Web.

অন্তর্দহন ইঞ্জিন এবং আনুষঙ্গিক মেশিনসমূহ

(Internal Combustion Engine & Ancillary Equipment)

মোঃ আব্দুল বারী

প্রাক্তন চীফ ইঞ্জিনিয়ার
বাংলাদেশ শিপিং করপোরেশন
চট্টগ্রাম

বাংলা একাডেমী ঢাকা

প্রথম প্রকাশ
আষাঢ় ১৪০৪/জুন ১৯৯৭

বাএ (১৯৯৬-৯৭ পাঠ্যপুস্তক : ভৌ ও প্র : ৭) ৩৫৯৩

মুদ্রণ সংখ্যা ১২৫০

পাণ্ডুলিপি প্রণয়ন ও মুদ্রণ তত্ত্বাবধান
ভৌতবিজ্ঞান ও প্রকৌশল উপবিভাগ
ভৌ ও প্র ১৬৭

প্রকাশক
সেলিনা হোসেন
পরিচালক
পাঠ্যপুস্তক বিভাগ
বাংলা একাডেমী, ঢাকা

মুদ্রক
ওবায়দুল ইসলাম
ব্যবস্থাপক
বাংলা একাডেমী প্রেস, ঢাকা

প্রচ্ছদ
শওকাতুজ্জামান

মূল্য : ১২০.০০

ANTARDAHAN ENGINE EBONG AANUSHANGIK MACHINESAMUHA (Internal Combustion Engine & Ancillary Equipment) by Md. Abdul Bari. Published by Selina Hossain, Director, Textbook Division. Bangla Academy, Dhaka. Bangladesh. First edition, June 1997. Price : Tk. 120.00

ISBN 984-07-3602-7

ভূমিকা

বাংলায় কারিগরি শিক্ষার জন্য ভালো বই থাকা প্রয়োজন— এ তাগিদই আমাকে বইটি লিখতে উদ্বুদ্ধ করেছে। কারিগরি বিষয়ে বই লেখার একটি প্রধান সমস্যা হলো উপযুক্ত পরিভাষার অভাব। বইটির কোনো কোনো জায়গায় তাই আমি অপ্রচলিত পরিভাষা ব্যবহার না করে পরিচিত মূল ইংরেজি শব্দ ব্যবহার করেছি, যা শিক্ষার্থীদের কারিগরি বিষয়ে সুস্পষ্ট ধারণা দেয়ার সহায়ক হবে বলে মনে করি।

বইটি লেখার ব্যাপারে যাদের অবদানের কথা আমি কখনো ভুলবো না তাঁরা হচ্ছেন দৌলতপুর সরকারি বি. এল. কলেজের উদ্ভিদবিদ্যা বিভাগের প্রধান ডঃ সফিউর রহমান এবং আমার স্ত্রী সায়েদা খানম। এঁরা দুজনেই ভাষায় সরসতা আনার জন্য আমাকে পথ-নির্দেশ করেছেন। এছাড়া বাংলাদেশ ইন্সটিটিউট অব টেকনোলজি, খুলনা'র পরিচালক জনাব মোঃ আব্দুল হান্নান, বাংলাদেশ প্রকৌশল বিশ্ববিদ্যালয়ের সাবেক উপাচার্য ডঃ মোশাররফ হোসেন খান এবং যুক্তরাজ্যের ডিওটি পরীক্ষক জনাব শফি আহমদ অত্যন্ত ধৈর্যের সাথে বইটি পড়ে আমাকে তাঁদের মূল্যবান পরামর্শ দিয়ে বইটির মানোন্নয়নে সহায়তা করেছেন। এঁদের সবার কাছে আমি ঋণী। বইটি লিখতে গিয়ে বিভিন্ন সময় বিভিন্ন লেখকের বই ও ইঞ্জিন ম্যানুয়ালের সাহায্য নিয়েছি। তাঁদের কাছেও আমি ঋণী।

বইটি সম্পর্কে শিক্ষার্থী ও পাঠক-পাঠিকাদের কাছ থেকে গঠনমূলক সমালোচনা ও পরামর্শ পেলে তা সাদরে গৃহীত হবে। বইটি কারিগরি শিক্ষা বিস্তারে অবদান রাখলে তবেই আমার প্রচেষ্টা সার্থক হবে।

মোঃ আব্দুল বারী

সূচিপত্র

প্রথম অধ্যায় : **ইঞ্জিনের গোড়ার কথা** ১ — ১৪
অন্তর্দহন ইঞ্জিন ; ফোর-স্ট্রোক সাইকেল ইঞ্জিন ; টু-স্ট্রোক সাইকেল ইঞ্জিন ; ট্রাঙ্ক-পিস্টন টাইপ ইঞ্জিন ; ক্রসহেড টাইপ ইঞ্জিন ; প্রশ্নমালা।

দ্বিতীয় অধ্যায় : **ইঞ্জিনের গঠন ও বিভিন্ন অংশ** ১৭ — ৪১
ক্রাঙ্কশ্যাফট ; ক্রাঙ্কশ্যাফট মিস-অ্যালাইনমেন্ট ; ক্রাঙ্কশ্যাফট অ্যালাইনমেন্ট নির্ধারণ পদ্ধতি ; ক্যামশ্যাফট ; বেড প্লেট ; সিলিন্ডার লাইনার ; পিস্টন ; সিলিন্ডার কভার ; এয়ার ইনলেট ও এগজস্ট ভাল্‌ভ ; সিলিন্ডার রিলিফ ভাল্‌ভ ; ইন্ডিকেটর কক ; প্রশ্নমালা।

তৃতীয় অধ্যায় : **বিয়ারিং ও তার লুব্রিকেশন** ৪২ — ৫০
বিয়ারিং ; ক্লিয়ারেন্স অ্যাডজাস্টমেন্ট ; বিয়ারিং লুব্রিকেশন ; বিয়ারিং ফেলিঅর ; প্রশ্নমালা।

চতুর্থ অধ্যায় : **ফুয়েল ইনজেকশন** ৫১ — ৬১
জার্ক ফুয়েল পাম্প ; ভাল্‌ভ কন্ট্রোল ফুয়েল পাম্প ; পোর্ট কন্ট্রোল ফুয়েল পাম্প ; হাইড্রলিক ফুয়েল ইনজেকটর ; ফুয়েল ইনজেকশনের অন্যান্য দিক ; ফুয়েল অয়েল সিস্টেম ; প্রশ্নমালা।

পঞ্চম অধ্যায় : **ইঞ্জিন পারফরম্যান্স** ৬২ — ৭৬
ইঞ্জিন ইনডিকেটর ; বিভিন্ন ইনডিকেটর ডায়াগ্রাম ; টু-স্ট্রোক (সুপারচার্জড) ইনডিকেটর ডায়াগ্রাম ; ফোর-স্ট্রোক (নন-সুপারচার্জড) ইনডিকেটর ডায়াগ্রাম ; ইঞ্জিন ইনডিকেটরে ক্রটি ; জ্বালানি দহনে ক্রটি ; পাওয়ার ব্যালান্সিং ; ইঞ্জিনের দক্ষতা ; প্রশ্নমালা।

ষষ্ঠ অধ্যায় : **স্ক্যাভেঞ্জিং ও সুপারচার্জিং** ৭৭ — ৮৭
স্ক্যাভেঞ্জিং ; সুপারচার্জিং ; টার্বোচার্জার ; চার্জএয়ার কুলিং ; টার্বোচার্জার সার্জিং ; এগজস্ট সিস্টেম ; প্রশ্নমালা।

সপ্তম অধ্যায় : **স্টার্টিং ও রিভারসিং** ৮৮ — ১০৩
স্টার্টিং ; এয়ার স্টার্টিং ; স্টার্টিং এয়ার টাইমিং ; সেল্ফ স্টার্টিং ; রিভারসিং ; সংনমিত বাতাস ; রেসিপ্রোকেটিং এয়ার কমপ্রেসর ; প্রশ্নমালা।

অষ্টম অধ্যায় : **জ্বালানি দহন ব্যবস্থা** ১০৭ — ১২১

ফুয়েল ট্যাঙ্ক ; ফুয়েল পাম্প ; কার্বুরেটর ; ফুয়েল ইনজেকশন ; ইগনিশন সিস্টেম ; ফুয়েল ফিল্টার ; এয়ার ক্লিনার ; টার্বোচার্জার ; প্রশ্নমালা।

নবম অধ্যায় : **পরিশোধন** ১২২ — ১৩০

পরিশোধনের প্রয়োজনীয়তা ; পরিশোধন পদ্ধতি ; প্রশ্নমালা।

দশম অধ্যায় : **পাম্প** ১৩১ — ১৩৯

পাম্পিং প্রক্রিয়া এবং পাম্পের শ্রেণিবিভাগ ; বিবিধ ; প্রশ্নমালা।

একাদশ অধ্যায় : **বয়লার** ১৪০ — ১৪৭

স্কচ বয়লার ; ককরেন বয়লার ; বয়লার মাউন্টিংস ; বাষ্পচাপ নিয়ন্ত্রণ ; বয়লারে ব্যবহারযোগ্য পানি ; প্রশ্নমালা।

দ্বাদশ অধ্যায় : **আটোমোবাইল** ১৪৮ — ১৫৬

চেসিস (বডি ফ্রেমসহ) ; ইঞ্জিন ; সাসপেনশন সিস্টেম ; স্টিয়ারিং সিস্টেম ; পাওয়ার ট্রান্সমিশন সিস্টেম ; ব্রেক সিস্টেম ; প্রশ্নমালা।

ত্রয়োদশ অধ্যায় : **হিমায়ন** ১৫৭ — ১৬৭

ভেপার-কমপ্রেশন (ডাইরেক্ট একসপানশন) হিমায়ন পদ্ধতি ; ভেপার-কমপ্রেশন হিমায়ন পদ্ধতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রসমূহ ; ইনসুলেশন ; ব্রাইন সার্কিট ; ভেপার-কমপ্রেশন হিমায়ন পদ্ধতিতে ব্যবহৃত অটো-কন্ট্রোল ; হিমায়ন পদ্ধতিতে বিভিন্ন সমস্যা ও তার সমাধান ; রক্ষণাবেক্ষণ ; এয়ার কন্ডিশন ; প্রশ্নমালা।

চতুর্দশ অধ্যায় : **অটো-কন্ট্রোল** ১৬৮ — ১৭৬

গভর্নর কন্ট্রোল ; বয়লার ওয়াটার লেভেল কন্ট্রোল ; বয়লার ফায়ারিং কন্ট্রোল ; জ্যাকেট ওয়াটার টেম্পারেচার কন্ট্রোল ; স্টিয়ারিং গিয়ার কন্ট্রোল ; প্রশ্নমালা।

পঞ্চদশ অধ্যায় : **ইঞ্জিন দুর্ঘটনা ও নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা** ১৭৭ — ১৯০

ক্র্যাঙ্ককেস বিস্ফোরণ ; ক্র্যাঙ্ককেস রিলিফ ভাল্ভ ; ক্র্যাঙ্ককেস অয়েল-মিস্ট ডিটেক্টর ; ক্র্যাঙ্কশ্যাফ্ট (এবং বিয়ারিং) ফেলিওর ; স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ার ; অগ্নি দুর্ঘটনা ; প্রশ্নমালা।

ষোড়শ অধ্যায় : **বিবিধ** ১৯১ — ২০০

এগজস্ট গ্যাস ; এগজস্ট গ্যাস ফ্লো নিয়ন্ত্রণ ; শেল-টিউব হিট একচেঞ্জার (কুলার) ; ফ্রেশ ওয়াটার জেনারেটর (ফ্লাশ ইভাপোরেটর) ; গ্যাস টারবাইন ; পেট্রোল ইঞ্জিনের বৈদ্যুতিক সিস্টেম ; হাইড্রলিক ও নিউমেটিক স্প্যানার ; প্রশ্নমালা।

প্রথম অধ্যায়

ইঞ্জিনের গোড়ার কথা

তাপ এক প্রকার শক্তি, যার মূল উৎস জ্বালানি তেল। জ্বালানি তেল দহন করে তাপশক্তি পাওয়া যায়। ইঞ্জিন এমন একটি যন্ত্র যা তাপশক্তিকে যান্ত্রিকশক্তিতে রূপান্তরিত করে। ইঞ্জিন প্রধানত দুই প্রকার– বাষ্পচালিত ইঞ্জিন ও অন্তর্দহন ইঞ্জিন।

বাষ্পচালিত ইঞ্জিনের বহির্ভাগে (যেমন বয়লারে) জ্বালানি তেল দহন করে পর্যাপ্ত পরিমাণে বাষ্প উৎপাদন করা হয়। সেই বাষ্প অন্তর্নিহিত তাপশক্তিকে ইঞ্জিন চালানোর কাজে ব্যবহার করে যান্ত্রিকশক্তি পাওয়া যায়। যেমন, বাষ্পচালিত টারবাইন ও রেসিপ্রোকেটিং ইঞ্জিন।

অন্তর্দহন ইঞ্জিনের ভেতরেই জ্বালানি তেল দহন করে উৎপাদিত সেই তাপশক্তিকে সরাসরি যান্ত্রিকশক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। যেমন, পেট্রোল ইঞ্জিন ও ডিজেল ইঞ্জিন।

উপরিউক্ত দুই প্রকার ইঞ্জিনের মধ্যে সারা বিশ্বে বাষ্পচালিত ইঞ্জিনের ক্রমান্বয়ে বিলুপ্তি এবং অন্তর্দহন ইঞ্জিনের জনপ্রিয়তা উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাচ্ছে।

অন্তর্দহন ইঞ্জিন

অন্তর্দহন ইঞ্জিনের নামকরণ করা হয়েছে মূলত ঐ ইঞ্জিনে ব্যবহৃত জ্বালানির নাম অনুসারে। যেমন– পেট্রোল ইঞ্জিন, গ্যাস ইঞ্জিন, ডিজেল ইঞ্জিন ইত্যাদি।

পেট্রোল (বা গ্যাস) ইঞ্জিনে, বাতাস ও জ্বালানির মিশ্রণকে একত্রে সংনমনের পর বৈদ্যুতিক স্পার্কের সাহায্যে তার প্রজ্বলন ঘটানো হয়। এক্ষেত্রে স্পার্ক সংঘটিত হওয়ার আগেও জ্বালানি প্রজ্বলন শুরুর আশঙ্কা থাকে, তাই সংনমন অনুপাত সীমিত (ডিজেল ১৩ ঃ ১, পেট্রোল ৮ ঃ ১) রাখা হয়। বৈদ্যুতিক স্পার্কের সাহায্যে এই ইঞ্জিনের জ্বালানি প্রজ্বলন সংঘটিত হয় বলে এটি 'স্পার্ক ইগনিশন' ইঞ্জিনের শ্রেণিভুক্ত।

পেট্রোল ইঞ্জিনে প্রজ্বলন সংঘটিত হওয়ার সময় তার আয়তনের তেমন কোনো পরিবর্তন হয় না, শুধু অভ্যন্তরীণ চাপের উল্লেখযোগ্য বৃদ্ধি ঘটে।

ডিজেল ইঞ্জিনে, সংনমনের সাহায্যে চার্জএয়ার-এর তাপমাত্রা উন্নীত করে (আনুমানিক ৫৬০° সে.) একটি নির্দিষ্ট মুহূর্তে তার মধ্যে জ্বালানি তেল প্রবিষ্ট করানো হয়। অতি সূক্ষ্ম কণায় বিভক্ত উক্ত জ্বালানি তেল গরম বাতাসের সংস্পর্শে আসামাত্রই জ্বলে ওঠে এবং তার দ্রুত দহন সংঘটিত হয়। এই দহনের সময় সিলিন্ডারের ভেতর প্রচণ্ড গ্যাস প্রেশার (আনুমানিক ৪৮ বার, ১০০০° সে.) সৃষ্টি হয়, যা পিস্টন চলাচলকে সক্রিয়ভাবে প্রভাবিত করে। বাতাস সংনমনের

সাহায্যে এই ইঞ্জিনের জ্বালানি দহন সংঘটিত হয় বলে এটি 'কমপ্রেশন ইগনিশন' ইঞ্জিনের শ্রেণিভুক্ত। অন্তর্দহন ইঞ্জিনকে আবার দুই ভাগে ভাগ করা যায় :

(ক) ফোর–স্ট্রোক সাইকেল ইঞ্জিন।

(খ) টু–স্ট্রোক সাইকেল ইঞ্জিন।

ফোর-স্ট্রোক সাইকেল ইঞ্জিন

এই ইঞ্জিনে পিস্টনের প্রতি চার স্ট্রোক (ক্র্যাঙ্কের দুই চক্র) মিলে একটি পরিপূর্ণ ওয়ার্কিং সাইকেল হয়। ১.১ চিত্রের সাহায্যে ফোর–স্ট্রোক পেট্রোল ইঞ্জিনের পর্যায়গুলি বিশদভাবে বর্ণনা করা হলো।

(১) ইনডাকশন স্ট্রোক : পিস্টন টিডিসি থেকে নিচের দিকে নামে। এ সময় সিলিন্ডারে আংশিক বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয় এবং ইনডাকশন ভাল্ভ দিয়ে বাতাস ও জ্বালানির মিশ্রণ প্রবেশ করতে থাকে।

(২) কমপ্রেশন স্ট্রোক : পিস্টন বিডিসি থেকে উপরের দিকে ওঠার শুরুতেই ইনডাকশন ভাল্ভ বন্ধ হয়ে যায়। এ সময় সিলিন্ডার হেডের সবগুলি ভাল্ভ বন্ধ থাকায় বাতাস ও জ্বালানির মিশ্রণের সংনমন চলতে থাকে (সংনমনের শেষে আনুমানিক চাপ ১৭ বার এবং তাপমাত্রা ৩৭০° সে. হয়)। পিস্টন টিডিসিতে পৌছার সামান্য আগেই বৈদ্যুতিক স্পার্ক সংঘটিত হয়, ফলে জ্বালানি প্রজ্বলন ঘটে।

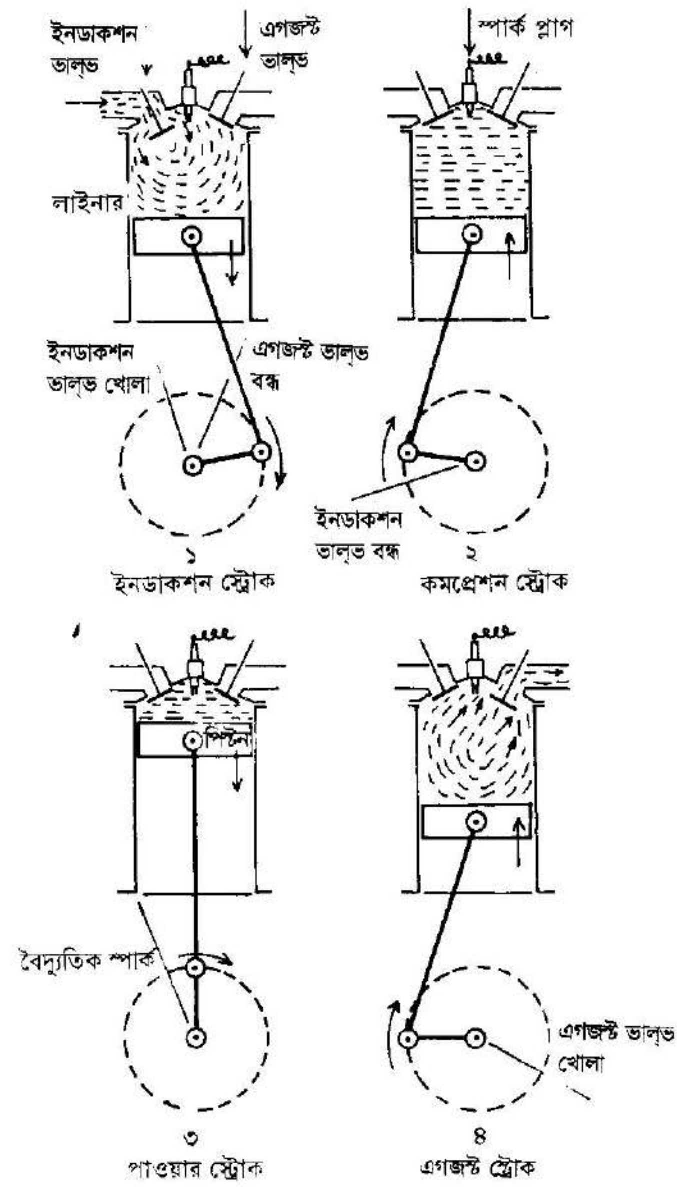
(৩) পাওয়ার স্ট্রোক : জ্বালানি দহনের ফলে সৃষ্ট প্রচণ্ড গ্যাস প্রেশার (দহন সংঘটিত হয় মাত্র ০.০০৩ সেকেন্ড ধরে, যাকে বিস্ফোরণও বলা যেতে পারে) পিস্টনকে টিডিসি থেকে নিচের দিকে ঠেলে দেয়। ফলে গ্যাস প্রসারণ ঘটে এবং সিলিন্ডার প্রেশার কমতে থাকে। পিস্টন বিডিসিতে পৌছার সামান্য আগেই এগজস্ট ভাল্ভ খুলে যায়।

(৪) এগজস্ট স্ট্রোক : পিস্টন বিডিসি অতিক্রম করে পুনরায় উপরের দিকে ওঠার সময় সিলিন্ডার থেকে এগজস্ট গ্যাস বহিষ্কৃত হতে থাকে এবং টিডিসিতে পৌছার সামান্য আগেই ইনডাকশন ভাল্ভ খুলে যায়। এভাবেই পরবর্তী সাইকেল শুরু হয়। ১.২ চিত্রের সাহায্যে ফোর–স্ট্রোক পেট্রোল ইঞ্জিনের টাইমিং সম্পর্কে ধারণা দেয়া হলো।

১.৩ চিত্রের সাহায্যে ফোর–স্ট্রোক ডিজেল ইঞ্জিনের স্ট্রোকের পর্যায়গুলি বিশদভাবে বর্ণনা করা হলো।

(১) ইনডাকশন স্ট্রোক : পিস্টন টিডিসি থেকে নিচের দিকে নামার শুরুতেই এগজস্ট ভাল্ভ বন্ধ হয়ে যায়, ফলে সিলিন্ডারে আংশিক বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয়। এ সময় ইনডাকশন ভাল্ভ খোলা থাকে বলে সিলিন্ডারে চার্জএয়ার প্রবেশ করতে থাকে।

(২) কমপ্রেশন স্ট্রোক : পিস্টন বিডিসি থেকে উপরের দিকে ওঠার শুরুতেই ইনডাকশন ভাল্ভ বন্ধ হয়ে যায়। এ সময় সিলিন্ডার হেডের সবগুলি ভাল্ভ বন্ধ থাকায় চার্জএয়ার–এর সংনমন চলতে থাকে এবং তাপমাত্রার উল্লেখযোগ্য বৃদ্ধি ঘটে। পিস্টন টিডিসিতে পৌছার সামান্য আগে সিলিন্ডারে জ্বালানি তেল প্রবিষ্ট হয় এবং তা সাথে সাথে জ্বলে ওঠে।

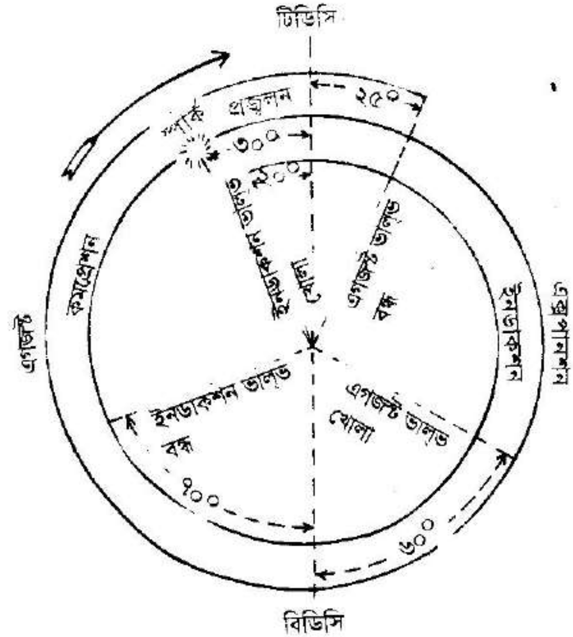


চিত্র ১.১ : ফোর-স্ট্রোক পেট্রোল ইঞ্জিন।

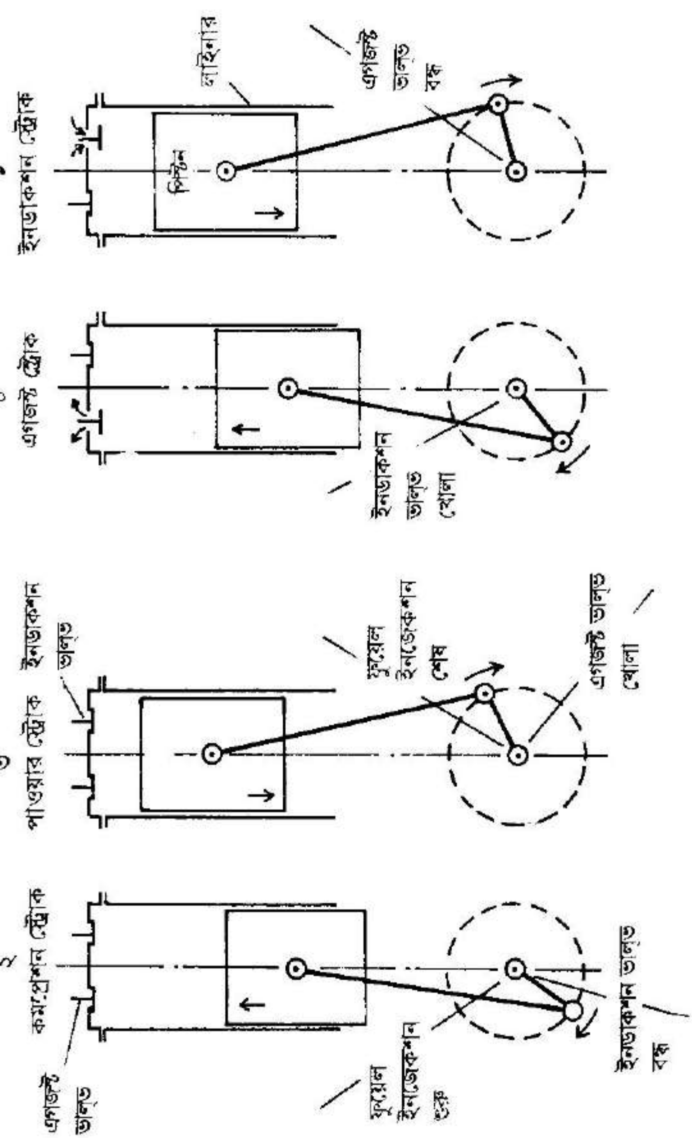
(৩) পাওয়ার স্ট্রোক : জ্বালানি দহনের ফলে সৃষ্ট প্রচণ্ড গ্যাস প্রেশার পিস্টনকে টিডিসি থেকে নিচের দিকে ঠেলে দেয়। ফলে গ্যাস প্রসারণ ঘটে এবং সিলিন্ডার প্রেশার কমতে থাকে। পিস্টন বিডিসিতে পৌছার সামান্য আগে এগজস্ট ভাল্ভ খুলে যায়।

(৪) এগজস্ট স্ট্রোক : পিস্টন বিডিসি অতিক্রম করে পুনরায় উপরের দিকে ওঠার সময় সিলিন্ডার থেকে এগজস্ট গ্যাস বহিষ্কৃত হতে থাকে এবং টিডিসিতে পৌছার সামান্য আগে ইনডাকশন ভাল্ভ খুলে যায়। এভাবেই পরবর্তী সাইকেল শুরু হয়। ১.৪ ও ১.৫ চিত্রের সাহায্যে ফোর–স্ট্রোক ডিজেল ইঞ্জিনের টাইমিং সম্পর্কে ধারণা দেয়া হলো।

মাঝারি ধরনের শক্তি উৎপাদনের ক্ষেত্রে ফোর–স্ট্রোক ইঞ্জিনের চাহিদা ব্যাপক। পুরো একটি সাইকেলে তাপমাত্রার গড় তীব্রতা তুলনামূলকভাবে কম অর্থাৎ তাপীয় পীড়নও কম। সে কারণে কার্যকর অংশ যথা পিস্টন, লাইনার ইত্যাদির ক্ষয়ও কম– যা পিস্টনের গতিবৃদ্ধির সহায়ক। এই ইঞ্জিনের লাইনারের গঠন সাদামাটা, তবে বর্ধিত ভাল্ভ সংখ্যার কারণে সিলিন্ডার হেড কিছুটা জটিল আকার ধারণ করে। এই লাইনারগুলি উচ্চ তাপ সহ্যক্ষমতাসম্পন্ন ধাতু থেকে তৈরি হয় বলে প্রয়োজনানুসারে সুপারচার্জিং–এর মাত্রা বাড়িয়ে শক্তি উৎপাদন বাড়ানো যায়।



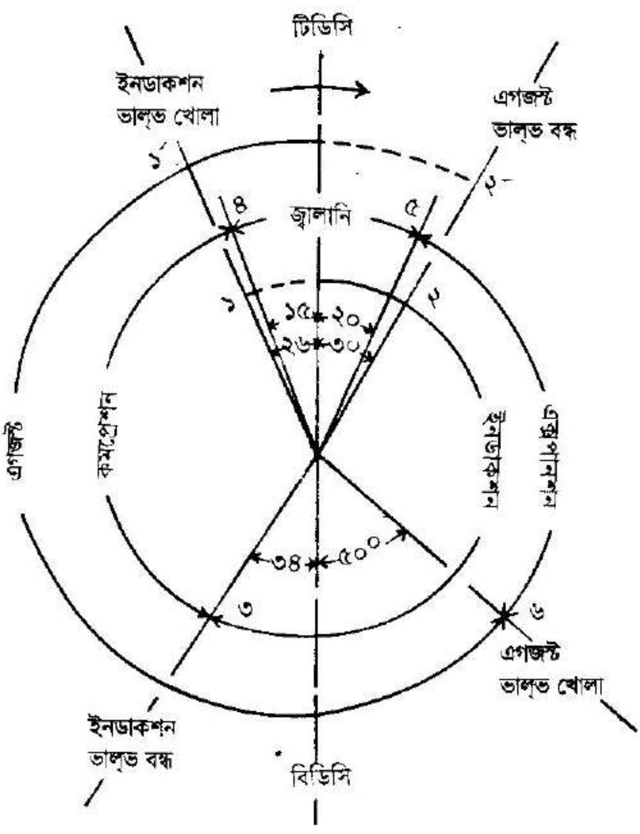
চিত্র ১.২ : ফোর–স্ট্রোক পেট্রোল ইঞ্জিনের টাইমিং ডায়াগ্রাম।



চিত্র ১.৩ : ফোর-স্ট্রোক ডিজেল ইঞ্জিন।

টু-স্ট্রোক সাইকেল ইঞ্জিন

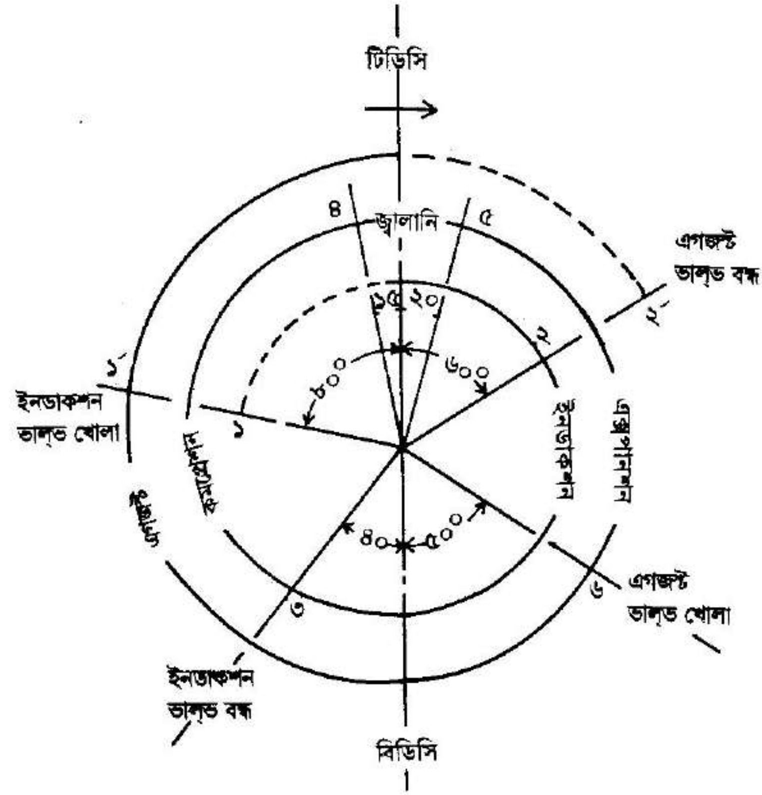
এই ইঞ্জিনে পিস্টনের প্রতি দুই স্ট্রোক (ক্র্যাঙ্কের এক চক্র) মিলে একটি পরিপূর্ণ ওয়ার্কিং সাইকেল হয়। ১.৬ চিত্রের সাহায্যে টু- স্ট্রোক পেট্রোল ইঞ্জিনের স্ট্রোকের পর্যায়গুলি বিশদভাবে বর্ণনা করা হলো।



চিত্র ১.৪ : ফোর- স্ট্রোক (নন--সুপারচার্জড) ডিজেল ইঞ্জিনের টাইমিং ডায়াগ্রাম।

(১) কমপ্রেশন : পিস্টন উপরের দিকে ওঠে। এগজস্ট পোর্টস বন্ধ হওয়ামাত্র বাতাস ও জ্বালানির মিশ্রণের সংনমন শুরু হয়। এ সময় ক্র্যাঙ্ককেসে আংশিক বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয়ে ইনলেট পোর্টস দিয়ে বাতাস ও জ্বালানির মিশ্রণ ক্র্যাঙ্ককেসে প্রবেশ করতে থাকে। পিস্টন টিডিসিতে পৌছার সামান্য আগে বৈদ্যুতিক স্পার্ক সংঘটিত হয়, ফলে জ্বালানি প্রজ্বলন ঘটে।

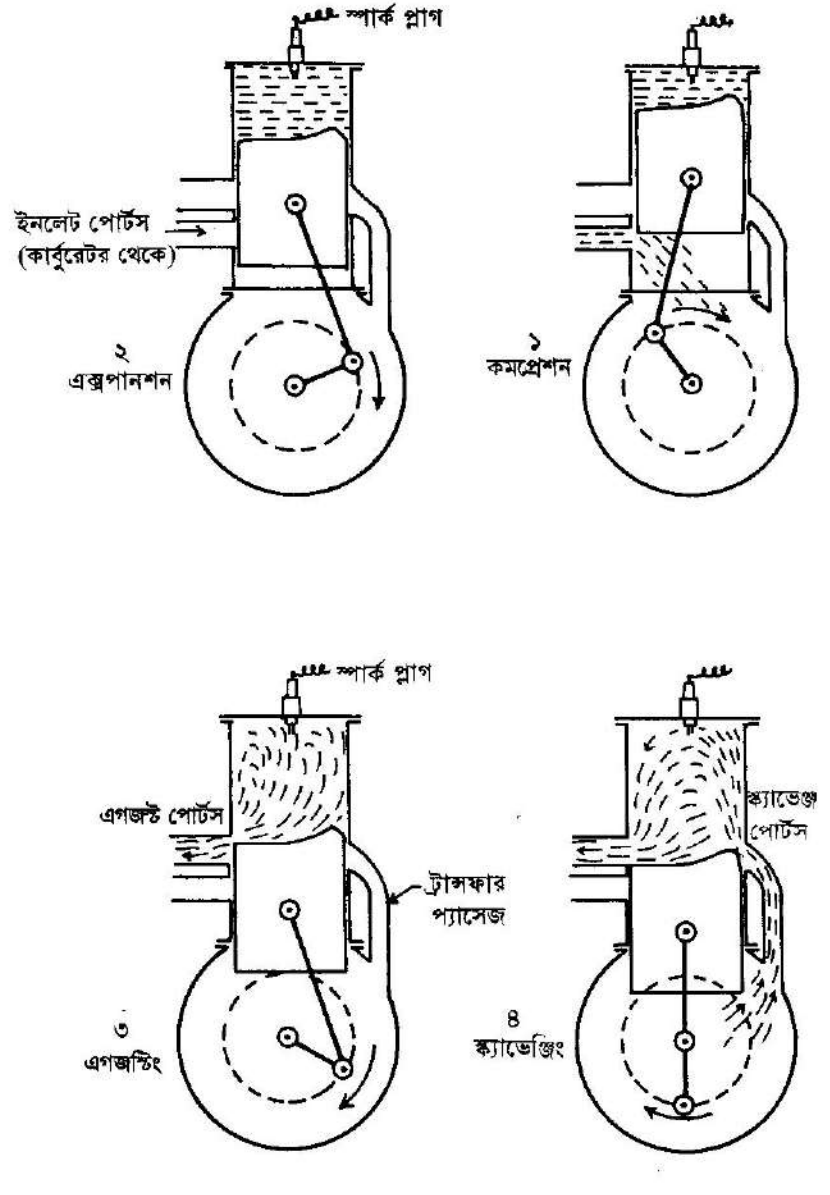
(২) **এক্সপানশন** ঃ জ্বালানি দহনের ফলে সৃষ্ট প্রচণ্ড গ্যাস প্রেশার পিস্টনকে টিডিসি থেকে নিচের দিকে ঠেলে দেয়। ফলে গ্যাস প্রসারণ ঘটে এবং সিলিন্ডার প্রেশার কমতে থাকে। এ সময় পিস্টনের নিচের অংশ প্রথমে এগজস্ট পোর্টস, অতঃপর ইনলেট পোর্টস বন্ধ করে দিলে ক্র্যাঙ্ককেসের ভেতর বাতাস ও জ্বালানির মিশ্রণের সংনমন শুরু হয়।



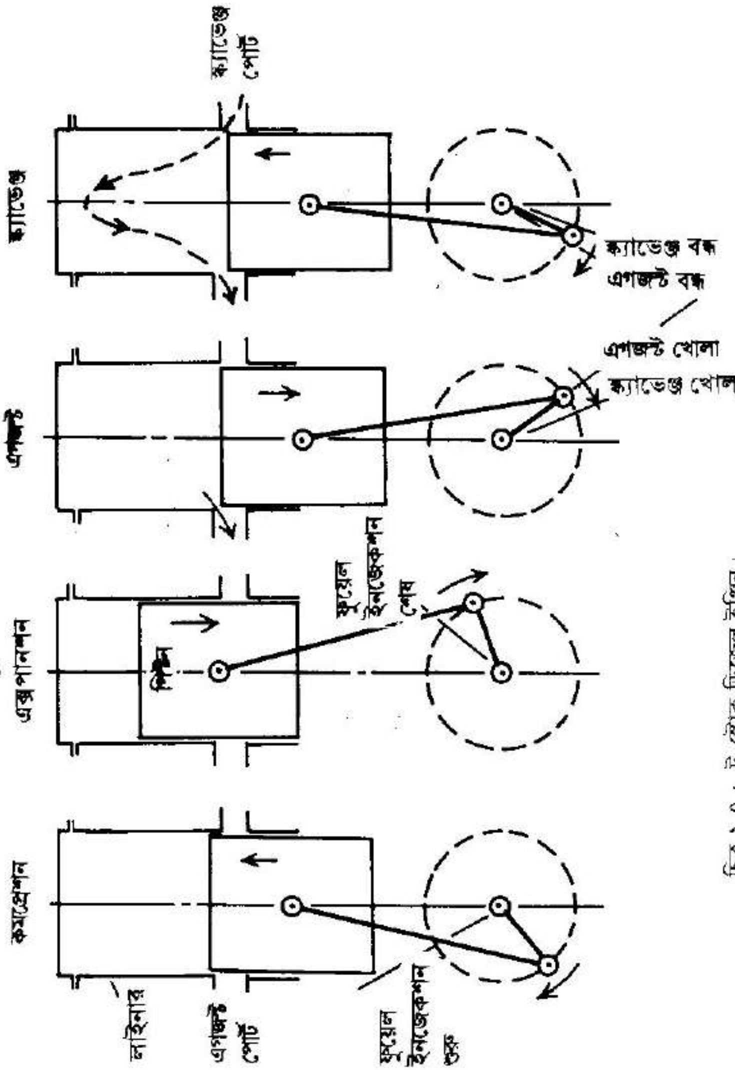
চিত্র ১.৫ : ফোর–স্ট্রোক (সুপারচার্জড) ডিজেল ইঞ্জিনের টাইমিং ডায়াগ্রাম।

(৩) **এগজস্টিং** : পিস্টন বিডিসিতে পৌঁছার সামান্য আগে এগজস্ট পোর্টস খুলে যায়। ফলে এগজস্ট গ্যাস বেরিয়ে যেতে থাকে এবং সিলিন্ডার প্রেশার দ্রুত কমে আসে। এ সময় ক্র্যাঙ্ককেসের ভেতর বাতাস ও জ্বালানির মিশ্রণের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপকে ছাড়িয়ে যায়।

BANGLADESH LIBRARY



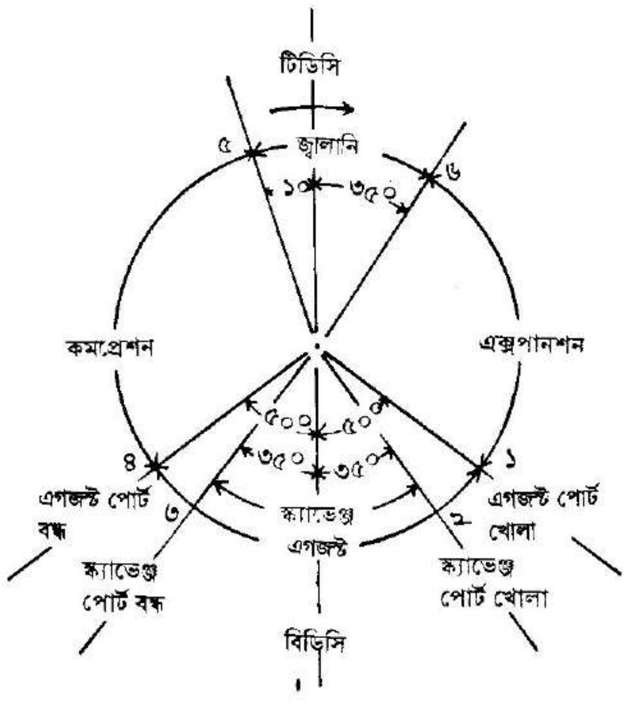
চিত্র ১.৬ : টু-স্ট্রোক পেট্রোল ইঞ্জিন



চিত্র ১.৭ : টু-স্ট্রোক ডিজেল ইঞ্জিন

(৪) স্ক্যাভেঞ্জিং : পিস্টন আরো নিচে নেমে গেলে স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস খুলে যায়, তখন বাতাস ও জ্বালানির মিশ্রণ ক্র্যাঙ্ককেস থেকে ট্রান্সফার প্যাসেজের ভেতর দিয়ে সিলিন্ডারে প্রবেশ করে এবং একই সাথে অবশিষ্ট এগজস্ট গ্যাস বহিষ্কার করতে থাকে। পিস্টন বিডিসি অতিক্রম করে পুনরায় উপরের দিকে ওঠার সময় পর্যায়ক্রমে স্ক্যাভেঞ্জ ও এগজস্ট পোর্টস বন্ধ হয়ে যায়। এভাবেই পরবর্তী সাইকেল শুরু হয়।

১.৭ চিত্রের সাহায্যে টু-স্ট্রোক ডিজেল ইঞ্জিনের স্ট্রোকের পর্যায়গুলি বিশদভাবে বর্ণনা করা হলো। এর সাথে একটি টাইমিং ডায়াগ্রামও দেয়া হলো (চিত্র ১.৮)।

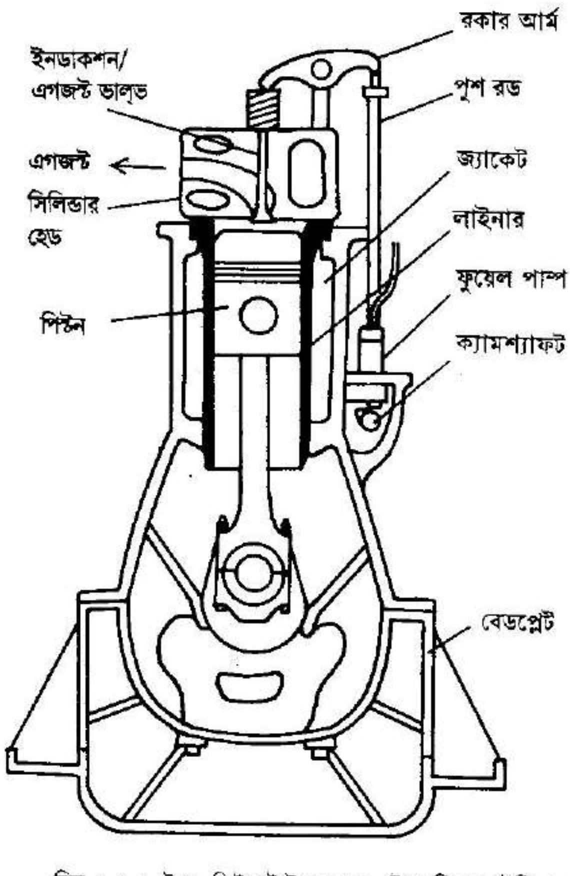


চিত্র ১.৮ : টু-স্ট্রোক ডিজেল ইঞ্জিনের টাইমিং ডায়াগ্রাম।

(১) এক্সপানশন : জ্বালানি দহনের ফলে সৃষ্ট প্রচণ্ড গ্যাস প্রেশার পিস্টনকে টিডিসি থেকে নিচের দিকে ঠেলে দেয়। ফলে গ্যাস প্রসারণ ঘটে এবং সিলিন্ডার প্রেশার কমতে থাকে।

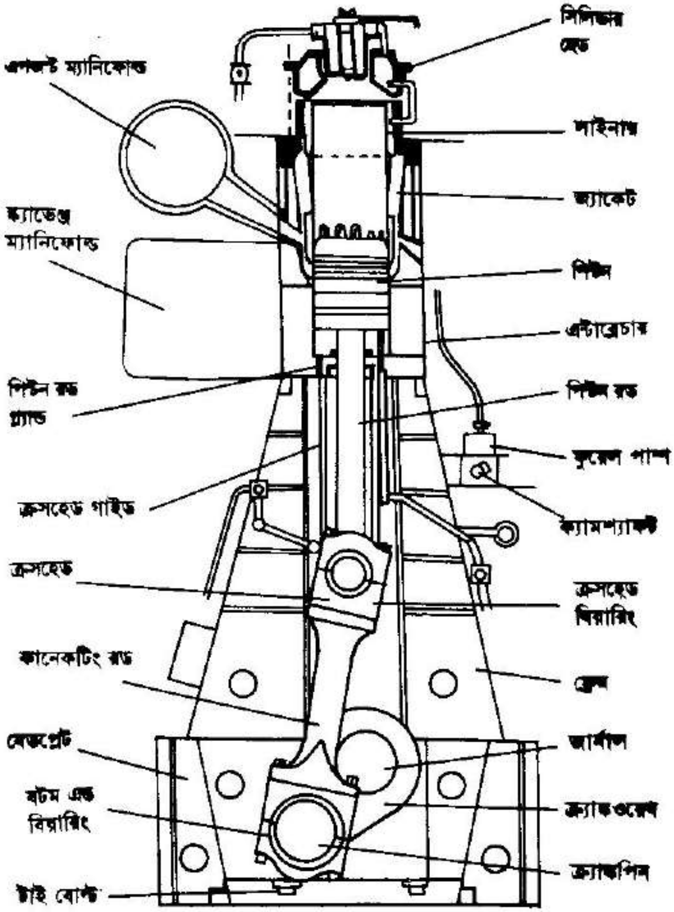
(২) এগজস্টিং : পিস্টন বিডিসিতে পৌঁছার সামান্য আগে এগজস্ট পোর্টস খুলে যায়। ফলে এগজস্ট গ্যাস বেরিয়ে যেতে থাকে এবং সিলিন্ডার প্রেশার দ্রুত কমে আসে।

(৩) স্ক্যাভেঞ্জিং : পিস্টন আরো নিচে নেমে গেলে স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস খুলে যায়। তখন চার্জএয়ার সিলিন্ডারে প্রবেশ করে এবং একই সাথে অবশিষ্ট এগজস্ট গ্যাস বহিষ্কার করতে থাকে। অতঃপর বিডিসি অতিক্রম করে পিস্টন উপরের দিকে ওঠার সময় পর্যায়ক্রমে স্ক্যাভেঞ্জ ও এগজস্ট পোর্টস বন্ধ হয়ে যায়।



চিত্র ১.৯ : ট্রাঙ্ক–পিস্টন টাইপ ফোর–স্ট্রোক ডিজেল ইঞ্জিন।

(৪) কমপ্রেশন : এগজস্ট পোর্টস বন্ধ হওয়ার সাথে সাথে চার্জএয়ার–এর সংনমন শুরু হয়। পিস্টন টিডিসিতে পৌঁছার সামান্য আগে সিলিন্ডারে জ্বালানি তেল প্রবিষ্ট হয় এবং তা সাথে সাথে জ্বলে ওঠে।



চিত্র ১.১০ : ক্রসহেড টাইপ টু–স্ট্রোক ডিজেল ইঞ্জিন।

তাপমাত্রার প্রচণ্ড তীব্রতা সহ্যক্ষমতাসম্পন্ন ধাতু আবিষ্কারের সাথে সাথে টু–স্ট্রোক ইঞ্জিনের কদর বেড়ে গেছে। বলা যায়, ব্যবহারিক ক্ষেত্রে টু–স্ট্রোক এবং ফোর–স্ট্রোক ইঞ্জিনের জনপ্রিয়তা সমান। কিন্তু বর্ধিত শক্তি উৎপাদনের চাহিদা, আকারের তুলনায় অধিক শক্তি উৎপাদন, দক্ষ সুপারচার্জিং এবং পরিচালনা সংক্রান্ত অন্যান্য সুবিধার জন্য মেইন ইঞ্জিন হিসেবে টু–স্ট্রোক ডিজেল ইঞ্জিনই সর্বাধিক উপযুক্ত। এই ইঞ্জিনগুলি স্ক্যাভেঞ্জিং সমস্যার কারণে উন্নতি হয়ে থাকে।

টু–স্ট্রোক প্রণালীর উপর স্থাপিত 'অপোজড পিস্টন' ডিজেল ইঞ্জিনের নানাবিধ সুবিধা রয়েছে। এর আকারের তুলনায় শক্তি উৎপাদন অনেক বেশি। প্রত্যেক সিলিন্ডারে দুটি পিস্টন পরস্পর বিপরীত দিকে চলাচল করে প্রাথমিক ইঞ্জিন ভারসাম্যের সৃষ্টি করে। এখানে দুটি পিস্টনের চলাচল একই ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের উপর কাজ করে বলে কার্যকর অংশের মাধ্যমে লোড স্থানান্তর ঘটে। তাই টাই বোল্টের প্রয়োজন হয় না এবং বেডপ্লেটও কিছুটা হালকা রাখা যায়। এই ইঞ্জিনে সিলিন্ডার কভার থাকে না। সিলিন্ডারের নিচের অংশে স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস এবং উপরের অংশে এগজস্ট পোর্টস থাকে, ফলে দক্ষ স্ক্যাভেঞ্জিং (ইউনিফ্লো) ঘটে।

ট্রাঙ্ক-পিস্টন টাইপ ইঞ্জিন

এ ধরনের ইঞ্জিনে দুই সেট বিয়ারিং–এর সাহায্যে পিস্টন রডের একপ্রান্তে পিস্টন ও অপরপ্রান্তে ক্র্যাঙ্কপিন সংযুক্ত থাকে, ফলে রেসিপ্রোকেটিং পিস্টন মোশান সরাসরি রোটারি মোশানে পরিবর্তিত হয় (চিত্র ১.৯)। এগুলির বিভিন্ন অংশের লুব্রিকেশন, এমনকি পিস্টন কুলিং–এর ক্ষেত্রেও একই লুব অয়েল ব্যবহার করা যায়। এই ইঞ্জিনগুলি আকারে ছোট, মধ্যমগতি অথবা উচ্চগতিসম্পন্ন হয়ে থাকে। প্রধান প্রচালনের ক্ষেত্রে এগুলির সাথে রিডাকশন গিয়ার এবং ফ্লেক্সিবল কাপলিং–এর ব্যবহার অপরিহার্য।

ক্রসহেড টাইপ ইঞ্জিন

এ ধরনের ইঞ্জিনে পিস্টন রডের একপ্রান্তে পিস্টন ও অপরপ্রান্তে ক্রসহেড সংযুক্ত থাকে এবং কানেকটিং রড ও দুই সেট বিয়ারিং–এর সাহায্যে ক্রসহেড পিন ও ক্র্যাঙ্কপিনকে সংযুক্ত করা হয়। ইঞ্জিন চলাকালে রেসিপ্রোকেটিং পিস্টন মোশান অনুযায়ী ক্রসহেড তার গাইড সু'র উপর ওঠানামা করে, সেই মোশান কানেকটিং রডের সাহায্যে রোটারি মোশানে পরিবর্তিত হয় (চিত্র ১.১০)। বর্ধিত শক্তি উৎপাদনের ক্ষেত্রে পিস্টন স্ট্রোক বৃদ্ধি করা আবশ্যক, আর তাই ক্রসহেডের ব্যবহার অপরিহার্য। ক্রসহেড ব্যবহার করে ইঞ্জিনের ক্র্যাঙ্ক থ্রো এবং সেই সাথে আকার ছোট রাখা যায়। এই ইঞ্জিন প্রধান প্রচালন ইঞ্জিন হিসেবে অত্যন্ত জনপ্রিয়

প্রশ্নমালা

১। ইঞ্জিন কি ? অন্তর্দহন ইঞ্জিনের শ্রেণিবিভাগ সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর

২। চিত্রের সাহায্যে ফোর–স্ট্রোক সাইকেল ডিজেল ইঞ্জিনের স্ট্রোকের পর্যায়গুলি বর্ণনা কর

৩। মেইন ইঞ্জিন হিসেবে ফোর–স্ট্রোক ট্রাঙ্ক–পিস্টন ইঞ্জিনের ব্যবহার সীমিত, এর কারণ কি ?

৪। টু-স্ট্রোক এবং ফোর-স্ট্রোক ইঞ্জিনের সুবিধা-অসুবিধা বর্ণনা কর।

৫। দৃষ্টান্তমূলক টাইমিং ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর :

(ক) টু-স্ট্রোক (সুপারচার্জড) ইঞ্জিন।

(খ) ফোর-স্ট্রোক (নন-সুপারচার্জড) ইঞ্জিন।

৬। ক্রসহেড ও ট্রাঙ্ক-পিস্টন টাইপ ইঞ্জিনের পার্থক্য বর্ণনা কর।

৭। অপোজড পিস্টন ইঞ্জিনে টাই বোল্ট থাকে না কেন ?

ডিজেল ইঞ্জিন

ডিজেল ইঞ্জিনের উচ্চমাত্রার শক্তি উৎপাদন, একই ইঞ্জিনে ডিজেল ও হেভি ফুয়েল অয়েল ব্যবহারের সুবিধা, স্বল্প পরিচালনা ব্যয় ইত্যাদি এর ব্যবহারকে সর্বব্যাপী করে তুলেছে। বড় বড় পাওয়ার প্লান্ট, শিল্প কারখানা, জাহাজ ইত্যাদিতে ডিজেল ইঞ্জিনের ব্যবহার একচেটিয়া বইটিতে ডিজেল ইঞ্জিনের উপর তাই বিশেষভাবে আলোকপাত করা হলো।

দ্বিতীয় অধ্যায়
ইঞ্জিনের গঠন ও বিভিন্ন অংশ

ক্র্যাঙ্কশ্যাফট

ক্র্যাঙ্কশ্যাফট অন্তর্দহন ইঞ্জিনের মেরুদণ্ড এবং অত্যন্ত প্রয়োজনীয় অংশ (চিত্র ২.১)। এর নির্মাণ ব্যয়বহুল ও দুরূহ কাজ। এটি তিন প্রকার। এ সম্পর্কে নিচে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা হল।

১। ওয়ান পিস ক্র্যাঙ্কশ্যাফট : এই ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের ক্র্যাঙ্কওয়েব, ক্র্যাঙ্কপিন ও জার্নাল মিলে একটি ইউনিট (সলিড অথবা ফোর্জড)। এগুলি উচ্চগতি ইঞ্জিনে ব্যবহৃত হয়।

২। সেমি বিল্ট ক্র্যাঙ্কশ্যাফট : এই ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের ক্র্যাঙ্কওয়েব ও ক্র্যাঙ্কপিন পৃথক ইউনিট হিসেবে জার্নালের উপর শ্রাঙ্ক-ফিটেড থাকে। এগুলি মধ্যমগতি ও ধীরগতি ইঞ্জিনে ব্যবহৃত হয়।

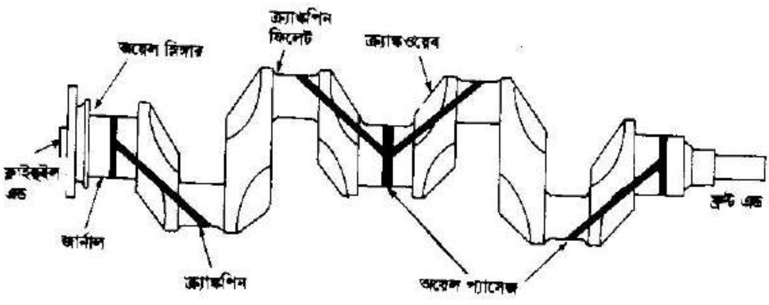
৩। ফুলি বিল্ট ক্র্যাঙ্কশ্যাফট : এই ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের ক্র্যাঙ্কওয়েব, ক্র্যাঙ্কপিন ও জার্নাল প্রতিটি আলাদা ইউনিট। ক্র্যাঙ্কপিন ও জার্নালের উপর ক্র্যাঙ্কওয়েব শ্রাঙ্ক-ফিটেড থাকে। এগুলি বৃহদাকার ধীরগতি ইঞ্জিনে ব্যবহৃত হয়।

যে সব গুণাবলীর উপর ভিত্তি করে ক্র্যাঙ্কশ্যাফট নির্মাণের উপাদান নির্বাচন করা হয় তা হচ্ছে পরিবর্তী পীড়ন প্রতিরোধক ক্ষমতা (ফ্যাটিগ রেসিসট্যান্স), পর্যাপ্ত ক্ষয় প্রতিরোধক কাঠিন্য, শ্রাঙ্কফিটিং-এ উপযুক্ত গ্রিপিং ক্ষমতা (উচ্চমাত্রার ঘর্ষণ সহগ) ইত্যাদি। ক্র্যাঙ্কপিন ও জার্নালের জন্য উন্নতমানের মাইল্ড স্টিল এবং ক্র্যাঙ্কওয়েবের জন্য কাস্ট স্টিল ব্যবহারোপযোগী। বিভিন্ন গুণাবলীর উন্নতি সাধনের জন্য ক্র্যাঙ্কশ্যাফটকে আবার হিট ট্রিটেড, কেস হার্ডেন্ড অথবা নাইট্রাইডেড করা হয়।

ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের সারফেস ফিনিশিং নিখুঁত মসৃণ হওয়া চাই, এতে সর্বাধিক সারফেস কন্টাক্ট এবং উন্নতমানের শ্রিঙ্কেজ গ্রিপিং-এর সুবিধা মেলে। তবে অত্যধিক শ্রিঙ্কেজ স্ট্রেস ছাড়াতে কার্যক্ষেত্রে শ্যাফটের ব্যাসের ১/৬০০ শ্রিঙ্কেজ অ্যালাউন্স আশানুরূপ ফল দেয়। ত্রুটি, শকলোড অথবা অতিউত্তপ্ত হওয়ার কারণে (যেমন টার্নিং গিয়ার এনগেজ থাকাবস্থায় ইঞ্জিন চালু করা, কোনো কারণে চালু করার সময় সিলিন্ডারে মাত্রাধিক চাপের উদ্ভব হওয়া, বিগ এন্ড বোল্ট ফেলিঅর, পিস্টন সিজার ইত্যাদি) জার্নালের উপর ক্র্যাঙ্কওয়েব ঘুরে সরবার সম্ভাবনা থাকে।

ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের অয়েল হোল (যদি থাকে) সমুন্নত গোলাকার ও নিখুঁত মসৃণ হওয়া দরকার। ফিলেট রেডিয়াস কমপক্ষে শ্যাফটের ব্যাসের ৫% হওয়া উচিত। অন্যথায় সে সব স্থানে চেঞ্জ অফ সেকশন। ঘনীভূত পীড়নের ফলে ক্র্যাঙ্কশ্যাফট ফেলিঅর ঘটতে পারে।

ক্র্যাঙ্কশ্যাফট ফেলিঅরের বিভিন্ন কারণগুলির মধ্যে মিস–অ্যালাইনমেন্ট অন্যতম। মিস–অ্যালাইনমেন্টের ফলে ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের উপর প্রচণ্ড বেনডিং ও ব্যবর্তনী পীড়নের উদ্ভব হয়, যার চূড়ান্ত পরিণতি ক্র্যাঙ্কশ্যাফট ফেলিঅর। সাপোর্টিং বিয়ারিংগুলিকে (মেইন বেয়ারিং) একই উচ্চতায় রেখে ও তাদের ক্লিয়ারেন্স রক্ষা করে ক্র্যাঙ্কশ্যাফট অ্যালাইনমেন্ট নিশ্চিত করা যায়।



চিত্র ২.১ : ক্র্যাঙ্কশ্যাফট।

জলযানের বিভিন্ন মাল বোঝাই অবস্থা (বা ড্রাফট) দ্বারাও ক্র্যাঙ্কশ্যাফট অ্যালাইনমেন্ট প্রভাবিত হয়। যেমন, মালবিহীন অবস্থায় স্যাগিং এবং মালভর্তি অবস্থায় হগিং–এর প্রবণতা বেডপ্লেটের উপর কাজ করে। তাই ইঞ্জিন সিটিং এবং বেডপ্লেট (এবং ট্যাঙ্ক টপ) যথেষ্ট শক্ত ও মজবুত হওয়া দরকার। জলযানের তলদেশ কোথাও ঠেকে গেলেও বেডপ্লেট বেঁকে যেতে পারে, যা সুষ্ঠু ক্র্যাঙ্কশ্যাফট অ্যালাইনমেন্টের অন্তরায় হয়ে দাঁড়ায়।

ইঞ্জিন রেসিং অথবা গতিবেগের আকস্মিক ওঠানামা ক্র্যাঙ্কপিনে শকলোড–এর সৃষ্টি করে। এসব পরিস্থিতিতে ইঞ্জিনের গভর্নর এনগেজ থাকা বাঞ্ছনীয়। ভারসাম্যহীন ইঞ্জিন (অথবা প্রপেলার), ক্রিটিক্যাল স্পীডে দীর্ঘ সময় ধরে ইঞ্জিন চালানো ইত্যাদি কম্পনজনিত পীড়নের উদ্ভব ঘটিয়ে ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের মারাত্মক ক্ষতিসাধন করতে পারে।

অন্য যে সব কারণে ক্র্যাঙ্কশ্যাফট ফেলিঅর ঘটে তা হলো– নির্মাণে ত্রুটি (ত্রুটিযুক্ত উপাদান, অপরিমিত হিট ট্রিটমেন্ট), সুষ্ঠু লুব্রিকেশনে ব্যর্থতা (অপর্যাপ্ত সরবরাহ, প্রবাহে প্রতিবন্ধকতা, দূষণ) ইত্যাদি।

ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের রক্ষণাবেক্ষণ হিসেবে নিয়মিত ক্র্যাঙ্ককেস পরিদর্শন করা, ক্র্যাঙ্কশ্যাফট অ্যালাইনমেন্ট ও ফাউন্ডেশন বোল্টের দৃঢ়তা পরীক্ষা করা, অয়েল হোল পরিষ্কার করা এবং লুব অয়েলকে যাবতীয় দূষণ থেকে মুক্ত রাখা আবশ্যক।

ক্র্যাঙ্কশ্যাফট মিস-অ্যালাইনমেন্ট

স্বাভাবিক অবস্থায় ক্র্যাঙ্কশ্যাফট প্রতিটি মেইন বিয়ারিং-এর উপর সমানভাবে চেপে বসে অর্থাৎ বিয়ারিংগুলির তখন কোনো বটম ক্লিয়ারেন্স থাকে না।

মেইন বিয়ারিং-এর অসমরূপ ক্ষয়ই ক্র্যাঙ্কশ্যাফট মিস-অ্যালাইনমেন্টের অন্যতম প্রধান কারণ। জার্নালের ওভালিটিও মিস-অ্যালাইনমেন্টের কারণ হতে পারে। সাধারণত তিনভাবে মেইন বিয়ারিং-এর ক্ষয়ের পরিমাণ ও ধরন বুঝা যায়। এগুলি সম্পর্কে নিচে বিস্তারিত আলোচনা করা হলো। তবে প্রতিটি পদ্ধতির প্রাথমিক পরীক্ষা হিসেবে ফিলার গেজ দ্বারা মেইন বিয়ারিং-এর বটম ক্লিয়ারেন্স পরীক্ষা করে দেখা দরকার।

ক্র্যাঙ্কশ্যাফট অ্যালাইনমেন্ট নির্ধারণ পদ্ধতি

১। মেইন বিয়ারিংগুলির বটম শেলের পুরুত্ব মেপে পরিশেষে ওই মাপগুলি পর্যবেক্ষণ করে বিয়ারিং-এর ক্ষয় ও ক্র্যাঙ্কশ্যাফট অ্যালাইনমেন্ট সম্পর্কে বুঝা যায়। এক্ষেত্রে একসাথে একটির বেশি বিয়ারিং খোলা উচিত নয়। এই পদ্ধতি সর্বাধিক নির্ভরযোগ্য, যদি বেডপ্লেটের বিয়ারিং সিটগুলি একই উচ্চতায় থাকে। উল্লেখ্য, বারবার খোলা-বন্ধের কারণে বিয়ারিং-এর অবস্থানের পরিবর্তন এবং ফিটিংজনিত ত্রুটির উদ্ভব হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। এছাড়া শেলের পুরুত্ব সঠিকভাবে নিরূপন করাও দুরূহ কাজ। এ কারণে এ পদ্ধতির ব্যবহার সচরাচর দেখা যায় না।

২। মেইন বিয়ারিংগুলির টপ হাফ খুলে বেডপ্লেটের উপরিভাগে ব্রিজ গেজ বসিয়ে বিয়ারিং-এর উপর ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের প্রকৃত অবস্থান। ২.২ চিত্রানুযায়ী উচ্চতা 'উ' এবং পার্শ্বক্ষয় 'ক' ও 'খ' জানা যায়।

৩। ক্র্যাঙ্কওয়েব দুটির মাঝে ক্লক গেজ বসিয়ে পুরো এক রেভুলিউশনে জার্নালের অনুভূমিক বিসরণ রেকর্ড করে কোন বিয়ারিং উঁচু এবং কোনটা নিচু জানা যায়। চিত্র ২.৩। নিচে ৬-সিলিন্ডার ইঞ্জিনের ক্র্যাঙ্কশ্যাফট বিসরণের একটি দৃষ্টান্তমূলক তালিকা দেয়া হলো

এ পদ্ধতি বেশ সহজ এবং নির্ভরযোগ্য। এক্ষেত্রে যদিও মেইন বিয়ারিং খোলার প্রয়োজন হয় না তথাপি নাটগুলি একটু ঢিলা রাখলে ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের উল্লম্ব চলাচল ধরা পড়ে। ক্র্যাঙ্কশ্যাফট মিস-অ্যালাইনড হলে বিভিন্ন ক্র্যাঙ্ক পজিশনে ক্র্যাঙ্কওয়েব দুটির ভেতরের দূরত্ব 'বাড়বে-কমবে' এই চিন্তাধারা ও বৈজ্ঞানিক ভিত্তি থেকে পদ্ধতিটির উৎপত্তি।

ক্র্যাঙ্কপিন পজিশন	সিলিন্ডার ইউনিট					
	১	২	৩	৪	৫	৬
ক	০	০	০	০	০	০
খ	৪	৩	–২	৪	–১	১
গ (টিডিসি)	৫	৩	–২	৪	–২	২
ঘ	২	২	–১	৫	–২	২
ঙ	২	২	০	৪	০	২
চ (বিডিসি)	১	১	০	২	০	১
উল্লম্ব বিসরণ (গ–প)	৪	২	–২	২	–২	১
আনুভূমিক বিসরণ (খ–ঘ)	২	১	–১	–১	১	–১

জলযানের ড্রাফট	: সামনে ৬.৩০ মি., পেছনে ৬.৪৫ মি.।
ক্লক গেজ স্কেল	: ১ = ০.০০১ মিলিমিটার।
গ্রহণযোগ্য বিসরণ	: ০.০২ মিলিমিটার।
মন্তব্য	: ১নং ইউনিটের পাশের (এন্ড) বিয়ারিং উঁচু।

প্রতিটি ইউনিটে একই ক্র্যাঙ্ক পজিশনে (২.৩ চিত্রে 'ক' পজিশন) ক্লক গেজ বসিয়ে প্রথমে তার কাঁটা শূন্যতে সেট করে নিতে হয়। তারপর টার্নিং গিয়ার বা হ্যান্ডলিভার দ্বারা ইঞ্জিন ঘুরিয়ে বিভিন্ন ক্র্যাঙ্ক পজিশনে কাঁটার অবস্থান রেকর্ড করতে হয়। রিডিং নেয়ার আগে ইঞ্জিন উল্টোদিকে সামান্য ঘুরিয়ে টার্নিং গিয়ার টিথ মুক্ত করে নিলে নির্ভুল রিডিং পাওয়া যায়। পঠিত রিডিং ক্র্যাঙ্কওয়েব দুটির ভেতরের দূরত্ব নির্দেশ করে।

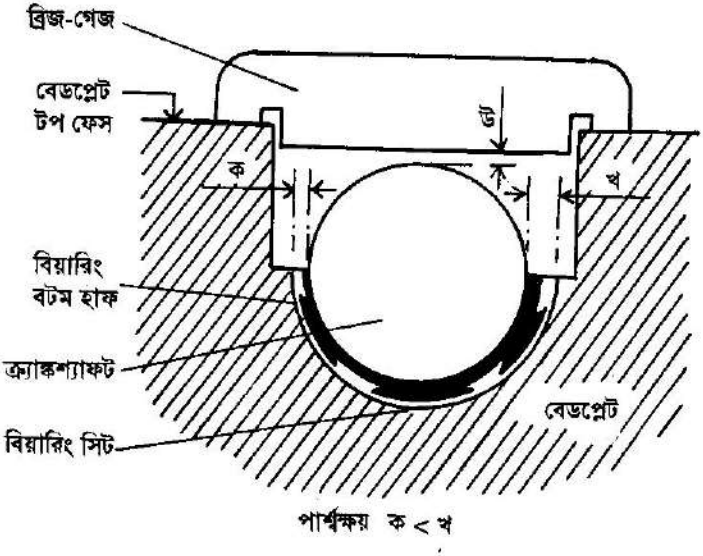
যে কোনো ইঞ্জিন দুর্ঘটনা, বেডপ্লেট বা ফাউন্ডেশনের ক্ষতি এবং জলযান গ্রাউন্ডিং–এর ক্ষেত্রে ক্র্যাঙ্কশ্যাফট অ্যালাইনমেন্ট পরীক্ষা করা দরকার।

ক্যামশ্যাফট

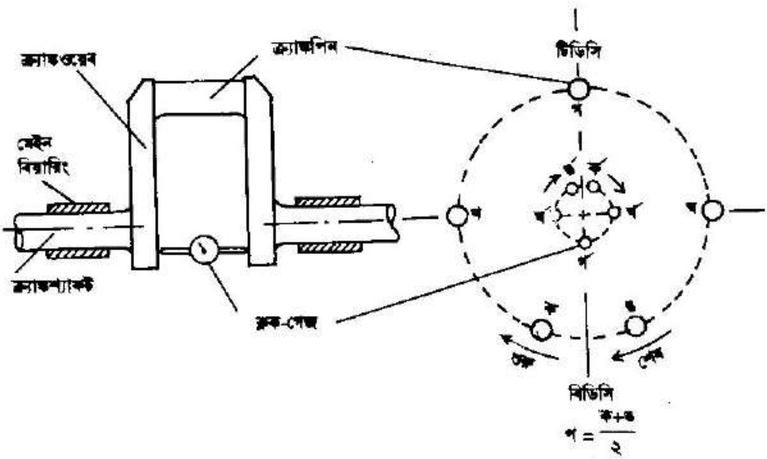
ইঞ্জিনের ইনলেট, এগজস্ট ও এয়ার ডিসট্রিবিউটর ভাল্ভ এবং ফুয়েল পাম্প পরিচালনার জন্য সাধারণত ক্যামশ্যাফট ব্যবহৃত হয়। ক্যামশ্যাফটের উপর বসানো থাকে প্রতিটি ভাল্ভ ও পাম্পের জন্য পৃথক ক্যাম (চিত্র ২.৪)। এগুলির গঠন এমন হয় যে এর কিছু অংশ উঁচু (ক্রাউন সার্কেল) এবং বাকিটা নিচু (বেস সার্কেল) থাকে। ক্যামশ্যাফট ও ক্যাম ফ্রেম হার্ডেন্ড স্টিলের হয়।

ক্যামশ্যাফট ঘুরতে থাকাবস্থায় ক্যামের উঁচু অংশের সংস্পর্শে এসে ভাল্ভ ও পাম্পের রোলার উপরের বা নির্দিষ্ট। দিকে ঠেলে ওঠে (স্প্রিং প্রেশারের বিপরীতে) এবং উঁচু অংশ শেষ হওয়ামাত্র আবার নিচে নেমে যায়। এভাবে রোলারের ওঠানামা দ্বারা ভাল্ভ ও পাম্পের কার্যক্রিয়া সম্পাদিত

হয়। ভাল্ভগুলি পরিচালনার জন্য রোলারের সাথে পুশ রড এবং রকিং লিভারও সংযুক্ত হতে পারে।

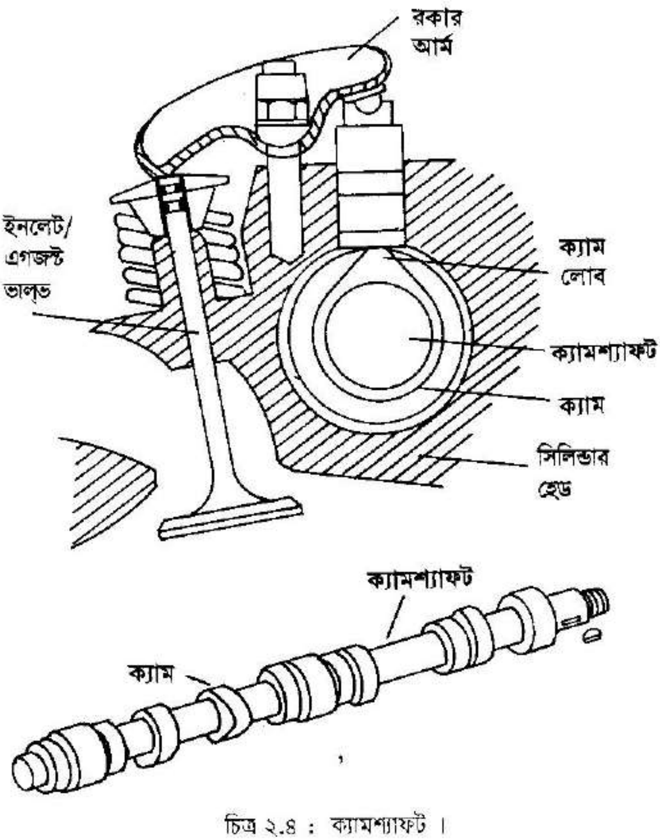


চিত্র ২.২ : ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের অবস্থান নির্ধারণ।



চিত্র ২.৩ ঃ ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের আনুভূমিক বিসরণ নির্ধারণ ।

ক্যামগুলি প্রত্যেক সাইকেলে একটি নির্দিষ্ট মুহূর্ত ও সময় জুড়ে ভাল্ভ ও পাম্পের খোলা–বন্ধ নিয়ন্ত্রণ করে। ক্যামশ্যাফটের টাইমিংস ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের সাথে সম্পর্কযুক্ত থাকে এবং এটি ক্র্যাঙ্কশ্যাফট দ্বারা (গিয়ার অথবা চেইনের সাহায্যে) পরিচালিত হয়।



চিত্র ২.৪ : ক্যামশ্যাফট ।

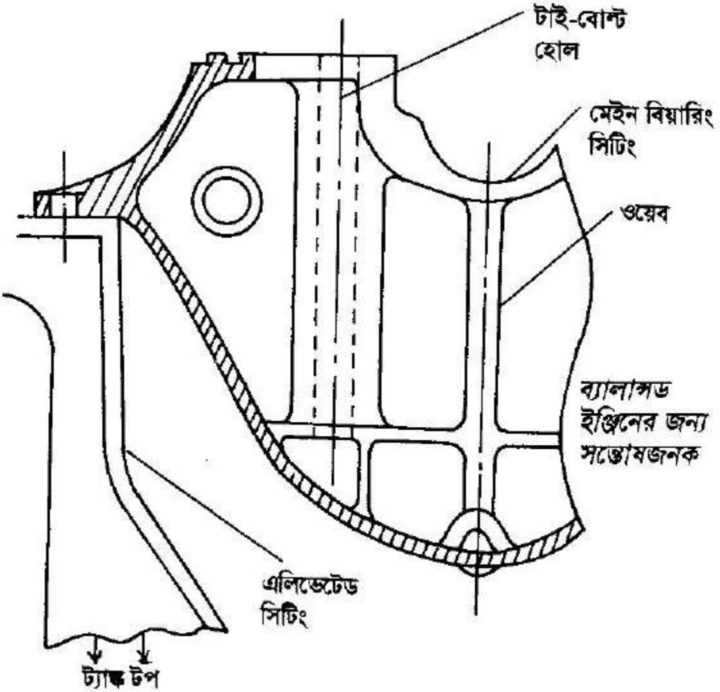
ফোর–স্ট্রোক ইঞ্জিনে ক্র্যাঙ্কের দুই চক্র মিলে একটি ওয়ার্কিং সাইকেল হয়, অর্থাৎ ক্র্যাঙ্কশ্যাফট এখানে দু'বার ঘুরলে ক্যামশ্যাফট ঘোরে একবার।

বেডপ্লেট

বেডপ্লেট ইঞ্জিনের অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ অংশ। এটি ইঞ্জিনের ভার বহন করে এবং মেইন বিয়ারিং সাপোর্ট হিসেবে ক্র্যাঙ্কশ্যাফট অ্যালাইনমেন্ট রক্ষা করে। ইঞ্জিনের প্রচণ্ড পরিবর্তী

পীড়ন সহ্য করার মত এর শক্তি এবং দৃঢ়তা থাকা প্রয়োজন। কাস্ট আয়রন, ফেব্রিকেটেড স্টিল অথবা কাস্ট স্টিল দ্বারা বেডপ্লেট তৈরি হয়।

বৃহদাকার বেডপ্লেটের কাস্টিং সমস্যা অনেক। এছাড়া কাস্ট আয়রনের মূল্য ও ওজন তুলনামূলকভাবে বেশি। তাই শুধু ছোট ইঞ্জিনের বেলায় কাস্ট আয়রনের বেডপ্লেট ব্যবহৃত হয় (চিত্র ২.৫)।



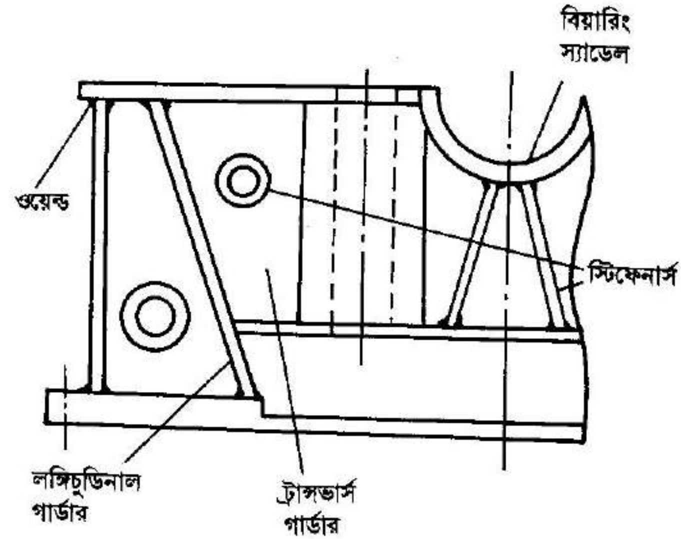
চিত্র ২.৫ : বেডপ্লেট (ট্রেসেল টাইপ)।

ওয়েল্ডিং কৌশলের উল্লেখযোগ্য উন্নয়ন ফেব্রিকেটেড স্টিল কাঠামোর বেডপ্লেটকে (চিত্র ২.৬) জনপ্রিয় করে তুলেছে। বৃহদাকার ফারনেসে এগুলির স্ট্রেস রিলিফের বিশেষ সুবিধাও থাকে।

সিলিন্ডার ব্লক, ফ্রেম ও বেডপ্লেটকে টাই বোল্ট দ্বারা দৃঢ়ভাবে সংযুক্ত করা হয় (চিত্র ২.৭)। এই টাই বোল্টের মাধ্যমে কমবাসশন গ্যাস লোড, ফাউন্ডেশন স্ট্রাকচারে স্থানান্তরিত হয়। টাই বোল্ট ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের যত কাছাকাছি থাকে (যেমন জ্যাক বোল্ট সংবলিত মেইন বিয়ারিং-এর ক্ষেত্রে) বেডপ্লেটের উপর বেনডিং স্ট্রেস তত কম হয়।

BARIDOO Library Dhaka

ইঞ্জিন লোডের মাত্রাধিক ওঠানামার ফলে ট্রান্সভার্স গার্ডারে (বিশেষ করে মেইন বিয়ারিং সিটিং-এ) ফ্যাটিগ ক্র্যাক দেখা দিতে পারে। তাই নিয়মিত এর পর্যবেক্ষণ এবং ফাউন্ডেশন বোল্টগুলির দৃঢ়তা পরীক্ষা করা আবশ্যক।



চিত্র ২.৬ : বেডপ্লেট (বক্স টাইপ) ।

সিলিন্ডার লাইনার

সিলিন্ডার লাইনার একক কাস্টিং (চিত্র ২.৮) অথবা একাধিক কাস্টিং-এর হতে পারে। সুষ্ঠু কুলিং-এর জন্য সর্বাল্প পুরুত্ব এবং কমবাসশন গ্যাস লোড প্রতিহত করার মতো পর্যাপ্ত শক্তি লাইনার নির্মাণের ক্ষেত্রে একটি গুরত্বপূর্ণ বিবেচ্য বিষয়।

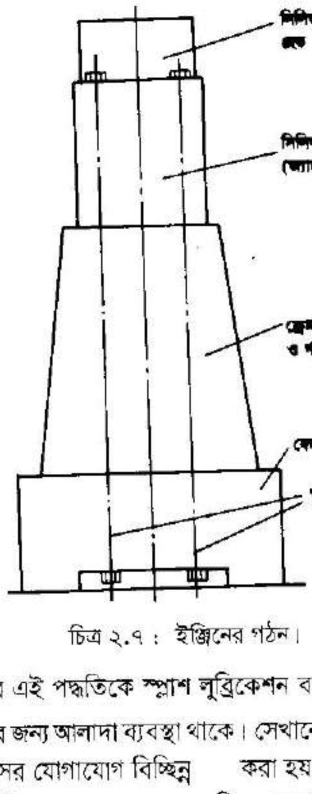
শক্তি, ক্ষয়, লুব্রিকেশন, কুলিং ইত্যাদির প্রতি লক্ষ্য রেখে পেয়ারলিটিক গ্রে কাস্ট আয়রন দ্বারা লাইনার তৈরি হয়। এর সাথে খানিকটা ভ্যানাডিয়াম ও টাইটেনিয়াম মিশ্রিত করে অধিকতর সুফল পাওয়া যায়। বিভিন্ন গুণাবলীর দিক থেকে ক্রোমিয়াম প্লেটেড লাইনারের ব্যবহার সর্বাধিক ফলপ্রসূ, তবে এর প্রাথমিক খরচ অনেক বেশি।

সিলিন্ডার কুলিং-এর জন্য সাধারণত ক্লোজড সার্কিট ফ্রেশ ওয়াটার সিস্টেম ব্যবহৃত হয়। এই ফ্রেশ ওয়াটারকে আবার নদী, পুকুর বা সমুদ্রের পানি দ্বারা কুলারে ঠাণ্ডা করা হয়। বিকল্প ব্যবস্থা হিসেবে সরাসরি নদী, পুকুর বা সমুদ্রের পানি দ্বারাও সিলিন্ডার কুলিং করা যায়। কুলিং ব্যবস্থার জন্য লাইনারের গায়ে কয়েকটি স্থানে ওয়াটার সিল ব্যবহৃত হয়।

কুলিং-এর সাহায্যে লাইনারের তাপমাত্রা ও তাপীয় প্রসারণ নিয়ন্ত্রণ করা হয় বলে পিস্টন ক্লিয়ারেন্স আয়ত্তে থাকে, সুষ্ঠু লাইনার লুব্রিকেশন তথা গ্যাস সিল বলবৎ থাকে এবং লাইনার

ও পিস্টনের ক্ষয়ের মাত্রা স্বাভাবিক থাকে। লাইনারের উপরের অংশ সিলিন্ডার কভার দ্বারা জ্যাকেটের সাথে দৃঢ়ভাবে আটকানো থাকে বলে তাপীয় প্রসারণ শুধু নিচের দিকেই হয়

লাইনার ক্ষয়ের প্রধান কারণ ঘর্ষণ। অন্য কারণগুলি হচ্ছে– করোশন, অ্যাব্রেশন ইত্যাদি। হেভি ফুয়েল অয়েলে যে সালফার থাকে তা দহনের সময় আর্দ্র স্ক্যাভেঞ্জ এয়ারের সংস্পর্শে এসে সালফিউরিক এসিড তৈরি করে, ফলে লাইনারের করোশন সংঘটিত হয়। হেভি ফুয়েল অয়েল ব্যবহারের ক্ষেত্রে সিলিন্ডার লুব্রিকেশনে তাই উচ্চমাত্রার ক্ষারীয় লুব অয়েল ব্যবহার করা দরকার, যা এসিডের কার্যক্রিয়া নিষ্ক্রিয় করে দেয়। দক্ষ দহন ও লুব্রিকেশন লাইনারের ক্ষয় হ্রাস করে।



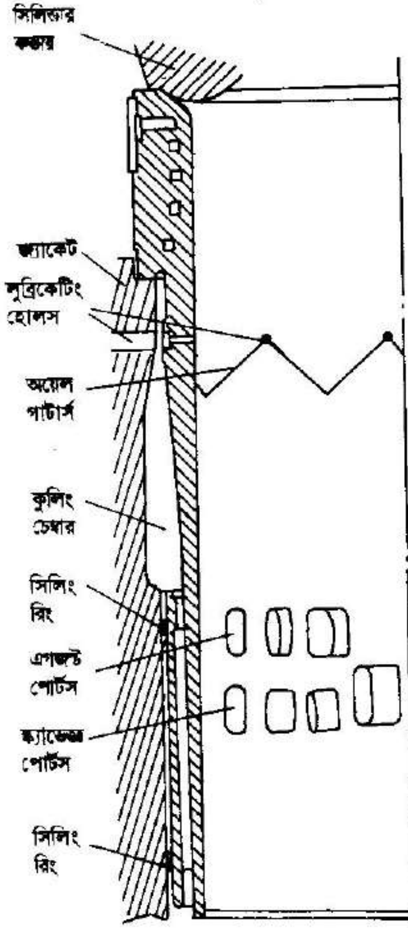
চিত্র ২.৭ : ইঞ্জিনের গঠন।

ট্রাঙ্ক পিস্টন টাইপ ছোট ইঞ্জিনে একই ক্র্যাঙ্ককেস অয়েল সিলিন্ডার লুব্রিকেশনের কাজে ব্যবহৃত হয়। ইঞ্জিন চলাকালে ক্র্যাঙ্কওয়েবের ধাক্কায় কিছু লুব অয়েল ছিটকে লাইনারের নিচের অংশে লাগে, তার কিছু অংশ সিলিন্ডার লুব্রিকেশনের কাজে ব্যবহৃত হয় এবং বাকি অংশ পিস্টন স্ক্রেপার রিং–এর সাহায্যে পুনরায় ক্র্যাঙ্ককেসে ফিরে আসে। সিলিন্ডার লুব্রিকেশনের এই পদ্ধতিকে স্প্লাশ লুব্রিকেশন বলে।

ক্রসহেড টাইপ ইঞ্জিনে সিলিন্ডার লুব্রিকেশনের জন্য আলাদা ব্যবস্থা থাকে। সেখানে পিস্টন রড গ্ল্যান্ডের সাহায্যে লাইনারের সাথে ক্র্যাঙ্ককেসের যোগাযোগ বিচ্ছিন্ন করা হয়। এসব লাইনারের গায়ে চারপাশে কয়েকটি ছিদ্র (৬–৮টি) থাকে, যার ভেতর দিয়ে মেকানিক্যাল লুব্রিকেটরের সাহায্যে প্রেশার পালস সিস্টেমে সিলিন্ডার অয়েল প্রবিষ্ট করানো হয় (চিত্র ২.৯)। এই মেকানিক্যাল লুব্রিকেটর একই ইঞ্জিনচালিত হয়। কোনো কোনো ছোট ইঞ্জিনে প্রেশার পালস সিস্টেমে সিলিন্ডার লুব্রিকেশনের ব্যবস্থা থাকে, তবে ব্যাস কম বলে সেসব লাইনারে মাত্র ২–৩টি ছিদ্র রাখা হয়।

প্রেশার পালস সিস্টেমে লুব অয়েল ইনজেকশনের পরিমাণ এবং টাইমিংস নির্ধারণ একটি গুরুত্বপূর্ণ বিবেচ্য বিষয়। লুব অয়েলের পরিমাণ কম হলে পিস্টন রিং ও লাইনারের ঘর্ষণ বৃদ্ধি পায় (গ্যাস সিলিং ব্যাহত হয়), আবার বেশি হলে কার্বন ডিপোজিট বৃদ্ধি পেয়ে গ্রুভসের ভেতর পিস্টন রিং আটকে (এবং ভেঙ্গে) যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। লুব অয়েল ইনজেকশন টাইমিং

সম্পর্কে বিভিন্ন ইঞ্জিন নির্মাতারা বিভিন্ন মতামত পোষণ করেন, তবে কমবাসন চেম্বার এবং এগজস্ট/স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টসে এর অনুপ্রবেশ তথা অপচয় রোধকল্পে মোটামুটিভাবে সবাই সাবধানতা অবলম্বন করেন।

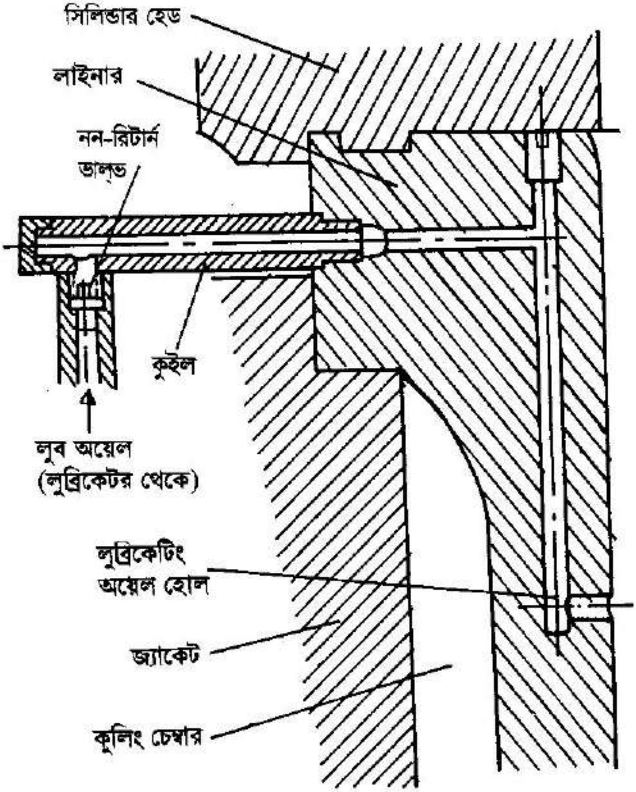


চিত্র ২.৮ : সিলিন্ডার লাইনার (টু-স্ট্রোক)।

সাধারণত ৫–৬ হাজার ঘণ্টা চলার পর লাইনার সার্বিকভাবে পর্যবেক্ষণ করা দরকার। লাইনারের উপরের অংশে (দহন প্রকোষ্ঠে) এবং এগজস্ট/স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস সংলগ্ন স্থানে সর্বাধিক ক্ষয় পরিলক্ষিত হয়। লাইনারের রাবিং সারফেস দেখে সিলিন্ডার লুব্রিকেশনের যথার্থতা সম্পর্কে অবগত হওয়া যায়। লাইনারের রাবিং সারফেস অসমান দেখা গেলে তা সাথে সাথে এমারি পেপার অথবা গ্রাইন্ডিং স্টোনের সাহায্যে সমান করা দরকার। লাইনার পর্যবেক্ষণের সময় এগজস্ট/স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস পরিষ্কার করা, সিলিন্ডার লুব্রিকেটর হাতে ঘুরিয়ে লাইনারের গায়ে অয়েল ফ্লো পরীক্ষা করা এবং লাইনার ক্যালিব্রেশন করা আবশ্যক। লাইনারের সর্বাধিক গ্রহণযোগ্য ক্ষয় প্রাথমিক ব্যাসের ০.৬%–০.৮% এবং সর্বাধিক গ্রহণযোগ্য ওভালিটি মাত্র ১ মিলিমিটার, উভয়ক্ষেত্রেই গ্রহণযোগ্য সীমা অতিক্রম করামাত্র লাইনার বদলানো উচিত।

লাইনার ফাটলের প্রধান কারণ মাত্রাধিক তাপীয় পীড়ন এবং অধিকাংশ লাইনার ফাটলের মূলে রয়েছে স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ার। এই অধ্যায়ে লাইনার ফাটলের বিভিন্ন কারণ এবং পর্যায়গুলিকে একটি ব্লক ডায়াগ্রামের সাহায্যে (চিত্র ২.১০) তুলে ধরা হয়েছে। ফাটল সূক্ষ্ম হলে ইঞ্জিন চালু অবস্থায় তা সহজে বুঝে ওঠা শক্ত, তবে এক্ষেত্রে এগজস্ট তাপমাত্রা কিছুটা হ্রাস পেতে পারে, জ্যাকেট আউটলেটে ধোঁয়া দেখা দিতে পারে এবং ইঞ্জিন বন্ধ থাকাবস্থায় লাইনারের ভেতর পানি জমে মারাত্মক দুর্ঘটনা (ইঞ্জিন চালু করার সময়) ঘটতে পারে। ফাটল বড় হলে অথবা কয়েকটা ফাটল পাশাপাশি থাকলে ক্রসহেড টাইপ ইঞ্জিনের আন্ডার পিস্টন স্পেসে এবং ট্রাঙ্ক–পিস্টন ইঞ্জিনের ক্র্যাঙ্ককেসে পানি

জমতে পারে। এছাড়া ওই ইউনিটে নকিং হতে পারে, ফানেলে সাদা বাষ্প দেখা দিতে পারে এবং জ্যাকেট ওয়াটার প্রেশার ওঠানামা বা অস্বাভাবিকভাবে হ্রাস পেতে পারে।

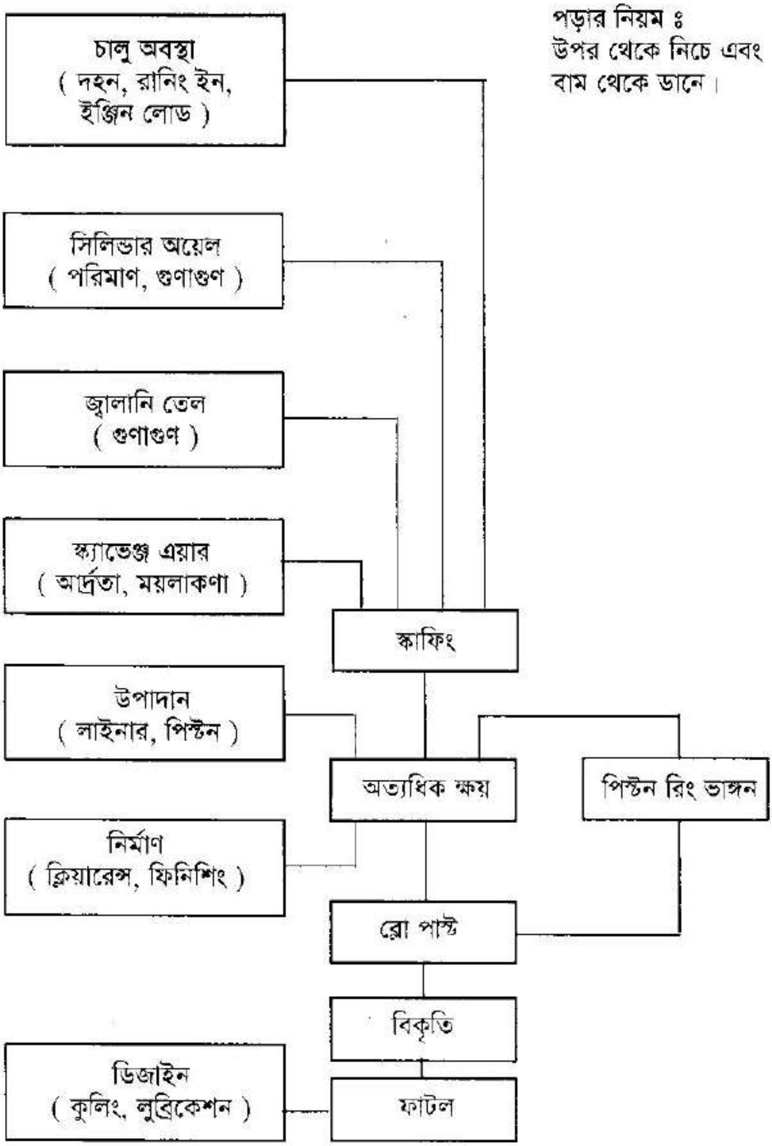


চিত্র ২.৯ : সিলিন্ডার লুব্রিকেশন। প্রেশার পালস সিস্টেম।।

পিস্টন

পিস্টনের প্রধান অংশ তিনটি– পিস্টন ক্রাউন, পিস্টন স্কার্ট এবং পিস্টন রড। পিস্টন ক্রাউন ও পিস্টন স্কার্ট বৃহদাকার ইঞ্জিনে পৃথক কাস্টিং–এর এবং ছোট ইঞ্জিনে একক কাস্টিং–এর হয়। পিস্টন ক্রাউন কমবাসশন গ্যাস লোড বহন করে, পিস্টন স্কার্ট লাইনারের গায়ে পিস্টনের পার্শ্বচাপ প্রেরণ করার জন্য গাইড হিসেবে কাজ করে এবং পিস্টন রড সিলিন্ডারের শক্তিকে ক্র্যাঙ্কশ্যাফটে স্থানান্তর করে।

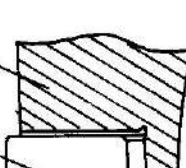
ইঞ্জিন স্বাভাবিকভাবে চলাবস্থায় লাইনারের ভেতর পিস্টন অবাধে যাওয়া–আসা করে এবং কমপ্রেশন রিংগুলি লাইনার–পিস্টনের মাঝে গ্যাস সিল রক্ষা করে।



চিত্র ২.১০ : লাইনার ফাটল।

পিস্টন নির্মাণের উপাদান নির্বাচনে কমবাসশন গ্যাস লোড প্রতিরোধক শক্তি, সুষ্ঠু কুলিং-এর জন্য সর্বাল্প পুরুত্ব, ক্ষয় ও করোশন প্রতিরোধক ক্ষমতা ইত্যাদি গুরুত্বপূর্ণ বিবেচ্য বিষয়। অতিরিক্ত গুণাবলী হিসেবে পিস্টন রিং-এর পর্যাপ্ত যান্ত্রিকশক্তি (যেন সহজে ভেঙ্গে না যায়), সেল্ফ লুব্রিকেশন ক্ষমতা, মৃদু ঘর্ষণ দক্ষতা এবং পর্যাপ্ত স্থিতিস্থাপকতা থাকা আবশ্যক। সর্বোপরি লাইনার, পিস্টন ক্রাউন এবং পিস্টন রিং-এর তাপীয় প্রসারণ পারস্পরিক সামঞ্জস্যপূর্ণ হওয়া প্রয়োজন।

ফুয়েল স্প্রে প্যাটার্ন এবং গ্যাস ফ্লো পদ্ধতির উপর ভিত্তি করে বিভিন্ন ডিজাইনের পিস্টন ক্রাউন তৈরি হয়। পিস্টন ক্রাউন তার টপ রিং-এর উপর থেকে ক্রমশঃ সরু (সামান্য) হয়, এতে দহনের সময় কিঞ্চিৎ বিকৃতির বিশেষ সুবিধা থাকে। পিস্টন ক্রাউনের ভেতরে থাকে কয়েকটি রিবস যা পিস্টনের সাপোর্ট হিসেবে কাজ করে, উপরন্তু সুষ্ঠু কুলিং-এর সহায়ক হয়। পিস্টন রিং গ্রুভ ল্যান্ডিং সর্বদা অকৃত্রিম থাকা আবশ্যক, অন্যথায় রিংগুলি বিকৃত হয়ে ভেঙ্গে যাওয়ার আশঙ্কা থাকে। ক্ষয়রোধক ক্ষমতা বাড়ানোর জন্য রিং ল্যান্ডিংকে ক্রোমিয়াম প্লেটেড অথবা হিট ট্রিটেড করা হয় এবং বিশেষ করে টপ রিং গ্রুভে ক্ষয় রিং ইনসার্ট (চিত্র ২.১১) বসানো থাকে। পিস্টন রিং-এর গঠন, অবস্থান, ক্লিয়ারেন্স ইত্যাদি ২.১২ চিত্রের সাহায্যে বিস্তারিতভাবে তুলে ধরা হয়েছে।



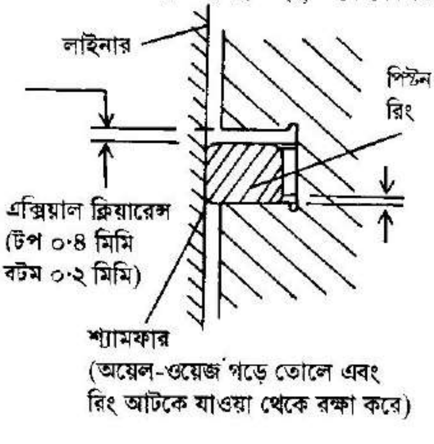
চিত্র ২.১১ : ক্ষয় রিং ইনসার্ট।

পিস্টন কুলিং : ইঞ্জিনের বিভিন্ন অবস্থায় সিলিন্ডারে বিদ্যমান তাপমাত্রা অনুযায়ী পিস্টনের কোল্ড ক্লিয়ারেন্স নির্ধারণ করা হয়। ব্যাস বৃদ্ধির সাথে সাথে এর কোল্ড ক্লিয়ারেন্সও বৃদ্ধি করতে হয়। কোল্ড ক্লিয়ারেন্স বেশি হলে পিস্টন অ্যালাইনমেন্টের অবনতি ঘটে, ফলে ঠাণ্ডা ইঞ্জিন চালু করার শুরুতে মাত্রাধিক ব্লো-পাস্ট হতে থাকে এবং ইঞ্জিনের বিভিন্ন অংশ যথা ক্র্যাঙ্কশ্যাফট, পিস্টন রিং, লাইনার, বিয়ারিং ইত্যাদিতে প্রচণ্ড চাপ পড়ে। এই কোল্ড ক্লিয়ারেন্স কমানোর জন্য পিস্টন কুলিং-এর প্রয়োজন। পিস্টনের ব্যাস ৩০ সেন্টিমিটারের বেশি হলে ক্রাউন কুলিং-এর প্রয়োজনীয়তা দেখা দেয়। পিস্টন কুলিং-এর ফলে ক্রাউনের তাপীয় পীড়ন ও প্রসারণ আয়ত্তে থাকে, ফলে পিস্টন রিং, রিং গ্রুভস ও লাইনারের মধ্যে স্বাভাবিক ক্লিয়ারেন্স বলবৎ থাকে। ঠাণ্ডা ইঞ্জিন চালু করার পর পূর্ণ শক্তিতে উন্নীত করা পর্যন্ত কমপক্ষে ১৫-২০ মিনিট সময় নেয়া প্রয়োজন, এতে লাইনার, পিস্টন ইত্যাদি ধীরে ধীরে গরম হওয়ার সুযোগ পায়।

সাধারণত ফ্রেশ ওয়াটার দ্বারা পিস্টন কুলিং করা হয় এবং কুলিং ওয়াটার যাতে কোনভাবেই (পাইপ, গ্ল্যান্ড ইত্যাদি লিক করে) ক্র্যাঙ্ককেসে প্রবেশ করতে না পারে তার যথাযথ ব্যবস্থা রাখা হয়। ফ্রেশ ওয়াটারের তাপ ধারণ ক্ষমতা বেশি, এছাড়া আউটলেট তাপমাত্রা বেশি রাখা যায় (৭০° সেলসিয়াস) বলে তাপীয় দক্ষতাও বৃদ্ধি পায়, তবে এই সিস্টেমে করোশন রোধ করার জন্য ওয়াটার ট্রিটমেন্ট ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা দেখা দেয়।

একই ক্র্যাঙ্ককেস অয়েল সঞ্চালনের মাধ্যমেও পিস্টন কুলিং করা যায়। কিন্তু এক্ষেত্রে আউটলেট তাপমাত্রা বেশি রাখা যায় না (সর্বাধিক ৫৬° সে.) বলে তাপীয় দক্ষতা হ্রাস পায়। এই পদ্ধতিতে ক্র্যাঙ্ককেস অয়েলের গুণাগুণের অবনতি এবং প্যাসেজ চোকিং–এর সম্ভাবনা থাকে।

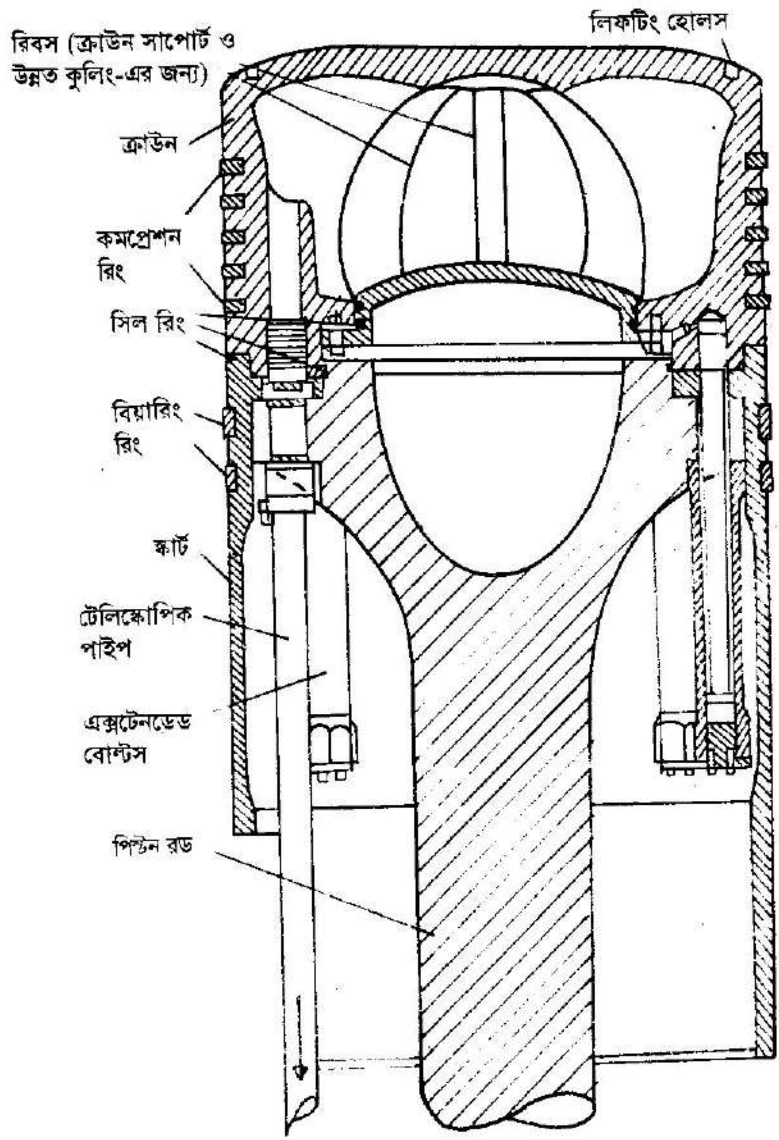
টু-স্ট্রোক ইঞ্জিন পিস্টন (চিত্র ২.১৩) : বৃহদাকার পিস্টন নির্মাণে সচরাচর ক্লোজ–গ্রেইন্ড কাস্ট আয়রন ব্যবহৃত হয়, তবে ফোর্জড স্টিল, কাস্ট স্টিল ও সংকর স্টিলের ব্যবহারও সন্তোষজনক। অপরদিকে পিস্টন রিং নির্মাণে ক্লোজ–গ্রেইন্ড গ্রে কাস্ট আয়রনের ব্যবহার সন্তোষজনক, এর সাথে সামান্য পরিমাণে মলিবডিনাম, ভ্যানেডিয়াম, ক্রোমিয়াম, টাইটেনিয়াম, নিকেল, কপার ইত্যাদির সংমিশ্রণ বিবিধ গুণাবলীর উন্নতি সাধন করে। স্ফিয়ারোয়ডালগ্রাফাইট আয়রনের তৈরি পিস্টন রিং–এর কাঠিন্য ও প্রসারণ ক্ষমতা অনেক বেশি, তবে গ্রে কাস্ট আয়রনের মতো সেল্ফ লুব্রিকেশনের সুবিধা এতে থাকে না। পিস্টন রড ফোর্জড স্টিলের হয়ে থাকে।



চিত্র ২.১২ : পিস্টন রিং (বিস্তারিতভাবে) ।

টু- স্ট্রোক ইঞ্জিন পিস্টন ক্রাউন, পিস্টন স্কার্ট ও পিস্টন রড কয়েকটি বোল্টের সাহায্যে দৃঢ়ভাবে সংযুক্ত থাকে। পিস্টন রডের নিচের অংশ লোকেটিং পিনসহ ক্রসহেডের সাথে সংযুক্ত থাকে। পিস্টন ক্রাউনের উপর ৫–৬টি কমপ্রেশন রিং এবং পিস্টন স্কার্টের উপর সাধারণত ২টি ফিটেড বিয়ারিং (গাইড) রিং থাকে। এসব পিস্টন ক্রাউনে কুলিং–এর ব্যবস্থা রাখা হয়।

ফোর-স্ট্রোক ইঞ্জিন পিস্টন (চিত্র ২.১৪) : মধ্যমগতি ইঞ্জিনের পিস্টন সচরাচর অ্যালুমিনিয়াম সংকরের হয়। এগুলি ওজনে বেশ হালকা। অ্যালুমিনিয়ামের তাপ সঞ্চারণ ক্ষমতা বেশি বলে পিস্টনের উপর তাপীয় পীড়নও কম। পিস্টন ক্রাউনের ডিজাইন এরূপ হওয়া প্রয়োজন যে একদিকে যেন বিশেষ ফলপ্রদ দহন প্রকোষ্ঠ গড়ে ওঠে, অপরদিকে সিলিন্ডার হেড ভালভগুলি ঠিকমত নিচের দিকে খুলতে পারে। সাধারণত টপ কমপ্রেশন রিং ক্রোমিয়াম প্লেটেড হয়ে থাকে, এতে লাইনারের ক্ষয় কম হয়।



চিত্র ২.১৩ : পিস্টন। টু-স্ট্রোক।।

ফোর–স্ট্রোক ইঞ্জিনের পিস্টন ক্রাউন ও স্কার্ট একক কাস্টিং–এর হয় এবং এর সাথে গাজন পিন ও বিয়ারিং বুশ দ্বারা পিস্টন রড সংযুক্ত থাকে।

এই পিস্টনের উপরের অংশে সাধারণত ৪–৬টি কমপ্রেশন রিং এবং নিচের অংশে ২টি অয়েল স্ক্রেপার রিং (গাজন পিনের উপরে ও নিচে) থাকে। অয়েল স্ক্রেপার রিং লাইনারের গায়ে ছিটকে ওঠা অতিরিক্ত লুব অয়েল চেঁছে (পিস্টন নিচের দিকে নামার সময়) পুনরায় ক্র্যাঙ্ককেসে পাঠিয়ে দেয়।

ফোর–স্ট্রোক ইঞ্জিনের পিস্টনে সাধারণত কুলিং ব্যবস্থা থাকে না, তবে কোনো কোনো ক্ষেত্রে গাজন পিন বুশে ব্যবহৃত লুব অয়েল (একই ক্র্যাঙ্ককেস অয়েল) দ্বারা ক্রাউন কুলিং–এর ব্যবস্থা রাখা হয়।

পিস্টনের রক্ষণাবেক্ষণ : সাধারণত ৫–৬ হাজার ঘণ্টা চলার পর পিস্টন সার্বিকভাবে পর্যবেক্ষণ করা হয়। পিস্টন ক্রাউন, পিস্টন রিং ও রিং গ্রুভস পরিষ্কার করার আগে ও পরে এগুলিকে ভালোমত পরীক্ষা করা আবশ্যক। অতিরিক্ত তাপমাত্রা এবং গ্যাস লোডের সংস্পর্শে থাকতে হয় বলে অনেক সময় টপ রিং ভাঙ্গা পাওয়া যায়, পিস্টন ক্রাউন পুড়ে পুড়ে ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং তাতে ফাটলও দেখা দেয়। পিস্টন রিং যাতে রিংগ্রুভসের ভেতর অবাধে চলাচল করতে পারে এবং ল্যান্ডিং–এর উপর সমানভাবে চেপে বসতে পারে তার জন্য পিস্টন রিং ও রিং গ্রুভসের কনট্যাক্ট সারফেস সর্বদা মসৃণ এবং সুষম হওয়া দরকার। পিস্টন রিং–এর বাট ক্লিয়ারেন্স এবং এক্সিয়াল ক্লিয়ারেন্স সর্বক্ষণ গ্রহণযোগ্য সীমার মধ্যে থাকা প্রয়োজন, অন্যথায় রিংগুলি বদলে ফেলা উচিত। পুরানো রিং ব্যবহারের সময় তীক্ষ্ণ ধার শ্যামফার্ড (১ মিমি/৪৫°) করে নিতে হয়। পিস্টন রিংয়ের বাটগুলির পারস্পরিক দূরত্ব ১৮০° হওয়া উচিত, তবে কার্যক্ষেত্রে ১২০° দূরত্ব সন্তোষজনক ফল দেয়। নতুন পিস্টন রিং ব্যবহারের সময় সিলিন্ডার লুব্রিকেশন সামান্য বাড়িয়ে কয়েক ঘণ্টা অল্প লোডে ইঞ্জিন চালানো ভালো।

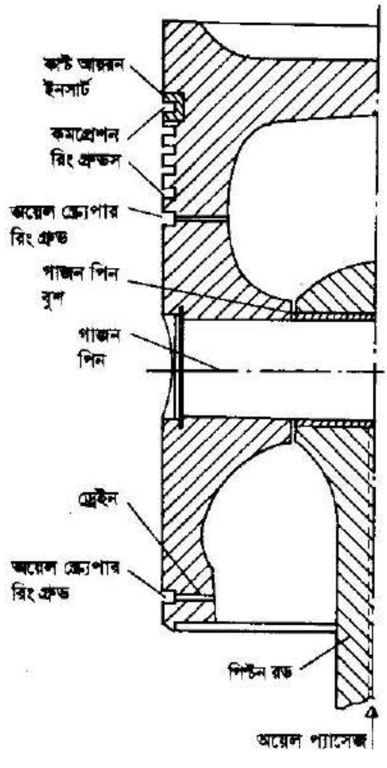
যথার্থ গ্যাস সিলিং–এর সাথে পিস্টন রিং–এর কার্যকারিতা ওতপ্রোতভাবে জড়িত, আর এ ব্যাপারে ফলপ্রদ সিলিন্ডার লুব্রিকেশনের ভূমিকাই প্রধান।

অনুপযোগী নির্মাণ উপাদান, ত্রুটিযুক্ত ডিজাইন, অপর্যাপ্ত কুলিং, লোকাল ওভারহিটিং ইত্যাদি পিস্টন ফেলিঅরের অন্যতম কারণ। প্রথম কারণ দুটির ক্ষেত্রে রক্ষণাবেক্ষণকারী ইঞ্জিনিয়ারের করার কিছুই থাকে না, কিন্তু নিয়মিত পিস্টন কুলিং সিস্টেম পরিষ্কার করে এবং ত্রুটিযুক্ত রাবার সিল বদলে ফেলে শেষের পরিস্থিতি দুটির উন্নয়ন সাধন করা যায়।

গরম ইঞ্জিন বন্ধ করার পর অন্তত ৩০–৪০ মিনিট জ্যাকেট কুলিং পাম্প, পিস্টন কুলিং পাম্প ও লুব অয়েল পাম্প চালু রাখা দরকার। এতে লাইনার, পিস্টন ও বিয়ারিং ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা হওয়ার সুযোগ পায়। কোনো কিছুর দ্রুত কুলিং অথবা হিটিং ভালো নয়।

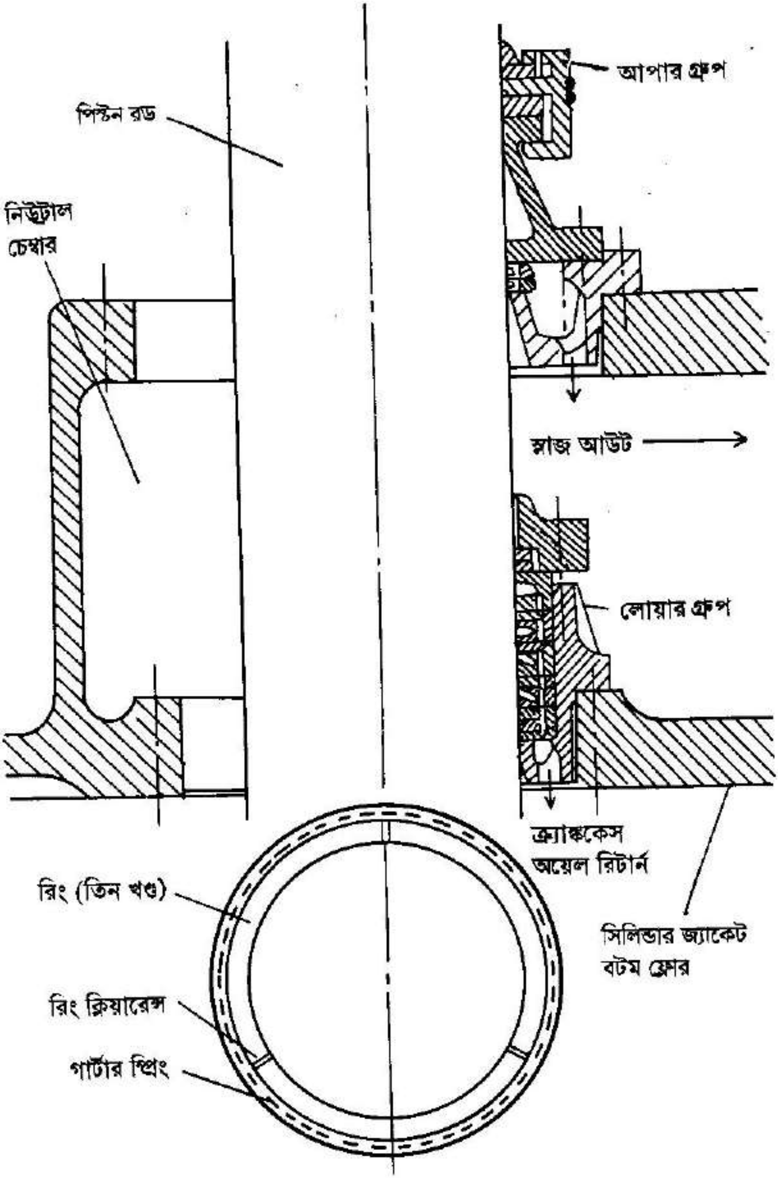
পিস্টন রড গ্ল্যান্ড : ক্র্যাঙ্ককেস লুব্রিকেশনে মিনারাল টাইপ লুব অয়েলের ব্যবহার শ্রেয়, এটি সিলিন্ডার লুব্রিকেশনের কাজেও ব্যবহৃত হয়। বৃহদাকার ক্রসহেড টাইপ ইঞ্জিনে ব্যয় সংকোচনের জন্য ডিজেল অয়েলের পরিবর্তে হেভি ফুয়েল অয়েল ব্যবহার করা হয়। হেভি ফুয়েল অয়েলে যে সালফার থাকে তা দহনের সময় আর্দ্র স্ক্যাভেঞ্জ এয়ারের সংস্পর্শে

সালফিউরিক এসিড তৈরি করে। সালফিউরিক এসিডের কার্যক্রিয়াকে নিষ্ক্রিয় করার জন্য তাই এসব ইঞ্জিনের সিলিন্ডার লুব্রিকেশনে উচ্চমাত্রার ক্ষারধর্মী লুব অয়েল ব্যবহার করা হয়। একই ইঞ্জিনে এই দুই প্রকার লুব অয়েল ব্যবহারের জন্য সিলিন্ডার জ্যাকেটের বটম ফ্লোরে পিস্টন রড গ্ল্যান্ড (চিত্র ২.১৫) স্থাপন করে সিলিন্ডার ও ক্র্যাঙ্ককেসের মধ্যকার সরাসরি সংযোগ বিচ্ছিন্ন করা হয়। ফলে ক্র্যাঙ্ককেস অয়েল দূষণ তথা বিয়ারিং ও জার্নাল করোশনের সম্ভাবনা লোপ পায়। পিস্টন রড গ্ল্যান্ড ব্যবহারের ফলে আন্ডার পিস্টন স্ক্যাভেঞ্জিং–এর অতিরিক্ত সুবিধাও পাওয়া যায়।



চিত্র ২.১৪ : পিস্টন (ফোর–স্ট্রোক)।

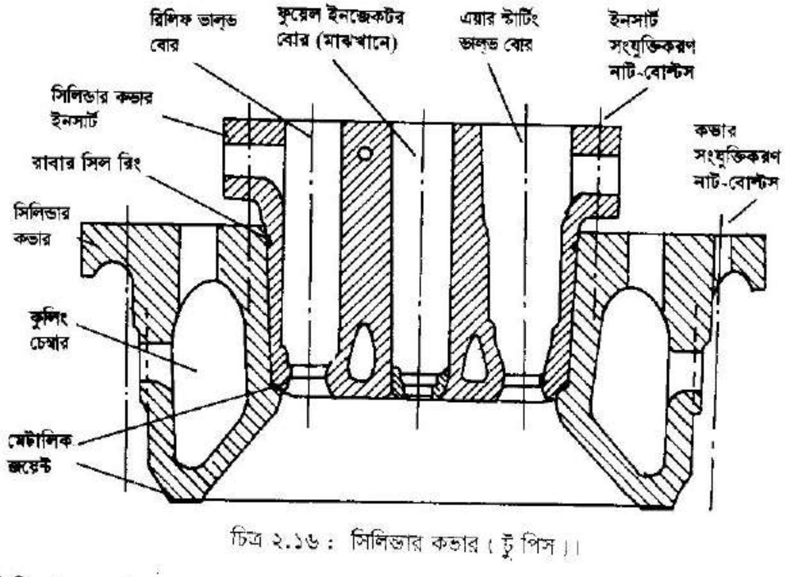
পিস্টন রড গ্ল্যান্ডের গঠন অত্যন্ত সাদামাটা– দু'পাশে দুটি রিং গ্রুপ এবং মাঝখানে একটি নিউট্রাল চেম্বার। উপরের রিং গ্রুপ সিলিন্ডারের অদগ্ধ তেল ও অন্যান্য ময়লাকণা ক্র্যাঙ্ককেসে প্রবেশ করা থেকে বিরত রাখে এবং সেই সাথে আন্ডার পিস্টন স্ক্যাভেঞ্জ এয়ারের বিপরীতে এয়ার সিল হিসেবে কাজ করে। নিচের রিং গ্রুপ ক্র্যাঙ্ককেস অয়েলের বিপরীতে অয়েল সিল হিসেবে কাজ করে। এর পরেও সিল রিংগুলির দু'পাশ থেকে যা কিছু সামান্য তৈলাক্ত পদার্থ গ্ল্যান্ডের



চিত্র ২.১৫ : পিস্টন রড গ্ল্যান্ড ।

ভেতর প্রবেশ করে তা মধ্যবর্তী নিউট্রাল চেম্বারে এসে জমা হতে থাকে। যথাযথ ড্রেইনিং ব্যবস্থার মাধ্যমে সেগুলিকে (আনুমানিক দুই ঘণ্টা অন্তর অন্তর) স্লাজ ট্যাঙ্কে স্থানান্তর করা হয়। ময়লা স্থানান্তরের সময় ড্রেইন ককগুলিকে একের পর এক মাত্র কয়েক সেকেন্ডের জন্য খোলা রাখতে হয়, বেশিক্ষণ খোলা রাখলে স্ক্যাভেঞ্জ এয়ারের অপচয় এবং তা থেকে অসম্পূর্ণ দহনের সূচনা হয়।

পিস্টন উত্তোলনের সময় এই গ্ল্যান্ডের যেন কোনো ক্ষতি না হয় সেদিকে বিশেষ নজর রাখা আবশ্যক। নিয়মিত পিস্টন রড গ্ল্যান্ড, ড্রেইন পাইপ ও স্লাজ ট্যাঙ্ক পরিষ্কার করা প্রয়োজন। সেই সাথে সিল রিংগুলির ক্লিয়ারেন্স পরীক্ষা করে প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা গ্রহণ করা আবশ্যক। পিস্টন রড গ্ল্যান্ডের ত্রুটিপূর্ণ সংযোজন অথবা অন্য কোনো ত্রুটির ফলে ক্র্যাঙ্ককেসের ভেতর হট স্পটের সৃষ্টি হলে আকস্মিক বিস্ফোরণ ঘটার সম্ভাবনা দেখা দেয়।



চিত্র ২.১৬ : সিলিন্ডার কভার (টু পিস)।

সিলিন্ডার কভার

সিলিন্ডার কভার লাইনারের উপর নাট– বোল্টের সাহায্যে দৃঢ়ভাবে আটকানো থাকে। সিলিন্ডার কভারের উপর ফুয়েল ভাল্ভ, এয়ার স্টার্টিং ভাল্ভ, রিলিফ ভাল্ভ, ইনলেট/এগজস্ট ভাল্ভ, ইন্ডিকেটর কক ইত্যাদি বসানোর জন্য পৃথক পৃথক ছিদ্র থাকে। ছোট ইঞ্জিনের সিলিন্ডার কভার ওয়ান পিস এবং বড় ইঞ্জিনের কভার টু পিস (চিত্র ২.১৬) অথবা থ্রি পিস হয়। সিলিন্ডার কভার নির্মাণে কাস্ট আয়রনের ব্যবহার সন্তোষজনক, তবে কাস্ট স্টিলও ব্যবহারোপযোগী।

সিলিন্ডার কভারের কুলিং ব্যবস্থা জ্যাকেট কুলিং সিস্টেমের সাথে সংযুক্ত থাকে। কুলিং স্পেস পর্যবেক্ষণ ও পরিষ্কার করার জন্য সিলিন্ডার কভারে কয়েকটি ছিদ্র রাখা হয়। সিলিন্ডার কভার প্রতিবার খোলার পর এর কনট্যাক্ট সারফেস ও মেটালিক জয়েন্ট ভালো মত পরীক্ষা করা দরকার। ভাঙ্গা বা অসমান কনট্যাক্ট সারফেস গ্যাস সিলিং ব্যাহত করে, অতএব তা সাথে সাথে পরিবর্তন করা দরকার। সিলিন্ডার কভার লাইনারের উপর বসানোর সময় কনট্যাক্ট সারফেস ও মেটালিক জয়েন্ট ভালো মত পরিষ্কার করে তাতে অ্যান্টি-সিজিং কম্পাউন্ড লাগানো প্রয়োজন। সাধারণত তাপীয় পীড়নের কারণে সিলিন্ডার কভারের তলদেশে মাঝখানে ফাটল দেখা দেয়। ওই স্থানটিকে লক্ষ্যবস্তু করে তাই বড় ইঞ্জিনের সিলিন্ডার কভারে সিলিন্ডার ইনসার্ট বসানো হয়। প্রয়োজন বিশেষে এই ইনসার্ট সহজে ও কম খরচে নবায়ন করা যায়।

এয়ার ইনলেট ও এগজস্ট ভাল্‌ভ

সাধারণত ফোর-স্ট্রোক ইঞ্জিনে এয়ার ইনলেট ও এগজস্ট ভাল্‌ভ এবং কোনো কোনো টু-স্ট্রোক ইঞ্জিনে এগজস্ট ভাল্‌ভ ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এগুলি স্প্রিং-এর সাহায্যে সিলিন্ডার হেডের উপর বসানো থাকে এবং টাইমিং সিকোয়েন্স অনুযায়ী রকার আর্মের চাপে সিলিন্ডারের ভেতরের দিকে খোলে। সিটে বসে থাকাবস্থায় সিলিন্ডারে বিদ্যমান চাপ ভাল্‌ভগুলিকে সিটের উপর দৃঢ়ভাবে চেপে বসতে সহায়তা (পজিটিভ ক্লোজিং) করে বলে এগুলিতে হালকা স্প্রিং ব্যবহার করা যায়। হালকা স্প্রিং ব্যবহারের ফলে ভাল্‌ভের জড়তা এবং ড্রাইভিং মেকানিজমের শক্তি বিশোষণ হ্রাস পায়।

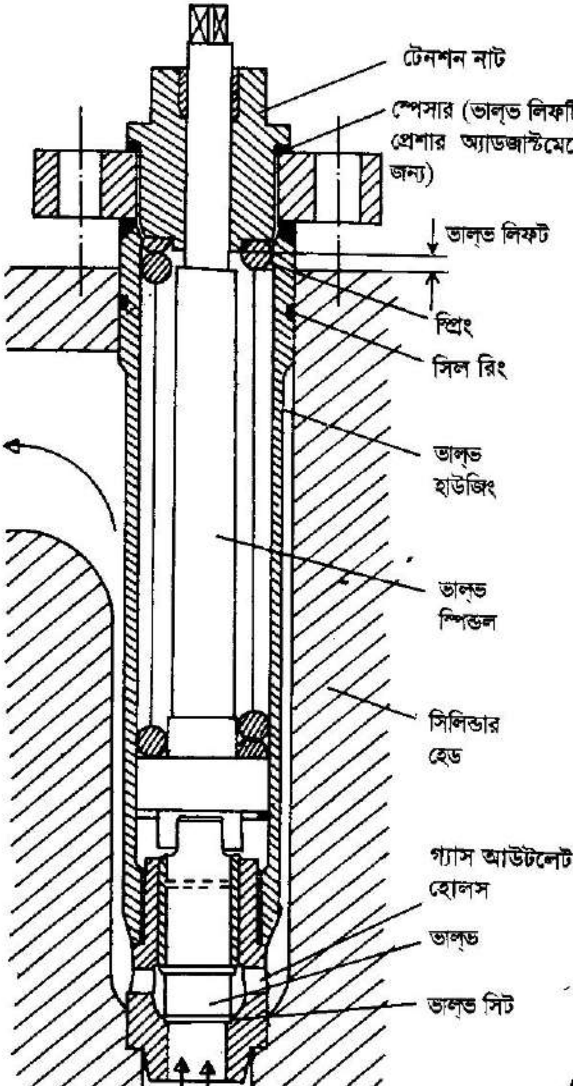
এয়ার ইনলেট ও এগজস্ট ভাল্‌ভ সাধারণত স্টেইনলেস স্টিলের হয়। তবে এগজস্ট ভাল্‌ভে ক্রোম-স্টিল, সিলিকন-ক্রোম ইত্যাদি বিশেষ ধরনের স্টিলও ব্যবহৃত হতে পারে। ভাল্‌ভগুলির হাউজিং উন্নতমানের কাস্ট আয়রনের হয়।

এগজস্ট গ্যাসের উচ্চগতি ও উচ্চতাপের সংস্পর্শে থাকতে হয় বলে এগজস্ট ভাল্‌ভের সিট পুড়ে যায়, গাইড বুশ দ্রুত ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং কখনো কখনো ভাল্‌ভ হাউজিং বিকৃত হয়। যথাযথ কুলিং ব্যবস্থা দ্বারা এই সমস্যার উন্নতি সাধন করা যায়। এছাড়া এগজস্ট ভাল্‌ভ যাতে সহজে মেরামত করা যায় সে ব্যবস্থাও রাখা হয়।

ইঞ্জিন চলাকালে, ইনলেট ও এগজস্ট ভাল্‌ভের স্পিনডল সামান্য সম্প্রসারিত হয়। এ কারণে ইঞ্জিন বন্ধ থাকাবস্থায়, কমপ্রেশন অথবা পাওয়ার স্ট্রোকে রকার আর্ম ও ভাল্‌ভ স্পিনডলের কনট্যাক্ট সারফেস দুটির মধ্যে সামান্য ক্লিয়ারেন্স (ট্যাপেট ক্লিয়ারেন্স) রক্ষা করা হয়। ট্যাপেট ক্লিয়ারেন্স অপর্যাপ্ত হলে চালু অবস্থায় ভাল্‌ভ ঠিকমত বন্ধ হয় না, ফলে লিকেজ হতে থাকে এবং ক্লিয়ারেন্স মাত্রাধিক হলে ভাল্‌ভের ঠক ঠক শব্দ ও পরিণামে মারাত্মক ক্ষতির সম্ভাবনা দেখা দেয়। এছাড়া ত্রুটিপূর্ণ ক্লিয়ারেন্সের কারণে ভাল্‌ভের টাইমিংসও পরিবর্তিত হয়। প্রতিবার ইউনিট ওভারহলের সময় ভাল্‌ভ ল্যাপিং এবং প্রয়োজনে গাইড বুশ ও ভাল্‌ভ সিট মেরামত করা আবশ্যক।

সিলিন্ডার রিলিফ ভাল্ভ

সিলিন্ডারে মাত্রাধিক চাপ বৃদ্ধির সম্ভাবনা দূর করার জন্য রিলিফ ভাল্ভ (চিত্র ২.১৭) ব্যবহৃত হয়। অনুমোদিত সর্বাধিক প্রজ্বলন চাপ অপেক্ষা রিলিফ ভাল্ভ লিফটিং চাপ আনুমানিক ১০%



চিত্র ২.১৭ : সিলিন্ডার রিলিফ ভাল্ভ ।

BABEDOC Library Dhaka

অধিক হয় এবং তা কোনোক্রমেই ২০% এর অধিক হতে পারে না। এই ভাল্ভ তাপ সহ্যক্ষমতাসম্পন্ন স্টেইনলেস স্টিলের হয়।

ইঞ্জিন চালু অবস্থায় সিলিন্ডারের ভেতর হঠাৎ মাত্রাধিক চাপের উদ্ভব হলে অথবা রিলিফ ভাল্ভে কোনো ক্রটি থাকলে তা ব্লো করতে পারে। এমতাবস্থায় সাথে সাথে প্রয়োজনীয় সংশোধনমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা আবশ্যক।

ইঞ্জিন চালু করার সময় সিলিন্ডারে বেশি মাত্রায় জ্বালানি তেল প্রবিষ্ট করানো হয় বলে মাত্রাধিক প্রজ্বলন চাপের উদ্ভব হয়, অপরদিকে ওই সময়ে অত্যধিক সংনমন চাপের সৃষ্টি হয় বলে প্রি-ইগনিশন ঘটে। তাই ইঞ্জিন চালু করার সময় রিলিফ ভাল্ভ ব্লো করার সম্ভবনা থাকে সবচেয়ে বেশি। এছাড়া ক্রটিযুক্ত ফুয়েল পাম্প, ইনজেকটর, গভর্নর ইত্যাদির কারণেও রিলিফ ভাল্ভ ব্লো করতে পারে।

সিলিন্ডারের ভেতর কখনো বেশি পরিমাণে জ্বালানি তেল অথবা পানি জমা হলে ইঞ্জিন চালু করার সময় যে মাত্রাধিক চাপের উদ্ভব হয় তা দ্রুত হ্রাস করা ওই ছোট্ট রিলিফ ভাল্ভের পক্ষে সম্ভব হয় না বলে মারাত্মক দুর্ঘটনা ঘটে। সেজন্য প্রতিবার ইঞ্জিন চালু করার আগে ইনডিকেটর কক খোলা রেখে হাতে অথবা টার্নিং গিয়ারের সাহায্যে ইঞ্জিন ৫-১০ মিনিট ঘুরানো উচিত।

রিলিফ ভাল্ভের সুষ্ঠু কার্যক্রিয়া নিশ্চিত করার জন্য নিয়মিত এর ওভারহল করা প্রয়োজন। ভাল্ভের উপর স্প্রিং প্রেশার বলবৎ থাকাবস্থায় ভাল্ভ স্পিনডল কখনো ঘুরানো উচিত নয়। এই ভাল্ভের গ্যাস বহির্গমন এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করা হয় যেন তা থেকে ইঞ্জিনরুমে কোনো দুর্ঘটনা ঘটতে না পারে।

ইনডিকেটর কক

প্রতিটি সিলিন্ডার কভারে একটি করে ইনডিকেটর কক থাকে। ইউনিট ডি-কমপ্রেশন এবং সিলিন্ডারের শক্তি নির্ধারণের জন্য এটি ব্যবহৃত হয়। ইঞ্জিন ঘুরানো এবং সিলিন্ডার ব্লো থ্রু করার সময় এগুলিকে খোলা রাখতে হয়।

ইনডিকেটর ককের হ্যান্ড হুইল ঘুরানোর আগে লক নাট সামান্য ঢিলা করে নিলে দ্রুত খোলা-বন্ধের সুবিধা পাওয়া যায়। নিয়মিত এই কক ওভারহল করা এবং এর প্যাসেজ বোর পরিষ্কার করা আবশ্যক।

প্রশ্নমালা

১। বৃহদাকার ক্র্যাঙ্কশ্যাফট সূত্রে বর্ণনা কর :

(ক) মিস-অ্যালাইনমেন্ট কি ?

(খ) কিভাবে অ্যালাইনমেন্ট পরীক্ষা করা হয় ?

২। ওয়ান পিস ও বিল্ট আপ ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের দোষ–গুণ বর্ণনা কর। কেন এবং কিভাবে ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের সঠিক অবস্থা ও অ্যালাইনমেন্ট পরীক্ষা করা হয় ?

৩। ক্র্যাঙ্কশ্যাফট ফেলিঅরের বিভিন্ন দিক পর্যালোচনা কর।

৪। ইঞ্জিনের নিচে উল্লেখিত অংশে ফাটলের উৎপত্তি এবং বিস্তারের তিনটি যথার্থ কারণ উল্লেখ কর :

(ক) ক্র্যাঙ্কশ্যাফট,

(খ) বেডপ্লেট।

কোন স্থানগুলিতে ফাটল উৎপত্তির সম্ভাবনা সর্বাধিক এবং তা অনুসন্ধানের সহজ প্রক্রিয়া কি ? খালি চোখে ধরা পড়ে না এমন একটি ফাটলের অনুসন্ধান পদ্ধতি বর্ণনা কর।

৫। বৃহদাকার ফেব্রিকেটেড বেডপ্লেটের–

(ক) একটি ট্রান্সভার্স সেকশন চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর,

(খ) কোন সারফেসগুলি মেশিনিং করা হয় ?

(গ) কোন অংশগুলি পীড়নমুক্ত করা হয় ?

৬। চিত্রের সাহায্যে একটি বিশেষ কোনো ইঞ্জিনের ফ্রেম সম্পর্কে আলোচনা কর। এটি কিভাবে বেডপ্লেটের সাথে সংযুক্ত থাকে এবং সিলিন্ডার ব্লক ধারণ করে ? ইঞ্জিন ফ্রেমে ফাটলের সম্ভাব্য কারণ ও তার পরিণতি ব্যক্ত কর। ফাটলের সম্ভাব্য স্থানগুলি চিত্রে চিহ্নিত কর।

৭। কোন কোন ক্ষেত্রে ফেব্রিকেটেড অপেক্ষা কাস্ট বেডপ্লেট অধিকতর পছন্দনীয় এবং কেন ? বেডপ্লেটের কোন অংশগুলি পীড়নমুক্ত করা প্রয়োজন ? মেইন বিয়ারিং–এর আশেপাশে বেডপ্লেটে ফাটল ধরার সম্ভাবনা সর্বাধিক কেন ব্যাখ্যা কর।

৮। নিচে উল্লেখিত বক্তব্যের যথার্থতা সম্পর্কে যুক্তিসঙ্গত অভিমত দাও :

(ক) লাইনারে লুব্রিকেটিং অয়েল সাপ্লাই পয়েন্টগুলির সংযোজক অয়েল গ্রুভস না থাকলে লাইনার ও পিস্টন রিং–এর ক্ষয়ের মাত্রা বৃদ্ধি পায়।

(খ) পিস্টন টিডিসিতে অবস্থানের সময় তার বটম রিং–এর সামান্য নিচে লুব অয়েল প্রবিষ্ট করানোই সবচেয়ে উপযুক্ত সময়।

(গ) লাইনারের টাইমড লুব্রিকেশন সুবিধাজনক নয়।

৯। কেন এবং কখন সিলিন্ডার লাইনার বদলানো হয় ? বৃহদাকার লাইনার কিভাবে বদলানো হয় চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। লাইনার বদলানোর পর 'রানিং ইন' এর সময় কি ধরনের সাবধানতা অবলম্বন করা দরকার ?

১০। কোন বিষয়গুলি লাইনার ও পিস্টন রিং–এর ক্ষয় প্রভাবান্বিত করে এবং কিভাবে তা প্রতিরোধ করা যায় ?

ক্ষয় হ্রাস রোধে নিম্নলিখিত পদক্ষেপগুলির কার্যকারিতার উপর মন্তব্য কর :

(ক) লাইনার ক্রোম–হার্ডেনিং করা,

(খ) মলিবডিনাম সালফাইড দ্বারা পিস্টন রিং আবৃত করা,

(গ) পিস্টন রিং-এর রাবিং সারফেস সমুন্নত করা এবং

(ঘ) সিলিন্ডারে ইমালশন লুব্রিক্যান্টস ব্যবহার করা।

১১। সিলিন্ডার লুব্রিকেশন সূত্রে বর্ণনা কর :

(ক) সুষ্ঠু লুব্রিকেশনের লক্ষণ কি ?

(খ) মাত্রাধিক এবং অপর্যাপ্ত লুব্রিকেশনের পরিণতি কি হতে পারে ?

(গ) হেভি ফুয়েল অয়েল ব্যবহারের ক্ষেত্রে সিলিন্ডার অয়েলের গুণাগুণ কি হওয়া উচিত?

(ঘ) নিখুঁত টাইমড ইনজেকশন অর্জনে অসুবিধা কি কি ?

১২। বৃহদাকার লাইনারের স্বাভাবিক ও অস্বাভাবিক ক্ষয়ের কারণ ব্যাখ্যা কর। কিভাবে স্বাভাবিক ও অস্বাভাবিক ক্ষয়ের সামঞ্জস্য বিধান করা হয় ? লাইনার ক্ষয়ের সীমারেখা নির্দিষ্ট করা হয় কেন ? কিভাবে ক্ষয়ের মাত্রা হ্রাস করা যায় ?

১৩। সিলিন্ডার হেড, লাইনার এবং পিস্টনের উপর তাপীয় পীড়নের সম্ভাব্য কারণ ও প্রভাব বর্ণনা কর। সিলিন্ডার বোর বৃদ্ধির সাথে সাথে এর প্রকোপ বৃদ্ধি পায় কেন ? ডিজাইন, রক্ষণাবেক্ষণ এবং পরিচালনার মাধ্যমে কিভাবে তাপীয় পীড়নের তীব্রতা ও প্রভাব হ্রাস করা হয় ব্যাখ্যা কর।

১৪। পিস্টন রিং ও লাইনার ওয়ালের মধ্যে কিভাবে 'অয়েল ওয়েজ' গড়ে উঠে এবং তা বজায় রাখা হয় ? নিম্নলিখিত বিষয়গুলি কিভাবে পিস্টন রিং ও লাইনারের ক্ষয় সাধন করে মন্তব্য কর :

(ক) লাইনার ও পিস্টন রিং-এর উপাদান,

(খ) রিং ও লাইনার ওয়ালের মধ্যেকার চাপ,

(গ) রিং-ফেস ও ওয়ালের মধ্যবর্তী কোণ,

(ঘ) রিং-এর অক্ষীয় ও অরীয় পুরুত্ব এবং

(ঙ) গ্রুভসের ভেতর রিং-এর গ্রহণীয় অবস্থান।

১৫। সিলিন্ডার হেডে ফাটল বিস্তারলাভের স্বাভাবিক কারণগুলি উল্লেখ কর এবং ফাটলের সম্ভাব্য স্থানগুলি চিত্রাঙ্কনের সাহায্যে চিহ্নিত কর। টু পিস সিলিন্ডার হেডের সুবিধা বর্ণনা কর।

১৬। চিত্রের সাহায্যে বিশেষ কোনো টু পিস সিলিন্ডার হেড বর্ণনা কর। এ ধরনের ডিজাইনের কারণ কি ? এতে বিদ্যমান দুটি অসুবিধা ব্যক্ত কর।

১৭। চিত্রের সাহায্যে ট্রাঙ্ক-পিস্টন এবং ক্রসহেড টাইপ পিস্টনের গঠন, লুব্রিকেশন ও কুলিং ব্যবস্থা বর্ণনা কর।

১৮। বৃহদাকার বিশেষ কোনো পিস্টন সূত্রে-

(ক) পিস্টন রডের সর্বোপরিভাগের সংযোজন পদ্ধতি চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর।

(খ) কুলিং ব্যবস্থা চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর।

(গ) ক্রাউন কিভাবে গ্যাস লোড এবং তাপীয় পীড়ন সহ্য করতে পারে বর্ণনা কর।

১৯। চিত্রের সাহায্যে মধ্যমগতি পিস্টনের গঠন বর্ণনা কর। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে অ্যালুমিনিয়াম সংকরের তৈরি পিস্টনের ব্যবহার কতটুকু কার্যকরী ব্যাখ্যা কর :

(ক) ওভারহিটিং,

(খ) ওয়ার্কিং ক্লিয়ারেন্স এবং

(গ) লুব্রিকেশন।

২০। নিম্নলিখিত বক্তব্যের যথার্থতা সম্পর্কে যুক্তিসঙ্গত মতামত ব্যক্ত কর :

(ক) পিস্টনের ডায়ামেট্রিক ক্লিয়ারেন্সের গুরুত্ব পিস্টন রিং ও লাইনার কন্ডিশনের সাথে প্রত্যক্ষভাবে জড়িত।

(খ) পুড়ে যাওয়া পিস্টন ক্রাউন সত্বর বদলানো উচিত।

২১। বৃহদাকার পিস্টন ক্রাউনে ফাটল দেখা দেয় কেন, তিনটি কারণ উল্লেখ কর। এই ফাটলগুলির পরিণতি কি হতে পারে ? নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি ব্যবস্থা অবলম্বন করা দরকার:

(ক) হেয়ারলাইন ফাটল,

(খ) সূক্ষ্ম এবং অগভীর ফাটল,

(গ) বিস্তৃত এবং গভীর ফাটল।

২২। চিত্রের সাহায্যে একটি পিস্টন রড গ্ল্যান্ড সবিস্তারে বর্ণনা কর। এর সিলিং রিং ও স্ক্রেপার রিং–এর কার্যকলাপ এবং পারস্পরিক পার্থক্য আলোচনা কর। এই গ্ল্যান্ড ওভারহলের সময় কি ধরনের সতর্কতা অবলম্বন করা দরকার ?

২৩। সিলিন্ডার হেড ভাল্‌ভগুলির ট্যাপেট ক্লিয়ারেন্সের প্রয়োজনীয়তা, মাত্রা এবং রক্ষণাবেক্ষণ সম্পর্কে বিশদ আলোচনা কর। এয়ার ইনলেট ও এগজস্ট ভাল্‌ভগুলির ত্রুটির জন্য ইঞ্জিনের কার্যক্রিয়ার উপর কি ধরনের প্রভাব পড়ে ?

তৃতীয় অধ্যায়

বিয়ারিং ও তার লুব্রিকেশন

বিয়ারিং

যে কোনো মেশিনের সুষ্ঠু পরিচালনা নির্ভর করে বিশেষভাবে তার বিয়ারিং–এর সঠিক কার্যকারিতার ওপর। তাই বিয়ারিংগুলি নির্ভরযোগ্য এবং দীর্ঘায়ু হওয়া প্রয়োজন। ব্যাস বৃদ্ধির সাথে সাথে বিয়ারিং–এর ডিজাইন সমস্যাও বৃদ্ধি পায়। বিয়ারিং সাধারণত দুই প্রকার– রোলিং বিয়ারিং এবং স্লাইডিং বিয়ারিং।

রোলিং বিয়ারিং : বল এবং রোলার বিয়ারিং এর অন্তর্ভুক্ত। এগুলির সূক্ষ্ম ডায়ামেট্রিক ক্লিয়ারেন্স সঠিক শ্যাফট অ্যালাইনমেন্টের সহায়ক হয়। এগুলিকে অ্যান্টিফ্রিকশন বিয়ারিংও বলে।

রোলিং বিয়ারিং অল্প লোডে গ্রিজ লুব্রিকেটেড এবং বর্ধিত লোডে অয়েল লুব্রিকেটেড হয়। অল্প লোডে এই বিয়ারিং তেমন কোনো যত্ন ছাড়াই দীর্ঘদিন কার্যকর থাকে, তবে মাত্রাধিক লোডে দ্রুত নষ্ট হয়ে যায়। একই সমান ব্যাসের বল বিয়ারিং অপেক্ষা রোলার বিয়ারিং–এর লোড বহন ক্ষমতা অনেক বেশি।

রোলিং বিয়ারিং–এর আউটার রেস, ইনার রেস, বল, রোলার ইত্যাদি হার্ডেন্ড স্টিল থেকে তৈরি হয়।

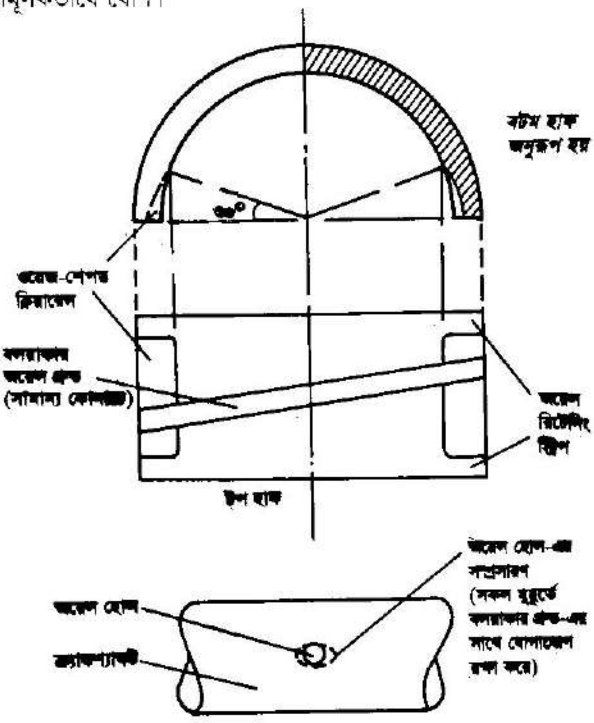
স্লাইডিং বিয়ারিং : ফিক্সড এবং টিলটিং প্যাড টাইপ বিয়ারিং এই বিয়ারিং–এর অন্তর্ভুক্ত। এগুলি একাধারে অরীয় এবং অক্ষীয় লোড নিতে পারে।

জার্নাল বিয়ারিং হিসেবে ফিক্সড টাইপ বিয়ারিং এবং থ্রাস্ট বিয়ারিং হিসেবে টিলটিং প্যাড টাইপ বিয়ারিং অত্যন্ত জনপ্রিয়। ফিক্সড টাইপ বিয়ারিং (চিত্র ৩.১) অপেক্ষা টিলটিং প্যাড টাইপ বিয়ারিং–এর লোড বহন ক্ষমতা অনেক বেশি।

বিয়ারিং–এর উপাদান : থ্রাস্ট ব্লক এবং প্লামার ব্লক কেসিং–এর জন্য সাধারণত কাস্ট আয়রন ব্যবহৃত হয়। কিছুদিন আগেও বিয়ারিং বুশ, জার্নাল প্যাড ইত্যাদিতে গান মেটালের ব্যবহার একচেটিয়া ছিল, এর পরিবর্তে এখন কাস্ট আয়রনের ব্যবহার চালু হয়েছে। কাস্ট আয়রন ব্যবহারের সুবিধা হলো– অল্প খরচ, হোয়াইট মেটালের সাথে সন্তোষজনক বন্ডিং এবং হোয়াইট মেটাল ফেলিওরের ক্ষেত্রে কাস্ট আয়রন দ্বারা ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের ঘর্ষণজনিত ক্ষয়ক্ষতির সম্ভাবনা তুলনামূলকভাবে কম।

মেইন বিয়ারিং, ক্রসহেড বিয়ারিং, বটম এন্ড বিয়ারিং, টারবাইন বিয়ারিং ইত্যাদিতে স্টিল ব্যবহৃত হয়। স্টিল অত্যন্ত দৃঢ় এবং এর তাপ সম্প্রসারণ সহগ কম, তাই এটি উচ্চ তাপমাত্রায় এবং লোডেড অবস্থায় সহজে বিকৃত হয় না।

যাবতীয় স্লাইডিং বিয়ারিং–এর লাইনিং উপাদান হিসেবে সাধারণত হোয়াইট মেটাল ব্যবহৃত হয়। হোয়াইট মেটালে আনুমানিক ৪% কপার, ৮৭% টিন ও ৯% অ্যান্টিমনি অথবা ১০% কপার, ৮০% টিন ও ১০% অ্যান্টিমনি থাকে। শেষোক্ত হোয়াইট মেটালের লোড বহন ক্ষমতা তুলনামূলকভাবে বেশি।



চিত্র ৩.১ : বটম এন্ড বিয়ারিং।

হোয়াইট মেটাল বিয়ারিং–এর ঘর্ষণ সহগ খুবই কম (সারফেস ফিনিশিং নিখুঁত হলে), এসিডিক করোশন প্রতিরোধক ক্ষমতা অত্যন্ত বেশি এবং বেডিং বৈশিষ্ট্য সন্তোষজনক। এগুলি ১৮০ কেজি/সেন্টি² লোড পর্যন্ত ব্যবহারোপযোগী, এমনকি পুরুত্ব কম হলে ২৪০ কেজি/সেন্টি² পর্যন্ত লোড নিতে সক্ষম। হাই স্পীড জার্নাল বিয়ারিং এবং টারবাইন বিয়ারিং হিসেবে থিন ওয়াল (০.২৫–০.৫০ মিলিমিটার) বিয়ারিং–এর ব্যবহার সন্তোষজনক। এর বিশেষ সুবিধা হচ্ছে তুলনামূলক ভালো বনডিং, অধিকতর ফ্যাটিগ প্রতিরোধক ক্ষমতা এবং

নির্ঝঞ্ঝাট ক্লিয়ারেন্স অ্যাডজাস্টমেন্ট (স্ক্র্যেপিং নিষ্প্রয়োজন)। থিন ওয়াল বিয়ারিং ওজনে হালকা এবং সহজপ্রাপ্য। এছাড়া সাময়িক লুব অয়েল ফেলিঅরের ক্ষেত্রে যে সামান্য পরিমাণ হোয়াইট মেটাল ওয়াইপিং-এর সম্ভাবনা থাকে তা দ্বারা অয়েল প্যাসেজ বন্ধ হয়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে না। অপরদিকে থিন ওয়াল বিয়ারিং-এর মিস-অ্যালাইনমেন্ট সংশোধনী ক্ষমতা এবং ময়লাকণা ধারণ ক্ষমতা অত্যন্ত কম।

বর্ধিত ইঞ্জিন রেটিং-এর উপযুক্ত উপাদান হিসেবে আজকাল হোয়াইট মেটালের পাশাপাশি কপার লেড, লেডেড ব্রোঞ্জ এবং অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহৃত হচ্ছে।

কপার লেড ও লেডেড ব্রোঞ্জের বেডিং বৈশিষ্ট্য মোটামুটি এবং লোড বহন ক্ষমতা ২৪৫ কেজি/সেন্টি² পর্যন্ত। এগুলি সহজেই এসিডিক করোশনের শিকার হয় (উচ্চ তাপমাত্রায় লেড এবং অল্প তাপমাত্রায় কপার আক্রান্ত হয়)। এগুলির সাথে হার্ডেন্ড শ্যাফট (কমপক্ষে ৩০০ ব্রিনেল) ব্যবহার করা আবশ্যক। এসব বিয়ারিং সারফেসে পাতলা লেড-টিন কোটিং ব্যবহার করে 'রানিং ইন' এর সুবিধা পাওয়া যায় এবং ইন্ডিয়াম কোটিং ব্যবহার করে করোশন প্রতিরোধও করা যায়।

ব্যবহারিক ক্ষেত্রে অ্যালুমিনিয়াম বিয়ারিং সর্বাধিক দক্ষ বলে প্রমাণিত হয়েছে, এর লোড বহন ক্ষমতা ৩৫০ কেজি/সেন্টি² পর্যন্ত। এগুলির যান্ত্রিকশক্তি এবং তাপ সঞ্চারণ ক্ষমতা উল্লেখযোগ্য, তবে বেডিং বৈশিষ্ট্য সুবিধাজনক নয়। অপরদিকে অ্যালুমিনিয়াম টিন সংকর হোয়াইট মেটালের মতোই সুবিধাজনক। অ্যালুমিনিয়ামের সাথে হার্ডেন্ড শ্যাফট ব্যবহার করা প্রয়োজন, অ্যালুমিনিয়াম টিন সংকরের সাথে নয়। অ্যালুমিনিয়ামের এসিডিক করোশন প্রতিরোধক ক্ষমতা অত্যধিক।

রিস্ট পিন অথবা গাজন পিন বুশ হিসেবে সাধারণত ফসফার ব্রোঞ্জ ব্যবহৃত হয়। ফসফার ব্রোঞ্জের সাথে হার্ডেন্ড শ্যাফট ব্যবহার করা প্রয়োজন।

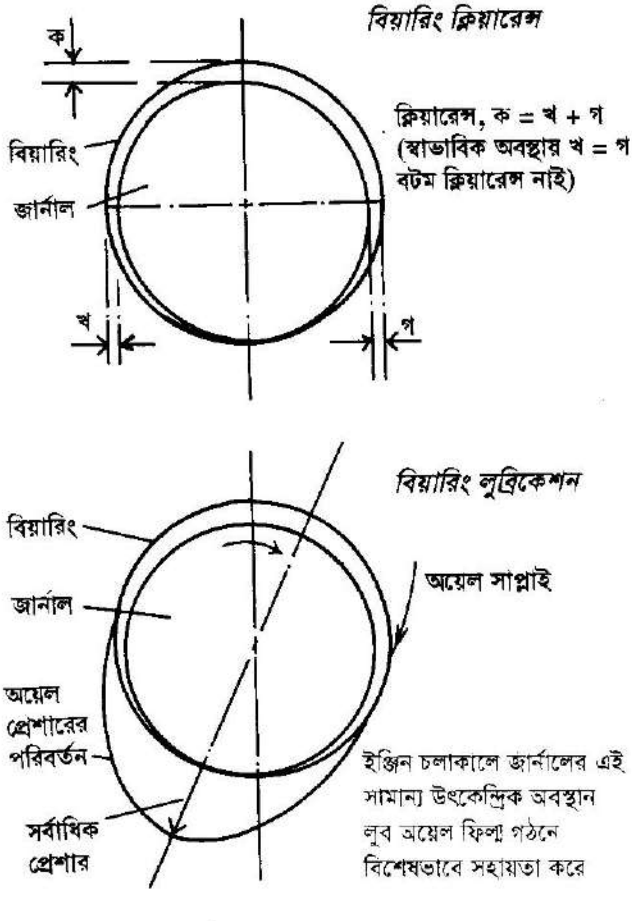
ক্লিয়ারেন্স অ্যাডজাস্টমেন্ট

স্লাইডিং বিয়ারিং-এর ডায়ামেট্রিক ক্লিয়ারেন্স নির্ধারণ একটি গুরুত্বপূর্ণ বিবেচ্য বিষয়। অপর্যাপ্ত ক্লিয়ারেন্স নানাবিধ সমস্যার সৃষ্টি করে, যেমন লুব্রিকেশনে ত্রুটি, বিয়ারিং ওভারহিটিং ও পর্যায়ক্রমে লুব অয়েলের গুণাবলীর অবনতি (অক্সিডেশন), বিয়ারিং ওয়াইপিং অথবা ফাটল, ইঞ্জিন সিজার, ক্র্যাঙ্ককেস বিস্ফোরণ ইত্যাদি। আবার অতিরিক্ত ক্লিয়ারেন্সও নানাবিধ সমস্যার সৃষ্টি করে, যেমন লুব্রিকেশনে ত্রুটি, বিয়ারিং নকিং, বিয়ারিং-এর দ্রুত ক্ষয়, বিয়ারিং বোল্টের ক্ষতি সাধন ইত্যাদি।

বিয়ারিং ক্লিয়ারেন্স সাধারণভাবে শ্যাফটের ব্যাসের আনুমানিক ০.১% হয়, অর্থাৎ একটি ৩০০ মিলিমিটার শ্যাফটের বিয়ারিং ক্লিয়ারেন্স আনুমানিক ০.২৫-০.৩০ মিলিমিটার হয়ে থাকে (চিত্র ৩.২)।

ক্লিয়ারেন্স অ্যাডজাস্টমেন্টের জন্য বিয়ারিং-এর টপ হাফ ও বটম হাফ একটি একটি করে ক্র্যাঙ্কপিনের উপর ফেলে (ও মার্কার ব্লু'র ইমপ্রেশন অনুযায়ী প্রয়োজনানুরূপ স্ক্র্যেপ করে)

প্রথমে ভালোমত বেড করে নিতে হয়। অতঃপর উভয় হাফকে ক্র্যাঙ্কপিনের উপর একত্র করে এবং সেই সাথে স্ক্রেপ করে (এবং শিম ব্যবহার করে) প্রয়োজনীয় ক্লিয়ারেন্স অর্জন করা যায়। ক্লিয়ারেন্স নির্ধারণে সাধারণত লেড অয়্যার এবং ফিলার গেজ ব্যবহার করা হয়ে থাকে, তবে এগুলির ওপর পুরোপুরি নির্ভর করা যায় না। ক্র্যাঙ্কপিনের ওভালিটি, লেড অয়্যার–এর কাঠিন্য ইত্যাদি সঠিক ক্লিয়ারেন্স নির্ধারণে বাধা হয়ে দাঁড়ায়।



চিত্র ৩.২ : বিয়ারিং ক্লিয়ারেন্স ও লুব্রিকেশন।

বিয়ারিং ফিটিং-এর পর তার দু'পাশের অয়েল ফ্লো দেখেও ক্লিয়ারেন্স সম্পর্কে মোটামুটি ধারণা লাভ করা যায়। এছাড়া ক্র্যাঙ্কশ্যাফটকে আস্তে আস্তে ঘুরিয়ে অথবা ক্র-বার দ্বারা শ্যাফটের উপর বিয়ারিংকে এপাশ-ওপাশ সরিয়ে পর্যাপ্ত ক্লিয়ারেন্স সম্পর্কে নিশ্চিত হওয়া যায়।

বিয়ারিং লুব্রিকেশন

বিয়ারিং-এর ক্ষয় এবং ঘর্ষণজনিত বাধা হ্রাস করাই লুব্রিকেশনের প্রধান লক্ষ্য। এ ব্যাপারে ফোর্সড লুব্রিকেশন পদ্ধতি সর্বাধিক কার্যকর বলে প্রমাণিত হয়েছে।

লুব অয়েল বিয়ারিং-এ প্রবেশ করে যেন সহজে চতুর্দিকে দ্রুত ছড়িয়ে পড়তে পারে সেজন্য বিয়ারিং সারফেসে অয়েল গ্রুভস এবং অয়েল হোল রাখা হয় (চিত্র ৩.৩)। লুব অয়েল বিয়ারিং সারফেসে ছড়িয়ে পড়ার প্রাক্কালে তার কিছু অংশ বিয়ারিং-এর দু'পাশের অয়েল চেম্বারে (ওয়েজ শেপড ক্লিয়ারেন্সে) প্রবেশ করে।

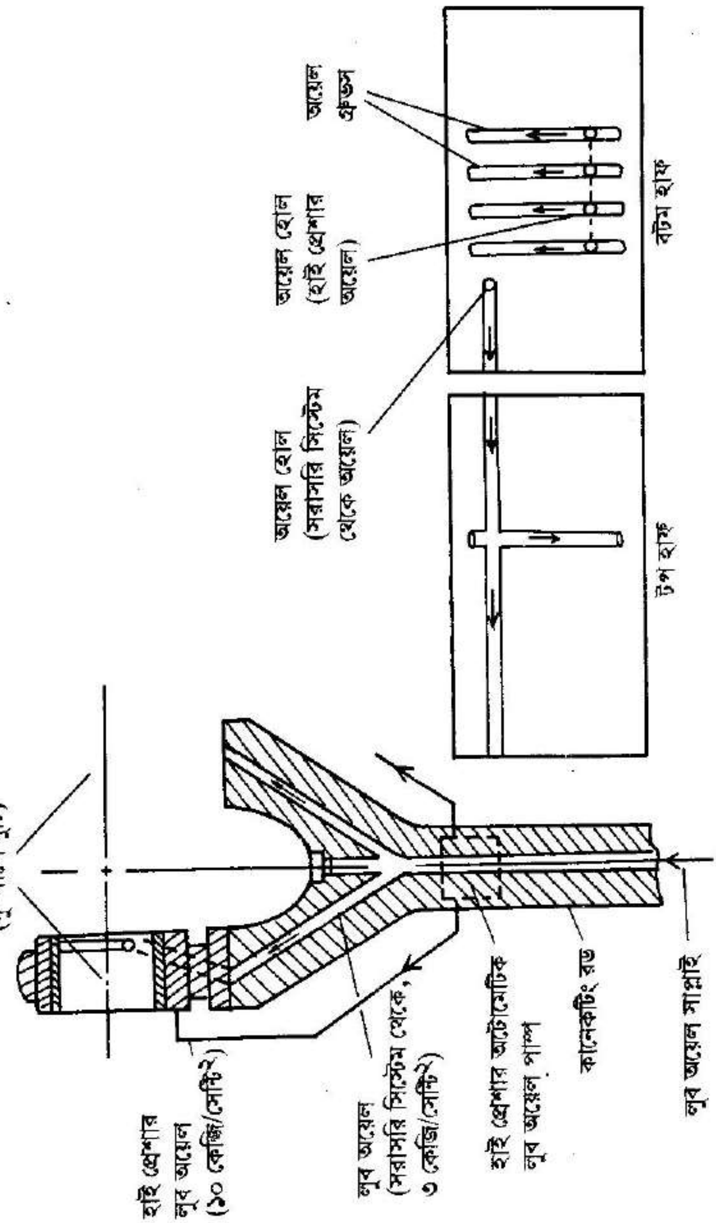
ক্র্যাঙ্কশ্যাফট স্থির থাকাবস্থায় মেইন বিয়ারিং-এর সর্বনিম্ন সারফেসের উপর চেপে বসে, কিন্তু যখন ঘুরতে শুরু করে তখন বিয়ারিং-এর উপরের দিকে খানিকটা ঠেলে উঠে (ডাইরেকশন অফ রোটেশনের দিকে)। ঘূর্ণায়মান গতির প্রভাবে পার্শ্ববর্তী অয়েল চেম্বার থেকে লুব অয়েলকে টেনে লোডেড এরিয়ার দিকে নিয়ে আসে (চিত্র ৩.২)। এভাবে পুরো বিয়ারিং সারফেসে একটি পাতলা অয়েল ফিল্ম গড়ে ওঠে এবং প্রকৃতপক্ষে ক্র্যাঙ্কশ্যাফট সেই অয়েল ফিল্মের উপর ভাসতে থাকে। লুব্রিকেশনের এই পরিস্থিতিকে ফ্লুইড ফিল্ম লুব্রিকেশন বলে।

ফ্লুইড ফিল্ম লুব্রিকেশন নির্ভর করে যথাযথ বিয়ারিং লোড, পর্যাপ্ত তেল সরবরাহ, কনট্যাক্ট সারফেস দুটির উল্লেখযোগ্য রিলেটিভ স্পীড, সঠিক বিয়ারিং ক্লিয়ারেন্স, লুব অয়েলের সন্তোষজনক সান্দ্রতা ও তৈলাক্ততা ইত্যাদির ওপর। অয়েল ফিল্ম গঠনে সান্দ্রতার গুরুত্ব অপরিসীম। মাত্রাতিরিক্ত সান্দ্রতা ঘর্ষণজনিত বাধা বৃদ্ধি এবং সুষ্ঠু বিয়ারিং কুলিং ব্যাহত করে।

ফ্লুইড ফিল্ম লুব্রিকেশনের সময় শ্যাফটের সাথে বিয়ারিং-এর কোনো মেটালিক কনট্যাক্ট থাকে না অর্থাৎ অয়েল ফিল্ম পুরো লোড বহন করে।

মাত্রাতিরিক্ত বিয়ারিং লোড, লো রিলেটিভ স্পীড, অপর্যাপ্ত তেল সরবরাহ ইত্যাদি কারণে অয়েল ফিল্ম এতোই পাতলা হয়ে পড়ে যে, তখন আর কনট্যাক্ট সারফেস দুটি আলাদা থাকতে পারে না, অর্থাৎ তাদের মধ্যে মেটালিক কনট্যাক্ট ঘটে। লুব্রিকেশনের এই পরিস্থিতিকে বাউন্ডারি লুব্রিকেশন বলে। বাউন্ডারি লুব্রিকেশনে, বিয়ারিং-এর ওভারহিটিং, দ্রুত ক্ষয়, ফাটল, এমনকি মারাত্মক ইঞ্জিন দুর্ঘটনা ঘটারও সম্ভাবনা থাকে।

ফোর্সড লুব্রিকেশনের মূল লক্ষ্য- বিয়ারিং-এ একটানা পর্যাপ্ত পরিমাণে লুব অয়েল সরবরাহ করা, অয়েল প্রেশার বৃদ্ধি করা নয়। মাত্রাতিরিক্ত লুব অয়েল প্রেশার (২-৩ কেজি/সেন্টি^{২} প্রেশার সন্তোষজনক) ক্র্যাঙ্ককেসে অযথা অয়েল মিস্টের পরিমাণ বৃদ্ধি করে, যা অয়েলের গুণাবলীর অবনতি এমনকি মারাত্মক ইঞ্জিন দুর্ঘটনারও কারণ হতে পারে।



চিত্র ৩.৩ : টপ এন্ড (ক্রসহেড) বিয়ারিং।

ফোর্সড লুব্রিকেশনের আরেকটি বিশেষ দিক হচ্ছে কুলিং। কুলিং-এর কারণে ক্রুটিপূর্ণ বিয়ারিংও সহজে অতিউত্তপ্ত হওয়ার সুযোগ পায় না, শুধু তার ক্ষয় বৃদ্ধি পেতে থাকে। অতএব, এই পদ্ধতিতে 'বিয়ারিং অতিউত্তপ্ত হয়নি বলেই ভালো কাজ করছে' এমন বলা যায় না।

বিয়ারিং সারফেসে অয়েল গ্রুভসের অবস্থান একদিকে অয়েল ফিল্ম গঠনে সহায়তা করে, অপরদিকে কার্যকর বিয়ারিং সারফেস আয়তন উল্লেখযোগ্যভাবে হ্রাস করে। অয়েল গ্রুভস বিয়ারিং-এর দু'পাশে বেশি বাড়ানো যায় না, এতে অয়েল লিকেজ বৃদ্ধি পায়। বিয়ারিং-এর বলয়াকার অয়েল গ্রুভ সামান্য কোণাচে হলে (চিত্র ৩.১) ক্র্যাঙ্কপিনের উপর কোনো রিজ পড়ার সম্ভাবনা থাকে না।

ফোর্সড লুব্রিকেশনে, লুব অয়েল সাধারণত পাম্প থেকে সরাসরি মেইন বিয়ারিং-এ যায়, সেখান থেকে জার্নাল, ক্র্যাঙ্কওয়েব ও ক্র্যাঙ্কপিনের অয়েল হোলস-এর মাধ্যমে প্রথমে বটম এন্ড বিয়ারিং, অতঃপর কানেকটিং রডের অয়েল হোলের মাধ্যমে টপ এন্ড বিয়ারিং-এ যায়।

টু-স্ট্রোক ইঞ্জিনের টপ এন্ড বিয়ারিং-এ সুষ্ঠু লুব্রিকেশন বজায় রাখা অত্যন্ত দুরূহ কাজ। এই বিয়ারিং-এ বিদ্যমান একটানা নিম্নাভিমুখী চাপ (ঊর্ধ্বাভিমুখী স্ট্রোকের সময় সংনমন চাপ এবং নিম্নাভিমুখী স্ট্রোকের সময় প্রসারণ চাপ) এবং কনট্যাক্ট সারফেস দুটির লো রিলেটিভ স্পীড 'বাউন্ডারি লুব্রিকেশন' পরিস্থিতির সৃষ্টি করে। এই পরিস্থিতির উন্নতিকল্পে ইঞ্জিন নির্মাতারা বিভিন্ন কার্যকর পদ্ধতির সূচনা করেছেন। যেমন-

(১) ম্যান ইঞ্জিনে, স্বাভাবিক সরবরাহের অতিরিক্ত লুব অয়েল উচ্চ চাপে (কানেকটিং রডের অসিলেটিং মুভমেন্ট দ্বারা চালিত স্বয়ংক্রিয় পাম্পের সাহায্যে) টপ এন্ড বিয়ারিং-এ সরবরাহ করা হয় (চিত্র ৩.৩)।

(২) সুলজার ইঞ্জিনে, পর্যাপ্ত পরিমাণে লুব অয়েল আর্টিকুলেটিং পাইপের সাহায্যে সরাসরি টপ এন্ড বিয়ারিং-এ সরবরাহ করা হয়। অতিরিক্ত লুব অয়েল সেখান থেকে ক্রসহেড গাইড এবং বটম এন্ড বিয়ারিং-এ যায়। এ ব্যবস্থায়, ক্র্যাঙ্কপিনে কোনো অয়েল হোল থাকে না। মেইন বিয়ারিং-এ লুব অয়েল সরবরাহের জন্য সরাসরি আলাদা পাইপ লাইন থাকে।

বিয়ারিং ফেলিওর

লুব অয়েলে অবাঞ্ছিত ক্ষুদ্র পদার্থ এবং ময়লাকণা বিয়ারিং ফেলিওরের প্রধান কারণ। ফিলট্রেশনের (১৭-৫ মাইক্রোন) প্রতি তাই বিশেষ গুরুত্ব দেয়া আবশ্যক। বিয়ারিং ফেলিওরের অন্য কারণগুলি হচ্ছে- ভুল ফিটিং, ত্রুটিপূর্ণ অ্যাডজাস্টমেন্ট, ত্রুটিপূর্ণ লুব্রিকেশন, ত্রুটিযুক্ত বনডিং, মাত্রাতিরিক্ত লোড, এসিডিক করোশন ইত্যাদি।

বিয়ারিং ফেলিওরের পর তা পর্যবেক্ষণ করে ফেলিওরের সঠিক কারণ নির্ধারণ করা দুরূহ ব্যাপার, তবে কোনো কোনো ক্ষেত্রে ফেলিওরের কারণ সংক্রান্ত তথ্যাদি খুঁজে পাওয়া যায়। নিচে সেসব তথ্য সম্পর্কে আলোচনা করা হলো।

(১) ওয়াইপিং : হোয়াইট মেটালের ঘর্ষণজনিত ক্ষণকালীন ক্ষয়কে ওয়াইপিং বলে, যা বিয়ারিং না খোলা পর্যন্ত বুঝা যায় না। বিয়ারিং-এ সাময়িক লুব অয়েলের অভাব, অপর্যাপ্ত ক্লিয়ারেন্স, মিস-অ্যালাইনমেন্ট, ইঞ্জিনের নিম্নগতি ইত্যাদি কারণে হোয়াইট মেটাল শ্যাফটের সংস্পর্শে এসে উত্তপ্ত হয়ে সামান্য গলে যায়। বস্তুত ওয়াইপিং চূড়ান্ত বেডিং-এ সহায়তা করে এবং অধিকতর ক্ষয়ক্ষতির হাত থেকে বিয়ারিংকে রক্ষা করে। অবশ্য কোনো কোনো ক্ষেত্রে ওয়াইপিং-এর কারণেই বিয়ারিং ফেলিঅর ঘটে।

(২) ফ্যাটিগ : হোয়াইট মেটালে চিড় ধরাকে ফ্যাটিগ বলে, যা বিয়ারিং শেলের ইন্টারফেস পর্যন্ত বিস্তৃত হয়। স্পন্দিত বা ভারসাম্যহীন লোড, ত্রুটিযুক্ত বন্ডিং ইত্যাদি ফ্যাটিগ ফেলিঅরের কারণ। ফ্যাটিগ প্রতিরোধে থিন শেল বিয়ারিং একটি উল্লেখযোগ্য ডিজাইন।

(৩) টিন-অক্সাইড করোশন : হোয়াইট মেটালে টিন পর্বের টিন-অক্সাইডরূপী ক্ষয়কে টিন-অক্সাইড করোশন বলে। বিয়ারিং সারফেসে ধূসর অথবা ধূসর-কালো আবরণ দেখে টিন-অক্সাইডের উপস্থিতি টের পাওয়া যায়। টিন-অক্সাইড অত্যন্ত শক্ত অথচ ভঙ্গুর এবং উৎপত্তির পরই দ্রুত ভেঙ্গে যায়। ফলে অয়েল ফিল্ম গঠনে বাধার সৃষ্টি হয়, যা বিয়ারিং ফেলিঅর এমনকি জার্নালের মারাত্মক ক্ষতির কারণ হয়ে দাঁড়ায়। লুব অয়েলে মিশ্রিত পানি টিন-অক্সাইড উৎপাদনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে, তাই নিয়মিত এর অপসারণ প্রয়োজন।

এছাড়া লুব অয়েলে ফুয়েল অয়েলের উপস্থিতি উইক এসিড তৈরি করে, যা কপার লেড বিয়ারিং-এর করোশন ঘটায়, এমনকি এক পর্যায়ে বিয়ারিং ফেলিঅরের কারণ হয়ে দাঁড়ায়।

(৪) বৈদ্যুতিক ক্ষয়ক্ষতি : হোয়াইট মেটালে (এবং বিয়ারিং শেলে) ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র গর্ত অথবা তুষার সদৃশ পাতলা আবরণ দেখে বৈদ্যুতিক ক্ষয়ক্ষতির আভাস পাওয়া যায়। জেনারেটর বিয়ারিং-এর ক্ষয়ক্ষতি সাধারণত এভাবেই ঘটে থাকে। বিয়ারিং-এ বিদ্যুৎ প্রবাহের সূচনা-ই এই ক্ষয়ক্ষতির কারণ।

প্রশ্নমালা

১। বৃহদাকার ধীরগতি ইঞ্জিনের টপ এন্ড বিয়ারিং চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। এক্ষেত্রে, থিন শেল বিয়ারিং ব্যবহারের দুটি যথার্থ কারণ ব্যাখ্যা কর।

২। কোন বিষয়গুলি বিয়ারিং-এর আকার ও উপাদানকে বিশেষভাবে প্রভাবান্বিত করে? নিচে উল্লিখিত বিষয়ে যথার্থ মন্তব্য কর :

(ক) থিন শেল বিয়ারিং,

(খ) ফ্লুইড ফিল্ম লুব্রিকেশন,

(গ) সারফেস ফিনিশ,

(ঘ) অ্যালাইনমেন্ট।

৩। টপ এন্ড বিয়ারিং লুব্রিকেশনে প্রতিবন্ধকতা কি ? কিভাবে এই পরিস্থিতির মোকাবিলা করা হয়।

৪। নিচে উল্লিখিত বিয়ারিং–এর সুবিধা–অসুবিধা সংক্ষেপে বর্ণনা কর :

(ক) হোয়াইট মেটাল বিয়ারিং,

(খ) কপার লেড বিয়ারিং,

(গ) অ্যালুমিনিয়াম বিয়ারিং।

৫। বিয়ারিং অ্যাডজাস্টমেন্টে ত্রুটি থাকলে কি ধরনের সমস্যার উদ্ভব হতে পারে ? যে কোনো একটি প্রধান বিয়ারিং–এর ক্লিয়ারেন্স অ্যাডজাস্টমেন্ট পদ্ধতি সবিস্তারে বর্ণনা কর।

৬। হোয়াইট মেটাল বিয়ারিং ফেলিঅরের বিভিন্ন দিক পর্যালোচনা কর।

৭। নিচে উল্লিখিত ক্ষেত্রে কিভাবে বিয়ারিং–এর ক্ষয় সাধন হয় ব্যাখ্যা কর :

(ক) বিসদৃশ উপাদানের কনট্যাক্ট সারফেস,

(খ) কনট্যাক্ট সারফেস দুটির রিলেটিভ স্পীড,

(গ) অমসৃণ বিয়ারিং সারফেস,

(ঘ) অসঙ্গত বিয়ারিং উপাদান এবং লুব অয়েল।

বিয়ারিং পরিদর্শনের সময় কিভাবে এগুলি বুঝা যায় এবং সংশোধন করা যায় ?

৮। করোশন ও ইরোশনের ফলে জার্নাল এবং বিয়ারিং–এ কি ধরনের ক্ষয়ক্ষতি হতে পারে আলোচনা কর। কোন বিশেষ ক্ষেত্রে জার্নাল এবং বিয়ারিং–এর ক্ষতি সাধন–

(ক) প্রধানত ইরোসিভ,

(খ) প্রধানত করোসিভ, এবং

(গ) উভয় ইরোসিভ ও করোসিভ।

চতুর্থ অধ্যায়

ফুয়েল ইনজেকশন

ফুয়েল ইনজেকশনের মূল লক্ষ্য হচ্ছে দ্রুত ও পরিপূর্ণ দহন নিশ্চিত করা। পরিপূর্ণ দহন দক্ষ ইঞ্জিনের একটি শর্ত। অতএব, ফুয়েল ইনজেকশনের সাথে ইঞ্জিনের দক্ষতা ওতপ্রোতভাবে জড়িত। ফুয়েল ইনজেকশনের ক্ষেত্রে জার্ক টাইপ ফুয়েল পাম্প এবং হাইড্রলিক ফুয়েল ইনজেকটরের ব্যবহার একচেটিয়া। এগুলি সম্পর্কে নিচে আলোচনা করা হলো।

জার্ক ফুয়েল পাম্প

জার্ক ফুয়েল পাম্প দ্বারা নির্ধারিত টাইমিংস অনুসারে নির্দিষ্ট পরিমাণ জ্বালানি তেল ইনজেকটরে প্রেরণ করা হয়। এই পদ্ধতিতে, ক্যাম রোটেশনের সাহায্যে ব্যারেলের ভেতর প্লানজার (স্প্রিং প্রেশারের বিপরীতে) ওঠা-নামা করে বলে প্রয়োজনীয় ফুয়েল প্রেশার সৃষ্টি হয়। এই ক্যামের আকৃতি এরূপ হয়, যা প্লানজারের প্রয়োজনানুরূপ গতি নিয়ন্ত্রণ করতে সক্ষম।

জার্ক ফুয়েল পাম্প দুই প্রকার- পোর্ট কন্ট্রোল টাইপ এবং ভাল্‌ভ কন্ট্রোল টাইপ প্রথম পাম্পে ইনজেকশনের শেষ মুহূর্ত এবং শেষের পাম্পে ইনজেকশনের শুরু অথবা শেষ যে কোনো একটি মুহূর্ত নিয়ন্ত্রণ করে ইনজেকশনের পরিমাণ নিয়ন্ত্রণ করা হয়।

জার্ক পদ্ধতিতে, প্রতিটি সিলিন্ডারের জন্য পৃথক ফুয়েল পাম্প এবং পাম্পগুলির জন্য পৃথক ক্যাম সংবলিত একটি ক্যামশ্যাফট থাকে। ক্যামশ্যাফটটি ইঞ্জিন রোটেশনের সাথে সামঞ্জস্য রেখে ঘোরে এবং সুনির্দিষ্ট টাইমিংস অনুসারে প্লানজারের ওঠা-নামা নিয়ন্ত্রণ করে।

জার্ক ফুয়েল পাম্পের প্লানজার ও ব্যারেলের মাঝে সূক্ষ্ম ক্লিয়ারেন্স (২-৩ মাইক্রোন) থাকে, যা লুব্রিকেশনের সহায়ক হয়। তবে মাত্রাতিরিক্ত ক্লিয়ারেন্স অযথা ফুয়েল লিকেজ বাড়ায় এবং পাম্পের দক্ষতা হ্রাস করে।

এই পাম্পের চলমান অংশগুলি লো প্রেশার লুব্রিকেশন সিস্টেমের সাথে সংযুক্ত থাকে। ফুয়েল লিকেজ যাতে লুব্রিকেশন সিস্টেমের সাথে মিশে যেতে না পারে তার জন্য যথাযথ ব্যবস্থা রাখা হয়।

ইনজেকশন পাম্পের সাকশন লাইনে সর্বক্ষণ একটি নির্দিষ্ট চাপে (৩-৪ কেজি/সেন্টি²) জ্বালানি সরবরাহ করা (বুস্টার পাম্প দ্বারা) হয়, ফলে সাকশন পোর্ট খোলামাত্রই মুহূর্তে

জ্বালানি প্রকোষ্ঠ পূর্ণ হয়ে যায়। এই পাম্পের প্লানজার ও ব্যারেল স্টেইনলেস স্টিলের হয় এবং এগুলি নাইট্রাইডেড করা থাকে।

ফুয়েল পাম্পের রক্ষণাবেক্ষণ হিসেবে মাঝে–মধ্যে (প্রতি ১০ হাজার ঘণ্টা চলার পর) ডেলিভারি নন–রিটার্ন ভাল্ভ ওভারহল করা এবং ফুয়েল ইনজেকশন টাইমিংস পরীক্ষা করা আবশ্যক। ফুয়েল পাম্পের ক্যাম এবং ড্রাইভিং রোলারের মধ্যে সর্বক্ষণ পজিটিভ কনট্যাক্ট থাকা চাই।

ফুয়েল ইনজেকশন টাইমিংস সাধারণত দুইভাবে সমন্বয় করা যায় যথা, প্লানজার বা পাম্প কেসিং–এর নিচে শিম ব্যবহার করে এবং ক্যাম পজিশন পরিবর্তন করে। তন্মধ্যে শেষের পদ্ধতিটিই উত্তম।

জার্ক ফুয়েল পাম্পে, জ্বালানি তেলের অত্যধিক গতিবেগের কারণে ক্যাভিটেশন সমস্যার উদ্ভব হয়। চাপ পরিবর্তনের সময় বাষ্পীয় বুদবুদের উৎপত্তি এবং পরক্ষণেই তার বিলুপ্তি মারাত্মক শকওয়েভ–এর সৃষ্টি করে, যা অভ্যন্তরীণ সারফেসের পিটিং, এমনকি ফ্যাটিগ ফেলিঅরের কারণ হয়ে দাঁড়ায়। এই শকওয়েভ স্তিমিত করার লক্ষ্যে পাম্পের সাথে স্প্রিংবিশিষ্ট পিস্টন ও অরিফিস সংযোজন অত্যন্ত ফলদায়ক।

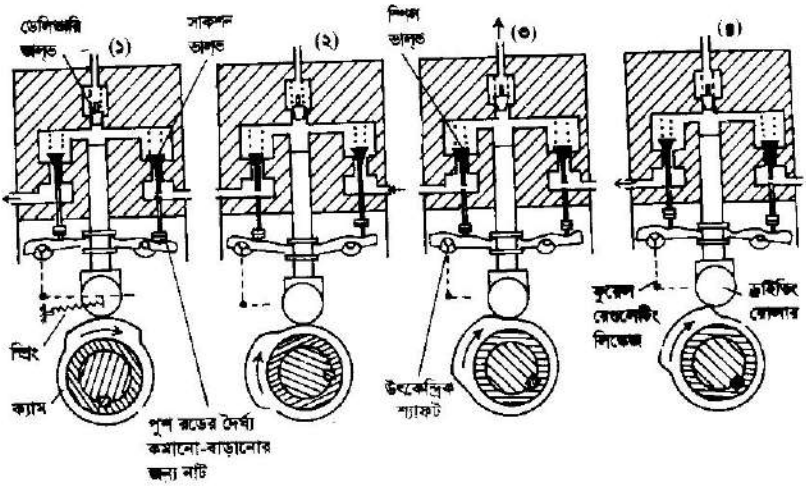
ভাল্ভ কন্ট্রোল ফুয়েল পাম্প

ভাল্ভ কন্ট্রোল ফুয়েল পাম্পে সাকশন ভাল্ভ অথবা স্পিল ভাল্ভের সাহায্যে ফুয়েল ইনজেকশন নিয়ন্ত্রণ করা হয়। একক কন্ট্রোলারবিশিষ্ট পাম্পে শুধু সাকশন ভাল্ভ এবং ডাবল কন্ট্রোলার বিশিষ্ট পাম্পে সাকশন ও স্পিল ভাল্ভ দুই–ই থাকে। প্রথম পাম্পে উর্ধ্বগামী স্ট্রোকে সাকশন ভাল্ভ বন্ধ হওয়ামাত্র কার্যকরী স্ট্রোক শুরু হয়। সেখানে ইনজেকশন শুরু মুহূর্ত পরিবর্তনশীল (এবং ইনজেকশন শেষ মুহূর্ত অপরিবর্তিত) থাকে। কিন্তু শেষের পাম্পে স্পিল ভাল্ভের সাহায্যে ফুয়েল ইনজেকশন নিয়ন্ত্রণ করা হয়, সাকশন ভাল্ভের সাহায্যে নয়। সেখানে ইনজেকশন শুরু মুহূর্ত অপরিবর্তিত (এবং ইনজেকশন শেষ মুহূর্ত পরিবর্তনশীল) থাকে। ৪.১ চিত্রের সাহায্যে ডাবল কন্ট্রোলারবিশিষ্ট ফুয়েল পাম্পের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা করা হলো।

(১) ড্রাইভিং রোলার যতক্ষণ ক্যামের ক্রাউন সার্কেলের উপর (অর্থাৎ প্লানজার টপ পজিশনে) থাকে, ততক্ষণ স্পিল ভাল্ভ খোলা থাকে এবং সাকশন ভাল্ভ বন্ধ থাকে। এ সময় জ্বালানি সরবরাহ হয় না।

(২) ড্রাইভিং রোলার যখন ক্যামের ঢালু অংশের উপর দিয়ে নিচে নামে তখন সাকশন ভাল্ভ খুলতে থাকে এবং স্পিল ভাল্ভ বন্ধ হতে থাকে। ড্রাইভিং রোলার যতক্ষণ ক্যামের বেস সার্কেলের উপর (অর্থাৎ প্লানজার বটম পজিশনে) থাকে ততোক্ষণ স্পিল ভাল্ভ বন্ধ থাকে এবং সাকশন ভাল্ভ খোলা থাকে। এ সময় জ্বালানি প্রকোষ্ঠ পূর্ণ হয়।

(৩) ড্রাইভিং রোলার যখন ক্যামের উঁচু অংশের উপর দিয়ে উপরে ওঠে (অর্থাৎ প্লানজার উপরের দিকে ওঠে) তখনো স্পিল ভাল্‌ভ বন্ধ থাকে, এক সময় সাকশন ভাল্‌ভও বন্ধ হয়ে যায়। ফলে জ্বালানি প্রকোষ্ঠে চাপের সৃষ্টি হয়ে সরবরাহ শুরু হয়।



চিত্র ৪.১ : জার্ক ফুয়েল পাম্প (ভাল্‌ভ কন্ট্রোল)।

(৪) ড্রাইভিং রোলার যখন ক্যামের উঁচু অংশের শেষভাগে পৌঁছে (অর্থাৎ প্লানজার তখনো উপরে দিকে ওঠে), তখনো সাকশন ভাল্‌ভ বন্ধ থাকে, কিন্তু স্পিল ভাল্‌ভ খুলে যায় ফলে জ্বালানি সরবরাহ বন্ধ হয়ে যায়।

জ্বালানি সরবরাহের 'শেষ মুহূর্ত' নির্ভর করে কন্ট্রোল লিভারের অবস্থানের ওপর। ফুয়েল কন্ট্রোল লিঙ্কেজের সাথে পাম্পের উৎকেন্দ্রিক শ্যাফটের সংযোগ থাকে। কন্ট্রোল বাড়ালে সেই অনুপাতে উৎকেন্দ্রিক শ্যাফট একদিকে ঘুরে যায়, ফলে স্পিল ভাল্‌ভ দেরিতে খোলে এবং জ্বালানি সরবরাহ বৃদ্ধি পায়। পুশ রডের দৈর্ঘ্য হ্রাস–বৃদ্ধি অথবা ক্যামের অবস্থান পরিবর্তন করে সাকশন ভাল্‌ভ এবং স্পিল ভাল্‌ভের খোলা–বন্ধ মুহূর্ত নির্ধারণ করা হয়

ফুয়েল পাম্পের ইনজেকশন টাইমিংস অভিজ্ঞ ব্যক্তি বা ইঞ্জিন বিশেষজ্ঞ দ্বারা পরীক্ষা করানো উচিত। ত্রুটিপূর্ণ টাইমিংস ত্রুটিপূর্ণ দহন, ইঞ্জিনের ভারসাম্যহীনতা, টার্বোচার্জার সার্জিং, এমনকি লাইনার ফাটলের কারণ হয়ে দাঁড়ায়।

উপরিউক্ত ফুয়েল পাম্পে, স্বাভাবিক লোডে, টিডিসি'র আনুমানিক ৬° আগে থেকে ২২° পরে পর্যন্ত জ্বালানি সরবরাহ চালু থাকে এবং এই পুরো সময়টাতে দহন চাপের ধরন প্রায় অপরিবর্তিত থাকে। এছাড়া স্বল্প লোডে এই পাম্প সুষ্ঠু অ্যাটোমাইজেশন নিশ্চিত করে টার্বোচার্জড ইঞ্জিনে এই পাম্প অত্যন্ত কার্যকর বলে প্রমাণিত হয়েছে।

পোর্ট কন্ট্রোল ফুয়েল পাম্প

পোর্ট কন্ট্রোল ফুয়েল পাম্পে প্লানজারের উপরিস্থিত হেলিক্স দ্বারা ফুয়েল ইনজেকশন নিয়ন্ত্রণ করা হয়। এখানে ইনজেকশন শুরু মুহূর্ত অপরিবর্তিত, এবং ইনজেকশন শেষ মুহূর্ত পরিবর্তনশীল থাকে। সুপরিচিত এই 'বস' পদ্ধতি ছোট বা মাঝারি আকারের ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে অত্যন্ত কার্যকর, এমনকি বড় ইঞ্জিনের ক্ষেত্রেও সন্তোষজনক। ৪.২ চিত্রের সাহায্যে পোর্ট কন্ট্রোল ফুয়েল পাম্পের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা করা হলো।

(১) নিম্নগামী স্ট্রোকে হেলিক্স উপর থেকে সাকশন পোর্ট অনাবৃত করামাত্র জ্বালানি প্রকোষ্ঠ পূর্ণ হতে থাকে অর্থাৎ সাকশন শুরু হয়। ঊর্ধ্বগামী স্ট্রোকে হেলিক্স সাকশন পোর্ট পুরোপুরি আবৃত করামাত্র জ্বালানি প্রকোষ্ঠে চাপের সৃষ্টি হয়ে সরবরাহ শুরু হয়।

(২) হেলিক্স আরো উপরে উঠে গেলে স্পিল পোর্ট নিচ থেকে অনাবৃত হতে থাকে, তখন জ্বালানি প্রকোষ্ঠের সাথে স্পিল পোর্টের সংযোগ গড়ে ওঠে। ফলে জ্বালানি সরবরাহ বন্ধ হয়ে যায়।

ফুয়েল ইনজেকশনের পরিমাণ নির্ভর করে স্পিল পোর্টের সোজাসুজি হেলিক্সের উচ্চতার ওপর : যেমন, হেলিক্সের উচ্চতা বৃদ্ধি পেলে জ্বালানি সরবরাহ বৃদ্ধি পায় ইত্যাদি। ফুয়েল কন্ট্রোল র‍্যাকের (চিত্র ৪.৩) সাহায্যে প্লানজার এদিক-ওদিক ঘুরিয়ে হেলিক্সের উচ্চতা পরিবর্তন করা যায়। হেলিক্স গ্রুভ স্পিল পোর্টের সোজাসুজি আসামাত্র জ্বালানি প্রকোষ্ঠের সাথে স্পিল পোর্টের সংযোগ স্থাপিত হয়, ফলে জ্বালানি সরবরাহ বন্ধ হয়ে যায়। কন্ট্রোল র‍্যাক, ফুয়েল রড, ফুয়েল লিভার ইত্যাদি সর্বক্ষণ যাতে বাধামুক্ত থাকে সেদিকে বিশেষ নজর দেয়া আবশ্যক।

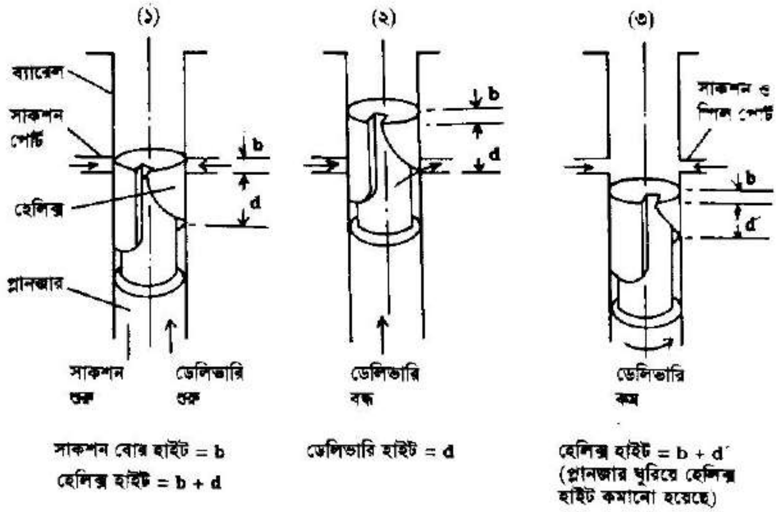
হাইড্রলিক ফুয়েল ইনজেকটর

ফুয়েল ইনজেকটর সাধারণত সিলিন্ডার কভারের মাঝখানে বসানো থাকে। এটি জ্বালানি তেলকে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র কণায় বিভক্ত করে কয়েকটি জেটের আকারে দহন প্রকোষ্ঠে ছড়িয়ে দেয় (চিত্র ৪.৪)।

ইনজেকটরের প্রধান অংশ তিনটি- নজল হোল্ডার, নজল এবং নিডল ভাল্ভ। নজল হোল্ডার এবং নজলে জ্বালানি তেল প্যাসেজ (এবং কুলিং প্যাসেজ) থাকে, এগুলির যথাযথ অবস্থান নিশ্চিত করার জন্য ডাওয়েল পিন ব্যবহৃত হয়। নিডল ভাল্ভ (চিত্র ৪.৫) স্প্রিং প্রেশারের বিপরীতে নজল সিটের উপর চেপে বসে থাকে। এই ভাল্ভ খোলার চাপ আনুমানিক ২৭০ কেজি/সেন্টি² হয়। নজল হোল্ডারের সাথে নজল এবং নজল সিটের সাথে নিডল ভাল্ভ মেটালিক সিল রক্ষা করে।

জ্বালানি তেল সুনির্দিষ্ট টাইমিংস অনুসারে ইনজেকশন পাম্প থেকে অতি উচ্চ চাপে সরাসরি ইনজেকটরে আসে এবং নিডল ভাল্ভকে উপরের দিকে ঠেলে তুলে অ্যাটোমাইজিং হোলস-এর ভেতর দিয়ে দহন প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করতে থাকে। ইনজেকশন পাম্প থেকে জ্বালানি তেল সরবরাহ বন্ধ হওয়ামাত্র নিডল ভাল্ভ বন্ধ হয়ে যায়। ফুয়েল ইনজেকশন শুরু হয়

কমপ্রেশন স্ট্রোকে এবং টিডিসি'র আনুমানিক ১০° আগে। নিডল ভাল্ভের লিফট আনুমানিক ১ মিলিমিটার হয়।



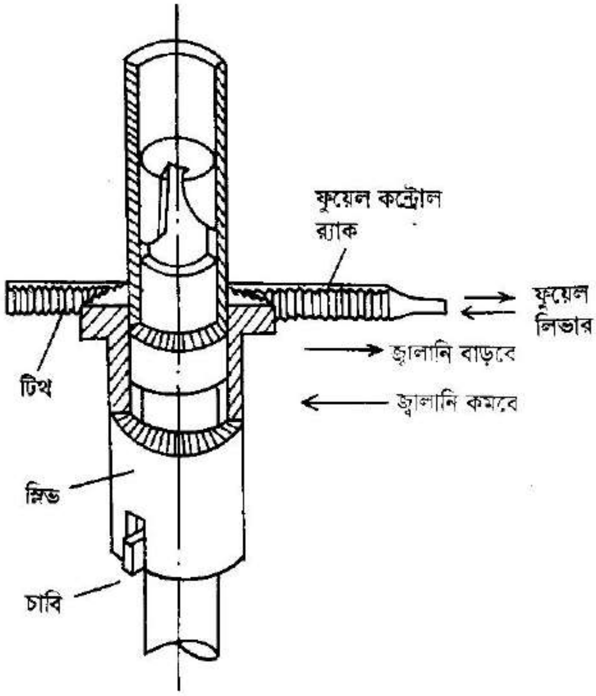
চিত্র ৪.২ : জার্ক ফুয়েল পাম্প (পোর্ট কন্ট্রোল)।

প্রায় সব ইনজেকটরে নজল কুলিং-এর ব্যবস্থা থাকে। পানি অথবা ডিজেল [illegible] সঞ্চালনের মাধ্যমে এই কুলিং সম্পন্ন করা হয়। নজলের তাপমাত্রা সাধারণভাবে ৮০°-৯০° সেলসিয়াস রাখা হয়। মাত্রাতিরিক্ত তাপমাত্রায় ভাল্ভের উপরিভাগে কার্বন জমতে থাকে এবং নিম্নমাত্রার তাপমাত্রায় নজলের বহিরাংশে করোশন দেখা দেয়।

আনুমানিক ৮০০-১০০০ ঘণ্টা চলার পর ইনজেকটর ওভারহল করা প্রয়োজন। ইনজেকটর ওভারহল বলতে অ্যাটোমাইজিং হোলস পরিষ্কার করা, নজল ও নিডল ভাল্ভ একত্রে ল্যাপিং করা, নজল হোল্ডার ও নজলের কনট্যাক্ট সারফেস গ্রাইন্ডিং করা এবং পরিশেষে নিডল ভাল্ভ খোলার চাপ অ্যাডজাস্ট করা বুঝায়।

ইনজেকটর খোলার সময় সর্বপ্রথম স্প্রিং টেনশন নাট ঢিলা করে নিতে হয়। [illegible] একাধিক ইনজেকটর ওভারহলের সময় নজল এবং নিডল ভাল্ভগুলি যেন কোনক্রমে রদবদল হতে না পারে সেদিকে বিশেষ দৃষ্টি রাখা আবশ্যক। অ্যাটোমাইজিং হোলস পরিষ্কার করার জন্য কেরোসিন তেল, সংনমিত বাতাস এবং উপযুক্ত ক্লিনিং অয়্যার ব্যবহার করা দরকার। স্বাভাবিক অবস্থায় নিডল ভাল্ভ তার নিজস্ব ওজনে সোজা নিচের দিকে নেমে নজল সিটে চেপে বসে। নিডল ভাল্ভ যদি বাধাপ্রাপ্ত অথবা লিকি হয় [illegible] ল্যাপিং-এর সাহায্যে সেই ত্রুটি সংশোধন করে নেয়া প্রয়োজন। ইনজেকটর [illegible]

করার আগে তার বিভিন্ন অংশ পরিষ্কার কেরোসিনে ধুয়ে শুকিয়ে নিতে হয়, এগুলি মোছার জন্য কাপড় ব্যবহার করা যায় না। ইনজেকটর ওভারহলের সময় বিশেষ সাবধানতা এবং পরিষ্কার পরিচ্ছন্নতা বজায় রাখা আবশ্যক।



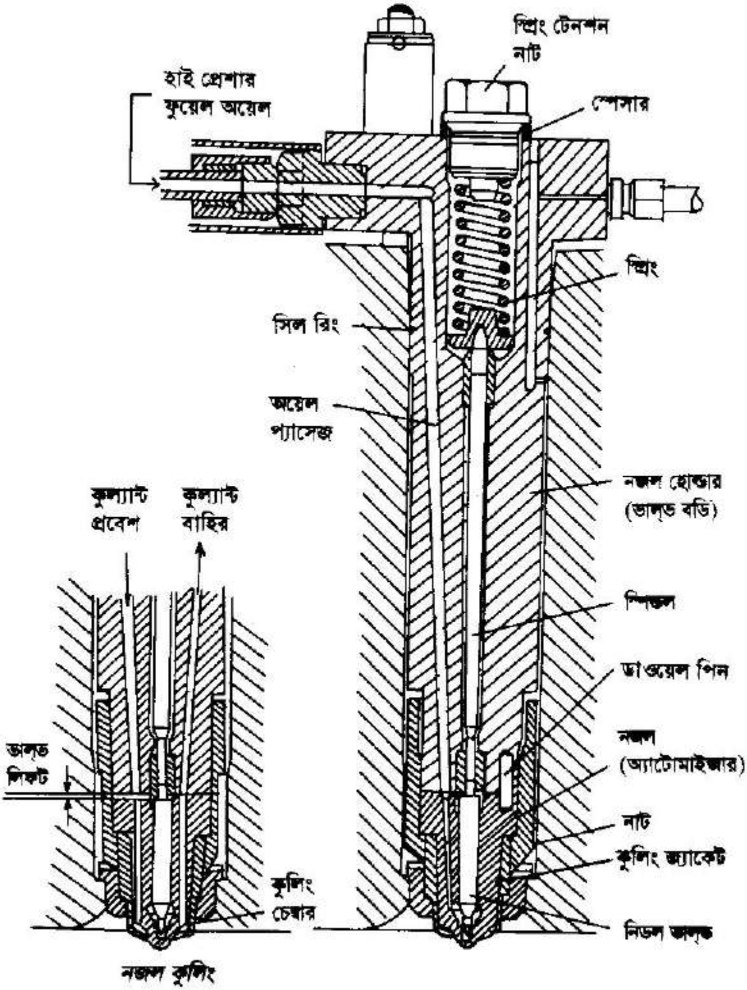
চিত্র ৪.৩ : ফুয়েল কন্ট্রোল।

ইনজেকটর অ্যাসেম্বল করার পর স্প্রিং টেনশন নাট ক্রমান্বয়ে টাইট করে নিডল ভাল্‌ভ্‌ খোলার চাপ অ্যাডজাস্ট করা হয়। এ সময় লক্ষ্য রাখা দরকার যেন সবগুলি অ্যাটোমাইজিং হোলস দিয়ে একই ধরনের ফুয়েল স্প্রে হয় এবং কোথাও কোনো লিকেজ না থাকে। ক্রটিমুক্ত ইনজেকটরগুলি স্প্রে করার সময় প্যাচ প্যাচ শব্দ করে।

অ্যাটোমাইজিং হোলস–এর ব্যাস বৃদ্ধি পেলে অথবা নিডল ভাল্‌ভের সিটে অসমান দাগ দেখা দিলে অনতিবিলম্বে নজল নবায়ন করা দরকার। ক্রটিপূর্ণ নজল বিশেষজ্ঞ ফার্ম দ্বারা রিকন্ডিশনও করা যায়।

ফুয়েল ইনজেকশনের অন্যান্য দিক

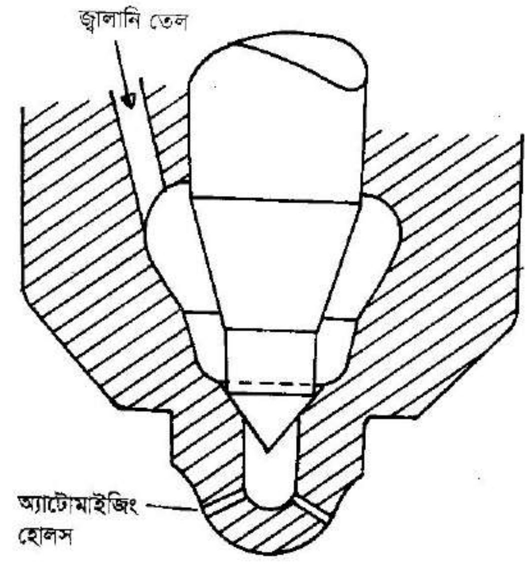
(১) অ্যাটোমাইজেশন : জ্বালানি তেল স্প্রে'র মাধ্যমে সূক্ষ্ম কণায় বিভক্ত করাকে অ্যাটোমাইজেশন বলে। অ্যাটোমাইজেশনের ফলে চার্জএয়ার-এর সাথে জ্বালানি তেল দ্রুত মিশে যায় এবং পরিপূর্ণ দহন নিশ্চিত করে। জ্বালানি তেল অ্যাটোমাইজিং হোলস-এর ভেতর দিয়ে সবেগে বেরিয়ে যাওয়ার সময় এই অ্যাটোমাইজেশন ঘটে। অ্যাটোমাইজিং হোলস খুব ছোট হলে অথবা আংশিক বন্ধ হলে তেলের প্রবাহে বাধা সৃষ্টি হয়, ফলে ফুয়েল



চিত্র ৪.৪ : ফুয়েল ইনজেকটর।

পাইপ ফেটে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। ডক্সফোর্ড ইঞ্জিনের নজলে ০.৬ মিলিমিটারের ৭টি এবং সুলজার ইঞ্জিনের নজলে ০.৩৫ মিলিমিটারের ৮টি অ্যাটোমাইজিং হোলস থাকে।

(২) সান্দ্রতা : তরল পদার্থের প্রবাহের প্রতিবন্ধকতাকে সান্দ্রতা বলে। জ্বালানি তেলের সান্দ্রতা ফুয়েল ইনজেকশনের ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। সুষ্ঠু অ্যাটোমাইজেশনের জন্য জ্বালানি তেলের সান্দ্রতা ১০০ সেকেণ্ডের (রেডউড নং ১) কম হওয়া প্রয়োজন। তাই হেভি ফুয়েল অয়েল ব্যবহারের ক্ষেত্রে ফুয়েল হিটিং–এর সুষ্ঠু ব্যবস্থা থাকা আবশ্যক।



চিত্র ৪.৫ : ফুয়েল ইনজেকটর নিডল ভাল্‌ভ।

(৩) পেনিট্রেশন ঃ দহন প্রকোষ্ঠে জ্বালানি তেলের (স্প্রে ড্রপলেটের) দ্রুত ছড়িয়ে যাওয়ার ক্ষমতাকে পেনিট্রেশন বলে। এটি নির্ভর করে স্প্রে ড্রপলেটের আয়তন, গতিবেগ এবং সিলিন্ডারে বিদ্যমান পরিস্থিতির ওপর। পেনিট্রেশনের মূল লক্ষ্য হচ্ছে ইগনিশন শুরু হওয়ার আগেই স্ক্যাভেঞ্জ এয়ারের সাথে ফুয়েল স্প্রে ড্রপলেটের পুরোপুরি সংমিশ্রণ নিশ্চিত করা। সাধারণভাবে ফুয়েল স্প্রে ড্রপলেটের গতিবেগ ২৫০ মিটার/সেকেন্ড হয়।

মাত্রাতিরিক্ত গতিবেগের ফলে স্প্রে ড্রপলেট সিলিন্ডার ওয়ালের সংস্পর্শে এসে সারফেস বার্নিং ঘটায়।

(৪) টার্বুলেন্স : স্ক্যাভেঞ্জিং-এর সময় সিলিন্ডারের ভেতর চার্জএয়ার-এর আবর্তনকে টার্বুলেন্স বলে। এটি স্প্রে ড্রপলেটকে চার্জএয়ার-এর সাথে দ্রুত মিশে যেতে সহায়তা করে। টার্বুলেন্সের উৎপত্তি ও ধরন নির্ভর করে লাইনার এবং পিস্টন ক্রাউনের ডিজাইন ও ফুয়েল স্প্রে প্যাটার্নের উপর।

ফুয়েল অয়েল সিস্টেম

বৃহদাকার ইঞ্জিনে প্রধানত হেভি ফুয়েল অয়েল এবং শুধু ম্যানুভারিং (ইঞ্জিন চালু-বন্ধ ও গতি হ্রাস-বৃদ্ধি ইত্যাদি) এর সময় ডিজেল অয়েল ব্যবহৃত হয়। অবশ্য হিটিং ব্যবস্থা ভালো হলে হেভি ফুয়েল অয়েলেও ম্যানুভারিং করা সম্ভব। হেভি ফুয়েল অয়েলের সান্দ্রতা নিয়ন্ত্রণের জন্য সাধারণত স্টিম অথবা বৈদ্যুতিক হিটার ব্যবহার করা হয় (চিত্র ৪.৬)

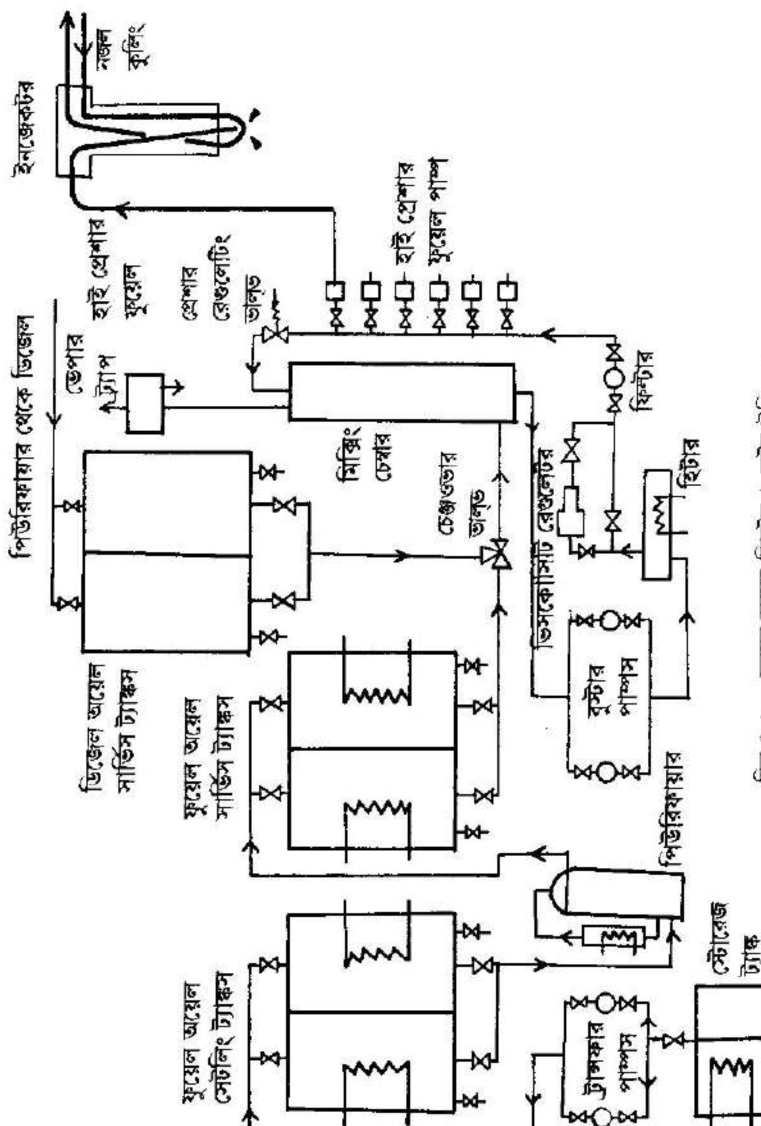
হেভি ফুয়েল অয়েলের পাইপ লাইনে সাধারণত ইনসুলেশন ল্যাগিং জড়ানো থাকে এবং বিশেষ করে হাই প্রেশার লাইনে স্টিম ট্রেসার হিটিং-এর ব্যবস্থা থাকে। হাই প্রেশার লাইনে অয়েল লিকেজ ডিটেকশন অ্যালার্ম ব্যবহার করে সম্ভাব্য দুর্ঘটনা এড়ানো হয়।

বৃহদাকার ইঞ্জিনের ফুয়েল অয়েল সিস্টেমে সচরাচর দুটি সেটলিং ট্যাঙ্ক এবং দুটি সার্ভিস ট্যাঙ্ক থাকে। এই ট্যাঙ্কগুলিতে হিটিং পাইপ, সাউন্ডিং পাইপ, ওভারফ্লো পাইপ, এয়ার ভেন্ট পাইপ (ফ্লেম ট্র্যাপ সংবলিত), টেম্পারেচার গেজ, সেল্ফ ক্লোজিং ড্রেইন ভাল্‌ভ, কুইক ক্লোজিং ভাল্‌ভ, ম্যানহোল ডোর ইত্যাদি থাকে। ট্যাঙ্কগুলিতে হাই ও লো লেভেল অ্যালার্ম ব্যবহার করে অতিরিক্ত নিরাপত্তা নিশ্চিত করা যায়।

ইনজেকশন পাম্পে পৌঁছার আগে জ্বালানি তেল যাবতীয় ময়লাকণা এবং জলকণা থেকে মুক্ত হওয়া আবশ্যক। ফুয়েল অয়েল সিস্টেমে তাই সেপারেশন, ড্রেইনিং এবং ফিল্ট্রেশনের যথাযথ ব্যবস্থা রাখা হয়।

ইঞ্জিন চালু করার আনুমানিক ৫-৬ ঘণ্টা আগে থেকে সেটলিং ট্যাঙ্ক ও সার্ভিস ট্যাঙ্কের হিটিং শুরু করা হয়। ইঞ্জিন স্বাভাবিকভাবে চলা অবস্থায় সেটলিং ট্যাঙ্ক থেকে জ্বালানি তেল (৬৫° সেলসিয়াস) সেপারেটরের মাধ্যমে সার্ভিস ট্যাঙ্কে (৭০° সেলসিয়াস) নেয়া হয় এবং সেখান থেকে বুস্টার পাম্পের সাহায্যে ফুয়েল ইনজেকশন পাম্পের সাকশন লাইনে সরবরাহ করা হয়। ইনজেকশন পাম্পের সাকশন লাইনে স্থাপিত প্রেশার রেগুলেটিং ভাল্‌ভের সাহায্যে বুস্টার পাম্পের সরবরাহ চাপ নির্ধারণ করা হয়।

ডিজেল অয়েল থেকে হেভি ফুয়েল অয়েলে চেঞ্জওভারের সময় কখনো তাড়াহুড়া করে ডিজেল অয়েলের তাপমাত্রা বাড়ানো উচিত নয় (অন্তত ৩০-৪০ মিনিট সময় নেয়া প্রয়োজন), এতে ফুয়েল পাম্প সিজ করার সম্ভাবনা থাকে। অপরদিকে, হেভি ফুয়েল অয়েল থেকে ডিজেল অয়েলে চেঞ্জওভারের সময়ও হিটিং বন্ধ করে অল্প অল্প সংমিশ্রণের মাধ্যমে হেভি ফুয়েল অয়েল নিঃশেষ করে ফেলতে হয়।



চিত্র ৪.৬ : ফুয়েল অয়েল সিস্টেম (মেইন ইঞ্জিন)।

প্রশ্নমালা

১। চিত্রের সাহায্যে একটি জার্ক টাইপ ফুয়েল পাম্প সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা কর কিভাবে ফুয়েল ইনজেকশনের পরিমাণ নির্ধারণ করা হয় ? বিশেষ করে, হেভি ফুয়েল অয়েল ব্যবহারের ক্ষেত্রে কি ধরনের সমস্যা দেখা দেয় ? এই পাম্পের রক্ষণাবেক্ষণ সম্পর্কে আলোচনা কর।

২। ফুয়েল ইনজেকশনের দুটি পৃথক পদ্ধতি চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর এবং কোন পদ্ধতি অধিকতর সুবিধাজনক যুক্তি সহকারে বুঝিয়ে লিখ।

৩। যে কোনো একটি জার্ক টাইপ ফুয়েল পাম্প চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর এবং বিস্তারিতভাবে–

(ক) তার ক্যাম অঙ্কন করে ওই ধরনের আকৃতির পেছনে যুক্তি দেখাও,

(খ) পাম্পের সাথে গভর্নরের সংযোগ ও সম্পর্ক চিত্রের সাহায্যে আলোচনা কর, এবং

(গ) পাম্পের প্রাথমিক সেটিং কিভাবে করা হয় বর্ণনা কর।

৪। ইনজেকটরের নিচে বর্ণিত ত্রুটির কারণে ইঞ্জিন পরিচালনায় কি ধরনের প্রভাব পড়তে পারে আলোচনা কর :

(ক) কার্বনযুক্ত নজল,

(খ) লিকি নজল, এবং

(গ) অপর্যাপ্ত কুলিং

৫। নিচে বর্ণিত বক্তব্যের যথার্থতা সম্পর্কে যুক্তিসঙ্গত মতামত দাও :

(ক) ফুয়েল ইনজেকটরের সুষ্ঠু কার্যকারিতা নানাবিধ সমস্যা এড়ায়,

(খ) ইনজেকটর কুলিং–এ তেমন কোনো সুবিধা পাওয়া যায় না, এবং

(গ) ইনজেকটরের কার্যকারিতা হ্রাসের মূল কারণ ফুয়েল অয়েলে মিশে থাকা ময়লাকণা এবং নজলে জমে ওঠা শক্ত কার্বন।

৬। জার্ক ফুয়েল পাম্প কিভাবে বদলানো হয় চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। কিভাবে প্রকৃত ও কার্যকর স্ট্রোক সমন্বয় করা হয় ব্যাখ্যা কর। এই পাম্পের সম্ভাব্য ত্রুটিগুলি কি, এগুলি দ্বারা কিভাবে ইঞ্জিনের দক্ষতা ব্যাহত হয় এবং তা সংশোধন করা প্রয়োজন কেন ?

পঞ্চম অধ্যায়

ইঞ্জিন পারফরম্যান্স

বিভিন্ন লোডে চলাবস্থায় ইঞ্জিনের চালচলন সন্তোষজনক হওয়া চাই এবং সে অনুযায়ী তার রক্ষণাবেক্ষণ করা দরকার। ইঞ্জিন পরিচালনার প্রধান লক্ষ্য হচ্ছে সুষ্ঠু জ্বালানি দহন ব্যবস্থা নিশ্চিত করা। ফলে একদিকে যেমন সর্বাধিক তাপশক্তি কার্যকর শক্তি হিসেবে প্রতীয়মান হয়, অপরদিকে ইঞ্জিনের বিভিন্ন অংশ ও যন্ত্রপাতির কার্যকলাপ এবং সঠিক অবস্থা সম্পর্কে আশু ধারণা পোষণ করা যায়।

ইঞ্জিনের সময়োপযোগী রক্ষণাবেক্ষণ নির্ভব করে যন্ত্রপাতির নির্ভুল ব্যবহার এবং দক্ষ পরিকল্পনার ওপর।

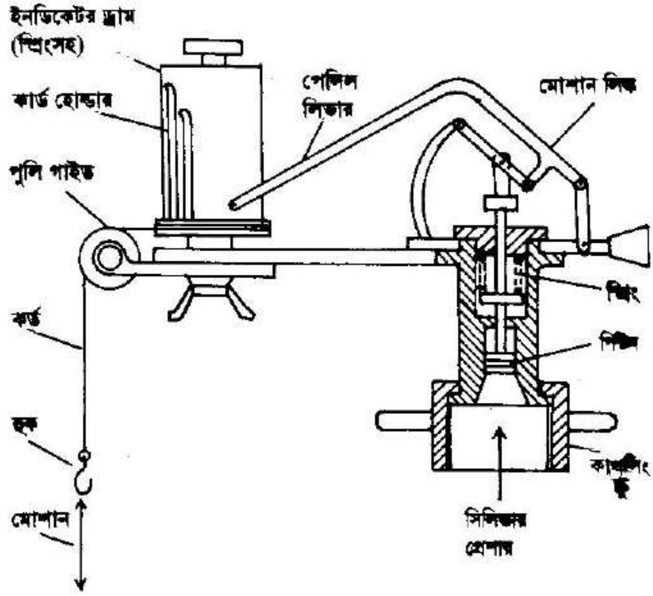
ইঞ্জিন ইনডিকেটর

ইঞ্জিনের উৎপাদিত শক্তি সঠিকভাবে নিরূপণের জন্য পুরো একটি সাইকেলে বিভিন্ন মুহূর্তে সিলিন্ডারে বিদ্যমান চাপ নির্ণয় করা আবশ্যক। এরজন্য যে যন্ত্র ব্যবহৃত হয় তাকে ইঞ্জিন ইনডিকেটর বলে (চিত্র ৫.১)।

ইঞ্জিন ইনডিকেটর একটি মূল্যবান যন্ত্র। ইঞ্জিন পরিচালনার ক্ষেত্রে এটি অতি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। ইঞ্জিন ইনডিকেটরের সুষ্ঠু কার্যক্রিয়া নির্ভর করে তার চলমান অংশের যথাযথ ক্লিনিং ও অয়েলিং–এর ওপর।

ইনডিকেটর ডায়াগ্রাম নেয়ার সময় ইঞ্জিনের স্বাভাবিক পূর্ণশক্তি ও অপরিবর্তিত গতি বজায় রাখা আবশ্যক। এ সময় প্রথমে সিলিন্ডার ইনডিকেটর কক ব্লো–থ্রু করে তার ছিদ্রপথে জমে থাকা কার্বন পরিষ্কার, অতঃপর ইনডিকেটর ককের সাথে ইঞ্জিন ইনডিকেটর সংযুক্ত করে ইনডিকেটর ড্রাম রিটার্ন স্প্রিং টেনশন ও কর্ডের দৈর্ঘ্য ভালোমত সমন্বয় করে নিতে হয়। এবার ড্রামকর্ডকে ইঞ্জিন স্ট্রোক সিন্‌ক্রোনাইজিং মেকানিজম (ক্রসহেড অথবা ক্যাম ড্রাইভ) এর সাথে সংযুক্ত করে ইনডিকেটর কক খুলে দিয়ে ড্রামের গায়ে জড়ানো কার্ডের উপর হালকাভাবে ইনডিকেটর পেন্সিল চেপে ধরে ডায়াগ্রাম নেয়া যায়। অ্যাটমোসফেরিক লাইন আঁকানোর সময় ইনডিকেটর সিলিন্ডার চাপমুক্ত রাখা আবশ্যক। একটি পরিপূর্ণ ডায়াগ্রামের নিচে বর্ণিত দিকগুলি থাকা বাঞ্ছনীয় :

(১) অ্যাটমোসফেরিক লাইন– ডায়াগ্রামের দৈর্ঘ্য ও উচ্চতা নির্ধারণের জন্য।
(২) কমপ্রেশন হাইট– সর্বাধিক সংনমন চাপ ও প্রজ্বলন শুরু মুহূর্ত নির্ধারণের জন্য।
(৩) ইগনিশন হাইট– পিক প্রেশার নির্ধারণের জন্য।



চিত্র ৫.১ : ইঞ্জিন ইনডিকেটর।

বিভিন্ন ইনডিকেটর ডায়াগ্রাম

(ক) পাওয়ার কার্ড : পাওয়ার কার্ড নেয়ার সময় ওই ইউনিটের পিস্টন ও ইনডিকেটর ড্রাম মুভমেন্ট 'ইন ফেজ' থাকে এবং ফুয়েল ইনজেকশন চালু থাকে। পাওয়ার কার্ড পর্যবেক্ষণ করে পিস্টনের উপর আরোপিত 'মিন ইনডিকেটেড প্রেশার' । স্কেল মোতাবেক। নির্ণয় করা যায়।

$$\text{মিন ইনডিকেটেড প্রেশার} = \frac{\text{ডায়াগ্রামের আয়তন}}{\text{ডায়াগ্রামের দৈর্ঘ্য}}$$

মিন ইনডিকেটেড পাওয়ার (কিলোওয়াট)= মিন ইনডিকেটেড প্রেশার (KN/m)
x পিস্টনের আয়তন (m^2)
x স্ট্রোকের দৈর্ঘ্য (m)
x পাওয়ার স্ট্রোকের সংখ্যা/সেকেন্ড (n)

n (টু–স্ট্রোক ইঞ্জিন) = ইঞ্জিন রেভুলিউশন/সেকেন্ড
n (ফোর–স্ট্রোক ইঞ্জিন) = ইঞ্জিন রেভুলিউশন/সেকেন্ড ÷২
১ বার = ১০০ কিলো–নিউটন/বর্গ মিটার
১ ওয়াট = ১ নিউটন–মিটার/সেকেন্ড
০.৭৪৬ x হর্স পাওয়ার = কিলোওয়াট

এভাবে প্রতিটি সিলিন্ডারের মিন ইনডিকেটেড পাওয়ার নির্ণয় করে ইঞ্জিনের উৎপাদিত শক্তি বের করা যায়।

উদাহরণ : একটি ৬–সিলিন্ডার ফোর–স্ট্রোক ডিজেল ইঞ্জিনের পাওয়ার কার্ডের আয়তন ৩৭৮ বর্গ মি.মি, দৈর্ঘ্য ৭০ মি.মি এবং ইনডিকেটর স্প্রিং স্কেল ১ মি.মি=১ বার। ইঞ্জিনটির লাইনারের ব্যাস ২৫০ মি.মি, স্ট্রোক ৩০০ মি.মি ও গতি ৩০০ রেভুলিউশন/মিনিট হলে এবং সবগুলি ইউনিট সমান শক্তি উৎপাদন করলে তার ইনডিকেটেড পাওয়ার কত নির্ণয় কর।

মিন ইনডিকেটেড প্রেশার (Pm) = $\frac{\text{ডায়াগ্রামের আয়তন}}{\text{ডায়াগ্রামের দৈর্ঘ্য}}$

= $\frac{৩৭৮}{৭০}$ x ১ x ১০০

= ৫৪০ কিলো–নিউটন/বর্গ মিটার

পিস্টনের আয়তন (A) = ০.৭৮৫৪ x ০.২৫^2

= ০.০৪৯০৯ বর্গ মিটার

স্ট্রোকের দৈর্ঘ্য (L) = ০.৩ মিটার

পাওয়ার স্ট্রোকের সংখ্যা/সেকেন্ড (n) = $\frac{৩০০}{৬০}$ x $\frac{১}{২}$

= ২.৫

অতএব, ইনডিকেটেড পাওয়ার = PmALn x সিলিন্ডার সংখ্যা

= ৫৪০ x ০.০৪৯০৯ x ০.৩ x ২.৫ x ৬

= ১১৯.২৯ কিলোওয়াট (উত্তর)

উদাহরণ : একটি ৬–সিলিন্ডার টু–স্ট্রোক ডিজেল ইঞ্জিনের পিস্টনের ব্যাস ৬৩৫ মি.মি, স্ট্রোক ১০১০ মি.মি। ইঞ্জিনটি ১৩২ রেভুলিউশন/মিনিট গতিতে চলাবস্থায় তার একটি

ইউনিটের পাওয়ার কার্ড নেয়া হয়, যার আয়তন ৫৬৩ বর্গ মি.মি, দৈর্ঘ্য ৮০ মি.মি এবং ইনডিকেটর স্প্রিং স্কেল ১= ৮০ কিলো-নিউটন/বর্গ মিটার। সবগুলি ইউনিট সমান শক্তি উৎপাদন করলে ইঞ্জিনটির ইনডিকেটেড পাওয়ার কত নির্ণয় কর।

মিন ইনডিকেটেড প্রেশার = ডায়াগ্রামের গড় উচ্চতা x স্প্রিং স্কেল

$= \frac{৫৬৩}{৮০} \times ৮০$

= ৫৬৩ কিলো-নিউটন/বর্গ মিটার

অতএব, ইনডিকেটেড পাওয়ার = $৫৬৩ \times ০.৭৮৫৪ \times ০.৬৩৫^২ \times ১.০১ \times \frac{১৩২}{৬০} \times ৬$

= ২৩৭৭ কিলোওয়াট (উত্তর)

(খ) কমপ্রেশন কার্ড : কমপ্রেশন কার্ড নেয়ার সময় ওই ইউনিটের পিস্টন ও ইনডিকেটর ড্রাম মুভমেন্ট 'ইন ফেজ' থাকে এবং ফুয়েল কাট-অফ থাকে। কমপ্রেশন কার্ডের প্রসারণ লাইন সংনমন লাইনের উপর থাকার কথা। কিন্তু ইনারশিয়া লস এবং কুলিং-এর জন্য প্রসারণ লাইন সামান্য নিচে থাকে।

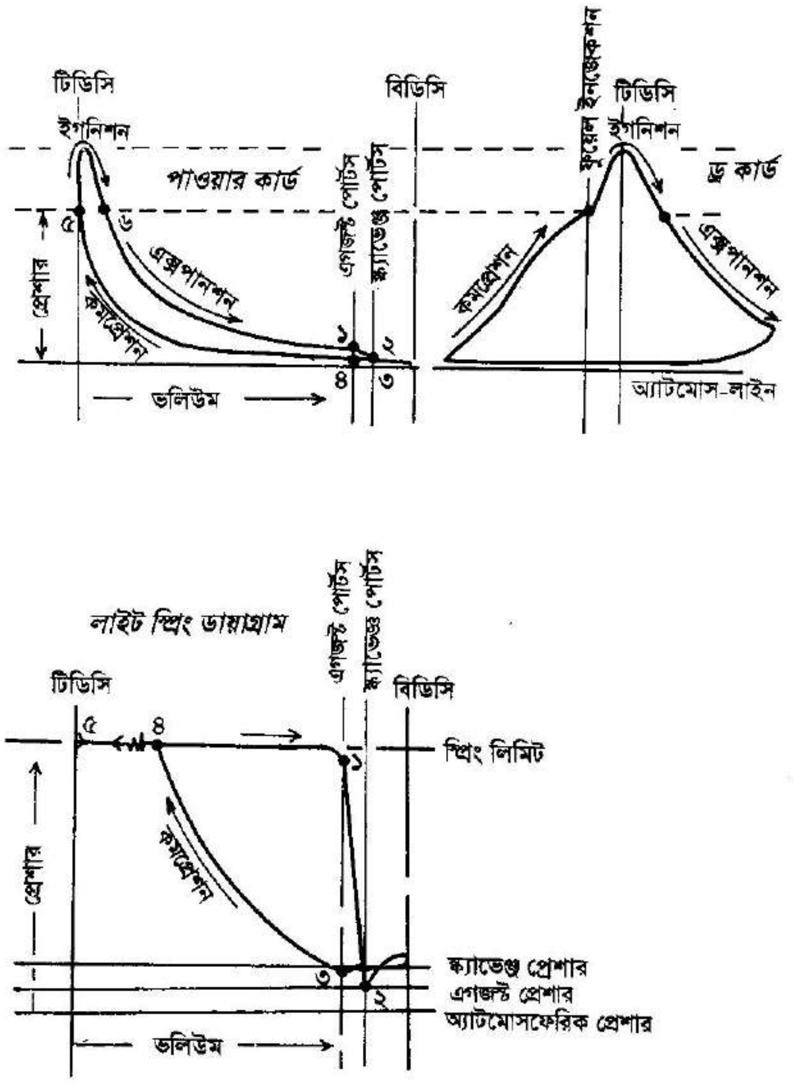
(গ) ড্র কার্ড : ড্র কার্ড নেয়ার সময় পিস্টন ও ইনডিকেটর ড্রাম মুভমেন্ট ৯০° 'আউট অফ ফেজ' থাকে এবং ফুয়েল ইনজেকশন চালু থাকে। এ কারণে একে আউট অফ ফেজ ডায়াগ্রামও বলে। ড্র কার্ডে প্রজ্বলনের শুরু ও তার আচরণ স্পষ্ট ধরা পড়ে।

(ঘ) লাইট স্প্রিং ডায়াগ্রাম : পাওয়ার কার্ডের মত একইভাবে লাইট স্প্রিং ডায়াগ্রাম নেয়া যায়। তবে এ ক্ষেত্রে ইঞ্জিন ইনডিকেটরে হালকা স্প্রিং ব্যবহার করা হয়, যা দ্বারা এগজস্ট ও স্ক্যাভেঞ্জ প্রেশারের ওঠানামা সহজে প্রত্যক্ষ করা যায়।

টু-স্ট্রোক (সুপারচার্জড) ইনডিকেটর ডায়াগ্রাম

পাওয়ার কার্ড : ৫.২ চিত্রানুসারে -

১	এগজস্ট পোর্টস খোলা।
২	স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস খোলা।
৩	স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস বন্ধ।
৪	এগজস্ট পোর্টস বন্ধ।
১-২-৩-৪	স্ক্যাভেঞ্জিং।
৪-৫	কমপ্রেশন।
৫	ফুয়েল ইনজেকশন।
৫-৬	ইগনিশন।
৬-১	এক্সপানশন।



চিত্র ৫.২ : ইনডিকেটর ডায়গ্রাম (টু–স্ট্রোক সুপারচার্জড)।

লাইট স্প্রিং ডায়াগ্রাম : ৫.২ চিত্রানুসারে–

১ এগজস্ট পোর্টস খোলা।
১–২ সিলিন্ডার চাপ দ্রুত পড়ে যেতে থাকে।
২ স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস খোলা।
২–৩ স্ক্যাভেঞ্জ এয়ার প্রবেশ করতে থাকে। অতএব, সিলিন্ডার চাপ স্ক্যাভেঞ্জ চাপে উন্নীত হয়। স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস বন্ধ হওয়ামাত্র সিলিন্ডার চাপ সামান্য পড়ে যায়।
৩ এগজস্ট পোর্টস বন্ধ। সংনমন শুরু।
৩–৪ সংনমন চাপ বাড়তে থাকে।
৪ সংনমন চাপ স্প্রিং লিমিটে পৌঁছে যায়।
৪–৫–১ ডায়াগ্রাম হাইট অপরিবর্তিত থাকে, যতক্ষণ পর্যন্ত সিলিন্ডারের চাপ (এক্সপানশন স্ট্রোকে) আবার স্প্রিং লিমিটে ফিরে না আসে

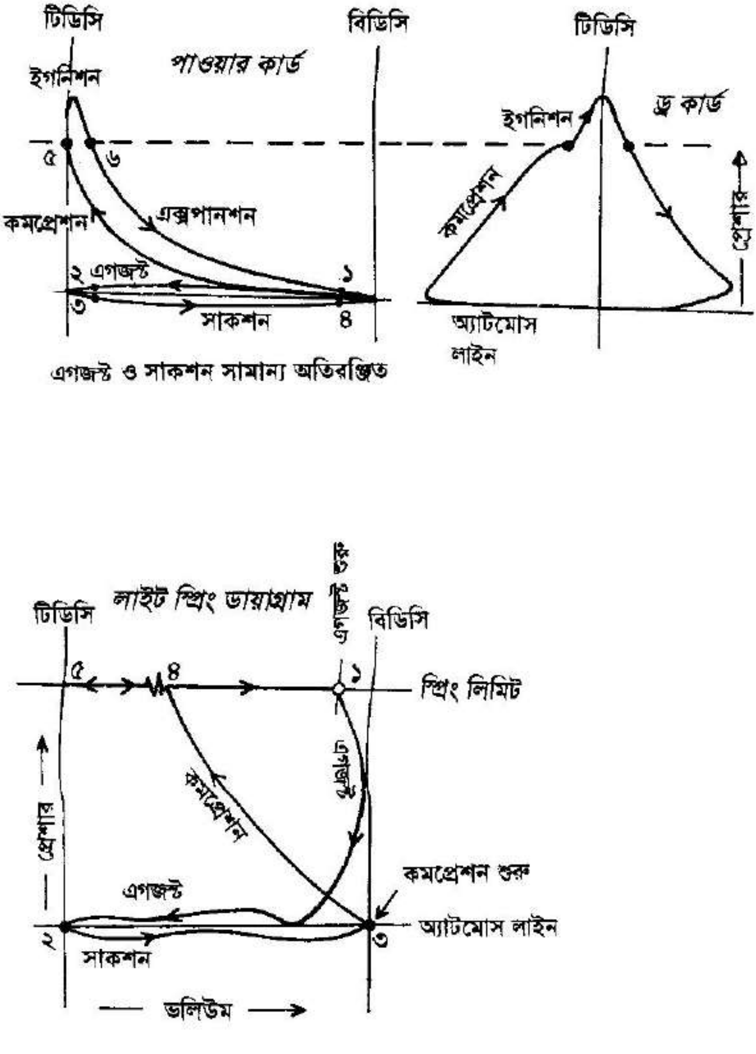
ফোর-স্ট্রোক (নন-সুপারচার্জড) ইনডিকেটর ডায়াগ্রাম

পাওয়ার কার্ড : ৫.৩ চিত্রানুসারে–

১ এগজস্ট ভাল্‌ভ খোলা।
২ সাকশন ভাল্‌ভ খোলা।
৩ এগজস্ট ভাল্‌ভ বন্ধ।
৪ সাকশন ভাল্‌ভ বন্ধ।
২–৪ সাকশন।
৪–৫ কমপ্রেশন।
৫ ফুয়েল ইনজেকশন।
৫–৬ ইগনিশন।
৬–১ এক্সপানশন।

লাইট স্প্রিং ডায়াগ্রাম : ৫.৩ চিত্রানুসারে–

১ এগজস্ট ভাল্‌ভ খোলা।
১–২ পিস্টন বিডিসিতে পৌঁছার পূর্বমুহূর্ত এবং বিডিসি অতিক্রম করার পরমুহূর্ত পর্যন্ত তার তেমন কোনো গতি থাকে না। এ সময় সিলিন্ডারের ভেতর সামান্য বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয়, কিন্তু পিস্টনের গতি বৃদ্ধির সাথে সাথে সিলিন্ডারের চাপও বাড়তে থাকে এবং তা অ্যাটমোসফেরিক লাইনের সামান্য উপরে থাকে। পিস্টন টিডিসিতে পৌঁছার সামান্য আগে এয়ার ইনলেট ভাল্‌ভ খুলে যায়
২–৩ পিস্টন টিডিসি অতিক্রম করার সামান্য পরেই এগজস্ট ভাল্‌ভ বন্ধ



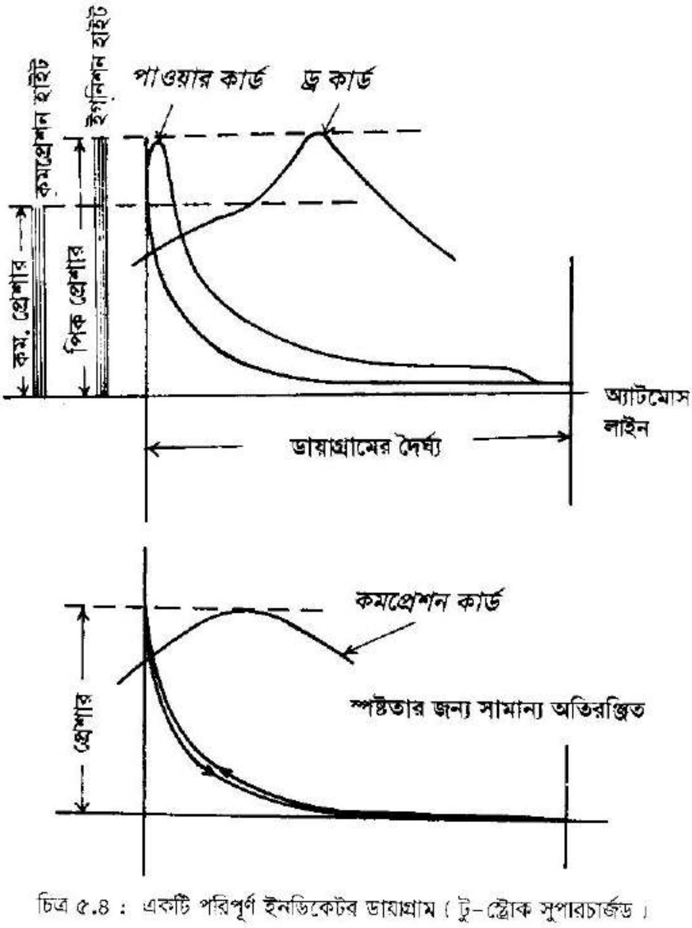
চিত্র ৫.৩ : ইনডিকেটর ডায়াগ্রাম (ফোর–স্ট্রোক নন–সুপারচার্জড)।

হয়ে যায়। এ সময় সিলিন্ডারে আবার আংশিক বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয়, ফলে বায়ুমণ্ডল থেকে বাতাস প্রবেশ করতে থাকে।

৩–৪ পিস্টন বিডিসি অতিক্রম করার সামান্য পরেই এয়ার ইনলেট ভাল্‌ভ বন্ধ হয়ে যায়, সংনমন চাপ বাড়তে থাকে এবং তা এক সময়ে স্প্রিং লিমিটে পৌঁছে যায়।

৪–৫–১ ডায়াগ্রাম হাইট অপরিবর্তিত থাকে, যতক্ষণ না প্রসারণ চাপ স্প্রিং লিমিটে ফিরে আসে।

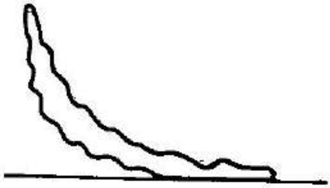
নিচে টু–স্ট্রোক (সুপারচার্জড) ইঞ্জিনের প্রকৃত ইনডিকেটর কার্ডের একটি পরিপূর্ণ চিত্র দেয়া হলো (চিত্র ৫.৪)।



চিত্র ৫.৪ : একটি পরিপূর্ণ ইনডিকেটর ডায়াগ্রাম (টু–স্ট্রোক সুপারচার্জড)

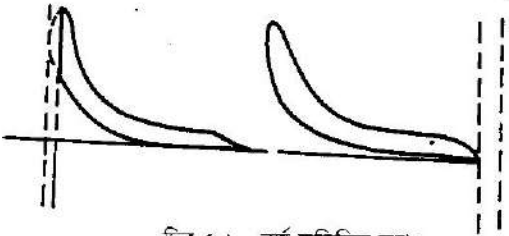
ইঞ্জিন ইনডিকেটরে ত্রুটি

(১) ইনডিকেটর কর্ডে কম্পন।
(চিত্র ৫.৫)



চিত্র ৫.৫ : কর্ডে কম্পন।

(২) ইনডিকেটর কর্ড অতিরিক্ত লম্বা।
(চিত্র ৫.৬)



চিত্র ৫.৬ : কর্ড অতিরিক্ত লম্বা।

(৩) ইনডিকেটর পিস্টন বেধে যায় (সিলিন্ডার স্কোরিং বা অপর্যাপ্ত লুব্রিকেশনের কারণে)
(চিত্র ৫.৭)

চিত্র ৫.৭ : ইনডিকেটর পিস্টন বেধে যায়।

ইনডিকেটর কার্ড নেয়ার আগে ইঞ্জিন ৭–৮ ঘণ্টা চালানো এবং ইনডিকেটর পিস্টন ও সিলিন্ডার সমান তাপমাত্রায় ওয়ার্ম–আপ করে নেয়া দরকার।

জ্বালানি দহনে ত্রুটি

(১) প্রি-ইগনিশন : অ্যাডভান্সড ফুয়েল ইনজেকশন, অতিউত্তপ্ত জ্বালানি তেল অথবা পিস্টন, মাত্রাধিক সংনমন চাপ ইত্যাদির কারণে প্রি–ইগনিশন ঘটে।

ইনডিকেটর কার্ডে, বিশেষ করে আউট অফ ফেজ ডায়াগ্রামে (চিত্র ৫.৮) দহন চাপের মাত্রাধিক বৃদ্ধি (টিডিসি'র আগে) থেকে প্রি-ইগনিশন বুঝা যায়। সাধারণত সংনমন ও দহন চাপের মধ্যে ১৩ অ্যাটমোস (সংনমন ৩৫ অ্যাটমোস, দহন ৪৮ অ্যাটমোস) পার্থক্য থাকে।

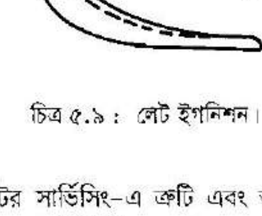
একই লোডে, প্রি-ইগনিশনের ক্ষেত্রে জ্বালানি দহনের সময়সীমা বৃদ্ধি পায়, ফলে একদিকে এগজস্ট তাপমাত্রা হ্রাস পায়, অপরদিকে তাপীয় দক্ষতা এবং শক্তি উৎপাদন বৃদ্ধি পায়। অত্যধিক প্রজ্বলন চাপ বিয়ারিং লোড বৃদ্ধি এবং সেই সাথে ইঞ্জিন নকের কারণ হয়ে দাঁড়ায়।

চিত্র ৫.৮ ঃ প্রি-ইগনিশন।

ফুয়েল ইনজেকশন টাইমিংস, প্রজ্বলন শুরু মুহূর্ত এবং এগজস্ট তাপমাত্রা ইত্যাদির পারস্পরিক প্রভাবকে মাঝে-মধ্যে বিশেষভাবে পর্যবেক্ষণ করে দেখা দরকার।

(২) লেট ইগনিশন : বিলম্বিত ফুয়েল ইনজেকশন, অপরিমিত জ্বালানি তাপমাত্রা, অপর্যাপ্ত স্ক্যাভেঞ্জ এয়ার প্রেশার বা সংনমন চাপ এবং ত্রুটিযুক্ত ফুয়েল ইনজেকটরের কারণে লেট ইগনিশন এবং আফটার বার্নিং ঘটে।

পাওয়ার ও ড্র কার্ডে লেট ইগনিশনের প্রভাব স্পষ্ট ধরা পড়ে (চিত্র ৫.৯)। এক্ষেত্রে টিডিসির পরে ইগনিশন শুরু হয় বলে একদিকে দহন চাপ ও শক্তি উৎপাদন হ্রাস পায়, অপরদিকে স্বল্প সময়সীমার জন্য অসমাপ্ত দহন ঘটে এবং এগজস্ট তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। ফলে এগজস্ট ফানেলে কালো ধোঁয়া দেখা দেয়। অসমাপ্ত দহনের কারণে এগজস্ট পোর্টস চোকিং, টার্বোচার্জার সার্জিং এবং ফানেলে স্পার্ক দেখা দিতে পারে।



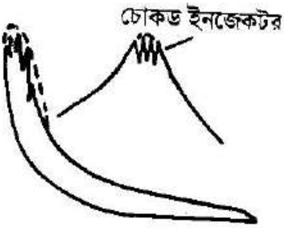
চিত্র ৫.৯ : লেট ইগনিশন।

(৩) লিকি/চোকড ফুয়েল ভাল্ভ : ইনজেকটর সার্ভিসিং-এ ত্রুটি এবং অপরিষ্কার জ্বালানি তেল ব্যবহার ইনজেকটর লিকিং-এর প্রধান কারণ। লিকি নিডল ভাল্ভ অথবা অপর্যাপ্ত নজল কুলিং-এর ফলে কার্বন ডিপোজিট দ্বারা অ্যাটোমাইজিং হোল্স ধীরে ধীরে বন্ধ হয়ে আসে।

ড্র কার্ড দেখে লিকি অথবা চোকড ফুয়েল ভাল্ভ সম্পর্কে নিশ্চিত হওয়া যায়

(চিত্র ৫.১০ ও ৫.১১)। লিকি ইনজেকটর বা কম্পমান নিডল ভাল্ভ সেকেন্ডারি ইগনিশন এবং বারংবার চাপ বৃদ্ধি ঘটাতে থাকে।

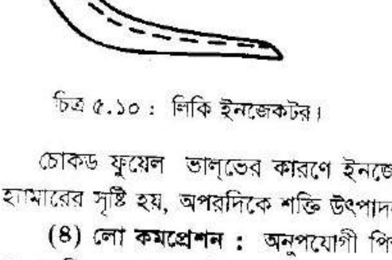
চিত্র ৫.১০ : লিকি ইনজেকটর।



চিত্র ৫.১১ : চোকড ইনজেকটর।

চোকড ফুয়েল ভাল্ভের কারণে ইনজেকশন পাম্পের ডেলিভারি লাইনে প্রচণ্ড প্রেশার হ্যামারের সৃষ্টি হয়, অপরদিকে শক্তি উৎপাদন এবং এগজস্ট তাপমাত্রা হ্রাস পায়।

(৪) লো কমপ্রেশন : অনুপযোগী পিস্টন রিং অথবা তার ভুল ফিটিং, অতিরিক্ত রিং গ্রুভস ক্লিয়ারেন্স, অপরিমিত স্ক্যাভেঞ্জ এয়ার, অপর্যাপ্ত সিলিন্ডার লুব্রিকেশন, অত্যধিক সিলিন্ডার লাইনার ক্ষয় ইত্যাদি লো কমপ্রেশনের কারণ।



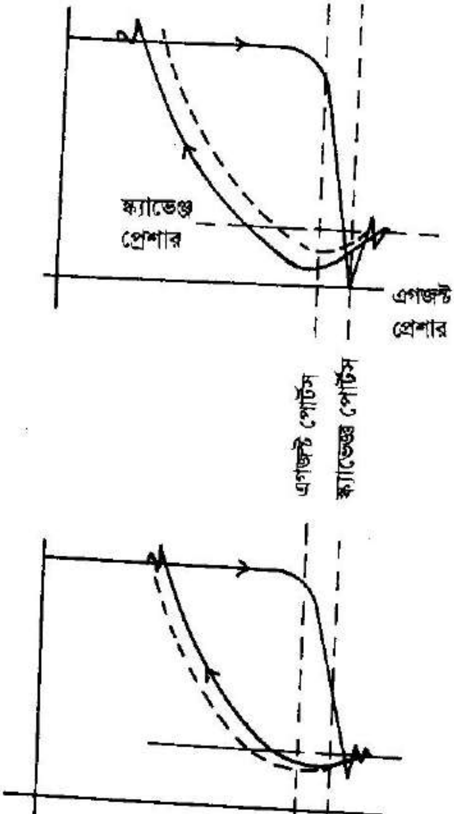
চিত্র ৫.১২ : লো কমপ্রেশন।

নিয়মিত কমপ্রেশন কার্ডের বৈসাদৃশ্য তুলনা করে সংনমন চাপের পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায় (চিত্র ৫.১২)।

লো কমপ্রেশনের ফলে ত্রুটিযুক্ত দহন সংঘটিত হয় বলে শক্তি উৎপাদন হ্রাস পায়, এগজস্ট তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং ফানেলে কালো ধোঁয়া দেখা দেয়। এছাড়া সিলিন্ডার লুব্রিকেশনে ত্রুটি আসে, পিস্টন রিং ব্লো–পাস্ট হতে থাকে, যা পর্যায়ক্রমে স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ার ও পিস্টন সিজারের কারণ হয়। সুষ্ঠু দহন এবং উচ্চ তাপীয় দক্ষতা নিশ্চিত করতে উচ্চমাত্রার সংনমন চাপ অপরিহার্য।

(৫) ক্লোগড স্ক্যাভেঞ্জ/এগজস্ট পোর্টস : অসমাপ্ত দহন এবং যথাযথ ক্লিনিং–এর অভাবে স্ক্যাভেঞ্জ ও এগজস্ট পোর্টস কার্বন ডিপোজিট দ্বারা ধীরে ধীরে বন্ধ হয়ে আসে। লাইট স্প্রিং ডায়াগ্রামে তা স্পষ্ট ধরা পড়ে (চিত্র ৫.১৩) এবং এগজস্ট/ইনলেট ভাল্ভ টাইমিংসও বুঝা যায়। ক্লোগড স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস–এর কারণে অপর্যাপ্ত এয়ারচার্জিং হয়, ফলে লো কমপ্রেশন ঘটে। ক্লোগড এগজস্ট পোর্টস–এর কারণেও এয়ারচার্জিং সুষ্ঠুভাবে

সম্পন্ন হতে পারে না বলে অসমাপ্ত দহন ঘটে। বিলম্বিত এগজস্ট ভাল্ভ টাইমিংস-এর ক্ষেত্রে একই অবস্থা ঘটে।



ক্লোগড স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস

এক্ষেত্রে পর্যাপ্ত এয়ার ইনডাকশন হয় না বলে সংনমনের শুরুতে সিলিন্ডার চাপ কম থাকে

ক্লোগড এগজস্ট পোর্টস

এক্ষেত্রে স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস খোলার মুহূর্তে এগজস্ট প্রেশার স্ক্যাভেঞ্জ প্রেশারের চেয়ে বেশি থাকে

চিত্র ৫.১৩ : ক্লোগড স্ক্যাভেঞ্জ/এক্সহস্ট পোর্টস।

পাওয়ার ব্যালান্সিং

ব্যয়সঙ্কোচন ও সুষ্ঠু ইঞ্জিন পরিচালনার জন্য পাওয়ার ব্যালান্সিং অপরিহার্য তাই প্রথমত প্রতিটি সিলিন্ডারের সুষ্ঠু সংনমন চাপ ও তাদের মধ্যে সমতা আনয়ন এবং দ্বিতীয়ত প্রতিটি ফুয়েল পাম্প ও ইনজেকটরের সন্তোষজনক ক্রিয়াকলাপ নিশ্চিত করা প্রয়োজন তাই সিলিন্ডার লাইনার, পিস্টন রিং, সিলিন্ডার হেড ভাল্ভস, এগজস্ট-ইনলেট পোর্টস ক

প্যাসেজ, ট্যাপেট ক্লিয়ারেন্স, ফুয়েল পাম্প টাইমিংস, ইনজেকটর প্রেশার অ্যাডজাস্টমেন্ট ইত্যাদির সঠিক অবস্থা বজায় রাখা আবশ্যক। এমতাবস্থায় ফুয়েল পাম্পগুলির স্বতন্ত্র কন্ট্রোল (ফুয়েল ইনজেকশনের পরিমাণ) বাড়িয়ে–কমিয়ে সবকটি ইউনিটের শক্তি উৎপাদনের মধ্যে সমতা আনা যায়– যাকে পাওয়ার ব্যালান্সিং বা শক্তির ভারসাম্যকরণ বলে।

শক্তির ভারসাম্যকরণের সময় ইঞ্জিনের গতি অপরিবর্তিত (মেইন ফুয়েল কন্ট্রোল অপরিবর্তিত) রাখা আবশ্যক। এছাড়া এগজস্ট তাপমাত্রার প্রতি তীক্ষ্ণ দৃষ্টি রাখা প্রয়োজন, কেননা সর্বাধিক তাপমাত্রা সীমা নিখুঁত ভারসাম্যকরণের অন্তরায় হয়ে দাঁড়ায়।

ইঞ্জিনের শক্তি নির্ধারণের জন্য ইনডিকেটর ডায়াগ্রামই সর্বশ্রেষ্ঠ অবলম্বন। উচ্চগতি ডিজেল ইঞ্জিনেও (২৪০০ আরপিএম পর্যন্ত) ইনডিকেটর ডায়াগ্রাম নেয়া সম্ভব, তবে ওই গতির উপযোগী ইঞ্জিন ইনডিকেটর বেছে নেয়া আবশ্যক। একটি সাধারণ ইঞ্জিন ইনডিকেটর সর্বাধিক ৪০০ আরপিএম গতিবিশিষ্ট ইঞ্জিনে ব্যবহার করা যেতে পারে। অধিক গতিবিশিষ্ট ইঞ্জিনে এসব ইনডিকেটর ড্রাম মেকানিজমে ত্বরণের সৃষ্টি হয় বলে ইনডিকেটর ডায়াগ্রাম নেয়া দুরূহ হয়ে পড়ে। তাই এক্ষেত্রে শুধু কমপ্রেশন ও ইগনিশন হাইট নেয়া হয়। শক্তির ভারসাম্যকরণের জন্য ইগনিশন হাইটগুলির (দহন চাপের) মধ্যে সমতা আনা হয়। দহন চাপ সম্পর্কে অবগত হওয়ার বিকল্প ব্যবস্থা হিসেবে 'পিক প্রেশার গেজ' ব্যবহার করা হয়।

একটি ভারসাম্যপূর্ণ ইঞ্জিনের (বিশেষ করে সুপারচার্জড ইঞ্জিনে) এগজস্ট তাপমাত্রাগুলি সমান না থাকাই স্বাভাবিক, তবে তাদের ভেতরকার পার্থক্যটুকু একটি গ্রহণযোগ্য সীমার মধ্যে থাকা দরকার।

ভারসাম্যহীন ইঞ্জিনের কম্পন ও অসম শক্তি উৎপাদনজনিত পীড়ন ইঞ্জিনের বিভিন্ন অংশ যেমন বিয়ারিং, ড্রাইভিং গিয়ার, ক্র্যাঙ্কশ্যাফট, বেডপ্লেট, ফাউন্ডেশন বোল্টস ইত্যাদির ওভারলোডিং এমনকি মারাত্মক বিপর্যয় ডেকে আনতে পারে।

ইঞ্জিনের দক্ষতা

সাধারণভাবে পূর্ণশক্তিতে থাকাবস্থায় ইঞ্জিনের তাপীয় দক্ষতা সর্বাধিক এবং জ্বালানি ব্যয় সর্বাল্প (০.২১–০.২৪ কেজি/কিলোওয়াট–আওয়ার) হয়ে থাকে। ইঞ্জিন বিশেষে এর অন্যথাও হতে পারে, সেক্ষেত্রে সর্বাল্প জ্বালানি ব্যয়ের জন্য একটা সুবিধাজনক গতি বেছে নেয়া আবশ্যক।

ইঞ্জিনে প্রয়োগকৃত তাপশক্তির আনুমানিক ৪০% কার্যকর ইনডিকেটেড পাওয়ার হিসেবে প্রতীয়মান হয়। অবশিষ্ট তাপশক্তির ২২% বিবিধ কুলিং, ৩% রেডিয়েশন এবং ৩৫% এগজস্ট হিসেবে অপচয় হয়।

এগজস্ট গ্যাস অন্তর্নিহিত ৩৫% তাপশক্তি থেকে প্রায় ২০% তাপশক্তি পুনরুদ্ধার করা সম্ভব। যেমন এগজস্ট গ্যাস দ্বারা নিয়ন্ত্রিত এগজস্ট বয়লার প্রায় ১৩% এবং টার্বোচার্জার

প্রায় ৭% তাপশক্তি উদ্ধার করে। কুলিং সিস্টেম থেকেও, যেমন ফ্লাশ ইভাপোরেটরে জ্যাকেট কুলিং ওয়াটার (আনুঃ তাপমাত্রা ৭০° সে.) ব্যবহার করে, উল্লেখযোগ্য পরিমাণ তাপশক্তি উদ্ধার করা যায়।

প্রশ্নমালা

১। নিচে উল্লিখিত পরিস্থিতিতে ইঞ্জিন পারফরম্যান্স কিভাবে প্রভাবিত হয় তা পাওয়ার, ড্র ও লাইট স্প্রিং ডায়াগ্রামের সাহায্যে বুঝিয়ে লিখ :

(ক) এয়ার কুলারের এয়ার সাইড নোংরা,

(খ) টারবোচার্জারের টারবাইন সাইড নোংরা,

(গ) অপর্যাপ্ত ফুয়েল ইনজেকশন প্রেশার,

(ঘ) লিকি ইনজেকটর, এবং

(ঙ) মাত্রাধিক ক্ষয়প্রাপ্ত লাইনার বা পিস্টন রিং।

২। নিচে উল্লিখিত পরিস্থিতির আলোকে টু-স্ট্রোক পাওয়ার কার্ড এবং তার উপর সুপার-ইম্পোজড 'আউট অফ ফেজ ডায়াগ্রাম' অঙ্কন কর :

(ক) অপটিমাম ফুল পাওয়ার,

(খ) অ্যাডভান্সড ফুয়েল ইনজেকশন,

(গ) বিলম্বিত ফুয়েল ইনজেকশন।

ইঞ্জিন পারফরম্যান্সের ওপর (খ) ও (গ) এর প্রভাব ব্যাখ্যা কর।

৩। পাওয়ার, আউট অফ ফেজ, লাইট স্প্রিং এবং টাইমিং ডায়াগ্রামের সাহায্যে সুপারচার্জড টু-স্ট্রোক ও ফোর-স্ট্রোক ইঞ্জিনের কার্যক্রিয়া তুলনা কর।

৪। নিচে বর্ণিত তথ্যাদি কি প্রয়োজনে আসে-

(ক) পিক প্রেশার,

(খ) কমপ্রেশন প্রেশার,

(গ) লাইট স্প্রিং ডায়াগ্রাম।

এই তথ্যগুলি কিভাবে পাওয়া যায় বর্ণনা কর। ডায়াগ্রামগুলি পরীক্ষা করে ইঞ্জিনের স্বাভাবিক ও অস্বাভাবিক অবস্থা কিভাবে বুঝা যায় ?

৫। টু-স্ট্রোক সুপারচার্জড ইঞ্জিনের পপেট এগজস্ট ভাল্‌ভের সাথে রোটারি এগজস্ট ভাল্‌ভের সুবিধা-অসুবিধা তুলনা কর। পপেট এগজস্ট ভাল্‌ভসম্পন্ন ইঞ্জিনের ইন ফেজ, আউট অফ ফেজ ও লাইট স্প্রিং ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। ডায়াগ্রামগুলিতে নিচে উল্লিখিত পরিস্থিতির প্রভাব দেখাও :

(ক) এগজস্ট ভাল্‌ভ আরলি ওপেনিং,

(খ) স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস আংশিক বন্ধ,

(গ) চোকড নজল, এবং

(ঘ) এগজস্ট পোর্টস আংশিক বন্ধ।

৬। শুধু পাওয়ার কার্ড ইঞ্জিন পারফরম্যান্স নিরূপণের জন্য যথেষ্ট নয়– বুঝিয়ে লিখ। সঠিক ইঞ্জিন পারফরম্যান্স নিরূপণ করতে কি কি তথ্যের প্রয়োজন যুক্তি সহকারে লিখ। সিলিন্ডার কন্ডিশন নিরূপণ করার জন্য আউট অফ ফেজ ও লাইট স্প্রিং ডায়াগ্রামের গুরুত্ব কতটুকু বর্ণনা কর।

৭। ইন ফেজ এবং আউট অফ ফেজ ডায়াগ্রামের তুলনামূলক গুরুত্ব আলোচনা কর। ডায়াগ্রামগুলির সীমাবদ্ধতা বর্ণনা কর। কি রকম সময়ের ব্যবধানে ইনডিকেটর ডায়াগ্রাম নেয়া উচিত।

৮। ইনডিকেটর কার্ড নেয়ার সময় নিচে বর্ণিত কাজগুলি নিশ্চিত করা ভালো কেন বুঝিয়ে লিখ–

(ক) ইনডিকেটর সংযুক্ত করার আগে ইনডিকেটর কক ব্লো–থ্রু করা,

(খ) রিটার্ন স্প্রিং অপারেশন এবং কর্ডের দৈর্ঘ্য পরীক্ষা করে দেখা,

(গ) স্বাভাবিক অবস্থায় কার্ড নেয়ার আগে ইঞ্জিনের শক্তি কিছুক্ষণের জন্য পূর্ণশক্তি অপেক্ষা সামান্য বাড়িয়ে রাখা।

৯। কি উপায়ে ধীরগতি, মধ্যমগতি ও উচ্চগতি ইঞ্জিনের বিভিন্ন ইউনিটের উৎপাদিত শক্তির মধ্যে সমতা আনা হয় ?

১০। ভারসাম্যহীন ইঞ্জিনের চরম পরিণতি কি হতে পারে ?

১১। একটি ৮–সিলিন্ডার ফোর–স্ট্রোক ডিজেল ইঞ্জিনের সিলিন্ডারের ব্যাস ৭৫০ মি.মি এবং স্ট্রোক ১১২৫ মি.মি। ইঞ্জিনটি ১১০ রেভুলিউশন/মিনিট গতিতে চলার সময় তার একটি ইউনিটের মিন ইনডিকেটেড প্রেশার ৫৮৬ কিলো–নিউটন/বর্গ মিটার। সবগুলি ইউনিটের শক্তি উৎপাদন সমান হলে ইঞ্জিনটির ইনডিকেটেড পাওয়ার কত নির্ণয় কর। (উত্তর : ২১৩৬ কিলোওয়াট)

ষষ্ঠ অধ্যায়
স্ক্যাভেঞ্জিং ও সুপারচার্জিং

স্ক্যাভেঞ্জিং

সিলিন্ডার থেকে এগজস্ট গ্যাস বহিষ্কার করে পরবর্তী দহনের জন্য চার্জএয়ার দ্বারা পুনরায় পরিপূর্ণ করাকে স্ক্যাভেঞ্জিং বলে। স্ক্যাভেঞ্জিং–এর সময় চার্জএয়ার–এর সাথে কিছুটা এগজস্ট গ্যাস মিশে যেতে পারে। এই সংমিশ্রণের পরিমাণ খুব অল্প হওয়া বাঞ্ছনীয়, যা সুষ্ঠু দহনের জন্য অপরিহার্য।

দক্ষ স্ক্যাভেঞ্জিং–এর জন্য চার্জএয়ার–এর চাপ এগজস্ট গ্যাসের চাপ অপেক্ষা অধিক এবং সরবরাহ কিছুটা প্রয়োজনাতিরিক্ত হওয়া (সুপারচার্জিং) বাঞ্ছনীয়।

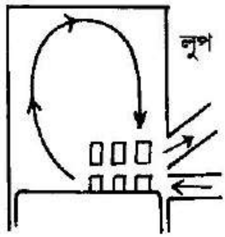
ফোর–স্ট্রোক ইঞ্জিনে এগজস্ট গ্যাস বহিষ্করণ তেমন কোনো সমস্যা নয়, এই অভিপ্রায়ে পুরো একটি স্ট্রোককে কাজে লাগানো হয়। তদুপরি এগজস্ট ও ইনলেট ভাল্‌ভের সতর্ক টাইমিংস (ভাল্‌ভ দুটিকে অল্প সময়ের জন্য এক সাথে খোলা রাখা, যাকে ওভারল্যাপিং বলা হয়) অবশিষ্ট এগজস্ট গ্যাস বহিষ্করণে বিশেষ ফলদায়ক। স্ক্যাভেঞ্জ দক্ষতা বাড়ানোর জন্য সুপারচার্জড ইঞ্জিনে ওভারল্যাপিং–এর সময়সীমা দীর্ঘায়িত করা হয়।

টু–স্ট্রোক ইঞ্জিনে স্ক্যাভেঞ্জিং একটি বড় রকমের সমস্যা। এর প্রধান কারণ স্ক্যাভেঞ্জিং–এর জন্য সীমিত সময়সীমা। পিস্টন বিডিসি'র কাছাকাছি এবং তার গতি খুব অল্প থাকাবস্থায় স্ক্যাভেঞ্জিং প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়। ফলে ফোর–স্ট্রোক ইঞ্জিনের মত পিস্টনের সম্মুখ–গতি দ্বারা এগজস্ট গ্যাস বহিষ্কারের সুবিধা এতে থাকে না। বর্ধিত ইঞ্জিন গতিতে স্ক্যাভেঞ্জিং সমস্যা আরো প্রকট হয় বলে টু–স্ট্রোক ইঞ্জিনগুলি সচরাচর ধীরগতি হয়ে থাকে।

স্ক্যাভেঞ্জিং প্রক্রিয়াকে মোটামুটি এভাবে বর্ণনা করা যায়– বিরাট আয়তনের এগজস্ট পোর্টস (বা ভাল্‌ভ) খোলামাত্র এগজস্ট গ্যাস দ্রুত বেরিয়ে যেতে থাকে, অতঃপর স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস খোলামাত্র চার্জএয়ার সিলিন্ডারে প্রবেশ করে অবশিষ্ট এগজস্ট গ্যাস বহিষ্কার এবং সেই সাথে সিলিন্ডার পরিপূর্ণ করতে থাকে।

অধুনা টার্বোচার্জড ইঞ্জিনগুলিতে এগজস্ট টাইমিংস কিছুটা এগিয়ে রাখা হয়, এতে একদিকে এগজস্ট গ্যাস নির্গমনের জন্য অতিরিক্ত সময়ের নিশ্চয়তা থাকে, অপরদিকে টার্বোচার্জারের দক্ষতা বৃদ্ধি পায়।

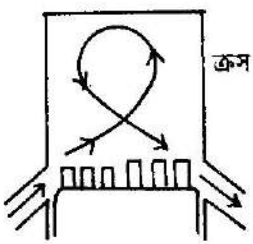
টু-স্ট্রোক ইঞ্জিনে স্ক্যাভেঞ্জিং সাধারণত তিন প্রকার। নিচে এগুলি সম্পর্কে আলোচনা করা হলো।



চিত্র ৬.১ : লুপ স্ক্যাভেঞ্জ ।

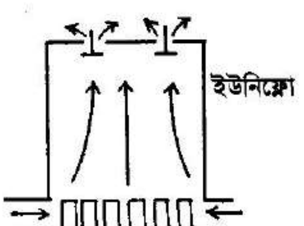
(১) লুপ স্ক্যাভেঞ্জ : এই পদ্ধতিতে লাইনারের একপার্শ্বে নিচের অংশে ইনলেট পোর্টস এবং তার সামান্য উপরে এগজস্ট পোর্টস থাকে। এগজস্ট ও ইনলেট পোর্টস একই পার্শ্বে থাকে বলে স্ক্যাভেঞ্জিং-এর সময় লাইনারের ভেতর বাতাসের প্রবাহ একটা লুপের আকার ধারণ করে (চিত্র ৬.১)।

(২) ক্রস স্ক্যাভেঞ্জ : এই পদ্ধতিতে লাইনারের একপার্শ্বে এগজস্ট এবং অপরপার্শ্বে ইনলেট পোর্টস থাকে। চার্জএয়ার ইনলেট পোর্টস দিয়ে ঢুকে সোজা উপরের দিকে বিপরীত পার্শ্বে চলে যায়, অতঃপর চক্রাকারে ঘুরে প্রথম পার্শ্বের খানিকটা নিচে নেমে অপরপার্শ্বের এগজস্ট পোর্টস দ্বারা এগজস্ট গ্যাস বহিষ্কার করতে থাকে (চিত্র ৬.২)।



চিত্র ৬.২ : ক্রস স্ক্যাভেঞ্জ ।

উপরিউক্ত লুপ ও ক্রস স্ক্যাভেঞ্জ পদ্ধতি ইঞ্জিনের গঠন ও রক্ষণাবেক্ষণ সহজ করে। তবে চার্জএয়ার-এর সাথে এগজস্ট গ্যাসের সংমিশ্রণ এবং এগজস্ট গ্যাস বহিষ্কারের সময় চার্জএয়ার-এর অপচয় স্ক্যাভেঞ্জ দক্ষতা কিছুটা হ্রাস করে। এই সমস্যার উন্নতিকল্পে লাইনার পোর্টস ডিজাইন মডিফিকেশন এবং এগজস্ট কন্ট্রোল ভাল্‌ভের (যেমন রোটারি এগজস্ট ভাল্‌ভ) ব্যবহার বিশেষ ফলপ্রদ।



চিত্র ৬.৩ : ইউনিফ্লো স্ক্যাভেঞ্জ ।

(৩) ইউনিফ্লো (বা থ্রু) স্ক্যাভেঞ্জ : এই পদ্ধতিতে লাইনারের নিচের অংশে ইনলেট পোর্টস এবং উপরের অংশে এগজস্ট পোর্টস (বা ভাল্‌ভ) থাকে। ইনলেট পোর্ট দিয়ে চার্জএয়ার প্রবেশ করে সোজা উপরের দিকে যায় এবং এগজস্ট গ্যাস বহিষ্কার করতে থাকে (চিত্র ৬.৩)। স্ক্যাভেঞ্জিং-এর এই সহজ পদ্ধতি সর্বাধিক দক্ষ বলে প্রমাণিত হয়েছে। ইনলেট পোর্টস-এর যথাযোগ্য ডিজাইন অথবা এয়ার ডিফ্লেকটরের ব্যবহার এবং অপরদিকে 'এগজস্ট

গ্যাস ফ্লো টাইমিংস নিয়ন্ত্রণ করে ইউনিফ্লো স্ক্যাভেঞ্জ–এর উল্লেখযোগ্য উন্নতি সাধন করা যায়।

সুপারচার্জিং

সংনমনের শুরুতে চার্জএয়ার–এর পরিমাণ বৃদ্ধি করা গেলে ফুয়েল ইনজেকশনের পরিমাণ বৃদ্ধি করে ইঞ্জিনের শক্তি উৎপাদন বৃদ্ধি করা সম্ভব। এর জন্য প্রয়োজন একটি এয়ার কমপ্রেসর, যা বায়ুমণ্ডল থেকে নির্মল বাতাস টেনে যথাযথ চাপে সিলিন্ডারে সরবরাহ করতে সক্ষম। এভাবে বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা অধিক চাপবিশিষ্ট বাতাস দ্বারা সিলিন্ডার পরিপূর্ণ করাকে প্রেশার চার্জিং বা সুপারচার্জিং বলে।

সম্ভাব্য সুপারচার্জিং মাধ্যমগুলির মধ্যে টার্বোচার্জার সর্বোত্তম। এক্ষেত্রে এগজস্ট গ্যাসে অন্তর্নিহিত তাপশক্তি ও গতিশক্তিকে কাজে লাগানো হয়।

সুপারচার্জার হিসেবে একই ইঞ্জিন চালিত রেসিপ্রোকেটিং স্ক্যাভেঞ্জ পাম্প অথবা ব্লোয়ার ব্যবহার করা যেতে পারে। তবে এগুলির দক্ষতা টার্বোচার্জারের তুলনায় অনেক কম। উপরন্তু এগুলি ইঞ্জিনের শক্তি বিশোষণ করে। অন্যান্য সুপারচার্জিং মাধ্যমগুলি হচ্ছে– আন্ডার পিস্টন এফেক্ট, স্বতন্ত্র বৈদ্যুতিক ব্লোয়ার ইত্যাদি। কার্যক্ষেত্রে শেষের মাধ্যম দুটি সচরাচর প্রথম মাধ্যম দুটির কর্মক্ষমতা বৃদ্ধির কাজে (ইন প্যারালাল) ব্যবহৃত হয়।

সংক্ষিপ্তভাবে, সুপারচার্জিং–এর সুবিধাদি হচ্ছে– (১) একই আয়তনের সিলিন্ডারে উল্লেখযোগ্য পরিমাণ শক্তি উৎপাদন বৃদ্ধি, অর্থাৎ আকারের তুলনায় অধিক শক্তি উৎপাদন, (২) জ্বালানি খরচ হ্রাস, (৩) ধীর গতিতে অধিক টর্ক, (৪) উচ্চতর সংনমন চাপের কারণে লেট ইগনিশনের সম্ভাবনা হ্রাস এবং (৫) উল্লেখযোগ্য পরিমাণ ইঞ্জিন কুলিং সম্পাদন– যা সুষ্ঠু ইঞ্জিন পরিচালনার সহায়ক।

সুপারচার্জিং যদিও সর্বাধিক শক্তি উৎপাদনের সাথে জড়িত, তথাপি এর মাত্রা হ্রাস–বৃদ্ধি করে একই ইঞ্জিন থেকে বিভিন্ন রকম শক্তি উৎপাদনের সুবিধা পাওয়া যায়

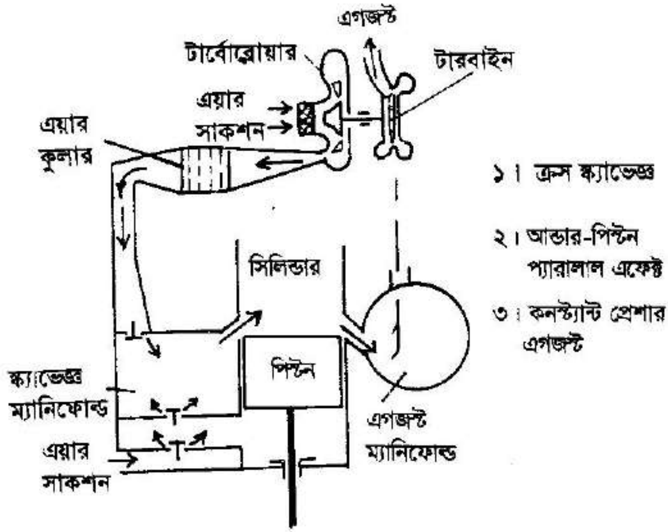
সুপারচার্জড ইঞ্জিনের বিভিন্ন অংশের জন্য অনুমোদিত সর্বাধিক পীড়নের প্রতি লক্ষ্য রেখে একটা নিরাপদ লোড ও গতিসীমা নির্ধারণ করা হয়। এছাড়া পরিপূর্ণ দহনের জন্য সিলিন্ডারে চার্জএয়ার–এর সরবরাহ কিছুটা প্রয়োজনাতিরিক্ত রাখা হয়

টু–স্ট্রোক ইঞ্জিনের স্ক্যাভেঞ্জিং ও সুপারচার্জিং পদ্ধতি ৬.৪ চিত্রের সাহায্যে বিস্তারিতভাবে তুলে ধরা হলো।

টার্বোচার্জার

বিগত কয়েক দশকে টার্বোচার্জারের ডিজাইন ও উন্নয়নের উপর জোরদার গবেষণা চালিয়ে বিভিন্ন আকারের টার্বোচার্জার তৈরি করা হয়েছে। এগুলির মৌলিক ডিজাইন প্রায় অনুরূপ– একই শ্যাফটের একপ্রান্তে গ্যাস টারবাইন ও অপরপ্রান্তে কেন্দ্রাতিগ

এয়ার কমপ্রেসর। গ্যাস টারবাইনের অন্যতম অংশ একটি নজল রিং এবং একসারি ব্লেড সংবলিত রোটর হুইল। রোটর হুইলের উপর 'ফার ট্রি রুট' আকারের অনেকগুলি স্লট থাকে, যার ভেতর বসানো থাকে টারবাইন ব্লেড। ব্লেডগুলিকে লকিং স্ট্রিপের সাহায্যে



চিত্র ৬.৪ : স্ক্যাভেঞ্জিং ও সুপারচার্জিং পদ্ধতি (টু-স্ট্রোক) ।

দু'পাশ থেকে আটকানো হয়। কিন্তু রোটর হুইল ও ব্লেডের অসামঞ্জস্যপূর্ণ প্রসারণের জন্য এগুলিকে সামান্য ঢিলা রাখা হয়। উল্লেখ্য, স্টিম টারবাইনে এই প্রসারণ সামঞ্জস্যপূর্ণ থাকে বলে ব্লেডগুলিকে শক্তভাবে আটকানো হয়। ফার ট্রি রুট এবং লকিং স্ট্রিপ যথাক্রমে ব্লেডের অরীয় ও অক্ষীয় চলাচল প্রতিরোধ করে।

টারবাইন ব্লেডের অবাঞ্ছিত কম্পন হ্রাস করার জন্য ব্লেডগুলিকে আবার বাইন্ডিং অয়্যার দ্বারা বলয়াকারে সংযুক্ত করা হয়। বাইন্ডিং অয়্যার ব্লেডের স্বাভাবিক ফ্রিকুয়েন্সি বজায় রাখে, ফলে কম্পন হ্রাস পায়।

সাধারণত বড় আকারের টারবাইনগুলি একক স্টেজ, অক্ষীয় টাইপ এবং ছোট আকারেরগুলি অরীয় ফ্লো টাইপ হয়ে থাকে।

টারবাইনের নজল রিং ও ব্লেড তাপ সহ্যক্ষমতাসম্পন্ন নিকেল থেকে এবং কেসিং কাস্ট আয়রন থেকে তৈরি হয়।

টারবাইন কেসিং ঠাণ্ডা করার জন্য একে ইঞ্জিনের জ্যাকেট কুলিং সিস্টেমের সাথে সংযুক্ত করা হয়।

কেন্দ্রাতিগ এয়ার কমপ্রেসরের অন্যতম অংশ ইনডিউসার, রেডিয়াল ফ্লো ইমপেলার এবং ডিফিউজার। এগুলি অ্যালুমিনিয়াম সংকর থেকে তৈরি। এছাড়া এয়ার কমপ্রেসরে থাকে এয়ার ফিল্টার, যার ভেতরের ফেল্ট এলিমেন্ট সাইলেন্সারের কাজ করে থাকে।

কমপ্রেসর কেসিং সাধারণত অ্যালুমিনিয়াম সংকরের হয় এবং এর জন্য কোনো কুলিং ব্যবস্থা থাকে না।

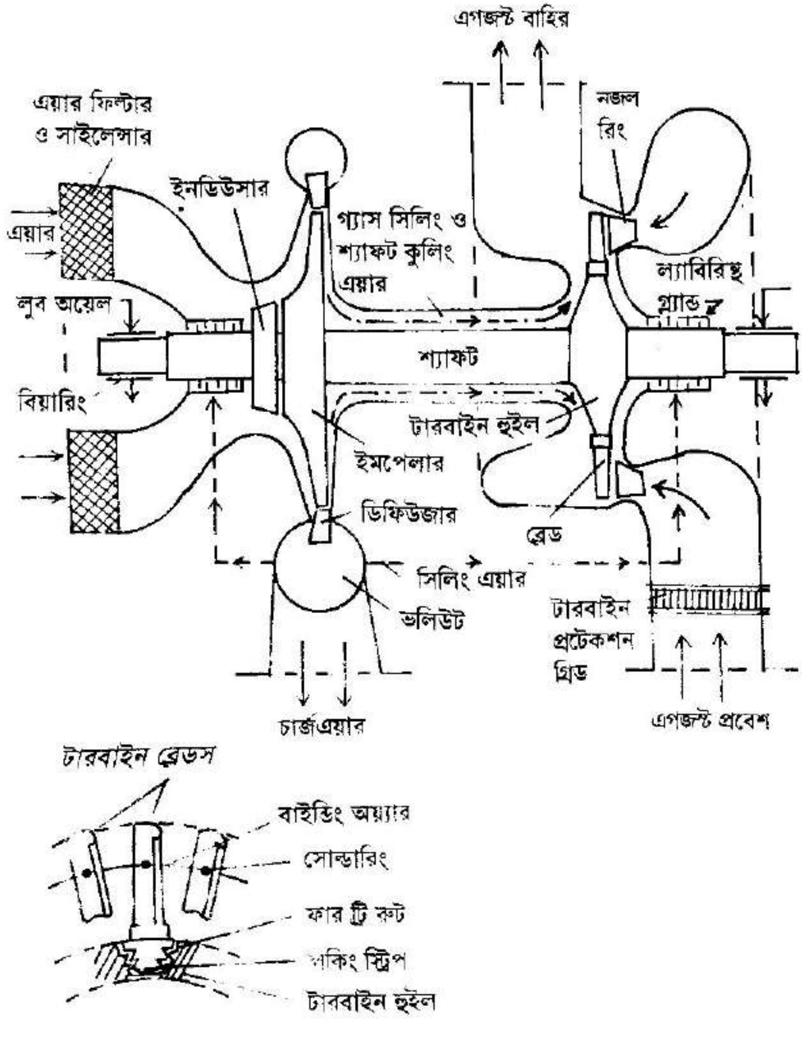
ইঞ্জিন চলাকালে, এগজস্ট গ্যাস নজল রিং-এর ভেতর দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় তার প্রসারণ ঘটে, ফলে গতি উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি পায়। উচ্চ গতিসম্পন্ন এই গ্যাস ব্লেডের গায়ে ধাক্কা মেরে রোটর হুইলকে প্রচণ্ড গতিতে ঘুরায়।

রোটর হুইল ঘুরতে থাকলে শ্যাফটের অপরপ্রান্তে স্থাপিত এয়ার কমপ্রেসরও ঘুরতে থাকে। তখন বায়ুমণ্ডল থেকে বাতাস ইনডিউসারে প্রবেশ করে। ইনডিউসার বাতাসের এই প্রবাহকে ইমপেলার আই-এর প্রতি নির্দেশ করে। ইমপেলার সেই বাতাস সবেগে বাইরের দিকে ছুঁড়তে থাকে এবং ডিফিউজার তার গতি হ্রাস করে যথাযোগ্য চাপে (গতিশক্তিকে চাপশক্তিতে রূপান্তরিত করে) ভলিউট কেসিং-এর দিকে পরিচালনা করে (চিত্র ৬.৫)। এই প্রেশার-এয়ার কুলার ও স্ক্যাভেঞ্জ ম্যানিফোল্ড হয়ে সিলিন্ডারে প্রবেশ করে।

টার্বোচার্জারের প্রচণ্ড গতি (৬-১০ হাজার আরপিএম) সংক্রান্ত কম্পন এড়ানোর জন্য এর ভারসাম্য রক্ষা করা প্রয়োজন।

টার্বোচার্জারে রোলিং (বল বা রোলার) বা প্লেইন স্লিভ দু'ধরনের বিয়ারিং-ই ব্যবহৃত হতে পারে। নিম্ন ঘর্ষণ এবং সুষ্ঠু অ্যালাইনমেন্টের সুবিধা এক্ষেত্রে রোলিং বিয়ারিংকে জনপ্রিয় করে তুলেছে। রোলিং বিয়ারিং-এর ফ্যাটিগ লাইফ সীমিত (আনুমানিক ৮ হাজার ঘণ্টা), এগুলি সহজেই মেটাল ফ্যাটিগ ও কম্পনের শিকার

হয়। অপরদিকে প্লেইন স্লিভ বিয়ারিং দীর্ঘায়ু হয়ে থাকে। টার্বোচার্জারের নিজস্ব বা বহিরাগত কম্পনের ক্ষতিকর সম্ভাবনা থেকে রক্ষার জন্য রোলিং বিয়ারিংকে রিজিলিয়ান্ট হাউজিং-এর মধ্যে বসানো হয়, যার অরীয় ও অক্ষীয় ডাম্পিং এফেক্ট বিয়ারিংকে সম্ভাব্য ক্ষয়ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করে।



চিত্র ৬.৫ : টার্বোচার্জার।

বিভিন্নভাবে টার্বোচার্জারের বিয়ারিং লুব্রিকেশন করা যায়, যেমন একই রোটর শ্যাফট পরিচালিত গিয়ার পাম্প দ্বারা, ইঞ্জিন লুব্রিকেশন সিস্টেম দ্বারা অথবা স্বতন্ত্র কোনো লুব্রিকেটিং পাম্প দ্বারা। মেরিন ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে যে কোনো দিকে স্থায়ীভাবে ১৫° এবং সাময়িকভাবে ২২.৫° কাত থাকা অবস্থায় সুষ্ঠু লুব্রিকেশনের নিশ্চয়তা থাকা দরকার।

টারবাইন ও কমপ্রেসর কেসিং-এর ভেতর লুব অয়েল লিকেজ এবং এগজস্ট গ্যাস দ্বারা লুব অয়েল দূষণের সম্ভাবনা এড়ানোর জন্য টার্বোচার্জারে 'ল্যাবিরিন্থ গ্ল্যান্ড সিল' ব্যবহৃত হয়। সিলিং ব্যবস্থার জন্য এগুলির উপর সামান্য প্রেশার-এয়ার সরবরাহ (কমপ্রেসরের আউটলেট পাইপ থেকে) করা হয়। এছাড়া কমপ্রেসরের পেছন দিয়ে রোটর শ্যাফট বরাবর কিছুটা প্রেশার-এয়ার টারবাইন কেসিং-এর দিকে প্রবাহিত হয় বলে রোটর শ্যাফটের কুলিংও সম্পাদিত হয়।

টার্বোচার্জারের রক্ষণাবেক্ষণ হিসেবে নিয়মিত এয়ার ফিল্টার পরিষ্কার করা, চালু অবস্থায় গরম পানি দ্বারা টারবাইন ব্লেড পরিষ্কার করা এবং সময় মতো মেজর ওভারহল সম্পন্ন করা আবশ্যক। দীর্ঘদিন চলার পর বাইন্ডিং অয়্যার ও তার সোল্ডারিং-এ ফাটল দেখা দিতে পারে, প্রয়োজন অনুসারে সেগুলির মেরামত ও পুনঃস্থাপন আবশ্যক।

ঠাণ্ডা ইঞ্জিন চালু করে পূর্ণশক্তিতে উন্নীত করা পর্যন্ত কমপক্ষে ১৫-২০ মিনিট সময় নেয়া দরকার। এতে টারবাইনের রোটর শ্যাফট ধীরে ধীরে গরম হওয়ার সুযোগ পায়।

চার্জএয়ার কুলিং

চার্জএয়ার-এর তাপমাত্রা ১° হ্রাস পেলে এগজস্টের তাপমাত্রা আনুমানিক ২° হ্রাস পায়। অর্থাৎ, চার্জএয়ার কুলিং দ্বারা এগজস্ট তাপমাত্রা হ্রাস করা যায়। এছাড়া কুলিং চার্জএয়ার-এর ঘনত্ব (বা ভর) বৃদ্ধি করে। ফলে ইঞ্জিনের বিভিন্ন অংশের উপর তাপীয় লোড সীমিত রেখে উল্লেখযোগ্য পরিমাণ শক্তি উৎপাদন বৃদ্ধি সম্ভব।

চার্জএয়ার-এর তাপমাত্রা ২৫° সেলসিয়াসের নিচে নামানো উচিত নয় (সাধারণত ৪০° সেলসিয়াস রাখা হয়), এতে মাত্রাধিক ঘনীভবনের ফলে লাইনার-পিস্টনের করোশন, থার্মাল শকজনিত ক্ষয়ক্ষতি এবং সিলিন্ডার লুব্রিকেশনে ত্রুটি দেখা দিতে পারে। চার্জএয়ার কুলিং সিস্টেমে যথাযথ ড্রেইনিং ব্যবস্থা থাকা আবশ্যক। স্বল্পমাত্রার সুপারচার্জড ইঞ্জিনে (শক্তি উৎপাদন বৃদ্ধি নন-সুপারচার্জড রেটিং-এর ৫০% অপেক্ষা কম হলে) সাধারণত চার্জএয়ার কুলিং-এর ব্যবস্থা রাখা হয় না।

চার্জএয়ার কুলারে সারিবদ্ধ বিপুল সংখ্যক পাতলা অ্যালুমিনিয়াম (বা কপার) প্লেটের ভেতর আড়াআড়িভাবে অনেকগুলি ওয়াটার টিউব বসানো থাকে, যার কুলিং সারফেস এরিয়া তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি।

BANSDOC Library Dhaka

টার্বোচার্জার সার্জিং

টার্বোচার্জড ইঞ্জিনে চার্জএয়ার-এর চাপ (সচরাচর ১.১-২.২ বার) ইঞ্জিনের চাহিদার সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ থাকে। এর জন্য প্রয়োজন এগজস্ট ও স্ক্যাভেঞ্জ সিস্টেম ত্রুটিমুক্ত রাখা। কোনো কারণে চার্জএয়ার অথবা এগজস্ট গ্যাস প্রবাহে বাধা সৃষ্টি হলে টার্বোচার্জার অপারেশনে বিঘ্ন ঘটে, যার চূড়ান্ত পরিণতি টার্বোচার্জার সার্জিং। টার্বোচার্জারের একটানা গুঞ্জন, গোং গোং শব্দ অথবা থেকে থেকে গর্জন ইত্যাদি সার্জিং-এর লক্ষণ।

টার্বোচার্জার সার্জিং-এর প্রধান কারণ চার্জএয়ার ও এগজস্ট গ্যাস সিস্টেমের দূষণ, যার সাথে ওতপ্রোতভাবে জড়িত এয়ার ফিল্টার, ইমপেলার, এয়ার কুলার, স্ক্যাভেঞ্জ ভাল্‌ভ, এগজস্ট ইনলেট পোর্টস, টারবাইন প্রোটেকশন গ্রিড, নজল রিং, ব্লেড ইত্যাদি। অন্য কারণগুলি হচ্ছে- ইঞ্জিন ওভারলোডিং (যেমন জাহাজের তলদেশ নোংরা হওয়ার কারণে), ভারসাম্যহীন প্রপেলার, ভারসাম্যহীন সিলিন্ডার পাওয়ার (যেমন ত্রুটিপূর্ণ দহন অথবা ইঞ্জিন রেসিং-এর কারণে), এগজস্ট গ্যাস প্রবাহে প্রতিবন্ধকতা (যেমন অপরিষ্কার এগজস্ট বয়লারের কারণে) ইত্যাদি।

ফুয়েল ইনজেকশন সিস্টেমের সুষ্ঠু রক্ষণাবেক্ষণের মাঝেই মূলত এই সমস্যার সমাধান নিহিত। নিয়মিত ইউনিট ওভারহল করা, ইনজেকটর সার্ভিসিং করা, এয়ার ফিল্টার ও এয়ার কুলার পরিষ্কার করা, স্ক্যাভেঞ্জ ভাল্‌ভ ওভারহল করা, টার্বোচার্জার সার্ভিসিং করা ইত্যাদি সার্জিং-এর সম্ভাবনা এড়াতে পারে। ইঞ্জিন চালু অবস্থায় কেমিক্যালস অথবা পানি দ্বারা টারবাইন ও কমপ্রেসর পরিষ্কার করে টার্বোচার্জারের দক্ষতা বৃদ্ধি করা যায়।

টার্বোচার্জার ও ইঞ্জিন পারফরম্যান্সের মধ্যে সামঞ্জস্য প্রতিষ্ঠার লক্ষ্যে টার্বোচার্জারের নজল রিং, ইনডিউসার, ইমপেলার, ডিফিউজার ইত্যাদি পরিবর্তনযোগ্য রাখা হয়।

এগজস্ট সিস্টেম

স্ক্যাভেঞ্জিং পিরিয়ডে এগজস্ট পোর্টস (বা ভাল্‌ভ) খোলামাত্র এগজস্ট গ্যাস সিলিন্ডার থেকে দ্রুত গতিতে বেরিয়ে আসে (চাপশক্তি গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়), ফলে এগজস্ট পাইপের শুরুতে প্রেশার ওয়েভ বা পাল্‌সের সৃষ্টি হয়।

গোড়ার দিকে, টার্বোচার্জড ইঞ্জিনে এগজস্ট গ্যাস চাপের ওঠানামা রহিত করার উদ্দেশে সবগুলি ইউনিটের এগজস্ট ডেলিভারির জন্য একটি বৃহদায়তন ম্যানিফোল্ডের ব্যবহার চালু হয়, যেখানে প্রবেশ করামাত্র এগজস্ট গ্যাস অন্তর্নিহিত প্রেশার ওয়েভ স্তিমিত হয়ে পড়ে এবং সেখান থেকে এগজস্ট গ্যাস অনেকটা কনস্ট্যান্ট প্রেশারে টার্বোচার্জারের দিকে প্রবাহিত হয় (কনস্ট্যান্ট প্রেশার অপারেশন)। কিন্তু অভিজ্ঞতা থেকে পরে দেখা গেল সিলিন্ডার ও টার্বোচার্জারের মাঝামাঝি ছোট-খাটো সরাসরি

পাইপ ব্যবহার করে এগজস্ট গ্যাস অন্তর্নিহিত উচ্চ তাপশক্তি ও প্রেশার ওয়েভের অধিকতর কর্মক্ষমতার সুফল লাভ করা সম্ভব অর্থাৎ টার্বোচার্জারের কর্মক্ষমতা বৃদ্ধি করা যায়– এটাই পাল্‌স অপারেশন।

পাল্‌স অপারেশনে একটি গুরুত্বপূর্ণ বিবেচনার বিষয় হলো বিভিন্ন ইউনিটের গ্যাস প্রবাহে প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টির সম্ভাবনা দূর করা, অন্যথায় ত্রুটিপূর্ণ স্ক্যাভেঞ্জিং–এর কারণে ইঞ্জিনের কর্মক্ষমতা হ্রাস পায়। এগজস্ট পাইপের সাহায্যে টার্বোচার্জারের সঠিক অবস্থান নির্ধারণ (যেমন টু–স্ট্রোক ইঞ্জিনে পর পর দুটি বা তিনটি সিলিন্ডার গ্রুপিং) করে পুরো স্ক্যাভেঞ্জিং পিরিয়ডে চার্জএয়ার–এর চাপ এগজস্ট চাপের চেয়ে বেশি রাখা যায়, যা সুষ্ঠু ও ফলপ্রসু স্ক্যাভেঞ্জিং–এর নিশ্চয়তা দেয়। পাল্‌স অপারেশনে ইঞ্জিনের বিভিন্ন গতিতে (এবং লোডে) টার্বোচার্জারের কর্মক্ষমতা সন্তোষজনক থাকে ফলে ইঞ্জিন চালু অথবা নিম্নগতিতে স্ক্যাভেঞ্জ অ্যাসিসট্যান্সের প্রয়োজন হয় না।

ইঞ্জিন ধীরগতিতে চলার সময় বৃহদায়তন এগজস্ট ম্যানিফোল্ড সুষ্ঠু টার্বোচার্জার অপারেশনের প্রয়োজনানুরূপ শক্তি সরবরাহ করতে ব্যর্থ হয়, ফলে কনষ্ট্যান্ট প্রেশার অপারেশনে একটি স্ক্যাভেঞ্জ অ্যাসিসট্যান্স সংযোজনের প্রয়োজন হয়। ইঞ্জিনের শক্তি বৃদ্ধির ক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট মাত্রার পর কনস্ট্যান্ট প্রেশার অপারেশনের দক্ষতা পাল্‌স অপারেশনের দক্ষতাকে ছাড়িয়ে যায় এবং সেই সাথে জ্বালানি খরচও সামান্য হ্রাস পায়।

পোলার ইঞ্জিনে (নন–সুপারচার্জড) টিউন্ড এগজস্ট সিস্টেম ব্যবহৃত হয়। এক্ষেত্রে এগজস্ট ম্যানিফোল্ডের দৈর্ঘ্য তার ব্যাসের সাথে এমনভাবে সমন্বয় করা হয় যেন এগজস্ট গ্যাস অন্তর্নিহিত প্রেশার–ওয়েভ স্ক্যাভেঞ্জ এয়ারকে এগজস্টে মিশে যেতে বাধা দেয়।

টার্বোচার্জার অতিক্রম করার পর এগজস্ট গ্যাস প্রবাহে কোনো প্রকার প্রতিবন্ধকতা থাকা উচিত নয়। কারণ হাই ব্যাক প্রেশার সুষ্ঠু টার্বোচার্জার অপারেশনের অন্তরায় হয়ে দাঁড়ায়।

প্রশ্নমালা

১। বৃহদাকার টু–স্ট্রোক ডিজেল ইঞ্জিনের বিভিন্ন স্ক্যাভেঞ্জিং প্রণালী চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। স্ক্যাভেঞ্জিং–এর প্রয়োজনীয়তা কি এবং কিভাবে তা অর্জন করা যায় ?

২। টু–স্ট্রোক ইঞ্জিনে টার্বোচার্জিং–এর সুবিধাদি বর্ণনা কর। চিত্রের সাহায্যে যে কোনো একটি পদ্ধতি আলোচনা কর।

৩। টার্বোচার্জারের পর এয়ার কুলার সংযোজনের প্রয়োজন হয় কেন ? চার্জএয়ার আন্ডারকুলিং–এর পরিণতি কি হতে পারে ?

৪। টার্বোচার্জার সূত্রে বর্ণনা কর :

(ক) সার্জিং কি ?

(খ) সার্জিং–এর লক্ষণ কি ?

(গ) কিভাবে সার্জিং–এর সম্ভাবনা হ্রাস করা যায় ?

(ঘ) সার্জিং–এর সময় কি ব্যবস্থা নেয়া হয় এবং তা জরুরি কেন ?

৫। লাইন ডায়াগ্রামের সাহায্যে নিচে উল্লেখিত টার্বোচার্জার পদ্ধতিগুলি বর্ণনা কর :

(ক) কনস্ট্যান্ট প্রেশার,

(খ) পালস,

(গ) টিউন্ড এগজস্ট

আলাদাভাবে পদ্ধতিগুলির সুবিধা ব্যাখ্যা কর।

৬। টার্বোচার্জার সূত্রে লিখ, কিভাবে–

(ক) রোটরের অক্ষীয় চলাচল প্রতিরোধ করা হয় ?

(খ) রোটর ধারণ এবং বিয়ারিং লুব্রিকেশন করা হয় ?

(গ) গ্ল্যান্ড সিলিং এবং জার্নাল কুলিং সম্পাদন করা হয় ?

৭। টার্বোচার্জার সূত্রে বর্ণনা কর :

(ক) রোটরের সাথে ব্লেডগুলির সংযোজন ঢিলা রাখা হয় কেন ?

(খ) কিভাবে বিভিন্ন গতিতে ব্লেডগুলির কম্পন নিয়ন্ত্রনে থাকে ?

(গ) ব্লেড, রোটর এবং কমপ্রেসরের উপযুক্ত উপাদান কি এবং কেন ? চালু অবস্থায় টারবাইন ব্লেড ক্ষতিগ্রস্ত হওয়ার সম্ভাব্য কারণ কি হতে পারে এবং তা কিভাবে বুঝা যায় ? কিভাবে এই দুর্ঘটনা এড়ানো সম্ভব ?

৮। নিচে বর্ণিত ক্ষেত্রে টার্বোচার্জারের সম্ভাব্য ত্রুটি নির্ধারণ কর :

(ক) পূর্ণগতিতে উন্নীত হতে জড়তা,

(খ) গতিবেগ একটু বাড়াতে গেলেই অস্বাভাবিক শব্দের উৎপত্তি,

(গ) ইঞ্জিন বন্ধ হওয়ার পর দ্রুত থেমে যাওয়া।

৯। টার্বোচার্জার সূত্রে নিচে উল্লেখিত ত্রুটির কারণ দর্শাও :

(ক) টারবাইন কেসিং–এ ফাটল,

(খ) প্রচণ্ড কম্পনের দ্রুত উৎপত্তি,

(গ) পূর্ণগতিতে থাকাবস্থায় হঠাৎ উচ্চশব্দে থেমে যাওয়া।

১০। নিচে বর্ণিত তথ্যের যথার্থতা সম্পর্কে মতামত দাও :

(ক) টার্বোচার্জার এগজস্ট বয়লারে পর্যাপ্ত স্টিম উৎপাদন ব্যাহত করে।

(খ) যান্ত্রিক গঠন সহজ হওয়ার কারণেই রেসিপ্রোকেটিং স্ক্যাভেঞ্জ পাম্পের জায়গায় টার্বোচার্জার স্থান করে নিয়েছে।

(গ) 'স্থান সঙ্কুলান' বিবেচনাই টার্বোচার্জারে কেন্দ্রাতিগ কমপ্রেসর ব্যবহারের প্রধান কারণ।

১১। টার্বোচার্জার সূত্রে চিত্র সহকারে বর্ণনা কর, কিভাবে এবং কোথায়-

(ক) কমপ্রেসরে সিলিং ব্যবস্থা রাখা হয় ?

(খ) কুলিং-এর ব্যবস্থা করা হয় ?

(গ) এগজস্ট তাপমাত্রা থেকে কমপ্রেসরকে রক্ষা করা হয় ?

১২। টার্বোচার্জার চালু অবস্থায় নিচে বর্ণিত ত্রুটি কিভাবে ধরা পড়ে :

(ক) টারবাইন ব্লেডগুলি নোংরা,

(খ) এয়ার কুলার নোংরা,

(গ) এয়ার ফিল্টার নোংরা।

১৩। টার্বোচার্জার সূত্রে বর্ণনা কর, কিভাবে-

(ক) ব্লেডগুলিকে আটকানো হয় ?

(খ) চালু অবস্থায় টারবাইন ও কমপ্রেসর পরিষ্কার করা হয় ?

(গ) নোংরা টার্বোচার্জার সম্পর্কে বুঝা যায় ? এমতাবস্থায় ইঞ্জিন চালনের পরিণতি কি হতে পারে ?

সপ্তম অধ্যায়

স্টার্টিং ও রিভারসিং

স্টার্টিং

ইঞ্জিন চালু করার জন্য ক্র্যাঙ্কশ্যাফট ঘুরানো প্রয়োজন। ঘূর্ণনের এই গতিমাত্রা এরূপ হওয়া প্রয়োজন, যা জ্বালানি দহন সূচনা করতে সক্ষম। উন্নততর ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের গতি সহজতর স্টার্টিং নিশ্চিত করে।

তিন উপায়ে স্টার্টিং-এর গতিমাত্রা অর্জন করা যায়– সংনমিত বাতাস দ্বারা, ব্যাটারি চালিত মোটর দ্বারা এবং হ্যান্ডেল দ্বারা। শেষের পদ্ধতি দুটি অত্যন্ত সাদামাটা এবং শুধু ছোট ইঞ্জিনে ব্যবহারোপযোগী। নিচে ইঞ্জিন স্টার্টিং সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা করা হলো।

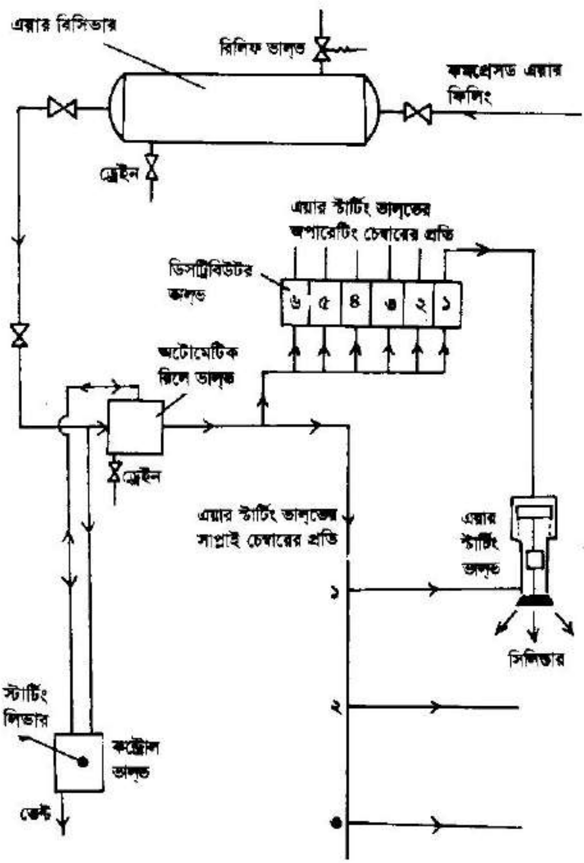
এয়ার স্টার্টিং

সংনমিত বাতাস দ্বারা ডিজেল ইঞ্জিন চালু করার রীতি সর্বব্যাপী। এই পদ্ধতির কার্যকারিতা বিশেষভাবে নির্ভর করে কয়েকটি ভাল্ভের সুষ্ঠু কার্যক্রিয়ার ওপর। ভাল্ভগুলি হচ্ছে– অটোমেটিক রিলে ভাল্ভ, এয়ার ডিসট্রিবিউটর ভাল্ভ, এয়ার স্টার্টিং ভাল্ভ এবং কন্ট্রোল ভাল্ভ। এগুলির গঠন এবং ক্রিয়াকলাপ প্রায় সব ইঞ্জিনের ক্ষেত্রেই অনুরূপ। এয়ার স্টার্টিং সিস্টেমে (চিত্র ৭.১) থাকে সাধারণত দুটি এয়ার রিসিভার। এগুলিকে ইঞ্জিন স্টার্টিং-এর উপযুক্ত চাপে সর্বক্ষণ পূর্ণ রাখা হয়।

এয়ার রিসিভারের আউটলেট ভাল্ভ খোলামাত্র সংনমিত বাতাস প্রথমে অটোমেটিক রিলে ভাল্ভে যায়। অটোমেটিক রিলে ভাল্ভে থাকে একটি পিস্টন (চিত্র ৭.২), যার উপরাংশের আয়তন ('ক' স্পেসের প্রভাবাধীন) নিম্নাংশের আয়তন ('গ' স্পেসের প্রভাবাধীন) অপেক্ষা অধিক। এটি স্বয়ংক্রিয় ভাল্ভ হিসেবে কাজ করে। কন্ট্রোল লিভার 'স্টপ' পজিশনে থাকাবস্থায় এয়ার রিসিভার থেকে সংনমিত বাতাস সরাসরি 'গ' স্পেসে এবং একই সাথে কন্ট্রোল ভাল্ভের মাধ্যমে 'ক' স্পেসে প্রবেশ করে। পিস্টনটির উপরাংশের আয়তন নিম্নাংশের আয়তন অপেক্ষা অধিক বলে অধিকতর নিম্নাভিমুখী চাপে ভাল্ভ সিটের উপর চেপে বসে থাকে, ফলে বাতাস সরবরাহ হয় না। এ সময় কন্ট্রোল লিভার 'স্টার্ট' পজিশনে নেয়া হলে 'ক' স্পেসে বাতাস সরবরাহ বন্ধ এবং একই সাথে সেখান থেকে সংনমিত বাতাস ড্রেইন হয়ে যায়, ফলে অধিকতর উর্ধ্বাভিমুখী চাপে পিস্টনটি উপরের দিকে ঠেলে ওঠে এবং বাতাস সরবরাহ চালু হয়।

অটোমেটিক রিলে ভাল্‌ভের পর সংনমিত বাতাস দু'ভাগে বিভক্ত হয়ে পড়ে প্রধান ভাগ এয়ার স্টার্টিং ভাল্‌ভের সরবরাহ প্রকোষ্ঠে এবং অপর ভাগ ডিসট্রিবিউটর ভাল্‌ভে যায়।

প্রতিটি সিলিন্ডার হেডে থাকে একটি করে এয়ার স্টার্টিং ভাল্‌ভ (চিত্র ৭.৩)। এবং প্রতিটি এয়ার স্টার্টিং ভাল্‌ভের জন্য ক্যামশ্যাফটের উপর থাকে আলাদা ডিসট্রিবিউটর ভাল্‌ভ। ডিসট্রিবিউটর ভাল্‌ভ সুনির্দিষ্ট টাইমিংস অনুসারে এয়ার স্টার্টিং ভাল্‌ভের খোলা-বন্ধ নিয়ন্ত্রণ করে। এগুলির টাইমিংস ফুয়েল ইনজেকশন টাইমিংস-এর সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ হয়।



চিত্র ৭.১ : এয়ার স্টার্টিং সিস্টেম।

যে কোনো ক্র্যাঙ্ক পজিশনে অন্তত একটি ডিসট্রিবিউটর ভাল্‌ভ সরবরাহ পজিশনে থাকে। ডিসট্রিবিউটর ভাল্‌ভের প্রধান অংশ একটি প্লানজার (চিত্র ৭.৪)। সরবরাহ পজিশনে

থাকাবস্থায় প্লানজারটি ক্যামের নিচু অংশের সোজাসুজি থাকে। এ সময় সংনমিত বাতাস ডিসট্রিবিউটর ভাল্‌ভে প্রবেশ করে প্লানজারকে ক্যামের উপর চেপে ধরে এয়ার স্টার্টিং ভাল্‌ভের অপারেটিং চেম্বারের দিকে প্রবাহিত হয়। উল্লেখ্য, ক্যামের উঁচু অংশের সোজাসুজি থাকাবস্থায় সংনমিত বাতাস প্লানজারকে ঠেলে নিচে নামাতে পারে না। ফলে ডিসট্রিবিউটর থেকে তা এয়ার স্টার্টিং ভাল্‌ভের দিকে প্রবাহিত হতে পারে না।

রিলে ভাল্‌ভের পর সংনমিত বাতাসের প্রধান অংশ এয়ার স্টার্টিং ভাল্‌ভের সরবরাহ প্রকোষ্ঠে যায়, কিন্তু নিজস্ব শক্তিতে (চাপে) ভাল্‌ভটিকে খুলতে সক্ষম হয় না। কিন্তু অপারেটিং চেম্বারে বাতাসের চাপ কাজ করামাত্র ভাল্‌ভটি খুলে যায়, তখন সরবরাহ প্রকোষ্ঠ থেকে সংনমিত বাতাস সিলিন্ডারে প্রবেশ করে।

একটি সিলিন্ডারে সংনমিত বাতাস প্রবেশ করামাত্র ইঞ্জিন ঘুরতে শুরু করে, তখন আরেকটি ডিসট্রিবিউটর ভাল্‌ভ সরবরাহ পজিশনে আসে। এইভাবে স্টার্টিং টাইমিংস অনুযায়ী একটার পর একটা সিলিন্ডারে সংনমিত বাতাস প্রবেশ করতে থাকে, সেই সাথে ইঞ্জিনের গতিও বাড়তে থাকে। এ মুহূর্তে সিলিন্ডারে জ্বালানি তেল প্রবিষ্ট করে ইঞ্জিন চালু করা যায়।

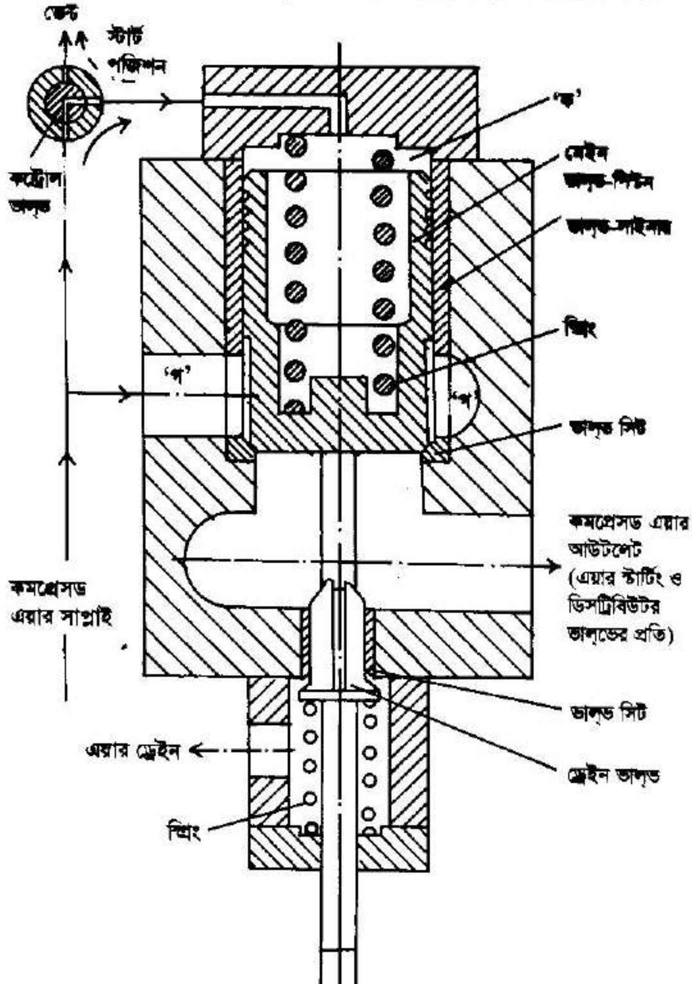
ইঞ্জিন চালু করার পর কন্ট্রোল লিভার পুনরায় 'স্টপ' পজিশনে নেয়া হলে অটোমেটিক রিলে ভাল্‌ভ বন্ধ হয়ে যায়, তখন আউটলেট পাইপ থেকে সংনমিত বাতাস ড্রেইন হয়ে যায়।

ইঞ্জিন চালু করার জন্য এয়ার রিসিভারে সর্বক্ষণ যথাযোগ্য চাপে (১৬–৩০ কেজি/সেন্টি^{২}) সংনমিত বাতাস সংরক্ষণ করা দরকার। নিম্নমাত্রার চাপে ইঞ্জিন নাও ঘুরতে পারে অথবা ঘুরলেও এতো আস্তে ঘুরবে যে সহজে চালু হবে না।

ইঞ্জিন চালু করার জন্য ব্যবহৃত সংনমিত বাতাস সর্বদা শুষ্ক এবং নির্মল হওয়া বাঞ্ছনীয়, অন্যথায় ভাল্‌ভগুলির সুষ্ঠু ক্রিয়াকলাপে ত্রুটি দেখা দিতে পারে। উপযুক্ত ফিলট্রেশন এবং ড্রেইনিং ব্যবস্থা তাই এখানে অপরিহার্য। এয়ার কমপ্রেসর চালু থাকা অবস্থায় ঘন ঘন এয়ার কুলার ড্রেইন করে ঘনীভূত জলীয় বাষ্প এবং তৈলবাষ্প আলাদা করা দরকার। স্টার্টিং এয়ার ব্যবহারের আগেও রিসিভার থেকে পানি ড্রেইন করে নেয়া আবশ্যক।

স্টার্টিং এয়ারে মিশে থাকা তৈলবাষ্প এয়ার লাইনের ভেতর পাতলা ফিল্মের আকারে জমতে থাকে। লিকি এয়ার স্টার্টিং ভাল্‌ভ অথবা অন্য কোনো কারণে যদি কখনো গরম গ্যাস অদগ্ধ তেলসহ স্টার্টিং এয়ার লাইনে প্রবেশ করে, তখন ওই অয়েল ফিল্ম প্রজ্বলিত হয়ে ওঠে। সেই মুহূর্তে স্টার্টিং এয়ার লাইনে সংনমিত বাতাস প্রয়োগ করা হলে বিস্ফোরণ সংঘটিত হওয়ার আশঙ্কা থাকে। তাই এয়ার স্টার্টিং ভাল্‌ভগুলি নিয়মিত ওভারহল করা, গ্রিজিং করা এবং পাইপ লাইনের ভেতরের অংশ পরিষ্কার করা আবশ্যক। চালু ইঞ্জিনের এয়ার পাইপ হাত দিয়ে স্পর্শ করে এয়ার স্টার্টিং ভাল্‌ভ লিকি কিনা বুঝা যায়। লিকি এয়ার স্টার্টিং ভাল্‌ভ সাথে সাথে বদলানো দরকার এবং জরুরি ক্ষেত্রে পাইপ লাইন ব্ল্যাঙ্ক করে রাখা দরকার।

মাত্রাতিরিক্ত চাপ ও বিস্ফোরণের হাত থেকে রক্ষা পাওয়ার জন্য এয়ার স্টার্টিং সিস্টেমে রিলিফ ভাল্‌ভ, বার্স্টিং ডিস্ক, নন–রিটার্ন ভাল্‌ভ ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এছাড়া এয়ার লাইনের উপর প্রতিটি এয়ার স্টার্টিং ভাল্‌ভের কাছাকাছি ফ্লেম–ট্র্যাপ বসানো থাকে



চিত্র ৭.২ : অটোমেটিক রিলে ভাল্‌ভ।

এয়ার কিক দেয়ার আগে ফ্লাইহুইল এবং ক্র্যাঙ্কশ্যাফট বাধামুক্ত আছে কিনা ভালো করে দেখে নেয়া আবশ্যক। অন্যথায় মারাত্মক দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা থাকে। কোন

কোনো স্টার্টিং এয়ার সিস্টেমে 'সেফটি ইন্টারলক' থাকে, এতে টার্নিং গিয়ার এনগেজ থাকাবস্থায় ইঞ্জিনে স্টার্টিং এয়ার প্রয়োগ করা যায় না।

স্টার্টিং এয়ার টাইমিংস

স্টার্টিং এয়ার টাইমিংস-এর প্রধান লক্ষ্য হচ্ছে যে কোনো ক্র্যাঙ্ক পজিশনে অন্তত একটি সিলিন্ডারে বাতাস সরবরাহের ব্যবস্থা রাখা হয় এবং তা শেষ হওয়ার আগেই আরেকটি সিলিন্ডারে বাতাস প্রবেশ নিশ্চিত করা। সিলিন্ডারে বাতাস প্রবেশ 'শুরু' হয় পাওয়ার স্ট্রোকে, টিডিসি'র সামান্য পরে। বাতাস প্রবেশের স্থায়িত্বকাল নির্ভর করে ইঞ্জিন টাইপের উপর। ৬-সিলিন্ডার টু-স্ট্রোক ও ফোর-স্ট্রোক ইঞ্জিনে বাতাস প্রবেশের স্থায়িত্বকাল যথাক্রমে (ক) (৩৬০° ÷ ৬) + ওভারল্যাপিং এবং (খ) (৭২০° ÷ ৬) + ওভারল্যাপিং।

ধরা যাক, প্রথম ইঞ্জিনে বাতাস প্রবেশের স্থায়িত্বকাল টিডিসি'র ১৫° পর থেকে ৯০° পর্যন্ত (মোট ৭৫°)। এক্ষেত্রে, ওভারল্যাপিং-এর সময়সীমা ১৫° (৭৫° - ৬০°)। অর্থাৎ একটি সিলিন্ডারে বাতাস প্রবেশ শেষ হওয়ার ১৫° আগেই অপর আরেকটি সিলিন্ডারে বাতাস প্রবেশ শুরু হয়। এই টাইমিংস মোটামুটিভাবে নির্ভরযোগ্য। বাতাস প্রবেশ টিডিসি'র আরো কাছে (যেমন টিডিসি'র ৫° পর) হলে, ১৫° ওভারল্যাপিং যথেষ্ট নয় অর্থাৎ ওভারল্যাপিং-এর সময়সীমা তখন বাড়ানো দরকার।

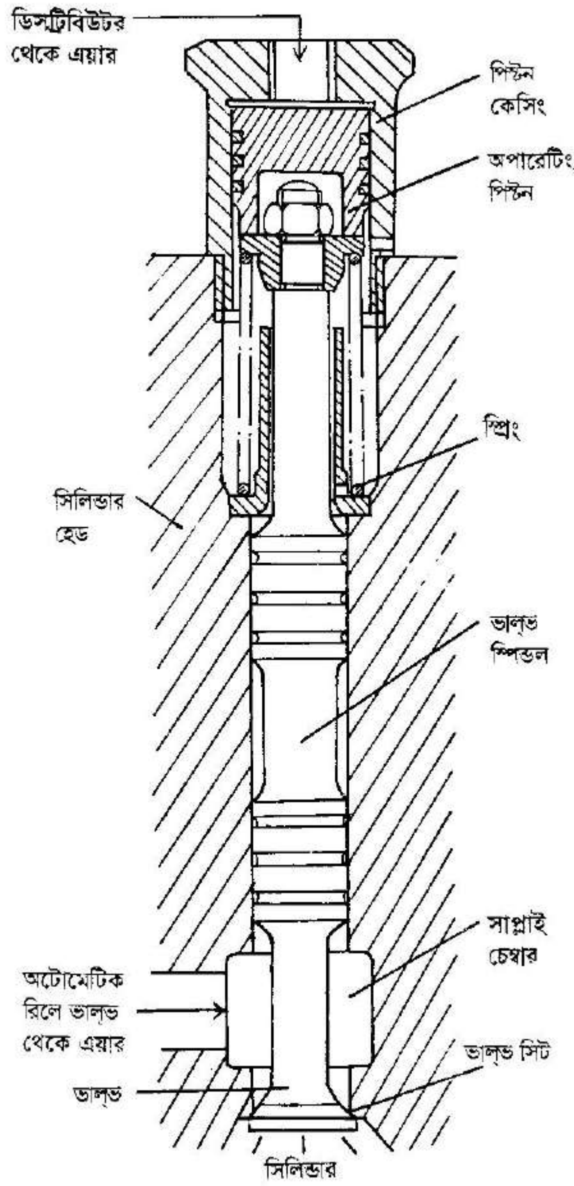
সিলিন্ডারের সংনমন চাপ স্টার্টিং এয়ারের চাপ অপেক্ষা অধিক হলে ইঞ্জিন ঘুরানোর ক্ষেত্রে ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের টার্নিং মোমেন্ট গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। বিলম্বিত বাতাস প্রবেশ, দীর্ঘায়িত ওভারল্যাপিং, বৃহদাকার ফ্লাইহুইল ইত্যাদি ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের টার্নিং মোমেন্ট উন্নততর করে।

এগজস্ট পোর্টস/ভাল্ভ খোলার আগেই বাতাস প্রবেশ শেষ হওয়া দরকার, অন্যথায় স্টার্টিং এয়ার-এর অপচয় এবং তা থেকে মারাত্মক দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা থাকে। সিলিন্ডারের সংখ্যা যত বেশি হয় ওভারল্যাপিং-এর সময়সীমা তত বৃদ্ধি পায়, অর্থাৎ বাতাস প্রবেশের শুরু বিলম্বিত হয়- যা সুষ্ঠু ইঞ্জিন স্টার্টিং-এর সহায়ক। ৬-সিলিন্ডার টু-স্ট্রোক ইঞ্জিনে স্টার্টিং এয়ার (বা ফুয়েল ইনজেকশন) টাইমিংস সচরাচর ১-৫-৩-৬-২-৪ হয়।

সেল্ফ স্টার্টিং

ছোট ইঞ্জিনের স্টার্টিং সাধারণত ব্যাটারি দ্বারা সম্পন্ন হয়, যাকে সেল্ফ স্টার্টিং বলে। এই ব্যাটারি যাতে সর্বক্ষণ নির্দিষ্ট ভোল্টে (যেমন ১২ ভোল্ট) কার্যকর থাকে তার জন্য একই ইঞ্জিনচালিত ডায়নামো বা অল্টারনেটর দ্বারা অটো-চার্জিং'এর ব্যবস্থা রাখা হয়।

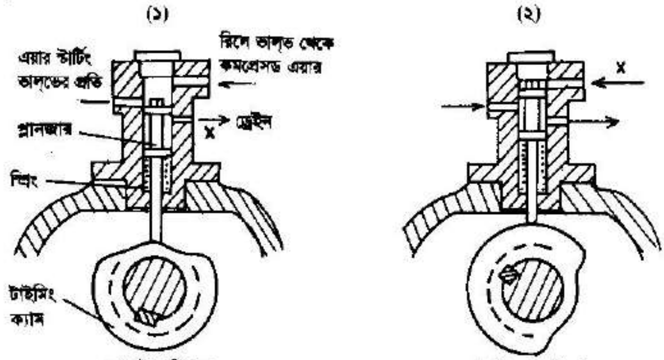
স্টার্টিং-এর সময় স্টার্ট-সুইচ অপারেট করামাত্র ব্যাটারি থেকে বিদ্যুৎ সলিনয়েড ও মোটর প্রবাহিত হয়। সলিনয়েড তখন মোটরের আর্মেচার শ্যাফটের সাথে সংযুক্ত পিনিয়ন গিয়ারকে টেনে (স্প্রিং প্রেশারের বিপরীতে) ইঞ্জিনের ফ্লাইহুইল গিয়ারের সাথে সংযুক্ত



চিত্র ৭.৩ : এয়ার স্টার্টিং ভাল্‌ভ।

করে, ফলে মোটর ঘোরার সাথে সাথে ইঞ্জিনও ঘুরতে থাকে। এ সময় ইঞ্জিন স্টার্ট নিলে সাথে সাথে স্টার্ট–সুইচ অপারেট করে সলিনয়েড ও মোটরে বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ করে দেয়া হয়। মোটরের পিনিয়ন গিয়ার তখন ফ্লাইহুইল থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে আবার পূর্বাবস্থায় ফিরে আসে।

ছোট ইঞ্জিনের স্টার্টিং কিছুদিন আগেও হ্যান্ডেল (হস্তচালিত) দ্বারা সম্পন্ন হতো। সেল্ফ স্টার্টিং–এর উত্তরোত্তর জনপ্রিয়তা বৃদ্ধি হ্যান্ডেল দ্বারা ইঞ্জিন স্টার্টিং–এর রীতিকে দিন দিন বিলুপ্তির পথে নিয়ে যাচ্ছে।



চিত্র ৭.৪ : এয়ার ডিসট্রিবিউটর ভাল্‌ভ।

রিভারসিং

প্রধান মেরিন ইঞ্জিনগুলি সাধারণত ধীরগতি (টু–স্ট্রোক) ডিরেক্টকাপল্ড টাইপ হয় এবং এগুলিতে রিভারসিং–এর ব্যবস্থা থাকে। মধ্যম ও উচ্চগতি (ফোর–স্ট্রোক) ইঞ্জিনগুলি সাধারণত ইউনিডাইরেকশনাল টাইপ হয় এবং এগুলিতে রিডাকশন গিয়ার থাকে। ফোর–স্ট্রোক ইঞ্জিনেও রিভারসিং–এর ব্যবস্থা থাকতে পারে, তবে এই রিভারসিং ব্যবস্থাগুলির যান্ত্রিক গঠন টু–স্ট্রোক ইঞ্জিনের তুলনায় বেশ জটিল।

রিভারসিং–এর জন্য প্রকৃতপক্ষে কয়েকটি টাইমিংস পরিবর্তন করা প্রয়োজন, যেমন ফুয়েল ইনজেকশন টাইমিংস, স্টার্টিং এয়ার টাইমিংস, ইনলেট ও এগজস্ট ভাল্‌ভ টাইমিংস–যেগুলি সরাসরি ক্যামশ্যাফট দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। তাই রিভারসিং পদ্ধতিগুলির মূল লক্ষ্যবস্তু ক্যামশ্যাফট।

ইঞ্জিন বন্ধ থাকাবস্থায় রিভারসিং সম্পন্ন করা হয়। এ সময় ক্র্যাঙ্কশ্যাফট এবং ইঞ্জিন ড্রাইভ স্থির থাকে। এই সিস্টেমগুলিতে সেফটি ইন্টারলক থাকে, ফলে রিভারসিং শেষ না হওয়া পর্যন্ত ইঞ্জিনে স্টার্টিং এয়ার প্রয়োগ করা যায় না। রিভারসিং মেকানিজমগুলি

অত্যন্ত নির্ভরযোগ্য এবং তেমন কোনো যত্ন ছাড়াই দীর্ঘদিন কার্যকর থাকে। নিচে দুটি বহুল ব্যবহৃত রিভারসিং পদ্ধতি সম্পর্কে আলোচনা করা হলো।

(ক) ক্যামশ্যাফট লস্ট মোশান পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে, ক্যামশ্যাফটের এক প্রান্তে বসানো থাকে সার্ভোমোটর (চিত্র ৭.৫)। ইঞ্জিন চলাকালে ইঞ্জিন ড্রাইভ এই সার্ভোমোটরের সাহায্যে ক্যামশ্যাফট ঘুরায়। সার্ভোমোটরে রয়েছে একটি রোটেটিং ফ্ল্যাপ, যা সরাসরি ক্যামশ্যাফটের সাথে সংযুক্ত থাকে। রোটেটিং ফ্ল্যাপ সার্ভোমোটরের ভেতর একটি নির্দিষ্ট কোণে (এক্ষেত্রে ৯৮°) উভয়দিকে ঘুরতে পারে।

ইঞ্জিনের যে কোনো অবস্থায়, কন্ট্রোল অয়েল (আনুঃ চাপ ৩–৬ কেজি/সেন্টি² ফ্ল্যাপটিকে একপাশ থেকে ঠেলে অপরপাশে স্টপারের গায়ে চেপে রাখে এবং ইঞ্জিন চালু হওয়ামাত্র এই সংযোজনটি মোশান–ক্লাচ হিসেবে কাজ করে। রিভারসিং-এর সময় ইঞ্জিন বন্ধ করে ফ্ল্যাপটির অপরপাশে কন্ট্রোল অয়েল প্রয়োগ করা হলে ক্যামশ্যাফটসহ ফ্ল্যাপটি ঘুরতে থাকে যতক্ষণ না তা প্রথম পাশের স্টপারের গায়ে গিয়ে ঠেকে। ফ্ল্যাপটির একপাশে যখন কন্ট্রোল অয়েল প্রয়োগ করা হয়, অপরপাশ থেকে তখন অয়েল ড্রেইন হয়ে যায়।

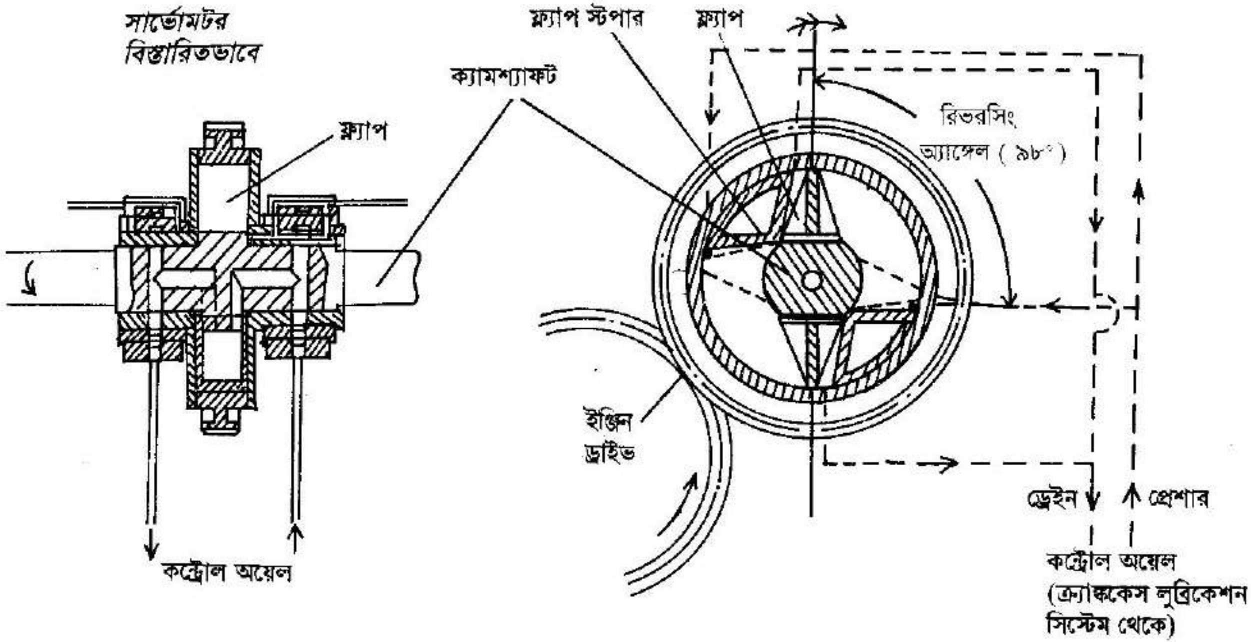
কন্ট্রোল অয়েল, ক্র্যাঙ্ককেস লুব্রিকেশন সিস্টেমেরই অংশবিশেষ। এ পদ্ধতিতে, ক্যামশ্যাফটকে একটি নির্দিষ্ট কোণে উল্টোদিকে ঘুরতে হয় বলে একে 'ক্যামশ্যাফট লস্ট মোশান' পদ্ধতি বলে।

(খ) ক্যামশ্যাফট স্থানান্তরকরণ পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে, ক্যামশ্যাফটের উপর দুই সেট ক্যাম (পাশাপাশি) এবং একপ্রান্তে সার্ভো–পিস্টন (চিত্র ৭.৬) সংযুক্ত থাকে। সার্ভোপিস্টন দ্বারা ক্যামশ্যাফট লম্বালম্বি স্থানান্তর করে অর্থাৎ ক্যাম চেঞ্জওভারের মাধ্যমে রিভারসিং সম্পন্ন করা হয়। ডাবল ক্যামগুলি যতটা সম্ভব কাছাকাছি রাখা হয়, যাতে ক্যামশ্যাফট সামান্য সরিয়েই ক্যাম চেঞ্জওভার করা যায়।

সার্ভো–পিস্টনের দুপাশে থাকে দুটি অয়েল চেম্বার। একপাশের চেম্বারে কন্ট্রোল এয়ার (আনুঃ চাপ ১৬–৩০ কেজি/সেন্টি²) প্রয়োগ করা হলে পিস্টনটি অপরপাশে সরে যায়, অর্থাৎ ক্যামশ্যাফট স্থানান্তরিত হয়। উল্লেখ্য, অয়েল চেম্বারের একটিতে কন্ট্রোল এয়ার প্রয়োগ করা হলে অন্য চেম্বার থেকে প্রেশার–এয়ার ড্রেইন হয়ে যায়।

ইঞ্জিন চালু থাকা অবস্থায় কন্ট্রোল এয়ার বন্ধ এবং সার্ভো–পিস্টন স্থির থাকে। এ সময় পিস্টনটি যাতে 'এন্ড পজিশন' থেকে কোনোমতে সরে যেতে না পারে তার জন্য ইন্টারলক–এর ব্যবস্থা রাখা হয়।

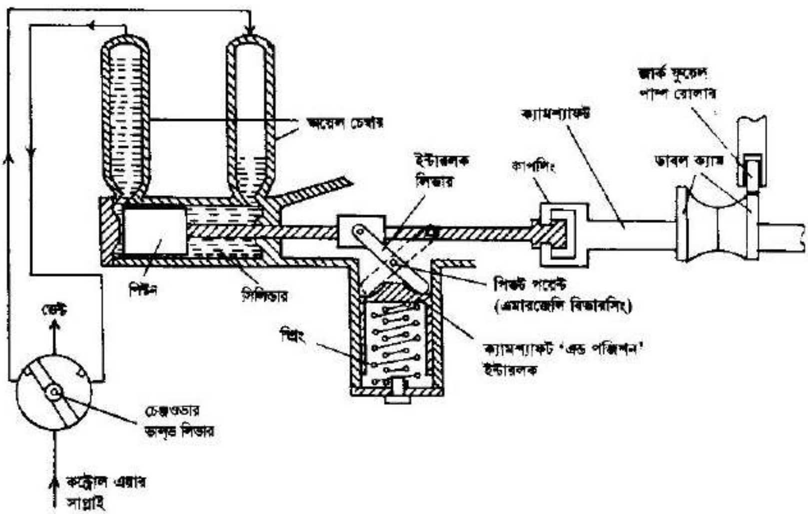
উপরে আলোচিত রিভারসিং পদ্ধতি দুটি সচরাচর টু–স্ট্রোক ইঞ্জিনে ব্যবহৃত হয়। তবে শেষের পদ্ধতিটির সামান্য পরিবর্তন করে তা ফোর–স্ট্রোক ইঞ্জিনেও ব্যবহার করা যায়। ফোর–স্ট্রোক ইঞ্জিনে ক্যামশ্যাফটের উপর ইনলেট/এগজস্ট ভাল্‌ভ ড্রাইভিং ক্যাম থাকে। রিভারসিং–এর সময় এই ক্যামশ্যাফট যাতে সহজে চলাচল করতে পারে তার জন্য রকিং–লিভারগুলিকে উঁচু করে তুলে ধরার ব্যবস্থা রাখতে হয়।



চিত্র ৭.৫ : ইঞ্জিন রিভারসিং (ক্যামশ্যাফট লস্ট মোশান পদ্ধতি)।

সংনমিত বাতাস

কারিগরি ক্ষেত্রে সংনমিত বাতাস অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। ইঞ্জিন স্টার্টিং ও রিভারসিং-এর মতো গুরুত্বপূর্ণ কাজ ছাড়াও নানাবিধ যন্ত্রাংশ পরিস্কার করা, প্রেশার টেস্ট করা, কন্ট্রোল মনিটর করা ইত্যাদির জন্য সংনমিত বাতাস ব্যবহৃত হয়ে থাকে।



চিত্র ৭.৬ : ইঞ্জিন রিভারসিং (ক্যামশ্যাফট স্থানান্তরকরণ পদ্ধতি ।।

বায়ুমণ্ডলের মুক্ত বাতাস সংনমনের মাধ্যমে সংনমিত বাতাসে রূপান্তরিত করা হয়। এ কাজে যে যন্ত্রটি ব্যবহৃত হয় তাকে এয়ার কমপ্রেসর বলে। সাধারণত দুই ধরনের এয়ার কমপ্রেসর থাকে- রোটারি এবং রেসিপ্রোকেটিং টাইপ। বিশাল আয়তনের বাতাস নিম্ন চাপে সরবরাহের কাজে রোটারি টাইপ (যেমন ব্লোয়ার) এবং উচ্চ চাপে সরবরাহের কাজে রেসিপ্রোকেটিং টাইপ কমপ্রেসর ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

রেসিপ্রোকেটিং এয়ার কমপ্রেসর

রেসিপ্রোকেটিং এয়ার কমপ্রেসর বিভিন্ন ধরনের হয়, কিন্তু ব্যবহারিক ক্ষেত্রে প্রথমত টু-স্টেজ (চিত্র ৭.৭ এবং ৭.৮), অতঃপর থ্রি-স্টেজ কমপ্রেসর অত্যন্ত জনপ্রিয়। মাল্টি-স্টেজ কমপ্রেসরগুলি অধিকতর ভারসাম্যপূর্ণ হয়, এগুলির সাহায্যে প্রয়োজনানুরূপ উচ্চ চাপ উৎপাদন করা যায়।

রেসিপ্রোকেটিং কমপ্রেসর সাইকেল ঃ ৭.৯ চিত্রানুসারে-

১ পিস্টন টিডিসিতে। সংনমিত বাতাসের ডেলিভারি শেষ, ডেলিভারি ভাল্ভ বন্ধ ও সময় সিলিন্ডারে কিছু সংনমিত বাতাস অবশিষ্ট থাকে, যার পরিমাণ সরাসরি

ক্লিয়ারেন্স ভলিউমের ওপর নির্ভরশীল।

১−২ পিস্টন নিচে নামছে। এ সময় সিলিন্ডারের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপে নেমে আসে।

২ সাকশন ভাল্‌ভ খোলা, সাকশন শুরু।

২−৩ বায়ুমণ্ডল থেকে বাতাস সাকশন।

৩ পিস্টন বিডিসিতে। বাতাস সাকশন শেষ, সাকশন ভাল্‌ভ বন্ধ।

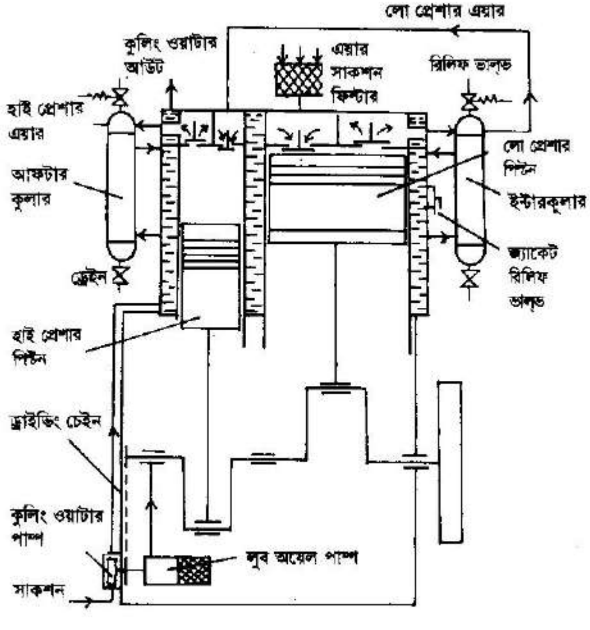
৩−৪ পিস্টন উপরে উঠছে। এ সময় বাতাসের সংনমন চলতে থাকে।

৪ ডেলিভারি ভাল্‌ভ খোলা, সংনমিত বাতাসের ডেলিভারি শুরু।

৪−১ সংনমিত বাতাস ডেলিভারি।

প্রকৃত ইনডিকেটর কার্ডে সাকশন ও ডেলিভারি ভাল্‌ভের জড়তা এবং স্প্রিং-এর আচরণ স্পষ্ট ধরা পড়ে। যেমন, জড়তার কারণে ভাল্‌ভের খোলা-বন্ধ কিছুটা বিলম্বিত হয় এবং স্প্রিং-এর স্বভাবগত কারণে সাকশন ও ডেলিভারি চাপ সারাক্ষণ ওঠানামা করে।

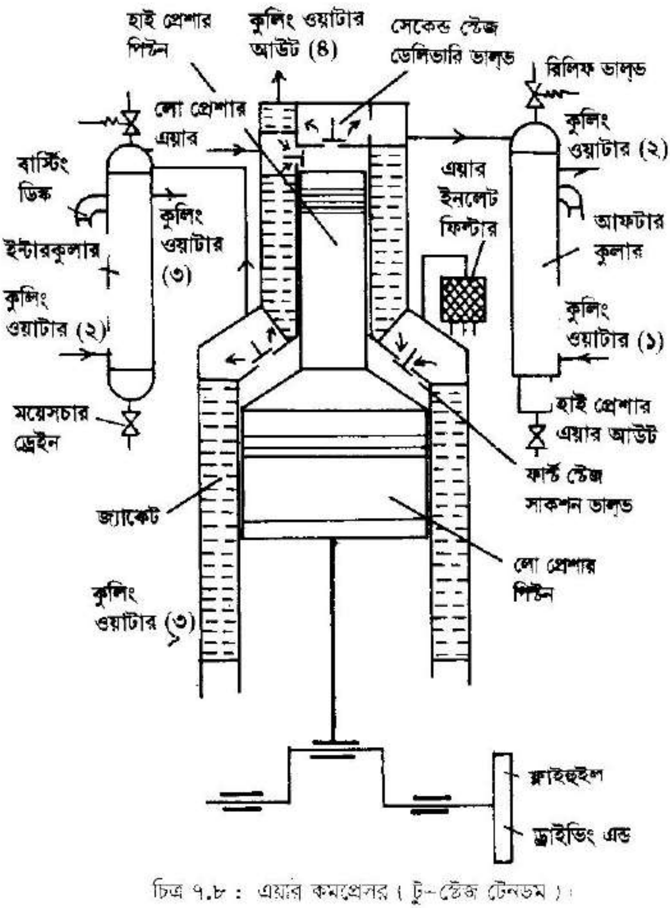
এয়ার কমপ্রেসরের ভলিউমেট্রিক এফিসিয়েন্সি নির্ভর করে তার ক্লিয়ারেন্স ভলিউমের ওপর। ক্লিয়ারেন্স ভলিউম যত বাড়ে, কার্যকরী সাকশন স্ট্রোক তত কমে যায়, ফলে ভলিউমেট্রিক



চিত্র ৭.৭ : এয়ার কমপ্রেসর (টু-স্টেজ)।

এফিসিয়েন্সি হ্রাস পায় (চিত্র ৭.১০)। এ কারণে ক্লিয়ারেন্স ভলিউম যতটা সম্ভব কম (মাত্রাধিক কম হলে সিলিন্ডার হেডের সাথে পিস্টনের সংঘর্ষ হতে পারে) হওয়া বাঞ্ছনীয়। পিস্টন অথবা সিলিন্ডার হেডের উচ্চতা বাড়িয়ে–কমিয়ে ক্লিয়ারেন্স ভলিউম নির্ধারণ করা যায়।

এয়ার কমপ্রেশন সিস্টেমে এয়ার কুলারের ব্যবহার অত্যাবশ্যক। মাল্টি–স্টেজ কমপ্রেসরে স্টেজদ্বয়ের মাঝামাঝি স্থানে এয়ার কুলার (ইন্টারকুলার) স্থাপন করে কমপ্রেসরের দক্ষতা বৃদ্ধি করা যায়। ইন্টারকুলারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় সংনমিত বাতাসের চাপ অপরিবর্তিত থাকে, কিন্তু তাপমাত্রা ও আয়তন হ্রাস পায়, ফলে পরবর্তী স্টেজে সংনমনের সময় কমপ্রেসরের শক্তি বিশোষণও হ্রাস পায়।



চিত্র ৭.৮ : এয়ার কমপ্রেসর (টু–স্টেজ টেনডম)।

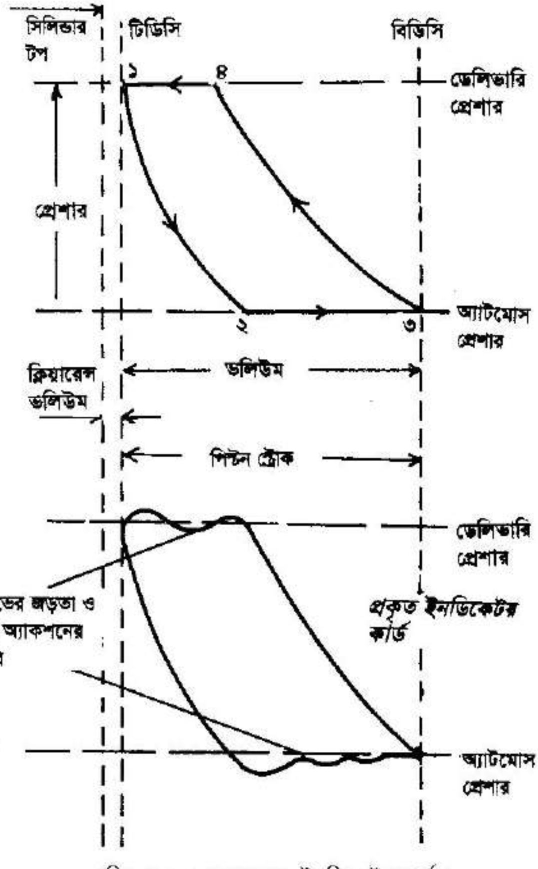
৭.১০ চিত্রানুসারে–

১–২ ফার্স্ট স্টেজ কমপ্রেশন।

২–২́ অপরিবর্তিত চাপে সংনমিত বাতাসের আয়তন হ্রাস। ইন্টারস্টেজ কুলিং–এর প্রভাব)।

২́–৩ সেকেন্ড স্টেজ কমপ্রেশন।

২–২́–৩–৩́ ইন্টারস্টেজ কুলিং–এর ফলে কমপ্রেসরের কার্য হ্রাস।

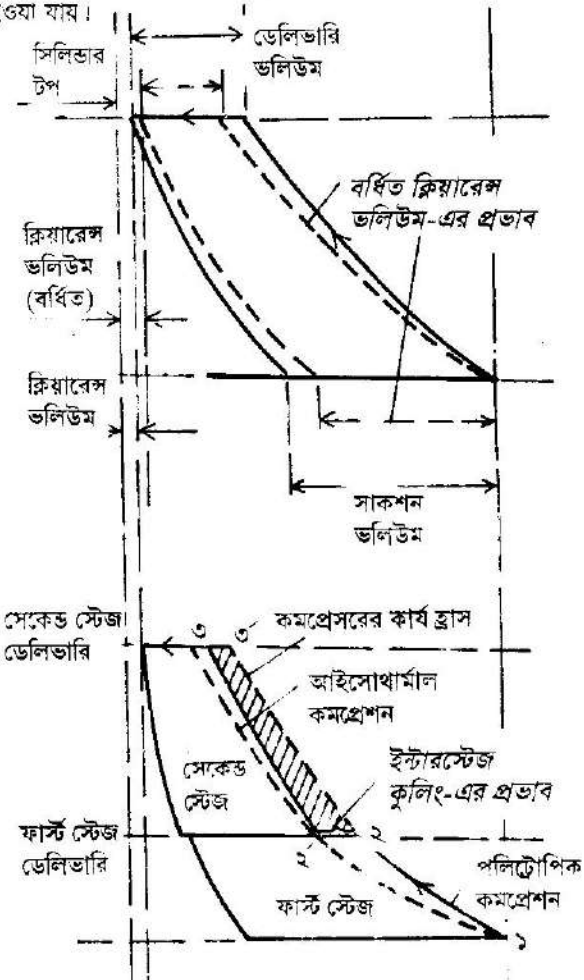


চিত্র ৭.৯ ঃ কমপ্রেসর ইনডিকেটর কার্ড।

সংনমিত বাতাসের যথাযথ তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণের জন্য এয়ার কুলারকে সর্বক্ষণ কর্মক্ষম রাখা দরকার। অতিউত্তপ্ত বাতাস সিলিন্ডার লুব্রিকেশন জটিল করে তোলে, কমপ্রেসরের

BANSDOC Library
Accession No. 18050

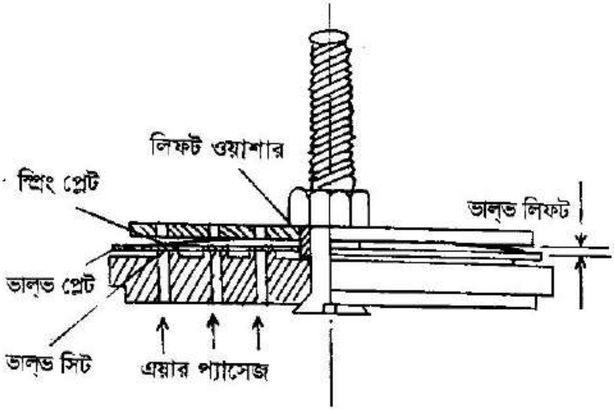
কর্মদক্ষতা হ্রাস করে, এমনকি স্টার্টিং এয়ার লাইনে বিস্ফোরণও ঘটাতে পারে। এয়ার রিসিভারের ফিলিং লাইনে তাই অ্যালার্ম বা ফিউজিবল প্লাগ (আনুমানিক ১২১° সেলসিয়াস তাপমাত্রায় গলে যায়) ব্যবহার করা হয়। এর ফলে অতিউত্তপ্ত বাতাস সম্পর্কে যথা সময়ে অবগত হওয়া যায়।



চিত্র ৭.১০ : এয়ার কমপ্রেসর ক্লিয়ারেন্স ভলিউম ও স্টেজ কুলিং–এর প্রভাব।

এয়ার কমপ্রেসরের প্রতিটি স্টেজে হাই প্রেশার লাইনের উপর রিলিফ ভাল্‌ভ ব্যবহার করা হয়। এছাড়া আকস্মিক চাপ বৃদ্ধিজনিত কারণে সম্ভাব্য দুর্ঘটনা এড়ানোর জন্য এয়ার কুলার বা কমপ্রেসর জ্যাকেটের উপর বার্স্টিং ডিস্ক অথবা রিলিফ ভাল্‌ভ বসানো হয়।

কমপ্রেসরের সুষ্ঠু পরিচালনা নিশ্চিত করার জন্য নিয়মিত সাকশন ও ডেলিভারি ভাল্‌ভ (চিত্র ৭.১১) ওভারহল করা, এয়ার কুলার ও ফিল্টার পরিষ্কার করা এবং সিলিন্ডার লুব্রিকেশনের জন্য উপযুক্ত লুব অয়েল ব্যবহার করা আবশ্যক। প্রতিবার কমপ্রেসর চালু–বন্ধ করার আগে



চিত্র ৭.১১ : ডেলিভারি ভাল্‌ভ।

এয়ার কুলারের ড্রেইন ভাল্‌ভ খুলে দেয়া প্রয়োজন, এতে কুলারের ভেতর জমে থাকা অবাঞ্ছিত জলকণা বহিষ্কৃত হয়।

প্রশ্নমালা

১। এয়ার কমপ্রেসরের ভলিউমেট্রিক এফিসিয়েন্সি কি আলোচনা কর। নিচে বর্ণিত ত্রুটিগুলি মাল্টি–স্টেজ রেসিপ্রোকেটিং এয়ার কমপ্রেসরের কার্যক্রিয়াকে কিভাবে প্রভাবিত করে বর্ণনা কর :

(ক) ইন্টারকুলারে কুলিং ওয়াটারের প্রবাহ বন্ধ,

(খ) ক্ষয়প্রাপ্ত ক্র্যাঙ্কশ্যাফট বিয়ারিং এবং

(গ) ভাঙ্গা বা ক্ষয়প্রাপ্ত স্ক্রেপার রিং।

২। বৃহদাকার ইঞ্জিনের স্টার্টিং এয়ার সিস্টেম চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। কিভাবে ইঞ্জিন রিভারসিং সম্পন্ন করা হয়। রিভারসিং সিস্টেমে কি ধরনের নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা থাকে আলোচনা কর।

৩। রেসিপ্রোকেটিং এয়ার কমপ্রেসর সূত্রে ব্যাখ্যা কর- কেন

(ক) ক্লিয়ারেন্স ভলিউম যতটা সম্ভব কম হওয়া প্রয়োজন,

(খ) সাকশন/ডেলিভারি ভাল্ভ প্লেট টাইপ হয়,

(গ) প্লেট টাইপ ভাল্ভগুলি স্প্রিং লোডেড হয়,

(ঘ) কুলারে রিলিফ ভাল্ভের পরিবর্তে বার্স্টিং ডিস্ক বসানো হয়।

৪। রেসিপ্রোকেটিং কমপ্রেসরের কর্মদক্ষতা কিভাবে হ্রাস পায় আলোচনা কর। কিভাবে ত্রুটিগুলি প্রত্যক্ষ করে সংশোধন করা যায় ?

৫। এয়ার স্টার্টিং-এর ক্ষেত্রে ওভারল্যাপিং কি বর্ণনা কর। নিম্নলিখিত বিষয়গুলি দ্বারা কিভাবে ওভারল্যাপিং প্রভাবিত হয় :

(ক) সিলিন্ডারের সংখ্যা,

(খ) এগজস্ট টাইমিংস,

(গ) টার্বোচার্জিং।

৬। রেসিপ্রোকেটিং কমপ্রেসর সূত্রে নিচে বর্ণিত ত্রুটিগুলির কারণ উল্লেখ কর :

(ক) ডেলিভারি ভাল্ভ স্প্রিং-এর আকস্মিক ক্রিয়াশক্তি লোপ,

(খ) প্লেট ভাল্ভে ফাটল,

(গ) বাধামুক্ত সাকশন সত্ত্বেও সংনমিত বাতাস মাত্রাধিক গরম,

(ঘ) কার্যকর ভূমিকা পালনে পিস্টন রিং-এর ব্যর্থতা।

৭। রেসিপ্রোকেটিং এয়ার কমপ্রেসর সূত্রে ব্যাখ্যা কর- কেন

(ক) হাই প্রেশার পিস্টনের অ্যালাইনমেন্ট বজায় রাখা আবশ্যক,

(খ) স্প্রিং লোডেড ভাল্ভ কার্যকরভাবে অত্যন্ত জনপ্রিয়,

(গ) ভাল্ভের লিফট অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ,

(ঘ) এয়ার কুলার সমতল না হয়ে খাড়া হওয়াই শ্রেয়।

৮। মেইন এয়ার কমপ্রেসর সূত্রে ব্যাখ্যা কর- কেন

(ক) এগুলি সাধারণত মাল্টি-স্টেজ, রেসিপ্রোকেটিং টাইপ হয়,

(খ) এগুলির অভ্যন্তরীণ পরিচ্ছন্নতা বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

৯। স্টার্টিং এয়ার সিস্টেমের একটি পরিপূর্ণ লাইন ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে তার কার্যক্রিয়া বর্ণনা কর। চিত্রের সাহায্যে ইঞ্জিন রিভারসিং পদ্ধতি আলোচনা কর।

১০। রেসিপ্রোকেটিং এয়ার কমপ্রেসর সূত্রে নিচে উল্লিখিত বক্তব্যের যথার্থতা সম্পর্কে যুক্তিসঙ্গত মতামত দাও :

(ক) বটম এন্ড বিয়ারিং এবং মেইন বিয়ারিং-এর মাত্রাধিক ক্ষয় কমপ্রেসরের সুষ্ঠু কার্যক্রিয়া ব্যাহত করে।

(খ) ডেলিভারি লাইনে উচ্চমাত্রার বাতাসের প্রবাহ সুবিধাজনক।

(গ) ডেলিভারি পাইপ পরিচ্ছন্ন ও বাধামুক্ত হওয়া ভালো।

পেট্রোল ইঞ্জিন

পেট্রোল ইঞ্জিনের নিম্নমাত্রার শক্তি উৎপাদন, দুর্মূল্য এবং জ্বালানি সংরক্ষণ বিপজ্জনক বলে ছোট ছোট প্লান্টগুলিতেই। যেমন মোটরযানে। এর ব্যবহার সীমিত। এগুলির গঠন, বিয়ারিং লুব্রিকেশন, কুলিং, স্টার্টিং ইত্যাদি ডিজেল ইঞ্জিনের অনুরূপ, শুধু জ্বালানি দহন ব্যবস্থা আলাদা। বইটিতে তাই পেট্রোল ইঞ্জিনের জ্বালানি দহন ব্যবস্থার উপর বিশেষভাবে আলোকপাত করা হলো।

অষ্টম অধ্যায়

জ্বালানি দহন ব্যবস্থা

পেট্রোল উদ্বায়ী বস্তু। মুক্ত বাতাসে এটি আপনাআপনিই বাষ্পীভূত হয়। বাষ্পীভূত পেট্রোল গরম বস্তু, স্পার্ক অথবা জ্বলন্ত সিগারেটের স্পর্শে সহসা প্রজ্বলিত হতে পারে বলে এটি ব্যবহারের সময় বিশেষ সাবধানতা অবলম্বন করা দরকার।

পেট্রোল ইঞ্জিনের সুষ্ঠু দহন নিশ্চিত করার জন্য পেট্রোলের বাষ্পীভবন বৈশিষ্ট্যকে কাজে লাগানো হয়। সিলিন্ডারে পৌঁছার আগেই এটি পুরোপুরি বাষ্পে পরিণত হওয়া আবশ্যক। অন্যথায় অসম্পূর্ণ দহনের সৃষ্টি হয়ে শক্তি উৎপাদন হ্রাস, এমনকি সিলিন্ডার লুব্রিকেশনে ত্রুটি দেখা দিতে পারে। তবে মাত্রাধিক বাষ্পীভবন বৈশিষ্ট্য ভালো নয়। এক্ষেত্রে ফুয়েল সিস্টেমে ভেপারলক–এর সৃষ্টি হয়ে প্রবাহ বন্ধ হয়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

পেট্রোল ইঞ্জিনের জ্বালানি দহন ব্যবস্থায় থাকে সাধারণত ফুয়েল ট্যাঙ্ক, ফুয়েল পাম্প, কার্বুরেটর, ফুয়েল ফিল্টার, এয়ার ক্লিনার, ইগনিশন সিস্টেম ইত্যাদি। নিচে এগুলি সম্পর্কে আলোচনা করা হলো।

ফুয়েল ট্যাঙ্ক

ফুয়েল ট্যাঙ্ক ইঞ্জিনের অবস্থান থেকে কিছুটা দূরে রাখা হয়। এতে অতিরিক্ত নিরাপত্তার নিশ্চয়তা থাকে। এগুলি সাধারণত স্টিল প্লেট (বা শিট) অথবা প্লাস্টিকের তৈরি হয়।

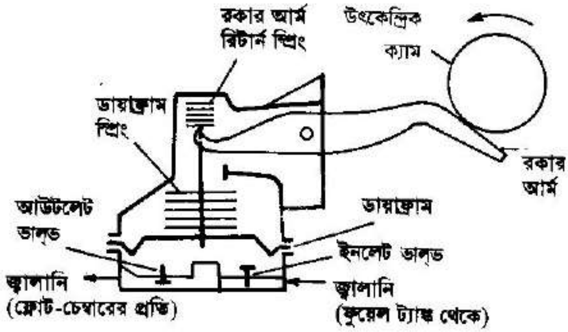
ফুয়েল ট্যাঙ্কের উপরিভাগে থাকে এর মুখ, যা জ্বালানি ভর্তির কাজে ব্যবহৃত হয়। মুখটি সবসময় বন্ধ রাখা প্রয়োজন। তা না হলে পেট্রোল বাষ্পীভূত হয়ে ধীরে ধীরে বাতাসে মিশে যাবে। ফুয়েল ট্যাঙ্কে আরো থাকে একটি এয়ার ভেন্ট। বাষ্পীভূত পেট্রোল যাতে এয়ার ভেন্ট দিয়ে বাতাসে মিশে যেতে না পারে তার জন্য যথাযথ ব্যবস্থা রাখা হয়।

ফুয়েল পাম্প

ফুয়েল পাম্প ট্যাঙ্ক থেকে জ্বালানি সংগ্রহ করে কার্বুরেটরে পাঠায়। এগুলি সাধারণত দুই রকমের হয়, যেমন যান্ত্রিক ও বৈদ্যুতিক। ৮.১ চিত্রে যান্ত্রিক ফুয়েল পাম্পের কার্যক্রিয়া বর্ণনা করা হয়েছে।

যান্ত্রিক ফুয়েল পাম্পের প্রধান অংশ– রকার আর্ম, দুই সেট স্প্রিং সংবলিত একটি ফ্লেক্সিবল ডায়াফ্রাম এবং ফুয়েল ইনলেট ও আউটলেট ভাল্‌ভ (নন–রিটার্ন টাইপ)।

ইঞ্জিন চলাকালে ক্যামশ্যাফটের সংস্পর্শে এসে রকার আর্ম একবার উপরে ওঠে আরেকবার নিচে নামে। রকার আর্মের এই ওঠানামা দ্বারা ডায়াফ্রামের ওঠানামা নিয়ন্ত্রিত হয়। রকার আর্ম স্প্রিং প্রেশারের বিপরীতে ডায়াফ্রামকে টেনে উপরে তুললে ডায়াফ্রামের তলদেশে বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয়, তখন ফুয়েল ট্যাঙ্ক থেকে জ্বালানি ইনলেট ভাল্‌ভ হয়ে ডায়াফ্রামে প্রবেশ করে। রকার



চিত্র ৮.১ : যান্ত্রিক ফুয়েল পাম্প।

আর্ম আবার নিচে নেমে গেলে স্প্রিং প্রেশার ডায়াফ্রামকে ঠেলে নিচে নামায়। এ সময় ডায়াফ্রামের তলদেশে চাপের সৃষ্টি হয়ে ইনলেট ভাল্‌ভ বন্ধ এবং আউটলেট ভাল্‌ভ খুলে যায়। এভাবে ডায়াফ্রামের ওঠানামা দ্বারা পাম্পিং প্রক্রিয়া চলতে থাকে এবং ফুয়েল ট্যাঙ্ক থেকে জ্বালানি কার্বুরেটরে প্রবাহিত হয়।

কার্বুরেটরে পৌঁছার আগে জ্বালানি প্রথমে ফ্লোট-চেম্বারে যায় এবং সেখানে মোটামুটি একটি লেভেল রক্ষা করে। ফ্লোট-চেম্বার পূর্ণ হলে তার ইনলেট পোর্ট বন্ধ হয়ে যায় (নিড্‌ল ভাল্‌ভ দ্বারা), তখন পাম্পের ডেলিভারি লাইনে চাপের সৃষ্টি হয়ে ডায়াফ্রামও উপরের অবস্থানে স্থির হয়ে যায়, অর্থাৎ পাম্পিং প্রক্রিয়া তখন সাময়িকভাবে বন্ধ থাকে। ফ্লোট-চেম্বারের লেভেল আবার নিচে নেমে গেলে ইনলেট পোর্ট খুলে যায়। তখন পাম্পিং প্রক্রিয়া পুনরায় চালু হয়।

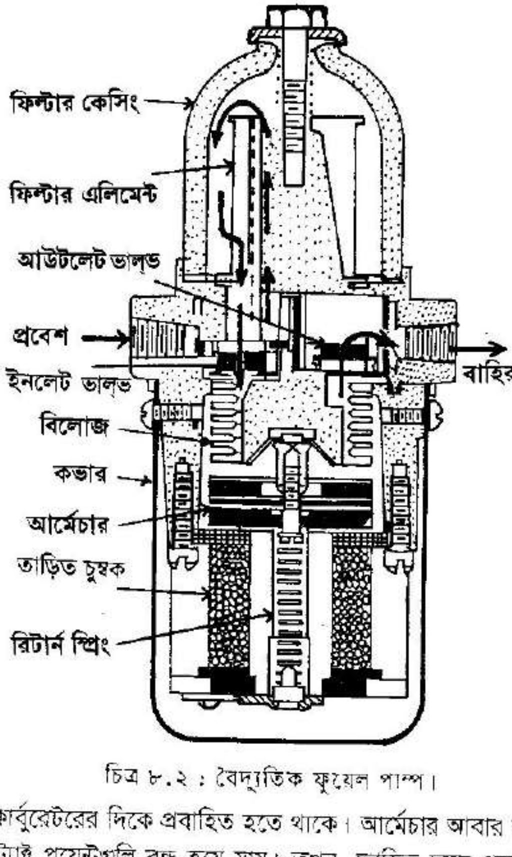
ফুয়েল পাম্পে পর্যায়ক্রমে বায়ুশূন্যতা ও চাপ সৃষ্টির জন্য জ্বালানির বাষ্পীভবন সূচিত হয়। এতে ফুয়েল সিস্টেমে ভেপারলক-এর সৃষ্টি হয়ে জ্বালানি প্রবাহ বন্ধ হয়ে যাওয়ার উপক্রম হয়। এই সমস্যার সমাধান কল্পে কোনো কোনো ফুয়েল সিস্টেমে ভেপার রিটার্ন লাইনের ব্যবস্থা রাখা হয়।

যান্ত্রিক ফুয়েল পাম্প কোনো রকম যত্ন ছাড়াই দীর্ঘদিন কার্যকর থাকে। এগুলির সার্ভিসিং বলতে সাধারণত নবায়নই বুঝায়। তবে প্রয়োজনীয় যন্ত্রাংশের প্রাপ্তি সাপেক্ষে মেরামতও সম্ভব।

যান্ত্রিক ফুয়েল পাম্পের পরই বৈদ্যুতিক ফুয়েল পাম্পের ব্যবহার ব্যাপক। এগুলি ফুয়েল ট্যাঙ্ক ও ইঞ্জিনের মাঝামাঝি স্থানে অথবা ফুয়েল ট্যাঙ্কের ভেতরে স্থাপিত হতে পারে। ফুয়েল ট্যাঙ্কের বাইরে স্থাপিত পাম্পগুলি মোটর অথবা তাড়িত চুম্বক চালিত হয়।

৮.২ চিত্রে বৈদ্যুতিক ফুয়েল পাম্পের কার্যক্রিয়া বর্ণনা করা হয়েছে। এগুলির প্রধান অংশ ফ্লেক্সিবল মেটাল বিলোজ, গ্নতাড়িত চুম্বক কয়েল এবং আর্মেচার।

তাড়িত চুম্বক ব্যাটারির সাথে সংযোগ স্থাপিত হওয়ামাত্র সক্রিয় হয়ে ওঠে এবং আর্মেচার ও তার সাথে সংযুক্ত বিলোজকে টেনে (স্প্রিং প্রেশারের বিপরীতে) নিচে নামায়, ফলে বিলোজের ভেতর আংশিক বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয়। এ সময় ফুয়েল ট্যাঙ্ক থেকে জ্বালানি ইনলেট ভাল্ভ হয়ে বিলোজের ভেতর প্রবেশ করে। আর্মেচার তার সবচেয়ে নিচের অবস্থানে পৌঁছে গেলে এটি এক সেট কনট্যাক্ট পয়েন্ট খুলে দেয়, তখন তাড়িত চুম্বকের সাথে ব্যাটারির সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়ে। এমতাবস্থায় আর্মেচার বিলোজসহ আগের অবস্থানে (স্প্রিং প্রেশারে) ফিরে যায়। এ সময় বিলোজের ভেতর চাপের সৃষ্টি হয়ে ইনলেট ভাল্ভ বন্ধ ও আউটলেট ভাল্ভ খুলে যায়, সেই



চিত্র ৮.২ : বৈদ্যুতিক ফুয়েল পাম্প।

সাথে জ্বালানিও কার্বুরেটরের দিকে প্রবাহিত হতে থাকে। আর্মেচার আবার আগের অবস্থানে ফিরে গেলে কনট্যাক্ট পয়েন্টগুলি বন্ধ হয়ে যায়। তখন তাড়িত চুম্বক পুনরায় সক্রিয় হয়ে আর্মেচারকে টেনে নিচে নামায়। এভাবে বিলোজের ওঠানামা দ্বারা পাম্পিং প্রক্রিয়া চলতে থাকে

এবং ট্যাঙ্ক থেকে জ্বালানি কার্বুরেটরের দিকে প্রবাহিত হয়। বৈদ্যুতিক ফুয়েল পাম্পের কার্যক্রিয়া যান্ত্রিক পাম্পের সীমাবদ্ধতাকে অনেকাংশে ছাড়িয়ে যায় বলে এটি অধিক ক্ষমতাসম্পন্ন ইঞ্জিনে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। ফুয়েল পাম্প ট্যাঙ্কের ভেতর স্থাপিত হলে ফুয়েল সিস্টেমে ভেপারলকজনিত সমস্যা লোপ পায়।

কার্বুরেটর

পেট্রোল ইঞ্জিনে বাতাস–জ্বালানির মিশ্রণ তৈরি একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। এই মিশ্রণ স্পার্ক ইগনিশনের উপযোগী এবং দ্রুত দহনের সহায়ক হওয়া প্রয়োজন। পাতলা মিশ্রণ (আনুঃ অনুপাত ২০ ঃ ১) ধীরগতিতে জ্বলে, ফলে শক্তি উৎপাদন ও দক্ষতা হ্রাস পায়। অপরদিকে ঘন মিশ্রণ (আনুঃ অনুপাত ৬ ঃ ১) যদিও দ্রুত দহনের সহায়ক, তথাপি একটি নির্দিষ্ট মাত্রার পর এর দক্ষতা হ্রাস পেতে থাকে। বাতাস–জ্বালানি মিশ্রণ তৈরির মূল লক্ষ্য হচ্ছে সর্বাল্প জ্বালানি ব্যবহার করে সর্বাধিক শক্তি উৎপাদন করা। কার্বুরেটর দ্বারা এই মিশ্রণ তৈরি করা যায়।

কার্বুরেটরে ভেনচুরির মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় বাতাসের চাপ অকস্মাৎ হ্রাস (এবং গতি বৃদ্ধি) পায়। তখন ফ্লোট–চেম্বার থেকে (সরু নল বা অরিফিসের ভেতর দিয়ে) কার্বুরেটরে জ্বালানি প্রবাহের সূচনা হয়। এই প্রবাহ জেটের আকারে চলতে থাকে এবং উচ্চগতি বাতাসের সংস্পর্শে আসামাত্র জ্বালানি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণায় বিভক্ত হয়ে পড়ে, সেই সাথে বাষ্পীভূতও হয়। জ্বালানি আউটলেট এখানে ফ্লোট–চেম্বারের লেভেল থেকে কয়েক মিলিমিটার উপরে তাকে বলে স্বাভাবিক অবস্থায় এর উপচে পড়া বা সাইফন পদ্ধতিতে প্রবাহিত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে না। প্রকৃতপক্ষে কার্বুরেটরে বাতাসের চাপ হ্রাস ০.০৫ বার পর্যন্ত হয় এবং ধীরগতি বাতাসেও জ্বালানির বাষ্পীভবন চলতে থাকে।

বাতাস–জ্বালানি মিশ্রণের ঘনত্ব বাতাসের প্রবাহের উপর নির্ভরশীল। প্রবাহ বাড়লে ঘনত্ব বাড়ে ইত্যাদি। কার্যত দেখা গেছে, নির্দিষ্ট পরিমাণ বাতাস প্রবাহের ক্ষেত্রে তার চাপ হ্রাস ঈপ্সিত মাত্রার চেয়ে অধিক অর্থাৎ জ্বালানি প্রবাহও বৃদ্ধি পেয়ে মিশ্রণের ঘনত্ব হয় অধিক। এর কারণ, বাতাসের গতি বৃদ্ধির সাথে সাথে তার ঘনত্ব হ্রাস পায়, যা অতিরিক্ত চাপ হ্রাসের কারণ হয়।

কার্বুরেটর দুই প্রকার, যেমন ফিক্সড জেট কার্বুরেটর এবং ভেরিয়েবল জেট কার্বুরেটর। ফিক্সড জেট কার্বুরেটরে ভেনচুরি অপরিবর্তিত এবং আইডল থেকে ফুল থ্রটল পর্যন্ত জেট পরিবর্তিত হয়। অপরদিকে ভেরিয়েবল জেট কার্বুরেটরে জেট ও ভেনচুরি উভয়ই পরিবর্তিত হয়। ফিক্সড জেট কার্বুরেটরে বাতাসের চাপ হ্রাস পরিবর্তিত এবং ভেরিয়েবল জেট কার্বুরেটরে তা প্রায় অপরিবর্তিত থাকে। নিচে এগুলি সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা করা হলো।

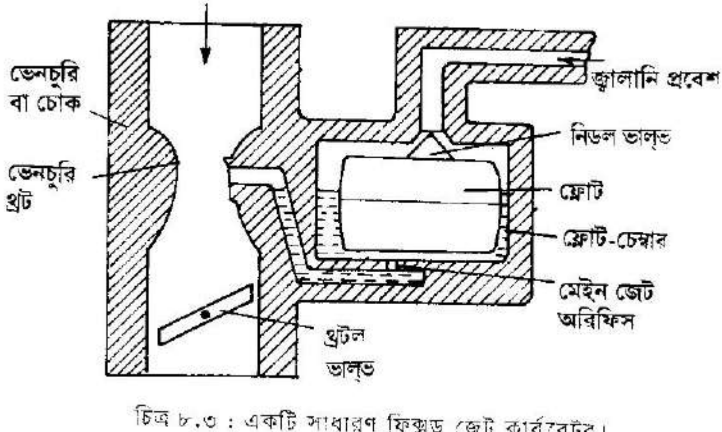
ফিক্সড জেট কার্বুরেটর : ৮.৩ চিত্রে ফিক্সড জেট কার্বুরেটরের কার্যক্রিয়া বর্ণনা করা হয়েছে। এখানে ভেনচুরি অপরিবর্তিত, কিন্তু ইঞ্জিনের বিভিন্ন অবস্থায় বাতাসের প্রবাহ তথা জেট পরিবর্তিত (যেমন ধীরগতিতে থ্রটল পুরো খোলা এবং উচ্চগতিতে আংশিক বন্ধ) হতে থাকে। এই কার্বুরেটরে বাতাস–জ্বালানি মিশ্রণের ধরন ৮.৪ চিত্রের সাহায্যে দেখানো হয়েছে।

কার্বুরেটরে জ্বালানি প্রবাহের সূচনা হয় ভেনচুরির চাপ হ্রাস পেলেই এবং এই চাপ হ্রাস যতক্ষণ ভেনচুরির সারফেস টেনশন (ফুয়েল আউটলেটে) ও ফ্লোট- চেম্বারের প্রেশার- হেড অতিক্রম না করে ততক্ষণ পর্যন্ত জ্বালানি প্রবাহের সূচনা হয় না। জ্বালানি প্রবাহের বৃদ্ধি ঘটে বাতাসের প্রবাহ বৃদ্ধির সাথে সাথে অর্থাৎ বাতাস-জ্বালানি মিশ্রণের ঘনত্বও তখন বৃদ্ধি পেতে থাকে।

৮.৫ চিত্রে ফিক্সড জেট কার্বুরেটরে ইমালশন টিউব ও সহায়তাকারী জেটের সংযোজন দেখানো হয়েছে। এই ইমালশন টিউব বর্ধিত প্রবাহের ক্ষেত্রে সেকেন্ডারি প্রবাহের সূচনা করে বাতাস-জ্বালানির মিশ্রণকে মাত্রাতিরিক্ত ঘন হওয়া থেকে বিরত রাখে। ইমালশন টিউবের গায়ে ছোট ছোট অনেকগুলি ছিদ্র থাকে। টিউবের উপরিভাগে থাকে বাতাস প্রবেশের জন্য সরু পথ। নিম্নমাত্রার প্রবাহের সময় টিউবের ভেতরে ও বাইরে জ্বালানির লেভেল থাকে একই উচ্চতায় কিন্তু প্রবাহ বৃদ্ধির সাথে সাথে টিউবের ভেতরের লেভেল হ্রাস পায়। সহায়তাকারী জেট প্রবাহিত হওয়ার সময় টিউবের ছিদ্রগুলি দিয়ে বাতাস টেনে নেয় বলে টিউবের ভেতর আংশিক বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয়।

ইমালশন টিউবের বাতাস সহায়তাকারী জেটের সাথে মিশ্রিত হয়ে জ্বালানিকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণায় বিভক্ত হতে সহায়তা করে, ফলে জ্বালানির বাষ্পীভবন ত্বরান্বিত হয়।

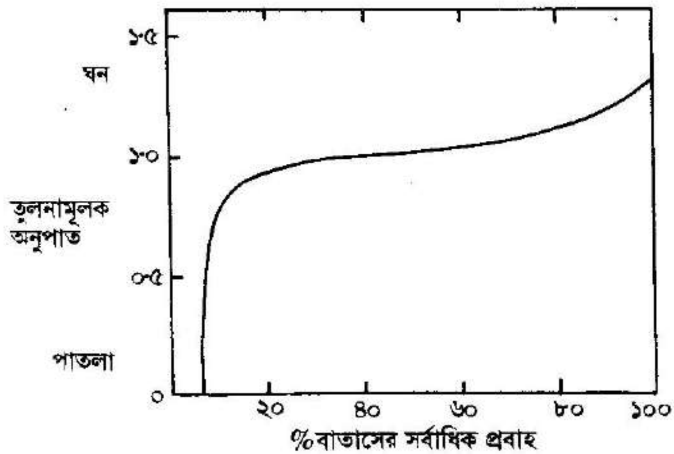
ফুল থ্রটল পজিশনে বিভিন্নভাবে, যেমন থ্রটল পজিশন অথবা ম্যানিফোল্ড প্রেশার অনুসারে ইঞ্জিনে ঘন মিশ্রণ সরবরাহ করা যায়। মিশ্রণকে অধিক ঘন করার জন্য অতিরিক্ত জেট সংযোজন অথবা ইমালশন পদ্ধতিতে বাতাস সরবরাহ হ্রাস করা যেতে পারে।



চিত্র ৮.৩ : একটি সাধারণ ফিক্সড জেট কার্বুরেটর।

নিম্নমাত্রার বাতাস প্রবাহের ক্ষেত্রে জ্বালানি প্রবাহ বিঘ্নিত অথবা মিস-ফায়ারজনিত কারণে ইঞ্জিন বন্ধ হয়ে যাওয়ার উপক্রম হয়। এক্ষেত্রে তাই আলাদা ব্যবস্থা সংযোজন প্রয়োজন।

সময় ভেনচুরির চাপ হ্রাস সামান্য বলে থ্রটল ভাল্ভের চাপ হ্রাস ও ভেনচুরি এফেক্টকে কাজে লাগানো হয়। ৮.৬ চিত্রে এ ধরনের একটি ব্যবস্থা তুলে ধরা হয়েছে। এখানে থ্রটল ভাল্ভ অঞ্চলের লঘুচাপ দ্বারা জ্বালানি প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত হয়। বেশ কয়েকটি ছিদ্রের মধ্য দিয়ে এই প্রবাহ চলে এবং মিশ্রণের ঘনত্ব নিয়ন্ত্রণের জন্য একটি স্ক্রু ব্যবহৃত হয়।

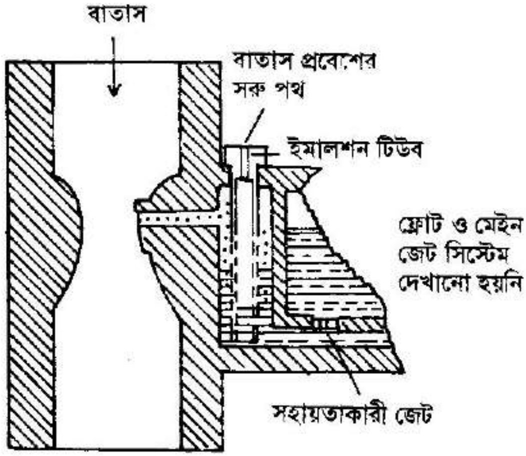


চিত্র ৮.৪ : ফিক্সড জেট কার্বুরেটরে বাতাস–জ্বালানি মিশ্রণের ধরন।

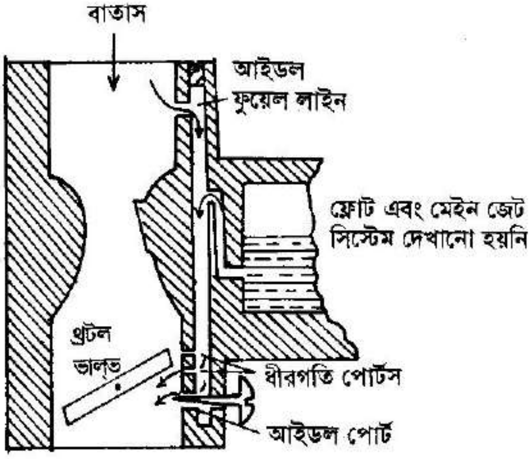
ইঞ্জিন চালু করার সময় কার্বুরেটরের মুখে স্থাপিত চোক ভাল্ভ দ্বারা ঘন মিশ্রণ তৈরির ব্যবস্থা করা হয়। চোক ভাল্ভ বন্ধ হলে কার্বুরেটরের ভেতরের চাপ হ্রাস পায়, তখন ফ্লোট–চেম্বার থেকে জ্বালানি সরাসরি কার্বুরেটরে প্রবেশ করে। ইঞ্জিন চালু হওয়ার সাথে সাথে চোক ভাল্ভ খুলে যায়, সেই সাথে মেইন থ্রটলও খুলতে থাকে।

ভেরিয়েবল জেট কার্বুরেটর : ৮.৭ চিত্রে ভেরিয়েবল জেট কার্বুরেটরের কার্যক্রিয়া বর্ণিত হয়েছে। এখানে একটি পিস্টন থাকে, যার উপরিভাগে কাজ করে ভেনচুরির চাপ এবং হালকা স্প্রিং প্রেশার। থ্রটল ভাল্ভ খুলে গেলে বাতাসের প্রবাহ বৃদ্ধি পায়, তখন পিস্টনের উপরিভাগের চাপ হ্রাস পেয়ে তা সামান্য উপরে উঠে যায়। থ্রটল ভাল্ভ আবার বন্ধ হলে পিস্টনও নিচে নেমে আসে। পিস্টনের এই ওঠানামা দ্বারা জেটের ভেতর ট্যাপার্ড নিডল–এর চলাচল অর্থাৎ জ্বালানি প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত হয়। পিস্টনের ওঠানামা যাতে স্বচ্ছন্দে চলতে পারে তার জন্য পিস্টনের উপর স্থাপিত হয় ড্যাম্পার।

ইঞ্জিন চালু করার সময় অতিরিক্ত জ্বালানি সরবরাহের জন্য একটি লিভার ব্যবহৃত হয়, যা দ্বারা জেটের অবস্থান পরিবর্তন করে (নিচে নামিয়ে) জ্বালানি সরবরাহ বৃদ্ধি করা যায়। আইডল অবস্থায় এখানে লিঙ্কেজ ও ক্যাম ব্যবস্থার মাধ্যমে থ্রটল ভাল্ভের খোলা–বন্ধ নিয়ন্ত্রণ করা হয়।



চিত্র ৮.৫ : ফিক্সড জেট কার্বুরেটরে ইমালশন টিউব ও সহায়তাকারী জেট



চিত্র ৮.৬ : ধীরগতি ও আইডল অবস্থায় ফিক্সড জেট কার্বুরেটরে বিশেষ ব্যবস্থা

কার্বুরেটরের বিকল্প হচ্ছে লো প্রেশার ফুয়েল ইনজেকশন। এই পদ্ধতিতে প্রতিটি সিলিন্ডারে ইনডাকশন ভাল্‌ভের কাছাকাছি ফুয়েল ইনজেকশন ঘটানো হয়। একটিমাত্র ইনজেক্টর দিয়ে ইনলেট ম্যানিফোল্ডের আগে এ ধরনের ইনজেকশন ঘটানো যেতে পারে। ইনজেক্টরগুলি [illegible]

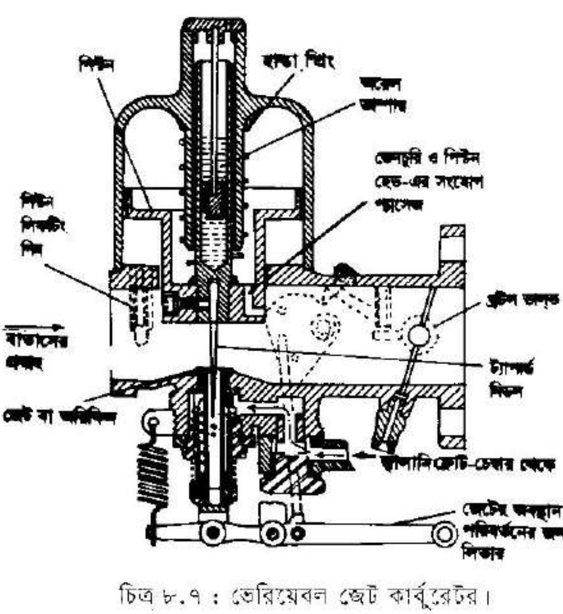
নিয়ন্ত্রিত হতো যান্ত্রিক উপায়ে, এখন নিয়ন্ত্রিত হয় ইলেকট্রনিক উপায়ে। নিচে এগুলি সম্পর্কে আলোচনা করা হলো।

ফুয়েল ইনজেকশন

সর্বাধিক শক্তি উৎপাদনই ফুয়েল ইনজেকশনের মূল লক্ষ্য। কার্বুরেটরে বাতাসের চাপ হ্রাস ইঞ্জিনের ভলিউমেট্রিক এফিসিয়েন্সি ও শক্তি উৎপাদনের অবনতি ঘটায়। এছাড়া একাধিক কার্বুরেটর বিশিষ্ট ইঞ্জিনে কার্বুরেটরগুলির ভেতর সমন্বয় সাধন ও ইনলেট ম্যানিফোল্ডে জ্বালানির সুষম বণ্টনও সমস্যা হয়ে দাঁড়ায়। এসব সমস্যা সমাধানে ফুয়েল ইনজেকশনের ভূমিকা উল্লেখযোগ্য।

ফুয়েল ইনজেকশন সিস্টেমে ইনলেট ম্যানিফোল্ডের উপর স্থাপিত হয় একটি থ্রটল বডি (চিত্র ৮.৮)। এতে একটি বা দুটি থ্রটল ভাল্ভ থাকে। ভাল্ভগুলির খোলা–বন্ধ পজিশন ইনলেট ম্যানিফোল্ডে বাতাস প্রবাহের পরিমাণ নির্ধারণ করে।

ফুয়েল ইনজেকশন মূলত দুই ধরনের– পোর্ট ইনজেকশন এবং থ্রটল বডি ইনজেকশন। এগুলিকে আবার মাল্টি–পয়েন্ট ইনজেকশন এবং সিঙ্গেল–পয়েন্ট ইনজেকশনও বলে।



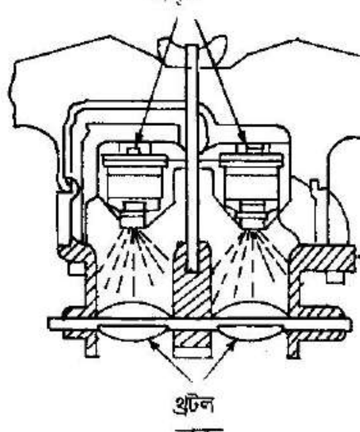
চিত্র ৮.৭ : ভেরিয়েবল জেট কার্বুরেটর।

পোর্ট ইনজেকশন পদ্ধতিতে প্রতিটি সিলিন্ডারে থাকে একটি করে ইনজেকশন ভাল্ভ (চিত্র ৮.৯)। এগুলি ইনটেক পোর্টে ইনডাকশন ভাল্ভের কাছাকাছি স্থাপিত হয়। অপরদিকে থ্রটল

বডি ইনজেকশন পদ্ধতিতে, প্রতিটি থ্রটল ভাল্‌ভের উপর স্থাপিত হয় একটি করে ইনজেকশন ভাল্‌ভ (চিত্র ৮.৮)।

উভয় পোর্ট এবং থ্রটল বডি ইনজেকশন পদ্ধতিতে পালস অথবা একটানাভাবে ফুয়েল স্প্রে সংঘটিত হতে পারে। ফুয়েল ইনজেকশনের পরিমাণ এখানে ইঞ্জিনের গতি ও শক্তি উৎপাদনের চাহিদা অনুসারে নির্ধারিত হয়। ৮.১০ চিত্রে বৈদ্যুতিক ফুয়েল ইনজেকশন ভাল্‌ভের কার্যক্রিয়া তুলে ধরা হয়েছে। এই ভাল্‌ভগুলি সলিনয়েড চালিত হয়।

ইঞ্জিন চালু অবস্থায় ফুয়েল পাম্প ইনজেকশন ভাল্‌ভের ইনলেট লাইনে সর্বক্ষণ রক্ষা করে একটি সুনির্দিষ্ট চাপ (প্রেশার রেগুলেটরের সাহায্যে)। সলিনয়েড ব্যাটারির সাথে সংযোগ



চিত্র ৮.৮ : থ্রটল বডি।

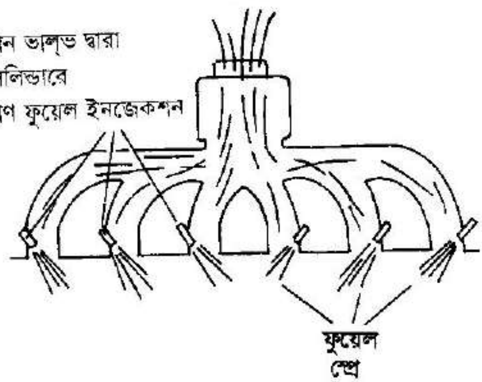
হওয়ামাত্র সক্রিয় হয় (ইলেকট্রনিক কন্ট্রোল ইউনিট দ্বারা) এবং নিডল ভাল্‌ভকে টেনে (স্প্রিং প্রেশারের বিপরীতে) উপরে ওঠায়, সেই সাথে শুরু হয় ফুয়েল ইনজেকশন।

ইনজেকশন ভাল্‌ভের খোলা মুহূর্ত নির্ধারিত হয় ইঞ্জিন স্পীড সেন্সর দ্বারা। এটি ইগনিশন ডিসট্রিবিউটরের ভেতর বসানো থাকে এবং সুনির্দিষ্ট টাইমিংস অনুসারে কন্ট্রোল ইউনিটে সংকেত পাঠায়।

কন্ট্রোল ইউনিট কতক্ষণ নিডল ভাল্‌ভ খোলা রাখবে তা নির্ভর করে ইঞ্জিনের শক্তি উৎপাদনের চাহিদার উপর। এয়ার ফ্লো সেন্সর ইঞ্জিনে বাতাস প্রবাহের পরিমাণ আঁচ করে কন্ট্রোল ইউনিটে সংকেত পাঠায়। কন্ট্রোল ইউনিট সেই অনুসারে নিডল ভাল্‌ভ খুলে রাখার ব্যবস্থা নেয়।

অধুনা ফুয়েল ইনজেকশন সিস্টেমে ইনজেকশনের পরিমাণ নির্ধারিত হয় অক্সিজেন সেন্সর দ্বারা। এটি এগজস্ট পাইপে প্রবাহিত অক্সিজেনের পরিমাণ আঁচ করে কন্ট্রোল ইউনিটে সংকেত পাঠায়। এগজস্ট পাইপে অক্সিজেনের বেশি মাত্রায় উপস্থিতি পাতলা বাতাস–জ্বালানি মিশ্রণের ইঙ্গিত দেয়।

পোর্ট ইনজেকশন সিস্টেমে ইনজেকশন ভাল্‌ভ কখনো এককভাবে খোলে না, এগুলি দুটি গ্রুপে বিভক্ত থাকে (চিত্র ৮.১১)। এতে জ্বালানির সুষম বণ্টন এবং ইঞ্জিন পারফরম্যান্সের উল্লেখযোগ্য উন্নতি ঘটে। তবে থ্রটল বডি ইনজেকশনের তুলনায় এক্ষেত্রে জ্বালানি সরবরাহ বিলম্বের যথেষ্ট উন্নতি সাধিত হলেও তা একেবারে লোপ পায় না।



চিত্র ৮.৯ : পোর্ট ইনজেকশন।

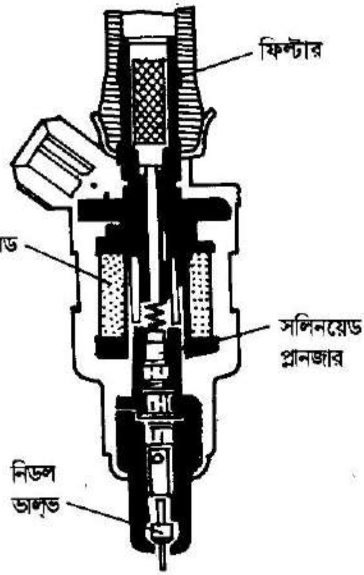
ফুয়েল ইনজেকশনের পুরো কার্যক্রিয়া সংঘটিত হয় এক সেকেন্ডেরও অনেক কম সময়ের ভেতর। ইঞ্জিন উচ্চগতিতে চলার সময় ফুয়েল ইনজেকশন এবং ইনডাকশন ভাল্‌ভ খোলার মধ্যে সময়ের ব্যবধান থাকে মাত্র ০.০১ সেকেন্ডের মতো। কন্ট্রোল ইউনিটের কার্যক্রিয়ায় ত্রুটি দেখা দিলে তা সাথে সাথে নবায়ন করা দরকার।

ইগনিশন সিস্টেম

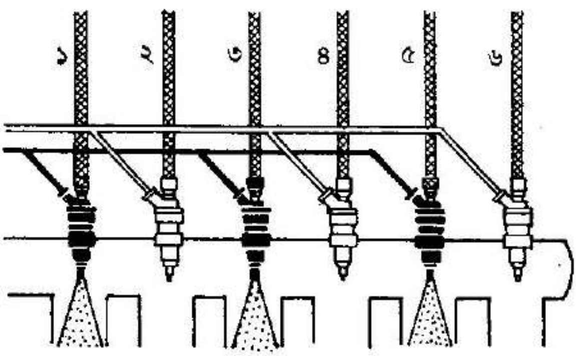
পেট্রোল ইঞ্জিনের ইগনিশন টাইমিংস নিখুঁত হওয়া প্রয়োজন। লেট ইগনিশন অসমাপ্ত দহন এবং আরলি ইগনিশন ইঞ্জিন নকিং–এর কারণ হয়। বেশিরভাগ ইঞ্জিনে প্রতি সিলিন্ডারে একটি করে স্পার্ক প্লাগ (চিত্র ৮.১২) থাকে। এগুলিতে স্পার্ক সংঘটিত হয় ব্যাটারি–কয়েল অথবা ম্যাগনেটো পদ্ধতিতে। ইঞ্জিনের সুষ্ঠু কার্যক্রিয়া নিশ্চিত করতে হলে স্পার্ক প্লাগের সেন্ট্রাল ইলেকট্রোড ৩৫০°–৭০০° সে. তাপমাত্রায় থাকা দরকার। ইলেকট্রোড বেশি গরম হলে প্রি–

ইগনিশন এবং কম গরম হলে কার্বন ডিপোজিট দ্বারা বিদ্যুৎ প্রবাহ বিঘ্নিত হওয়ার আশঙ্কা দেখা দেয়।

স্পার্ক প্লাগগুলিতে স্পার্ক সংঘটিত হওয়ার জন্য আনুমানিক ৫–১৫ কেভি ভোল্টেজ পালস–এর প্রয়োজন। ইলেকট্রোড গ্যাপ অথবা সিলিন্ডার প্রেশার বৃদ্ধির ক্ষেত্রে এই ভোল্টেজ



চিত্র ৮.১০ ঃ বৈদ্যুতিক ফুয়েল ইনজেকশন ভাল্ভ।

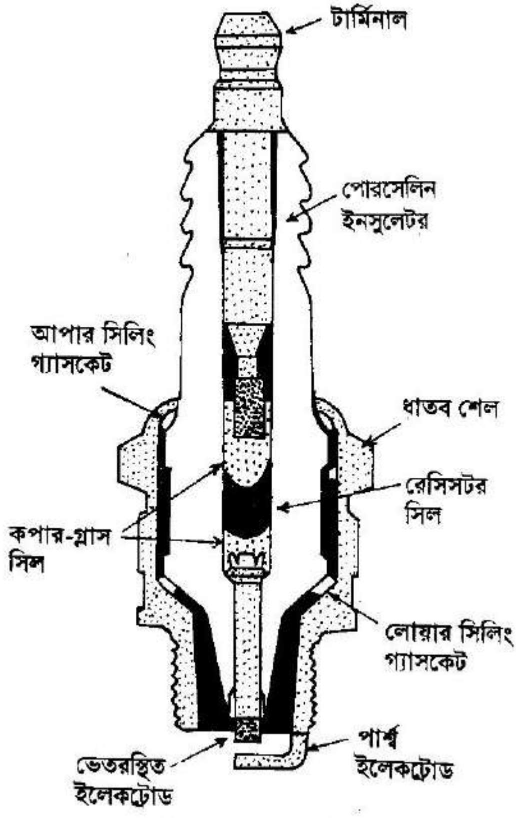


চিত্র ৮.১১: ফুয়েল ইনজেকশন ভাল্ভ গ্রুপিং।

পালস–এর প্রয়োজনীয়তা আরো বৃদ্ধি পায়। কার্যত ৪৭ কেভি পর্যন্ত ভোল্টেজ পালস স্পার্ক প্লাগে প্রবাহিত হয়।

ব্যাটারি–কয়েল ও ম্যাগনেটো উভয় প্রকার ইগনিশন সিস্টেম ৮.১৩ চিত্রের সাহায্যে তুলে ধরা হয়েছে। এগুলি মূলত ট্রান্সফরমার। প্রাইমারি কয়েলে লো টেনশন (এলটি) ওয়াইন্ডিং আনুমানিক ২০০ টার্ন–এর এবং সেকেন্ডারি কয়েলে হাই টেনশন (এইচটি) ওয়াইন্ডিং আনুমনিক ২০,০০০ টার্ন–এর হয়ে থাকে।

এইচটি আউটপুট একটি নির্দিষ্ট টাইমিংস অনুসারে ডিসট্রিবিউটরের মাধ্যমে স্পার্ক প্লাগে যায়। ডিসট্রিবিউটরের রোটর শ্যাফট, ক্যাম, কনট্যাক্ট ব্রেকার, রোটর আর্ম ইত্যাদি দ্বারা এই

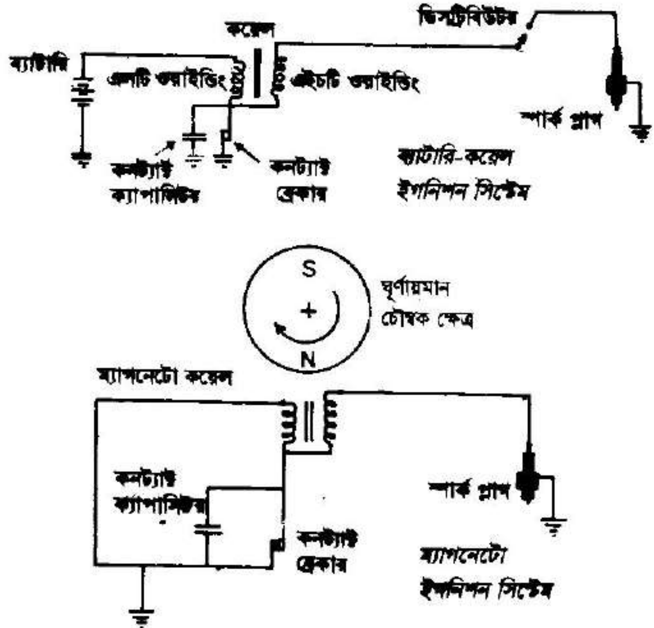


চিত্র ৮.১২ : স্পার্ক প্লাগ।

টাইমিংস নিয়ন্ত্রিত হয়। এ ধরনের সিস্টেমে স্পার্ক প্লাগগুলিতে প্রতি সেকেন্ডে প্রায় ৪০০ স্পার্ক সংঘটিত হয়ে থাকে।

ব্যাটারি–কয়েল পদ্ধতিতে ব্যাটারিকে সার্বক্ষণিক চার্জড অবস্থায় রাখার জন্য চার্জিং–এর ব্যবস্থা থাকে। এই চার্জিং সিস্টেমে থাকে একটি অল্টারনেটর ও ভোল্টেজ রেগুলেটর।

অল্টারনেটর ইঞ্জিনের আংশিক যান্ত্রিকশক্তিকে বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তরিত করে (এটি প্রথমে এসি উৎপন্ন করে, সেই এসিকে ডায়োড–রেকটিফায়ার দ্বারা ডিসিতে রূপান্তরিত করা হয়)। সেই বিদ্যু শক্তি দ্বারা ব্যাটারি চার্জিং–এর ব্যবস্থা রাখা হয়। রেগুলেটর ফিল্ড কয়েলে বিদ্যুৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে মাত্রাতিরিক্ত ভোল্টেজ উৎপন্ন করা থেকে অল্টারনেটরকে বিরত রাখে।



চিত্র ৮.১৩ : ব্যাটারি–কয়েল ও ম্যাগনেটো ইগনিশন সিস্টেম।

ম্যাগনেটো পদ্ধতিতে স্পার্ক সংঘটিত হওয়ার জন্য কোনো ব্যাটারির প্রয়োজন হয় না। ঘূর্ণায়মান ম্যাগনেটিক ফিল্ড দ্বারা এখানে প্রথমে এলটি ওয়াইন্ডিং, অতঃপর এইচটি ওয়াইন্ডিং–এ ভোল্টেজ পালস প্রবাহের সূচনা হয়।

ফুয়েল ফিল্টার

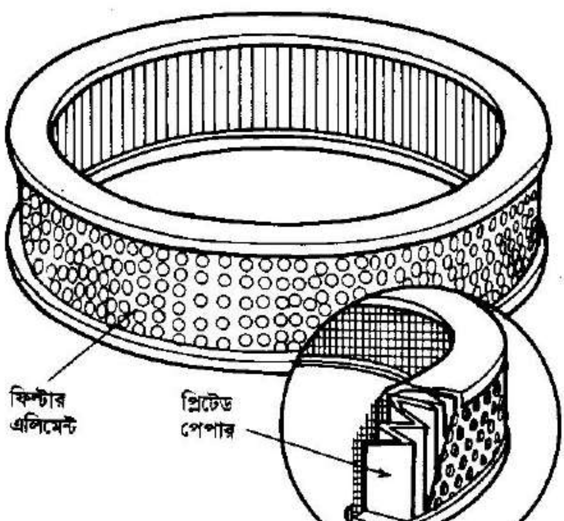
ফুয়েল লাইনে ট্যাঙ্ক ও পাম্পের মাঝামাঝি স্থানে অথবা পাম্পের পর ফিল্টার সংযোজিত হয়ে থাকে। এগুলি জ্বালানি থেকে ময়লাকণা পৃথকীকরণের মাধ্যমে সুষ্ঠু দহন নিশ্চিত করে। ফুয়েল ফিল্টার সাধারণত স্ক্রিন অথবা ম্যাগনেটিক টাইপের হয়।

এয়ার ক্লিনার

কার্বুরেটরের আগে এয়ার ক্লিনার স্থাপন অত্যাবশ্যক। এগুলি সাধারণত ফাইবার অয়্যার মেশ এবং প্লিটেড পেপার টাইপের (চিত্র ৮.১৪) হয়ে থাকে। এয়ার ক্লিনার বাতাস পরিশোধন ছাড়াও সাইলেন্সার হিসেবে কাজ করে। এমনকি ব্যাক ফায়ারজনিত কারণে ইনলেট ম্যানিফোল্ডে অগ্নি দুর্ঘটনার সূচনা হলে তাকে বাইরে সম্প্রসারিত হওয়া থেকেও বিরত রাখে।

টার্বোচার্জার

কোনো কোনো পেট্রোল (বা গ্যাসোলিন) ইঞ্জিনে টার্বোচার্জার ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এগুলি সিলিন্ডারে অধিক ঘন বাতাস–জ্বালানি মিশ্রণ সরবরাহ করে শক্তি উৎপাদনের উল্লেখযোগ্য বৃদ্ধি



চিত্র ৮.১৪ : এয়ার ক্লিনার।

ঘটায়। টার্বোচার্জারের বাতাস সরবরাহ কার্বুরেটরের আগে কিংবা কার্বুরেটর ও ইনলেট ম্যানিফোল্ডের মাঝামাঝি স্থানে হতে পারে।

ইঞ্জিন পূর্ণশক্তিতে চলা অবস্থায় টার্বোচার্জারের কার্যকারিতা সন্তোষজনক হয়। ধীরগতি বা কম লোডে এর কার্যকারিতা তেমন থাকে না।

প্রশ্নমালা

১। কার্বুরেটরের কাজ কি? চিত্রের সাহায্যে একটি ফিক্সড জেট কার্বুরেটরের কার্যক্রিয়া বর্ণনা কর।

২। পেট্রোল ইঞ্জিনের ইগনিশন সিস্টেম চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর।

৩। পেট্রোল ইঞ্জিন সূত্রে নিচে বর্ণিত ত্রুটিগুলির কারণ ব্যাখ্যা কর :

(ক) মিসফায়ার,

(খ) চলতে চলতে হঠাৎ থেমে যাওয়া,

(গ) এগজস্ট পাইপে সাদা ধোঁয়া,

(ঘ) স্পার্ক প্লাগে কার্বন ডিপোজিট।

৪। পেট্রোল ইঞ্জিন সূত্রে নিচে বর্ণিত উক্তিগুলির যথার্থতা সম্পর্কে তোমার মতামত দাও :

(ক) জ্বালানি ব্যয় বৃদ্ধি পায় কার্বুরেটরের ত্রুটির কারণে,

(খ) ব্যাটারি কর্মক্ষম থাকলে জ্বালানি প্রজ্বলনে তেমন কোনো অসুবিধা হয় না,

(গ) ম্যাগনেটো সিস্টেম ব্যাটারি–কয়েল সিস্টেমের সঠিক বিকল্প।

৫। পেট্রোল ইঞ্জিনের ফুয়েল সিস্টেম চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। ফ্লোট–চেম্বার পূর্ণ হলে পাম্পিং প্রক্রিয়া কিভাবে বন্ধ হয়?

৬। কার্বুরেটর এবং ফুয়েল ইনজেকশন সিস্টেমের সুবিধা–অসুবিধা বর্ণনা কর।

নবম অধ্যায়

পরিশোধন

পরিশোধন এমন একটি বিষয়, যা সব সময় ইঞ্জিন নির্মাতাদের মনোযোগ আকর্ষণ করে এসেছে। কারণ এটি প্রত্যক্ষ এবং পরোক্ষভাবে ইঞ্জিনের কার্যকারিতা বাড়িয়ে ইঞ্জিনকে দীর্ঘায়ু করে। পরিশোধন বলতে সাধারণভাবে ফুয়েল অয়েল, লুব অয়েল এবং বাতাসে মিশে থাকা অবাঞ্ছিত বস্তুর পৃথকীকরণ বুঝায়। সাম্প্রতিককালে পরিশোধনের ক্ষেত্রে উল্লেখযোগ্য অগ্রগতি সাধিত হয়েছে।

পরিশোধনের প্রয়োজনীয়তা

(ক) ফুয়েল অয়েলে কিছু না কিছু দূষিত বস্তু, যেমন ক্ষুদ্র শক্ত পদার্থ, কর্দমাক্ত পদার্থ, পানি ইত্যাদি থাকে। পরিশোধনের মাধ্যমে এগুলিকে বহুল পরিমাণে দূর করা যায়। ফুয়েল অয়েল পরিশোধন একদিকে সুষ্ঠু জ্বালানি দহন নিশ্চিত করে, অপরদিকে ফুয়েল পাম্প, ইনজেকটর, লাইনার, পিস্টন ইত্যাদির অবাঞ্ছিত ক্ষয় ও করোশন প্রতিরোধের সহায়ক হয়। ফুয়েল অয়েল পরিশোধন ইনজেকটরের কার্যকারিতা বিশেষভাবে প্রভাবিত করে।

(খ) ইঞ্জিনে ব্যবহারের সময় বিভিন্নভাবে যেমন পিস্টন রিং ব্লো–পাস্ট, স্লাইডিং সারফেসের ক্ষয়, অক্সিডেশন, তেল ও পানির লিকেজ, মরচে ধরা ইত্যাদি দ্বারা লুব অয়েলের গুণাবলির অবনতি ঘটে। লুব অয়েল পরিশোধন, এর গুণাবলিকে অপরিবর্তিত রেখে বিয়ারিং ও ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের অবাঞ্ছিত ক্ষয় প্রতিরোধ এবং সুষ্ঠু ইঞ্জিন পরিচালনা নিশ্চিত করে।

(গ) স্ক্যাভেঞ্জ এয়ার, স্টার্টিং ও রিভারসিং এয়ার, কন্ট্রোল এয়ার ইত্যাদিতে কিছু না কিছু ধূলিকণা, তৈলবাষ্প, জলীয় বাষ্প ইত্যাদি থাকে। বাতাস পরিশোধন লাইনার, পিস্টন, কন্ট্রোল সিস্টেম ইত্যাদির অবাঞ্ছিত ক্ষয় প্রতিরোধ করে ইঞ্জিনের সুষ্ঠু পরিচালনা নিশ্চিত করে।

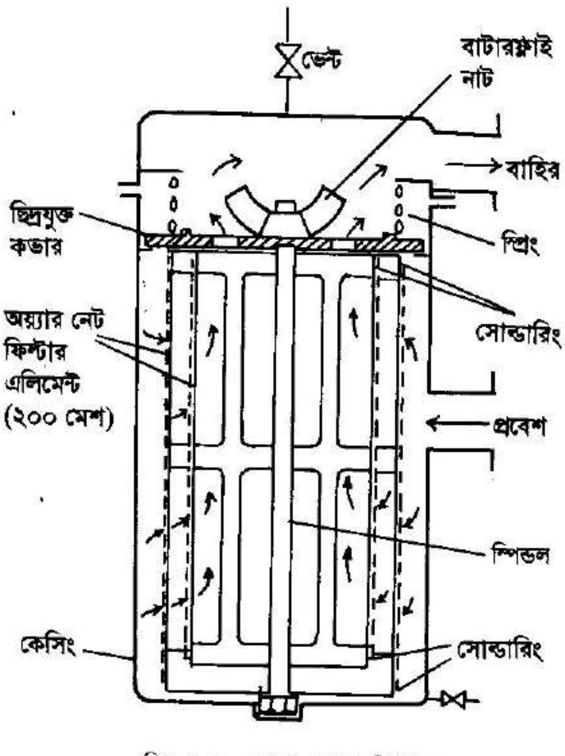
পরিশোধন পদ্ধতি

পরিশোধন পদ্ধতিগুলির মধ্যে রয়েছে কেমিক্যাল ট্রিটমেন্ট, ফিলট্রেশন, গ্রাভিটেশন এবং কেন্দ্রাতিগ পরিশোধন।

(ক) কেমিক্যাল ট্রিটমেন্ট : এই পদ্ধতিতে ফুয়েল অয়েলে কয়েক ধরনের রাসায়নিক (প্রধানত তরল) পদার্থ সাধারণত স্টোরেজ ট্যাঙ্ক, সেটলিং ট্যাঙ্ক ও সার্ভিস ট্যাঙ্কে মিশানো হয়ে থাকে। এগুলি (১) ফুয়েল অয়েলের ইমালসিফিকেশন (পানির উপস্থিতিতে) সংশোধন করে,

(২) ট্যাঙ্ক, ফিল্টার, প্রি–হিটার ইত্যাদিতে স্লাজ সৃষ্টি প্রতিরোধ করে, (৩) পানির রিলিজ ত্বরান্বিত করে ও ফুয়েলে দ্রবণীয় তলানি সৃষ্টিমূলক বস্তু পৃথক করে সাসপেনশনে রাখে এবং (৪) ইনজেকশন পাম্প, ইনজেকটর, লাইনার, পিস্টন ইত্যাদির ক্ষয় ও করোশন প্রতিরোধ করে।

লুব অয়েলে রাসায়নিক পদার্থ মিশানো হয় তা বাজারজাত করার আগেই। এগুলি (১) লুব অয়েলের অক্সিডেশন, ইমালশন, স্লাজ সৃষ্টি ইত্যাদি প্রতিরোধ করে, (২) মেটাল সারফেস তকতকে ঝকঝকে রাখে, (৩) তলানি সৃষ্টিমূলক বস্তু সাসপেনশনে রাখে, (৪) বিয়ারিং ও ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের করোশন প্রতিরোধ করে এবং (৫) বিভিন্ন তাপমাত্রায় লুব অয়েলের সান্দ্রতা অপরিবর্তিত ও তৈলাক্ততা বজায় রাখে।

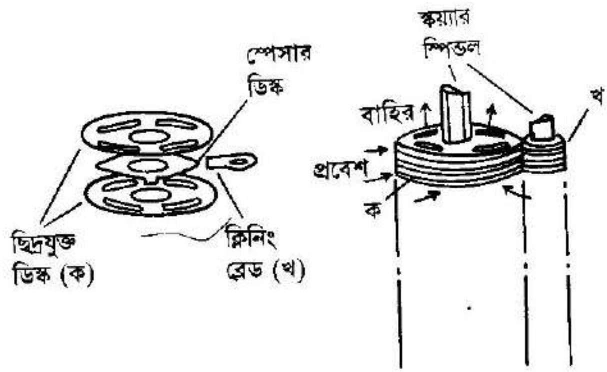


চিত্র ৯.১ : অয়্যার মেশ ফিল্টার।

(খ) ফিলট্রেশন : ফুয়েল অয়েল ও লুব অয়েল সিস্টেমে বিভিন্ন স্থানে কোথাও অয়্যার মেশ (চিত্র ৯.১), কোথাও মেটাল প্লেট টাইপ ফিল্টার (চিত্র ৯.২) ব্যবহৃত হয়। এগুলির সর্বনিম্ন কাট–অফ সাইজ যথাক্রমে ১২৫ মাইক্রোন ও ২৫ মাইক্রোন। অয়্যার মেশ টাইপ ফিল্টার বস্তুত স্ট্রেনারের চেয়ে বেশি কিছু নয়, তাই ফুয়েল ইনজেকশন পাম্পের সামনে এগুলি ব্যবহারের

অনুপযোগী। মেটাল প্লেট টাইপ ফিল্টার চালু অবস্থায় সাময়িকভাবে পরিষ্কার করা যায়, তাই এগুলিকে অটো–ক্লিন ফিল্টারও বলে।

উন্নতমানের ফিল্টার (যেখানে কাট–অফ সাইজটাই মুখ্য) হিসেবে পেপার ফিল্টার অত্যন্ত কার্যকর। এগুলির কাট–অফ সাইজ সর্বনিম্ন ১ মাইক্রোন। পেপার ফিল্টার ডিজেল অয়েলে ব্যবহারোপযোগী, কিন্তু হেভি ফুয়েল অয়েলের প্রবাহে প্রতিবন্ধকতার সৃষ্টি করে বলে সেক্ষেত্রে ফেল্ট ফিল্টার যদিও তুলনামূলকভাবে কম দক্ষ তথাপি অধিক কার্যকর।



চিত্র ৯.২ : মেটাল প্লেট ফিল্টার।

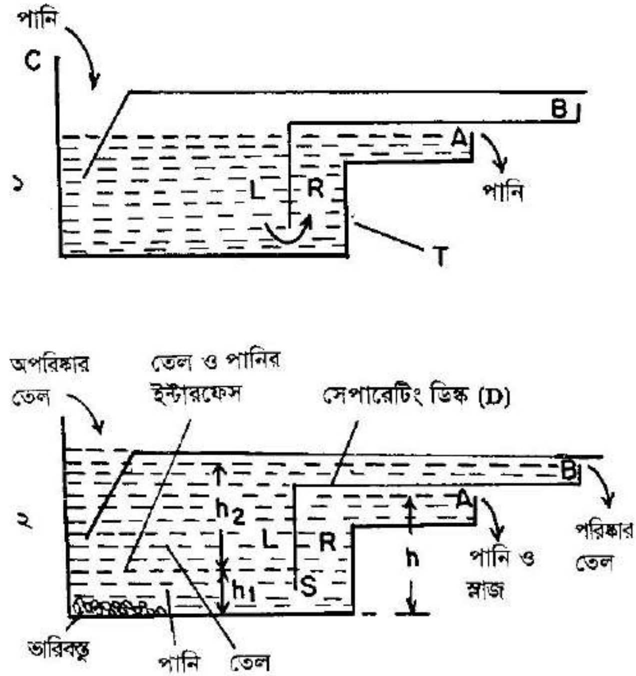
ফিলট্রেশনের দ্বারা মূলত ফুয়েল ও লুব অয়েলের ক্ষুদ্র অবাঞ্ছিত বস্তু অপসারণ করা হয়, এতে পানি অপসারণের মতো অতিরিক্ত সুবিধাও মেলে। উল্লেখ্য, পানির উপস্থিতিতে অধিকাংশ উন্নতমানের ফিল্টারে ফুয়েল ও লুব অয়েলের প্রবাহে প্রতিবন্ধকতার সৃষ্টি হয়। ফুয়েল ও লুব অয়েল থেকে পানি এবং কঠিন বস্তু অপসারণের জন্য অতি সম্প্রতি ফিল্টার কোয়ালিসরের ব্যবহার চালু হয়েছে। এই পদ্ধতিতে, ৩ মাইক্রোন সাইজ পর্যন্ত কঠিন বস্তু এবং ৯৯% পানি অপসারণ করা যায়। অয়েল ফিল্টার হিসেবে পোরাস মেটাল ফিল্টার, ম্যাগনেটিক ফিল্টার, ফেব্রিক বা মেটাল গেজ ইত্যাদির ব্যবহার উল্লেখযোগ্য।

এয়ার ফিল্টার হিসেবে প্রধানত দুই ধরনের ফিল্টার যেমন অয়েল ওয়েটেড এবং ড্রাই টাইপ ফিল্টার ব্যবহৃত হয়ে থাকে। অয়েল ওয়েটেড টাইপ ফিল্টার অয়্যার মেশ বা ফেব্রিকের তৈরি এবং এগুলি তেল দ্বারা আবৃত থাকে। এগুলির ভেতর দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় বাতাসে মিশ্রিত ময়লাকণা আটকা পড়ে যায়। অয়েল ওয়েটেড টাইপ ফিল্টারের কার্যকারিতা নির্ভর করে তার পর্যাপ্ত গভীরতার উপর। এগুলির ডিজাইন এমন হওয়া প্রয়োজন যে পরিশোধিত বাতাস যেন কোনোক্রমে তেলসহ ইঞ্জিনে প্রবেশ করতে না পারে।

ড্রাই টাইপ ফিল্টার প্রধানত ফেব্রিকের তৈরি এবং সেল্ফ ক্লিনিং টাইপের হয়। এগুলির প্রধান সমস্যা এয়ার সিলিং–এ ত্রুটি। তাই ফিটিং–এর সময় লক্ষ্য রাখা দরকার যেন বাতাস

কোনোক্রমে ফিল্টার বাইপাস করার সুযোগ না পায়। এয়ার ফিল্টারগুলির কাট-অফ সাইজ সর্বনিম্ন ৫ মাইক্রোন এবং দক্ষতা ৯৮% হয়।

বাতাস পরিশোধনের আরেকটি কার্যকর মাধ্যম সাইক্লোন সেপারেশন। এই পদ্ধতিতে বাতাসের প্রবাহে ঘূর্ণিচক্রের সৃষ্টি করে অকস্মাৎ তার গতি হ্রাস করা হয়, ফলে ভারি বস্তু নিচে পড়ে যায়।



চিত্র ৯.৩ : গ্র্যাভিটেশনাল সেপারেশন।

(গ) গ্র্যাভিটেশন : ফুয়েল ও লুব অয়েল স্থির থাকাবস্থায় এর ভেতরের ভারি দূষিত বস্তু যেমন পানি, ময়লাকণা ইত্যাদি ট্যাঙ্কের তলায় জমা হতে থাকে। যথাযথ ড্রেইনিং ব্যবস্থার মাধ্যমে সেগুলিকে সহজে আলাদা করা যায়। একটানা হিটিং ব্যবস্থা এই পৃথকীকরণ ত্বরান্বিত করে। ফুয়েল ও লুব অয়েল সেটলিং/সার্ভিস ট্যাঙ্কে সাধারণত এ ধরনের পৃথকীকরণ ঘটে।

(ঘ) কেন্দ্রাতিগ পরিশোধন : এই পদ্ধতিতে ফুয়েল ও লুব অয়েলে মিশে থাকা পানি এবং কঠিন বস্তু অপসারণ করা যায়। কোনো তরল পদার্থ থেকে কঠিন বস্তু অপসারণ করাকে ক্ল্যারিফিকেশন এবং মিশ্রিত দুটি তরল পদার্থের পৃথকীকরণকে সেপারেশন বলা হয়। পরিশোধন বলতে ক্ল্যারিফিকেশন ও সেপারেশন দুই-ই বুঝায়।

কেন্দ্রাতিগ পরিশোধনের মূলনীতি গ্র্যাভিটেশনের অনুরূপ। ৯.৩ চিত্রানুসারে T পাত্রে D সেপারেটিং ডিস্ক। C স্থানে পানি ঢালা হলে L এবং R পার্শ্বে পানির উচ্চতা সমানভাবে বেড়ে এক সময় A বিন্দু দিয়ে উপচে পড়তে থাকবে। এমতাবস্থায়, C স্থানে পানি ঢালা বন্ধ রেখে তেল (পানি অপেক্ষা হালকা) ঢালা হলে L পার্শ্বে পানির উচ্চতা হ্রাস এবং সেই সাথে পানির উপর ভাসমান তেলের উচ্চতা বৃদ্ধি পাবে এবং একই সাথে A বিন্দু দিয়ে পানি উপচে পড়তে থাকবে। এভাবে L পার্শ্বে পানির উপর ভাসমান তেলের উচ্চতা বেড়ে এক সময় B বিন্দু দিয়ে তেল উপচে পড়তে শুরু করবে এবং তখন A বিন্দু দিয়ে পানি পড়া বন্ধ হয়ে যাবে। এমতাবস্থায় R পার্শ্বের পানির উচ্চতা (h), L পার্শ্বের পানি ও তেলের উচ্চতাকে (h_1+h_2) ব্যালান্স করে।

এখন C স্থানে তেলের সাথে যদি পানি আসে, তবে তা পাত্রের তলায় নেমে আসবে এবং সেই সাথে A বিন্দু দিয়ে সমপরিমাণ পানি উপচে পড়ে যাবে। কিন্তু তেলের সাথে পানির পরিবর্তে যদি ভারি কঠিন বস্তু আসে, তবে তা পাত্রের তলায় নেমে গিয়ে জমা হতে থাকবে। অপরদিকে B বিন্দু দিয়ে পরিষ্কার তেল পড়ে যেতে থাকবে।

পাত্রটিতে দূষিত তেলের অবস্থানকাল যত দীর্ঘ হবে পরিশোধনের মান তত উন্নত হবে। তাই L পার্শ্বে তেল ও পানির ইন্টারফেস যতদূর সম্ভব S বিন্দুর সন্নিকটে থাকা বাঞ্ছনীয়। এক্ষেত্রে পানির উচ্চতা (h_1) সর্বাল্প এবং তার উপর ভাসমান তেলের উচ্চতা (h_2) সর্বাধিক থাকে (এ অবস্থায় পাত্রটিতে সর্বাধিক পরিমাণ তেল অবস্থান করে) যা ভালো সেটলিং–এর নিশ্চয়তা দেয়।

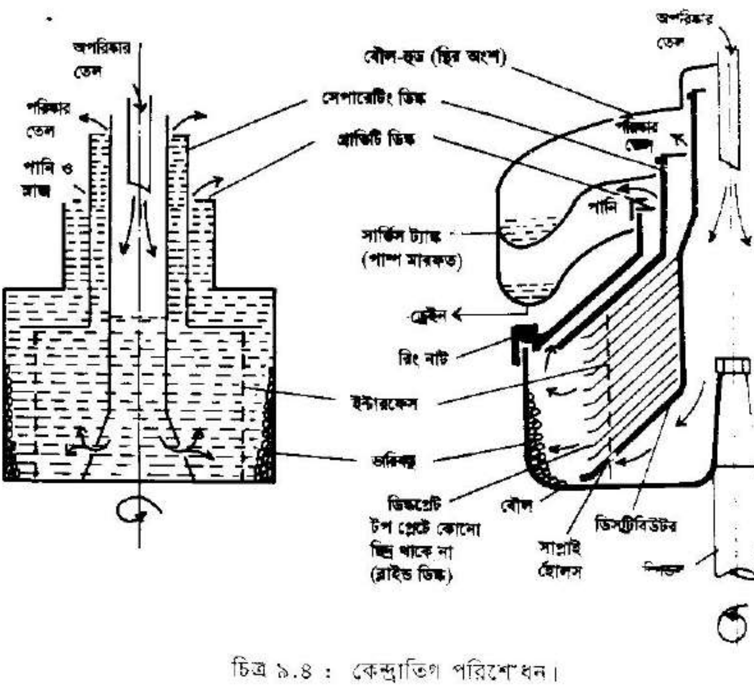
ইন্টারফেসের অবস্থান নির্ভর করে তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব এবং পানির উচ্চতা h–এর উপর। তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব বাড়লে ইন্টারফেস নিচে নেমে যাবে এবং পানির উচ্চতা বাড়লে ইন্টারফেস উপরে উঠে যাবে। তেল ও পানির ইন্টারফেস এখানে ওয়াটার সিল হিসেবে কাজ করে। ইন্টারফেস মাত্রাধিক নিচে নেমে গেলে ওয়াটার সিল ভেঙ্গে যাবে, তখন L পার্শ্বের তেল R পার্শ্বে এসে A বিন্দু দিয়ে পড়ে যেতে থাকবে। ইন্টারফেসের সঠিক অবস্থান বজায় রাখার জন্য তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব পরিবর্তনের সাথে সাথে পানির উচ্চতা h পরিবর্তন করা দরকার।

কেন্দ্রাতিগ সেপারেটরে গ্র্যাভিটেশনের অনুরূপ পৃথকীকরণ সংঘটিত হয়, যা ৯.৪ চিত্রে সার্বিকভাবে প্রতিফলিত হয়েছে। ফুয়েল ও লুব অয়েলের ভেতরের ভারি দূষিত বস্তু (তরল বা কঠিন) গ্র্যাভিটেশনের ক্ষেত্রে পাত্রের তলায় জমা হতে থাকে, কিন্তু কেন্দ্রাতিগ সেপারেশনের ক্ষেত্রে তা কেন্দ্র থেকে সবেগে পরিধির দিকে সরে যেতে থাকে।

কেন্দ্রাতিগ সেপারেটরের প্রধান অংশ স্টেইনলেস স্টিলের তৈরি একটি বৌল, যার আনুমানিক ডায়া ০.৪–০.৬ মিটার। বৌলটির কেন্দ্রস্থলে বসানো থাকে একটি ডিসট্রিবিউটর এবং তার উপরে স্তরে স্তরে সাজানো থাকে অনেকগুলি ডিস্ক প্লেট (চিত্র ৯.৪)। চালু করার সময়, সর্বাগ্রে বৌলটিকে যথাযথ গতিতে (৬–১০ হাজার আরপিএম) উন্নীত করা হয়। তারপর ডিসট্রিবিউটরের ভেতর ওয়াটার সিল সৃষ্টি করে পরিশোধনযোগ্য তেল প্রবিষ্ট করানো হয়।

ডিসট্রিবিউটরের তলায় কয়েকটি রেডিয়াল ভেইন্স থাকে, যার সংস্পর্শে আসামাত্র তেল বৌল-এর গতিতে উন্নীত হয়ে চক্রাকারে ঘুরতে থাকে। ডিসট্রিবিউটর থেকে অতঃপর ওই তেল সাপ্লাই হোল্স-এ যায় এবং পাতলা পাতলা স্তরে বিভক্ত হয়ে ডিস্ক প্লেটগুলির ভেতর দিয়ে কেন্দ্রের দিকে প্রবাহিত হয়। দুটি ডিস্ক প্লেটের মধ্যবর্তী স্থান দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় তেলের ভেতরের দূষিত বস্তু কোনো এক মুহূর্তে ডিস্ক প্লেটদ্বয়ের উপরস্থ প্লেটের সংস্পর্শে এসে গতি সম্পূর্ণ হারিয়ে ফেলে এবং কেন্দ্রাতিগ বলের প্রভাবে প্রভাবান্বিত হয়ে প্লেটের গা বেয়ে পরিধির দিকে সজোরে ছুটে বেরিয়ে যায়।

কেন্দ্রাতিগ সেপারেটর দ্বারা এভাবে তেলের দূষিত বস্তু একটানাভাবে অপসারণ করা হয়। উন্নততর কেন্দ্রাতিগ বল, স্বল্পতর ডিস্ক প্লেটের মধ্যবর্তী দূরত্ব, নিম্নতর তৈল সান্দ্রতা ও উৎপাদন হার উন্নতমানের সেপারেশন নিশ্চিত করে।

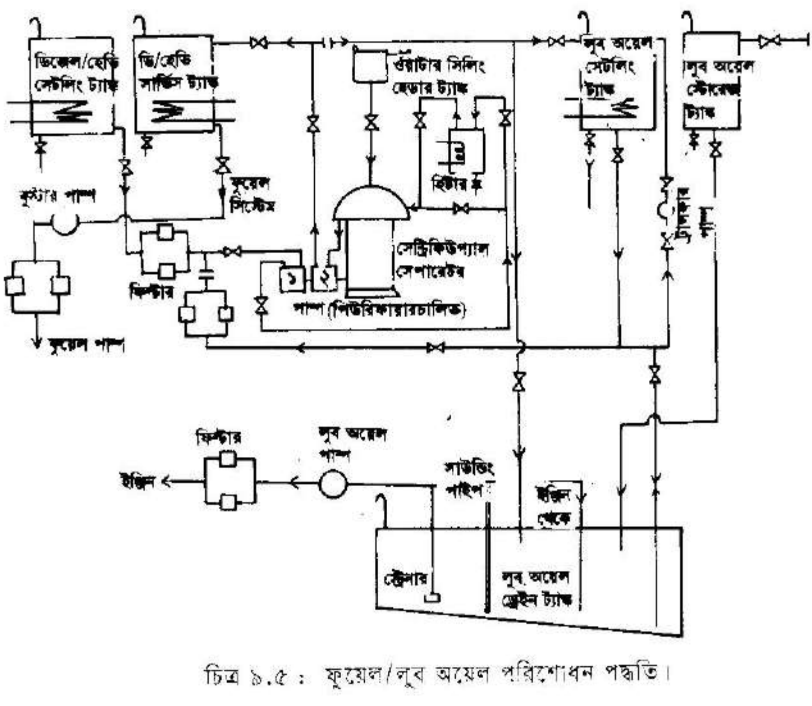


চিত্র ৯.৪ : কেন্দ্রাতিগ পরিশোধন।

বৌল-এর ভেতর তেল ও পানির ইন্টারফেস সাপ্লাই হোলস বরাবর হওয়া উচিত। কিছুক্ষণ চলার পর বৌলটি খুলে উপর থেকে ৩-৪টি ডিস্ক প্লেট পরীক্ষা করে ইন্টারফেসের অবস্থান সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা লাভ করা যায়। তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব পরিবর্তনের সাথে সাথে ইন্টারফেসের অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে। তাই তেলের আপেক্ষিক গুরুত্বের সাথে সামঞ্জস্য

রেখে ইন্টারফেসের সঠিক অবস্থান নির্ধারণের জন্য সেপারেটিং ডিস্কের সাথে বিভিন্ন ডায়ামিটারের গ্র্যাভিটি ডিস্ক (বা ড্যাম রিং) ব্যবহৃত হয়। গ্র্যাভিটি ডিস্কের ব্যাস বৃদ্ধি ইন্টারফেসের ব্যাস বৃদ্ধি করে। কেন্দ্রাতিগ সেপারেটরে তেলের দূষিত বস্তু যেমন পানি ও ময়লাকণা দুই–ই অপসারিত হয় বলে এটিকে কেন্দ্রাতিগ পিউরিফায়ারও বলে।

প্রতিটি কেন্দ্রাতিগ সেপারেটর ক্ল্যারিফায়ার হিসেবেও ব্যবহার করা যায়। ক্ল্যারিফায়ারে ওয়াটার সিলের প্রয়োজন হয় না, তাই সেপারেটিং ডিস্কের সাথে গ্র্যাভিটি ডিস্কের পরিবর্তে সিলিং ডিস্ক এবং ডিসট্রিবিউটরের উপর প্রথম ডিস্ক প্লেটটির পরিবর্তে ছিদ্রবিহীন (ব্লাইন্ড) ডিস্ক ব্যবহার করে যথাক্রমে পানি বেরুনোর পথ এবং অয়েল সাপ্লাই হোলস বন্ধ করে দিতে হয়। এক্ষেত্রে ডিসট্রিবিউটরের তলা থেকে তেল সরাসরি বৌল–এর পার্শ্বে চলে যায় এবং তেলের ভেতরের



চিত্র ৯.৫ : ফুয়েল/লুব অয়েল পরিশোধন পদ্ধতি।

কঠিনবস্তু ও স্লাজ বৌল–এর গায়ে জমা হতে থাকে, সেই সাথে পরিষ্কার তেল আগের মতো একই পথে বেরিয়ে যেতে থাকে। তেলের ভেতরের কঠিনবস্তু অপসারণে ক্ল্যারিফায়ার অধিক কার্যকর, কারণ বৌলটিতে তখন তেলের পরিমাণ বৃদ্ধির সাথে সাথে কেন্দ্রাতিগ সেটলিং ফোর্সও বৃদ্ধি পায়।

সাধারণভাবে, অয়েল পিউরিফিকেশন সিস্টেমে দুটি সেপারেটর থাকে এবং এগুলিকে পর্যায়ক্রমে চালানো হয়। প্রতি ২০–২৪ ঘণ্টা অন্তর সেপারেটর চেঞ্জওভার করে ব্যবহৃত সেপারেটর পরিষ্কার করে রাখা হয়। সেল্ফ–ক্লিনিং টাইপ পিউরিফায়ার চালু অবস্থাতেই পরিষ্কার করা যায়, তাই সেগুলি ১৫–২০ দিন অন্তর খুলে পরিষ্কার করলেই চলে।

কেন্দ্রাতিগ সেপারেটর টিউবুলার টাইপও হয়, যার অনুমানিক ডায়া ০.১৩ মিটার এবং দৈর্ঘ্য ০.৮০ মিটার হয়ে থাকে। এগুলিতে কোনো ডিস্ক প্লেট থাকে না। টিউবুলার টাইপ সেপারেটরের গতি আনুমানিক ১৫ হাজার আরপিএম হয়। এগুলির উপরিভাগে একটি স্বল্পোন্নত বলয়াকার রিং থাকে, যা ওয়াটার সিল ধারণ করে। এই ব্যবস্থা বৌলটিতে অধিক পরিমাণ তেল ধারণের নিশ্চয়তা দেয়।

কেন্দ্রাতিগ পিউরিফিকেশনের জন্য হেভি ফুয়েল অয়েল ও লুব অয়েলকে প্রি–হিট (৭৫°–১০০° সে.) করার প্রয়োজন হয়, তবে ডিজেল অয়েলকে প্রি–হিট করার তেমন একটা প্রয়োজন হয় না। ৯.৫ চিত্রে ফুয়েল ও লুব অয়েল পিউরিফিকেশন সিস্টেম বিস্তারিতভাবে বর্ণিত হয়েছে।

বৃহদাকার ইঞ্জিন চালু করার কয়েক ঘণ্টা আগে থেকে বন্ধ করা পর্যন্ত একটানা লুব অয়েল সেপারেটর (বা ক্ল্যারিফায়ার) চালু রেখে ড্রেইন ট্যাঙ্কের লুব অয়েল পরিশোধন করা হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে (ইঞ্জিন বন্ধ থাকাবস্থায়) ড্রেইন ট্যাঙ্কের সমুদয় লুব অয়েল সেটলিং ট্যাঙ্কে নিয়ে প্রথমত গ্র্যাভিটেশন, অতঃপর (ইঞ্জিন চালু করার কয়েক ঘণ্টা আগে) কেন্দ্রাতিগ সেপারেশনের মাধ্যমে পুনরায় ড্রেইন ট্যাঙ্কে নেয়া হয়।

প্রতি ২/১ মাস অন্তর লুব অয়েল পরীক্ষা করে দূষণের উৎস জেনে সেই অনুসারে ব্যবস্থা গ্রহণ করা উচিত। ছোট ইঞ্জিনে সচরাচর প্রতিবার ইঞ্জিন ওভারহলের (প্রতি ৬–১০ হাজার ঘণ্টা) পর ক্রাঙ্ককেস অয়েল নবায়ন করা হয়।

প্রশ্নমালা

১। পরিশোধন কি ? এর বিভিন্ন পদ্ধতি সংক্ষেপে আলোচনা কর।

২। চিত্রের সাহায্যে সেল্ফ–ক্লিনিং টাইপ লুব অয়েল ফিল্টারের কার্যক্রিয়া সবিস্তারে বর্ণনা কর। এ ধরনের ফিল্টারে ম্যাগনেটিক ফিল্টার সংযোজনের কারণ ব্যাখ্যা কর। চালু অবস্থায় ফিল্টার ময়লাযুক্ত কিনা তা কিভাবে বুঝা যায় ?

৩। নিম্নলিখিত বক্তব্যের যথার্থতা সম্পর্কে যুক্তিসঙ্গত মতামত দাও :

(ক) পরিশোধন ইঞ্জিনের কার্যকারিতা বাড়িয়ে ইঞ্জিনকে দীর্ঘায়ু করে।

(খ) পরিশোধনের ক্ষেত্রে স্ট্যাটিক মাধ্যম অধিক কার্যকর।

(গ) ফুয়েল/লুব অয়েল ইঞ্জিনে ব্যবহারের আগে কেমিক্যাল ট্রিটমেন্ট অপরিহার্য

৪। বৌল টাইপ কেন্দ্রাতিগ সেপারেটরের সূত্রে বর্ণনা কর :

(ক) তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব পরিবর্তনের সাথে সাথে গ্র্যাভিটি ডিস্ক পরিবর্তনের প্রয়োজন হয় কেন ?

(খ) তেল ও পানির ইন্টারফেসের অবস্থান কিভাবে বুঝা যায় ? ইন্টারফেসের সঠিক অবস্থান বজায় রাখার জন্য তৎপর হওয়া প্রয়োজন কেন ?

(গ) উন্নততর সেপারেশনের জন্য কোন বিষয়গুলি খুঁটিয়ে দেখা দরকার ?

(ঘ) একই সেপারেটর কিভাবে ক্ল্যারিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা যায় ?

৫। ইঞ্জিনে ব্যবহৃত লুব অয়েলের গুণাবলির কিভাবে অবনতি ঘটে এবং কিভাবে তার উন্নয়ন সাধন করা যায় ? একই লুব অয়েল কতদিন ব্যবহারোপযোগী থাকে ?

৬। স্টোরেজ ট্যাঙ্ক থেকে ইনজেকটরে পৌঁছাবধি ফুয়েল অয়েলকে কিভাবে পরিপূর্ণ দহনের উপযোগী করে প্রস্তুত করা হয় সবিস্তারে বর্ণনা কর।

৭। ফুয়েল ও লুব অয়েল পরিশোধন পদ্ধতি চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। এই সিস্টেমে ট্যাঙ্ক হিটিং এবং জোড়া ফিল্টার ব্যবহারের প্রয়োজন হয় কেন ?

৮। ক্রাঙ্ককেস অয়েল সূত্রে নিম্নলিখিত উক্তিগুলি কেন যথার্থ ব্যাখ্যা কর :

(ক) বিভিন্ন কারণে অয়েলের গুণাবলির অবনতি ঘটে।

(খ) নিয়মিত তেল পরীক্ষা করা অপরিহার্য।

(গ) ইঞ্জিন চালু অবস্থায় একটানা সেপারেটর চালু রাখা উচিত।

(ঘ) কেন্দ্রাতিগ পরিশোধনের জন্য প্রি-হিটিং আবশ্যক।

দশম অধ্যায়

পাম্প

তরল বা বায়বীয় পদার্থে চাপের তারতম্য সৃষ্টি হওয়ামাত্র প্রবাহের সূচনা হয় এবং এই প্রবাহ উচ্চচাপযুক্ত স্থান থেকে নিম্নচাপযুক্ত স্থানের দিকে চলতে থাকে। পাম্প এমন একটি যন্ত্র যা চাপের তারতম্য সৃষ্টির মাধ্যমে তরল বা বায়বীয় পদার্থকে একস্থান থেকে অন্যস্থানে স্থানান্তর করে।

পাম্প বলতে সাধারণত তরল পদার্থ স্থানান্তরকরণ যন্ত্রকেই বুঝায়। নিচে এগুলি সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা করা হলো।

পাম্পিং প্রক্রিয়া এবং পাম্পের শ্রেণিবিভাগ

তরল পদার্থ পাম্পিং-এ বায়ুর চাপকে কাজে লাগানো হয়। ভূপৃষ্ঠে বায়ুর চাপ আনুমানিক ১.০১৩ বার বা ১০.৩০ মিটার পানির উচ্চতার সমান। পাম্পের সাকশন লাইনে বায়ুশূন্যতা সৃষ্টি করে তাই ১০.৩০ মিটার নিচে থেকে ঠাণ্ডা পানি তোলা যায়।

তরল পদার্থ পাম্পিং-এ পাম্পের সাকশন লাইন পুরোপুরি বায়ুমুক্ত হওয়া প্রয়োজন। কারণ সাকশন লাইনে বাতাসের উপস্থিতি তরল পদার্থের প্রবাহ নিষ্ক্রিয় করে দেয়। পাম্প প্রধানত তিন প্রকার- কেন্দ্রাতিগ, রেসিপ্রোকেটিং এবং রোটারি পাম্প।

কেন্দ্রাতিগ পাম্প ডাইনামিক প্রেশার পাম্পের শ্রেণিভুক্ত। এগুলিতে ইমপেলার থাকে। পাম্পিং-এর সময় তরল পদার্থ ইমপেলার ভেইন্স-এর সংস্পর্শে এসে কেন্দ্রাতিগ বলের প্রভাবে সবেগে পরিধির দিকে ছুটে যেতে থাকে।

কেন্দ্রাতিগ পাম্পের চাপের তারতম্য সৃষ্টির ক্ষমতা মাঝারি মাত্রার, কিন্তু পাম্পিং রেট উচ্চমাত্রার। সাকশন লাইন থেকে বায়ু নিষ্কাশন করার জন্য প্রয়োজন বিশেষে এগুলিতে প্রাইমিং ডিভাইস সংযোজন করতে হয়।

কেন্দ্রাতিগ পাম্পের ডেলিভারি হেড (বা চাপ) নিম্নমাত্রার, তবে কয়েকটি ইমপেলার সিরিজে রেখে ডেলিভারি হেড উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি করা যায়।

এই পাম্পের ডেলিভারি লাইনে প্রতিবন্ধকতার সৃষ্টি হলে কেসিং-এর ভেতর ইমপেলার শুধু চক্রাকারে ঘুরতে থাকে। এ সময় কোনো পাম্পিং সংঘটিত হয় না। এ কারণে কেন্দ্রাতিগ পাম্পের ডেলিভারি লাইনে রিলিফ ভাল্ভ ব্যবহারের প্রয়োজন হয় না।

রেসিপ্রোকেটিং ও রোটারি পাম্প পজিটিভ ডিসপ্লেসমেন্ট পাম্পের শ্রেণিভুক্ত। পাম্পিং-এর সময় এগুলির এক বা একাধিক চেম্বার পর্যায়ক্রমে পূর্ণ এবং শূন্য হয়। সাকশন লাইন থেকে বায়ু নিষ্কাশনের জন্য এগুলিতে আলাদা কোনো প্রাইমিং ডিভাইস সংযোজন করতে হয় না। এগুলির চাপের তারতম্য সৃষ্টির ক্ষমতা, বিশেষ করে রেসিপ্রোকেটিং পাম্পের ক্ষেত্রে, অতি উচ্চমাত্রার। ডেলিভারি হেডও উচ্চমাত্রার, কিন্তু পাম্পিং রেট মাঝারি মাত্রার। এসব পাম্পের ডেলিভারি লাইনে প্রতিবন্ধকতার সৃষ্টি হলে পাম্পিং প্রক্রিয়ায় তেমন কোনো পরিবর্তন আসে না, ফলে ডেলিভারি প্রেশার ক্রমান্বয়ে বেড়েই চলে এবং এক সময় দুর্ঘটনা সংঘটিত হয়। এ কারণে পজিটিভ ডিসপ্লেসমেন্ট পাম্পের ডেলিভারি লাইনে রিলিফ ভাল্ভের ব্যবহার অত্যাবশ্যক।

কেন্দ্রাতিগ পাম্প : ১০.১ চিত্রে কেন্দ্রাতিগ পাম্পের গঠন এবং কার্যপদ্ধতি বর্ণিত হয়েছে। এই পাম্পের প্রধান অংশ-- ইমপেলার এবং ভলিউট কেসিং। পাম্পিং-এর সময় ভলিউট কেসিং-এর ভেতর ইমপেলার সবেগে ঘুরতে থাকলে তরল পদার্থ সাকশন লাইন থেকে ইমপেলার আই-এর ভেতর প্রবেশ করে ইমপেলার ভেইন্সের সংস্পর্শে উচ্চমাত্রার গতিশক্তি অর্জন করে। এই গতিশক্তির কিছু অংশ প্রয়োজনীয় চাপশক্তিতে রূপান্তরের জন্য ইমপেলার ভেইন্স এবং ভলিউট কেসিং-এর ডিজাইন কাজে লাগানো হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে ডিফিউজার বা গাইড ভেইন্স ব্যবহার করে তরল পদার্থের গতিশক্তির অংশবিশেষ চাপশক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়।

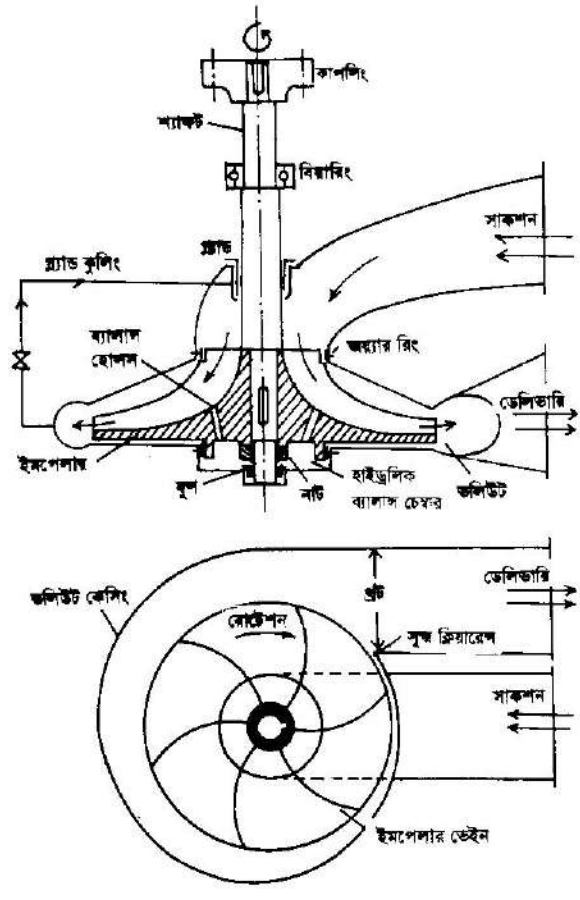
কেন্দ্রাতিগ পাম্প এক্সিয়াল ফ্লো এবং মিক্সড ফ্লো উভয় টাইপের হতে পারে। এক্সিয়াল ফ্লো টাইপ পাম্পের পাম্পিং রেট অতি উচ্চমাত্রার, তবে ডেলিভারি হেড নিম্নমাত্রার। পানি ও তেলের পাম্প, যেমন কনডেন্সার কুলিং, ব্যালাস্ট এবং কার্গো পাম্প হিসেবে এগুলির ব্যবহার সন্তোষজনক। পানির পাম্পের ইমপেলার ব্রোঞ্জের এবং কেসিং কাস্ট আয়রনের হয়।

কেন্দ্রাতিগ পাম্প চালু করার আগে কেসিং এবং সাকশন লাইন তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ (প্রাইমিং) করা আবশ্যক। কেসিং শুকনো থাকাবস্থায় এই পাম্প কখনো চালানো উচিত নয়, এতে পাম্পের মারাত্মক ক্ষতি সাধিত হয়।

কেন্দ্রাতিগ পাম্পের একটি সাধারণ ত্রুটি হচ্ছে অয়্যার রিং-এর ক্লিয়ারেন্স বৃদ্ধি। বর্ধিত ক্লিয়ারেন্স পাম্পের দক্ষতা দারুণভাবে হ্রাস করে। কারণ এক্ষেত্রে পাম্পের ডেলিভারি লাইনের সাথে সাকশন লাইনের সরাসরি সংযোগ গড়ে ওঠে। এরূপ ত্রুটির ক্ষেত্রে পাম্পের দক্ষতা পুনরুদ্ধারের জন্য ইমপেলার কলার এবং অয়্যার রিং-এর প্রয়োজনীয় মেরামত আবশ্যক। এই পাম্প বিভিন্ন আকারের হয়ে থাকে। পাম্পগুলি বেশিরভাগই খাড়া এবং কিছু সমতল হয়। এগুলি মোটর বা ইঞ্জিনচালিত হয়ে থাকে।

রেসিপ্রোকেটিং পাম্প : ১০.২ চিত্রে রেসিপ্রোকেটিং পাম্পের গঠন ও কার্যপদ্ধতি বর্ণিত হয়েছে। নিম্নগামী স্ট্রোকে সিলিন্ডারের ভেতর শূন্যতার সৃষ্টি হয়, ফলে ডেলিভারি ভাল্ভ বন্ধ এবং সাকশন ভাল্ভ খুলে যায়, তখন সাকশন লাইন থেকে তরল পদার্থ এসে সিলিন্ডার পূর্ণ করে। ঊর্ধ্বগামী স্ট্রোকে সিলিন্ডারের ভেতর উচ্চচাপের সৃষ্টি হয়, ফলে সাকশন ভাল্ভ বন্ধ এবং ডেলিভারি ভাল্ভ খুলে যায়, তখন সিলিন্ডার থেকে তরল পদার্থ বহিষ্কৃত হয়ে ডেলিভারি লাইনে

প্রবেশ করে। এভাবে পর্যায়ক্রমে সিলিন্ডার পূর্ণ ও শূন্য হওয়ার মাধ্যমে সাকশন লাইন থেকে তরল পদার্থ ডেলিভারি লাইনে প্রবাহিত হয়। এ ধরনের একক সিলিন্ডারবিশিষ্ট পাম্পের ডেলিভারি চেস্ট–এর উপর এয়ার ভেসেল স্থাপন করে এয়ার কুশনের প্রভাবে তরল পদার্থের প্রবাহ সুষম রাখা যায়। এই পাম্পের সাকশন/ ডেলিভারি ভাল্‌ভ নন–রিটার্ন টাইপ হয়ে থাকে।



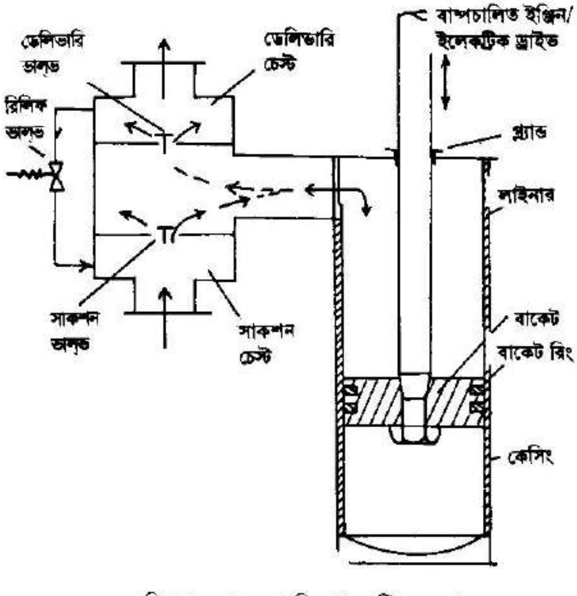
চিত্র ১০.১ : কেন্দ্রাতিগ পাম্প।

রেসিপ্রোকেটিং পাম্প সাধারণত পিস্টন, প্লানজার এবং ডায়াফ্রাম টাইপের হয়। পানি এবং তেলের পাম্প হিসেবে এগুলির ব্যবহার সুদূরপ্রসারী।

রেসিপ্রোকেটিং টাইপ পানির পাম্পের বাকেট গান মেটালের, লাইনার ব্রোঞ্জের, বাকেট রিং এবোনাইটের, কেসিং কাষ্ট আয়রনের এবং সাকশন/ ডেলিভারি ভাল্‌ভ পিতলের হয়। তবে গরম পানি পাম্পিং–এর ক্ষেত্রে ভাল্‌ভ এবং ভাল্‌ভ সিট স্টেইনলেস স্টিলের হয়ে থাকে।

রেসিপ্রোকেটিং পাম্প চালু করার আগে সাকশন লাইন তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ করা এবং পাম্প চালু করার পর ডেলিভারি লাইন থেকে বাতাস বহিষ্কার করা (এয়ার কক খুলে) ভালো অভ্যাস।

বিভিন্ন ত্রুটি, যেমন লাইনার, রিং ল্যান্ডিং ও ভাল্‌ভ সিটে অসমান দাগ, মাত্রাধিক রিং ক্লিয়ারেন্স, সাকশন লাইনে এয়ার লিকেজ ইত্যাদি এই পাম্পের দক্ষতার দারুণ অবনতি ঘটায়। সঠিক রক্ষণাবেক্ষণ হিসেবে নিয়মিত পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে ভাল্‌ভ ও সিট গ্রাইন্ড করা, উপযুক্ত টেনশনের স্প্রিং ব্যবহার করা, গ্রহণযোগ্য সীমার মধ্যে লাইনার স্কিমিং করা, বাকেটের রিং–গ্রুভস বিল্ড–আপ ও মেশিনিং করা, রিং–এর সঠিক ক্লিয়ারেন্স বজায় রাখা, সাকশন লাইনে এয়ার লিকেজ নিয়ন্ত্রণে রাখা এবং প্রয়োজনানুসারে যে কোনো অংশের রদবদল করা আবশ্যক।

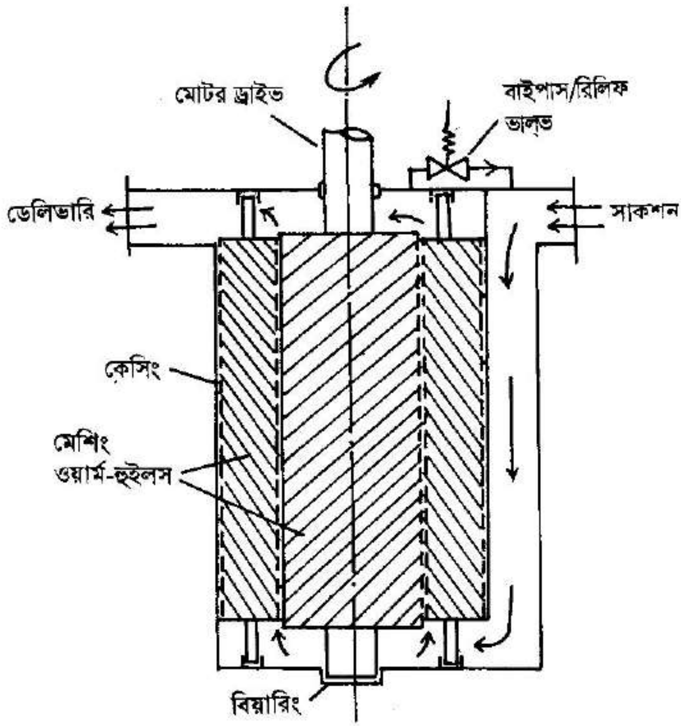


চিত্র ১০.২ : রেসিপ্রোকেটিং পাম্প।

একটি ১৫০ মিলিমিটার ব্যাসবিশিষ্ট রিং–এর বাট ও এক্সিয়াল ক্লিয়ারেন্স যথাক্রমে ১ মিলিমিটার ও ০.২৫ মিলিমিটার হয়। খোলা অবস্থায় রিং–এর দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী দূরত্ব কমপক্ষে ১০ মিলিমিটার হওয়া প্রয়োজন। এতে লাইনারে বসানো অবস্থায় রিং–এর যথাযথ কমপ্রেশনের নিশ্চয়তা থাকে।

রেসিপ্রোকেটিং পাম্প বিভিন্ন আকারের হয়ে থাকে। এগুলি সাধারণত খাড়া, সমতল এবং ইঞ্জিন বা মোটরচালিত হয়।

রোটারি পাম্প : রোটারি পাম্প তরল পদার্থকে কেন্দ্রাতিগ পাম্পের মতো পরিধির দিকে না ছুঁড়ে সাকশন লাইন থেকে ট্র্যাপ করে (এবং কেসিং বরাবর বহন করে। ডেলিভারি লাইনে ঠেলে দেয়। রোটারি পাম্পের পাম্পিং প্রক্রিয়া অনেকটা রেসিপ্রোকেটিং পাম্পের মতো, তবে তরল পদার্থের প্রবাহ অত্যন্ত সুষম। এগুলি বিভিন্ন ধরনের হয়, যেমন স্ক্রু, গিয়ার, ভেইন্স টাইপ ইত্যাদি। এই পাম্পের স্থির এবং সচল অংশগুলির মধ্যবর্তী ক্লিয়ারেন্স খুব সূক্ষ্ম। সচল অংশের



চিত্র ১০.৩ : স্ক্রু পাম্প।

সঠিক অ্যালাইনমেন্ট বা ক্লিয়ারেন্স বজায় রাখার জন্য কোনো কোনো ক্ষেত্রে এগুলির সাথে টাইমিং গিয়ার সংযোজন করা হয়। রোটারি পাম্প অত্যন্ত নির্ভরযোগ্য এবং বলা যায় ত্রুটিমুক্ত এগুলি তেমন কোনো যত্ন ছাড়াই দীর্ঘদিন কার্যকর থাকে।

১০.৩ চিত্রে স্ক্রু পাম্পের গঠন ও কার্যপদ্ধতি বর্ণিত হয়েছে। এগুলিতে এক বা একাধিক স্ক্রু থাকে এবং তা ধারণের জন্য নিখুঁত বোরবিশিষ্ট কেসিং থাকে। কেসিং-এর ভেতর স্ক্রু সমান্তরালে

ঘোরার সময় তার প্রগ্রেসিভ মুভমেন্ট পাম্পিং প্রক্রিয়ার সূচনা করে। স্ক্রু পাম্প প্রধানত খাড়া এবং মোটরচালিত হয়।

১০.৪ চিত্রে গিয়ার পাম্পের গঠন এবং কার্যপদ্ধতি বর্ণিত হয়েছে। এগুলিতে নানাবিধ গিয়ার, যেমন হেরিংবোন, স্পার,-হেলিক্যাল ইত্যাদি থাকে। কেসিং-এর ভেতর গিয়ার সবেগে ঘোরার সময় গিয়ার টিথ সাকশন লাইন থেকে তরল পদার্থ ট্র্যাপ করে (এবং কেসিং বরাবর বহন করে) ডেলিভারি লাইনে ঠেলে দেয়। এভাবে তরল পদার্থ সাকশন লাইন থেকে ডেলিভারি লাইনে প্রবাহিত হয়। গিয়ার পাম্প প্রধানত সমতল এবং মোটরচালিত হয়। স্ক্রু এবং গিয়ার পাম্প ঘন ও পাতলা সব ধরনের তরল পদার্থে ব্যবহারোপযোগী। ইঞ্জিন লুব্রিকেটিং পাম্প এবং ফুয়েল পাম্প হিসেবে এগুলির ব্যবহার একচেটিয়া।

১০.৫ চিত্রে ভেইন পাম্পের গঠন এবং কার্যপদ্ধতি বর্ণিত হয়েছে। এগুলিতে রেডিয়াল ভেইন্সবিশিষ্ট ইমপেলার এবং বিশেষ আকৃতির কেসিং থাকে। পাম্প চালু করার আগে কেসিং তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ করা হয়। কেসিং-এর ভেতর ইমপেলার সবেগে ঘোরার সময় ইমপেলার ভেইন্স-এর সংস্পর্শে এসে তরল পদার্থ রিং-এর আকারে ঘুরতে থাকে। কেসিং-এর আকৃতি এবং তার মধ্যে ইমপেলারের অবস্থান এরূপ থাকে যে, প্রতিবার ঘোরার সময় এই রিং একবার ইমপেলারের কেন্দ্রের দিকে, আরেকবার কেন্দ্র থেকে দূরে সরে যায়। এমতাবস্থায়, ইমপেলার ভেইন্স সাকশন পোর্টের উপর দিয়ে অগ্রসর হওয়ার সময় সেখান থেকে তরল (বা বায়বীয়) পদার্থ ট্র্যাপ করে (এবং ওই রিং বরাবর বহন করে) ডেলিভারি পোর্টে ঠেলে দেয়। এভাবে সাকশন পোর্ট থেকে তরল পদার্থ ডেলিভারি পোর্টে প্রবাহিত হয়। পাম্পিং-এর সময় এই পাম্পের কেসিং একটানাভাবে ঠাণ্ডা করা প্রয়োজন। ভেইন পাম্প প্রধানত খাড়া এবং মোটরচালিত হয়। প্রাইমিং পাম্প এবং পানির পাম্প হিসেবে এগুলি বেশ জনপ্রিয়।

রোটারি পাম্প চালু করার আগে পাম্পের রোটর এবং কেসিং তরল পদার্থ দ্বারা লুব্রিকেট (প্রাইমিং) করে নেয়া আবশ্যক। এগুলি কখনো শুকনো চালানো উচিত নয়, এতে ওয়ার্কিং সারফেসের মারাত্মক ক্ষতি সাধিত হয়। সঠিক রক্ষণাবেক্ষণ হিসেবে নিয়মিত পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে এগুলির কেসিং বোর বিল্ড-আপ ও মেশিনিং করা, বিয়ারিং/বুশ নবায়ন করা এবং প্রয়োজনে রোটর রদবদল করা আবশ্যক।

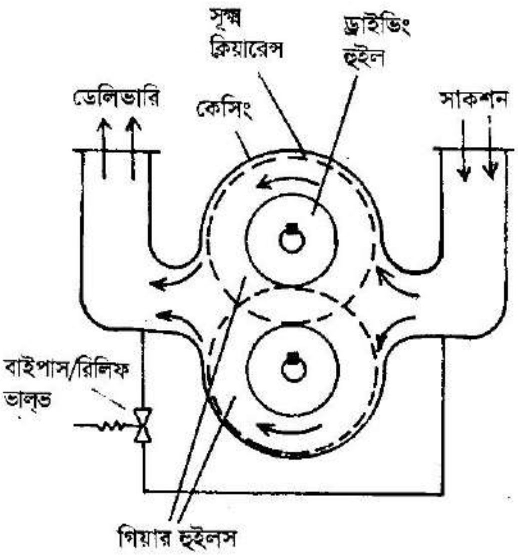
বিবিধ

(১) পাম্প পরিচালনা : যে কোনো পাম্প চালু করার আগে সাকশন ও ডেলিভারি ভাল্ভ পুরোপুরি খুলে দেয়া আবশ্যক। তবে কেন্দ্রাতিগ পাম্পের ক্ষেত্রে বর্ধিত শক্তির প্রয়োজনীয়তা এড়ানোর জন্য ডেলিভারি ভাল্ভ বন্ধ রাখা যেতে পারে। এতে পাইপ লাইনে অকস্মাৎ প্রেশার বৃদ্ধিজনিত দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা থাকে না।

পাম্পের সাকশন লাইনে তরল পদার্থের প্রবাহে কখনো প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টি (বা সাকশন থ্রটল) করা উচিত নয়, এতে পাম্পের ওভারহিটিং এমনকি মারাত্মক ক্ষতির সম্ভাবনা থাকে।

বিভিন্ন কারণে, যেমন পাম্প ড্রাইভের মিস–অ্যালাইনমেন্ট, গ্ল্যান্ড প্যাকিং–এ মাত্রাধিক চাপ ইত্যাদি দ্বারা পাম্পের সাবলীল গতি ব্যাহত হয়, যা পাম্পের দক্ষতার অবনতি ঘটায়। তাই প্রতিবার পাম্প চালু করার আগে রোটর হাতে ঘুরিয়ে পাম্পের অবাঞ্ছিত শব্দ, ঘর্ষণ এবং বাধা সম্পর্কে অবগত হওয়া এবং সেই অনুসারে সংশোধনমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা আবশ্যক।

(২) পাম্পিং-এ তরল পদার্থের ঘনত্ব ও তাপমাত্রা : পাম্পিং–এর জন্য পাতলা ও ঠান্ডা তরল পদার্থ সুবিধাজনক। ঘন তরল পদার্থের প্রবাহে প্রতিবন্ধকতার সৃষ্টি হয়, ফলে পাম্পিং দক্ষতা হ্রাস পায়। তাই সুষ্ঠু পাম্পিং–এর জন্য প্রয়োজন বিশেষে তরল পদার্থ গরম করার প্রয়োজন হয়। অপরদিকে, কোনো কোনো গরম তরল পদার্থ (যেমন পানি) পাম্পের সাকশন লাইনে আংশিক শূন্যতার কারণে সহজে বাষ্পীভূত হয়, ফলে পাম্পের সাকশন লিফট হ্রাস পায়, এমনকি সাকশন



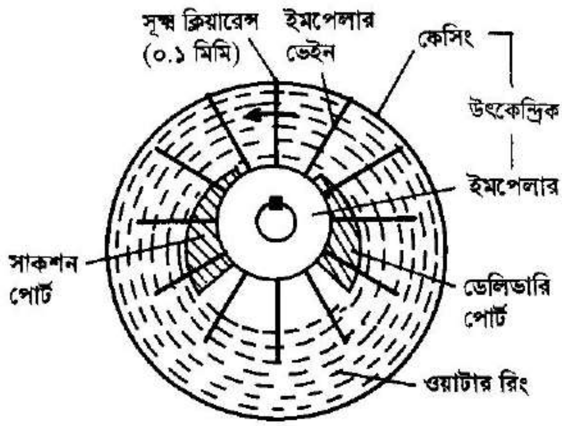
চিত্র ১০.৪ : গিয়ার পাম্প।

লাইনে ভেপারলক–এর সৃষ্টি হয়ে পাম্পিং প্রক্রিয়া বন্ধ হওয়ার উপক্রম হয়। এ কারণে গরম তরল পদার্থ পাম্পিং–এর ক্ষেত্রে পজিটিভ সাকশন/সাপ্লাই হেড রাখা প্রয়োজন

পানির পাম্পের সর্বোচ্চ সাকশন লিফট স্বাভাবিক তাপমাত্রায় (যেমন ৩০° সেলসিয়াসে) ৮ মিটার এবং ৬৪° সেলসিয়াসে ৩ মিটার হয়ে থাকে। কিন্তু ৯৪° সেলসিয়াসে পাম্পের জল উত্তোলন ক্ষমতা থাকে না। তখন পানিকে পজিটিভ প্রেশারে (যাকে নেট পজিটিভ সাপ্লাই হেড বলে) পাম্পের দিকে প্রবাহিত রাখার প্রয়োজন হয়।

১১০° সেলসিয়াস তাপমাত্রায় পানির পাম্পের পজিটিভ সাপ্লাই হেড কমপক্ষে ৩ মিটার হওয়া প্রয়োজন। উল্লেখ্য, পরিষ্কার ঠাণ্ডা পানি উত্তোলনে রেসিপ্রোকেটিং, রোটারি এবং কেন্দ্রাতিগ পাম্পের সর্বোচ্চ সাকশন লিফট যথাক্রমে ৮ মিটার, ৭ মিটার এবং ৬.৫ মিটার হয়।

(৩) ক্যাভিটেশন : পাম্পিং-এর সময় তরল পদার্থের প্রবাহে স্থান বিশেষে উচ্চগতির কারণে আংশিক শূন্যতার সৃষ্টি হয়। ওই নিম্নচাপ তরল পদার্থের বাষ্পীভবনের সূচনা করলে বুদবুদ সৃষ্টির সম্ভাবনা দেখা দেয়। পাম্পিং প্রক্রিয়ায় এ ধরনের বুদবুদ সৃষ্টিকে ক্যাভিটেশন বলে। বুদবুদ সৃষ্টির পর তা ক্রমান্বয়ে সম্প্রসারিত হয় এবং উচ্চচাপ অঞ্চলে পৌঁছে ফেটে যায়।



চিত্র ১০.৫ : ভেইন পাম্প।

বুদবুদ ফাটার সময় তরল পদার্থের ভেতর অত্যন্ত শক্তিশালী প্রেশার ওয়েভের সৃষ্টি হয়, যা দুমদাম শব্দ, ভাইব্রেশন ও পিটিং সৃষ্টি করে এবং পাম্পের দক্ষতার অবনতি ঘটায়। ক্যাভিটেশন সমস্যা এড়ানোর জন্য কোনো কোনো ক্ষেত্রে কেন্দ্রাতিগ পাম্পের শ্যাফটে ইনডিউসার সংযোজন করা হয়। ইনডিউসার উপযুক্ত প্রেশারে তরল পদার্থকে ইমপেলারের প্রতি নির্দেশ করে নিম্নতর নেট পজিটিভ সাপ্লাই হেডে পাম্পকে কর্মক্ষম থাকতে সহায়তা করে। পাম্পের গতি হ্রাস এবং ডেলিভারি থ্রটল করে ক্যাভিটেশন পরিস্থিতির উন্নতি সাধন করা যায়।

(৪) সাকশন/ডেলিভারি পাইপ : পাম্পের সাকশন/ডেলিভারি পাইপ স্বল্পদৈর্ঘ্য, সোজা এবং বাধামুক্ত হওয়া প্রয়োজন। পাম্প স্থাপনের সময় সাকশন লাইনে যাতে এয়ার পকেট সৃষ্টি হতে না পারে সেদিকে বিশেষ দৃষ্টি রাখা আবশ্যক। হাইড্রলিক ইন্সটিটিউটের মতে ডেলিভারি পাইপের ব্যাস সাকশন পাইপ অপেক্ষা সামান্য বেশি হওয়া উচিত। কেন্দ্রাতিগ

এবং রোটারি পাম্পের পাইপ লাইন এরূপ হওয়া প্রয়োজন যেন পাম্প বন্ধ থাকাবস্থায় কেসিং সর্বক্ষণ তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ থাকে। এই ব্যবস্থা পাম্পের ড্রাই স্টার্টিং এড়ানোর সহায়ক হয়।

প্রশ্নমালা

১। কেন্দ্রাতিগ পাম্পের সাথে সাহায্যকারী পাম্প হিসেবে এয়ার পাম্প সংযোজনের তিনটি যথার্থ কারণ উল্লেখ কর। সাহায্যকারী এয়ার পাম্প হিসেবে রেসিপ্রোকেটিং এবং রোটারি পাম্পের দোষ–গুণ তুলনা কর। কেন্দ্রাতিগ পাম্পের দক্ষতা কিভাবে হ্রাস পায় ? অনুকূল কর্মদক্ষতা পুনরুদ্ধারের জন্য কি করা দরকার ?

২। কেন্দ্রাতিগ পাম্পের ভেতরের অংশ কিভাবে মারাত্মক ক্ষতির সম্মুখীন হয় ? এ ধরনের ক্ষতি দ্বারা পাম্পের কার্যকারিতা এবং আয়ু কিভাবে ব্যাহত হয় ? পাম্প চালু অবস্থায় এসব ক্ষতি কিভাবে এড়ানো যায় ?

৩। কেন্দ্রাতিগ পাম্প সূত্রে নিম্নবর্ণিত ত্রুটির কারণ ব্যাখ্যা কর :

(ক) ডেলিভারি বন্ধ,

(খ) ডেলিভারি রেট উল্লেখযোগ্যভাবে হ্রাস,

(গ) দুম–দাম শব্দ ও অত্যধিক ভাইব্রেশন।

৪। পজিটিভ ডিসপ্লেসমেন্ট পাম্প এবং ডাইনামিক প্রেশার পাম্পের দক্ষতা ও সীমাবদ্ধতা তুলনা কর। লুব্রিকেটিং পাম্প হিসেবে নির্ভরযোগ্য এমন একটি পাম্পের গঠন এবং কার্যপদ্ধতি চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর।

৫। রেসিপ্রোকেটিং এবং কেন্দ্রাতিগ পাম্প ছাড়া অপর যে কোনো একটি পাম্পের গঠন এবং কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর। কোন ধরনের কাজে এটি সর্বাধিক ব্যবহারোপযোগী ?

৬। নিচে উল্লেখিত পানির পাম্পের সাধারণ ত্রুটিগুলি উল্লেখ করে যথাযথ মেরামতের পরামর্শ দাও :

(ক) কেন্দ্রাতিগ পাম্প

(খ) রেসিপ্রোকেটিং পাম্প।

একাদশ অধ্যায়

বয়লার

বয়লার এমন একটি যন্ত্র যেখানে তাপ প্রয়োগের মাধ্যমে পানি থেকে বাষ্প উৎপাদন করা হয়। এই বাষ্প একটি নির্দিষ্ট চাপ–সীমার মধ্যে (যেমন ৫–৭ কেজি/ সেন্টি²) পানির ওপর অবস্থান করে; যা টারবাইন, ইঞ্জিন, পাম্প ইত্যাদির পরিচালনা এবং বিভিন্ন প্রকার হিটিং–এর কাজে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। ডিজেল প্লান্টের ফুয়েল অয়েল, লুব অয়েল এবং জ্যাকেট ওয়াটার সিস্টেমে সাধারণত বাষ্প দ্বারা হিটিং–এর ব্যবস্থা রাখা হয়। বাষ্প উৎপাদনের জন্য এক্ষেত্রে মেইন ইঞ্জিনের এগজস্ট গ্যাসে পরিবাহিত তাপশক্তি দ্বারা এগজস্ট বয়লার পরিচালনা করা হয়ে থাকে। বিকল্প ব্যবস্থা হিসেবে এসব প্লান্টে অয়েলফায়ার্ড বয়লার থাকে। এগজস্ট ও অয়েলফায়ার্ড বয়লার পৃথকভাবে অথবা একটিমাত্র ইউনিটে স্থাপিত হতে পারে।

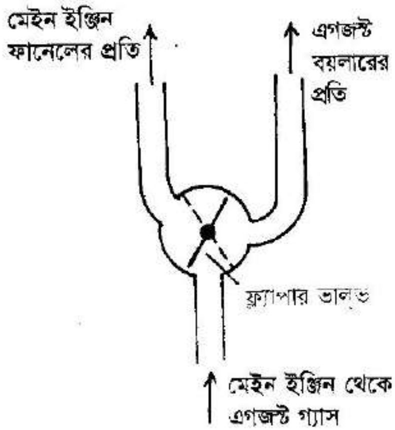
সেকেলে প্রযুক্তির ডিজেল প্লান্টগুলিতে মেইন ইঞ্জিনের এগজস্ট পাইপের পাশে অয়েল ফায়ার্ড বয়লার স্থাপন করে ফ্ল্যাপার ভাল্‌ভ (চিত্র ১১.১) সংযোজিত বিশালাকার পাইপের মাধ্যমে তার ভেতর এগজস্ট গ্যাস প্রবাহের ব্যবস্থা রাখা হতো। এ ধরনের বয়লার কম্পোজিট বয়লার নামে পরিচিত। কিন্তু আধুনিক প্লান্টগুলিতে এগজস্ট বয়লার সরাসরি এগজস্ট গ্যাস প্রবাহের মুখে এবং অয়েলফায়ার্ড বয়লার অপর যে কোনো সুবিধাজনক স্থানে স্থাপন করে যথাযথ পাইপের মাধ্যমে বয়লার দুটিকে সংযুক্ত করা হয়ে থাকে (চিত্র ১১.২)। এই পদ্ধতিতে অয়েলফায়ার্ড বয়লার পৃথকভাবে পরিচালনা করে অথবা তার পানি এগজস্ট বয়লারে সঞ্চালন করে বাষ্প উৎপাদন করা যায় এবং অয়েলফায়ার্ড বয়লার থেকেই বাষ্প সরবরাহের ব্যবস্থা রাখা হয়। এগজস্ট ও অয়েলফায়ার্ড বয়লার পৃথকভাবে অথবা একই সাথে চালানো যেতে পারে।

অয়েলফায়ার্ড ও এগজস্ট বয়লারে যে বাষ্প উৎপাদিত হয় তা মূলত সুসিক্ত (আর্দ্র) বাষ্প। এই বাষ্প সুপারহিটারে পরিচালনা করে শুষ্ক ও উষ্ণ তাপশক্তিসম্পন্ন (সুপারহিটেড) বাষ্পে পরিণত করা যায়। সুপারহিটেড বাষ্প টারবাইন এবং ইঞ্জিনে ব্যবহারের বিশেষ উপযোগী। অয়েলফায়ার্ড বয়লারে জ্বালানি তেল হিসেবে বেশিরভাগ ক্ষেত্রে হেভি ফুয়েল অয়েল এবং কিছু কিছু ক্ষেত্রে ডিজেল অয়েল ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

বয়লার দুই প্রকার– ফায়ার টিউব এবং ওয়াটার টিউব বয়লার। ফায়ার টিউব বয়লার যেখানে টিউবের ভেতর কমবাসশন গ্যাস প্রবাহিত হয়। অপেক্ষাকৃত ভারি ও মজবুত। এগুলিতে বাষ্প উৎপাদনের জন্য দীর্ঘ সময়ের (আনুমানিক ১২ ঘণ্টা) প্রয়োজন। অপরদিকে

ওয়াটার টিউব বয়লার ওজনে বেশ হাল্কা। এগুলিতে দ্রুত (২০–৩০ মিনিটে) ও নিরাপদে বাষ্প উৎপাদন করা যায়।

বয়লারের প্রধান অংশ– শেলপ্লেট, টিউবপ্লেট, টিউব এবং ফার্নেস। টিউব দ্বারা মূল হিটিং সারফেস গঠিত হয়। এগুলি আবার দুই প্রকারের– প্লেইন টিউব এবং এস্টে টিউব। উভয় টিউবের বহিঃস্থ ব্যাস সমান তবে এস্টে টিউবের প্লেট অনেক পুরু বলে অন্তঃস্থ ব্যাস কম। প্লেইন ও এস্টে টিউব দুই প্রান্তের টিউবপ্লেটের সাথে দৃঢ়ভাবে আটকানো থাকে। এস্টে টিউব মূলত টিউবপ্লেট দুটির সাপোর্ট হিসেবে কাজ করে।



চিত্র ১১.১ : এগজস্ট গ্যাস ফ্লো কন্ট্রোল।

ফার্নেস, টিউব এবং টিউবপ্লেট কমবাসশন গ্যাসের সংস্পর্শে থাকে বলে ক্ষয়প্রাপ্ত ও বিকৃত হতে পারে, এমনকি এগুলিতে ফাটলও দেখা দেয়। এরূপ অবস্থায় ক্ষয়প্রাপ্ত প্লেট বিল্ড–আপ করা, বিকৃত বা ফাটলযুক্ত প্লেট কেটে নতুন প্লেট জোড়া দেয়া (ওয়েল্ডিং–এর সাহায্যে) এবং লিকি টিউব নবায়ন করা বা জরুরি ক্ষেত্রে স্টপার প্লাগ দ্বারা ব্ল্যাঙ্ক করা আবশ্যক। ডিজেল প্লান্টে ব্যবহৃত দুটি বয়লার সম্পর্কে নিচে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা হলো।

স্কচ বয়লার

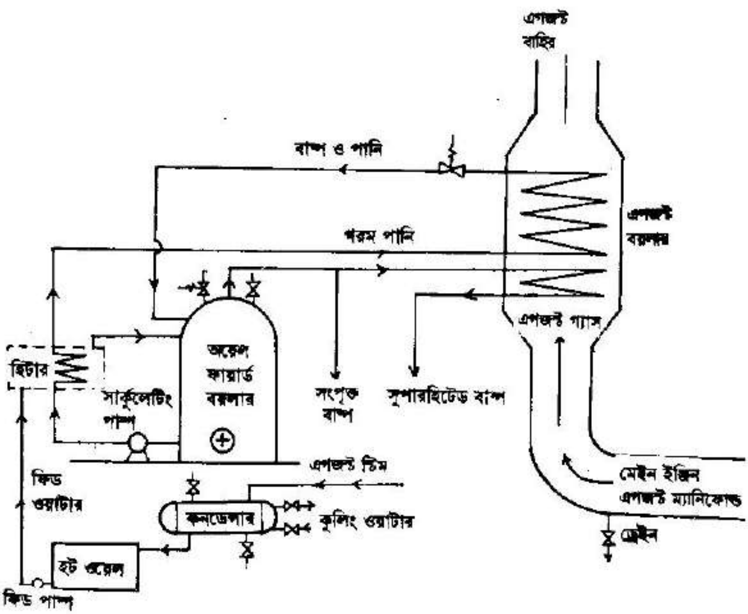
স্কচ বয়লার নির্মাণে উন্নতমানের স্টিল ব্যবহৃত হয়। এগুলি প্রধানত ওয়েল্ডিং, অতঃপর রিভেটিং কন্সট্রাকশনের হয়ে থাকে। এই বয়লারের ফার্নেস ঢেউ খেলানো হয় (চিত্র ১১.৩), যা অতিরিক্ত শক্তি ও উন্নত তাপ সঞ্চালনের নিশ্চয়তা দেয়। স্কচ বয়লার সাধারণত সমতল ও বেলনাকার হয়। এগুলি দীর্ঘদিন টেকে।

ককরেন বয়লার

ককরেন বয়লার নির্মাণে উন্নতমানের লো কার্বন স্টিল ব্যবহৃত হয়। এগুলির প্রধান বৈশিষ্ট্য– সীমলেস হেমিস্ফেরিকাল ফার্নেস, ওগী রিং এবং সাইনোফ্লো টিউব, যা অধিক শক্তি ও বর্ধিত তাপ সঞ্চালনের নিশ্চয়তা দেয়। অয়েলফায়ার্ড (চিত্র ১১.৪), এগজস্ট এবং কম্পোজিট বয়লার (চিত্র ১১.৫) হিসেবে ককরেন বয়লারের ব্যবহার অত্যন্ত ফলপ্রসূ।

বয়লার মাউন্টিংস

(১) সেফটি ভাল্ভ : প্রতিটি বয়লারে (এগজস্ট অথবা অয়েলফায়ার্ড) কমপক্ষে এক জোড়া সেফটি ভাল্ভ থাকে। এগুলি মাত্রাধিক বাষ্পচাপের ক্ষতিকর সম্ভাবনা থেকে বয়লারকে রক্ষা



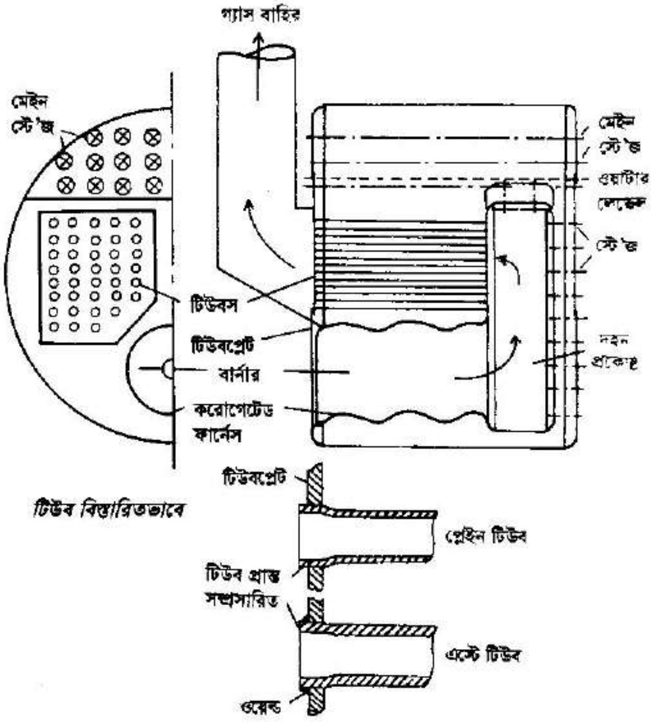
চিত্র ১১.২ : এগজস্ট ও অয়েলফায়ার্ড বয়লার সিস্টেম।

করে। সেফটি ভাল্ভের ড্রেইন সর্বক্ষণ মুক্ত রাখা প্রয়োজন। মাঝে মধ্যে হ্যান্ড– ইজিং গিয়ার দ্বারা এর কার্যকারিতা পরীক্ষা করা আবশ্যক।

(২) গেজ গ্লাস : অয়েলফায়ার্ড বয়লারে দুটি গেজ গ্লাস থাকে। এগুলিতে বয়লারের পানির লেভেল সরাসরি প্রতীয়মান হয়। সঠিক রিডিং– এর জন্য গেজ গ্লাস নিয়মিত ব্লো করা আবশ্যক।

(৩) মেইন স্টিম স্টপ ভাল্‌ভ : অয়েলফায়ার্ড বয়লার থেকে বাষ্প সরবরাহের জন্য মেইন স্টিম স্টপ ভাল্‌ভ ব্যবহৃত হয়। এই ভাল্‌ভের সাথে প্রতিটি সরবরাহ লাইনের সরাসরি সংযোগ থাকে। বাষ্প সরবরাহের জন্য সর্বপ্রথম এই ভাল্‌ভ খোলা প্রয়োজন।

(৪) ফিড চেক ভাল্‌ভ : অয়েলফায়ার্ড বয়লারের ফিড লাইনের উপর সাধারণত দুটি (নন-রিটার্ন ও স্ক্রু লিফট টাইপ) শাট-অফ ভাল্‌ভ থাকে। এগুলিকে ফিড চেক ভাল্‌ভ বলে। ভাল্‌ভ দুটি বয়লার থেকে পানি লিকেজের সম্ভাবনা হ্রাস করে।



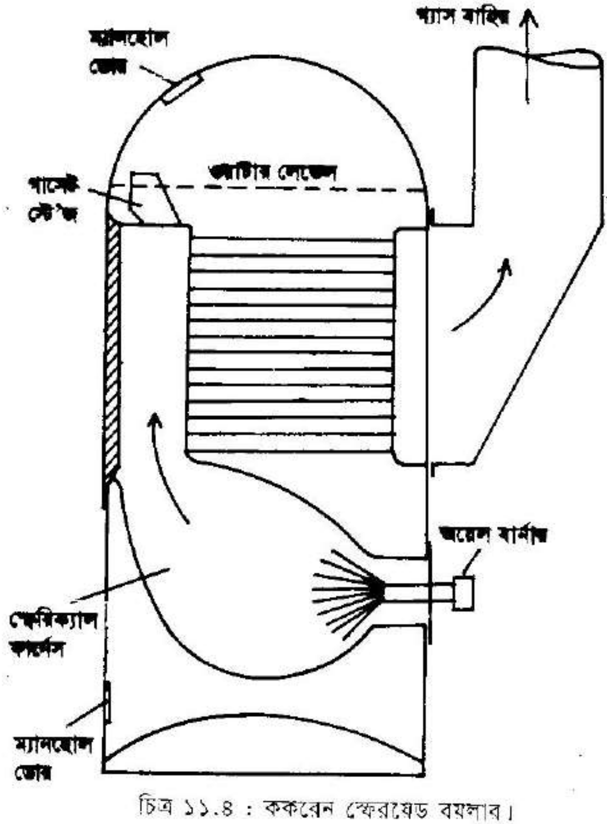
চিত্র ১১.৩ : স্কচ বয়লার।

(৫) এয়ার কক : অয়েলফায়ার্ড বয়লারের উপরিভাগে একটি এয়ার কক থাকে। বাষ্প উৎপাদনের শুরুতে এটি খুলে দিতে হয় যেন ভেতরের বাতাস বাষ্প চাপে বের হয়ে যেতে পারে। বয়লার শাট-ডাউনের সময় (বাষ্পচাপ শূন্যের কাছাকাছি যাওয়ার আগে) আবার এটি খুলে দিতে হয় যেন বয়লারের ভেতর কোনভাবে শূন্যতার সৃষ্টি হতে না পারে।

(৬) ব্লো-ডাউন ভাল্‌ভ : বয়লারে বাষ্পচাপ থাকাবস্থায় পানি নিষ্কাশনের জন্য ব্লো-ডাউন ভাল্‌ভ ব্যবহৃত হয়। ব্লো-ডাউন পাইপের শেষ প্রান্তে একটি কক (যেমন শিপ-সাইড কক

থাকে। ব্লো–ডাউনের আগে এটি প্রথমে খুলে দিতে হয়, অন্যথায় পাইপ লাইনে আকস্মিক চাপ বৃদ্ধিজনিত মারাত্মক দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা থাকে।

(৭) সুট ব্লোয়ার : বয়লার টিউবের গায়ে (কমবাসশন সাইডে) জমে ওঠা কার্বন চালু অবস্থায় পরিষ্কার করার জন্য সুট ব্লোয়ার ব্যবহৃত হয়। সুট ব্লোয়িং–এ সাধারণত উচ্চচাপযুক্ত বাষ্প–জেট ব্যবহৃত হয়ে থাকে।



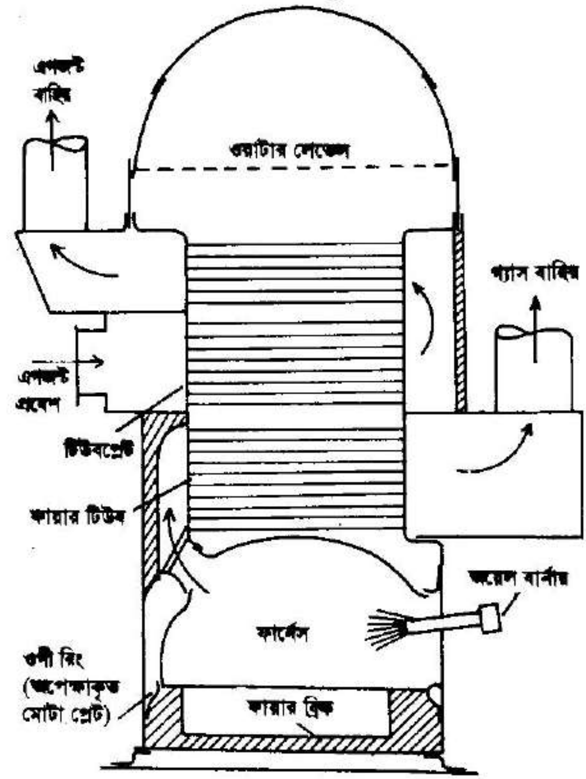
চিত্র ১১.৪ : ককরেন স্ফেরয়েড বয়লার।

(৮) স্কাম ভাল্‌ভ : বয়লারের পানিতে ভাসমান তেল, স্লাজ ইত্যাদি পৃথকীকরণের জন্য স্কাম ভাল্‌ভ ব্যবহৃত হয়।

(৯) ফ্লোট কন্ট্রোল : বয়লারের পানির লেভেল গ্রহণযোগ্য সীমার মধ্যে রাখার জন্য ফ্লোট কন্ট্রোল সংযোজিত হয়। এগুলি লো এবং হাই লেভেলের সময় যথাক্রমে পাওয়ার সাপ্লাই চালু ও বন্ধ করে ফিড পাম্পকে স্বয়ংক্রিয়ভাবে পরিচালনা করে। কোনো কারণে বয়লারের পানির লেভেল মাত্রাধিক নিচে নেমে গেলে এটি সঙ্কেত দিয়ে ফায়ারিং বন্ধ করে দেয়।

বাষ্পচাপ নিয়ন্ত্রণ

বয়লারের বাষ্পচাপ বিভিন্নভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায়, যেমন অয়েলফায়ার্ড বয়লার চালু–বন্ধ করে, এগজস্ট বয়লারে গ্যাস অথবা পানির প্রবাহ হ্রাস–বৃদ্ধি করে, উৎপাদিত বাষ্পের অংশবিশেষ ঘনীভূত করে ইত্যাদি।



চিত্র ১১.৫ : ডাবল পাস কম্পোজিট ককরেন বয়লার।

বয়লারে ব্যবহারযোগ্য পানি

সাধারণত বিশুদ্ধ পরিষ্কার পানি বয়লারে ব্যবহৃত হয়। এই পানিতে কিছু না কিছু ধাতব লবণ যেমন সোডিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাগনেশিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাগনেশিয়াম সালফেট, ক্যালশিয়াম সালফেট, ক্যালশিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম নাইট্রেট ইত্যাদি থাকে। এগুলি একদিকে কনট্যাক্ট সারফেসের করোশন, অপরদিকে স্কেল সৃষ্টির কারণ হয়। হিটিং সারফেসের ওপর স্কেল সৃষ্টির ফলে বয়লারের দক্ষতা দারুণভাবে হ্রাস পায়। তবে খুব পাতলা স্কেল মেটাল প্লেটকে স্বভাব

ক্ষয়ের হাত থেকে প্রাথমিকভাবে রক্ষা করে। বয়লার করোশনের সম্ভাব্য কারণগুলির মধ্যে গ্যালভানিক প্রক্রিয়াই প্রধান। কারণ লবণাক্ত পানি শক্তিশালী বিদ্যুৎ পরিবাহী। বয়লারের পানিতে মিশ্রিত বিভিন্ন রকম লবণের প্রতিক্রিয়া সম্পর্কে নিচে আলোচনা করা হলো।

(১) সোডিয়াম ক্লোরাইড : এটি তেমন ক্ষতিকর নয়, তবে এর পরিমাণ বৃদ্ধির সাথে সাথে বয়লারে ফেনা সৃষ্টি এবং প্রাইমিং–এর সূচনা হতে পারে।

(২) ম্যাগনেশিয়াম ক্লোরাইড : এটি সর্বাধিক ক্ষতিকর হাইড্রোক্লোরিক এসিড ও ম্যাগনেশিয়াম হাইড্রোক্সাইড সৃষ্টি করে। হাইড্রোক্লোরিক এসিড বয়লারে করোশন ঘটায় এবং ম্যাগনেশিয়াম হাইড্রোক্সাইড স্কেল সৃষ্টি করে। বয়লারে লুব/ফুয়েল অয়েলের অনুপ্রবেশও এসিড উৎপাদনের কারণ হতে পারে।

(৩) ম্যাগনেশিয়াম সালফেট : এটি সাদা, নরম স্কেল সৃষ্টি করে।

(৪) ক্যালশিয়াম সালফেট : এটি শক্ত, গ্রে স্কেল সৃষ্টি করে।

(৫) ক্যালশিয়াম কার্বনেট : এটি নরম, সাদা, সছিদ্র স্কেল সৃষ্টি করে।

এছাড়া উচ্চ তাপমাত্রায় পানি থেকে অক্সিজেন অণুগুলি সম্পূর্ণ বিচ্ছিন্ন হয়ে আয়রনের সাথে বিক্রিয়া করে আয়রন–অক্সাইড তৈরি করে। এতে আয়রন ক্ষয়প্রাপ্ত হতে থাকে।

পরিশেষে বলা যায়, করোশন ও স্কেল সৃষ্টি প্রতিরোধ করার জন্য বয়লারের পানি সামান্য অ্যালকালাইন (পিএইচ ভ্যালু ৮–৯) এবং অক্সিজেনমুক্ত থাকা প্রয়োজন। তাই নিয়মিত বয়লারের পানি পরীক্ষা করে সেই অনুসারে প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা গ্রহণ করা আবশ্যক। বয়লারের পানির উপরিউক্ত গুণাবলি বজায় রাখার জন্য সাধারণত সোডা লাইম অথবা কস্টিক সোডা, স্টার্চ অথবা সোডিয়াম অ্যালিউমিনেট (কোয়াগুলান্ট), হাইড্রাজাইন ইত্যাদি রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহৃত হয়ে থাকে। বয়লারের পানিতে দ্রবীভূত ও অদ্রবীভূত লবণের পরিমাণ মাত্রাধিক বৃদ্ধি পেলে সরাসরি ব্লো–ডাউন এবং সেই সাথে ফিড মেকাপের মাধ্যমে তা হ্রাস করা প্রয়োজন।

প্রশ্নমালা

১। ডিজেল প্লান্টে এগজস্ট বয়লার অপেক্ষা অয়েলফায়ার্ড বয়লার স্থাপন অধিক সুবিধাজনক কেন ? এ দুটি বয়লারের প্রয়োজন মেটায় এমন একটি বয়লার সম্পর্কে আলোচনা কর।

২। এগজস্ট বয়লারকে নিচু মানের হিট–এক্সচেঞ্জার বলা হয় কেন ? কিভাবে এর দক্ষতা বৃদ্ধি করে অধিক বাষ্প উৎপাদন করা যায় ?

৩। এগজস্ট বয়লারের বাষ্পচাপ নিয়ন্ত্রণে তিনটি পৃথক পদ্ধতি বর্ণনা কর এগুলির সুবিধা–অসুবিধা কি ? কোন পদ্ধতিটি অটো–কন্ট্রোল সিস্টেমে সর্বাধিক কার্যকর।

৪। বয়লারের পানি নিয়মিত পরীক্ষা করা হয় কেন ? পানিতে লবণের পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে কি ধরনের ব্যবস্থা গ্রহণ করা উচিত ?

৫। বয়লার নিয়মিত পরিদর্শনের প্রয়োজন কেন ? একটি ফায়ার টিউব কম্পোজিট বয়লারের সাধারণ ত্রুটিগুলি উল্লেখ করে উপযুক্ত মেরামতের পরামর্শ দাও।

৬। বয়লারের পানিতে লুব/ফুয়েল অয়েলের অনুপ্রবেশ সঙ্কটজনক কেন ? এরূপ দূষণের সম্ভাব্য উৎস কি এবং তা কিভাবে নির্ধারণ করা যায় ?

দ্বাদশ অধ্যায়

অটোমোবাইল

অটোমোবাইল বলতে যাবতীয় মোটরযানকে বুঝায়। মোটরযান নিজস্ব শক্তিতে স্বয়ংক্রিয়ভাবে চলতে পারে বলেই এই নামকরণ। মোটরযানের প্রধান অংশগুলি হচ্ছে– চেসিস (বডি ফ্রেমসহ), ইঞ্জিন এবং সাসপেনশন, স্টিয়ারিং, পাওয়ার ট্রান্সমিশন ও ব্রেক সিস্টেম। এগুলি সম্পর্কে নিচে আলোচনা করা হলো।

চেসিস (বডি ফ্রেমসহ)

চেসিস মোটরযানের অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ অংশ। এটি মোটরযানের বিভিন্ন অংশের ধারণ এবং যাত্রী ও মালামালের ভার বহন করে থাকে। চেসিস তাই অত্যন্ত দৃঢ় এবং মজবুত হওয়া প্রয়োজন।

ইঞ্জিন

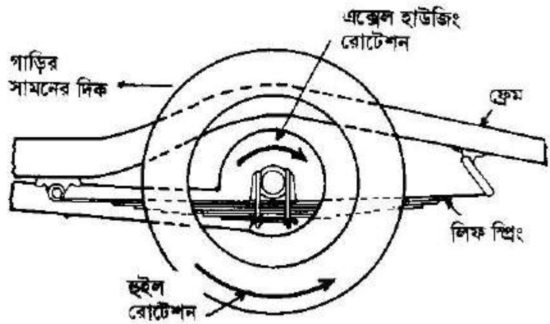
মোটরযানের শক্তির উৎস ইঞ্জিন। ইঞ্জিন চললেই মোটরযান চলে, অর্থাৎ ইঞ্জিনের শক্তি চাকায় স্থানান্তরিত হয়। মোটরযানগুলিতে সাধারণত অন্তর্দহন ইঞ্জিন ব্যবহৃত হয়। এগুলির মধ্যে পেট্রোল ইঞ্জিনের ব্যবহার ব্যাপক। মোটরযানের ইঞ্জিনগুলি বেশিরভাগই সামনে এবং কিছু কিছু ক্ষেত্রে পিছনে স্থাপিত হয়।

সাসপেনশন সিস্টেম

মোটরযানের কাঠামোর উপর ইঞ্জিন ও অন্যান্য যন্ত্রপাতি ঝুলন্ত অবস্থায় রাখার ব্যবস্থাকে সাসপেনশন সিস্টেম বলে। উঁচু–নিচু রাস্তা দিয়ে চলার সময় রাস্তার ঝাঁকুনি প্রতিহত করে মোটরযান ও যাত্রীর নিরাপত্তা নিশ্চিত করাই সাসপেনশন সিস্টেমের প্রধান কাজ। সাসপেনশন সিস্টেমকে দুইভাগে ভাগ করা যায়– ফ্রন্ট সাসপেনশন সিস্টেম এবং রিয়ার সাসপেনশন সিস্টেম। এগুলি মূলত কয়েক ধরনের স্প্রিং ও শক অ্যাবজরবার সমন্বয়ে গঠিত (চিত্র ১২.১)। স্প্রিংগুলি সাধারণত কয়েল ও লিফ টাইপ এবং শক অ্যাবজরবার হাইড্রলিক ও কম্প্রেস্ড এয়ার টাইপের হয়ে থাকে। কার জাতীয় গাড়িতে সামনে কয়েল স্প্রিং এবং পিছনে হালকা লিফ স্প্রিং ব্যবহৃত হয়। কয়েল স্প্রিং–এর সাথে শক অ্যাবজরবারের ব্যবহার সন্তোষজনক ফল দেয়।

ফ্রন্ট সাসপেনশন সিস্টেম

রিয়ার সাসপেনশন সিস্টেম



চিত্র ১২.১ : সাসপেনশন সিস্টেম।

স্টিয়ারিং সিস্টেম

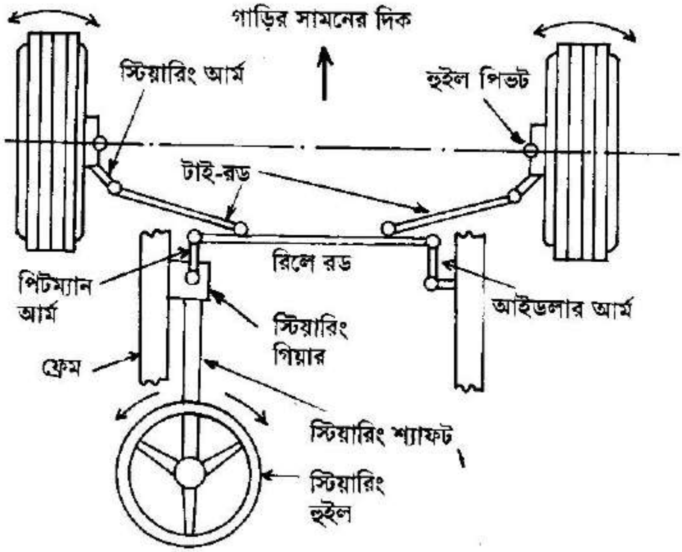
মোটরযানকে প্রয়োজন মতো ডানে, বামে এবং সোজা চালানোর জন্য স্টিয়ারিং সিস্টেম ব্যবহৃত হয়। এ ব্যবস্থায় শুধু সামনের চাকা দুটিকে নিয়ন্ত্রণ করতে হয়। স্টিয়ারিং হুইল, স্টিয়ারিং গিয়ার এবং স্টিয়ারিং লিঙ্কেজ নিয়েই এই সিস্টেম গঠিত (চিত্র ১২.২)।

স্টিয়ারিং হুইল একদিকে ঘুরানো হলে স্টিয়ারিং গিয়ার সেই অনুসারে লিঙ্কেজ ঘুরিয়ে গাড়িকে সেই দিকে পরিচালিত করে। চাকা ডানে–বামে ঘুরানোর জন্য স্টিয়ারিং লিঙ্কেজের সাথে টাই রড সংযোজিত হয়। কিছুদিন আগেও মোটরযানগুলিতে সাধারণত যান্ত্রিক স্টিয়ারিং ব্যবহৃত হতো। এখন পাওয়ার স্টিয়ারিং ক্রমান্বয়ে জনপ্রিয় হয়ে উঠছে।

পাওয়ার ট্রান্সমিশন সিস্টেম

যে ব্যবস্থায় ইঞ্জিনের শক্তি চাকায় স্থানান্তর করা হয় তাকে পাওয়ার ট্রান্সমিশন সিস্টেম বলে। সাধারণভাবে পিছনের চাকায় এবং কোনো কোনো ক্ষেত্রে চার চাকা-ই শক্তি স্থানান্তর করা হয়।

ফোর-হুইল ড্রাইভ গাড়িতে দুটি ডিফারেন্সিয়াল এবং দুটি গিয়ার বক্স থাকে। প্রয়োজনবোধে এক্ষেত্রে চার চাকায় অথবা শুধু পিছনের চাকায় শক্তি স্থানান্তর করা হয়। ট্রান্সমিশন সিস্টেমের (ফ্রন্ট ইঞ্জিনবিশিষ্ট গাড়ির) বিভিন্ন ইউনিট সম্পর্কে নিচে আলোচনা করা হলো।

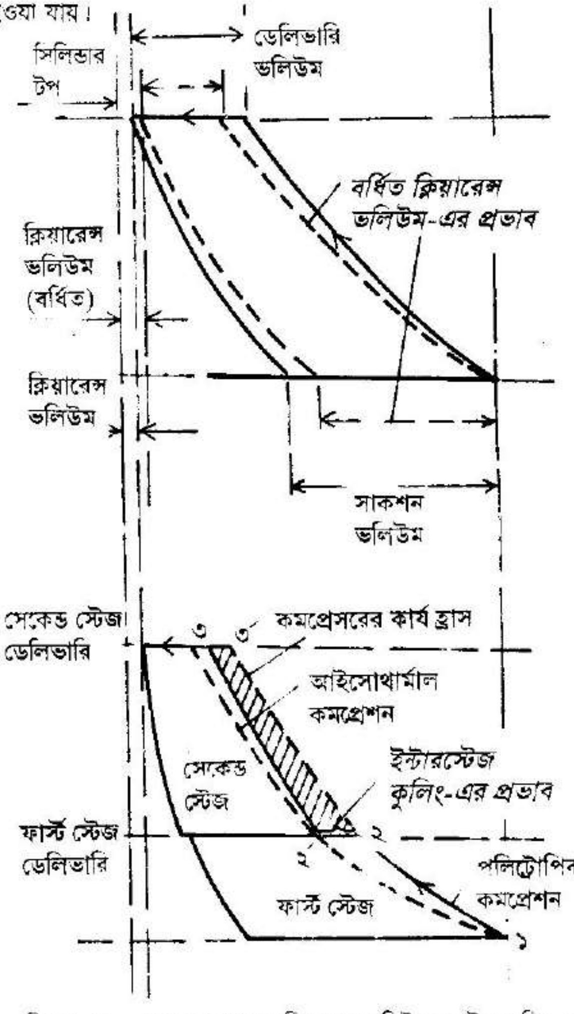


চিত্র ১২.২ : যান্ত্রিক স্টিয়ারিং সিস্টেম।

ক্লাচ : ইঞ্জিন এবং ট্রান্সমিশনের মাঝামাঝি স্থানে ক্লাচ স্থাপিত হয়। ক্লাচ প্যাডেলের স্বাভাবিক অবস্থায় ইঞ্জিন ও ট্রান্সমিশনের মধ্যে সংযোগ গড়ে ওঠে, কিন্তু প্যাডেলে চাপ দেয়ামাত্র সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়।

ক্লাচ মূলত ইঞ্জিনের ফ্লাইহুইল, ফ্রিকশন ডিস্ক এবং প্রেশার প্লেট নিয়েই গঠিত (চিত্র ১২.৩)। ইঞ্জিন চলাকালে ফ্লাইহুইল ঘুরতে থাকে। এ সময় ক্লাচ প্যাডেল চাপমুক্ত করা হলে প্রেশার প্লেট ফ্রিকশন ডিস্কসহ ফ্লাইহুইলের উপর (স্প্রিং প্রেশারে) চেপে বসে। ফলে ফ্লাইহুইলের সাথে সাথে প্রেশার প্লেট এবং ফ্রিকশন ডিস্কও ঘুরতে থাকে (ক্লাচ এনগেজ পজিশন)। ফ্রিকশন ডিস্কের সাথে ট্রান্সমিশন ইনপুট শ্যাফট সংযুক্ত থাকে বলে ট্রান্সমিশন শ্যাফটও তখন ঘুরতে থাকে।

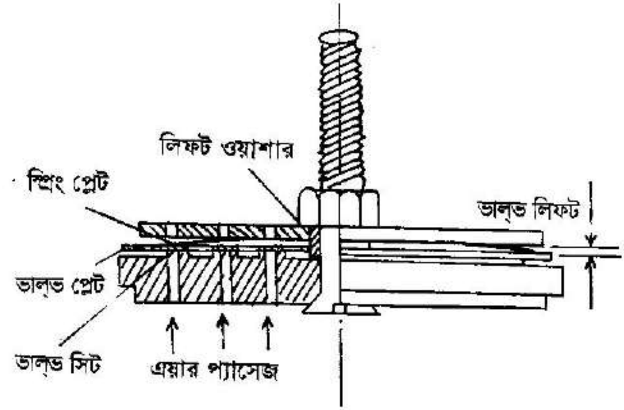
কর্মদক্ষতা হ্রাস করে, এমনকি স্টার্টিং এয়ার লাইনে বিস্ফোরণও ঘটাতে পারে। এয়ার রিসিভারের ফিলিং লাইনে তাই অ্যালার্ম বা ফিউজিবল প্লাগ (আনুমানিক ১২১° সেলসিয়াস তাপমাত্রায় গলে যায়) ব্যবহার করা হয়। এর ফলে অতিউত্তপ্ত বাতাস সম্পর্কে যথা সময়ে অবগত হওয়া যায়।



চিত্র ৭.১০ : এয়ার কমপ্রেসর ক্লিয়ারেন্স ভলিউম ও স্টেজ কুলিং–এর প্রভাব।

এয়ার কমপ্রেসরের প্রতিটি স্টেজে হাই প্রেশার লাইনের উপর রিলিফ ভাল্ভ ব্যবহার করা হয়। এছাড়া আকস্মিক চাপ বৃদ্ধিজনিত কারণে সম্ভাব্য দুর্ঘটনা এড়ানোর জন্য এয়ার কুলার বা কমপ্রেসর জ্যাকেটের উপর বার্স্টিং ডিস্ক অথবা রিলিফ ভাল্ভ বসানো হয়।

কমপ্রেসরের সুষ্ঠু পরিচালনা নিশ্চিত করার জন্য নিয়মিত সাকশন ও ডেলিভারি ভাল্‌ভ (চিত্র ৭.১১) ওভারহল করা, এয়ার কুলার ও ফিল্টার পরিষ্কার করা এবং সিলিন্ডার লুব্রিকেশনের জন্য উপযুক্ত লুব অয়েল ব্যবহার করা আবশ্যক। প্রতিবার কমপ্রেসর চালু-বন্ধ করার আগে



চিত্র ৭.১১ : ডেলিভারি ভাল্‌ভ।

এয়ার কুলারের ড্রেইন ভাল্‌ভ খুলে দেয়া প্রয়োজন, এতে কুলারের ভেতর জমে থাকা অবাঞ্ছিত জলকণা বহিষ্কৃত হয়।

প্রশ্নমালা

১। এয়ার কমপ্রেসরের ভলিউমেট্রিক এফিসিয়েন্সি কি আলোচনা কর। নিচে বর্ণিত ত্রুটিগুলি মাল্টি-স্টেজ রেসিপ্রোকেটিং এয়ার কমপ্রেসরের কার্যক্রিয়াকে কিভাবে প্রভাবিত করে বর্ণনা কর :

(ক) ইন্টারকুলারে কুলিং ওয়াটারের প্রবাহ বন্ধ,

(খ) ক্ষয়প্রাপ্ত ক্র্যাঙ্কশ্যাফট বিয়ারিং এবং

(গ) ভাঙ্গা বা ক্ষয়প্রাপ্ত স্ক্রেপার রিং।

২। বৃহদাকার ইঞ্জিনের স্টার্টিং এয়ার সিস্টেম চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। কিভাবে ইঞ্জিন রিভারসিং সম্পন্ন করা হয়। রিভারসিং সিস্টেমে কি ধরনের নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা থাকে আলোচনা কর।

৩। রেসিপ্রোকেটিং এয়ার কমপ্রেসর সূত্রে ব্যাখ্যা কর– কেন

(ক) ক্লিয়ারেন্স ভলিউম যতটা সম্ভব কম হওয়া প্রয়োজন,

(খ) সাকশন/ডেলিভারি ভাল্‌ভ প্লেট টাইপ হয়,

(গ) প্লেট টাইপ ভাল্‌ভগুলি স্প্রিং লোডেড হয়,

(ঘ) কুলারে রিলিফ ভাল্‌ভের পরিবর্তে বার্স্টিং ডিস্ক বসানো হয়।

৪। রেসিপ্রোকেটিং কমপ্রেসরের কর্মদক্ষতা কিভাবে হ্রাস পায় আলোচনা কর। কিভাবে ত্রুটিগুলি প্রত্যক্ষ করে সংশোধন করা যায় ?

৫। এয়ার স্টার্টিং–এর ক্ষেত্রে ওভারল্যাপিং কি বর্ণনা কর। নিম্নলিখিত বিষয়গুলি দ্বারা কিভাবে ওভারল্যাপিং প্রভাবিত হয় :

(ক) সিলিন্ডারের সংখ্যা,

(খ) এগজস্ট টাইমিংস,

(গ) টার্বোচার্জিং।

৬। রেসিপ্রোকেটিং কমপ্রেসর সূত্রে নিচে বর্ণিত ত্রুটিগুলির কারণ উল্লেখ কর :

(ক) ডেলিভারি ভাল্‌ভ স্প্রিং–এর আকস্মিক ক্রিয়াশক্তি লোপ,

(খ) প্লেট ভাল্‌ভে ফাটল,

(গ) বাধামুক্ত সাকশন সত্ত্বেও সংনমিত বাতাস মাত্রাধিক গরম,

(ঘ) কার্যকর ভূমিকা পালনে পিস্টন রিং–এর ব্যর্থতা।

৭। রেসিপ্রোকেটিং এয়ার কমপ্রেসর সূত্রে ব্যাখ্যা কর– কেন

(ক) হাই প্রেশার পিস্টনের অ্যালাইনমেন্ট বজায় রাখা আবশ্যক,

(খ) স্প্রিং লোডেড ভাল্‌ভ কার্যকরভাবে অত্যন্ত জনপ্রিয়,

(গ) ভাল্‌ভের লিফট অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ,

(ঘ) এয়ার কুলার সমতল না হয়ে খাড়া হওয়াই শ্রেয়।

৮। মেইন এয়ার কমপ্রেসর সূত্রে ব্যাখ্যা কর– কেন

(ক) এগুলি সাধারণত মাল্টি–স্টেজ, রেসিপ্রোকেটিং টাইপ হয়,

(খ) এগুলির অভ্যন্তরীণ পরিচ্ছন্নতা বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

৯। স্টার্টিং এয়ার সিস্টেমের একটি পরিপূর্ণ লাইন ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে তার কার্যক্রিয়া বর্ণনা কর। চিত্রের সাহায্যে ইঞ্জিন রিভারসিং পদ্ধতি আলোচনা কর।

১০। রেসিপ্রোকেটিং এয়ার কমপ্রেসর সূত্রে নিচে উল্লিখিত বক্তব্যের যথার্থতা সম্পর্কে যুক্তিসঙ্গত মতামত দাও :

(ক) বটম এন্ড বিয়ারিং এবং মেইন বিয়ারিং–এর মাত্রাধিক ক্ষয় কমপ্রেসরের সুষ্ঠু কার্যক্রিয়া ব্যাহত করে।

(খ) ডেলিভারি লাইনে উচ্চমাত্রার বাতাসের প্রবাহ সুবিধাজনক।

(গ) ডেলিভারি পাইপ পরিচ্ছন্ন ও বাধামুক্ত হওয়া ভালো।

BAMBOOS Library Dhaka

পেট্রোল ইঞ্জিন

পেট্রোল ইঞ্জিনের নিম্নমাত্রার শক্তি উৎপাদন, দুর্মূল্য এবং জ্বালানি সংরক্ষণ বিপজ্জনক বলে ছোট ছোট প্লান্টগুলিতেই। যেমন মোটরযানে। এর ব্যবহার সীমিত। এগুলির গঠন, বিয়ারিং লুব্রিকেশন, কুলিং, স্টার্টিং ইত্যাদি ডিজেল ইঞ্জিনের অনুরূপ, শুধু জ্বালানি দহন ব্যবস্থা আলাদা। বইটিতে তাই পেট্রোল ইঞ্জিনের জ্বালানি দহন ব্যবস্থার উপর বিশেষভাবে আলোকপাত করা হলো।

অষ্টম অধ্যায়

জ্বালানি দহন ব্যবস্থা

পেট্রোল উদ্বায়ী বস্তু। মুক্ত বাতাসে এটি আপনাআপনিই বাষ্পীভূত হয়। বাষ্পীভূত পেট্রোল গরম বস্তু, স্পার্ক অথবা জলন্ত সিগারেটের স্পর্শে সহসা প্রজ্বলিত হতে পারে বলে এটি ব্যবহারের সময় বিশেষ সাবধানতা অবলম্বন করা দরকার।

পেট্রোল ইঞ্জিনের সুষ্ঠু দহন নিশ্চিত করার জন্য পেট্রোলের বাষ্পীভবন বৈশিষ্ট্যকে কাজে লাগানো হয়। সিলিন্ডারে পৌঁছার আগেই এটি পুরোপুরি বাষ্পে পরিণত হওয়া আবশ্যক। অন্যথায় অসম্পূর্ণ দহনের সৃষ্টি হয়ে শক্তি উৎপাদন হ্রাস, এমনকি সিলিন্ডার লুব্রিকেশনে ত্রুটি দেখা দিতে পারে। তবে মাত্রাধিক বাষ্পীভবন বৈশিষ্ট্য ভালো নয়। এক্ষেত্রে ফুয়েল সিস্টেমে ভেপারলক–এর সৃষ্টি হয়ে প্রবাহ বন্ধ হয়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

পেট্রোল ইঞ্জিনের জ্বালানি দহন ব্যবস্থায় থাকে সাধারণত ফুয়েল ট্যাঙ্ক, ফুয়েল পাম্প, কার্বুরেটর, ফুয়েল ফিল্টার, এয়ার ক্লিনার, ইগনিশন সিস্টেম ইত্যাদি। নিচে এগুলি সম্পর্কে আলোচনা করা হলো।

ফুয়েল ট্যাঙ্ক

ফুয়েল ট্যাঙ্ক ইঞ্জিনের অবস্থান থেকে কিছুটা দূরে রাখা হয়। এতে অতিরিক্ত নিরাপত্তার নিশ্চয়তা থাকে। এগুলি সাধারণত স্টিল প্লেট (বা শিট) অথবা প্লাস্টিকের তৈরি হয়।

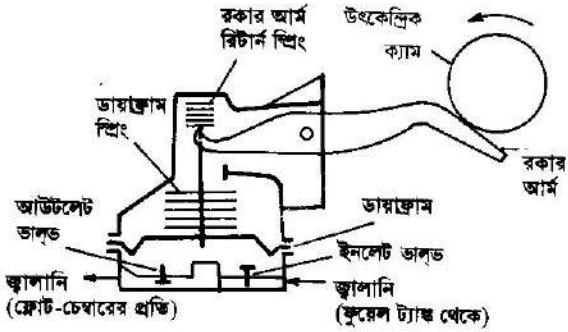
ফুয়েল ট্যাঙ্কের উপরিভাগে থাকে এর মুখ, যা জ্বালানি ভর্তির কাজে ব্যবহৃত হয়। মুখটি সবসময় বন্ধ রাখা প্রয়োজন। তা না হলে পেট্রোল বাষ্পীভূত হয়ে ধীরে ধীরে বাতাসে মিশে যাবে। ফুয়েল ট্যাঙ্কে আরো থাকে একটি এয়ার ভেন্ট। বাষ্পীভূত পেট্রোল যাতে এয়ার ভেন্ট দিয়ে বাতাসে মিশে যেতে না পারে তার জন্য যথাযথ ব্যবস্থা রাখা হয়।

ফুয়েল পাম্প

ফুয়েল পাম্প ট্যাঙ্ক থেকে জ্বালানি সংগ্রহ করে কার্বুরেটরে পাঠায়। এগুলি সাধারণত দুই রকমের হয়, যেমন যান্ত্রিক ও বৈদ্যুতিক। ৮.১ চিত্রে যান্ত্রিক ফুয়েল পাম্পের কার্যক্রিয়া বর্ণনা করা হয়েছে।

যান্ত্রিক ফুয়েল পাম্পের প্রধান অংশ– রকার আর্ম, দুই সেট স্প্রিং সংবলিত একটি ফ্লেক্সিবল ডায়াফ্রাম এবং ফুয়েল ইনলেট ও আউটলেট ভাল্‌ভ (নন–রিটার্ন টাইপ)।

ইঞ্জিন চলাকালে ক্যামশ্যাফটের সংস্পর্শে এসে রকার আর্ম একবার উপরে ওঠে আরেকবার নিচে নামে। রকার আর্মের এই ওঠানামা দ্বারা ডায়াফ্রামের ওঠানামা নিয়ন্ত্রিত হয়। রকার আর্ম স্প্রিং প্রেশারের বিপরীতে ডায়াফ্রামকে টেনে উপরে তুললে ডায়াফ্রামের তলদেশে বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয়, তখন ফুয়েল ট্যাঙ্ক থেকে জ্বালানি ইনলেট ভাল্ভ হয়ে ডায়াফ্রামে প্রবেশ করে। রকার



চিত্র ৮.১ : যান্ত্রিক ফুয়েল পাম্প।

আর্ম আবার নিচে নেমে গেলে স্প্রিং প্রেশার ডায়াফ্রামকে ঠেলে নিচে নামায়। এ সময় ডায়াফ্রামের তলদেশে চাপের সৃষ্টি হয়ে ইনলেট ভাল্ভ বন্ধ এবং আউটলেট ভাল্ভ খুলে যায়। এভাবে ডায়াফ্রামের ওঠানামা দ্বারা পাম্পিং প্রক্রিয়া চলতে থাকে এবং ফুয়েল ট্যাঙ্ক থেকে জ্বালানি কার্বুরেটরে প্রবাহিত হয়।

কার্বুরেটরে পৌঁছার আগে জ্বালানি প্রথমে ফ্লোট-চেম্বারে যায় এবং সেখানে মোটামুটি একটি লেভেল রক্ষা করে। ফ্লোট-চেম্বার পূর্ণ হলে তার ইনলেট পোর্ট বন্ধ হয়ে যায় (নিডল ভাল্ভ দ্বারা), তখন পাম্পের ডেলিভারি লাইনে চাপের সৃষ্টি হয়ে ডায়াফ্রামও উপরের অবস্থানে স্থির হয়ে যায়, অর্থাৎ পাম্পিং প্রক্রিয়া তখন সাময়িকভাবে বন্ধ থাকে। ফ্লোট-চেম্বারের লেভেল আবার নিচে নেমে গেলে ইনলেট পোর্ট খুলে যায়। তখন পাম্পিং প্রক্রিয়া পুনরায় চালু হয়।

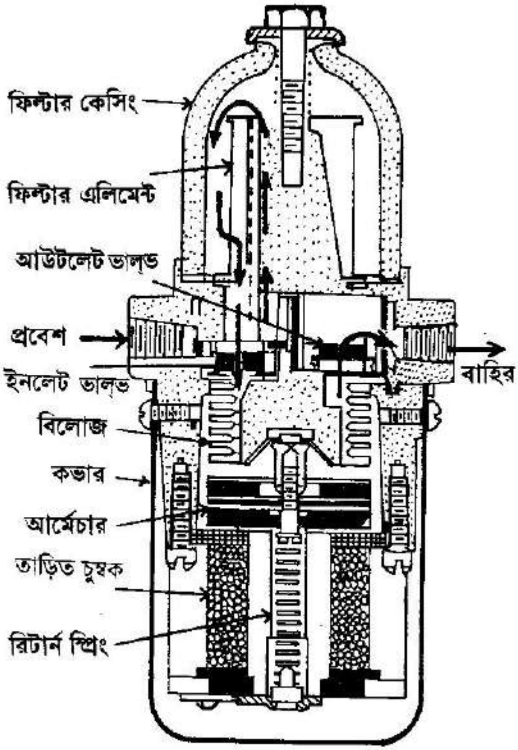
ফুয়েল পাম্পে পর্যায়ক্রমে বায়ুশূন্যতা ও চাপ সৃষ্টির জন্য জ্বালানির বাষ্পীভবন সূচিত হয়। এতে ফুয়েল সিস্টেমে ভেপারলক-এর সৃষ্টি হয়ে জ্বালানি প্রবাহ বন্ধ হয়ে যাওয়ার উপক্রম হয়। এই সমস্যার সমাধান কল্পে কোনো কোনো ফুয়েল সিস্টেমে ভেপার রিটার্ন লাইনের ব্যবস্থা রাখা হয়।

যান্ত্রিক ফুয়েল পাম্প কোনো রকম যত্ন ছাড়াই দীর্ঘদিন কার্যকর থাকে। এগুলির সার্ভিসিং বলতে সাধারণত নবায়নই বুঝায়। তবে প্রয়োজনীয় যন্ত্রাংশের প্রাপ্তি সাপেক্ষে মেরামতও সম্ভব।

যান্ত্রিক ফুয়েল পাম্পের পরই বৈদ্যুতিক ফুয়েল পাম্পের ব্যবহার ব্যাপক। এগুলি ফুয়েল ট্যাঙ্ক ও ইঞ্জিনের মাঝামাঝি স্থানে অথবা ফুয়েল ট্যাঙ্কের ভেতরে স্থাপিত হতে পারে। ফুয়েল ট্যাঙ্কের বাইরে স্থাপিত পাম্পগুলি মোটর অথবা তাড়িত চুম্বক চালিত হয়।

৮.২ চিত্রে বৈদ্যুতিক ফুয়েল পাম্পের কার্যক্রিয়া বর্ণনা করা হয়েছে। এগুলির প্রধান অংশ ফ্লেক্সিবল মেটাল বিলোজ, বৈদ্যুতিক চুম্বক কয়েল এবং আর্মেচার।

তাড়িত চুম্বক ব্যাটারির সাথে সংযোগ স্থাপিত হওয়ামাত্র সক্রিয় হয়ে ওঠে এবং আর্মেচার ও তার সাথে সংযুক্ত বিলোজকে টেনে (স্প্রিং প্রেশারের বিপরীতে) নিচে নামায়, ফলে বিলোজের ভেতর আংশিক বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয়। এ সময় ফুয়েল ট্যাঙ্ক থেকে জ্বালানি ইনলেট ভাল্ভ হয়ে বিলোজের ভেতর প্রবেশ করে। আর্মেচার তার সবচেয়ে নিচের অবস্থানে পৌছে গেলে এটি এক সেট কনট্যাক্ট পয়েন্ট খুলে দেয়, তখন তাড়িত চুম্বকের সাথে ব্যাটারির সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়ে। এমতাবস্থায় আর্মেচার বিলোজসহ আগের অবস্থানে (স্প্রিং প্রেশারে) ফিরে যায়। এ সময় বিলোজের ভেতর চাপের সৃষ্টি হয়ে ইনলেট ভাল্ভ বন্ধ ও আউটলেট ভাল্ভ খুলে যায়, সেই



চিত্র ৮.২ : বৈদ্যুতিক ফুয়েল পাম্প।

সাথে জ্বালানিও কার্বুরেটরের দিকে প্রবাহিত হতে থাকে। আর্মেচার আবার আগের অবস্থানে ফিরে গেলে কনটাক্ট পয়েন্টগুলি বন্ধ হয়ে যায়। তখন তাড়িত চুম্বক পুনরায় সক্রিয় হয়ে আর্মেচারকে টেনে নিচে নামায়। এভাবে বিলোজের ওঠানামা দ্বারা পাম্পিং প্রক্রিয়া চলতে থাকে

এবং ট্যাঙ্ক থেকে জ্বালানি কার্বুরেটরের দিকে প্রবাহিত হয়। বৈদ্যুতিক ফুয়েল পাম্পের কার্যক্রিয়া যান্ত্রিক পাম্পের সীমাবদ্ধতাকে অনেকাংশে ছাড়িয়ে যায় বলে এটি অধিক ক্ষমতাসম্পন্ন ইঞ্জিনে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। ফুয়েল পাম্প ট্যাঙ্কের ভেতর স্থাপিত হলে ফুয়েল সিস্টেমে ভেপারলকজনিত সমস্যা লোপ পায়।

কার্বুরেটর

পেট্রোল ইঞ্জিনে বাতাস–জ্বালানির মিশ্রণ তৈরি একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। এই মিশ্রণ স্পার্ক ইগনিশনের উপযোগী এবং দ্রুত দহনের সহায়ক হওয়া প্রয়োজন। পাতলা মিশ্রণ (আনুঃ অনুপাত ২০ ঃ ১) ধীরগতিতে জ্বলে, ফলে শক্তি উৎপাদন ও দক্ষতা হ্রাস পায়। অপরদিকে ঘন মিশ্রণ (আনুঃ অনুপাত ৬ ঃ ১) যদিও দ্রুত দহনের সহায়ক, তথাপি একটি নির্দিষ্ট মাত্রার পর এর দক্ষতা হ্রাস পেতে থাকে। বাতাস–জ্বালানি মিশ্রণ তৈরির মূল লক্ষ্য হচ্ছে সর্বাল্প জ্বালানি ব্যবহার করে সর্বাধিক শক্তি উৎপাদন করা। কার্বুরেটর দ্বারা এই মিশ্রণ তৈরি করা যায়।

কার্বুরেটরে ভেনচুরির মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় বাতাসের চাপ অকস্মাৎ হ্রাস (এবং গতি বৃদ্ধি) পায়। তখন ফ্লোট–চেম্বার থেকে (সরু নল বা অরিফিসের ভেতর দিয়ে) কার্বুরেটরে জ্বালানি প্রবাহের সূচনা হয়। এই প্রবাহ জেটের আকারে চলতে থাকে এবং উচ্চগতি বাতাসের সংস্পর্শে আসামাত্র জ্বালানি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণায় বিভক্ত হয়ে পড়ে, সেই সাথে বাষ্পীভূতও হয়। জ্বালানি আউটলেট এখানে ফ্লোট–চেম্বারের লেভেল থেকে কয়েক মিলিমিটার উপরে তাকে বলে স্বাভাবিক অবস্থায় এর উপচে পড়া বা সাইফন পদ্ধতিতে প্রবাহিত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে না। প্রকৃতপক্ষে কার্বুরেটরে বাতাসের চাপ হ্রাস ০.০৫ বার পর্যন্ত হয় এবং ধীরগতি বাতাসেও জ্বালানির বাষ্পীভবন চলতে থাকে।

বাতাস–জ্বালানি মিশ্রণের ঘনত্ব বাতাসের প্রবাহের উপর নির্ভরশীল। প্রবাহ বাড়লে ঘনত্ব বাড়ে ইত্যাদি। কার্যত দেখা গেছে, নির্দিষ্ট পরিমাণ বাতাস প্রবাহের ক্ষেত্রে তার চাপ হ্রাস ঈপ্সিত মাত্রার চেয়ে অধিক অর্থাৎ জ্বালানি প্রবাহও বৃদ্ধি পেয়ে মিশ্রণের ঘনত্ব হয় অধিক। এর কারণ, বাতাসের গতি বৃদ্ধির সাথে সাথে তার ঘনত্ব হ্রাস পায়, যা অতিরিক্ত চাপ হ্রাসের কারণ হয়।

কার্বুরেটর দুই প্রকার, যেমন ফিক্সড জেট কার্বুরেটর এবং ভেরিয়েবল জেট কার্বুরেটর। ফিক্সড জেট কার্বুরেটরে ভেনচুরি অপরিবর্তিত এবং আইডল থেকে ফুল থ্রটল পর্যন্ত জেট পরিবর্তিত হয়। অপরদিকে ভেরিয়েবল জেট কার্বুরেটরে জেট ও ভেনচুরি উভয়ই পরিবর্তিত হয়। ফিক্সড জেট কার্বুরেটরে বাতাসের চাপ হ্রাস পরিবর্তিত এবং ভেরিয়েবল জেট কার্বুরেটরে তা প্রায় অপরিবর্তিত থাকে। নিচে এগুলি সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা করা হলো।

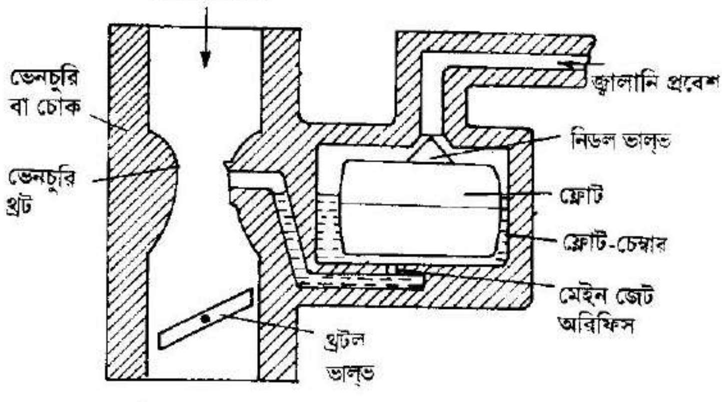
ফিক্সড জেট কার্বুরেটর : ৮.৩ চিত্রে ফিক্সড জেট কার্বুরেটরের কার্যক্রিয়া বর্ণনা করা হয়েছে। এখানে ভেনচুরি অপরিবর্তিত, কিন্তু ইঞ্জিনের বিভিন্ন অবস্থায় বাতাসের প্রবাহ তথা জেট পরিবর্তিত (যেমন ধীরগতিতে থ্রটল পুরো খোলা এবং উচ্চগতিতে আংশিক বন্ধ) হতে থাকে। এই কার্বুরেটরে বাতাস–জ্বালানি মিশ্রণের ধরন ৮.৪ চিত্রের সাহায্যে দেখানো হয়েছে।

কার্বুরেটরে জ্বালানি প্রবাহের সূচনা হয় ভেনচুরির চাপ হ্রাস পেলেই এবং এই চাপ হ্রাস যতক্ষণ ভেনচুরির সারফেস টেনশন (ফুয়েল আউটলেটে) ও ফ্লোট- চেম্বারের প্রেশার-হেড অতিক্রম না করে ততক্ষণ পর্যন্ত জ্বালানি প্রবাহের সূচনা হয় না। জ্বালানি প্রবাহের বৃদ্ধি ঘটে বাতাসের প্রবাহ বৃদ্ধির সাথে সাথে অর্থাৎ বাতাস-জ্বালানি মিশ্রণের ঘনত্বও তখন বৃদ্ধি পেতে থাকে।

৮.৫ চিত্রে ফিক্সড জেট কার্বুরেটরে ইমালশন টিউব ও সহায়তাকারী জেটের সংযোজন দেখানো হয়েছে। এই ইমালশন টিউব বর্ধিত প্রবাহের ক্ষেত্রে সেকেন্ডারি প্রবাহের সূচনা করে বাতাস-জ্বালানির মিশ্রণকে মাত্রাতিরিক্ত ঘন হওয়া থেকে বিরত রাখে। ইমালশন টিউবের গায়ে ছোট ছোট অনেকগুলি ছিদ্র থাকে। টিউবের উপরিভাগে থাকে বাতাস প্রবেশের জন্য সরু পথ। নিম্নমাত্রার প্রবাহের সময় টিউবের ভেতরে ও বাইরে জ্বালানির লেভেল থাকে একই উচ্চতায় কিন্তু প্রবাহ বৃদ্ধির সাথে সাথে টিউবের ভেতরের লেভেল হ্রাস পায়। সহায়তাকারী জেট প্রবাহিত হওয়ার সময় টিউবের ছিদ্রগুলি দিয়ে বাতাস টেনে নেয় বলে টিউবের ভেতর আংশিক বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয়।

ইমালশন টিউবের বাতাস সহায়তাকারী জেটের সাথে মিশ্রিত হয়ে জ্বালানিকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণায় বিভক্ত হতে সহায়তা করে, ফলে জ্বালানির বাষ্পীভবন ত্বরান্বিত হয়।

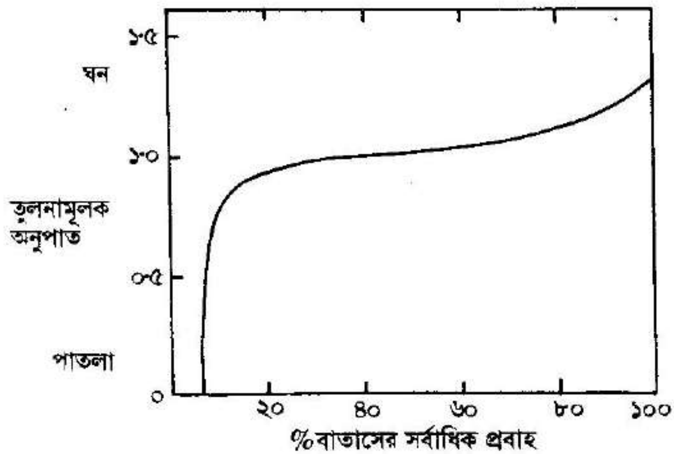
ফুল থ্রটল পজিশনে বিভিন্নভাবে, যেমন থ্রটল পজিশন অথবা ম্যানিফোল্ড প্রেশার দ্বারা ইঞ্জিনে ঘন মিশ্রণ সরবরাহ করা যায়। মিশ্রণকে অধিক ঘন করার জন্য অতিরিক্ত জেট সংযোজন অথবা ইমালশন পদ্ধতিতে বাতাস সরবরাহ হ্রাস করা যেতে পারে।



চিত্র ৮.৩ : একটি সাধারণ ফিক্সড জেট কার্বুরেটর।

নিম্নমাত্রার বাতাস প্রবাহের ক্ষেত্রে জ্বালানি প্রবাহ বিঘ্নিত অথবা মিস-ফায়ারজনিত কারণে ইঞ্জিন বন্ধ হয়ে যাওয়ার উপক্রম হয়। এক্ষেত্রে তাই আলাদা ব্যবস্থা সংযোজন প্রয়োজন।

সময় ভেনচুরির চাপ হ্রাস সামান্য বলে থ্রটল ভাল্ভের চাপ হ্রাস ও ভেনচুরি এফেক্টকে কাজে লাগানো হয়। ৮.৬ চিত্রে এ ধরনের একটি ব্যবস্থা তুলে ধরা হয়েছে। এখানে থ্রটল ভাল্ভ অঞ্চলের লঘুচাপ দ্বারা জ্বালানি প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত হয়। বেশ কয়েকটি ছিদ্রের মধ্য দিয়ে এই প্রবাহ চলে এবং মিশ্রণের ঘনত্ব নিয়ন্ত্রণের জন্য একটি স্ক্রু ব্যবহৃত হয়।

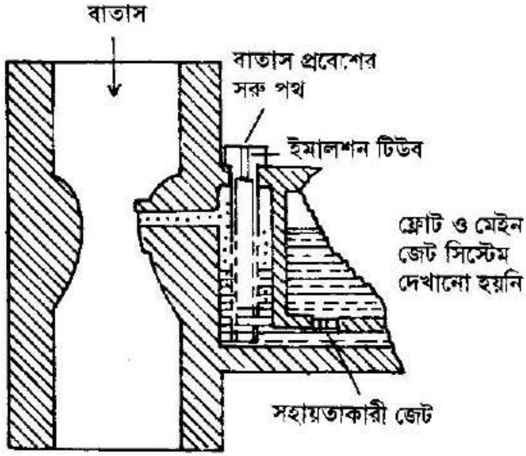


চিত্র ৮.৪ : ফিক্সড জেট কার্বুরেটরে বাতাস–জ্বালানি মিশ্রণের ধরন।

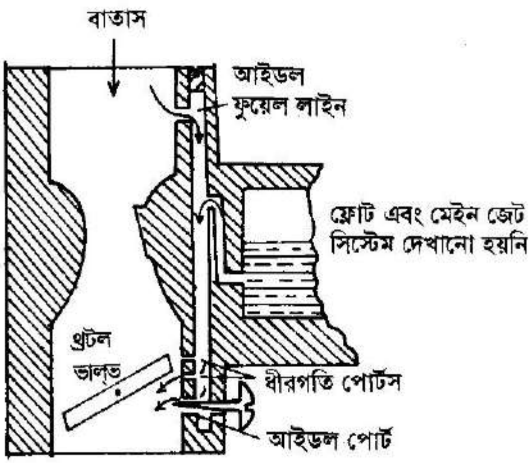
ইঞ্জিন চালু করার সময় কার্বুরেটরের মুখে স্থাপিত চোক ভাল্ভ দ্বারা ঘন মিশ্রণ তৈরির ব্যবস্থা করা হয়। চোক ভাল্ভ বন্ধ হলে কার্বুরেটরের ভেতরের চাপ হ্রাস পায়, তখন ফ্লোট–চেম্বার থেকে জ্বালানি সরাসরি কার্বুরেটরে প্রবেশ করে। ইঞ্জিন চালু হওয়ার সাথে সাথে চোক ভাল্ভ খুলে যায়, সেই সাথে মেইন থ্রটলও খুলতে থাকে।

ভেরিয়েবল জেট কার্বুরেটর : ৮.৭ চিত্রে ভেরিয়েবল জেট কার্বুরেটরের কার্যক্রিয়া বর্ণিত হয়েছে। এখানে একটি পিস্টন থাকে, যার উপরিভাগে কাজ করে ভেনচুরির চাপ এবং হালকা স্প্রিং প্রেশার। থ্রটল ভাল্ভ খুলে গেলে বাতাসের প্রবাহ বৃদ্ধি পায়, তখন পিস্টনের উপরিভাগের চাপ হ্রাস পেয়ে তা সামান্য উপরে উঠে যায়। থ্রটল ভাল্ভ আবার বন্ধ হলে পিস্টনও নিচে নেমে আসে। পিস্টনের এই ওঠানামা দ্বারা জেটের ভেতর ট্যাপার্ড নিডল–এর চলাচল অর্থাৎ জ্বালানি প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত হয়। পিস্টনের ওঠানামা যাতে স্বচ্ছন্দে চলতে পারে তার জন্য পিস্টনের উপর স্থাপিত হয় ডাম্পার।

ইঞ্জিন চালু করার সময় অতিরিক্ত জ্বালানি সরবরাহের জন্য একটি লিভার ব্যবহৃত হয়, যা দ্বারা জেটের অবস্থান পরিবর্তন করে (নিচে নামিয়ে) জ্বালানি সরবরাহ বৃদ্ধি করা যায়। আইডল অবস্থায় এখানে লিঙ্কেজ ও ক্যাম ব্যবস্থার মাধ্যমে থ্রটল ভাল্ভের খোলা–বন্ধ নিয়ন্ত্রণ করা হয়।



চিত্র ৮.৫ : ফিক্সড জেট কার্বুরেটরে ইমালশন টিউব ও সহায়তাকারী জেট



চিত্র ৮.৬ : ধীরগতি ও আইডল অবস্থায় ফিক্সড জেট কার্বুরেটরে বিশেষ ব্যবস্থা

কার্বুরেটরের বিকল্প হচ্ছে লো প্রেশার ফুয়েল ইনজেকশন। এই পদ্ধতিতে প্রতিটি সিলিন্ডারে ইনডাকশন ভাল্‌ভের কাছাকাছি ফুয়েল ইনজেকশন ঘটানো হয়। একটিমাত্র ইনজেক্টর দিয়ে ইনলেট ম্যানিফোল্ডের আগে এ ধরনের ইনজেকশন ঘটানো যেতে পারে। ইনজেক্টরগুলি

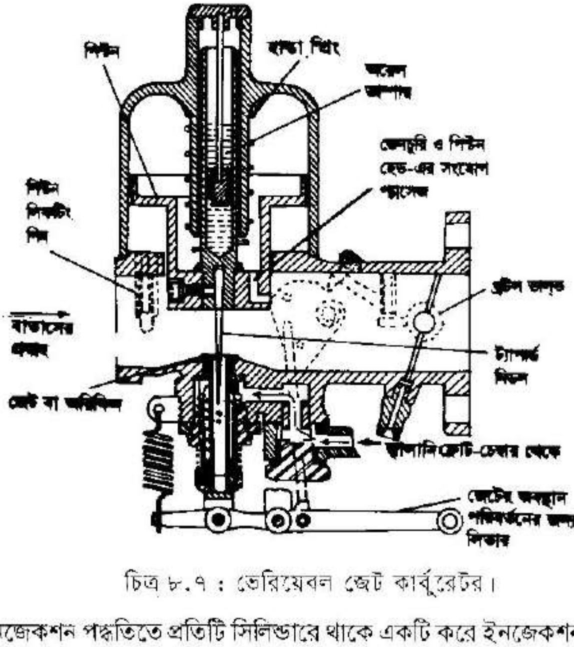
নিয়ন্ত্রিত হতো যান্ত্রিক উপায়ে, এখন নিয়ন্ত্রিত হয় ইলেকট্রনিক উপায়ে। নিচে এগুলি সম্পর্কে আলোচনা করা হলো।

ফুয়েল ইনজেকশন

সর্বাধিক শক্তি উৎপাদনই ফুয়েল ইনজেকশনের মূল লক্ষ্য। কার্বুরেটরে বাতাসের চাপ হ্রাস ইঞ্জিনের ভলিউমেট্রিক এফিসিয়েন্সি ও শক্তি উৎপাদনের অবনতি ঘটায়। এছাড়া একাধিক কার্বুরেটর বিশিষ্ট ইঞ্জিনে কার্বুরেটরগুলির ভেতর সমন্বয় সাধন ও ইনলেট ম্যানিফোল্ডে জ্বালানির সুষম বণ্টনও সমস্যা হয়ে দাঁড়ায়। এসব সমস্যা সমাধানে ফুয়েল ইনজেকশনের ভূমিকা উল্লেখযোগ্য।

ফুয়েল ইনজেকশন সিস্টেমে ইনলেট ম্যানিফোল্ডের উপর স্থাপিত হয় একটি থ্রটল বডি (চিত্র ৮.৮)। এতে একটি বা দুটি থ্রটল ভাল্ভ থাকে। ভাল্ভগুলির খোলা-বন্ধ পজিশন ইনলেট ম্যানিফোল্ডে বাতাস প্রবাহের পরিমাণ নির্ধারণ করে।

ফুয়েল ইনজেকশন মূলত দুই ধরনের- পোর্ট ইনজেকশন এবং থ্রটল বডি ইনজেকশন। এগুলিকে আবার মাল্টি-পয়েন্ট ইনজেকশন এবং সিঙ্গেল-পয়েন্ট ইনজেকশনও বলে।



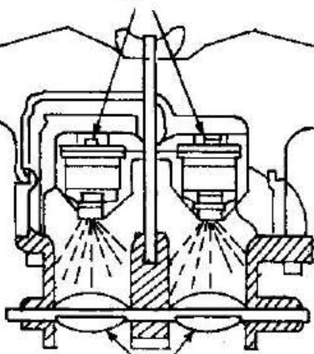
চিত্র ৮.৭ : ভেরিয়েবল জেট কার্বুরেটর।

পোর্ট ইনজেকশন পদ্ধতিতে প্রতিটি সিলিন্ডারে থাকে একটি করে ইনজেকশন ভাল্ভ (চিত্র ৮.৯)। এগুলি ইনটেক পোর্টে ইনডাকশন ভাল্ভের কাছাকাছি স্থাপিত হয়। অপরদিকে থ্রটল

বডি ইনজেকশন পদ্ধতিতে, প্রতিটি থ্রটল ভাল্ভের উপর স্থাপিত হয় একটি করে ইনজেকশন ভাল্ভ (চিত্র ৮.৮)।

উভয় পোর্ট এবং থ্রটল বডি ইনজেকশন পদ্ধতিতে পালস অথবা একটানাভাবে ফুয়েল স্প্রে সংঘটিত হতে পারে। ফুয়েল ইনজেকশনের পরিমাণ এখানে ইঞ্জিনের গতি ও শক্তি উৎপাদনের চাহিদা অনুসারে নির্ধারিত হয়। ৮.১০ চিত্রে বৈদ্যুতিক ফুয়েল ইনজেকশন ভাল্ভের কার্যক্রিয়া তুলে ধরা হয়েছে। এই ভাল্ভগুলি সলিনয়েড চালিত হয়।

ইঞ্জিন চালু অবস্থায় ফুয়েল পাম্প ইনজেকশন ভাল্ভের ইনলেট লাইনে সর্বক্ষণ রক্ষা করে একটি সুনির্দিষ্ট চাপ (প্রেশার রেগুলেটরের সাহায্যে)। সলিনয়েড ব্যাটারির সাথে সংযোগ



চিত্র ৮.৮ : থ্রটল বডি।

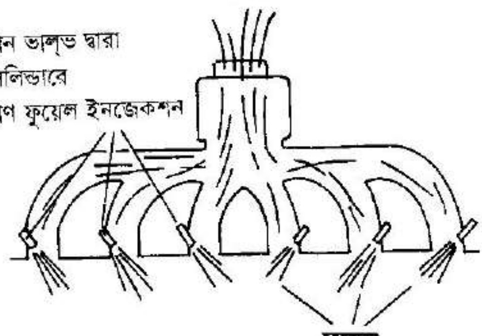
হওয়ামাত্র সক্রিয় হয় (ইলেকট্রনিক কন্ট্রোল ইউনিট দ্বারা) এবং নিডল ভাল্ভকে টেনে (স্প্রিং প্রেশারের বিপরীতে) উপরে ওঠায়, সেই সাথে শুরু হয় ফুয়েল ইনজেকশন।

ইনজেকশন ভাল্ভের খোলা মুহূর্ত নির্ধারিত হয় ইঞ্জিন স্পীড সেন্সর দ্বারা। এটি ইগনিশন ডিসট্রিবিউটরের ভেতর বসানো থাকে এবং সুনির্দিষ্ট টাইমিংস অনুসারে কন্ট্রোল ইউনিটে সংকেত পাঠায়।

কন্ট্রোল ইউনিট কতক্ষণ নিডল ভাল্ভ খোলা রাখবে তা নির্ভর করে ইঞ্জিনের শক্তি উৎপাদনের চাহিদার উপর। এয়ার ফ্লো সেন্সর ইঞ্জিনে বাতাস প্রবাহের পরিমাণ আঁচ করে কন্ট্রোল ইউনিটে সংকেত পাঠায়। কন্ট্রোল ইউনিট সেই অনুসারে নিডল ভাল্ভ খুলে রাখার ব্যবস্থা নেয়।

অধুনা ফুয়েল ইনজেকশন সিস্টেমে ইনজেকশনের পরিমাণ নির্ধারিত হয় অক্সিজেন সেন্সর দ্বারা। এটি এগজস্ট পাইপে প্রবাহিত অক্সিজেনের পরিমাণ আঁচ করে কন্ট্রোল ইউনিটে সংকেত পাঠায়। এগজস্ট পাইপে অক্সিজেনের বেশি মাত্রায় উপস্থিতি পাতলা বাতাস–জ্বালানি মিশ্রণের ইঙ্গিত দেয়।

পোর্ট ইনজেকশন সিস্টেমে ইনজেকশন ভাল্ভ কখনো এককভাবে খোলে না, এগুলি দুটি গ্রুপে বিভক্ত থাকে (চিত্র ৮.১১)। এতে জ্বালানির সুষম বণ্টন এবং ইঞ্জিন পারফরম্যান্সের উল্লেখযোগ্য উন্নতি ঘটে। তবে থ্রটল বডি ইনজেকশনের তুলনায় এক্ষেত্রে জ্বালানি সরবরাহ বিলম্বের যথেষ্ট উন্নতি সাধিত হলেও তা একেবারে লোপ পায় না।



চিত্র ৮.৯ : পোর্ট ইনজেকশন।

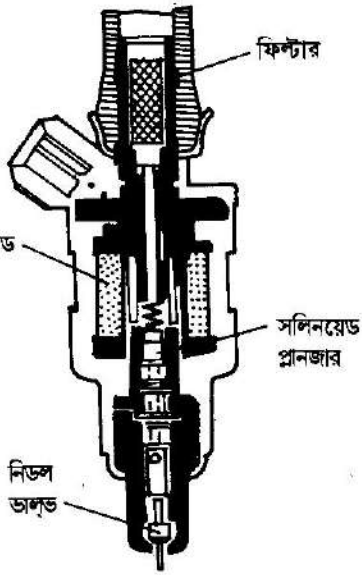
ফুয়েল ইনজেকশনের পুরো কার্যক্রিয়া সংঘটিত হয় এক সেকেন্ডেরও অনেক কম সময়ের ভেতর। ইঞ্জিন উচ্চগতিতে চলার সময় ফুয়েল ইনজেকশন এবং ইনডাকশন ভাল্ভ খোলার মধ্যে সময়ের ব্যবধান থাকে মাত্র ০.০১ সেকেন্ডের মতো। কন্ট্রোল ইউনিটের কার্যক্রিয়ায় ত্রুটি দেখা দিলে তা সাথে সাথে নবায়ন করা দরকার।

ইগনিশন সিস্টেম

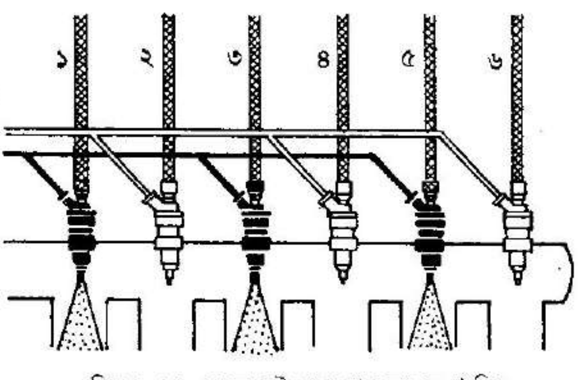
পেট্রোল ইঞ্জিনের ইগনিশন টাইমিংস নিখুঁত হওয়া প্রয়োজন। লেট ইগনিশন অসমাপ্ত দহন এবং আরলি ইগনিশন ইঞ্জিন নকিং–এর কারণ হয়। বেশিরভাগ ইঞ্জিনে প্রতি সিলিন্ডারে একটি করে স্পার্ক প্লাগ (চিত্র ৮.১২) থাকে। এগুলিতে স্পার্ক সংঘটিত হয় ব্যাটারি–কয়েল অথবা ম্যাগনেটো পদ্ধতিতে। ইঞ্জিনের সুষ্ঠু কার্যক্রিয়া নিশ্চিত করতে হলে স্পার্ক প্লাগের সেন্ট্রাল ইলেকট্রোড ৩৫০°–৭০০° সে. তাপমাত্রায় থাকা দরকার। ইলেকট্রোড বেশি গরম হলে প্রি–

ইগনিশন এবং কম গরম হলে কার্বন ডিপোজিট দ্বারা বিদ্যুৎ প্রবাহ বিঘ্নিত হওয়ার আশঙ্কা দেখা দেয়।

স্পার্ক প্লাগগুলিতে স্পার্ক সংঘটিত হওয়ার জন্য আনুমানিক ৫–১৫ কেভি ভোল্টেজ পালস–এর প্রয়োজন। ইলেকট্রোড গ্যাপ অথবা সিলিন্ডার প্রেশার বৃদ্ধির ক্ষেত্রে এই ভোল্টেজ



চিত্র ৮.১০ ঃ বৈদ্যুতিক ফুয়েল ইনজেকশন ভাল্ভ।

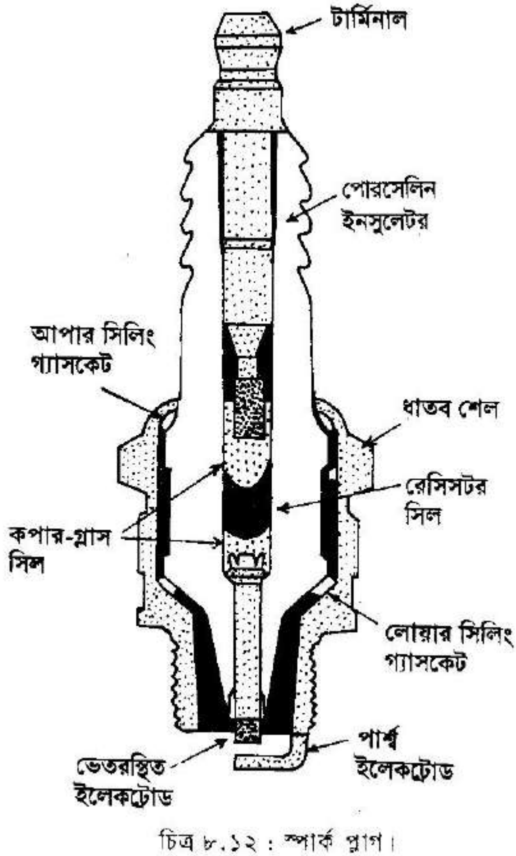


চিত্র ৮.১১: ফুয়েল ইনজেকশন ভাল্ভ গ্রুপিং।

পালস–এর প্রয়োজনীয়তা আরো বৃদ্ধি পায়। কার্যত ৪৭ কেভি পর্যন্ত ভোল্টেজ পালস স্পার্ক প্লাগে প্রবাহিত হয়।

ব্যাটারি–কয়েল ও ম্যাগনেটো উভয় প্রকার ইগনিশন সিস্টেম ৮.১৩ চিত্রের সাহায্যে তুলে ধরা হয়েছে। এগুলি মূলত ট্রান্সফরমার। প্রাইমারি কয়েলে লো টেনশন (এলটি) ওয়াইন্ডিং আনুমানিক ২০০ টার্ন–এর এবং সেকেন্ডারি কয়েলে হাই টেনশন (এইচটি) ওয়াইন্ডিং আনুমনিক ২০,০০০ টার্ন–এর হয়ে থাকে।

এইচটি আউটপুট একটি নির্দিষ্ট টাইমিংস অনুসারে ডিসট্রিবিউটরের মাধ্যমে স্পার্ক প্লাগে যায়। ডিসট্রিবিউটরের রোটর শ্যাফট, ক্যাম, কনট্যাক্ট ব্রেকার, রোটর আর্ম ইত্যাদি দ্বারা এই

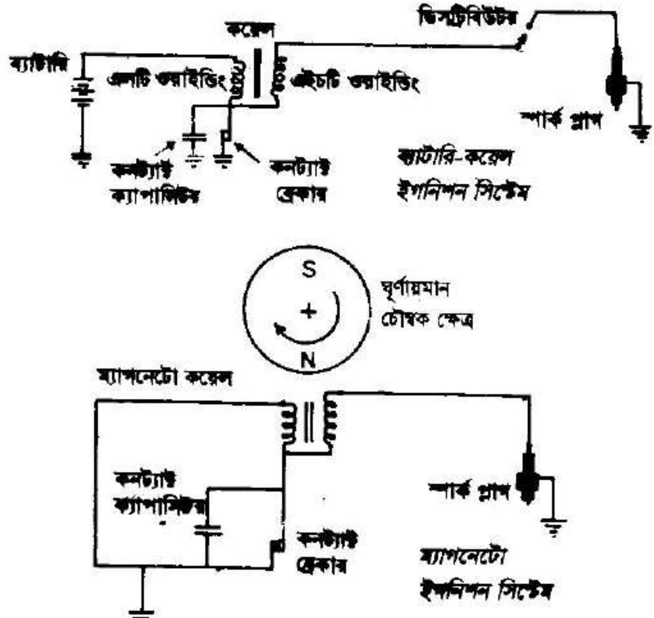


চিত্র ৮.১২ : স্পার্ক প্লাগ।

টাইমিংস নিয়ন্ত্রিত হয়। এ ধরনের সিস্টেমে স্পার্ক প্লাগগুলিতে প্রতি সেকেন্ডে প্রায় ৪০০ স্পার্ক সংঘটিত হয়ে থাকে।

ব্যাটারি–কয়েল পদ্ধতিতে ব্যাটারিকে সার্বক্ষণিক চার্জড অবস্থায় রাখার জন্য চার্জিং–এর ব্যবস্থা থাকে। এই চার্জিং সিস্টেমে থাকে একটি অল্টারনেটর ও ভোল্টেজ রেগুলেটর।

অল্টারনেটর ইঞ্জিনের আংশিক যান্ত্রিকশক্তিকে বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তরিত করে (এটি প্রথমে এসি উৎপন্ন করে, সেই এসিকে ডায়োড–রেকটিফায়ার দ্বারা ডিসিতে রূপান্তরিত করা হয়)। সেই বিদ্যু শক্তি দ্বারা ব্যাটারি চার্জিং–এর ব্যবস্থা রাখা হয়। রেগুলেটর ফিল্ড কয়েলে বিদ্যুৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে মাত্রাতিরিক্ত ভোল্টেজ উৎপন্ন করা থেকে অল্টারনেটরকে বিরত রাখে।



চিত্র ৮.১৩ : ব্যাটারি–কয়েল ও ম্যাগনেটো ইগনিশন সিস্টেম।

ম্যাগনেটো পদ্ধতিতে স্পার্ক সংঘটিত হওয়ার জন্য কোনো ব্যাটারির প্রয়োজন হয় না। ঘূর্ণায়মান ম্যাগনেটিক ফিল্ড দ্বারা এখানে প্রথমে এলটি ওয়াইন্ডিং, অতঃপর এইচটি ওয়াইন্ডিং–এ ভোল্টেজ পালস প্রবাহের সূচনা হয়।

ফুয়েল ফিল্টার

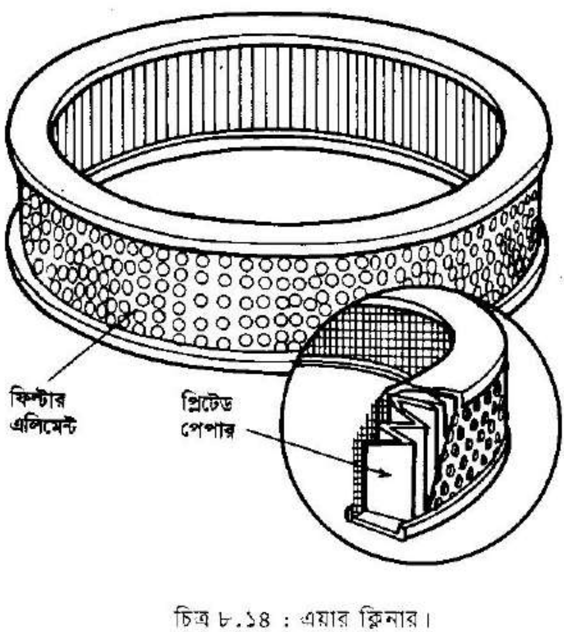
ফুয়েল লাইনে ট্যাঙ্ক ও পাম্পের মাঝামাঝি স্থানে অথবা পাম্পের পর ফিল্টার সংযোজিত হয়ে থাকে। এগুলি জ্বালানি থেকে ময়লাকণা পৃথকীকরণের মাধ্যমে সুষ্ঠু দহন নিশ্চিত করে। ফুয়েল ফিল্টার সাধারণত স্ক্রিন অথবা ম্যাগনেটিক টাইপের হয়।

এয়ার ক্লিনার

কার্বুরেটরের আগে এয়ার ক্লিনার স্থাপন অত্যাবশ্যক। এগুলি সাধারণত ফাইবার অয়্যার মেশ এবং প্লিটেড পেপার টাইপের (চিত্র ৮.১৪) হয়ে থাকে। এয়ার ক্লিনার বাতাস পরিশোধন ছাড়াও সাইলেন্সার হিসেবে কাজ করে। এমনকি ব্যাক ফায়ারজনিত কারণে ইনলেট ম্যানিফোল্ডে অগ্নি দুর্ঘটনার সূচনা হলে তাকে বাইরে সম্প্রসারিত হওয়া থেকেও বিরত রাখে।

টার্বোচার্জার

কোনো কোনো পেট্রোল (বা গ্যাসোলিন) ইঞ্জিনে টার্বোচার্জার ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এগুলি সিলিন্ডারে অধিক ঘন বাতাস–জ্বালানি মিশ্রণ সরবরাহ করে শক্তি উৎপাদনের উল্লেখযোগ্য বৃদ্ধি



চিত্র ৮.১৪ : এয়ার ক্লিনার।

ঘটায়। টার্বোচার্জারের বাতাস সরবরাহ কার্বুরেটরের আগে কিংবা কার্বুরেটর ও ইনলেট ম্যানিফোল্ডের মাঝামাঝি স্থানে হতে পারে।

ইঞ্জিন পূর্ণশক্তিতে চলা অবস্থায় টার্বোচার্জারের কার্যকারিতা সন্তোষজনক হয়। ধীরগতি বা কম লোডে এর কার্যকারিতা তেমন থাকে না।

প্রশ্নমালা

১। কার্বুরেটরের কাজ কি ? চিত্রের সাহায্যে একটি ফিক্সড জেট কার্বুরেটরের কার্যক্রিয়া বর্ণনা কর।

২। পেট্রোল ইঞ্জিনের ইগনিশন সিস্টেম চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর।

৩। পেট্রোল ইঞ্জিন সূত্রে নিচে বর্ণিত ত্রুটিগুলির কারণ ব্যাখ্যা কর :

(ক) মিসফায়ার,

(খ) চলতে চলতে হঠাৎ থেমে যাওয়া,

(গ) এগজস্ট পাইপে সাদা ধোঁয়া,

(ঘ) স্পার্ক প্লাগে কার্বন ডিপোজিট।

৪। পেট্রোল ইঞ্জিন সূত্রে নিচে বর্ণিত উক্তিগুলির যথার্থতা সম্পর্কে তোমার মতামত দাও:

(ক) জ্বালানি ব্যয় বৃদ্ধি পায় কার্বুরেটরের ত্রুটির কারণে,

(খ) ব্যাটারি কর্মক্ষম থাকলে জ্বালানি প্রজ্বলনে তেমন কোনো অসুবিধা হয় না,

(গ) ম্যাগনেটো সিস্টেম ব্যাটারি–কয়েল সিস্টেমের সঠিক বিকল্প।

৫। পেট্রোল ইঞ্জিনের ফুয়েল সিস্টেম চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। ফ্লোট–চেম্বার পূর্ণ হলে পাম্পিং প্রক্রিয়া কিভাবে বন্ধ হয় ?

৬। কার্বুরেটর এবং ফুয়েল ইনজেকশন সিস্টেমের সুবিধা–অসুবিধা বর্ণনা কর।

নবম অধ্যায়
পরিশোধন

পরিশোধন এমন একটি বিষয়, যা সব সময় ইঞ্জিন নির্মাতাদের মনোযোগ আকর্ষণ করে এসেছে। কারণ এটি প্রত্যক্ষ এবং পরোক্ষভাবে ইঞ্জিনের কার্যকারিতা বাড়িয়ে ইঞ্জিনকে দীর্ঘায়ু করে। পরিশোধন বলতে সাধারণভাবে ফুয়েল অয়েল, লুব অয়েল এবং বাতাসে মিশে থাকা অবাঞ্ছিত বস্তুর পৃথকীকরণ বুঝায়। সাম্প্রতিককালে পরিশোধনের ক্ষেত্রে উল্লেখযোগ্য অগ্রগতি সাধিত হয়েছে।

পরিশোধনের প্রয়োজনীয়তা

(ক) ফুয়েল অয়েলে কিছু না কিছু দূষিত বস্তু, যেমন ক্ষুদ্র শক্ত পদার্থ, কর্দমাক্ত পদার্থ, পানি ইত্যাদি থাকে। পরিশোধনের মাধ্যমে এগুলিকে বহুল পরিমাণে দূর করা যায়। ফুয়েল অয়েল পরিশোধন একদিকে সুষ্ঠু জ্বালানি দহন নিশ্চিত করে, অপরদিকে ফুয়েল পাম্প, ইনজেকটর, লাইনার, পিস্টন ইত্যাদির অবাঞ্ছিত ক্ষয় ও করোশন প্রতিরোধের সহায়ক হয়। ফুয়েল অয়েল পরিশোধন ইনজেকটরের কার্যকারিতা বিশেষভাবে প্রভাবিত করে।

(খ) ইঞ্জিনে ব্যবহারের সময় বিভিন্নভাবে যেমন পিস্টন রিং ব্লো–পাস্ট, স্লাইডিং সারফেসের ক্ষয়, অক্সিডেশন, তেল ও পানির লিকেজ, মরচে ধরা ইত্যাদি দ্বারা লুব অয়েলের গুণাবলির অবনতি ঘটে। লুব অয়েল পরিশোধন, এর গুণাবলিকে অপরিবর্তিত রেখে বিয়ারিং ও ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের অবাঞ্ছিত ক্ষয় প্রতিরোধ এবং সুষ্ঠু ইঞ্জিন পরিচালনা নিশ্চিত করে।

(গ) স্ক্যাভেঞ্জ এয়ার, স্টার্টিং ও রিভারসিং এয়ার, কন্ট্রোল এয়ার ইত্যাদিতে কিছু না কিছু ধূলিকণা, তৈলবাষ্প, জলীয় বাষ্প ইত্যাদি থাকে। বাতাস পরিশোধন লাইনার, পিস্টন, কন্ট্রোল সিস্টেম ইত্যাদির অবাঞ্ছিত ক্ষয় প্রতিরোধ করে ইঞ্জিনের সুষ্ঠু পরিচালনা নিশ্চিত করে।

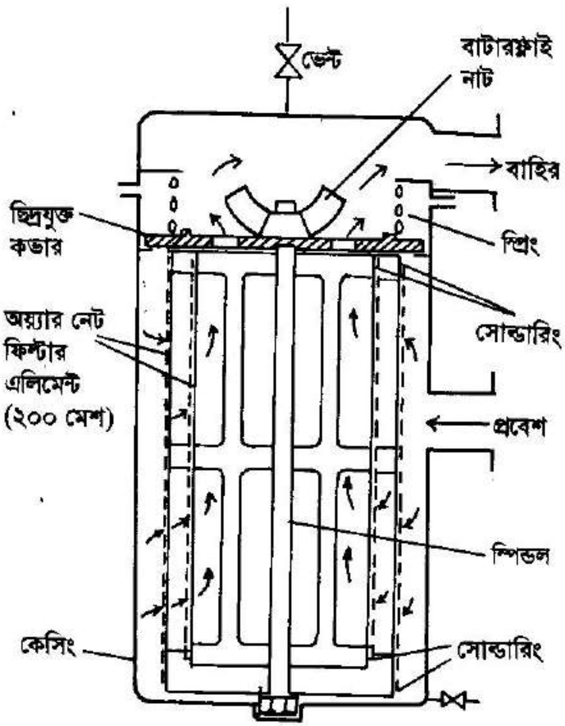
পরিশোধন পদ্ধতি

পরিশোধন পদ্ধতিগুলির মধ্যে রয়েছে কেমিক্যাল ট্রিটমেন্ট, ফিলট্রেশন, গ্রাভিটেশন এবং কেন্দ্রাতিগ পরিশোধন।

(ক) কেমিক্যাল ট্রিটমেন্ট : এই পদ্ধতিতে ফুয়েল অয়েলে কয়েক ধরনের রাসায়নিক (প্রধানত তরল) পদার্থ সাধারণত স্টোরেজ ট্যাঙ্ক, সেটলিং ট্যাঙ্ক ও সার্ভিস ট্যাঙ্কে মিশানো হয়ে থাকে। এগুলি (১) ফুয়েল অয়েলের ইমালসিফিকেশন (পানির উপস্থিতিতে) সংশোধন করে,

(২) ট্যাঙ্ক, ফিল্টার, প্রি–হিটার ইত্যাদিতে স্লাজ সৃষ্টি প্রতিরোধ করে, (৩) পানির বিলিজ ত্বরান্বিত করে ও ফুয়েলে দ্রবণীয় তলানি সৃষ্টিমূলক বস্তু পৃথক করে সাসপেনশনে রাখে এবং (৪) ইনজেকশন পাম্প, ইনজেকটর, লাইনার, পিস্টন ইত্যাদির ক্ষয় ও করোশন প্রতিরোধ করে।

লুব অয়েলে রাসায়নিক পদার্থ মিশানো হয় তা বাজারজাত করার আগেই। এগুলি (১) লুব অয়েলের অক্সিডেশন, ইমালশন, স্লাজ সৃষ্টি ইত্যাদি প্রতিরোধ করে, (২) মেটাল সারফেস তকতকে ঝকঝকে রাখে, (৩) তলানি সৃষ্টিমূলক বস্তু সাসপেনশনে রাখে, (৪) বিয়ারিং ও ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের করোশন প্রতিরোধ করে এবং (৫) বিভিন্ন তাপমাত্রায় লুব অয়েলের সান্দ্রতা অপরিবর্তিত ও তৈলাক্ততা বজায় রাখে।

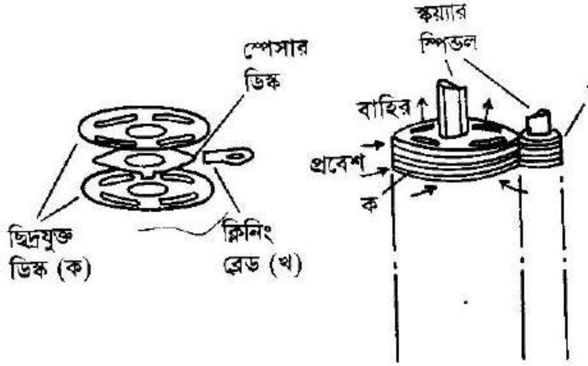


চিত্র ৯.১ : অয়্যার মেশ ফিল্টার।

(খ) ফিলট্রেশন : ফুয়েল অয়েল ও লুব অয়েল সিস্টেমে বিভিন্ন স্থানে কোথাও অয়্যার মেশ (চিত্র ৯.১), কোথাও মেটাল প্লেট টাইপ ফিল্টার (চিত্র ৯.২) ব্যবহৃত হয়। এগুলির সর্বনিম্ন কাট–অফ সাইজ যথাক্রমে ১২৫ মাইক্রোন ও ২৫ মাইক্রোন। অয়্যার মেশ টাইপ ফিল্টার বস্তুত স্ট্রেনারের চেয়ে বেশি কিছু নয়, তাই ফুয়েল ইনজেকশন পাম্পের সামনে এগুলি ব্যবহারের

অনুপযোগী। মেটাল প্লেট টাইপ ফিল্টার চালু অবস্থায় সাময়িকভাবে পরিষ্কার করা যায়, তাই এগুলিকে অটো–ক্লিন ফিল্টারও বলে।

উন্নতমানের ফিল্টার (যেখানে কাট–অফ সাইজটাই মুখ্য) হিসেবে পেপার ফিল্টার অত্যন্ত কার্যকর। এগুলির কাট–অফ সাইজ সর্বনিম্ন ১ মাইক্রোন। পেপার ফিল্টার ডিজেল অয়েলে ব্যবহারোপযোগী, কিন্তু হেভি ফুয়েল অয়েলের প্রবাহে প্রতিবন্ধকতার সৃষ্টি করে বলে সেক্ষেত্রে ফেল্ট ফিল্টার যদিও তুলনামূলকভাবে কম দক্ষ তথাপি অধিক কার্যকর।



চিত্র ৯.২ : মেটাল প্লেট ফিল্টার।

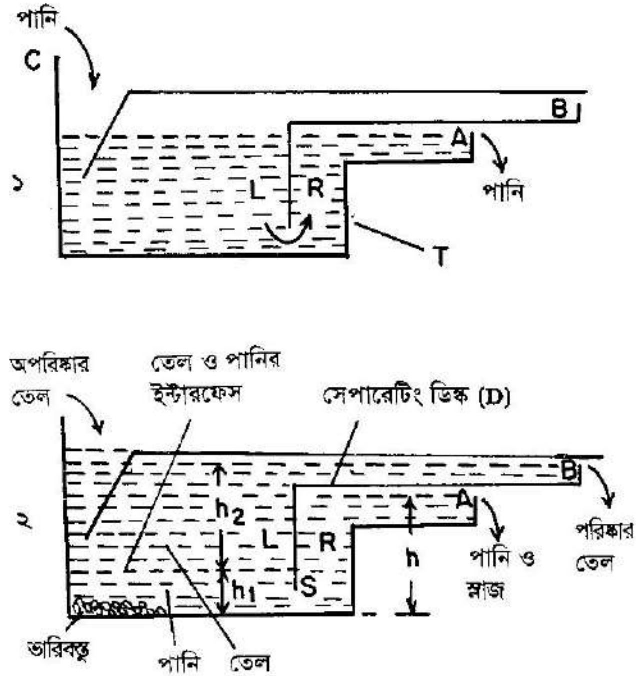
ফিলট্রেশনের দ্বারা মূলত ফুয়েল ও লুব অয়েলের ক্ষুদ্র অবাঞ্ছিত বস্তু অপসারণ করা হয়, এতে পানি অপসারণের মতো অতিরিক্ত সুবিধাও মেলে। উল্লেখ্য, পানির উপস্থিতিতে অধিকাংশ উন্নতমানের ফিল্টারে ফুয়েল ও লুব অয়েলের প্রবাহে প্রতিবন্ধকতার সৃষ্টি হয়। ফুয়েল ও লুব অয়েল থেকে পানি এবং কঠিন বস্তু অপসারণের জন্য অতি সম্প্রতি ফিল্টার কোয়ালিসরের ব্যবহার চালু হয়েছে। এই পদ্ধতিতে, ৩ মাইক্রোন সাইজ পর্যন্ত কঠিন বস্তু এবং ৯৯% পানি অপসারণ করা যায়। অয়েল ফিল্টার হিসেবে পোরাস মেটাল ফিল্টার, ম্যাগনেটিক ফিল্টার, ফেব্রিক বা মেটাল গেজ ইত্যাদির ব্যবহার উল্লেখযোগ্য।

এয়ার ফিল্টার হিসেবে প্রধানত দুই ধরনের ফিল্টার যেমন অয়েল ওয়েটেড এবং ড্রাই টাইপ ফিল্টার ব্যবহৃত হয়ে থাকে। অয়েল ওয়েটেড টাইপ ফিল্টার অয়্যার মেশ বা ফেব্রিকের তৈরি এবং এগুলি তেল দ্বারা আবৃত থাকে। এগুলির ভেতর দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় বাতাসে মিশ্রিত ময়লাকণা আটকা পড়ে যায়। অয়েল ওয়েটেড টাইপ ফিল্টারের কার্যকারিতা নির্ভর করে তার পর্যাপ্ত গভীরতার উপর। এগুলির ডিজাইন এমন হওয়া প্রয়োজন যে পরিশোধিত বাতাস যেন কোনোক্রমে তেলসহ ইঞ্জিনে প্রবেশ করতে না পারে।

ড্রাই টাইপ ফিল্টার প্রধানত ফেব্রিকের তৈরি এবং সেল্ফ ক্লিনিং টাইপের হয়। এগুলির প্রধান সমস্যা এয়ার সিলিং–এ ত্রুটি। তাই ফিটিং–এর সময় লক্ষ্য রাখা দরকার যেন বাতাস

কোনোক্রমে ফিল্টার বাইপাস করার সুযোগ না পায়। এয়ার ফিল্টারগুলির কাট–অফ সাইজ সর্বনিম্ন ৫ মাইক্রোন এবং দক্ষতা ৯৮% হয়।

বাতাস পরিশোধনের আরেকটি কার্যকর মাধ্যম সাইক্লোন সেপারেশন। এই পদ্ধতিতে বাতাসের প্রবাহে ঘূর্ণিচক্রের সৃষ্টি করে অকস্মাৎ তার গতি হ্রাস করা হয়, ফলে ভারি বস্তু নিচে পড়ে যায়।



চিত্র ৯.৩ : গ্র্যাভিটেশনাল সেপারেশন।

(গ) গ্র্যাভিটেশন : ফুয়েল ও লুব অয়েল স্থির থাকাবস্থায় এর ভেতরের ভারি দূষিত বস্তু যেমন পানি, ময়লাকণা ইত্যাদি ট্যাঙ্কের তলায় জমা হতে থাকে। যথাযথ ড্রেইনিং ব্যবস্থার মাধ্যমে সেগুলিকে সহজে আলাদা করা যায়। একটানা হিটিং ব্যবস্থা এই পৃথকীকরণ ত্বরান্বিত করে। ফুয়েল ও লুব অয়েল সেটলিং/সার্ভিস ট্যাঙ্কে সাধারণত এ ধরনের পৃথকীকরণ ঘটে।

(ঘ) কেন্দ্রাতিগ পরিশোধন : এই পদ্ধতিতে ফুয়েল ও লুব অয়েলে মিশে থাকা পানি এবং কঠিন বস্তু অপসারণ করা যায়। কোনো তরল পদার্থ থেকে কঠিন বস্তু অপসারণ করাকে ক্ল্যারিফিকেশন এবং মিশ্রিত দুটি তরল পদার্থের পৃথকীকরণকে সেপারেশন বলা হয়। পরিশোধন বলতে ক্ল্যারিফিকেশন ও সেপারেশন দুই-ই বুঝায়।

কেন্দ্রাতিগ পরিশোধনের মূলনীতি গ্র্যাভিটেশনের অনুরূপ। ৯.৩ চিত্রানুসারে T পাত্রে D সেপারেটিং ডিস্ক। C স্থানে পানি ঢালা হলে L এবং R পার্শ্বে পানির উচ্চতা সমানভাবে বেড়ে এক সময় A বিন্দু দিয়ে উপচে পড়তে থাকবে। এমতাবস্থায়, C স্থানে পানি ঢালা বন্ধ রেখে তেল (পানি অপেক্ষা হালকা) ঢালা হলে L পার্শ্বে পানির উচ্চতা হ্রাস এবং সেই সাথে পানির উপর ভাসমান তেলের উচ্চতা বৃদ্ধি পাবে এবং একই সাথে A বিন্দু দিয়ে পানি উপচে পড়তে থাকবে। এভাবে L পার্শ্বে পানির উপর ভাসমান তেলের উচ্চতা বেড়ে এক সময় B বিন্দু দিয়ে তেল উপচে পড়তে শুরু করবে এবং তখন A বিন্দু দিয়ে পানি পড়া বন্ধ হয়ে যাবে। এমতাবস্থায় R পার্শ্বের পানির উচ্চতা (h), L পার্শ্বের পানি ও তেলের উচ্চতাকে (h_1+h_2) ব্যালান্স করে।

এখন C স্থানে তেলের সাথে যদি পানি আসে, তবে তা পাত্রের তলায় নেমে আসবে এবং সেই সাথে A বিন্দু দিয়ে সমপরিমাণ পানি উপচে পড়ে যাবে। কিন্তু তেলের সাথে পানির পরিবর্তে যদি ভারি কঠিন বস্তু আসে, তবে তা পাত্রের তলায় নেমে গিয়ে জমা হতে থাকবে। অপরদিকে B বিন্দু দিয়ে পরিষ্কার তেল পড়ে যেতে থাকবে।

পাত্রটিতে দূষিত তেলের অবস্থানকাল যত দীর্ঘ হবে পরিশোধনের মান তত উন্নত হবে। তাই L পার্শ্বে তেল ও পানির ইন্টারফেস যতদূর সম্ভব S বিন্দুর সন্নিকটে থাকা বাঞ্ছনীয়। এক্ষেত্রে পানির উচ্চতা (h_1) সর্বাল্প এবং তার উপর ভাসমান তেলের উচ্চতা (h_2) সর্বাধিক থাকে (এ অবস্থায় পাত্রটিতে সর্বাধিক পরিমাণ তেল অবস্থান করে) যা ভালো সেটলিং-এর নিশ্চয়তা দেয়।

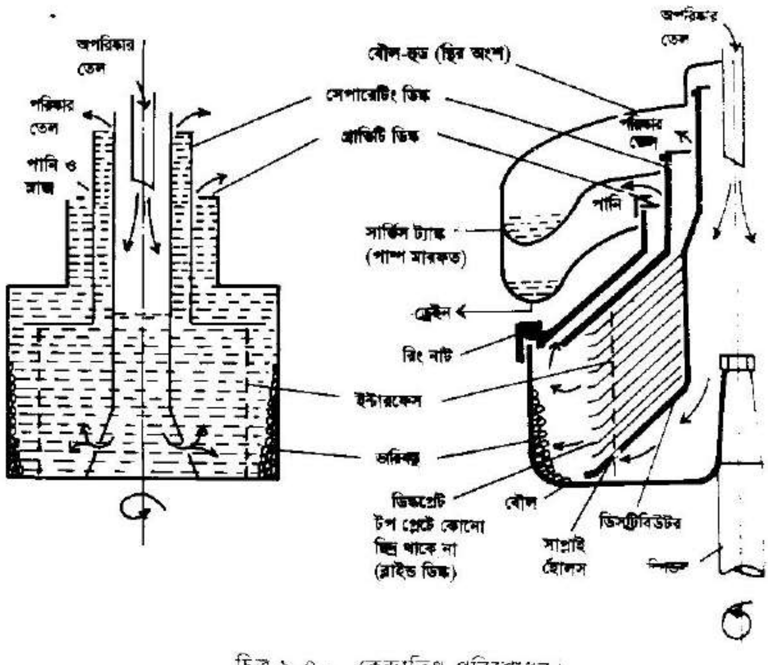
ইন্টারফেসের অবস্থান নির্ভর করে তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব এবং পানির উচ্চতা h-এর উপর। তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব বাড়লে ইন্টারফেস নিচে নেমে যাবে এবং পানির উচ্চতা বাড়লে ইন্টারফেস উপরে উঠে যাবে। তেল ও পানির ইন্টারফেস এখানে ওয়াটার সিল হিসেবে কাজ করে। ইন্টারফেস মাত্রাধিক নিচে নেমে গেলে ওয়াটার সিল ভেঙ্গে যাবে, তখন L পার্শ্বের তেল R পার্শ্বে এসে A বিন্দু দিয়ে পড়ে যেতে থাকবে। ইন্টারফেসের সঠিক অবস্থান বজায় রাখার জন্য তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব পরিবর্তনের সাথে সাথে পানির উচ্চতা h পরিবর্তন করা দরকার।

কেন্দ্রাতিগ সেপারেটরে গ্র্যাভিটেশনের অনুরূপ পৃথকীকরণ সংঘটিত হয়, যা ৯.৪ চিত্রে সার্বিকভাবে প্রতিফলিত হয়েছে। ফুয়েল ও লুব অয়েলের ভেতরের ভারি দূষিত বস্তু (তরল বা কঠিন) গ্র্যাভিটেশনের ক্ষেত্রে পাত্রের তলায় জমা হতে থাকে, কিন্তু কেন্দ্রাতিগ সেপারেশনের ক্ষেত্রে তা কেন্দ্র থেকে সবেগে পরিধির দিকে সরে যেতে থাকে।

কেন্দ্রাতিগ সেপারেটরের প্রধান অংশ স্টেইনলেস স্টিলের তৈরি একটি বৌল, যার আনুমানিক ডায়া ০.৪-০.৬ মিটার। বৌলটির কেন্দ্রস্থলে বসানো থাকে একটি ডিসট্রিবিউটর এবং তার উপরে স্তরে স্তরে সাজানো থাকে অনেকগুলি ডিস্ক প্লেট (চিত্র ৯.৪)। চালু করার সময়, সর্বাগ্রে বৌলটিকে যথাযথ গতিতে (৬-১০ হাজার আরপিএম) উন্নীত করা হয়। তারপর ডিসট্রিবিউটরের ভেতর ওয়াটার সিল সৃষ্টি করে পরিশোধনযোগ্য তেল প্রবিষ্ট করানো হয়।

ডিসট্রিবিউটরের তলায় কয়েকটি রেডিয়াল ভেইন্স থাকে, যার সংস্পর্শে আসামাত্র তেল বৌল-এর গতিতে উন্নীত হয়ে চক্রাকারে ঘুরতে থাকে। ডিসট্রিবিউটর থেকে অতঃপর ওই তেল সাপ্লাই হোল্স-এ যায় এবং পাতলা পাতলা স্তরে বিভক্ত হয়ে ডিস্ক প্লেটগুলির ভেতর দিয়ে কেন্দ্রের দিকে প্রবাহিত হয়। দুটি ডিস্ক প্লেটের মধ্যবর্তী স্থান দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় তেলের ভেতরের দূষিত বস্তু কোনো এক মুহূর্তে ডিস্ক প্লেটদ্বয়ের উপরস্থ প্লেটের সংস্পর্শে এসে গতি সম্পূর্ণ হারিয়ে ফেলে এবং কেন্দ্রাতিগ বলের প্রভাবে প্রভাবান্বিত হয়ে প্লেটের গা বেয়ে পরিধির দিকে সবেগে ছুটে বেরিয়ে যায়।

কেন্দ্রাতিগ সেপারেটর দ্বারা এভাবে তেলের দূষিত বস্তু একটানাভাবে অপসারণ করা হয়। উন্নততর কেন্দ্রাতিগ বল, স্বল্পতর ডিস্ক প্লেটের মধ্যবর্তী দূরত্ব, নিম্নতর তৈল সান্দ্রতা ও উৎপাদন হার উন্নতমানের সেপারেশন নিশ্চিত করে।

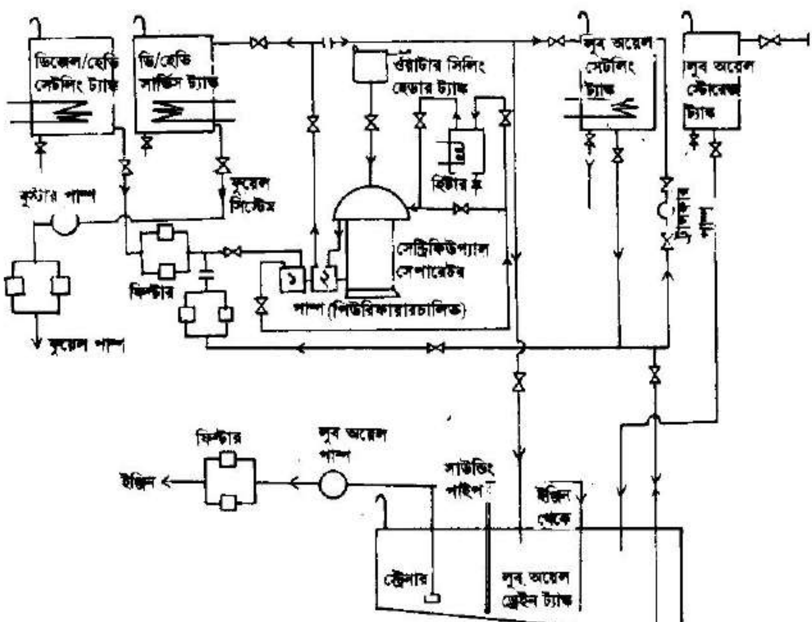


চিত্র ৯.৪ : কেন্দ্রাতিগ পরিশোধন।

বৌল-এর ভেতর তেল ও পানির ইন্টারফেস সাপ্লাই হোলস বরাবর হওয়া উচিত। কিছুক্ষণ চলার পর বৌলটি খুলে উপর থেকে ৩-৪টি ডিস্ক প্লেট পরীক্ষা করে ইন্টারফেসের অবস্থান সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা লাভ করা যায়। তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব পরিবর্তনের সাথে সাথে ইন্টারফেসের অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে। তাই তেলের আপেক্ষিক গুরুত্বের সাথে সামঞ্জস্য

রেখে ইন্টারফেসের সঠিক অবস্থান নির্ধারণের জন্য সেপারেটিং ডিস্কের সাথে বিভিন্ন ডায়ামিটারের গ্র্যাভিটি ডিস্ক (বা ড্যাম রিং) ব্যবহৃত হয়। গ্র্যাভিটি ডিস্কের ব্যাস বৃদ্ধি ইন্টারফেসের ব্যাস বৃদ্ধি করে। কেন্দ্রাতিগ সেপারেটরে তেলের দূষিত বস্তু যেমন পানি ও ময়লাকণা দুই-ই অপসারিত হয় বলে এটিকে কেন্দ্রাতিগ পিউরিফায়ারও বলে।

প্রতিটি কেন্দ্রাতিগ সেপারেটর ক্ল্যারিফায়ার হিসেবেও ব্যবহার করা যায়। ক্ল্যারিফায়ারে ওয়াটার সিলের প্রয়োজন হয় না, তাই সেপারেটিং ডিস্কের সাথে গ্র্যাভিটি ডিস্কের পরিবর্তে সিলিং ডিস্ক এবং ডিসট্রিবিউটরের উপর প্রথম ডিস্ক প্লেটটির পরিবর্তে ছিদ্রবিহীন (ব্লাইন্ড) ডিস্ক ব্যবহার করে যথাক্রমে পানি বেরুনোর পথ এবং অয়েল সাপ্লাই হোলস বন্ধ করে দিতে হয়। এক্ষেত্রে ডিসট্রিবিউটরের তলা থেকে তেল সরাসরি বৌল-এর পার্শ্বে চলে যায় এবং তেলের ভেতরের



চিত্র ৯.৫ : ফুয়েল/লুব অয়েল পরিশোধন পদ্ধতি।

কঠিনবস্তু ও স্লাজ বৌল-এর গায়ে জমা হতে থাকে, সেই সাথে পরিষ্কার তেল আগের মতো একই পথে বেরিয়ে যেতে থাকে। তেলের ভেতরের কঠিনবস্তু অপসারণে ক্ল্যারিফায়ার অধিক কার্যকর, কারণ বৌলটিতে তখন তেলের পরিমাণ বৃদ্ধির সাথে সাথে কেন্দ্রাতিগ সেটলিং ফোর্সও বৃদ্ধি পায়।

সাধারণভাবে, অয়েল পিউরিফিকেশন সিস্টেমে দুটি সেপারেটর থাকে এবং এগুলিকে পর্যায়ক্রমে চালানো হয়। প্রতি ২০–২৪ ঘণ্টা অন্তর সেপারেটর চেঞ্জওভার করে ব্যবহৃত সেপারেটর পরিষ্কার করে রাখা হয়। সেল্ফ–ক্লিনিং টাইপ পিউরিফায়ার চালু অবস্থাতেই পরিষ্কার করা যায়, তাই সেগুলি ১৫–২০ দিন অন্তর খুলে পরিষ্কার করলেই চলে।

কেন্দ্রাতিগ সেপারেটর টিউবুলার টাইপও হয়, যার অনুমানিক ডায়া ০.১৩ মিটার এবং দৈর্ঘ্য ০.৮০ মিটার হয়ে থাকে। এগুলিতে কোনো ডিস্ক প্লেট থাকে না। টিউবুলার টাইপ সেপারেটরের গতি আনুমানিক ১৫ হাজার আরপিএম হয়। এগুলির উপরিভাগে একটি স্বল্পোন্নত বলয়াকার রিং থাকে, যা ওয়াটার সিল ধারণ করে। এই ব্যবস্থা বৌলটিতে অধিক পরিমাণ তেল ধারণের নিশ্চয়তা দেয়।

কেন্দ্রাতিগ পিউরিফিকেশনের জন্য হেভি ফুয়েল অয়েল ও লুব অয়েলকে প্রি–হিট (৭৫–১০০° সে.) করার প্রয়োজন হয়, তবে ডিজেল অয়েলকে প্রি–হিট করার তেমন একটা প্রয়োজন হয় না। ৯.৫ চিত্রে ফুয়েল ও লুব অয়েল পিউরিফিকেশন সিস্টেম বিস্তারিতভাবে বর্ণিত হয়েছে

বৃহদাকার ইঞ্জিন চালু করার কয়েক ঘণ্টা আগে থেকে বন্ধ করা পর্যন্ত একটানা লুব অয়েল সেপারেটর (বা ক্ল্যারিফায়ার) চালু রেখে ড্রেইন ট্যাঙ্কের লুব অয়েল পরিশোধন করা হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে (ইঞ্জিন বন্ধ থাকাবস্থায়) ড্রেইন ট্যাঙ্কের সমুদয় লুব অয়েল সেটলিং ট্যাঙ্কে নিয়ে প্রথমত গ্র্যাভিটেশন, অতঃপর (ইঞ্জিন চালু করার কয়েক ঘণ্টা আগে) কেন্দ্রাতিগ সেপারেশনের মাধ্যমে পুনরায় ড্রেইন ট্যাঙ্কে নেয়া হয়।

প্রতি ২/১ মাস অন্তর লুব অয়েল পরীক্ষা করে দূষণের উৎস জেনে সেই অনুসারে ব্যবস্থা গ্রহণ করা উচিত। ছোট ইঞ্জিনে সচরাচর প্রতিবার ইঞ্জিন ওভারহলের (প্রতি ৬–১০ হাজার ঘণ্টা) পর ক্রাঙ্ককেস অয়েল নবায়ন করা হয়।

প্রশ্নমালা

১। পরিশোধন কি ? এর বিভিন্ন পদ্ধতি সংক্ষেপে আলোচনা কর।

২। চিত্রের সাহায্যে সেল্ফ–ক্লিনিং টাইপ লুব অয়েল ফিল্টারের কার্যক্রিয়া সবিস্তারে বর্ণনা কর। এ ধরনের ফিল্টারে ম্যাগনেটিক ফিল্টার সংযোজনের কারণ ব্যাখ্যা কর। চালু অবস্থায় ফিল্টার ময়লাযুক্ত কিনা তা কিভাবে বুঝা যায় ?

৩। নিম্নলিখিত বক্তব্যের যথার্থতা সম্পর্কে যুক্তিসঙ্গত মতামত দাও :

(ক) পরিশোধন ইঞ্জিনের কার্যকারিতা বাড়িয়ে ইঞ্জিনকে দীর্ঘায়ু করে।

(খ) পরিশোধনের ক্ষেত্রে স্ট্যাটিক মাধ্যম অধিক কার্যকর।

(গ) ফুয়েল/লুব অয়েল ইঞ্জিনে ব্যবহারের আগে কেমিক্যাল ট্রিটমেন্ট অপরিহার্য

৪। বৌল টাইপ কেন্দ্রাতিগ সেপারেটরের সূত্রে বর্ণনা কর :

(ক) তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব পরিবর্তনের সাথে সাথে গ্র্যাভিটি ডিস্ক পরিবর্তনের প্রয়োজন হয় কেন ?

(খ) তেল ও পানির ইন্টারফেসের অবস্থান কিভাবে বুঝা যায় ? ইন্টারফেসের সঠিক অবস্থান বজায় রাখার জন্য তৎপর হওয়া প্রয়োজন কেন ?

(গ) উন্নততর সেপারেশনের জন্য কোন বিষয়গুলি খুঁটিয়ে দেখা দরকার ?

(ঘ) একই সেপারেটর কিভাবে ক্ল্যারিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা যায় ?

৫। ইঞ্জিনে ব্যবহৃত লুব অয়েলের গুণাবলির কিভাবে অবনতি ঘটে এবং কিভাবে তার উন্নয়ন সাধন করা যায় ? একই লুব অয়েল কতদিন ব্যবহারোপযোগী থাকে ?

৬। স্টোরেজ ট্যাঙ্ক থেকে ইনজেকটরে পৌঁছাবধি ফুয়েল অয়েলকে কিভাবে পরিপূর্ণ দহনের উপযোগী করে প্রস্তুত করা হয় সবিস্তারে বর্ণনা কর।

৭। ফুয়েল ও লুব অয়েল পরিশোধন পদ্ধতি চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। এই সিস্টেমে ট্যাঙ্ক হিটিং এবং জোড়া ফিল্টার ব্যবহারের প্রয়োজন হয় কেন ?

৮। ক্রাঙ্ককেস অয়েল সূত্রে নিম্নলিখিত উক্তিগুলি কেন যথার্থ ব্যাখ্যা কর :

(ক) বিভিন্ন কারণে অয়েলের গুণাবলির অবনতি ঘটে।

(খ) নিয়মিত তেল পরীক্ষা করা অপরিহার্য।

(গ) ইঞ্জিন চালু অবস্থায় একটানা সেপারেটর চালু রাখা উচিত।

(ঘ) কেন্দ্রাতিগ পরিশোধনের জন্য প্রি-হিটিং আবশ্যক।

দশম অধ্যায়

পাম্প

তরল বা বায়বীয় পদার্থে চাপের তারতম্য সৃষ্টি হওয়ামাত্র প্রবাহের সূচনা হয় এবং এই প্রবাহ উচ্চচাপযুক্ত স্থান থেকে নিম্নচাপযুক্ত স্থানের দিকে চলতে থাকে। পাম্প এমন একটি যন্ত্র যা চাপের তারতম্য সৃষ্টির মাধ্যমে তরল বা বায়বীয় পদার্থকে একস্থান থেকে অন্যস্থানে স্থানান্তর করে।

পাম্প বলতে সাধারণত তরল পদার্থ স্থানান্তরকরণ যন্ত্রকেই বুঝায়। নিচে এগুলি সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা করা হলো।

পাম্পিং প্রক্রিয়া এবং পাম্পের শ্রেণিবিভাগ

তরল পদার্থ পাম্পিং-এ বায়ুর চাপকে কাজে লাগানো হয়। ভূপৃষ্ঠে বায়ুর চাপ আনুমানিক ১.০১৩ বার বা ১০.৩০ মিটার পানির উচ্চতার সমান। পাম্পের সাকশন লাইনে বায়ুশূন্যতা সৃষ্টি করে তাই ১০.৩০ মিটার নিচে থেকে ঠাণ্ডা পানি তোলা যায়।

তরল পদার্থ পাম্পিং-এ পাম্পের সাকশন লাইন পুরোপুরি বায়ুমুক্ত হওয়া প্রয়োজন। কারণ সাকশন লাইনে বাতাসের উপস্থিতি তরল পদার্থের প্রবাহ নিষ্ক্রিয় করে দেয়। পাম্প প্রধানত তিন প্রকার- কেন্দ্রাতিগ, রেসিপ্রোকেটিং এবং রোটারি পাম্প।

কেন্দ্রাতিগ পাম্প ডাইনামিক প্রেশার পাম্পের শ্রেণিভুক্ত। এগুলিতে ইমপেলার থাকে। পাম্পিং-এর সময় তরল পদার্থ ইমপেলার ভেইন্স-এর সংস্পর্শে এসে কেন্দ্রাতিগ বলের প্রভাবে সবেগে পরিধির দিকে ছুটে যেতে থাকে।

কেন্দ্রাতিগ পাম্পের চাপের তারতম্য সৃষ্টির ক্ষমতা মাঝারি মাত্রার, কিন্তু পাম্পিং রেট উচ্চমাত্রার। সাকশন লাইন থেকে বায়ু নিষ্কাশন করার জন্য প্রয়োজন বিশেষে এগুলিতে প্রাইমিং ডিভাইস সংযোজন করতে হয়।

কেন্দ্রাতিগ পাম্পের ডেলিভারি হেড (বা চাপ) নিম্নমাত্রার, তবে কয়েকটি ইমপেলার সিরিজে রেখে ডেলিভারি হেড উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি করা যায়।

এই পাম্পের ডেলিভারি লাইনে প্রতিবন্ধকতার সৃষ্টি হলে কেসিং-এর ভেতর ইমপেলার শুধু চক্রাকারে ঘুরতে থাকে। এ সময় কোনো পাম্পিং সংঘটিত হয় না। এ কারণে কেন্দ্রাতিগ পাম্পের ডেলিভারি লাইনে রিলিফ ভাল্ভ ব্যবহারের প্রয়োজন হয় না।

[library stamp]

রেসিপ্রোকেটিং ও রোটারি পাম্প পজিটিভ ডিসপ্লেসমেন্ট পাম্পের শ্রেণিভুক্ত। পাম্পিং–এর সময় এগুলির এক বা একাধিক চেম্বার পর্যায়ক্রমে পূর্ণ এবং শূন্য হয়। সাকশন লাইন থেকে বায়ু নিষ্কাশনের জন্য এগুলিতে আলাদা কোনো প্রাইমিং ডিভাইস সংযোজন করতে হয় না। এগুলির চাপের তারতম্য সৃষ্টির ক্ষমতা, বিশেষ করে রেসিপ্রোকেটিং পাম্পের ক্ষেত্রে, অতি উচ্চমাত্রার। ডেলিভারি হেডও উচ্চমাত্রার, কিন্তু পাম্পিং রেট মাঝারি মাত্রার। এসব পাম্পের ডেলিভারি লাইনে প্রতিবন্ধকতার সৃষ্টি হলে পাম্পিং প্রক্রিয়ায় তেমন কোনো পরিবর্তন আসে না, ফলে ডেলিভারি প্রেশার ক্রমান্বয়ে বেড়েই চলে এবং এক সময় দুর্ঘটনা সংঘটিত হয়। এ কারণে পজিটিভ ডিসপ্লেসমেন্ট পাম্পের ডেলিভারি লাইনে রিলিফ ভাল্‌ভের ব্যবহার অত্যাবশ্যক।

কেন্দ্রাতিগ পাম্প : ১০.১ চিত্রে কেন্দ্রাতিগ পাম্পের গঠন এবং কার্যপদ্ধতি বর্ণিত হয়েছে। এই পাম্পের প্রধান অংশ– ইমপেলার এবং ভলিউট কেসিং। পাম্পিং–এর সময় ভলিউট কেসিং–এর ভেতর ইমপেলার সবেগে ঘুরতে থাকলে তরল পদার্থ সাকশন লাইন থেকে ইমপেলার আই–এর ভেতর প্রবেশ করে ইমপেলার ভেইন্সের সংস্পর্শে উচ্চমাত্রার গতিশক্তি অর্জন করে। এই গতিশক্তির কিছু অংশ প্রয়োজনীয় চাপশক্তিতে রূপান্তরের জন্য ইমপেলার ভেইন্স এবং ভলিউট কেসিং–এর ডিজাইন কাজে লাগানো হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে ডিফিউজার বা গাইড ভেইন্স ব্যবহার করে তরল পদার্থের গতিশক্তির অংশবিশেষ চাপশক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়।

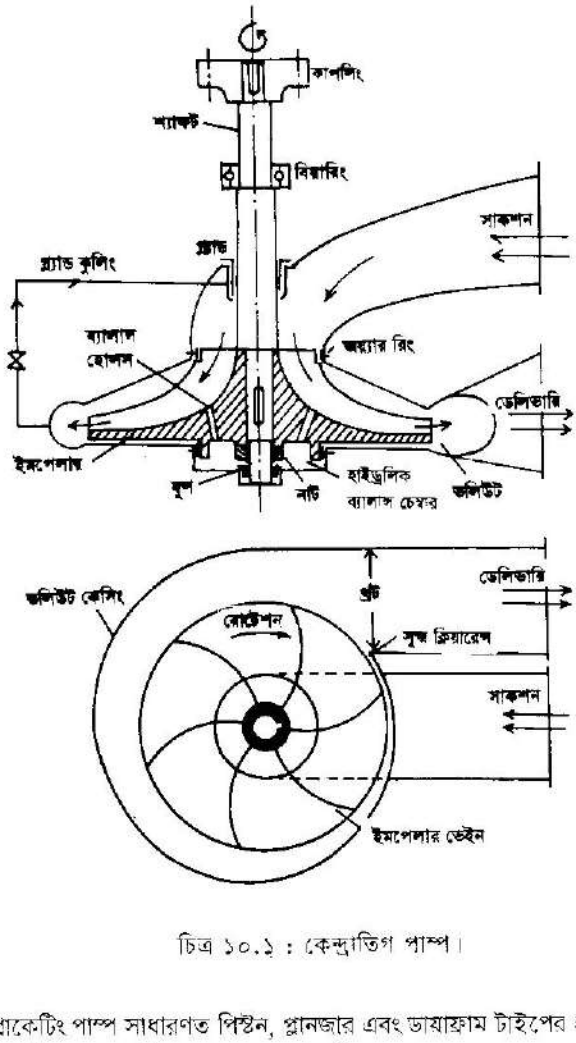
কেন্দ্রাতিগ পাম্প এক্সিয়াল ফ্লো এবং মিক্সড ফ্লো উভয় টাইপের হতে পারে। এক্সিয়াল ফ্লো টাইপ পাম্পের পাম্পিং রেট অতি উচ্চমাত্রার, তবে ডেলিভারি হেড নিম্নমাত্রার। পানি ও তেলের পাম্প, যেমন কনডেন্সার কুলিং, ব্যালাস্ট এবং কার্গো পাম্প হিসেবে এগুলির ব্যবহার সন্তোষজনক। পানির পাম্পের ইমপেলার ব্রোঞ্জের এবং কেসিং কাস্ট আয়রনের হয়।

কেন্দ্রাতিগ পাম্প চালু করার আগে কেসিং এবং সাকশন লাইন তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ (প্রাইমিং) করা আবশ্যক। কেসিং শুকনো থাকাবস্থায় এই পাম্প কখনো চালানো উচিত নয়, এতে পাম্পের মারাত্মক ক্ষতি সাধিত হয়।

কেন্দ্রাতিগ পাম্পের একটি সাধারণ ত্রুটি হচ্ছে অয়্যার রিং–এর ক্লিয়ারেন্স বৃদ্ধি। বর্ধিত ক্লিয়ারেন্স পাম্পের দক্ষতা দারুণভাবে হ্রাস করে। কারণ এক্ষেত্রে পাম্পের ডেলিভারি লাইনের সাথে সাকশন লাইনের সরাসরি সংযোগ গড়ে ওঠে। এরূপ ত্রুটির ক্ষেত্রে পাম্পের দক্ষতা পুনরুদ্ধারের জন্য ইমপেলার কলার এবং অয়্যার রিং–এর প্রয়োজনীয় মেরামত আবশ্যক। এই পাম্প বিভিন্ন আকারের হয়ে থাকে। পাম্পগুলি বেশিরভাগই খাড়া এবং কিছু সমতল হয়। এগুলি মোটর বা ইঞ্জিনচালিত হয়ে থাকে।

রেসিপ্রোকেটিং পাম্প : ১০.২ চিত্রে রেসিপ্রোকেটিং পাম্পের গঠন ও কার্যপদ্ধতি বর্ণিত হয়েছে। নিম্নগামী স্ট্রোকে সিলিন্ডারের ভেতর শূন্যতার সৃষ্টি হয়, ফলে ডেলিভারি ভাল্‌ভ বন্ধ এবং সাকশন ভাল্‌ভ খুলে যায়, তখন সাকশন লাইন থেকে তরল পদার্থ এসে সিলিন্ডার পূর্ণ করে। ঊর্ধ্বগামী স্ট্রোকে সিলিন্ডারের ভেতর উচ্চচাপের সৃষ্টি হয়, ফলে সাকশন ভাল্‌ভ বন্ধ এবং ডেলিভারি ভাল্‌ভ খুলে যায়, তখন সিলিন্ডার থেকে তরল পদার্থ বহিষ্কৃত হয়ে ডেলিভারি লাইনে

প্রবেশ করে। এভাবে পর্যায়ক্রমে সিলিন্ডার পূর্ণ ও শূন্য হওয়ার মাধ্যমে সাকশন লাইন থেকে তরল পদার্থ ডেলিভারি লাইনে প্রবাহিত হয়। এ ধরনের একক সিলিন্ডারবিশিষ্ট পাম্পের ডেলিভারি চেস্ট–এর উপর এয়ার ভেসেল স্থাপন করে এয়ার কুশনের প্রভাবে তরল পদার্থের প্রবাহ সুষম রাখা যায়। এই পাম্পের সাকশন/ ডেলিভারি ভাল্‌ভ নন–রিটার্ন টাইপ হয়ে থাকে।



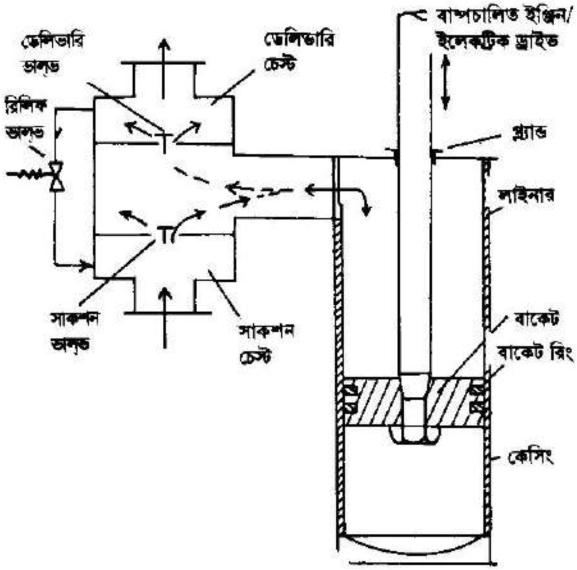
চিত্র ১০.১ : কেন্দ্রাতিগ পাম্প।

রেসিপ্রোকেটিং পাম্প সাধারণত পিস্টন, প্লানজার এবং ডায়াফ্রাম টাইপের হয় পানি এবং তেলের পাম্প হিসেবে এগুলির ব্যবহার সুদূরপ্রসারী।

রেসিপ্রোকেটিং টাইপ পানির পাম্পের বাকেট গান মেটালের, লাইনার ব্রোঞ্জের, বাকেট রিং এবোনাইটের, কেসিং কাস্ট আয়রনের এবং সাকশন/ ডেলিভারি ভাল্ভ পিতলের হয়। তবে গরম পানি পাম্পিং–এর ক্ষেত্রে ভাল্ভ এবং ভাল্ভ সিট স্টেইনলেস স্টিলের হয়ে থাকে।

রেসিপ্রোকেটিং পাম্প চালু করার আগে সাকশন লাইন তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ করা এবং পাম্প চালু করার পর ডেলিভারি লাইন থেকে বাতাস বহিষ্কার করা (এয়ার কক খুলে) ভালো অভ্যাস।

বিভিন্ন ত্রুটি, যেমন লাইনার, রিং ল্যান্ডিং ও ভাল্ভ সিটে অসমান দাগ, মাত্রাধিক রিং ক্লিয়ারেন্স, সাকশন লাইনে এয়ার লিকেজ ইত্যাদি এই পাম্পের দক্ষতার দারুণ অবনতি ঘটায়। সঠিক রক্ষণাবেক্ষণ হিসেবে নিয়মিত পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে ভাল্ভ ও সিট গ্রাইন্ড করা, উপযুক্ত টেনশনের স্প্রিং ব্যবহার করা, গ্রহণযোগ্য সীমার মধ্যে লাইনার স্কিমিং করা, বাকেটের রিং–গ্রুভস বিল্ড–আপ ও মেশিনিং করা, রিং–এর সঠিক ক্লিয়ারেন্স বজায় রাখা, সাকশন লাইনে এয়ার লিকেজ নিয়ন্ত্রণে রাখা এবং প্রয়োজনানুসারে যে কোনো অংশের রদবদল করা আবশ্যক।

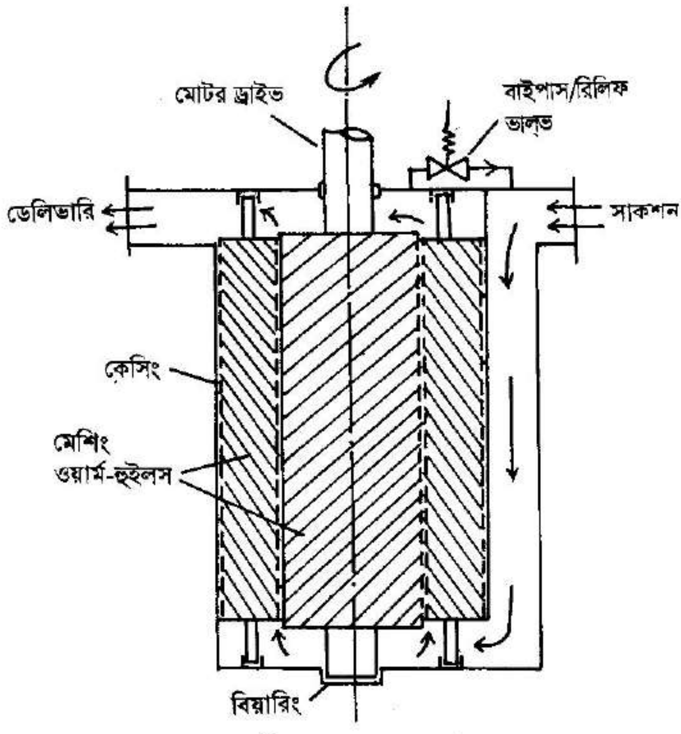


চিত্র ১০.২ : রেসিপ্রোকেটিং পাম্প।

একটি ১৫০ মিলিমিটার ব্যাসবিশিষ্ট রিং–এর বাট ও এক্সিয়াল ক্লিয়ারেন্স যথাক্রমে ১ মিলিমিটার ও ০.২৫ মিলিমিটার হয়। খোলা অবস্থায় রিং–এর দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী দূরত্ব কমপক্ষে ১০ মিলিমিটার হওয়া প্রয়োজন। এতে লাইনারে বসানো অবস্থায় রিং–এর যথাযথ কমপ্রেশনের নিশ্চয়তা থাকে।

রেসিপ্রোকেটিং পাম্প বিভিন্ন আকারের হয়ে থাকে। এগুলি সাধারণত খাড়া, সমতল এবং ইঞ্জিন বা মোটরচালিত হয়।

রোটারি পাম্প : রোটারি পাম্প তরল পদার্থকে কেন্দ্রাতিগ পাম্পের মতো পরিধির দিকে না ছুঁড়ে সাকশন লাইন থেকে ট্র্যাপ করে (এবং কেসিং বরাবর বহন করে। ডেলিভারি লাইনে ঠেলে দেয়। রোটারি পাম্পের পাম্পিং প্রক্রিয়া অনেকটা রেসিপ্রোকেটিং পাম্পের মতো, তবে তরল পদার্থের প্রবাহ অত্যন্ত সুষম। এগুলি বিভিন্ন ধরনের হয়, যেমন স্ক্রু, গিয়ার, ভেইন্স টাইপ ইত্যাদি। এই পাম্পের স্থির এবং সচল অংশগুলির মধ্যবর্তী ক্লিয়ারেন্স খুব সূক্ষ্ম। সচল অংশের



চিত্র ১০.৩ : স্ক্রু পাম্প।

সঠিক অ্যালাইনমেন্ট বা ক্লিয়ারেন্স বজায় রাখার জন্য কোনো কোনো ক্ষেত্রে এগুলির সাথে টাইমিং গিয়ার সংযোজন করা হয়। রোটারি পাম্প অত্যন্ত নির্ভরযোগ্য এবং বলা যায় ত্রুটিমুক্ত এগুলি তেমন কোনো যত্ন ছাড়াই দীর্ঘদিন কার্যকর থাকে।

১০.৩ চিত্রে স্ক্রু পাম্পের গঠন ও কার্যপদ্ধতি বর্ণিত হয়েছে। এগুলিতে এক বা একাধিক স্ক্রু থাকে এবং তা ধারণের জন্য নিখুঁত বোরবিশিষ্ট কেসিং থাকে। কেসিং-এর ভেতর স্ক্রু [illegible]

ঘোরার সময় তার প্রগ্রেসিভ মুভমেন্ট পাম্পিং প্রক্রিয়ার সূচনা করে। স্ক্রু পাম্প প্রধানত খাড়া এবং মোটরচালিত হয়।

১০.৪ চিত্রে গিয়ার পাম্পের গঠন এবং কার্যপদ্ধতি বর্ণিত হয়েছে। এগুলিতে নানাবিধ গিয়ার, যেমন হেরিংবোন, স্পার,-হেলিক্যাল ইত্যাদি থাকে। কেসিং–এর ভেতর গিয়ার সবেগে ঘোরার সময় গিয়ার টিথ সাকশন লাইন থেকে তরল পদার্থ ট্র্যাপ করে (এবং কেসিং বরাবর বহন করে) ডেলিভারি লাইনে ঠেলে দেয়। এভাবে তরল পদার্থ সাকশন লাইন থেকে ডেলিভারি লাইনে প্রবাহিত হয়। গিয়ার পাম্প প্রধানত সমতল এবং মোটরচালিত হয়। স্ক্রু এবং গিয়ার পাম্প ঘন ও পাতলা সব ধরনের তরল পদার্থে ব্যবহারোপযোগী। ইঞ্জিন লুব্রিকেটিং পাম্প এবং ফুয়েল পাম্প হিসেবে এগুলির ব্যবহার একচেটিয়া।

১০.৫ চিত্রে ভেইন পাম্পের গঠন এবং কার্যপদ্ধতি বর্ণিত হয়েছে। এগুলিতে রেডিয়াল ভেইন্সবিশিষ্ট ইমপেলার এবং বিশেষ আকৃতির কেসিং থাকে। পাম্প চালু করার আগে কেসিং তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ করা হয়। কেসিং–এর ভেতর ইমপেলার সবেগে ঘোরার সময় ইমপেলার ভেইন্স–এর সংস্পর্শে এসে তরল পদার্থ রিং–এর আকারে ঘুরতে থাকে। কেসিং–এর আকৃতি এবং তার মধ্যে ইমপেলারের অবস্থান এরূপ থাকে যে, প্রতিবার ঘোরার সময় এই রিং একবার ইমপেলারের কেন্দ্রের দিকে, আরেকবার কেন্দ্র থেকে দূরে সরে যায়। এমতাবস্থায়, ইমপেলার ভেইন্স সাকশন পোর্টের উপর দিয়ে অগ্রসর হওয়ার সময় সেখান থেকে তরল (বা বায়বীয়) পদার্থ ট্র্যাপ করে (এবং ওই রিং বরাবর বহন করে) ডেলিভারি পোর্টে ঠেলে দেয়। এভাবে সাকশন পোর্ট থেকে তরল পদার্থ ডেলিভারি পোর্টে প্রবাহিত হয়। পাম্পিং–এর সময় এই পাম্পের কেসিং একটানাভাবে ঠাণ্ডা করা প্রয়োজন। ভেইন পাম্প প্রধানত খাড়া এবং মোটরচালিত হয়। প্রাইমিং পাম্প এবং পানির পাম্প হিসেবে এগুলি বেশ জনপ্রিয়।

রোটারি পাম্প চালু করার আগে পাম্পের রোটর এবং কেসিং তরল পদার্থ দ্বারা লুব্রিকেট (প্রাইমিং) করে নেয়া আবশ্যক। এগুলি কখনো শুকনো চালানো উচিত নয়, এতে ওয়ার্কিং সারফেসের মারাত্মক ক্ষতি সাধিত হয়। সঠিক রক্ষণাবেক্ষণ হিসেবে নিয়মিত পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে এগুলির কেসিং বোর বিল্ড–আপ ও মেশিনিং করা, বিয়ারিং/বুশ নবায়ন করা এবং প্রয়োজনে রোটর রদবদল করা আবশ্যক।

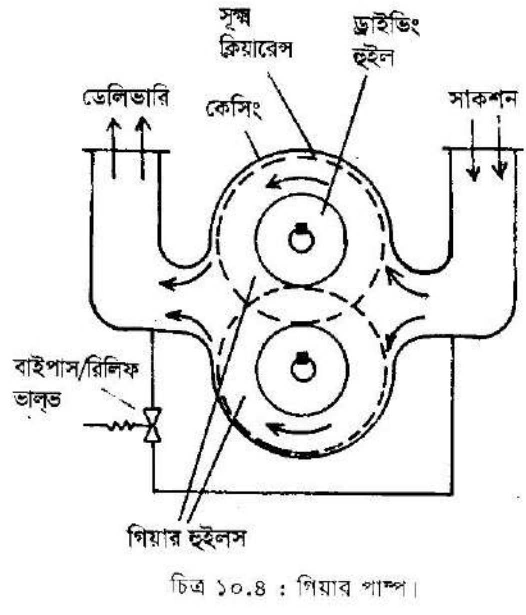
বিবিধ

(১) পাম্প পরিচালনা : যে কোনো পাম্প চালু করার আগে সাকশন ও ডেলিভারি ভাল্ভ পুরোপুরি খুলে দেয়া আবশ্যক। তবে কেন্দ্রাতিগ পাম্পের ক্ষেত্রে বর্ধিত শক্তির প্রয়োজনীয়তা এড়ানোর জন্য ডেলিভারি ভাল্ভ বন্ধ রাখা যেতে পারে। এতে পাইপ লাইনে অকস্মাৎ প্রেশার বৃদ্ধিজনিত দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা থাকে না।

পাম্পের সাকশন লাইনে তরল পদার্থের প্রবাহে কখনো প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টি (বা সাকশন থ্রটল) করা উচিত নয়, এতে পাম্পের ওভারহিটিং এমনকি মারাত্মক ক্ষতির সম্ভাবনা থাকে।

বিভিন্ন কারণে, যেমন পাম্প ড্রাইভের মিস–অ্যালাইনমেন্ট, গ্ল্যান্ড প্যাকিং–এ মাত্রাধিক চাপ ইত্যাদি দ্বারা পাম্পের সাবলীল গতি ব্যাহত হয়, যা পাম্পের দক্ষতার অবনতি ঘটায়। তাই প্রতিবার পাম্প চালু করার আগে রোটর হাতে ঘুরিয়ে পাম্পের অবাঞ্ছিত শব্দ, ঘর্ষণ এবং বাধা সম্পর্কে অবগত হওয়া এবং সেই অনুসারে সংশোধনমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা আবশ্যক।

(২) পাম্পিং-এ তরল পদার্থের ঘনত্ব ও তাপমাত্রা : পাম্পিং–এর জন্য পাতলা ও ঠান্ডা তরল পদার্থ সুবিধাজনক। ঘন তরল পদার্থের প্রবাহে প্রতিবন্ধকতার সৃষ্টি হয়, ফলে পাম্পিং দক্ষতা হ্রাস পায়। তাই সুষ্ঠু পাম্পিং–এর জন্য প্রয়োজন বিশেষে তরল পদার্থ গরম করার প্রয়োজন হয়। অপরদিকে, কোনো কোনো গরম তরল পদার্থ (যেমন পানি) পাম্পের সাকশন লাইনে আংশিক শূন্যতার কারণে সহজে বাষ্পীভূত হয়, ফলে পাম্পের সাকশন লিফট হ্রাস পায়, এমনকি সাকশন



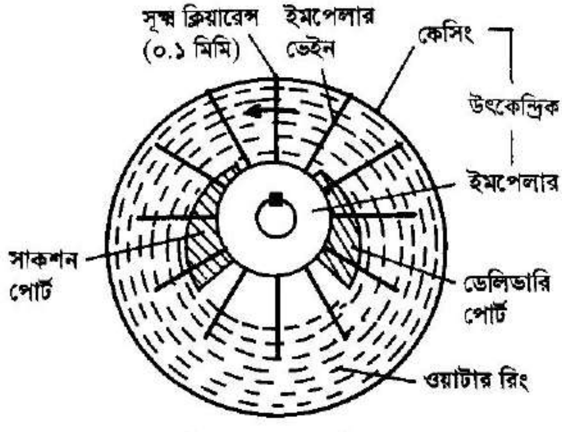
চিত্র ১০.৪ : গিয়ার পাম্প।

লাইনে ভেপারলক–এর সৃষ্টি হয়ে পাম্পিং প্রক্রিয়া বন্ধ হওয়ার উপক্রম হয়। এ কারণে গরম তরল পদার্থ পাম্পিং–এর ক্ষেত্রে পজিটিভ সাকশন/সাপ্লাই হেড রাখা প্রয়োজন।

পানির পাম্পের সর্বোচ্চ সাকশন লিফট স্বাভাবিক তাপমাত্রায় (যেমন ৩০° সেলসিয়াসে) ৮ মিটার এবং ৬৪° সেলসিয়াসে ৩ মিটার হয়ে থাকে। কিন্তু ৯৪° সেলসিয়াসে পাম্পের জল উত্তোলন ক্ষমতা থাকে না। তখন পানিকে পজিটিভ প্রেশারে (যাকে নেট পজিটিভ সাপ্লাই হেড বলে) পাম্পের দিকে প্রবাহিত রাখার প্রয়োজন হয়।

১১০° সেলসিয়াস তাপমাত্রায় পানির পাম্পের পজিটিভ সাপ্লাই হেড কমপক্ষে ৩ মিটার হওয়া প্রয়োজন। উল্লেখ্য, পরিষ্কার ঠাণ্ডা পানি উত্তোলনে রেসিপ্রোকেটিং, রোটারি এবং কেন্দ্রাতিগ পাম্পের সর্বোচ্চ সাকশন লিফট যথাক্রমে ৮ মিটার, ৭ মিটার এবং ৬.৫ মিটার হয়।

(৩) ক্যাভিটেশন : পাম্পিং-এর সময় তরল পদার্থের প্রবাহে স্থান বিশেষে উচ্চগতির কারণে আংশিক শূন্যতার সৃষ্টি হয়। ওই নিম্নচাপ তরল পদার্থের বাষ্পীভবনের সূচনা করলে বুদবুদ সৃষ্টির সম্ভাবনা দেখা দেয়। পাম্পিং প্রক্রিয়ায় এ ধরনের বুদবুদ সৃষ্টিকে ক্যাভিটেশন বলে। বুদবুদ সৃষ্টির পর তা ক্রমান্বয়ে সম্প্রসারিত হয় এবং উচ্চচাপ অঞ্চলে পৌঁছে ফেটে যায়।



চিত্র ১০.৫ : ভেইন পাম্প।

বুদবুদ ফাটার সময় তরল পদার্থের ভেতর অত্যন্ত শক্তিশালী প্রেশার ওয়েভের সৃষ্টি হয়, যা দুমদাম শব্দ, ভাইব্রেশন ও পিটিং সৃষ্টি করে এবং পাম্পের দক্ষতার অবনতি ঘটায়। ক্যাভিটেশন সমস্যা এড়ানোর জন্য কোনো কোনো ক্ষেত্রে কেন্দ্রাতিগ পাম্পের শ্যাফটে ইনডিউসার সংযোজন করা হয়। ইনডিউসার উপযুক্ত প্রেশারে তরল পদার্থকে ইমপেলারের প্রতি নির্দেশ করে নিম্নতর নেট পজিটিভ সাপ্লাই হেডে পাম্পকে কর্মক্ষম থাকতে সহায়তা করে। পাম্পের গতি হ্রাস এবং ডেলিভারি থ্রটল করে ক্যাভিটেশন পরিস্থিতির উন্নতি সাধন করা যায়।

(৪) সাকশন/ডেলিভারি পাইপ : পাম্পের সাকশন/ডেলিভারি পাইপ স্বল্পদৈর্ঘ্য, সোজা এবং বাধামুক্ত হওয়া প্রয়োজন। পাম্প স্থাপনের সময় সাকশন লাইনে যাতে এয়ার পকেট সৃষ্টি হতে না পারে সেদিকে বিশেষ দৃষ্টি রাখা আবশ্যক। হাইড্রলিক ইন্সটিটিউটের মতে ডেলিভারি পাইপের ব্যাস সাকশন পাইপ অপেক্ষা সামান্য বেশি হওয়া উচিত। কেন্দ্রাতিগ

এবং রোটারি পাম্পের পাইপ লাইন এরূপ হওয়া প্রয়োজন যেন পাম্প বন্ধ থাকাবস্থায় কেসিং সর্বক্ষণ তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ থাকে। এই ব্যবস্থা পাম্পের ড্রাই স্টার্টিং এড়ানোর সহায়ক হয়।

প্রশ্নমালা

১। কেন্দ্রাতিগ পাম্পের সাথে সাহায্যকারী পাম্প হিসেবে এয়ার পাম্প সংযোজনের তিনটি যথার্থ কারণ উল্লেখ কর। সাহায্যকারী এয়ার পাম্প হিসেবে রেসিপ্রোকেটিং এবং রোটারি পাম্পের দোষ–গুণ তুলনা কর। কেন্দ্রাতিগ পাম্পের দক্ষতা কিভাবে হ্রাস পায় ? অনুকূল কর্মদক্ষতা পুনরুদ্ধারের জন্য কি করা দরকার ?

২। কেন্দ্রাতিগ পাম্পের ভেতরের অংশ কিভাবে মারাত্মক ক্ষতির সম্মুখীন হয় ? এ ধরনের ক্ষতি দ্বারা পাম্পের কার্যকারিতা এবং আয়ু কিভাবে ব্যাহত হয় ? পাম্প চালু অবস্থায় এসব ক্ষতি কিভাবে এড়ানো যায় ?

৩। কেন্দ্রাতিগ পাম্প সূত্রে নিম্নবর্ণিত ত্রুটির কারণ ব্যাখ্যা কর :

(ক) ডেলিভারি বন্ধ,

(খ) ডেলিভারি রেট উল্লেখযোগ্যভাবে হ্রাস,

(গ) দুম–দাম শব্দ ও অত্যধিক ভাইব্রেশন।

৪। পজিটিভ ডিসপ্লেসমেন্ট পাম্প এবং ডাইনামিক প্রেশার পাম্পের দক্ষতা ও সীমাবদ্ধতা তুলনা কর। লুব্রিকেটিং পাম্প হিসেবে নির্ভরযোগ্য এমন একটি পাম্পের গঠন এবং কার্যপদ্ধতি চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর।

৫। রেসিপ্রোকেটিং এবং কেন্দ্রাতিগ পাম্প ছাড়া অপর যে কোনো একটি পাম্পের গঠন এবং কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর। কোন ধরনের কাজে এটি সর্বাধিক ব্যবহারোপযোগী ?

৬। নিচে উল্লেখিত পানির পাম্পের সাধারণ ত্রুটিগুলি উল্লেখ করে যথাযথ মেরামতের পরামর্শ দাও :

(ক) কেন্দ্রাতিগ পাম্প

(খ) রেসিপ্রোকেটিং পাম্প।

একাদশ অধ্যায়

বয়লার

বয়লার এমন একটি যন্ত্র যেখানে তাপ প্রয়োগের মাধ্যমে পানি থেকে বাষ্প উৎপাদন করা হয়। এই বাষ্প একটি নির্দিষ্ট চাপ–সীমার মধ্যে (যেমন ৫–৭ কেজি/ সেন্টি²) পানির ওপর অবস্থান করে; যা টারবাইন, ইঞ্জিন, পাম্প ইত্যাদির পরিচালনা এবং বিভিন্ন প্রকার হিটিং–এর কাজে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। ডিজেল প্লান্টের ফুয়েল অয়েল, লুব অয়েল এবং জ্যাকেট ওয়াটার সিস্টেমে সাধারণত বাষ্প দ্বারা হিটিং–এর ব্যবস্থা রাখা হয়। বাষ্প উৎপাদনের জন্য এক্ষেত্রে মেইন ইঞ্জিনের এগজস্ট গ্যাসে পরিবাহিত তাপশক্তি দ্বারা এগজস্ট বয়লার পরিচালনা করা হয়ে থাকে। বিকল্প ব্যবস্থা হিসেবে এসব প্লান্টে অয়েলফায়ার্ড বয়লার থাকে। এগজস্ট ও অয়েলফায়ার্ড বয়লার পৃথকভাবে অথবা একটিমাত্র ইউনিটে স্থাপিত হতে পারে।

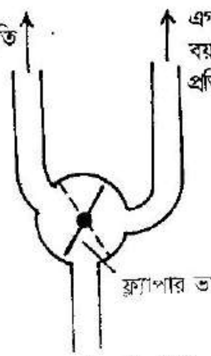
সেকেলে প্রযুক্তির ডিজেল প্লান্টগুলিতে মেইন ইঞ্জিনের এগজস্ট পাইপের পাশে অয়েল ফায়ার্ড বয়লার স্থাপন করে ফ্ল্যাপার ভাল্ভ (চিত্র ১১.১) সংযোজিত বিশালাকার পাইপের মাধ্যমে তার ভেতর এগজস্ট গ্যাস প্রবাহের ব্যবস্থা রাখা হতো। এ ধরনের বয়লার কম্পোজিট বয়লার নামে পরিচিত। কিন্তু আধুনিক প্লান্টগুলিতে এগজস্ট বয়লার সরাসরি এগজস্ট গ্যাস প্রবাহের মুখে এবং অয়েলফায়ার্ড বয়লার অপর যে কোনো সুবিধাজনক স্থানে স্থাপন করে যথাযথ পাইপের মাধ্যমে বয়লার দুটিকে সংযুক্ত করা হয়ে থাকে (চিত্র ১১.২)। এই পদ্ধতিতে অয়েলফায়ার্ড বয়লার পৃথকভাবে পরিচালনা করে অথবা তার পানি এগজস্ট বয়লারে সঞ্চালন করে বাষ্প উৎপাদন করা যায় এবং অয়েলফায়ার্ড বয়লার থেকেই বাষ্প সরবরাহের ব্যবস্থা রাখা হয়। এগজস্ট ও অয়েলফায়ার্ড বয়লার পৃথকভাবে অথবা একই সাথে চালানো যেতে পারে।

অয়েলফায়ার্ড ও এগজস্ট বয়লারে যে বাষ্প উৎপাদিত হয় তা মূলত সুসিক্ত (আর্দ্র) বাষ্প। এই বাষ্প সুপারহিটারে পরিচালনা করে শুষ্ক ও উষ্ণ তাপশক্তিসম্পন্ন (সুপারহিটেড) বাষ্পে পরিণত করা যায়। সুপারহিটেড বাষ্প টারবাইন এবং ইঞ্জিনে ব্যবহারের বিশেষ উপযোগী। অয়েলফায়ার্ড বয়লারে জ্বালানি তেল হিসেবে বেশিরভাগ ক্ষেত্রে হেভি ফুয়েল অয়েল এবং কিছু কিছু ক্ষেত্রে ডিজেল অয়েল ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

বয়লার দুই প্রকার– ফায়ার টিউব এবং ওয়াটার টিউব বয়লার। ফায়ার টিউব বয়লার যেখানে টিউবের ভেতর কমবাসশন গ্যাস প্রবাহিত হয়। অপেক্ষাকৃত ভারি ও মজবুত। এগুলিতে বাষ্প উৎপাদনের জন্য দীর্ঘ সময়ের (আনুমানিক ১২ ঘণ্টা) প্রয়োজন। অপরদিকে

ওয়াটার টিউব বয়লার ওজনে বেশ হাল্কা। এগুলিতে দ্রুত (২০–৩০ মিনিটে) ও নিরাপদে বাষ্প উৎপাদন করা যায়।

বয়লারের প্রধান অংশ– শেলপ্লেট, টিউবপ্লেট, টিউব এবং ফার্নেস। টিউব দ্বারা মূল হিটিং সারফেস গঠিত হয়। এগুলি আবার দুই প্রকারের– প্লেইন টিউব এবং এস্টে টিউব। উভয় টিউবের বহিঃস্থ ব্যাস সমান তবে এস্টে টিউবের প্লেট অনেক পুরু বলে অন্তঃস্থ ব্যাস কম। প্লেইন ও এস্টে টিউব দুই প্রান্তের টিউবপ্লেটের সাথে দৃঢ়ভাবে আটকানো থাকে। এস্টে টিউব মূলত টিউবপ্লেট দুটির সাপোর্ট হিসেবে কাজ করে।



চিত্র ১১.১ : এগজস্ট গ্যাস ফ্লো কন্ট্রোল।

ফার্নেস, টিউব এবং টিউবপ্লেট কমবাসশন গ্যাসের সংস্পর্শে থাকে বলে ক্ষয়প্রাপ্ত ও বিকৃত হতে পারে, এমনকি এগুলিতে ফাটলও দেখা দেয়। এরূপ অবস্থায় ক্ষয়প্রাপ্ত প্লেট বিল্ড–আপ করা, বিকৃত বা ফাটলযুক্ত প্লেট কেটে নতুন প্লেট জোড়া দেয়া (ওয়েল্ডিং–এর সাহায্যে) এবং লিকি টিউব নবায়ন করা বা জরুরি ক্ষেত্রে স্টপার প্লাগ দ্বারা ব্ল্যাঙ্ক করা আবশ্যক। ডিজেল প্লান্টে ব্যবহৃত দুটি বয়লার সম্পর্কে নিচে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা হলো।

স্কচ বয়লার

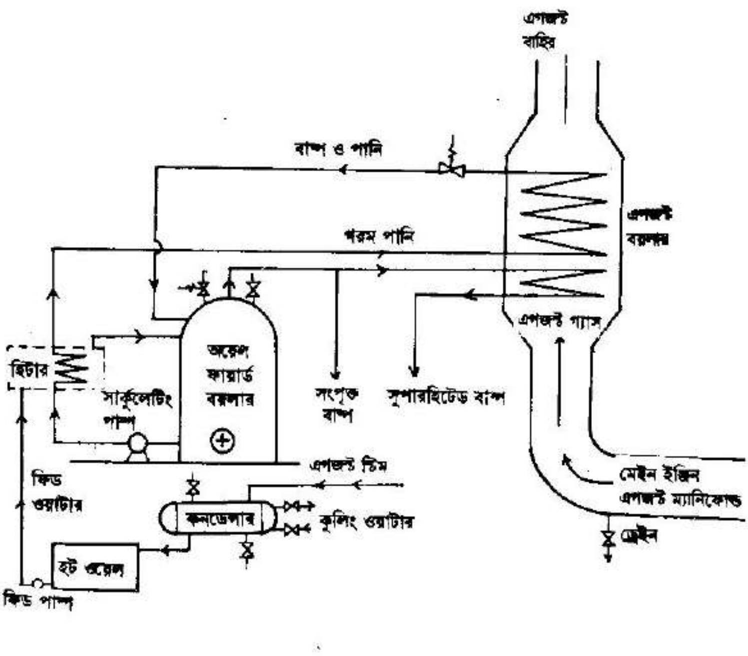
স্কচ বয়লার নির্মাণে উন্নতমানের স্টিল ব্যবহৃত হয়। এগুলি প্রধানত ওয়েল্ডিং, অতঃপর রিভেটিং কন্সট্রাকশনের হয়ে থাকে। এই বয়লারের ফার্নেস ঢেউ খেলানো হয় (চিত্র ১১.৩), যা অতিরিক্ত শক্তি ও উন্নত তাপ সঞ্চালনের নিশ্চয়তা দেয়। স্কচ বয়লার সাধারণত সমতল ও বেলনাকার হয়। এগুলি দীর্ঘদিন টেকে।

ককরেন বয়লার

ককরেন বয়লার নির্মাণে উন্নতমানের লো কার্বন স্টিল ব্যবহৃত হয়। এগুলির প্রধান বৈশিষ্ট্য– সীমলেস হেমিস্ফেরিকাল ফার্নেস, ওগী রিং এবং সাইনোফ্লো টিউব, যা অধিক শক্তি ও বর্ধিত তাপ সঞ্চালনের নিশ্চয়তা দেয়। অয়েলফায়ার্ড (চিত্র ১১.৪), এগজস্ট এবং কম্পোজিট বয়লার (চিত্র ১১.৫) হিসেবে ককরেন বয়লারের ব্যবহার অত্যন্ত ফলপ্রসূ।

বয়লার মাউন্টিংস

(১) সেফটি ভাল্ভ : প্রতিটি বয়লারে (এগজস্ট অথবা অয়েলফায়ার্ড) কমপক্ষে এক জোড়া সেফটি ভাল্ভ থাকে। এগুলি মাত্রাধিক বাষ্পচাপের ক্ষতিকর সম্ভাবনা থেকে বয়লারকে রক্ষা



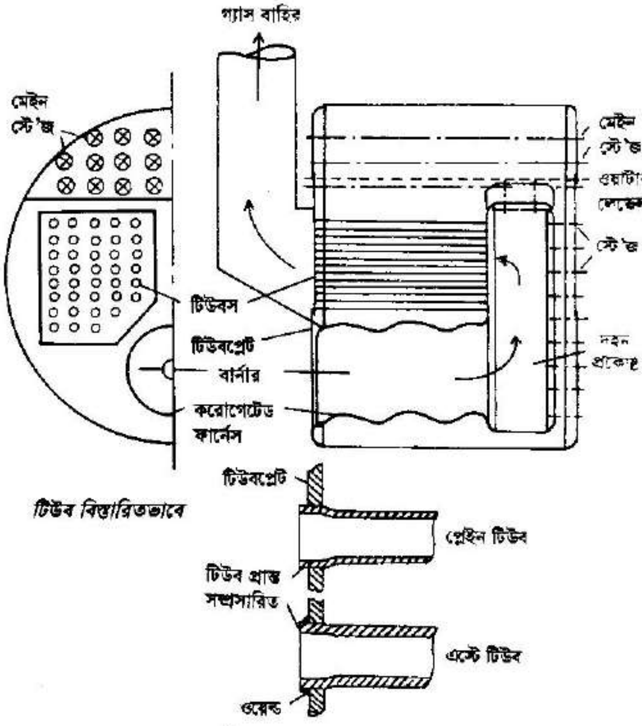
চিত্র ১১.২ : এগজস্ট ও অয়েলফায়ার্ড বয়লার সিস্টেম।

করে। সেফটি ভাল্ভের ড্রেইন সর্বক্ষণ মুক্ত রাখা প্রয়োজন। মাঝে মধ্যে হ্যান্ড– ইজিং গিয়ার দ্বারা এর কার্যকারিতা পরীক্ষা করা আবশ্যক।

(২) গেজ গ্লাস : অয়েলফায়ার্ড বয়লারে দুটি গেজ গ্লাস থাকে। এগুলিতে বয়লারের পানির লেভেল সরাসরি প্রতীয়মান হয়। সঠিক রিডিং– এর জন্য গেজ গ্লাস নিয়মিত ব্লো করা আবশ্যক।

(৩) মেইন স্টিম স্টপ ভাল্ভ : অয়েলফায়ার্ড বয়লার থেকে বাষ্প সরবরাহের জন্য মেইন স্টিম স্টপ ভাল্ভ ব্যবহৃত হয়। এই ভাল্ভের সাথে প্রতিটি সরবরাহ লাইনের সরাসরি সংযোগ থাকে। বাষ্প সরবরাহের জন্য সর্বপ্রথম এই ভাল্ভ খোলা প্রয়োজন।

(৪) ফিড চেক ভাল্ভ : অয়েলফায়ার্ড বয়লারের ফিড লাইনের উপর সাধারণত দুটি (নন-রিটার্ন ও স্ক্রু লিফট টাইপ) শাট-অফ ভাল্ভ থাকে। এগুলিকে ফিড চেক ভাল্ভ বলে। ভাল্ভ দুটি বয়লার থেকে পানি লিকেজের সম্ভাবনা হ্রাস করে।



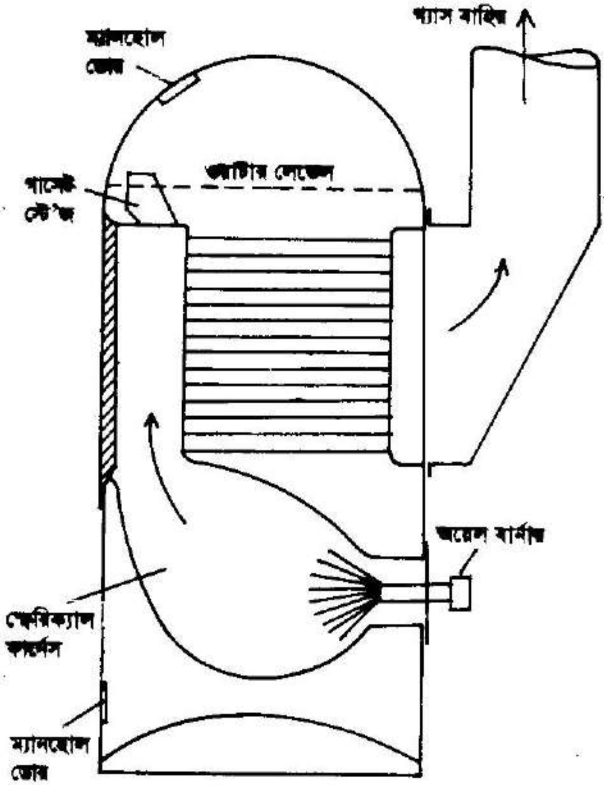
চিত্র ১১.৩ : স্কচ বয়লার।

(৫) এয়ার কক : অয়েলফায়ার্ড বয়লারের উপরিভাগে একটি এয়ার কক থাকে। বাষ্প উৎপাদনের শুরুতে এটি খুলে দিতে হয় যেন ভেতরের বাতাস বাষ্প চাপে বের হয়ে যেতে পারে। বয়লার শাট-ডাউনের সময় (বাষ্পচাপ শূন্যের কাছাকাছি যাওয়ার আগে) আবার এটি খুলে দিতে হয় যেন বয়লারের ভেতর কোনভাবে শূন্যতার সৃষ্টি হতে না পারে।

(৬) ব্লো-ডাউন ভাল্ভ : বয়লারে বাষ্পচাপ থাকাবস্থায় পানি নিষ্কাশনের জন্য ব্লো-ডাউন ভাল্ভ ব্যবহৃত হয়। ব্লো-ডাউন পাইপের শেষ প্রান্তে একটি কক (যেমন শিপ-সাইড কক

থাকে। ব্লো-ডাউনের আগে এটি প্রথমে খুলে দিতে হয়, অন্যথায় পাইপ লাইনে আকস্মিক চাপ বৃদ্ধিজনিত মারাত্মক দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা থাকে।

(৭) সুট ব্লোয়ার : বয়লার টিউবের গায়ে (কমবাসশন সাইডে) জমে ওঠা কার্বন চালু অবস্থায় পরিষ্কার করার জন্য সুট ব্লোয়ার ব্যবহৃত হয়। সুট ব্লোয়িং-এ সাধারণত উচ্চচাপযুক্ত বাষ্প-জেট ব্যবহৃত হয়ে থাকে।



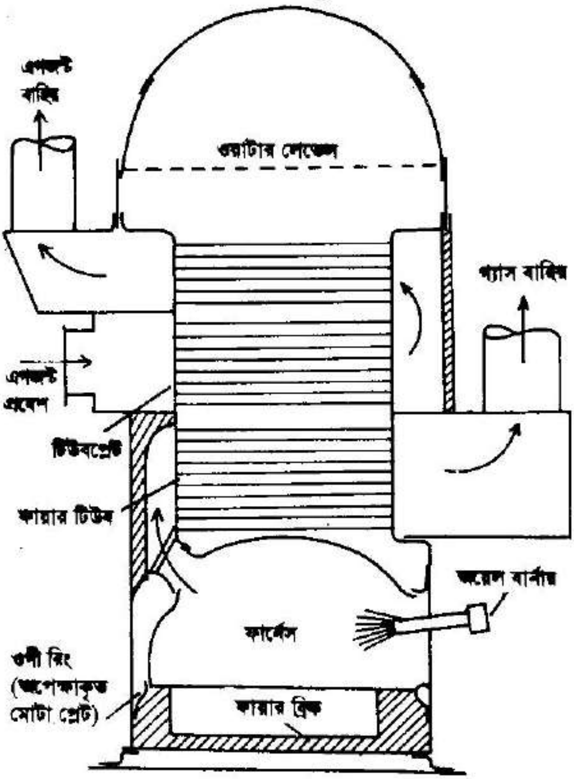
চিত্র ১১.৪ : ককরেন স্ফেরয়েড বয়লার।

(৮) স্কাম ভাল্ভ : বয়লারের পানিতে ভাসমান তেল, স্লাজ ইত্যাদি পৃথকীকরণের জন্য স্কাম ভাল্ভ ব্যবহৃত হয়।

(৯) ফ্লোট কন্ট্রোল : বয়লারের পানির লেভেল গ্রহণযোগ্য সীমার মধ্যে রাখার জন্য ফ্লোট কন্ট্রোল সংযোজিত হয়। এগুলি লো এবং হাই লেভেলের সময় যথাক্রমে পাওয়ার সাপ্লাই চালু ও বন্ধ করে ফিড পাম্পকে স্বয়ংক্রিয়ভাবে পরিচালনা করে। কোনো কারণে বয়লারের পানির লেভেল মাত্রাধিক নিচে নেমে গেলে এটি সঙ্কেত দিয়ে ফায়ারিং বন্ধ করে দেয়।

বাষ্পচাপ নিয়ন্ত্রণ

বয়লারের বাষ্পচাপ বিভিন্নভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায়, যেমন অয়েলফায়ার্ড বয়লার চালু–বন্ধ করে, এগজস্ট বয়লারে গ্যাস অথবা পানির প্রবাহ হ্রাস–বৃদ্ধি করে, উৎপাদিত বাষ্পের অংশবিশেষ ঘনীভূত করে ইত্যাদি।



চিত্র ১১.৫ : ডাবল পাস কম্পোজিট ককরেন বয়লার।

বয়লারে ব্যবহারযোগ্য পানি

সাধারণত বিশুদ্ধ পরিষ্কার পানি বয়লারে ব্যবহৃত হয়। এই পানিতে কিছু না কিছু খনিজ লবণ যেমন সোডিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাগনেশিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাগনেশিয়াম সালফেট, ক্যালশিয়াম সালফেট, ক্যালশিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম নাইট্রেট ইত্যাদি থাকে। এগুলি একদিকে হিটিং সারফেসের করোশন, অপরদিকে স্কেল সৃষ্টির কারণ হয়। হিটিং সারফেসের ওপর স্কেল সৃষ্টির ফলে বয়লারের দক্ষতা দারুণভাবে হ্রাস পায়। তবে খুব পাতলা স্কেল মেটাল প্লেটকে সম্ভবত

ক্ষয়ের হাত থেকে প্রাথমিকভাবে রক্ষা করে। বয়লার করোশনের সম্ভাব্য কারণগুলির মধ্যে গ্যালভানিক প্রক্রিয়াই প্রধান। কারণ লবণাক্ত পানি শক্তিশালী বিদ্যুৎ পরিবাহী। বয়লারের পানিতে মিশ্রিত বিভিন্ন রকম লবণের প্রতিক্রিয়া সম্পর্কে নিচে আলোচনা করা হলো।

(১) সোডিয়াম ক্লোরাইড : এটি তেমন ক্ষতিকর নয়, তবে এর পরিমাণ বৃদ্ধির সাথে সাথে বয়লারে ফেনা সৃষ্টি এবং প্রাইমিং–এর সূচনা হতে পারে।

(২) ম্যাগনেশিয়াম ক্লোরাইড : এটি সর্বাধিক ক্ষতিকর হাইড্রোক্লোরিক এসিড ও ম্যাগনেশিয়াম হাইড্রোক্সাইড সৃষ্টি করে। হাইড্রোক্লোরিক এসিড বয়লারে করোশন ঘটায় এবং ম্যাগনেশিয়াম হাইড্রোক্সাইড স্কেল সৃষ্টি করে। বয়লারে লুব/ফুয়েল অয়েলের অনুপ্রবেশও এসিড উৎপাদনের কারণ হতে পারে।

(৩) ম্যাগনেশিয়াম সালফেট : এটি সাদা, নরম স্কেল সৃষ্টি করে।

(৪) ক্যালশিয়াম সালফেট : এটি শক্ত, গ্রে স্কেল সৃষ্টি করে।

(৫) ক্যালশিয়াম কার্বনেট : এটি নরম, সাদা, সচ্ছিদ্র স্কেল সৃষ্টি করে।

এছাড়া উচ্চ তাপমাত্রায় পানি থেকে অক্সিজেন অণুগুলি সম্পূর্ণ বিচ্ছিন্ন হয়ে আয়রনের সাথে বিক্রিয়া করে আয়রন–অক্সাইড তৈরি করে। এতে আয়রন ক্ষয়প্রাপ্ত হতে থাকে।

পরিশেষে বলা যায়, করোশন ও স্কেল সৃষ্টি প্রতিরোধ করার জন্য বয়লারের পানি সামান্য অ্যালকালাইন (পিএইচ ভ্যালু ৮–৯) এবং অক্সিজেনমুক্ত থাকা প্রয়োজন। তাই নিয়মিত বয়লারের পানি পরীক্ষা করে সেই অনুসারে প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা গ্রহণ করা আবশ্যক। বয়লারের পানির উপরিউক্ত গুণাবলি বজায় রাখার জন্য সাধারণত সোডা লাইম অথবা কস্টিক সোডা, স্টার্চ অথবা সোডিয়াম অ্যালিউমিনেট (কোয়াগুলান্ট), হাইড্রাজাইন ইত্যাদি রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহৃত হয়ে থাকে। বয়লারের পানিতে দ্রবীভূত ও অদ্রবীভূত লবণের পরিমাণ মাত্রাধিক বৃদ্ধি পেলে সরাসরি ব্লো–ডাউন এবং সেই সাথে ফিড মেকাপের মাধ্যমে তা হ্রাস করা প্রয়োজন।

প্রশ্নমালা

১। ডিজেল প্লান্টে এগজস্ট বয়লার অপেক্ষা অয়েলফায়ার্ড বয়লার স্থাপন অধিক সুবিধাজনক কেন ? এ দুটি বয়লারের প্রয়োজন মেটায় এমন একটি বয়লার সম্পর্কে আলোচনা কর।

২। এগজস্ট বয়লারকে নিচু মানের হিট–এক্সচেঞ্জার বলা হয় কেন ? কিভাবে এর দক্ষতা বৃদ্ধি করে অধিক বাষ্প উৎপাদন করা যায় ?

৩। এগজস্ট বয়লারের বাষ্পচাপ নিয়ন্ত্রণে তিনটি পৃথক পদ্ধতি বর্ণনা কর, এগুলির সুবিধা-অসুবিধা কি ? কোন পদ্ধতিটি অটো-কন্ট্রোল সিস্টেমে সর্বাধিক কার্যকর।

৪। বয়লারের পানি নিয়মিত পরীক্ষা করা হয় কেন ? পানিতে লবণের পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে কি ধরনের ব্যবস্থা গ্রহণ করা উচিত ?

৫। বয়লার নিয়মিত পরিদর্শনের প্রয়োজন কেন ? একটি ফায়ার টিউব কম্প্যাক্ট বয়লারের সাধারণ ত্রুটিগুলি উল্লেখ করে উপযুক্ত মেরামতের পরামর্শ দাও।

৬। বয়লারের পানিতে লুব/ফুয়েল অয়েলের অনুপ্রবেশ সঙ্কটজনক কেন ? এরূপ দূষণের সম্ভাব্য উৎস কি এবং তা কিভাবে নির্ধারণ করা যায় ?

দ্বাদশ অধ্যায়

অটোমোবাইল

অটোমোবাইল বলতে যাবতীয় মোটরযানকে বুঝায়। মোটরযান নিজস্ব শক্তিতে স্বয়ংক্রিয়ভাবে চলতে পারে বলেই এই নামকরণ। মোটরযানের প্রধান অংশগুলি হচ্ছে– চেসিস (বডি ফ্রেমসহ), ইঞ্জিন এবং সাসপেনশন, স্টিয়ারিং, পাওয়ার ট্রান্সমিশন ও ব্রেক সিস্টেম। এগুলি সম্পর্কে নিচে আলোচনা করা হলো।

চেসিস (বডি ফ্রেমসহ)

চেসিস মোটরযানের অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ অংশ। এটি মোটরযানের বিভিন্ন অংশের ধারণ এবং যাত্রী ও মালামালের ভার বহন করে থাকে। চেসিস তাই অত্যন্ত দৃঢ় এবং মজবুত হওয়া প্রয়োজন।

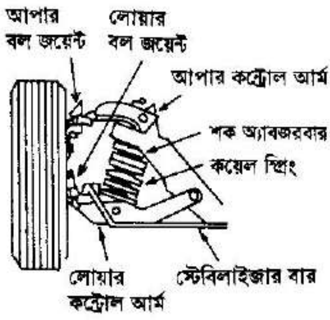
ইঞ্জিন

মোটরযানের শক্তির উৎস ইঞ্জিন। ইঞ্জিন চললেই মোটরযান চলে, অর্থাৎ ইঞ্জিনের শক্তি চাকায় স্থানান্তরিত হয়। মোটরযানগুলিতে সাধারণত অন্তর্দহন ইঞ্জিন ব্যবহৃত হয়। এগুলির মধ্যে পেট্রোল ইঞ্জিনের ব্যবহার ব্যাপক। মোটরযানের ইঞ্জিনগুলি বেশিরভাগই সামনে এবং কিছু কিছু ক্ষেত্রে পিছনে স্থাপিত হয়।

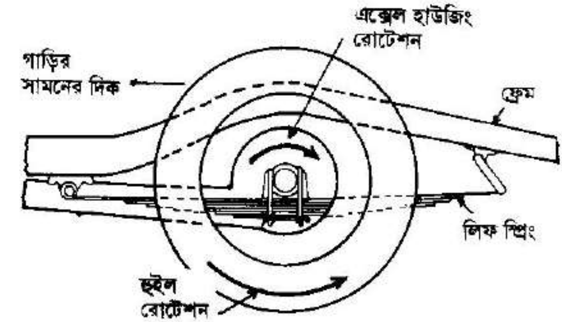
সাসপেনশন সিস্টেম

মোটরযানের কাঠামোর উপর ইঞ্জিন ও অন্যান্য যন্ত্রপাতি ঝুলন্ত অবস্থায় রাখার ব্যবস্থাকে সাসপেনশন সিস্টেম বলে। উঁচু–নিচু রাস্তা দিয়ে চলার সময় রাস্তার ঝাঁকুনি প্রতিহত করে মোটরযান ও যাত্রীর নিরাপত্তা নিশ্চিত করাই সাসপেনশন সিস্টেমের প্রধান কাজ। সাসপেনশন সিস্টেমকে দুইভাগে ভাগ করা যায়– ফ্রন্ট সাসপেনশন সিস্টেম এবং রিয়ার সাসপেনশন সিস্টেম। এগুলি মূলত কয়েক ধরনের স্প্রিং ও শক অ্যাবজরবার সমন্বয়ে গঠিত (চিত্র ১২.১)। স্প্রিংগুলি সাধারণত কয়েল ও লিফ টাইপ এবং শক অ্যাবজরবার হাইড্রলিক ও কমপ্রেস্ড এয়ার টাইপের হয়ে থাকে। কার জাতীয় গাড়িতে সামনে কয়েল স্প্রিং এবং পিছনে হালকা লিফ স্প্রিং ব্যবহৃত হয়। কয়েল স্প্রিং–এর সাথে শক অ্যাবজরবারের ব্যবহার সন্তোষজনক ফল দেয়।

ফ্রন্ট সাসপেনশন সিস্টেম



রিয়ার সাসপেনশন সিস্টেম



চিত্র ১২.১ : সাসপেনশন সিস্টেম।

স্টিয়ারিং সিস্টেম

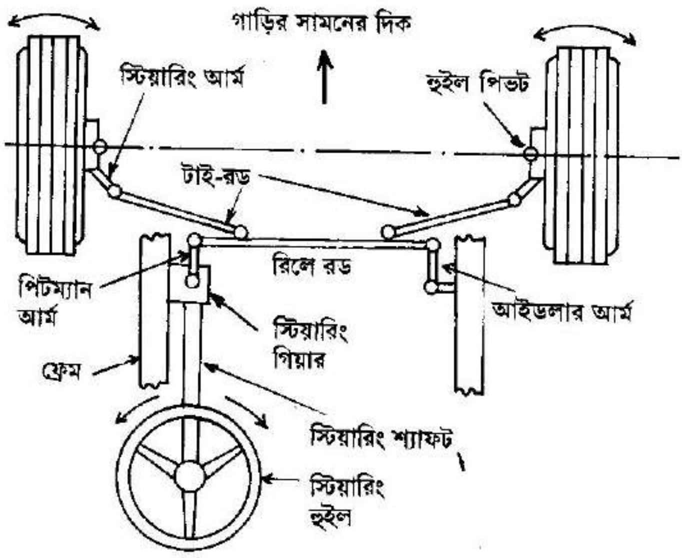
মোটরযানকে প্রয়োজন মতো ডানে, বামে এবং সোজা চালানোর জন্য স্টিয়ারিং সিস্টেম ব্যবহৃত হয়। এ ব্যবস্থায় শুধু সামনের চাকা দুটিকে নিয়ন্ত্রণ করতে হয়। স্টিয়ারিং হুইল, স্টিয়ারিং গিয়ার এবং স্টিয়ারিং লিঙ্কেজ নিয়েই এই সিস্টেম গঠিত (চিত্র ১২.২)।

স্টিয়ারিং হুইল একদিকে ঘুরানো হলে স্টিয়ারিং গিয়ার সেই অনুসারে লিঙ্কেজ ঘুরিয়ে গাড়িকে সেই দিকে পরিচালিত করে। চাকা ডানে–বামে ঘুরানোর জন্য স্টিয়ারিং লিঙ্কেজের সাথে টাই রড সংযোজিত হয়। কিছুদিন আগেও মোটরযানগুলিতে সাধারণত যান্ত্রিক স্টিয়ারিং ব্যবহৃত হতো। এখন পাওয়ার স্টিয়ারিং ক্রমান্বয়ে জনপ্রিয় হয়ে উঠছে।

পাওয়ার ট্রান্সমিশন সিস্টেম

যে ব্যবস্থায় ইঞ্জিনের শক্তি চাকায় স্থানান্তর করা হয় তাকে পাওয়ার ট্রান্সমিশন সিস্টেম বলে। সাধারণভাবে পিছনের চাকায় এবং কোনো কোনো ক্ষেত্রে চার চাকা-ই শক্তি স্থানান্তর করা হয়।

ফোর-হুইল ড্রাইভ গাড়িতে দুটি ডিফারেন্সিয়াল এবং দুটি গিয়ার বক্স থাকে। প্রয়োজনবোধে এক্ষেত্রে চার চাকায় অথবা শুধু পিছনের চাকায় শক্তি স্থানান্তর করা হয়। ট্রান্সমিশন সিস্টেমের (ফ্রন্ট ইঞ্জিনবিশিষ্ট গাড়ির) বিভিন্ন ইউনিট সম্পর্কে নিচে আলোচনা করা হলো।

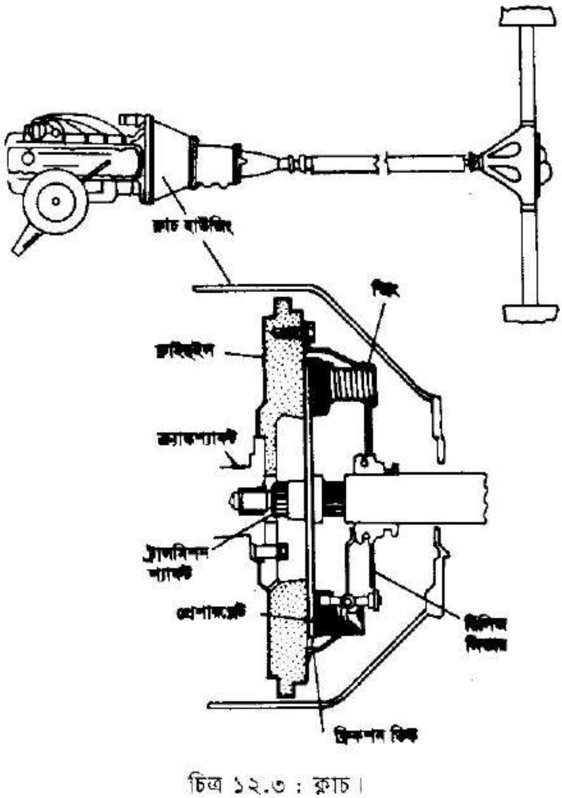


চিত্র ১২.২ : যান্ত্রিক স্টিয়ারিং সিস্টেম।

ক্লাচ : ইঞ্জিন এবং ট্রান্সমিশনের মাঝামাঝি স্থানে ক্লাচ স্থাপিত হয়। ক্লাচ প্যাডেলের স্বাভাবিক অবস্থায় ইঞ্জিন ও ট্রান্সমিশনের মধ্যে সংযোগ গড়ে ওঠে, কিন্তু প্যাডেলে চাপ দেয়ামাত্র সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়।

ক্লাচ মূলত ইঞ্জিনের ফ্লাইহুইল, ফ্রিকশন ডিস্ক এবং প্রেশার প্লেট নিয়েই গঠিত (চিত্র ১২.৩)। ইঞ্জিন চলাকালে ফ্লাইহুইল ঘুরতে থাকে। এ সময় ক্লাচ প্যাডেল চাপমুক্ত করা হলে প্রেশার প্লেট ফ্রিকশন ডিস্কসহ ফ্লাইহুইলের উপর (স্প্রিং প্রেশারে) চেপে বসে। ফলে ফ্লাইহুইলের সাথে সাথে প্রেশার প্লেট এবং ফ্রিকশন ডিস্কও ঘুরতে থাকে (ক্লাচ এনগেজ পজিশন)। ফ্রিকশন ডিস্কের সাথে ট্রান্সমিশন ইনপুট শ্যাফট সংযুক্ত থাকে বলে ট্রান্সমিশন শ্যাফটও তখন ঘুরতে থাকে।

ক্লাচ প্যাডেলে চাপ প্রয়োগ করা হলে প্রেশার প্লেট ফ্রিকশন ডিস্ক থেকে দূরে সরে যায় (ক্লাচ ডিজ–এনগেজ পজিশন), তখন ফ্রিকশন ডিস্ক ঘোরে না, ফলে পাওয়ার ট্রান্সমিশনও হয় না। মোটরযানের ইঞ্জিন চালু অথবা ব্রেক করার সময় ক্লাচ ডিজ–এনগেজ অবস্থায় রাখা প্রয়োজন।

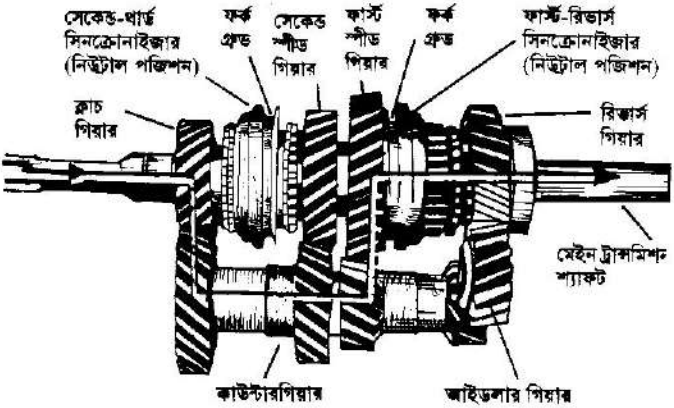


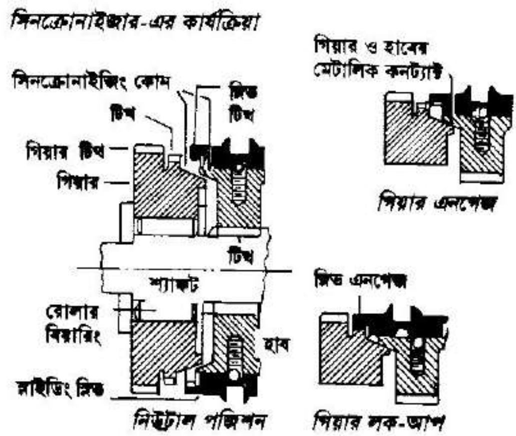
চিত্র ১২.৩ : ক্লাচ।

গিয়ার বক্স : ক্লাচ এবং প্রপেলার শ্যাফটের মাঝামাঝি স্থানে গিয়ার বক্স স্থাপিত হয়। এটি ইঞ্জিনের গতির সাথে সামঞ্জস্য রেখে প্রপেলার শ্যাফট ঘুরানো এবং প্রয়োজনবোধে মোটরযানকে সামনে–পিছনে চালানোর কাজে ব্যবহৃত হয়। গিয়ার বক্স বেশ কয়েকটি গিয়ার সমন্বয়ে গঠিত। এগুলির একেকটিতে থাকে একেক সংখ্যক গিয়ার টিথ।

১২.৪ চিত্রে থ্রী–স্পীড ম্যানুয়াল ট্রান্সমিশন সিস্টেম বিস্তারিতভাবে তুলে ধরা হয়েছে। এগুলির কাউন্টারগিয়ার অ্যাসেম্বলিতে থাকে চারটি স্বতন্ত্র গিয়ার, যেগুলি শ্যাফটের উপর দৃঢ়ভাবে স্থাপিত হয়। গিয়ারগুলির সাথে সংযুক্ত থাকে ক্লাচ গিয়ার, ফার্স্ট স্পীড গিয়ার, সেকেন্ড

স্পীড গিয়ার এবং রিভার্স গিয়ার। এগুলি মেইন ট্রান্সমিশন শ্যাফটের উপর রোলার বিয়ারিং দ্বারা স্থাপিত হয়। ইঞ্জিন চলাকালে (ক্লাচ এনগেজ অবস্থায়) এগুলি শ্যাফটের উপর ফ্রি ঘুরতে থাকে, ফলে ট্রান্সমিশন শ্যাফটে কোনো শক্তি স্থানান্তর হয় না। কিন্তু সিনক্রোনাইজার যখনই শিফটিং লিভারের সাহায্যে কোনো একটি গিয়ারের সাথে ট্রান্সমিশন শ্যাফটের সংযোগ স্থাপন করে সিনক্রোনাইজারে থাকে একটি স্লাইডিং হাব, তার উপর থাকে স্লাইডিং স্লিভ। এ দুটিকে একত্রে





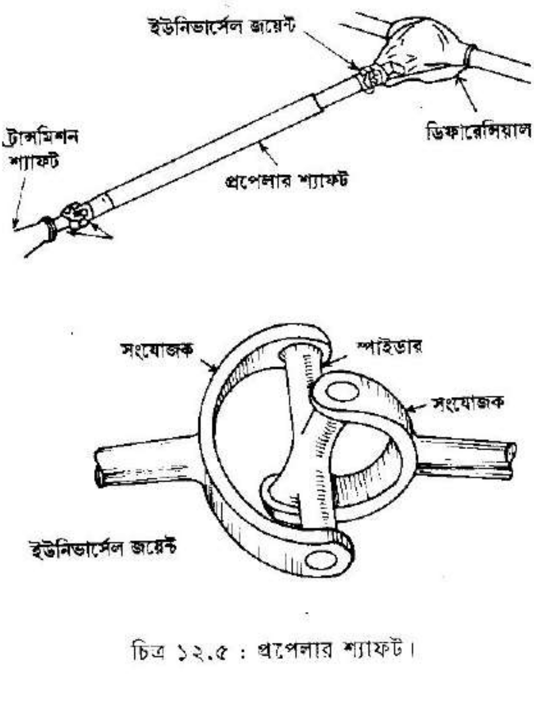
চিত্র ১২.৪ : থ্রী-স্পীড ম্যানুয়াল ট্রান্সমিশন সিস্টেম।

ঈপ্সিত গিয়ারের দিকে ঠেলে দিয়ে প্রথমে গিয়ার ও হাবের মধ্যে গড়ে তোলা হয় দৃঢ় মেটালিক কনট্যাক্ট, অতঃপর স্লাইডিং স্লিভকে আরো একটু ভেতরে ঠেলে দিয়ে গিয়ার ও স্লিভ টিথ-এর

মধ্যে গড়ে তোলা হয় দৃঢ় সংযোগ) তখনই এটি গিয়ারের গতিতে উন্নীত হয়ে একই সাথে ঘুরতে থাকে।

ইঞ্জিনের গতি পরিবর্তনের সাথে সাথে শিফটিং লিভার দ্বারা উপযুক্ত গিয়ারটির সাথে ক্লাচ ড্রাইভের সংযোগ গড়ে তোলা হয়। এতে গাড়ি ধীরগতিতে চলার সময় ইঞ্জিন অনেক দ্রুত চলতে পারে। থ্রী–স্পীড ট্রান্সমিশন সিস্টেমে গিয়ার রিডাকশন সাধারণত ফার্স্ট স্পীডে ৩ ঃ ১ এবং থার্ড স্পীডে ১ ঃ ১ হয়ে থাকে। স্বয়ংক্রিয় ট্রান্সমিশন সিস্টেমে হাতে গিয়ার পরিবর্তনের কোনো প্রয়োজন হয় না। ইঞ্জিন চালু করার সময় গিয়ার পজিশন নিউট্রাল রাখা প্রয়োজন। এতে ক্লাচ এনগেজ থাকলেও প্রপেলার শ্যাফট ঘুরতে পারে না। বেশিরভাগ মোটরযানে আজকাল ফোর স্পীড ট্রান্সমিশন সিস্টেম ব্যবহৃত হয় এবং গিয়ারগুলি সাধারণত স্পার টাইপের হয়।

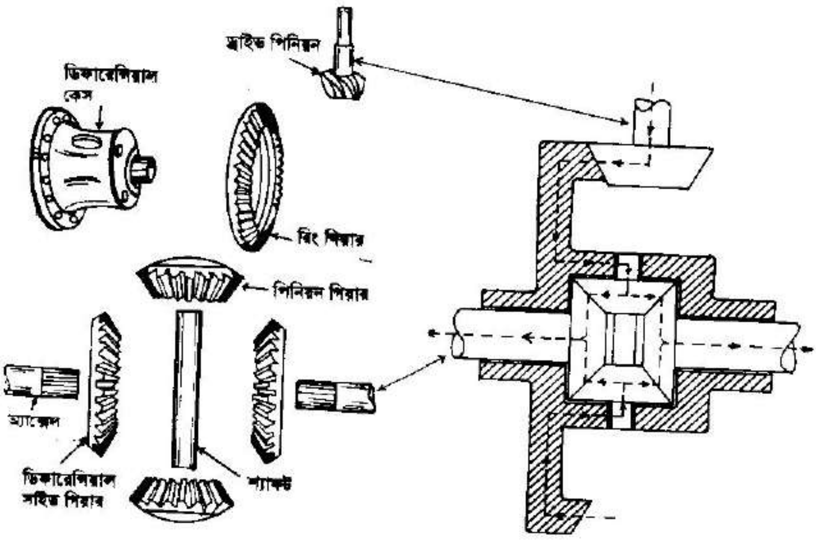
প্রপেলার শ্যাফট : ট্রান্সমিশন শ্যাফটের উৎপাদিত শক্তি (রোটারি মোশন ডিফারেন্সিয়ালে স্থানান্তর করাই প্রপেলার শ্যাফটের কাজ। এটি স্টিলের তৈরি ফাঁপা নল বিশেষ,



চিত্র ১২.৫ : প্রপেলার শ্যাফট।

এক বা একাধিক অংশে বিভক্ত হয়ে ইউনিভার্সেল জয়েন্ট দ্বারা সংযুক্ত থাকে। ইউনিভার্সেল জয়েন্টের একটি বিশেষ সুবিধা হলো, গাড়ি উঁচু–নিচু রাস্তা দিয়ে চলার সময় প্রপেলার শ্যাফটের রৈখিক ও কৌণিক পরিবর্তন এটি সহজে মেনে নিতে পারে (চিত্র ১২.৫)।

ডিফারেন্সিয়াল : উভয় রিয়ার ও ফ্রন্ট ড্রাইভ অ্যাক্সেলে ডিফারেন্সিয়াল ব্যবহৃত হয়ে থাকে। তবে রিয়ার ড্রাইভ অ্যাক্সেলেই এগুলির ব্যবহার সচরাচর চোখে পড়ে। গাড়ি ডানে–বামে মোড় নেয়ার সময় দু'পাশের দুই চাকা পৃথক দূরত্ব অতিক্রম করে (যেমন ডানে মোড় নেয়ার সময়



চিত্র ১২.৬ : ডিফারেন্সিয়াল।

পিছনের বাম পাশের চাকা ডান পাশের চাকা অপেক্ষা বেশি দূরত্ব অতিক্রম করে)। এই পার্থক্য মেনে নেয়ার জন্য ডিফারেন্সিয়াল সংযোজনের প্রয়োজন হয়। বস্তুত ডিফারেন্সিয়ালের মাধ্যমেই প্রপেলার শ্যাফট পিছনের চাকায় শক্তি স্থানান্তর করে।

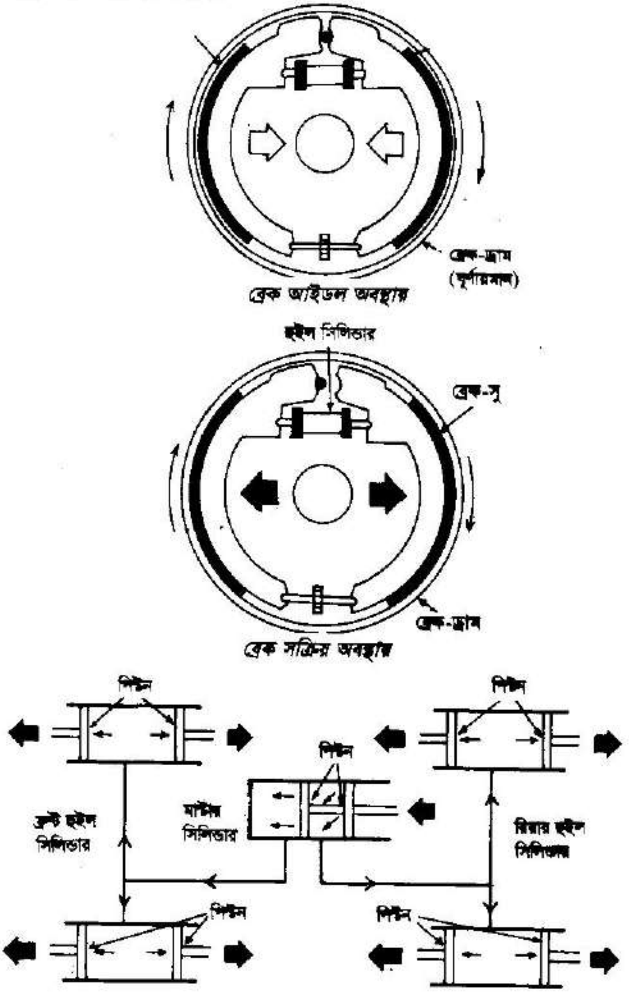
ডিফারেন্সিয়ালের প্রধান অংশগুলি হচ্ছে– ড্রাইভ পিনিয়ন, রিং গিয়ার, ডিফারেন্সিয়াল কেস, পিনিয়ন গিয়ার এবং ডিফারেন্সিয়াল সাইড গিয়ার (চিত্র ১২.৬)।

মোটরযান সোজা চলার সময় রিং গিয়ার, ডিফারেন্সিয়াল কেস, পিনিয়ন গিয়ার, ডিফারেন্সিয়াল সাইড গিয়ার ইত্যাদি একটি ইউনিট হিসেবে ঘোরে। এ সময় ডিফারেন্সিয়াল পিনিয়ন গিয়ার পিনিয়ন শ্যাফটের উপর ঘোরে না, কারণ ডিফারেন্সিয়াল সাইড গিয়ারের উপর এগুলি তখন সমপরিমাণ চাপ প্রয়োগ করতে থাকে। কিন্তু গাড়ি যখনই বাঁকা পথে চলে ডিফারেন্সিয়াল পিনিয়ন গিয়ার তখন পিনিয়ন শ্যাফটের উপর ঘুরতে থাকে, যা বাইরের চাকাকে

ভেতরের চাকা অপেক্ষা অধিক গতিতে চলতে সহায়তা করে। এভাবে, ডিফারেন্সিয়াল দ্বারা মোটরযান ডানে–বামে ইচ্ছা মত ঘুরতে পারে।

ব্রেক সিস্টেম

মোটরযানের গতি দ্রুত কমানোর জন্য ব্রেক সিস্টেম ব্যবহৃত হয়। এগুলি বিভিন্ন রকমের, যেমন যান্ত্রিক, বৈদ্যুতিক, হাইড্রলিক অথবা নিউমেটিক টাইপের হয়ে থাকে। তার মধ্যে হাইড্রলিক ব্রেকের জনপ্রিয়তাই সবচেয়ে বেশি।



চিত্র ১২.৭ : হাইড্রলিক ব্রেক সিস্টেম।

হাইড্রলিক ব্রেক সিস্টেমে থাকে একটি রিজার্ভ ট্যাঙ্ক। এটি ব্রেক অয়েল দ্বারা সর্বক্ষণ পরিপূর্ণ রাখা হয়। রিজার্ভ ট্যাঙ্ক থেকে ব্রেক অয়েল ইনলেট পোর্ট হয়ে প্রথমে মাস্টার সিলিন্ডার এবং সেখান থেকে হুইল সিলিন্ডারে (চার চাকায়) যায়। ব্রেক প্যাডেলে চাপ দেয়ামাত্র মাস্টার সিলিন্ডারের পিস্টন সক্রিয় হয়ে ওঠে, তখন ইনলেট পোর্ট বন্ধ এবং হুইল সিলিন্ডারে চাপের সৃষ্টি হয়। এ সময় হুইল সিলিন্ডারের ব্রেক সু সম্প্রসারিত হয়ে ড্রামের গায়ে চেপে বসে, ফলে গাড়ির গতি দ্রুত হ্রাস পায় এবং প্রয়োজন বিশেষে থেমে যায় (চিত্র ১২.৭)।

গাড়ি পার্কিং–এ থাকাবস্থায় হ্যান্ড ব্রেক ব্যবহার করা হয়। হ্যান্ড লিভারের সাথে সংযুক্ত থাকে একটি ক্যাবল, যার অপরপ্রান্তে সংযুক্ত থাকে ব্রেক প্যাড। হ্যান্ড লিভারে টান দিলেই ব্রেক প্যাড প্রপেলার শ্যাফটকে চেপে ধরে, ফলে প্রপেলার শ্যাফট আর ঘুরতে পারে না। ব্রেক সু লাইনিং দ্বারা ব্রেক ড্রামের উপর চাপ প্রয়োগ করেও গাড়ি অবিচল রাখা যায়।

ব্রেক সিস্টেমের সুষ্ঠু কার্যকারিতা নিশ্চিত করার জন্য সবগুলি ব্রেকের মধ্যে সমন্বয় সাধন, ক্ষয়প্রাপ্ত ব্রেক লাইনিং সময়মত নবায়ন এবং হাইড্রলিক লিকেজ দেখামাত্র সংশোধন করা প্রয়োজন।

প্রশ্নমালা

১। সাসপেনশন ব্যবস্থা বলতে কি বুঝ? এর প্রয়োজনীয়তা কি? মোটরযানের সাসপেনশন ব্যবস্থা কেমন হয় বর্ণনা কর।

২। চিত্রের সাহায্যে যে কোনো একটি স্টিয়ারিং ব্যবস্থার কার্যক্রিয়া বর্ণনা কর। এই ব্যবস্থার সুবিধা–অসুবিধাগুলি কি?

৩। মোটরযানের পাওয়ার ট্রান্সমিশন সিস্টেমে–

(ক) ডিফারেন্সিয়াল সংযোজিত হয় কেন?

(খ) বিভিন্ন স্পীডে বিভিন্ন গিয়ার ব্যবহার করা হয় কেন?

(গ) প্রপেলার শ্যাফটে ইউনিভার্সেল জয়েন্ট ব্যবহৃত হয় কেন?

৪। একটি হাইড্রলিক ব্রেকের কার্যক্রিয়া চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। কিভাবে এটিকে ক্রটিমুক্ত রাখা যায়?

৫। নিচে উল্লেখিত উক্তিগুলি সম্পর্কে তোমার মতামত ব্যক্ত কর :

(ক) অটোমেটিক গিয়ার অচিরেই হস্তচালিত গিয়ারের স্থান দখল করে নেবে।

(খ) হাইড্রলিক ব্রেক সবচেয়ে কার্যকর এবং বিশ্বস্ত।

(গ) পাওয়ার স্টিয়ারিং ক্রমান্বয়েই জনপ্রিয় হয়ে উঠছে।

ত্রয়োদশ অধ্যায়

হিমায়ন

হিমায়ন এক ধরনের শীতলীকরণ পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে, যথাযোগ্য কোনো তরল পদার্থ প্রদক্ষিণের দ্বারা ইভাপোরেটর (বা কোল্ড–চেম্বার) থেকে তাপ বিশোষণ করে কনডেন্সারে অপসারণ করা হয়। উল্লেখ্য যে, তরল পদার্থটি প্রত্যেকবার তাপ বিশোষণের সময় বাষ্পীভূত এবং তাপ অপসারণের সময় পুনরায় তরলে রূপান্তরিত হয়। হিমায়ন পদ্ধতিতে তাপ স্থানান্তরের কাজ সম্পাদিত হয় বলে হিমায়ন যন্ত্রকে হিট পাম্প নামেও আখ্যায়িত করা যায়।

হিমায়নের প্রধান বিবেচ্য বিষয় হলো তরল পদার্থের বাষ্পীভবন ও ঘনীভবন বৈশিষ্ট্য। যে কোনো তরল পদার্থের পরিপৃক্তি তাপমাত্রা নির্ভর করে তার উপর বিদ্যমান চাপের উপর। পরিপৃক্তি তাপমাত্রায় থাকাবস্থায় তরল পদার্থের উপরিস্থিত চাপ হ্রাস করা হলে ওই তরল পদার্থ তার ভেতরের সমুদয় তাপশক্তিকে আর ধরে রাখতে পারে না। তখন মুহূর্তের মধ্যে বাষ্পীভবনের সূচনা (ফ্লাশ অফ) হয়। বাষ্পীভবনের পর অবশিষ্ট তরল পদার্থ আবার পরিপৃক্তি তাপমাত্রায় (পরিবর্তিত চাপে) নেমে আসে। অনুরূপভাবে, চাপ প্রয়োগ এবং ঠাণ্ডাকরণের মাধ্যমেও বাষ্পকে সহজে তরলায়িত করা যায়। তরল পদার্থের এই বৈশিষ্ট্যকে হিমায়ন পদ্ধতিতে কাজে লাগানো হয়।

হিমায়নের কাজে ব্যবহৃত তরল পদার্থ রেফ্রিজার‍্যান্ট নামে পরিচিত। রেফ্রিজার‍্যান্ট হিসেবে সাধারণত ফ্রেয়ন–১২, ফ্রেয়ন–২২, কার্বন ডাই–অক্সাইড, মিথাইল ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এগুলির মধ্যে ফ্রেয়ন–১২ ও ফ্রেয়ন–২২ অন্যতম।

একটি আদর্শ রেফ্রিজার‍্যান্টের নিচে বর্ণিত বৈশিষ্ট্যগুলি থাকা প্রয়োজন :

(১) নিম্নমাত্রার বাষ্পীভবন তাপমাত্রা,

(২) উচ্চমাত্রার বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ,

(৩) নিম্নমাত্রার তরলীকরণ চাপ,

(৪) বাষ্পীয় অবস্থায় কম আপেক্ষিক আয়তন,

(৫) উচ্চমাত্রার সঙ্কটপূর্ণ তাপমাত্রা,

(৬) সস্তা ও সুলভ,

(৭) সহজে মজুতযোগ্য।

এছাড়া রেফ্রিজার‍্যান্টের ব্যবহার নিরাপদ (শ্বাসরোধক, বিস্ফোরক এবং অগ্নি– উৎপাদক নয় এমন) হওয়া আবশ্যক। নিচে প্রধান রেফ্রিজার‍্যান্টগুলির বৈশিষ্ট্য তুলে ধরা হলো

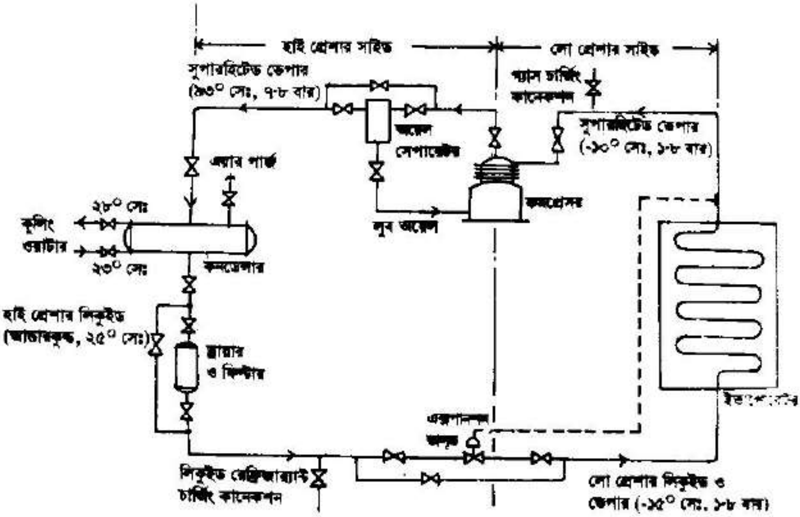
বৈশিষ্ট্য	ফ্রেয়ন–১২	কার্বন ডাই–অক্সাইড	অ্যামোনিয়া	মিথাইল ক্লোরাইড
বাষ্পীভবন তাপমাত্রা (১.০১৩ বার চাপে)	–৩০° সে.	–৭৮° সে.	–৩৩° সে.	–২৪° সে.
বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ (–১৫° সে. তাপমাত্রায়)	১৫৮.৭ কেজে/কেজি	২৭৪.৭ কেজে/কেজি	১৩১৪.২ কেজে/কেজি	৪২১.০ কেজে/কেজি
ডেলিভারি প্রেশার	৭.৪ বার	৭২ বার	১১.৭ বার	৬.৬ বার
বাষ্পীয় অবস্থায় আপেক্ষিক আয়তন (–১৫° সে. তাপমাত্রায়)	০.০৯৩ ঘঃ মিঃ/কেজি	০.০১৭ ঘঃ মিঃ/কেজি	০.৫১ ঘঃ মিঃ/কেজি	০.২৯ ঘঃ মিঃ/কেজি
সঙ্কটপূর্ণ তাপমাত্রা	১১২° সে.	৩১° সে.	১৩৩° সে.	১৪৩° সে.
শ্বাসরোধক	না	না	হ্যাঁ	না
বিস্ফোরক	না	না	হ্যাঁ	হ্যাঁ
অগ্নি–উৎপাদক	না	না	হ্যাঁ	হ্যাঁ
মূল্য	দামী	সস্তা	সস্তা	দামী

হিমায়ন পদ্ধতিতে, চাপ প্রয়োগ অথবা তাপ প্রয়োগের মাধ্যমে রেফ্রিজারান্টকে প্রদক্ষিণ করানো হয়। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে চাপ প্রয়োগ (ভেপার–কমপ্রেশন) পদ্ধতিটি অধিক সুবিধাজনক বলে প্রমাণিত হয়েছে।

ভেপার-কমপ্রেশন (ডাইরেক্ট এক্সপানশন) হিমায়ন পদ্ধতি

১৩.১ চিত্রে ভেপার–কমপ্রেশন হিমায়ন পদ্ধতির কার্যক্রিয়া বর্ণিত হয়েছে। তরল রেফ্রিজার‍্যান্ট উচ্চচাপ অঞ্চল থেকে এক্সপানশন ভাল্‌ভের মধ্য দিয়ে সূক্ষ্মাকারে (থ্রটল করে) ইভাপোরেটর কয়েলে প্রবাহিত হওয়ার সময় পরিবেষ্টিত স্থান থেকে তাপ বিশোষণ করে বাষ্পে পরিণত হয়। উদাহরণস্বরূপ, ফ্রেয়ন–১২ আনুমানিক –১৫° সে. তাপমাত্রায় (১.৮ বার চাপে) বাষ্পীভূত

হয় এবং ইভাপোরেটর থেকে বেরুনোর সময় বাষ্পের তাপমাত্রা আনুমানিক –১০° সে. অর্থাৎ ৫° সুপারহিটেড (নির্দিষ্ট চাপে বাষ্পের তাপমাত্রা যখন পরিপৃক্তি তাপমাত্রার উর্ধ্বে চলে যায়, তখন সেই বাষ্পকে সুপারহিটেড বাষ্প বলে) থাকে। এই তাপমাত্রা পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রার অনেক নিচে বলে তাকে সরাসরি অপসারণ করা যায় না। তাই সুপারহিটেড বাষ্পকে তখন সংনমনের মাধ্যমে হাইলি সুপারহিটেড করার প্রয়োজনীয়তা দেখা দেয়। সংনমনের পর বাষ্পের



চিত্র ১৩.১ ঃ ভেপার–কমপ্রেশন হিমায়ন পদ্ধতি।

তাপমাত্রা আনুমানিক ৯৩° সে. (সুপারহিট ৬৩° সে.) এবং চাপ ৮ বার থাকে। এই সুপারহিটেড বাষ্পকে এবার অপরিবর্তিত চাপে ঠাণ্ডা করে তরলে পরিণত করা হয়। কনডেন্সারে তরল রেফ্রিজারান্টের তাপমাত্রা আনুমানিক ২৫° সে. অর্থাৎ ৫° সে. আন্ডারকুল্ড (নির্দিষ্ট চাপে তরল পদার্থের তাপমাত্রা যখন পরিপৃক্তি তাপমাত্রার নিচে নেমে যায়, তখন সেই তরল পদার্থকে আন্ডারকুল্ড বা সাবকুল্ড তরল পদার্থ বলে) থাকে। তরল রেফ্রিজারান্ট অতঃপর এক্সপানশন ভাল্‌ভে যায় এবং এভাবে সাইকেল পূর্ণ হয়।

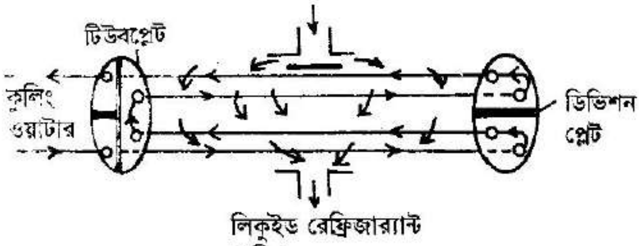
এক্সপানশন ভাল্‌ভে পৌঁছার আগে তরল রেফ্রিজারান্ট সামান্য আন্ডারকুল্ড হওয়া আবশ্যক। এতে থ্রটলিং–এর মুহূর্তে 'ফ্লাশ অফ' হ্রাসের কারণে হিমায়নের কার্যকারিতা বৃদ্ধি পায়। এছাড়া ইভাপোরেটর থেকে বেরুনোর সময়ও বাষ্পীয় রেফ্রিজারান্ট সামান্য সুপারহিটেড হওয়া আবশ্যক। এতে প্রথমত কমপ্রেসরে তরল রেফ্রিজারান্ট প্রবেশের আশঙ্কা থাকে না, উপরন্তু সুপারহিটেড বাষ্পকে সংনমনের মাধ্যমে সহজে হাইলি সুপারহিটেড করা যায়।

ইভাপোরেটরের শেষে বাষ্পীয় রেফ্রিজার‍্যান্টের ঈপ্সিত সুপারহিট বজায় রাখার জন্য ইভাপোরেটরের আউটলেট পাইপের উপর এক্সপানশন ভাল্ভের ফিলার–বাল্ব ইনসুলেশন টেপ দ্বারা আটকানো হয়। ফিলার–বাল্বের ফ্লুইড আউটলেট পাইপের তাপমাত্রার তারতম্য অনুসারে এক্সপানশন ভাল্ভের ডায়াফ্রামের উপর চাপ সৃষ্টির মাধ্যমে রেফ্রিজার‍্যান্টের থ্রটল রেট নিয়ন্ত্রণ করে। যেমন, তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে থ্রটল রেট বৃদ্ধি পায় ইত্যাদি।

কমপ্রেসর চালু অবস্থায় সাকশন ও ডেলিভারি পাইপ স্পর্শ করে হিমায়নের কার্যকারিতা সম্পর্কে মোটামুটি ধারণা লাভ করা যায়। স্বাভাবিক অবস্থায় কমপ্রেসরের সাকশন পাইপ ঠাণ্ডা (সামান্য বরফে ঢাকা) এবং ডেলিভারি পাইপ বেশ গরম থাকে।

ভেপার-কমপ্রেশন হিমায়ন পদ্ধতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রসমূহ

(১) কমপ্রেসর : ভেপার–কমপ্রেশন হিমায়ন পদ্ধতিতে ব্যবহৃত ছোট বড় প্রায় সব ধরনের কমপ্রেসরই প্রধানত রেসিপ্রোকেটিং টাইপের হয়ে থাকে। এগুলির পিস্টন ক্লিয়ারেন্স এতো সূক্ষ্ম (সর্বাধিক ১.৫০ মিলিমিটার) যে তরল রেফ্রিজার‍্যান্ট (বা লুব অয়েল) সিলিন্ডারে প্রবেশ



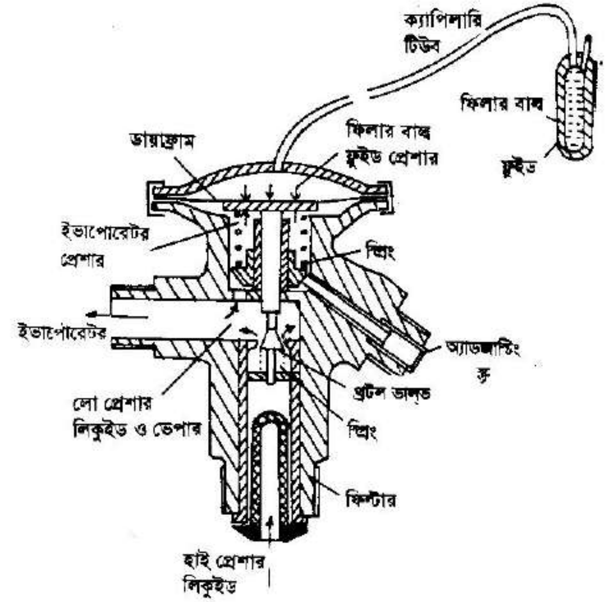
চিত্র ১৩.২ : শেল–টিউব কনডেন্সারে ভেপার–ওয়াটার ফ্লো।

করামাত্র আকস্মিক চাপ বৃদ্ধিজনিত দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা দেখা দেয়। এ কারণে ডেলিভারি ভাল্ভ–কেজ সিলিন্ডার হেডে দৃঢ়ভাবে না আটকিয়ে শক্ত স্প্রিংয়ের সাহায্যে চেপে রাখা হয়, যেন প্রয়োজনে সম্পূর্ণ ভাল্ভ–কেজ উত্তোলিত হয়ে সিলিন্ডারের আকস্মিক চাপ বৃদ্ধি রোধ করতে পারে। এছাড়া প্রয়োজনীয় নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা হিসেবে এগুলিতে রিলিফ ভাল্ভ, বার্স্টিং ডিস্ক, প্রেশার কাট–আউট ইত্যাদি থাকে।

মাল্টি–সিলিন্ডার কমপ্রেসরে লোড কন্ট্রোলের ব্যবস্থা রাখা হয়। এ ধরনের কন্ট্রোল ব্যবস্থায়, অয়েল প্রেশার দ্বারা পরিচালিত সার্ভোমোটর রিডাকশন গিয়ারের সাহায্যে নির্ধারিত সংখ্যক সিলিন্ডারের সাকশন ভাল্ভ খুলে রেখে কমপ্রেসরের ক্ষমতা প্রয়োজনানুরূপভাবে হ্রাস করে। এছাড়া লোড কন্ট্রোল ব্যবস্থা কমপ্রেসরের সহজ স্টার্টিং নিশ্চিত করে। প্লান্ট চালু করার

আগে কমপ্রেসরের ক্র্যাঙ্ককেস অয়েল প্রি–হিট করা প্রয়োজন। অন্যথায় কমপ্রেসর চালু হওয়ামাত্র তা ফেনায়িত হয়ে উঠতে পারে।

ভেপার–কমপ্রেশন পদ্ধতিতে কেন্দ্রাতিগ অথবা রোটারি টাইপ কমপ্রেসরও ব্যবহৃত হতে পারে। কেন্দ্রাতিগ কমপ্রেসর সাধারণত বৃহদাকার প্লান্টে (যেমন এয়ার কন্ডিশনিং প্লান্ট) এবং রোটারি কমপ্রেসর ক্ষুদ্রাকার প্লান্টে (যেমন রেফ্রিজারেটরে) ব্যবহৃত হয়



চিত্র ১৩.৩ : থার্মোস্ট্যাটিক এক্সপানশন ভাল্‌ভ।

(২) কনডেন্সার : হিমায়ন পদ্ধতিতে ওয়াটার–কুল্ড এবং এয়ার–কুল্ড দুই ধরনের কনডেন্সারই ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এগুলির মধ্যে ওয়াটার–কুল্ড কনডেন্সার অধিক দক্ষ এবং নির্ভরযোগ্য বলে প্রমাণিত হয়েছে। ফ্রেয়ন–১২ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত ওয়াটার–কুল্ড কনডেন্সারের টিউব সাধারণত অ্যালুমিনিয়াম–ব্রাসের এবং টিউবপ্লেট মাইল্ড–স্টিলের হয়ে থাকে

১৩.২ চিত্রে ৪–ফ্লো (মাল্টিপাস) শেল–টিউব টাইপ কনডেন্সারের কর্মক্রিয়া দেখানো হয়েছে। বাষ্পীয় রেফ্রিজারান্ট কনডেন্সারে প্রবেশ করে ডিফ্লেক্টরের নির্দেশিত পথে ঘুরে ঘুরে প্রবাহিত হওয়ার সময় বারবার ঠাণ্ডা টিউবের সংস্পর্শে এসে ঘনীভূত ও তরলায়িত হয়। কোনো কোনো কনডেন্সারের নিম্নাংশ লিকুইড রিসিভার হিসেবে কাজ করে।

কুলিং ওয়াটারের তাপমাত্রা বাষ্পীয় রেফ্রিজারান্টের ঘনীভবন তাপমাত্রা অপেক্ষা কমপক্ষে ৮° সে. কম হওয়া আবশ্যক। এতে সুষ্ঠু কুলিং নিশ্চিত হয়। কনডেন্সারের টিউব

(বিশেষ করে ওয়াটার সাইড) নিয়মিত পরিষ্কার করে এর কার্যকারিতা অক্ষুণ্ন রাখা যায়।

(৩) ইভাপোরেটর : ক্ষুদ্রাকার হিমায়ন প্লান্টে সাধারণত গ্রীড টাইপ ইভাপোরেটর ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এগুলি সরাসরি কোল্ড- চেম্বারের ভেতর স্থাপিত হয়। পাইপগ্রীডগুলি কোল্ড- চেম্বারের দেয়াল জুড়ে অথবা ফ্যান সংবলিত স্বল্প পরিসর বাক্সে স্থাপিত হয়। অপরদিকে বৃহদাকার প্লান্টে সাধারণত শেল-টিউব টাইপ ইভাপোরেটর ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এগুলির গঠন কনডেন্সারের মতো। ঠাণ্ডা করার সময় টিউবের ভেতর ব্রাইন এবং বাইরে রেফ্রিজার‍্যান্ট প্রবাহিত হয়। রেফ্রিজার‍্যান্টের প্রবাহ এক্ষেত্রে নিচ থেকে উপরের দিকে হয় বলে পূর্ণ বাষ্পীভবনের নিশ্চয়তা থাকে।

(৪) থার্মোস্ট্যাটিক এক্সপানশন ভাল্ভ : ইভাপোরেটরে তরল রেফ্রিজার‍্যান্ট সূক্ষ্মাকারে প্রবিষ্ট করানোর জন্য থার্মোস্ট্যাটিক এক্সপানশন ভাল্ভ (চিত্র ১৩.৩) ব্যবহৃত হয়। এই ভাল্ভের কার্যক্রিয়া ইভাপোরেটরের আউটলেট পাইপের তাপমাত্রা দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। বাজারজাত করার আগে এগুলিকে এমন একটি চাপে সেট করা হয় যাতে থ্রটল রেট ইভাপোরেটরের আউটলেট পাইপে প্রবাহিত বাষ্পীয় রেফ্রিজার‍্যান্টের ঈপ্সিত সুপারহিট (যেমন ৫° সে.) নিয়ন্ত্রণের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ হয়।

এক্সপানশন ভাল্ভের থ্রটল রেট নিয়ন্ত্রিত হয় ডায়াফ্রামের ওঠানামা দ্বারা। ডায়াফ্রামের তলদেশে কাজ করে ইভাপোরেটর গ্যাস প্রেশার ও অ্যাডজাস্টেবল স্প্রিং প্রেশার। অপরদিকে উপরিভাগে কাজ করে ফিলার বাল্বের ফ্লুইড প্রেশার। এই দুই বিপরীতমুখী প্রেশার ডায়াফ্রামের অবস্থান পরিবর্তন করে থ্রটল ভাল্ভকে কখনো উপরে কখনো নিচে নামায়। এভাবেই এক্সপানশন ভাল্ভের থ্রটল নিয়ন্ত্রিত হয়। ফিলার বাল্বের ফ্লুইড প্রেশার ইভাপোরেটরের আউটলেট পাইপের তাপমাত্রার ওপর সরাসরি নির্ভরশীল। যেমন, তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে প্রেশার বৃদ্ধি পায় ইত্যাদি। এভাবে ইভাপোরেটরের আউটলেট পাইপের তাপমাত্রা অনুসারে এক্সপানশন ভাল্ভের থ্রটল রেট নিয়ন্ত্রিত হয়।

ইনসুলেশন

পরিবেষ্টিত কোনো কিছুর তাপমাত্রা পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রা অপেক্ষা অধিক অথবা কম রাখার জন্য ইনসুলেশন ব্যবহার করা হয়। হিমায়ন পদ্ধতিতে, কোল্ড- চেম্বারের ভেতরের দেয়াল, ছাদ, মেঝে এবং দরজায় সাধারণত কর্কবোর্ড, কাঠ, ফাইবার গ্লাস, গ্রানুলেটেড কর্ক ইত্যাদি ইনসুলেশন হিসেবে ব্যবহৃত হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে এগুলিকে আবার জিঙ্ক (অথবা গ্যালভানাইজড) শীট দ্বারা আবৃত করা হয়ে থাকে।

কোল্ড- চেম্বারের দরজার ফ্রেমে সাধারণত রাবার সিল ব্যবহৃত হয়। এই সিলের কার্যকারিতার ওপর কোল্ড- চেম্বারের কুলিং দক্ষতা ওতপ্রোতভাবে জড়িত। তাই এর ওপর তীক্ষ্ণ

দৃষ্টি রাখা দরকার। কমপ্রেসর থেকে ইভাপোরেটর পর্যন্ত পাইপ লাইনের উপর সাধারণত প্লাস্টিক ইনসুলেশন ব্যবহার করা হয়।

ব্রাইন সার্কিট

বৃহদাকার হিমায়ন প্লান্টগুলিতে সাধারণত ব্রাইন সার্কিট দ্বারা কোল্ড-চেম্বার ঠাণ্ডা করা হয়। এই পদ্ধতিতে ব্রাইনকে প্রথমে ইভাপোরেটরে ঠাণ্ডা করে বিভিন্ন কোল্ড-চেম্বারে সঞ্চালন করা হয়। ব্রাইন সার্কিটের একটি বিশেষ সুবিধা হচ্ছে কমপ্রেসর বন্ধ থাকাবস্থায় কোল্ড-চেম্বারের পাইপে উল্লেখযোগ্য পরিমাণের 'ঠাণ্ডা' সংরক্ষিত থাকা। এছাড়া ব্রাইন সার্কিটে নিচে বর্ণিত সুবিধাদির নিশ্চয়তাও থাকে :

(১) একই সাথে অনেকগুলি চেম্বারের সহজ ও সঠিক তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ,

(২) সংক্ষিপ্ত রেফ্রিজারান্ট সার্কিট (সহজ রক্ষণাবেক্ষণ) এবং

(৩) সহজ হিটিং ব্যবস্থা (যা ডিফ্রস্টিং-এর সময় প্রয়োজন)।

ব্রাইন বলতে সাধারণত বিশুদ্ধ পানি এবং ক্যালশিয়াম (অথবা সোডিয়াম) ক্লোরাইডের দ্রবণ বুঝায়। এর ঘনত্ব যত বৃদ্ধি পায়, হিমাঙ্ক তত হ্রাস পায়। যেমন ১০৫০ কেজি/ঘনমিটার ঘনত্ববিশিষ্ট ব্রাইনের হিমাঙ্ক –৩° সে., কিন্তু ১২৫০ কেজি/ঘনমিটার ঘনত্ববিশিষ্ট ব্রাইনের হিমাঙ্ক –৩২° সে.। হিমায়নের কাজে ব্যবহৃত ব্রাইন সামান্য ক্ষারধর্মী (আনুমানিক পি-এইচ ভ্যালু ৮.৫) হওয়া বাঞ্ছনীয়।

ভেপার-কমপ্রেশন হিমায়ন পদ্ধতিতে ব্যবহৃত অটো-কন্ট্রোল

এই কন্ট্রোল ব্যবস্থায় প্রতিটি সার্কিটে এক্সপানশন ভাল্ভের আগে পৃথক থার্মোস্ট্যাট (কোল্ড-চেম্বারে স্থাপিত) দ্বারা পরিচালিত সলিনয়েড স্টপ ভাল্ভ এবং কমপ্রেসরের সাকশন লাইনে ডিফারেন্সিয়াল প্রেশার (ডি-পি) সুইচ বসানো থাকে। থার্মোস্ট্যাটকে ঈপ্সিত তাপসীমায় (যেমন –১০° সে. থেকে –১৫° সে.) এবং ডি-পি সুইচকে সুনির্দিষ্ট চাপসীমার মধ্যে (যেমন ১ থেকে ২ বার) সেট করা হয়। কোল্ড-চেম্বারের তাপমাত্রা নিচের সীমায় নেমে যাওয়ামাত্র (–১৫° সে.) সলিনয়েড ভাল্ভের সাহায্যে থার্মোস্ট্যাট ওই সার্কিটে রেফ্রিজারান্টের প্রবাহ বন্ধ করে দেয়। এভাবে সবগুলি সার্কিটে রেফ্রিজার‍্যান্টের প্রবাহ বন্ধ হয়ে গেলে সাকশন প্রেশার দ্রুত কমে আসে এবং একসময় তা নিচের সীমায় পৌছামাত্র ডি-পি সুইচ সক্রিয় হয়ে কমপ্রেসর বন্ধ করে দেয়। এরপর কোনো চেম্বারের তাপমাত্রা আবার উপরের সীমায় পৌছে গেলে (–১০° সে.) থার্মোস্ট্যাট সলিনয়েড ভাল্ভের সাহায্যে ওই সার্কিটে রেফ্রিজার‍্যান্টের প্রবাহ চালু করে দেয়, তখন সাকশন প্রেশার বাড়তে থাকে, একসময় ডি-পি সুইচ সক্রিয় হয়ে কমপ্রেসর চালু করে দেয়।

ডি–পি সুইচের লো প্রেশার সেটিং বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা সামান্য অধিক হওয়া প্রয়োজন। অন্যথায় সাকশন লাইনে বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয়ে বাতাস অনুপ্রবেশের সম্ভাবনা দেখা দেয়। অটো– কন্ট্রোল পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা হিসেবে হাই ডেলিভারি প্রেশার কাট–আউট এবং লো অয়েল প্রেশার কাট–আউট সংযোজন করা হয়।

হিমায়ন পদ্ধতিতে বিভিন্ন সমস্যা ও তার সমাধান

(১) সিস্টেমে গ্যাস (রেফ্রিজারয়ান্ট) এর স্বল্পতা : হাই প্রেশার পাইপের বিভিন্ন সংযুক্তি স্থানে এবং কমপ্রেসরের শ্যাফট সিলে সম্ভাব্য লিকেজের কারণে সিস্টেমে গ্যাসের স্বল্পতা দেখা দিতে পারে। লো ডেলিভারি প্রেশার, বরফহীন সাকশন লাইন, এক্সপানশন ভাল্‌ভের চিঁচি শব্দ, কোল্ড–চেম্বারের অপর্যাপ্ত কুলিং ইত্যাদি থেকে সিস্টেমে গ্যাসের স্বল্পতা প্রতীয়মান হয়। এমতাবস্থায়, সিস্টেমে গ্যাস চার্জ করা প্রয়োজন। গ্যাস চার্জ করার আগে লিক ডিটেকশন টেস্টের মাধ্যমে গ্যাস লিকেজের উৎস জেনে তা সংশোধন করা আবশ্যক।

(২) সিস্টেমে বাতাসের উপস্থিতি : সাকশন লাইনে বায়ুশূন্যতা সৃষ্টির কারণে বায়ুমণ্ডল থেকে বাতাস এবং গ্যাস চার্জিং–এর সময় রেফ্রিজার‍্যান্টের সাথে মিশ্রিত বাতাস সিস্টেমে প্রবেশ করতে পারে। হাই ডেলিভারি প্রেশার, স্পন্দিত প্রেশার গেজের কাঁটা, কোল্ড– চেম্বারের অপর্যাপ্ত কুলিং ইত্যাদি থেকে সিস্টেমে বাতাসের উপস্থিতি বুঝা যায়। বাতাসে বিদ্যমান জলীয় বাষ্প এক্সপানশন ভাল্‌ভে, এমনকি ইভাপোরেটর পাইপে (যেখানে লুপ থাকে) বরফাকারে জমে রেফ্রিজার‍্যান্টের প্রবাহ বন্ধ করে দিতে পারে। এ কারণে সিস্টেমে বাতাসের অনুপ্রবেশ ঘটামাত্র তা বহিষ্কার (এয়ার পার্জ) করা আবশ্যক।

(৩) ইভাপোরেটর পাইপে পুরু বরফ : কোল্ড– চেম্বারের বাতাসে বিদ্যমান জলীয় বাষ্প ইভাপোরেটরের ঠাণ্ডা পাইপের সংস্পর্শে এসে বরফাকারে জমতে থাকে। এভাবে জমে ওঠা পুরু বরফের স্তর সুষ্ঠু তাপ প্রবাহে বাধা সৃষ্টি করে, ফলে প্লান্টের দক্ষতা দারুণভাবে হ্রাস পায়। নিয়মিত ডিফ্রস্টিং–এর সাহায্যে ইভাপোরেটরের পাইপ বরফমুক্ত রাখা প্রয়োজন। কোল্ড– চেম্বারে বাতাসের অনুপ্রবেশ হ্রাস করে এ ধরনের সমস্যার উন্নতি সাধন করা যায়।

(৪) সিস্টেমে লুব অয়েলের উপস্থিতি : কনডেন্সার ও ইভাপোরেটর পাইপের ভেতর বাষ্পীয় রেফ্রিজার‍্যান্টের সাথে মিশ্রিত তৈলবাষ্প ঘনীভূত হয়ে ধীরে ধীরে জমতে থাকে। এছাড়া অয়েল সেপারেটরের ত্রুটির কারণে পুরো সিস্টেমে লুব অয়েল ছড়িয়ে পড়তে পারে। ইভাপোরেটরের পাইপে লুব অয়েলের উপস্থিতি সুষ্ঠু তাপ প্রবাহে বাধা সৃষ্টি করে, ফলে হিমায়নের কার্যকারিতা দারুণভাবে হ্রাস পায়। সাকশন লাইনে মাত্রাধিক বরফ, কনডেন্সার ও ইভাপোরেটরের অপর্যাপ্ত কুলিং ইত্যাদি থেকে সিস্টেমে লুব অয়েলের উপস্থিতি প্রতীয়মান হয়। এমতাবস্থায় কনডেন্সার ও ইভাপোরেটরের পাইপ তৈলমুক্ত করা প্রয়োজন।

ডি–পি সুইচের লো প্রেশার সেটিং বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা সামান্য অধিক হওয়া প্রয়োজন। অন্যথায় সাকশন লাইনে বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয়ে বাতাস অনুপ্রবেশের সম্ভাবনা দেখা দেয়। অটো–কন্ট্রোল পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা হিসেবে হাই ডেলিভারি প্রেশার কাট–আউট এবং লো অয়েল প্রেশার কাট–আউট সংযোজন করা হয়।

হিমায়ন পদ্ধতিতে বিভিন্ন সমস্যা ও তার সমাধান

(১) সিস্টেমে গ্যাস (রেফ্রিজারান্ট) এর স্বল্পতা : হাই প্রেশার পাইপের বিভিন্ন সংযুক্তি স্থানে এবং কমপ্রেসরের শ্যাফট সিলে সম্ভাব্য লিকেজের কারণে সিস্টেমে গ্যাসের স্বল্পতা দেখা দিতে পারে। লো ডেলিভারি প্রেশার, বরফহীন সাকশন লাইন, এক্সপানশন ভাল্‌ভের চিঁচি শব্দ, কোল্ড–চেম্বারের অপর্যাপ্ত কুলিং ইত্যাদি থেকে সিস্টেমে গ্যাসের স্বল্পতা প্রতীয়মান হয়। এমতাবস্থায়, সিস্টেমে গ্যাস চার্জ করা প্রয়োজন। গ্যাস চার্জ করার আগে লিক ডিটেকশন টেস্টের মাধ্যমে গ্যাস লিকেজের উৎস জেনে তা সংশোধন করা আবশ্যক।

(২) সিস্টেমে বাতাসের উপস্থিতি : সাকশন লাইনে বায়ুশূন্যতা সৃষ্টির কারণে বায়ুমণ্ডল থেকে বাতাস এবং গ্যাস চার্জিং–এর সময় রেফ্রিজারান্টের সাথে মিশ্রিত বাতাস সিস্টেমে প্রবেশ করতে পারে। হাই ডেলিভারি প্রেশার, স্পন্দিত প্রেশার গেজের কাঁটা, কোল্ড–চেম্বারের অপর্যাপ্ত কুলিং ইত্যাদি থেকে সিস্টেমে বাতাসের উপস্থিতি বুঝা যায়। বাতাসে বিদ্যমান জলীয় বাষ্প এক্সপানশন ভাল্‌ভে, এমনকি ইভাপোরেটর পাইপে (যেখানে লুপ থাকে) বরফাকারে জমে রেফ্রিজারান্টের প্রবাহ বন্ধ করে দিতে পারে। এ কারণে সিস্টেমে বাতাসের অনুপ্রবেশ ঘটামাত্র তা বহিষ্কার (এয়ার পার্জ) করা আবশ্যক।

(৩) ইভাপোরেটর পাইপে পুরু বরফ : কোল্ড–চেম্বারের বাতাসে বিদ্যমান জলীয় বাষ্প ইভাপোরেটরের ঠাণ্ডা পাইপের সংস্পর্শে এসে বরফাকারে জমতে থাকে। এভাবে জমে ওঠা পুরু বরফের স্তর সুষ্ঠু তাপ প্রবাহে বাধা সৃষ্টি করে, ফলে প্লান্টের দক্ষতা দারুণভাবে হ্রাস পায়। নিয়মিত ডিফ্রস্টিং–এর সাহায্যে ইভাপোরেটরের পাইপ বরফমুক্ত রাখা প্রয়োজন। কোল্ড–চেম্বারে বাতাসের অনুপ্রবেশ হ্রাস করে এ ধরনের সমস্যার উন্নতি সাধন করা যায়।

(৪) সিস্টেমে লুব অয়েলের উপস্থিতি : কনডেন্সার ও ইভাপোরেটর পাইপের ভেতর বাষ্পীয় রেফ্রিজারান্টের সাথে মিশ্রিত তৈলবাষ্প ঘনীভূত হয়ে ধীরে ধীরে জমতে থাকে। এছাড়া অয়েল সেপারেটরের ত্রুটির কারণে পুরো সিস্টেমে লুব অয়েল ছড়িয়ে পড়তে পারে। ইভাপোরেটরের পাইপে লুব অয়েলের উপস্থিতি সুষ্ঠু তাপ প্রবাহে বাধা সৃষ্টি করে, ফলে হিমায়নের কার্যকারিতা দারুণভাবে হ্রাস পায়। সাকশন লাইনে মাত্রাধিক বরফ, কনডেন্সার ও ইভাপোরেটরের অপর্যাপ্ত কুলিং ইত্যাদি থেকে সিস্টেমে লুব অয়েলের উপস্থিতি প্রতীয়মান হয়। এমতাবস্থায় কনডেন্সার ও ইভাপোরেটরের পাইপ তৈলমুক্ত করা প্রয়োজন।

রক্ষণাবেক্ষণ

(১) গ্যাস চার্জিং : সিস্টেমে গ্যাসের স্বল্পতা দেখা দিলে গ্যাস চার্জ করা প্রয়োজন। কমপ্রেসর চালু থাকাবস্থায় লো প্রেশার অথবা হাই প্রেশার সাইডে গ্যাস চার্জ করা যায়। হাই প্রেশার সাইডে (এক্সপানশন ভাল্ভের আগে) গ্যাস চার্জ করার সময় রিসিভারের আউটলেট ভাল্ভ বন্ধ রাখা দরকার। অন্যথায় সিস্টেম থেকে তরল রেফ্রিজারেন্ট গ্যাস-সিলিন্ডারে প্রবেশ করতে পারে। লো প্রেশার সাইডে (কমপ্রেসরের আগে) গ্যাস চার্জ করার সময় তরল রেফ্রিজারেন্ট যাতে কমপ্রেসরে প্রবেশ করতে না পারে সেদিকে সতর্ক দৃষ্টি রাখা দরকার। এছাড়া গ্যাস চার্জিং-এর সময় স্বাভাবিক সাকশন প্রেশার বজায় রাখা প্রয়োজন।

(২) এয়ার পার্জিং : সাধারণত প্রতিবার গ্যাস চার্জিং-এর আগে সিস্টেম থেকে বাতাস বহিষ্কার (এয়ার পার্জিং) করা হয়। বাতাস বহিষ্কারের জন্য প্রথমে রিসিভারের আউটলেট ভাল্ভ বন্ধ করে কমপ্রেসর চালিয়ে সিস্টেমের সমস্ত গ্যাস কনডেন্সারে নিয়ে তরলায়িত করা হয়। এ সময় রেফ্রিজারেন্টে মিশ্রিত বাতাস সম্পূর্ণ আলাদা হয়ে তরল রেফ্রিজারেন্টের উপর অবস্থান নেয়, যা পার্জিং ককের সাহায্যে সহজে বহিষ্কার করা যায়। পার্জিং-এর সময় বাতাসের সাথে রেফ্রিজারেন্টও যাতে বেরিয়ে না যায় সেদিকে সতর্ক দৃষ্টি রাখা আবশ্যক।

(৩) ডিফ্রস্টিং : নিয়মিত ইভাপোরেটর পাইপ বরফমুক্ত (ডিফ্রস্ট) করা প্রয়োজন। বিভিন্নভাবে ডিফ্রস্ট করা যায়, যেমন–

(ক) কমপ্রেসর চালু অবস্থায় গরম গ্যাস সরাসরি (কনডেন্সার ও এক্সপানশন ভাল্ভ বাইপাস করে) ইভাপোরেটর পাইপে পরিচালনা করে,

(খ) কমপ্রেসর বন্ধ অবস্থায় ইভাপোরেটরের হিটার ও ব্লোয়ার চালু করে এবং

(গ) কমপ্রেসর বন্ধ অবস্থায় ইভাপোরেটর পাইপের উপর গরম পানি ঢেলে

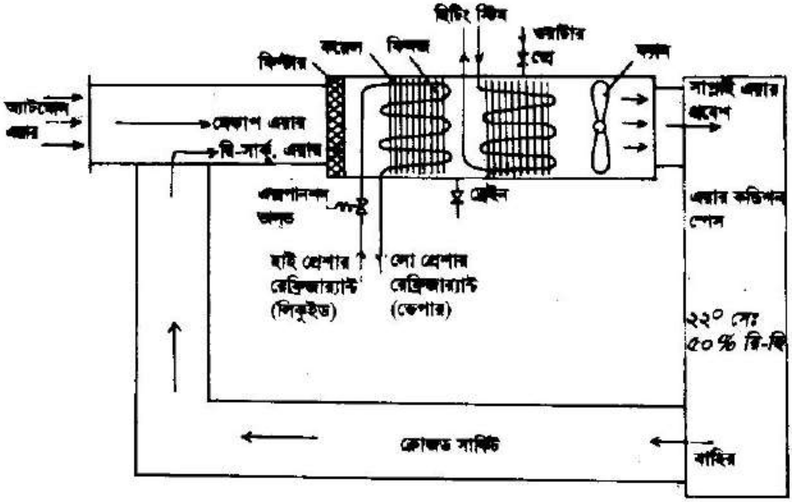
ডিফ্রস্টিং-এর সময় পাইপের উপর থেকে বরফ গলে পড়ে যায়। দ্রুত বরফ সরানোর জন্য কাঠ অথবা প্লাস্টিকের তৈরি দণ্ড ব্যবহার করা যেতে পারে। বরফ সরানোর জন্য কখনো শক্ত ধাতব দণ্ড ব্যবহার করা উচিত নয়, এতে ইভাপোরেটর পাইপ ক্ষতিগ্রস্ত (ছিদ্র বা ফাটল সৃষ্টি) হওয়ার আশঙ্কা থাকে।

(৪) সিস্টেম ব্লোয়িং : কনডেন্সার এবং ইভাপোরেটর পাইপের ভেতর ময়লা বা তেল জমা হলে তা সাথে সাথে পরিষ্কার করা আবশ্যক। পাইপ পরিষ্কারের জন্য সিস্টেমে সাধারণত নাইট্রোজেন গ্যাস ব্লো-থ্রু করা হয়। তবে জরুরি অবস্থায় নাইট্রোজেনের পরিবর্তে সংকুচিত বাতাসও ব্যবহার করা যেতে পারে।

সুষ্ঠু রক্ষণাবেক্ষণ হিসেবে নিয়মিত কোল্ড-চেম্বারের দরজার সিল পরীক্ষা করা, হিটার এলিমেন্ট নবায়ন করা এবং চেম্বার ড্রেইন, কনডেন্সার টিউব, এক্সপানশন ভাল্ভের ফিল্টার ইত্যাদি পরিষ্কার করা আবশ্যক।

এয়ার কন্ডিশন

কোনো পরিবেষ্টিত স্থানের বাতাসের তাপমাত্রা, আর্দ্রতা, বিশুদ্ধতা এবং গতির নিয়ন্ত্রণকে এয়ার কন্ডিশন বলে। বাতাসের ১৯°–২৫° সে. তাপমাত্রা এবং ৩০%–৭০% আর্দ্রতা মানবদেহের জন্য আরামদায়ক। কিন্তু গ্রীষ্মকালে বাতাসের তাপমাত্রা ও আর্দ্রতা উপরিউক্ত মাত্রার উপরে ওঠে এবং শীতকালে নিচে নেমে যায়। অতএব, এয়ার কন্ডিশনের জন্য মূলত বাতাসের তাপমাত্রা ও আর্দ্রতা নিয়ন্ত্রণের প্রয়োজন হয়। ১৩.৪ চিত্রে এয়ার কন্ডিশনের কার্যক্রিয়া বর্ণিত হয়েছে। এই পদ্ধতিতে ব্লোয়ারের সাহায্যে পরিবেষ্টিত স্থানের বাতাস কোল্ড–গ্রীড (যেমন হিমায়নের ইভাপোরেটর কয়েল) অথবা হট–গ্রীড (যেমন স্টিম কয়েল) এর মধ্য দিয়ে সঞ্চালন করা হয় এবং বাতাসের আর্দ্রতা নিয়ন্ত্রণের জন্য ওয়াটার স্প্রে ব্যবহার করা হয়। প্লান্টের সম্ভাব্য লিকেজ মেকাপের জন্য স্বল্প পরিমাণে বিশুদ্ধ বাতাস অনবরত প্লান্টে নেয়া যেতে পারে। এ ধরনের এয়ার মেকাপ প্লান্টের অভ্যন্তরে বাতাসের বিশুদ্ধতা বজায় রাখে।



চিত্র ১৩.৪ : এয়ার কন্ডিশন সিস্টেম।

তাপ প্রয়োগ (অ্যাবজরপশন) হিমায়ন পদ্ধতির ব্যবহার ক্ষুদ্রাকার প্লান্টে যেমন, পারিবারিক কাজে ব্যবহৃত হিমায়ন যন্ত্রেই সীমাবদ্ধ। এগুলিতে তাপ প্রয়োগের জন্য গ্যাস বার্নার, বৈদ্যুতিক হিটার অথবা কুপি বাতি ব্যবহৃত হয়। এই হিমায়ন যন্ত্রের কোনো চলমান অংশ থাকে না, তাই এগুলির কার্যক্রিয়া নিঃশব্দে চলতে থাকে। উল্লেখ্য, এগুলির ব্যবহার আজকাল নেই বললেই চলে।

প্রশ্নমালা

১। ফ্রেয়ন–১২ হিমায়ন পদ্ধতিতে কমপ্রেসরের নিচে বর্ণিত ত্রুটিগুলির সম্ভাব্য কারণ উল্লেখ করে যথাযথ ব্যবস্থা গ্রহণের পরামর্শ দাও :

(ক) অপ্রত্যাশিত সংক্ষিপ্ত সাইকেল,

(খ) হাই ডেলিভারি প্রেশার এবং

(গ) লো ডেলিভারি প্রেশার।

২। ফ্রেয়ন–১২ হিমায়ন পদ্ধতির সূত্রে ব্যাখ্যা কর, কিভাবে–

(ক) রেসিপ্রোকেটিং কমপ্রেসরের লুব্রিকেশন করা হয়,

(খ) ডেলিভারি সাইডে মাত্রাধিক প্রেশার প্রতিরোধ করা হয়,

(গ) মাল্টি–সিলিন্ডার কমপ্রেসরের ক্ষমতা নিয়ন্ত্রণ করা হয়,

(ঘ) রেফ্রিজার‍্যান্ট সার্কিট তৈলমুক্ত করা হয় এবং

(ঙ) এয়ার পার্জ করা হয়।

৩। হিমায়নের দক্ষতার কিভাবে অবনতি ঘটে, তিনটি যথার্থ কারণ উল্লেখ কর। কিভাবে ত্রুটিগুলি প্রত্যক্ষ করে সংশোধনমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা যায়।

৪। হিমায়ন কি ? হিমায়ন পদ্ধতিতে তরল পদার্থের কোন বৈশিষ্ট্যকে কাজে লাগানো হয় ? একটি আদর্শ রেফ্রিজার‍্যান্টের বৈশিষ্ট্যগুলি উল্লেখ কর।

৫। ফ্রেয়ন–১২ হিমায়ন পদ্ধতির কার্যক্রিয়া চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। এই পদ্ধতিতে রেফ্রিজার‍্যান্টের ঈপ্সিত সুপারহিট এবং আন্ডারকুলিং সম্পর্কে আলোচনা কর।

৬। একটি এয়ার কন্ডিশন প্লান্টের কার্যক্রিয়া লাইন ডায়াগ্রামের সাহায্যে বর্ণনা কর। এ ধরনের প্লান্টে বাতাসের আর্দ্রতা এবং তাপমাত্রার স্বাভাবিক মাত্রা কত ?

৭। হিমায়ন সূত্রে ব্যাখ্যা কর :

(ক) বৃহদাকার সিস্টেমে ব্রাইন সার্কিটের ব্যবহার অত্যাবশ্যক কেন ?

(খ) কিভাবে ডিফ্রস্টিং করা হয় ?

(গ) অটো–কন্ট্রোল পদ্ধতিতে কমপ্রেসরের কাট–আউট প্রেশার বায়ুমণ্ডলের চাপের উর্ধ্বে রাখা হয় কেন ?

(ঘ) কিভাবে ফিলার–বাল্বের ফ্লুইড, এক্সপানশন ভাল্‌ভের থ্রটল নিয়ন্ত্রণ করে?

চতুর্দশ অধ্যায়

অটো-কন্ট্রোল

ইঞ্জিন এবং মেশিন পরিচালনায় অটো–কন্ট্রোলের গুরুত্ব অপরিসীম। অটো–কন্ট্রোল বলতে ক্লোজড লুপ কন্ট্রোল বুঝায়। এই কন্ট্রোল ব্যবস্থায় কন্ট্রোলারকে ঈপ্সিত মানে (ডিজায়ার্ড ভ্যালুতে) সেট করা হয়। কন্ট্রোলার সেই সেট ভ্যালুর সাথে ফিডব্যাক সঙ্কেতের (প্রকৃত আউটপুটের) তুলনা করে প্রয়োজনীয় সংশোধনমূলক ব্যবস্থা গ্রহণের নির্দেশ দেয়। যেমন একটি জাহাজের গতি ১০ নট–এ সেট করা অবস্থায় প্রকৃত আউটপুট যদি ১০ নট–এর কম অথবা বেশি হয় তাহলে কন্ট্রোলার তা সংশোধনের জন্য তাৎক্ষণিক প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা গ্রহণের নির্দেশ দেয়।

অটো–কন্ট্রোল ব্যবস্থায় সংশোধনমূলক কার্য সম্পাদনের জন্য আলাদা ইউনিট সংযোজিত হতে পারে, যাকে অ্যাকচুয়েটর বলে। অ্যাকচুয়েটর প্রধানত তিন প্রকার- বৈদ্যুতিক, নিউমেটিক এবং হাইড্রলিক অ্যাকচুয়েটর। এগুলি সম্পর্কে নিচে সংক্ষেপে আলোচনা করা হলো।

বৈদ্যুতিক অ্যাকচুয়েটর : এগুলি অত্যন্ত দক্ষ এবং দ্রুত ক্রিয়াশীল। রিমোট কন্ট্রোলের ক্ষেত্রে এগুলিকে সহজে ব্যবহার করা যায়। বৈদ্যুতিক অ্যাকচুয়েটরের রক্ষণাবেক্ষণ বেশ জটিল এবং বিস্ফোরক পরিবেশে এগুলির ব্যবহার ঝুঁকিপূর্ণ।

নিউমেটিক অ্যাকচুয়েটর : এগুলি স্বল্প দক্ষ এবং ধীরগতিতে ক্রিয়াশীল। নিউমেটিক অ্যাকচুয়েটরের রক্ষণাবেক্ষণ সহজ, তবে এক্ষেত্রে সারাক্ষণ সংনমিত বাতাস সরবরাহের ব্যবস্থা রাখা প্রয়োজন। এগুলি সব ধরনের পরিবেশে ব্যবহারোপযোগী ও নিরাপদ।

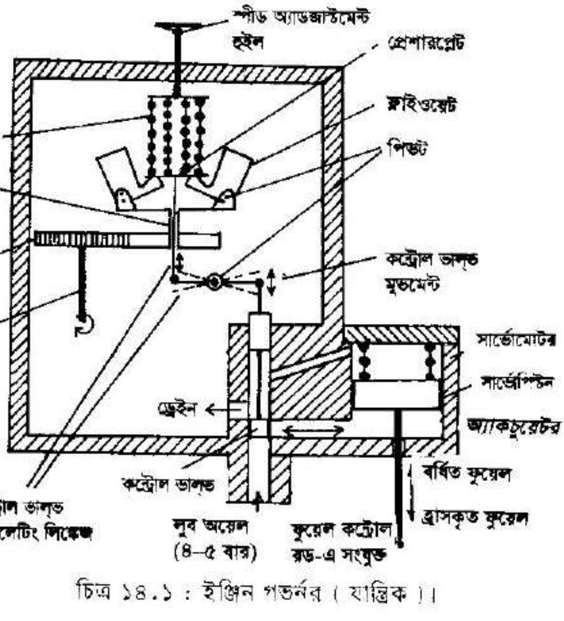
হাইড্রলিক অ্যাকচুয়েটর : এগুলি অত্যন্ত শক্তিশালী, দক্ষ ও দ্রুত ক্রিয়াশীল। হাইড্রলিক অ্যাকচুয়েটরের রক্ষণাবেক্ষণ সহজ, তবে এয়ারলক–এর কারণে এগুলির কার্যকারিতা দারুণভাবে ব্যাহত হয়। হাইড্রলিক সিস্টেমের লিকেজ অন্যান্য যন্ত্রপাতির ক্ষতি এবং আগুন লাগার মত বিপজ্জনক ঝুঁকির কারণ হতে পারে।

অটো–কন্ট্রোল সিস্টেমে প্রয়োজনীয় অ্যালার্ম এবং ফেইল সেফ–এর ব্যবস্থা থাকা প্রয়োজন। নিচে ইঞ্জিন, বয়লার এবং স্টিয়ারিং গিয়ারের কয়েকটি কন্ট্রোল সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা করা হলো।

গভর্নর কন্ট্রোল

ইঞ্জিনের গতি নিয়ন্ত্রণের জন্য গভর্নর কন্ট্রোল সংযোজিত হয়। এটি শক্তি উৎপাদনের চাহিদা অনুযায়ী ফুয়েল ইনজেকশনের পরিমাণ নিয়ন্ত্রণ করে সুনির্দিষ্ট গতিতে ইঞ্জিনকে অবিচল রাখে। গভর্নর প্রধানত দুই প্রকার– যান্ত্রিক এবং বৈদ্যুতিক গভর্নর। ডিজেল ইঞ্জিনে যান্ত্রিক গভর্নরের ব্যবহার একচেটিয়া।

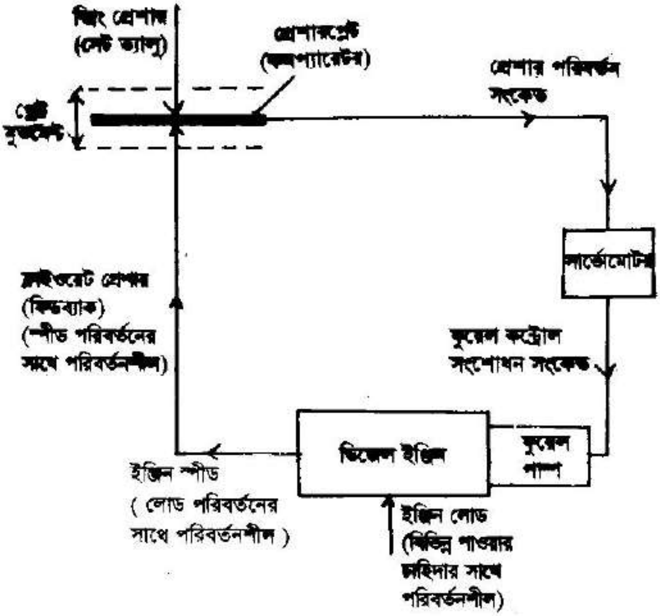
১৪.১ চিত্রে যান্ত্রিক গভর্নরের গঠন ও কার্যক্রিয়া বর্ণিত হয়েছে। যান্ত্রিক গভর্নরের প্রধান অংশ অভিন্নরূপ দুটি ফ্লাইওয়েট। এগুলি ইঞ্জিনের গতির সাথে সামঞ্জস্য রেখে ঘোরে। ঘূর্ণায়মান ফ্লাইওয়েট কেন্দ্রাতিগ বলের প্রভাবে পিভট পয়েন্ট থেকে বাইরের দিকে খোলার সময় তারা ক্র্যাঙ্ক দ্বারা প্রেশারপ্লেটের তলদেশে চাপ দেয়, যার তীব্রতা ইঞ্জিনের গতির ওপর নির্ভরশীল। অপরদিকে প্রেশারপ্লেটের ওপর সেট করা থাকে সুনির্দিষ্ট স্প্রিং প্রেশার।



চিত্র ১৪.১ : ইঞ্জিন গভর্নর (যান্ত্রিক)।

ইঞ্জিন ঈপ্সিত গতিতে ঘোরার সময় স্প্রিং প্রেশার ও ফ্লাইওয়েট প্রেশার পরস্পর বিপরীত দিকে কাজ করে প্রেশারপ্লেটকে একটি ভারসাম্য অবস্থানে স্থির রাখে। প্রেশারপ্লেট ভারসাম্য অবস্থানে স্থির থাকাবস্থায় ইঞ্জিনের গতিতে যদি কোনো পরিবর্তন আসে (লোড পরিবর্তনের কারণে) তখন সাথে সাথে ফ্লাইওয়েট প্রেশারেও পরিবর্তন আসে, ফলে প্রেশারপ্লেট আগের অবস্থান থেকে নিচের অথবা উপরের অবস্থানে সরে যায়। প্রেশারপ্লেটের এই চলন ফুয়েল রেট পরিবর্তন করে ইঞ্জিনের গতিকে আগের অবস্থায় ফিরিয়ে আনে।

প্রেশারপ্লেটের চলন সরাসরি ফুয়েল র‍্যাক পরিচালনার কাজে ব্যবহার করা হলে গভর্নরের কার্যক্রিয়ায় ত্রুটি দেখা দিতে পারে। তাই এ কাজে লিঙ্ক মেকানিজমের সাথে অধিক শক্তিশালী সার্ভোমোটর (অ্যাকচুয়েটর) সংযোজনের প্রয়োজনীয়তা দেখা দেয়। সার্ভোমোটর গভর্নরের কার্যক্রিয়াকে দ্রুততর এবং নিখুঁত করে। আলোচ্য চিত্রে হাইড্রলিক সার্ভোমোটরের সাহায্যে ফুয়েল কন্ট্রোল র‍্যাকের পরিচালনা দেখানো হয়েছে। ইঞ্জিনের গতি হ্রাসের কারণে প্রেশারপ্লেট নিচে নেমে গেলে কন্ট্রোল ভাল্‌ভ উপরে উঠে যায়, তখন প্রেশার–অয়েল সার্ভোমোটর প্রকোষ্ঠে



চিত্র ১৪.২ : গভর্নরের কার্যক্রিয়া।

প্রবেশ করে পিস্টনকে স্প্রিং- প্রেশারের বিপরীতে ঠেলে উপরে ওঠায়, ফলে ফুয়েল ইনজেকশনের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। আবার ইঞ্জিনের গতি বৃদ্ধির কারণে প্রেশারপ্লেট উপরে উঠে গেলে কন্ট্রোল ভাল্‌ভ নিচে নেমে যায়, তখন প্রেশার–অয়েল সার্ভোমোটর প্রকোষ্ঠ থেকে ড্রেইন হয়ে যেতে থাকলে পিস্টন নিচে নেমে যায়, ফলে ফুয়েল ইনজেকশনের পরিমাণ হ্রাস পায়। ইঞ্জিন ঈপ্সিত গতিতে ফিরে আসামাত্র প্রেশারপ্লেট প্রাথমিক ভারসাম্য অবস্থানে ফিরে যায়, কন্ট্রোল ভাল্‌ভ অয়েল পোর্ট বন্ধ করে দেয় এবং সার্ভোপিস্টন ওই অবস্থানে আটকা পড়ে যায়।

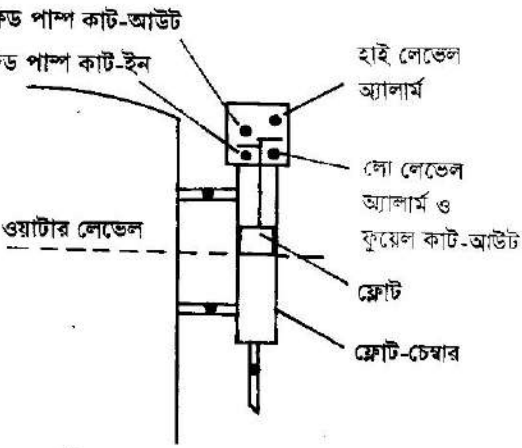
গভর্নরের উপরিউক্ত কার্যক্রিয়া থেকে বুঝা যায় যে, এটি ইঞ্জিনের লোডের তারতম্য অনুসারে ফুয়েল ইনজেকশনের পরিমাণ পরিবর্তন করে ইঞ্জিনকে সুনির্দিষ্ট গতিতে অবিচল

রাখে। সার্ভোমোটর সংযোজিত এ ধরনের যান্ত্রিক গভর্নর জেনারেটর–ইঞ্জিনে ব্যবহারোপযোগী। ১৪.২ রেখাচিত্রের সাহায্যে গভর্নরের কার্যক্রিয়া সহজভাবে তুলে ধরা হয়েছে।

সার্ভোমোটরে ব্যবহৃত প্রেশার–অয়েল সাধারণত ক্র্যাঙ্ককেস লুব অয়েল সিস্টেম থেকে নেয়া হয়। লুব অয়েলের অপর্যাপ্ত প্রেশার অথবা গভর্নর ফেলিঅরের ক্ষেত্রে এসব ইঞ্জিনে অটো স্টপের ব্যবস্থা থাকে, যাকে ফেইল সেফ বলা হয়।

বয়লার ওয়াটার লেভেল কন্ট্রোল

বয়লারের পানির লেভেল গ্রহণযোগ্য সীমার মধ্যে রাখার জন্য বয়লারের গায়ে ফ্লোট–কন্ট্রোল (চিত্র ১৪.৩) সংযোজিত হয়। এই কন্ট্রোল ব্যবস্থায় ফ্লোটের (মাস্টার কন্ট্রোলার) ওঠানামা একটি ঈপ্সিত সীমার মধ্যে সেট করা হয়। বয়লারের পানির লেভেল অনুসারে ফ্লোটটি তার



চিত্র ১৪.৩ : বয়লার ওয়াটার লেভেল কন্ট্রোল।

প্রকোষ্ঠের ভেতর ওঠানামা করে। এই ওঠানামা দ্বারা ফিড–পাম্পের চালু–বন্ধ নিয়ন্ত্রণ করে বয়লারের ঈপ্সিত পানির লেভেল রক্ষা করা হয়। ফিড–পাম্পের স্বয়ংক্রিয় পরিচালন কোনো কারণে বিঘ্নিত হলে বয়লারের পানির লেভেল মাত্রাধিক উপরে অথবা নিচে নেমে যায়, তখন ফ্লোটটি সংকেত দিয়ে ফায়ারিং বন্ধ করে দেয়।

বয়লার ফায়ারিং কন্ট্রোল

বয়লার ফায়ারিং নিয়ন্ত্রণে সাধারণত ইলেকট্রনিক কন্ট্রোল (চিত্র ১৪.৪) সংযোজিত হয়। এই কন্ট্রোল ব্যবস্থায় বয়লারের বাষ্পচাপ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত ডিফারেন্সিয়াল প্রেশার (ডি–পি) সুইচকে ঈপ্সিত চাপসীমায় (যেমন ৪–৭ বার) সেট করা হয়। বয়লারে বাষ্পচাপ নিচের সীমায় ...

বার) নেমে গেলে ডি–পি সুইচ মাস্টার কন্ট্রোলারে সংকেত পাঠায়। সংকেত পাওয়ামাত্র মাস্টার কন্ট্রোলার নিচে বর্ণিত সার্কিটে ক্রমানুসারে একের পর এক বিদ্যুৎ সরবরাহ চালু করে দেয় :

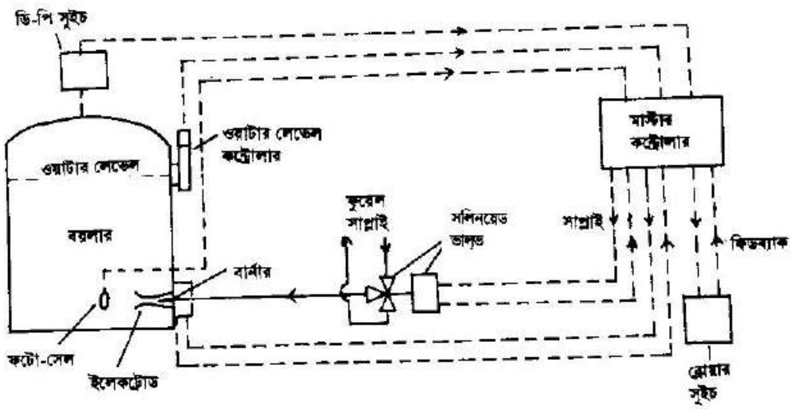
(১) ব্লোয়ার মোটর (ফিডব্যাক সংকেতের সময়সীমা ৩০ সেকেন্ড),

(২) স্পার্ক ইলেকট্রোড (ফিডব্যাক সংকেতের সময়সীমা ৩ সেকেন্ড) এবং

(৩) ফুয়েল ডেলিভারি সলিনয়েড ভাল্ভ (ফিডব্যাক সংকেতের সময়সীমা ৫ সেকেন্ড)।

পরিশেষে মাস্টার কন্ট্রোলার, ফটো সেলের মাধ্যমে ফুয়েল ইগনিশন সম্পর্কে নিশ্চিত হয়। এভাবে সাইকেল পূর্ণ হয় এবং ইগনিশন চলতে থাকে। বয়লারের বাষ্পচাপ উপরের সীমায় (৭ বার) পৌছে গেলে ডি–পি সুইচ মাস্টার কন্ট্রোলারে সংকেত পাঠায়। সংকেত পাওয়ামাত্র মাস্টার কন্ট্রোলার সাইকেল অপারেশন বন্ধ করে দেয়।

উপরিউক্ত সার্কিটের যে কোনো একটির ফিডব্যাক সংকেতে ত্রুটি দেখা দিলে সাইকেল অপারেশন থেমে গিয়ে পুনরায় প্রথম থেকে শুরু হয়। কিন্তু সব সংকেত যথাযথ হওয়া সত্ত্বেও ফটো সেল যদি ফুয়েল ইগনিশন সম্পর্কে নিশ্চিত না করে তবে মাস্টার কন্ট্রোলার সংকেত দিয়ে সাইকেল অপারেশন বন্ধ করে দেয়।

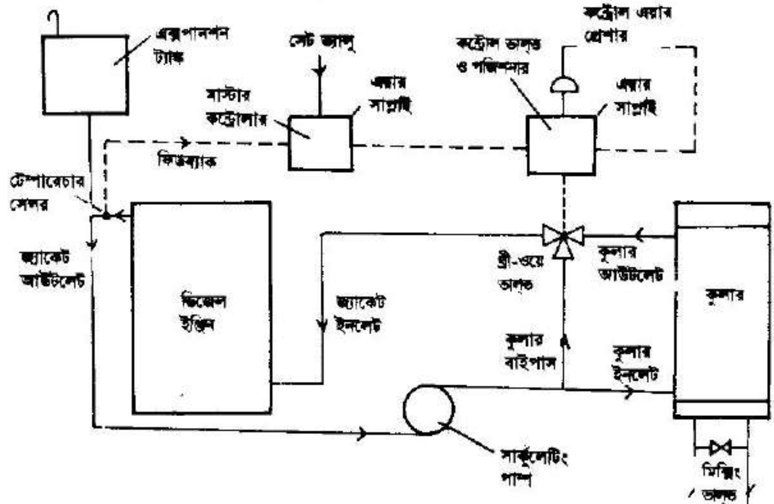


চিত্র ১৪.৪ : বয়লার ফায়ারিং কন্ট্রোল।

জ্যাকেট ওয়াটার টেম্পারেচার কন্ট্রোল

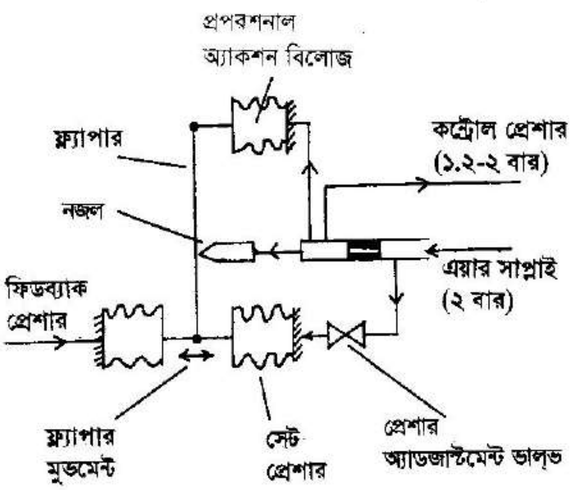
সাধারণত বিশুদ্ধ পানি সঞ্চালনের মাধ্যমে ইঞ্জিনের জ্যাকেট ঠাণ্ডা করা হয় এবং এই পানির তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণের জন্য নিউমেটিক কন্ট্রোল (চিত্র ১৪.৫) সংযোজিত হয়। এই কন্ট্রোল ব্যবস্থায়, মাস্টার কন্ট্রোলারকে ঈপ্সিত মানে সেট করা হয়। জ্যাকেট ওয়াটারের তাপমাত্রা স্বাভাবিক থাকাবস্থায় ফিডব্যাক প্রেশার এবং সেট প্রেশার পরস্পর বিপরীত দিকে কাজ করে মাস্টার কন্ট্রোলারের ফ্ল্যাপারকে নজলের কাছাকাছি একটি ভারসাম্য অবস্থানে (চিত্র ১৪.৬) স্থির রাখে। এ সময় জ্যাকেট ওয়াটারের তাপমাত্রায় পরিবর্তন এলে (যেমন ইঞ্জিন লোড

পরিবর্তনের কারণে) ফিডব্যাক প্রেশারেও পরিবর্তন আসে। ফলে ফ্ল্যাপারটি আগের অবস্থান থেকে নজলের আরো কাছের অথবা দূরের অবস্থানে সরে যায়। ফ্ল্যাপারের এই চলন কন্ট্রোল



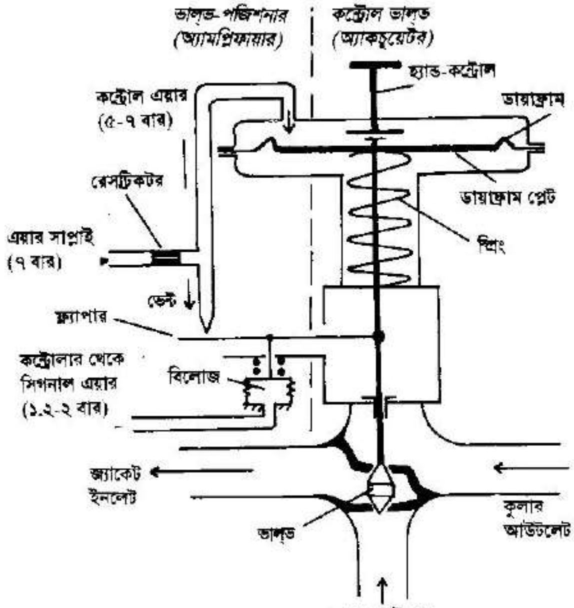
চিত্র ১৪.৫ ঃ জ্যাকেট ওয়াটার টেম্পারেচার কন্ট্রোল।

এয়ারের চাপ পরিবর্তন করে জ্যাকেট ওয়াটারের তাপমাত্রা আগের অবস্থায় ফিরিয়ে আনে। যেমন, জ্যাকেট ওয়াটারের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে ফিডব্যাক প্রেশার বৃদ্ধি পায়, তখন ফ্ল্যাপারটি



চিত্র ১৪.৬ : মাস্টার কন্ট্রোলার।

নজলের আরো কাছের অবস্থানে সরে আসে। এ অবস্থায় নজলের এয়ার লিকেজ হ্রাস এবং সেই সাথে কন্ট্রোল এয়ারের চাপ বৃদ্ধি পায়। বর্ধিত চাপ কন্ট্রোল ভাল্‌ভকে স্প্রিং প্রেশারের বিপরীতে ঠেলে নিচে নামায় (চিত্র ১৪.৭)। এ সময় কুলার থেকে ঠাণ্ডা পানির সরবরাহ বৃদ্ধি (এবং বাইপাস হ্রাস) পাওয়ার কারণে জ্যাকেট ওয়াটারের তাপমাত্রা হ্রাস পায়।



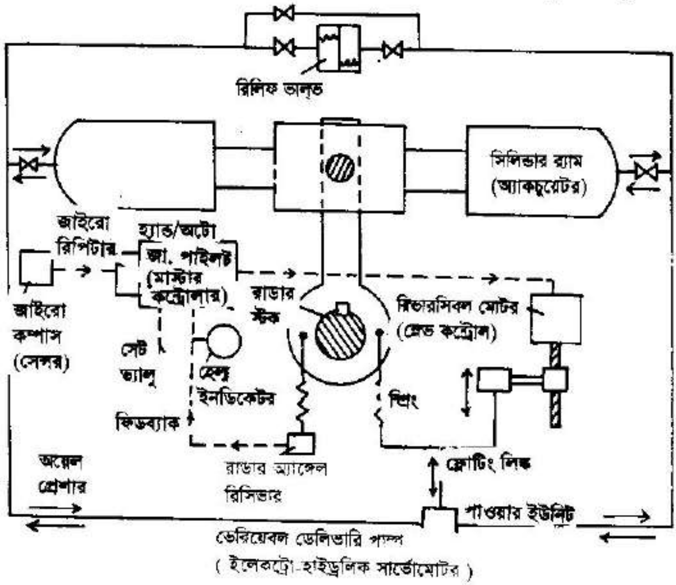
চিত্র ১৪.৭ ঃ কন্ট্রোল ভাল্‌ভ ও ভাল্‌ভ-পজিশনার।

বৃহদাকার নিউমেটিক কন্ট্রোল ভাল্‌ভ পরিচালনার জন্য ভাল্‌ভ-পজিশনার (চিত্র ১৪.৭) সংযোজিত হয়। এটি কন্ট্রোল ভাল্‌ভের কার্যক্রিয়াকে উন্নততর ও নিখুঁত করে।

স্টিয়ারিং গিয়ার কন্ট্রোল

স্টিয়ারিং গিয়ার স্বয়ংক্রিয়ভাবে নিয়ন্ত্রণের জন্য সাধারণত ইলেকট্রো-হাইড্রলিক কন্ট্রোল (চিত্র ১৪.৮) সংযোজিত হয়। এই কন্ট্রোল ব্যবস্থায়, জাইরো পাইলটকে (মাস্টার কন্ট্রোলার) ঈপ্সিত কোর্সে সেট করা হয়। জাইরো পাইলটের অন্যতম অংশ রিপিটার কম্পাস, যা জাইরো কম্পাসের (সেন্সর) সংকেত অনুসারে সঠিক দিক নির্দেশনা দেয়। নির্দিষ্ট সেট কোর্সে জাহাজ চলাবস্থায় জাইরো পাইলটের পোর্ট এবং স্টারবোর্ড রিলে কনট্যাক্ট-এর মধ্যবর্তী স্থানে রিপিটার কম্পাসের কাঁটা (গিয়ার দ্বারা পরিচালিত) স্থির থাকে, তখন স্টিয়ারিং-এর জন্য কোনো সংকেত প্রবাহিত হয় না। এ সময় রাডার (হাল) নিউট্রাল অবস্থানে থাকে বলে স্টিয়ারিং অ্যাকশনও সংঘটিত

হয় না। কিন্তু জাহাজ সেট কোর্স থেকে বিচ্যুত হওয়ামাত্র (যেমন ঝড়-তুফানের কারণে রিপিটার কম্পাসের কাঁটা বিচ্যুতির দিকের ওপর ভিত্তি করে জাইরো পাইলটের পোর্ট অথবা স্টারবোর্ড রিলে কনট্যাক্টের সাথে সংযুক্ত হয় এবং সংশোধনমূলক সংকেত পাঠায় এ সময় স্টিয়ারিং অ্যাকশন সংঘটিত হয়। অর্থাৎ স্টিয়ারিং মোটর সক্রিয় হয়ে ঘুরতে শুরু করে, হাইড্রলিক পাম্পের পাম্পিং শুরু হয় এবং রাডার সঠিক দিকে ঘুরতে থাকে। দিক বিচ্যুতির অনুরূপ অবস্থানে



চিত্র ১৪.৮ : স্টিয়ারিং গিয়ার কন্ট্রোল।

রাডার পৌঁছামাত্র ফিডব্যাক সংকেত প্রাথমিক সংকেতকে বাতিল করে দেয়। ফলে স্টিয়ারিং মোটর এবং রাডার মুভমেন্ট বন্ধ হয়ে যায়। এমতাবস্থায় জাহাজ তার সেট কোর্সে ফিরে আসে এ সময় জাইরো রিপিটার স্টিয়ারিং সিকোয়েন্স রিভার্স করে রাডারকে আবার নিউট্রাল অবস্থানে ফিরিয়ে আনে। উল্লেখ্য, সীমিত রাডার অ্যাঙ্গেল (২°-৬°) সুষ্ঠু স্টিয়ারিং অপারেশন নিশ্চিত করে।

প্রশ্নমালা

১। ইঞ্জিনের জ্যাকেট ওয়াটারের তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণে যে কোনো একটি অটো-কন্ট্রোল পদ্ধতির কার্যক্রিয়া চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। এই পদ্ধতির সুবিধা-অসুবিধাগুলি আলোচনা কর।

২। নিম্নলিখিত আখ্যাগুলির সূত্রে ইলেকট্রো–হাইড্রলিক স্টিয়ারিং গিয়ারের কার্যক্রিয়া চিত্র সহকারে বর্ণনা কর :

(ক) সেন্সর,

(খ) ডিজায়ার্ড ভ্যাল্যু,

(গ) ফিডব্যাক,

(ঘ) অ্যাকচুয়েটর।

এই পদ্ধতিতে রিলিফ ভাল্ভের ব্যবহার অত্যাবশ্যক কেন ?

৩। অটো–কন্ট্রোল সিস্টেমের বৈদ্যুতিক ও নিউমেটিক অ্যাকচুয়েটরের দোষ–গুণ তুলনা কর। ফেইল সেফ কি এবং এর প্রয়োজনীয়তা কতটুকু ?

৪। জেনারেটর–ইঞ্জিনে ব্যবহারোপযোগী একটি গভর্নরের কার্যক্রিয়া চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। এতে কি ধরনের রক্ষণাবেক্ষণ প্রয়োজন আলোচনা কর।

৫। অটো–কন্ট্রোল সংযোজিত বয়লার সূত্রে ব্যাখ্যা কর :

(ক) কিভাবে প্রতিটি অংশের কর্মক্ষমতা বজায় রাখা যায় ?

(খ) অটো–স্টপ কি ? এটি কিভাবে দৃষ্টি আকর্ষণ করে ?

৬। একটি অটো–কন্ট্রোল বয়লারের কার্যপদ্ধতি চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। এর বিভিন্ন অংশের নিরাপদ কার্যক্রিয়া কিভাবে নিশ্চিত করা যায় ?

পঞ্চদশ অধ্যায়

ইঞ্জিন-দুর্ঘটনা ও নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা

ক্র্যাঙ্ককেস বিস্ফোরণ

ক্র্যাঙ্ককেসের অতিউত্তপ্ত বিয়ারিং, অতিউত্তপ্ত পিস্টন রড গ্ল্যান্ড, পিস্টন ব্লো-পাস্ট, স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ার ইত্যাদি ক্র্যাঙ্ককেসের অভ্যন্তরে হট স্পট সৃষ্টি করে বিস্ফোরণ ঘটাতে পারে। ইঞ্জিন স্বাভাবিকভাবে চলাবস্থায় স্প্ল্যাশিং ও থ্রটলিং-এর কারণে কিছু গরম লুব অয়েল (আনুমানিক তাপমাত্রা ৫০° সে.) ক্র্যাঙ্ককেসের অভ্যন্তরে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণায় বিভক্ত হয়ে পড়ে। এই তৈলকণা আকারে অনেক বড় (২০০ মাইক্রোনের মত), তাই সহজে প্রজ্বলিত হতে পারে না। কিন্তু ক্র্যাঙ্ককেসে হট স্পট সৃষ্টি (আনুঃ তাপমাত্রা ৪০০° সে.) হলে তার সংস্পর্শে এসে সমস্ত পরিমাণ লুব অয়েল বাষ্পে পরিণত হয় (এই তৈলকণা আকারে অনেক ছোট, ৬ মাইক্রোনের মত) এবং পরক্ষণে তা ক্র্যাঙ্ককেসের ঠাণ্ডা স্থানে গিয়ে ঘনীভূত হয়। সূক্ষ্মকণায় বিভক্ত এবং ক্র্যাঙ্ককেসের বাতাসে সুমিশ্রিত এই ঘনীভূত তেল (অয়েল-মিস্ট) পুনরায় হট স্পটের সংস্পর্শে আসামাত্র প্রজ্বলিত হয়ে ওঠে এবং সহসা বিস্ফোরণ ঘটায়।

বিস্ফোরণের প্রাথমিক অবস্থায় ক্র্যাঙ্ককেসে যে ফ্লেম ফ্রন্ট এবং প্রেশার ওয়েভের সৃষ্টি হয় তা শুরুতেই হ্রাস করা দরকার, অন্যথায় দ্রুত বৃদ্ধি পেয়ে ক্র্যাঙ্ককেসের মারাত্মক ক্ষতি সাধন করতে পারে। প্রাথমিক বিস্ফোরণে ক্র্যাঙ্ককেস ক্ষতিগ্রস্ত হলে (যেমন ক্র্যাঙ্ককেসে ফাটল ধরলে) তার অভ্যন্তরে বায়ুশূন্যতার সৃষ্টি হয়, তখন চারদিক থেকে বাতাস এসে জ্বলন্ত তৈলবাষ্পের সংস্পর্শে দ্বিতীয়বার বিস্ফোরণ ঘটায়। দ্বিতীয় বিস্ফোরণ অত্যন্ত তীব্র, এমনকি অগ্নি দুর্ঘটনার কারণও হতে পারে।

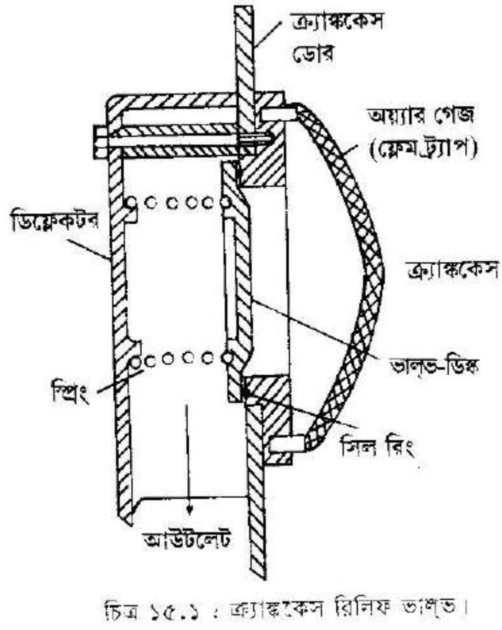
ইঞ্জিন চালু অবস্থায় সতর্ক দৃষ্টি রাখলে ক্র্যাঙ্ককেসের ভেতর হট স্পট সৃষ্টির আভাস পাওয়া যায়। দুমদাম শব্দ, মাত্রাতিরিক্ত তাপমাত্রা, পোড়াপোড়া গন্ধ, ঘন সাদা তৈলবাষ্প ইত্যাদি হট স্পট সৃষ্টির আভাস দেয়। হট স্পট অথবা বিস্ফোরণ পরিলক্ষিত হওয়ামাত্র ইঞ্জিন বন্ধ করা আবশ্যক। সেই সাথে ইঞ্জিন সিজার ঠেকানোর জন্য টার্নিং গিয়ারের সাহায্যে (অথবা হাতে) ক্র্যাঙ্কশ্যাফট ঘোরানো প্রয়োজন। এ সময় স্বাভাবিক অয়েল সার্কুলেশন চালু রাখা এবং ক্র্যাঙ্ককেস ডোর থেকে সবাইকে নিরাপদ দূরত্বে অবস্থান করা আবশ্যক। ইঞ্জিন ঠাণ্ডা না হওয়া পর্যন্ত ক্র্যাঙ্ককেস ডোর কিছুতেই খোলা উচিত নয়। ক্র্যাঙ্ককেসে অগ্নিনির্বাপক গ্যাস প্রবিষ্ট করানো হলে পর্যবেক্ষণের আগে তা ভালো মত ভেন্টিলেট করা প্রয়োজন। ক্র্যাঙ্ককেস বিস্ফোরণ

রোধ করার জন্য অয়েল–মিস্‌ট ডিটেক্টরের ব্যবহার সর্বব্যাপী। তবে হট স্পট সৃষ্টির সম্ভাব্য স্থানগুলিতে হিট সেন্সরের ব্যবহারও সন্তোষজনক।

প্রাথমিক বিস্ফোরণের সম্ভাব্য তীব্রতা অনুসারে ক্র্যাঙ্ককেসে রিলিফ ভাল্‌ভের ব্যবহার অত্যাবশ্যক। এগুলি বিস্ফোরণের শুরুতেই প্রেশার হ্রাস করে ক্র্যাঙ্ককেসকে সম্ভাব্য ক্ষয়ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করে। ফলে দ্বিতীয় বিস্ফোরণ সংঘটিত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে না। ক্র্যাঙ্ককেসে ইনার্ট গ্যাস চার্জ বজায় (সর্বাল্প ৩০%) রেখেও বিস্ফোরণ রোধ করা যায়। কিন্তু সেক্ষেত্রে ইঞ্জিনরুমে কাজ করা ঝুঁকিপূর্ণ হয়ে দাঁড়ায়। অতিরিক্ত নিরাপত্তা হিসেবে ক্র্যাঙ্ককেস ডোর দৃঢ় হওয়া, লুব অয়েল ড্রেইন পাইপ অয়েল লেভেলের অনেক নিচে পর্যন্ত বিস্তৃত হওয়া এবং ড্রেইন/ভেন্ট পাইপ অন্য ইঞ্জিন থেকে আলাদা হওয়া আবশ্যক।

ক্র্যাঙ্ককেস রিলিফ ভাল্‌ভ

ডিজেল ইঞ্জিনের সিলিন্ডার বোর ৩০০ মিলিমিটারের অধিক হলে ক্র্যাঙ্ককেসে রিলিফ ভাল্‌ভ ব্যবহারের প্রয়োজন হয়। এগুলি একদিকে ক্র্যাঙ্ককেসের মাত্রাধিক প্রেশার হ্রাস, অপরদিকে বাতাসের অনুপ্রবেশ রোধ করে। সাধারণত ক্র্যাঙ্ককেস ডোরের উপরই এগুলি স্থাপিত হয়।



চিত্র ১৫.১ : ক্র্যাঙ্ককেস রিলিফ ভাল্‌ভ।

ক্র্যাঙ্ককেস রিলিফ ভাল্‌ভের অন্যতম অংশ– ভাল্‌ভ ডিস্ক, সিল রিং, স্প্রিং, ডিফ্লেকটর এবং ফ্লেম ট্র্যাপ (চিত্র ১৫.১)। ভাল্‌ভ ডিস্ক অ্যালুমিনিয়াম সংকরের, সিল রিং তাপ সহ্য ক্ষমতাসম্পন্ন রাবারের এবং ফ্লেম ট্র্যাপ মাইল্ড স্টিল অয়্যার গেজের হয়ে থাকে। এই

ভাল্ভের স্প্রিং বড় ব্যাসের হয় বলে অত্যন্ত সেন্সিটিভ যা দ্রুত খোলা–বন্ধের সহায়ক হয়।

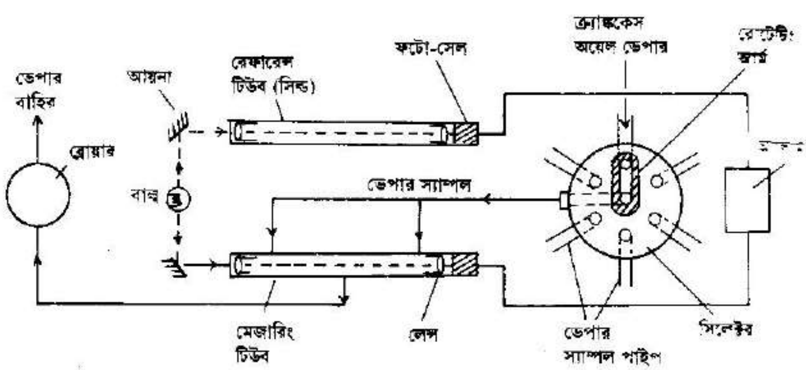
রিলিফ ভাল্ভে বহির্ভাগে থাকে একটি কাভার, যা প্রথমত স্প্রিংকে যথাযথ অবস্থানে ধরে রাখে এবং দ্বিতীয়ত ডিফ্লেকটর হিসেবে কাজ করে। ডিফ্লেকটর গ্যাসের বহির্গমন এমনভাবে নির্দেশ করে যা থেকে ইঞ্জিনরুমে তেমন কোনো দুর্ঘটনা ঘটার সুযোগ থাকে না।

রিলিফ ভাল্ভের ফ্লেম ট্র্যাপ থাকে ক্র্যাঙ্ককেসের ভেতর। ইঞ্জিন চালু অবস্থায় এর অন্দর গেজ অয়েল স্প্লাশিং ও তৈলবাষ্প দ্বারা সিক্ত হয়ে ওঠে, যার ভেতর দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় গরম গ্যাসের প্রজ্বলন ক্ষমতা উল্লেখযোগ্যভাবে হ্রাস পায়। এ ক্ষেত্রে তাপমাত্রা ১৫০০° থেকে ১৫০° সেলসিয়াসে নেমে আসে। ক্র্যাঙ্ককেস রিলিফ ভাল্ভের মুখের আয়তন কমপক্ষে ৪৫ বর্গ সেন্টিমিটার এবং গড় আয়তন প্রতি ঘনমিটার আয়তনের (ক্র্যাঙ্ককেসের) জন্য ১১৫ বর্গ সেন্টিমিটার হওয়া আবশ্যক। এই ভাল্ভ খোলার চাপ আনুমানিক ৫ বার হয়।

ক্র্যাঙ্ককেস রিলিফ ভাল্ভের রক্ষণাবেক্ষণ খুব সহজ। মাঝে–মধ্যে হাতে চাপ দিয়ে এর সহজ খোলা–বন্ধ নিশ্চিত করা এবং লিকেজের ক্ষেত্রে সিল রিং পরীক্ষা করে প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা গ্রহণ করা আবশ্যক।

ক্র্যাঙ্ককেস অয়েল-মিস্ট ডিটেক্টর

ক্র্যাঙ্ককেসে তৈলবাষ্পের উপস্থিতি ঘটামাত্র তা নির্দেশ করার জন্য ক্র্যাঙ্ককেস অয়েল–মিস্ট ডিটেক্টর ব্যবহৃত হয়। এটি তৈলবাষ্পের ঘনত্ব বিপজ্জনক (বিস্ফোরণ ঘটানোর মতো) পর্যায়ে



চিত্র ১৫.২ : ক্র্যাঙ্ককেস অয়েল–মিস্ট ডিটেক্টর।

পৌঁছানোর আগেই সঙ্কেত প্রদান করে। ফলে যথাসময়ে ইঞ্জিনের গতি হ্রাস করে সম্ভাব্য বিস্ফোরণ এড়ানো যায়।

অয়েল–মিস্ট ডিটেক্টরের প্রধান অংশ- ফটো সেল ও লেন্স সংবলিত অভিন্নরূপ দুটি সমান্তরাল টিউব, যার ভেতর সমতীব্রতাসম্পন্ন আলোর প্রতিফলন (একই বাল্ব দ্বারা) ঘটানো হয় (চিত্র ১৫.২)। টিউব দুটির একটিকে রেফারেন্স টিউব এবং অপরটিকে মেজারিং টিউব বলে। রেফারেন্স টিউবে পরিষ্কার বাতাস সিল্ড অবস্থায় এবং মেজারিং টিউবে ক্র্যাঙ্ককেসের বাতাস (সিলেক্টর, ব্লোয়ার এবং স্যামপ্লিং পাইপের সাহায্যে একটার পর একটা ইউনিটের) একটানাভাবে প্রবাহের ব্যবস্থা রাখা হয়। ইঞ্জিন স্বাভাবিকভাবে চলা অবস্থায় সিলেক্টরের রোটেটিং আর্ম নির্দিষ্ট গতিতে থেমে থেমে ঘুরতে থাকে। এ সময় ফটো সেল দুটির উৎপাদিত বিদ্যুতের মধ্যে (ফটো সেল আলোর তীব্রতা অনুসারে বিদ্যুৎ উৎপাদন করে) সমতা রক্ষিত হয় বলে কোনো সংকেত প্রেরিত হয় না। কিন্তু মেজারিং টিউবে তৈলবাষ্প (অয়েল–মিস্ট) প্রবেশ করামাত্র ওই ফটো সেলের উপর প্রতিফলিত আলোর তীব্রতা হ্রাস পায়, তখন ফটো সেল দুটির উৎপাদিত বিদ্যুতের মধ্যে অসমতার সৃষ্টি হয়ে অ্যালার্ম বেজে ওঠে। সঙ্কেত বেজে ওঠার সাথে সাথে রোটেটিং আর্ম থেমে যায়, যা দেখে ত্রুটিপূর্ণ ইউনিট কোনটি বুঝা যায়।

অয়েল–মিস্ট ডিটেক্টরের স্যামপ্লিং পাইপ ১২.৫০ মিটার পর্যন্ত দীর্ঘ হয়। এগুলি ক্রমশ নিচের দিকে ঢালু থাকে বলে বাতাসের প্রবাহে প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টির (যেমন তেল জমে যাওয়া) সম্ভাবনা থাকে না। অয়েল–মিস্ট ডিটেক্টরের সুষ্ঠু কার্যক্রিয়া নিশ্চিত করার জন্য লেন্স ও আয়না নিয়মিত পরিষ্কার করা আবশ্যক।

ক্র্যাঙ্কশ্যাফট (এবং বিয়ারিং) ফেলিঅর

অধিকাংশ ক্র্যাঙ্কশ্যাফট ফেলিঅরের মূলেই রয়েছে মিস–অ্যালাইনমেন্ট। মিস–অ্যালাইনমেন্ট বিভিন্ন কারণে হতে পারে, তার মধ্যে ইঞ্জিন ফাউন্ডেশনে ত্রুটি ও বেডপ্লেটের বিকৃতি অন্যতম। এসব ত্রুটির জন্য মূলত নির্মাণ কৌশলই দায়ী। উল্লেখ্য, ছোট ছোট শিপ–ইয়ার্ড ও ডক–ইয়ার্ডে নির্মিত জাহাজে ঘনঘন ক্র্যাঙ্কশ্যাফট দুর্ঘটনার কথা শোনা যায়।

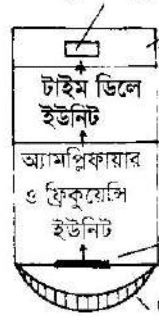
ইঞ্জিনের আকস্মিক গতি বৃদ্ধি, রেসিং, ভারসাম্যহীনতা ইত্যাদি পরিবর্তী পীড়নের তীব্রতা বাড়িয়ে ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের মারাত্মক ক্ষতি সাধন করতে পারে। এ কারণে নিয়মিত পাওয়ার ব্যালান্সিং এবং সম্ভাব্য গতি হ্রাস–বৃদ্ধির ক্ষেত্রে গভর্নর এনগেজ করা প্রয়োজন।

ক্র্যাঙ্কশ্যাফট ফেলিঅরের আরেকটি প্রধান কারণ হচ্ছে সুষ্ঠু লুব্রিকেশনে ব্যর্থতা। লুব অয়েল প্রেশার তাই একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে (২–৪ কেজি/ সেন্টি) রাখা দরকার।

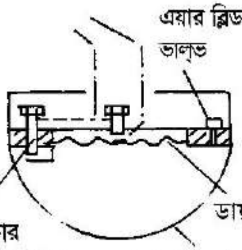
সুষ্ঠু লুব্রিকেশন নিশ্চিত করার জন্য লুব অয়েল সিস্টেমে লো প্রেশার অ্যালার্ম এবং ড্রেইন ট্যাঙ্কে (বা সাম্পে) লো লেভেল অ্যালার্ম ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এই অ্যালার্ম শোনামাত্র সংশোধনমূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করে ইঞ্জিনকে সম্ভাব্য ক্ষয়ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করা যায়। লো প্রেশারের ক্ষেত্রে অটো স্টপের ব্যবস্থা অতিরিক্ত নিরাপত্তা নিশ্চিত করে।

ইঞ্জিন লুব্রিকেশনে সব সময় সঠিক গ্রেডের লুব অয়েল ব্যবহার করা প্রয়োজন। অনেক ক্ষেত্রে, ক্র্যাঙ্কশ্যাফট (এবং বিয়ারিং) ফেলিঅরের কারণ অনুসন্ধান করতে গিয়ে দেখা গেছে,

ইঞ্জিনে ব্যবহৃত লুব অয়েল সঠিক গ্রেডের তো নয়ই, বরং তা অনেকটা পাতলা ডিজেল অয়েলের মত। বাজার থেকে তাই খোলা লুব অয়েল ক্রয় সম্পূর্ণভাবে বর্জন করা দরকার



ইনফ্রা রেড ফ্লেম ডিটেক্টর



হিট সেন্সর

চিত্র ১৫.৩ : ফ্লেম ডিটেক্টর ও হিট সেন্সর।

লুব্রিকেশন ত্রুটিজনিত ক্ষয়ক্ষতির হাত থেকে রক্ষার জন্য ইঞ্জিনে বিভিন্ন ধরনের নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা রাখা হয়। যেমন, টার্বোচার্জার ও রিডাকশন গিয়ারে তেল সরবরাহ করা হয় সাধারণত ওভারহেড ট্যাঙ্ক থেকে। পাম্প (বা ইঞ্জিন) চালু অবস্থায় ওভারহেড ট্যাঙ্ক সবসময় পূর্ণ থাকে এবং সেখান থেকে তেল টার্বোচার্জার ও রিডাকশন গিয়ারে যায়। কোন

কারণে পাম্প (বা ইঞ্জিন) বন্ধ হয়ে গেলে ওই ট্যাঙ্কের তেল দ্বারা বেশ কিছু সময় ধরে লুব্রিকেশন চলতে থাকে।

স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ার

স্ক্যাভেঞ্জ স্পেসে পুঞ্জীভূত অদগ্ধ তেল এবং কার্বনের প্রজ্বলনকে স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ার বলে। ইঞ্জিন স্বাভাবিকভাবে চলা অবস্থায় সামান্য পরিমাণ অদগ্ধ তেল (যেমন হেভি ফুয়েল অয়েল ও সিলিন্ডার অয়েল) এবং কার্বন স্ক্যাভেঞ্জ স্পেসে ধীরে ধীরে জমতে থাকে। ত্রুটিপূর্ণ দহন ও সিলিন্ডার লুব্রিকেশনের কারণে এই অবস্থার অবনতি ঘটে। স্ক্যাভেঞ্জ স্পেসে পুঞ্জীভূত তেল ও কার্বন সিলিন্ডার ব্লো–পাস্ট অথবা যে কোনো হট স্পটের সংস্পর্শে সহসা প্রজ্বলিত হতে পারে। স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ারের লক্ষণ হচ্ছে অপ্রত্যাশিতভাবে ইঞ্জিনের গতি হ্রাস, ইউনিট বিশেষে এগজস্টের তাপমাত্রা বৃদ্ধি, ফানেলে কালো ধোঁয়া, স্ক্যাভেঞ্জ ড্রেইনে ধোঁয়া, টার্বোচার্জার সার্জিং, স্ক্যাভেঞ্জ এয়ারের তাপমাত্রা বৃদ্ধি ইত্যাদি। স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ারের ফলে প্রাথমিক অবস্থায় সিলিন্ডার লাইনারে ফাটল ও ওয়াটার সিল ফেলিঅর এবং চরম অবস্থায় ইঞ্জিন সিজার ও ক্র্যাঙ্ককেস বিস্ফোরণের মত মারাত্মক দুর্ঘটনা ঘটতে পারে।

স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ার পরিলক্ষিত হওয়ামাত্র ইঞ্জিনের গতি হ্রাস করে ইউনিট বিশেষের ফুয়েল কাট–অফ এবং সিলিন্ডার লুব্রিকেশন সামান্য বাড়ানো দরকার। এ সময় স্ক্যাভেঞ্জ ড্রেইন বন্ধ রাখা আবশ্যক।

সামান্য অগ্নিকাণ্ডের ক্ষেত্রে অল্পক্ষণের মধ্যেই পরিস্থিতি স্বাভাবিক হয়ে আসে। তখন ফুয়েল কন্ট্রোল আবার পূর্বাবস্থায় ফিরিয়ে নেয়া যায়। তবে স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ারের পর ইউনিট বিশেষ পুরোপুরিভাবে পরিদর্শন না করা পর্যন্ত তার ফুয়েল সেটিং সামান্য কমিয়ে রাখা ভালো।

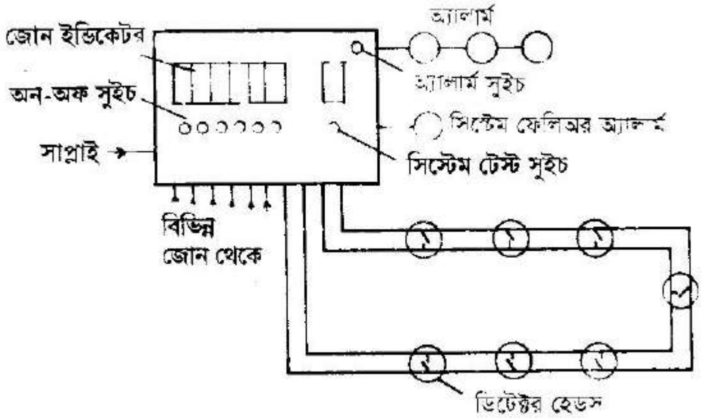
অগ্নিকাণ্ড দীর্ঘায়িত হলে ইঞ্জিন বন্ধ করে স্ক্যাভেঞ্জ ট্রাঙ্কিং–এ সংযুক্ত অগ্নিনির্বাপক ব্যবস্থার সাহায্যে আগুন নিভিয়ে ফেলা দরকার। এ সময় টার্নিং গিয়ারের সাহায্যে ইঞ্জিন ঘোরানো প্রয়োজন, অন্যথায় ইঞ্জিন সিজারের সম্ভাবনা থাকে। আগুন নেভানোর পর স্ক্যাভেঞ্জ ট্র্যাঙ্কিং পরিষ্কার করে ইউনিট বিশেষের পিস্টন, লাইনার, ওয়াটার সিল ইত্যাদি ভালোমত পরীক্ষা করা আবশ্যক।

নিয়মিত স্ক্যাভেঞ্জ স্পেস পরিষ্কার করা, সুষ্ঠু জ্বালানি দহন ও লুব্রিকেশন নিশ্চিত করা ইত্যাদি স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ার প্রতিরোধের সহায়ক। নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা হিসেবে স্ক্যাভেঞ্জ ট্র্যাঙ্কিং–এ রিলিফ ভাল্ভ ও টেম্পারেচার অ্যালার্ম ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

অগ্নি দুর্ঘটনা

যে কোনো স্থানে আগুন জ্বলে ওঠার জন্য অক্সিজেন, তাপ এবং দাহ্য পদার্থ এই তিনটি জিনিসের সমন্বয় প্রয়োজন। এগুলির কোনো একটিকে বাদ দিয়ে অগ্নি প্রজ্বলন সম্ভব নয়। অনুরূপভাবে, আগুন থেকে অক্সিজেন, তাপ এবং দাহ্য পদার্থ এগুলির যে কোনো একটিকে সরিয়ে নিলেই তা নিভে যায়।

অগ্নি দুর্ঘটনা একটি মারাত্মক ঝুঁকিপূর্ণ ব্যাপার। তাই এর প্রতিকারের চেয়ে প্রতিরোধের প্রতি দৃষ্টি দেয়া বিশেষ দরকার। পরিচ্ছন্নতা, সতর্কতা ও অগ্নি প্রজ্বলন সম্পর্কে সম্যক জ্ঞান থাকলেই অগ্নি দুর্ঘটনা এড়ানোর উৎকৃষ্ট উপায়। কোনো স্থানে অগ্নি দুর্ঘটনার সূচনা হওয়ামাত্র তা অবগত হওয়ার জন্য সঙ্কেত পদ্ধতি ব্যবহার করা যেতে পরে। এসব পদ্ধতিতে সাধারণত ফ্লেম ডিটেক্টর ও হিট সেন্সর (চিত্র ১৫.৩) থাকে। ফ্লেম ডিটেক্টর ও হিট সেন্সর যথাক্রমে অগ্নি-স্ফুলিঙ্গ এবং মাত্রাধিক তাপের উদ্ভব হওয়ামাত্র সার্কিটে সংকেত পাঠায় (চিত্র ১৫.৪)। ওই সঙ্কেত অনুসারে যথাযথ ব্যবস্থা গ্রহণ করে আগুন দ্রুত নেভানো যায়।



চিত্র ১৫.৪ : ফায়ার অ্যালার্ম সার্কিট।

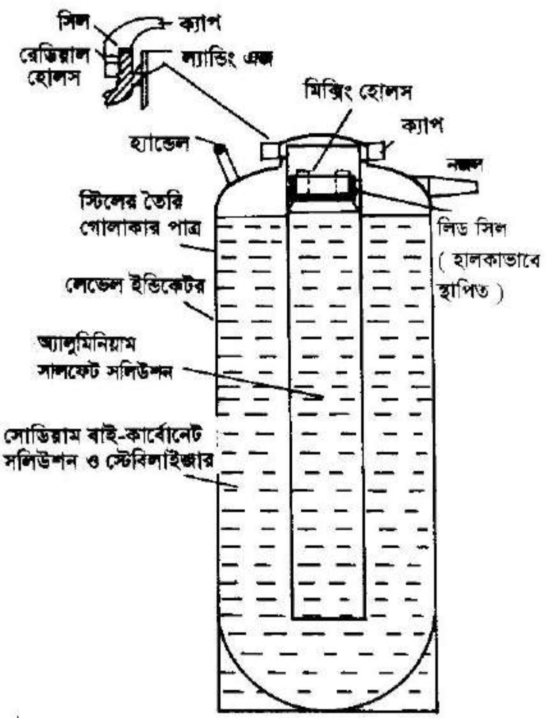
আগুন দ্রুত ও সাফল্যজনকভাবে নেভানোর জন্য আগুনের প্রকারভেদ সম্পর্কে পরিষ্কার ধারণা থাকা আবশ্যক। সচরাচর তিন ধরনের আগুন দেখা যায়- যেমন, বৈদ্যুতিক আগুন, তৈলজাতীয় পদার্থে আগুন এবং কঠিন পদার্থে আগুন। এগুলিকে ঠাণ্ডা করে অথবা এগুলি থেকে অক্সিজেন বিচ্ছিন্ন করে সহজেই নিভিয়ে ফেলা যায়।

তৈলজাতীয় পদার্থে আগুন লাগার সাথে সাথে তা পুরো সারফেসে ছড়িয়ে পড়ে। তবে ফোম, ড্রাই পাউডার, ইনার্ট গ্যাস ইত্যাদি প্রয়োগ করে জ্বলন্ত তেলের উপরিভাগ থেকে অক্সিজেনকে বিচ্ছিন্ন করা যায়।

বৈদ্যুতিক আগুনের সূত্রপাত হয় কোনো না কোনো কম্পোনেন্টের অতিউত্তপ্ততার কারণে। এ ধরনের আগুন নেভানোর জন্য প্রথমেই বিদ্যুত সরবরাহ বন্ধ করে দেয় প্রয়োজন। অতঃপর পানি দ্বারা তা নিভিয়ে ফেলা যায়। কিন্তু বিদ্যুত সরবরাহ বন্ধ করা না গেলে ড্রাই পাউডার ও ইনার্ট গ্যাসের ব্যবহার অপরিহার্য হয়ে পড়ে।

কঠিন পদার্থের আগুন নেভানোর জন্য ওয়াটার স্প্রে–ই যথেষ্ট। তবে কোনো কোনো ক্ষেত্রে সোডা অ্যাসিড, ড্রাই পাউডার ও ইনার্ট গ্যাস ব্যবহারের প্রয়োজন হয়। নিচে বহুল ব্যবহৃত কয়েকটি সুবহ অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র সম্পর্কে ধারণা দেয়া হলো।

৯ লিটার ফোম অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র : এগুলি স্টিলের তৈরি গোলাকার পাত্র বিশেষ, ভেতরের অংশে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট এবং বাইরের অংশে সোডিয়াম বাই–কার্বোনেট ও ফোম স্টেবিলাইজার দ্রবণ থাকে (চিত্র ১৫.৫) । এই দ্রবণ দুটির অনুপাত আনুমানিক ১ ঃ ৩ এবং মোট ওজন ৯ লিটার হয়।

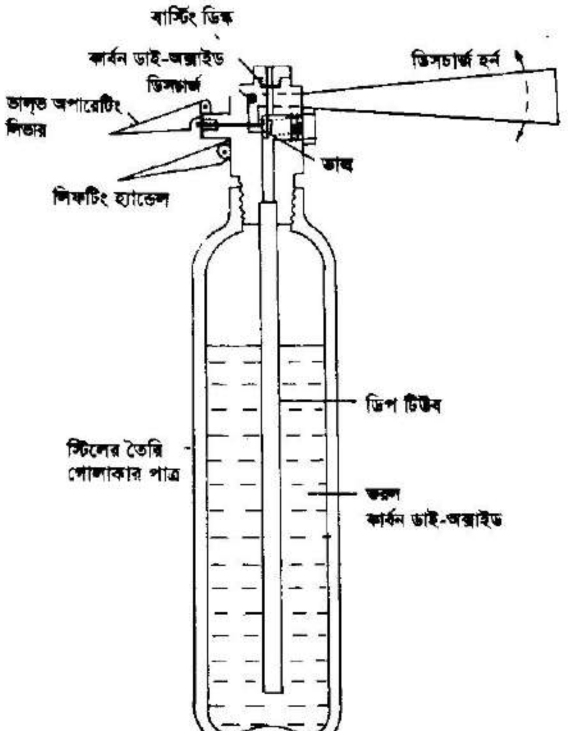


চিত্র ১৫.৫ : ৯ লিটার পোর্টেবল অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র।

ব্যবহারের সময় এগুলিকে উপুড় করে সামান্য ঝাঁকি দিলেই দ্রবণ দুটি একত্রে মিশে যায়। তখন রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে নজলের মধ্য দিয়ে ঘন পুরু আস্তরবিশিষ্ট ফোম সবেগে বেরিয়ে আসতে থাকে, যা দিয়ে সহজেই আগুন থেকে অক্সিজেন বিচ্ছিন্ন করা যায়। এই অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রের ফোম উৎপাদন ক্ষমতা আনুমানিক ৭২ লিটার, কার্যকরী চাপ ৭ বার, জেটের দৈর্ঘ্য ৭.৫–৯ মিটার এবং স্থায়িত্বকাল ১.৫ মিনিট হয়।

কার্বন ডাই-অক্সাইড অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র : এগুলি ষ্টিলের তৈরি গোলাকার পাত্র বিশেষ, যার ভেতর চার্জ করা থাকে আনুমানিক ৫৩ বার চাপে ৪.৫ কেজি তরল কার্বন ডাই–অক্সাইড (চিত্র ১৫.৬)।

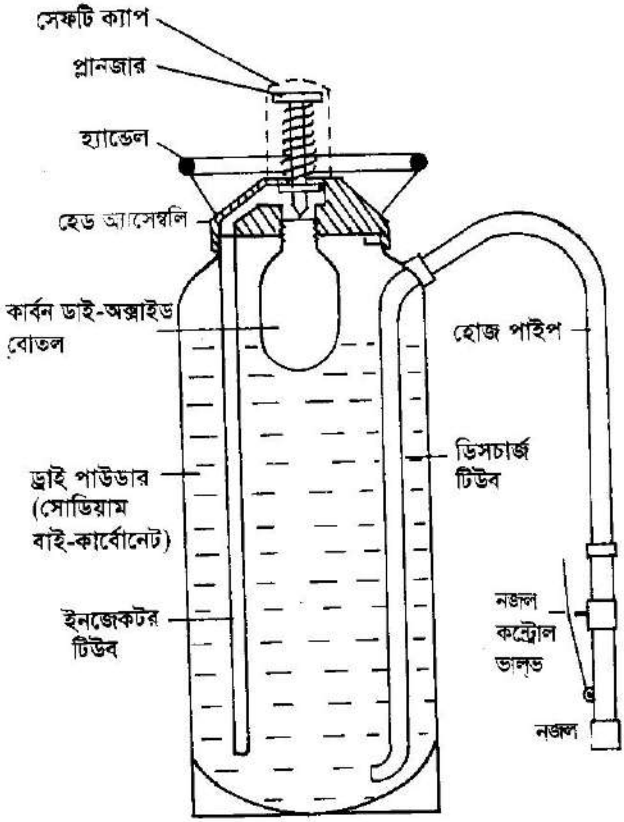
ব্যবহারের সময় এগুলির সেফটি পিন প্রথমে খুলে দিতে হয়। অতঃপর অপারেটিং লিভারে চাপ দেয়ামাত্র তরল কার্বন ডাই–অক্সাইড ডিসচার্জ হর্ন দিয়ে সবেগে (কুয়াশার মত) বেরিয়ে আসতে থাকে, যা দিয়ে একাধারে আগুন থেকে অক্সিজেন বিচ্ছিন্ন এবং আগুন ঠাণ্ডা করা হয়। এই অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রের গ্যাস উৎপাদন ক্ষমতা আনুমানিক ২.৫ ঘন মিটার, জেটের দৈর্ঘ্য ১–৪ মিটার (বাতাস স্থির থাকা অবস্থায়) এবং স্থায়িত্বকাল ২০ সেকেন্ড হয়।



চিত্র ১৫.৬ : কার্বন ডাই–অক্সাইড অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র।

ড্রাই পাউডার অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র : এগুলি ষ্টিলের তৈরি গোলাকার পাত্র বিশেষ, যার ভেতরে চার্জ করা থাকে ৪.৫ কেজি ড্রাই পাউডার (যা মূলত সোডিয়াম বাই–কার্বোনেট) এবং অপর একটি ছোট্ট পাত্রে থাকে আনুমানিক ৬০০ গ্রাম কার্বন ডাই–অক্সাইড গ্যাস (চিত্র ১৫.৭

ব্যবহারের সময় এগুলির সেফটি ক্যাপ প্রথমে খুলে দিতে হয়। অতঃপর প্ল্যানজারে চাপ দেয়ামাত্র ড্রাই পাউডার নজলের ভেতর দিয়ে সবেগে (কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের চাপে) বেরিয়ে আসতে থাকে, যা দিয়ে সহজেই আগুন থেকে অক্সিজেন বিচ্ছিন্ন করা যায়। এই অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রের জেটের দৈর্ঘ্য আনুমানিক ৩-৪ মিটার এবং স্থায়িত্বকাল ১৫ সেকেন্ড হয়।

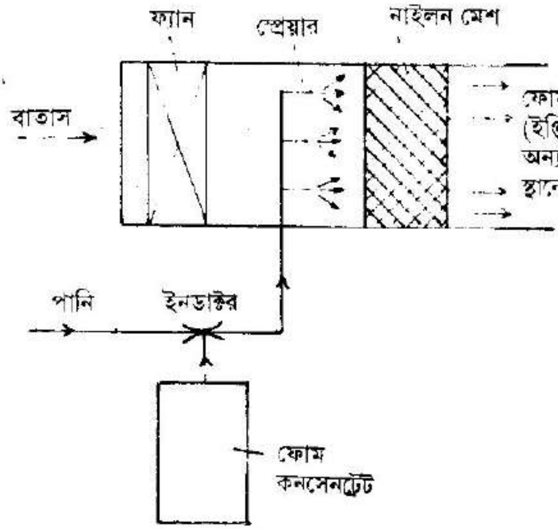


চিত্র ১৫.৭ : ড্রাই পাউডার অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র।

সুবহ অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র শুধু ছোট আকারের আগুনের বেলায়ই কার্যকর। বড় আকারের আগুনের ক্ষেত্রে টোটাল ফ্লাডিং সিস্টেমের প্রয়োজন হয়। এগুলি সম্পর্কে নিচে আলোচনা করা হলো।

হাই এক্সপানশন ফোম সিস্টেম : এগুলি বড় আকারের আগুনের ক্ষেত্রে অত্যন্ত কার্যকর বলে প্রমাণিত হয়েছে। একটি ১.৫ মিটার দীর্ঘ, ১ বর্গ মিটার আয়তনের ফোম

জেনারেটর দিয়ে মাত্র ১৫ মিনিটে মাঝারি আকৃতির একটি ইঞ্জিনরুম পরিপূর্ণ করা যায় (চিত্র ১৫.৮)। এই জেনারেটরে ১ লিটার সিনথেটিক ডিটারজেন্ট ফোম কনসেনট্রেট ৩০ লিটার পানির সাথে মিশ্রিত হয়ে ৩০০০০ লিটার ফোম উৎপন্ন করে।

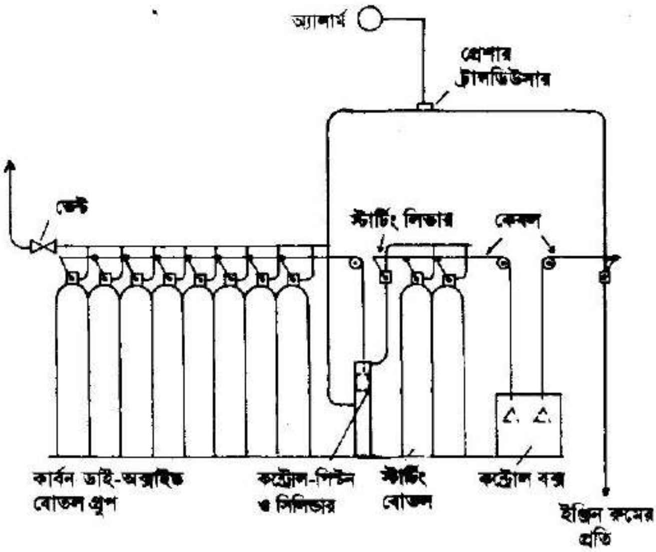


চিত্র ১৫.৮ : হাই এক্সপানশন ফোম সিস্টেম।

এ ধরনের ফোমের ব্যবহার যে কোনো স্থানে নিরাপদ। এমনকি ফোম প্রয়োগের আগে ভেন্টিলেশন বন্ধ করার প্রয়োজন হয় না এবং এর মধ্য দিয়ে যে কেউ নির্বিঘ্নে হেঁটে যেতে পারে।

কার্বন ডাই-অক্সাইড সিস্টেম : বড় আকারের আগুনের ক্ষেত্রে এগুলি অত্যন্ত কার্যকর। এ ধরনের ব্যবস্থায় থাকে সাধারণত অনেকগুলি চার্জড কার্বন ডাই-অক্সাইড বোতল, যার মুখে থাকে এক ধরনের সিল, যা বার্স্টিং ডিস্ক হিসেবে কাজ করে (চিত্র ১৫.৯)। কোনো স্থানে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রয়োগ করার আগে তার দরজা, জানালা ইত্যাদি ভালো মত বন্ধ করে দিতে হয় এবং ওই স্থানের আয়তন অনুসারে বোতলের সংখ্যা নির্ধারণ করতে হয়। এভাবে এক বা একাধিক গ্রুপ বোতল বেছে নেয়ার পর ওই স্থানের জন্য নির্দিষ্ট ডাইরেকশন ভাল্‌ভ খুলে দিতে হয়। প্রত্যেক গ্রুপ বোতলের জন্য থাকে এক সেট। এক বা একাধিক বোতল নিয়ে গঠিত স্টার্টিং বোতল। স্টার্টিং বোতলের লিভার ধরে টান দিলেই তার বার্স্টিং ডিস্ক ফেটে যায়, তখন বোতল থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইড বেরিয়ে এসে কন্ট্রোল-পিস্টনকে ঠেলে নিচে নামায়। কন্ট্রোল-পিস্টন নিচে নামার সময় ওই গ্রুপের সবগুলি বোতলের বার্স্টিং ডিস্ক ফেটে যায়, তখন সেগুলি থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইড বেরিয়ে এসে মেইন লাইনে প্রবাহিত হয়।

যে কোনো স্থানে কার্বন ডাই–অক্সাইডের উপস্থিতি জীবনের প্রতি হুমকিস্বরূপ। তাই কার্বন ডাই–অক্সাইড প্রয়োগের আগে যথাযথ সঙ্কেত প্রদানের মাধ্যমে ওই স্থানে কর্মরত ব্যক্তিদের নিরাপদ স্থানে সরে যাওয়ার জন্য সতর্ক করা প্রয়োজন।

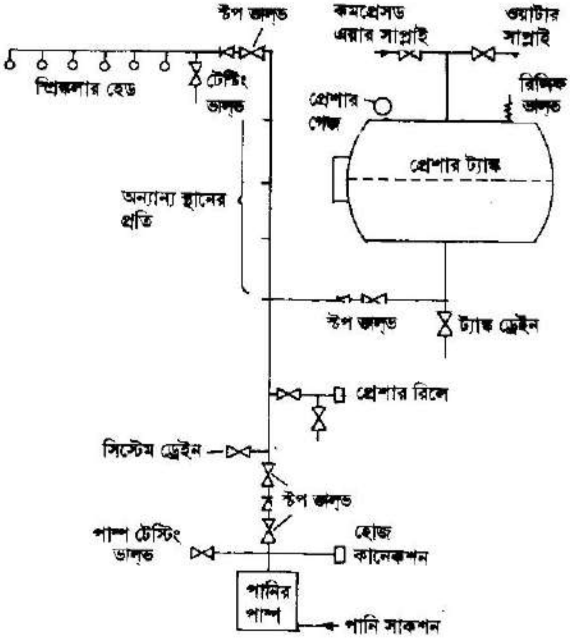


চিত্র ১৫.৯ : কার্বন ডাই–অক্সাইড সিস্টেম।

অটোমেটিক স্প্রিঙ্কলার সিস্টেম : অফিস–আদালত, হোটেল, বাসস্থান ইত্যাদিতে এগুলির ব্যবহার অত্যন্ত ফলপ্রসূ। এ ধরনের সিস্টেমে একাধারে ফায়ার ডিটেকশন, সঙ্কেত প্রদান এবং অগ্নিনির্বাপনের কাজ স্বয়ংক্রিয়ভাবে চলতে থাকে (চিত্র ১৫.১০)। অগ্নিনির্বাপনের মাধ্যম এখানে ওয়াটার স্প্রে।

স্প্রিঙ্কলার সিস্টেমে থাকে একটি পানির ট্যাঙ্ক, যেখান থেকে পানির লাইন বিভিন্ন দিক বা বিভাগে যায়। পানির ট্যাঙ্কে সর্বক্ষণ রক্ষিত হয় একটি সুনির্দিষ্ট লেভেল এবং এয়ার প্রেশার। ফলে স্প্রিঙ্কলার হেডের সর্বোচ্চ পয়েন্টেও বলবৎ থাকে কমপক্ষে ৪.৮ বার চাপ।

স্প্রিঙ্কলার হেড দেখতে ঠিক স্টিলের খাঁচার মত, যার সাথে থাকে ওয়াটার ডিফ্লেকটর এবং খাঁচার মধ্যে আটকানো থাকে কোয়ার্টজয়েড বাল্ব (এটি পানির ভাল্‌ভকে চেপে বন্ধ করে রাখে)। কোয়ার্টজয়েড বাল্বের ভেতর থাকে উচ্চ প্রসারণ ক্ষমতাসম্পন্ন তরল পদার্থ। আগুনের তাপে এই তরল পদার্থ সম্প্রসারিত হলে সুনির্দিষ্ট চাপে বাল্বটি ফেটে যায়। তখন পানির ভাল্‌ভ খুলে গিয়ে ওয়াটার স্প্রে শুরু হয়। ওয়াটার স্প্রে শুরু হওয়ার সাথে সাথে সঙ্কেত বেজে ওঠে, সেই সাথে অগ্নিনির্বাপনের কাজও চলতে থাকে।



চিত্র ১৫.১০ : অটোমেটিক স্প্রিঙ্কলার সিস্টেম।

অন্যান্য : পিস্টন কুলিং ও জ্যাকেট কুলিং পাম্প ফেলিঅর অথবা পাম্পের ত্রুটির কারণে ইঞ্জিনের মারাত্মক ক্ষতি হতে পারে। এসব সিস্টেমে তাই লো প্রেশার সঙ্কেত এবং কোনো কোনো ক্ষেত্রে অটো-স্টপের ব্যবস্থা রাখা অপরিহার্য। এছাড়া বিভিন্ন সিস্টেমে হাই/লো টেম্পারেচার সঙ্কেত, হাই/লো লেভেল সঙ্কেত ইত্যাদি ব্যবহার করে ইঞ্জিনের নিরাপত্তা নিশ্চিত করা যায়।

প্রশ্নমালা

১। স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ার কি এবং কিভাবে তা সংঘটিত হয় ? স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ার কিভাবে বিপজ্জনক পরিস্থিতির সৃষ্টি করে ? স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ার এড়ানোর জন্য কি ব্যবস্থা অবলম্বন করা প্রয়োজন ?

২। ক্র্যাঙ্ককেস বিস্ফোরণের উৎপত্তি ও সম্ভাব্য ক্ষয়ক্ষতি সম্পর্কে আলোচনা কর। ক্র্যাঙ্ককেস বিস্ফোরণ এড়ানোর জন্য কি ধরনের রক্ষণাবেক্ষণ প্রয়োজন ? বিস্ফোরণজনিত ক্ষয়ক্ষতি এবং দ্বিতীয় বিস্ফোরণের হাত থেকে কিভাবে রক্ষা পাওয়া যায় ?

৩। ক্র্যাঙ্ককেসে রিলিফ ভাল্‌ভ ব্যবহারের প্রয়োজন হয় কেন ? চিত্রের সাহায্যে একটি ক্র্যাঙ্ককেস রিলিফ ভাল্‌ভের বিভিন্ন অংশ ও কার্যক্রিয়া বর্ণনা কর।

৪। ক্র্যাঙ্ককেস অয়েল–মিস্‌ট ডিটেক্টর কিভাবে ইঞ্জিনের নিরাপত্তা নিশ্চিত করে ? চিত্রের সাহায্যে এর বিভিন্ন অংশ ও কার্যক্রিয়া বর্ণনা কর।

৫। নিচে উল্লেখিত বক্তব্যের যথার্থতা সম্পর্কে মতামত দাও :

(ক) সুষ্ঠু জ্বালানি দহন স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ার প্রতিরোধের সহায়ক,

(খ) ক্র্যাঙ্ককেস রিলিফ ভাল্‌ভ দ্বিতীয় বিস্ফোরণ প্রতিরোধ করে।

ষোড়শ অধ্যায়

বিবিধ

এগজস্ট গ্যাস

এগজস্ট গ্যাসের রং ও তাপমাত্রা দেখে ইঞ্জিনের কার্যক্রিয়া সম্পর্কে মোটামুটি ধারণা লাভ করা যায়। ইঞ্জিনের সন্তোষজনক কার্যক্রিয়ার সময় এগজস্ট গ্যাস বর্ণহীন থাকে এবং তার তাপমাত্রা ফুয়েল কন্ট্রোলের সাথে সামঞ্জস্য রেখে একটি নির্দিষ্ট ধরন মেনে চলে। ত্রুটিপূর্ণ অবস্থায় এগজস্ট গ্যাসের রং এবং তাপমাত্রা হঠাৎ করে অথবা ধীরে ধীরে পরিবর্তিত হয়।

জ্বালানি তেলের অসম্পূর্ণ দহনের কারণে এগজস্ট গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং ফানেলে কালো ধোঁয়া দেখা দেয়। অসম্পূর্ণ দহনের কারণগুলি হচ্ছে– লেট ইনজেকশন, লিকি ইনজেকটর, অপরিমিত জ্বালানি সান্দ্রতা (তাপমাত্রা), ইঞ্জিনের ওভারলোডিং, স্ক্যাভেঞ্জ এয়ারের মাত্রাধিক তাপমাত্রা, নিম্নমাত্রার সংনমন চাপ (ত্রুটিযুক্ত পিস্টন রিং, মাত্রাধিক লাইনার ক্ষয়, অপর্যাপ্ত সিলিন্ডার লুব্রিকেশন, অপর্যাপ্ত স্ক্যাভেঞ্জ এয়ার প্রেশার, চোকড স্ক্যাভেঞ্জ এয়ার পোর্টস, লিকি সিলিন্ডার হেড ভাল্ভস ইত্যাদি কারণে সংনমন চাপ হ্রাস পায়), চোকড এগজস্ট পোর্টস, স্ক্যাভেঞ্জ ফায়ার ইত্যাদি। এছাড়া ফানেলে আগুন লাগার কারণেও কালো ধোঁয়া দেখা দেয়।

ফানেলে কালো ধোঁয়া দেখা দিলে একটার পর একটা ইউনিটের ফুয়েল কাট–অফ করে এবং সেই সাথে ফানেলের ধোঁয়ার রং পরীক্ষা করে ইউনিট বিশেষের অসম্পূর্ণ দহন সম্পর্কে নিশ্চিত হওয়া যায়।

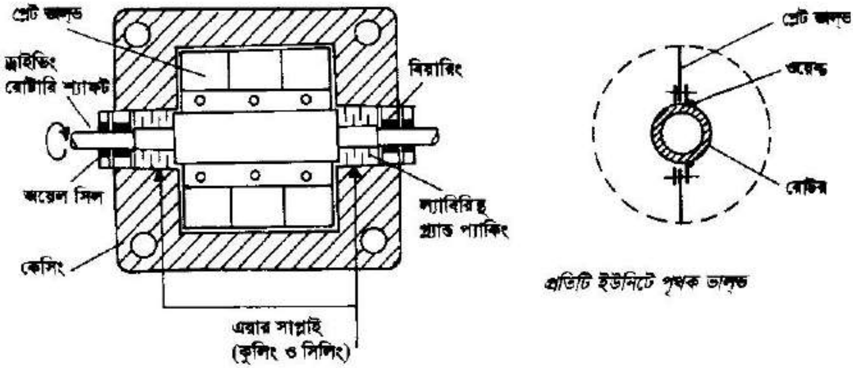
ত্রুটিযুক্ত পিস্টন স্ক্রেপার রিং, মাত্রাধিক সিলিন্ডার লুব্রিকেশন, ভারসাম্যহীন ইঞ্জিন, লাইনার অথবা পিস্টন ক্রাউনে ফাটল, এগজস্ট বয়লারের (যদি থাকে) টিউব লিকেজ ইত্যাদি কারণে ফানেলে সাদা ধোঁয়া দেখা দেয়। তবে লাইনার ফাটলের ক্ষেত্রে এগজস্ট গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস পায়।

এগজস্ট গ্যাস ফ্লো নিয়ন্ত্রণ

ইঞ্জিন নির্মাণের ক্ষেত্রে এগজস্ট গ্যাস ফ্লো নিয়ন্ত্রণ একটি গুরুত্বপূর্ণ বিবেচ্য বিষয়। কোনো ইঞ্জিনে এগজস্ট পপেট ভাল্ভ আবার কোনো ইঞ্জিনে সিলিন্ডার পোর্টস ব্যবহৃত হয়।

টু–স্ট্রোক ইঞ্জিনে এগজস্ট পপেট ভাল্ভের ব্যবহার দক্ষ স্ক্যাভেঞ্জিং (ইউনিফ্লো) নিশ্চিত করে এবং লাইনারের গঠন ও লুব্রিকেশন সহজ করে। অপরদিকে এগজস্ট ভাল্ভ ড্রাইভিং গিয়ার

ইঞ্জিনের শক্তি বিশোষণ করে এবং রিভারসিং সিস্টেমকে জটিল করে তোলে। এছাড়া ঘনঘন ভাল্‌ভ ওভারহলিং, ট্যাপেট অ্যাডজাস্টমেন্ট, অপারেটিং গিয়ারের রক্ষণাবেক্ষণ ইত্যাদির প্রয়োজনীয়তা প্রকট হয়ে দেখা দেয়।



চিত্র ১৬.১ : রোটারি এগজস্ট ভাল্‌ভ।

সিলিন্ডারের গায়ে এগজস্ট পোর্টস–এর ব্যবহার ইঞ্জিনের গঠন ও রক্ষণাবেক্ষণ সহজ করে। বর্ধিত আয়তনের পোর্টস দ্রুত খুলে যায় বলে টার্বোচার্জারের দক্ষতা বৃদ্ধি পায়। অপরদিকে এগজস্ট ও স্ক্যাভেঞ্জ পোর্টস পাশাপাশি থাকার ফলে লাইনার ও পিস্টনের ক্ষয় এবং তাপীয় পীড়ন বৃদ্ধি পায়। এছাড়া পিস্টন টিডিসিতে থাকা অবস্থায় চার্জ এয়ারের অপচয় (এগজস্ট পোর্টস–এ প্রবেশ) রোধ করার জন্য এগুলিতে পিস্টন স্কার্ট সংযোজন অত্যাবশ্যক হয়ে পড়ে।

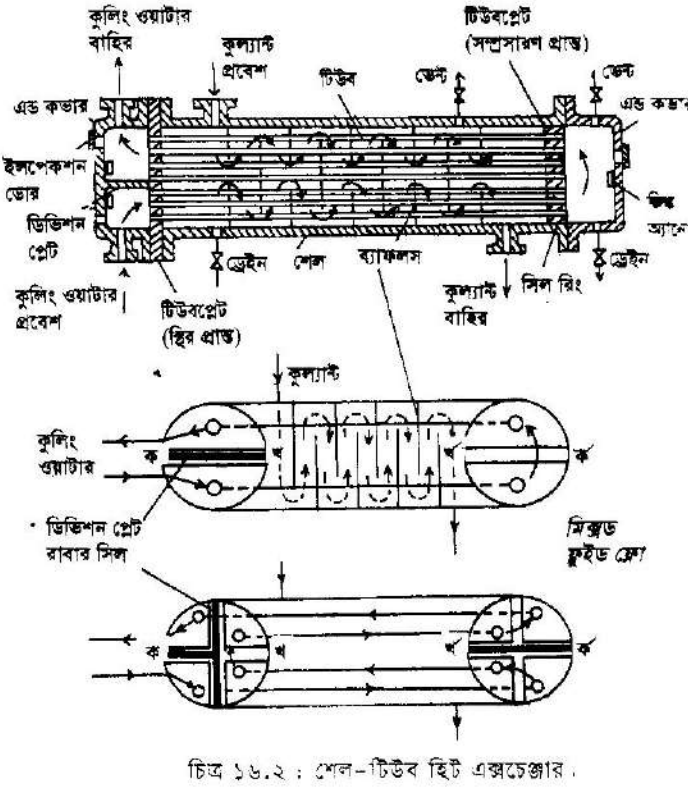
এগজস্ট পোর্টসবিশিষ্ট ইঞ্জিনে অতিরিক্ত রোটারি এগজস্ট ভাল্‌ভ ব্যবহৃত হতে পারে। এগুলি চেইন ড্রাইভ ও রিভারসিং ব্যবস্থাসম্পন্ন হয়। এই ভাল্‌ভ ব্যবহারে পিস্টন টিডিসিতে থাকা অবস্থায় স্ক্যাভেঞ্জ এয়ারের অপচয় লোপ পায়, অপরদিকে পিস্টন স্কার্টও ছোট রাখা যায় (চিত্র ১৬.১)।

শেল-টিউব হিট এক্সচেঞ্জার (কুলার)

হিট এক্সচেঞ্জার বলতে তাপ বিনিময় যন্ত্রকে বুঝায়। এগুলি বিভিন্ন ধরনের হয়, তবে কার্যক্ষেত্রে শেল–টিউব টাইপ হিট এক্সচেঞ্জারের ব্যবহার ব্যাপক। হিট এক্সচেঞ্জারে ব্যবহৃত পদার্থের বৈশিষ্ট্য, চাপ, তাপমাত্রা, ঈপ্সিত কুলিং রেট ইত্যাদির উপর ভিত্তি করে এর আকার এবং ধাতু নির্ধারণ করা হয়।

শেল–টিউব হিট এক্সচেঞ্জারের প্রধান অংশ– শেল এবং একগুচ্ছ টিউব। টিউবগুচ্ছের দু'প্রান্তে দুটি টিউবপ্লেট এবং এক প্রান্ত থেকে অপর প্রান্ত পর্যন্ত নির্দিষ্ট দূরত্বে কয়েকটি ব্যাফলস (চিত্র ১৬.২) বসানো থাকে। টিউবগুচ্ছকে শেলের ভেতর এন্ড কভারের সাহায্যে এমনভাবে

আটকানো হয় যেন এক পাশের টিউবপ্লেট স্থির এবং অপরপাশের টিউবপ্লেট মুক্ত (সম্ভাব্য সম্প্রসারণ ও সঙ্কোচন রক্ষার জন্য) থাকে। ব্যাফলস প্রধানত টিউবের বহিরংশে তরল (অথবা বাষ্পীয়) পদার্থের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে, উপরন্তু টিউবগুলির সাপোর্ট হিসেবে কাজ করে। টিউবের ভেতর তরল পদার্থের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণের জন্য এন্ড কভারে ডিভিশন প্লেট থাকে। উল্লেখ্য, তরল



চিত্র ১৬.২ : শেল-টিউব হিট এক্সচেঞ্জার।

পদার্থের প্রবাহের উপর হিট এক্সচেঞ্জারের দক্ষতা বিশেষভাবে নির্ভরশীল। হিট এক্সচেঞ্জার তৈরিতে বিভিন্ন ধরনের ধাতু ব্যবহৃত হতে পারে। যেমন, লোনা পানিতে ব্যবহৃত লুব অয়েল কুলারে সাধারণত কাস্ট আয়রনের শেল, অ্যালুমিনিয়াম ব্রাসের টিউব এবং ন্যাভাল ব্রাসের টিউবপ্লেট থাকে।

হিট এক্সচেঞ্জারের একটি সাধারণ সমস্যা হচ্ছে-- ডিভিশন প্লেটের ত্রুটি (ক্ষয়প্রাপ্ত ও ছিদ্র হওয়ার কারণে), যা কুলিং দক্ষতার দারুণ অবনতি ঘটায়। অন্যান্য সমস্যার মধ্যে টিউব লিকেজ, রাবার সিল ফেলিওর এবং টিউবে স্কেল সৃষ্টি অন্যতম। এসব সমস্যা সমাধানের জন্য

ক্ষতিগ্রস্ত ডিভিশন প্লেট কেটে নতুন প্লেট জোড়া দেয়া, ত্রুটিপূর্ণ রাবার সিল ও লিকি টিউব নবায়ন করা, কেমিক্যালের সাহায্যে টিউবের স্কেল পরিষ্কার করা এবং জরুরি অবস্থায় লিকি টিউব দু'পাশ থেকে প্লাগ দ্বারা বন্ধ করা আবশ্যক। হিট এক্সচেঞ্জারের টিউব নিয়মিত পরিষ্কার করা, প্রেশার টেস্ট করা, জিঙ্ক অ্যানোড নবায়ন করা ইত্যাদি সুষ্ঠু কার্যক্রিয়া নিশ্চিত করে।

ফ্রেশ ওয়াটার জেনারেটর (ফ্লাশ ইভাপোরেটর)

সমুদ্রের লোনা পানি স্বাদু পানিতে রূপান্তরের জন্য ফ্রেশ ওয়াটার জেনারেটর (ফ্লাশ ইভাপোরেটর) ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্রে উচ্চমাত্রার বায়ুশূন্যতা (৯০–১০০%) সৃষ্টি করে অতি অল্প তাপমাত্রায় (৪০°–৫০° সে.) লোনা পানি বাষ্পীভূত করা হয়।

ফ্লাশ ইভাপোরেটরের প্রধান অংশ- ইভাপোরেটর, কনডেন্সার, ওয়াটার সেপারেটর, এয়ার/ওয়াটার ইজেক্টর, ইজেক্টর পাম্প এবং ফ্রেশ ওয়াটার পাম্প (চিত্র ১৬.৩)।

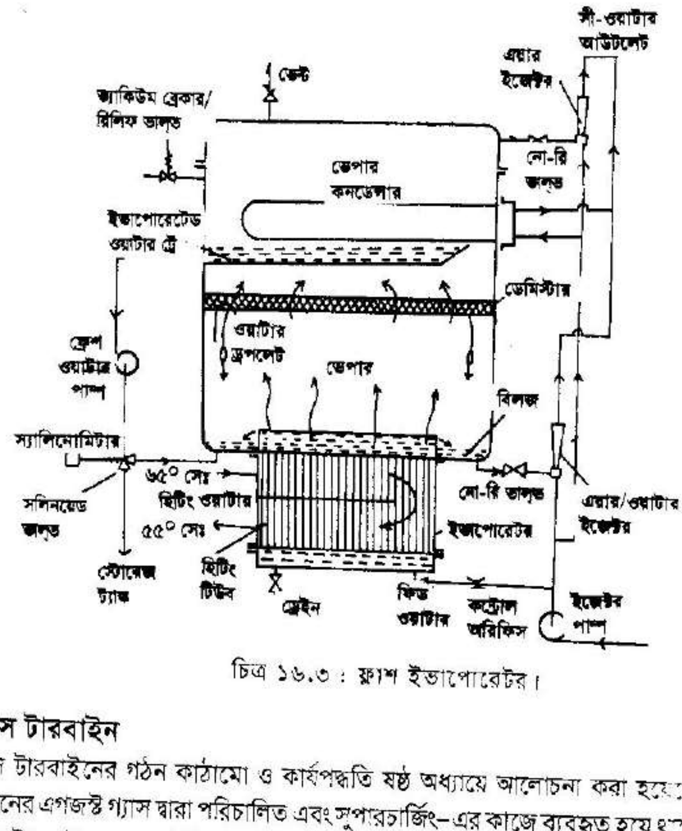
ইজেক্টর পাম্প কনডেন্সার ও ইভাপোরেটর টিউবের ভেতর লোনা পানি সরবরাহ করে এবং একই সাথে ইভাপোরেটর প্রকোষ্ঠের বাতাস ও বিল্জের পানি বহিষ্কার করতে থাকে। প্রকোষ্ঠের ভেতর ঈপ্সিত বায়ুশূন্যতা সৃষ্টির পর ইভাপোরেটর টিউবে (বহির্ভাগে) গরম পানি (সাধারণত মেইন ইঞ্জিনের জ্যাকেট কুলিং ওয়াটার, আনুমানিক তাপমাত্রা ৬৫° সে.) সঞ্চালন করা হলে মুহূর্তের মধ্যে লোনা পানির বাষ্পীভবন শুরু হয়। বাষ্পীভূত পানি ওয়াটার সেপারেটরের (ডেমিস্টার) ভেতর দিয়ে উপরে ওঠে এবং কনডেন্সার টিউবের সংস্পর্শে তরলে রূপান্তরিত হয়। এই পানি কনডেন্সারের নিচে নির্দিষ্ট ট্রেতে জমা হতে থাকে, যাকে ফ্রেশ ওয়াটার পাম্প দ্বারা স্টোরেজ ট্যাঙ্কে স্থানান্তর করা হয়।

ফ্রেশ ওয়াটার পাম্পের ডেলিভারি লাইনে সাধারণত স্যালিনোমিটার নিয়ন্ত্রিত সলিনয়েড কন্ট্রোল (দ্বিমুখী) ভাল্ভ বসানো থাকে। ডেলিভারি লাইনে লবণের পরিমাণ ঈপ্সিত মাত্রা অতিক্রম করলে (কনডেন্সারের টিউব লিকেজ অথবা এভাপোরেটরের প্রাইমিং–এর কারণে, সাধারণত ৪ পিপিএম–এর উর্ধ্বে গেলে) সাথে সাথে সংকেত বেজে ওঠে, সলিনয়েড ভাল্ভ তখন পানির প্রবাহের দিক পরিবর্তন করে ইভাপোরেটর প্রকোষ্ঠে পাঠাতে থাকে। এই ব্যবস্থা স্টোরেজ ট্যাঙ্কে লোনা পানির প্রবেশ রোধ করে।

ফ্লাশ ইভাপোরেটরের উৎপাদন ক্ষমতা সরাসরি প্রকোষ্ঠের বায়ুশূন্যতা ও জ্যাকেট কুলিং ওয়াটারের তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। যেমন, বায়ুশূন্যতা বৃদ্ধি পেলে উৎপাদন বৃদ্ধি পায় ইত্যাদি। উল্লেখ্য, ফ্লাশ এভাপোরেটরের ভেতরাংশ বন্ডেড সিনথেটিক রাবার দ্বারা আবৃত থাকে বলে এতে উচ্চ তাপমাত্রার পানি প্রয়োগ করা যায় না।

ফ্লাশ ইভাপোরেটরে অতি অল্প তাপমাত্রায় (যেমন ৪০°–৬০° সে.) পানির বাষ্পীভবন ঘটানো হয়। সে কারণে ঐ পানিতে বিদ্যমান রোগ–জীবাণু জীবিতাবস্থায় থেকে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। তাই সমুদ্রের তীরবর্তী এলাকায় (৫০ মাইলের মধ্যে) এটি চালানো উচিত

নয়। অতিরিক্ত নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা হিসেবে উৎপাদিত পানিকে পরিশোধন করা হতে পারে এই ব্যবস্থায় পানিকে জীবাণুমুক্ত, স্বচ্ছ, সুস্বাদু এবং সামান্য ক্ষারধর্মী করা হয়। উল্লেখ্য, ফ্লাশ ইভাপোরেটরে ব্যবহৃত জ্যাকেট কুলিং ওয়াটারে সংযোজনদ্রব্য হিসেবে প্রায় সব ধরনের রাসায়নিক পদার্থ (ক্রমেটস ব্যতীত) নিরাপদে ব্যবহার করা যায়।



চিত্র ১৬.৩ : ফ্লাশ ইভাপোরেটর।

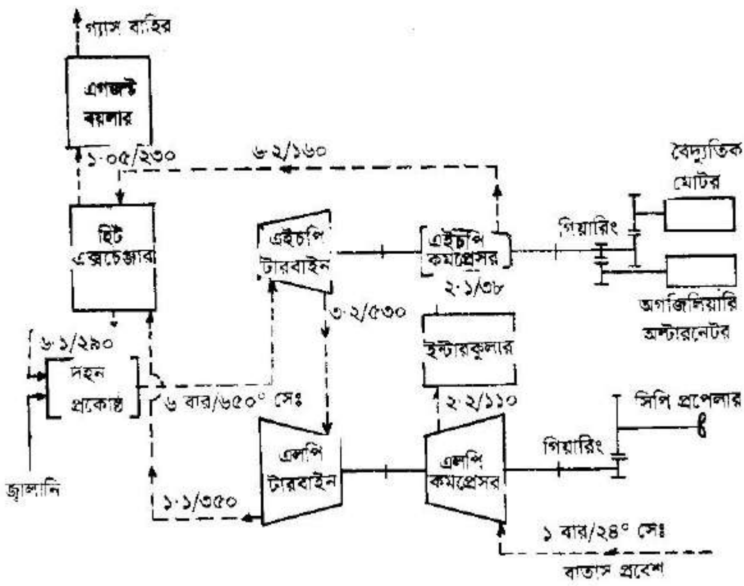
গ্যাস টারবাইন

গ্যাস টারবাইনের গঠন কাঠামো ও কার্যপদ্ধতি ষষ্ঠ অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে। এগুলি ইঞ্জিনের এগজস্ট গ্যাস দ্বারা পরিচালিত এবং সুপারচার্জিং–এর কাজে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। অর্থাৎ গ্যাস টারবাইন এখানে ইঞ্জিনের অংশবিশেষ।

যেসব গ্যাস টারবাইন প্রাইম মুভার হিসেবে ব্যবহৃত হয় সেগুলিতে থাকে সাধারণত একটি কমবাসশন চেম্বার, যেখানে জ্বালানি দহনের মাধ্যমে পর্যাপ্ত পরিমাণে গ্যাস উৎপাদন করা হয়। এই গ্যাস, টারবাইন পরিচালনার কাজে ব্যবহার করে তাপশক্তিকে যান্ত্রিকশক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। অর্থাৎ গ্যাস টারবাইন এখানে নিজেই একটি ইঞ্জিন।

গ্যাস টারবাইনে উৎপাদিত শক্তির প্রধান অংশ ব্যয় হয় প্রপেলার শ্যাফট, বৈদ্যুতিক জেনারেটর ইত্যাদি পরিচালনার কাজে এবং বাকি অংশ এয়ার কমপ্রেসর পরিচালনার কাজে

ব্যবহৃত হয়ে থাকে। গ্যাস টারবাইনের কমপ্রেসর শ্যাফট এবং লোড শ্যাফট সাধারণত আলাদা হয়। ১৬.৪ চিত্রে ওপেন সাইকেল গ্যাস টারবাইনের কার্যপদ্ধতি বর্ণিত হয়েছে। টারবাইনের রোটর ঘুরতে থাকা অবস্থায় এয়ার কমপ্রেসর বায়ুমণ্ডল থেকে প্রচুর পরিমাণে বাতাস টেনে যথাযথ চাপে দহন প্রকোষ্ঠে পাঠায়। এই বাতাসের অধিকাংশ জ্বালানি (তরল বা বাষ্পীয়) দহনের কাজে ব্যবহৃত হয় এবং কিছু অংশ বার্নার হাউজিং–এর চতুষ্পার্শ্বস্থিত জ্যাকেট ঘুরে কমবাসশন গ্যাসের সাথে গিয়ে মেশে। কমবাসশন গ্যাস ও গরম বাতাসের মিশ্রণ টারবাইন নজল রিং–এর ভেতর দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় এর সম্প্রসারণ ঘটে, ফলে গতি



চিত্র ১৬.৪ : ওপেন সাইকেল গ্যাস টারবাইন পদ্ধতি।

উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি পায়। উচ্চ গতিসম্পন্ন এই গ্যাস ব্লেডের পায়ে ধাক্কা মেরে রোটর হুইলকে প্রচণ্ড গতিতে ঘুরাতে থাকে। উল্লেখ্য, দহন প্রকোষ্ঠে জ্বালানি দহন সম্পাদিত হয় অয়েল বার্নারের সাহায্যে। এগুলি এক বা একাধিক হতে পারে। শক্তি উৎপাদনের চাহিদা অনুসারে এগুলির ব্যবহার (যেমন অল্প লোডে একটি, বর্ধিত লোডে দু'টি বা তিনটি ইত্যাদি) নিয়ন্ত্রিত হয়।

গ্যাস টারবাইন ব্যবহারের প্রধান অসুবিধা হলো মাত্রাধিক জ্বালানি ব্যয় (০.৩ কেজি/কিলোওয়াট–আওয়ার) এবং তাপশক্তির অপচয় (২৪% শক্তি উৎপাদন, ৭৩% এগজস্ট হিসেবে

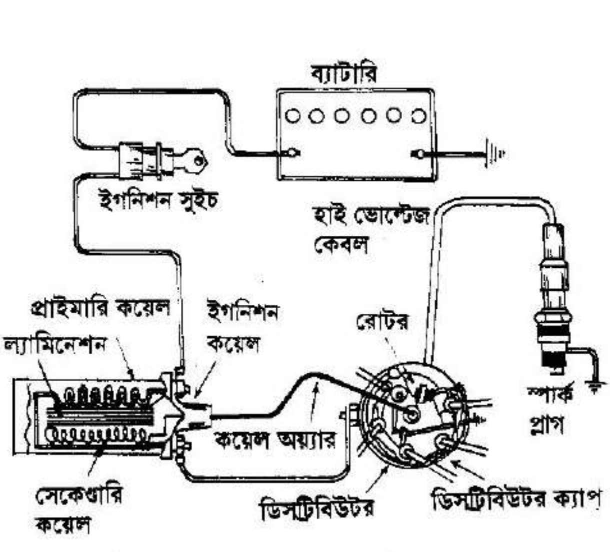
অপচয়)। এসব সিস্টেমে হিট এক্সচেঞ্জার ও এগজস্ট বয়লার স্থাপন করে তাপশক্তির অপচয় হ্রাস করা যায়। গ্যাস টারবাইনের গ্যাস ইনলেট প্রেশার আনুমানিক ৬ বার এবং তাপমাত্রা ৬৫০°–১২০০° সে. হয়।

গ্যাস টারবাইন প্লান্টগুলিতে এগজস্ট বয়লার স্থাপন করে যে পরিমাণ বাষ্প উৎপাদন করা যায় তা দ্বারা অতিরিক্ত স্টিম টারবাইন পরিচালনা করা সম্ভব। এতে প্লান্টের দক্ষতা উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি পায়। যেমন, কার্যক্ষেত্রে ৬০ মেগাওয়াট ক্ষমতাসম্পন্ন দুটি (প্রতিটি ৩০ মেগাওয়াট করে) গ্যাস টারবাইনের এগজস্ট বয়লার থেকে উৎপাদিত বাষ্প দ্বারা ৩০ মেগাওয়াট ক্ষমতাসম্পন্ন আরো একটি স্টিম টারবাইন পরিচালনা করা হয়। এই পদ্ধতিকে কো–জেনারেশন বলে। উল্লেখ্য, ছোট প্লান্টে সাধারণত কো–জেনারেশনের ব্যবস্থা থাকে না।

পেট্রোল ইঞ্জিনের বৈদ্যুতিক সিস্টেম

এই সিস্টেমের অন্যতম অংশ– ব্যাটারি, অল্টারনেটর এবং ইগনিশন পদ্ধতি। এগুলি সম্পর্কে নিচে আলোচনা করা হলো।

ব্যাটারি : ইঞ্জিনের সেল্ফ–স্টার্টার ও ইগনিশন সিস্টেমে বিদ্যুৎ সরবরাহ করাই মূলত ব্যাটারির কাজ। এছাড়া ব্যাটারি থেকে লাইটিং সার্কিট, ইন্সট্রুমেনটেশন প্যানেল ইত্যাদিতেও বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয়।



চিত্র ১৬.৫ : কনট্যাক্ট–পয়েন্ট ইগনিশন পদ্ধতি।

দুই ধরনের ব্যাটারি সচরাচর দেখা যায়– কেমিক্যাল টাইপ এবং ড্রাইসেল টাইপ। এগুলি নির্দিষ্ট পরিমাণের বিদ্যুৎ সরবরাহ করে এবং ব্যবহারের সাথে সাথে নিস্তেজ হয়ে আসে। পুনরায় ব্যবহারের জন্য এগুলিকে চার্জ করার প্রয়োজন হয়। মোটরযানে সাধারণত ১২ ভোল্টের ব্যাটারি ব্যবহৃত হয়।

অল্টারনেটর : অল্টারনেটর ইঞ্জিনের আংশিক যান্ত্রিকশক্তিকে বিদ্যুতশক্তিতে রূপান্তরিত করে। এটি ইঞ্জিন চলা অবস্থায় একটানাভাবে ব্যাটারি চার্জ করে ব্যাটারিকে পূর্ণ শক্তিতে অটুট রাখে। অল্টারনেটর স্টেটর কয়েলে প্রথমে এ.সি (অল্টারনেটিং কারেন্ট) উৎপন্ন হয়, সেই এ.সিকে ডায়ড রেকটিফায়ার (বিল্ট–ইন) দ্বারা ডি.সিতে রূপান্তরিত করে ব্যাটারি চার্জিং–এর কাজে ব্যবহার করা হয়। অল্টারনেটর যাতে মাত্রাতিরিক্ত ভোল্টেজ উৎপন্ন করতে না পারে সেজন্য তার সাথে ভোল্টেজ রেগুলেটর ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

অল্টারনেটরের আরেকটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ হচ্ছে কাট–আউট রিলে। এটি একাধারে ব্যাটারি চার্জিং–এ সহায়তা করে, ব্যাটারিকে ওভারচার্জড হওয়া থেকে বিরত রাখে এবং ব্যাটারি থেকে জেনারেটরের দিকে বিদ্যুৎ প্রবাহ (ইঞ্জিন বন্ধ থাকা অবস্থায়) প্রতিরোধ করে।

ইগনিশন পদ্ধতি : ইগনিশন পদ্ধতির কাজ হচ্ছে স্পার্ক প্লাগ–এ হাই ভোল্টেজ পালস (৪৭ কেভি পর্যন্ত) সরবরাহ করা। দুই ধরনের ইগনিশন পদ্ধতি দেখা যায়– কন্ট্যাক্ট–পয়েন্ট পদ্ধতি এবং ইলেকট্রনিক পদ্ধতি। এগুলিতে মূলত বৈদ্যুতিক সার্কিটের খোলা–বন্ধ নিয়ন্ত্রিত হয়।

কন্ট্যাক্ট–পয়েন্ট ইগনিশন পদ্ধতিতে থাকে একটি ব্যাটারি, ইগনিশন কয়েল, ডিসট্রিবিউটর এবং স্পার্ক প্লাগ। ইগনিশন কয়েলের প্রাইমারি কয়েলে ব্যাটারি থেকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে (কন্ট্যাক্ট–পয়েন্ট বন্ধ করার মাধ্যমে) কয়েলের চতুষ্পার্শ্বে শক্তিশালী চৌম্বক ক্ষেত্র গড়ে ওঠে। এ সময় বিদ্যুৎ প্রবাহ হঠাৎ বন্ধ (কন্ট্যাক্ট–পয়েন্ট খোলার মাধ্যমে) করা হলে চৌম্বক ক্ষেত্রের বিলুপ্তি এবং সেই সাথে সেকেন্ডারি কয়েলে হাই ভোল্টেজ পালসের সৃষ্টি হয়। এই পালস ডিসট্রিবিউটর ক্যাপ ও রোটর হয়ে সুনির্দিষ্ট টাইমিংস অনুসারে স্পার্ক প্লাগে যায় (চিত্র ১৬.৫)।

ডিসট্রিবিউটরের অন্যতম অংশ একটি রোটর শ্যাফট। এটি ইঞ্জিনের ক্যাম শ্যাফটের সাথে গিয়ার দ্বারা সংযুক্ত থাকে। রোটর শ্যাফটের উপরের অংশে থাকে কয়েকটি (সিলিন্ডার সংখ্যার সমান) লোববিশিষ্ট একটি ক্যাম। এই ক্যাম ঘুরতে থাকা অবস্থায় কন্ট্যাক্ট–পয়েন্টের খোলা–বন্ধ নিয়ন্ত্রিত হয়।

স্পার্ক প্লাগের প্রধান অংশ একটি ধাতব শেল, যার ভেতর থাকে দীর্ঘ ইলেকট্রোড সংবলিত একটি পোরসেলিন ইনসুলেটর। ধাতব শেলেও থাকে একটি স্বল্পদৈর্ঘ্য ইলেকট্রোড। এটিকে বাঁকা করে ভেতরস্থিত ইলেকট্রোডের উপর এমনভাবে স্থাপন করা হয় যেন তাদের ভেতর রক্ষিত হয় সর্বক্ষণ একটি সুনির্দিষ্ট গ্যাপ (চিত্র ৮.১২)।

হাই ভোল্টেজ পালস স্পার্ক প্লাগের গ্যাপে এসে সৃষ্টি করে শক্তিশালী বৈদ্যুতিক স্পার্ক। এই স্পার্ক থেকে সৃষ্ট তাপ বাতাস–জ্বালানি মিশ্রণের প্রজ্বলন ঘটায়।

ইলেকট্রনিক ইগনিশন পদ্ধতিতে প্রাইমারি সার্কিটের খোলা–বন্ধ নিয়ন্ত্রিত হয় ইলেকট্রনিক কন্ট্রোল ইউনিট দ্বারা। এই পদ্ধতির বিশেষ সুবিধা হলো– এতে অতি উচ্চমাত্রার ভোল্টেজ, যেমন ৪৭ কেভি পর্যন্ত, উৎপন্ন হয়। এছাড়া এগুলির কার্যক্রিয়া কন্ট্যাক্ট–পয়েন্টের তুলনায় অনেক দ্রুত এবং নিখুঁত।

স্পার্ক প্লাগে স্পার্ক সংঘটিত হয় কমপ্রেশন স্ট্রোকে টিডিসির সামান্য আগে। বড় ইঞ্জিনে (থ্রটল আংশিক খোলা অবস্থায়) ইগনিশন টাইমিংস কিছুটা অ্যাডভান্স রাখা দরকার, এতে জ্বালানি দহনের জন্য অতিরিক্ত সময়ের নিশ্চয়তা থাকে। ছোট ইঞ্জিনে, বিশেষ করে যেখানে ম্যাগনেটো ইগনিশন পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়, ইগনিশন টাইমিংস অপরিবর্তিত থাকে।

হাইড্রলিক ও নিউমেটিক স্প্যানার

বৃহদাকার ইঞ্জিনের বড় বড় নাট (টাই বোল্ট, সিলিন্ডার হেড, মেইন/বিগ এন্ড বিয়ারিং ইত্যাদি নাট) খোলার জন্য হাইড্রলিক ও নিউমেটিক স্প্যানার ব্যবহৃত হয়। আগে এসব নাট হাতে (হাতুড়ির আঘাতে) খোলা হতো, যা ছিল অত্যন্ত ঝুঁকিপূর্ণ। এখন হাইড্রলিক ও নিউমেটিক স্প্যানার ব্যবহার করে অত্যন্ত সহজে ও নিরাপদে এসব নাট খোলা যায়।

হাইড্রলিক ও নিউমেটিক স্প্যানারের কার্যপদ্ধতি আলাদা। হাইড্রলিক স্প্যানার দ্বারা অয়েল প্রেশার প্রয়োগের মাধ্যমে নাটের গোড়া থেকে বোল্ট টেনে সামান্য লম্বা করা হয়, এ সময় ছোট একটি রডের সাহায্যে নাট ঘুরিয়ে সহজে খুলে ফেলা যায়। নিউমেটিক স্প্যানার মেকানিক্যাল স্প্যানার বৈ কিছু নয়। এগুলিতে উচ্চমাত্রার সংনমিত বাতাস প্রয়োগ করে কার্যকরী টর্ক উৎপন্ন করা হয়। নিউমেটিক স্প্যানার নাটের ওপর বসিয়ে (এবং স্প্যানার দু'হাতে শক্ত করে চেপে ধরে) সংনমিত বাতাস প্রয়োগের মাধ্যমে তা সহজে খুলে ফেলা যায়।

প্রশ্নমালা

১। লুব অয়েল পদ্ধতিতে ব্যবহৃত একটি শেল–টিউব কুলার চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। এই কুলারে জিঙ্ক অ্যানোড ব্যবহৃত হয় কেন? টিউব ফেলিওরের ক্ষেত্রে কি ধরনের ব্যবস্থা গ্রহণ করা আবশ্যক। কুলারের এক পাশের টিউবপ্লেট মুক্ত রাখা হয় কেন?

২। চিত্রের সাহায্যে একটি ফ্লাশ ইভাপোরেটরের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর। এই ইভাপোরেটরের সুবিধা–অসুবিধা কি?

৩। নিচে উল্লেখিত বক্তব্যের যথার্থতা সম্পর্কে যুক্তিসঙ্গত মতামত দাও :

(ক) এগজস্ট গ্যাসের রং ও তাপমাত্রা দেখে ইঞ্জিনের কার্যক্রিয়া সম্পর্কে মোটামুটি ধারণা লাভ করা যায়।

(খ) সিলিন্ডারের গায়ে এগজস্ট পোর্টস–এর ব্যবহার ইঞ্জিনের গঠন ও রক্ষণাবেক্ষণ সহজ করে।

৪। টু–স্ট্রোক ইঞ্জিনে পপেট এগজস্ট ভাল্‌ভ ব্যবহারের সুবিধা–অসুবিধা বর্ণনা কর।

৫। গ্যাস টারবাইন কখন ইঞ্জিনের অংশ এবং কখন নিজেই ইঞ্জিন হিসেবে কাজ করে আলোচনা কর। ইঞ্জিন হিসেবে ব্যবহৃত গ্যাস টারবাইনের সুবিধা–অসুবিধা কি? এসব প্লান্টে কো–জেনারেশনের ব্যবস্থা রাখা হয় কেন ?

BANSDOC Library
Accession No. 180550
Date 10.6.04

BANSDOC Library ★ Dhaka ★