অধ্যায়-৮ সংকর ইস্পাতের ব্যবহার

SOS অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। টুল স্টিল কী?** বাকাশিবো- ২০১১'পরি, ১৫, ২০'পরি, ২২'পরি

উত্তর ঃ যে কার্বন বা সংকর ইস্পাত দিয়ে ধাতু বা অন্য বস্তু কাটার, আকার দেওয়ার বা গঠন করার যন্ত্র (টুল) তৈরি করা হয় এবং যা অত্যন্ত শক্ত, তাপ ও ক্ষয়প্রতিরোধী, তাকে টুল স্টিল বলে।

***** ২। পাওয়ার প্লান্টে ব্যবহৃত দুটি বিশেষ ইস্পাতের নাম লেখ।**

বাকাশিবো- ২০২৩'পরি

উত্তর ঃ ১. ক্রোমিয়াম-মলিবডেনাম স্টিল (Chromium-Molybdenum Steel) – বয়লার টিউব ও স্টিম পাইপে ব্যবহৃত হয়। ২. স্টেইনলেস স্টিল (Stainless Steel) – টারবাইন ব্লেড ও হিট এক্সচেঞ্জারে ব্যবহৃত হয়।

***** ৩। ধাতুর স্পেসিফিকেশন বলতে কী বুঝায়? ।**

বাকাশিবো- ২০১১'পরি, ১৪, ১৮'পরি, ২০

উত্তর ঃ ধাতুর ধরন, রাসায়নিক উপাদান, যান্ত্রিক গুণাগুণ এবং গ্রেড বা মান সুনির্দিষ্টভাবে প্রকাশ করার কারিগরি বিবরণকে ধাতুর স্পেসিফিকেশন বলে।

SOS সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। কী কী গুণের জন্য সংকর ইস্পাত অধিক ব্যবহৃত হয়?**

বাকাশিবো- ২০১৯, ২০, ২২, ২৩

উত্তর ঃ সাধারণ কার্বন ইস্পাতের তুলনায় সংকর ইস্পাত বা অ্যালয় স্টিলের যান্ত্রিক ও ভৌত গুণাগুণ অনেক উন্নত হওয়ায় শিল্পক্ষেত্রে এটি অধিক ব্যবহৃত হয়। নিচে এর প্রধান গুণগুলো দেওয়া হলো:

১. উচ্চ কঠোরতা ও শক্তি (High Strength & Hardness): সংকর ইস্পাত সাধারণ ইস্পাতের চেয়ে অনেক বেশি ভার এবং আঘাত সহ্য করতে পারে।

২. ক্ষয় প্রতিরোধ ক্ষমতা (Corrosion Resistance): ক্রোমিয়াম ও নিকেল থাকার কারণে এতে সহজে মরিচা ধরে না।

৩. রেড হার্ডনেস (Red Hardness): উচ্চ তাপমাত্রায় কাজ করার সময়ও এটি নরম হয়ে যায় না।

৪. হার্ডেনিবিলিটি (Hardenability): তাপ শোধনের সময় এই ইস্পাতের অনেক গভীর পর্যন্ত সুষমভাবে শক্ত করা যায়।

৫. ওয়্যার রেজিস্ট্যান্স (Wear Resistance): এটি সহজে ক্ষয়প্রাপ্ত হয় না, তাই দীর্ঘস্থায়ী হয়।

৬. ক্রিপ রেজিস্ট্যান্স (Creep Resistance): উচ্চ তাপমাত্রায় দীর্ঘক্ষণ লোড বা চাপে থাকলেও এটি বেঁকে যায় না।

**** ২। শিল্পকারখানায় সংকর ইস্পাত অধিক ব্যবহারের কারণ ব্যাখ্যা কর।**

বাকাশিবো- ২০০৭, ২১, ২৩'পরি

উত্তর ঃ শিল্পকারখানায় সাধারণ কার্বন ইস্পাতের তুলনায় সংকর ইস্পাত ব্যবহারের প্রধান কারণগুলো নিচে দেওয়া হলো:

১. উচ্চ যান্ত্রিক শক্তি (High Mechanical Strength): সাধারণ ইস্পাতের তুলনায় সংকর ইস্পাতের টেনসাইল স্ট্রেন্থ ও কঠোরতা অনেক বেশি, যা ভারি লোড বহনে সক্ষম।

২. ক্ষয় বা মরিচা প্রতিরোধ (Corrosion Resistance): ক্রোমিয়াম ও নিকেল মেশানোর ফলে এই ইস্পাত সহজে বাতাসের আর্দ্রতা বা এসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় না (যেমন: স্টেইনলেস স্টিল)। ফলে এর স্থায়িত্ব অনেক বেশি।

৩. তাপ সহনশীলতা (Heat Resistance): উচ্চ গতিতে কাজ করার সময় বা ফার্নেসের উচ্চ তাপমাত্রায় সাধারণ স্টিল নরম হয়ে যায়, কিন্তু সংকর ইস্পাত (যেমন: টাংস্টেন যুক্ত হাই-স্পিড স্টিল) তার কঠোরতা বজায় রাখতে পারে। একে 'রেড হার্ডনেস' বলে।

৪. পরিধান রোধ ক্ষমতা (Wear Resistance): গিয়ার, শ্যাফ্‌ট বা বিয়ারিং-এর মতো যন্ত্রাংশগুলোতে ঘর্ষণজনিত ক্ষয় কমানোর জন্য সংকর ইস্পাত অপরিহার্য।

৫. হার্ডেনাবিলিটি (Hardenability): সংকর ইস্পাতকে তাপ শোধনের মাধ্যমে অনেক গভীর পর্যন্ত শক্ত বা হার্ডেনিং করা যায়, যা সাধারণ কার্বন স্টিলে সম্ভব নয়।

***** ৩। পাওয়ার প্লান্টে ব্যবহৃত স্টিলের কী কী গুণ থাকা আবশ্যক?**

বাকাশিবো- ২০০৭, ০৯, ১১'পরি, ১৩, ১৫, ২২'পরি, ২৩, ২৪

উত্তর ঃ পাওয়ার প্লান্টের বয়লার, টারবাইন এবং পাইপলাইনে ব্যবহৃত স্টিলের অত্যন্ত কঠোর পরিবেশে কাজ করতে হয়। তাই এতে নিচের গুণগুলো থাকা আবশ্যক:

১. উচ্চ তাপমাত্রা সহনশীলতা (High Temperature Strength): উচ্চ তাপেও (প্রায় 500°C - 600°C) স্টিলের শক্তি অটুট থাকতে হবে।

২. ক্রিপ রেজিস্ট্যান্স (Creep Resistance): উচ্চ তাপমাত্রা ও চাপে দীর্ঘসময় কাজ করার ফলে স্টিলটি যেন ধীরে ধীরে প্রসারিত না হয় বা বেঁকে না যায়, তার ক্ষমতা থাকতে হবে।

৩. জারণ ও ক্ষয় প্রতিরোধ ক্ষমতা (Oxidation and Corrosion Resistance): বাষ্প, পানি এবং দহন গ্যাসের সংস্পর্শে যেন স্টিলে মরিচা না পড়ে বা ক্ষয় না হয়।

৪. থার্মাল ফেটিগ রেজিস্ট্যান্স (Thermal Fatigue Resistance): বারবার তাপমাত্রা বাড়লে বা কমলে যেন স্টিলে ফাটল না ধরে।

৫. উত্তম ঝালাই যোগ্যতা (Good Weldability): মেরামতের সুবিধার্থে এবং পাইপলাইন তৈরির জন্য এটি সহজে ঝালাইযোগ্য হতে হবে।

SOS রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

***** ১। শিল্পকারখানায় সংকর ইস্পাত ব্যবহারের কারণ উল্লেখ কর।**

বাকাশিবো- ২০০৭, ১৪, ১৬

উত্তর ঃ সাধারণ কার্বন ইস্পাতের (Plain Carbon Steel) সাথে নির্দিষ্ট অনুপাতে এক বা একাধিক সংকর উপাদান (যেমন: ক্রোমিয়াম, নিকেল, টাংস্টেন, ভ্যানাডিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ ইত্যাদি) মিশিয়ে যে ইস্পাত তৈরি করা হয়, তাকে সংকর ইস্পাত বা অ্যালয় স্টিল বলে। আধুনিক শিল্পকারখানায় সাধারণ ইস্পাতের চেয়ে সংকর ইস্পাতের ব্যবহার অনেক বেশি। এর প্রধান কারণগুলো নিচে আলোচনা করা হলো:

১. যান্ত্রিক শক্তি ও কঠোরতা বৃদ্ধি (High Strength and Hardness): সাধারণ কার্বন ইস্পাতের একটি নির্দিষ্ট সীমার পর শক্তি বাড়ানো যায় না। কিন্তু সংকর ইস্পাতে নিকেল বা ম্যাঙ্গানিজ মেশালে এর টেনসাইল স্ট্রেন্থ এবং কঠোরতা অনেক বেড়ে যায়। ফলে ভারী লোড বহনকারী যন্ত্রাংশ, যেমন–গাড়ির অ্যাক্সেল, ক্র্যাঙ্কশ্যাফ্‌ট তৈরিতে এটি ব্যবহৃত হয়।

২. মরিচা ও রাসায়নিক ক্ষয় রোধ (Corrosion Resistance): শিল্পকারখানায় কেমিক্যাল পাম্প, পাইপলাইন বা ভালভ সব সময় এসিড বা পানির সংস্পর্শে থাকে। সাধারণ ইস্পাত দ্রুত মরিচা ধরে নষ্ট হয়ে যায়। কিন্তু ইস্পাতে ১২% এর বেশি ক্রোমিয়াম মেশালে তা স্টেইনলেস স্টিলে পরিণত হয়, যা সম্পূর্ণ মরিচারোধী। ফুড প্রসেসিং এবং কেমিক্যাল প্লান্টে এর ব্যবহার অপরিহার্য।

৩. উচ্চ তাপমাত্রায় কাজ করার ক্ষমতা (High Temperature Resistance): পাওয়ার প্লান্টের বয়লার, স্টিম টারবাইন বা জেট ইঞ্জিনের যন্ত্রাংশগুলোকে প্রচণ্ড তাপে (500°C - 1000°C) কাজ করতে হয়। সাধারণ ইস্পাত এই তাপে নরম হয়ে যায় বা ক্রিপ (Creep) ঘটে। মলিবডেনাম ও ক্রোমিয়াম যুক্ত সংকর ইস্পাত উচ্চ তাপেও তার শক্তি বজায় রাখতে পারে।

৪. ঘর্ষণ প্রতিরোধ ক্ষমতা (Wear Resistance): সিমেন্ট মিল, ক্রাশার মেশিন বা বল বিয়ারিং–এগুলো অনবরত ঘর্ষণের মধ্যে থাকে। সাধারণ ইস্পাত হলে এগুলো দ্রুত ক্ষয়ে যেত। ম্যাঙ্গানিজ স্টিল বা ক্রোম-ভ্যানাডিয়াম স্টিল অত্যন্ত শক্ত এবং ঘর্ষণরোধী হওয়ায় এসব ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

৫. রেড হার্ডনেস বা কাটিং ক্ষমতা (Red Hardness): লেদ বা মিলিং মেশিনে ধাতু কাটার সময় কাটিং টুল প্রচণ্ড গরম হয়ে লাল হয়ে যায়। সাধারণ হাই কার্বন স্টিল গরম হলে নরম হয়ে কাটার ক্ষমতা হারায়। কিন্তু টাংস্টেন যুক্ত হাই-স্পিড স্টিল (HSS) লাল হওয়া অবস্থাতেও (600°C) শক্ত থাকে এবং ধাতু কাটতে পারে।

৬. হার্ডেনিবিলিটি বৃদ্ধি (Improved Hardenability): সাধারণ কার্বন স্টিলের বড় কোনো শ্যাফটকে হিট ট্রিটমেন্ট করলে তাপ ভেতরে পৌঁছাতে দেরি হওয়ায় শুধুমাত্র ওপরের অংশ শক্ত হয়, ভেতরটা নরম থেকে যায়। কিন্তু সংকর ইস্পাত ব্যবহার করলে (যেমন: নিকেল-ক্রোম স্টিল) বড় আকারের বস্তুর একদম কেন্দ্র পর্যন্ত সমানভাবে শক্ত বা হার্ডেনিং করা সম্ভব হয়।

৭. বিশেষ চৌম্বকীয় গুণাগুণ (Magnetic Properties): ইলেকট্রিক্যাল শিল্পে ট্রান্সফরমার বা মোটরের কোরের জন্য এমন স্টিল দরকার যা সহজে

চুম্বকায়িত হয় কিন্তু শক্তি অপচয় (Hysteresis loss) কম করে। সিলিকন স্টিল এই বিশেষ গুণের জন্য ইলেকট্রিক্যাল মেশিনারিতে ব্যবহৃত হয়।

পরিশেষে বলা যায়, আধুনিক প্রযুক্তির জটিল চাহিদা–যেমন মহাকাশযান থেকে শুরু করে সমুদ্রের তলদেশের সাবমেরিন–সব ক্ষেত্রেই সাধারণ ইস্পাত অকার্যকর। দীর্ঘস্থায়িত্ব, নিরাপত্তা এবং উচ্চ কার্যক্ষমতা নিশ্চিত করতেই শিল্পকারখানায় সংকর ইস্পাত ব্যবহারের কোনো বিকল্প নেই।

**** ২। সমরাস্ত্র কারখানায় ও পাওয়ার প্লান্টে ব্যবহৃত বিভিন্ন সংকর ইস্পাত ব্যবহারের কারণ ব্যাখ্যা কর।** বাকাশিবো- ২০১৫, ১৮'পরি, ২৫'পরি

উত্তর ঃ আধুনিক প্রকৌশল বিদ্যায় সাধারণ কার্বন স্টিল বা মৃদু ইস্পাত দিয়ে সব ধরনের কাজ করা সম্ভব নয়। বিশেষ করে যেখানে জীবনের ঝুঁকি, উচ্চ তাপমাত্রা এবং চরম প্রতিকূল পরিবেশ বিদ্যমান, সেখানে সংকর ইস্পাত বা অ্যালয় স্টিল (Alloy Steel) অপরিহার্য। সমরাস্ত্র কারখানা এবং পাওয়ার প্লান্ট–এই দুটি ক্ষেত্রেই সংকর ইস্পাত ব্যবহারের সুনির্দিষ্ট কারণ নিচে আলোচনা করা হলো:

ক) সমরাস্ত্র কারখানায় (Ordnance Factory) সংকর ইস্পাত ব্যবহারের কারণ:

সমরাস্ত্র বা প্রতিরক্ষা শিল্পে ব্যবহৃত যন্ত্রাংশগুলোকে যুদ্ধের ময়দানে চরম আঘাত, ঘর্ষণ এবং বিস্ফোরণের ধকল সইতে হয়। এখানে ব্যর্থতার কোনো সুযোগ নেই।

১. উচ্চ ইমপ্যাক্ট বা অভিঘাত সহ্য ক্ষমতা: ট্যাঙ্ক, আর্মার্ড ভেহিকল বা যুদ্ধযানের বডি তৈরির জন্য এমন স্টিল প্রয়োজন যা বোমার আঘাত বা গুলির আঘাতে ভেঙে না যায়। এজন্য উচ্চ ম্যাঙ্গানিজ যুক্ত স্টিল (Hadfield

Steel) ব্যবহার করা হয়, যার প্রচুর টাফনেস (Toughness) থাকে এবং আঘাত পেলে এটি আরও শক্ত হয়।

২. বন্দুক ও কামানের ব্যারেল তৈরি: গুলি ছোড়ার সময় ব্যারেলের ভেতরে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ ও উচ্চ তাপ সৃষ্টি হয়। সাধারণ স্টিল হলে ব্যারেল ফেটে যেত। তাই ব্যারেল তৈরিতে নিকেল-ক্রোমিয়াম-মলিবডেনাম (Ni-Cr-Mo) স্টিল ব্যবহার করা হয়। এটি উচ্চ চাপ এবং তাপ সহ্য করতে পারে এবং এর টেলসাইল স্ট্রেন্থ অনেক বেশি।

৩. ঘর্ষণ বা ওয়্যার রেজিস্ট্যান্স: অস্ত্রের যান্ত্রিক অংশগুলো দ্রুত নড়াচড়া করে। এগুলো যাতে ঘর্ষণে ক্ষয়ে না যায়, সেজন্য ভ্যানাডিয়াম ও ক্রোমিয়াম যুক্ত স্টিল ব্যবহার করা হয়।

৪. ক্লান্তি বা ফ্যাটিগ (Fatigue) রোধ: স্বয়ংক্রিয় অস্ত্রের স্প্রিং এবং ফায়ারিং পিন বারবার সংকুচিত ও প্রসারিত হয়। সাধারণ স্টিল হলে দ্রুত ভেঙে যেত (Fatigue Failure)। সিলিকন-ম্যাঙ্গানিজ স্প্রিং স্টিল এই ধকল দীর্ঘদিন সইতে পারে।

খ) পাওয়ার প্লান্টে (Power Plant) সংকর ইস্পাত ব্যবহারের কারণ:

একটি থার্মাল বা স্টিম পাওয়ার প্লান্টে বয়লার এবং টারবাইনে তাপমাত্রা 500°C থেকে 600°C পর্যন্ত পৌঁছায় এবং পানির বাষ্প প্রচণ্ড চাপে থাকে।

১. উচ্চ তাপমাত্রায় শক্তি বজায় রাখা (High Temperature Stability): সাধারণ কার্বন স্টিল 400°C এর উপরে গেলে নরম হতে শুরু করে। কিন্তু পাওয়ার প্লান্টে এর চেয়ে অনেক বেশি তাপ থাকে। তাই বয়লার টিউব এবং স্টিম পাইপ তৈরিতে ক্রোমিয়াম-মলিবডেনাম (Cr-Mo) স্টিল ব্যবহার করা হয়, যা লাল হওয়া অবস্থাতেও শক্ত থাকে।

২. ক্রিপ রেজিস্ট্যান্স (Creep Resistance): উচ্চ তাপমাত্রায় দীর্ঘসময় লোড থাকলে ধাতু ধীরে ধীরে প্রসারিত হয়ে পাইপ ফেটে যেতে পারে (একে ক্রিপ বলে)। মলিবডেনাম যুক্ত সংকর ইস্পাত এই ক্রিপ বা প্রসারণ রোধ করতে পারে, যা বয়লারের নিরাপত্তার জন্য সবচেয়ে জরুরি।

৩. ক্ষয় বা করোজশন রোধ (Corrosion Resistance): পাওয়ার প্লান্টে স্টিম টারবাইনের ব্লেডগুলো প্রচণ্ড গতিতে ঘোরে এবং সর্বদা উচ্চ তাপমাত্রার বাষ্পের সংস্পর্শে থাকে। সাধারণ লোহা হলে এতে দ্রুত মরিচা ধরত। তাই টারবাইন ব্লেড তৈরিতে উচ্চ ক্রোমিয়াম যুক্ত স্টেইনলেস স্টিল ব্যবহার করা হয়।

৪. উচ্চ চাপ সহ্য করা: স্টিম লাইনের পাইপগুলোর ভেতর দিয়ে প্রচণ্ড চাপে বাষ্প প্রবাহিত হয়। এই চাপ সহ্য করার জন্য পাইপগুলোতে বিশেষ ধরনের সিমলেস অ্যালয় স্টিল ব্যবহার করা হয়। সংক্ষেপে বলা যায়, সমরাস্ত্র কারখানায় মূলত নির্ভরযোগ্যতা ও আঘাত সহ্য করার জন্য এবং পাওয়ার প্লান্টে উচ্চ তাপমাত্রা ও ক্রিপ রোধ করার জন্য সংকর ইস্পাত ব্যবহার করা হয়। সাধারণ স্টিল এই দুই ক্ষেত্রের চরম পরিবেশ সহ্য করতে পারে না বলেই সংকর ইস্পাত এখানে অপরিহার্য।

**** ৩। যে-কোনো ৪টি সংকর ইস্পাতের ব্যবহার বর্ণনা কর।**

বাকাশিবো- ২০২৫'পরি

উত্তর ঃ ইঞ্জিনিয়ারিং শিল্পে বিভিন্ন চাহিদা মেটানোর জন্য সাধারণ কার্বন স্টিলের সাথে ক্রোমিয়াম, নিকেল, ম্যাঙ্গানিজ ইত্যাদি মিশিয়ে বিভিন্ন ধরনের সংকর ইস্পাত তৈরি করা হয়। নিচে বহুল ব্যবহৃত ৪টি সংকর ইস্পাতের ব্যবহার আলোচনা করা হলো:

১. হাই-স্পিড স্টিল (High Speed Steel - HSS): এটি টাংস্টেন, ক্রোমিয়াম এবং ভ্যানাডিয়াম সমৃদ্ধ একটি শক্ত সংকর ইস্পাত। এর প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো এটি উচ্চ তাপমাত্রায় (প্রায় 600°C) তার কঠোরতা বজায় রাখতে পারে, যাকে 'রেড হার্ডনেস' বলে।

ব্যবহার:

i. ধাতু কাটার বিভিন্ন টুলস যেমন– ড্রিল বিট (Drill Bit), লেদ মেশিনের কাটিং টুল, মিলিং কাটার তৈরিতে।
ii. ট্যাপ ও ডাই (Tap and Die) তৈরিতে।
iii. করাত বা হ্যাক-স ব্লেড (Hacksaw blade) তৈরিতে।

২. স্টেইনলেস স্টিল (Stainless Steel): এই ইস্পাতে ক্রোমিয়ামের পরিমাণ বেশি (প্রায় ১১% থেকে ১৮%) থাকায় এতে সহজে মরিচা ধরে না এবং এটি এসিড বা রাসায়নিক দ্বারা ক্ষয়প্রাপ্ত হয় না।

ব্যবহার:

i. বাসাবাড়ির বাসনপত্র, ছুরি, কাঁচি তৈরিতে।
ii. ডাক্তারি যন্ত্রপাতি বা সার্জিক্যাল ইন্সট্রুমেন্ট তৈরিতে।
iii. কেমিক্যাল প্লান্ট ও ফুড প্রসেসিং কারখানার পাইপ ও ট্যাংক তৈরিতে।
iv. ঘড়ি এবং অলংকার তৈরিতে।

৩. হাই ম্যাঙ্গানিজ স্টিল (High Manganese Steel): এতে ম্যাঙ্গানিজের পরিমাণ প্রায় ১১% থেকে ১৪% থাকে। এই স্টিলটি অত্যন্ত শক্ত এবং আঘাত পেলে এর ওপরের তল আরও শক্ত হয়ে যায় (Work Hardening), কিন্তু ভেতরে নমনীয় থাকে।

ব্যবহার:

i. রেললাইনের ক্রসিং বা পয়েন্ট (Railway Points & Crossings) তৈরিতে, যেখানে চাকার ঘর্ষণ ও আঘাত বেশি লাগে।

ii. পাথর ভাঙার মেশিন বা রক ক্রাশারের (Rock Crusher) চোয়াল তৈরিতে।

iii. বুলডোজারের ব্লেড এবং এক্সকাভেটর বা ভেকুর বাকেট (Bucket) তৈরিতে।

৪. নিকেল স্টিল (Nickel Steel): ইস্পাতে নিকেল যোগ করলে এর টেনসাইল স্ট্রেন্থ এবং ইলাস্টিক লিমিট বা স্থিতিস্থাপকতা অনেক বেড়ে যায়। এটি হঠাৎ আঘাত বা শক লোড (Shock Load) সহ্য করতে পারে।

ব্যবহার:

i. অটোমোবাইল বা গাড়ির গিয়ার, শ্যাফট, পিন এবং অ্যাক্সেল তৈরিতে।

ii. উড়োজাহাজের ইঞ্জিনের বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ অংশ তৈরিতে।

iii. বড় সেতুর বিম এবং রিভেট (Rivet) তৈরিতে।

উপরোক্ত আলোচনা থেকে দেখা যায়, প্রতিটি সংকর ইস্পাত তার বিশেষ গুণের জন্য নির্দিষ্ট ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। যেমন– কাটিং টুলের জন্য হাই-স্পিড স্টিল অপরিহার্য, আবার মরিচা রোধের জন্য স্টেইনলেস স্টিলের কোনো বিকল্প নেই।