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) হলো 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 হলো–

(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।

(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 লোহার 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 (Fe_2O_3) : 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 অ্যাসিড 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 করার ফলে রংকরণে খরচ কমে (iv) রঙের ওজনের উন্নয়ন ঘটায় এবং (v) সংকোচন ও ফাটল রোধ করে।

(ঘ) দ্রাবক : এটার প্রধান কাজ রংকে সহজ লেপন উপযোগী তারল্য দান করা। সচরাচর ব্যবহৃত দ্রাবকগুলো হলো তারপিন, স্পিরিট, বেনজিন, ন্যাপথা। বহুল ব্যবহৃত দ্রাবক হলো 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 অনুদ্বায়ী বাহন ও রঞ্জকের আয়তনের সমষ্টির অনুপাতের উপর বিশেষভাবে সম্পর্কীত। এ অনুপাতকে পিগমেন্ট ভলিউম কনসেনট্রেশন নম্বর (PVCN) বলা হয়। একে (PVCN) 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 অনুদ্বায়ী 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

ফেইন্ট পেইন্ট– PVCN 50 হতে 75

নিম্নের ছকে বিভিন্ন বর্ণের জন্য রঞ্জকের তালিকা দেয়া হলো–

বর্ণ	উপাদান
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 হলো–

(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 ভালোভাবে 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 হলো–

(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 শুকানোর 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 এবং ৯.৩ কাঠামোর ভিতরে এবং বাহিরে বিভিন্ন ধরনের রঙের ব্যবহার (Explaination the use of different types of paint in building inside and outside) :

নিচে বিভিন্ন ধরনের পেইন্ট ও এগুলোর ব্যবহার উল্লেখ করা হলো–

(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 গাত্রে, ইস্পাত পৃষ্ঠে এবং আস্তর গাত্রে 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 2 হতে 3 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 কোনো 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) : অন্ত: বা বহির্দেয়ালে পানিরোধী প্রলেপন হিসেবে এগুলো ব্যবহৃত হয়।

পানি বার্নিশ : অ্যামোনিয়া, বোরাক্স, পটাশ, সোডা এর মধ্যে যে-কোনো একটি গালাসহ গরম পানিতে মিশিয়ে এটা তৈরি করা হয়। পেপার, ম্যাপ ইত্যাদিতে এ জাতীয় বার্নিশ ব্যবহার করা হয়।

বার্নিশের বৈশিষ্ট্য : নিম্নে উত্তম বার্নিশের বৈশিষ্ট্যগুলো দেয়া হলো–

(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 কোনো 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 প্রকৃতরূপ প্রদর্শন, অশোষ্য ও মসৃণ পৃষ্ঠ সৃষ্টির জন্য বার্নিশ ব্যবহৃত হয়। এছাড়া রং করা পৃষ্ঠের ঔজ্জ্বল্য প্রদর্শন ও পৃষ্ঠকে সংরক্ষার জন্য বার্নিশ করা হয়।

নিচে বিভিন্ন বার্নিশের ব্যবহার উল্লেখ করা হলো–

(ক) যে সকল ক্ষেত্রে ঘন ঘন পরিষ্কার ও পলিশিং-এর দরকার পড়ে এরূপ বাইরের সামগ্রীতে (যেমন– কাচ, হার্ডওয়্যার 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 মধ্যে পার্থক্য দেয়া হলো :

রং (Paint)	বার্নিশ (Varnish)
১। রঙের উপাদানগুলো হলো– মূল উপাদান বাহন, রঞ্জক, দ্রাবক ও শুষ্কীকর।	১। বার্নিশের উপাদানগুলো হলো– রজন, দ্রাবক ও শুষ্কীকর।
২। রং যে-কোনো 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 প্রকৃতরূপ 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।

এখানে প্রাসঙ্গিকভাবে উল্লেখ্য যে, রং (Paint) ও বার্নিশ (Varnish) উভয়ই নির্মাণ কাঠামোর সামগ্রীর সুরক্ষা প্রলেপন (Protective coating) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। তবে রং বিভিন্ন ঈপ্সিত বর্ণের অস্বচ্ছ পৃষ্ঠ সৃষ্টি করে, পানি সম্পূর্ণ অপ্রবেশ্য পৃষ্ঠ সৃষ্টি করে না এবং প্রলেপিত পৃষ্ঠের প্রকৃতরূপ প্রদর্শন করে না। তাই কাঠের পৃষ্ঠে রং করলে কাঠের পৃষ্ঠের প্রকৃতরূপ কাঠের চিত্তাকর্ষক গ্রেইন ও শ্রীবর্ধক ফিগার প্রদর্শন করে না। যেহেতু বার্নিশ প্রলেপিত পৃষ্ঠের প্রকৃতরূপ প্রদর্শন করে এবং প্রলেপিত পৃষ্ঠের উপর শক্ত, পানি অপ্রবেশ্য, স্বচ্ছ ও টাফ (Tough), আলো প্রতিফলক পৃষ্ঠ আস্তরণ সৃষ্টি করে, তাই কাঠের কাঠামো (গৃহ অভ্যন্তরীণ), আসবাবপত্র, ফার্নিচার ইত্যাদির সুরক্ষা ও প্রকৃতরূপ প্রদর্শনে কাঠের শৈল্পিক, দৃষ্টিনন্দন গ্রেইন ও ফিগার অবলোকনে ও আলোর ঔজ্জ্বল্য বৃদ্ধির জন্য কাঠের কাজে রং নয় বার্নিশ ব্যবহার করা উচিত।

৯.৫ ল্যাকারস-এর বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার (The properties and the uses of lacquers) :

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, ধোঁয়া 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, ক্লক ও অন্যান্য ছোটখাটো যন্ত্রপাতির পৃষ্ঠ প্রলেপনে (Surface coating) এগুলো ব্যবহৃত হয়।

৯.৫.১ 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 হলো–

(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।

৯.৫.২ রং লেপনে দোষত্রুটি :

সাধারণত রং লেপনে (Painting) নিচের দোষত্রুটি দেখা দেয়; যেমন–

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 বুদ্‌বুদ সৃষ্টি হলে এ জাতীয় দোষ দেখা দেয়। রং করা পৃষ্ঠে যদি জলীয় অংশ আটকা পড়ে তবেই এ বুদ্‌বুদ 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 ভালো 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। **গ্রিনিং (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। **স্যাপোনিফিকেশন (Saponificaiton) :** এ দোষের ফলে রং করা পৃষ্ঠে সাবানের দাগের মতো দাগ পড়ে। ক্ষারজাতীয় পদার্থের উপস্থিতিতে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এরূপ দাগ পড়ে।

১৩। **অ্যালিগেটরিং (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।

অধ্যায়-১০

ধাতু এবং প্লাস্টিক
(Metals and Plastic)

১০.১ কনস্ট্রাকশনে ব্যবহৃত সাধারণ ধরনের লোহার নাম (Name the common types of iron used in construction) :

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 একটি খনিজ পদার্থ। লোহার আকরিকগুলো হতে লোহা তৈরি করা হয়। লোহার আকরিকগুলো বিভিন্ন প্রকার অপদ্রব্য মিশ্রিত হয়ে থাকে। প্রাথমিকভাবে নিষ্কাশনের মাধ্যমে লোহার আকরিক হতে পিগ আয়রন পাওয়া যায়। পিগ আয়রন (Pig iron) হতে ঢালাইলোহা (Cast iron), পেটা লোহা (Wrought iron) ও ইস্পাত (Steel) তৈরি করা হয়। এগুলোকে লৌহজ ধাতু (Ferous metal) বলা হয়।

শিল্পকারখানায় ব্যবহৃত লোহার নাম নিম্নে দেয়া হলো–

১। পিগ আয়রন (Pig iron)

২। ঢালাইলোহা (Cast iron)

৩। পেটা লোহা (Wrought iron)

৪। ইস্পাত (Steel)।

লোহা সম্পর্কে জানার পূর্বে আকরিক, খনিজ মল ও বিগালক সম্পর্কে জানার দরকার। তাই এগুলো সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা হলো–

আকরিক (Ore) : ধাতুগুলো প্রকৃতিতে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। এগুলো অক্সিজেন সহযোগে অক্সাইডরূপে, সালফার সহযোগে সালফাইডরূপে এবং কার্বনিক অ্যাসিডের সহযোগে কার্বোনেটরূপে প্রকৃতিতে অবস্থান করে। ধাতুর এ সকল খনিজ যৌগকে আকরিক (Ores) বলা হয়। যে প্রাকৃতিক খনিজ পদার্থ হতে কোনো 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 ও (৫) আয়রন পাইরাইটস।

১। **হেমাটাইট (Fe_2O_3) :** হেমাটাইটের আপেক্ষিক গুরুত্ব 4.8 হতে 5.3 হয়ে থাকে। রেড হেমাটাইটই সাধারণত হেমাটাইট নামে পরিচিত। এতে তাত্ত্বিকভাবে 70% এর মতো লোহা থাকে তবে বাস্তব ক্ষেত্রে সচরাচর 60% 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 3.6 হতে 4 হয়ে থাকে। সাধারণত এগুলো নিষ্কাশনে 30% হতে 55% 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 5.18 এর মতো হয়ে থাকে এবং গলনাঙ্ক 1540 ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড। এগুলো নিষ্কাশনে সাধারণত 60% এর মতো লোহা পাওয়া যায়।

৪। **সাইডারাইট ($FeCO_3$) :** এগুলো গ্রে বা ব্রাউন কার্বনেট বা স্পাথিক লোহার আকরিক নামে পরিচিত। এগুলোর আপেক্ষিক গুরুত্ব 4.5 হতে 5 হয়ে থাকে এবং এগুলো নিষ্কাশন করলে 35% এর মতো লোহা পাওয়া যায়।

৫। **আয়রন পাইরাইটিস্ (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 উদ্বৃত করা হলো–

আকরিক	হেমাটাইট	লিমোনাইট	ম্যাগনেটাইট	সাইডারাইট
লোহার পরিমাণ	65% হতে 75%	30% হতে 55%	55% হতে 65%	30% হতে 40%

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 আকরিক হতে বিগলন প্রক্রিয়ায় পিগ আয়রন উৎপাদন বহুল ব্যবহৃত চুল্লিই ব্লাস্টফার্নেস (Blast furnace)। এটি সিলিন্ডার আকৃতিতে ইস্পাতের খোলকে তৈরি। এটির অন্তঃপৃষ্ঠ অগ্নিরোধক সিলিকা ইটে আস্তরণ করা থাকে। এটির উচ্চতা প্রায় 35–৪ এবং ব্যাস 14–16 মিটার। এতে সর্বোচ্চ তাপমাত্রা নিক্ষেপাতে 1300–1500°C। এতে অন্যান্য প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা ও যন্ত্রপাতি সংযুক্ত লোহার আকরিক এবং আকরিকের মতো আকারে ভাঙা বিগলক (সাধারণত চুনাপাথর) ও জ্বালানি (কোক বা নরম কয়লা) নির্দিষ্ট মিশ্রিত করে উপরের প্রান্তের বেল-কোন ব্যবস্থায় (Bell-cone arrangement) চুল্লিতে দেয়া হয় এবং উচ্চতাপে পুড়িয়ে পিগ আয়রন চুল্লিতে আকরিক পোড়ানোর কালে দুটি কার্য সম্পাদিত হয়– (১) কয়লা পুড়ে CO তৈরি করে এবং আকরিকের অক্সাইড গ্রহণ করে CO নির্গত হয় এবং (২) আকরিক পোড়ানোর কালে যে বিগলক ($CaCO_3$) দেয়া হয় তা অপদ্রব্যের সাথে উচ্চতাপে ক্যালসিয়ামের সিলিকেট অ্যালুমিনেট তৈরি করে। ক্যালসিয়ামের সিলিকেট ও অ্যালুমিনেট লোহা অপেক্ষা হালকা বলে এগুলো গলিত লোহার উপর ভাসতে থাকে। পদ্ধতিতে ভাসমান অপদ্রব্য ও লোহা দুটি পৃথক পথে চুল্লি হতে বের করে আনা হয়। ভাসমান অপদ্রব্যকে ধাতুমল এবং এ লোহাকে পিগ আয়রন বলা হয়। গলিত অবস্থায় এ পিগ আয়রনকে বড় বড় ছাঁচে ঢালাই করে নেয়া হয় এবং ঠান্ডা করে পরবর্তী ব্যবহারে রেখে দেয়া হয়। ধাতুমল ঠান্ডা হওয়ার পর পাথরের ন্যায় শক্ত হয়। পিগ আয়রনে 92% হতে 94% লোহা, 4% হতে 5% কার্বন, 1% হতে সিলিকন, 1% হতে 2% ম্যাঙ্গানিজ এবং 1% হতে 2% অন্যান্য অপদ্রব্য থাকে। ধাতুমলে 40% হতে 45% চুন, 30% হতে 35% সিলিকা হতে 12% অ্যালুমিনা এবং 6% হতে 8% অন্যান্য অপদ্রব্য থাকে। যেহেতু পিগ আয়রন কোনো প্রকৌশল কাজে ব্যবহার করা যায় না এগুলো প্রকৌশল কাজের উপযোগী লোহা– ঢালাইলোহা, পেটা লোহা, ইস্পাত তৈরিতে কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহার করা হয়, তাই পিগ আয়রন কাঁচা লোহা বলা হয়।

পিগ আয়রনের ব্যবহার : এগুলো ঢালাইলোহা, পেটা লোহা ও ইস্পাত তৈরির কাজে ব্যবহার করা হয়। এগুলো লোহার সর্ব নিম্নমান অবস্থা। এগুলোকে কোনো 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।

ঢালাইলোহা : পিগ আয়রন পুনর্গলনে ঢালাইলোহা পাওয়া যায় এবং একে নির্দিষ্ট আকারের ছাঁচে ঢালাই করে ঈপ্সিত রূপ দেয়া হয়।

ঢালাইলোহার ধর্ম : ঢালাইলোহা 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 কাটা 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 কার্বন পরিমাণ 3% হতে 5%। এগুলোর গলনাঙ্ক 1200°সে. এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 7.20। এগুলো ফোর্জযোগ্য নয় এবং অতিকষ্টে ওয়েল্ড করা যায়।

পেটা লোহা : পেটা লোহা প্রায় বিশুদ্ধ লোহা। এতে 0.25 শতাংশের কম কার্বন এবং অল্প পরিমাণ ধাতুমল মিশ্রিত থাকে। পিগ আয়রন পিগ পুডলিং বা প্যাডলিং পদ্ধতিতে শোধিত ও কার্বনমুক্ত করে পেটা লোহা প্রস্তুত করা হয়।

পেটা লোহার ধর্ম : পেটা লোহার গঠন আঁশালো, প্রায় 1650° ফাঃ তাপে ফোর্জযোগ্য, এর গলনাঙ্ক 2800° ফাঃ। এগুলোকে বাঁকা যায়, অস্থায়ী চুম্বকত্ব দেয়া যায়। এগুলোতে ঢালাইলোহা অপেক্ষা দ্রুত মরিচা পড়ে এবং লবণের পানিতে আক্রান্ত হয়। এগুলোতে কার্বন পরিমাণ 0.12% এবং ধাতুমল 1% হতে 2% থাকতে পারে।

১০.২ পেটা লোহা ও ঢালাইলোহার 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।
(v) এগুলো ইস্পাত তৈরির কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ঢালাইলোহার (Cast iron) ব্যবহার :

(i) যদিও ঢালাইলোহার 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 প্রেটিংস ইত্যাদি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

১০.৩ 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 কোনো প্রভাব ফেলে না, শুধুমাত্র লোহা ও কার্বনেরই প্রাধান্য থাকে। তাই এ ইস্পাতকে সাধারণ কার্বন ইস্পাত (Plain carbon steel) বলা হয়। ইস্পাত ঢালাইলোহা ও পেটা লোহা হতে তৈরি করা হয় এবং এতে কার্বনের পরিমাণ উক্ত লোহাদ্বয়ের কার্বনের পরিমাণের মাঝামাঝি। সে মতে ০.15% হতে 1.5% 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 লোহায় 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 0.15% এর কম।

(ii) **মাইল্ড স্টিল (Mild steel)** : কার্বনের পরিমাণ 0.15% হতে 0.30%।

(iii) **মিডিয়াম কার্বন স্টিল (Medium carbon steel)** : কার্বনের পরিমাণ 0.30% হতে 0.80%।

(iv) **হাই-কার্বন স্টিল (High-carbon steel)** : কার্বনের পরিমাণ 0.80% হতে 1.5%।

(মাইল্ড স্টিল ও হাই-কার্বন স্টিলই মূলত বিল্ডিং অ্যান্ড স্ট্রাকচারাল ইঞ্জিনিয়ারিং-এ ব্যবহৃত হয়।)

১০.৩.১ 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 Institution), 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 হলো। এখানে উল্লেখ্য, টেবিলটির একাংশ সংক্ষিপ্ত করে নিম্নে দেখানো হলো–

(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

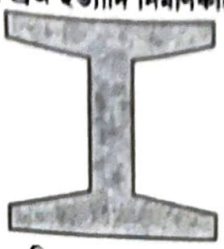
উপরোক্ত টেবিলে ব্যবহৃত বিভিন্ন সংকেত অর্থ :

A = বেসিক ওপেন হার্থ অ্যালয় স্টিল
B = অ্যাসিড বেসিমার কার্বন স্টিল
C = বেসিক ওপেন হার্থ কার্বন স্টিল
D = অ্যাসিড ওপেন হার্থ কার্বন স্টিল
E = ইলেকট্রিক ফারনেস স্টিল
NE = জাতীয় প্রয়োজনে ব্যবহৃত আদর্শ ইস্পাত
Q = ফোর্জিং করার যোগ্য

} (সর্ববামের কলামে)

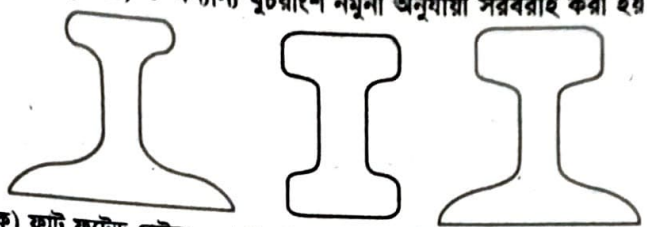
C = কার্বনের পরিমাণ (%)
Mn = ম্যাঙ্গানিজের পরিমাণ (%)
P = ফসফরাসের পরিমাণ (%)
S = সালফারের পরিমাণ (%)
Si = সিলিকার পরিমাণ (%)
Ni = নিকেলের পরিমাণ (%)
Cr = ক্রোমিয়ামের পরিমাণ (%)
Mo = মলিবডেনামের পরিমাণ (%)

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 : ১০.৫ রোলড জয়েস্ট

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।

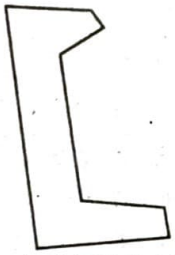


(ক) ফ্লাট ফুটেড রেইল (খ) ডাবল হেডেড রেইল (গ) বুল হেডেড রেইল

চিত্র : ১০.৬ রেইল

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 : ১০.৭ বাল্ব অ্যাঙ্গেল ও বাল্ব টি

ব্যবহার : বাল্ব অ্যাঙ্গেল ও বাল্ব টি নৌ-জাহাজ নির্মাণে ব্যবহার করা হয়।

৮। **প্লেট (Plate) :** 1 সেমি হতে 2.5 সেমি পুরুত্বের ইস্পাতের পাত বাজারে পাওয়া যায়।

চিত্র : ১০.৮ প্লেট

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 2 হতে 3 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।

১০.৪ মৃদু ইস্পাত, সংকর ইস্পাত ও স্টেইনলেস ইস্পাত (Mild steel, alloy steel & stainless steel) :

মৃদু ইস্পাত (Mild steel)-এর ধর্ম : এগুলোতে 0.15% হতে 0.30% 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 1400°সে. এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 7.80।

ব্যবহার : মৃদু ইস্পাত প্রায় সকল নির্মাণকাজেই ব্যবহার করা হয়। বিশেষভাবে ব্রিজ, ইমারত, রেল, আরসিসি, রিভিট, তার, তারের রশি, টেউটিন ইত্যাদি তৈরির কাজে এটি ব্যবহার করা হয়।

মাঝারি কার্বন ইস্পাত (Medium carbon steel) এর ধর্ম : এতে কার্বনের পরিমাণ 0.30% হতে 0.80% 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 0.8% হতে 1.5% কার্বন বিদ্যমান থাকে। নমনীয় ইস্পাতের অপরূপর ধর্মসহ 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।

সংকর ইস্পাত (Alloy steel) : 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 করা হয় এবং 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 চর্তুসংকর ইস্পাত বলা হয়।

যেহেতু সাধারণ ইস্পাত কতকগুলো বিশেষ ধরনের কার্য পরিধিতে ব্যবহার করা যায় না, তাই (ক) হিট ট্রিটমেন্ট অপারেশন সরল ও সস্তা 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 হলো–

অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium) : অ্যালুমিনিয়াম 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 ভালোভাবে 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 অবসাদ 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 হট শর্ট (hot short) বা রেড শর্ট (red short) তৈরি হয় না (যা প্রধানত 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 হলো–

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 :

১। মনেল মেটাল (Monel metal) : এগুলো ইস্পাতের ন্যায় শক্তিধর এবং ঘাতসহনীয়। এগুলো 67% নিকেল, 28% কপার, 3% লোহা, ম্যাঙ্গানিজের সহযোগে তৈরি। এগুলোর ক্ষয় ও পানি আক্রান্তরোধী গুণ ইস্পাতের চেয়ে অধিক। এগুলো উচ্চ তাপরোধী।

২। স্টেইনলেস ইস্পাত (Stainless steel) : প্রধানত দু'ধরনের স্টেইনলেস ইস্পাত ব্যবহার করা হয়ে থাকে, যথা–

(i) ক্রোম-নিকেল স্টেইনলেস ইস্পাত ও

(ii) ক্রোম-স্টেইনলেস ইস্পাত।

(i) 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 11.5 হতে 24% ক্রোমিয়াম, 8 হতে 14% নিকেল এবং 0.08 হতে 0.20% কার্বন থাকে। এ ইস্পাত ক্ষয়রোধী, স্বাভাবিক আবহাওয়ায় মরিচাক্রান্ত হয় না এবং সাধারণ অ্যাসিডেও আক্রান্ত হয় না। এগুলো অধিক টান শক্তিসম্পন্ন এবং ওজনে হালকা। এগুলো পৃষ্ঠ প্রলেপ সামগ্রী (Surfacing materials) হিসেবে খুবই আকর্ষণীয়।

(ii) ক্রোম স্টেইনলেস ইস্পাত : এ ইস্পাত উচ্চ শক্তিসম্পন্ন এবং মধ্যমমানের ক্ষয়রোধী। এগুলোতে ক্রোমিয়ামের পরিমাণ 10%–44% থাকে।

ব্যবহার : যানবাহনের ঘুমনালির ধারক, তাপ নিয়ন্ত্রণ ভালভ, শ্যাফট ইত্যাদি তৈরি করতে এগুলো ব্যবহার করা হয়। এতদভিন্ন রান্নাবান্নার সামগ্রী, ছুরি, কাঁচি ইত্যাদি তৈরিতেও এগুলোর ব্যবহার দেখা যায়।

৩। নিকেল ইস্পাত (Nickel steel) : 0.15% হতে 0.50% কার্বন সম্পন্ন লোহার সাথে 1% হতে 4.5% 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। 0.20% হতে 1.5% কার্বন সম্পন্ন ইস্পাতের সহিত 0.5% হতে 2% ক্রোমিয়ামের সংমিশ্রণে এ ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়। ক্রোমিয়ামের সাথে সিমেন্টাইটের সংমিশ্রণে ডাবল কারবাইড সৃষ্টির ফলে ক্রোমিয়াম ইস্পাত কাঠিন্য লাভ করে। 0.60% হতে 0.90% কার্বন সম্পন্ন ইস্পাতের সহিত প্রায় 0.50% ক্রোমিয়ামের সংমিশ্রণে তৈরি ক্রোমিয়াম ইস্পাত বাটালি, রেত, ড্রিলবিট, স-ব্লেড, ক্রাশিং-এর যন্ত্র তৈরিতে ব্যবহার করা হয়।

৫। টাংস্টেন ইস্পাত (Tungsten steel) : 18% টাংস্টেন, 4% ক্রোমিয়াম ও 1% 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) : 1.5% কার্বন সম্পন্ন স্টিলই হাই-কার্বন স্টিল বা টুলস স্টিল। তবে পাঞ্চ, হ্যামার, বাটালজাতীয় টুলস এর জন্য সাধারণত 0.90% কার্বন এবং ডাই, ড্রিল, ফাইল, স ও গর্ত করার টুলস এ 1.50% কার্বনের টুলস স্টিল বা হাই-কার্বন স্টিল ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এগুলো 1400°F হতে 1800°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। কোনো কোনো 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।

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 1.80 মিটার, 2.20 মিটার, 2.50 মিটার, 2.80 মিটার ও 3.20 মিটার এবং প্রমাণ প্রস্থ 0.80 মিটার। প্রতি টিনে সাধারণত ঢেউ সংখ্যা 10 এবং ঢেউয়ের গভীরতা 18 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 (BWG = Birmingham Wire Gauge) বা স্ট্যান্ডার্ড ওয়্যার গেজ (SWG = Standard Wire Gauge)-এ প্রকাশ করা হয়। আমাদের বাজারগুলোতে সাধারণত BWG মাপের ঢেউটিন বিক্রি হয়। বাজারে সচরাচর 18 গেজি (1.25 মিমি), 20 গেজি (1.00 মিমি), 22 গেজি (0.80 মিমি), 24 গেজি (0.63 মিমি) ইত্যাদি পুরুত্বের ঢেউটিন পাওয়া যায়। এর মধ্যে 24 গেজি ঢেউটিনের কুইন্টাল বান্ডেলের দৈর্ঘ্য 21.5 মিটার হতে 22.5 মিটার হয়ে থাকে। সে মতে 3.2 মিটার দৈর্ঘ্যের 7 খানা বা 2.8 মিটার দৈর্ঘ্যের 8 খানা বা 2.5 মিটার দৈর্ঘ্যের 9 খানা বা 2.2 মিটার দৈর্ঘ্যের 10 খানা বা 1.8 মিটার দৈর্ঘ্যের 12 খানা টিনে এক বান্ডেল হয়ে থাকে।

ব্যবহার : সচরাচর দস্তামুণ্ডিত ঢেউটিন ছাউনির কাজে এবং দস্তামুণ্ডিত সমতল টিন পার্টিশনের কাজে ব্যবহার করা হয়। এতদভিন্ন দস্তামুণ্ডিত স্ক্রু, ঢাকনি, ইত্যাদিও নির্মাণকাজে ব্যবহার করা হয়।

১০.৬.১ নির্মাণসামগ্রী হিসাবে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারে সুবিধা এবং অসুবিধাসমূহ (Advantages & disadvantages of using aluminium as construction materials) :

নিম্নে নির্মাণসামগ্রী হিসাবে অ্যালুমিনিয়ামের সুবিধাসমূহ উল্লেখ করা হলো–

(ক) হালকা বিধায় নির্মাণে ভার কম পড়ে।
(খ) আসবাবপত্র, সৌন্দর্যবর্ধক কাঠামো নির্মাণ সহজ এবং দামে সস্তা।
(গ) আবহাওয়া অ্যালুমিনিয়ামের উপর তেমন প্রভাব ফেলে না বলে এগুলোর নির্মিত কাঠামোর স্থায়িত্বকাল অধিক।
(ঘ) স্থানান্তরযোগ্য কাঠামো যেমন– সিঁড়ি, চেয়ার, টেবিল, ব্রিজ (যুদ্ধের), 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 ক্ষেত্র লোডের পরিমাণও কম হয়।
(চ) খাদ্য ও পানীয় প্রক্রিয়াজাতকরণে অ্যালুমিনিয়ামের পাতলা শিটের প্যাকেট দীর্ঘদিন খাদ্যপানীয় নিষ্কলুষ রাখে এবং পুষ্টিমান অক্ষুণ্ন থাকে।
(ছ) অ্যালুমিনিয়াম পেইন্ট বেশ স্থায়ী ও সৌন্দর্যবর্ধক সংরক্ষণকারী প্রলেপন হিসাবে কার্যকর ভূমিকা পালন করে।

নিম্নে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহারে অসুবিধাসমূহ উল্লেখ করা হলো–

(ক) অ্যালুমিনিয়াম যেহেতু হালকা তাই ভারী কাঠামোর ভারবহনে সক্ষম নয়।
(খ) যেহেতু অ্যালুমিনিয়ামে ঝালাই করা (Soldered) যায় না, তাই একবার কোনো কাঠামো ফেটে বা ভেঙে গেলে জোড়াতালি দেয়া যায় না।
(গ) অ্যালুমিনিয়ামের কাঠিন্য কম বিধায় কাঠামোর পৃষ্ঠে আঁচড়ের দাগ পড়ে।

১০.৭ প্লাস্টিক এবং লেমিনেটিং প্লাস্টিকের মধ্যে তুলনা (Compare between plastic and laminatinating plastice) :

প্লাস্টিক।

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 1909 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 মাত্রার 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।

লেমিনেটিং প্লাস্টিক :

যে পদ্ধতিতে প্লাইউড, কাপড়, কাগজের শিট, গ্লাস ফেব্রিক, মেটাল ফয়েল ইত্যাদির পৃষ্ঠে হালকা প্লাস্টিকের আবরণে প্রলেপিত করা হয়, তাকে প্লাস্টিক লেমিনেটিং বলা হয়। প্লাইউড কাপড় কাগজের শিট মেটাল ফয়েল, গ্লাস ফেব্রিক ইত্যাদির স্থায়িত্বতা ও শক্তি বৃদ্ধি, আবহরোধিতা ও আর্দ্রতারোধী এবং সৌন্দর্যবর্ধক শিট তৈরির উদ্দেশ্যে এগুলো লেমিনেশন করা হয়।

প্লাস্টিক বেইসড্ লেমিনেটকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

(ক) উচ্চচাপে লেমিনেট (High pressure Laminates)
(খ) কম চাপে লেমিনেট (Low pressure Laminates)।

১০.৭.১ প্লাস্টিক তৈরির কাঁচামাল (Raw materials for plastic) :

নিচে প্লাস্টিক তৈরির কাঁচামালগুলোর তালিকা দেয়া হলো–

(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, ফ্লেসপার, 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 210° 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 43° সে. এবং স্ফুটনাঙ্ক 183° 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 অ্যাসিডের 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 145° সে.।

(জ) **প্রোপাইলিন :** এগুলো বর্ণহীন গ্যাস। এগুলো প্রধানত অ্যাসিটন পরিষ্কারক, লুব্রিক্যান্ট ও প্লাস্টিক তৈরির কাজে ব্যবহৃত হয়। এগুলোর স্ফুটনাঙ্ক 185° সে. এবং গলনাঙ্ক 148° সে.।

(ঝ) **ইথিলিন :** এগুলো ইথেন ও প্রপেন হতে উৎপন্ন বর্ণহীন গ্যাস। এগুলো পলিথিলিন প্লাস্টিক তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। এগুলোর গলনাঙ্ক 104° সে. এবং স্ফুটনাঙ্ক 170° সে.।

(ঃ) **মেলামাইন :** এগুলো ক্যালসিয়াম কার্বাইড হতে পাওয়া যায়। এগুলো হতে ইউরিয়া ফরমালডিহাইড, অ্যালকাইড, কেসিং, পলিস্টার ইত্যাদি থার্মোসেটিং প্লাস্টিক তৈরি করা হয়।

১০.৭.২ 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 হলো– (ক) প্রভাবক (খ) পূরক সামগ্রী (গ) কাঠিন্য দানকারী সামগ্রী (ঘ) ডাই অ্যান্ড পিগমেন্ট (ঙ) লুব্রিক্যান্ট (চ) দ্রাবক (ছ) প্লাস্টিসাইজার। নিচে এগুলোর সংক্ষিপ্ত পরিচিতি দেয়া হলো–

(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 কোনোক্রমে 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 হলো–

(i) প্লাস্টিক সামগ্রী ওজনে হালকা, স্থানান্তর সহজ এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.3 হতে 1.4।
(ii) এগুলো অধিকাংশ রাসায়নিক দ্রব্যের সাথে বিক্রিয়া করে না।
(iii) এগুলো ক্ষয়রোধী।
(iv) এগুলো বিদ্যুৎ অপরিবাহী এবং বিদ্যুৎ অন্তরক (insulator)।
(v) এগুলো যে-কোনো 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।

১০.৮ থার্মোসেটিং প্লাস্টিক এবং থার্মোপ্লাস্টিক-এর বৈশিষ্ট্য (Characteristics of thermosetting plastics & thermoplastics) :

প্লাস্টিকের সাধারণ নির্বাচন অনুযায়ী এগুলো (ক) থার্মোসেটিং (খ) থার্মোপ্লাস্টিক– এ দুই শ্রেণির যে-কোনো এক শ্রেণিভুক্ত করে থার্মোপ্লাস্টিক তাপে নরম হয় এবং এগুলোকে পুনরায় যে-কোনো ঈপ্সিত আকার-আকৃতিতে ঢালাই করা যায় এবং এগুলোতে মূল ধর্মাবলি অক্ষুণ্ণ থাকে। এগুলোর যান্ত্রিকবন্ধন শক্তি হ্রাস পেলে নরম হয় বিধায় এগুলোর তৈরি সামগ্রী নমনীয় হয়। 150°ফাঃ এর অধিক বা 40°ফাঃ এর কম তাপমাত্রায় এগুলোর ব্যবহার অনুমোদিত নয়। এগুলো পুনঃপুন ব্যবহারে লাগানো যায়। তাই এগুলোর ক্র্যাপের মূল্য আছে। অ্যাক্রাইলিক, 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 ক্র্যাপের পুনঃব্যবহার করা বিধায় এগুলোর ক্র্যাপের মূল্য নেই। সচরাচর ব্যবহৃত থার্মোসেটিং প্লাস্টিকগুলো হলো– (ক) মেলামাইন (খ) ফেনল ফরমালডিহাইড রেজিন (ব্যাকেলাইট), (গ) ইউরিয়া ফরমালডিহাইড, (ঘ) ডুরাপ্লেক্স (Duraplex), (ঙ) ইপক্সি (epoxy) রেজিন ইত্যাদি।

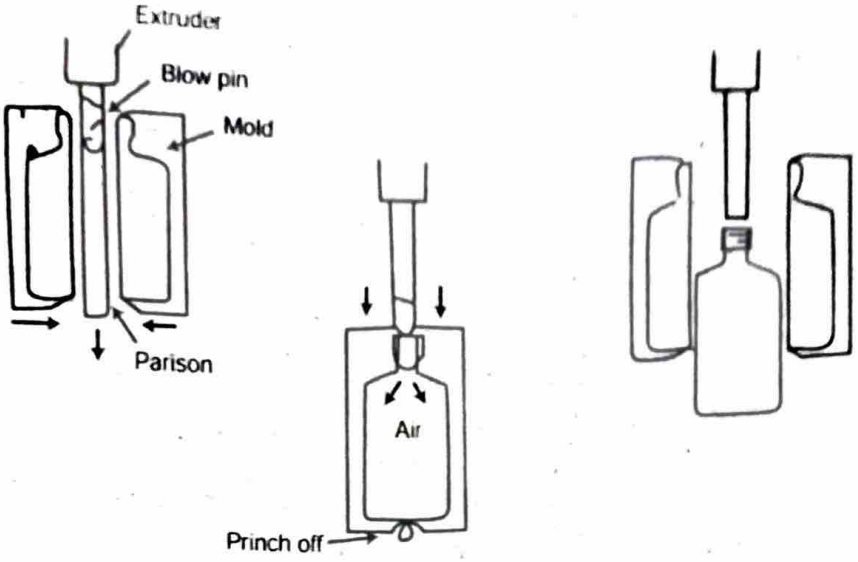
নিম্নে থার্মোসেটিং প্লাস্টিক ও থার্মোপ্লাস্টিক এর বৈশিষ্ট্যগুলো উল্লেখ করা হলো–

	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 ক্র্যাপের মূল্য নেই।	৬।	এগুলোর ক্র্যাপের 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 ইত্যাদি এগুলোর উদাহরণ।	৯।	অ্যাক্রাইলিক, পলিস্টারিন, পলিভিনাইল ক্লোরাইড, পলিইথিলিন, নাইলন, সেলুলোজ অ্যাসিটেট, সেলুলোজ অ্যাসিটেট বুটেরেট, সেলুলোজ নাইট্রেট ইত্যাদি এগুলোর উদাহরণ।

১০.৮.১ 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।

(ঘ) ব্লো মোল্ডিং (Blow moulding) : ব্লো মোল্ডিং পদ্ধতিতে প্লাস্টিকস্ এর ফাঁপা সামগ্রী যেমন– বোতল, কলম, পানির গ্লাস, জগ, মগ, কেশের 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 : ১০.৯ (ঘ) ব্লো মোল্ডিং

(ঙ) কাস্টিং (Casting) : কাস্টিং পদ্ধতি অনেকটা ধাতুর ঢালাই পদ্ধতির মতো। এতে কোনোরূপ চাপের দরকার হয় না। এ পদ্ধতিতে কোনো কোনো 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।

১০.৮.৩ 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 ইত্যাদি তৈরিতে।
৯। সেলুলোজ অ্যাসিটেট (Cellulose acetate)	ফটোফিল্ম, চশমার ফ্রেম, খেলনা, রেকর্ডিং ডিস্ক ইত্যাদি তৈরিতে।
১০। সেলুলোজ নাইট্রেট (Cellulose nitrate)	ফটোফিল্ম, বার্নিশ, যন্ত্রপাতির হাতল ইত্যাদি তৈরিতে।

প্লাস্টিক-এর নাম	ব্যবহার
১১। অ্যাক্রাইলিক (Acrylics)	যানবাহনের জানালার শিট, সৌন্দর্যবর্ধক কেস, প্রতিফলক, বাতিদানি ইত্যাদি তৈরিতে।
১২। সেলুলোজ অ্যাসিটেট 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।

১০.৮.৪ বিভিন্ন প্রকৌশল ক্ষেত্রে প্লাস্টিক ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ :

বিভিন্ন প্রকৌশল ক্ষেত্রে প্লাস্টিক ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ নিম্নে দেয়া হলো–

(ক) সুবিধাসমূহ :

১। এগুলো আবহক্রিয়ায় আক্রান্ত হয় না এবং এগুলোতে পচন ধরে না।
২। এগুলো সহজে ঘাত (Shock) সহ্য করতে পারে।
৩। এগুলো যে-কোনো 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।