



महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळ, मुंबई
(स्वायत्त) (ISO 9001:2015) (ISO/IEC 27001:2013)

अभियांत्रिकी आणि तंत्रज्ञान पदविका

शिक्षण पुस्तिका
(Learning Material)

उपयुक्तता व प्रक्रिया देखभाल
UTILITIES & PLANT MAINTENANCE

(३१३३३९)

रसायन अभियांत्रिकी गट
(Chemical Engineering)

मराठी - इंग्रजी द्विभाषिक माध्यम

अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञानातील तिसरे सत्र पदविका

शिक्षण पुस्तिका
(Learning Material)

उपयुक्तता व प्रक्रिया देखभाल
UTILITIES & PLANT MAINTENANCE

(३१३३३९)

रासायनीक अभियांत्रिकी गट
(Chemical Engineering)

मराठी इंग्रजी (द्विभाषिक) माध्यम
(अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञानातील तिसरे सत्र पदविका)



महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळ, मुंबई

(स्वायत्त) (ISO ९००१:२०१५) (ISO/IEC २७००१:२०१३)

मार्गदर्शक

श्री प्रदीप सिताराम चव्हाण

अधिव्याख्याता (निवड श्रेणी) रासायनिक अभियांत्रिकी
शासकीय तंत्रनिकेतन ठाणे

समिक्षक

श्रीमती चारुशीला भास्कर पाटील

अधिव्याख्याता, रसायन अभियांत्रिकी
शासकीय तंत्रनिकेतन ठाणे

विषय तज्ञ

श्रीमती योजना सचिन कुमावत

अधिव्याख्याता, रसायन अभियांत्रिकी
के. के. वाघ तंत्र निकेतन नाशिक

श्री सफल उत्तमराव पाटील

अधिव्याख्याता, रसायन अभियांत्रिकी
शासकीय तंत्रनिकेतन आर्वी

श्री संदीप चांगदेव दिघे

अधिव्याख्याता, रसायन अभियांत्रिकी

पद्मश्री डॉ. विठ्ठलराव विखे पाटील इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलॉजी अँड इंजिनीअरिंग, (पॉलिटेक्निक), लोणी

श्रीमती शुभांगी म. वसाके

अधिव्याख्याता, रसायन अभियांत्रिकी

शासकीय तंत्रनिकेतन ठाणे

श्री नामदेव माधव गरड

विभाग प्रमुख, रसायन अभियांत्रिकी

पद्मश्री डॉ. विठ्ठलराव विखे पाटील इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलॉजी अँड इंजिनीअरिंग, (पॉलिटेक्निक), लोणी



महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळ

(स्वायत्त) (ISO: ९००१:२०१५) (ISO/IES: २७००१-२०१३)

शासकीय तंत्रनिकेतन इमारत, चौथा मजला, ४९, खेरवाडी, बांद्रा (पूर्व), मुंबई - ४०० ०५१.

दूरध्वनी क्र.: ०२२-६२५४२१७० / १६१

Email : director@msbte.com

Web : www.msbte.org.in



प्रास्ताविक

महाराष्ट्र राज्यातील पदविका स्तरावरील तंत्रशिक्षणाशी संबंधित बाबींचे नियमन करण्यासाठी महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ वचनबद्ध असून विद्यार्थ्यांच्या सर्वांगीण विकासाकरिता वेळोवेळी प्रयत्नशील आहे. तंत्रज्ञान, उद्योग, समाज आणि जागतिकीकरण यामध्ये सतत घडून येणा-या बदलांच्या अनुषंगाने तांत्रिक शिक्षणाची भविष्यातील निकड वेधून पदविका स्तरावरील अभ्यासक्रम, परीक्षा पद्धती व शैक्षणिक सामुग्री ह्यांमध्ये अद्ययावत बदल करण्यात महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ अग्रगण्य आहे. विद्यार्थी हा शिक्षण क्षेत्राच्या केंद्रस्थानी असून त्यांची निकड व समस्या संवेदनशीलपणे हाताळल्यास भारत देशाचे 'ज्ञान महासत्ता' बनण्याचे स्वप्न पूर्णत्वास जाईल ह्याचा मला विश्वास आहे.

शहर आणि ग्रामीण भागातील शैक्षणिक सोयीसुविधांमधील दरी अनेक वेळा दिसून येत असून ग्रामीण भागातील विद्यार्थ्यांचे इंग्रजी भाषेतील ज्ञान व संवाद कौशल्याबाबतही ही वस्तुस्थिती प्रकर्षाने जाणवते. केवळ इंग्रजी भाषेतील संवाद कौशल्याअभावी ग्रामीण भागातील विद्यार्थी तंत्रशिक्षणापासून वंचित राहू नये, ह्या दृष्टिकोनातून महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळाने शैक्षणिक वर्ष २०२१-२२ पासून प्रथम वर्ष पदविका अभ्यासक्रमाकरिता तांत्रिक शिक्षण मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक माध्यमात इच्छुक विद्यार्थ्यांना उपलब्ध करून दिले आहे. मात्र असे करताना कोणत्याही परिस्थितीत गुणवत्तेशी तडजोड केली जाऊ नये ह्या दृष्टीने प्रमुख विषयांसाठीच्या शैक्षणिक सामुग्रीची निर्मिती करण्यात आली आहे.

राष्ट्रीय शिक्षण धोरण २०२० मध्ये प्रादेशिक भाषांमध्ये सर्वांना शिक्षणाची कल्पना मांडण्यात आली आहे. त्यास अनुसरून मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक माध्यमाचा पर्याय द्वितीय व तृतीय वर्षाकरिताही उपलब्ध करून देण्यात आला आहे. तसेच त्याकरिता शैक्षणिक सामुग्रीही विद्यार्थी व अध्यापकांना उपलब्ध करून देण्यात येत आहे.

महाराष्ट्र राज्यातील अनुभवी अध्यापकांकरवी ही शैक्षणिक सामुग्री तयार करण्यात आली असून व्यावहारिक मराठी भाषा, इंग्रजी भाषेतील तांत्रिक शब्दावलीचा उपयोग आणि संदर्भ पुस्तके लक्षात घेऊन या सामुग्रीची निर्मिती करण्यात आलेली आहे. सदर सामुग्रीची पुनर्तपासणी सुकाणू समितीमार्फत करण्यात आलेली असल्याने ही शैक्षणिक सामुग्री अधिक समृद्ध झालेली आहे. त्यामुळे विद्यार्थ्यांना तांत्रिक शिक्षण समजून घेणे अधिक सुकर होईल. तसेच व्यावहारिक मराठी भाषेच्या उपयोगाने विद्यार्थ्यांना विषयाचे सखोल आकलन होईल व इंग्रजी भाषेतील तांत्रिक शब्दावलीच्या वापरामुळे विद्यार्थ्यांचा उद्योग जगतातील वावर सुलभ होईल. त्यामुळे महाराष्ट्र राज्य तांत्रिक क्षेत्रातील वैश्विक मनुष्यबळाच्या निर्मितीत अग्रेसर राहील व त्यायोगे राष्ट्रनिर्मितीकरीता निश्चितच हातभार लागेल असा मला विश्वास आहे.

अभियांत्रिकी पदविका अभ्यासक्रमातील प्रमुख विषयांची मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक शैक्षणिक सामुग्री बनविण्यासाठी अध्यापक व सुकाणू समितीचे सदस्य हे कौतुकास पात्र असून मी त्यांचे अभिनंदन करतो.

(प्रमोद नाईक)

संचालक

म. रा. तंत्र शिक्षण मंडळ, मुंबई.

अनुक्रमणिका

अ. क्र.	घटकाचे नाव	पान क्र
1	औद्योगिक पाणी Industrial Water	01
2	वाफ आणि वाफरहीत हिटिंग प्रणाली Steam and Non-Steam Heating system	16
3	शीतकरण Refrigeration	47
4	हवा आणि सायक्रोमेट्री Air and Psychrometry	73
5	प्रकिया देखभाल Plant Maintenance	90

इंडस्ट्रियल वॉटर / औद्योगिक पाणी**Unit 1 INDUSTRIAL WATER****विषय निष्पत्ती (Course outcome):**

Select suitable method of water softening for boiler feed water & process plants

घटक निष्पत्ती (Theory learning outcome):

1.1 Differentiate Temporary & permanent hardness of different water sample.

1.2 Identify boiler problems for the given boiler feed water.

1.3 Explain softening process of water.

प्रास्ताविक (Introduction)

इंडस्ट्रियल वॉटर (Industrial Water) म्हणजे विविध प्रक्रियेतून बाहेर पडलेले पाणी, (Process Water) इंडस्ट्रियल सांडपाण्याचा पुनर्वापर (Reuse of Waste water), पुनर्वापर केलेल्या पाण्याचा डिस्चार्ज (Discharge of Reused water) आणि विहिरीचे पाणी, वनस्पती सफाईसाठी वापरण्यात येणारे विहिरीचे पाणी, निर्मिती प्रणालीसाठी लागणारे पाणी, कागदाचे उत्पादन (Production) करण्यासाठी लागणारे पाणी आणि इतर असंख्य इंडस्ट्रियल ॲप्लिकेशन (Industrial Application) साठी लागणारे पाणी होय

काही उद्योग जे अन्न, (Food) कागद, रसायने (Chemicals), रिफाईंड पेट्रोलियम (Refined Petroleum) किंवा प्राथमिक धातू (Primary Metal) यासारख्या वस्तू तयार करतात त्यांना मोठ्या प्रमाणात पाणी लागते .

इंडस्ट्रियल पाण्याचे फायदे: (Benefits of Industrial Water)

1. कूलिंग (Cooling): औद्योगिक पाण्याचा वापर उपकरणे, यंत्रसामग्री (Equipments) आणि प्रक्रिया (Process) थंड करण्यासाठी, अतिउष्णता (High Temp) आणि नुकसान टाळण्यासाठी केला जातो.
2. साफसफाई आणि धुणे: उत्पादने (Product) आणि कार्य क्षेत्र स्वच्छ धुण्यासाठी वापरले जाते.
3. उत्पादन आणि प्रक्रिया (Production & Process): धातू, (Metal) प्लास्टिक, कापड, अन्न उत्पादने आणि बरेच काही यासह उत्पादनांच्या विविध श्रेणीचे उत्पादन आणि प्रक्रिया करण्यासाठी वापरले जाते.
4. ऊर्जा उत्पादन (Energy Production): वाफेच्या (Vapor) निर्मितीसाठी वीज प्रकल्पांमध्ये पाण्याचा वापर केला जातो, ज्याचा वापर टर्बाईन (Turbine) चालवण्यासाठी होतो.
5. रासायनिक अभिक्रिया (Chemical Reaction): अनेक रासायनिक उद्योग प्रक्रियांना विद्रावक किंवा अभिक्रियाक (Reactant) म्हणून पाण्याची आवश्यकता असते.
6. वाहतूक (Transportation): कच्चा माल, (Raw Material) रसायने आणि उत्पादने, अनेकदा पाइपिंग सिस्टमद्वारे (Piping System) वाहतूक करण्यासाठी पाणी वापरले जाते.
7. सांडपाणी प्रक्रिया (Waste water Treatment): औद्योगिक सांडपाणी शुद्ध करण्यासाठी आणि सांडपाण्यातील प्रदूषके (Pollutents) कमी करण्यासाठी पाणी वापरले जाते.

8. पर्यावरण नियंत्रण (Environmental Pollution Control) : उत्पादन आवश्यकता पूर्ण करण्यासाठी, आर्द्रता (Humidity) आणि तापमान (Temperature) यासारख्या पर्यावरणीय मापदंडांचे (Regulation) नियमन करण्यासाठी पाणी वापरले जाते.
9. अन्न प्रक्रिया (Food Process): अन्न प्रक्रिया उद्योगात धुणे, स्वयंपाक करणे, थंड करणे आणि पॅकेजिंगसाठी (Packaging) वापरले जाते.
10. कापड: कापड उद्योगात फायबर उत्पादन, रंगाई (Colouring) आणि फिनिशिंगसाठी (Finishing) वापरले जाते.
11. कागद आणि छपाई: कागद आणि मुद्रण उद्योगात पल्पिंग, छपाई आणि साफसफाईची उपकरणे वापरली जातात.
12. फार्मास्युटिकल मॅन्युफॅक्चरिंग (Pharmaceutical Manufacturing): औषध उत्पादन, क्लीनरूम ऑपरेशन्स (Cleanroom Operations) आणि प्रयोगशाळा (Laboratory) चाचणीमध्ये वापरले जाते.
13. बांधकाम आणि बांधकाम साहित्य निर्मिती: पाण्याचा वापर काँक्रीट निर्मिती, दगड प्रक्रिया आणि ग्लास निर्मिती (production of Glass) सती होतो.
14. शेती: शेतजमीन सिंचन आणि प्रजननासाठी वापरले जाते, कृषी उत्पादनाचा एक महत्वाचा भाग आहे पाणी.
15. अग्निसुरक्षा प्रणाली (Fire Resistant Technology): आगीच्या प्रतिसादात औद्योगिक सुविधा आणि इमारतींसाठी अग्निसुरक्षा प्रणालींमध्ये वापरले जाते.

पाण्याचे गुणधर्म:

1. कृत्रिम सिल्क (Artificial Silk) : पाणी स्वच्छ, तेजस्वी आणि गंधापासून (Pb) पूर्णपणे मुक्त असावे आणि द्रावणात कमी प्रमाणात क्षारयुक्त घटक असावेत.
2. कोरडे करणे: पाणी हे लोह (Iron), रंग, गढूळपणा आणि कमी प्रमाणात मीठ (Iodine) मुक्त असावे.
3. कागद उद्योग (Paper Industry): पाणी हे रंग, गाळाचे पदार्थ आणि लोह आणि मँगनीज (Mn) पासून मुक्त असले पाहिजे.
4. फोटोग्राफिक फिल्म (Photographic Film) : पाणी हे रंग, तरंगणारे पदार्थ आणि धातूपासून मुक्त असावे (जसे की लोह, झिंक (Zn), मँगनीज).
5. टॅनिंग (Tanning): पाणी हे लोहमुक्त (Iron) असावे आणि चुन्याचे क्षार कमीत कमी असावे.
6. वाफ वाढवणे: पाणी हे गाळापासून मुक्त असावे आणि त्यात थोडेसे मुक्त कार्बोनिक ऍसिड (Carbonic Acid) असावे.

पाण्यातील अशुद्धता (Impurities in water):

1. तरंगणारी अशुद्धता (Suspended matter):- जसे की चिकणमाती, चिखल, एकपेशीय वनस्पती, औद्योगिक कचरा, (Industrial Pollutents) सेंद्रिय पदार्थ इ. यामुळे पाण्यात गढूळपणा, रंग, गंध (Smell) निर्माण होऊ शकतो आणि रोग (Disease) होऊ शकतात.
2. विरघळलेली अशुद्धता (Dissolved matter):-
 - a. वायू - O_2 , CO_2 , Nox , H_2S , SO_2 (नैसर्गिक पाण्यात विरघळणारे)
 - b. खनिज क्षार - कार्बोनेट, बायकार्बोनेट, सल्फेट्स आणि Ca, Mg, Na, K चे क्लोराईड

3. कोलाइडल अशुद्धता (Colloidal matter):- चिकणमातीचे कण, बारीक चिखल, कुजलेली पाने, सेंद्रिय पदार्थ (कीटक, बुरशी).
4. जैविक अशुद्धता (Biological matter):- एकपेशीय वनस्पती, सूक्ष्मजीव (Microorganism) जसे की जीवाणू, बुरशी (Fungi) इ.

सॉफ्ट पाणी व हार्ड पाणी (Hard water and soft water):

1. सॉफ्ट पाणी (Soft Water) :- ज्या पाण्यात साबणाच्या द्रावणाने सहज फेस (Foam) निर्माण होतो त्याला सॉफ्ट पाणी असे म्हणतात.

किंवा

ज्या पाण्यामध्ये कोणतेही Ca/Mg सॉल्ट विरघळत नाही त्याला सॉफ्ट पाणी असे म्हणतात.

2. हार्ड पाणी (Hard Water):

ज्या पाण्यात साबणाच्या द्रावणाने फेस (Foam) तयार होत नाही, परंतु पांढरा दह्या (White Curd) सारखा पदार्थ तयार होतो त्याला हार्ड पाणी म्हणतात.

किंवा

विरघळलेले क्षार किंवा Ca व Mg असलेल्या पाण्याला हार्ड पाणी असे म्हणतात.

घरगुती उद्देशामध्ये हार्ड वॉटरचा परिणाम:

1. वॉशिंगमध्ये हार्ड पाण्याचा वापर केल्याने साबणाचा अपव्यय होतो व चिकट अवक्षेपण कापडावर चिकटून ठिपके (Points) आणि रेषा (Line) देतात, जे इस्त्री करताना अधिक दिसतात, आयर्न साल्ट्स असल्यामुळे कापडावर डाग पडतात.
2. आंघोळीमध्ये हार्ड पाणी वापरल्याने साबणाचा फेस (Soap Foam) होत नाही, साबणाचा स्वच्छ दर्जा खराब होतो आणि तो वाया जातो.
3. स्वयंपाक करताना पाण्याचा उत्कलन बिंदू (Boiling Point) उंचावला जातो त्यामुळे स्वयंपाक करण्यासाठी जास्त इंधन (Fuel) आणि वेळ लागतो. जेव्हा हार्ड पाणी स्वयंपाकासाठी वापरले जाते, तेव्हा Ca आणि Mg चे बायकार्बोनेट्स भांडीच्या आतील भिंतीवर कार्बोनेट म्हणून जमा होतात यामुळे जास्त भांड्याला गरम करण्याची आवश्यकता असते, ज्यामुळे भांड्यांचे जीवन (Life) कमी होते.
4. मद्यपान (Drinking) : पचनमार्गात कॅल्शियम ऑक्सलेट क्रिस्टल्सची शक्यता वाढते. अनुकूल परिस्थितीत, ते एकतर मूत्रपिंड (Kidney) किंवा मूत्राशयात जमा होतात ज्यामुळे दगड (Stone) तयार होतात.

औद्योगिक वापरामध्ये हार्ड वॉटरचा परिणाम:

1. वस्त्रोद्योग (Cloth Industry): हार्ड पाण्यामुळे साबणाचा बराचसा भाग वाया जातो कारण हार्ड पाणी चांगल्या दर्जाचा फेस तयार करू शकत नाही.
2. साखर उद्योग (Sugar Industry): साखर उद्योगात सल्फेट, (Sulfates) नायट्रेट्स (Nitrates) इत्यादी असलेले पाणी वापरल्यास साखरेच्या स्फटिकीकरणात अडचणी येतात.
3. कागद उद्योग: कॅल्शियम (Calcium) आणि मॅग्नेशियम साल्ट्स (Magnesium) हे इतर सामग्रीवर व रसायनांसोबत रिॲक्शन (Chemical Reaction) करून कागदाचा गुळगुळीत आणि चमकदारपणा घालवता.

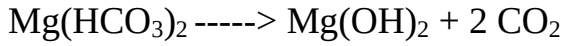
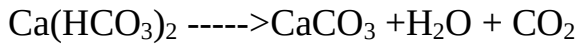
4. लाँड्री: कपडे धुण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या हार्ड पाण्यामुळे धुण्यासाठी वापरण्यात येणारा बराचसा साबण वाया जातो .
5. काँक्रीट तयार करणे: क्लोराईड (Chlorides) आणि सल्फेट असलेले पाणी, जर काँक्रीट बनवण्यासाठी वापरले तर ते कडक सिमेंटच्या अंतिम मजबुतीवर परिणाम करतात.
6. फार्मास्युटिकल उद्योग: फार्मास्युटिकल उत्पादने (Pharmaceutical Products) तयार करण्यासाठी हार्ड पाण्याचा वापर केल्यास काही अनिष्ट (Unusual) उत्पादने तयार होऊ शकतात.

पाण्याचा हार्डनेस (Hardness of water):

पाण्याचा हार्डनेस साबणाचा फेस येण्यास प्रतिबंध होतो.

1. टेम्पररी हार्डनेस (Temporary Hardness) :

हि कॅल्शियम आणि मॅग्नेशियमच्या विरघळलेल्या बायकार्बोनेटच्या उपस्थितीमुळे पाण्यात विकसित होणारी हार्डनेस आहे . पाणी उकळून ते नष्ट केले जाऊ शकते.



2. पर्मनंट हार्डनेस (Permanent Hardness):

क्लोराईड्स, कॅल्शियम आणि मॅग्नेशियम यांचे सल्फेट्स व इतर जड धातूंच्या उपस्थितीमुळे पाण्यात विकसित होणारी हार्डनेस म्हणजे पर्मनंट हार्डनेस. हि पर्मनंट हार्डनेस रासायनिक प्रक्रियेने काढून टाकता येतो.

युनिट ऑफ हार्डनेस (Unit of Hardness):

- 1) भाग प्रति दशलक्ष (ppm) (Parts per Millions)
- 2) मिलीग्राम प्रति लिटर (मिग्रॅ/लि.)

$$* \{1\text{ppm}=1 \text{ mg/L} \} *$$

टेम्पररी व पर्मनंट हार्डनेस मधील फरक

टेम्पररी हार्डनेस (Temporary Hardness)	पर्मनंट हार्डनेस (Permanent Hardness)
हे कॅल्शियम आणि मॅग्नेशियमच्या विद्रव्य बायकार्बोनेट्समुळे होते.	हे कॅल्शियम आणि मॅग्नेशियमच्या विद्रव्य क्लोराईड आणि सल्फेट क्षारांमुळे होते.
या प्रकारचा हार्डनेस उकळवण्यासारख्या साध्या प्रक्रियेद्वारे काढला जाऊ शकतो. म्हणून, नाव टेम्पररी हार्डनेस आहे.	या प्रकारची हार्डनेस साध्या तंत्राने काढली जाऊ शकत नाही. म्हणून, नाव पेरमन्ट हार्डनेस आहे.
हे कार्बोनेटमुळे होते, म्हणून कार्बोनेटहार्डनेस म्हणून ओळखले जाते.	हे इतर क्षारांमुळे होते, म्हणून नॉन-कार्बोनेट हार्डनेस म्हणून ओळखले जाते.
पाणी उकळल्याने टेम्पररी हार्डनेस दूर होते.	चुना सोडा पद्धत, आयन एक्सचेंज प्रक्रिया, झीओलाइट प्रक्रिया यासारख्या पद्धती पर्मनंट हार्डनेस दूर करण्यासाठी वापरल्या जातात.

बॉयलर फीड पाणी (Boiler Feed Water):**बॉयलर समस्या :**

- 1) प्राइमिंग आणि फोमिंग (Priming and Foaming)
- 2) गाळ आणि स्केल (Scale and Sludge)
- 3) कॉस्टिक एम्ब्रिटलमेंट (Caustic Embrittlement)
- 4) बॉयलर गंज (Boiler Corrosion)

1) प्राइमिंग आणि फोमिंग (Priming and Foaming):**प्राइमिंग (Priming):-**

ही एक घटना आहे जिथे बॉयलरच्या आत पाणी खूप वेगाने उकळते (Boiled) ज्यामुळे पाण्याचे कण (Water Particle) वाफेमध्ये मिसळतात.

प्राइमिंगची कारणे:

- मोठ्या प्रमाणात विरघळलेल्या (Dissolved) सेंद्रिय तेलकट (Oil) पदार्थाची उपस्थिती, तरंगणारे पदार्थ इ.
- बॉयलरचे अयोग्य बांधकाम. (Faulty Boiler)
- अत्यधिक रेटिंग, किंवा स्टीम (Steam) मागणीमध्ये अचानक चढ-उतार.

फोमिंग (Foaming):-

पाण्याच्या पृष्ठभागावर फेस (Foam) किंवा बुडबुडे (Bubble) तयार होण्याची ही घटना आहे जी सहजपणे फुटत नाहीत.

फेस येण्याची कारणे (Causes of Foam) :

- बॉयलरच्या पाण्यात कोणत्याही घन पदार्थाची उच्च एकाग्रता (Concentration)
- अल्कली (Base), तेल (Oil), चरबी, ग्रीस, विशिष्ट प्रकारचे सेंद्रिय पदार्थ आणि निलंबित घन पदार्थ यासारखे विशिष्ट पदार्थ फेस येण्यास विशेषतः अनुकूल असतात.

प्राइमिंग आणि फोमिंग प्रतिबंध (Prevention of Priming & Foaming):-

- बॉयलरच्या पाण्यात घन पदार्थाचे प्रमाण कमी प्रमाणात ठेवा.
- उच्च पाण्याची पातळी, जास्त बॉयलर लोड (Load) आणि अचानक लोड बदल टाळणे.
- अँटी फोमिंग एजंट (Anti Foaming Agents) पाण्यात मिसळणे.
- बॉयलर स्लजचा (Sludge) ब्लो डाउन वापरून.
- कमी अशुद्ध (Impurities) असलेल्या पाण्याचं वापर करणे .

2) गाळ आणि स्केल (Scale) निर्मिती:

बॉयलरमध्ये, पाण्याचे सतत बाष्पीभवन (Vaporization) होते आणि त्याचे वाफेमध्ये (Vapor) रूपांतर होते. परिणामी विरघळलेल्या अशुद्धतेची (Dissolved Impurities) एकाग्रता (Concentration) वाढते व पाणी संतृप्त होते. शेवटी कुठे एक टप्पा गाठला जातो या क्षारांची आयनिक उत्पादने (Ionic Production) त्यांच्या विद्राव्यता उत्पादनापेक्षा जास्त होते आणि ते बॉयलरच्या आतील भिंतींवर अवक्षेपण म्हणून फेकले जाते.

A) गाळ (Sludge) :

- बॉयलरमध्ये मऊ, सैल आणि बारीक अवक्षेपण (Layer) तयार होते.

- बॉयलरच्या थंड भागांमध्ये तयार होतात आणि बेन्ड्स मध्ये गोळा होतात.
- अश्या पदार्थाद्वारे तयार होतात ज्यांची विद्राव्यता थंड पाण्यापेक्षा गरम पाण्यात जास्त असते , उदा., $MgCO_3$, $MgCl_2$, $CaCl_2$, $MgSO_4$, इ.
- वायर ब्रशने (Wire Brush) सहज काढू शकतो.

गाळ तयार होण्याचे तोटे: (Disadvantages of Sludge)

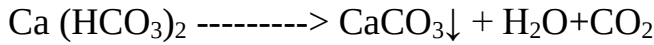
- गाळ हे उष्णतेचे खराब वाहक (Bad Conductor of heat) असतात, त्यामुळे ते उत्पन्न झालेल्या उष्णतेचा काही भाग वाया घालवतात.
- जास्त गाळ (Scale) तयार झाल्याने बॉयलरच्या कामात अडथळा (Not work properly) येतो.
- गाळ खालील पद्धतीचा वापर करून काढून घेता येऊ शकतो:
 - 1) बॉयलर मध्ये सॉफ्ट (Soft) पाण्याचा वापर करून.
 - 2) ब्लो डाऊन (Blow Down) ऑपरेशनने खाली जमा झालेला गाळ काढून घेऊन.

B) स्केल (scale):

- हार्ड डिपॉझिट बॉयलरच्या आतील भिंतींना घट्ट चिकटतात.
- अगदी हातोड्याच्या (Hammer) मदतीने सुद्धा काढणे कठीण होते .

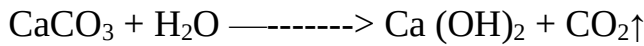
स्केल तयार होण्याचे कारणे : (Reason of Scale Formation)

1) कॅल्शियम बायकार्बोनेटचे विघटन (Dissociation):



(स्केल - मऊ, प्रामुख्याने कमी दाबाच्या बॉयलरमध्ये तयार होतो.)

उच्च दाब बॉयलरमध्ये, $Ca(OH)_2$ तयार झाल्यामुळे $CaCO_3$ विरघळलेल्या अवस्थेत असते.

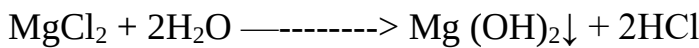


2) $CaSO_4$ चे डिपोजिशन (Deposition):

- तापमान वाढल्याने $CaSO_4$ ची विद्राव्यता कमी होते.
- हे अति तापलेल्या पाण्यात पूर्णपणे अघुलनशील आहे.
- उच्च दाब बॉयलरमध्ये (High Pressure Boiler) हार्ड स्केल (Hard Scale) निर्मिती होते.

3) मॅग्नेशियम क्षारांचे हायड्रोलिसिस:

उच्च दाब बॉयलरमध्ये Mg क्षारांच्या हायड्रोलिसिसमुळे सॉफ्ट स्केल ची निर्मिती होते .



4) सिलिकाची उपस्थिती: (Presence of Silica)

अगदी कमी प्रमाणात सिलिका देखील Ca/Mg चे डिपॉझिट बनवते, जसे सिलिकेट्स (silicates) ($CaSiO_3$ & $MgSiO_3$), जे बॉयलर भिंतीच्या आतील बाजूला घट्टपणे चिकटते. ते काढणे कठीण आहे.

स्केल निर्मितीचे तोटे: (Disadvantages of Scale)

1) इंधनाचा अपव्यय: (Loss of Fuel)

स्केलच्या खराब कंडक्टिव्हिटी (Bad conductivity) मुळे हिट ट्रान्सफर (Heat Transfer) दर मोठ्या प्रमाणात कमी होतो. उष्णतेच्या स्थिर पुरवठ्यासाठी (Steady Transfer of Heat) जास्त गरम करणे आवश्यक आहे म्हणून इंधनाचा वापर वाढतो .

2) बॉयलर सुरक्षितता कमी करणे: (Safety of Boiler)

स्थिर उष्णता पुरवण्यासाठी ओव्हरहीटिंग (Overheating) आवश्यक आहे, जे बॉयलरला साहित्याला कमकुवत आणि नरम बनवते. बॉयलर ट्यूबच्या विकृतीच्या परिणामामुळे बॉयलर उच्च दाब (High Pressure) सहन करण्यास असुरक्षित बनतो.

3) बॉयलरची कार्यक्षमता (Working Capacity) कमी होणे:

व्हॉल्व्ह (valve) आणि कंडेन्सरमध्ये (Condenser) स्केल जमा झाल्याने ते अर्धवट चोक होतात त्यामुळे बॉयलरची कार्यक्षमता कमी होते.

4) स्फोटाचा धोका:

असमान विस्तारामुळे जाड स्केल क्रॅक (Crack) होतात, परिणामी, मोठ्या वाफेची निर्मिती होऊन जास्त दाब निर्माण होतो. यामुळे बॉयलरचा स्फोट होऊ शकतो.

स्केल काढण्याची पद्धत (Method to remove scale):

- यांत्रिक/रासायनिक पद्धत. (Mechanical & Chemical Method)
- स्कॅपर/वायर (Scraper/wire) ब्रशच्या सहाय्याने सैलपणे चिकटलेले स्केल काढले जातात.
- थर्मल शॉक (Thermal shock) देऊन ठिसूळ स्केल काढले जातात.
- वारंवार ब्लो डाउन (Blow Down) ऑपरेशनद्वारे सैलपणे चिकटलेले स्केल काढले जातात (वारंवार अवक्षेपण काढून टाकणे).
- चिकट आणि कठोर स्केल रसायनांमध्ये विरघळवून काढली जाते.

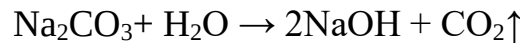
CaCO_3 स्केल (scales) - 5-10% HCl

CaSO_4 स्केल (scales) – EDTA

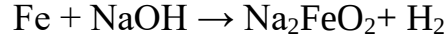
3) कॉस्टिक एम्ब्रिटलमेंट (Caustic Embrittlement):

बॉयलर शेलमध्ये ठिसूळ आणि स्फटिकासारखे क्रॅक (Crystalline Crack) तयार होणे याला कॉस्टिक एम्ब्रिटलमेंट म्हणतात.

- हा एक प्रकारचा बॉयलर गंज (Boiler Corrosion) आहे, जो बॉयलरमधील उच्च अल्कधर्मी पाण्यामुळे होतो.
- लाईम-सोडा प्रक्रियेत, (Soda Lime Process) सॉफ्ट पाण्यात काही प्रमाणात Na_2CO_3 असण्याची शक्यता असते.
- हे Na_2CO_3 डिकंपोझ (Decompose) होऊन NaOH आणि CO_2 देते ज्यामुळे बॉयलरचे पाणी "कॉस्टिक" बनते.



- हे अतिशय सौम्य कॉस्टिक पाणी बॉयलरमधील केसांसारख्या क्रॅकमध्ये केशिका क्रियेद्वारे (Capillary action) वाहते.
- पाण्याचे बाष्पीभवन (Vaporization) झाल्यावर, विरघळलेल्या (Dissolved) कॉस्टिक सोड्याचे प्रमाण केसांसारख्या क्रॅकमध्ये वाढते.
- ही केंद्रित अल्कली बॉयलरच्या लोहमध्ये (Iron) सोडियम फेरोएट (Sodium ferrate) च्या रूपात विरघळते.
- यामुळे बॉयलरचे एम्ब्रिटलमेंट (Embrittlement) जसे की बेंड जॉइंट्स, (Joints) रिवेट्स इ. या भागांमध्ये होते. ज्यामुळे बॉयलर निकामी होतो.



❖ प्रतिबंध पद्धती (Preventive Methods):

- सोडियम फॉस्फेटचा (Sodium Phosphate) सॉफ्टनिंग अभिकर्मक (Softening Agent) म्हणून वापर करून.
- पाण्याचे pH मूल्य राखून आणि क्षारांचे तटस्थीकरण (Neutrification) करून.
- केसांसारखे क्रॅक रोखण्यासाठी टॅनिन (Tannin) किंवा लिग्निन (lignin) किंवा सोडियम सल्फेट (sodium sulphate) घालून कॉस्टिक सोडा द्रावणाची (Solvent) घुसखोरी टाळता येते.

4) बॉयलर गंज (Boiler Corrosion):

रासायनिक (Chemical) किंवा इलेक्ट्रोकेमिकल (Electrochemical) आक्रमणामुळे बॉयलर सामग्रीचा बॉयलर मधील पर्यावरणाद्वारे होणारा क्षय "बॉयलर गंज" म्हणून ओळखला जातो. गंज होण्याचे मुख्य कारण म्हणजे पाण्यात विरघळलेल्या अवस्थेत असलेला ऑक्सिजन.

गंज प्रतिबंध (Prevention of Rusting):

1. सोडियम सल्फाईट (Na_2SO_3) किंवा हायड्रॅझिन (N_2H_4) किंवा सोडियम सल्फाइड (Na_2S) ची गणना केलेले प्रमाण जोडून विरघळलेला ऑक्सिजन काढून टाकणे.
2. यांत्रिक डी-एरेशनद्वारे. (Mechanical Deaeration)
3. कार्बन डायऑक्साइड विरघळवून.

पाणी सॉफ्ट करण्याच्या प्रक्रियेच्या पद्धती (तत्त्व, बांधकाम, कार्य आणि ॲप्लिकेशन):

चुना-सोडा प्रक्रिया : (Lime Soda Process)

लिंबू-सोडा प्रक्रिया ही पाणी हलके करण्यासाठी वापरली जाणारी एक अतिशय महत्वाची पद्धत आहे.

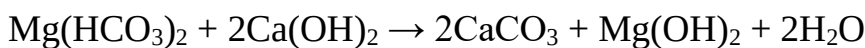
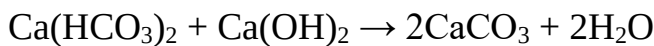
तत्त्व (Principal) - ह्या प्रक्रियेमध्ये पाण्याला जडपणा निर्माण करणाऱ्या सर्व विरघळणाऱ्या क्षारांचे सोडा आणि चुना मिसळून न विरघळणाऱ्या पदार्थांमध्ये (अवक्षेपांमध्ये) रासायनिक रूपांतर होते जे सहजपणे सेटलिंग आणि गाळण्याद्वारे काढले जाऊ शकते.

या प्रक्रियेत, हलके करावयाच्या पाण्यावर निर्धारित प्रमाणात चुना Ca(OH)_2 आणि सोडा Na_2CO_3 प्रक्रिया केली जाते. प्रक्रिया लवकर पूर्ण करण्यासाठी १०% जास्त प्रमाणात रसायने वापरले जाऊ शकतात. चुना आणि सोडा यांची कार्ये खालीलप्रमाणे आहेत.

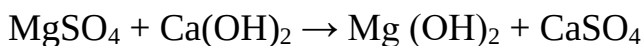
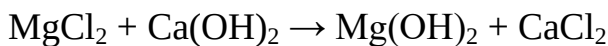
चुनाची कार्ये - (Use of Lime)

चुना तात्पुरते जडपणा, कायमस्वरूपी मॅग्नेशियम जडपणा, विरघळलेले लोह (Dissolved Iron) आणि ॲल्युमिनियम क्षार, विरघळलेले CO_2 आणि H_2S वायू आणि पाण्यात असलेले मुक्त खनिज ऍसिड काढून टाकते. यातील अभिक्रिया खालीलप्रमाणे आहेत.

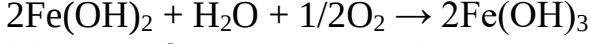
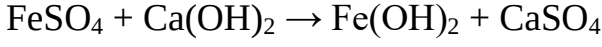
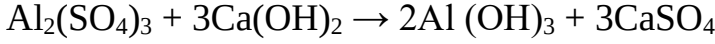
तात्पुरते कॅल्शियम आणि मॅग्नेशियम जडपणा काढून टाकणे



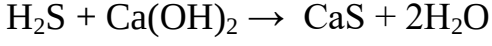
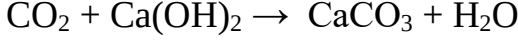
कायमस्वरूपी मॅग्नेशियम जडपणा काढून टाकणे



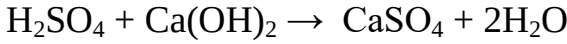
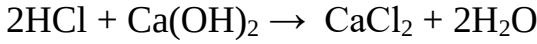
विरघळलेले लोह आणि मॅग्नेशियम क्षार काढून टाकणे



विरघळलेले CO_2 आणि H_2S काढून टाकणे

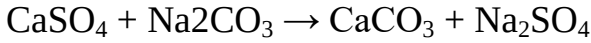
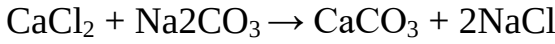


मुक्त खनिज ऍसिड (Free Acid) काढून टाकणे



सोडाची कार्ये - (Use of Soda)

चुन्याद्वारे Mg^{2+} , Fe^{2+} , A^{3+} , HCl आणि H_2SO_4 काढून टाकताना, कॅल्शियम क्षार तयार झाल्यामुळे पाण्यात कायम कॅल्शियम जडपणा येतो. लिंबाच्या पाण्यावर प्रक्रिया केल्यामुळे कायम कॅल्शियमची जडपणा आणि चुना प्रक्रिया करण्यापूर्वी पाण्यात असलेली कायमची कॅल्शियम जडपणा सोडाद्वारे काढून टाकली जाते. सहभागी अभिक्रिया खालीलप्रमाणे आहेत.



चुना-सोडा प्रक्रियेत (Lime Soda Process) सामील असलेल्या रासायनिक अभिक्रिया (Reaction) खूप संथ (Slow) असतात. शिवाय, तयार होणारे पदार्थ [विशेषतः CaCO_3 आणि $\text{Mg}(\text{OH})_2$] सूक्ष्म असतात आणि त्यांच्यात अति-संतृप्त द्रावण (super Saturated Solution) तयार करण्याची प्रवृत्ती असते. याचा परिणाम नंतर पाईप्स (Pipes) आणि बॉयलर ट्यूबमध्ये (Boiler Tube) याचे अवशेष जमा झाल्यानंतर ते अडकतात आणि गंजतात. प्रक्रियेतील या कमतरतांवर मात करण्यासाठी -

- रसायने आणि पाण्याचे कसून मिश्रण. (Chemical/water mixture)
- प्रतिक्रिया पूर्ण करण्यासाठी योग्य वेळ देणे. (Time for Proper Process)
- सक्रिय चारकोल सारख्या प्रवेगकांचा (Catalyst) वापर आणि
- तुरटी किंवा NaAlO_2 सारख्या पदार्थांचा वापर.

प्रक्रिया(Process) - चुना-सोडा प्रक्रिया खोलीच्या तपमानावर तसेच उच्च तापमानात दोन्ही प्रकारे चालते. खोलीच्या तपमानावर चालणाऱ्या प्रक्रियेला थंड चुना-सोडा (कोल्ड लाईम-सोडा) (Cold Lime Soda) प्रक्रिया म्हणतात आणि $98-100^\circ\text{C}$ तापमानाला गरम चुना-सोडा (हॉट लाईम-सोडा) (Hot Lime Soda) प्रक्रिया म्हणतात.

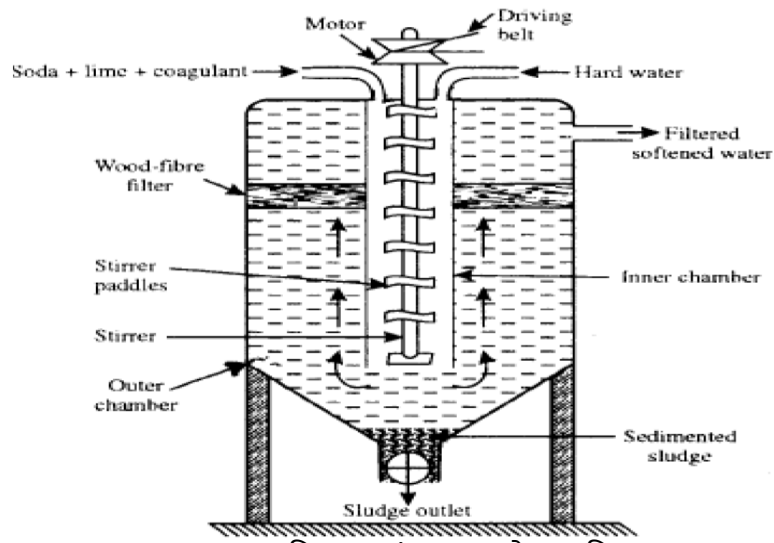
थंड चुना-सोडा प्रक्रिया (Cold Lime Soda Process) - या पद्धतीत, हलके करावयाचे पाणी खोलीच्या तपमानावर निर्धारित प्रमाणात चुना आणि सोडा वापरून प्रक्रिया केली जाते.

तसेच तुरटी, अॅल्युमिनियम सल्फेट(Aluminium Sulfate), सोडियम अॅल्युमिनेट इत्यादी सारख्या कोयगुलंटची (Coagulants) थोडीशी मात्रा देखील टाकली जाते.

कोयगुलंट प्रक्रियेत तयार झालेल्या बारीक विभागलेल्या अवक्षेपाला फ्लोक्युलेट होण्यास मदत करते. सोडियम अॅल्युमिनेट पाण्यामध्ये असलेले सिलिका आणि तेल काढून टाकण्यास देखील मदत करते.

पद्धत (Method)- उभ्या वर्तुळाकार टाकीच्या आतील चेंबरमध्ये पाण्याचे मिश्रण, चुना आणि सोडा यांचे मोजलेले प्रमाण आणि थोड्या प्रमाणात कोयगुलंट दिले जाते (चित्र 1).

चेंबरला एक उभ्या फिरणारा शाफ्ट प्रदान केला जातो ज्यामध्ये अनेक पॅडल असतात जेणेकरून जोमदार ढवळले जाते आणि जोडलेल्या रसायनांसह पाणी (Proper mixing of Chemical/water) सतत मिसळवे लागते.



चित्र १ : थंड चुना-सोडा प्रक्रिया

रासायनिक अभिक्रिया (Chemical Reaction) घडतात आणि जडपणा निर्माण करणारे क्षार न विरघळणाऱ्या पदार्थांमध्ये रूपांतरित होतात (Transform) जे जड गाळाच्या रूपात जमा होतात.

जसजसे हलके केलेले पाणी बाहेरील कोएक्सियल चेंबरमध्ये (Coaxial Chamber) पोहोचते, ते वरच्या दिशेने वाहते आणि लाकूड-फायबर फिल्टरद्वारे फिल्टर केले जाते आणि शेवटी बाह्य सिलेंडरच्या शीर्षस्थानी प्रदान केलेल्या आउटलेटमधून (Outlet) बाहेर काढले जाते.

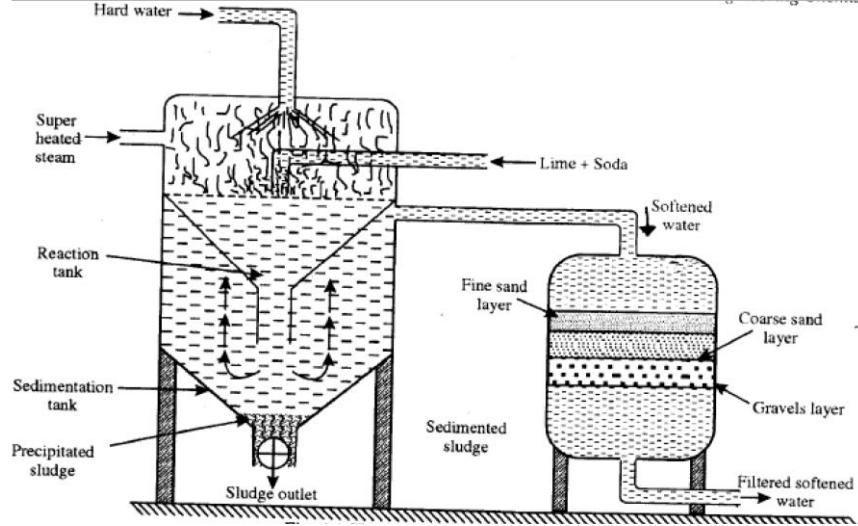
जड गाळ बाहेरील चेंबरच्या तळाशी स्थिर होतो आणि आउटलेटद्वारे बाहेर काढला जातो. या प्रक्रियेतून मिळणाऱ्या हलक्या पाण्यात सुमारे ५०-६० पीपीएम (PPM) चा अवशेष जड पणा असतो.

गरम चुना-सोडा प्रक्रिया (Hot Lime Soda Process)- या प्रक्रियेत, पाण्यावर ९४-१०० °C तापमानात रसायनांनी प्रक्रिया केली जाते. प्रक्रिया सोल्युशनच्या उकलन बिंदूच्या (Melting Point) जवळ असलेल्या तापमानात केली जात असल्याने, अभिक्रिया जलद (Fast Reaction) होते आणि प्रक्रियेची हलके करण्याची क्षमता अनेक पटींनी वाढते.

या तापमानात, पाण्याची स्निग्धता खोलीच्या तापमानापेक्षा खूपच कमी असते. म्हणून, कणांच्या एकत्रीकरणाचा दर वाढतो आणि कोणतेही कोगुलंट जोडण्याची गरज नसते. शिवाय, विरघळलेले वायू देखील प्रक्रियेच्या तापमानात काही प्रमाणात बाहेर पडतात..

पद्धत - चित्र २ मध्ये एक सामान्य गरम चुना-सोडा पाणी हलके करणारी आकृती दर्शविली आहे, यात समाविष्ट आहे

- एक प्रक्रिया टाकी (Process Tank)
- एक शंकूच्या आकाराचे पात्र (Conical Tank)
- वाळू फिल्टर (sand Filter)



चित्र २ : गरम चुना-सोडा प्रक्रिया

कच्चे पाणी वरून प्रक्रिया टाकी मध्ये सोडले जाते, जिथे ते मोजलेल्या प्रमाणात रसायनांसह पूर्णपणे मिसळले जाते आणि अति तापलेल्या वाफेने (High Temperature Heat) उत्तेजित केले जाते. प्रक्रिया होतात आणि पाणी हलके होते. मऊ पाणी नंतर गाळाच्या पात्रात प्रवेश करते जेथे गाळ स्थिर होतो.

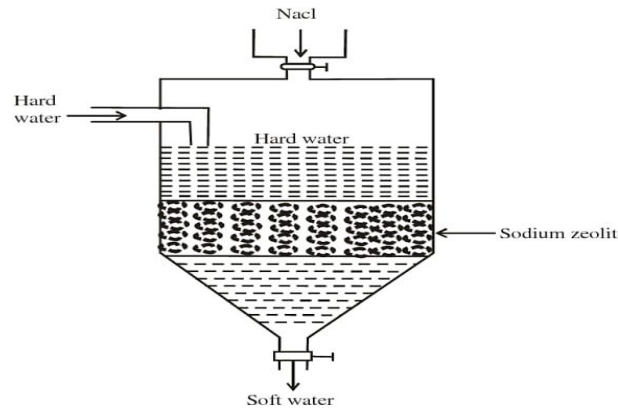
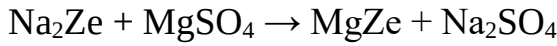
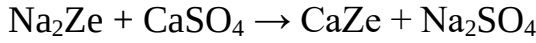
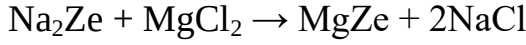
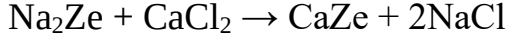
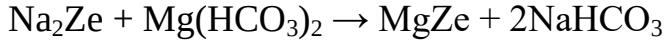
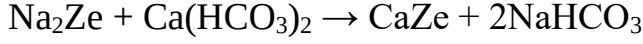
हलके झालेले पाणी पात्रात वर येते, तर जलवाहिनीच्या तळाशी दिलेल्या आउटलेटद्वारे गाळ बाहेर काढला जातो. नंतर हलके केलेले पाणी वाळूच्या फिल्टरमध्ये नेले जाते. यात पाण्यातील गाळ पूर्णपणे काढून टाकण्याची खात्री होते.

या प्रक्रियेतून मिळणाऱ्या हलक्या पाण्यात 15-30 ppm पीपीएमची चा अवशेष जड पणा असतो..

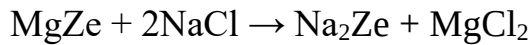
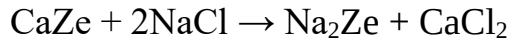
2.झिओलाइट प्रक्रिया (Zeolite Process) : जिओलाइट्स नैसर्गिकरित्या हायड्रेटेड सोडियम अॅल्युमिनियम सिलिकेट आहेत. $(Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O)$ जेथे $x = 2$ ते 10 and आणि $y = 2$ ते 6 आहेत.) जिओलाइटचे कृत्रिम रूप परम्युटिट म्हणून ओळखले जाते. सिंथेटिक जिओलाइट (Synthetic Zeolite) हे Na_2Ze द्वारे दर्शविले जाते. Na_2Ze मध्ये सैलपणे धरलेले सोडियम आयन पाण्यामध्ये असलेल्या Ca^{2+} आणि Mg^{2+} आयनांनी बनलेले आहेत. नैसर्गिक जिओलाइट्स (Natural Zeolite) सच्छिद्र नसतात.

सिंथेटिक जिओलाइट्स सच्छिद्र आणि जेलीची रचना आहेत. ते चायना क्ले, फेल्डस्पार (China Clay Feldspar) आणि सोडा राख एकत्र गरम करून तयार केले जातात. हे जिओलाइट्स नैसर्गिक जिओलाइट्सपेक्षा प्रति युनिट वजनाने उच्च विनिमय क्षमता असलेले आहेत.

प्रक्रिया - या प्रक्रियेत, सोडियम जिओलाइट (Na_2Ze) च्या पलंगातून जड पाणी पार केले जाते. जड पाण्यात ($\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$) निर्माण होणारी कणखरता जिओलाईट बेडमध्ये सोडियम आयनांनी बदलली आहे (चित्र ३). बाहेर जाणाऱ्या हलक्या पाण्यात फक्त सोडियम आयन असतात.



चित्र ३ : झिओलाईट किंवा पर्मुटिट प्रक्रिया



Exhausted
Zeolite

Regenerated
Zeolite

पुनर्निर्माण (Regeneration)- हलक्या होण्याच्या प्रक्रियेनंतर, झिओलाईट चे पूर्णपणे कॅल्शियम आणि मॅग्नेशियम झिओलाईटमध्ये रूपांतरित होते आणि ते संपुष्टात येते. या टप्प्यावर जड पाणी पुरवठा बंद केला जातो आणि १०% ब्राइन (NaCl) द्रावणाने प्रक्रिया करून निष्क्रिय झालेला झिओलाईट बेड पुन्हा सक्रिय केला जातो.

३. आयन एक्सचेंज प्रक्रिया : (Ion Exchange Process) या पद्धतीत आयन एक्सचेंज रेजिन्स वापरले जातात. या प्रक्रियेत Ca^{2+} , Mg^{2+} सारखे Cations आणि Anions जसे Cl^- , SO_4^{2-} जे जडपणासाठी जबाबदार असतात ते अनुक्रमे cations एक्सचेंज रेजिन्स आणि anions एक्सचेंज रेजिनद्वारे (exchange Resins) काढले जातात.

आयन एक्सचेंज रेजिन्स न विरघळणारे (अघुलनशील), क्रॉस-लिंग केलेले, सूक्ष्म छिद्रयुक्त संरचनेसह लांब साखळी ऑर्गॅनिक पॉलिमर (Organic polymer) आहेत. साखळ्यांना जोडलेले कार्यात्मक गट आयन एक्सचेंज गुणधर्मासाठी जबाबदार आहेत.

Cations एक्सचेंज रेजिन्स (RH⁺) - अम्लीय फंक्शनल ग्रुप्स (-COOH, SOH) असलेले रेजिन्स त्यांच्या H⁺ आयनांची जड पाण्याच्या cations सह देवाणघेवाण करण्यास सक्षम असतात.

उदाहरण: (i) सल्फोनेटेड कोळसा.

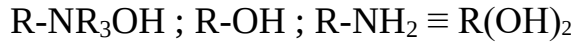
(ii) सल्फोनेटेड पॉलिस्टीरिन.



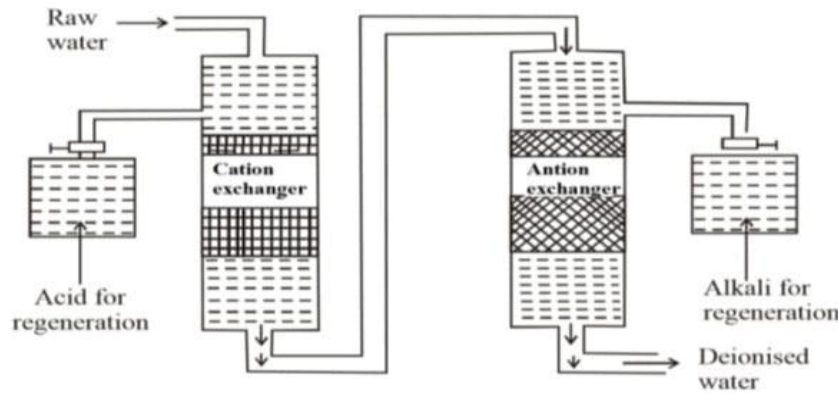
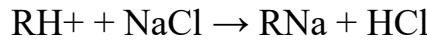
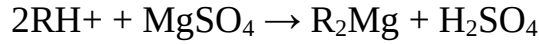
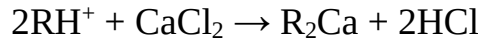
Anions एक्सचेंज रेजिन्स (ROH⁻) - अम्लारी कार्यात्मक गट (-NH₂, -OH) असलेले रेजिन त्यांच्या OH⁻ आयनांची जड पाण्याच्या आयनांशी देवाणघेवाण करण्यास सक्षम असतात.

उदाहरण: (i) क्रॉस-लिंकड काटरनरी अमोनियम लवण.

(ii) युरिया-फॉर्मल्डिहाइड रेजिन्स

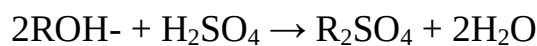
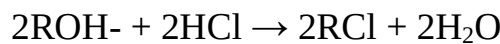


प्रक्रिया - जड पाणी प्रथम cations एक्सचेंज कॉलममधून (चित्र ४) जाते, जे जड पाण्यात उपस्थित असलेल्या Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ इत्यादी सर्व cations शोषून घेते.



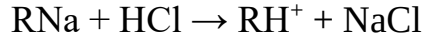
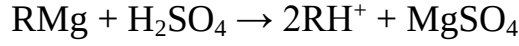
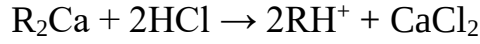
चित्र ४ : आयन एक्सचेंज प्रक्रिया

नंतर Cations मुक्त पाणी एका Anions एक्सचेंज कॉलममधून जाते, जे पाण्यात उपस्थित असलेल्या Cl⁻, SO₄²⁻ इत्यादी सर्व आयन शोषून घेते.

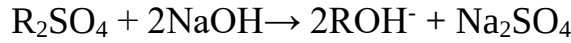
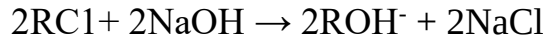


अशा प्रकारे आयन एक्सचेंजरमधून (Ion Exchanger) बाहेर येणारे पाणी Cations आणि Anions दोन्हीपासून मुक्त आहे. हे पाणी आयन फ्री किंवा डीआयोनाइज्ड किंवा डीमिनरलाइज्ड (Diminiralised) वॉटर म्हणून ओळखले जाते.

पुनर्निर्माण (Regeneration)- जेव्हा cations एक्सचेंज कॉलम निष्क्रिय होतो तेव्हा तो dil. HCl किंवा dil. H₂SO₄ चे सोल्यूशन पास करून पुन्हा सक्रिय केला जातो.



जेव्हा Anions एक्सचेंज कॉलम निष्क्रिय होतो, तेव्हा तो dil. NaOH सोल्यूशन पास करून पुन्हा सक्रिय केला जातो.



4.रिव्हर्स ऑस्मोसिस प्रक्रिया (Reverse Osmosis Process): द्रावणाच्या बाजूवर जास्त दाब (High Pressure) देऊन द्रावणातून अर्धपारगम्य झिल्ली (मेंब्रेन) (Semipermeable Membrane) द्वारे शुद्ध विद्रावाकडे (Pure Solvent) जाण्याच्या प्रक्रियेला रिव्हर्स ऑस्मोसिस म्हणतात.

रिव्हर्स ऑस्मोसिस (Reverse Osmosis) ही एक झिल्ली उपचार (मेंब्रेन) प्रक्रिया आहे जी प्रामुख्याने पाण्यात विरघळणारे विद्रव्य वेगळे करण्यासाठी वापरली जाते.

रिव्हर्स ऑस्मोसिस (Reverse Osmosis) हे पिण्याच्या पाण्याच्या शुद्धीकरणासाठी (Water Purification) वापरण्यासाठी सर्वात जास्त ओळखले जाते, विशेषतः पाण्याच्या रेणूमधून (Atom) मीठ आणि इतर सांडपाणी (waste water) काढून टाकण्याच्या बाबतीत.

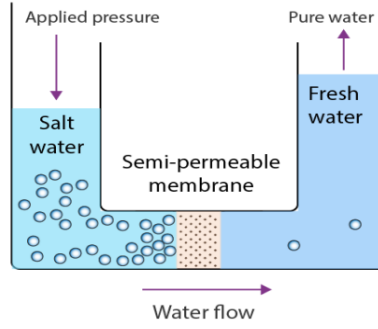
रिव्हर्स ऑस्मोसिस तत्त्व (Reverse Osmosis Principle)

तत्त्व (Principle) - पडद्याच्या (मेंब्रेन) (Membrane) उपस्थितीमुळे, द्रावणाचे मोठे रेणू (Molecule) त्यातून ओलांडू शकत नाहीत आणि ते दाबलेल्या बाजूला राहतात. दुसरीकडे, शुद्ध रेणू (Pure atoms) झिल्लीतून जाण्याची परवानगी आहे.

असे झाल्यावर द्रावणाचे रेणू एका बाजूला केंद्रित होऊ लागतात तर पडद्याची दुसरी बाजू पातळ होऊ लागते. शिवाय, उपायांचे स्तर देखील काही प्रमाणात बदलतात.

थोडक्यात, जेव्हा सॉल्व्हेंट एकाग्रता ग्रेडियंटच्या (Solvent Concentration Gradient) विरुद्ध पडद्यामधून जातो तेव्हा उलट ऑस्मोसिस (Reverse Osmosis) होते. हे मुळात उच्च एकाग्रतेपासून कमी एकाग्रतेकडे जाते. (High Concentration to Low concentration)

प्रक्रिया (Process)- ऑस्मोटिक प्रेशर म्हणजे अर्धपारगम्य झिल्लीतून (Semi Permeable Membrane) विद्राव्य (Solvent) प्रवाह थांबवण्यासाठी आवश्यक असलेला (Least Pressure) किमान दाब. म्हणून, जेव्हा द्रावणाची बाजू (ज्या बाजूने द्रावणाची एकाग्रता (Concentration) जास्त असते ती बाजू) ऑस्मोटिक दाबापेक्षा जास्त दाबाच्या अधीन असते, तेव्हा द्रावणाच्या बाजूचे विद्रावक कण अर्धपारगम्य पडद्याद्वारे त्या प्रदेशात जातात जेथे विद्राव्य एकाग्रता कमी असते. अर्धपारगम्य झिल्लीद्वारे (Semipermeable membrane) अशा उलट हालचालीला रिव्हर्स ऑस्मोसिस म्हणतात.



चित्र ५ : रिव्हर्स ऑस्मोसिस प्रक्रिया (Reverse Osmosis Process)

हे लक्षात घेणे महत्वाचे आहे की रिव्हर्स ऑस्मोसिस प्रक्रिया पुढे जाण्यासाठी सोल्यूशनच्या बाजूला लागू केलेला दबाव (Pressure) ऑस्मोटिक दाबापेक्षा जास्त असणे आवश्यक आहे. ऑस्मोटिक प्रेशर एक संयोगात्मक गुणधर्म आहे, जो द्रावणाच्या एकाग्रतेवर अवलंबून असतो. पाणी शुद्धीकरणामध्ये, रिव्हर्स ऑस्मोसिस प्रक्रिया खूप महत्वाची आहे. आज वापरले जाणारे अनेक वॉटर प्युरिफायर शुद्धीकरण प्रक्रियेत रिव्हर्स ऑस्मोसिसचा वापर करतात.

वाफ आणि वाफरहित हिटिंग प्रणाली**Unit II STEAM AND NON-STEAM HEATING SYSTEM****विषय निष्पत्ती (Course outcome):**

Identify Steam generators & non steam heating systems for Chemical industries.

घटक निष्पत्ती (Theory learning outcome):

- 2.1 Explain properties & uses of steam in Chemical industries.
- 2.2 Classify steam generators.
- 2.3 Explain construction, working of Lancashire boiler, B & W boiler.
- 2.4 State functions of Boiler mountings and accessories.
- 2.5 Implement boiler act in given industries.
- 2.6 Explain construction & working of Thermic fluid heater.
- 2.7 State properties of Thermic fluid heater.

2.1 प्रास्ताविक (Introduction):

पाण्याच्या वायुरूप अवस्थेला वाफ (Steam) म्हणतात, जी पाण्याच्या उकळीमुळे तयार होते. पाणी उकळत असताना त्याचे तापमान वाढते आणि ते वाफेत परिवर्तित (Transform) होते. वाफ जेव्हा शुद्ध व कोरडी (Dry & Pure) असते तेव्हा ती अदृश्य (Invisible) असते. औद्योगिक (Industrial) आणि घरगुती क्षेत्रात वाफेचा वापर विविध कारणांसाठी केला जातो.

वाफेचे वैशिष्ट्य म्हणजे ती परिपूर्ण वायूंचे (Perfect gases) नियम पाळत नाही तोपर्यंत ती पूर्णपणे कोरडी (Dry) होत नाही. मात्र, जेव्हा वाफ अधिक तापवली जाते तेव्हा ती सुपरहिटेड (Superheated) वाफ होते, जी परिपूर्ण वायूसारखी वागते. वाफेचा वापर विविध औद्योगिक प्रक्रिया, उष्मा वितरण, स्वच्छता आणि इतर अनेक कारणांसाठी केला जातो.

2.1.1 वाफचे वापर (Steam Uses):

वाफचे वापर अनेक आहेत आणि विविध उद्योगांमध्ये ते अत्यंत महत्त्वाचे मानले जातात. काही प्रमुख वापर खालीलप्रमाणे आहेत:

1. **ऊर्जा उत्पादन (Power Generation):** वाफेचा वापर मुख्यतः वीज निर्मितीसाठी केला जातो. वाफेचा वापर करून टर्बाइन चालवले जातात, ज्यामुळे वीज तयार होते.
2. **उत्पादन प्रक्रिया (Manufacturing Process):** विविध उत्पादनांमध्ये, जसे की कापड, अन्नप्रक्रिया, कागद, रासायनिक उद्योग इत्यादींमध्ये वाफेचा वापर केला जातो.
3. **तापमान नियंत्रण (Temperature Control):** वाफेचा वापर तापमान नियंत्रित करण्यासाठी केला जातो, विशेषतः उष्मायन प्रक्रियांसाठी जसे की उष्णता उपचार (Heat treatment) आणि कीटाणुनाशक प्रक्रिया (Sterilization).
4. **स्वच्छता व निर्जंतुकीकरण (Cleaning and Sterilization):** रुग्णालये, खाद्य प्रक्रिया उद्योग, आणि इतर ठिकाणी स्वच्छता आणि निर्जंतुकीकरणासाठी वाफेचा वापर केला जातो.

5. **तापमान नियंत्रण यंत्रणा (Heating Systems):** घर, इमारत आणि उद्योगांमध्ये उष्णता पुरवण्यासाठी वाफेचा वापर केला जातो.
6. **वाहतूक (Transportation):** ऐतिहासिकदृष्ट्या, वाफेचा वापर रेल्वे, जहाजे आणि इतर वाहतूक साधनांमध्ये इंजिन चालवण्यासाठी (Run Engine) केला जात होता.
7. **रासायनिक प्रक्रिया (Chemical Processes):** काही रासायनिक प्रक्रियांमध्ये वाफेचा वापर रासायनिक अभिक्रिया वाढवण्यासाठी (Rate of reaction) किंवा उत्पादन वेगवान करण्यासाठी केला जातो.

2.1.2 पाण्यातून स्थिर दाबाखाली वाफ उत्पन्नित होणे (Formation of Steam at a Constant Pressure from Water):

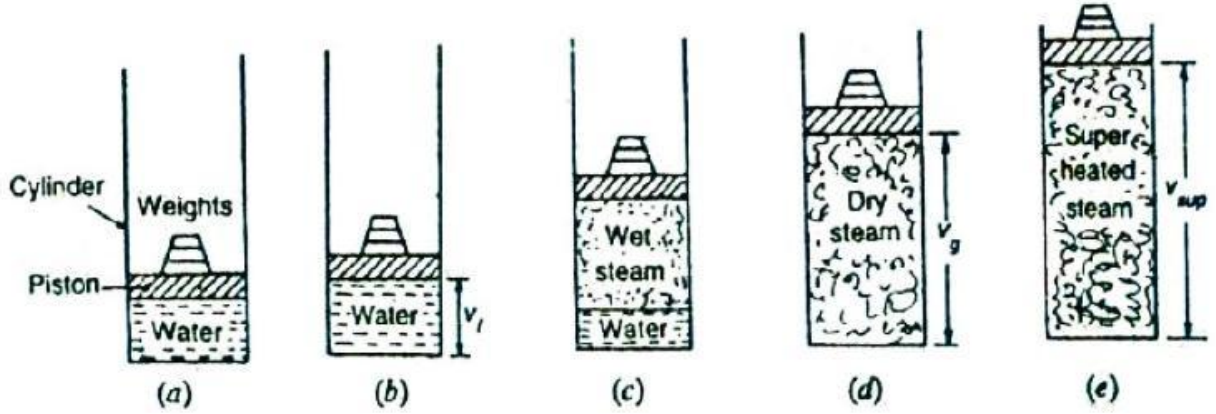


Fig 2.1.1: पाण्यातून स्थिर दाबाखाली वाफ उत्पन्नित होणे

Fig 2.1.1 (a) मध्ये दाखवलेल्याप्रमाणे पिस्टन-सिलिंडर (Piston Cylinder) व्यवस्थेत 0° सेल्सियसचे 1 किलोग्राम पाणी आहे असे गृहीत धरा. पिस्टन (Piston) आणि वजन (Weight), सिलिंडरमध्ये स्थिर दाब (Constant Pressure) कायम ठेवतात. जर आपण सिलिंडरमध्ये असलेल्या पाण्याला गरम केले तर ते खालीलप्रमाणे वाफेत रूपांतरित होईल.

1. तापमान वाढल्यावर पाण्याचा आयतन (Volume) थोडेसे वाढेल, असे Fig 2.1.1 (b) मध्ये दाखवले आहे. हे पिस्टनला थोडेसे वर हलवेल आणि त्यामुळे कार्य (Work) होईल. पाण्याच्या या आयतनवाढीला (किंवा कार्याला) सर्व प्रकारच्या गणनांसाठी (Calculations) सामान्यतः दुर्लक्षित केले जाते.
2. आणखी गरम केल्यास, तापमान उकळण्याच्या बिंदू (Boiling Point) पर्यंत पोहोचते. सामान्य वातावरणीय दाब 1.013 बार (bar) असताना पाण्याचा उकळण्याचा बिंदू 100°C आहे, पण दाब वाढल्यावर तो वाढतो.

उकळण्याचा बिंदू गाठल्यावर, तापमान स्थिर राहते आणि पाणी बाष्पीकृत (Evaporate) होते, त्यामुळे पिस्टनला स्थिर दाबाच्या विरुद्ध वर ढकलते. परिणामी, वाफेचे विशिष्ट आयतन वाढते, जसे Fig 2.1.1 (c) मध्ये दाखवले आहे. या टप्प्यावर, वाफेमध्ये काही पाण्याचे कण (water particles) सस्पेंडेड असतील, आणि त्याला ओलसर वाफ (Wet Steam) म्हणतात. ही प्रक्रिया तोपर्यंत सुरू राहील जोपर्यंत सर्व पाणी ओलसर वाफेमध्ये रूपांतरित होत नाही.

3. आणखी गरम केल्यावर, सस्पेंडेड असलेले पाण्याचे कण वाफेमध्ये रूपांतरित होतील. अशा अवस्थेतील संपूर्ण वाफेला कोरडी (Dry) किंवा संतृप्त (Saturated) वाफ म्हणतात, जसे Fig 2.1.1 (d) मध्ये दाखवले आहे. कोरडी वाफ संपूर्ण गॅस (Perfect Gas) सारखे वर्तते.
4. आणखी गरम केल्यावर, वाफेचा तापमान वाढते. अशा अवस्थेतील वाफेला सुपरहीटेड (Superheated) वाफ म्हणतात, जसे Fig 2.1.1 (e) मध्ये दाखवले आहे.

2.1.3 वाफ उत्पन्नित होण्याच्या प्रक्रियेत वाफेचे तापमान (Temperature) विरुद्ध कुल उष्णता (Total Heat) ग्राफ:

वाफेच्या रचनेची प्रक्रिया, ज्याला वरील चर्चेत घेतले आहे, ती एक ग्राफवर प्रतिनिधित (Represented) केली जाऊ शकते, ज्याच्या निकषावर (abscissa) कुल उष्णता (Total Heat) दर्शविली जाते आणि उद्गान (Vertical ordinate) प्रमाणाने तापमान (Temperature) दर्शविला जातो. Fig 2.1.2 मध्ये बिंदू A पाण्याची प्रारंभिक स्थिती (initial condition) 0°C वर दर्शवतो, आणि दाब P (बार) असते. ABCD रेषा, ही खास दाबाच्या वेळेस (Specific Pressure) तापमान आणि उष्णते मधील संबंध (relation) दर्शवते.

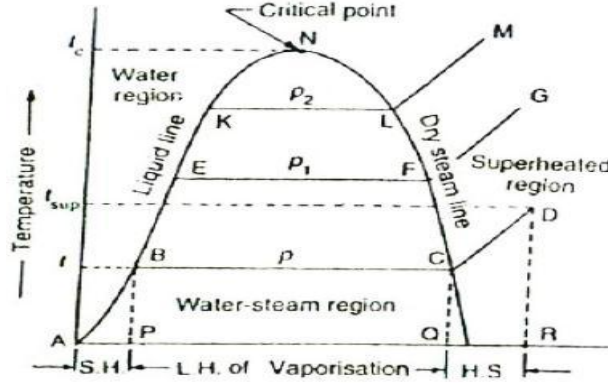


Fig 2.1.2: वाफ उत्पन्नित होण्याच्या प्रक्रियेत वाफेचे तापमान (Temperature) विरुद्ध कुल उष्णता (Total Heat) ग्राफ

सुपरहीटेड (Superheated) वाफाच्या निर्मितीच्या दरम्यान, पाण्याच्या फ्रीझिंग पॉइंट पासून उष्णता ही खालील तीन प्रमाणांत वापरली जाते.

1. AB ही पाण्याला उकळण्याच्या तापमानापर्यंत किंवा सॅचुरेशन (Saturation) तापमानापर्यंत (t) नेण्याची स्थिती दर्शवते. पाण्याने वापरलेली उष्णता ही ने AP दर्शविली आहे, ज्याला सेन्सिबल उष्णता (Sensible Heat) किंवा द्रव्य उष्णता (Liquid heat) किंवा पाण्याची कुल उष्णता (Total Heat) असे म्हणतात.
2. द्रव्याच्या बदल्याचे स्थिती BC द्वारे दर्शविले गेले आहे. या प्रक्रियेत वापरलेली उष्णता PQ आहे, ज्याला वाफेची वाफ स्फोट उष्णता (Latent heat of vaporization) म्हणतात.
3. सुपरहीटिंग प्रक्रिया ही CD ने दर्शविली आहे. या प्रक्रियेत वापरलेली उष्णता QR आहे, ज्याला सुपरहीट उष्णता म्हणतात. AR रेषा सुपरहीटेड वाफाची कुल उष्णता दर्शवते.

जर दाब वाढवले जाते (p_1), तर उकळण्याचा तापमानही वाढते. बिंदू E, p_1 दाबावर उकळण्याचा किंवा संतृप्त तापमान दर्शवितो (Boiling Temperature or Saturated Temperature) आणि F उकळलेल्या संतृप्त वाफेचा (Dry Saturated Steam) बिंदू दर्शवितो. FG ही सुपरहीटेड वाफेच्या

स्थिर दाब प्रक्रिया (constant pressure process) दर्शविते. A, B, E, K प्रमाणे गेलेल्या बिंदूमध्ये जाणारी लाइनला संतृप्त द्रव लाइन (Saturated Liquid Line) म्हणतात, ज्यामध्ये पाणी आणि वाफेच्या सीमा (Boundary line) प्रतिष्ठित झाली आहे. तसेच, L, F, C प्रमाणे जाणारी पंक्ती ड्राय संतृप्त वाफेच्या (Dry Saturated Steam) लाइन म्हणतात, ज्यामध्ये ओलसर आणि सुपरहीटेड वाफेच्या सीमा (Boundary line) प्रतिष्ठित झाली आहे. Fig 2.1.2 मध्ये दाखविले जाते की, दाब (Pressure) आणि संतृप्त तापमान (Saturated Temperature) वाढताना, वाफ स्फोट उष्णता (Latent heat of vaporization) कमी होते. जेथे द्रव आणि ड्राय संतृप्त वाफेच्या (Dry saturated steam) लाइन संधीत (Merge) होतात (N), त्यावर वाफ स्फोट उष्णता शून्य होते.

या बिंदू N ला संघटित बिंदू (Critical point) म्हणतात आणि ह्या बिंदूवर, द्रव्य आणि वाष्प संघटित होतात, आणि प्रत्येक दृष्टीकोनात एकसारखी बनतात.

2.1.4 वाफेसंबंधी महत्वाचे:

1. **ओलसर वाफ (Wet Steam) :** जेथे वाफेमध्ये आर्द्रता (Moisture) किंवा पाण्याच्या कणे (Water particles) असतात, त्याला ओलसर वाफ म्हणतात. याचा अर्थ असा आहे की पाण्याचा evaporation पूर्णपणे संपलेला नाही व पूर्णपणे अदृश्य उष्णता (Latent heat) स्वाक्षीकृत (Absorb) झालेली नाही.
2. **कोरडी संतृप्त वाफ (Dry Saturated Steam):** जेव्हा ओलसर वाफ आणि त्यात कोणतेही वापरणाऱ्या पाण्याचे कण नसतात, तेव्हा त्याला कोरडी संतृप्त वाफ म्हणतात.
3. **सुपरहीटेड वाफ (Superheated Steam):** कोरडी संतृप्त वाफेने सर्व उष्णता स्वाक्षीकृत (Absorb) केली आहे आणि संपूर्ण गॅस समानपणे (Perfect Gas) वर्तते. दाब सर्वदा स्थिर असल्यामुळे, सुपरहीटेड वाफेची आणखी व्हॉल्यूम वाढते. म्हणजे त्याच दाबाखालील एक किलोग्रॅम अदृश्य संतृप्त वाफेची व्हॉल्यूम एक किलोग्रॅम सुपरहीटेड वाफेच्या व्हॉल्यूमापेक्षा (More than Volume) किंवा आकाराचे जास्त आहे. वास्तविक प्रयोगात, सुपरहीटेड वाफ निर्माण करण्यासाठी वेगवेगळ्या उपकरणांचा उपयोग केला जातो, ज्याला सुपरहीटर (Superheater) म्हणतात.
4. **ड्रायनेस फ्रॅक्शन (Dryness Fraction) किंवा ओलसर वाफेची गुणवत्ता (Quality of Wet Steam):** हे वास्तविक कोरडी वाफाच्या भाराच्या अनुपाताचे (Mass of actual dry steam) आहे, ज्याचा ओलसर वाफाच्या समान प्रमाणाच्या भाराच्या (Mass of same quantity of wet steam) अनुपाताच्या आहे. हा सामान्यतः x ने दर्शवला जातो.

$$x = \frac{mg}{mg+mf} = \frac{mg}{m}$$

mg = कोरडी वाफेचा भार (Mass of actual dry steam)

mf = सस्पेंशनमध्ये पाण्याचे भार (Mass of water in suspension)

m = ओलसर वाफेचा भार (Mass of wet steam)

कोरडी वाफेकरीता ड्रायनेस फ्रॅक्शन हा 1 ($x=1$) असतो आणि $mf = 0$

1. **पाण्याची सेन्सिबल उष्णता (Sensible heat of water):** स्थिर दाब असताना 1 किलोग्रॅम पाण्याद्वारे फ्रीझिंग पॉइंट पासून वाफ तयार होण्याकरीताच्या तापमानापर्यंत जी उष्णता स्वाक्षीकृत केली जाते त्याला पाण्याची सेन्सिबल उष्णता म्हणतात.
2. **बाष्पनाचा अप्रकट उष्मा (Latent Heat of vaporization):** तापमान व दाब स्थिर असताना 1 kg पाणी त्याच्या उत्कलनांकावर (Boiling point), वायुअवस्थेत रूपांतरीत होत असताना ग्रहण केलेल्या उष्म्यास द्रवाच्या बाष्पनाचा अप्रकट उष्मा म्हणतात. हा सामान्यतः h_{fg} ने दर्शविला जातो.
3. **वाफेची संपूर्ण उष्णता किंवा एन्थाल्पी (Total heat of steam or Enthalpy):** हि उष्णता म्हणजे, फ्रीझिंग पॉइंट (Freezing Point) पासून वाफ तयार होण्याकरीताच्या तापमानापर्यंतची उष्णता अधिक वाफ तयार होण्याकरीताची स्वाक्षीकृत (absorb) केलेली उष्णता. ही सामान्यतः h_g ने दर्शवली जाते.

ओलसर वाफेची एन्थाल्पी (Enthalpy of wet steam)

$$h = hf + x \cdot h_{fg}$$

कोरडी वाफेची एन्थाल्पी (Enthalpy of dry steam)

कोरडी वाफेकरीता ड्रायनेस फ्रॅक्शन हा 1 ($x=1$) असतो

$$h = h_g = hf + h_{fg}$$

सुपरहीटेड वाफेची एन्थाल्पी (Enthalpy of superheated steam)

$$h = h_g = hf + h_{fg} + C_p(t_{sup} - t)$$

C_p = मीन स्पेसिफिक उष्णता (Mean specific heat)

t_{sup} = सुपरहीटेड वाफेचे तापमान (Temperature of superheated steam)

t = संतृप्त तापमान (Saturation temperature)

2.2 वाफ उत्पादक/ स्टीम जनरेटर (Steam Generator)/ बॉयलर (Boiler):

स्टीम जनरेटर किंवा बॉयलर सामान्यतः स्टीलचे बनलेले एक बंद पात्र असते. त्याचे कार्य म्हणजे इंधनाच्या (घन, द्रव किंवा वायू) ज्वलनामुळे तयार झालेली उष्णता पाण्याकडे हस्तांतरित करणे आणि शेवटी वाफ तयार करणे.

2.2.1 स्टीम बॉयलरसाठी महत्त्वपूर्ण संज्ञा:

स्टीम बॉयलर्समध्ये अनेक संज्ञा वापरल्या जातात, परंतु विषयाच्या दृष्टीने खालील संज्ञा महत्त्वपूर्ण आहेत.

1. **बॉयलर शेल (Boiler Shell):** हे स्टीलच्या प्लेट्सपासून बनविले जाते जे गोल आकारात वाकवून एकत्र रिव्हेट किंवा वेल्ड केले जातात. शेलच्या टोकांना एंड प्लेट्सद्वारे बंद केले जाते. बॉयलर शेलमध्ये पाणी आणि वाफ ठेवण्यासाठी पुरेशी क्षमता असावी.
2. **ज्वलन कक्ष (Heating Section):** हे कक्ष, सामान्यतः बॉयलर शेलच्या खाली असते, ज्यामध्ये इंधन जाळून शेलमधील पाण्यापासून वाफ तयार करण्यासाठी वापरले जाते.
3. **ग्रेट:** हे ज्वलन कक्षातील एक प्लॅटफॉर्म आहे, ज्यावर इंधन (कोळसा किंवा लाकूड) जाळले जाते. ग्रेट सामान्यतः कास्ट आयर्नच्या बारने (Cast Iron bar) बनलेले असते जे

एकमेकांपासून वेगळे असतात जेणेकरून (ज्वलनासाठी आवश्यक असलेली) हवा त्यांच्यातून जाऊ शकते. ग्रेटची पृष्ठभाग(Surface), ज्यावर आग लागते, त्याला ग्रेट पृष्ठभाग म्हणतात.

4. **फर्नेस (Furnace):** हे ग्रेटच्या वर आणि बॉयलर शेलच्या खाली असलेली जागा आहे, ज्यामध्ये इंधन प्रत्यक्षात जाळले जाते. फर्नेसला फायर बॉक्स (fire Box) असेही म्हणतात.
5. **तापन पृष्ठभाग:** हे बॉयलरच्या पृष्ठभागाचा तो भाग आहे, जो आगीला (किंवा आगीमधून येणाऱ्या गरम वायूंना) समोर असतो.
6. **माउंटिंग्स (Mountings):** हे फिटिंग्ज आहेत जे बॉयलरच्या योग्य कार्यासाठी त्यावर बसवले जातात. यात पाणी पातळी निर्देशक,(Level Controller) दाब मापक,(Pressure Gauge) सुरक्षा वाल्व (Safety Valve) इत्यादींचा समावेश होतो. हे लक्षात घेणे महत्वाचे आहे की माउंटिंग्सशिवाय बॉयलर सुरक्षितपणे कार्य करू शकत नाही.
7. **सहाय्यक उपकरण/एक्सेसरीज:** हे उपकरण बॉयलरच्या भागांचा एक अभिन्न भाग आहेत, परंतु ते त्यावर बसवले नाहीत. त्यांमध्ये सुपरहीटर(Superheater), इकोनॉमायझर (Economizer), फीड पंप (Feed Pump) इत्यादी यांचा समावेश असतो. हे लक्षात घेणे महत्वाचे आहे की सहाय्यक उपकरणे बॉयलरचे प्रशासन करण्यात आणि अद्यावत चालवण्यात मदत करतात.

2.2.2 चांगल्या स्टीम बॉयलरच्या मुख्य आवश्यकते:

चांगल्या स्टीम बॉयलरच्या महत्त्वपूर्ण आवश्यकतां खालीलप्रमाणे आहेत,

1. बॉयलरच्या उत्तम क्षमतेचा (High Capacity) वापर करणे आवश्यक आहे, ज्यात खात्री आहे की कमी ईंधन (less Fuel) वापरून जास्त संख्या वाफ उत्पन्न केली जाते.
2. बॉयलरच्या स्थापनेत आर्थिकपणे अर्थव्यवस्थित असणे आवश्यक आहे व चालनेत कमी लक्ष आणि उपचारातून तो वापरला जाणारा असावा लागतो.
3. बॉयलरने लोडच्या अस्थिरतेची शिघ्रतेने उत्तरदायित्व घेऊन त्यांचे स्थिर देखरेख करणे आवश्यक आहे.
4. बॉयलरला शीघ्र प्रारंभ (Start) करण्याची क्षमता असणे आवश्यक आहे.
5. बॉयलरला भारात कमी (Low weight) होणे आवश्यक आहे.
6. बॉयलरला थोडी जागा (Less Space) वापरण्याची क्षमता असणे आवश्यक आहे.
7. बॉयलरमध्ये समावेशणे (Joints) कमी आणि तपासासाठी सुलभ असल्याचे आवश्यक आहे.
8. पुनरावर्ती अभिकरण सामग्री (Refractory Material)कमी होणे आवश्यक आहे. पण त्याच्यामध्ये सुरक्षित प्रकाशन आणि लोड कमी करण्यासाठी इंधनाचे धूमरहीन ज्वलन सुनिश्चित करण्याची पुरेशी करणे आवश्यक आहे
9. बॉयलर अधिनियमानुसार (Rules) सुरक्षा नियमांचे पालन करणे आवश्यक आहे, ज्यात बॉयलर अधिनियमाने स्थापित केलेल्या सुरक्षा विधिमानांचा आणि मापदंडांचा (Regulation) पालन करण्यात योग्य असावा.

2.2.3 स्टीम बॉयलरची (Steam Boiler) निवड करण्याच्या काही महत्वाचे मापदंड:

स्टीम बॉयलरच्या प्रकार आणि आकाराची निवड खालील महत्वाच्या कारकांवर अवलंबून केली जाते:

1. बॉयलरच्या क्षमतेचे ठराव करण्यासाठी योग्य शक्तीची आवश्यकता असते

2. बॉयलरच्या कार्याच्या ठिकाणाशी संबंधित असलेली दाब (Pressure), जेणेकरून वाफचा उत्पादन करणे.
3. स्टीम उत्पन्न (Steam production) करण्याची दर
4. इंधन आणि पाणी यांची उपलब्धता (Availability of fuel & water)
5. वापरला जाणारा ईंधन (Fuels to be used)
6. संभाव्य लोड फॅक्टर (Load factor)

2.2.4 स्टीम बॉयलर वर्गीकरण (Classification):

स्टीम बॉयलरच्या अनेक वर्गीकरण असतात, पण विषयाच्या दृष्टिकोनातून खालीलप्रमाणे महत्त्वाचे आहेत,

1. **ट्यूबमध्ये असलेल्या सामग्रीशी संबंधित:** स्टीम बॉयलर्स (Steam Boilers), ट्यूबमध्ये असलेल्या सामग्रीशी (Contents) खालीलप्रमाणे वर्गीकृत केले जाऊ शकतात,
 - a. फायर ट्यूब (Fire Tube) किंवा स्मोक ट्यूब (Smoke Tube) बॉयलर: फायर ट्यूब बॉयलरमध्ये, ईंधनाच्या दहणाने गरम वायू उत्पन्न होऊन ते ट्यूबच्या आत जातात (मल्टी-ट्यूब्स), त्या ट्यूब पाण्याने घेरलेल्या असतात. फायर ट्यूब बॉयलर्सचे उदाहरण- सिंपल व्हर्टिकल बॉयलर (Simple Vertical Boiler), Cochran Boiler, लॅकेशायर बॉयलर (Lancashire Boiler), कोर्निश बॉयलर (Cornish Boiler), स्कॉच मरीन बॉयलर (Scotch Marine Boiler), लोकोमोटिव बॉयलर (Locomotive Boiler), यांचे आहेत.
 - b. वॉटर ट्यूब बॉयलर (Water Tube Boiler): वॉटर ट्यूब बॉयलरमध्ये पाणी ट्यूबमध्ये आहे, व त्यांना बाहेरून आग आणि गरम वायूने घेरले आहे. वॉटर ट्यूब्स बॉयलर्सचे उदाहरण - बॅबकॉक आणि विलकॉक्स बॉयलर (Babcock & Wilcox Boiler), स्टर्लिंग बॉयलर (Stirling Boiler), ला-मॉन्ट बॉयलर (La Mount Boiler), यारो (Yarrow Boiler) आणि लोएफ्लर बॉयलर (Loeffler Boiler)
2. **फरणासच्या (उर्वरकाच्या) स्थानानुसार:** स्टीम बॉयलर्स (Steam Boilers), फरणासच्या स्थानानुसार खालीलप्रमाणे वर्गीकृत केले जाते,
 - a. आत्मिकपणे उर्वरित बॉयलर्स (इंटरनली फायर्ड बॉयलर्स) (Internal Fired Boilers): फरणास बॉयलर शेलच्या आत असतो
 - b. बाह्यपणे उर्वरित बॉयलर्स (एक्सटरनली फायर्ड बॉयलर्स) (External Fired Boilers): फरणास बॉयलर शेलच्या बाहेर असतो
3. **शेलच्या एक्सिसनुसार:** स्टीम बॉयलर्स, शेलच्या एक्सिसनुसार खालीलप्रमाणे वर्गीकृत केले जाते,
 - a. उभा (व्हर्टिकल) बॉयलर्स (Vertical Boilers): शेलचा एक्सिस व्हर्टिकल असतो, उदाहरण- सिंपल व्हर्टिकल बॉयलर, कॉक्रन बॉयलर
 - b. आडवा (हॉरिजॉन्टल) बॉयलर्स (Horizontal Boilers): शेलचा एक्सिस हॉरिजॉन्टल असतो, उदाहरण - बॅबकॉक आणि विलकॉक्स बॉयलर, लॅकेशायर बॉयलर, लोकोमोटिव बॉयलर

4. **ट्यूबच्या संख्येनुसार:** स्टीम बॉयलर्स, ट्यूबच्या संख्येनुसार खालीलप्रमाणे वर्गीकृत केले जाते,
 - a. सिंगल ट्यूब बॉयलर्स (Single Tube): ह्यात एकच फायर ट्यूब किंवा वॉटर ट्यूब असते, उदाहरण- सिंपल व्हर्टिकल बॉयलर (Simple Vertical Boiler) व कोर्निश बॉयलर (Cornish Boiler)
 - b. मल्टी ट्यूब्युलर बॉयलर्स (Multiple Tube) : ह्यात दोन किंवा जास्त फायर ट्यूब किंवा वॉटर ट्यूब असतात, उदाहरण - बॅबकॉक आणि विलकॉक्स बॉयलर, लॅकेशायर बॉयलर, लोकोमोटिव बॉयलर व कॉक्रन बॉयलर
5. **पाण्याच्या आणि स्टीमच्या अभिसरण पद्धतीनुसार:** स्टीम बॉयलर्स, पाण्याच्या आणि स्टीमच्या अभिसरण पद्धतीनुसार खालीलप्रमाणे वर्गीकृत केले जाते,
 - a. स्वाभाविक सरकवणीच्या बॉयलर्स (Natural Circulation): पाण्याची सरकवण स्वाभाविक आंतरवाहिनी सर्क्युलेशन धारांच्या माध्यमातून असते, जी पाण्याला उष्णता देतांना होते.
 - b. विलंबीत सरकवणीच्या बॉयलर्स (Forced Circulation): पाण्याची विलंबीत सरकवण बाह्य साखळीने चालविलेल्या सेंट्रिफ्यूगल पंपद्वारे होते, ज्याला काही बाह्य शक्तीने चालविले जाते. विलंबीत सरकवणीचा वापर उच्च दाब बॉयलर्समध्ये केला जातो, जसे की ला-मॉन्ट बॉयलर, बेंसन बॉयलर, लोएफ्लर बॉयलर आणि वेल्कॉन बॉयलर.
6. **उपयोगतेनुसार(Use):** स्टीम बॉयलर्स, उपयोगतेनुसार खालीलप्रमाणे वर्गीकृत केले जाते,
 - a. स्थिर बॉयलर्स (Stationary Boilers): स्थिर वाफेचे बॉयलर्स वीज प्रकल्पांमध्ये आणि औद्योगिक प्रक्रिया कामामध्ये वापरले जातात. हे स्थिर म्हणून ओळखले जातात कारण ते एक ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी हलत नाहीत.
 - b. चलनशील बॉयलर्स (Mobile Boilers): चलनशील वाफेचे बॉयलर्स ते आहेत जे एक ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी हलतात. हे बॉयलर्स लोकोमोटिव्ह आणि मरीन बॉयलर्स आहेत.
7. **तापमानाच्या स्रोतानुसार(Source of fuel):** वाफेचे बॉयलर्स त्यांच्या वाफ निर्मितीसाठी वापरल्या जाणाऱ्या तापमानाच्या स्रोतानुसार देखील वर्गीकृत केले जाऊ शकतात. हे स्रोत घन(Solid), द्रव (Liquid) किंवा वायुरूप (Gas) इंधनाची दहन, इतर रासायनिक प्रक्रियेचे उपउत्पादन म्हणून गरम कचरा वायू, विद्युत ऊर्जा किंवा अणु ऊर्जा इत्यादी असू शकतात.

2.3.1 साधा उभा बॉयलर (Simple Vertical Boiler):

साधा उभा बॉयलर कमी दाबावर आणि लहान प्रमाणात वाफ तयार करतो. म्हणून, ते कमी शक्ती निर्माण करण्यासाठी किंवा मर्यादित जागेच्या ठिकाणी वापरले जाते. या प्रकारच्या बॉयलरचे बांधकाम Fig 2.3.1 मध्ये दाखवले आहे.

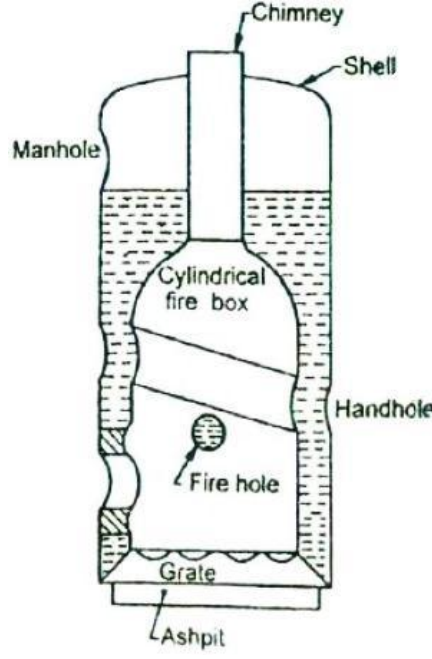


Fig 2.3.1: साधा उभा बॉयलर (Simple Vertical Boiler)

यात जवळजवळ गोलाकार फायर बॉक्सला (Fire Box) वेढणारी एक गोलाकार शेल असते. फायर बॉक्स वाफेचा पृष्ठभागावर सहज प्रवाह होण्यासाठी वरच्या बाजूस किंचित निमुळता असतो. फायर बॉक्सच्या तळावर, एक ग्रेट आहे. फायर बॉक्समध्ये दोन किंवा अधिक अवक्षरित क्रॉस ट्यूब्स लागल्या आहेत. उष्णता पृष्ठक वाढविण्यासाठी आणि पाण्याच्या सर्कुलेशनचा (Water Circulation) सुधारणा करण्यासाठी उत्तोलन दिले आहे.

अपटेक ट्यूब फायर बॉक्सच्या वरून चिमणीतून जातो. प्रत्येक वाटर ट्यूबच्या शेवटीस साफ सफाई करण्यासाठी हातांची दार (Hand holes) दिली आहेत. बॉयलर साफ करण्यासाठी वरती मॅनहोल(Man hole) दिलेला आहे. शेलच्या तळावर गाळ काढण्यासाठी एक मड होल(Mud hole) दिलेला आहे. बॉयलर शेल आणि फायर बॉक्स दरम्यानी जागा उष्ण करण्यासाठी पाणीने भरलेली आहे.

2.3.2 Cochran Boiler

उभा बॉयलरचे अनेक डिझाईन आहेत. Cochran बॉयलर हा त्या बॉयलर्सच्या सुधारित प्रकारांपैकी एक महत्वाचा प्रकार मानला जातो. हा बॉयलर एक बाह्य गोलाकार शेल आणि एक फायर बॉक्स असतो जसे की Fig 2.3.2 मध्ये दाखवले आहे.

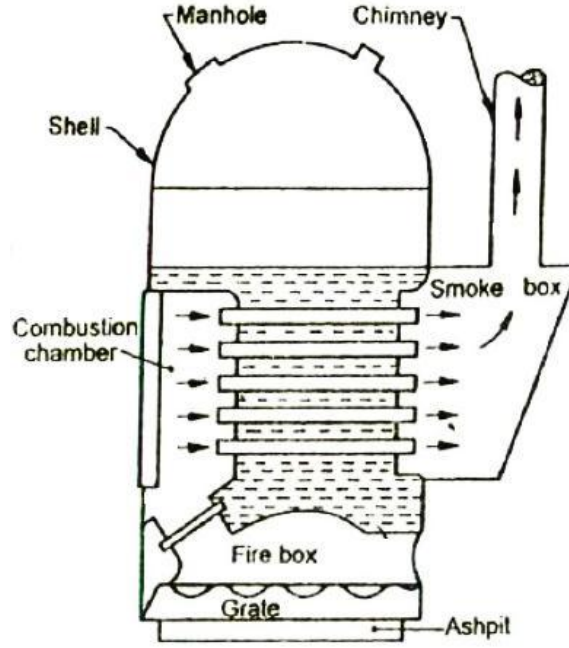


Fig 2.3.2: Cochran बॉयलर

शेल आणि फायर बॉक्स दोन्ही हेमिस्फेरिकल (Hemispheric) आहेत. बॉयलर शेलचा हेमिस्फेरिकल Cochran Boiler अधिक जागा प्रदान करतो आणि अधिक वाफ दाबेकरीता उपयुक्त आहे. फायर बॉक्सच्या हेमिस्फेरिकल क्राउनचे तीव्र उत्तेजनाच्या विरोधात उपयुक्त आहे. फायर बॉक्स आणि दहन घर (Combustion chamber) एक लहान पाईप द्वारे जोडले आहे. दहन घरातून वापरलेल्या वायू (Flue gas) ट्यूब्सद्वारे स्मोक बॉक्स मध्ये जातात.

ह्या ट्यूब्सचे व्यास (Diameter) सामान्यतः ६२.५ मिमी बाह्य आणि त्यांची कुल संख्या १६५ असते. Flue गॅसेस एक धुमकरणीद्वारे (Chimney) हवेत जातात. दहन घर शेलच्या बाजूला आगगट्ट्यांच्या ब्रिक्सने लाईन केलेली आहे. शेलवरच्या क्राउनच्या वरती मॅनहोल दाखवला आहे, जो सफाईसाठी वापरला जातो. फायर बॉक्सच्या तळावर ग्रेट आहे (कोळसा फीड करण्यासाठी), आणि कोल फायर होलद्वारे फीड केले जाते. जर बॉयलर तेल फीड करण्यासाठी वापरला जात असेल, तर कोणत्याही ग्रेट दिला जात नाही, पण फायर बॉक्सच्या तळावर फायर ब्रिक्सने लाईन केलेली आहे. तेल बर्नर (Oil Burner) फायर होलद्वारे लावला जातो.

2.3.3 लॅंकाशायर बॉयलर (Lancashire Boiler):

हा एक स्थिर, फायर ट्यूब (Fire Tube), अंतर्गृहीत, सरळ, आणि प्राकृतिक परिसंचरण बॉयलर आहे. हे त्यात वापरले जातात जेथे उच्च दाब आणि शक्ती आवश्यक असतात. या बॉयलरचा गोलाकार शेल (Round Shell) आहे, ज्याची व्यास (Diameter) 1.75 मीटर ते 2.75 मीटर आणि लांबी 7.25 मीटर ते 9 मीटर असू शकते. त्यात दोन आंतरगृहीत फ्ल्यू ट्यूब्स आहेत, त्यांची व्यास गोलाकार शेलच्या 0.4 वेळा आहे. ह्या प्रकारचा बॉयलर ब्रिक्कमध्ये (Brickwork) ठेवला जातो, जेणेकरून वाहतूक सतहाचा भाग बाह्य शेलवर असतो. लॅंकाशायर बॉयलरची ब्रिक्क सेटिंग Fig 2.3.3 मध्ये दाखविली आहे.

या बॉयलरमध्ये एक लांब गोलाकार बाह्य शेल (Outer Shell) (1) आहे. ज्याची इस्पात प्लेट्समध्ये बांधलेली आहे, ज्याच्या विभागांत रिक्विट केले आहेत. त्यात दोन मोठ्या आंतरगृहीत फ्ल्यू ट्यूब्स (2) आहेत. बॉयलरच्या खालील भागात प्रवेश मिळवण्यासाठी या फ्ल्यू ट्यूब्सच्या शेवटी व्यास कमी केले आहे. एक फायर ग्रेट (Fire Grate) (3), ज्याला फर्नेस (Furnace) म्हणतात, फ्ल्यू ट्यूब्सच्या शेवटी उपलब्ध केले आहे, ज्यावर ठोस ईंधण जाळले जाते. फायर ग्रेटच्या शेवटी, वर एक ब्रिक आर्च (Brick Arch) (5) आहे, ज्यामुळे धूमतडाचे वायू वरती वळवले जातात

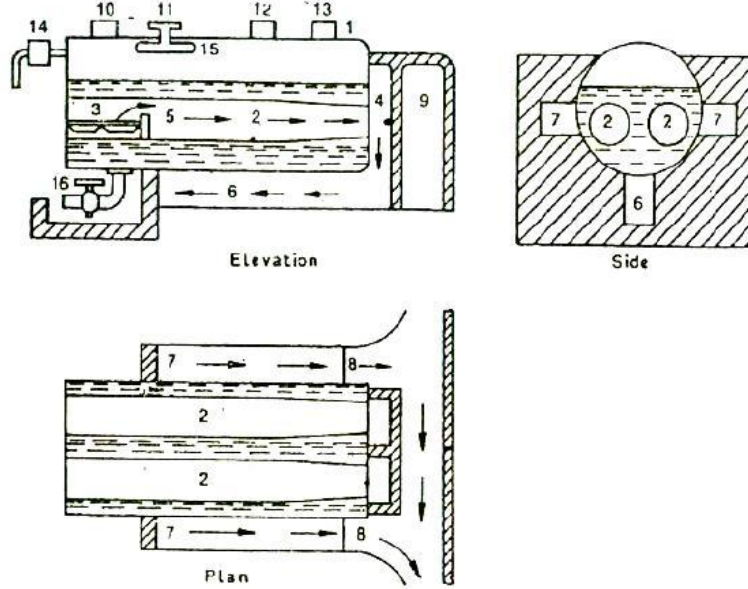


Fig 2.3.3: लॉकेशायर बॉयलर

गरम Fuel गॅसेस, आंतरगृहीत फ्ल्यू ट्यूब्स विहित झाल्यानंतर, खालील ट्यूब (6) ला जातात. या धूमतडाचे गॅसेस, बॉयलरच्या पुढे फिरतात ज्यामध्ये ते विभाजित होतात आणि बाजूच्या फ्ल्यू (7) मध्ये वाहतात. नंतर मुख्य फ्ल्यू (9) मध्ये प्रवेश करतात, आणि पुढे चिमणीकडे जातात. डॅम्पर (8) बाजू फ्ल्यूजच्या शेवटी लागला जातो, ज्यावर वायूच्या प्रवाहाची गरज (अर्थात वाहून नेण्याचा दर) नियंत्रित केला जातो आणि असेच वाफ तयार करण्याचा दर व्यवस्थापन केला जातो. या डॅम्पर्सला बॉयलरच्या पुढे एक पुलीवर जाणारी एक दोरी द्वारे संचालित केले जाते. एक स्प्रिंग लोडेड सुरक्षा वाल्व (Spring Loaded Safety Valve) (10) आणि थांब वाल्व (Stop Valve) (11) Fig 2.3.3 मध्ये दाखवले आहे. थांब वाल्व आवश्यक असल्यानुसार इंजिनला वाफ पुरवते.

उच्च वाफ आणि कमी पाणी सुरक्षा वाल्व (Low Water Safety Valve) (१२) देण्यात येतो.

पाणी समान फीड (Feed) करण्याकरिता, फीड व्हॉल्वने (Feed Valve) छेदवाल्या फीड पाईप (१४) नियंत्रित केल्या जातो. जेव्हा बॉयलर मजबूतपणे गरम केला जातो, तेव्हा उत्पन्न वाफ पाण्याची एक मोठी मात्रा वाफेच्या जागेत सोडते ह्याला प्राइमिंग (Priming) असे म्हणतात. या प्रक्रियेमुळे पाणी वियोगासाठी अंटीप्राइमिंग पाईप (१५) प्रदान केली जाते आणि अधिकाधिक पाणी वेगळे केले जाते व थांब वाल्व मधून ड्राय वाफ मिळते.

ब्लो-ऑफ कॉक (Blow off Cock) (१६) खाली बसलेल्या मातीला (Mud) काही पाण्यासोबत बॉयलरच्या बाहेर काढतो. तसेच इनस्पेक्षण (Inspection) करण्याआधी बॉयलरमधील पाणी रिक्त करण्यासाठीही वापरला जातो. सफाई (Cleaning) आणि मरम्मत (Maintenance) करण्यासाठी बॉयलरच्या वरती आणि तळाशी मॅनहोल वापरले जातात.

2.3.4 बॅबकॉक आणि विलकॉक्स बॉयलर (Babcock & Wilcox Boiler):

हे एक सरळ ट्यूब, स्थिर प्रकारचा वॉटर ट्यूब बॉयलर (Water Tube Boiler) आहे, जसे की Fig 2.3.4 मध्ये दाखवले आहे. यात स्टीम आणि पाणी ड्रम (Steam & Water Drum)(1) आहे. तो शेवटी एक लहान ट्यूबद्वारे अपटेक हेडर (Uptake Header) किंवा रायसरशी (2) जोडला आहे. वॉटर ट्यूब्स (5) तिरप्या असून ते अपटेक हेडरला डाउनटेक हेडरसोबत जोडतात. प्रत्येक पंक्तीचे ट्यूब्स (१०० मिमी व्यास) दोन हेडर्ससोबत जोडले आहेत, आणि त्यांची अनेक पंक्ती आहेत. ट्यूब्सच्या दिशेने हेडर्स वेणी आहेत, त्यामुळे प्रत्येक ट्यूब दुसऱ्याच्या जागेत नसतो, आणि गरम गॅसेस प्रत्येक ट्यूब्सला गरम करू शकतात. हेडर्स ट्यूब्सच्या अग्रेवर हॅन्ड होल्स कॅप्स (18) सहित उपलब्ध असतात. प्रत्येक डाउनटेक हेडरशी एक मंड बॉक्स (6) दिला गेला आहे ज्यात मंड संकलित केला जातो. एक मंड चालनाऱ्या स्वतःचालीत चैन ग्रेट आहे, ज्यावर कोल हॉपर (Coal Hopper)(21)मधून आणले जाते.

चिमनीमधून (Chimney) बाहेर पडण्याअगोदर एक फायर ब्रिक बॅफल, हॉट गॅसेसला वर, खाली, आणि पुन्हा वरील प्रांतांत वळवतो. डॅम्पर्स (17) हेडर्सच्या समोरील पुली वरच्या चैन (22) द्वारे संचालित केल्या जातात, ज्यामुळे हवेचे नियंत्रण केले जाते.

बॉयलर स्टील गर्ड्सवर (Steel Rod) सस्पेंड केला असतो आणि सर्व चार बाजूसमोर फायर ब्रिक वॉल्सने घेरलेला असतो. मेंटेनन्स (Maintenance) आणी सफाई करीता दरवाजे (4) प्रवेश साधण्यासाठी तयार केलेले आहेत. पाणी ड्रम (1) मधून हेडर (2) मध्ये आणि त्यानंतर ट्यूब्स (5) मधून हेडर (3) मधून परत ड्रममध्ये जाते. ह्या प्रक्रियेचे पुनरावर्तन संपूर्णपणे पाणी वाफ होई पर्यंत होत राहते. स्टीम सुपरहिटर म्हणजे एका मोठ्या संख्येच्या स्टील ट्यूब्स (10) असतात आणि त्यात दोन बॉक्स आहेत: एक सुपरहिटेड स्टीम बॉक्स (Superheated Steam Box) (11) आणि दुसरा सॅच्युरेटेड स्टीम बॉक्स (Saturated Steam Box) (12).

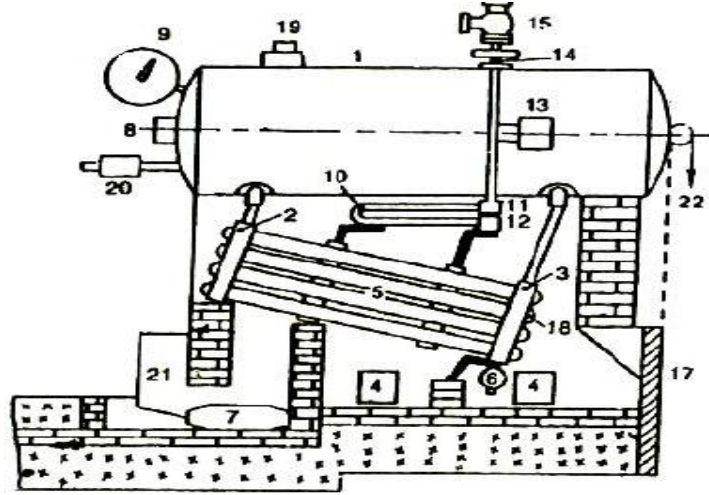


Fig 2.3.4: बॅबकॉक आणि विलकॉक्स बॉयलर (Babcock & Wilcox Boiler)

ड्रममध्ये पाणीस्तराच्यावर उत्पन्न होणारी वाफ ड्राय पाईप (13) आणि प्रवेश ट्यूब्सच्या माध्यमातून सुपरहिटेड स्टीम बॉक्स (11)मध्ये जाते. त्यानंतर ती ट्यूब्स (10) मधून सॅच्युरेटेड स्टीम बॉक्स (Saturated Steam Box)(12)मध्ये जाते. ट्यूब्स (10)च्या माध्यमातून स्टीम जाताना ती अधिक उष्णता घेते आणि सुपरहिटेड होते.

शेवटी, सुपरहिटेड स्टीम आउटलेट (Superheated Steam Outlet) पाईप (14)च्या माध्यमातून थांब वाल्व (15)ला नेल्या जाते. बॉयलरला सामान्य असलेल्या माउंटिंग्स (Mountings) बसवलेल्या आहेत, जसे की सुरक्षा वाल्व (Safety Valve) (Feed Valve) (19), फीड व्हाल्व (20), वाटर लेव्हल इंडिकेटर (Water level Indicator) (8), आणि दाब गेज (Pressure Gauge) (9).

2.3.5 वॉटर ट्यूब आणि फायर ट्यूब बॉयलर्सचा तुलना: (Difference between Fire tube & Water Tube Boiler)

- **डिजाइन (Design) :** वॉटर ट्यूब बॉयलरमध्ये (Water Tube Boiler) गरम गॅस ट्यूब्सच्या बाहेरून प्रवास करतो, तर फायर ट्यूब बॉयलरमध्ये (Fire Tube Boiler) गरम गॅस ट्यूब्सच्या आतून प्रवास करतो.
- **कार्यक्षमता: (Work Capacity)** वॉटर ट्यूब बॉयलर जास्त तापमान आणि दाब सहन करण्यास सक्षम (Capable) आहे आणि अधिक कार्यक्षम आहे, तर फायर ट्यूब बॉयलर कमी तापमान आणि दाबासाठी उपयुक्त आहे.
- **वापर (Uses):** वॉटर ट्यूब बॉयलर औद्योगिक अनुप्रयोगांसाठी (Industrial Application) जास्त योग्य आहे, तर फायर ट्यूब बॉयलर सामान्यतः घरगुती किंवा कमी मोठ्या औद्योगिक अनुप्रयोगांसाठी (Small scale) वापरला जातो.
- **दाब संचालन (Pressure Controller):** वॉटर ट्यूब बॉयलर्स उच्च दाबात संचालन करू शकतात, ज्यामुळे ते फायर ट्यूब बॉयलर्सपेक्षा उच्च दाब (High Pressure) अनुप्रयोगांसाठी उपयुक्त असतात.

2.4 बॉयलर माउंटिंग्स (Boiler Mountings) आणि बॉयलर अॅक्सेसरीज (Boiler Accessories):

बॉयलर माउंटिंग्स ज्यांची आवश्यकता बॉयलरच्या सुरक्षा (Safety), संचालन, आणि तंत्रज्ञानातील (Technology) शक्ती शांतता सुनिश्चित करण्याकरीता आहे. बॉयलर माउंटिंगचे अनेक प्रकार असले तरी, विषयाच्या दृष्टीने खालील माउंटिंग महत्वाच्या आहेत पाण्याचे स्तर सूचक (Water level indicator), दाब गेज (Pressure gauge), सुरक्षा वाल्व (Safety valve), थांब वाल्व (Stop valve), ब्लो ऑफ कॉक (Blow off cock), फीडचेक वाल्व (Feed check valve), फ्युसिबल प्लग (Fusible plug)

बॉयलर अॅक्सेसरीज म्हणजे अशा उपकरणांचे समूह जे बॉयलरच्या कार्यक्षमतेत सुधारणा करतात आणि त्याच्या कार्यप्रणालीला अधिक सुरक्षित आणि प्रभावी बनवतात. या अॅक्सेसरीजची स्थापना बॉयलरच्या बाहेरील भागात केली जाते आणि यांचा वापर विविध उद्देशांसाठी केला जातो. महत्वाच्या बॉयलर अॅक्सेसरीज खालीलप्रमाणे आहेत

इकोनोमायझर (Economizer), सुपरहीटर (Superheater), एअर प्रीहीटर (Air Preheater), फीड पंप (Feed Pump)

2.4.1 पाणी स्तर सूचक (Water level indicator):

हे एक महत्वाचे फिटिंग आहे, जे बॉयलरच्या आतल्या पाण्याची पातळी निरीक्षकाला दर्शवते. हे एक सुरक्षा उपकरण (Safety indicator) आहे, ज्यावर बॉयलरच्या योग्य कार्यक्षमतेवर अवलंबून असते. हे फिटिंग बॉयलरच्या समोर दिसू शकते आणि साधारणपणे दोन असतात. बॉयलरमध्ये मुख्यतः वापरले जाणारे पाणी पातळी निर्देशक Fig 2.4.1 मध्ये दर्शविले आहे.

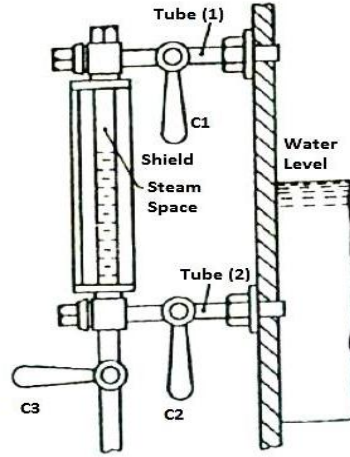


Fig 2.4.1: पाणी स्तर सूचक (Water level indicator)

यात तीन नळ (कोंक) आणि एक काचेची नळी (Glass tube) असते. स्टीम कोंक C1 काचेची नळी स्टीम स्पेसशी जोडलेली ठेवतो. वॉटर कोंक C2 काचेची नळी बॉयलरमधील पाण्याशी जोडतो. ड्रेन कोंक (Drain cock) C3 नियमित अंतरावर वापरला जातो जेणेकरून स्टीम आणि वॉटर कोंक (Water cock) स्वच्छ असल्याचे निश्चित करता येईल.

स्टीम बॉयलरच्या कार्यप्रणालीमध्ये आणि पाणी पातळी निर्देशकाच्या योग्य कार्यासाठी, स्टीम आणि वॉटर कोंक उघडले (Opening of steam & water cock) जातात आणि ड्रेन कोंक (Drain cock) बंद केला जातो.

या स्थितीत, हँडल्स Fig मध्ये दाखवल्याप्रमाणे उभ्या स्थितीत ठेवले जातात. काचेच्या नळीच्या टोकांच्या आयताकृती मार्गामध्ये दोन गोळे असतात. काचेची नळी तुटल्यास, दोन गोळे मार्गाच्या टोकांकडे जातात. त्यामुळे पाणी आणि वाफ बाहेर पडत नाहीत.

काचेची नळी (Glass Tube) सहजपणे बदलता येते, फक्त स्टीम आणि वॉटर कोंक बंद करून ड्रेन कोंक (Drain Cock) उघडावा लागतो. जेव्हा स्टीम बॉयलर कार्यरत नसतो, तेव्हा साफसफाईसाठी बोल्ट काढता येतात. काचेची नळी कोनीकल रिंग (Conical rings) आणि ग्लॅंड नटाच्या सहाय्याने गळतीपासून मुक्त ठेवली जाते.

2.4.2 दाब गेज (Pressure gauge):

प्रेसर गेज स्टीम बॉयलरच्या आतल्या स्टीमचा दाब (Pressure) मोजण्यासाठी वापरला जातो. हे स्टीम बॉयलरच्या समोर लावलेले असते. प्रेशर गेज सामान्यतः बौरडेन (Bourdon) प्रकारचे असतात. Fig. 2.4.2 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे एका सोप्या बौरडेन प्रेशर गेजमध्ये (Bourdon Pressure Gauge), एक अंडाकृती लवचिक नळी ABC असते जी एका वर्तुळाच्या कमानीमध्ये वाकवलेली असते. ही वाकलेली नळी बौरडेनची नळी (Bourdon Tube) म्हणून ओळखली जाते. नळीच्या गेजचा एक टोक स्थिर आणि बॉयलरमधील स्टीम स्पेसशी (Steam Space) जोडलेला असतो.

दुसरे टोक एका लिंकद्वारे एका सेक्टरशी (Connected via link to Sector) जोडलेले असते. दाबाखाली स्टीम नळीत प्रवेश करते. या वाढलेल्या दाबामुळे बौरडेनची नळी स्वतःला सरळ करण्याचा प्रयत्न करते. कारण नळी एक वर्तुळाकार वक्रात गुंडाळलेली असते,

त्यामुळे ती सरळ होण्याऐवजी वर्तुळाकार (Circular) होण्याचा प्रयत्न करते. एक साधी पिनियन आणि सेक्टर (Pinion & Sector) व्यवस्था वापरून, बौरडेनच्या नळीची लवचिकता (elasticity) पॉइंटरला फिरवते. हा पॉइंटर एक कॅलिब्रेटेड स्केलवर (Calibrated Scale) फिरतो, जे थेट गेज प्रेशर (Guage Pressure) दाखवतो.

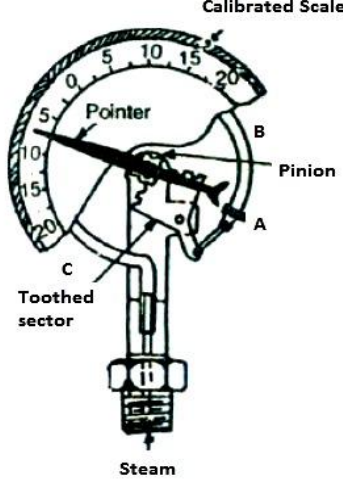


Fig 2.4.2: बौरडेन प्रेशर गेज

2.4.3 सुरक्षा वाल्व (Safety valve):

ही उपकरणे स्टीम चेस्टला (Steam Chest) जोडलेली असतात, ज्यामुळे स्टीमच्या अतिप्रचंड अंतर्गत दाबामुळे (High Pressure Steam) होणारे स्फोट (Blast) टाळता येतात. एका स्टीम बॉयलरला साधारणतः दोन सेफ्टी वॉल्व्ह दिले जातात. हे थेट बॉयलरवर लावलेले असतात. थोडक्यात, सेफ्टी वॉल्व्हचे कार्य (Work of Safety Valve) म्हणजे बॉयलरमधील स्टीमचा दाब कार्यरत दाबापेक्षा जास्त झाल्यास स्टीमला बाहेर सोडणे.

सेफ्टी वॉल्व्ह अनेक प्रकार असले तरी, विषयाच्या दृष्टीने पुढील महत्त्वाचे आहेत, स्प्रिंग लोडेड सेफ्टी वॉल्व्ह (Spring Loaded Safety Valve), लीव्हर सेफ्टी वॉल्व्ह (Lever Safety Valve), डेड वेट सेफ्टी वॉल्व्ह (Dead Weight Safety Valve).

2.4.3.1 स्प्रिंग लोडेड सेफ्टी वॉल्व्ह (Spring Loaded Safety Valve):

स्प्रिंग लोडेड सुरक्षा वॉल्व्ह मुख्यतः लोकोमोटिव्ह (Locomotive) आणि समुद्री (Sea) बॉयलर्ससाठी वापरला जातो. तो वजनामध्ये नसतो, पण स्प्रिंगद्वारे लोड केलेला असतो. स्प्रिंग चक्रीय (Circular Spring) स्वरूपात बनलेली तार किंवा चौरस स्प्रिंग (Square Spring) स्टील रॉडमध्ये तयार केली जाते. स्प्रिंग ही टेन्शन किंवा कॉम्प्रेसन मध्ये असू शकते, कारण स्टीम दाब स्प्रिंगच्या अक्षानुसार कार्य करतो. वास्तविक क्रियापद्धतीत, स्प्रिंग कॉम्प्रेसन (Spring Compression) मध्ये ठेवला जातो.

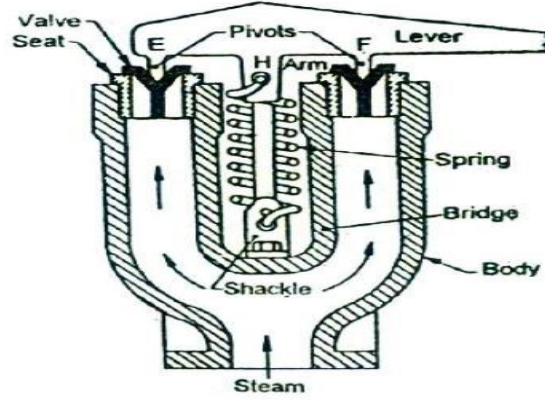


Fig 2.4.3.1: स्प्रिंग लोडेड सेफ्टी वॉल्व (Spring Loaded Safety Valve)

स्प्रिंग लोडेड सुरक्षा वॉल्व Fig 2.4.3.1 मध्ये दाखवला गेला आहे. हे सामान्यतः लोकोमोटिव्हाना (Locomotive) फिट केला जातो. तो एका बॉयलरच्या वरच्या बाजूला बसवतात व तो कास्ट आयर्न (Cast Iron) ने बनविला असतो. बेस बॉयलरच्या माउंटिंग ब्लॉकवर हे बोल्ट केले असते. वॉल्वला स्प्रिंग आणि लिव्हर (lever) द्वारे खाली दाबून ठेवता येते. लेव्हरला दोन पिक्वॉट्स E आणि F असतात.

पिक्वॉट E एक पिनवर लीव्हरसोबत जोडला जातो, आणि पिक्वॉट F लीव्हरवर तयार झालेला असतो. ह्या पिक्वॉट्स त्या वॉल्ववर विश्राम करतात. स्प्रिंगचा वरचा भाग आर्म H वर अडकवला जातो, तर खालचा भाग एक शॅकलवर अडकवला जातो, जो की नटद्वारे ब्रिजनी सुरक्षित करण्यात येतो.

स्प्रिंगला दोन सुरक्षा लिंक्स (Safety Links) आहेत, एका मागे एक, किंवा लीव्हरच्या एका बाजूला किंवा लीव्हरच्या दुसऱ्या बाजूला पिन नि जोडलेल्या स्थितीत.

2.4.3.2 लीव्हर सेफ्टी वॉल्व (Safety Lever Valve):

स्टीम बॉयलर्सवर वापरलेला एक लीव्हर सुरक्षा वॉल्व Fig 2.4.3.2 मध्ये दाखवला गेला आहे.

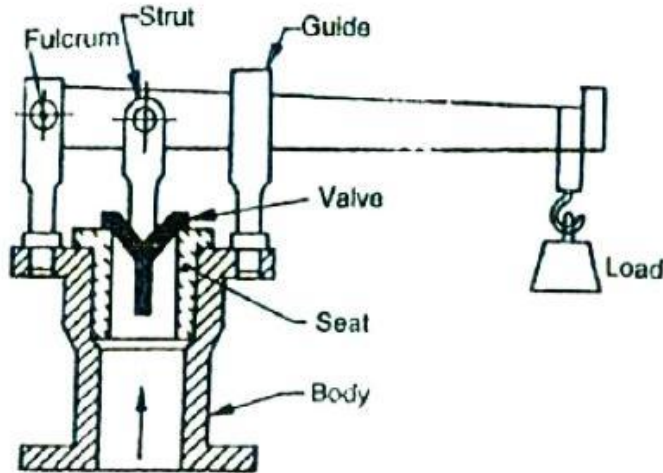


Fig 2.4.3.2: लीव्हर सेफ्टी वॉल्व

ह्याचा उद्देश अंतर्गत स्टीम बॉयलरच्या आत निरंतर सुरक्षित दाब ठेवणे (Safe Pressure) आहे. जर स्टीम बॉयलरमध्ये दाबची अंतर्गत डिझाइन (Internal Safe Pressure) केलेल्या मर्यादेपेक्षा जास्त झाली तर, वॉल्वचा उचला वाहतूक आपोआप होतो.

लीव्हर सुरक्षा वॉल्व ज्यामध्ये वॉल्व बॉडी (Valve Body)+ ही फ्लॅजसहित बॉयलर्सवर फिट केली आहे. ब्रॉन्झ वॉल्व (Bronze Valve) सीट शरीरावर थ्रेड केलेली आहे, आणि वॉल्व पण ब्रॉन्झमध्ये आहे.

वॉल्व आणि वॉल्व सीट एकाच धातूचे वापरल्याने जंग लागणे कमी होते. मार्गदर्शक लीव्हरला (Lever Indicator) एका उच्चावर्ती तवरात ठेवतो. लोड लीव्हरच्या शेवटी लावला जातो. स्टीमचा दाब सुरक्षित मर्यादपेक्षा (Steam Pressure above safety limit) जास्त होऊन, दाबाचा वरील धक्का वॉल्वला वर उचलतो. असे स्टीम साधारण योग्यतेवर परत येई पर्यंत होते. नंतर वॉल्व परत त्याच्या मूळ स्थितीला (Original Condition)जातो.

2.4.4 Stop valve:

हे स्टीम बॉयलरवरील सर्वात मोठे वॉल्व आहे. हे सामान्यतः फ्लॅजच्या सहाय्याने शेलच्या सर्वात वरच्या भागात बसवले जाते, Fig 2.4.4 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे. स्टॉप वॉल्वचे प्रमुख कार्ये पुढीलप्रमाणे आहेत:

1. **स्टीमचा प्रवाह नियंत्रित करणे (Control Steam Flow Rate):** बॉयलरमधून बाहेर पडणारी स्टीमची दिशा आणि प्रमाण नियंत्रित करणे.
2. **बॉयलरच्या देखभालीसाठी स्टीमचा प्रवाह बंद करणे:** बॉयलरची देखभाल किंवा दुरुस्ती (Maintenance) करताना स्टीमचा प्रवाह थांबवणे.
3. **बॉयलरला जोडलेल्या उपकरणांमध्ये स्टीम पुरवठा करणे:** बॉयलरमधून बाहेर पडणारी स्टीम विविध उपकरणांमध्ये पुरवठा करणे.

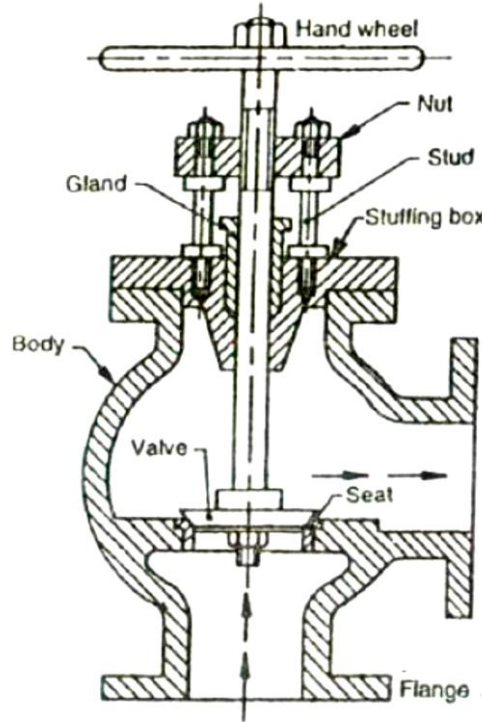


Fig 2.4.4: थांब वॉल्व (Stop valve)

बांधणी (Construction):

1. **Body:** स्टीम स्टॉप वॉल्वचे शरीर सामान्यतः कास्ट आयर्न किंवा स्टीलचे बनवलेले असते.

2. **फ्लॅज (Flange):** फ्लॅज वॉल्वला बॉयलरच्या शेलवर (Boiler shell) बसवण्यासाठी वापरले जाते. हे वॉल्वच्या शरीरावर वेल्डेड किंवा बोल्टेड असते.
3. **वॉल्व सीट (Valve Seat):** वॉल्व सीट ब्रॉन्झ (Valve seat bronze) किंवा स्टेनलेस स्टीलचे बनवलेले असते, ज्यामुळे वॉल्वला योग्य सीटिंग मिळते आणि गळती टाळली जाते.
4. **डिस्क (Disc):** डिस्क वॉल्व सीटवर बसते आणि स्टीमचा प्रवाह (Steam Flow) नियंत्रित करते. डिस्क सामान्यतः ब्रॉन्झ किंवा स्टेनलेस स्टीलची (SS) असते.
5. **स्टेम (Stem):** स्टेम डिस्कला वर-खाली करण्याचे कार्य करते. स्टेम हँडव्हीलशी (Stem Handwheel) जोडलेले असते.
6. **हँडव्हील (Handwheel):** हँडव्हील वॉल्व उघडण्यास आणि बंद करण्यास वापरले जाते. हँडव्हील वळवल्याने स्टेम हलतो आणि त्यामुळे डिस्क वर-खाली (up down of disk) होते.

कार्य (Work):

1. **वॉल्व उघडणे (Opening the Valve):**
 - हँडव्हील वळवल्याने स्टेम उचलला जातो.
 - स्टेम उचलल्याने डिस्क वॉल्व (Disk Valve) सीटवरून वर होते.
 - यामुळे बॉयलरमधून स्टीमचा प्रवाह सुरु होतो.
2. **वॉल्व बंद करणे (Closing the Valve):**
 - हँडव्हील वळवल्याने स्टेम खाली जातो.
 - स्टेम खाली गेल्याने डिस्क वॉल्व सीटवर परत येतो.
 - यामुळे स्टीमचा प्रवाह बंद होतो.
3. **प्रवाह नियंत्रित करणे (Controlling the Flow):**
 - हँडव्हीलच्या सहाय्याने डिस्कचे स्थान नियंत्रित करून स्टीमचा प्रवाह कमी-जास्त करता येतो.
 - वॉल्व पूर्णपणे उघडल्यास पूर्ण प्रवाह मिळतो, तर अर्धवट उघडल्यास कमी प्रवाह मिळतो.

2.4.5 ब्लो ऑफ कॉक (Blow of Cock):

ब्लो ऑफ कॉक स्टीम बॉयलरमध्ये एक महत्वाचे उपकरण आहे, ज्यामुळे बॉयलरच्या आतल्या गाळ, (Sludge) अवशेष आणि अतिरिक्त दाब (High Pressure) नियंत्रणात ठेवता येतो. यामुळे बॉयलरची कार्यक्षमता वाढते आणि सुरक्षितता सुनिश्चित होते

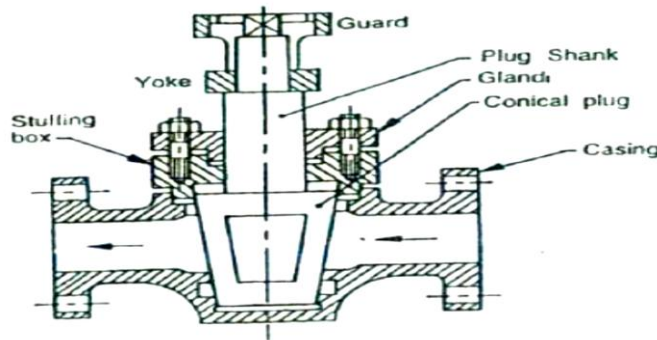


Fig 2.4.5: ब्लो ऑफ कॉक (Blow of Cock)

बांधणी (Construction):

1. **शरीर (Body):** ब्लो ऑफ कॉकचे शरीर सामान्यतः कास्ट आयरन किंवा स्टीलचे बनवलेले असते.
2. **हँडल (Handle):** हँडल वॉल्व उघडण्यासाठी आणि बंद करण्यासाठी वापरले जाते. हँडल वळवल्याने वॉल्व उघडतो किंवा बंद होतो.
3. **प्लग (Plug):** प्लग वॉल्वचे मुख्य भाग आहे, जो स्टीम किंवा पाण्याचा प्रवाह नियंत्रित करतो. प्लगमध्ये एक छिद्र असते, जे वॉल्व उघडल्यावर प्रवाहासाठी मार्ग तयार करते.
4. **गॅसकेट (Gasket):** गॅसकेट वॉल्व आणि बॉयलरच्या जोडणीत लीक टाळण्यासाठी वापरले जाते.

कार्य (Work):

1. **गाळ आणि अवशेष काढणे (Removing Sediments and Scale):**
 - ब्लो ऑफ कॉकचा (Blow of Cock) मुख्य कार्य म्हणजे बॉयलरच्या तळाशी साचलेल्या गाळ आणि अवशेष काढणे.
 - बॉयलरमध्ये काम करत असताना, पाण्यामुळे काही अवशेष साचू शकतात, ज्यामुळे कार्यक्षमता कमी होते.
 - वॉल्व उघडल्याने, उच्च दाबाच्या स्टीमच्या सहाय्याने हे अवशेष बाहेर फेकले जातात.
2. **दाब नियंत्रण (Pressure Control):**
 - काही वेळा, बॉयलरमध्ये जास्त दाब (High Pressure) निर्माण होतो, ज्यामुळे बॉयलरचे नुकसान होऊ शकते.
 - ब्लो ऑफ कॉक उघडल्याने अतिरिक्त दाब (Extra Pressure) बाहेर फेकला जातो, ज्यामुळे दाब नियंत्रणात राहतो.
3. **बॉयलरची देखभाल (Boiler Maintenance):**
 - नियमितपणे ब्लो ऑफ कॉकचा (Blow of Cock) वापर केल्याने बॉयलरची देखभाल सोपी होते.
 - गाळ आणि अवशेष वेळोवेळी काढल्याने बॉयलरची कार्यक्षमता वाढते आणि दीर्घकाळ टिकतो.

2.4.6 फीडचेक वाल्व (Feed check Valve):

फीडचेक वाल्व स्टीम बॉयलरमध्ये अत्यंत महत्वपूर्ण असतो, कारण तो फीड वॉटरच्या प्रवाहाचे नियमन आणि सुरक्षा (Safety) सुनिश्चित करतो. यामुळे बॉयलरची कार्यक्षमता वाढते आणि त्याची आयुष्यकाल (Life) वाढते.

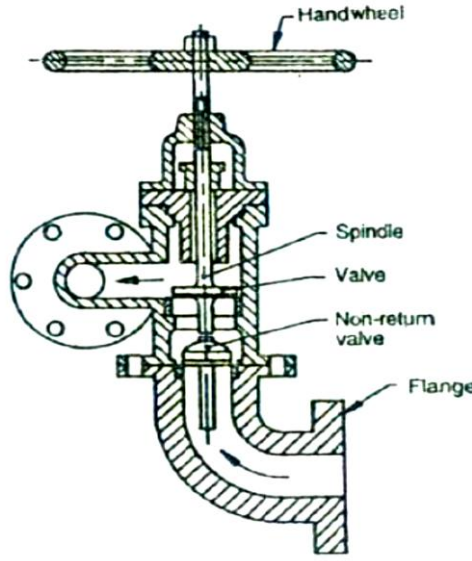


Fig 2.4.6: फीडचेक वाल्व

Construction:

1. **Body:** फीडचेक वाल्वचे शरीर सामान्यतः कास्ट आयर्न (Cast Iron) किंवा स्टीलचे (Steel) बनवलेले असते. हे वाल्वच्या संपूर्ण संरचनेस आधार देते.
2. **डिस्क (Disc):** डिस्क वाल्वमध्ये असतो आणि पाण्याच्या प्रवाहाचे नियमन (Control Water flow) करतो. पाण्याचा दाब डिस्कला उचलतो आणि त्यामुळे पाण्याचा प्रवाह होतो.
3. **सिट (Seat):** सिट डिस्कला विश्राम करण्याचे स्थान आहे. जेव्हा डिस्क सिटवर बसतो तेव्हा पाण्याचा प्रवाह थांबतो.
4. **स्टीम पासिंग (Steam Passing):** वाल्वमध्ये स्टीम पासिंग असते, ज्यामुळे फीड वॉटर बॉयलरमध्ये (Feed Water Boiler) जाण्यासाठी मार्ग तयार होतो.
5. **हँडल (Handle):** हँडल वाल्व उघडण्यासाठी आणि बंद करण्यासाठी वापरले जाते. हँडल वळवल्याने डिस्क सिटवरून वर उठतो किंवा खाली बसतो.

कार्य (Work):

1. **बॉयलरमध्ये पाण्याचा प्रवाह नियंत्रित करणे (Controlling Water Flow into the Boiler):**
 - फीडचेक वाल्व (Feedcheck valve) बॉयलरमध्ये फीड वॉटरच्या प्रवाहाचे नियंत्रण करते.
 - वाल्व उघडल्याने फीड पंपद्वारे (Feed pump) पाणी बॉयलरमध्ये जाऊ शकते.
 - वाल्व बंद केल्याने पाण्याचा प्रवाह थांबतो.
2. **पाणी परत जाण्यापासून थांबवणे (Preventing Backflow of Water):**
 - फीडचेक वाल्व पाण्याला बॉयलरमधून परत फीड पंपात जाण्यापासून थांबवतो.
 - पाण्याचा दाब (Water pressure) डिस्कला सिटवर दाबून ठेवतो, ज्यामुळे पाणी परत येऊ शकत नाही.
3. **दाब नियंत्रण (Pressure Control):**
 - फीडचेक वाल्व बॉयलरमधील दाब नियंत्रित करण्यासाठी देखील वापरला जातो.

- वॉल्वच्या सहाय्याने बॉयलरमध्ये योग्य प्रमाणात पाणी ठेवता येते, ज्यामुळे दाब सुरक्षित पातळीवर (Pressure at safety level) राहतो.
- 4. **बॉयलरची सुरक्षा सुनिश्चित करणे (Ensuring Boiler Safety):**
 - फीडचेक वाल्वच्या (Feedcheck valve) मदतीने, बॉयलरमध्ये योग्य प्रमाणात पाणी राहते, ज्यामुळे बॉयलर ओव्हरहीटिंग (Overheating) किंवा ड्राय रनिंगपासून (Dry Run) वाचतो.
 - हे वाल्व बॉयलरच्या सुरक्षित आणि कार्यक्षम कार्यप्रणालीसाठी आवश्यक आहे.

2.4.7 फ्युसिबल प्लग (Fusible Plug):

फ्युसिबल प्लग स्टीम बॉयलरमध्ये एक महत्वाचे सुरक्षितता साधन आहे. हे बॉयलरला ओव्हरहीटिंग (Overheating of Boiler) आणि संभाव्य स्फोटापासून (Blast) वाचवते. त्यामुळे, फ्युसिबल प्लगच्या नियमित तपासणी आणि देखभाल करणे अत्यंत आवश्यक आहे.

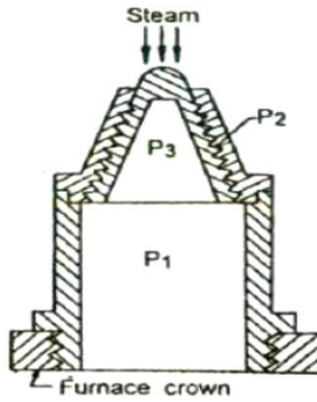


Fig 2.4.7: फ्युसिबल प्लग

बांधणी (Construction):

1. **बाह्य शरीर (Outer Body):** फ्युसिबल प्लगचे बाह्य शरीर सामान्यतः कास्ट आयरन किंवा ब्रॉन्झचे बनवलेले असते. हे शरीर बॉयलरमध्ये फिट करण्यासाठी थ्रेडेड असते.
2. **लवचिक धातू (Fusible Metal):** बाह्य शरीराच्या आत एक लवचिक धातूचा (साधारणतः टिन, लीड किंवा बिस्मथ मिश्रण) वापर केला जातो. हा धातू विशिष्ट तापमानावर वितळतो.
3. **सेंटर होल (Center Hole):** फ्युसिबल धातू सेंटर होलमध्ये भरलेला असतो. हा होल बॉयलरच्या आतल्या भागात उघडतो.

कार्य (Work):

1. **तापमान नियंत्रण (Temperature Control):**
 - फ्युसिबल प्लग बॉयलरच्या आतल्या तापमानाचे नियंत्रण करण्यासाठी वापरला जातो.
 - बॉयलरच्या आतले तापमान निर्धारित मर्यादपेक्षा जास्त झाल्यास, लवचिक धातू वितळतो आणि होल उघडतो.
2. **सुरक्षितता साधने (Safety Device):**
 - बॉयलरमध्ये पाण्याची पातळी खूप कमी झाल्यास, बॉयलरचा तळभाग गरम होऊ लागतो.

- अशा स्थितीत, फ्युसिबल प्लगमध्ये असलेला लवचिक धातू वितळतो आणि होल उघडतो, ज्यामुळे बॉयलरमधून स्टीम बाहेर पडते आणि दाब कमी होतो.
- 3. **ओव्हरहीटिंग पासून संरक्षण (Protection from Overheating):**
 - फ्युसिबल प्लग बॉयलरला ओव्हरहीटिंगपासून वाचवतो.
 - जर बॉयलरमधील पाण्याची पातळी खूप कमी झाली, तर फ्युसिबल प्लग वितळतो आणि स्टीम बाहेर फेकून बॉयलरचे तापमान कमी करतो.
- 4. **दुरुस्ती आणि पुनर्स्थापना (Maintenance and Replacement):**
 - फ्युसिबल प्लग वितळल्यानंतर बॉयलर बंद करावा लागतो आणि नवीन फ्युसिबल प्लग बसवावा लागतो.
 - ही प्रक्रिया नियमित देखभालीचा भाग आहे, ज्यामुळे बॉयलरच्या सुरक्षिततेची खात्री होते.

2.4.8 इकोनोमायझर (Economizer):

इकोनोमायझर बॉयलरच्या कार्यक्षमतेत सुधारणा करण्यासाठी आणि इंधन खर्च कमी करण्यासाठी अत्यंत उपयुक्त आहे. यामुळे उष्णतेचा पुनर्प्राप्त होतो आणि हरितगृह वायूंचे (Greenhouse gas) उत्सर्जन कमी होते. इकोनोमायझरच्या नियमित देखभाल आणि तपासणीमुळे त्याचे फायदे अधिक वाढवता येतात.

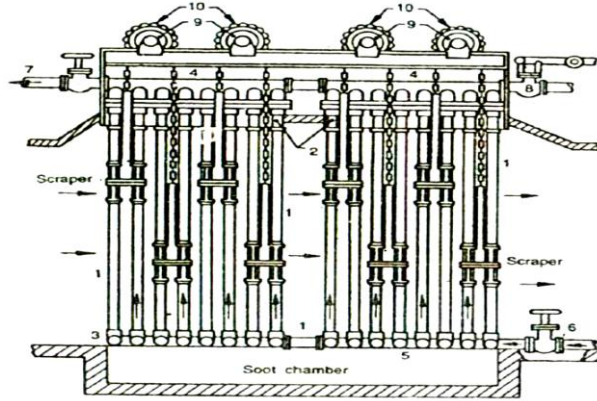


Fig 2.4.8: इकोनोमायझर

बांधणी (Construction):

1. **ट्यूब्स (Tubes):** इकोनोमायझरमध्ये एक किंवा अधिक बंडल ट्यूब्स असतात, ज्याद्वारे पाणी प्रवाहित होते. हे ट्यूब्स साधारणतः स्टील (Steel) किंवा कॉपरचे (Copper) बनवलेले असतात.
2. **शेल (Shell):** ट्यूब्स एका मोठ्या शेलमध्ये (Shell) ठेवलेले असतात. हे शेल इकोनोमायझरच्या संरचनेस आधार देते.
3. **इन्सुलेशन (Insulation):** इकोनोमायझरचे बाह्य भाग इन्सुलेट (Insulate) केलेले असतात, ज्यामुळे उष्णतेचा अपव्यय कमी होतो.
4. **इनलेट आणि आउटलेट (Inlet and Outlet):** पाण्याचे इनलेट आणि आउटलेट पोर्ट्स असतात, जेथे पाणी इकोनोमायझरमध्ये प्रवेश करते आणि पूर्वतापीत होऊन बाहेर पडते.

5. **फ्ल्यू गॅस पासेज (Flue Gas Passage):** इकोनोमायझरमध्ये फ्ल्यू गॅस पासेज असतात, ज्याद्वारे बॉयलरमधून बाहेर पडणारा गरम धूर प्रवाहित होतो.

कार्यप्रणाली (Working):

1. **फ्ल्यू गॅस प्रवाह (Flow of Flue Gas):**
 - बॉयलरमधून बाहेर पडणारा गरम फ्ल्यू गॅस (Hot flue gas) इकोनोमायझरच्या ट्यूब्सच्या बाहेरून प्रवाहित होतो.
 - फ्ल्यू गॅसची उष्णता (Flue gas heat) ट्यूब्समधून जाणाऱ्या पाण्याला हस्तांतरित (Transfer) होते.
2. **पाण्याचे पूर्वतापन (Preheating of Water):**
 - पाणी इकोनोमायझरमध्ये प्रवेश (Flow) करते आणि ट्यूब्समधून प्रवाहित (Flow) होते.
 - फ्ल्यू गॅसच्या उष्णतेमुळे पाणी पूर्वतापीत (Preheat) होते आणि तापमान वाढवते.
 - पूर्वतापीत पाणी (Preheat water) बॉयलरमध्ये प्रवेश करते, ज्यामुळे बॉयलरला पाणी गरम करण्यासाठी कमी इंधन वापरावे लागते.
3. **उष्णता पुनर्प्राप्ति (Heat Recovery):**
 - इकोनोमायझर फ्ल्यू गॅसची उष्णता पुनर्प्राप्ति (Regenerate) करून उष्णतेचा अपव्यय कमी करतो.
 - हे उष्णता पुनर्प्राप्ति करून बॉयलरच्या कार्यक्षमतेत वाढ करतो.

फायदे:

1. **इंधन बचत (Fuel Saving):**
 - पाणी पूर्वतापीत (Reheat) झाल्यामुळे बॉयलरला पाणी गरम करण्यासाठी कमी इंधनाची (Less Fuel) आवश्यकता असते.
 - यामुळे इंधनाची बचत (Save fuel) होते आणि इंधन खर्च कमी होतो.
2. **उष्णता कार्यक्षमता (Thermal Efficiency):**
 - इकोनोमायझरमुळे बॉयलरची उष्णता कार्यक्षमता (Heat Capacity) वाढते.
 - उष्णतेचा अपव्यय कमी होतो आणि अधिक उष्णता पुनर्प्राप्ति (Regenerate) होते.
3. **कमी उत्सर्जन (Reduced Emissions):**
 - इंधनाची कमी वापर असल्यामुळे हरितगृह वायूंचे (Green Gas) उत्सर्जन कमी होते.
 - पर्यावरणाच्या संरक्षणासाठी (Save Environment) हे महत्त्वपूर्ण आहे.
4. **दीर्घकालीन फायदे (Long-term Benefits):**
 - इंधन खर्चाची बचत आणि कार्यक्षमतेतील वाढ यामुळे इकोनोमायझरचे आर्थिक फायदे दीर्घकालीन असतात.
 - बॉयलरची आयुर्मान (Life) वाढते.

2.4.9 सुपरहीटर (Superheater):

सुपरहीटर बॉयलरच्या कार्यक्षमतेत (Working of Boiler) आणि उष्णता कार्यक्षमतेत सुधारणा करण्यासाठी अत्यंत उपयुक्त आहे. यामुळे स्टीमचे तापमान वाढते, उष्णता पुनर्प्राप्ति होते (Regenerate) आणि कार्यक्षमतेत वाढ होते.

सुपरहीटरच्या नियमित देखभाल आणि तपासणीमुळे (Continuous Monitoring & Inspection) त्याचे फायदे अधिक वाढवता येतात, ज्यामुळे बॉयलर अधिक सुरक्षित आणि कार्यक्षम (Safe & Efficient) बनतो.

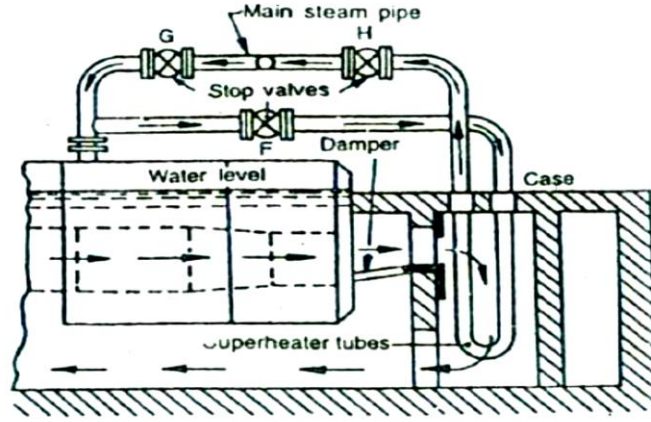


Fig 2.4.9: सुपरहीटर

बांधणी:

1. **ट्यूब्स (Tubes):** सुपरहीटरमध्ये अनेक ट्यूब्स असतात, ज्याद्वारे स्टीम प्रवाहित (Flow of steam) होते. या ट्यूब्स सामान्यतः स्टेनलेस स्टील (SS) किंवा मिश्रधातूच्या (Mix of metal) बनवलेल्या असतात, जे उष्णतेला सहन करू शकतात.
2. **शेल (Shell):** ट्यूब्स एका मोठ्या शेलमध्ये ठेवलेले असतात, ज्यामुळे उष्णता (Heat) बाहेर जाऊ नये.
3. **इन्सुलेशन (Insulation):** सुपरहीटर बाहेरून इन्सुलेट (Insulate) केलेला असतो, ज्यामुळे उष्णतेचा अपव्यय (Loss) कमी होतो.
4. **इनलेट आणि आउटलेट (Inlet and Outlet):** सुपरहीटरमध्ये स्टीमच्या इनलेट आणि आउटलेट पोर्ट्स असतात, ज्या ठिकाणी स्टीम प्रवेश करते आणि सुपरहीट होऊन बाहेर पडते.
5. **फ्ल्यू गॅस पासेज (Flue Gas Passage):** सुपरहीटरमध्ये फ्ल्यू गॅस पासेज असतात, ज्याद्वारे गरम धूर प्रवाहित होतो.

कार्यप्रणाली:

1. **स्टीम प्रवाह (Flow of Steam):**
 - बॉयलरमधून निघालेली स्टीम सुपरहीटरमध्ये (Superheater) प्रवेश करते.
 - स्टीम ट्यूब्समधून प्रवाहित (Flow) होते, ज्यामुळे ती गरम होते.
2. **उष्णता हस्तांतरण (Heat Transfer):**
 - फ्ल्यू गॅस सुपरहीटरच्या ट्यूब्सच्या बाहेरून प्रवाहित होतो.
 - फ्ल्यू गॅसची उष्णता ट्यूब्समधून जाणाऱ्या स्टीमला हस्तांतरित (Transform) होते.
 - स्टीमचे तापमान वाढते आणि ती सुपरहीटेड स्टीममध्ये परिवर्तित होते.
3. **सुपरहीटिंग (Superheating):**
 - सुपरहीटिंग प्रक्रियेमध्ये स्टीमचे तापमान वाढवले जाते, ज्यामुळे ती कोरडी (Dry) आणि अधिक उर्जा घनतेची होते.

- सुपरहीटेड स्टीम (Superheated steam) अधिक कार्यक्षमतेने कार्य करते आणि टर्बाइनमध्ये (Turbine) अधिक उर्जा निर्माण करते.

फायदे:

1. **कार्यक्षमता वाढ (Increased Efficiency):**
 - सुपरहीटेड स्टीममुळे टर्बाइनची कार्यक्षमता वाढते.
 - यामुळे स्टीमची उर्जा अधिक कार्यक्षमतेने वापरली जाते.
2. **उष्णता कार्यक्षमता (Thermal Efficiency):**
 - सुपरहीटरमुळे उष्णता कार्यक्षमता वाढते.
 - अधिक उष्णता पुनर्प्राप्त होतो आणि स्टीमचे तापमान वाढते.
3. **वाफेची गुणवत्ता सुधारणा (Improved Steam Quality):**
 - सुपरहीटेड स्टीम कोरडी असते, ज्यामुळे तिच्या कार्यक्षमतेत वाढ होते.
 - टर्बाइनचे ब्लेड गंजण्याची शक्यता कमी होते.
4. **दाब नियंत्रित (Controlled Pressure):**
 - सुपरहीटेड स्टीमचा दाब (Pressure of Superheated Steam) नियंत्रित असतो, ज्यामुळे बॉयलरचे कार्य अधिक सुरक्षित होते.
 - उष्णता आणि दाब नियंत्रित ठेवून अधिक कार्यक्षमतेने उर्जा निर्माण होते.

2.4.10 एअर प्रीहीटर (Air Preheater):

एअर प्रीहीटर (Air preheater) बॉयलरच्या कार्यक्षमतेत सुधारणा करण्यासाठी आणि इंधन खर्च कमी करण्यासाठी अत्यंत उपयुक्त आहे. यामुळे उष्णतेचा पुनर्प्राप्त होतो आणि हरितगृह (Green Gas) वायूंचे उत्सर्जन कमी होते. एअर प्रीहीटरच्या नियमित देखभाल आणि तपासणीमुळे त्याचे फायदे अधिक वाढवता येतात, ज्यामुळे बॉयलर अधिक सुरक्षित आणि कार्यक्षम बनतो.

बांधणी (Construction):

1. **ट्यूब्स (Tubes):** एअर प्रीहीटरमध्ये एक किंवा अधिक बंडल ट्यूब्स असतात, ज्याद्वारे हवा प्रवाहित होते. हे ट्यूब्स सामान्यतः स्टील किंवा मिश्रधातूच्या बनवलेले असतात.
2. **शेल (Shell):** ट्यूब्स एका मोठ्या शेलमध्ये ठेवलेले असतात, ज्यामुळे उष्णता बाहेर जाऊ नये.
3. **इन्सुलेशन (Insulation):** एअर प्रीहीटर बाहेरून इन्सुलेट केलेला असतो, ज्यामुळे उष्णतेचा अपव्यय कमी होतो.
4. **इनलेट आणि आउटलेट (Inlet and Outlet):** एअर प्रीहीटरमध्ये हवा आणि फ्ल्यू गॅसच्या इनलेट आणि आउटलेट पोर्ट्स असतात, ज्या ठिकाणी हवा प्रवेश करते आणि तापवून बाहेर पडते.
5. **फ्ल्यू गॅस पासेज (Flue Gas Passage):** एअर प्रीहीटरमध्ये फ्ल्यू गॅस पासेज असतात, ज्याद्वारे गरम धूर प्रवाहित होतो.

कार्यप्रणाली (Working):

1. **हवेचा प्रवाह (Flow of Air):**
 - ताजी हवा एअर प्रीहीटरमध्ये प्रवेश करते.
 - हवा ट्यूब्समधून प्रवाहित होते, ज्यामुळे ती तापते.

2. **फ्ल्यू गॅस प्रवाह (Flow of Flue Gas):**

- बॉयलरमधून बाहेर पडणारा गरम फ्ल्यू गॅस एअर प्रीहीटरच्या ट्यूब्सच्या बाहेरून प्रवाहित होतो.
- फ्ल्यू गॅसची उष्णता ट्यूब्समधून जाणाऱ्या हवेला हस्तांतरित होते.

3. **हवेचे पूर्वतापन (Preheating of Air):**

- फ्ल्यू गॅसच्या उष्णतेमुळे हवा तापते आणि तिचे तापमान वाढते.
- तापलेली हवा दहन प्रक्रियेसाठी वापरली जाते, ज्यामुळे दहन कार्यक्षमता सुधारते.

4. **उष्णता पुनर्प्राप्ति (Heat Recovery):**

- एअर प्रीहीटर फ्ल्यू गॅसची उष्णता पुनर्प्राप्त करून उष्णतेचा अपव्यय कमी करतो.
- हे उष्णता पुनर्प्राप्त करून बॉयलरच्या कार्यक्षमतेत वाढ करतो.

फायदे (Benefits):1. **इंधन बचत (Fuel Saving):**

- पूर्वतापीत हवा दहन प्रक्रियेसाठी वापरल्यामुळे इंधनाची बचत होते.
- यामुळे इंधन खर्च कमी होतो आणि कार्यक्षमता वाढते.

2. **उष्णता कार्यक्षमता (Thermal Efficiency):**

- एअर प्रीहीटरमुळे बॉयलरची उष्णता कार्यक्षमता वाढते.
- अधिक उष्णता पुनर्प्राप्त होते आणि उष्णतेचा अपव्यय कमी होतो.

3. **कमी उत्सर्जन (Reduced Emissions):**

- इंधनाची कमी वापर असल्यामुळे हरितगृह वायूंचे उत्सर्जन कमी होते.
- पर्यावरणाच्या संरक्षणासाठी हे महत्त्वपूर्ण आहे.

4. **वातावरणातील सुधारणा (Improved Combustion):**

- पूर्वतापीत हवा वापरल्यामुळे दहन प्रक्रिया अधिक कार्यक्षम होते.
- पूर्ण ज्वलन झाल्यामुळे धूर आणि राख कमी तयार होते.

2.4.11 फीड पंप (Feed Pump):

फीड पंप बॉयलरच्या (Feed Pump Boiler) कार्यक्षमतेसाठी अत्यंत महत्त्वपूर्ण आहे. सतत आणि उच्च दाबाने पाणी पुरवठा करून, फीड पंप बॉयलरच्या कार्यक्षमतेत वाढ करतो आणि जलद उष्णता हस्तांतरण करतो. यामुळे इंधन खर्च कमी होतो आणि बॉयलरची कार्यक्षमता सुधारते. नियमित देखभाल आणि ऑटोमेशनमुळे (Automation) फीड पंप (Feed Pump) अधिक सुरक्षित (Safe) आणि विश्वसनीय बनतो.

बांधणी:

1. **पंप बॉडी (Pump Body):** फीड पंपचा मुख्य भाग, जो पंपची संरचना आणि पाणी प्रवाहाची दिशा निश्चित करतो. हे सामान्यतः कास्ट आयर्न किंवा स्टेनलेस स्टीलचे बनवलेले असते.
2. **इम्पेलर (Impeller):** हे एक फिरणारे घटक असते, जे पाण्याला गती देते. इम्पेलर साधारणतः ब्रास, कांस्य किंवा स्टेनलेस स्टीलचे बनवलेले असते.
3. **शाफ्ट (Shaft):** इम्पेलर शाफ्टवर बसलेला असतो, जो मोटरच्या सहाय्याने फिरतो. शाफ्ट स्टेनलेस स्टील किंवा उच्च दर्जाच्या धातूपासून बनवलेला असतो.

4. **सील (Seal):** हे पंप बॉडी आणि शाफ्टच्या दरम्यान लिकेज टाळण्यासाठी वापरले जाते. सील साधारणतः रबर किंवा इतर लवचिक पदार्थांचे बनवलेले असते.
5. **मोटर (Motor):** पंप चालवण्यासाठी मोटर वापरली जाते. मोटर विद्युत ऊर्जेवर चालते आणि शाफ्टला फिरवते.

कार्यप्रणाली:

1. **पाण्याचे सक्शन (Water Suction):**
 - पंपचे सक्शन पोर्ट (Pump Suction Port) पाण्याला पंपमध्ये ओढतो.
 - पाणी सक्शन (Suction Line) लाइनमधून इम्पेलरच्या इनलेटवर पोहोचते.
2. **पाण्याचा दाब (Water Pressurization):**
 - इम्पेलर (Impeller) फिरण्यास सुरवात करते आणि पाण्याला गती देते.
 - इम्पेलरच्या ब्लेड्समुळे (Impeller Blade) पाण्याचा दाब वाढतो.
3. **पाण्याचे वितरण (Water Discharge):**
 - वाढलेल्या दाबाने पाणी डिस्चार्ज पोर्टमधून (Discharge Port) बाहेर पडते.
 - डिस्चार्ज पाईपद्वारे पाणी बॉयलरला पोहोचवले जाते.
4. **नियंत्रण (Control):**
 - फीड पंपमध्ये नियमन करण्यासाठी वाल्व्ह आणि कंट्रोल सिस्टम्स असतात.
 - हे सिस्टम्स पंपच्या कार्यक्षमतेला नियंत्रित करतात आणि आवश्यकतेनुसार पाणी पुरवठा करतात.

फायदे (Benefits):

1. **सतत पाणी पुरवठा (Continuous Water Supply):**
 - फीड पंप (Feed Pump) सतत पाणी पुरवठा करतो, ज्यामुळे बॉयलरमध्ये पाण्याची कमतरता होत नाही.
 - यामुळे बॉयलरची कार्यक्षमता सुधारते.
2. **उच्च दाब (High Pressure):**
 - फीड पंप पाण्याला उच्च दाबाने (High Pressure) बॉयलरमध्ये पुरवतो, ज्यामुळे बॉयलरची कार्यक्षमता वाढते.
 - उच्च दाबाने पाणी पुरवण्यामुळे बॉयलरमध्ये जलद उष्णता हस्तांतरण होते.
3. **ऑटोमेशन (Automation):**
 - फीड पंप ऑटोमेटिक कंट्रोल सिस्टम्ससह (Automatic Control System) कार्य करतो, ज्यामुळे मनुष्यबळाची गरज कमी होते.
 - ऑटोमेशनमुळे पंपची कार्यक्षमता आणि विश्वसनीयता वाढते.
4. **देखभाल (Maintenance):**
 - फीड पंपाची रचना साधी असते, ज्यामुळे त्याची देखभाल सोपी होते.
 - नियमित देखभालमुळे पंपची आयुर्मान वाढते.

2.5 भारतीय बॉयलर कायदा (Indian Boiler Act):

भारतीय बॉयलर कायद्याची महत्वाची भूमिका बॉयलर सुरक्षेच्या प्रमोशनमध्ये आणि कर्मचाऱ्यांच्या, सार्वजनिक आणि संपत्तीच्या सुरक्षेच्या अपत्यार्थ बॉयलरच्या संबंधित जोखमांपासून सुरक्षा सुनिश्चित करते.

2.5.1 बॉयलरची नोंदणी (Registration of boiler)

बॉयलरची नोंदणी भारतीय बॉयलर कायद्यानुसार (Indian Boiler Act) होणारी प्रक्रिया आहे ज्याच्यामध्ये बॉयलरच्या निर्माण, (Manufacturing) वापर, (Use) आणि अद्यावत्य दिशेनुसार त्याची नोंदणी करण्यात येते. या कायद्यानुसार, सर्व बॉयलरच्या नोंदणी भारतीय बॉयलर नियामक मंडळ (Central Boiler Board) किंवा राज्यातील प्रदेशिक बॉयलर नियामक अधिकारी (State Boiler Inspector) यांच्या निर्देशानुसार केली जाते.

प्रक्रिया (Process):

1. **नोंदणी सर्वेक्षण (Registration):** बॉयलरची नोंदणीसाठी बॉयलर नियामक मंडळ किंवा राज्यातील प्रदेशिक बॉयलर नियामक अधिकारीला अर्ज केला पाहिजे. अर्जात बॉयलरची माहिती, ठिकाण, (Boiler Information) वापर प्रकार, आणि इतर आवश्यक माहिती समाविष्ट करणे गरजेचे आहे.
2. **नोंदणी प्रमाणपत्र (Certificate of Registration):** अर्ज स्वीकृतीला परत केल्यानंतर, नोंदणी प्रमाणपत्र (Registration certificate) प्रदान केला जातो. हा प्रमाणपत्र बॉयलरच्या संचालनातील सुरक्षिततेसाठी (Safety) आवश्यक असतो.
3. **नियामन आणि सर्वेक्षण:** बॉयलरची नोंदणी केल्यानंतर, नियामन आणि निरीक्षण अधिकारी विनामूल्य नियामन आणि सर्वेक्षण कार्य करून बॉयलरची सुरक्षितता आणि अचूकता सुनिश्चित करतात.

2.5.2 नवीनीकरण प्रमाणपत्र (Certificate of Renewal)

नवीनीकरण प्रमाणपत्र बॉयलरच्या सुरक्षिततेच्या खात्री देण्यासाठी केला जातो. त्याचे मुख्य कारणे खालीलप्रमाणे आहेत:

1. बॉयलरच्या नोंदणीची मान्यता अथवा मुदत संपली आहे आणि त्याच्या वापरात अद्यावतीत गरज आहे. (१२ महिन्यांनंतर)
2. बॉयलरच्या संचालनात अद्यावतीत किंवा संशोधित करण्याची आवश्यकता असल्यामुळे नवीनीकरण प्रमाणपत्र आवश्यक असतो.
3. एका राज्यातून दुसऱ्या राज्यात बदली करतांना.
4. बॉयलरचा अपघात झाला असल्यास. (Boiler Accident)
5. बॉयलरचा एखादा भाग बदलला असेल तेव्हा. (Change part of boiler)

2.5.3 बॉयलर निरीक्षक ड्यूटी (Duties of Inspectors)

बॉयलरच्या निरीक्षणातील ड्यूटी म्हणजे बॉयलरच्या सुरक्षिततेची खात्री घेणे आणि त्याच्या संचालनातील अचूकतेची नियंत्रणात ठेवणे. बॉयलरच्या निरीक्षकांनी निरीक्षण करताना खात्रीत ठेवण्यासाठी विविध मापदंडांची तपासणी केली जाते, जसे की:

1. **निरीक्षण (Inspection):** बॉयलरच्या संरचनेची, सुरक्षिततेची, आणि त्याच्या संचालनाची पूर्णता निश्चित करण्यासाठी निरीक्षण केले जाते.

2. **मापदंडांची तपासणी (Regulation Inspection):** बॉयलरच्या संरचनेतील अनेक मापदंडांची तपासणी केली जाते, जसे की दाब, तापमान, वापराची सुरक्षितता, आणि कार्यक्षमता.
3. **नियामनाची पालना :** बॉयलरच्या संचालनात विविध नियामनांची पालना आणि मानकांची सुरक्षितता निश्चित करणे.
4. **तक्रारी (Complaint) :** तक्रारी वाचवणे आणि त्यांची नियंत्रणात घेणे, जसे की बॉयलरच्या संचालनातील अचूकतांचे समाधान.

2.5.4 बॉयलरची बदली (Transfer of Boiler)

बॉयलरच्या निरीक्षणाच्या प्रमाणपत्राची मान्यता एका राज्यातून दुसऱ्या राज्यात बदलतांना त्याच्या विधानांच्या समानतेची खात्री घेतली जाते. यात लिखित टप्प्यांचा अनुसरण केला जातो:

1. **अन्वेषण:** नवीन राज्यात बॉयलरच्या निरीक्षकांनी त्यांच्या निरीक्षण क्रियाकलापांसाठी अन्वेषण करू शकतात आणि त्यांची सर्वच योग्यता आणि प्रमाणपत्राची खात्री करू शकतात.
2. **प्रमाणपत्रांची मान्यता (Certification):** बॉयलरच्या निरीक्षणाच्या प्रमाणपत्रांची मान्यता दुसऱ्या राज्यात बदलण्यासाठी, त्या राज्याच्या नियामकांच्या अटींच्या तक्रारींच्या खात्रीसह सामायिक करण्यात येते.
3. **प्रक्रिया:** बॉयलरच्या निरीक्षणाच्या प्रमाणपत्राची मान्यता दुसऱ्या राज्यात बदलण्यासाठी, राज्याच्या नियामक अधिकाऱ्यांच्या मार्गदर्शनात त्यांच्या प्रक्रियांचा अनुसरण करणे आवश्यक आहे.

2.5.5 बॉयलर निरीक्षण (Inspection of Boiler)

बॉयलरची निरीक्षण म्हणजे त्याची सुरक्षितता आणि चालनेची खात्री घेण्याची प्रक्रिया आहे. यात खालीलप्रमाणे काम केले जाते:

1. **संरचनेची निरीक्षण (Structural Inspection):** बॉयलरच्या संरचनेचा संपूर्णतेचा तपास करणे.
2. **सुरक्षा उपकरणे (Safety Inspection):** सुरक्षा उपकरणांची निरीक्षण करणे आणि त्यांची संचालने सुनिश्चित करणे, जसे की सुरक्षा व्हॅल्व्हस, दाबदर प्रमाणपत्र, पाणीस्तर सूचक इंडिकेटर्स आणि नियंत्रण प्रणाली.
3. **चालना तपासणी:** दाब, तापमान, आणि पाणीस्तर यांची संरचना आणि सुरक्षितता यांच्या नियंत्रणात तपासणी करणे.
4. **सफाई आणि देखरेख (Cleaning):** बॉयलरच्या आतील सांगड्या, पायपाने, आणि ज्वाळणीची चंबुकीसुद्धा चेक करणे आणि उपयुक्त देखरेख पद्धती अनुसरण करणे.
5. **नियमनाची पालना:** सर्व नियामकांच्या अटींच्या पालना आणि सुरक्षिततेची खात्री देण्यासाठी सुनिश्चित करणे.
6. **प्रमाणितपणे:** नियामक अधिकाऱ्यांच्या विधानांनुसार निरीक्षणाच्या विविध प्रमाणपत्रांची मान्यता करणे आणि योग्यतेची खात्री देणे.

2.6 थर्मिक फ्लुइड हीटर (Thermic Fluid Heater):

थर्मिक फ्लुइड हीटर (Thermic Fluid Heater) हे एक उत्कृष्ट विद्युत उपकरण आहे जो उच्च तापमानावर उच्च दाबात अपच विद्युत ताप उत्पन्न करण्यासाठी वापरले जाते.

हे विद्युतीय उपकरण थर्मिक फ्लुइड (Thermic Fluid) वापरून चालते, ज्याच्यात वायुपुष्ट रसायनिक पदार्थ स्थापित केले आहेत ज्यात तापमान व दाब उच्च आहेत.

थर्मिक फ्लुइड (Thermic Fluid) ही एक उच्च तापमानाची द्रव आहे ज्याच्या वापराने विविध उद्योगात ताप अंतःप्रवाहित केले जाते. थर्मिक फ्लुइड चालित करण्यासाठी थर्मिक फ्लुइड हीटर वापरला जातो, ज्यामुळे थर्मिक फ्लुइड तापमान वाढवतो आणि त्याच्या वापराच्या वेगाने विविध प्रक्रियांसाठी थर्मिक ताप पुरवतो. थर्मिक फ्लुइड हीटरच्या मुख्य घटकांमध्ये एक तापविन्यास, एक थर्मिक फ्लुइड पंप, एक तापमान नियंत्रण प्रणाली, आणि थर्मिक फ्लुइड सरकार आणि ड्रायर समाविष्ट आहेत.

थर्मिक फ्लुइड हीटरची कार्यप्रणाली ही खालीलप्रमाणे असते:

1. **थर्मिक फ्लुइड वारंवार वापरणे:** थर्मिक फ्लुइड हीटरमध्ये थर्मिक फ्लुइड (Thermic Fluid) सर्क्युलेट करण्यात येते. या थर्मिक फ्लुइडला उच्च तापमानावर वारंवार वाढविण्यासाठी अग्नी चूल, गॅस किंवा अन्य ऊर्जा स्रोतांचा वापर केला जातो.
2. **ऊर्जा प्रसरण आणि उत्पादन:** थर्मिक फ्लुइड हीटरमध्ये थर्मिक फ्लुइड उच्च तापमानावर सर्क्युलेट (Circulate) करून थर्मिक ताप (Thermic Temperature) उत्पादित करतो. हे थर्मिक ताप विविध उपकरणांमध्ये वापरले जाते जसे कि केमिकल प्रक्रिया, खाद्य उत्पादन इत्यादी.
3. **तापमान नियंत्रण:** थर्मिक फ्लुइड हीटरमध्ये एक तापमान नियंत्रण प्रणाली असते ज्यामुळे थर्मिक फ्लुइडचा तापमान नियंत्रित केला जातो.
4. **सुरक्षा उपकरणे (Safety Instrument):** थर्मिक फ्लुइड हीटरमध्ये सुरक्षा उपकरणे सरक्युलेशन प्रणालीच्या सुरक्षेची खात्री देण्यात येतात, जसे की दाब प्रमाणपत्र, ओव्हर प्रेशर स्विचेस, वायब्रेशन स्विचेस इत्यादी.
5. **सर्व्हिसिंग आणि देखभाल:** थर्मिक फ्लुइड हीटरची सार्वजनिक सेटिंग वापरून सेटिंग आणि सुरक्षा साधनांची खात्री करण्यासाठी आणि उपकरणांची देखरेख करण्यासाठी तयार केली जाते.

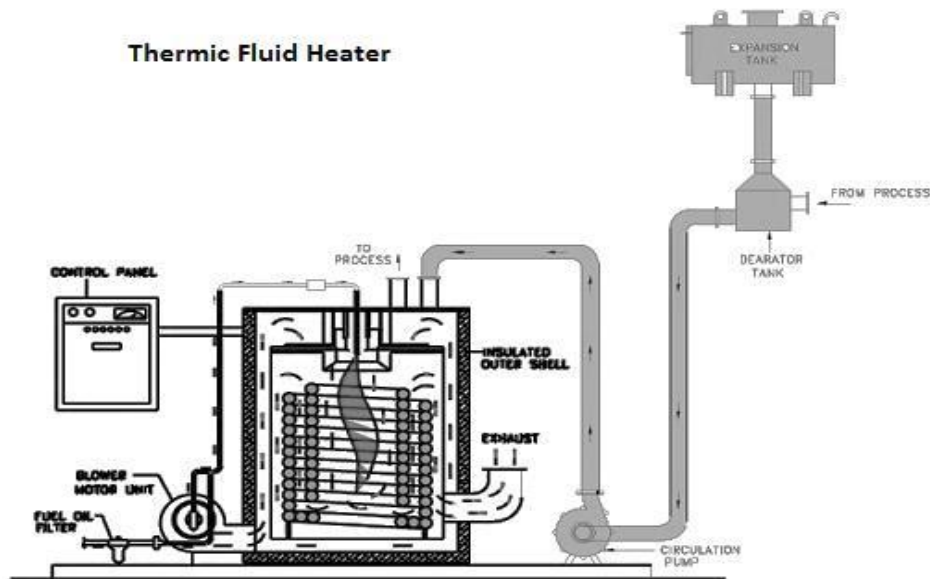


Fig 2.6: थर्मिक फ्लुइड हीटर

थर्मिक फ्लुइड हीटरचे मुख्य अंग खालीलप्रमाणे आहेत:

1. **थर्मिक फ्लुइड Circulation Pump:** थर्मिक फ्लुइड हीटरमध्ये थर्मिक फ्लुइड वळविण्यासाठी एक पंप असतो. हे पंप थर्मिक फ्लुइडला हीटरमध्ये सर्क्युलेट करते.
2. **थर्मिक फ्लुइड सर्क्युलेशन पाईप्स:** थर्मिक फ्लुइडला हीटरमध्ये सर्क्युलेट करण्यासाठी पाईप्स वापरल्या जातात. या पाईप्सच्या माध्यमातून थर्मिक फ्लुइड हीटरमध्ये वारंवार केले जाते.
3. **थर्मिक फ्लुइड हीटर उच्च तापमान Circulation Pump:** थर्मिक फ्लुइड हीटरमध्ये उच्च तापमानावर थर्मिक फ्लुइडचे वळवणी करण्यासाठी एक विशेष पंप वापरले जाते.
4. **थर्मिक फ्लुइड हीटर नियंत्रण प्रणाली:** थर्मिक फ्लुइड हीटरच्या तापमान व दाबाचे नियंत्रण करण्यासाठी एक विशेष नियंत्रण प्रणाली वापरली जाते.
5. **थर्मिक फ्लुइड हीटर धारासंचार प्रणाली:** थर्मिक फ्लुइड हीटरमध्ये थर्मिक फ्लुइडची संचार प्रणाली असते ज्यात थर्मिक फ्लुइड सर्क्युलेट करण्यात येते.
6. **थर्मिक फ्लुइड हीटर:** थर्मिक फ्लुइड हीटरमध्ये (Thermic Fluid Heater) थर्मिक फ्लुइड तापविन्यास वापरला जातो ज्यामुळे थर्मिक फ्लुइडचा तापमान वाढतो.

2.7 थर्मिक फ्लुइड गुणस्थिती (Thermic Fluid Properties):

थर्मिक फ्लुइड ज्याला उष्मांतर द्रव्य म्हणतात, त्यांच्याकडे काही गुणस्तोत आहेत ज्यांची त्यांच्या विविध औद्योगिक अनुप्रयोगांमध्ये वापर करायची योग्यता देते:

उष्मा स्थिरता(Thermal Stability): थर्मिक फ्लुइडची उष्मा स्थिरता उच्च तापमानावर स्थिर असावी, तसेच अधिक काळ टिकावे.

उच्च विशिष्ट उष्मा धारण क्षमता (High Specific Heat Capacity): त्यांची विशेष उष्मा धारण क्षमता असलेली हवी, ज्यामुळे ते उष्मा अवशोषित करू शकतात आणि सर्क्युलेट करू शकतात.

Low Viscosity: त्यांच्यामध्ये असावी, ज्यामुळे ते नलिका आणि उष्मांतर विनिमयकर्तेमध्ये सहजरीत्या जाऊ शकतात, त्यामुळे पंपिंग ऊर्जा ह्याची आवश्यकता सुद्धा कमी लागते.

कमी फ्रीजिंग बिंदू(Low Freezing Point): कमी फ्रीजिंग बिंदू असल्यास थर्मिक फ्लुइड घट्ट होणार नाही, तसेच थंड वातावरणात ठेवल्यानंतरही त्याचे कार्य नियमित चालू असावे.

उच्च फ्लॅश पॉईंट(High Flash Point): उच्च फ्लॅश पॉईंट असल्यास आग आणी स्फोट होण्याचा धोका कमी होतो.

बिनविषारी(Non-toxicity): व्यक्ति किंवा अन्न प्रोडक्टसशी संपर्क होण्याची शक्यता असल्यामुळे तो बिनविषारी असावा.

जंग रोधक(Corrosion Resistance): जंग रोधक असावा, द्रव्याच्या आयुष्य व कुशलतेची काळजी असावी.

रेफ्रिजरेशन (प्रशीतन)

Unit III REFRIGERATION

विषय निष्पत्ती (Course outcome):

Select the appropriate Refrigeration system for the Chemical process industry.

घटक निष्पत्ती (Theory learning outcome):

- 3.1 Explain the working principle of refrigeration.
- 3.2 Explain COP & solve numerical based on units of refrigeration.
- 3.3 Use primary & secondary refrigerants.
- 3.4 State selection criteria of refrigerants.

प्रास्ताविक (INTRODUCTION)

प्रशीतन (Refrigeration) ही एक थंड करण्याची क्रिया आहे, यामध्ये उष्णता (Heat) काढून टाकणे आणि उच्च तापमान (High Temperature) काढून देणे आवश्यक असते. त्यामुळे कमी तापमानातून उच्च तापमानाकडे उष्णता हलवण्याचे (Transfer) शास्त्र म्हणजे प्रशीतन होय.

प्रशीतन ही एक कृत्रिम (Artificial) किंवा मानवनिर्मित थंड करण्याची पद्धत आहे. यामध्ये उष्णता काढून टाकण्याची आणि वास्तविक तापमानापेक्षा कमी तापमानात थंड करण्याची प्रक्रिया समाविष्ट असते.

प्रशीतन (Refrigeration) ची आवश्यकता

गहू, तांदूळ, डाळी, कडधान्ये यांसारख्या धान्यांची आपल्याला सतत गरज भासते; परंतु त्यांची पिके वर्षाकाठी ठरावीक काळातच येतात. हे पदार्थ नेहमी उपलब्ध होण्यासाठी एका हंगामाचे पीक पुढील हंगाम येईपर्यंत वर्षभर पुरवावे लागते व ते सुरक्षित ठेवण्याची गरज असते.

विविध अन्नपदार्थ (Food Materials) वेगवेगळ्या ठिकाणी उपलब्ध होतात. तेथून दूर असलेल्या लोकांपर्यंत ते सुस्थितीत (Good condition) पोचवावे लागतात. उदाहरणार्थ, दूध, दुधाचे पदार्थ व अंडी हे दुग्धव्यवसाय केंद्र, कुक्कुटपालन केंद्र यांपासून लोकांना मिळेपर्यंत टिकून राहण्याची सोय करावी लागते.

वेगवेगळ्या ऋतूंत (Seasons) वेगवेगळी फळे (Fruit) आणि भाज्या भरपूर प्रमाणात मिळतात. त्यांच्या नैसर्गिक हंगामात (Natural season) त्यांचा स्वादही सर्वोत्तम असतो. मोठ्या प्रमाणावर आलेली फळे व भाज्या वाया जाऊ नयेत तसेच वर्षभर त्यांचा आस्वाद घेता यावा, यासाठी आपण ती टिकवण्याचा प्रयत्न करतो.

घरोघरी अनेक प्रकारचे पापड-कुरडया, मुरांबे- लोणची, कांदा, मासळी, मसाले इत्यादी चविष्ट पदार्थ वर्षभरासाठी टिकवून ठेवले जातात. हल्ली हे पदार्थ विकतही मिळतात.

स्वयंपाकघरात लागणाऱ्या वस्तू आणण्यासाठी पुन्हा पुन्हा बाजारात जावे लागू नये, म्हणून आपण बरेच दिवसांसाठीचे सामान आणून घरात साठवतो. दुपारच्या जेवणासाठी तयार केलेले अन्न उरले, तर ते संध्याकाळी किंवा दुसऱ्या दिवशीही खाता यावे यासाठीही अन्न टिकवण्याच्या काही पद्धती वापरतो.

औद्योगिक विकासासाठी प्रशीतन व वातानुकूलीकरणाची गरज असते. प्रशीतनच्या वापराशिवाय अन्नपदार्थ जास्त काळ टिकविता येत नाहीत.

अन्नपदार्थ ताज्या अवस्थेत व त्याच अवस्थेत जादा काळ टिकविण्यासाठी प्रशीतनची गरज असते. तर एखाद्या ठिकाणाहून असे पदार्थ दूरवर नेताना ते खराब होऊ नयेत यासाठीही प्रशीतनची आवश्यकता भासते. एका ठराविक ऋतूत तयार होणारी फळे, भाजीपाला हा दुसऱ्या ऋतूत मिळविण्यासाठीही प्रशीतनचा वापर करावा लागतो.

हिवाळ्यात अति थंडी किंवा उन्हाळ्यातील उष्म्यामुळे माणसाची कार्यशक्ती घटते. त्यासाठी या दोन्ही ऋतूंमध्ये खोलीतील हवा उबदार ठेवण्यासाठी वातानुकूलीकरणाचा वापर करावा लागतो.

इतिहास: (HISTORY)

प्रशीतन प्रक्रिया (Refrigeration Process) ग्रीक आणि रोमन काळात अन्नाचे संरक्षण करण्यासाठी वापरली जात होती. प्रशीतनामध्ये जीवाणू (Virus), यीस्ट (Yeast) आणि मूस यांसारख्या सूक्ष्मजीवांच्या वाढीस प्रतिबंध होते. त्यामुळे अन्नपदार्थाचा नाश न होण्यास मदत होते. हे प्रामुख्याने अन्नपदार्थ कमी तापमानात (Low Temperature) जास्त काळ साठवण्यासाठी वापरले जाते. यामुळे काही उत्पादने अनेक महिने आणि अगदी अनेक वर्षे साठवून ठेवता येतात.

पूर्वीच्या काळी अन्नपदार्थ टिकवून (Food Preservation) ठेवणे हा मोठा प्रश्न होता. अन्नपदार्थात उष्ण हवामानामुळे विषाणूंची (Bacteria) वाढ होते व ते कुजतात. थंड हवेत अशा विषाणूंची वाढ होत नाही. त्यामुळे पूर्वीच्या काळी अन्नपदार्थ थंड जागेत ठेवत. किंवा मासे, फळे, भाज्या या त्यांतील ओलावा कमी करून (dry) किंवा फ्राय करून ठेवत असत. धान्य साठविण्याकरिता एखादी गुहा किंवा जमिनीतील खड्ड्याचा वापर करीत, परंतु अशा ठिकाणी ठेवलेल्या पदार्थाची किंवा धान्याची चव व वास बदलत असे.

प्रशीतन (रेफ्रिजरेशन) हा शब्द जगात प्रथम इजिप्शियन व रोमन लोकांनी प्रचलित केला. हे लोक पाणी व मद्य पारस या घातूपासून बनविलेल्या भांड्यात साठवत असत व हे भांडे जमिनीत पुरून ठेवीत. इ. स. 1800 मध्ये प्रथम बर्फाची पेटी (Ice box) बनविण्यात आली. या पेटीत निसर्गात सापडणारा बर्फ (Natural ice) भरत असत. त्यामुळे अन्नपदार्थ टिकण्याची क्षमता वाढली. परंतु या पदार्थाच्या उष्णतेमुळे पेटीतील बर्फ वितळत असे. परिणामी या पेटीचा वापर जास्त कालावधीकरिता करता येणे शक्य होत नव्हते.

इ. स. 1851 मध्ये एका अमेरिकन शास्त्रज्ञाने हवेवर चालणारे प्रशीतन यंत्र (Refrigeration Machine) बनविले व त्यानंतर 1860 मध्ये डॉ. हॅरिसन या ऑस्ट्रेलियन शास्त्रज्ञाने जगातील पहिले रेफ्रिजरेशन मशीन एका बिअर फॅक्टरीत बसविले. हे मशीन ॲब्सॉर्प्शन पद्धतीवर (Absorption System) कार्य करणारे होते. पुढे 1890 पासून मेकॅनिकल रेफ्रिजरेशन मशीन (Mechanical Refrigeration Machine) वापरात आले व त्यानंतर ॲब्सॉर्प्शन मशीनचा वापर कमी कमी होत गेला.

सुरुवातीस या मशीनचा वापर केवळ आइस्क्रीम व बर्फाच्या उत्पादनात केला जाऊ लागला. परंतु नंतर मात्र निरनिराळ्या मशीनकरिता त्याचा वापर होऊ लागला.

गेल्या काही वर्षांत प्रशीतन व वातानुकूलीकरण यंत्रांचा प्रसार झपाट्याने होत आहे. सध्या सर्वसाधारणपणे 50 कोटी मशीनपैकी 49% मशीन्स घरगुती वापरात आहेत.

घरगुती वापराबरोबरच औद्योगिक क्षेत्रात (Industrial Sector), प्लास्टिक (Plastic), खत (Fertilizers), मद्य (Wine), औषध (Pharmaceuticals) कारखान्यांमध्ये यांचा वापर केला जातो. तसेच ऑपरेशन थिएटर, रक्तपेढी इत्यादी ठिकाणी प्रशीतन यंत्रांचा वापर करतात. अन्नपदार्थ ठेवण्यासाठी प्रामुख्याने कोल्ड स्टोरेज (Cold Storage) वापरतात.

कचेऱ्या (Offices), उपाहारगृहे (Theatre), चित्रपट, नाट्यगृहे इत्यादींमध्ये वातानुकूलीकरण यंत्रांचा वापर करतात. आजकाल अगदी खेडेगावातही प्रशीतन व वातानुकूलीकरण यंत्रांचा प्रसार झालेला दिसून येतो.

प्राथमिक प्रशीतन (BASIC REFRIGERATION)

पदार्थाची संरचना (Structure of Matter) प्रत्येक पदार्थ हा लहान लहान कणांपासून बनलेला असतो. पदार्थातील प्रत्येक कण हा त्या पदार्थाचे सर्व गुणधर्म दाखवीत असतो. याच लहान कणांस रेणू असे म्हणतात. पदार्थाच्या रेणूंमध्ये आकर्षण असते. पदार्थाची अवस्था ही त्याच्या रेणूंमधील आकर्षण बलावर अवलंबून असते. आकर्षण बलाच्या कमीजास्त प्रमाणावरून पदार्थाच्या तीन अवस्था (State of Matter) आहेत

- 1) घनरूप (Solid state);
- 2) द्रवरूप (Liquid State);
- 3) वायुरूप (Gaseous State).

1) घनरूप अवस्था: या अवस्थेतील पदार्थाचे रेणू (Atoms) हे जवळच्या बंधाने (Bonds) जोडलेले असतात. या रेणूंमधील आकर्षण प्रबळ असते. पदार्थाच्या या अवस्थेला विशिष्ट असा आकार असतो.

2) द्रवरूप अवस्था: या अवस्थेतील पदार्थाचे रेणू हे लांबच्या बंधाने जोडलेले असतात. या रेणूंमधील आकर्षण हे घनरूप पदार्थाच्या मानाने कमी असते. या अवस्थेतील पदार्थाला तो ज्या भांड्यात असतो त्या भांड्याचा आकार प्राप्त होतो.

3) वायुरूप अवस्था: या अवस्थेतील पदार्थाचे रेणू हे जवळजवळ विभक्तच (Separate) असतात. या रेणूंमधील आकर्षण दुर्लक्षणीय असते. या अवस्थेतील पदार्थाला विशिष्ट असा आकार नसतो.

ऊर्जा (Energy): एखाद्या पदार्थात असलेली कार्य (Work) करण्याची क्षमता म्हणजेच त्या पदार्थाची ऊर्जा होय.

पदार्थाकडून होऊ शकणाऱ्या कार्याच्या स्वरूपात ऊर्जेचे मापन केले जाते. त्यामुळे कार्याचे एकक म्हणजेच ऊर्जेचे एकक होय. MKS पद्धतीत ऊर्जा ज्यूल या एककात मोजली जाते, तर CGS पद्धतीत अर्ग हे ऊर्जेचे एकक आहे. कार्याप्रमाणेच ऊर्जा ही सुद्धा अदिश राशी आहे. निसर्गामध्ये ऊर्जेची यांत्रिक ऊर्जा (Mechanical), विद्युत ऊर्जा (Electrical), रासायनिक ऊर्जा (Chemical), उष्णता (Heat), प्रकाश (Light), ध्वनी (Sound), आण्विक (Nuclear) ऊर्जा इत्यादी विविध रूपे आढळतात.

ऊर्जेचे दोन प्रमुख प्रकार पडतात

- 1) गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy),
- 2) स्थितिज ऊर्जा (Potential Energy).

1) गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy): गतिमान अवस्थेमुळे पदार्थात असणाऱ्या ऊर्जेला गतिज ऊर्जा असे म्हणतात. वस्तुमान m असणारा पदार्थ, v वेगाने गतिमान असल्यास त्याची गतिज ऊर्जा पुढील सूत्रावरून मिळते -

$$\text{गतिज ऊर्जा} = \frac{1}{2} mv^2$$

2) स्थितिज ऊर्जा (Potential Energy): एखाद्या संस्थेतील निरनिराळ्या घटकांच्या परस्परसापेक्ष स्थितीमुळे व त्या घटकांमधील अन्योन्यक्रियेमुळे त्या संस्थेत जी ऊर्जा सामावलेली असते, तिला त्या संस्थेची स्थितिज ऊर्जा असे म्हणतात.

m बस्तुमानाचा पदार्थ h उंचीवर नेला असता त्या पदार्थावर g एवढे गुरुत्वीय बल कार्य करते. त्यावरून स्थितिज ऊर्जेचे पुढील सूत्र मिळते-

$$\text{स्थितिज ऊर्जा} = mgh$$

कार्य (Work): बल आणि बलाच्या क्रियेच्या रेषेत होणारे विस्थापन यांच्या परिमाणांच्या गुणाकारास कार्य म्हणतात.

पदार्थाला बल लावले असता विस्थापन घडून आल्यास कार्य घडते.

कार्य धन (+) किंवा ऋण (-) असू शकते. ज्यावेळी पदार्थाचे विस्थापन बलाच्या दिशेने होते, त्यावेळी त्या बलाने केलेले कार्य धन समजले जाते. याउलट ज्यावेळी विस्थापन बलाच्या विरुद्ध दिशेने होते त्यावेळी त्या बलाने केलेले कार्य ऋण समजले जाते.

पदार्थावर F बल लावल्यास त्याचे S विस्थापन झाल्यास कार्य पुढील सूत्रावरून काढतात -

$$W = F \times S$$

शक्ती (Power): कार्य करण्याच्या दरास शक्ती असे म्हणतात.

$$\text{शक्ती} = \text{कार्य} / \text{काल}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

MKS पद्धतीत कार्याचे एकक ज्यूल (Joule) हे आहे. व कालाचे एकक सेकंद आहे. यावरून या पद्धतीत शक्तीचे एकक ज्यूल / सेकंद आहे. परंतु जेम्स वॉट या शास्त्रज्ञाच्या सन्मानार्थ या एककास वॉट (Watt) असे म्हणतात.

व्यवहारामध्ये शक्ती मोजण्यासाठी 1 किलोवॉट (KW) या मोठ्या एककाचा उपयोग केला जातो.

$$1 \text{ किलोवॉट} = 1000 \text{ वॉट} = 1000 \text{ ज्यूल} / \text{सेकंद}.$$

CGS पद्धतीत शक्तीचे एकक अर्ग / सेकंद हे आहे. स्थापत्यशास्त्रामध्ये शक्ती मोजण्यासाठी अश्वशक्ती (horse power) या एककाचा वापर प्रचलित आहे.

$$1 \text{ अश्वशक्ती} = 746 \text{ वॉट},$$

अश्वशक्ती दोन प्रकारांमध्ये दर्शवितात.

1) दर्शित अश्वशक्ती (Indicated horse power): कार्य करण्यासाठी यंत्राला (Work provided to machine) पुरविलेल्या किंवा यंत्रात निर्माण केलेल्या (Work produced by machine) अश्वशक्तीस दर्शित अश्वशक्ती म्हणतात.

2) उपयोजित अश्वशक्ती (Break horse power): यंत्राला पुरविलेल्या किंवा यंत्रात निर्माण झालेल्या शक्तीचा काही भाग हा यंत्राच्या विविध भागांच्या घर्षणामध्ये (Friction) खर्च होतो व उरलेली शक्ती ही यंत्रास कार्य करण्यासाठी उपलब्ध होते. या शक्तीस उपयोजित अश्वशक्ती असे म्हणतात.

दाब (Pressure): एकक क्षेत्रफळाच्या पृष्ठभागावर लंब दिशेत क्रिया करणाऱ्या बलाच्या परिमाणाला त्या पृष्ठभागावरील दाब (Surface pressure) असे म्हणतात. दाबाची व्याख्या करताना बलाच्या फक्त परिमाणाचा विचार केला जातो. म्हणून दाब ही भौतिक (Physical) राशी अदिश आहे.

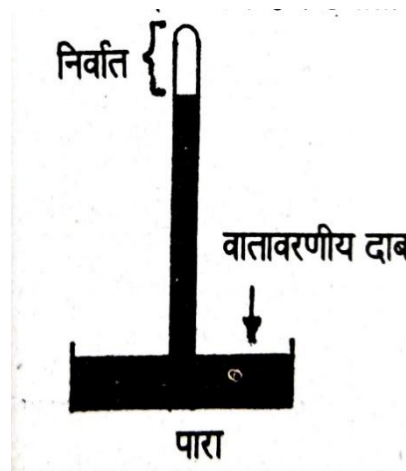
A क्षेत्रफळाच्या पृष्ठभागावर F परिमाणाचे बल लंब दिशेने कार्य करीत असेल तर त्या पृष्ठभागावरील दाब P खालील सूत्राने मिळतो –

$$P = \frac{F}{A} \text{ किंवा } F = PA$$

वातावरण दाब (Atmospheric Pressure): पृथ्वीच्या सभोवतालच्या हवेच्या आवरणाला पृथ्वीचे वातावरण म्हणतात. पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे हे वातावरण पृथ्वीशी बद्ध असते. हवेला वजन असल्यामुळे हवा पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर (Surface of earth) दाब निर्माण करते. हा दाब म्हणजेच वातावरण दाब होय. पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून जसजशी उंची वाढते तसतसा त्या ठिकाणी वातावरणाचा दाब कमी कमी होत जातो.

वातावरण दाब मोजणाऱ्या उपकरणाला हवादाबमापी असे म्हणतात. पाऱ्याची साधी हवादाबमापी (Mercury Barometer) पुढीलप्रमाणे तयार करतात-

साधारण 0.5 से. मी. अंतर्व्यासाची व 1 मीटर लांबीची कठीण काचेची नळी घ्या. ही नळी शुद्ध, स्वच्छ व कोरड्या पाऱ्याने पूर्ण भरा. नळीचे उघडे टोक अंगठ्याने बंद करा. आता नळीचे अंगठ्याने बंद केलेले टोक पसरट भांड्यातील पाऱ्यात बुडेल अशा तऱ्हेने नळी उपडी करा. अंगठ्याने बंद केलेले टोक पाऱ्यात व्यवस्थित बुडाल्यानंतर अंगठा काढून घ्या. आधाराच्या साहाय्याने उपडी नळी उभी ठेवा. अंगठा काढताच नळीतील काही पारा पसरट भांड्यात येईल. नळीतील पाऱ्याची पातळी पसरट भांड्यातील पाऱ्याच्या पातळीपेक्षा बरीच उंच असते.



अशा प्रकारे वातावरणाचा दाब हा पाऱ्याच्या स्तंभाच्या उंचीने दिश्वितात. समुद्रसपाटीला वातावरणाचा दाब हा 76 से. मी. उंची असलेल्या पायाच्या स्तंभाने दिलेल्या दाबाएवढा असतो. 0°C

तापमानाला 76 सें. मी. उंची असलेल्या पाऱ्याच्या स्तंभाने दिलेला दाब म्हणजेच एक वातावरण दाब (one atmosphere pressure) होय.

समुद्रसपाटीवर,

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2,$$

$$\text{पाऱ्याच्या स्तंभाची उंची } h = 0.76 \text{ m}$$

$$0^\circ \text{ C तापमानास पाऱ्याची घनता } P = 13596 \text{ kg/m}^3$$

$$1 \text{ वातावरण दाब} = hpg$$

$$= 0.76 \times 13596 \times 9.8$$

$$= 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{किंवा} = 14.7 \text{ lb/inch}^2$$

गेज दाब (Gauge Pressure): हवेच्या किंवा द्रवाच्या दावाला गेज दाब म्हणतात. हा दाब नेहमी वातावरण दाबापेक्षा जास्त असतो. हा दाब प्रेशर गेज या उपकरणाने मोजतात.

निर्वात दाब (Vacuum Pressure): निर्वात दाब हा नेहमी वातावरण दाबापेक्षा कमी असतो. हा दाब कंपाऊंड गेज या उपकरणाने मोजतात.

उष्णता (Heat): पदार्थाला उष्णता दिल्यास त्याचे तापमान वाढते व पदार्थातील उष्णता कमी केल्यास त्याचे तापमान कमी होते. पण काही विशिष्ट परिस्थितीत पदार्थाला उष्णता दिल्यास त्या स्थायू अवस्थेतून द्रव अवस्थेत किंवा द्रव अवस्थेतून वायू अवस्थेत रूपांतर होते. उलटपक्षी पदार्थातील उष्मा कमी केल्यास त्याचे वायुरूपातून द्रवरूपात किंवा द्रवरूपातून स्थायुरूपात अवस्थांतर होते.

अप्रकट उष्मा (Latent Heat): पदार्थाचे अवस्थांतर करण्यासाठी त्याला एकतर ऊर्जा पुरवाई लागते किंवा त्याच्यातील ऊर्जा कमी करावी लागते. सर्वसाधारणपणे उष्मा ऊर्जा देताच पदार्थाचे तापमान वाढते व ऊर्जा कमी केल्यास तापमान कमी होते. पण अवस्थांतर होताना पदार्थाच्या तापमानात बदल होत नाही. म्हणून अवस्थांतरास कारणीभूत असलेल्या उष्म्यास अप्रकट उष्मा म्हणतात.

द्रवणाचा अप्रकट उष्मा (Latent Heat of Fusion): तापमान व दाब स्थिर असताना एकक वस्तुमानाचा स्थायू पदार्थ त्याच्या द्रवकणांवर, द्रवात रूपांतरित होताना जो उष्मा ग्रहण करतो, त्या उष्म्याला पदार्थाच्या द्रवणाचा अप्रकट उष्मा म्हणतात. द्रवण होताना पदार्थाने ग्रहण केलेला उष्मा हा त्याचे गोठण होताना त्याने मुक्त केलेल्या अप्रकट उष्म्याबरोबर असतो. बर्फाच्या द्रवणाचा अप्रकट उष्मा 80 Cal/g किंवा 144 B. T. U. एवढा असतो.

बाष्पनाचा अप्रकट उष्मा (Latent Heat of Vaporization): दाब व तापमान स्थिर असताना एकक वस्तुमानाच्या द्रवाने त्याच्या उत्कलनांकावर, वायुअवस्थेत रूपांतरित होत असताना ग्रहण केलेल्या उष्म्यास द्रवाच्या बाष्पनाचा अप्रकट उष्मा म्हणतात.

पाण्याच्या बाष्पनाचा अप्रकट उष्मा 540 Cal/g आहे.

पाण्याचे असंगत आचरण (Anomalous Behavior of Water): सर्वसाधारणपणे द्रव तापविल्यास त्याचे प्रसरण होते व तो थंड केल्यास त्याचे आकुंचन होते हे आपणांस माहीत आहे. पण 4°C तापमानाखाली पाणी या नियमास अपवाद आहे. नेहमीच्या तापमानाचे पाणी घेऊन ते थंड करत गेल्यास आपणांस त्याचे आकुंचन (Contraction) झालेले दिसेल. 4°C तापमान होईपर्यंत पाण्याचे आचरण सामान्य असते. पण पाण्याचे तापमान 4°C पेक्षा कमी केल्यास त्याचे आकुंचन न होता प्रसरण पावते. यालाच पाण्याचे असंगत आचरण म्हणतात.

स्पर्शजन्य उष्णता (Sensible Heat): पदार्थाला उष्णता दिली असता त्याचे तापमान वाढते. म्हणजेच त्याच्या तापमानात बदल घडून येतो. तापमानातील हा बदल आपण तापमापकाच्या साहाय्याने मोजू शकतो. अशा प्रकारच्या उष्णतेला स्पर्शजन्य उष्णता म्हणतात.

विशिष्ट उष्णता (Specific Heat): भिन्न पदार्थांना ठराविक तापमानापर्यंत गरम करण्यासाठी वेगवेगळ्या प्रमाणात उष्माता द्यावी लागते. म्हणजेच पदार्थाचे तापमान 1°C ने वाढविण्यासाठी किंवा 1°C ने कमी करण्यासाठी जी उष्णता द्यावी किंवा काढून घ्यावी लागते त्या उष्णतेला त्या पदार्थाची विशिष्ट उष्णता असे म्हणतात.

पदार्थाची विशिष्ट उष्णता ही पाण्याच्या विशिष्ट उष्णतेशी तुलना करून काढली जाते. पाण्याची विशिष्ट उष्णता 1 कॅलरी आहे.

एक कॅलरी (One Calary): 1 ग्रॅम पाण्याचे तापमान 1°C ने वाढविण्यासाठी किंवा कमी करण्यासाठी पाणी जो उष्मा ग्रहण करते किंवा बाहेर टाकते त्याला एक कॅलरी उष्मा असे म्हणतात.

एक बी. टी. यू. (One British Thermal Unit): 1 पौंड पाण्याचे तापमान 1°F ने वाढविण्यासाठी किंवा कमी करण्यासाठी पाणी जो उष्मा ग्रहण करते किंवा बाहेर टाकते त्याला एक बी. टी. यू. उष्मा असे म्हणतात.

उष्मा मोजण्याचे ब्रिटिश पद्धतीतील बी. टी. यू. हे एकक आहे तर कॅलरी हे मेट्रिक पद्धतीतील एकक आहे.

उष्णतेचे संक्रमण (Heat Transfer): पदार्थाला उष्णता दिली असता पदार्थाच्या एका भागापासून दुसऱ्या भागाकडे उष्णतेचे संक्रमण होते व तो संपूर्ण पदार्थ गरम होतो. उष्णतेचे संक्रमण पुढील तीन प्रकारांनी होते-

वहन (Conduction): एखाद्या पदार्थाला उष्णता दिली असता पदार्थाचे गरम झालेले कण आपली जागा न बदलता शेजारील कणांना देतात. अशा प्रकारे संपूर्ण पदार्थ गरम होतो. या क्रियेला उष्णतेचे वहन म्हणतात.

उदा. एखाद्या लोखंडी सळईच्या एका टोकाला उष्णता दिली असता हळूहळू ती संपूर्ण सळई गरम होते.

अभिसरण (Convection): एखाद्या पदार्थाला उष्णता दिली असता त्या पदार्थातील गरम झालेले कण आपली जागा सोडतात. व ती रिकामी झालेली जागा थंड कण घेतात. ही क्रिया अखंडपणे चालू राहते त्यामुळे संपूर्ण पदार्थ गरम होतो. या क्रियेला उष्णतेचे अभिसरण (Convection) म्हणतात. द्रवरूप व वायुरूप पदार्थांमधील उष्णतेचे संक्रमण या प्रकाराने होते.

उदा. शेंगडीवर तापत ठेवलेले पाणी.

उत्सर्जन (Radiation): माध्यम गरम न होता ज्यावेळी पदार्थ तापतो त्या क्रियेला उष्णतेचे उत्सर्जन असे म्हणतात. उदा. सूर्याच्या उष्णतेमुळे हवा गरम न होता जमीन तापते.

तापमान (Temperature): उष्णता अधिक तापमान असलेल्या पदार्थाकडे वाहून नेली जाते. हा प्रवाह दोन्ही पदार्थांचे तापमान समान होईपर्यंत चालू असतो.

जी भौतिक राशी (Physical Unit) एका पदार्थाकडून दुसऱ्या पदार्थाकडे उष्णतेच्या प्रवाहाची दिशा निश्चित करते त्या राशीला तापमान म्हणतात. तापमान ही उष्णपणाची पातळी होय. उष्णता व तापमान या संज्ञांचे अर्थ भिन्न आहेत. तापमान ही एक मूलभूत राशी आहे. तापमानाला लांबी, वस्तुमान किंवा काल या मूलभूत एककांचा उपयोग करून दर्शविता येत नाही. म्हणूनच एस्, आय. (SI) पद्धतीमध्ये तापमान ही राशी एकूण सहा मूलभूत राशींपैकी एक मानली जाते.

तापमान मुख्यतः दोन पद्धतीमध्ये मोजले जाते

1) सेल्सियस

2) फॅरेनहीट

या दोन पद्धतीतील संबंध दर्शविणारे सूत्र पुढीलप्रमाणे आहे-

$$F - \frac{32}{9} = \frac{C}{5}$$

बॉइलचा नियम (Boyle's Law): वायूचे तापमान स्थिर असताना त्याचा दाब व आकारमान यातील संबंध या नियमाने सांगता येतो.

तापमान स्थिर असताना दिलेल्या वस्तुमानाच्या वायूचे आकारमान, त्या वायूवरील दाबाच्या व्यस्त प्रमाणात असते. समजा, वायूवरील दाब P असून त्याचे आकारमान V आहे. तर बॉइलच्या नियमानुसार तापमान स्थिर असताना

$$V \propto \frac{1}{P}$$

किया $PV = \text{स्थिरांक (constant)}$

चार्ल्सचा नियम (Charles's Law): वायूला उष्णता दिली असता तो प्रसरण पावतो व थंड केला असता आकुंचन पावतो. चार्ल्सच्या नियमानुसार वायूवरील दाब स्थिर असताना, वायूचे आकारमान व तापमान यातील संबंध सांगता येतो. चार्ल्सचा नियम खालीलप्रमाणे-

"वायूवरील दाब स्थिर असताना, दिलेल्या वस्तुमानाच्या वायूचे आकारमान, प्रत्येक 1°C तापमान वाढविले किंवा तापमान कमी केले असता, त्याच्या 0°C ला असलेल्या आकारमानाच्या अनुक्रमे $1/273$ ने वाढते किंवा कमी होते."

वायूवरील दाब स्थिर असता, त्याचे आकारमान V आहे. त्याचे तापमान T ने वाढविल्यास चार्ल्सच्या नियमानुसार,

$$\frac{V}{T} = \text{स्थिरांक}$$

उदाहरणे:

1) 40° C ये °F मध्ये रूपांतर करा.

उत्तर:

$$F - \frac{32}{9} = \frac{C}{5}$$

$$^{\circ}F = \frac{9}{5} C + 32$$

$$= \frac{9}{5} \times 40 + 32$$

$$= 72 + 32$$

$$= 104^{\circ} F$$

$$40^{\circ} C = 104^{\circ} F$$

2) 77° F चे °C मध्ये रूपांतर करा.

उत्तर :

$$F - \frac{32}{9} = \frac{C}{5}$$

$$^{\circ}C = \frac{9}{5} (F - 32)$$

$$= \frac{9}{5} (77 - 32)$$

$$= \frac{9}{5} \times 45$$

$$= 25^{\circ}C$$

$$77^{\circ} F = 25^{\circ}C$$

प्रशीतनाच्या पद्धती (REFRIGERATION SYSTEMS)

एखाद्या विशिष्ट जागेमधील उष्णता शोषून घेऊन ती बाहेरील वातावरणात सोडून दिली जाते. त्यामुळे त्या विशिष्ट जागेचे तापमान कमी होते. कमी झालेले तापमान कायम ठेवण्यासाठी रेफ्रिजरेशन सिस्टिमची (Refrigeration system) आवश्यकता असते. म्हणूनच एखाद्या विशिष्ट जागेचे वातावरणापेक्षा कमी तापमान कायम राखण्याच्या पद्धतीला रेफ्रिजरेशन असे म्हणतात. उष्णता ही अधिक तापमान असलेल्या जागेकडून कमी तापमान असलेल्या जागेकडे वाहत असते. ज्यावेळी आपण रेफ्रिजरेशन सिस्टिमच्या साहाय्याने एखाद्या जागेतील तापमान कमी करतो त्याच वेळी त्या जागेच्या भोवतालच्या वातावरणाचे तापमान हे उच्च असते.

अशा वेळी हे उच्च तापमान व न्यूनतम तापमान यामधील फरक कायम ठेवण्याकरिता त्या जागेभोवती उष्णतारोधक पदार्थाचे (Heat Insulating Material) आवरण करावे लागते.

रेफ्रिजरेशन एकक (Refrigeration Unit):

रेफ्रिजरेशन प्लँटची क्षमता नेहमी रेफ्रिजरेशन टनमध्ये मोजतात. त्याची व्याख्या पुढीलप्रमाणे "जी रेफ्रिजरेशन मशीन किंवा प्लांट 24 तासांत 1 मेट्रिक टन बर्फ तयार करू शकते किंवा 72,000 Kcal एवढी उष्णता शोषून घेऊन वातावरणात सोडून देते, त्या मशीनची किंवा प्लांटची क्षमता 1 टन आहे असे म्हणतात."

$$1 \text{ रेफ्रिजरेशन टन} = 72,000 \text{ Kcal/24 hour}$$

$$= 3000 \text{ Kcal/hour}$$

$$= 50 \text{ Kcal/minute}$$

कार्यक्षमतेचा गुणक (Coefficient of Performance):

एखाद्या मशीनची कार्यक्षमता ही तिने केलेल्या कार्यावरून ठरवितात. मशीन जितक्या प्रमाणात उष्णता शोषून (Absorb heat) घेते त्यावर तिची कार्यक्षमता ठरवितात. मशीनकडून मिळालेले कार्य व तिला पुरविलेले कार्य यांच्या गुणोत्तरास कार्यक्षमतेचा गुणक म्हणतात.

$$\text{कार्यक्षमतेचा गुणक (C. O. P.)} = \frac{\text{मिळालेले कार्य}}{\text{पुरविलेले कार्य}}$$

जर N एवढे मशीनने कार्य केले व तिला W एवढे कार्य पुरविलेले असल्यास, कार्यक्षमतेचा गुणक पुढीलप्रमाणे लिहितात-

$$K = \frac{N}{W}$$

K हा नेहमी 1 पेक्षा जास्त असतो.

रेफ्रिजरेशनच्या प्रमुख दोन पद्धती आहेत.

1) व्हेपर कॉम्प्रेसन सिस्टिम (Vapor Compression System):

व्हेपर कॉम्प्रेसन सिस्टिमला मेकॅनिकल सिस्टिम (Mechanical System) असेही म्हणतात. या पद्धतीमध्ये यांत्रिक ऊर्जा निर्माण करण्याचे कार्य कॉम्प्रेसर (Compressor) करतो. या पद्धतीमध्ये रेफ्रिजरंट वापरलेला असतो. रेफ्रिजरंट (Refrigerant) हा संपूर्ण पद्धतीमध्ये फिरत असतो. फिरताना त्याच्या अवस्था बदलत असतात. या पद्धतीतील प्रक्रिया पुढील चार टप्प्यांत घडून येते.

1) कॉम्प्रेसन (Compression): इव्हॅपोरेटरकडून आलेला कमी ताप (Temperature) व दाब (Pressure) असलेला वायुरूप रेफ्रिजरंट (Gaseous Refrigerant) कॉम्प्रेसरमध्ये येतो. कॉम्प्रेसरमध्ये त्या वायुरूप रेफ्रिजरंटचा दाब व ताप वाढविला जातो. व तो रेफ्रिजरंट डिसचार्ज लाईनमध्ये फेकला जातो.

2) कंडेन्सेशन (Condensation) : कॉम्प्रेसरने फेकलेला (Discharge) वायुरूप रेफ्रिजरंट डिसचार्ज लाईन मधून कंडेन्सरमध्ये येतो.

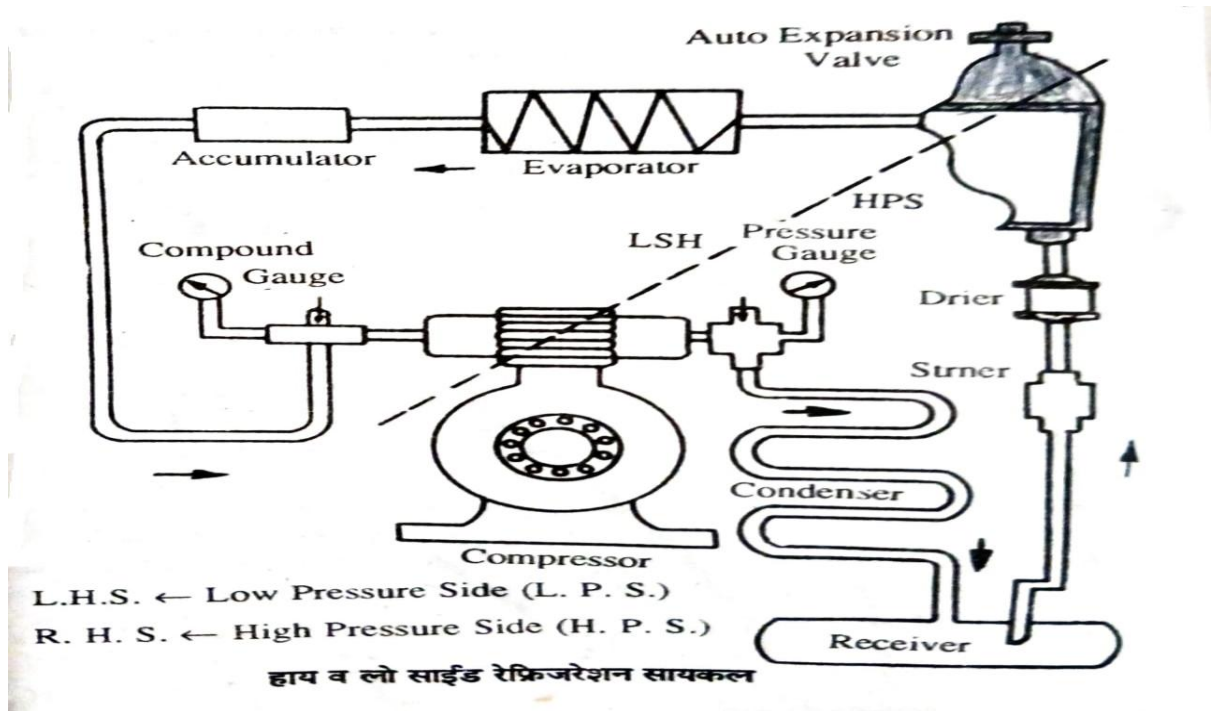
कंडेन्सरभोवती असलेल्या कूलिंग माध्यमातून वायुरूप रेफ्रिजरंट मधील उष्णता शोषून घेतली जाते. त्यामुळे वायुरूप रेफ्रिजरंटचे कंडेन्सरच्या बाहेर पडेपर्यंत द्रवरूपात रूपांतर झालेले असते.

3) एक्सपांशन (Expansion): कंडेन्सरमधून आलेला द्रवरूप रेफ्रिजरंट (Liquid Refrigerant) एक्सपांशन व्हॉल्वमध्ये जातो. त्यामुळे त्याचा दाब कमी होतो. व त्याचा इव्हॅपोरेटरमध्ये फ्लो निर्माण होतो.

4) इव्हॅपोरेशन (Evaporation): इव्हॅपोरेटरमध्ये रेफ्रिजरंटचा फ्लो होताना त्याचा दाब व ताप कमी होतो. परिणामी इव्हॅपोरेटरमध्ये उष्णता तो झटकन शोषून घेतो. त्यामुळे रेफ्रिजरंटचे वायुरूपात रूपांतर होते. व हा वायुरूप रेफ्रिजरंट सक्शन लाईनमधून कॉम्प्रेसरला जातो. अशा प्रकारे ही सायकल सतत चालू राहते.

या पद्धतीमध्ये पुढील भाग जोडलेले असतात-

1) कॉम्प्रेसर (Compressor): मानवी शरीरातील हृदयाप्रमाणे याचे कार्य असते. म्हणूनच याला रेफ्रिजरेशन सिस्टिमचे हृदय (Heart) असे म्हणतात. इव्हॅपोरेटरमध्ये वायुरूप अवस्था प्राप्त झालेला रेफ्रिजरंट हा कमी दाब व ताप असलेला असतो. असा हा रेफ्रिजरंट कॉम्प्रेसरच्या सक्शन (Suction) लाईनमधून कॉम्प्रेसरमध्ये येतो. कॉम्प्रेसरच्या कार्यामुळे या रेफ्रिजरंटचा ताप व दाब वाढविला जातो व तो डिसचार्ज लाईनमध्ये फेकला जातो. कॉम्प्रेसर हा रेफ्रिजरेशन सिस्टिममधील दाब व ताप यावर नियंत्रण ठेवून संपूर्ण सायकल योग्य प्रकारे घडवून आणतो. कॉम्प्रेसरमुळेच संपूर्ण सिस्टिममध्ये रेफ्रिजरंटचा प्रवाह (Flow) चालू राहतो.



2) डिसचार्ज लाईन: (Discharge line) रेफ्रिजरेशन सिस्टिममधील कॉम्प्रेसरची आऊटलेट (Outlet) व कंडेन्सरची इनलेट (Inlet) यांना जोडणारी ही लाईन असते. कॉम्प्रेसरकडून आलेला उच्च दाबाचा व तापाचा वायुरूप रेफ्रिजरेट कंडेन्सरकडे वाहून नेण्याचे कार्य ही लाईन करते.

3) कंडेन्सर (Condenser): कंडेन्सर थंड करण्यासाठी (Cooling medium) म्हणून हवा किंवा पाणी वापरले जाते. डिसचार्ज लाईनमधून आलेला रेफ्रिजरंट कंडेन्सरमध्ये (Condenser) येताच त्यातील उष्णता कंडेन्सरभोवती असलेले पाणी किंवा हवा शोषून घेते. परिणामी कमी दाब व ताप असलेला द्रवरूप रेफ्रिजरंट तयार होतो.

4) रिसिक्वर (Receiver): कंडेन्सरची आऊटलेट ही लिक्विड रिसिक्वरला जोडलेली असते. कंडेन्सरमध्ये तयार झालेला वायुरूप रेफ्रिजरंट यामध्ये साठवला जातो. म्हणून याला स्टोअर टैंक असेही म्हणतात. कमर्शियल प्लांटमध्ये रिसिक्वरची जास्त आवश्यकता असते.

5) लिक्विड लाईन (Liquid Lines): रिसिक्वरची आऊटलेट व एक्सपांशन व्हॉल्वची (Expansion valve) इनलेट यामध्ये ही लाईन जोडलेली असते. या लाईनचा उपयोग रिसिक्वरकडून (Receiver) आलेला द्रवरूप रेफ्रिजरंट एक्सपांशन व्हॉल्वपर्यंत पोचविण्यासाठी होतो. या लाईनवर ड्रायर (Drier), स्ट्रेनर (Strainer), लिक्विड इंडिकेटर (Liquid Indicator), मॉइश्चर इंडिकेटर (Moisture Indicator) इत्यादी भाग जोडलेले असतात.

6) ड्रायर (Dryer): रेफ्रिजरेशन सिस्टिममध्ये बाष्प (Vapor) गेल्यास ते शोषून घेण्यासाठी ड्रायरचा उपयोग होतो. ड्रायर नसल्यास एक्सपांशन व्हॉल्वच्या (Expansion Valve) तोडावर बाष्माचे रूपांतर बर्फात झाल्यामुळे रेफ्रिजरंटचा पुढील प्रवाह खंडित होतो. ड्रायरमध्ये बाष्प शोषून घेण्यासाठी सिलिका जल (Silica Jal) तसेच कॅल्शियम क्लोराइड, कॅल्शियम ऑक्साइड हे सुद्धा वापरतात. ड्रायर हा स्ट्रेनर म्हणूनही कार्य करतो.

7) एक्सपांशन व्हॉल्व (Expansion Valve): इव्हॅपोरेटरच्या इनलेटला हा व्हॉल्व जोडला जातो. रिसिक्वरकडून येणाऱ्या द्रवरूप रेफ्रिजरंटच्या प्रवाहावर नियंत्रण राखण्याचे कार्य एक्सपांशन व्हॉल्व करतो. एक्सपांशन व्हॉल्वमुळे रेफ्रिजरंटचा दाब (Refrigerant pressure) कमी केला जातो त्याचबरोबर त्याचा तापही कमी होतो. असा हा कमी तापाचा व दाबाचा रेफ्रिजरंट इव्हॅपोरेटरमध्ये स्प्रेच्या स्वरूपात प्रवेश करतो. त्यामुळे इव्हॅपोरेटरच्या संबंधित जागेतील उष्णता तो पटकन शोषून घेतो. परिणामी इव्हॅपोरेटरच्या आऊटलेटपर्यंत द्रवरूपाचे वायुरूप रेफ्रिजरंटमध्ये रूपांतर होते.

8) इव्हॅपोरेटर (Evaporator): एक्सपांशन व्हॉल्वकडून आलेला रेफ्रिजरंट इव्हॅपोरेटरमध्ये स्प्रेच्या स्वरूपात कमी दाब व ताप होऊन येतो. इव्हॅपोरेटरशी संबंधित अनेक पदार्थ ठेवलेले असतात. त्या पदार्थांतील उष्णता इव्हॅपोरेटरमधील रेफ्रिजरंट शोषून घेतो. त्यामुळे रेफ्रिजरंटची वाफ होते. हा वायुरूप रेफ्रिजरंट पुढे सक्शन लाइनमध्ये जातो.

9) अॅक्युमुलेटर (Accumulator): हा इव्हॅपोरेटरची आऊटलेट व सक्शन लाईनची इनलेट यामध्ये जोडलेला असतो. इव्हॅपोरेटरमध्ये वायुरूप न झालेला रेफ्रिजरंट साठविण्यासाठी अॅक्युमुलेटरचा वापर होतो. त्यामुळे फक्त वायुरूप झालेला तेवढाच रेफ्रिजरंट कॉम्प्रेसरला पाठवला जातो. अॅक्युमुलेटर ही एक सक्शन लाईन पेक्षा जास्त व्यासाची पोकळ नळी (Tube) असते.

कॉम्प्रेसरला जर द्रवरूप रेफ्रिजरंट गेला तर कॉम्प्रेसरची सक्शन व डिसचार्ज व्हॉल्व रिडस (Rids) खराब किंवा तुटण्याचा संभव असतो.

10) सक्शन लाईन (Suction Line): इव्हॅपोरेटरकडून आलेला वायुरूप रेफ्रिजरंट कॉम्प्रेसरपर्यंत नेण्याचे कार्य सक्शन लाईन करते. कॉम्प्रेसर चालू असेपर्यंत कमी दाब व ताप असलेला वायुरूप रेफ्रिजरंट कॉम्प्रेसरमध्ये येत राहतो.

सिस्टिममध्ये प्रवाहित असणाऱ्या रेफ्रिजरंटच्या दाबावरून सिस्टिमचे दोन विभाग पडतात-

1) उच्चतम दाबाची बाजू (High Pressure Side): कॉम्प्रेसरने डिसचार्ज केलेला रेफ्रिजरंट उच्चतम दाबाने ज्या ज्या भागांतून प्रवाहित होतो त्या भागांनी समाविष्ट होणाऱ्या बाजूला उच्चतम दाबाची बाजू म्हणतात. या बाजूमध्ये कॉम्प्रेसरची आऊटलेट, डिसचार्ज लाईन, कंडेन्सर, लिक्विड रिसिक्लर व एक्सपांशन व्हॉल्वची इनलेट यांचा अंतर्भाव होतो.

2) न्यूनतम दाबाची बाजू (Low Pressure Side): सिस्टिमच्या ज्या भागांतून न्यूनतम दाबाचा रेफ्रिजरंट वाहतो त्या भागांनी समाविष्ट होणाऱ्या बाजूला न्यूनतम दाबाची बाजू असे म्हणतात. या बाजूमध्ये एक्सपांशन व्हॉल्वची आऊटलेट, इव्हॅपोरेटर, सक्शन लाईन व कॉम्प्रेसरची इनलेट या भागांचा अंतर्भाव होतो.

रेफ्रिजरेशन सिस्टिमच्या रचनेवरून व्हेपर कॉम्प्रेसन सिस्टिमचे पुढील प्रकार पडतात-

1) मल्टी इव्हॅपोरेटर, सिंगल टेम्परेचर सिस्टिम (Multi Evaporator Single Temperature System): या प्रकारामध्ये एका कॉम्प्रेसरला दोन किंवा अधिक इव्हॅपोरेटर जोडलेले असतात. ही जोडणी समांतर किंवा एकसरमध्ये असते.

2) मल्टी टेम्परेचर सिस्टिम (Multi Temperature System): या प्रकारामध्ये दोन किंवा अधिक इव्हॅपोरेटर भिन्न तापमानावर कार्य करीत असतात.

3) लो टेम्परेचर मल्टी स्टेज सिस्टिम (Low Temperature Multi Stage System): या सिस्टिममध्ये कमी, मध्यम व उच्च दाब असलेले तीन वेगवेगळे कॉम्प्रेसर जोडलेले असतात.

4) हर्मेटिक सिस्टिम: या सिस्टिममध्ये कॉम्प्रेसर व विद्युत मोटार ही एकाच डोम (done) मध्ये एकाच शाफ्टवर बसविलेली असून हा डोम सीलड (sealed) असतो. सुरुवातीस या प्रकारच्या सिस्टिम केवळ डोमेस्टिकसाठीच वापरत. परंतु हल्ली डोमेस्टिकबरोबरच इंडस्ट्रियल व कमर्शियल रेफ्रिजरेशनमध्येही वापरतात.

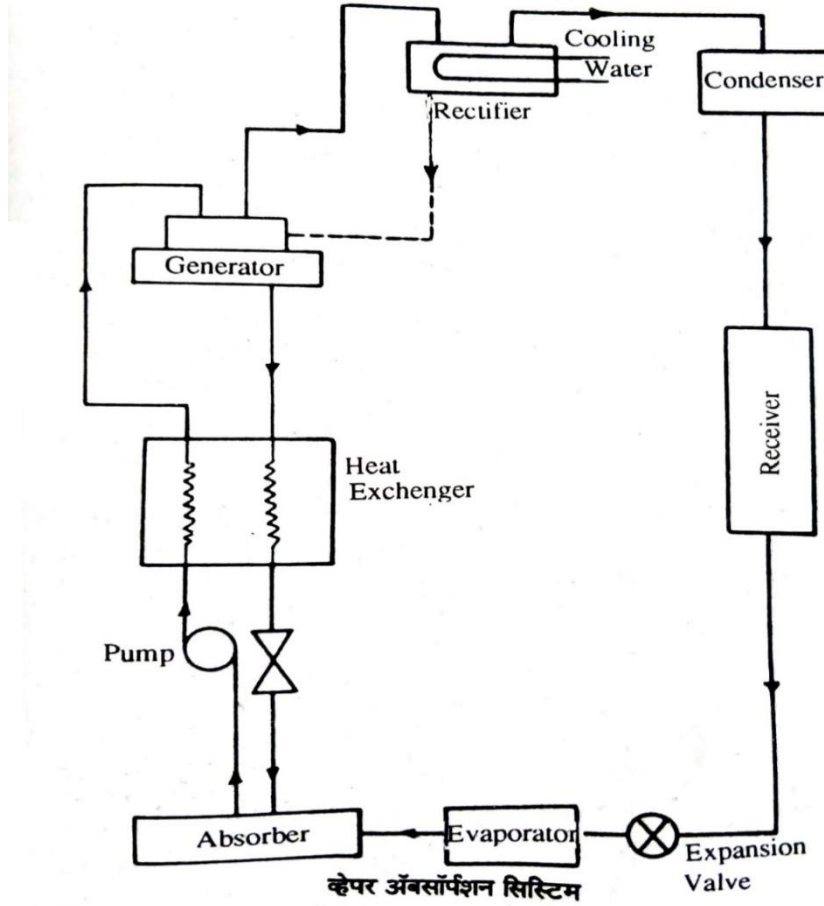
5) कॅस्केड सिस्टिम (Cascade System): या प्रकारच्या सिस्टिममध्ये दोन किंवा अधिक रेफ्रिजरेशन सायकल्स भिन्न स्वरूपात कार्य करीत असतात.

व्हेपर अब्सॉर्प्शन सिस्टिम (Vapor Absorption System):

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे या रेफ्रिजरेशन सिस्टिममध्ये जनरेटर (Generator), कंडेन्सर (Condenser), एक्सपांशन व्हॉल्व (Expansion Valve), इव्हेपोरेटर व अब्सॉर्बर हे प्रमुख भाग असतात. तसेच प्लांटची कार्यक्षमता वाढविण्यासाठी हीट एक्सचेंजर, अनलायझर, रेक्टिफायर हे भागही जोडलेले असतात. यामध्ये इव्हेपोरेटर व अब्सॉर्बर हे सिस्टिमच्या कमी दाबाच्या बाजूला कंडेन्सर व जनरेटर हे सिस्टिमच्या उच्च दाबाच्या बाजूला जोडलेले असतात. ही सिस्टिम पुढील भाग जोडून पूर्ण केली जाते- (१) जनरेटर, (२) अनलायझर, (३) रेक्टिफायर, (४) कंडेन्सर (५) एक्सपांशन व्हॉल्व, (६) इव्हेपोरेटर, (७) रिसिक्वर (Receiver), (८) अब्सॉर्बर, (९) हीट एक्सचेंजर (१०) पंप.

या सिस्टिममध्ये रेफ्रिजरेट म्हणून अमोनिया (NH_3) वापरला जातो व अब्सॉर्बंट म्हणून पाणी वापरलेले असते.

- 1) कंडेन्सर (Condenser):** यामध्ये उच्च दाब व ताप असलेली अमोनिया वाफ येते (वायुरूप अमोनिया). कंडेन्सरमध्ये कूलिंग माध्यम म्हणून पाणी किंवा हवा वापरलेली असते त्यामुळे वायुरूप अमोनियाचे द्रवरूपात रूपांतर होते.
- 2) रिसिक्वर (Receiver):** ही एक टाकी असून तिचा उपयोग कंडेन्सरमधून आलेला द्रवरूप अमोनिया साठवून ठेवण्यासाठी केला जातो.
- 3) एक्सपांशन व्हॉल्व (Expansion Valve):** रिसिक्वरमधून येणाऱ्या उच्च दाबाच्या द्रवरूप अमोनियाचा दाब कमी करून इव्हेपोरेटरला आवश्यकतेनुसार अमोनिया पुरविण्याचे काम एक्सपांशन व्हॉल्व करतो.
- 4) इव्हेपोरेटर (Evaporator) :** यामध्ये एक्सपोशन व्हॉल्वमधून कमी दाबाचा अमोनिया (Ammonia) येतो. तो द्रव अमोनिया- संबंधित जागेतील उष्णता शोषून घेऊन ती जागा थंड करतो. परिणामी द्रव अमोनियाचे वायु-अमोनियात रूपांतर होते.
- 5) अब्सॉर्बर (Absorber):** यामध्ये इव्हेपोरेटरकडून येणारा वायुरूप अमोनिया व जनरेटरच्या खालील बाजूकडून येणारे वीक सोल्यूशन यांचे मिश्रण तयार होऊन त्याचे स्ट्रॉंग सोल्यूशन तयार होते.



6) हीट एक्सचेंजर (Heat Exchanger): हीट एक्सचेंजर हा जनरेटर व अब्सॉर्बर यांमध्ये जोडलेला असतो. अब्सॉर्बरकडून येणारे स्ट्रॉग सोल्यूशन हे गरम असते तर जनरेटरकडून येणारे वीक सोल्यूशन हे थंड असते. हीट एक्सचेंजरमध्ये या दोन्ही तापमानांचा मध्य साधला जातो. त्यामुळे जनरेटरला हीटिंगचे कार्य कमी करावे लागते.

7) जनरेटर (Generator) : द्रव रेफ्रिजरंटचे वायुरूप रेफ्रिजरंटमध्ये रूपांतर करण्याचे कार्य जनरेटर करतो. अब्सॉर्बरकडून येणारे स्ट्रॉग सोल्यूशन गरम केले जाते. सोल्यूशन जसे गरम होईल तशी अमोनियाची वाफ होऊन ती कंडेन्सरकडे जाते. व जनरेटरच्या तळाशी वीक सोल्यूशन शिल्लक राहते. ते खालील बाजूने हीट एक्सचेंजरमधून अब्सॉर्बरमध्ये परत येते.

8) पंप (Pump): पंप हा अब्सॉर्बरकडून येणारे स्ट्रॉग सोल्यूशन हे जनरेटरकडे पाठवितो व कमी दाबाची बाजू व उच्च दाबाची बाजू यांमध्ये फरक कायम ठेवतो.

सिस्टिमची कार्यक्षमता वाढविण्यासाठी सिस्टिममध्ये अॅनलायझर, रेक्टिफायर हे भाग जोडलेले असतात. अॅनलायझर हा जनरेटर व रेक्टिफायर यांमध्ये जोडलेला असतो. जनरेटरकडून येणारी पाणीमिश्रित अमोनियाची वाफ येथे थंड होते. तयार झालेले पाणी परत जनरेटरमध्ये जाते. रेक्टिफायरमध्ये अमोनियाची वाफ शिरताच त्यातील उरलीसुरली पाण्याची वाफ थंड करून ती वेगळी केली जाते. रेक्टिफायरमध्ये कूलिंग माध्यम म्हणून पाणी वापरलेले असते.

व्हेपर ॲबसॉर्पशन सिस्टिमध्ये वापरले जाणारे रेफ्रिजरंट व ॲबसॉर्बंट पुढीलप्रमाणे आहेत -

अ. नं.	रेफ्रिजरंट (Refrigerant)	ॲबसॉर्बंट (Absorbent)
1	अमोनिया (Ammonia)	पाणी
2	मिथिलिन क्लोराईड	डायमिथाइल इथर ऑफ ट्रेडाइथिलिन
3	अमोनिया	लिथियम नायट्रेट
4	पाणी	लिथियम क्लोराइड
5	पाणी	लिथियम ब्रोमाइड

हल्ली साधारणपणे व्हेपर ॲबसॉर्पशन सिस्टिमचा वापर बंद पडून व्हेपर कॉम्प्रेसन सिस्टिम सर्वत्र वापरली जाते.

सबकूलिंग (Subcooling): सबकूलिंग म्हणजे लिक्विड रेफ्रिजरंटचे तापमान हे कंडेन्सिंग तापमानापेक्षा कमी होणे होय. ही क्रिया ते लिक्विड एक्सपांशन व्हॉल्वमध्ये जाण्यापूर्वी घडून येते. कंडेन्सिंग तापमानापेक्षा लिक्विड रेफ्रिजरंटचे तापमान कमी झाल्यामुळे रेफ्रिजरेशनचा परिणाम व सिस्टिमची कार्यक्षमता वाढते.

सबकूल्ड लिक्विड (Subcooled liquid) एक्सपान्शन व्हॉल्वमधून जाताना त्याच्या काही भागांचे वायूत रूपांतर होते. या वायूमुळे रेफ्रिजरेशनचा परिणाम कमी होतो. परंतु हा वायू अल्प प्रमाणात निर्माण होत असल्यामुळे त्याचा सिस्टिमवर विशेष असा परिणाम होत नाही.

कंडेन्सरमधून बाहेर पडणारे लिक्विड सबकूल्ड करण्यासाठी बऱ्याच वेळा कंडेन्सर आणि एक्सपान्शन व्हॉल्व यामध्ये हीट एक्सचेंजर (Heat Exchanger) बसविलेला असतो. इव्हॅपोरेटरकडून येणारी सक्शन लाईन या कंडेन्सर व एक्सपांशन व्हॉल्व यामधील लाईनला स्पर्श करून बसवितात त्यामुळे सक्शन लाईनच्या कमी (low) तापमानामुळे एक्सपांशन व्हॉल्वकडे जाणारे लिक्विड सबकूल्ड होण्यास मदत होते.

सबकूलिंगचे परिणाम पुढीलप्रमाणे होतात-

- 1) रेफ्रिजरेशन सिस्टिमची कार्यक्षमता वाढते.
- 2) रेफ्रिजरेशनचा परिणाम वाढतो.
- 3) रेफ्रिजरंटचा प्रवाह मंदावतो. (Flow of refrigerant)
- 4) रेफ्रिजरेशन सिस्टिमला शक्ती कमी लागते.

फ्लॅश गॅस (Flash Gas) सबकूल्ड लिक्विड एक्सपान्शन व्हॉल्वमधून जाताना त्याच्या काही भागांचे क्षणभरात वायूमध्ये रूपांतर होते. याला फ्लॅश गॅस असे म्हणतात.

प्लॅश गॅसमुळे खालील परिणाम घडून येतात-

- 1) कंडेन्सरमध्ये बर्फ जमा होतो. त्यामुळे कंडेन्सरचे कार्य कमी होते.
- 2) लिक्विड लाईनला तडे (crack) जाण्याची शक्यता असते.
- 3) रेफ्रिजरेशन सिस्टिमचे कार्य कमी होते.

सुपरहीटिंग (Superheating): रेफ्रिजरंट व्हेपर इव्हॅपोरेटरमधून कॉम्प्रेसरला जाईपर्यंत त्या व्हेपरचे काही डिग्री तापमान वाढते. हे तापमान प्रामुख्याने सक्शन लाईनच्या भोवतालचे वातावरणीय तापमान व कॉम्प्रेसरच्या हेडचे तापमान यामुळे वाढते. त्यावेळी त्या लिक्विडला सुपर हीटेड लिक्विड म्हणतात. इव्हॅपोरेटरमध्ये आलेले सर्व लिक्विडचे वायूत रूपांतर होत नाही. त्यामुळे रेफ्रिजरेंटिंग इफेक्ट तसेच कॉम्प्रेसरचे कार्य कमी होण्याची शक्यता असते. म्हणून हे लिक्विड सुपरहीटेड म्हणजेच वायूमध्ये रूपांतर होणे आवश्यक असते.

कॉम्प्रेसरची कार्यक्षमता (Compressor Efficiency): कॉम्प्रेसरच्या कार्यक्षमतेला यांत्रिक कार्यक्षमता असेही म्हणतात. कॉम्प्रेसरची कार्यक्षमता म्हणजे रेफ्रिजरंट गॅसकडून झालेले कार्य व कॉम्प्रेसरच्या फिरणाऱ्या शाफ्टकडून झालेले कार्य यांचे गुणोत्तर होय.

कॉम्प्रेसरची कार्यक्षमता = रेफ्रिजरंटकडून झालेले कार्य / शाफ्टकडून झालेले कार्य

एअर रेफ्रिजरेशन सायकल (AIR REFRIGERATION CYCLES)

एअर रेफ्रिजरेशन सायकलला गॅस रेफ्रिजरेशन सायकल म्हणून ओळखले जाते, ज्यामध्ये हवा रेफ्रिजरंट म्हणून वापरली जाते. हवा केवळ तिची संवेदनशील उष्णता हस्तांतरित करते आणि टप्प्यात बदल होत नाही.

एअर रेफ्रिजरेशन सायकलचे फायदे:

1. हवा मुक्तपणे उपलब्ध आहे.
2. एअर रेफ्रिजरेशन सिस्टम वजनाने हलकी आहे.
3. एअर रेफ्रिजरेशन सिस्टीम इकोफ्रेंडली आहे.

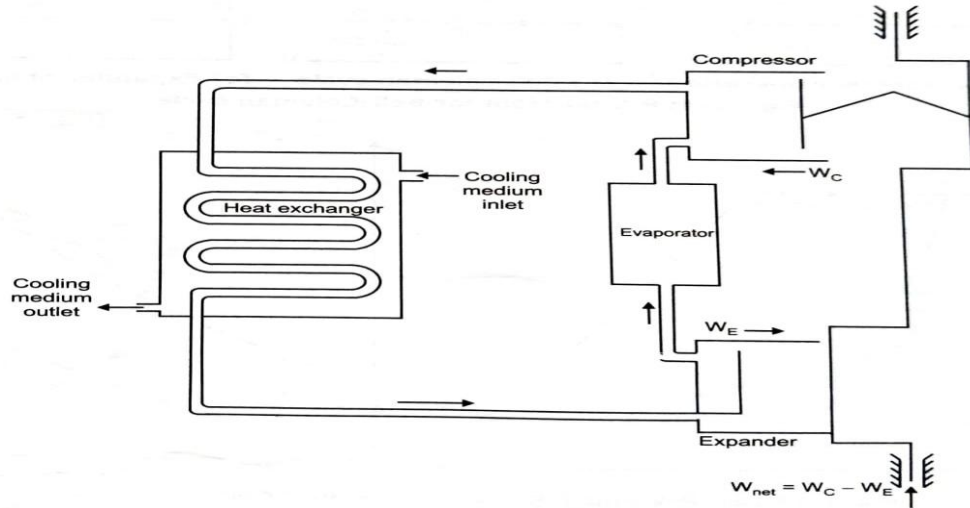
एअर रेफ्रिजरेशन सायकलचे उपयोग:

1. हे विमान थंड करण्यासाठी त्याच्या सुधारित स्वरूपात वापरले जाते.
2. ते वायूंच्या द्रवीकरणासाठी अत्यंत कमी तापमान मिळविण्यासाठी वापरले जाते.

बेल कोलमन एअर रेफ्रिजरेशन सायकल

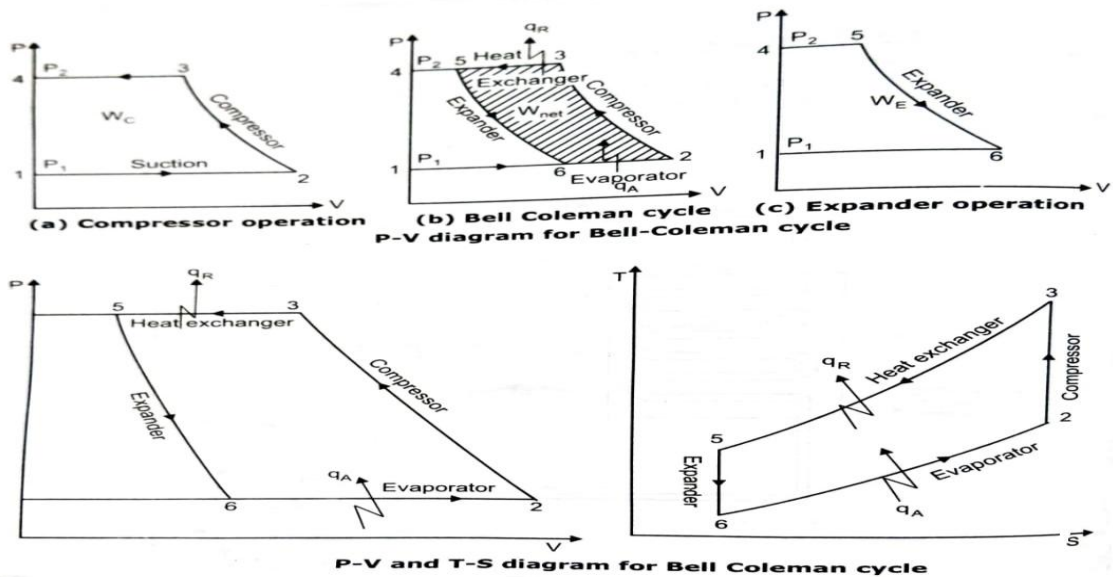
(Bell Coleman Air Refrigeration Cycle):

सर्वात जुने प्रकारचे रेफ्रिजेटर बेल कोलमन सायकलवर कार्यरत पदार्थ म्हणून हवेसह काम करत होते. कार्नोट सायकलमधील समतापीय प्रक्रिया स्थिर दाब प्रक्रियेद्वारे बदलल्या जातात. बेल कोलमन सायकलची आकृती खालील प्रमाणे दर्शविली आहे -



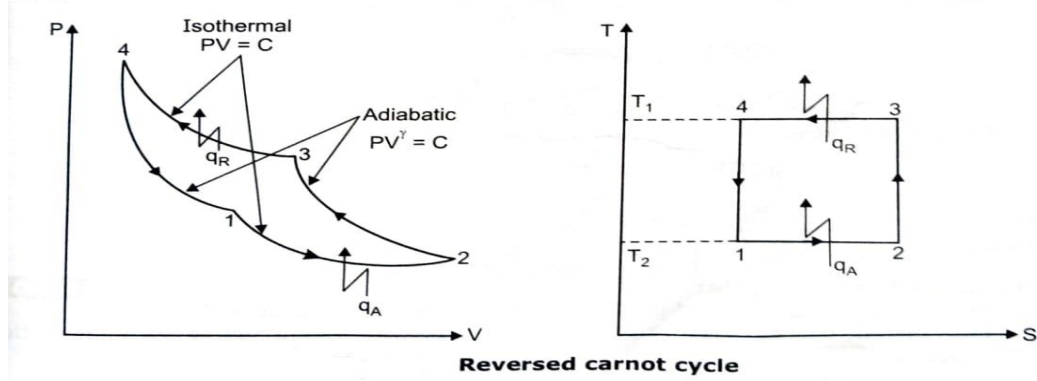
बेल कोलमन सायकल

बेल कोलमन सायकलमध्ये कंप्रेसर, विस्तारक, हीट एक्सचेंजर आणि बाष्पीभवक यांचा समावेश होतो. बाष्पीभवनातून येणारी हवा कंप्रेसरमध्ये काढली जाते आणि उष्णता एक्सचेंजरच्या दाबावर संकुचित केली जाते. दाब वाढीसह कॉम्प्रेसन दरम्यान, हवेचे तापमान देखील वाढते. ही उबदार संकुचित हवा हीट एक्सचेंजरमध्ये सेंट केली जाते, जी सतत दाबाने हवा थंड करते. त्याचा आवाज 3 ते 5 पर्यंत कमी करण्याचा प्रभाव असतो. त्याच बरोबर उष्णता नाकारल्यामुळे त्याचे तापमान देखील कमी होते. ही कमी तापमानाची हवा विस्तारकाकडे खेचली जाते, जिथे तिचा विस्तार मध्यभागी होतो. या आयसेंट्रोपिक विस्तारामुळे हवेचे तापमान बाष्पीभवन तापमानापेक्षा कमी होते. ही हवा किमान तापमान बाष्पीभवनाकडे जाते, जिथे ती सतत दाबाने उष्णता शोषून घेते आणि रेफ्रिजरेटिंग प्रभाव निर्माण करते. बेल-कोलमन सायकलचे कार्य P-V आकृती खालील प्रमाणे दर्शविली आहे -



रिव्हर्स कानोट सायकल (REVERSED CARNOT CYCLE)

रिव्हर्स कानोट सायकलवर (Reverse Carnot Cycle) काम करणारी मशीन बाह्य स्त्रोताकडून शक्तीने चालविल्यास रेफ्रिजरेटर म्हणून काम करेल आणि सैद्धांतिकदृष्ट्या सर्वात कार्यक्षम असेल. प्रॅक्टिसमध्ये असे कोणतेही मशीन वापरले गेले नाही कारण पिस्टन स्ट्रोकच्या अॅडियाबॅटिक (Piston Stroke Adiabatic) भागाला उच्च गतीची आवश्यकता असते तर पिस्टन स्ट्रोकच्या समथर्मल भागाला अत्यंत संथ गतीची आवश्यकता असते. वेगाचा हा फरक प्रत्यक्ष व्यवहारात शक्य नाही. कानोट सायकलचा P-V आणि T-S आकृती खालील प्रमाणे दर्शविली आहे -



रिव्हर्स कानोट सायकलमध्ये दोन रिव्हर्सिबल आइसोथर्मल (Reversible Isothermal) आणि दोन रिव्हर्सिबल एडिबॅटिक (Reversible Adiabatic) प्रक्रिया असतात.

प्रक्रिया 1-2 : थंड होण्यासाठी शरीरातून कमी तापमानात उलट करता येण्याजोगे समतापीय उष्णता शोषण. : उच्च तापमानाला उलट करता येण्याजोगे अॅडियाबॅटिक कॉम्प्रेसन $T_{\{1\}}$ प्रक्रिया 2-3

प्रक्रिया 3-4: उच्च तापमानात उलट करता येण्याजोगे समतापीय उष्णता नाकारणे $T_{\{1\}}$

प्रक्रिया 4-1 : कमी तापमानात उलट करता येण्याजोगा अॅडिबॅटिक विस्तार $T_{\{x\}}$

अशा प्रकारे, कानोट सायकलमध्ये उष्णता शोषण आणि उष्णता नाकारणे स्थिर तापमानात होते आणि कॉम्प्रेसन आणि विस्तार अॅडियाबॅटिक असतो.

प्रशीतक व त्याचे गुणधर्म (REFRIGERANT AND ITS PROPERTIES)

रेफ्रिजरेशन व एअर कंडिशनिंग सिस्टिमचा उपयोग पदार्थातील किंवा ठराविक जागेतील उष्णता (heat) काढून घेऊन तो पदार्थ किंवा जागा थंड केली जाते. ही उष्णता काढून घेण्यासाठी अॅब्सॉर्प्शन (absorption) किंवा कम्प्रेशन (compression) पद्धतीचा उपयोग करतात. या पद्धतीत उष्णता शोषून घेण्यासाठी एखाद्या द्रव पदार्थाचा (fluid) उपयोग करतात. यालाच रेफ्रिजरंट म्हणतात.

याची व्याख्या पुढीलप्रमाणे करता येईल- "एखाद्या द्रव पदार्थाने उष्णता शोषून घेतल्यानंतर त्याचे वाफेमध्ये (vapour) रूपांतर होणे, बाफेतील उष्णता काढून घेतली असता त्याचे पुन्हा द्रवात रूपांतर होणे असे गुणधर्म असणाऱ्या पदार्थाला रेफ्रिजरंट म्हणतात. उदा. अमोनिया, फ्रीऑन.

ठराविक जागेतील किंवा पदार्थातील उष्णता रेफ्रिजरंटने शोषून घेतल्यानंतर ती जागा थंड होऊन रेफ्रिजरंटचे वाफेत रूपांतर होते. ही वाफ कमी तापमानाची (Temp.) व कमी दाब असलेली असते. अशी वाफ कॉंप्रेसर शोषून घेतो व तिचे तापमान, दाब (Pressure) वाढवून कंडेन्सरला पाठवितो. सर्वच पदार्थ किंवा द्रव पदार्थ रेफ्रिजरेट म्हणून वापरता येत नाहीत.

रेफ्रिजरंट निवडण्याचे निकष (SELECTION CRITERIA OF REFRIGERANTS):

सर्वसाधारणपणे रेफ्रिजरंटच्या निवडीसाठी - पुढील वैशिष्ट्ये (Characteristics) असणे महत्वाचे आहे.

रेफ्रिजरंटची वैशिष्ट्ये

- 1) रेफ्रिजरंट विषारी (Nonpoisonous) असू नयेत.
 - 2) ते स्फोटक (Nonexplosive) नसावेत.
 - 3) ते ज्वलनशील नसावेत.
 - 4) त्यांची गुप्त उष्णता (Heat Capacity) जास्तीत जास्त असावी.
 - 5) त्याच्यावर शक्यतो बाष्पाचा (Moisture) परिणाम होऊ नये.
 - 6) तो पदार्थ तेल (Refrigerent oil) मध्ये विरघळणारा (Soluble) असावा.
 - 7) त्याचा उत्कलनबिंदू (Boilling point) कमीत कमी असावा.
 - 8) इव्हेपोरेटिंग (Evaporating) व कंडेन्सिंग (Condensing) प्रेशरमध्ये कमीत कमी फरक असावा.
 - 9) उपकरणासाठी वापरणाऱ्या मेटलवर (घातूवर) त्याचा परिणाम होऊ नये.
- वरील सर्व वैशिष्ट्ये असणारा रेफ्रिजरंट सहसा सापडत नाही.
- कूलिंगच्या पद्धतीनुसार व तापमानानुसार रेफ्रिजरेटचे दोन प्रकार पडतात-
- A) प्राथमरी रेफ्रिजरंट (Primary refrigerant).
 - B) सेकंडरी रेफ्रिजरंट (Secondary refrigerant).

1) प्राथमरी रेफ्रिजरंट (प्राथमिक रेफ्रिजरेट):

यामध्ये फ्रीऑन, कार्बन डाय ऑक्साइड, अमोनिया यांसारखे रेफ्रिजरंट येतात. हे रेफ्रिजरंट सिस्टिममध्ये प्रत्यक्ष (direct) वापरले जातात. म्हणजेच सिस्टिममध्ये या रेफ्रिजरंटचा वापर केल्यामुळे त्यांचे circulation करून पदार्थ थंड केला जातो.

2) सेकंडरी रेफ्रिजरंट (दुय्यम रेफ्रिजरंट):

यामध्ये पाणी, सोडियम क्लोराइड वगैरे रेफ्रिजरंट येतात. प्रथम हे रेफ्रिजरंट प्राथमरी रेफ्रिजरंटने थंड केले जातात. थंड झालेल्या रेफ्रिजरंटने पदार्थ थंड केला जातो.

सर्वसाधारणपणे वापरले जाणारे प्राथमरी रेफ्रिजरेट-

- 1) अमोनिया (NH_3)
- 2) फ्रीझॉल ($(\text{CH}_3)_3\text{CH}$)
- 3) फ्रीऑन- 11 (CCl_3F)

- 4) फ्रीऑन- 12 (CCl_2F_2)
- 5) फ्रीऑन- 21 (CHCl_2F)
- 6) फ्रीऑन- 22 (CHClF_2)

1) अमोनिया: ह्या रेफ्रिजरंटचे रासायनिक सूत्र NH_3 आहे. अमोनिया वायूचा वास उग्र असून विषारी आहे. या वायूला R-717 असेही संबोधले जाते. याचा पाण्याशी संयोग होऊन आम्लारी मिश्रण तयार होते. परंतु ऑइलवर काहीही परिणाम होत नाही. किंवा ऑइलमध्ये सोल्यूबल होत नाही. अमोनियाच्या प्लांटमध्ये तांब्याचे पाईप वापरत नाहीत. कारण अमोनियाची तांब्याशी अभिक्रिया होऊन पाइप्स खराब होतात. याऐवजी स्टीलचे पाईप्स वापरले जातात. अमोनिया प्लांटचे लीक (leak detection) शोधण्यासाठी सल्फर कैंडल वापरतात. ही कैंडल जाळून ती पाईपच्या जॉइंटवर किंवा ज्या ठिकाणी लीकची शक्यता असेल अशा ठिकाणी फिरवतात. लीक असल्यास पांढरा धूर निघतो.

अमोनिया रेफ्रिजरंटचा वापर आइस प्लांट, पॅकेजिंग प्लांट, लार्ज कोल्ड स्टोरेज वगैरे ठिकाणी करतात.

2) फ्रीझॉल: याचे केमिकल नाव $(\text{CH}_3)_3\text{CH}$ आहे. यास आयसोब्यूटेनही म्हणतात. हा रंगहीन असून रासायनिकदृष्ट्या स्टेबल आहे. याची पाण्याशी अभिक्रिया (Reaction) होत नाही. धातूवर अभिक्रिया होत नाही. याच्या प्लांटच्या लीक डिटेक्शनसाठी (Leak Detection) सोप सोल्यूशन वापरतात. याचा उपयोग सेंट्रल एअर कंडिशनिंग प्लांट, पॅकेज युनिट वगैरे ठिकाणी केला जातो.

3) फ्रीऑन- 11: ट्रायक्लोरो रोमोनोफ्लो मिथेन म्हणजेच फ्रीऑन- 11 होय. याचा फ्रीझिंग पॉइंट (गोठनांक) - 96°C आहे. फ्रीऑन- 11 मध्ये जरी पाणी मिसळले तरी याचा धातूच्या नळ्यांवर परिणाम होत नाही. याचा वापर डोमेस्टिक (domestic) मशीनमध्ये करतात.

4) फ्रीऑन- 12: डायक्लोरो डायफ्लोरो मिथेन (CCl_2F_2) म्हणजेच F - 12 होय. हा रेफ्रिजरंट डोमेस्टिक युनिटमध्ये सर्रास वापरतात. हा वासहीन, रंगहीन असून अज्वलनशील व अस्फोटक आहे. याचा धातूवर किंवा धातूच्या ट्यूबवर काहीही परिणाम होत नाही. परंतु यामध्ये पाणी मिसळले तर त्याचा धातूवर परिणाम होतो. परंतु ऑइलच्या उपस्थितीमध्ये या रेफ्रिजरंटचा धातूवर परिणाम होत नाही. फ्रीऑन - 12 चा उत्कलन बिंदू (boiling point) - 21.7°F आहे. याचे लीक डिटेक्शन हलाइड टॉर्च (halide torch) ने करतात.

F-12 चा फळे, फुले किंवा इतर वस्तूवर किंवा त्यांचा रंग वासावर काहीही परिणाम होत नाही. हा रेफ्रिजरंट डोमेस्टिक आणि कमर्शियल युनिटमध्ये वापरतात. उदा. रेफ्रिजरेटर, फ्रोजन फूड कॅबिनेट (frozen food cabinet), आइस्क्रीम कॅबिनेट, वॉटर कूलर, रूम एअर कंडिशनिंग मशीन या रेफ्रिजरंटसाठी रेसिप्रोकेटिंग, रोटरी व सेंट्रिफ्युगल (centrifugal) कॉम्प्रेसर वापरता येतो.

5) फ्रीऑन - 21: हा रेफ्रिजरंट ऑइलमध्ये सोल्यूबल आहे. याचा केमिकल फॉर्म्युला CHCl_2F असून त्याचे नाव डायक्लोरो मोनोफ्लोरो मिथेन (Dichloro monoflora methane) आहे. याचा उत्कलन बिंदू 48°F आहे. हा रेफ्रिजरंट अज्वलनशील, अस्फोटक, रंगहीन असून धातूवर परिणाम न करणारा आहे. याचा वापर घरगुती रेफ्रिजरेटर, वॉटर कूलर यांमध्ये केलेला असतो.

6) फ्रीऑन 22: याचे नाव मोनोक्लोरोडायफ्लोरो मिथेन आहे. याचा फॉर्म्युला CHClF_2 असून उत्कलन बिंदू - 41.4°F आहे. हा अस्फोटक, अज्वलनशील असून पाण्यात थोड्या प्रमाणात द्राव्य आहे. म्हणून या रेफ्रिजरंटच्या प्लांटमध्ये ड्रायर (Drier) चा वापर करतात त्यामुळे यातील बाष्प शोषून घेतले जाते.

याचे लीक डिटेक्शन करण्यासाठी हलाइड टॉर्च किंवा सोप सोल्यूशन (साबणाचे पाणी) वापरतात. ज्या ठिकाणी कमी टेंपरेचरची आवश्यकता असते अशा ठिकाणी हा रेफ्रिजरंट वापरतात. उदा. सर्व प्रकारच्या डोमेस्टिक आणि कमर्शियल रेफ्रिजरेशन आणि एअर कंडिशन प्लान्टमध्ये रेसिप्रोकेटिंग कॉम्प्रेसरचा (reciprocating compressor) वापर केला असता R - 22 हा रेफ्रिजरंट वापरतात.

सर्वसाधारण उपयोगात येणाऱ्या काही महत्त्वाच्या रेफ्रिजरंटविषयी महत्त्वाची माहिती.

अ. नं.	रेफ्रिजरंटचे नाव	केमिकल फॉर्म्युला	उत्कलनांक (B.P.)
1	R-11 (ट्रायक्लोरो मोनो फ्लोरो मिथेन)	CCl ₃ F	+ 74.9° F
2	R-12 (डायक्लोरो डायफ्लोरो मिथेन)	CCl ₂ F ₂	-21.6° F
3	R-22 (मोनोक्लोरो डायफ्लोरो- मिथेन)	CHClF ₂	-41.4° F
4	R-717 अमोनिया	NH ₃	-28° F

काही काही वेळा इमर्जन्सी केसमध्ये किंवा ज्या ठिकाणी प्लान्ट (plant) मध्ये वापरलेला रेफ्रिजरंट उपलब्ध नसेल अशा ठिकाणी पुढीलप्रमाणे रेफ्रिजरंट वापरतात -

A) F-12 ऐवजी मिथाइल क्लोराइडचा वापर: अगदी इमर्जन्सी केसमध्ये F 12 ऐवजी मिथाइल क्लोराइड वापरतात. पण शक्य तितक्या लवकर पुन्हा F - 12 वापरावे. Domestic इक्विपमेंटमध्ये कुठल्याही इक्विपमेंटशिवाय रेफ्रिजरंट चार्ज केला तरी चालेल. परंतु त्या मशीनच्या पुली (Pully) मध्ये बदल करावा.

B) इथाइल क्लोराइडऐवजी सल्फर-डाय-ऑक्साइडचा वापर: अशा वेळी रेफ्रिजरंटचा कंट्रोलिंग डिव्हाइस बदलावा लागतो व मोठ्या साईजची मोटर वापरावी.

C) फ्रीऑनऐवजी सल्फर-डाय-ऑक्साइडचा वापर: अशा वेळी मोटरला लहान साईजची पुली वापरावी. एक्सपान्शन (expansion) व्हाल्वचे कार्य चेक करावे. नसल्यास एक्सपा-शन व्हाल्व बदलावा.

D) मिथाइल क्लोराइडऐवजी सल्फर-डाय-ऑक्साइड (SO₂) किंवा SO₂ ऐवजी मिथाइल क्लोराइड: मिथाइल क्लोराइडऐवजी SO₂ वापरला तर कॉम्प्रेसरचा स्पीड वाढला जातो. हा वाढलेला स्पीड गॅसच्या आकारमानाने कंट्रोल (control) केला जातो. याच्या हाय साईडचे प्रेशर कमी असल्याने मोठ्या आकाराची पुली वापरावी लागते. याउलट जर क्वचित प्रसंगी SO₂ ऐवजी मिथाइल क्लोराइड वापरला तर मोटारच्या पुलीची साईज लहान वापरावी लागते. कारण मोटारचा स्पीड वाढतो व हेड प्रेशर वाढते. प्रसंगी एक्सपान्शन व्हाल्व बदलावा लागतो.

E) फ्रीऑनऐवजी SO₂: मोटरला लहान साईजची पुली जोडावी. तसेच रेफ्रिजरंट कंट्रोल चेक करावा.

ज्या सिलिंडरमध्ये रेफ्रिजरंट ठेवले जातात त्यांना रेफ्रिजरंट सिलिंडर म्हणतात. यामध्ये M. S. D आणि C असे चार प्रकार पडतात. सिस्टिम (System) मध्ये direct वापरल्या जाणाऱ्या रेफ्रिजरंटला प्रायमरी रेफ्रिजरंट म्हणतात. प्रथम प्रायमरी रेफ्रिजरंटने सेकंडरी रेफ्रिजरंट कूल केले जातात.

असे कूल्ड (Cooled) झालेले रेफ्रिजरंट Pump किंवा अॅजिटेटर (Agitator) सारख्या मशीनने ज्या ठिकाणी कूलिंगची आवश्यकता असेल अशा ठिकाणी फिरवले जातात. उदा. पाणी, ब्राइन.

कूलिंगच्या आवश्यकतेनुसार सेकंडरी रेफ्रिजरंटचे सिलेक्शन करतात. कमीत कमी टेंपरेचर म्हणजे शून्य अंश सेंटिग्रेडपेक्षा कमी टेंपरेचरची आवश्यकता असेल तेव्हा पाणी हा सेकंडरी रेफ्रिजरंट वापरत नाहीत. त्याऐवजी ब्राइन वापरतात.

कोणतेही लिक्विड (द्रव) रेफ्रिजरेशन पद्धतीने कूल्ड करून त्याचा उपयोग उष्णतेच्या वहनासाठी (Heat Transmission) केला जातो. तेव्हा जो द्रव वापरतात त्याला ब्राइन (Brine) म्हणतात. ब्राइन हे सोडियम क्लोराइड (मीठ) किंवा पोटॅशियम क्लोराइड यांचे पाण्यातील मिश्रण असते. ब्राइनचे विशिष्ट गुरुत्व (Specific Gravity) 1.14 ते 1.17 असते. याचा उपयोग बर्फ तयार करण्यासाठी करतात. बर्फ तयार करण्यासाठी ब्राइनचा वेग 5 ते 8 प्रति मिनिट इतका असतो. मिश्रणला ठराविक गती किंवा Circulate करण्यासाठी प्रॉपेलर (Propeller) किंवा अॅजिटेटर (Agitator) चा उपयोग करतात. याच्या तापमानाची रेंज - 7 ते -12° C यामध्ये ठेवतात. यामुळे कमीत कमी तापमान कमी राखता येते.

ब्राइनचे फायदे

- A) ब्राइनच्या सर्कुलेशन (Circulation) साठी लहान आकाराचे पाईप्स लागतात.
- B) इमारतीच्या वेगवेगळ्या विभागात ज्या प्रमाणात कूलिंगची आवश्यकता असेल त्या प्रमाणात ब्राइनच्या सर्कुलेशन (Circulation) वर कंट्रोल करून टेंपरेचर मिळवता येते.
- C) हाताळण्यास व कंट्रोलिंग करण्यास ब्राइनचे प्लांट सोपे असतात चांगल्या बनसाठी पुढील वैशिष्ट्ये आवश्यक असावीत-

- 1) ब्राइन विषारी असू नये. हाताळण्यास सोईस्कर असावे.
- 2) याची स्पेसिफिक हीट (Specific Heat) शक्यतितक्या अधिक असावी.
- 3) कमीत कमी तापमानाला हे द्रव्य रूपात राहिले पाहिजे.
- 4) रेफ्रिजरंट लीक झाल्यास त्याचा ब्राइनशी (Brine) संबंध आला तर त्यांचे मिश्रण हानिकारक बनू नये.
- 5) गॅस सिलिंडर कितीही कमी तापमानास ते एकजीव राहिले पाहिजे.

गॅस सिलिंडर Gas Cylinder

ज्या ठिकाणी आपल्याला काही प्रमाणात गॅस चार्ज करायचा असेल अशा वेळी वर्कशॉपमधून मोठा सिलिंडर नेणे त्रासाचे होते. मोठ्या सिलिंडरमधून लहान सिलिंडरमध्ये रेफ्रिजरंट भरून घेतला तर गॅस नेणे सोईस्कर होते व आपले काम कमी त्रासाचे होते.

सर्वसाधारणतः 38.5 kg, 31.7 kg, 17.2 kg आणि 4 kg असे रिकाम्या सिलिंडरचे वजन असते. सोयीनुसार आपण सिलिंडर सिलेक्ट करावा. एका सिलिंडरमधून दुसऱ्या सिलिंडरमध्ये गॅस (transfer) करण्यासाठी ठराविक पद्धत वापरतात. ज्यात गॅस भरलेला असतो तो संपला तर ज्यात गॅस भरायचा असतो त्याला (service cylinder) म्हणतात.

सर्व्हिस सिलिंडरला पूर्णपणे रिकामा करण्यासाठी त्याची स्टेम उघडली जाते व नंतर तो vacuum करून घेतला जातो. व्हॅक्युम करत असताना सिलिंडरला बाहेरून थोड्या प्रमाणात उष्णता द्यावी. त्यामुळे सिलिंडरमध्ये असणाऱ्या बाष्पाचे पूर्ण वाफेत रूपांतर होते. व्हॅक्युमिंग झाल्यानंतर सिलिंडरची उष्णता (steam) पूर्ण बंद करावी.

सप्लाय सिलिंडर उंचावर ठेवावा. सप्लाय व सर्व्हिस सिलिंडरर्सना एक कॉपर ट्यूब (tube) किंवा चार्जिंग लाईन जोडावी. ही लाईन सप्लाय सिलिंडरला पूर्णपणे फिट करावी. सर्व्हिस सिलिंडरच्या बाजूने थोडी सैल ठेवून तिचे पर्जिंग (Purging) करावे. नंतर ती फिट (fit) करावी. सर्व्हिस सिलिंडरवर पाणी पडत राहिल किंवा तो पाण्यात पूर्णपणे राहिल किंवा त्याच्याभोवती बर्फ ठेवावा. सप्लाय सिलिंडरची स्टेम उघडून सर्व्हिस सिलिंडरची स्टेम उघडावी. त्यामुळे सप्लाय सिलिंडरमधील गॅस सर्व्हिस सिलिंडरमध्ये ट्रान्सफर होईल. सर्व्हिस सिलिंडरमध्ये ठराविक प्रमाणात गॅस ट्रान्सफर (Transfer) झाल्यानंतर त्याची स्टेम बंद करावी. सप्लाय सिलिंडर बंद करून लाईन काढावी.

सप्लाय सिलिंडरचे एकूण वजन व रेफ्रिजरंट काढून घेतल्यानंतर होणारे वजन यांच्यातील फरक म्हणजेच काढून घेतलेल्या रेफ्रिजरंटचे वजन किंवा गॅस काढून घेतल्यानंतर सर्व्हिस सिलिंडरचे एकूण वजन व रिकाम्या सर्व्हिस सिलिंडरचे वजन यांच्यातील फरक म्हणजेच सर्व्हिस सिलिंडरमधील रेफ्रिजरंटचे वजन. हे नेहमी ग्रॅम किंवा कि. ग्रॅममध्ये मोजतात.

वेगवेगळ्या रेफ्रिजरंटचे वेगवेगळ्या रंगांचे सिलिंडर असतात. त्यामुळे रंगावरून आपल्याला सिलिंडरमधील रेफ्रिजेरंट ओळखता येतो. उदा.

अ. नं.	रेफ्रिजरंटचे नाव	रंग
1	अमोनिया (NH ₃)	फिव्कट निळा
2	सल्फर-डाय-ऑक्साइड (SO ₂)	सिल्व्हर आणि काळा
3	मिथाॅल क्लोराइड	नारिंगी
4	फ्रीऑन-11	नारिंगी
5	फ्रीऑन- 12	सफेद

सुरक्षितता Safety):

कलर कोडप्रमाणेच रेफ्रिजरंट ट्रान्सफर करावा. जर सिलिंडर रेफ्रिजरंटने भरलेला किंवा रिकामा असेल तर तो हाताळताना (Handling) पुढील काळजी (Precaution) घ्यावी-

- 1) भरलेला सिलिंडर जमिनीवर आपटू किंवा टाकू नये. (Avoid mechanical impact)
- 2) शक्यतो उष्णता उद्गमापासून (Heat sources) तो दूर ठेवावा.
- 3) स्टेमवर असणारी कॅप तो वापरल्यानंतर किंवा त्याचे काम झाल्यानंतर परत लावावी.
- 4) एका जातीचा रेफ्रिजरंट त्याच जातीच्या सिलिंडरमध्ये Transfer करावा.
- 5) रेफ्रिजरंटचे मिश्रण (Mixing) करू नये.
- 6) काम करताना व्हॉल्व स्टीम (Open valve stem slowly) हळूहळू उघडावी.

- 7) सिलिंडरच्या क्षमतेनुसार गॅस ट्रान्सफर करावा. अधिक चार्ज करू नये.(Not overload)
- 8) व्हाल्व किंवा सिलिंडरला ठोकू नये.
- 9) रिकामे व भरलेले सिलिंडर वेगवेगळे ठेवावेत. रिकाम्या सिलिंडरला लेबल लावावे.(Use label for filled cylinder)
- 10) सिलिंडरला रेग्युलेटर बसविताना तो प्रमाणाबाहेर घट्ट करू नये.
- 11) रिकाम्या सिलिंडरची स्टेम बंद ठेवावी; त्यात बाष्प किंवा इतर घटक जाणार नाहीत याची काळजी घ्यावी.
- 12) ज्वलनशील किंदा स्फोटक पदार्थापासून सिलिंडर दूर ठेवावा.

सरावासाठी प्रश्न:

1) टीपा लिहा-

- (a) पदार्थाच्या अवस्था
- (b) ऊर्जा
- (c) कार्य
- (d) शक्ती
- (e) वातावरण दाब
- (f) पाण्याचे असंगत आचरण

2) संज्ञा स्पष्ट करा-

- (a) गेज दाब
- (b) निर्वात दाब
- (c) अप्रकट उष्मा
- (d) विशिष्ट उष्णता
- (e) तापमान

3) उष्णतेच्या संक्रमणाच्या विविध पद्धती स्पष्ट करा.

4) बॉइलचा व चार्लसचा नियम सांगा.

5) उष्णता व तापमान यामधील फरक स्पष्ट करा.

6) - 40°F चे °C मध्ये रूपांतर करा.

7) रिकाम्या जागी योग्य शब्द भरा-

- (a) कार्य करण्याच्या दरास..... म्हणतात.
- (b) उष्णतेचे एकक..... आहे.
- (c) कार्य करण्याच्या क्षमतेला म्हणतात.
- (d) रेफ्रिजरेशन सिस्टिमची कार्यक्षमता.....या एककात मोजतात.

8) स्पष्ट करा-

- (अ) टन ऑफ रेफ्रिजरेशन
- (ब) कोफिशियंट ऑफ परफॉर्मन्स
- (क) कॉम्प्रेसरची कार्यक्षमता
- (ड) फ्लॅश गॅस
- (इ) सुपरहीटिंग
- (फ) सबकूलिंग.

9) रेफ्रिजरेशन सिस्टिमसाठी आवश्यक असलेले भाग कोणते ? स्पष्ट करा.

हवा आणि सायक्रोमेट्री

Unit IV AIR AND PSYCHROMETRY

विषय निष्पत्ती (Course outcome):

Use humidification & dehumidification process for Chemical process industries.

घटक निष्पत्ती (Theory learning outcome):

- 4.1 Explain process & instrument air.
- 4.2 Identify the Psychrometry properties for the given system.
- 4.3 Solve numerical using Psychrometric chart.
- 4.4 Explain the Psychrometric process with diagram.
- 4.5 Select the relevant cooling tower for the given system.

प्रास्ताविक (Introduction)

सायक्रोमेट्री हे वायू-वाष्प मिश्रणाच्या भौतिक (Physical) आणि थर्मोडायनामिक (Thermodynamic) गुणधर्मांशी संबंधित अभियांत्रिकीचे क्षेत्र आहे. सायक्रोमेट्रिक्स आणि हायग्रोमेट्री (Hygrometry) हे देखील या क्षेत्रासाठी वापरलेले सामान्य शब्द आहेत. वायू आणि पाण्याची वाफ यांचे मिश्रण म्हणून वायूची व्याख्या केली जाते.

विषय निष्पत्ती (Course Outcome) :

हे कोरड्या-बल्ब तापमान, (Dry Bulb Temperature) ओले-बल्ब तापमान, (Wet Bulb Temperature) सापेक्ष आर्द्रता, एन्थाल्पी, (Enthalpy) विशिष्ट खंड, परिपूर्ण आर्द्रता आणि द्रवबिंदू (Bubble Point) यासारख्या आर्द्र हवेच्या मुख्य गुणधर्मांवर चर्चा करते.

हे ओलसर हवेचा समावेश असलेल्या सामान्य HVAC प्रक्रियांचे स्पष्टीकरण देते, जसे की संवेदनाक्षम कूलिंग/हीटिंग, आर्द्रीकरण आणि निर्जलीकरण.

सिद्धान्तशिक्षण निष्पत्ती (Theory Learning Outcome) :

वातावरणाच्या हवामान परिस्थितीशी संबंधित हवेच्या सायक्रोमेट्रिक (Psychrometric) गुणधर्मांचा अंदाज लावणे आणि अस्मान सायक्रोमीटर हाताळण्यासाठी कौशल्य प्राप्त करणे. सिद्धान्त (Principle) हवेचे तापमान आणि आर्द्रता कामाच्या वातावरणाची हवामान स्थिती निर्धारित करते.

जे विज्ञान ओलसर हवेच्या (Wet Air) थर्मल (Thermal) गुणधर्मांची तपासणी करते, हवेतील आर्द्रतेचे (Humidity) मोजमाप आणि नियंत्रण विचारात घेते आणि सामग्री आणि मानवी आरामावर आर्द्रतेच्या परिणामांचा अभ्यास करते, त्याला सायक्रोमेट्रिक्स (Psychometrics) म्हटले जाऊ शकते.

पाणी प्रक्रिया, वाफे तयार करणे, थंड करणे आणि उष्णता पुनर्प्राप्ती (Regeneration) यासारख्या विविध प्लान्ट ची उपयुक्तता प्रक्रिया उद्योगातील उत्पादन संयंत्रांना सेवा देतात. उत्पादन प्रक्रियेस समर्थन देण्यासाठी, प्लान्ट उपयुक्तता सहजतेने कार्य करणे आवश्यक आहे.

संयंत्र उपयुक्तता माहिती व परिचय (Introduction to plant Utility):

पाणी प्रक्रिया, वाफे तयार करणे, थंड करणे आणि उष्णता पुनर्प्राप्ती यासारख्या विविध प्लान्ट उपयुक्तता प्रक्रिया उद्योगातील उत्पादन संयंत्रांना सेवा देतात. उत्पादन प्रक्रियेस (Production Process) समर्थन देण्यासाठी, प्लान्ट उपयुक्तता सहजतेने कार्य करणे आवश्यक आहे.

युटिलिटीज (Utilizes) हे औद्योगिक प्लांट्सचे जीवनरक्त असतात, जे आवश्यक सेवा आणि ऑपरेशन्स सुरळीत चालू ठेवण्यासाठी आवश्यक समर्थन प्रदान करतात. वीज पुरवठ्यापासून (Electric Distribution) ते कचरा व्यवस्थापनापर्यंत (Waste Management), या तांत्रिक उपयोगिता उत्पादन, कार्यक्षमता (Workability) आणि सुरक्षिततेचा कणा बनवतात, ज्यामुळे उद्योगांची भरभराट आणि नवनिर्मिती होते.

(Process & Plant Utilities) दोघांमधील सामायिक उपयोगितांमध्ये इलेक्ट्रिक पॉवर, हायड्रॉलिक फ्लुइड, स्टीम, पाणी, इंधन, गटार, रेफ्रिजरेशन इ. उपयुक्तता (पाणी, वीज आणि वायू) या अत्यावश्यक सेवा आहेत ज्या आर्थिक आणि सामाजिक विकासात महत्त्वाची भूमिका बजावतात.

संयंत्र उपयुक्तता आणि संयंत्र देखभाल (Plant Utilities and Plant Maintenance):

प्रक्रिया हवा (Process air): प्रक्रिया एअर ॲप्लिकेशन्समध्ये उष्णता उपचार (Heat treating, sterilizing, curing, and forced air), निर्जंतुकीकरण, उपचार आणि सक्तीची हवा यांचा समावेश होतो. काही हीटर्सना पंखे आहेत, काही तेजस्वी शैलीचे आहेत, काही सिरेमिक आहेत, तर इतरांना धोकादायक वर्ग I, विभाग I स्थानांसाठी रेट केले आहे.

प्रक्रिया हवा वापर (Application of Process Air)

हवेचा उपयोग: तापमान नियंत्रण, ज्वलन, ऊर्जा पुरवठादार, प्रकाशसंश्लेषण (Photosynthesis) आणि जलचक्राचा (Water Cycle) आवश्यक भाग. हवा ही खरोखरच सहज उपलब्ध असलेली नैसर्गिक संसाधने (Natural Resources) आहे. हा खरोखरच निसर्गाचा एक आवश्यक घटक आहे जो पृथ्वीवरील जीवन टिकवून ठेवतो. आम्ही हवेत श्वास घेतो. सजीवांच्या श्वासोच्छवासासाठी हवेतील ऑक्सिजन (Oxygen) आवश्यक असतो. हवेतील कार्बन डाय ऑक्साईड (Carbon Dioxide) हिरव्या वनस्पतींना प्रकाशसंश्लेषण (Photosynthesis) प्रक्रियेद्वारे स्वतःचे अन्न तयार करण्यासाठी आवश्यक आहे.

साधन हवा (Instrument Air): इन्स्ट्रुमेंट एअर ही कोरडी (Dry) हवा आहे, ती कमी कणांसाठी देखील फिल्टर केली जाते आणि तेल काढून टाकले जाते...

सामान्य प्लांट हवा घाण असेल, तेल आणि उच्च आर्द्रता (High Humidity) असेल - लक्षात ठेवा वायवीय साधने भरपूर वंगण घालण्यासाठी हवेत धुके स्वरूपात तेल असणे आवश्यक आहे.

उपकरणाच्या गुणवत्तेच्या हवेतून हे तेल तसेच पाणी आणि कण काढून टाकले पाहिजेत

साधन हवा: The main components of an instrument air system consist of इनलेट एअर फिल्टर (Inlet Air Filter) धूळ आणि ढिगाऱ्यांच्या वातावरणातील हवेचे निर्जंतुकीकरण करण्यासाठी इनलेट एअर फिल्टर.

एअर कंप्रेसर (Air Compressor) आवश्यक दाबाने इन्स्ट्रुमेंट हवा तयार करण्यासाठी एअर कंप्रेसर.

कूलर (Cooler) कंप्रेसर डिस्चार्जमधून गरम हवा थंड करण्यासाठी कूलर.

ओलावा विभाजक (Wet Separator) संकुचित हवेतून कोणतेही कंडेन्सेट काढून टाकण्यासाठी आर्द्रता विभाजक.

एअर रिसीव्हर (Air Receiver) एक एअर रिसीव्हर जो संकुचित हवा साठवतो, आण्विक चाळणी एअर ड्रायर्सचा एक संच जो आवश्यक द्रवबिंदूपर्यंत इन्स्ट्रुमेंट हवा (Instrument Air) सुकविण्यासाठी डेसिकेंट म्हणून कार्य करतो.

एअर ड्रायर (Air Dryer) एअर ड्रायर्स सायकलमध्ये चालवले जातात ज्यामध्ये एक ड्रायर चालू असताना, दुसरा ड्रायर प्रेशर स्विंग ऍडॉप्शन (PSA) प्रक्रियेचा वापर करून पाण्याची वाफ काढून पुन्हा निर्माण केला जातो.

Instrument Air (IA) Receiver Design Considerations A key component of the Instrument Air System is the Air Receiving Vessel. The IA Receiver when designed must consider the following factors

1. दाब चढउतार कमी करा (Minimize Pressure Fluctuations)

IA ग्राहकांच्या मागण्या पूर्ण करण्यासाठी आणि आणीबाणीच्या शटडाउन परिस्थितीत, दबाव चढउतार कमी करणे आवश्यक बनते. याचा अर्थ असा आहे की IA वापरणाऱ्या आणि वेळेच्या (मिनिटे) एककांमध्ये मोजल्या जाणाऱ्या प्रक्रियांसाठी स्थिर दराने पुरेसा दाब नेहमीच उपलब्ध असणे आवश्यक आहे.

2. शॉर्ट टर्म एअर डिमांड (Short Term Air Demand)

प्रक्रिया सुविधांमध्ये अनेकदा इन्स्ट्रुमेंट एअर (IA) ची मागणी चढ-उतार होऊ शकते आणि काहीवेळा शिखरावर पोहोचते. उच्च मागणी IA प्रवाह दरांना सामावून घेण्यासाठी संबंधित IA रिसीव्हरमध्ये पुरेशा स्टोरेज व्हॉल्यूमसह एअर कंप्रेसर क्षमतेच्या अंदाजांमध्ये याचा विचार करणे आवश्यक आहे.

3. ऊर्जा बचत (Energy Savings)

इन्स्ट्रुमेंट एअर सिस्टीम्स (Instrument Air System) वारंवार वीज वापरतात आणि एअर कंप्रेसर (Air Compressor) फक्त आणि जेव्हा आवश्यक असेल तेव्हा ऑपरेट (लोडिंग/अनलोडिंग) (Loading & Unloading) करून वीज बचत साध्य करणे अत्यावश्यक बनते.

जेव्हा IA रिसीव्हरमधील दाब (Pressure) थ्रेशोल्डच्या (Threshold) खाली येतो, तेव्हा IA रिसीव्हरमध्ये आवश्यक दाब साध्य करण्यासाठी IA कंप्रेसर लोड (Load) केला जातो. दीर्घ चक्रांसाठी IA रिसीव्हरचे आकारमान (Volume) अंतिम वापरकर्त्यांना IA चा स्थिर प्रवाह प्रदान करताना वीज वापर कमी करण्यास सक्षम करते.

Instrument Air Quality Standards

A commonly used industry standard to set instrument air quality standards is the ANSI/ISA – S7.0.01-1996. As per the described standard,

1. दाब दव बिंदू (Pressure Dew Point)

प्रेशर दव बिंदू (Dew Point) हे तापमान म्हणून परिभाषित केले जाते ज्यावर एका विशिष्ट दाबासाठी इन्स्ट्रुमेंट हवेतून द्रव पाण्यात मुक्त ओलावा घनरूप होतो.

एअर ड्रायर आउटलेटवरील दाब दव बिंदू किमान तापमानापेक्षा किमान 10 °C (18°F) कमी असावा ज्यावर IA प्रणालीचा कोणताही भाग उघडकीस येतो आणि रेषेवर 4°C (39°F) पेक्षा जास्त नसावा दबाव

2. कण आकार (Particle Size)

ग्राहकांना पुरवल्या जाणाऱ्या IA मध्ये पार्टिक्युलेट मॅटर (Particulate Matter) असणे अपेक्षित आहे आणि बहुतेक वायवीय पद्धतीने चालवल्या जाणाऱ्या उपकरणांसाठी, 40µm कणांचा आकार स्वीकार्य आहे.

ज्या प्रकरणांमध्ये, $< 40\mu\text{m}$ कणांचा आकार आवश्यक असेल, तेथे $< 40\mu\text{m}$ आकाराचे पार्टिक्युलेट मॅटर साध्य करण्यासाठी अतिरिक्त एअर फिल्टरेशन मॉड्यूल (Air Filtration Module) स्थापित केले जाऊ शकतात.

3. स्नेहक सामग्री (Particle Size)

ज्या प्रकरणांमध्ये IA प्रणालीमध्ये स्थापित एअर कंप्रेसर ल्युब ऑइलने (Compressor Lube Oil) वंगण घातलेले असते, तेथे नेहमी संकुचित हवेसह तेल वाहून जाण्याचा धोका असतो.

यामुळे वायवीय उपकरणांना धोका निर्माण होतो ज्यांना इन्स्ट्रुमेंट हवा (Instrument Air) मिळते आणि त्यांच्या ऑपरेशनवर परिणाम होतो. म्हणून वंगण सामग्री 0 ppm च्या जवळ असली पाहिजे परंतु 1 ppm w/w पेक्षा जास्त असू शकत नाही.

4. IA सिस्टम स्थान (IA System Location)

दूषित, घातक (Toxic) आणि ज्वालाग्राही (Flamable) वायू इनलेट एअर फिल्टरमध्ये येण्यापासून रोखण्यासाठी इन्स्ट्रुमेंट एअर सिस्टमचे स्थान देखील महत्वाचे आहे.

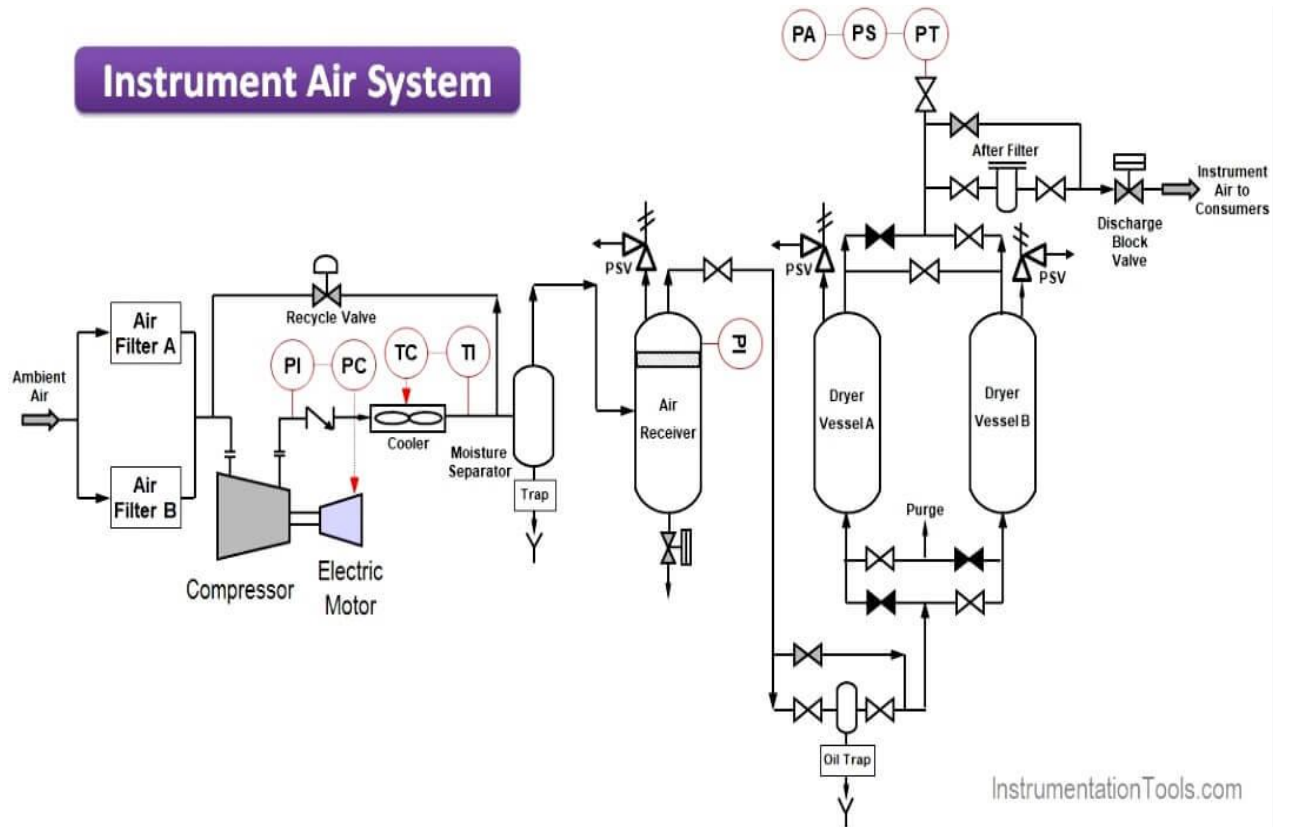


Fig: Instrument Air flow diagram

सायक्रोमेट्री: Psychrometry is the study of the properties of mixtures of air and water vapour. Atmospheric air is a mixture of many gases plus water vapor and a number of pollutants.

सायक्रोमेट्री म्हणजे हवा आणि पाण्याच्या बाष्पाच्या मिश्रणाच्या गुणधर्मांचा अभ्यास. वातावरणातील हवा ही अनेक वायू अधिक जलवापर आणि अनेक प्रदूषकांचे मिश्रण आहे.

झाय बल्ब तापमान: Dry Bulb Temperature

The dry-bulb temperature (DBT) is the temperature of air measured by a thermometer freely exposed to the air, but shielded from radiation.

झाय-बल्ब तापमान (DBT) हे थर्मोमीटरने हवेचे तापमान आहे जे मुक्तपणे हवेच्या संपर्कात आहे, परंतु रेडिएशनपासून संरक्षित आहे.

Wet बल्ब तापमान: Wet Bulb Temperature

The wet-bulb temperature is the temperature read by a thermometer covered in water-soaked cloth over which air is passed. At 100% relative humidity, the wet-bulb temperature is equal to the air temperature; at lower humidity the wet-bulb temperature is lower than dry-bulb temperature because of evaporative cooling.

Wet बल्बचे तापमान म्हणजे पाण्यात भिजवलेल्या कपड्याने झाकलेल्या थर्मोमीटरने वाचलेले तापमान ज्यावरून हवा जाते. 100% सापेक्ष आर्द्रतेवर, wet-बल्ब तापमान हवेच्या तपमानाच्या बरोबरीचे असते; बाष्पीभवन कूलिंगमुळे कमी आर्द्रतेमध्ये ओल्या बल्बचे तापमान कोरड्या बल्बच्या तापमानापेक्षा कमी असते.

दवबिंदू तापमान: Dew Point Temperature

Dew point temperature is defined as the temperature to which the air would have to cool (at constant pressure and constant water vapor content) in order to reach saturation.

Dew points indicate the amount moisture in the air. The higher the dew points, the higher the moisture content of the air at a given temperature.

दवबिंदू तापमान म्हणजे संपृक्ततेपर्यंत पोहोचण्यासाठी हवा ज्या तापमानापर्यंत थंड करावी लागते (स्थिर दाब आणि सतत पाण्याची वाफ सामग्री) अशी व्याख्या केली जाते.

ऑडिआबॅटिक संपृक्तता तापमान: Adiabatic saturation temperature

Adiabatic संपृक्तता तापमान; ज्या तापमानात पाणी हवेचे बाष्पीभवन करून त्यात संतृप्त होईल. - दवबिंदू तापमान (डीपी); ज्या तपमानावर हवा थंड करणे आवश्यक आहे ते त्याच्या कोणत्याही पाण्याची वाफ घनीभूत करण्यासाठी.

आर्द्रता: Humidity

Temperature at which water will saturate air by evaporating adiabatically into it.

ज्या तपमानावर पाणी हवेचे बाष्पीभवन करून त्यात संतृप्त होईल.

विशिष्ट आर्द्रता: Specific Humidity

विशिष्ट आर्द्रता, ओलसर हवेच्या एकक वस्तुमानात पाण्याच्या बाष्पाचे वस्तुमान, सामान्यतः प्रति किलोग्रॅम हवेच्या वाफेचे ग्रॅम म्हणून किंवा, वातानुकुलीत, प्रति पौंड धान्य म्हणून व्यक्त केले जाते. विशिष्ट आर्द्रता हे हवामानशास्त्रातील अत्यंत उपयुक्त प्रमाण आहे. उदाहरणार्थ, कोणत्याही पृष्ठभागावरून पाण्याच्या बाष्पीभवनाचा दर हा पृष्ठभाग आणि लगतच्या हवेतील विशिष्ट आर्द्रतेच्या फरकाच्या थेट प्रमाणात असतो.

विशिष्ट खंड: Specific Volume

एका किलोग्रॅम पदार्थाने व्यापलेल्या क्यूबिक मीटरची (Cubic Meter) संख्या म्हणून विशिष्ट खंड परिभाषित केला जातो. हे सामग्रीच्या घनतेचे त्याच्या वस्तुमानाचे गुणोत्तर आहे, जे त्याच्या घनतेच्या परस्परसंबंधासारखे आहे. दुसऱ्या शब्दांत, विशिष्ट खंड घनतेच्या व्यस्त प्रमाणात आहे.

पदार्थाच्या कोणत्याही अवस्थेसाठी विशिष्ट आकारमान मोजले किंवा मोजले जाऊ शकते, परंतु ते बहुतेक वेळा वायूंचा समावेश असलेल्या गणनेमध्ये वापरले जाते.

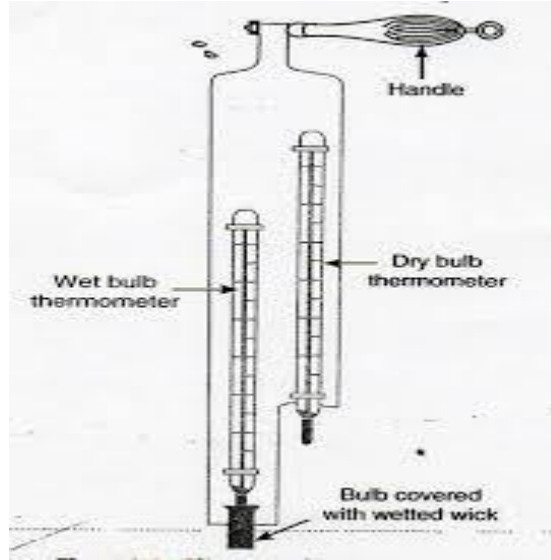
विशिष्ट व्हॉल्यूमसाठी मानक एकक घनमीटर प्रति किलोग्राम (m^3/kg) आहे, जरी ते मिलीलीटर प्रति ग्रॅम (mL/g) किंवा क्यूबिक फूट प्रति पौंड (ft^3/lb) नुसार व्यक्त केले जाऊ शकते.

सापेक्ष आर्द्रता: Relative Humidity

हवेतील पाण्याच्या वाफेचे प्रमाण समान तापमानात संपृक्ततेसाठी आवश्यक असलेल्या रकमेच्या टक्केवारी म्हणून व्यक्त केले जाते.

स्लिंग सायक्रोमीटर Sling Psychrometer

जेम्स हटनने शोधून काढलेल्या स्लिंग सायक्रोमीटरचा (Sling Psychrometer) वापर हवेतील पाण्याची वाफ किंवा आर्द्रता (Humidity) मोजण्यासाठी केला जातो. स्लिंग सायक्रोमीटरमध्ये दोन थर्मामीटर (Thermometer) असतात.

**Principle of Psychrometer :**

सायक्रोमीटर (Psychrometer) हे हवेतील आर्द्रता मोजण्याचे उपकरण आहे. कोरड्या थर्मामीटरचा बल्ब (Dry Temperature Bulb) आणि बाष्पीभवनामुळे (Vaporization) थोडा ओलावा गमावलेला ओला थर्मामीटर बल्ब यांच्यातील तापमानाचा फरक मोजून असे करतो.

Construction:

स्लिंग सायक्रोमीटरचा वापर हवा आणि ओले बल्ब तापमान मोजण्यासाठी सापेक्ष आर्द्रता आणि दवबिंदू (Dew Point) तापमान निर्धारित करण्यासाठी केला जातो. स्लिंग सायक्रोमीटर हे पोर्टेबल, प्लॅस्टिक, स्वयंपूर्ण, हाताने पकडलेले सायक्रोमीटर आहे ज्यामध्ये दोन बल्ब थर्मामीटर, एक कापसाची वात आणि स्वयंचलित वात ओले करण्यासाठी पाण्याचा साठा आहे.

Working:

वात ओली झाल्यावर हँडल धरा आणि सायक्रोमीटर हवेत फिरवा. व्हरलिंग ओले आणि कोरडे दोन्ही बल्बभोवती वायु प्रवाह निर्माण करते. या क्रियेमुळे संतृप्त वातीमधील पाण्याचे बाष्पीभवन होऊ शकते, ज्यामुळे ओले-बल्ब थर्मामीटरचे तापमान कमी होते. कोरड्या बल्बचे तापमान अपरिवर्तित राहील.

Psychrometric Chart (सायक्रोमेट्रिक चार्ट):

सायक्रोमेट्रिक चार्ट ओलसर हवेचे भौतिक (Physical) आणि थर्मल (Thermal Properties) ग्राफिकल स्वरूपात सादर करतो. सायक्रोमेट्रिक चार्ट समजून घेतल्याने तुम्हाला पर्यावरण नियंत्रण (Environmental Control) संकल्पनांची कल्पना करण्यात मदत होऊ शकते, जसे की गरम झालेली हवा अधिक आर्द्रता का ठेवू शकते किंवा याउलट, ओलसर हवा थंड होण्यास कशी संक्षेपण होईल. हा लेख सायक्रोमेट्रिक चार्टमध्ये ओलसर हवेची वैशिष्ट्ये कशी वापरली जातात हे स्पष्ट करतो. ठराविक तक्त्याचा वापर आणि व्याख्या स्पष्ट करण्यासाठी तीन उदाहरणे वापरली जातात. खालील चर्चेदरम्यान तुमच्या संदर्भासाठी ओलसर हवेचे गुणधर्म खालील व्याख्या विभागात स्पष्ट केले आहेत.

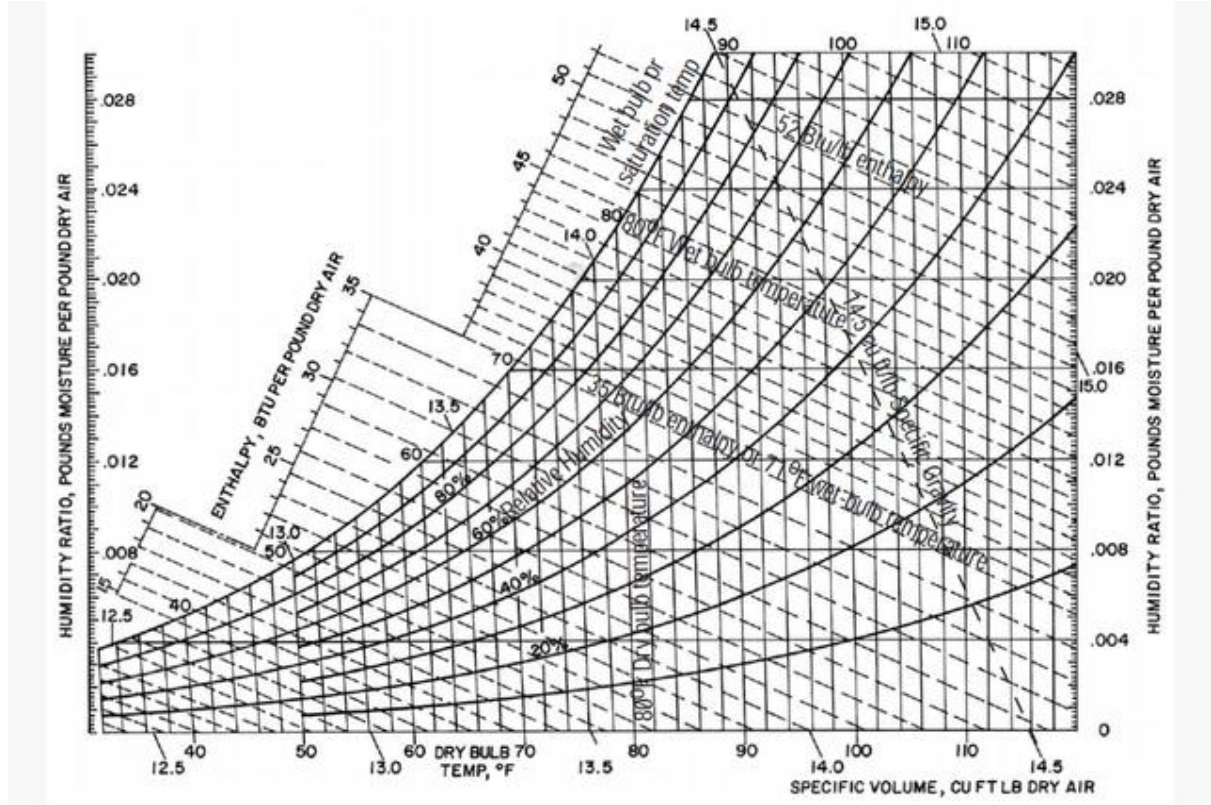


Fig. 1: Psychrometric charts

सायक्रोमेट्रिक चार्ट विविध दाब (Pressure) आणि तापमान (Temperature) श्रेणींमध्ये उपलब्ध आहेत. आकृती 1, मानक वायुमंडलीय दाब (14.7 psi) आणि 30° ते 120°F तापमानासाठी आहे, जे बहुतेक हरितगृह (greenhouse) किंवा पशुधन गृहनिर्माण अनुप्रयोगांसाठी पुरेसे आहे. सायक्रोमेट्रिक गुणधर्म डेटा टेबल, समीकरणे आणि स्लाइड शासक म्हणून देखील उपलब्ध आहेत.

सायक्रोमेट्रिक चार्ट विचित्र-आकाराच्या आलेखामध्ये बरीच माहिती पॅक करतो.

घटकांचा तुकडा तुकडा विचार केला तर तक्त्याची उपयुक्तता अधिक स्पष्ट होईल. सायक्रोमेट्रिक चार्टच्या सीमा म्हणजे क्षैतिज अक्षावरील कोरड्या-बल्ब तापमान स्केल, उभ्या अक्षावरील आर्द्रता प्रमाण (ओलावा सामग्री) स्केल आणि वरची वक्र सीमा जी संतृप्त हवा किंवा 100-टक्के आर्द्रता धारण क्षमता दर्शवते.

आकृती 2 मध्ये रेखाटल्याप्रमाणे चार्ट इतर महत्वाचे आर्द्र हवेचे गुणधर्म दर्शवितो: ओले-बल्ब तापमान; एन्थॅल्पी (Enthalpy); द्रवबिंदू (Dry Bulb) किंवा संपृक्तता तापमान; सापेक्ष आर्द्रता; आणि विशिष्ट वॉल्यूम.

या अटींच्या स्पष्टीकरणासाठी व्याख्या विभाग पहा. यापैकी कोणत्याही दोन गुणधर्मांचे छेदनबिंदू शोधून ओलसर हवेचे वर्णन केले जाऊ शकते. याला "स्टेट पॉइंट" म्हणतात. राज्य बिंदू पासून इतर सर्व गुणधर्म वाचले जाऊ शकतात. मुख्य म्हणजे कोणते व्याज ठरवणे.

उदाहरणांसह काही सराव मदत करतील. आकृती 1 मधील सायक्रोमेट्रिक चार्टसह आकृती 2 आणि 3 वापरा, तुम्हाला प्रत्येक हवाई गुणधर्म सापडतील की नाही हे सत्यापित करा.

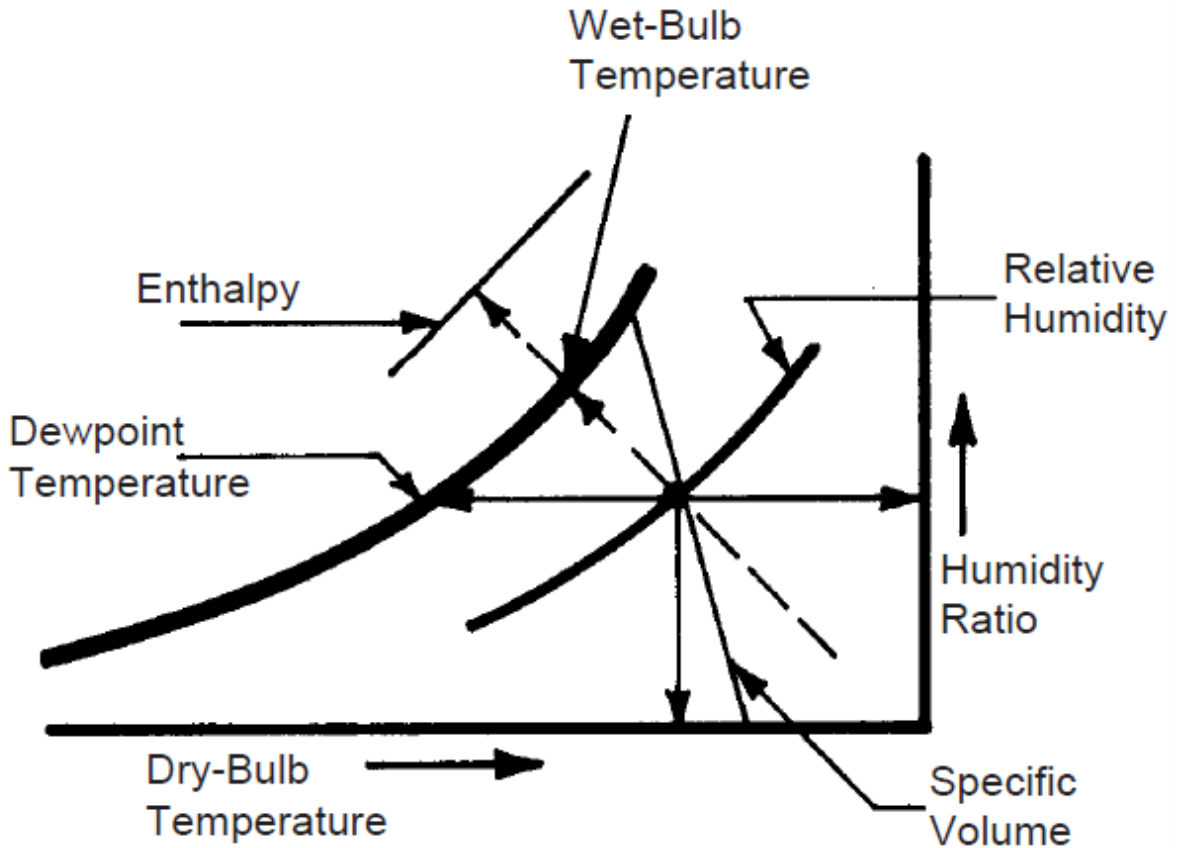


Fig.2: Properties of moist air on a psychrometric chart.

Fig.2: सायक्रोमेट्रिक चार्टवर आर्द्र हवेचे (Humid air) गुणधर्म (properties) . वेट-बल्ब तापमान (Wet Bulb Temperature) आणि एन्थॅल्पी (Enthalpy) समान चार्ट लाइन वापरतात परंतु मूल्ये वेगळ्या स्केलमधून वाचली जातात.

सायक्रोमेट्रिक चार्टचा आकार आणि वापर समजून घेणे आपल्याला हवेचे तापमान आणि आर्द्रता समस्यांचे निदान करण्यात मदत करेल.

लक्षात ठेवा की थंड हवा (तक्ताच्या खालच्या, डावीकडे स्थित) उबदार हवेइतकी आर्द्रता (y-अक्षाच्या आर्द्रतेच्या गुणोत्तरावर) ठेवणार नाही (तक्ताच्या उजव्या बाजूला स्थित). हिवाळ्यातील सामान्य ग्रीनहाऊस (Green house) किंवा प्राण्यांच्या इमारतींसाठी अंगठ्याचा नियम असा आहे की हवेच्या तापमानात 10°F वाढ झाल्यास सापेक्ष आर्द्रता 20 टक्के कमी होऊ शकते.

सायक्रोमेट्रिक तक्त्याचा वापर दर्शविलेला की हे अंदाजे सत्य आहे. उदाहरणार्थ, हिवाळ्यातील ग्रीनहाऊसमध्ये गंभीर कालावधीत सापेक्ष आर्द्रता कमी करण्यासाठी, आम्ही हवा गरम करू शकतो.

Humidification:

आर्द्रीकरण (Humidification) ही एक प्रक्रिया आहे ज्यामध्ये तापमानात फरक न करता पाण्याची वाफ हवेमध्ये जोडली जाते. विज्ञानाच्या दृष्टीने हा महत्त्वाचा विषय आहे. आर्द्रीकरण प्रक्रिया सुरू होण्यासाठी मुख्यतः उष्णतेचा स्रोत (Heat Source) आवश्यक आहे.

डिह्युमिडिफिकेशन (Dehumidification) म्हणजे हवेतून पाणी काढून टाकणे. डिह्युमिडिफिकेशन उपकरणे सभोवतालची हवा घेतील आणि ती बंदिस्तात संपण्यापूर्वी त्यावर "उपचार" करतील. हवेमध्ये उष्णतेचा समावेश केल्याने केवळ सापेक्ष आर्द्रता कमी होईल - ते हवेतील पाणी काढून टाकणार नाही.

Solve numerical using psychrometric chart

Example 4.1: The following data pertain to an air-conditioning system:

Unconditioned space DBT = 30°C

Unconditioned space WBT = 22°C

Cold air duct supply surface temperature = 14°C

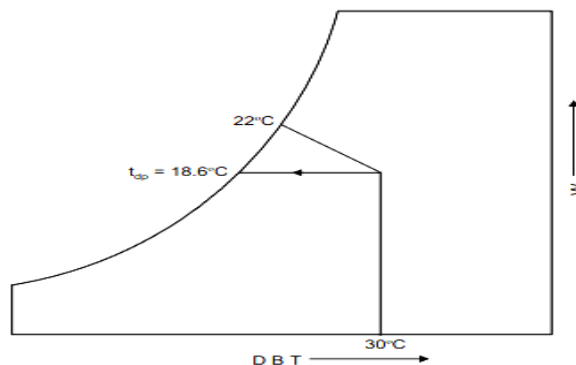
Determine: (i) Dew point temperature.

(ii) Whether or not condensation will form on the duct.

Solution : Use psychrometric chart

(i) To determine the dew point temperature for the given conditions, find the intersection of 30°C DBT and 22°C WBT and move horizontally (as shown by the arrow) to the dew point temperature scale. The dew point (t) is 18.6°C .

(ii) Since the duct temperature (14°C) is less than t, (18.6°C), therefore, moisture will condense on the duct surface.



Example 4.2: It is required to design an air-conditioning system for an industrial process for following hot and wet summer conditions:

Outdoor conditions = 32°C DBT and 65% R.H.

Required air inlet conditions = 25°C DBT and 60% R.H.

Amount of free air circulated = 250 m³/min.

Coil dew temperature = 13°C.

The required condition is achieved by first cooling and dehumidifying and then by heating, calculate the following:

(i) The cooling capacity of the cooling coil and its by-pass factor.

(ii) Heating capacity of the heating coil in kW and the surface temperature of the heating coil if the by-pass factor is 0.3.

(iii) The mass of water vapour removed per hour.

Solve this problem with the use of psychrometric chart.

Example 4.3:

It is required to design an air-conditioning plant for a small office room for following winter conditions :

Outdoor conditions = 14°C DBT and 10°C WBT

Required conditions = 20°C DBT and 60% R.H.

Amount of air circulation = 0.30 m³/min./person.

Seating capacity of office = 60.

The required condition is achieved first by heating and then by adiabatic humidifying.

Determine the following :

(i) Heating capacity of the coil in kW and the surface temperature required if the by-pass factor of coil is 0.4.

(ii) The capacity of the humidifier.

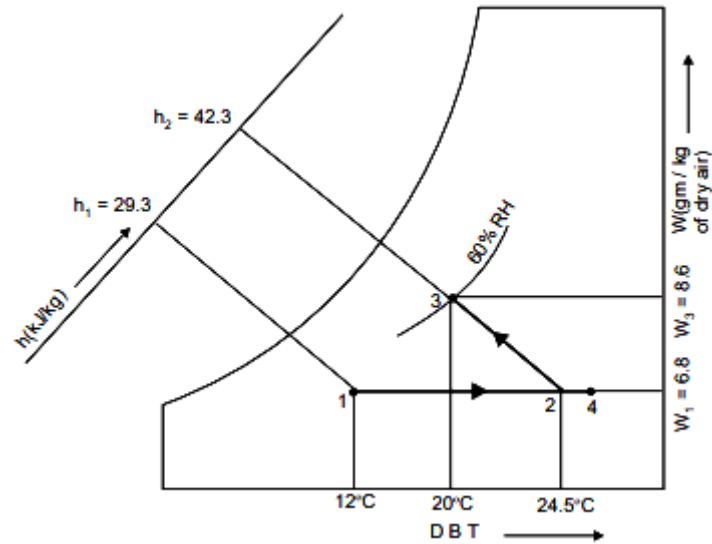
Solve the problem by using psychrometric chart.

Solution:

Locate the points '1' and '3' on the psychrometric chart.

Draw a constant enthalpy line through '3' and constant specific humidity line through '1'.

Locate the point '2' where the above two lines intersect.



From the psychrometric chart :

$$h_1 = 29.3 \text{ kJ/kg}, h_2 = h_3 = 42.3 \text{ kJ/kg}$$

$$t_{db2} = 24.5^\circ\text{C}, v_{s1} = 0.817 \text{ m}^3/\text{kg}$$

The mass of air circulated per minute,

$$m_a = 0.30 \times 60 \frac{0.817}{0.30 \times 60} = 22.03 \text{ kg/min}$$

Heating capacity of the heating coil

$$= m_a(h_2 - h_1) = 22.03 (42.3 - 29.3) = 286.4 \text{ kJ/min.}$$

$$= 4.77 \text{ kJ/s or } 4.77 \text{ kW.}$$

The by-pass factor (BF) of heating coil is given by :

$$BF = \frac{t_{db4} - t_{db2}}{t_{db4} - t_{db1}}$$

$$0.4 = \frac{t_{db4} - 24.5}{t_{db4} - 12}$$

$$\therefore 0.4 (t_{db4} - 12)$$

$$= t_{db4} - 24.5$$

$$t_{db4} \text{ (coil surface temperature)} = 32.8^\circ\text{C.}$$

(ii) The capacity of the humidifier

$$\begin{aligned}
 &= \frac{m_a (W_3 - W_1)}{1000} \times 60 \text{ kg/h} \\
 &= \frac{22.03 (8.6 - 6.8)}{1000} \times 60 \\
 &= \mathbf{2.379 \text{ kg/h.}}
 \end{aligned}$$

(सायकोमेट्रीक प्रक्रिया: आर्द्रीकरण आणि नीरार्द्रीकरण)

Psychrometric Process: Humidification and dehumidification

Mixing of Air Streams (वायु प्रवाहांचे मिश्रण)

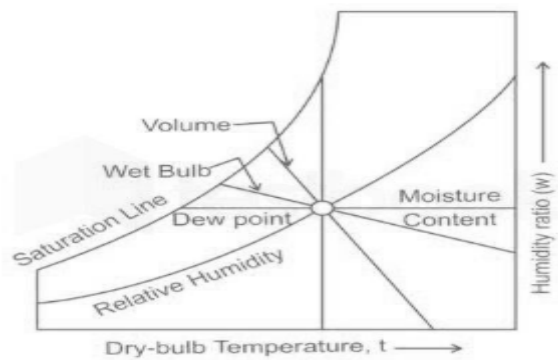
Sensible Heating (सेन्सिबल हीटिंग)

Sensible cooling (सेन्सिबल कूलिंग)

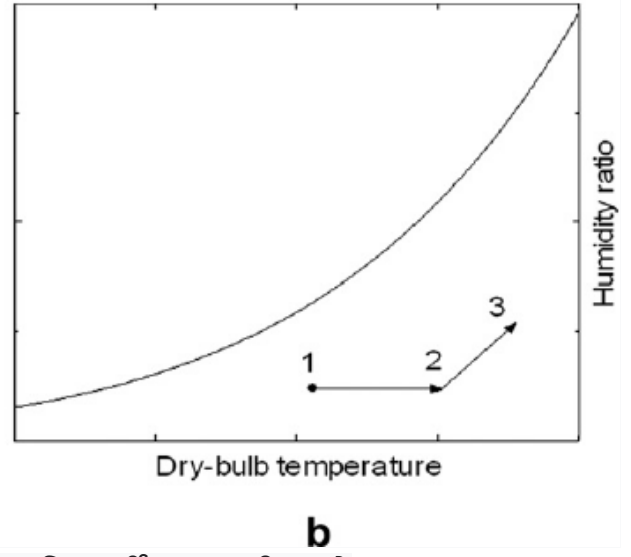
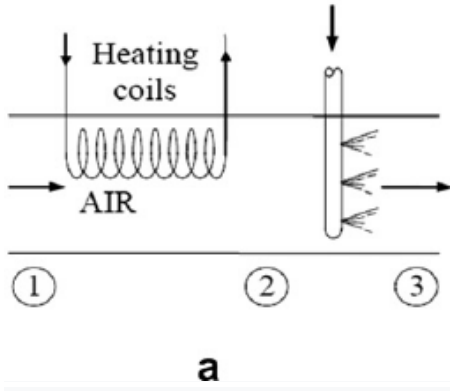
Cooling & Humidification (कूलिंग आणि आर्द्रीकरण)

Cooling & De-humidification (कूलिंग आणि डी-आर्द्रीकरण)

: सायक्रोमेट्रिक चार्टवर, शीतकरण आणि निर्जलीकरण प्रक्रिया सरळ कोनीय रेषा म्हणून दर्शविली आहे. DB तापमानाचे मूल्य रेषेसाठी प्रारंभ बिंदू म्हणून वापरले जाते, जे नंतर खाली आणि डावीकडे चालू राहते.



हीटिंग आणि आर्द्रीकरण (Heating & Humidification): गरम आणि आर्द्रीकरण प्रक्रियेमध्ये "सापेक्ष आर्द्रता" च्या संदर्भात कोरडे बल्ब आणि दवबिंदू तापमान वाढवणे समाविष्ट आहे. हे "सायक्रोमेट्रिक चार्ट" वर कोनीय रेषेद्वारे चित्रित केले आहे.



Heating & De-humidification गरम करणे आणि आर्द्रीकरण कमी करणे

Cooling Tower:

Principle, Construction and Working of induced draft and forced draft

कुलिंग टॉवर

: तत्त्व, कुलिंग टॉवर बंधने आणि कुलिंग टॉवर कसे काम करते , कुलिंग टॉवर चे प्रकार

कुलीन टॉवर हे उष्णता काढून टाकण्याचे साधन आहे ,जे प्रक्रिया कचरा (Effluent waste water) उष्णता वातावरणात स्थांतरित करण्यासाठी पाण्याचा वापर करतात .त्याचप्रमाणे उद्योगीक कुलिंग टावर युनिट द्वारे पुनःपरीसंचरण (Recirculation)केलेल्या पाण्याच्या लहान भागाचे बाष्पीभवन करून पाण्यातील उष्णता काढून टाकण्याच्या तत्त्वावरकार्य करते .

वातानुकूलन उपकरणे (Air Conditioning Equipment) आणि औद्योगिक प्रक्रिया टन (Industrial Treatment Plant) गरम पाण्याच्या स्वरूपात उष्णता निर्माण करू शकतात , ज्याला थंड करणे आवश्यक आहे तिथे औद्योगिक कुलिंग (Industrial Cooling Tower) टावर काम करते .

जास्त गरम झालेले पाणी कुलिंग टावर च्या साह्याने थंड केले जाते. कुलिंग टावर मध्य परीसंचरण(Recirculation) आणि थंड व कोरडी हवा यांच्या मदतीने पाणी थंड केले जाते .आणि परत उपयोगात आणले जाते.

औद्योगिक कूलिंग टॉवर्स (Industrial cooling towers)

औद्योगिक कूलिंग टॉवरचा वापर यंत्रसामग्री किंवा गरम प्रक्रिया (Hot Process) सामग्रीसारख्या विविध स्रोतांमधून उष्णता काढून टाकण्यासाठी केला जाऊ शकतो.

मोठ्या, औद्योगिक कूलिंग टॉवर्सचा प्राथमिक वापर म्हणजे विद्युत प्रकल्प (Electric Project) , पेट्रोलियम रिफायनरीज (Petroleum Refineries) , पेट्रोकेमिकल प्लांट (Petrochemical Plants), नैसर्गिक वायू प्रक्रिया संयंत्र (Natural Gas Process Unit), अन्न प्रक्रिया संयंत्र (Food Processing Unit), अर्ध-वाहक संयंत्र आणि इतर औद्योगिकांसाठी वापरल्या जाणाऱ्या फिरत्या थंड पाण्याच्या प्रणालीमध्ये शोषलेली उष्णता काढून टाकणे.

Cooling Tower Parts and Functions:

कधीकधी ओले डेक किंवा पृष्ठभाग म्हणून संबोधले जाते, यामुळे कूलिंग टॉवरच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ वाढते जेणेकरून इष्टतम संपर्क पृष्ठभाग आणि हवा आणि पाणी यांच्यातील संपर्क वेळ मिळू शकेल, तसेच हवेच्या प्रवाहास किमान प्रतिबंध प्रदान करेल.

Distribution System

वितरण प्रणाली हवा ते पाण्याच्या प्रवाहानुसार कूलिंग टॉवरच्या प्रकारावर अवलंबून असते. क्रॉस-फ्लो कूलिंग टॉवर्स गुरुत्वाकर्षण-प्रवाह वितरण प्रणाली वापरतात जिथे पाणी भरावाच्या वरच्या उंचीवर वितरीत केले जाते. काउंटर-फ्लो कूलिंग टॉवर्ससाठी, प्रेशराइज्ड वॉटर स्प्रे सिस्टमचा वापर केला जातो.

Drift Eliminators

ड्रिफ्ट एलिमिनेटर हवेच्या प्रवाहाच्या मार्गात अचानक बदल घडवून पाण्याचे थेंब बाहेर पडण्यास प्रतिबंध करतात. हवेचा प्रवाह जात असताना, पाण्याचे मोठे थेंब ड्रिफ्ट एलिमिनेटरच्या भिंतीवर परिणाम करतात, ज्यामुळे पाणी पुन्हा कूलिंग टॉवरमध्ये येते.

Louvers

एअर इनटेक लूवर्स हे कूलिंग टॉवरचे एक भाग आहेत जे वॉटर स्लॅश-आउट, आवाज आणि मोडतोडसाठी ब्लॉक म्हणून काम करतात. ते क्रॉस-फ्लो कूलिंग टॉवर्सचे एक सामान्य भाग आहेत, आणि ते थंड पाण्याच्या बेसिनच्या वर, पॅनेलच्या तळाशी जेथे भराव पॅक केले जाते आणि टॉवरभोवती पूर्णपणे ठेवलेले असतात.

Casing

केसिंगचे कार्य गृहनिर्माण प्रदान करणे आणि टॉवर फ्रेमवर भार प्रसारित करणे आहे. हे कूलिंग टॉवरमध्ये पाणी ठेवण्यासाठी देखील कार्य करते.

Valves

कूलिंग टॉवरच्या आत पाण्याची पातळी नियंत्रित करण्यासाठी व्हॉल्व्ह आवश्यक आहेत. कूलिंग टॉवर्समध्ये वापरलेले व्हॉल्व्ह म्हणजे आयसोलेशन व्हॉल्व्ह, फ्लो-कंट्रोल व्हॉल्व्ह आणि मेक-अप रेग्युलेटर व्हॉल्व्ह.

- आयसोलेशन व्हॉल्व्हचा वापर मल्टिपल-राइजर टॉवरमधून प्रवाहाचे नियमन करण्यासाठी किंवा स्टँड-बाय किंवा देखभालसाठी कूलिंग टॉवर सेल अलग करण्यासाठी केला जातो.
- फ्लो-कंट्रोल व्हॉल्व्हचा वापर मल्टिपल-सेल कूलिंग टॉवरच्या पेशींवर वेगवेगळ्या वितरण बेसिन किंवा पाण्याच्या पातळीतून प्रवाह समान करण्यासाठी केला जातो.
- मेक-अप रेग्युलेटर व्हॉल्व्हचा वापर आपोआप कूलिंग टॉवरमध्ये पाणी जोडण्यासाठी केला जातो कारण त्यातील काही बाष्पीभवन, वाहून जाणे आणि खाली उडणे यामुळे नष्ट होते.

Collection Basin

कलेक्शन बेसिन कूलिंग टॉवरच्या तळाशी आहे. बेसिनचा प्राथमिक उद्देश म्हणजे पडणारे पाणी गोळा करणे जे बाष्पीभवन झाले नाही किंवा वाहून गेले नाही. सहसा, बेसिन कूलिंग टॉवरचा पाया म्हणून देखील काम करते. या ठिकाणी फिरणाऱ्या पाण्यावर रासायनिक उपचार जोडले जातात.

Distribution Basin

हे एक खोल पॅन किंवा लहान बेसिन आहे ज्यामध्ये छिद्र किंवा नोजल भरावच्या वर स्थित आहेत. हा क्रॉस-फ्लो कूलिंग टॉवरच्या वितरण प्रणालीचा एक भाग आहे जिथे गुरुत्वाकर्षण गरम पाण्याचे संपूर्ण भरण सामग्रीवर समान रीतीने वितरण करण्यासाठी कार्य करते.

Tower Structural Frame

टॉवर फ्रेम संपूर्ण कूलिंग टॉवरला सपोर्ट करते आणि सर्व भार फाउंडेशनवर पाठवते. फ्रेमसाठी वापरलेली सामान्य सामग्री काँक्रीट आणि लाकूड आहेत. फायबरग्लास आणि स्टेनलेस स्टीलचा वापर अनेकदा केला जातो

Types of cooling tower:

1.Natural draft cooling tower:

नैसर्गिक मसुदा कूलिंग टॉवरने उंच चिमणीच्या माध्यमातून उलाढाल वापरली. बाहेरील कोरड्या, थंड हवेच्या तुलनेत उबदार, आर्द्र हवा सामान्यतः भिन्न घनतेमुळे वाढते. उबदार, दमट हवा अतिशय दाबाने कोरड्या हवेपेक्षा जाडीमध्ये कमी असते. आणि ही ओलसर हवेची लवचिकता टॉवरमध्ये हवेचा वरचा प्रवाह प्रदान करते.

2.Induced draft cooling tower:

हे स्वयंचलित ड्राफ्ट टॉवर आहेत ज्यामध्ये डिसमिसल स्पॉट (शीर्षस्थानी) पंख्यासह टॉवरमध्ये हवा जाते. पंखा डिमोबिलायझेशनसाठी उबदार ओलसर हवा बाहेर आणतो.

3.Forced draft cooling tower:

इनपुटवर ब्लोअर व्हायटी फॅनसह हा एक स्वयंचलित मसुदा टॉवर आहे. पंखा हवेला टॉवरमध्ये बळजबरीने प्रवेश करतो आणि हवेचा वेग कमी करतो. एक्झिटिंग रॅपिडिटीची निम्न पातळी रीक्रिक्युलेशनसाठी अत्यंत ग्रहणक्षम आहे.

Cooling Tower Approach:

The cooling tower approach can be defined as the difference between the Cold Water Temperature (Cooling Tower Outlet) and ambient Wet Bulb Temperature.

Approach = Cold Water Temperature (Tc) – Wet Bulb Temperature (Twb)

Cooling Tower Range:

Cooling tower range can be defined as the difference between the Hot Water Temperature (Cooling Tower Inlet) Temperature and Cold water (Cooling Tower Outlet) temperature.

Range = Hot Water Temperature (Th) – Cold Water Temperature (Tc)

% Efficiency of cooling tower:

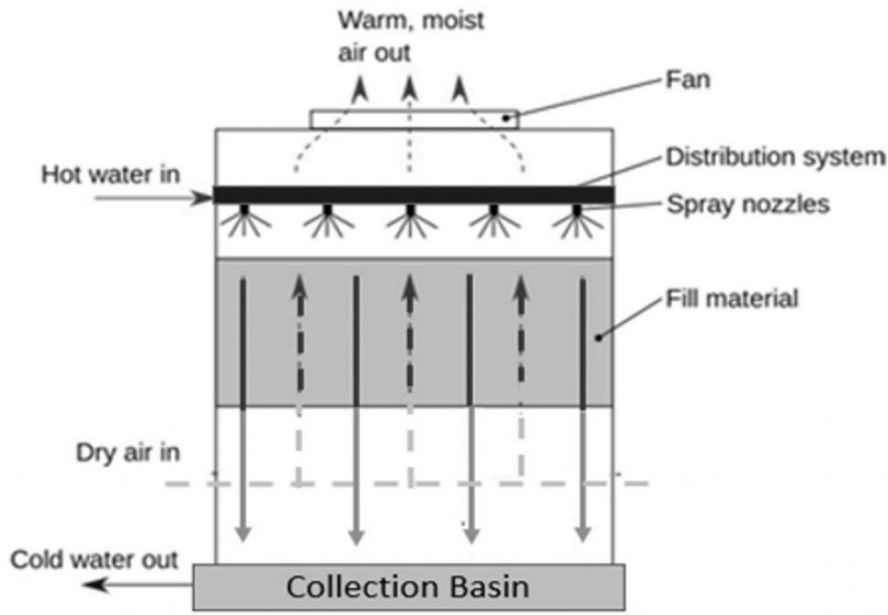
It involves the Range and approach of the cooling Tower. Cooling tower efficiency is limited by the ambient wet bulb temperature. Ideally, cold water temperature will be equal to the wet-bulb temperature which is practically impossible to achieve. Hence, cooling tower efficiency will be in between 70 to 75%.

$$= \frac{\text{Range}}{\text{Range} + \text{Approach}} \times 100$$

वायु प्रवाह निर्मिती पद्धती (Air flow generation methods)

टॉवरमधून हवा काढण्याच्या संदर्भात, तीन प्रकारचे कुलिंग टॉवर आहेत:

(Natural draft) उंच चिमणीच्या (Heighted Chimney) माध्यमातून उत्साहाचा वापर करतो. थंड हवेच्या तुलनेत घनतेच्या फरकामुळे उबदार, ओलसर हवा नैसर्गिकरित्या वाढते. उबदार आर्द्र हवा समान दाबाने कोरड्या हवेपेक्षा कमी दाट असते. या ओलसर हवेमुळे टॉवरमधून हवेचा वरचा प्रवाह निर्माण होतो.



नॅचरल ड्राफ्ट कूलिंग टॉवर: या प्रकारच्या कूलिंग टॉवरमध्ये पंखा हवा फिरवण्यासाठी वापरला जात नाही, परंतु येथे, गरम झालेली हवा चिमणीमध्ये बंद करून आणि गरम झालेली हवा आणि आसपासच्या हवेत दाबाचा फरक निर्माण करेल.

या दाबाच्या फरकामुळे हवा कूलिंग टॉवरमध्ये प्रवेश करते. यासाठी मोठ्या हायपरबोलिक टॉवरची आवश्यकता आहे.

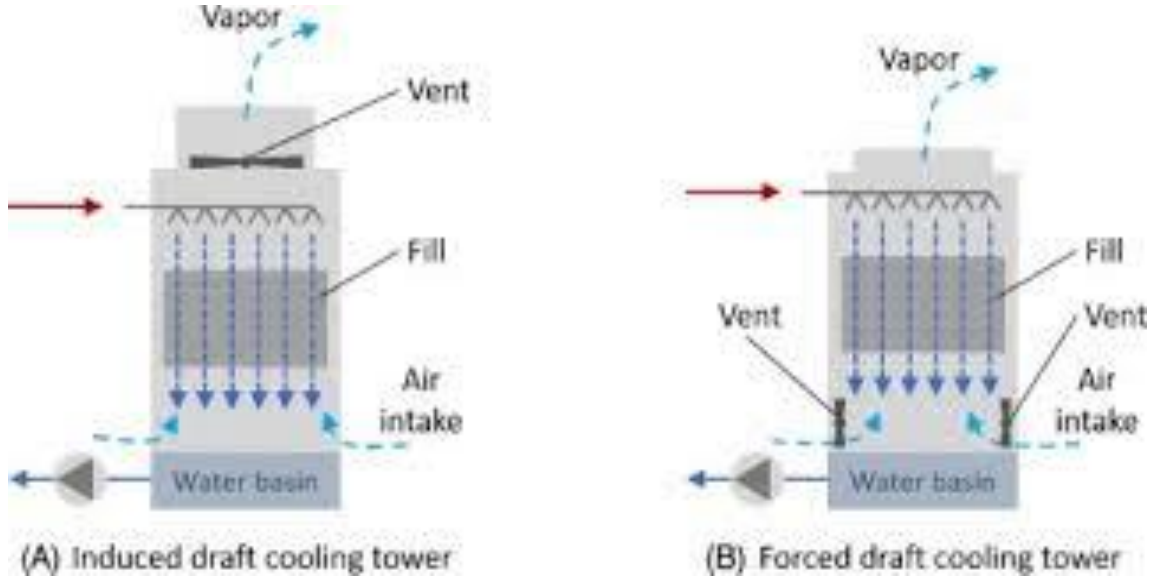
त्यामुळे भांडवली खर्च जास्त आहे परंतु विद्युत पंखा नसल्यामुळे ऑपरेटिंग खर्च कमी आहे. नैसर्गिक मसुदा कुलिंग टॉवरचे दोन प्रकार आहेत, आयताकृती इमारती लाकूड टॉवर आणि प्रबलित काँक्रीट हायपरबोलिक टॉवर.

(Mechanical draft)

मेकॅनिकल किंवा फोर्सड ड्राफ्ट कूलिंग टॉवर (Forced Draft Cooling Tower): या प्रकारच्या कुलिंग टॉवरमध्ये हवा फिरवण्यासाठी पंख्याचा वापर केला जातो. जेव्हा पॉवर प्लांट पीक लोडवर चालतो तेव्हा त्याला थंड पाण्याचा खूप जास्त दर लागतो.

पंखा फिरवण्यासाठी, ते सुमारे 1000 rpm वेगाने मोटर वापरते. कामाचे तत्त्व नैसर्गिक मसुदा कुलिंग टॉवर सारखेच आहे, फरक एवढाच आहे की येथे पंखा कुलिंग टॉवरवर बसविला जातो.

जर टॉवरच्या वरच्या बाजूला पंखा बसवला असेल तर त्याला प्रेरित मसुदा कुलिंग टॉवर असे म्हणतात जो खूप मोठ्या क्षमतेच्या स्थापनेसाठी सर्वात लोकप्रिय आहे आणि मोठ्या क्षमतेच्या पंखांची आवश्यकता आहे. तर, फोर्स ड्राफ्ट कूलिंग टॉवरमध्ये फॅनसाठी क्षैतिज शाफ्ट असतो आणि तो टॉवरच्या तळाशी ठेवला जातो आणि प्रेरित मसुदा कुलिंग टॉवरमध्ये उभ्या शाफ्टचा समावेश असतो आणि तो कूलिंग टॉवरच्या शीर्षस्थानी ठेवला जातो.



यांत्रिक मसुदा (**Mechanical draft** टॉवरमधून हवा बळजबरीने किंवा काढण्यासाठी पॉवर-चालित फॅन मोटर्स वापरतो.

Induced draft — डिस्चार्जवर (शीर्षस्थानी) पंखा असलेला यांत्रिक मसुदा टॉवर जो टॉवरमधून हवा वर खेचतो. पंखा गरम ओलसर हवा स्त्राव बाहेर आणतो . यामुळे हवेचा प्रवेश कमी आणि बाहेर पडण्याचा उच्च वेग निर्माण होतो, ज्यामुळे रीक्रिक्युलेशनची शक्यता कमी होते ज्यामध्ये डिस्चार्ज केलेली हवा पुन्हा हवेत वाहते. या पंखा/फिन व्यवस्थेला ड्रॉ-थ्रू असेही म्हणतात .

फोर्स ड्राफ्ट (**Forced Draft**) — सेवन करताना ब्लोअर प्रकारचा पंखा असलेला यांत्रिक मसुदा टॉवर. पंखा टॉवरमध्ये हवेला बळजबरी करतो , ज्यामुळे हवेचा उच्च प्रवेश आणि कमी बाहेर पडण्याचा वेग निर्माण होतो. कमी बाहेर पडणारा वेग रीक्रिक्युलेशनसाठी जास्त संवेदनाक्षम असतो. हवेच्या सेवनावर पंख्यासह, पंखा अतिशीत स्थितीमुळे गुंतागुंत होण्याची अधिक शक्यता असते. आणखी एक तोटा असा आहे की सक्तीच्या ड्राफ्ट डिझाइनसाठी सामान्यतः समतुल्य प्रेरित मसुदा डिझाइनपेक्षा जास्त मोटर अश्वशक्ती आवश्यक असते.

सक्तीच्या ड्राफ्ट डिझाइनचा फायदा म्हणजे उच्च स्थिर दाबाने काम करण्याची क्षमता . अशा सेटअप अधिक-मर्यादित जागांमध्ये आणि काही घरातील परिस्थितींमध्ये देखील स्थापित केले जाऊ शकतात. या पंखा/फिन भूमितीला ब्लो-थ्रू असेही म्हणतात .

फॅन असिस्टेड नॅचरल ड्राफ्ट (**Fan assisted Natural draft**)— एक संकरित प्रकार जो नैसर्गिक ड्राफ्ट सेटअपसारखा दिसतो, जरी हवेच्या प्रवाहाला पंख्याद्वारे मदत केली जाते

प्लांट मेंटेनन्स (उद्योग देखभाल)

Unit V PLANT MAINTENANCE

विषय निष्पत्ती (Course outcome):

Apply relevant maintenance procedures for given Chemical process plant equipment

घटक निष्पत्ती (Theory learning outcome):

5.1 State objectives of plant maintenance.

5.2 Enlist types of maintenance.

5.3 State duties & responsibilities of plant maintenance department.

देखभाल (Maintenance):

देखभाल (Maintenance) ही इंडस्ट्रीमधील मशीन (Machine) आणि उपकरणे (Instruments)चांगल्या कामाच्या स्थितीत ठेवण्याची प्रक्रिया आहे ज्यामुळे मशीनची कार्यक्षमता (Workability) टिकून राहते आणि त्याचे आयुष्य वाढते.

एखादी गोष्ट योग्य स्थितीत ठेवणे, त्याची काळजी घेणे किंवा देखभाल करणे यात समाविष्ट आहे – एखादी गोष्ट तुटणे/ खराब होणे हे टाळण्यासाठी पावले उचलणे आणि त्यांचे कार्य सुस्थितीत ठेवणे, ही संकल्पना मेंटेनन्स म्हणून ओळखली जाते.

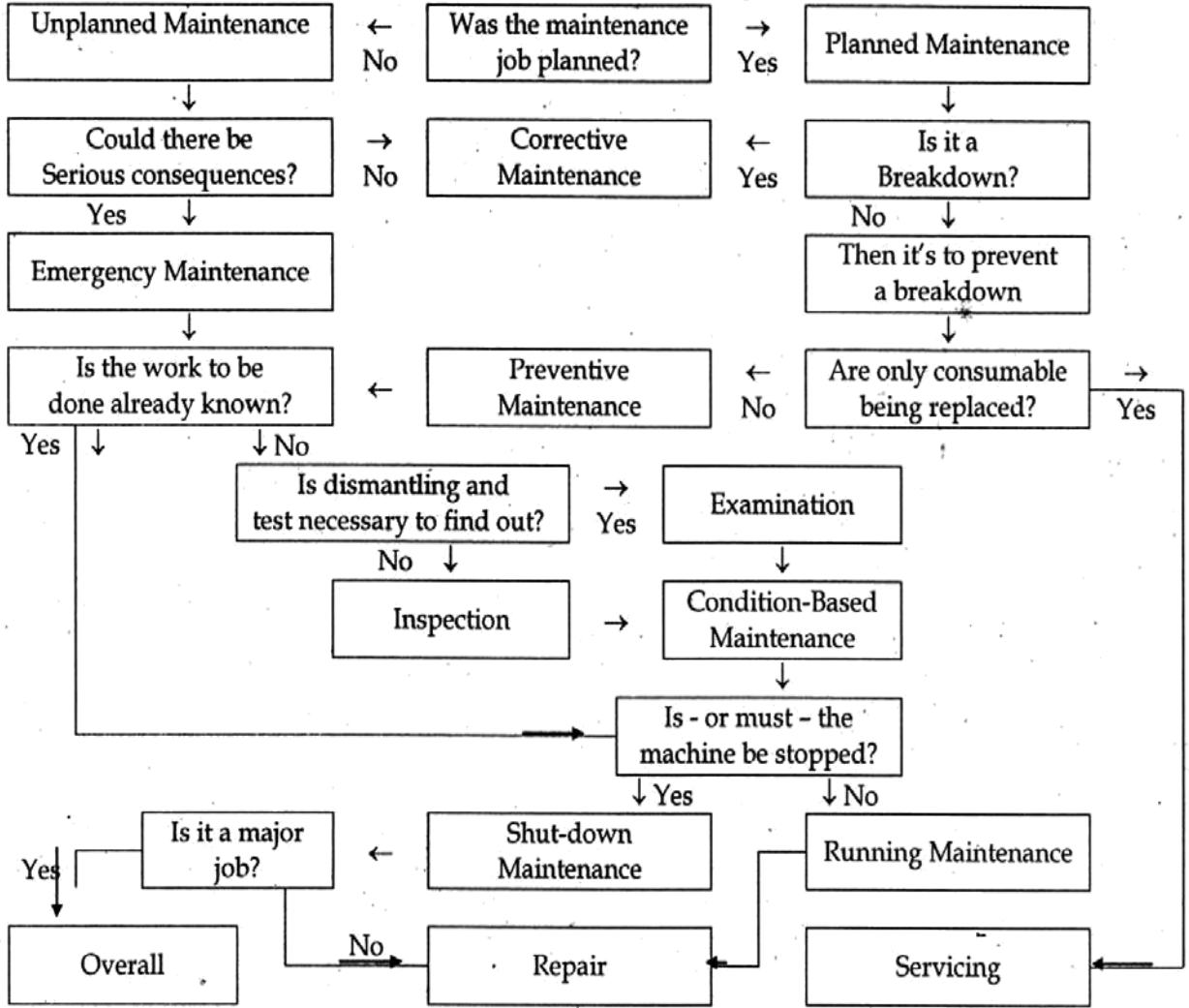
देखभाल ही एक विशिष्ट मशीन किंवा मालमत्ता त्याच्या सामान्य ऑपरेटिंग परिस्थितीत ठेवण्याची नियमित आणि आवर्ती प्रक्रिया आहे. जेणेकरून ते कोणतेही नुकसान किंवा नुकसान न होता अपेक्षित कामगिरी किंवा सेवा देऊ शकेल. किंवा

देखभाल (Maintenance) याची अशी व्याख्या केली आहे की,

- एखादी वस्तू टिकवून ठेवण्यासाठी किंवा सेवायोग्य स्थितीत पुनर्संचयित करण्यासाठी आवश्यक असलेल्या सर्व क्रियांमध्ये सर्व्हिसिंग (Servicing), बदल (Change), दुरुस्ती, तपासणी आणि स्थिती पडताळणी यांचा समावेश आहे.
- सिस्टमची उपलब्धता वाढवणे.
- सिस्टमची उपकरणे कायम कार्यरत ठेवणे.

प्लांट मेंटेनन्स (Plant maintenance):

प्लांट मेंटेनन्सची व्याख्या अशी केली आहे की, इंडस्ट्रीमध्ये उत्पादन थांबणे (Stop Production), अडथळा येणे आणि तोटा टाळण्यासाठी यंत्रसामग्री (Avoid loss due to machine), साधने, उपकरणे आणि इतर उपकरणे कायम चांगल्या ऑपरेटिंग/ सुस्थितीत (Good Condition) ठेवणे यालाच प्लांट मेंटेनन्स (Plant maintenance) म्हणतात.



डिझाईन स्टेजच्या सुरुवातीस देखभालीचा विचार केला पाहिजे. सुरुवातीला चांगल्या अभियांत्रिकीमुळे (Good Engineering) देखभाल समस्या बऱ्याच प्रमाणात कमी होऊ शकतात. उपकरणांचे ते भाग ज्यांना वारंवार लक्ष देण्याची गरज असते त्यांची कार्यक्षमता चांगली असावी आणि ते काढणे किंवा बदलणे सोपे असावे. इंडस्ट्रीमध्ये लिफ्टिंग गियर, जॅक किंवा मोठे टॉर्क रेंच यासारख्या उपकरणांसाठी किंवा विशेष देखभाल उपकरणांसाठी पुरेशी जागा असणे आवश्यक आहे. सादर केलेल्या नियोजित देखभाल प्रणालीमध्ये प्लांट मेंटेनन्स चार्ट (Plant Maintenance Chart) तयार करणे आवश्यक आहे.

कोणत्याही नियोजित देखभाल/स्थिती निरीक्षण प्रणालीमध्ये ब्रेकडाउन (Breakdown) देखभाल दुरुस्ती आणि विश्लेषण प्रणाली समाविष्ट असावी. देखभाल कालावधीत बदल करून किंवा इतर ऑपरेशन्स जोडून किंवा वजा करून अशा योजनांमध्ये नंतर सुधारणा करण्यास सक्षम करते तसेच खराब डिझाइन केलेले किंवा बांधलेले प्लांट ओळखण्यात आणि बदली वस्तूंसाठी चांगले तपशील तयार करण्यास देखील मदत करेल.

तिसरे सुरक्षेचे उद्दिष्ट म्हणजे ऑपरेटरना योग्य कार्यपद्धतीचे प्रशिक्षण देणे (Educate operator properly). पंप, टँक, इलेक्ट्रिकल सिस्टीम (Electrical System) आणि इन्स्ट्रुमेंटेशन (Instrumentation) यासह सर्व स्थापित प्लांट ही ऑपरेशन विभागाची जबाबदारी आहे, ऑपरेटिंग प्रक्रियेमध्ये सुरक्षा नियम समाविष्ट करणे आवश्यक आहे जे उपकरणांमध्ये अनधिकृत प्रवेश प्रतिबंधित करते.

देखरेखीमध्ये नियोजित शटडाउन (Shut down) किंवा सर्व दुर्गम (सामान्य कामकाजादरम्यान) भाग पाहण्यासाठी देखभाल दुरुस्ती साठी काम थांबवणे समाविष्ट आहे. अशी नियतकालिक आणि आगाऊ शटडाउन ही प्रतिबंधात्मक देखभाल (Preventive maintenance) आहे. अशा निश्चित वेळापत्रकाऐवजी, "स्थिती आधारित" (condition based) देखभाल देखील स्थिती निरीक्षण करणे शक्य आहे. ब्रिटिश स्टँडर्ड BS 3811 मध्ये वापरल्या जाणाऱ्या विविध प्रकारची देखभाल आणि शब्दावली खाली दिलेल्या आकृती मध्ये स्पष्ट केली आहे.

Decisions on Maintenance

कोणत्याही देखभाल प्रणालीचा मुख्य हेतू अपयशी परिस्थिती (Failure Situations) ओळखणे आणि संभाव्य अपयश (Failure) थांबविण्यासाठी वेळेवर दुरुस्ती, बदली आणि सर्व्हिसिंगद्वारे (Servicing) आहे. यामुळे नुकसान झालेले प्लांट, यंत्रसामग्री, उपकरणे, साहित्य आणि दुरुस्तीचा वेळ आणि अपघातातील व्यक्ती, मालमत्ता आणि पर्यावरण यांच्या पुढील खर्चाची नक्कीच बचत होते. त्यामुळे देखभाल खर्चाचा योग्य विचार आणि अर्थसंकल्पीय तरतूद असणे आवश्यक आहे.

देखभाल क्रियाकलापांमध्ये (Maintenance activities) समाविष्ट बाबी -

1. रनिंग मेंटेनन्स (Running Maintenance) - उत्पादनात चालू असताना थोडासा व्यत्यय आणून दुरुस्तीची कामे करणे.
2. सर्व्हिसिंग (Servicing)- लुब्रिकेशन (Lubrication) आणि ओव्हरहॉलिंगचे कामे करणे
3. उत्पादन सहाय्य (Production Help) - मशीन सेटिंग्ज समायोजित करणे.
4. ब्रेकडाउन, (Breakdown) सुधारात्मक किंवा आपत्कालीन देखभाल (Breakdown, Preventative)- तुटलेल्या भागांची अनियोजित दुरुस्ती करणे.
5. स्थिती-आधारित देखभाल - असुरक्षित स्थिती (Unsafe Condition) लक्षात घेऊन नियोजित चाचणी आणि दुरुस्ती करणे.
6. शटडाउन किंवा प्रतिबंधात्मक देखभाल (Shutdown)s- नियोजित (Planned) किंवा नियतकालिक चाचणी (periodical testing) आणि सर्व्हिसिंगसह दुरुस्ती करणे.

मेंटेनन्स ॲक्टिव्हिटीमध्ये (Maintenance Activity) पाईपलाईन रिकामी करणे, साफ (Cleaning) करणे, पाईपलाईन फोडणे, दुरुस्ती, पाडणे, वेल्डिंग(Welding), हॉट टॅपिंग (Hot Tapping), भाग काढून टाकणे, दुरुस्ती आणि रिफिटिंग (Maintenance & Refitting) अशा प्रकारचे असू शकतात.

विश्वासाहता अभियांत्रिकी (Reliability engineering) मधील माहिती प्रतिबंधात्मक देखभालीची (Preventive maintenance) योजना करण्यासाठी खूप उपयुक्त आहे.

अपघात किंवा धोकादायक स्थिती, प्लांट डाउनटाइम किंवा थेट दुरुस्तीचा खर्च होऊ शकतो अशा अपयशांची ओळख आणि पात्रता उपयुक्त आहे.

उपकरणांच्या मुख्य अपयशी पद्धती म्हणजे लवकर अपयश (Early failure), सतत अपयश (Constant failure), यादृच्छिक अपयश (Random failure) आणि थकवा अपयश (Wearout Failure).

लवकर अपयशस्वी (Early Failure) होण्याच्या कारणांमध्ये

- (1) चुकीची रचना (Wrong Structure), तपशील, निवड (Selection) आणि बांधकाम (Construction) किंवा उत्पादनातील दोष (Production Fault).
- (2) चुकीचे दोष शोधणे, दुरुस्तीची पद्धत, बदली भाग, रिफिटिंग आणि खराब कामाची परिस्थिती आणि
- (3) स्टार्ट-अप (Start Up) यांत्रिक (Mechanical) किंवा तापमान तणाव यांचा समावेश होतो. मूळ रचना, तपशील, साहित्य आणि तंत्रानुसार दुरुस्ती, पुनर्संरचना (Restructure) किंवा बदली (Change) करणे आवश्यक आहे. नियमित तपासणीमुळे देखभाल कमी होऊ शकते. आजकाल ऑन-लाइन चाचणी, देखरेख आणि तपासणी तंत्रे ब्रेकडाउन मंटेनन्स (Breakdown Maintenance) कमी करतात.

देखभालीच्या तयारीच्या पायऱ्या म्हणजे

- (1) प्लांट किंवा भाग ओळखणे (Identify Parts)
- (2) त्याचे भाग वेगळे करणे आणि (Separate Parts)
- (3) इतर तयारीचे उपाय जसे की वेंटिंग, कूलिंग, डिप्रेसरायझिंग (Depressurizing), प्रजिंग (Purging) आणि साफसफाई (Cleaning) करणे.

वर्क परमिट सिस्टम (Work Permit System), परमिट सिस्टमचे ऑडिट (Permit System Audit), टॅग आणि लॉकआउट्स (Tag & Lockouts), पॉवर किंवा कंटेंट आयसोलेशन याद्वारे देखभाल सुरक्षित आणि पद्धतशीर केली जाऊ शकते. देखभालीचे काम करताना योग्य साधने, लिफ्टिंग मशीन (Lifting Machine) आणि उपकरणे आणि वैयक्तिक संरक्षणात्मक (Physical Safety) उपकरणे वापरली पाहिजेत.

प्लांट मंटेनन्सची उद्दिष्टे (Objectives of Plant Maintenance):

प्लांट मंटेनन्सची उद्दिष्टे खालील प्रमाणे आहे –

1. कमीत कमी ब्रेकडाउन (To achieve less breakdown) साध्य करण्यासाठी आणि कमीत कमी खर्चात प्लांटला चांगल्या स्थितीत ठेवणे.
2. उद्योगातील उत्पादन थांबल्यामुळे होणारा तोटा कमी (Reduce loss) करणे.
3. कमीत कमी खर्चात प्लांटला चांगल्या स्थितीत (Plant in Good Condition) ठेवणे.
4. मशीन्स आणि इतर सुविधा अशा स्थितीत ठेवल्या पाहिजेत ज्यामुळे त्यांना कोणत्याही व्यत्ययाशिवाय त्यांच्या इष्टतम (optimal) क्षमतेनुसार वापरता येईल.
5. कारखान्याच्या देखभाल विभागामुळे कारखान्याच्या इतर विभागांना त्यांच्या कार्याच्या कामगिरीसाठी आवश्यक असलेल्या मशीन्स, इमारती आणि सेवांची उपलब्धता सुनिश्चित होते.
6. समायोजित आणि सर्व्हिस (Service) केलेल्या उपकरणाद्वारे उत्पादनाची गुणवत्ता आणि ग्राहकांचे समाधान प्राप्त करणे.
7. उपकरणांचे उपयुक्त ठेवणे आणि सुरक्षिततेचे धोके टाळणे.
8. व्यत्ययांची तीव्रता (Disturbance Frequency) वारंवारता कमी करणे.

प्लांट मेंटेनन्सचे महत्त्व (Importance of Plant Maintenance):

आधुनिक उद्योगात, उपकरणे (Instrument) आणि यंत्रसामग्री (Machine) हा एकूण उत्पादक प्रक्रीयेचा (Production Process) एक अतिशय महत्त्वाचा भाग आहे. विशेष उद्देश आणि अत्याधुनिक मशीन्सच्या विकासांमुळे, उपकरणे आणि यंत्रसामग्रीमुळे खूप जास्त पैसा मिळतो.

त्यामुळे त्यांचा निष्क्रिय किंवा डाउनटाइम अधिक महाग होतो. या कारणास्तव, प्लांट यंत्रांची (Plant Machinery) योग्य देखभाल करणे अत्यंत महत्वाचे आहे.

प्लांट मेंटेनन्स या शब्दामध्ये प्लांटच्या सुविधा आणि उपकरणांच्या आर्थिक संरक्षणाशी संबंधित सर्व कामांचा समावेश होतो, ते त्यांचे डिझाइन (Design) केलेले कार्य पूर्ण करण्यासाठी समाधानकारक पातळीवर कारखान्याच्या देखभाल विभागामुळे कारखान्याच्या इतर विभागांना त्यांच्या कार्यासाठी आवश्यक असलेल्या मशीन्स, इमारती आणि सेवांची उपलब्धता सुनिश्चित होते.

प्लांट मेंटेनन्स विभागाची कार्ये आणि जबाबदाऱ्या

(Functions and Responsibilities of Plant Maintenance Department):

प्लांट मेंटेनन्स विभागाची कार्ये व कर्तव्ये खालील प्रमाणे आहेत –

- 1) तपासणी (Inspection)
- 2) अभियांत्रिकी (Engineering)
- 3) देखभाल (Maintenance)
- 4) दुरुस्ती (Repair)
- 5) ओव्हरहाल (Overhaul)
- 6) बांधकाम (Construction)

1) तपासणी (Inspection):

1) इंडस्ट्रीमधील सुविधांची (Facilities) तपासणी करून त्यांची स्थिती तपासणे आणि आवश्यक दुरुस्तीची तपासणी करणे.

2) इंडस्ट्रीमधील उपकरणे (Instrument) आणि यंत्रसामग्रीचे (Machine) सुरक्षित आणि कार्यक्षम ऑपरेशन सुनिश्चित करण्यासाठी तपासणी करणे.

2) अभियांत्रिकी (Engineering):

1) अभियांत्रिकीमध्ये इंडस्ट्रीमधील (Engineering Industry) उपकरणे आणि यंत्रसामग्री यामधील बिघाड कमी करण्यासाठी विद्यमान यंत्रसामग्री आणि उपकरणांमध्ये बदल आणि सुधारणा करणे यांचा समावेश होतो.

2) उत्पादन पर्यवेक्षक (Production Supervisor) यांना अभियांत्रिकी सल्ला देणे.

3) देखभाल (Maintenance):

(i) इंडस्ट्रीमधील विद्यमान (Existing) यंत्रसामग्री आणि उपकरणांची देखभाल करणे.

(ii) अभियांत्रिकी आणि नियोजित देखभालीची अंमलबजावणी करणे.

4) दुरुस्ती (Repair):

(i) प्रतिबंधात्मक देखभाल (preventive maintenance) दरम्यान आढळलेल्या असमाधानकारक परिस्थिती दूर करण्यासाठी सुधारात्मक दुरुस्ती (corrective repair) करणे.

5) ओव्हरहॉल (Overhaul):

1) ओव्हरहॉल म्हणजे उपकरणे (Instrument), यंत्रसामग्री (Machine) इत्यादीसारख्या प्लांट सुविधांचे नियोजित (planned), शेड्यूल (scheduled), पुनर्स्थित (reconditioning) व देखभाल (Maintenance) करणे.

2) ओव्हरहॉलमध्ये बदली (Replacement), पुनर्संचयित (Reconditioning) करणे, पुन्हा एकत्र करणे (Reassembly) इ. कामे येतात.

6) बांधकाम (Construction):

1) काही इंडस्ट्रीमध्ये, प्लांट मंटेनन्स विभाग हा उपकरणे आणि कर्मचारी पुरवण्याचेही काम करतो आणि ते कर्मचारी बांधकाम करण्याचे कामही करतात.

7) साल्वेज (Salvage):

i) इंडस्ट्रीमध्ये, प्लांट मंटेनन्स विभाग हा भंगार (scrap) किंवा अतिरिक्त साहित्याची (surplus materials) व्यवस्था देखील हाताळू शकतो.

8) कारकुनी काम (Clerical work):

1) इंडस्ट्रीमध्ये, प्लांट मंटेनन्स विभाग हा खालील बाबींचे रेकॉर्ड ठेवतो -

a) खर्चाचे (Expenditure),

b) इमारत आणि उत्पादन (Building & Production) उपकरणांच्या महत्वाच्या नोंदी ठेवतो.

प्लांट मंटेनन्स विभागाचे प्रकार (Types of Maintenance):

1. सुधारात्मक किंवा खंडित देखभाल (Corrective or breakdown maintenance):
2. शेड्यूल देखभाल (Scheduled maintenance):
3. प्रतिबंधात्मक देखभाल (Preventive maintenance):
4. भविष्यसूचक देखभाल (Predictive maintenance):

1. सुधारात्मक किंवा खंडित देखभाल (Corrective or breakdown maintenance):

जेव्हा मशीनमध्ये बिघाड (Machine Fault) झाल्यामुळे काम थांबते. या अर्थाने, देखभाल दुरुस्तीचे (Repair) काम बनते. कालबाह्य (Old) झालेल्या उपकरणांची दुरुस्ती केली जाते. उदाहरणार्थ - कन्व्हेयर बेल्ट (Conveyor Belt) फाटल्यास (Tear) किंवा शाफ्ट (Shaft) तुटल्यास इलेक्ट्रिक मोटर (Electric Motors) सुरू होणार नाही. या प्रकरणात, देखभाल विभाग (Maintenance Department) अडचण तपासतो आणि आवश्यक दुरुस्ती (Repair) करतो.

देखभालीच्या पद्धतीचा अर्थ असा होतो की उपकरणे व्यवस्थित नसल्यानंतर दुरुस्ती केली जाते आणि ते त्याचे सामान्य कार्य (General Work) यापुढे करू शकत नाही. अशा परिस्थितीत, उत्पादन विभाग देखभाल विभागाला असे दोष (Problem) सुधारण्यासाठी कॉल करतो. देखभाल करणारे लोक अडचण तपासतात आणि आवश्यक दुरुस्ती करतात. बिघाड दुरुस्त केल्यानंतर, देखभाल करणारे लोक (Maintenance Team) पुन्हा उपकरणात बिघाड किंवा बिघाड होईपर्यंत उपस्थित राहत नाहीत.

सुधारात्मक किंवा खंडित देखभालची कारणे (Causes of Breakdown Maintenance):

- (1) जीर्ण (Non working part) झालेले भाग बदलण्यात अयशस्वी.
- (२) वंगणाचा अभाव (Lack of Lubrication).

- (3) कूलिंग सिस्टमकडे (Cooling System) दुर्लक्ष करणे
- (4) किरकोळ दोषांबद्दल (Simple Problem) उदासीन.
- (5) बाह्य शक्ती उदा. खूप कमी किंवा खूप जास्त व्होल्टेज (High Voltage), चुकीचे इंधन (Wrong Fuel)इ.
- (6) उपकरणांच्या कंपनांबद्दल (vibrations) दुर्लक्ष करणे तसेच फिरणाऱ्या यंत्रसामग्रीतून (Moving Machine Part) बाहेर पडणारे असामान्य आवाज (Unusual sounds) इ.

ब्रेकडाउन मेंटेनन्सचे फायदे (Advantages of Breakdown maintenance):

1. नॉन-क्रिटिकल (Non critical) उपकरणांसाठी हे किफायतशीर आहे ज्यांचा कमी वेळ आणि दुरुस्तीचा खर्च इतर कोणत्याही प्रकारच्या देखभालीपेक्षा कमी आहे.
2. यात कमी प्रशासकीय कामाचा समावेश होतो.
3. काही नोंदी आवश्यक आहेत.
4. कमीत कमी कर्मचार्यांची (Less workforce) आवश्यकता आहे.

ब्रेकडाउन मेंटेनन्सचे तोटे (Disadvantages of Breakdown maintenance):

- 1) ब्रेकडाउन सामान्यतः उत्पादन चालू असताना होतो . यामुळे देखभाल (Maintenance) खराब व घाईघाईने होते आणि उत्पादनास जास्त विलंब होतो.
- 2) उत्पादनात घट (Loss of Production) होते.
- 3) प्लांटमध्ये उपकरणे झपाट्याने खराब (Frequent fault in Machine) होतात.
- 4) अपघातांची वाढलेली (Increased Accident) शक्यता, कामगार आणि मशीन दोघांनाही कमी सुरक्षितता.
- 5) अधिक खराब झालेले साहित्य (Faulty Parts).
- 6) नफा न होता थेट तोटा होतो (Loss of property).
- 7) ज्या प्लांटच्या वस्तू वैधानिक तरतुदीद्वारे (statutory provision) नियंत्रित (Control) केल्या जातात त्यांच्यासाठी ब्रेकडाउन मेंटेनन्सचा वापर केला जाऊ शकत नाही उदा. क्रेन, लिफ्ट आणि प्रेशर वेसल्स.

2. शेड्यूल मेंटेनन्स (Scheduled maintenance):

मशीनचे बिघाड नियोजित (Nonscheduled machine fault)पद्धतीने होत नाही परंतु देखभालीच्या कामाचे नियोजन अगोदरच करता येते. नियोजित देखभाल याला शेड्यूलड मेंटेनन्स असेही म्हणतात ज्यात सर्व प्लांट आणि उपकरणे, यंत्रसामग्री, पूर्वनिर्धारित (Scheduled) वेळापत्रकानुसार इमारतीची तपासणी समाविष्ट असते.

- शेड्यूल मेंटेनन्स ही एक स्टिच-इन-टाइम (time bound) प्रक्रिया आहे जी ब्रेकडाउन टाळण्याच्या उद्देशाने केली जाते.
- उपकरणे व यंत्रसामग्री ब्रेकडाउन हे जीवनासाठी धोकादायक असू शकतात आणि म्हणून ते कमी केले पाहिजे.

- देखरेखीच्या या पद्धतीमध्ये काही उपकरणांची तपासणी (Machine checking), लुब्रिकेशन आणि दुरुस्तीचा (Repair) समावेश होतो, ज्याकडे दुर्लक्ष केल्यास त्याचा वाईट परिणाम होऊ शकतो.
- मशीन्सच्या ओव्हरहॉलिंगसाठी शेड्यूल मेन्टेनन्स पद्धतीचा अवलंब केला जातो; पाण्याच्या व इतर टाक्या साफ करणे, इमारतीस व्हाईट वॉश (White Wash) देणे इ.
- यामध्ये नियतकालिक तपासणी (Periodic Inspection), साफसफाई, लुब्रिकेशन आणि उत्पादन उपकरणांची दुरुस्ती यासारख्या क्रियाकलापांचा (activities) समावेश आहे.

3. प्रतिबंधात्मक देखभाल (Preventive Maintenance):

प्रतिबंधात्मक देखभाल (Preventive maintenance) हा इंडस्ट्रीमध्ये गरज निर्माण होण्यापूर्वी केला (Non scheduled) जाते आणि इंडस्ट्रीमध्ये अनपेक्षित उत्पादन व्यत्यय किंवा मोठ्या बिघाडाची (Major Fault) शक्यता कमी करण्याचा हेतू असतो. प्रतिबंधात्मक देखभाल ही शेड्यूल, नियोजित देखभालीची एक प्रणाली आहे जी ब्रेकडाउन देखभालची समस्या कमी करण्याचा प्रयत्न करते.

ही एक स्टिच-इन-टाइम प्रक्रिया (stitch- in- time procedure) आहे. हे सर्व उपकरणांमध्ये कमकुवत ठिकाणे (weak spots) शोधते, त्यांची नियमित तपासणी (Frequent checking) आणि किरकोळ दुरुस्ती (General repair) करून अनपेक्षित ब्रेक डाउनचा धोका कमी करते.

प्रतिबंधात्मक देखरेखीचे तत्व असे आहे की उपचारापेक्षा प्रतिबंध चांगला आहे.

DEPTT-I WEEKLY MAINTENANCE SCHEDULE PRODUCTION MACHINERY C-CLEAN, O-OVERHAUL, F-FUNCTIONAL CHECK										
MACHINE NO.	MACHINE DESCRIPTION	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1201	Lathe				C					O
162	Shaper		C					O		
980	Surface grinder			F						
650	Milling					F				

Fig: Weekly Preventive Maintenance Schedule

प्रतिबंधात्मक देखभाल (Preventive maintenance) मध्ये खालील गोष्टी समाविष्ट आहे.

- 1) उपकरणे आणि यंत्रसामग्रीची वेळोवेळी (Time to time) तपासणी करणे की ज्यामुळे उत्पादन खंडित (Stop) होत नाही आणि उपकरणे आणि यंत्रसामग्रीची हानी होत नाही.
- 2) इंडस्ट्री मधील उपकरणे आणि यंत्रसामग्रीची परिस्थिती नुसार दुरुस्ती व देखभाल करणे. सर्व चांगल्या प्रतिबंधात्मक (Preventive) देखभाल कार्यक्रमांची गुरुकिल्ली म्हणजे तपासणी. किती वेळा तपासणी करायची हे शोधण्यासाठी योग्य सांख्यिकीय तंत्रांची मदत घेतली जाऊ शकते.
- 3) उपकरणे आणि यंत्रसामग्रीची योग्य रचना आणि स्थापना करणे.
- 4) वेगवेगळ्या उपकरणे आणि यंत्रसामग्रीची परत-परत देखभाल करणे.
- 5) पुरेश्या प्रमाणात उपकरणे आणि यंत्रसामग्रीची लुब्रिकेशन (Lubrication), साफसफाई (Cleaning) आणि इमारतीचे पेंटिंग (Building Painting) करणे.

प्रतिबंधात्मक देखरेखीची उद्दिष्टे (Objectives of Preventive Maintenance):

प्रतिबंधात्मक देखरेखीची उद्दिष्टे खालील प्रमाणे आहे.

- 1) प्रतिबंधात्मक देखरेखीमुळे इंडस्ट्री मध्ये उद्भवू शकणारी कोणतीही परिस्थिती शोधून किंवा उघड करून अनपेक्षित उत्पादन व्यत्यय किंवा मोठ्या ब्रेकडाउनची शक्यता कमी करणे.
- 2) इंडस्ट्री मध्ये उपकरणे आणि यंत्रसामग्री नेहमी उपलब्ध आणि वापरासाठी तयार करणे.
- 3) वेळोवेळी तपासणी आणि दुरुस्ती इत्यादीद्वारे उपकरणे आणि यंत्रसामग्रीचे मूल्य राखणे.
- 4) इंडस्ट्री मध्ये उपकरणे आणि यंत्रसामग्रीची इष्टतम (optimum) उत्पादक कार्यक्षमता राखणे.
- 5) इंडस्ट्री मध्ये उपकरणे आणि यंत्रसामग्रीची परिचालन अचूकता (Operational accuracy) राखणे.
- 6) देखरेखीच्या कामांच्या (Maintenance work) गोष्टी कमी करणे.
- 7) किमान दुरुस्ती खर्चात जास्तीत जास्त उत्पादन मिळवणे.
- 8) कामगारांच्या जीवनाची आणि अवयवांची सुरक्षा सुनिश्चित करणे.

प्रतिबंधात्मक देखरेखीचे फायदे (Advantage of Preventive maintenance):

1. इंडस्ट्री मध्ये ब्रेक डाउन आणि कनेक्ट डाउन वेळ (Connected down time) कमी करणे.
 2. इंडस्ट्री मध्ये दुरुस्तीसाठी लागणारा जादा वेळ कमी करणे आणि देखभालीसाठी लागणारा जादा वेळ कमी करणे.
 3. कामगारांसाठी अधिक सुरक्षितता निर्माण करणे.
 4. कमी मोठ्या प्रमाणात आणि पुनरावृत्ती दुरुस्ती (Repetitive repairs) करणे .
 5. देखभाल आणि दुरुस्ती खर्च कमी करणे.
 6. स्टँड बाय किंवा आरक्षित उपकरणे (reserve equipment) आणि सुटे भाग कमी करणे.
 7. उच्च देखभाल खर्च आवश्यक असलेल्या उपकरणांची ओळख करणे.
 - 8 उत्पादनाचा खर्च कमी(Reduce production cost) करणे .
 9. उपकरणांचे आयुष्य वाढले (Equipment life).
 10. उत्तम उत्पादन गुणवत्ता (Quality of Product) राखणे.
- 4. भविष्यसूचक देखभाल (Predictive maintenance):**

भविष्यसूचक देखभाल म्हणजे डेटा-चालित, (Based on Data) सक्रिय देखभाल पद्धतीचा वापर करणे ज्या उपकरणांच्या स्थितीचे विश्लेषण करण्यासाठी आणि देखभाल कधी केली जावी याचा अंदाज (Prediction about maintenance) लावण्यास मदत करतात. देखरेख केव्हा केली जावी याचा अंदाज लावण्यासाठी सेवा-मधील उपकरणांची स्थिती निर्धारित करण्यात मदत करण्यासाठी भविष्यसूचक देखभाल तंत्रे तयार केली गेली आहेत. हा दृष्टीकोन नियमानुसार किंवा वेळेवर आधारित प्रतिबंधात्मक (Preventative) देखरेखीच्या खर्चात बचत करण्याचे आश्वासन देतो, कारण कार्ये केवळ आवश्यक असतानाच केली जातात. अशा प्रकारे, एखाद्या वस्तूच्या निकृष्ट अवस्थेच्या अंदाजानुसार सुचविल्यानुसार ती स्थिती-आधारित देखभाल म्हणून गणली जाते.

नवीन प्रकारच्या देखरेखीपैकी एक जो वाढत्या लक्ष वेधण्यासाठी अपेक्षित आहे. या संवेदनशील उपकरणामध्ये संकट परिस्थितीचा अंदाज लावण्यासाठी वापरला जातो आणि सतत आधारावर मोजले जाऊ शकते आणि यामुळे लोकांची देखभाल दुरुस्तीची योजना बनवता येते.

उपकरणे अयशस्वी होण्याआधी त्रासाचा अंदाज लावण्यासाठी भविष्यसूचक देखभाल मानवी ज्ञान किंवा इतर संवेदनशील उपकरणे जसे की ऑडिओ गेज, (Audio Gauge) कंपन विश्लेषक, (Vibration Analyzer) एम्प्लीट्यूड मीटर, (Amplitude Meter) दाब, तापमान आणि प्रतिरोधक ताण गेज इत्यादींचा वापर करते. फिरत्या उपकरणांमधून (Moving Equipment's) बाहेर येणारे असामान्य आवाज एखाद्या समस्येचा अंदाज लावतात, एका क्षणी जास्त गरम असलेली इलेक्ट्रिक केबल अडचणीचा अंदाज लावते. हाताचा साधा स्पर्श अनेक असामान्य परिस्थिती (Adverse Condition) दर्शवू शकतो आणि अशा प्रकारे एखाद्या समस्येचा अंदाज लावू शकतो.

भविष्यसूचक (Futuristic) देखरेखीमध्ये, उपकरणांच्या परिस्थितीचे मोजमाप वेळोवेळी किंवा सतत आधारावर केले जाते आणि यामुळे देखभाल करणाऱ्यांना उपकरणांचे समायोजन, दुरुस्ती किंवा दुरुस्ती यासारख्या वेळेवर कारवाई करण्यास सक्षम करते. अंदाजे देखभाल अयशस्वी होण्याच्या भीतीशिवाय उपकरणांचे सेवा आयुष्य वाढवते.

भविष्यसूचक देखभाल तंत्र (मानवीय संवेदना):

1. कान: उदा. फिरत्या उपकरणांमधून (Moving Parts) असामान्य आवाज येत आहे.
2. डोळा: उदा. उपकरणांचे अत्यधिक कंपन (High Vibration) किंवा हलत्या भागाचे अव्यवस्था (dislocation).
3. स्पर्श: उदा. उपकरणांचे अत्यधिक तापमान (High Temperature).
4. वास: उदा. उपकरणांमधून असामान्य धूर (Smoke) निघत आहे.

भविष्यसूचक देखभाल तंत्रासाठी अवलंबलेली संवेदनशील साधने:

1. ऑडिओ गेज: उदा. फिरत्या उपकरणांमधून असामान्य आवाज (Sound) येत आहे.
2. कंपन विश्लेषक: उदा. उपकरणांचे अत्यधिक कंपन (Vibration)
3. उपकरणांचे अत्यधिक तापमान (Temperature)
4. दाब, तापमान आणि प्रतिरोधक ताण मापक: उदा. उपकरणांचे अत्यधिक तापमान.

ऑन-लाइन देखभाल (On-Line Maintenance):

ऑन-लाइन देखभाल मध्ये, उपकरणे कार्यरत स्थितीत असताना देखभालीचे काम केले जाते उदाहरणे:

1. रोटामीटरची ऑनलाइन देखभाल (On-line Maintenance of Rotameter):

रोटामीटर हा एक विशिष्ट प्रकारचा व्हेरिअबल एरिया फ्लो मीटर (**Variable area Flow meter**) आहे जो बंद नळीमधून द्रव (**Liquid**) किंवा वायू (**Gas**) प्रवास करत असलेल्या क्रॉस-सेक्शनल (**Cross section**) क्षेत्रामध्ये बदल करून प्रवाह मोजतो. रोटामीटरमध्ये एक टॅपर्ड ट्यूब (**Tapered Tube**) असते, सामान्यतः 'फ्लोट' (**Float**) (आकाराचे वजन, एनोडाइज्ड ॲल्युमिनियम किंवा सिरॅमिकचे बनलेले) असलेल्या काचेची बनलेली असते, जी प्रवाहाच्या ड्रॅग फोर्सद्वारे (**Drag Force**) वर ढकलली जाते आणि गुरुत्वाकर्षणाने (**Gravitational**) खाली खेचली जाते. रोटामीटरचा (**Rotameter**) वापर प्रक्रिया उद्योगांमध्ये प्लांटमधील/ इंडस्ट्रीमधील वायू आणि पाण्याच्या प्रवाहावर लक्ष ठेवण्यासाठी केला जातो. रोटामीटर एक औद्योगिक प्रवाह मीटर (**Industrial Flow Meter**) आहे जो द्रव आणि वायूंचा प्रवाह दर मोजण्यासाठी वापरला जातो.

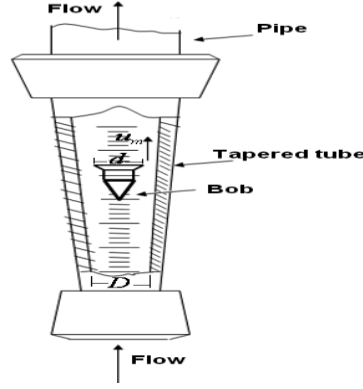


Fig: Rotameter

केमिकल प्लांटमध्ये, ऑन लाईन मेंटेनन्स (**Online Maintenance**) काम करणे ही एक सामान्य पद्धत आहे. हे उपकरणे किंवा प्लांटचे संपूर्ण शटडाउन टाळते. उभारणीच्या वेळी योग्य पाईप फिटिंग्स बसविल्यास हे शक्य आहे. उदा. समजा आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे पाईप लाईनमध्ये रोटामीटर आहे. जर आपल्याला रोटामीटरचा तुटलेला काचेचा पाईप बदलायचा असेल, तर आपण झडप (valve) 1 आणि झडप (valve) 2 बंद करू शकतो आणि झडप (valve) 3 उघडू शकतो आणि बायपास लाईनमधून द्रव वळवू शकतो.

रोटामीटरमध्ये काचेचे पाईप बदलल्यानंतर, झडप (valve) 3 बंद करा आणि झडप (valve) 1 आणि झडप (valve) 2 उघडा. अशा प्रकारे उत्पादन न थांबवता लाईनमध्ये देखभाल कार्यात उपस्थित राहणे शक्य आहे.

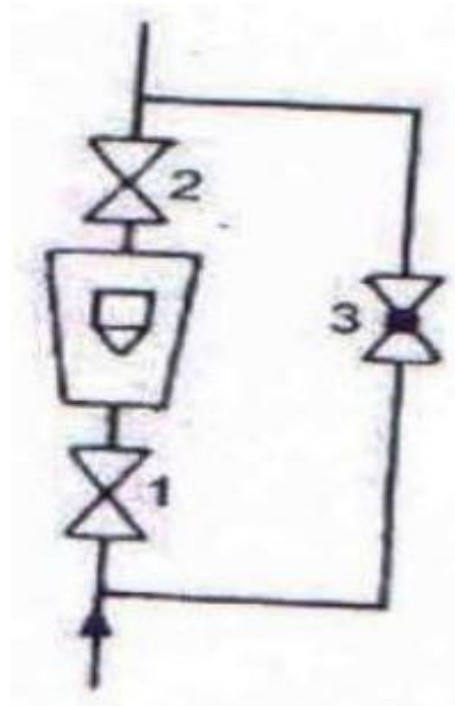


Fig: On-line Maintenance of Rotameter

2. स्टीम ट्रॅपची ऑनलाइन देखभाल (On-Line Maintenance of Steam Trap):

स्टीम ट्रॅप्स (Steam Trap) हे स्वयंचलित व्हॉल्व्ह (Automatic Valve) असतात जे स्टीम स्पेसमधून कंडेन्सड स्टीम (कंडेन्सेट) (Condensed steam) सोडतात आणि थेट वाफेचे नुकसान टाळतात. ते वाफेच्या जागेतून नॉन-कंडेन्सेबल वायू देखील काढून टाकतात.

स्टीम ट्रॅप्स हे इमारत गरम करणे किंवा प्रक्रियेसाठी उष्णता (Process Heat) राखणे यासारखी विशिष्ट कार्ये पार पाडण्यासाठी वाफेची ऊर्जा कार्यक्षमता राखण्यासाठी डिझाइन केलेले आहेत. एकदा वाफेने एका प्रक्रियेद्वारे उष्णता हस्तांतरित केली आणि गरम पाणी बनले की, ते स्टीम ट्रॅप्सने (Steam Trap) कंडेन्सेट म्हणून काढून टाकले जाते आणि कंडेन्सेट रिटर्न लाइनद्वारे बॉयलरकडे (Boiler) परत येते किंवा वातावरणात सोडले जाते.

स्टीम ट्रॅप्सचे सामान्यतः शारीरिक प्रक्रियेनुसार वर्गीकरण केले जाते ज्यामुळे ते उघडतात आणि बंद होतात. स्टीम ट्रॅप्सचे तीन प्रमुख वर्ग

- 1) यांत्रिक (Mechanical),
- 2) थर्मोस्टॅटिक (Thermostatic)
- 3) थर्मोडायनामिक (Thermodynamic.) आहेत.

याव्यतिरिक्त, काही स्टीम ट्रॅप्स यापैकी एकापेक्षा जास्त मूलभूत श्रेणींची वैशिष्ट्ये एकत्र करतात.

बऱ्याच फेडरल साइट्सवर हजारो नाही तर शेकडो स्टीम ट्रॅप्स आहेत हे लक्षात घेता, आणि एक खराब कार्य करणाऱ्या स्टीम ट्रॅपमध्ये दरवर्षी हजारो डॉलर्स वाया जाऊ शकतात, स्टीम ट्रॅपच्या देखभालीसाठी सतत आणि समर्पित प्रयत्न केले पाहिजेत. डिझाईन समस्या वगळता, स्टीम ट्रॅप्सच्या अपयशाची दोन सर्वात सामान्य कारणे म्हणजे ओव्हरसाइजिंग आणि घाण.

• ओव्हरसाइजिंगमुळे (Oversizing) स्टीम ट्रॅप्स खूप कठीण काम करतात. काही प्रकरणांमध्ये, याचा परिणाम थेट वाफेवर होऊ शकतो.

एक उदाहरण म्हणून, दाबात अचानक बदल (Change in pressure) झाल्यामुळे उलटा बकेट स्टीम ट्रॅप्स त्याचा मुख्य भाग गमावू शकतो. यामुळे बादली बुडते, झडप (Valve) उघडण्यास भाग पाडते.

स्टीम सिस्टीममध्ये (Steam system) नेहमीच घाण तयार होत असते. अत्याधिक बिल्ड-अपमुळे प्लगिंग होऊ शकते किंवा वाल्व बंद होण्यापासून रोखू शकते. घाण सामान्यतः पाईप स्केल (Pipe scale) किंवा बॉयलरमधील रसायनांच्या अतिप्रक्रियामुळे (Repeated chemical used in boiler) तयार होते.

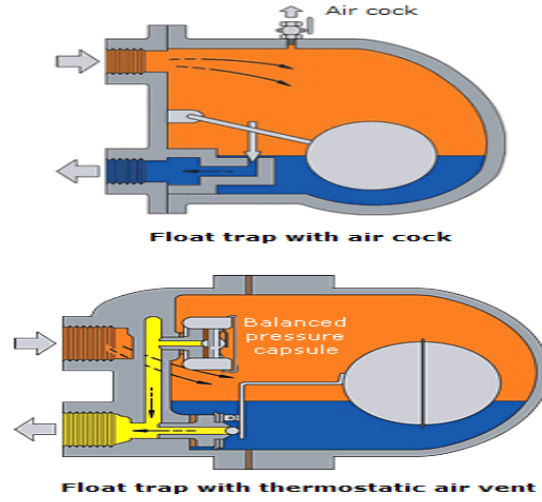


Fig: Steam Trap Assembly

स्टीम ट्रॅपच्या ऑनलाईन देखभालीची प्रक्रिया खालील प्रमाणे आहे

(Procedure for on-line maintenance of steam trap are):

1. केमिकल प्लांटमध्ये ऑन लाईन मेंटेनन्स काम करणे सामान्य प्रथा आहे.
 2. यामुळे उपकरणे किंवा प्लांट पूर्णपणे बंद होणे टाळले जाते.
 3. उभारणीच्या वेळी योग्य पाईप फिटिंग्स बसविल्यास हे शक्य आहे.
 4. जर आपण प्रक्रियेच्या पाईप लाईनमध्ये स्टँड बाय पंप बसवले तर, आपण उत्पादन थांबविल्याशिवाय पंप दुरुस्त करू शकतो.
 5. जेव्हा व्हॉल्व्ह (valve) त्याच्या देखभालीसाठी पाईप लाईनमधून काढून टाकायचे असेल तेव्हा ब्लाइंड फ्लँज (blind flange) उपयुक्त आहे. उदा. पंपाच्या सक्शन साइड व्हॉल्व्हला ब्लाइंड फ्लँज बसवली जाते आणि सामग्रीची हानी न होता देखभाल करण्यासाठी एकमेव सक्शन वाल्व काढला जाऊ शकतो.
 6. रिऍक्टर, डिस्टिलेशन कॉलम, इव्हापोरेटर यासारखे उपकरणे जर गळत (leakage) असतील तर उत्पादन थांबविल्याशिवाय देखभालीचे काम करणे कठीण आहे.
 7. कोणत्याही कारणामुळे जेव्हा इन्सुलेशन (insulation) खराब होते, तेव्हा बाहेरून इन्सुलेशन निश्चित केल्यामुळे उत्पादन (production) न थांबवता ते उपस्थित करणे शक्य आहे.
 8. जर पाईप लाईन किंवा उपकरणे उच्च तापमानात (High Temperature) असल्यास तर त्यांची खबरदारी घेतली पाहिजे.
- उदा. समजा आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे पाईप लाईनमध्ये स्टीम ट्रॅप (Steam Trap) आहे. जर आम्हाला स्टीम ट्रॅप बदलायचा असेल, तर आपण वाल्व नं. 1 आणि वाल्व नं. 2 बंद करू शकतो आणि वाल्व नं. 3 उघडू शकतो आणि बाय-पास लाइनमधून द्रव वळवू शकतो. 9. स्टीम ट्रॅप बदलल्यानंतर वाल्व नं. 3 बंद करा आणि वाल्व नं. 1 आणि वाल्व नं. 2 उघडा.
- अशा प्रकारे आपण उत्पादन न थांबवता लाईनमध्ये स्टीम ट्रॅपची देखभाल/ दुरुस्ती करू शकतो.

शट डाउन मेंटेनन्स (Shut Down Maintenance):

शटडाऊन मेंटेनन्स म्हणजे संपूर्ण प्लांट (Plant) किंवा प्लांटचा विभाग तात्पुरता बंद करणे.

त्यातील सर्व उपकरणांच्या नियोजित प्रतिबंधात्मक देखभाल क्रियाकलाप (activity) पार पाडणे हा त्याचा उद्देश आहे. शटडाउन ही अशी वेळ आहे जिथे उत्पादन प्लांटमध्ये थांबते. दैनंदिन ऑपरेशन्स (Daily Operations) थांबतात आणि त्याऐवजी, साफसफाई, तपासणी आणि उपकरणे दुरुस्त करणे यासारख्या देखभाल-संबंधित क्रियाकलापांवर (activity) लक्ष केंद्रित केले जाते.

सोप्या भाषेत सांगायचे तर, शटडाउन मॅटेनन्स ही देखभाल आहे जी उपकरणे वापरात नसतानाच केली जाऊ शकतात. यंत्रसामग्री किंवा उपकरणे बंद ठेवणे इंडस्ट्रीसाठी महाग (costly) असू शकते, परंतु काहीवेळा मशीनच्या सदोष भागामुळे / स्वरूपामुळे शटडाउन देखभाल करणे गरजेचे असते. येथे मशीन किंवा उपकरणे सेवाबाह्य (out of service) असताना देखभालीचे काम केले जाते.

शट डाउन मॅटेनन्सची प्रक्रिया (Procedure for Shut Down Maintenance):

शटडाउन मॅटेनन्स म्हणजे मशीन, उपकरणे किंवा प्लांट काम करत नसताना किंवा बंद असताना केले जाणारे देखभालीचे काम.

शट-डाऊन देखभालीदरम्यान सामान्यतः रासायनिक संयंत्रे सहामाही किंवा वार्षिक कालावधीसाठी बंद ठेवली जातात आणि एकूण प्लांटच्या उपकरणांच्या देखभालीचे काम पार पाडतात.

ऊस पुरवठा संपला की ऊस कारखाना बंद होतो. प्लांट बंद असताना, पार्ट्स बदलणे, वंगण (lubrication) घालणे, प्लांटमधील सर्व उपकरणांचे ओव्हरहॉलिंग (Overhauling), उपकरणे आणि प्लांटची साफसफाई यासारखी देखभालीची कामे केली जातात. देखभाल विभाग आणि प्रक्रिया प्रकल्पातील लोक प्रक्रियेत सहभागी आहेत.

शटडाउन ऑपरेशन हे अनुक्रमे करण्याची आवश्यकता आहे जसे की थंड करणे आणि दबाव कमी करणे, पंप बाहेर करणे, अवशिष्ट सामग्री (residual material) काढून टाकणे उदा. हायड्रोकार्बन्स, संक्षारक (corrosive) किंवा विषारी रसायने, पाणी, तेल, पायरोफोरिक उत्प्रेरक (pyrophoric catalysts), सांडपाणी आणि गाळ यांची विल्हेवाट लावणे.

उष्णतेचा स्रोत कापला जावा, आवश्यकतेपर्यंत कूलिंग चालू ठेवता येऊ शकते, जेथे कूलिंगमुळे व्हॅक्यूम शक्य आहे, वातावरणाचा दाब राखण्यासाठी अक्रिय वायू (inert gas) किंवा हवा (सुसंगत असल्यास) आणणे आवश्यक आहे, थंड झाल्यानंतर पंपाद्वारे सामग्री बाहेर करणे आणि दबाव कमी करणे. गरम तेल त्याच्या फ्लॅश पॉइंट खाली थंड केले पाहिजे. अवशिष्ट (Residual) हायड्रोकार्बन्स वाफेने, पाण्याने किंवा पाण्याने शुद्ध करून नंतर वाफेने काढले जाऊ शकतात. शुद्ध केल्यानंतर, हवेला सिस्टममध्ये परवानगी दिली पाहिजे. उरलेले पाणी काढून टाकावे. शेवटी चालू असलेल्या पट्ट्या काढून टाकल्या पाहिजेत आणि शटडाउन पट्ट्या स्थापित केल्या पाहिजेत.

कोणत्याही दोषामुळे शटडाउन आवश्यक असल्यास, प्लांट पुन्हा सुरू करण्यापूर्वी दोषाचे कारण शोधले पाहिजे, अभ्यासले पाहिजे आणि काढले पाहिजे.

शटडाउन प्रक्रियेतील महत्वाचे टप्पे आहेत:

- 1) साहित्याचा साठा आणि मांडणीचे क्षेत्र (lay down areas) ओळखा.
- 2) उपकरणे धुण्याचे क्षेत्र नियुक्त करा. (Washing Area)
- 3) आपत्कालीन परिस्थितीत कू-मार्शलिंग क्षेत्रे स्थापन करणे.
- 4) दुपारचे जेवण, स्वच्छतागृह आणि चेंज रूम सुविधा आवश्यकता काय आहेत ते ठरवा.
- 5) नियोजन आणि शेड्युलिंग हे शटडाउनसाठी समवर्ती क्रियाकलाप (Activities) आहेत.

प्लांट बंद करण्याची प्रक्रिया (Procedure for shutdown of Plant):

जेव्हा वार्षिक मोठ्या शटडाऊनसाठी प्लांट थांबवला जातो, तेव्हा प्लांट सुरू करण्यासाठी अवलंबायची प्रक्रिया खालील प्रमाणे आहे-

1) उपकरणे आणि पाइपलाइनमधून वाहणारा द्रवपदार्थ कोणत्याही गळतीशिवाय, इच्छित प्रवाह दर, दाब आणि तापमान तपासण्यासाठी प्लांटमध्ये पाणी घेणे. जर काही गळती आढळली तर ती दुरुस्त केली जाऊ शकते. अशा प्रकारे प्लांटमध्ये उपकरणांचे एकूण कार्य तपासण्याचा हा सर्वात सुरक्षित आणि स्वस्त मार्ग आहे.

2) एकदा का हे खात्री पटले की द्रव प्रवाह कोणत्याही अडचणीशिवाय होतो, प्लांटचे एकूण पाणी काढून टाकले जाते आणि नंतर हळूहळू टप्प्याटप्प्याने रा मटेरियल लोड केले जाते आणि टप्प्याटप्प्याने इच्छा क्षमतेनुसार परत केले जाते. काही दिवस ५०% क्षमतेने प्लांट चालवला जातो आणि प्लांटच्या कामाचे पूर्ण समाधान झाल्यावर ते पूर्ण क्षमतेपर्यंत नेले जाते.

शटडाउन मेंटेनेंस फॉर शुगर इंडस्ट्री (Shut Down Maintenance for Sugar Industry):**शटडाउन काळात साखर उद्योगाची देखभाल खालील प्रमाणे केली जाते –**

1. शटडाउन मेंटेनेन्स म्हणजे मशीन, उपकरणे किंवा प्लांट काम करत नसताना किंवा बंद असताना केले जाणारे देखभालीचे काम.
2. शट-डाऊन देखभालीदरम्यान सामान्यतः रासायनिक संयंत्रे सहामाही किंवा वार्षिक कालावधीसाठी बंद ठेवली जातात आणि एकूण प्लांटच्या उपकरणांच्या देखभालीचे काम केली जातात.
3. ऊस पुरवठा संपला की ऊस कारखाना बंद होतो. प्लांट बंद असताना, पार्ट्स बदलणे, वंगण (lubrication) घालणे, प्लांटमधील सर्व उपकरणांचे ओव्हरहॉलिंग (overhauling), उपकरणे आणि प्लांटची साफसफाई यासारखी देखभालीची कामे केली जातात.
4. देखभाल विभाग आणि प्रक्रिया प्रकल्पातील लोक या प्रक्रियेत सहभागी आहेत.

प्लांट सुरू करण्याची प्रक्रिया (Procedure for Start-up of a Plant):

लहान किंवा दीर्घ शटडाऊननंतर स्टार्ट-अप किंवा रीस्टार्ट ऑपरेशन आणि शटडाऊन प्रक्रियेसाठी विशेष सावधगिरी बाळगणे आवश्यक आहे.

सुरुवातीचा क्रम असा की, कामात असलेल्या कामगारांना स्टार्ट-अप किंवा रीस्टार्ट ऑपरेशन चांगल्या प्रकारे परिभाषित, लिखित आणि ज्ञात (defined, written and known) असावा.

सुरुवातीला पाणी, हवा, उर्जा यांसारख्या उपयुक्त गोष्टीपासून सुरुवात करणे; शुद्धीकरण, चार्जिंग, हळूहळू गरम करणे, दाब, तापमान, प्रवाह आणि प्रतिक्रिया दर यांचे निरीक्षण करणे, आवश्यक असल्यास थंड करणे,

एक्झॉस्ट सिस्टम सुरू करणे, स्क्रबर किंवा कंडेन्सर इ., आवाज, कंपन, वेग, संरेखन (alignment), समक्रमण (synchronizing) इत्यादींचे निरीक्षण करणे हे सर्व महत्वाचे आहेत.

स्टार्ट-अप दरम्यान जर नाले (drains) उघडे राहिल्यास, व्हेंट व्हॉल्व्ह बंद राहिल्यास, चुकीचे वाल्व्ह चालवले जातात, अवांछित सामग्री (unwanted material) आत जाते उदा. नायट्रोजन ऐवजी ऑक्सिजन ज्वलनशील प्रतिक्रियेवर ब्लॅकॅटिंग म्हणून, पाणी जेथे विसंगत आहे,

वाफेऐवजी हवा किंवा वाफेऐवजी वाफे, सामग्री किंवा उत्प्रेरकांचे जास्त किंवा कमी चार्जिंग, विलंबित थंड किंवा गरम होणे, कोणतेही पंप किंवा उपकरण सुरू न होणे, कोणतेही संकेत नाही किंवा सुरुवातीला इन्स्ट्रुमेंटमध्ये बिघाड झाल्यामुळे किंवा खराब झाल्यामुळे अलार्म, जेव्हा ते आवश्यक असेल तेव्हा स्थानिक एक्झॉस्ट किंवा स्क्रबर सुरू न होणे आणि इंटरलॉक किंवा ट्रिपमध्ये अपयश परिणामी अवांछित मिश्रण किंवा प्रतिक्रिया, हायड्रोकार्बोन्ससह हवेचे मिश्रण, गरम तेल आणि पाण्याशी संपर्क साधणे, थर्मल किंवा यांत्रिक धक्के इ. ही संभाव्य विकारांची (disorders) काही उदाहरणे आहेत.

पाइपलाइन,(Pipeline) व्हॉल्व्ह (Valve) आणि गेजची (Gauge) अचूक ओळख, नियंत्रण ऑपरेशनचा योग्य क्रम, योग्य चार्जिंग किंवा अतिरिक्त-दर आणि साधनांवर अवलंबून न राहता फक्त इतर पॅरामीटर्सची काउंटर-चेक (Counter check) आणि कडक मॅन्युअल निरीक्षण (Manual) आणि समाधान ही सुरक्षित स्टार्ट-अप (Start up) प्रक्रियेसाठी आवश्यक खबरदारी आहे.

पूर्वतयारी क्रियाकलाप (activity), सामग्रीची पडताळणी, हवा काढून टाकणे किंवा वेंटिंग करणे, शुद्ध केलेल्या सामग्रीचे शुद्धीकरण आणि विल्हेवाट, पाणी काढून टाकणे किंवा जोडणे, गरम करणे किंवा थंड करणे हळू आणि अनुक्रमिक सुरू करणे, कामकाजाच्या पॅरामीटर्सपर्यंत हळूहळू पोहोचणे आणि सामान्य ऑपरेशन यावर लक्ष दिले पाहिजे.

स्टार्ट-अपमध्ये लक्ष देण्याची गरज असलेले इतर मुद्दे म्हणजे शटडाउन ब्लाइंड्स (blinds) काढणे, रनिंग ब्लाइंड्स देणे, स्क्रबर (Scrubbers) किंवा डिस्चार्ज लाइन (Discharge lines) व्हॉल्व्ह उघडणे, सेफ्टी व्हॉल्व्हच्या (Safety Valve) आधी आयसोलेशन व्हॉल्व्ह (Isolation Valve) उघडणे, स्थानिक एक्झॉस्ट व्हेंटिलेशन सुरू करणे, पंप कूलिंग आणि प्राइमिंग, अग्निशमन उपकरणांची तयारी, गळती शोधणे, सिस्टीममध्ये वाफेची परवानगी देण्यापूर्वी व्हेंट्स आणि ड्रेन (Drain) उघडणे, स्टीम व्हॉल्व्हचे आंशिक उघडणे.

खालच्या भागातून वाफेची ओळख करणे, पातळी आणि ओव्हरफ्लोचे पालन करणे, लोडिंगमध्ये सुरक्षित वाढ, विसंगत सामग्री टाळणे, ओलावा टाळणे (Avoid Wetness) आणि श्वासोच्छवासातील हवेतील अशुद्धता, टाक्या आणि फ्लेअर साफ करणे, व्हॅक्यूम उपकरणांमधून हवा काढून टाकणे, गळतीसाठी सांधे आणि वाल्व तपासणे, कंडेन्सेट डिस्चार्जसाठी काम करणे-या स्टीम ट्रॅपची पडताळणी करणे, वाफेचे सुरक्षित विस्थापन, पाणी किंवा त्यांच्या वापरानंतर वायू शुद्ध करणे, उरलेले पाणी काढून टाकणे. आधी, गरम तेल (सुरुवातीला थंड तेल लावले पाहिजे), अप्रत्यक्ष आणि हळूहळू गरम करणे किंवा थंड करणे इत्यादीसाठी हीट एक्सचेंजर वापरणे.

केमिकल प्लांट दोन वेगवेगळ्या वेळी सुरू होते,

1. जेव्हा ते बांधले जाते, उभारले जाते आणि उत्पादनासाठी प्रथमच चालू केले जाते. इच्छेनुसार प्रवाह दर, दाब आणि तापमानात कोणतीही गळती न होता उपकरणे आणि पाइपलाइनमधून वाहणारा द्रव तपासण्यासाठी प्लांटमध्ये पाणी घेणे ही येथे अवलंबली जाणारी प्रक्रिया आहे.

जर काही गळती आढळली तर ती दुरुस्त केली जाऊ शकते. एकूण वनस्पती उपकरणांचे कार्य तपासण्याचा हा सर्वात सुरक्षित आणि स्वस्त मार्ग आहे.

2. वार्षिक मोठ्या शटडाऊनसाठी जेव्हा प्लांट थांबवला जातो, तेव्हा प्लांट सुरू करण्यासाठी अवलंबायची प्रक्रिया

1) उपकरणे आणि पाइपलाइनमधून वाहणारा द्रवपदार्थ कोणत्याही गळतीशिवाय,(Leakage) इच्छित प्रवाह दर, दाब आणि तापमान तपासण्यासाठी प्लांटमध्ये पाणी घेणे.

जर काही गळती आढळली तर ती दुरुस्त केली जाऊ शकते. अशा प्रकारे प्लांटमधील उपकरणांचे एकूण कार्य तपासण्याचा हा सर्वात सुरक्षित आणि स्वस्त मार्ग आहे.

2) एकदा का हे खात्री पटले की द्रव प्रवाह कोणत्याही अडचणीशिवाय होतो, प्लांटचे एकूण पाणी काढून टाकले जाते आणि नंतर हळूहळू टप्प्याटप्प्याने रा मटेरियल लोड केले जाते आणि टप्प्याटप्प्याने इच्छा क्षमतेनुसार परत रा मटेरियल लोड केले जाते. 50% क्षमतेने प्लांट काही दिवस चालवण्याचा नेहमीच सल्ला दिला जातो आणि प्लांटच्या कामाचे पूर्ण समाधान झाल्यानंतर ते पूर्ण क्षमतेपर्यंत नेले जाते.

प्लांट मेन्टेनन्सचे शेड्यूल (Schedule of Plant Maintenance):

देखभाल शेड्यूलिंग उत्पादनासाठी वर्णन केलेल्या समान प्रक्रियेचे अनुसरण करते. एखादे काम किती वेळ लागेल, ते कधी केले पाहिजे आणि संसाधने उपलब्ध आहेत का हे जाणून घेणे आवश्यक आहे. शेड्यूलिंग म्हणजे कॅलेंडर तपासणीच्या तारखा निश्चित करणे जे सर्वात कार्यक्षम मार्गाने वारंवारता आवश्यकता पूर्ण करेल.

शेड्यूलिंग:

- 1) प्रणाली स्पष्ट, अचूक आणि ऑपरेट करण्यास सोपी असावी,
- 2) अचूकपणे निर्धारित वेळेच्या मानकांवर आधारित असावे,
- 3) उत्पादन विभागाशी सल्लामसलत करून अंतिम निर्णय घ्यावा जेणेकरून देखभालीसाठी उपकरणे वाचता येतील,
- 4) विभागातील प्रत्येक व्यापार विभागावर संतुलित कामाचा भार निर्माण करण्याचे उद्दिष्ट असावे, म्हणजेच प्रत्येक विभाग समान रीतीने लोड केला पाहिजे. देखभाल वेळापत्रक लवचिक असावे.

मेंटेनन्स शेड्यूल खालील प्रमाणे असावे:

- 1) देखभालीचे काम दुपारच्या जेवणाच्या वेळेत, शिफ्ट दरम्यान किंवा शनिवार व रविवार इत्यादी दरम्यान केले जाऊ शकते.
- 2) नियोजित मशीन स्टॉपेजचा फायदा घ्या जसे की टूल बदल, जॉब लोड करणे आणि अनलोड करणे इ.
- 3) सुट्यांमध्ये मोठ्या दुरुस्ती आणि दुरुस्तीची योजना करा,
- 4) गरज भासल्यास राखीव प्लांट वापरा.

प्रक्रिया:

देखभाल कार्याच्या शेड्यूलिंगमध्ये मूलतः दोन चरणांचा समावेश होतो:

- 1) मुख्य देखभाल वेळापत्रक तयार करणे.
- 2) तपशीलवार साप्ताहिक किंवा दैनंदिन वेळापत्रक तयार करणे.

मास्टर मेंटेनन्स शेड्यूल विशिष्ट कालावधीसाठी देखभालीच्या प्रत्येक दुरुस्ती आणि बांधकाम कार्य विभागाचे स्वरूप आणि परिमाण दर्शवते.

प्रत्येक कार्य विभागासाठी लागणारे एकूण मनुष्य तास आणि उपलब्ध मनुष्यबळ लक्षात घेऊन, नोकऱ्यांचे वितरण (ज्यामुळे मनुष्याला वाजवी लोडिंग मिळेल आणि ते पूर्ण करता येईल) केले जाते. मास्टर शेड्यूल लवचिक असते आणि शेड्यूल मागे पडणारी, अनपेक्षित कार्ये आणि नोकऱ्या सामावून घेण्यासाठी एक कुशन नेहमीच अस्तित्वात असते. मास्टर शेड्यूल अंतर्गत वाटप केलेल्या एकूण कालावधीचा भंग करून तपशीलवार वेळापत्रक तयार केले जाते.

तपशीलवार साप्ताहिक कामाचे वेळापत्रक प्रत्येक क्राफ्ट आणि शॉपला येत्या आठवड्यात प्रत्येक कामासाठी प्रत्येक दिवसासाठी काय कार्य करावे यासंबंधी माहिती प्रदान करते. तपशीलवार शेड्युलिंगसाठी देखभाल विभागाच्या प्रत्येक विभागाच्या आणि संपूर्ण देखभाल विभागाच्या कामाच्या क्षमतेच्या नोंदी आवश्यक आहेत. मास्टर शेड्यूलप्रमाणे, तपशीलवार वेळापत्रक देखील लवचिक आणि आणीबाणीच्या नोकऱ्या सामावून घेण्यास सक्षम असावे. संबंधित व्यक्तींना दररोज किंवा आठवड्याच्या शेवटी तपशीलवार वेळापत्रक जारी केले जाऊ शकते.

प्रत्येक मशीनचे मॅटेनन्स शेड्यूल तयार केले जाऊ शकते आणि ते कामांची यादी सूचित करेल (फ्रिक्वेंसीसह) आणि सर्व्हिसिंग, ऍडजस्टमेंट, स्नेहन तपशील आणि बदलण्याच्या कामाचे तपशील असतील. खालील आकृती देखभालीचे वेळापत्रक दर्शविते.

Plant	Ref.	January				February				March				April				May			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
LATHES																					
1.....	XYZ	X	Y		Z	X				X	Y			X			Z	X	Y		
2.....	XYZ	Z	X	Y			X				X	Y		Z	X				X	Y	
SHAPER																					
1.....	XZ			X	Z			X				X				X	Z			X	
MILLING MACHINE																					
1.....	XY	Y			X				X	Y			X				X	Y			X

N.B. It is one, two and three monthly inspection for jobs X, Y and Z respectively.

Fig: shows the schedule of maintenance

शेड्युलिंग टूल्स (डिक्झाईस):

शेड्युलिंग टूल्स खालीलप्रमाणे वर्गीकृत आहेत:

- 1) व्हिज्युअल तक्ते. (आकृती मध्ये दाखवले आहे.) (Visual Board)
- 2) शेड्युलिंग बोर्ड. (Scheduling Board)
- 3) वैयक्तिक कार्डे. (Personal Board)

शेड्युलिंग बोर्डच्या तुलनेत, वैयक्तिक कार्ड्समध्ये अधिक लिखित तपशील असतात आणि ते ऐतिहासिक नोंदींसाठी वापरले जाऊ शकतात.

सरावासाठी प्रश्न:

1. प्लांट मेन्टेनन्सची व्याख्या सांगा. (Define Plant maintenance)
2. प्लांट मेन्टेनन्सचे प्रकार सांगा. (Classify Plant Maintenance)
3. प्लांट मेन्टेनन्सची उद्दिष्टे द्या. (State Objective of Plant maintenance)
4. प्लांट मेन्टेनन्सचे महत्त्व वर्णन करा. (Describe importance of plant maintenance)
5. मेन्टेनन्स विभागाची कार्ये आणि जबाबदाऱ्या स्पष्ट करा. (Write functions of plant maintenance)
6. खालील वर्णन करा -

1 सुधारात्मक किंवा ब्रेकडाउन मेन्टेनन्स.

- 2 शेड्युल मेन्टेनन्स. (Scheduled Maintenance)
- 3 प्रतिबंधात्मक मेन्टेनन्स. (Preventative maintenance)
- 4 भविष्यसूचक मेन्टेनन्स.
7. ब्रेकडाउन मेन्टेनन्सची कारणे लिहा ब्रेकडाउन मेन्टेनन्सचे फायदे आणि ब्रेकडाउन मेन्टेनन्सचे तोटे देखील सांगा.
8. शेड्युल मेन्टेनन्सचे वर्णन करा आणि शेड्युल मेन्टेनन्सचे फायदे सांगा.
9. प्रतिबंधात्मक मेन्टेनन्सची उद्दिष्टे द्या आणि प्रतिबंधात्मक मेन्टेनन्सचे फायदे लिहा.
10. उद्योगातील भविष्यसूचक मेन्टेनन्सची उद्दिष्टे द्या.
11. भविष्यसूचक मेन्टेनन्सचे वर्णन करा आणि भविष्यसूचक मेन्टेनन्स तंत्रासाठी अवलंबलेल्या संवेदना द्या.
12. प्रतिबंधात्मक मेन्टेनन्स आणि ब्रेकडाउन मेन्टेनन्समध्ये फरक करा.
13. शेड्युल, प्रतिबंधात्मक आणि भविष्यसूचक मेन्टेनन्स दरम्यान फरक करा.
14. रोटामीटरची ऑन-लाइन मेन्टेनन्स स्पष्ट करा किंवा रोटामीटरसाठी ऑन-लाइन मेन्टेनन्स तंत्र लागू करा.
15. स्टीम ट्रॅपची ऑनलाइन मेन्टेनन्स स्पष्ट करा. (Maintenance of steam trap)
16. शट-डाउन मेन्टेनन्सची व्याख्या सांगा. (Define shut down maintenance)
17. प्लांट सुरू करण्यासाठी प्रक्रिया द्या. (Write process of plant start up)
18. प्लांट बंद करण्याची प्रक्रिया द्या. (Write process of shut down of plant.)
19. “साखर उद्योगासाठी शटडाउन मेन्टेनन्सला प्राधान्य दिले जाते “तुमच्या उत्तराचे समर्थन करा.

REFERENCE

Sr. No.	Authers	Title of Book	Publication with ISBN
1	P. C. Jain and Dr. Monika Jain	Engineering Chemistry	Dhanpat rai Publications, New Delhi, 2008,ISBN-978-87-403-0363-6
2	Powel S. T.	Industrial Water	Mc. Graw Hill, New York, 2009, ISBN9781118843727
3	P. L. Ballaney	Thermal Engineering	Khanna Publication, New Delhi 1975, ISBN9788174090317
4	Rajput R. K.	A Textbook of Refrigeration and Air Conditioning	Kataria S. K. and sons, New Delhi 2003,ISBN13:9789350142554
5	James K. Carson	Refrigeration: Theory and Applications	Mc. Graw Hill, New York, 2009, ISBN: 078-87-403-0363-6
6	Sathiyamoorthy Manickkam	Chemical Plant Utilities	Lambert Academic Publishing, October 2016,ISBN: 978-3-659-97828-9
7	Kraus, Milton N.	Safe and Efficient Plant Operation and Maintenance	Mc. Graw Hill Inc. New York US, 1980, ISBN:978-0070107076
8	R. K. Jain	Plant maintenance engineering and management	Khanna Publication, ISBN: 9789392549090
9	Sushil Kumar Shrivastava	Maintenance Engineering	S. Chand and company, ISBN: 9788121926447