটার পুরুত্বে গরম অবস্থায় ব্যবহার করা যায়।

(ii) ম্যাস্টিক অ্যাসফ্যাল্ট (Mastic asphalt) ঃ এগুলো স্থায়িত্বশীল আধা-নমনীয় পানি অভেদ্য সামগ্রী। অ্যাসফ্যাল্ট, বালি ও খনিজ ফিলার সমেত তপ্ত করে এগুলো পাওয়া যায়। অভিজ্ঞ ও দক্ষ হাতে এসব পানিরোধী সামগ্রী ব্যবহার করতে হয়। তবে গরম আবহাওয়ায় ভারী কাঠামোর চাপে স্থানচ্যুত হয়ে বের হতে পারে।

(iii) বিটুমিনাস বা অ্যাসফ্যাল্টিক ফেল্ট (Bitumenous or asphaltic felt) ঃ এগুলো রোল আকারে বিভিন্ন প্রস্থের দেওয়ালের মাপে পাওয়া যায়। এগুলো ব্যবহারে প্রয়োজনীয় ওভারল্যাপ (10cm) দিয়ে সংযোগ (Junction) ও ক্রসিং (Crossing) ব্যবহারের পর ল্যাপ অংশ বিটুমিন দিয়ে সিল (Seal) করে দিতে হয়। এগুলো কাঠামোর অত্যধিক চাপে সামান্য পরিমাণে বের হতে পারে।

(iv) মেটাল শিট (Metal sheet) ঃ আর্দ্রতারোধী স্তরে আর্দ্রতারোধক হিসেবে দস্তা, তামা বা অ্যালুমিনিয়ামের পাত ব্যবহার করা যেতে পারে।

(v) শিটসহ বিটুমিন ফেল্ট (Combination of sheet & bitumen felt) ঃ বিটুমিনাস অ্যাসফ্যাল্ট ফেল্টের মাঝে স্যান্ডউইনের ন্যায় দস্তার ফয়েল আর্দ্রতারোধী স্তরে কার্যকরভাবে ব্যবহার করা যায়। এগুলো বেশ কার্যকর পানিরোধী সামগ্রী হিসেবে বিনা ফাটলে কাজ করে।

(vi) ইট (Brick) ঃ কম আর্দ্রতার স্থানে বিশেষ ধরনের ইট সিমেন্ট মসলায় দুই স্তরে বা চার স্তরে আর্দ্রতারোধী স্তরে পানিরোধী সামগ্রী হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

(vii) পাথর (Stone) ঃ গ্রানাইট, ট্রাপ, শ্লেট ইত্যাদির ন্যায় উত্তম ঘনত্বের উন্নত পাথর সিমেন্ট মসলায় (1ঃ3) দুই স্তরে আর্দ্রতারোধী স্তরে পানিরোধী সামগ্রী হিসাবে কার্যকরভাবে ব্যবহার করা যায়।

(viii) মসলা (Mortar) ঃ আর্দ্রতারোধী স্তর স্থাপনের পূর্বে সিমেন্ট মসলা (1ঃ3) বেডিং হিসেবে ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে মসলার কার্যোপযোগিতা বাড়ানোর জন্য সামান্য পরিমাণ চুন এবং মসলা মিশানো পানিতে প্রতি লিটার পানিতে 75 গ্রাম নরম সাবান গলিয়ে উক্ত পানি দিয়ে তৈরি মসলায় বেডিং দেয়া হয় এবং এ মসলা পানিরোধী সামগ্রী হিসেবে বেশ কার্যকর। তাছাড়া এ মসলা দিয়ে বাইরের দিকের দেওয়ালে পানিরোধী প্লাস্টার করা যায়।

(ix) সিমেন্ট কংক্রিট (Cement concrete) ঃ 1ঃ2ঃ4 বা $1ঃ1\frac{1}{2}ঃ3$ সিমেন্ট কংক্রিট 4cm হতে 15cm পুরুত্বে প্লিন্থ লেভেল কার্যকর পানিরোধী স্তর হিসেবে উত্তম এবং এরূপ আর্দ্রতারোধী স্তর পানির কৈশিকতা রোধে সক্ষম। তবে যদি আর্দ্রতার মাত্রা অধিক হয়, তবে প্লিন্থ স্তরের উপর দুই কোট গরম বিটুমিন এর প্রলেপ দিলে ভাল ফলাফল পাওয়া যায়।

(x) প্লাস্টিক শিট (Plastic sheets) ঃ পানিরোধী সামগ্রী হিসেবে 0.5 মিমি হতে 1 মিমি পুরুত্বের কালো প্লাস্টিক শিট দেওয়ালের প্রস্থের সমান প্রস্থে ব্যবহার করা যায়। এটির ব্যবহার দীর্ঘস্থায়ী ফলাফল দেয় না তবে সাশ্রয়ী।

অনুশীলনী-১৫

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **সিমেন্ট অ্যাডমিক্সচার বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ কংক্রিটের কার্যোপযোগিতার উন্নয়ন, জমাটবদ্ধতা ত্বরান্বিতকরণ, পৃষ্ঠের দ্রুত কঠিনতা আনয়ন, পানি নিরোধীগুণের উন্নয়ন ইত্যাদির জন্য কংক্রিটে যে পদার্থ সংযোগ করা হয়, তাই অ্যাডমিক্সচার।

২। **সাধারণত কী কী ধরনের সিমেন্ট অ্যাডমিক্সচার ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর ঃ সাধারণত বায়ুবন্ধক, জমাটবদ্ধতার গতিবর্ধক, জমাটবদ্ধতার গতি মন্থক, পানি হ্রাসক সিমেন্ট অ্যাডমিক্সারে ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

৩। **সিমেন্ট বায়ুবন্ধক অ্যাডমিক্সচার কোথায় ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর ঃ সাধারণত শীতপ্রধান অঞ্চলে কংক্রিটের কাজে বায়ুবন্ধক অ্যাডমিক্সচার ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

৪। **সিমেন্টে পানি হ্রাসক অ্যাডমিক্সচার কখন ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর ঃ যখন কংক্রিটের কার্যোপযোগিতা বাড়ানোর দরকার তখন সিমেন্টে পানি হ্রাসক অ্যাডমিক্সচার ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

৫। **সিমেন্টের রঞ্জক অ্যাডমিক্সচারের বৈশিষ্ট্যগুলো কী?**

উত্তর ঃ সিমেন্টের রঞ্জক অ্যাডমিক্সার কংক্রিটে ঈপ্সিত রং প্রদান করে এবং কনক্রিটের নির্মাণের সৌন্দর্য বৃদ্ধি করে।

৬। **পানিরোধী সামগ্রী বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ যে সকল সামগ্রী পানি শোষক নয় এবং পানি দ্বারা আক্রান্ত হয় না, অ্যাগুলোকে পানিরোধী সামগ্রী (Waterproofing materials) বলা হয়। সিরামিক, মেলামাইন, অ্যালকাইড, পলিভিনাইল ক্লোরাইড, অ্যাজবেস্টস, অ্যাসফল্ট, কাচ, রবার, জিআই শিট, স্টেইনলেস স্টিল ইত্যাদি পানিরোধী সামগ্রী।

৭। **পাঁচটি পানিরোধী সামগ্রীর নাম লেখ।**

উত্তর ঃ নিচে পাঁচটি পানিরোধী সামগ্রীর নাম দেয়া হল ঃ

(i) গরম বিটুমিন (ii) ম্যাস্টিক অ্যাসফ্যাল্ট (iii) বিটুমিনাস বা অ্যাসফ্যাল্টিক ফেল্ট (iv) মেটাল শিট (v) শিটসহ বিটুমিনাস ফেল্ট (লিড কোর ফেল্ট)।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **সিমেন্টের বায়ুবন্ধক অ্যাডমিক্সচারের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১৫.২ ও ১৫.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। **সিমেন্টের গতিবর্ধক অ্যাডমিক্সচারের বৈশিষ্ট্যগুলো উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১৫.২ ও ১৫.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **সিমেন্টের গতি মন্থরকারী অ্যাডমিক্সচারের বৈশিষ্টগুলো সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১৫.২ ও ১৫.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **পানিরোধী সামগ্রীর একটি তালিকা উদ্ধৃত কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১৫.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **সিমেন্টের গতিবর্ধক অ্যাডমিক্সচারের ব্যবহার ক্ষেত্র উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১৫.২ ও ১৫.৩ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **পাজোলান অ্যাডমিক্সচারের বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার ক্ষেত্র আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১৫.২ ও ১৫.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। **পানিরোধী সামগ্রীর ব্যবহার লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১৫.৬ নং দ্রষ্টব্য।

ব্যবহারিক

ব্যবহারিক কাজের প্রতিবেদনের প্রচ্ছদের নমুনা

প্রতিষ্ঠানের নাম ঃ . . . . . .

বিষয় ঃ সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্

'জব' নং (Job No) ঃ ----------

'জব' এর নাম (Name of job) ঃ----------

ব্যবহারিক কাজ করার তারিখ ঃ ----------

শিক্ষার্থীর নাম ঃ ---------- টেকনোলজি ----------

ক্রমিক নং ---------- সেশন ----------শিফট ----------

মূল্যায়ন ঃ

মান ঃ (সিলেবাস অনুযায়ী শিক্ষক কর্তৃক বন্টিত)

মানবন্টন ঃ

বিবেচ্য কার্যক্রম	বন্টিত নম্বর	প্রাপ্ত নম্বর
নিয়মতান্ত্রিক ধারাবাহিকভাবে কাজকরণ		
কাজে আগ্রহ		
কাজে নিরাপত্তা ও পরিচ্ছন্নতা		
কাজের প্রতিবেদন লেখন		
মোট		

শিক্ষকের স্বাক্ষর

জব নং ঃ ১.১	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	বিভিন্ন ধরনের পাথর বাছাইকরণ।

নিম্নের তালিকায় উদ্ধৃত বিষয়াদি বিবেচনায় বিভিন্ন ধরনের পাথর বাছাই করতে হবে ঃ

ক্রঃ নং	নাম	বর্ণ	আপেক্ষিক গুরুত্ব/ ওজন, গ্রাম/সিসি	ক্রাশিং স্ট্রেংথ কেজি/ বর্গসেমি	ভ্যারাইটি	ক্যাটাগরি	শোষ্যতা (%)	প্রধান উপাদানসমূহ
১।	গ্রানাইট (Granite)	ধূসর, সবুজ, গোলাপি, লাল বা কালোও হতে পারে	২.৬ হতে ২.৮ / ২.৭০	১০০০ হতে ১৪০০	সিলিকাস	আগ্নেয়	০.৫	ফেলস্পার, কোয়ার্টজ, মাইকা
২।	ব্যাসাল্ট ও ট্র্যাপ (Basalt & Trap)	হালকা বা গাঢ় ধূসর এবং নীলাভ কালো	২.৯ হতে ৩ / প্রায় ৩	৭০০ হতে ৮৫০	সিলিকাস	আগ্নেয়	০.৫	সিলিকেট, ফেলস্পার, অগাইট, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন
৩।	ল্যাটারাইট (Laterite)	রক্তিম বাদামি, হলুদাভ গাঢ় বাদামি, কালো	২ হতে ২.২ / ২.২	১২৫ হতে ১৫০	সিলিকাস	আগ্নেয়	সচ্ছিদ্রতার উপর নির্ভর করে	সিলিকা, আয়রন অক্সাইড, অ্যালুমিনা
৪।	বেলে পাথর (Sand stone)	সাদা, ধূসর, হলুদ, হালকা বাদামি, এবং লাল হতে পারে	২.৩ / ২.৩	৩৫০ হতে ৪০০	সিলিকাস	পাললিক	সচ্ছিতার উপর নির্ভর করে	বালি, কার্বনেট অব লাইম, কর্দম
৫।	চুনাপাথর (Lime stone)	হলুদ, বাদামি বা গাঢ় ধূসর (গাঢ় ধূসর অনুজ্জ্বল মৃত্তিকা বর্ণ)	২.৬ / ২.৬	৫০০ হতে ৫৫০	কেলকেরিয়াস	রূপান্তরিত	৪	বিশুদ্ধ চুনাপাথর $CaCO_3$। এতে সামান্য পরিমাণ $MgCO_3$এর সাথে SiO_2 এবং Al_2O_3 থাকে। সমপরিমাণে $CaCO_3$ ও $MgCO_3$ থাকলে একে ডোলেমাইট বলে।
৬।	মার্বেল (Marble)	বহু বর্ণের যেমন সাদা, হলুদ, ধূসর, সবুজ, লাল, লাল, কালো ইত্যাদি	২.৭ / ২.৭	৫০০ হতে ৬০০	কেলকেরিয়াস	রূপান্তরিত	১ হতে ৩	ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$)
৭।	স্লেট (Salte)	গাঢ় নীল, সবুজাভ ধূসর, রক্তিম বাদামি, নীলাভ কালো	২.৭ / ২.৭	৬০০ হতে ৭০০	আর্জিলিসিয়াস	রূপান্তরিত	০.৫ হতে ১	AL_2O_3 এর সাথে সামান্য পরিমাণ $CaCO_3$
৮।	নিস (Gneiss)	বহু বর্ণের	গঠনভেদে তারতম্য অধিক	দুর্বল	সিলিকাস	রূপান্তরিত	অধিক	সিলিকা, ফালস্পার, মাইকা
৯।	মোরাম (Moorum)	গাঢ় বাদামি, লাল	গঠনভেদে তারতম্য অধিক	দুর্বল	সিলিকাস আর্জিলিসিয়াস	রূপান্তরিত	অধিক	বালি, কর্দম, আয়রন অক্সাইড

জব নং ঃ ১.২	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	পাথরের অ্যাগ্রিগেট এর গ্রেডিং।

তত্ত্ব ঃ কংক্রিট বা মসলা তৈরিতে পূরক সামগ্রী হিসাবে যেসব সামগ্রী (যেমন– ইট বা পাথরের টুকরা, বালি ইত্যাদি) ব্যবহৃত হয়, সেগুলোকে অ্যাগ্রিগেট বলা হয়। আকার অনুযায়ী এগুলোকে কোর্স অ্যাগ্রিগেট ও ফাইন অ্যাগ্রিগেট– এই দু'ভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে। দৃঢ়, ফাঁকহীন এবং কম খরচে অধিক ঘনত্বের কংক্রিট তৈরির জন্য অ্যাগ্রিগেট-এর খণ্ডগুলো যথাযথ পরিমাণে থাকা উচিত। যদি অ্যাগ্রিগেট খণ্ডগুলো সম-আকারের হয় তবে এগুলোতে ফাঁক অধিক থাকবে এবং এতে অধিক বাঁধুনি পদার্থ (সিমেন্ট) ও বালি অধিক লাগবে। সাধারণত কোর্স অ্যাগ্রিগেট এর আকার বিন্যাস জানার জন্য চালুনি বিশ্লেষণ করা হয় এবং ফাইন অ্যাগ্রিগেট এর ক্ষেত্রে চালুনি বিশ্লেষণের মাধ্যমে সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (F.M) নির্ণয় করা হয়। মূলত গ্রেডিং অব অ্যাগ্রিগেটে অ্যাগ্রিগেটের আকার বিতরণ প্রদর্শন করে। ৪.৭৫ মিমি হতে বড় আকারের অ্যাগ্রিগেটকে কোর্স অ্যাগ্রিগেট বলা হয়।

যন্ত্রপাতি ও উপকরণ ঃ ব্রিটিশ প্রমাণ চালুনি (উপর হতে কভার, ৩৭.১০ মিমি, ৩১.৭৫ মিমি, ২৫.৪ মিমি. ১৯.০৫ মিমি, ১৫.৮৭৫ মিমি, ১২.৭০ মিমি, ৯.৫৩ মিমি এবং ৪.৭৫ মিমি, প্যান,) সিভ শেকার, ব্যালেন্স, ওভেন/হিটার, পাথরের কোর্স অ্যাগ্রিগেট-৫ কেজি ইত্যাদি।

কাজের ধারা ঃ

১। কোর্স অ্যাগ্রিগেট (ইটের টুকরা) ভালভাবে শুকিয়ে ৫ কেজি মেপে নিতে হবে।

২। নিচে প্যান রেখে উল্লিখিত বিন্যাস অনুযায়ী (অর্থাৎ ক্রমান্বয়ে নিচের দিকে ছোট ছিদ্রের চালুনি রেখে) চালুনি সাজাতে হবে।

৩। কভার সরিয়ে সর্ব উপরের চালুনিতে পরিমাপকৃত (৫ কেজি) কোর্স অ্যাগ্রিগেট রাখতে হবে এবং ঢাকনা দিয়ে পুরো সেটটি সিভ শেকারে যথানিয়মে আটকাতে হবে।

৪। ৫ থেকে ১০ মিনিট শেকারে ঝাঁকাতে হবে।

৫। পুরো সেটটি শেকার হতে নামিয়ে প্রত্যেকটি চালুনিতে অবশেষের পরিমাণ (ওজনে) উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

চালুনির ওপেনিং		চালুনিতে অবশেষ (গ্রাম)	শতকরা অবশেষ (%)	শতকরা অতিক্রান্ত %	মন্তব্য
ইঞ্চি	মিমি				
১ ১/২	৩৮.১০				সাইজ -----
১ ১/৪	৩১.৭৫				ডাউন গ্রেডেড
১	২৫.৪				
৩/৪	১৯.০৫				
৫/৮	১৫.৮৭৫				
১/২	১২.৭০				
৩/৮	৯.৫৩				
	মোট =				

টেস্টের জন্য প্রতিনিধিত্বকারী স্যাম্পল ইট ঃ

সাধারণত গবেষণাগারে প্রাপ্ত ফলাফলের কার্যক্ষেত্রে প্রয়োগ কষ্টসাধ্য। কেননা কার্যক্ষেত্রের সার্বিক অবস্থা এবং গবেষণাগারের আদর্শ অবস্থার মধ্যে তফাত অনেক। যদিও ইটের টেস্টের জন্য কমপক্ষে ৫টি স্পেসিম্যানের ফলাফল নেয়া হয় তবুও যথার্থভাবে বলা যায় না যে, এ স্পেসিম্যানগুলো সত্যিকারভাবে প্রতিনিধিত্বকারী স্পেসিম্যান। কেননা একই ব্রিক ফিল্ডের সকল ইটের মাটি ও ইট পোড়ানো-শুকানো একই রকম হয় না। তা ছাড়া ইটের গাঁথুনির কাজে মসলার গুণাগুণ ও কাজের নিপুণতা বিশেষ প্রভাব ফেলে থাকে। এত কিছুর সাথে কার্যক্ষেত্রের বিভিন্ন বিরূপ অবস্থা তো আছেই। তাই প্রকৃত অর্থে সাধারণভাবে বলা যায় যে, গবেষণাগারের টেস্টগুলো কার্যক্ষেত্রের যথাযথ কার্যসম্পাদনে উৎসাহ যোগায়।

তবুও ইট টেস্ট করার জন্য যথার্থ প্রতিনিধিত্বকারী নমুনা সংগ্রহে সতর্ক থাকতে হয়। সাধারণত ইট স্থানান্তর (লোডিং-আনলোডিং) কালে বা ইটের স্ট্যাক (Stack) হতে প্রতি ৫০০০০ সংখ্যক ইট বা তার অংশের জন্য ৫০টি ইট (IS : 1077-1970) নমুনা হিসাবে নেয়া হয় এবং এ সংগৃহীত স্যাম্পল ইটগুলো শুষ্ক স্থানে টেস্টের জন্য সংরক্ষণ করা হয়।

স্যাম্পল ইট সংগ্রহের পদ্ধতি (Method of Sampling) ঃ

(ক) স্থানান্তরকালে স্যাম্পল ইট (Sample of bricks) সংগ্রহকরণ ঃ ব্রিক ফিল্ডের যে ইটগুলো স্থানান্তর করা হবে সেগুলোকে কয়েকটি ভাগে বিভক্ত করে প্রতিভাগের ইটগুলো হতে এক বা একাধিক ইট দৈবচয়নে (Random) সংগ্রহ করে ন্যূনতম ৫০টি ইট টেস্টের জন্য স্যাম্পল হিসাবে শুষ্ক স্থানে সংরক্ষণ করা হয়।

(খ) স্ট্যাক হতে স্যাম্পল ইট সংগ্রহকরণ ঃ এক্ষেত্রে ইটের স্ট্যাকের সকল দিক হতে এবং উপরের দিক হতে ইট সরিয়ে স্ট্যাকের ভিতর হতে দৈবচয়নে (Random) কমপক্ষে ৫০টি স্যাম্পল ইট সংগ্রহ করে টেস্টের জন্য শুষ্ক স্থানে সংরক্ষণ করা হয়।

টেস্টের জন্য সংরক্ষিত ইটগুলোকেই নির্দিষ্ট ব্রিক ফিল্ড বা ইটের স্ট্যাকের প্রতিনিধিত্বকারী স্যাম্পল হিসাবে ধরা হয়।

জব নং ঃ ২.১	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	ইটের মাঠ পরীক্ষা।

তত্ত্ব ঃ মাঠ পরীক্ষায় একটি ভাল ইটের নিম্নোক্ত গুণাবলি পরিলক্ষিত হবে ঃ

(ক) ইটের আদর্শ মাপ হবে- $৯\frac{১''}{২} \times ৪\frac{১''}{২} \times ২\frac{৩''}{৪}$ (২৪০ মিমি × ১১২ মিমি × ৭০ মিমি)

(খ) কোনাগুলো হবে তীক্ষ্ণ।

(গ) ধারগুলো হবে ধারালো।

(ঘ) পৃষ্ঠদেশ হবে সমতল।

(ঙ) বর্ণ হবে বাদামি এবং সর্বত্র সাম্য বর্ণ।

(চ) ফাটল বিকৃতি থাকবে না।

(ছ) ভাঙলে ভগ্নপৃষ্ঠে ছিদ্র কম পরিলক্ষিত হবে এবং বর্ণের সাম্যতা থাকবে।

(জ) নখ বা ছুরি দিয়ে আঁচড় কাটলে দাগ বসবে না।

(ঝ) দু'টি ইটকে 'T' এর মতো করে প্রায় ১.৫ মিটার উঁচু হতে স্বাভাবিকভাবে স্বাভাবিক মাটিতে ফেললে ভাঙবে না।

(ঞ) ইটে আঘাত করলে ধাতব আঘাতের শব্দ হবে।

প্রয়োজনীয় উপকরণ ঃ সংগৃহীত স্যাম্পল ইট ও সাধারণ টেপ।

কাজের ধারা ঃ

১। স্যাম্পল ইটটি হাতে নিতে হবে, সাধারণ টেপ এর সাহায্যে এর দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, উচ্চতা মেপে নিতে হবে।

২। দু'টি স্যাম্পল ইট নিয়ে T এর মতো করে স্বাভাবিক মাটিতে স্বাভাবিক অবস্থায় ১.৫ হতে ২ মিটার উপর হতে ফেলতে হবে। ভাঙল কি না দেখতে হবে।

৩। স্যাম্পল ইটের ধার, কিনারা, কোনা, পৃষ্ঠদেশ বর্ণ উত্তমরূপে দেখতে হবে।

৪। স্যাম্পল ইটে নখ বা ছুরি দিয়ে আঁচড় দিতে হবে। দাগ বসল কি না দেখতে হবে।

৫। দু'টি ইট দু'হাতে নিতে হবে। একটি ইটকে অপর ইটটি দিয়ে আঘাত করতে হবে। আঘাতের শব্দ শুনতে হবে।

৬। একটি স্যাম্পল ইট ভাঙতে হবে এবং ভগ্নপৃষ্ঠের বর্ণ, ছিদ্র পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

৭। এবার পর্যবেক্ষণ প্রাপ্ত তথ্যাদি নিম্নের পর্যবেক্ষণ শিটে লেখতে হবে।

পর্যবেক্ষণ ঃ

ইটের মাঠ পরীক্ষার পর্যবেক্ষণ শিট

ক্রমিক নং	পর্যবেক্ষণের বিষয়	পর্যবেক্ষণ প্রাপ্ত তথ্যাদি	ফলাফল
১।	আকার-আকৃতি		
২।	কোনার অবস্থা		
৩।	ধারগুলোর অবস্থা		
৪।	পৃষ্ঠদেশ		
৫।	বর্ণ		
৬।	ফাটল বিকৃতি		
৭।	ভগ্নপৃষ্ঠে ছিদ্র ও বর্ণ		
৮।	আঁচড়ে দাগ		
৯।	T এর মতো করে ফেললে		
১০।	আঘাতের শব্দ		

সতর্কতা ঃ ইটে আঘাত করা, আঁচড় কাটা, উপর হতে ফেলা, ইট ভাঙা ইত্যাদি ক্ষেত্রে সাবধানতার সাথে কাজ করতে হবে। অন্যথায় আঘাত পাওয়ার সমূহ সম্ভাবনা আছে। বিশেষ করে উপর হতে মাটিতে ইট ফেলার সময় পা নিরাপদে রাখার জন্য হাত প্রসারিত করে ফেলতে হবে।

জব নং ঃ ২.২	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	'১ম শ্রেণি', '২য় শ্রেণি' '৩য় শ্রেণি' ও ঝামা ইট শনাক্তকরণ।

তত্ত্ব ঃ প্রথম শ্রেণির ইটে নিম্নোক্ত গুণাবলি থাকবে।

(ক) আকার-আকৃতি হবে $৯\frac{১''}{২} \times ৪\frac{১''}{২} \times ২\frac{৩''}{৪}$ (২৪০ মিমি × ১১২ মিমি × ৭০ মিমি)

(খ) কোনাগুলো হবে তীক্ষ্ণ।

(গ) ধারগুলো হবে ধারালো।

(ঘ) পৃষ্ঠদেশ হবে সমতল।

(ঙ) বর্ণ হবে লাল হতে বাদামি, সর্বত্র বর্ণের সাম্যতা।

(চ) ফাটল বিকৃতিমুক্ত হবে।

(ছ) আঁচড়ের দাগ বসবে না।

(ছ) ভগ্নপৃষ্ঠে ছিদ্র হবে এবং সাম্য বর্ণ হবে।

(জ) দু'টি ইটকে 'T' এর মতো করে স্বাভাবিক মাটিতে স্বাভাবিকভাবে ১.৫ হতে ২ মিটার উপর হতে ফেললে ভাঙবে না।

(ঞ) ইটে ইট বা হাতুড়ি দিয়ে আঘাত করলে ধাতব আঘাতের শব্দ হবে।

দ্বিতীয় শ্রেণির ইট ঃ

প্রথম শ্রেণির ইটের মতোই তবে–

(ক) পৃষ্ঠদেশ ধার ও কোনাগুলো কিঞ্চিৎ বিক্ষত।

(খ) ভগ্নপৃষ্ঠে কিছু ছিদ্র দেখা যায়।

তৃতীয় শ্রেণির ইট ঃ

(ক) কম পোড়ানো, পোড়ানোতে অসাম্যতা।

(খ) বর্ণে অসাম্য, অধিকাংশ ক্ষেত্রেই হলুদ বর্ণের।

(গ) নখ বা ছুরি দিয়ে সহজে আঁচড় কাটা যায়।

(ঘ) সহজেই ভাঙা যায়।

(ঙ) হাতের চাপেও গুঁড়া করা যায়, পানির উপস্থিতিতে নরম হওয়ার প্রবণতা আছে।

ঝামা ইট ঃ

(ক) আকার-আকৃতি, পৃষ্ঠদেশ, ধার, কোনার অবস্থা বিকৃত

(খ) কাঁচিক গঠন, ঝাঁঝরা, বর্ণ–কালো, অসাম্য

(গ) হালকা এবং ছিদ্রময়।

প্রয়োজনীয় উপকরণ ঃ হাতুড়ি, টেপ।

কাজের ধারা ঃ ১। স্তূপ হতে একটি একটি করে ইট নিতে হবে এবং তত্ত্বে উদ্ধৃত গুণাবলি অনুযায়ী পর্যবেক্ষণ করে প্রথম শ্রেণি, দ্বিতীয় শ্রেণি, তৃতীয় শ্রেণি ও ঝামা পৃথক পৃথক স্ট্যাকে সাজিয়ে রাখতে হবে।

ফলাফল ঃ শ্রেণি অনুযায়ী স্ট্যাকে পরিচিতি ফলক লাগিয়ে দিতে হবে।

সতর্কতা ঃ স্তূপের উপর হতে আরম্ভ করে ক্রমান্বয়ে নিচের দিকের ইট সরাতে হবে। অন্যথায়, ইট গড়িয়ে পড়ে আঘাত পাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

জব নং ঃ ৩.১(ক)	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	ল্যাবরেটরিতে ইটের চাপশক্তি নির্ণয়করণ।

তত্ত্ব ঃ ইট তার প্রতি একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ চাপ বা ভার বহন করতে পারে, তাকে ইটের চাপশক্তি বলে। ইটের চাপশক্তি, $S = \frac{P}{A}$।

ইটের শ্রেণি, গুণাগুণ, গাঁথুনির জন্য উপযুক্ততা, বুনট, ঘনত্ব সম্পর্কে ধারণা নেয়ার জন্য ইটের চাপশক্তি পরীক্ষা করা হয়।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ ঃ কম্প্রেশন টেস্টিং মেশিন, ইট কাটার যন্ত্র (বা হ্যাক-স, চিজেল), কড়াই, কুর্নি, সিমেন্ট, বালি, স্টিল টেপ, পানি, চট, প্লাই উড, পানি, বালতি ও উপাত্ত শিট।

কাজের ধারা ঃ

১। সংগৃহীত স্যাম্পল ইট হতে ৫টি ইট নিতে হবে।

২। প্রত্যেকটি ইটকে মাপ দিয়ে দ্বিখণ্ডিত করার জন্য দাগ দিতে হবে।

৩। ব্রিক কাটার যন্ত্র (বা হ্যাক-স) দিয়ে দাগ বরাবর দ্বিখণ্ডিত করতে হবে।

৪। প্রত্যেকটি খণ্ডকে ক্রমিক নং (বা বর্ণমালায়) চিহ্নিত করতে হবে।

৫। সিমেন্ট মসলা (১ঃ১.৫) তৈরি করতে হবে এবং ইটের খণ্ডগুলো ভিজিয়ে নিতে হবে।

৬। খণ্ডিত ইটের সিলমোহর (ফ্রগ মার্ক) উপরমুখী রেখে তৈরিকৃত মসলায় কর্ণিক দিয়ে উক্ত সিলমোহর পূর্ণ করতে হবে এবং উক্ত পৃষ্ঠের সমতল করে অতিরিক্ত মসলা কর্ণিকের সাহায্যে সরিয়ে ফেলতে হবে।

৭। ২৪ ঘন্টা ভেজা চট দিয়ে ঢেকে রাখতে হবে এবং এরপর ৩ হতে ৭ দিন পানিতে ডুবিয়ে রাখতে হবে।

৮। পানি হতে উঠিয়ে বাতাসে শুকাতে হবে।

৯। প্রত্যেকটি খণ্ডিত নমুনা ইটের পৃষ্ঠের (যে পৃষ্ঠে চাপ প্রয়োগ করা হবে) দৈর্ঘ্য, প্রস্থ মাপ এবং ক্ষেত্রফল নির্ণয় করতে হবে।

১০। তথ্যাদি উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

১১। তৈরিকৃত নমুনাকে কম্প্রেশন টেস্টিং মেশিনের টেস্টিং প্লেটের উপর যথাস্থানে রাখতে হবে।

১২। নমুনার তলায় এবং উপরে প্লাই উড দিয়ে আবৃত করতে হবে।

১৩। টেস্টিং মেশিনে নমুনা যথাযথ স্থানে বসিয়ে সমবেগে (প্রতি বর্গমিলিমিটারে ১৫ নিউটন বা প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে ২০০০ পাঃ) চাপ প্রয়োগ করতে হবে এবং নমুনা ভেঙে না যাওয়া পর্যন্ত চাপ বাড়াতে থাকতে হবে।

১৪। যে পরিমাণ চাপে নমুনা ভেঙে গেল তা উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

১৫। প্রত্যেকটি নমুনার জন্য পরীক্ষা কাজ শেষ করতে হবে এবং প্রত্যেকটি নমুনার তথ্যাদি উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

ফলাফল ঃ

ইটের চাপশক্তি নির্ণয়ের উপাত্ত শিট

নমুনার পরিচিতি নং	ক্ষেত্রফল = A A = দৈর্ঘ্য × প্রস্থ বর্গসেমি	প্রয়োগকৃত বিচূর্ণন চাপ = P কেজি	চাপশক্তি $S = \frac{P}{A}$ কেজি/বর্গসেমি	গড় চাপশক্তি কেজি/বর্গসেমি	মন্তব্য

মন্তব্য ঃ কমপক্ষে ৫টি নমুনার গড় নেয়া উচিত।

ব্যবহারিক

জব নং ঃ ৩.১(খ)	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	**ইটের পানি শোষণ ক্ষমতা নির্ণয়করণ।**

তত্ত্ব ঃ ইটের শ্রেণিবিভাগ, ছিদ্রের পরিমাণ, বুনট এবং আবহাওয়ার প্রতিকূলতায় টিকে থাকার উপযুক্ততা জানার জন্য ইটের পানি শোষণের পরিমাণ সম্পর্কে অবগত হতে হয়।

$$\text{ইটের পানি শোষণের শতকরা হার} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

এখানে W_1 = সম্পূর্ণ শুষ্ক অবস্থায় ইটের ওজন

W_2 = সম্পূর্ণ ভেজা অবস্থায় ইটের ওজন।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ ঃ স্যাম্পল ইট (৫টি), হিটার বা ওভেন, ব্যালেন্স (ওজন পরিমাপক যন্ত্র) পানি, বালতি, শুকনো ন্যাকড়া, উপাত্ত শিট।

কাজের ধারা ঃ (১) সংগৃহীত স্যাম্পল ইটগুলোর প্রত্যেকটিকে পরিচিতি নম্বর দিতে হবে।

(২) প্রত্যেকটি স্যাম্পল ইটকে ভালভাবে ওভেনে শুকাতে হবে এবং ঠাণ্ডা করতে হবে।

(৩) প্রত্যেকটি স্যাম্পল ইটের ওজন নিতে হবে (ব্যালেন্সের সাহায্যে)।

(৪) উপাত্ত শিটে প্রত্যেকটির শুষ্ক ওজন লেখতে হবে।

(৫) স্যাম্পল ইটগুলোকে পানিতে ২৪ ঘন্টা ডুবিয়ে রাখতে হবে।

(৬) পানি হতে উঠিয়ে পৃষ্ঠদেশ শুকানো ন্যাকড়া দিয়ে ভালভাবে মুছে নিতে হবে।

(৭) ওজন নিতে হবে।

(৮) উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

ফলাফল ঃ

পানি শোষণ ক্ষমতা নির্ণয়করণের উপাত্ত শিট

নমুনা ইটের পরিচিতি নং	শুষ্ক অবস্থায় ইটের ওজন (W_1) কেজি	ভিজা অবস্থায় ইটের ওজন (W_2) কেজি	শোষিত পানির ওজন, $W_3 = W_2 - W_1$ কজি	পানি শোষণ ক্ষমতা (%) $= \frac{W_3}{W_1} \times 100$	ইটের গড় পানি শোষণ ক্ষমতা (%)	মন্তব্য

* কমপক্ষে ৫টি নমুনার গড় নেয়া উচিত।

সতর্কতা ঃ নমুনা সম্পূর্ণ শুষ্ক কি না এবং সম্পূর্ণরূপে ভেজা কি না এ বিষয়ে সতর্কতা অত্যাবশ্যক। অন্যথায় ফলাফল অস্বাভাবিক হতে পারে। যখন আরো শুকালেও ওজন না কমে তখন সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক এবং যখন আরো ভেজালেও ওজন বাড়ে না তখন সম্পূর্ণরূপে ভেজা অবস্থা।

জব নং ঃ ৩.২	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	ইটের গড় ওজন নির্ণায়ন।

তত্ত্ব ঃ ইটের বুনট, ঘনত্ব সম্পর্কে ধারণা পাওয়ার জন্য এর গড় ওজন নির্ণয় করা হয়। ইটের ওজন কম হলে এর ঘনত্ব ক হবে এবং সচ্ছিদ্রতার পরিমাণ অধিক হবে।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ ঃ স্যাম্পল ইট (৫টি), ব্যালেন্স, ওভেন/হিটার, উপাত্ত শিট।

কাজের ধারা ঃ

(১) সংগৃহীত স্যাম্পল ইট হতে ৫টি ইট নিতে হবে।

(২) ইটগুলোকে ওভেনে ভালভাবে শুকাতে হবে এবং ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করতে হবে।

(৩) ইটগুলোতে পরিচিতি নম্বর দিতে হবে।

(৪) প্রত্যেকটি ইটের আকার (দৈর্ঘ্য × প্রস্থ × উচ্চতা) মাপ এবং উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

(৫) প্রত্যেকটি ইট ভালভাবে পর্যবেক্ষণ করতে হবে এবং এগুলোর বর্ণ উপাত্ত শিটে উদ্ধৃত করতে হবে।

(৬) প্রত্যেকটি ইটের ওজন নিতে হবে এবং উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

(৭) গড় ওজন বের করে উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

ফলাফল ঃ

ইটের গড় ওজন নির্ণয়করণের উপাত্ত শিট

স্যাম্পল ইটের উৎস	স্যাম্পল ইটের ক্রমিক নং	স্যাম্পল ইটের আকার-আকৃতি (দৈর্ঘ্য × প্রস্থ × উচ্চতা)	ইটের বর্ণ	ওজন (কেজি)	গড় ওজন (কেজি)	মন্তব্য

* প্রতি উৎসের কমপক্ষে ৫টি নমুনার গড় নেয়া উচিত।

সিমেন্টের ব্যাগ হতে নমুনার সিমেন্ট বেরকরণ ঃ

পুরো সিমেন্টে ব্যাগের সেলাই না খুলে নমুনা হিসাবে সিমেন্ট সংগ্রহ করা যেতে পারে। এর জন্য একটি প্লাস্টিক বা লোহার ফাঁপা পাইপের এক প্রান্ত চোখা করে নিতে হবে এবং অপর প্রান্ত সমান থাকবে। এবার সিমেন্টের ব্যাগের সেলাই করা দিকের যে কোন প্রান্তের দুই সেলাই ছিদ্রের মাঝ দিয়ে পাইপের চোখা প্রান্ত প্রবেশ করিয়ে ব্যাগের ভিতরের দিকে ২৫ হতে ৩০ সেমি প্রবেশ করিয়ে হাত দিয়ে পাইপের অপর প্রান্তের ছিদ্র বন্ধ করে চেপে ধরে পাইপটি ব্যাগ হতে বের করে এনে নমুনা সংগ্রহ পাত্রে চোখা প্রান্ত রেখে উল্লম্ব করে অপর প্রান্তের চেপে ধরা হাত ছেড়ে দিলে পাইপের ভিতরের প্রবেশ করা সিমেন্ট পাত্রে জমা হবে। এভাবে প্রতি বারে ২০০ হতে ৩০০ গ্রাম সিমেন্ট বের করা যায় এবং সিমেন্টের ব্যাগ অক্ষুণ্ন থাকে এবং সিমেন্ট নষ্ট বা অপচয় হয় না।

নমুনা হিসেবে অধিক পরিমাণ সিমেন্টের প্রয়োজন হলে ব্যাগ খুলে সিমেন্ট নেয়াই উত্তম।

জব নং ঃ ৪.১(ক)	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	ল্যাবরেটরিতে স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট (CPNC) তৈরিকরণ।

তত্ত্ব ঃ কাদাজাত ও চুনজাত সামগ্রীর মিশ্রণ উচ্চ তাপে পুড়িয়ে মিহি পাউডার করে সিমেন্ট তৈরি করা হয়। এটি একটি বহুল ব্যবহৃত উন্নতমানের বাঁধুনি গুণসম্পন্ন পদার্থ। কোন সিমেন্টে যে পরিমাণে (%) পানি মিশিয়ে পেস্ট তৈরি করলে সদ্য তৈরি সিমেন্ট পেস্টে (পানি সিমেন্টে মিশানো হতে অতিক্রান্ত সময় ৩ মিনিট হতে ৫ মিনিট) ভাইকেটস যন্ত্রের ১০ মিলিমিটার ব্যাসের প্লাঞ্জার ৩৩ হতে ৩৫ মিলিমিটার প্রবেশ করে, ঐ পরিমাণ পানিকে ঐ সিমেন্ট পেস্টের স্বাভাবিক তারল্যের পানির পরিমাণ বলা হয় এবং ঐ পেস্টকে ঐ সিমেন্টের স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট (CPNC) বলা হয়।

$$\text{সিমেন্ট পেস্টে পানির (\%) হার} = \frac{w}{W} \times 100$$

এখানে, w = পেস্টে প্রদত্ত পানির ওজন

W = পেস্টে প্রদত্ত সিমেন্টের ওজন।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ ঃ ভাইকেট যন্ত্র (১০ মিলিমিটার ব্যাসের প্লাঞ্জারসহ), ব্যালেন্স, দাগকাটা সিলিন্ডার (২০০ সিসি/৫০০ সিসি), পেস্ট তৈরির জন্য গ্লাস/পোর্সেলিন প্লেট, কর্ণিক, নমুনা সিমেন্ট (মোটামুটি ৫০০ গ্রাম), বিশুদ্ধ পানি, স্টপ ওয়াচ, উপাত্ত শিট।

কাজের ধারা ঃ

১। ব্যালেন্সের সাহায্যে ৫০০ গ্রাম সিমেন্ট মাপতে হবে এবং গ্লাস প্লেটে রাখতে হবে।

২। সিমেন্টের ওজনের ৩০% হিসাবে সিলিন্ডারের সাহায্যে ১৫০ সিসি পানি মাপতে হবে এবং সিমেন্টের সহিত গ্লাস প্লেটে দিতে হবে। সাথে সাথে স্টপ ওয়াচ চালু করতে হবে।

৩। কর্ণির সাহায্যে ৪ ($+\frac{১}{৪}$) মিনিটের মধ্যে পরীক্ষার জন্য ট্রায়াল পেস্ট তৈরি করতে হবে।

৪। ভাইকেট যন্ত্রের বেস প্লেটের উপর রাখা রাবার রিং (মোল্ড)টি তৈরিকৃত পেস্টে ভর্তি করতে হবে। (ভর্তিকালে বাতাস না আটকানোর জন্য কিঞ্চিৎ ঝাঁকুনি দিতে হবে) এবং কর্ণিক দিয়ে পেস্টের উপরের তলকে রিং এর উপরের তলের সমান করে দিতে হবে (পেস্ট অধিক হলে অতিরিক্ত অংশ কর্ণিক দিয়ে সরাতে হবে, কম হলে পেস্ট দিতে হবে)।

৫। ভাইকেট যন্ত্রে ১০ মিলিমিটার ব্যাসের প্লাঞ্জারটি লাগাতে হবে। পেস্ট ভর্তি রিংটি প্লাঞ্জার বরাবর নিচে আনতে হবে এবং ধীরে ধীরে নামিয়ে পেস্টের পৃষ্ঠ স্পর্শ করাতে হবে এবং মুক্ত ও স্বাভাবিকভাবে ছেড়ে দিতে হবে। যদি প্লাঞ্জার উক্ত পৃষ্ঠ হতে ৩৩ থেকে ৩৫ মিলিমিটার প্রবেশ করে তবে উক্ত পেস্টই এ সিমেন্টের স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট (CPNC)। যদি না হয় তবে–

(ক) যদি প্লাঞ্জারটি ৩৫ মিলিটারে অধিক প্রবেশ করে থাকে তাহলে পানির পরিমাণ (%) কমিয়ে আর যদি ৩৩ মিলিমিটারের কম প্রবেশ করে তাহলে পানির পরিমাণ (%) বাড়িয়ে উক্ত ১ হতে ৫ ধাপ পর্যন্ত সম্পাদন করতে হবে এবং স্বাভাবিক তারল্যের পেস্টের জন্য পানির শতকরা হার জেনে নিতে হবে। সকল তথ্যাদি উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

রাবার রিং সহ স্বাভাবিক তারল্যে সিমেন্ট পেস্ট পরবর্তী পরীক্ষার জন্য সংরক্ষণ করতে হবে।

ফলাফল ও সিদ্ধান্ত ঃ

সিমেন্টের স্বাভাবিক তারল্যে পেস্টের জন্য উপাত্ত শিট

নমুনা নং (সিমেন্টের)	পেস্টে পানির শতকরা হার	প্লাঞ্জার প্রবেশের পরিমাণ (উপরের তল হতে) মিমি								স্বাভাবিক তারল্যে পানির (%) হার	মন্তব্য
		২২	২৪	২৬	২৮	৩০	৩২	৩৫	৪০		
										(প্লাঞ্জার ৩৩–৩৫ মিমি প্রবেশকালে পানির শতকরা হার)	

সতর্কতা ঃ প্রাথমিক জমাটবদ্ধতা আরম্ভের পূর্বেই স্বাভাবিক তারল্যের পরীক্ষা শেষ করতে হবে। স্মরণ রাখতে হবে সকল ধরনের সিমেন্টের স্বাভাবিক তারল্যের জন্য পানির হার সমান নয়। তাই প্রত্যেকটি নমুনার জন্য পৃথক পৃথক স্বাভাবিক তারল্যের জন্য পানির পরিমাণ নির্ণয় করতে হবে।

জব নং ঃ ৪.১(খ) ও ৪.১(গ)	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	(খ) ঃ সিমেন্টের প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময় নির্ণয় ও (গ) ঃ সিমেন্টের চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতার সময় নির্ণয়।

তত্ত্ব ঃ স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট তৈরিকালে যে মুহূর্তে সিমেন্ট ও পানি মিশানো হয় সে মুহূর্ত হতে ভাইকেট যন্ত্রের মিলিমিটার বর্গ প্রস্থচ্ছেদের সুচ যে মুহূর্তে ৩৩ হতে ৩৫ মিলিমিটার উক্ত পেস্টে প্রবেশ করে সে মুহূর্ত পর্যন্ত অতিক্রান্ত সময়কে প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময় বলা হয়।

স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্ট তৈরিকালে যে মুহূর্তে পানি ও সিমেন্ট মিশানো হয়, সে মুহূর্ত হতে ভাইকেট যন্ত্রের মিলিমিটার ব্যাসের সুচ যে মুহূর্তে উক্ত পেস্টে প্রবেশ না করে শুধুমাত্র পেস্টের পৃষ্ঠে চাপের হালকা দাগ বসায় ঐ মুহূর্তে পর্যন্ত সময়কে চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতার সময় বলা হয়।

সচরাচর সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের ক্ষেত্রে প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময় ন্যূনতম ৪৫ মিনিট এবং চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতার সময় ১০ ঘন্টার অধিক নয়।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ ঃ

ভাইকেট যন্ত্র (১০ মিমি ব্যাসের প্লাঞ্জার, ৫ মিমি ব্যাসের সুচ ও ১ মিমি বর্গ প্রস্থচ্ছেদের সুচসহ), ব্যালেন্স, দাগকাটা সিলিন্ডার (২০০/৫০০ সিসি), পেস্ট তৈরির জন্য গ্লাস/পোর্সেলিন প্লেট, কর্ণিক, নমুনা সিমেন্ট (মোটামুটি ৫০০ গ্রাম), বিশুদ্ধ পানি, স্টপ ওয়াচ, উপাত্ত শিট।

প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময় নির্ণয়করণ ঃ

কাজের ধারা ঃ

১। জব নং ৪.১(ক) অনুযায়ী স্বাভাবিক তারল্যের সিমেন্ট পেস্টের (CPNC) জন্য পানির পরিমাণের শতকরা হার জেনে নিতে হবে। সে অনুপাতে সিমেন্ট ও পানি মিশিয়ে স্বাভাবিক তারল্যে সিমেন্ট পেস্ট তৈরি করতে হবে। পানি ও সিমেন্ট মিশানোর মুহূর্ত স্টপ ওয়াচে চালু করতে হবে। উপাত্ত শিটে সময় লেখতে হবে।

২। ভাইকেট যন্ত্রের বেসের উপর স্থাপিত রাবার রিং (মোল্ড) এ তৈরিকৃত পৃষ্ঠ পূর্ণ করতে হবে এবং কর্ণিক দিয়ে উপরের তল রিং এর উপরের তলের সমান করে দিতে হবে। ভাইকেট যন্ত্রে ১ মিলিমিটার বর্গ প্রস্থচ্ছেদের সুচটি লাগাতে হবে। সুচটির নিম্ন প্রান্ত পেস্ট এর উপরের তলের স্পর্শে আনতে হবে এবং মুক্তভাবে ছেড়ে দিতে হবে। যদি সুচটি পূর্ণ গভীরতায় (৪০ মিমি) প্রবেশ করে তবে সুচটি উঠিয়ে নিতে হবে এবং পেস্টে উপরের পৃষ্ঠ স্পর্শ করে ক্ল্যাম্পিং স্ক্রু দিয়ে আটকিয়ে রাখতে হবে। সুচটি ৩৩ হতে ৩৫ মিলিমিটার প্রবেশ করার পূর্বসময় পর্যন্ত ১ মিনিট পর পর সুচটি পেস্টে মুক্তভাবে প্রবেশ করতে দিতে হবে এবং পেস্টের উপরের তল পর্যন্ত উঠিয়ে নিতে হবে।

৩। যে মুহূর্তে সুচটি পেস্টের ৩৩ হতে ৩৫ মিলিমিটার প্রবেশ করে সে মুহূর্তের সময় উপাত্ত শিটে লিপিবদ্ধ করতে হবে।

৪। চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতার সময় জানার জন্য রিং সমেত পেস্টটি সংরক্ষণ করতে হবে।

চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতার সময় নির্ণয় ঃ

কাজের ধারা ঃ

(ক) ভাইকেট যন্ত্র হতে ১ মিলিমিটার বর্গ প্রস্থচ্ছেদের সুচ খুলে নিতে হবে এবং ৫ মিলিমিটার ব্যাসের সুচ লাগাতে হবে।

(খ) রিং সমেত [৪.১(খ) জব এর] সংরক্ষিত পেস্ট ৫ মিমি ব্যাসের সুচ বরাবর রাখতে হবে। সুচটির নিম্ন প্রান্ত পেস্টের উপরের পৃষ্ঠে স্পর্শ করাতে হবে এবং মুক্তভাবে ছেড়ে দিতে হবে। পেস্টের প্রবেশ করে কি না দেখতে হবে। প্রবেশের পরিমাণ (গভীরতা) উপাত্ত শিটে লেখতে হবে। সুচটি পেস্টের উপরের পৃষ্ঠ পর্যন্ত উঠিয়ে নিতে হবে। ১০ মিনিট পর আবার ছেড়ে দিতে হবে এবং প্রবেশের পরিমাণ উপাত্ত শিটে লেখতে হবে। ১০ মিনিট পর পর এর পুনরাবৃত্তি করতে হবে যতক্ষণ না সুচটি পেস্টের পৃষ্ঠে শুধুমাত্র হালকা চাপের চিহ্ন ফেলে।

(গ) যে মুহূর্তের সুচ হালকা চাপের চিহ্ন ফেলবে, ঐ মুহূর্তের সময় উপাত্ত শিটে উদ্ধৃত করতে হবে।

ফলাফল ঃ সিমেন্টের (ক) প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময় ও (খ) চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতার সময় নির্ণয় পরীক্ষার উপাত্ত শিট ঃ

চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতার সময়						
প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময়				চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতা (৫ মিমি ব্যাসের সুচ)		
CPNC তে পানির (%) হার এবং পেস্ট তৈরির মুহূর্তে সময়	প্রাথমিক জমাটবদ্ধতা					
	সময়	প্রবেশের পরিমাণ (মিমি)	মন্তব্য	সময়	প্রবেশের পরিমাণ (মিমি)	মন্তব্য
		৩৩ হতে ৩৫			হালকা দাগ	

সতর্কতা ঃ রাবার রিং (মোল্ড) এ সিমেন্ট পেস্ট ভর্তি করাকালে এয়ার পকেটিং হবে না। পেস্টের পৃষ্ঠের একই স্থানে সুচ বার বার প্রবেশ করতে না দিয়ে স্থান পরিবর্তন করে দেয়া উত্তম।

জব নং ঃ ৪.১(ঘ) ও (ঙ)	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	(ঘ) সিমেন্টের চাপশক্তি পরীক্ষা এবং (ঙ) সিমেন্টের টান শক্তি পরীক্ষা।

তত্ত্ব ঃ কংক্রিট মূলত চাপশক্তি বহন করে, আর এ চাপশক্তি প্রতিহতে সিমেন্টই প্রধান ভূমিকা সম্পাদন করে। তা ছাড়া গাঁথুনিতে চাপশক্তি পড়ে এবং মসলার সংযুক্তিই ইটের গাঁথুনিকে টিকিয়ে রাখে। তাই সিমেন্টের চাপশক্তি পরীক্ষায় কংক্রিট বা মসলার ঘনক বা ব্লক ব্যবহৃত হয়। এতদভিন্ন কংক্রিটের চাপশক্তি এর টান শক্তির প্রায় ১০ গুণ। তাই কংক্রিট/মসলা সামান্য পরিমাণ টান শক্তিও প্রতিহত করে আর এ বিষয়েও সিমেন্টই গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। তবে মসলার ঘনক চাপশক্তি পরীক্ষায় এবং ব্রিকিউইট (Briquette) টান শক্তি পরীক্ষায় ব্যবহৃত হয়। এ ঘনক ও ব্রিকিউইট তৈরিতে সিমেন্ট ও আদর্শ বালি ১ঃ৩ অনুপাতে (ওজনে) ব্যবহৃত হয় এবং বালি ও সিমেন্টের ওজনের ১০% পানি মিশিয়ে মসলা তৈরি করা হয়। আদর্শ বালি সম্পূর্ণ অপদ্রব্যমুক্ত কোয়ার্টজ কণা (যার FM=2.3), যা ৩০ নং ASTM চালুনিতে অতিক্রান্ত এবং ৫০ নং চালুনিতে অবশেষ থাকে। চাপশক্তি পরীক্ষায় ব্যবহৃত ঘনকগুলোর আকার ৭.৬ সেমি. × ৭.০৬ সেমি × ৭.০৬ সেমি বা ২.৭৮ ইঞ্চি ঘনক এবং টান শক্তি পরীক্ষায় ব্যবহৃত ব্রিকিউইট (Briquette) এর গ্রট (দুই'জ' এর মাঝে যে খানে ছিঁড়ে যায়) এর ক্ষেত্রফল (২.৫৪ ×২.৫৪) বর্গসেমি (১´´ × ১´´)। চাপ পরীক্ষার জন্য ব্যবহৃত ঘনকের ক্ষেত্রফল = ৫০ বর্গসেমি বা ৭.৭৮ বর্গ ইঞ্চি।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ ঃ কম্প্রেশন টেস্টিং মেশিন, ভাইব্রেটর (শিলানোর দণ্ড) কিউব মোল্ড, দাগকাটা সিলিন্ডার, স্টপ ওয়াচ, ব্যালেন্স, কর্ণিক, কড়াই, আদর্শ বালি, সিমেন্ট, বিশুদ্ধ পানি, স্কেল, মোল্ড অয়েল, জলাধার (পানি পাত্র)।

কাজের ধারা ঃ

১। ১ঃ৩ অনুপাতে আদর্শ বালি ও নমুনা সিমেন্ট ভালভাবে পানি অশোষ্য মেটাল প্লেটে উত্তমরূপে মেশাতে হবে। (নমুনা হিসাবে ১৮৫ গ্রাম সিমেন্ট ৫৫৫ গ্রাম আদর্শ বালি) এরপর বালি ও সিমেন্টের ওজনের সমষ্টির ১০% হারে পানি (নমুনার ওজন ৭৪০ গ্রাম এতে ৭৪ গ্রাম পানি) মিশিয়ে কর্ণিকের সাহায্যে উত্তমরূপে মেশাতে হবে। (উদ্দেশ্য অনুযায়ী প্রয়োজনীয় সংখ্যক নমুনা তৈরির জন্য প্রয়োজনীয় পরিমাণে উপকরণ মিশাতে হবে এবং এ কাজ ৪–৫ মিনিটে করতে হবে।

২। এবার কিউব মোল্ডগুলোতে (ভিতরে) মোল্ড অয়েল লেপে দিয়ে এগুলোকে নিচ্ছিদ্র প্লেটের উপর রেখে তৈরিকৃত মসলায় ভর্তি করতে হবে এবং কর্ণিক দিয়ে উপরের তল সমান করে দিতে হবে। প্রয়োজনে উত্তমরূপে মোল্ড ভর্তি করার জন্য শিলানো দণ্ড বা ভাইব্রেটরের ব্যবহার করা যেতে পারে।

৩। মোল্ডে ২৪ ঘন্টা রাখতে হবে এ সময় মোল্ডকে ভেজা ন্যাকড়া দিয়ে ঢেকে রাখতে হবে।

৪। ২৪ ঘন্টা পর নমুনা কিউবগুলো সাবধানে মোল্ড হতে খুলে নিতে হবে এবং অমুছনীয় কালিতে পরিচিতি নম্বর দিতে হবে এবং জলাধার এ কিউরিং এর জন্য ডুবিয়ে রাখতে হবে। কিউরিং এর সময়কাল ৩ দিন ও ৭ দিন কিন্তু নির্দিষ্ট উদ্দেশ্যে ১৪ দিন, ২১ দিন, ২৮ দিনও হতে পারে।

৫। ৩ দিন পর ৩টি কিউব পানি হতে তুলে নিয়ে মুক্ত বাতাসে ১ থেকে $১\frac{১}{২}$ ঘন্টা রাখতে হবে এবং ওজন নিয়ে ও দৈর্ঘ্য, প্রস্থ মেপে ক্ষেত্রফল (A) নির্ণয় করে উপাত্ত শিটে লিখতে হবে।

৬। কিউবগুলো কম্প্রেশন টেস্টিং মেশিনে (প্রয়োজনে ইউনিভারসেল টেস্টিং মেশিন ব্যবহার করা যেতে পারে) যথাযথ নিয়মে স্থাপন করে বিচূর্ণ না হওয়া পর্যন্ত কম্প্রেসিভ লোড প্রয়োগ করতে হবে। বিচূর্ণকারী লোড (P) উপাত্ত শিটে এবং কিউব বা ঘনকের চাপশক্তি, $S_c = \frac{P}{A}$ নির্ণয় করতে হবে।

সিমেন্টের চাপশক্তি নির্ণয় এর উপাত্ত শিট

সিমেন্টের নমুনা নং	কিউব নং	ঢালাই এর তারিখ	কিউরিং এর সময়কাল	টেস্টিং এর তারিখ ও সময়	ক্ষেত্রফল (A)	ওজন (W)	বিচূর্ণন বল (P)	চাপশক্তি $S_C = \frac{P}{A}$	গড় চাপশক্তি

(ঙ) সিমেন্টের টান শক্তি পরীক্ষা ঃ

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ ঃ ব্রিকিউইট টেস্টিং মেশিন, ব্রিকিউইট মোল্ড, ব্যালেন্স, কর্ণিক, কড়াই, বালতি (পানির পাত্র), আদর্শ বালি, সিমেন্ট, বিশুদ্ধ পানি, মোল্ড অয়েল, স্পেটুলা ইত্যাদি।

কাজের ধারা ঃ

১। আদর্শ বালি ও সিমেন্ট ১ঃ৩ অনুপাতে মিশাতে হবে (মসল্লার পরিমাণ টেস্ট ব্রিকিউইট এর সংখ্যার উপর নির্ভর করে এখানে নমুনা হিসাবে ৭০ গ্রাম সিমেন্টের সহিত ২১০ গ্রাম আদর্শ বালি পানি অভেদ্য প্লেটে উত্তমরূপে মিশাতে হবে) এবং এর সাথে ১০% পানি [অর্থাৎ (২১০ + ৭০) = ২৮০ এর ১০% = ২৮ সিসি পানি] মিশিয়ে মসলা তৈরি করতে হবে। ৩ হতে ৫ মিনিটে এ কাজ শেষ করতে হবে।

২। ব্রিকিউইট মোল্ডের ভিতরে মোল্ড ওয়েল লেপন করে দিতে হবে এবং মসলা দিয়ে মোল্ড ভর্তি করতে হবে এবং কর্ণিক দিয়ে মোল্ডের উপরিতল বরাবর সমান করে দিতে হবে।

৩। ২৪ ঘন্টা মোল্ডকে ভেজা ন্যাকড়ায় ঢেকে রাখতে হবে। এরপর ব্রিকিউইট ব্লক মোল্ড হতে সতর্কতার সাথে খুলে নম্বর দিয়ে পানিতে ডুবিয়ে রাখতে হবে।

৪। ৩ দিন কিউরিং এর পর ৩টি ব্রিকিউইট ব্লক পানি হতে উঠিয়ে ১ হতে $১\frac{১}{২}$ ঘন্টা মুক্ত বাতাসে শুকাতে হবে এবং টান শক্তি পরীক্ষার জন্য ব্রিকিউইট টেস্টিং যন্ত্রে টান শক্তি পরীক্ষা করতে হবে। তা উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

অনুরূপভাবে ৭ দিন কিউরিং এর পর ৩টি ব্রিকিউইট ব্লকের টান শক্তি পরীক্ষা করতে হবে এবং উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

সিমেন্টের টান শক্তি পরীক্ষার উপাত্ত শিট

সিমেন্টের নমুনা	ব্রিকিউইট ব্লক নং	ঢালাই এর তারিখ	কিউরিং এর সময়কাল	টেস্টিং এর তারিখ সময়	ক্ষেত্রফল (A) = 2.54 × 2.54	ওজন (W)	ছিঁড়ে যাওয়ার টান বল P	টান শক্তি $S_t = \frac{P}{A}$	গড় টান শক্তি

জব নং ঃ ৪.১(চ)	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	সিমেন্টের সূক্ষ্মতা (fineness) পরীক্ষাকরণ।

তত্ত্ব ঃ সিমেন্টের গ্রাইন্ডিং এর মাত্রা বা সূক্ষ্মতার মাত্রা এ পরীক্ষার মাধ্যমে জানা যায়। ফলে সিমেন্ট যথাযথভাবে গ্রাইন্ডিং করা হয়েছে কি না তা জেনে প্রস্তুতকারক প্রতিষ্ঠানের উৎপাদিত সিমেন্টের বিষয় মন্তব্য করা সহজ হয়। যদি সিমেন্ট যথাযথভাবে ও সাম্যভাবে গ্রাইন্ডিং করে সূক্ষ্ম পাউডারে পরিণত করা না হয় তবে মিশ্রণে অধিক পরিমাণে পানির দরকার হয় এবং বিক্রিয়া বিলম্বিত হয়। সিমেন্ট যত সূক্ষ্ম মিহি হবে তত বেশি অ্যাগ্রিগেটের পৃষ্ঠ আবৃত করবে। আবার সিমেন্ট যদি অত্যধিক সূক্ষ্ম মিহি পাউডারে পরিণত করা হয় তবে এগুলো বায়ুমণ্ডলে ঘুরে বেড়াবে এবং পরিবেশ ও স্বাস্থ্যের জন্য ক্ষতিকর হবে। সাধারণত BS-170 চালুনিতে সাধারণ পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট এর অবশেষ ১০% এবং র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিমেন্টের অবশেষ ৫% হয়ে থাকে।

যন্ত্রপাতি ও উপকরণ ঃ ব্যালেন্স, চালুনি (BS, 170 Nos), ঢাকনা, ব্রাশ, নমুনা সিমেন্ট ইত্যাদি।

কাজের ধারা ঃ

১। BS-170 সিমেন্ট চালুনির নিচে প্যান বসাতে হবে।

২। চালুনিতে 100 গ্রাম নমুনা সিমেন্ট দিতে হবে।

৩। ঢাকনা ঢেকে দিতে হবে। (প্রয়োজনে এয়ার লক বা লুম্প থাকলে ভেঙে দিতে হবে।)

৪। 10 হতে 15 মিনিট ঝাঁকাতে হবে।

৫। চালুনিতে অবশেষের ওজন নিতে হবে এবং প্যানের অবশেষ এর ওজন নিতে হবে।

৬। উপাত্ত ছকে বসাতে হবে।

ফলাফল ঃ

সিমেন্টের সূক্ষ্মতা পরীক্ষার উপাত্ত শিট

নমুনা নং	নমুনার ওজন (W)	চালুনিতে অবশেষ এর ওজন (R)	চালুনিতে অতিক্রান্তের ওজন (P)	অবশিষ্টের % হার $= \frac{R}{W} \times 100$	অতিক্রান্তের % হার $= \frac{P}{W} \times 100$	মন্তব্য

জব নং ঃ ৪.২	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	কার্যক্ষেত্রে সিমেন্ট পরীক্ষা (Field test of cement)।

তত্ত্ব ঃ

কার্যক্ষেত্রে তাৎক্ষণিকভাবে সিমেন্ট ভাল-মন্দ জানার জন্য নিম্নের বিষয়গুলো জেনে নেয়া হয়। সিমেন্ট ভাল হলে–

১। বস্তার ভিতরে হাত দিলে ঠান্ডা অনুভূত হবে।

২। হাতে মিহি পাউডারের মতো অনুভূত হবে।

৩। হাতে নিয়ে মুঠো করে জড়ো করলে জড়ো হয়ে থাকবে।

৪। মুষ্টি করে পানিতে ফেললে ডুবে যাবে।

৫। বর্ণ সাধারণত গ্রে বা ব্রাউনিশ।

পর্যবেক্ষণ ও ফলাফল ঃ

পর্যবেক্ষণ এবং ফলাফল উপাত্ত শিটে লিখন ঃ

পর্যবেক্ষণ নং	পর্যবেক্ষণ	পর্যবেক্ষণের ফলাফল	মন্তব্য
১	সিমেন্টের ব্যাগের ভিতর হাত দিলে		
২	হাতের দু'আঙ্গুলে সিমেন্ট ঘষা দিলে		
৩	হাতে নিয়ে সিমেন্ট জড়ো করলে		
৪	পানিতে সিমেন্ট ফেললে		
৫	বর্ণ		

ব্যবহারিক

জব নং ঃ ৫(ক)	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	বালির আয়তন স্ফীতি।

তত্ত্ব ঃ বালিতে কিয়ৎ পরিমাণ আর্দ্রতা বা পানির উপস্থিতিতে বালির আয়তন প্রকৃত আয়তন হতে অধিক দেখায়। বালির এ স্ফীতিকে বালির আয়তন স্ফীতি বা Bulking of sand বলা হয়। বালির দানার আকার-বিন্যাস এর উপর এ আয়তন স্ফীতি অনেকাংশে নির্ভর করে। সাধারণ বালিতে ৮% পানির উপস্থিতিতে সচরাচর সর্বাধিক আয়তন স্ফীতি ঘটে থাকে। যেহেতু মসলা বা কংক্রিটের সূক্ষ্ম পূরক হিসাবে বালি ব্যবহৃত হয় এবং বালির পরিমাপ আয়তন হিসাবে নেয়া হয়, তাই এক্ষেত্রে বালির আয়তন স্ফীতির বিষয়টি বিবেচনায় আনতে হয়। তা ছাড়া বালিতে বেশি পরিমাণে পানি মিশালে আয়তন স্ফীতির বিলুপ্তি ঘটে।

আয়তন স্ফীতির (%) হার, $b = \frac{V_m}{V_s}$

এখানে, V_m = আর্দ্রতাসম্পন্ন বালির আয়তন

V_s = শুষ্ক বালির আয়তন।

যন্ত্রপাতি ও উপকরণ ঃ

৫০০ সিসি পরিমাপের দাগকাটা সিলিন্ডার, ব্যালেন্স, ওভেন, নমুনা বালি, নাড়ানির দণ্ড, বিশুদ্ধ পানি, প্লেট ইত্যাদি।

কাজের ধারা ঃ

১। ওভেনে ১০৫° – ১১০° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় ৫০০ গ্রাম (মোটামুটি) বালি ভালভাবে শুকিয়ে ঠাণ্ডা করে নিতে হবে।

২। দাগকাটা সিলিন্ডারের অর্ধেকের বেশি (মোটামুটি) পূর্ণ হবে এরূপ পরিমাণ বালি ওজন করতে হবে।

৩। ওজনকৃত বালি সিলিন্ডারে রাখতে হবে এবং এর আয়তন মাপতে হবে ও উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

৪। শুষ্ক বালির ওজনের ২% পরিমাণ পানি মেপে সিলিন্ডারের শুষ্ক বালিতে সতর্কতার সাথে ঢেলে দিতে হবে এবং নাড়ানির সাহায্যে নেড়ে বালির আয়তন দেখতে হবে এবং উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

৫। উপরোক্ত (৪) নং ধারার অনুরূপভাবে ২% পানি বাড়িয়ে বালতির আয়তন উপাত্ত শিটে লেখতে হবে এবং অনুরূপ কার্যধারায় প্রতিবারে ১% করে পানি বাড়িয়ে উপরোক্ত কার্যধারা সম্পাদন করতে হবে যতক্ষণ পর্যন্ত পানি মিশালে বালির আয়তন বৃদ্ধি পায়। তথ্যাদি উপাত্ত শিটে লিপিবদ্ধ করতে হবে।

ফলাফল ঃ

বালির আয়তন স্ফীতির উপাত্ত শিট

বালির ধরন	শুষ্ক বালির ওজন	শুষ্ক বালির আয়তন = V_s	মিশ্রিত পানির মোট শতকরা হার	পানির ওজন	ভেজা বালির আয়তন = V_m	আয়তন স্ফীতির % হার

পানির পরিমাণের সাথে আয়তন স্ফীতি দেখিয়ে বালির আয়তন স্ফীতি কার্ভ আঁকতে হবে। (গ্রাফ পেপারে ভুজ বরাবর পানি (%) এবং কোটি বরাবর বালির আয়তন স্ফীতি .....(%) দেখাতে হবে।)

মন্তব্য ঃ ---- % পানিতে উক্ত নমুনা বালির সর্বাধিক আয়তন স্ফীতি .....% ঘটে।

জব নং ঃ ৫(খ)	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	**বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (F.M of Sand)।**

তত্ত্ব ঃ বালির আকার কতটুকু বড় বা ছোট তা নির্দেশ করে বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (F.M of Sand)। অর্থাৎ সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক বালির আকার সম্পর্কে ধারণা দেয়। সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক একটি ইমপেরিক্যাল সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। ব্রিটিশ প্রমাণ চালুনি ৪নং, ৮নং, ১৬নং, ৩০নং, ৫০নং ও ১০০নং এ অবশেষের পুঞ্জীভূত শতকরা হারের সমষ্টিকে ১০০ দিয়ে ভাগ করলে যে সংখ্যা পাওয়া যায়, তাকে বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক বলা হয়। বিভিন্ন ধরনের কাজের চাহিদা অনুযায়ী সূক্ষ্মদানার বালির (এফ.এম ১.৫ পর্যন্ত), মধ্যমমানের মোটা বালি (এফ.এম ১.৫০ হতে ২.০০ পর্যন্ত) এবং মোটা বালি (এফ.এম ২.০০ এর উপরে) ব্যবহৃত হয়।

যন্ত্রপাতি ও উপকরণ ঃ ব্যালেন্স, চালুনি সেট (কভার, ৪নং, ৮নং, ১৬ নং, ৩০নং ৫০ নং ও ১০০ নং এবং প্যান), নমুনা বালি, তারের ব্রাশ, সিভ শেকার, ওভেন ইত্যাদি।

কাজের ধারা ঃ

১। ওভেনে ভালভাবে বালি শুকিয়ে নিতে হবে।

২। চালুনি সেট সাজিয়ে নিতে হবে (উপরে উদ্ধৃত পর্যায়ক্রম অনুযায়ী উপরের কভার এবং সর্বনিম্নে প্যান অর্থাৎ সর্বোপরে বড় ছিদ্রের চালুনি এবং ক্রমান্বয়ে নিচের দিকে ছোট ছিদ্রের চালুনি।)

৩। প্রয়োজন অনুপাতে শুকানো নমুনা বালি (১০০ গ্রাম বা ২০০ গ্রাম) ওজন নিয়ে সর্ব উপরের চালুনিতে দিতে হবে।

৪। সিভ শেকারে পুরোসেট ভালভাবে আটকাতে হবে।

৫। ৮–১০ মিনিট সিভ শেকারে ঝাঁকানোর পর পুরো চালুনি সেটটি খুলে নিতে হবে।

৬। প্রত্যেকটি চালুনিতে অবশেষ এর ওজন নিতে হবে। উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

৭। পুঞ্জীভূত অবশেষ এর শতকরা হার নির্ণয় করতে হবে। উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

৮। শতকরা অতিক্রান্তের হারও উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

৯। এফ.এম (F.M) নির্ণয় করতে হবে।

ফলাফল ঃ **এফ.এম নির্ণয়ের উপাত্ত শিট**

চালুনি নম্বর	চালুনি ওপেনিং সিসি	চালুনিতে অবশেষ (গ্রাম)	চালুনিতে শতকরা অবশেষ (গ্রাম)	'চালুনিতে (%) অতিক্রান্ত	চালুনিতে পুঞ্জীভূত অবশেষ %	মন্তব্য এফ.এম
৪	৪.৭৫					(এফ.এম) $= \frac{\text{ক}}{১০০}$
৮	২.৩৬					
১৬	১.১৮					
৩০	০.৬০					
৫০	০.৩০					
১০০	০.১৫					
প্যান	-					
	মোট				'ক'	

জব নং ঃ ৫(গ)	তারিখ ঃ .....
'জব' এর নাম ঃ	বালির আপেক্ষিক গুরুত্ব।

তত্ত্ব ঃ একক আয়তনের বালির ওজন, চার ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড তাপমাপাত্রায় একক আয়তনের পানির ওজন অপেক্ষা যতগুণ ভারী, তাকে বালির আপেক্ষিক গুরুত্ব বলা হয়।

আপেক্ষিক গুরুত্ব, $G = \frac{W_2 - W_1}{(W_2 - W_1) - (W_3 - W_4)}$

এখানে, W_1 = খালি পিকনোমিটার বা ডেনসিটি বোতলের ওজন, (গ্রাম)

W_2 = নমুনা বালিসহ পিকনোমিটার/ডেনসিটি বোতলের ওজন, (গ্রাম)

W_3 = নমুনা বালি, পিকনোমিটার ও পানির ওজন, (গ্রাম)

W_4 = পানি ভর্তি পিকনোমিটারের ওজন, (গ্রাম)।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ ঃ পিকনোমিটার/ডেনসিটি বোতল (৫০০ সিসি), ব্যালেন্স, ওভেন, নমুনা বালি, পানি (ডিস্টিল্ড ওয়াটার) ইত্যাদি।

কার্যধারা ঃ

১। পিকনোমিটার এর মোটামুটি এক তৃতীয়াংশ পূর্ণ করার মতো বালি নিয়ে ওভেনে শুকাতে হবে এবং ঠাণ্ডা করতে হবে।

২। পিকনোমিটারকে ভালভাবে পরিষ্কার করতে হবে, শুকাতে হবে ও ওজন নিতে হবে (W_1)।

৩। শুকনো বালি ওজন করে (W_2) সতর্কতার সাথে পিকনোমিটারে ঢালতে হবে।

৪। বালি ঢুকানো পিকনোমিটারে পানি দিতে হবে। ঝাঁকাও, স্থির অবস্থায় রাখতে হবে মোটামুটি ২৪ ঘন্টা পর আরো পানি দিয়ে সতর্কভাবে সম্পূর্ণরূপে পিকনোমিটার পূর্ণ করতে হবে (কোনক্রমেই পিকনোমিটার হতে পানি উপছাতে পারবে না এবং সামান্য পানি শূন্যও থাকতে পারবে না।) ওজন নিতে হবে (W_3)।

৫ পিকনোমিটার হতে বালি মিশ্রিত পানি ফেলে দিতে হবে। ভালভাবে পরিষ্কার করতে হবে। সম্পূর্ণরূপে পানি ভর্তি করতে হবে। ওজন নিতে হবে (W_4)।

৬। প্রাপ্ত তথ্যাদি উপাত্ত শিটে লেখতে হবে।

ফলাফল ঃ **বালির আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের উপাত্ত শিট**

নমুনা নং	১(১)	১(২)	১(৩)
পিকনোমিটারের ওজন (W_1)			
পিকনোমিটার + নমুনা বালির ওজন (W_2)			
পিকনোমিটার + নমুনা বালি + পূর্ণ পানির ওজন (W_3)			
পিকনোমিটার পানিপূর্ণ অবস্থায় ওজন (W_4)			
আপেক্ষিক গুরুত্ব, $G = \frac{W_2 - W_1}{(W_2 - W_1)(W_3 - W_4)}$			
গড় আপেক্ষিক গুরুত্ব			

জব নং ঃ ৬	তারিখ ঃ .....
জব এর নাম ঃ	**লৌহজ (ঢালাই লোহা, মৃদু ইস্পাত) ও অলৌহজ ধাতু (তামা, অ্যালুমিনিয়াম, টিন) ভৌত পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে শনাক্তকরণ।**

তত্ত্ব ঃ

যেসব ধাতুর একটি উপাদান লোহা, সেগুলো লৌহজ (Ferrous) ধাতু। এগুলো চুম্বকে আকর্ষিত হয় এবং গ্রাইন্ডিং হুইলে স্পার্ক (Spark) উৎপন্ন করে। ঢালাই লোহা ও মৃদু ইস্পাত, লৌহজ ধাতুর অন্তর্ভুক্ত। ঢালাই লোহা অনেকটা ধূসর বর্ণের এবং হাতুড়ির আঘাতে সহজে ভেঙে যায়। আর মৃদু ইস্পাত উজ্জ্বল গাঢ় নীলাভ বর্ণের এবং হাতুড়ির আঘাতে ভাঙে না।

লৌহমুক্ত সকল ধাতুই অলৌহজ ধাতু। তামা, অ্যালুমিনিয়াম, টিন ইত্যাদি অলৌহজ ধাতুর উদাহরণ। এর মধ্যে তামা তাম্র বর্ণের, অ্যালুমিনিয়াম সাদা বর্ণের এবং টিন সাদা চকচকে বর্ণের। হাতুড়ি দিয়ে পেটালে তামা পাতে পরিণত হয়, অ্যালুমিনিয়াম ফেটে বা ভেঙে যায় এবং টিন সহজে প্রসারিত হয় না। হাতে নিয়ে ওজন করলে তামাকে বেশ ভারী, অ্যালুমিনিয়ামকে খুবই হালকা এবং টিনকে হাল্কা অনুমিত হবে। তামার পাতকে ভাঁজ করতে বেশ শক্তি লাগবে, অ্যালুমিনিয়ামে পাত সহজে ভাঁজ করা যাবে এবং টিনের পাত বাঁকালে চিড় ধরবে এবং বাঁকাতে শক্ত অনুমেয় হবে।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল ঃ

দণ্ড চুম্বক, গ্রাইন্ডিং হুইল, হাতুড়ি, বিভিন্ন ধরনের নমুনা ধাতব পদার্থ।

কাজের ধারা ঃ

১। নমুনা ধাতব খণ্ডগুলোকে চুম্বকের স্পর্শে আনতে হবে। আকর্ষিত হয় কি না পর্যবেক্ষণ শিটে লেখতে হবে।

২। নমুনা ধাতব খণ্ডকে গ্রাইন্ডিং হুইলে ধরতে হবে। স্পর্ক হয় কি না পর্যবেক্ষণ শিটে লেখতে হবে।

৩। নমুনা ধাতব খণ্ডকে হাতুড়ি দিয়ে পেটাতে হবে এবং ভাঙে কি না পর্যবেক্ষণ শিটে লেখতে হবে।

৪। নমুনা ধাতব খণ্ডগুলোর বর্ণ দেখতে হবে। বর্ণ পর্যবেক্ষণ শিটে লেখতে হবে।

৫। নমুনা ধাতব খণ্ডকে হাতুড়ি দিয়ে পিটিয়ে পাত বানাতে চেষ্টা করতে হবে এবং তত্ত্ব অনুযায়ী পর্যবেক্ষণ শিটে লেখতে হবে।

৬। নমুনা ধাতব পাতকে ভাঁজ করতে চেষ্টা করতে হবে। তত্ত্ব অনুযায়ী পর্যবেক্ষণ শিটে লেখতে হবে।

৭। পর্যবেক্ষণে প্রাপ্ত তথ্য অনুযায়ী মন্তব্য লেখতে হবে।

ক্রমিক নং	পর্যবেক্ষণের কার্যক্রম	পর্যবেক্ষণে ফলাফল	মন্তব্য
১	চুম্বকের স্পর্শে আনয়ন		
২	গ্রাইন্ডিং হুইলে স্পার্ক হয় কি না		
৩	বর্ণ		
৪	হাতুড়ি দিয়ে পিটিয়ে পাত করা		
৫	পাতকে ভাঁজ করা		
৬	হাতুড়ি দিয়ে পিটিয়ে ভাঙা		

সুপার সাজেশনস্

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি :

১। **প্রকৌশল সামগ্রী (Engineering materials) বলতে কী বুঝায়?**
অথবা, নির্মাণসামগ্রী বলতে কী বুঝায়?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। **নির্মাণসামগ্রী বা প্রকৌশল সামগ্রী নির্বাচনে সামগ্রীর কোন কোন ধর্মের উপর বিশেষভাবে নজর দেয়া হয়?**
অথবা, প্রকৌশল সামগ্রীর ধর্মগুলো লেখ।
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **ব্যবহারিক উদ্দেশ্য অনুযায়ী নির্মাণসামগ্রী কয় প্রকার এবং কী কী?**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **'টেস্ট' বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **নির্মাণসামগ্রীর ভৌত ধর্ম বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **পীড়ন কী?**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **বিকৃতি কী?**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৮। **বিভিন্ন ধরনের পীড়নের নাম লেখ।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৯। **বিভিন্ন ধাতুর ক্ষেত্রে পয়শন ধ্রুবকের মান কত?**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১০। **কয়েকটি ভঙ্গুর সামগ্রীর নাম লেখ।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১১। **প্রকৌশল সামগ্রীর যান্ত্রিক ধর্মগুলো কী কী?**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১২। **বস্তুর দৃঢ়তা গুণাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। **ACI ও AASHO এর পুরো নাম লেখ।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। **বস্তুর কাঠিন্য বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। **স্থিতিস্থাপকতা কী?**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। **নমনীয়তা কী?**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। **অনমনীয়তা কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। **ভঙ্গুরতা কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। **ফ্যাটিগ কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

২০। **বস্তুর স্থিতিস্থাপন ক্ষমতা কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

২১। **প্রকৌশল বা নির্মাণসামগ্রীর ভৌত ধর্মগুলো কী কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

২২। **ভূত্বককে প্রকৌশল সামগ্রীর আধার বলা হয় কেন?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। **সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালসের যে কোন চারটি সামগ্রীর নাম লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩১ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। **নির্মাণ প্রকল্পে প্রকৌশলীর দায়িত্বগুলো কী কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩২ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। **সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস বলতে কী বুঝায়?**
অথবা, পূর্তকর্ম নির্মাণের সামগ্রী বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। **পাথরকে নির্মাণসামগ্রীর রাজা বলা হয় কেন?** [বাকাশিবো-২০১২, ১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। **পাথর কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। **প্রাথমিক পাথর বলতে কী বুঝায়?**
বা, আগ্নেয় পাথর বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। **নির্মাণ পাথর (Building stone) বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। **মাইকার উপস্থিতি পাথরের কী ক্ষতি করে?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। **অগাইট কী?** [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। **গ্রানাইটের ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। **বাংলাদেশের কোথায় কোথায় বেলেপাথর পাওয়া যায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। **চুনাপাথরকে কী কী শ্রেণিতে ভাগ করা যায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। **পাথরের শ্রেণিবিভাগগুলো কী কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। পাললিক পাথরে জীবাশ্মের উপস্থিতি দেখা যায় কেন?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। গ্রানাইট, চুনাপাথর ও কাদা রূপান্তরিত হয়ে কোন কোন পাথরে রূপ নেয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। পাথরের রাসায়নিক শ্রেণির ভাগগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। আগ্নেয় পাথরের গঠনশৈলী কীরূপ?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

৪০। নির্মাণকাজের উপযোগী পাথরের গুণাগুণ লেখ। [বাকাশিবো-২০১১(পরি), ২০১২]
অথবা, ভাল পাথরের গুণাবলি লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

৪১। পাললিক পাথরের গঠনশৈলী কীরূপ?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

৪২। পাথর ড্রেসিং করা হয় কেন?
অথবা, কী উদ্দেশ্যে পাথর ড্রেসিং করা হয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। পাথরের সচ্ছিদ্রতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। পাথরের ক্ষয়রোধী ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪৫। পাথরের খনি অম্বু বা 'কোয়ারি স্যাপ' কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। স্লেট পাথরের গঠন কীরূপ?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৭ নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। বাংলাদেশে ল্যাটারাইট পাথরের প্রাপ্তিস্থানগুলোর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮ নং দ্রষ্টব্য।

৪৮। নির্মাণসামগ্রীর দিক হতে শিলা ও পাথরের মধ্যে পার্থক্য কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

৪৯। পাথর কোয়ারিং এর পদ্ধতিগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩১ নং দ্রষ্টব্য।

৫০। মার্বেল পাথরের ব্যবহারক্ষেত্র লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫১। পানিক্ষয়িত পাথরগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫২। বেলেপাথরের ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৬ নং দ্রষ্টব্য।

৫৩। কোন কোন শিল্পের কাঁচামাল হিসাবে পাথর ব্যবহৃত হয়? [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৭ নং দ্রষ্টব্য।

৫৪। কোয়ার্টজ (Quartz) কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৮ নং দ্রষ্টব্য।

৫৫। চুনাপাথরের প্রধান উপাদান কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৯ নং দ্রষ্টব্য।

৫৬। পাথরের ড্রেসিং বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১১(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪০ নং দ্রষ্টব্য।

৫৭। অর্থক্রেস ও প্লেজিক্রেস কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪১ নং দ্রষ্টব্য।

৫৮। রূপান্তরিত পাথরের গঠনশৈলী কীরূপ?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪২ নং দ্রষ্টব্য।

৫৯। কাদাজাত সামগ্রী বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬০। বিভিন্ন ধরনের কাদাজাত সামগ্রীর নাম লেখ।
অথবা, নির্মাণক্ষেত্রে ব্যবহৃত কাদাজাত সামগ্রীর তালিকা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৬১। ইট কী বা ইটের সংজ্ঞা লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬২। কোন উপাদান ইটের কাদাকে নমনীয়তা দান করে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬৩। কোন কোন বিষয়ের উপর ইটের গুণাবলি নির্ভর করে?
অথবা, উৎকৃষ্ট মানের ইট কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?
অথবা, ইটের গুণাবলির উপর প্রভাব বিস্তারকারী বিষয়গুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬৪। ইটের কাদায় প্রয়োজনীয় উপাদানগুলো কী কী?
অথবা, ইটের মাটির মূল উপাদানগুলোর তালিকা (শতকরা হারসহ) উল্লেখ কর।
অথবা, উৎকৃষ্ট ইটের কাদায় রাসায়নিক উপাদানগুলোর শতকরা হার লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬৫। ইটের জন্য মাটি নির্বাচনে কী কী ফিল্ড টেস্ট করা হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৬৬। ইটের উপাদান হিসাবে সিলিকার কাজ কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৬৭। অতিরিক্ত সিলিকা ইটের কী ক্ষতি করে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৬৮। প্রয়োজনাতিরিক্ত লাইম ইটের কী ক্ষতি করে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৬৯। প্রয়োজনীয় আয়রন অক্সাইড ইটে কী কাজ করে থাকে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৭০। ইটে ম্যাগনেশিয়ার কাজ কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৭১। ইটের কাদার ক্ষতিকর উপাদানগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭২। ইটের কাদায় আয়রন পাইরাটিস এর উপস্থিতি ইটের কী ক্ষতি করে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭৩। **ইটে লোনা ধরে কেন?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭৪। **ইটের কাদায় মাত্রাতিরিক্ত জৈব পদার্থ ইটের কী ক্ষতি করে?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৭৫। **ইট তৈরির ধাপগুলো ধারাবাহিকভাবে লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭৬। **ইটের কাদা 'ওয়েদারিং' করণ বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

৭৭। **ইটের কাদা 'টেম্পারিং' করণ বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

৭৮। **পাগমিল কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭৯। **ইট শুকানো হয় কেন বা ইট শুকানোর কারণ কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮০। **ইটের সিলমোহর বা শনাক্তকরণ চিহ্ন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮১। **ইটে সিলমোহর বা শনাক্তকরণ চিহ্ন রাখা হয় কেন?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

৮২। **ইট পোড়ানো হয় কেন?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

৮৩। **পাঁজা কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৪ নং দ্রষ্টব্য।

৮৪। **পাঁজায় কী পদ্ধতিতে ইট সাজানো হয়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮৫। **হফম্যান চুল্লির অসুবিধাগুলো কী কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮৬। **বুলের পরিখা চুল্লির অসুবিধাগুলো কী কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৮ নং দ্রষ্টব্য।

৮৭। **ব্রিক মোল্ডিং বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৯ নং দ্রষ্টব্য।

৮৮। **বিশেষ ধরনের ইটের সংজ্ঞা লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪০ নং দ্রষ্টব্য।

৮৯। **বালি কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯০। **উৎস অনুসারে বালিকে কী কী শ্রেণিতে ভাগ করা যায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৯১। **গ্রেডিং এর দিক হতে বালি কয় প্রকার ও কী কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৯২। **আকার অনুযায়ী বালিকে কী কী ভাগে ভাগ করা যায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯৩। **বালির গ্রেডিং ও সূক্ষ্মতা গুণাঙ্কের পার্থক্য কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৯৪। **অ্যাগ্রিগেট গ্রেডিং এর মূলনীতি কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯৫। **বালির গ্রেডিং কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৯৬। **বালির সূক্ষ্মতাঙ্ক বা সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক (F.M) বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৯৭। **বালির আয়তন স্ফীতি বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৯৮। **বালির ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৯৯। **পরীক্ষাগারে বালির কী কী পরীক্ষা করা হয়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১০০। **সমুদ্রের বালি নির্মাণে ব্যবহার না করাই শ্রেয় কেন?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০১। **'সিমেন্ট একটি উন্নত মানের জোড়ক' কেন?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১০২। **সিমেন্ট কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১০৩। **কৃত্রিম সিমেন্ট কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১০৪। **প্রাকৃতিক সিমেন্ট কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০৫। **নরমাল সেটিং সিমেন্টকে পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট বলা হয় কেন?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১০৬। **সিমেন্টের কাঁচামালগুলোকে কী কী ভাগে ভাগ করা যায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১০৭। **সিমেন্টের স্লারি কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১০৮। **'র-মিক্স' কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১০৯। **কী কী পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরি করা হয়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১১০। **সিমেন্টে চুন কী কাজ করে?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১১১। **সিমেন্টে আয়রন অক্সাইডের কাজ কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১১২। **অতিরিক্ত ক্ষার সিমেন্টের কী ক্ষতিসাধন করে?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১১৩। সিমেন্টে জিপসাম কী কাজ করে বা সিমেন্টে জিপসাম দেওয়া হয় কেন?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১১৪। সিমেন্ট তৈরির ধাপগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১১৫। র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিমেন্ট দ্রুত শক্ত হয় কেন?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

১১৬। 'কুইক সেটিং সিমেন্ট' কী এবং কোথায় ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

১১৭। পাজোলান সিমেন্ট কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

১১৮। সাদা সিমেন্ট (White cement) বলতে কী বুঝায়?
অথবা, 'স্লোক্রিট' বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

১১৯। কার্যক্ষেত্রে সিমেন্টের পরীক্ষাগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

১২০। সিমেন্টের রাসায়নিক গঠন পরীক্ষা করা হয় কেন?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৪ নং দ্রষ্টব্য।

১২১। সিমেন্টের ধর্মগুলো লেখ।
অথবা, সিমেন্টের ধর্মগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

১২২। সিমেন্টের কী কী পরীক্ষা গবেষণাগারে করা হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

১২৩। CPNC বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৭ নং দ্রষ্টব্য।

১২৪। সিমেন্ট তৈরির কাঁচামালগুলোর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮ নং দ্রষ্টব্য।

১২৫। আদর্শ বালি (Standard sand) কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

১২৬। সিমেন্টের প্রাথমিক জমাটবদ্ধতা ও চূড়ান্ত জমাটবদ্ধতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

১২৭। টালি কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১২৮। ছাউনিতে ব্যবহৃত কাদার তৈরি বিভিন্ন ধরনের টালিগুলো কী কী?
অথবা, ছাউনির কাজে ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রকার কাদার টালির নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২৯। বিভিন্ন প্রকার কাদার টালির নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৩০। রিজ, হিপ ও ভ্যালী টালি কোথায় ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৩১। ইট ও টালির মধ্যে পার্থক্য কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৩২। প্লেইন টালি কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৩। রিজ টালি কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৪। ড্রেন টালি কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৫। ফ্ল্যাট টালি কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৬। মার্বেল টালি কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৭। টিম্বার বলতে কী বুঝায়? বা টিম্বার কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৮। স্ট্যান্ডিং টিম্বার কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৯। লগ টিম্বার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৪০। কনভার্টেড টিম্বার কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৪১। ভাল টিম্বারের আঁশ কীরূপ হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৪২। গাছের বৃদ্ধির ধরন অনুযায়ী গাছকে কী কী ভাগে ভাগ করা যায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৩। পাতার আকার অনুযায়ী গাছকে কী কী ভাগে ভাগ করা যায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৪। বনবৃক্ষের কাণ্ডের দৈর্ঘ্য অধিক হয় কেন?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৫। গাছের ক্যামবিয়াম লেয়ারের কাজ কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৬। 'স্প্রিং উড' বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৭। 'সামার উড' কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৮। কাঠের ফিগার (Figure) কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৯। লাম্বার কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

১৫০। কাঠের গ্রেইন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

১৫১। কাঠের ঋতুসহকরণ (Seasoning) কাকে বলে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

১৫২। বনবৃক্ষের বৈশিষ্ট্যগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৫৩। টিম্বার কী কী উপাদানে গঠিত?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৫৪। স্ক্যান্টলিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৫৫। টিম্বারের আঁশ সম্পৃক্ত পানি মাত্রা কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৫৬। টিম্বারের প্রাকৃতিক পরিশুষ্ককরণ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৫৭। টিম্বারের কৃত্রিম পরিশুষ্ককরণ কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৫৮। কী কী পদ্ধতিতে টিম্বার কৃত্রিম পরিপরিশুষ্ককরণ করা হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

১৫৯। টিম্বারের ভারসাম্য আর্দ্রতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬০। কাচ কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬১। ফ্লিন্ট গ্লাসের কাঁচামালগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৬২। প্লেট গ্লাস তৈরিতে কী কী কাঁচামাল ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৬৩। উইন্ডো গ্লাস তৈরিতে কী কী কাঁচামাল লাগে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৬৪। কাচ তৈরিকালে বোরাক্স দেয়া হয় কেন?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৬৫। টেরাকোটা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৬৬। টেরাকোটা কোথায় ব্যবহার করা হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৬৭। পোর্সিলিন (Porcelain) কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৬৮। 'গ্লেজ স্লিপ' কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬৯। গ্লেজ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১৭০। গ্লেজিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৭১। কাচের উপাদানগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৭২। তন্তু কাচ কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৭৩। পাইরোসিরাম কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৭৪। রং বা পেইন্ট (Paint) কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৭৫। বার্নিশ কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৭৬। কী কী সামগ্রী রং বা পেইন্ট এর মূল উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৭৭। বার্নিশের মূল উপাদানগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৭৮। রং (পেইন্ট) এর প্রয়োজনীয় উপাদানগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৭৯। রং (পেইন্ট)-এ বাহন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৮০। রং (পেইন্ট)-এ ব্যবহৃত ৪টি কৃত্রিম সামগ্রীর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৮১। ডিসটেম্পার কেন স্ট্রাকচার/কাঠামোর বাহিরে ব্যবহার করা হয় না?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৮২। পেইন্টে কী কী তরলীকরণ উপাদান ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৮৩। অ্যালুমিনিয়াম পেইন্ট কোথায় ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৮৪। তৈরি রং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১৮৫। বিভিন্ন ধরনের বার্নিশের নাম লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮৬। চকিং কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৮৭। পানি বার্নিশ কীভাবে তৈরি করা হয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৮৮। স্প্রে রং কোথায় ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৮৯। রং কেন ব্যবহার করা হয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৯০। জলরং কোথায় ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

১৯১। প্লাস্টিকস্ কী? [বাকাশিবো-২০১১ (পরি), ১২, ১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৯২। প্লাস্টিক এর ধর্মে প্রভাববিস্তারকারী যোগজগুলো কী কী?
অথবা, প্লাস্টিকের মোল্ডিং কম্পাউন্ডগুলোর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৯৩। পলিমার কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৯৪। ডুরাপ্লেক্স কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৯৫। প্রাকৃতিক প্লাস্টিক কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৯৬। কৃত্রিম প্লাস্টিক কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৯৭। সেলুলোজের প্রধান উৎস কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৯৮। থার্মোপ্লাস্টিক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৯৯। থার্মোসেটিং প্লাস্টিক কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

২০০। প্লাস্টিক তৈরির কাস্টিং পদ্ধতি কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

২০১। চারটি থার্মোসেটিং প্লাস্টিক এর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

২০২। মনোমার কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

২০৩। প্লাস্টিক তৈরির কাঁচামালের মূল উপাদানগুলোর কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

২০৪। মেলামাইন কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

২০৫। পলিমারাইজেশন কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

২০৬। প্রাকৃতিক প্লাস্টিক কী কী দ্রব্য হতে তৈরি করা যায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

২০৭। পাঁচটি থার্মোপ্লাস্টিক এর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

২০৮। লৌহজ ধাতু (Ferrous metal) বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২০৯। শিল্পকারখানায় ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রকার লোহার নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০১১(পরি), ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২১০। আকরিক কী? [বাকাশিবো-২০১২, ১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২১১। লোহার আকরিকগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২১২। খনিজ মল কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২১৩। ধাতুমল কী? [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২১৪। বিগালক কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২১৫। বিগলন প্রক্রিয়া কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২১৬। পিগ আয়রনের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

২১৭। ঢালাই লোহা কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

২১৮। ঢালাই লোহার ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

২১৯। পেটা লোহা কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

২২০। পেটা লোহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

২২১। ইস্পাত কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

২২২। কার্বনের উপর ভিত্তি করে ইস্পাতের প্রকারভেদগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

২২৩। মৃদু ইস্পাতের (mild steel) ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

২২৪। উচ্চ কার্বন ইস্পাত কোথায় ব্যবহার করা হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

২২৫। সংকর ইস্পাত কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

২২৬। ইস্পাতে সংকর উপাদান হিসাবে সিসা কী কাজ করে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

২২৭। নিকেল ইস্পাত কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

২২৮। স্টেইনলেস স্টিল কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

২২৯। ক্রোমিয়াম ইস্পাত কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৩০। দস্তামুক্তি ইস্পাত কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৩১। স্টেইনলেস স্টিল ও হাই-স্পিড স্টিলের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

২৩২। লোহার উপর কার্বনের প্রভাব কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

২৩৩। ফিউজ মেটাল কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩২ নং দ্রষ্টব্য।

২৩৪। গোলাকার প্রস্থচ্ছেদের কী কী ধরনের 'বার' বাজারে পাওয়া যায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৩৫। অলৌহজ ধাতু বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৩৬। অলৌহজ ধাতু প্রধানত কী কাজে ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৩৭। তামার আকরিকগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৩৮। দস্তার আকরিকগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৩৯। কী কী আকরিক হতে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৯ নং দ্রষ্টব্য।

২৪০। ক্রোমিয়াম কী কাজে লাগে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪০ নং দ্রষ্টব্য।

২৪১। নিকেল কীভাবে তৈরি করা হয়? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪১ নং দ্রষ্টব্য।

২৪২। সিসার ধর্মগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৪৩। বেল মেটাল কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৪৪। বিয়ারিং মেটাল বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৪৫। বিয়ারিং মেটাল কী উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৪৬। ডুরালুমিন কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৪৭। ইস্পাতে কী কী কারণে সংকরায়ন করা হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৪৮। পিগ আয়রনকে কাঁচা লোহা বলা হয় কেন?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪৯ নং দ্রষ্টব্য।

২৪৯। পিগ আয়রন কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫০ নং দ্রষ্টব্য।

২৫০। দন্তামুখিত ঢেউটিনে স্পেসিফিকেশন উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫১। ২৪ গেজি প্রতি বান্ডিল টিনে কোন দৈর্ঘ্যের কতখানা টিন থাকে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৫২। BWG ও SWG এর পুরো শব্দ লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৫৩। বার্মিংহাম ওয়্যার গেজ এর ১৮, ২০, ২২ ও ২৪ গেজি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৫৪। চারটি চার সংকর ইস্পাতের নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৫৫। অ্যালুমিনিয়াম কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫৯ নং দ্রষ্টব্য।

২৫৬। অ্যালুমিনিয়ামের সাথে বিক্রিয়া করে এরূপ তিনটি সামগ্রীর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬০ নং দ্রষ্টব্য।

২৫৭। অ্যালুমিনিয়ামের প্রধানতম আকরিক কী? এতে কী পরিমাণ অ্যালুমিনিয়াম থাকে? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬১ নং দ্রষ্টব্য।

২৫৮। অ্যালুমিনিয়াম কী কী কাজে ব্যবহৃত হয়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬২ নং দ্রষ্টব্য।

২৫৯। অ্যালুমিনিয়ামের বিশেষ বৈশিষ্ট্য কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৬০। অ্যালুমিনিয়ামের আকরিকগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৬১। অন্তরক সামগ্রীর কাজ কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৬২। সকল ধাতুই বিদ্যুৎ অন্তরক নয়– কেন?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৬৩। অন্তরক সামগ্রীর (বৈদ্যুতিক) তিনটি কাজ লেখ। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৬৪। পাঁচটি প্রাকৃতিক তাপ অন্তরক সামগ্রীর নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৬৫। পাঁচটি বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রীর নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৬৬। শব্দ অন্তরক সামগ্রী কী? [বাকাশিবো-২০১২, ১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৬৭। পাঁচটি শব্দ অন্তরক সামগ্রীর নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৬৮। তাপ, বিদ্যুৎ ও শব্দ অন্তরক পাঁচটি প্রাকৃতিক সামগ্রীর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৬৯। অন্তরক সামগ্রী বা ইনসুলেটর কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

২৭০। কোন কোন সামগ্রী তাপ ও বিদ্যুৎ অন্তরক?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

২৭১। জিওটেক্সটাইল কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৭২। কোন কোন সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ক্ষেত্রে জিওটেক্সটাইল ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৭৩। চুন কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৭৪। কলিকরণ কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৭৫। ভস্মীকরণ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৭৬। চুনে পানিযোজন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৭৭। উদকতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৭৮। উদক চুন কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৭৯। চুন কীভাবে গুদামজাত করা উচিত?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

২৮০। চুনের জমাটবদ্ধতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

২৮১। চুন শুষ্ক হওয়া বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

২৮২। সিমেন্ট অ্যাডমিক্সচার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৮৩। সাধারণত কী কী ধরনের সিমেন্ট অ্যাডমিক্সচার ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৮৪। সিমেন্ট বায়ুবদ্ধক অ্যাডমিক্সচার কোথায় ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৮৫। সিমেন্টের রঞ্জক অ্যাডমিক্সচারের বৈশিষ্ট্যগুলো কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৮৬। পানিরোধী সামগ্রী বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৮৭। পাঁচটি পানিরোধী সামগ্রীর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি :

১। 'নির্মাণসামগ্রীর মান নিয়ন্ত্রণ ও উন্নয়ন প্রকৌশলীর কাজের আওতাভুক্ত' বুঝিয়ে লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। নির্মাণসামগ্রী কীভাবে তার ভৌত ধর্মাবলি অক্ষুন্ন রাখে?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। প্রকৌশল সামগ্রী 'টেস্টের' প্রয়োজন হয় কেন?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। পয়শনের অনুপাত সংক্ষেপে বুঝিয়ে লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। শিয়ার বিকৃতি সম্পর্কে সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬। প্রকৌশল সামগ্রী নির্বাচনে বিবেচ্য বিষয়গুলো সংক্ষেপে উদ্ধৃত কর।
অথবা, ভাল নির্মাণসামগ্রী নির্বাচনে সামগ্রীর কোন কোন ধর্ম বিবেচনা করতে হয়?
অথবা, ভাল নির্মাণসামগ্রীর বৈশিষ্ট্য নির্ধারক ধর্মাবলি সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ভাল নির্মাণসামগ্রীর কী কী বৈশিষ্ট্য থাকা উচিত?
অথবা, ভাল প্রকৌশল সামগ্রীর গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্যগুলো কী কী?
অথবা, প্রকৌশল সামগ্রীর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।
অথবা, আদর্শ নির্মাণসামগ্রীর কী কী বৈশিষ্ট্য থাকা উচিত?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮। প্রকৌশল সামগ্রীর ভৌত গুণাগুণ লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৯। সচরাচর ব্যবহৃত প্রকৌশল সামগ্রীগুলোর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১০। BSI, ASTM, AASHO, AASHTO, MIT, IRC, BSTI, ACI, ASM, ASME, API, SAE সংক্ষিপ্ত নামের প্রতিষ্ঠানগুলোর পূর্ণনাম লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১১। কোয়ার্টজ এর সংক্ষিপ্ত পরিচিতি উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। ডোলোমাইটের সংক্ষিপ্ত পরিচিতি লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। গ্রানাইট পাথরের গুণাগুণ ও ব্যবহার লেখ। [বাকাশিবো-২০১১, ১৩]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। চুনাপাথরের পরিচিতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। আগ্নেয় পাথরের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। বালিজাত পাথর সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। কাঠিন্যের নিম্নমান হতে ঊর্ধ্বমুখী মানে বিভিন্ন পাথরের নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। **কোন কোন বিষয়ের উপর পাথরের কাঠিন্য, ঘাতসহন ক্ষমতা ও শক্তি নির্ভর করে?**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। **স্লেট, মার্বেল, বেলেপাথর ও ব্যাসাল্ট এর ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। **বাংলাদেশের কোথায় কোন পাথর পাওয়া যায় এবং কী কাজে ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

২১। **পাথরের ক্ষয়রোধিতা পরীক্ষাটি লেখ।** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

২২। **পাথরের ছয়টি ব্যবহার লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। **ভাল পাথরের গুণাবলি লেখ।** [বাকাশিবো-২০১১(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। **পাথরের শ্রেণিবিভাগ কর।** [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। **শতকরা হারসহ ইটের কাদার উপাদানগুলোর তালিকা প্রণয়ন কর।**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। **ইটের কাদায় চুনাপাথর খণ্ড থাকলে কী ক্ষতি হয়?**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। **ইটে শ্যাওলাবরণ পড়ে কেন?**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। **উৎকৃষ্ট মানের ইট কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?**
অথবা, ইট তৈরিতে কী কী বিষয় প্রভাববিস্তার করে?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। **লোনা দূরীকরণের উপায়সমূহ কী কী?**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। **ইটের কাদা নির্বাচন প্রক্রিয়া সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। **টীকা লেখ ঃ (ক) পাগমিল, (খ) যন্ত্রে তৈরি ইট, (গ) ইট তৈরির ফর্মা।**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। **ইট শুকানোর প্রাকৃতিক পদ্ধতি সংক্ষেপে লেখ।**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। **পাঁজায় ইট পোড়ানোর সুবিধাগুলো উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। **পাঁজায় ইট পোড়ানোর অসুবিধাগুলো উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। **হফম্যান চুল্লির সুবিধাগুলো সংক্ষেপে লেখ।**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। **বুলের পরিখা চুল্লির সুবিধাগুলো উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। **ইটের মাটির ওয়েদারিং, ব্লেন্ডিং, টেম্পারিং বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। **পাগমিলে কীভাবে ইটের মাটি টেম্পারিং করা হয়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। **ইটের মাটি নির্বাচনে উপাদানের সঙ্গতি পরীক্ষাটি লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

৪০। **ইটের মাটি নির্বাচনে মোল্ডিং ধর্ম পরীক্ষাটি লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

৪১। **ইটের কাদার ক্ষতিকর উপাদানগুলো আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪২। **প্রথম শ্রেণির ইটের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। **হলো ব্লক ও সিরামিক ইটের ব্যবহার লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। **নদীর বালি সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪৫। **আকার অনুযায়ী বালির পরিচিতি ও ব্যবহার লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। **ভাল বালির ধর্মগুলো উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। **বালিতে জৈব পদার্থের উপস্থিতি কীভাবে বুঝা যায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪৮। **বালিতে লবণের উপস্থিতি কীভাবে বুঝা যায়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪৯। **বালির আয়তন স্ফীতি ব্যাখ্যা কর।**
অথবা, বালির আয়তন স্ফীতি সম্পর্কে সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৫০। **বিভিন্ন গ্রেডের বালির ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৫১। **বালি গ্রেডিং এর উদ্দেশ্য কী?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৫২। **টীকা লেখ ঃ বালির সূক্ষ্মতার গুণাঙ্ক।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৫৩। **কৃত্রিম সিমেন্টের সংক্ষিপ্ত পরিচিতি উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫৪। **পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের খনিজ উপাদানের তালিকা তৈরি কর।**
অথবা, পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের খনিজ উপাদানগুলোর শতকরা হার লেখ।
অথবা, পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের গঠনে খনিজ উপাদানগুলোর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫৫। **পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের অম্ল ও ক্ষারকীয় উপাদানের তালিকা তৈরি কর।**
অথবা, পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের রাসায়নিক উপাদানের তালিকা পরিমাণসহ লেখ।
অথবা, পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের উপাদানের নাম ও শতকরা হার উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫৬। **সিমেন্ট পোড়ানোর ঘূরন্ত চুল্লির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫৭। **র‍্যাপিড হার্ডেনিং সিমেন্ট সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৫৮। **পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের ব্যবহার লেখ।**
অথবা, সিমেন্টের ব্যবহারক্ষেত্র লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৫৯। **শুষ্ক পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরির প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৬০। **সিমেন্ট গুদামজাতকরণের সময় কী কী বিষয় লক্ষ রাখতে হয়?**
অথবা, সিমেন্ট গুদামজাতকরণের উপায় উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৬১। **টীকা লেখ ঃ কুইক সেটিং সিমেন্ট, রঙিন পোর্টল্যান্ট সিমেন্ট, হাই-অ্যালুমিনা সিমেন্ট।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৬২। **বিভিন্ন ধরনের পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের নাম লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৬৩। **ল্যাবরেটরিতে সিমেন্টের কী কী পরীক্ষা করা হয়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬৪। **ভেজা পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরির প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬৫। **ভাল টালির বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**
অথবা, কাদার তৈরি উৎকৃষ্ট মানের টালির বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬৬। **মোজাইক টালির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬৭। **টালি কোন কোন কাজে ব্যবহার করা হয়?**
অথবা, বিভিন্ন প্রকার টালির ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬৮। **গ্লেইজড টালি বুঝিয়ে লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬৯। **বহিঃবর্ধক বৃক্ষের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৭০। **প্রশস্ত পাতাসম্পন্ন বৃক্ষের বৈশিষ্ট্যগুলো বুঝিয়ে লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭১। **সরু পাতার বৃক্ষের বৈশিষ্ট্যগুলো উদ্ধৃত কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭২। **কাঠ সিজনিং পদ্ধতিগুলোর নাম লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৭৩। **টিম্বার সিজনিং এর উদ্দেশ্যগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭৪। **গাছের গ্রেইন (grain) ও ফিগার (Figure) সম্পর্কে লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৭৫। **উৎকৃষ্ট কাঠের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৭৬। **একটি বহিঃবর্ধক বৃক্ষের প্রস্থচ্ছেদ এঁকে বিভিন্নাংশের নাম লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৭৭। **প্লাই বোর্ড এর সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭৮। **টিম্বারের সংকোচন সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭৯। **টিম্বার পরিশুষ্ককরণ বা সিজনিং এর উদ্দেশ্যগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮০। **টিম্বারের প্রাকৃতিক পরিশুষ্ককরণ পদ্ধতিটি সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮১। **টিম্বার পরিশুষ্ককরণে ব্যবহৃত বগী চুল্লির বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

৮২। **কাচের উপাদানগুলোর শতকরা হার নির্দেশ কর।**
অথবা, কাচ তৈরির কাঁচামালের নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৮৩। **কাচের কাঁচামালগুলোর কার্যাবলি সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৮৪। **বিভিন্ন ধরনের কাচের নাম লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮৫। **শতকরা হারসহ টেরাকোটার উপাদানের তালিকা উদ্ধৃত কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৮৬। **স্যানিটারি পণ্যের উপাদানের তালিকা তৈরি কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮৭। **পোর্সিলিন তৈরির ধাপগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮৮। **সিরামিকের শ্রেণিবিভাগ লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৮৯। **লাল, কালো, নীল, সবুজ বর্ণের জন্য কাচে কী কী রঞ্জক উপাদান মেশানো হয়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৯০। **কাচের ধর্ম সংক্ষেপে লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৯১। **প্রকৌশল কর্মকাণ্ডে সিরামিক হিসাবে টেরাকোটা, স্যানিটারি সামগ্রী ও শিলাপণ্যের ব্যবহার লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৯২। **কাচ কোথায় কোথায় ব্যবহার হয়? কাচের বহুবিদ ব্যবহার সংক্ষেপে বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৯৩। **রং (পেইন্ট) ও বার্নিশ এর সংজ্ঞা লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯৪। **রঙের প্রয়োজনীয় উপাদানগুলো কী কী এবং এর মাঝে কী প্রয়োজনে রঞ্জক ব্যবহার করা হয়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৯৫। **রঙের মূল উপাদানের (Base) কার্যাবলি লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৯৬। **PVCN সম্পর্কে সংক্ষেপে লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯৭। ডিসটেম্পার কী? এগুলো কোথায় ব্যবহার করা হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৯৮। বার্নিশের মূল উপাদানগুলোর কাজ কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯৯। রঙে বাহনের কাজ সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১০০। ভাল বার্নিশের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১০১। রং ও বার্নিশের মধ্যে তুলনামূলক পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১০২। বার্নিশের ব্যবহারক্ষেত্র লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১০৩। থার্মোপ্লাস্টিকের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০১১(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১০৪। থার্মোসেটিং প্লাস্টিকের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০১১(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১০৫। প্লাস্টিক তৈরিতে মোল্ডিং কম্পাউন্ডগুলো এগুলোতে ব্যবহৃত সামগ্রীর নামসহ লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০৬। থার্মোপ্লাস্টিক ও থার্মোসেটিং প্লাস্টিক এর পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩, ১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১০৭। থার্মোসেটিং ও থার্মোপ্লাস্টিক এর বৈশিষ্ট্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১১(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১০৮। প্লাস্টিক তৈরির প্রেসার মোল্ডিং প্রক্রিয়া লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১০৯। প্লাস্টিক সামগ্রী তৈরিকরণের বিভিন্ন পদ্ধতিগুলোর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১১০। প্রকৌশল ক্ষেত্রে প্লাস্টিক ব্যবহারের সুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১১১। প্লাস্টিকের কাঁচামালগুলোর একটি তালিকা তৈরি কর। [বাকাশিবো-২০১১, ১২(পরি), ১৩, ১৪]
অথবা, প্লাস্টিকের কাঁচামালগুলোর নাম লেখ।
অথবা, প্লাস্টিক তৈরির কাঁচামালগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১১২। কৃত্রিম প্লাস্টিক ও প্রাকৃতিক প্লাস্টিকের মধ্যে স্বাতন্ত্রীকতা সংক্ষেপে লেখ।
অথবা, কৃত্রিম প্লাস্টিক ও প্রাকৃতিক প্লাস্টিকের তুলনামূলক পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১১৩। প্রকৌশল কাজে প্লাস্টিক ব্যবহারের অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১১৪। প্লাস্টিক এর প্রকৌশল ধর্মগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১১৫। প্রকৌশল কাজে প্লাস্টিকের ব্যবহার দিন দিন বাড়তেছে কেন?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

১১৬। **প্লাস্টিকের ব্যবহারক্ষেত্রগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১১৭। **শতকরা হারসহ পিগ আয়রনের উপাদানগুলোর নাম লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১১৮। **ধাতুমলের ব্যবহারক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।** [বাকাশিবো-২০১১]
অথবা, ধাতুমলের ব্যবহার সম্পর্কে লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১১৯। **পিগ আয়রনের তৈরি পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১২০। **ঢালাই লোহার ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর।** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১২১। **ঢালাই লোহা ও পেটা লোহার প্রধান প্রধান বৈশিষ্ট্য কী?** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১২২। **মৃদু ইস্পাত (mild steel) কী কী কাজে ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১২৩। **ধাতুমল ও খনিজ মল কাকে বলে?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১২৪। **স্টেইনলেস ইস্পাতের ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১২৫। **ইস্পাতের দন্তামুণ্ড বলতে কী বুঝায়? এটি কেন করা হয়?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১২৬। **তামার ধর্ম ও ব্যবহারক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১২৭। **দস্তার ধর্ম ও ব্যবহারক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১২৮। **গান মেটাল ও ফিউজ মেটালের ব্যবহার লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

১২৯। **বিয়ারিং মেটাল সম্পর্কে সংক্ষেপে বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৩০। **সিসার ধর্ম ও ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৩১। **বেল মেটাল সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

১৩২। **লোহার আকরিকগুলোর লোহার শতকরা হার উল্লেখপূর্বক নাম লেখ।** [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৩। **কার্বনের পরিমাণ অনুসারে ইস্পাতের শ্রেণিবিভাগ কর।** [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৪। **বিয়ারিং মেটাল কী এবং কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়?** [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৫। **বিভিন্ন ধরনের বাণিজ্যিক ইস্পাতের ব্যবহার লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৬। **অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম ও ব্যবহারক্ষেত্র সংক্ষেপে উদ্ধৃত কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৭। নিকেলের ব্যবহার ও ধর্ম সম্পর্কে সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৮। প্রকৌশল সামগ্রী হিসাবে অ্যালুমিনিয়ামের ৫টি ধর্ম উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৯। অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারে অসুবিধাগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৪০। অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহারগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৪১। অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারে সুবিধাগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

১৪২। শব্দ অন্তরক সামগ্রীর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৩। তাপ অন্তরক সামগ্রীর গুণাবলি লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৪। বিদ্যুৎ অন্তরক সামগ্রীর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৫। অন্তরক সামগ্রীর কার্যাবলি লেখ। [বাকাশিবো-২০১২]
অথবা, অন্তরক সামগ্রীর কাজ কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৬। অন্তরক সামগ্রী হিসাবে অ্যাজবেস্টসের কার্যকারিতা লেখ।
অথবা, অন্তরক সামগ্রী হিসাবে অ্যাজবেস্টস এর ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৭। জিওটেক্সটাইলের অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৮। চুন কলিকরণ প্রক্রিয়া সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪৯। চুনের জমাটবদ্ধতা ও চুন শুষ্ক হওয়া বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৫০। চুন গুদামজাতকরণ সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৫১। ধনিক চুন ও উদক চুনের রাসায়নিক গঠনের পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৫২। চুন ব্যবহারের ক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৫৩। সিমেন্টের গতিবর্ধক অ্যাডমিক্সচারের বৈশিষ্ট্যগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৫৪। সিমেন্টের গতি মন্থরকারী অ্যাডমিক্সচারের বৈশিষ্টগুলো সংক্ষেপে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৫৫। পানিরোধী সামগ্রীর একটি তালিকা উদ্ধৃত কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৫৬। সিমেন্টের গতিবর্ধক অ্যাডমিক্সচারের ব্যবহার ক্ষেত্র উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **সিভিল ইঞ্জিনিয়ারিং ম্যাটেরিয়ালস্ ব্যবহারে সাধারণ বিবেচ্য বিষয়গুলো আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। **প্রকৌশল সামগ্রী নির্বাচনে বিবেচ্য বিষয়গুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **বাংলাদেশে সচরাচর ব্যবহৃত পূর্তকর্ম নির্মাণসামগ্রীর শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **টীকা লেখ ঃ পয়শনের অনুপাত।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **মার্বেল পাথরের পরিচিতি ও প্রাপ্তিস্থান সম্পর্কে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **পাললিক পাথর সম্পর্কে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **ভূতাত্ত্বিকগণের মতে, পাথরের শ্রেণিবিন্যাস কর এবং প্রত্যেকটির বর্ণনা দাও।** [বাকাশিবো-২০১২, ১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮। **পাথরের গঠন প্রকৃতিগত শ্রেণিবিভাগ সম্পর্কে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯। **নির্মাণকাজে ব্যবহার উপযোগী পাথরের বৈশিষ্ট্যগুলো আলোচনা কর।**
অথবা, উত্তম নির্মাণ পাথরের বৈশিষ্ট্যগুলো বর্ণনা কর।
অথবা, ভাল পাথরের গুণাবলি লেখ। [বাকাশিবো-২০১১ (পরি), ১২, ১৩, ১৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১০। **পাথরের উপাদানসমূহের বর্ণনা লেখ।**
বা, পাথরের গুরুত্বপূর্ণ খনিজ পদার্থগুলোর বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১১। **পাথর কেন সজ্জিত করা হয়? চিত্রসহ বিভিন্ন সজ্জিত পাথরের বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১২। **আগ্নেয় পাথরের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। **পাললিক পাথরের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। **রূপান্তরিত পাথরের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। **ইটের কাদার উপাদানগুলোর কার্যাবলি বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। **ইটের কাদার অনিষ্টকর উপাদানগুলোর বর্ণনা দাও।**
অথবা, ইটের কাদায় ক্ষতিকর উপাদানগুলোর ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। **উত্তম ইট তৈরিতে প্রভাববিস্তারকারী বিষয়গুলো আলোচনা কর বা উৎকৃষ্ট ইটের মান কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। **ইটের মাটি নির্বাচনে ফিল্ড টেস্টগুলো বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। **চিত্রসহ পাগমিলের কার্যপ্রক্রিয়া আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২০। **ইট তৈরির বিভিন্ন প্রক্রিয়া আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২১। **চিত্রসহ পাঁজার নির্মাণ ও ইট পোড়ানো পদ্ধতি আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২২। **হফম্যান চুল্লির চিত্রসহ বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। **চিত্রসহ হফম্যান চুল্লির সাহায্যে ইট পোড়ানো পদ্ধতির বর্ণনা দাও।**
অথবা, চিত্রসহ হফম্যান চুল্লির কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। **চিত্রসহ বুলের পরিখা চুল্লির বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। **উৎকৃষ্টমানের ইট কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। **হফম্যান চুল্লির কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।**
অথবা, চিত্রসহ অবিরাম পদ্ধতিতে ইট পোড়ানোর একটি কৌশল বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। **পাগমিলের সাহায্যে মাটি টেম্পারিং করার প্রক্রিয়া চিত্রসহ বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। **একটি পাগমিলের চিত্র অংকন করে বিভিন্ন অংশ দেখাও এবং কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। **উত্তম ইটের মাঠ পরীক্ষা বর্ণনা দাও।**
অথবা, ইট ক্রয়ের সময় কীভাবে প্রথম শ্রেণির ইটকে চিহ্নিত করবে উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। **বুলের পরিখা চুল্লি ও হফম্যান চুল্লির চিত্র অঙ্কন কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। **উৎকৃষ্ট ইটের বৈশিষ্ট্যগুলো আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। **আকার, উৎস অনুযায়ী বালির শ্রেণিবিভাগ আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। **বালিতে বিভিন্ন ধরনের অপদ্রব্যের উপস্থিতি জানার পরীক্ষাগুলোর বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। **বালির F.M. ও মিশ্রিত F.M. ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। **ভাল বালির বিনির্দেশাবলি (Specifications) লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। **নিম্নের তথ্যাদি হতে সিলেট বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর ঃ**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। **নিম্নের তথ্যাদি হতে গোমতীর বালি ও সাভারের বালির মিশ্রিত সূক্ষ্মতাঙ্ক নির্ণয় কর ঃ**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। **একটি নমুনা বালির 1000 গ্রাম প্রমাণ চালুনিগুলোতে চালার পর ৪নং, 16নং, 30নং, 50নং ও 100নং চালুনিতে পুঞ্জীভূত অবশেষ (গ্রামে) পাওয়া গেল যথাক্রমে 10.00, 160.00, 460.00, 860.00 এবং 1000 গ্রাম। ঐ বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। **নিম্নের তথ্যাদি হতে নমুনা বালির F.M নির্ণয় কর ঃ**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৪০। ৪.৩.১ নং অনুচ্ছেদের উদাহরণ-১ নং দ্রষ্টব্য।

৪১। ৪.৩.১ নং অনুচ্ছেদের উদাহরণ-২ নং দ্রষ্টব্য।

৪২। ৪.৩.১ নং অনুচ্ছেদের উদাহরণ-৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। **সিলেট ও দিনাজপুরের দুটি নমুনা বালির মিশ্রিত সূক্ষ্মতাঙ্ক 2.25 এবং মিশ্রিত নমুনাদ্বয়ের মোট ওজন 2000 গ্রাম। যদি নমুনাদ্বয়ের সূক্ষ্মতাঙ্ক যথাক্রমে 2.60 ও 1.90 হয়, তবে প্রতি নমুনার ওজন কত?**

উত্তর সংকেত ৪.৩.১ নং অনুচ্ছেদের উদাহরণ-৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। **নিম্নে 500 গ্রাম ওজনের নমুনা বালির চালুনি বিশ্লেষণ দেয়া হল। বালির সূক্ষ্মতার গুণাঙ্ক নির্ণয় কর ঃ**

উত্তর সংকেত ৪.৩.১ নং অনুচ্ছেদের উদাহরণ-৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪৫। **কালিয়াকৈর ও সুনামগঞ্জের নমুনা বালি একত্রে মিশিয়ে সংযুক্ত FM = 2.54 পাওয়া গেল। যদি কালিয়াকৈর ও সুনামগঞ্জের নমুনা বালির FM যথাক্রমে 2.84 এবং 2.24 হয়, তাহলে কী অনুপাতের নমুনা বালি মিশানো হয়েছিল, নির্ণয় কর।**

উত্তর সংকেত ৪.৩.১ নং অনুচ্ছেদের উদাহরণ-৭ নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। **'ক' নমুনার 400 গ্রাম এবং 'খ' নমুনার 500 গ্রাম বালি বৃটিশ প্রমাণ চালুনিতে চাললে 4নং, 8নং, 16নং, 30নং, 50নং, ও 100 নং চালুনিতে ও প্যানে যথাক্রমে 'ক' নমুনার 0, 50, 190, 103, 47, 0 ও 10 (গ্রামে) অবশেষ থাকে এবং 'খ' নমুনার 10, 73, 106, 91, 200, 12 ও 8 (গ্রামে) অবশেষ থাকে। নমুনাদ্বয়ের সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক কত হবে? 'ক' ও 'খ' নমুনা 2:1 অনুপাতে মিশালে মিশ্রিত সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক কত হবে?**

উত্তর সংকেত ৪.৩.১ নং অনুচ্ছেদের উদাহরণ-৮ নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। **নিচের তথ্যাদি হতে 500 গ্রাম বালির সূক্ষ্মতার গুণাঙ্ক (এফ.এম.) নির্ণয় কর ঃ**

উত্তর সংকেত ৪.৩.১ নং অনুচ্ছেদের উদাহরণ-৯ নং দ্রষ্টব্য।

৪৮। **নিচে 400 গ্রাম ওজনের নমুনা বালির চালুনি বিশ্লেষণ দেয়া হল। বালির সূক্ষ্মতার গুণাঙ্ক (এফ.এম) নির্ণয় কর ঃ**

উত্তর সংকেত ৪.৩.১ নং অনুচ্ছেদের উদাহরণ-১০ নং দ্রষ্টব্য।

৪৯। **500 গ্রাম কুষ্টিয়া বালি আদর্শ চালুনি বিশ্লেষণ করে নিম্নলিখিত ফলাফল পাওয়া গেল। নমুনা বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর ঃ**

উত্তর সংকেত ৪.৩.১ নং অনুচ্ছেদের উদাহরণ-১১ নং দ্রষ্টব্য।

৫০। **নিম্নের তথ্যাদি নমুনা বালির F.M নির্ণয় কর ঃ**

উত্তর সংকেত ৪.৩.১ নং অনুচ্ছেদের উদাহরণ-১২ নং দ্রষ্টব্য।

৫১। **দুটি নমুনা বালির সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক যথাক্রমে 2.40 ও 3.60 এবং এদের মিশ্রিত সূক্ষ্মতা গুণাঙ্ক 2.90 হলে নমুনা বালিদ্বয় কী অনুপাতে মেশানো হয়েছিল? যদি নমুনা বালিদ্বয়ের ওজনের সাথে আয়তন সমানুপাতিক হয় এবং মিশ্রিত নমুনা বালির আয়তন স্বতন্ত্র আয়তনের সমষ্টির 70% হয় এবং মিশ্রিত বালির আয়তন 10 ঘনমিটার হলে কোন নমুনার কী পরিমাণ (আয়তনে) বালি একত্রে মিশানো হয়েছিল?**

উত্তর সংকেত ৪.৩.১ নং অনুচ্ছেদের উদাহরণ-১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫২। **পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের উপাদানগুলোর কার্যাবলি আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫৩। **সিক্ত প্রক্রিয়ায় সিমেন্ট তৈরিকরণ পদ্ধতি আলোচনা কর।**
অথবা, সিমেন্ট প্রস্তুতির ভিজা পদ্ধতি বর্ণনা কর।
অথবা, আর্দ্র পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরির প্রক্রিয়া আলোচনা কর।
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫৪। **সিমেন্ট তৈরির ভেজা পদ্ধতির প্রবাহ চিত্র দেখাও।**
অথবা, প্রবাহ চিত্রের সাহায্যে আর্দ্র পদ্ধতিতে সিমেন্টের প্রস্তুতপ্রণালি বর্ণনা কর।
অথবা, আর্দ্র পদ্ধতিতে সিমেন্ট প্রস্তুতপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫৫। **শুষ্ক পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরিকরণ প্রক্রিয়া আলোচনা কর।**
অথবা, একটি প্রবাহ চিত্রের মাধ্যমে শুষ্ক পদ্ধতিতে সিমেন্ট তৈরির প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫৬। **সিমেন্টের ব্যবহারক্ষেত্র সবিস্তারে আলোচনা কর।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫৭। **বিভিন্ন ধরনের পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের বর্ণনা দাও।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৫৮। **সিমেন্ট তৈরির পদ্ধতিগুলোর পার্থক্য দেখাও।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৫৯। **সিমেন্টের প্রাথমিক জমাটবদ্ধতার সময় নির্ণয়ের পদ্ধতি বিস্তারিত লেখ।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৬০। **হাই-অ্যালুমিনা সিমেন্টের বর্ণনা দাও।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৬১। **প্লাস্টিক টালি ও মোজাইক টালির বর্ণনা দাও।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬২। **বিভিন্ন ধরনের টালির ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬৩। **উৎকৃষ্ট মানের টিম্বারের বৈশিষ্ট্যগুলো আলোচনা কর।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৬৪। **একটা বহিঃবর্ধক বৃক্ষের প্রস্থচ্ছেদ আঁক এবং বিভিন্নাংশের পরিচিতি উল্লেখ কর।**
অথবা, বহিঃবর্ধক বৃক্ষের প্রস্থচ্ছেদ অংকন করে বিভিন্নাংশের বর্ণনা দাও।
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬৫। **টিম্বার পরিশুষ্ককরণের বিভিন্ন ধরনের প্রক্রিয়া আলোচনা কর।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬৬। **ফল্স সিলিং-এ বোর্ড লাগানোর প্রক্রিয়া লেখ।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৬৭। **প্লাইউড তৈরি প্রক্রিয়া লেখ।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৬৮। **ভিনিয়ার তৈরির পদ্ধতিগুলো বর্ণনা কর।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৬৯। **কাচের উপাদানগুলোর শতকরা হার ও ধর্ম সংক্ষেপে লেখ।**
উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৭০। **বিভিন্ন কাজে কাচের ব্যবহার সম্পর্কে আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭১। **পোর্সিলিন তৈরি পদ্ধতি আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭২। **উচ্চমান গ্লেজিং করার প্রক্রিয়া আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭৩। **সিরামিকের ধর্মগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭৪। **সিরামিকের ব্যবহারগুলো লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৭৫। **বিভিন্ন ধরনের মৃৎসামগ্রীর বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৭৬। **গঠনের উপাদানগত দিক হতে কাচের শ্রেণিবিভাগ বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৭৭। **টীকা লেখ ঃ মৃৎসামগ্রীর গ্লেজিং।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৭৮। **রং ও বার্নিশের মধ্যে পার্থক্য লেখ।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

৭৯। **উত্তম রং বা পেইন্ট এর বৈশিষ্ট্যগুলো বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৮০। **রং (পেইন্ট) এর প্রয়োজনীয় উপাদানগুলোর বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮১। **তেল বার্নিশ ও স্পিরিট বার্নিশ এর বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮২। **ডিসটেম্পারের বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮৩। **বার্নিশ কী এবং কোথায় ব্যবহৃত হয়? উৎকৃষ্ট বার্নিশের বৈশিষ্ট্যগুলো বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৮৪। **বিভিন্ন ধরনের পেইন্টের ব্যবহারক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৮৫। **রং লেপনে দোষত্রুটিগুলোর বিস্তারিত বিবরণ দাও।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৮৬। **রঙের প্রস্তুতপ্রণালি বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৮৭। **প্লাস্টিক তৈরির কাঁচামালগুলোর তালিকা তৈরি কর।** [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

৮৮। **প্লাস্টিক এর ধর্ম নির্ধারক উপাদানগুলো সম্পর্কে আলোচনা কর।**
অথবা, প্লাস্টিক এর মোল্ডিং কম্পাউন্ডগুলোর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৮৯। প্লাস্টিকস্ এর প্রকৌশল ধর্মগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১১, ১২(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৯০। থার্মোপ্লাস্টিক ও থার্মোসেটিং প্লাস্টিক এর বৈশিষ্ট্য লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯১। প্লাস্টিক তৈরির ঢালাইকরণ প্রক্রিয়া আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১১(পরি), ১৪(পরি)]

অথবা, প্লাস্টিক সামগ্রীর মোল্ডিং প্রক্রিয়া বর্ণনা দাও।

অথবা, প্লাস্টিক তৈরির পদ্ধতিগুলোর নাম লেখ এবং যে কোন একটি প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৯২। প্রকৌশল সামগ্রী হিসাবে প্লাস্টিক এর ব্যবহারক্ষেত্র সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯৩। লেমিনেটিং প্লাস্টিক তৈরি প্রক্রিয়া চিত্রসহ আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৯৪। প্লাস্টিক প্রস্তুতের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৯৫। প্লাস্টিকের কাঁচামালগুলোর পরিচিতি দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৯৬। থার্মোপ্লাস্টিক ও থার্মোসেটিং প্লাস্টিকের পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৯৭। ঢালাই লোহার ব্যবহারক্ষেত্রের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯৮। পেটা লোহার ব্যবহারক্ষেত্রের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৯৯। মৃদু ইস্পাতের ধর্ম ও ব্যবহারক্ষেত্রের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১০০। বাণিজ্যিক ইস্পাতের বাজার আকার সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১২]

অথবা, বিভিন্ন আকৃতির বাণিজ্যিক ইস্পাতের সচিত্র বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০১। লোহার আকরিকগুলো বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১০২। যে কোন দুটি অলৌহজ ধাতু সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা কর।

অথবা, অলৌহজ ধাতু সম্পর্কে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১০৩। ঢালাই লোহার বৈশিষ্ট্য বা ধর্মগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১০৪। দস্তামুক্তি ইস্পাত সম্পর্কে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১০৫। অ্যালুমিনিয়ামের গুরুত্বপূর্ণ ধর্মগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১০৬। অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১০৭। অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারের সুবিধাসমূহ লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১০৮। নির্মাণসামগ্রী হিসেবে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধা বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১(পরি), ১২, ১৩, ১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১০৯। নির্মাণসামগ্রী হিসাবে অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম ও ব্যবহার বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১১০। অ্যালুমিনিয়াম সামগ্রী কোথায় কোথায় ব্যবহৃত হয় এবং কেন? [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১১১। অন্তরক সামগ্রী হিসাবে অ্যাজবেস্টস এর ব্যবহারক্ষেত্র সবিস্তারে লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ১২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

১১২। অন্তরক সামগ্রীর একটি তালিকা লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ১২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

১১৩। পাঁচটি অন্তরক সামগ্রীর ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ১২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১১৪। জিওটেক্সটাইলের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ১৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

১১৫। জিওটেক্সটাইলের সুবিধা-অসুবিধা লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ১৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

১১৬। ভাল চুনের বৈশিষ্ট্যগুলো আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ১৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

১১৭। চুনের সুবিধা ও অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ১৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

১১৮। পাজোলান অ্যাডমিক্সচারের বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার ক্ষেত্র আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ১৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

১১৯। পানিরোধী সামগ্রীর ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী ১৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

পলিটেকনিকের সকল বই ডাওনলোড করতে
ভিজিটঃ
www.BDeBooks.Com/polytechnic

BDeBooks.com

E-BOOK

www.BDeBooks.com
FB.com/BDeBooksCom
BDeBooks.Com@gmail.com