



www.zonetech.in

ZONE TECH

Best Institute For Assistant & Junior Engineer

MECHANICAL ENGINEERING

E-Book

for

(Diploma Students)

ME

Diploma

POWER PLANT

SSC-JE

STAFF SELECTION COMMISSION-JE

RRB-JE

RAILWAY RECRUITMENT BOARD-JE

State-AE/JE

STATE LEVEL EXAMINATIONS

PSUs

PUBLIC SECTOR EXAMINATIONS

CONTACT US: **ZONE TECH**

H.O.: M-28, Madhuban Colony, Near Tonk Bridge, Tonk Phatak, Jaipur

B.O.: F-26/A, Behind Pinkcity Honda Showroom, Gatta Stand, Tonk Road, Jaipur



+91-9828747676
+91-9462447676

www.zonetech.in
www.onlinezonetech.in
info@zonetech.in

CHAPTER - 1

RANKINE CYCLE

Vapour power cycle (Rankine Cycle)

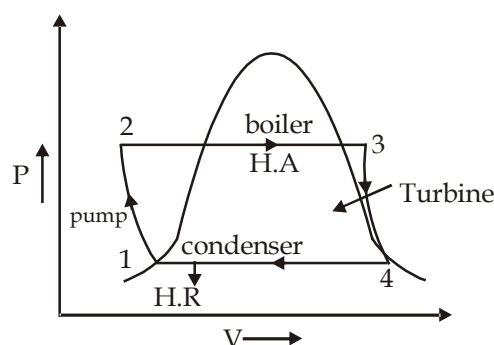
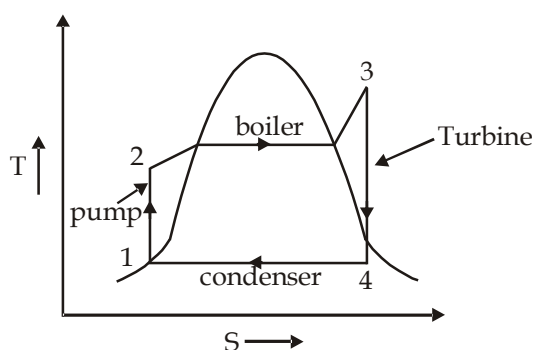
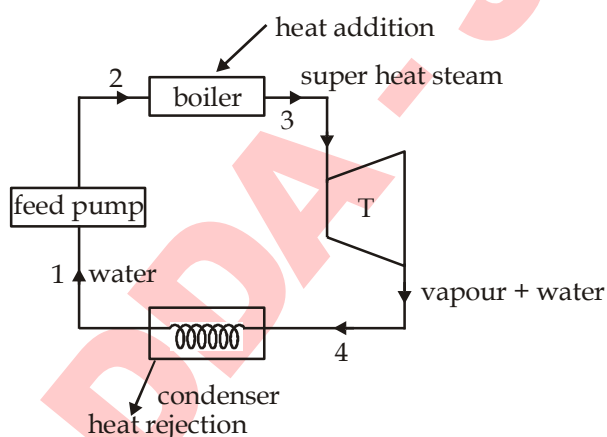
Rankine cycle thermal power plant की practical working cycle होती है जिसमें water working substance के तौर पर use किया जाता है। Thermal power plant के अन्दर fossile fuel (coal) का use, water को steam में convert करने के लिये किया जाता है। जब यह high temperature और pressure की steam high velocity के साथ turbine पर impact करती है, तो turbine को घुमाती है और shaft power मिलती है। जिसका उपयोग electricity को generate करने में किया जाता है।

working substance = water

fossil-fuel(coal) $\xrightarrow{\Delta}$ steam $\rightarrow$ shaft power $\rightarrow$ ele

vapour power cycle और rankine cycle में 4 component होते हैं।

1. Feed pump 2. Boiler 3. Turbine 4. Condenser



Process

- 1 - 2 = Rev adiabatic compression in feed pump/ water feed pump
- 2 - 3 = Constant pressure heat addition in boiler
- 3 - 4 = Rev. adiabatic expansion process in turbine
- 4 - 1 = Constant pressure heat rejection in condenser

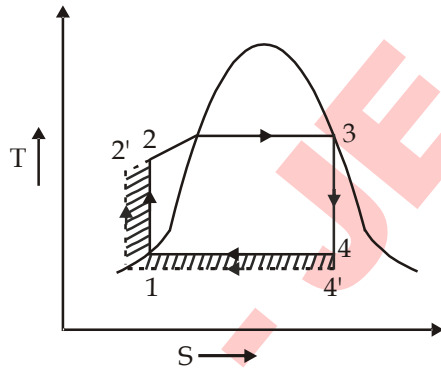
- ☞ Pump work done = $h_2 - h_1$ (or) $-vdp = V_{f1} (P_2 - P_1)$
- ☞ Turbine work done = $h_3 - h_4$
- ☞ Heat supply = $h_3 - h_2$
- ☞ Heat rejection = $h_4 - h_1$

$$\eta = \frac{W_{\text{net}}}{Q_s} = \frac{W_T - W_P}{Q_s} = \frac{Q_s - Q_R}{Q_s} = 1 - \frac{Q_R}{Q_s}$$

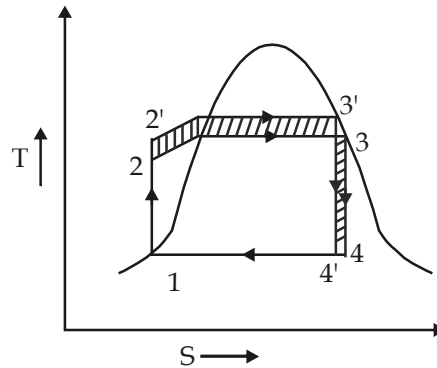
Rankine cycle (or) vapour power cycle की η बढ़ाने के तरीके

1. Heat addition के mean temperature को बढ़ाकर
2. Heat rejection के mean temperature को घटाकर

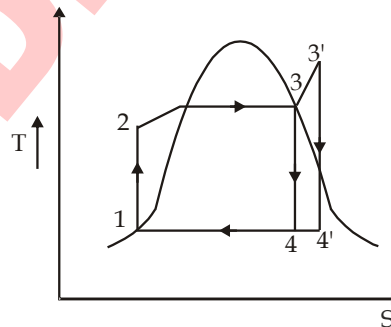
(A) Condenser pressure को decrease करके



- (1) $W_{\text{pump}} \rightarrow$ increase करता है।
- (2) $W_{\text{turbine}} \rightarrow$ ज्यादा increase करता है।
- (3) $W_{\text{net}} \rightarrow$ increase करता है।
- (4) $Q_{\text{supplied}} \rightarrow$ increase करती है।
- (5) $Q_{\text{rejection}} \rightarrow$ unpredictable (कुछ नहीं कह सकते)
- (6) $T_{\text{mean addition}} \rightarrow$ decrease करता है।
- (7) $T_{\text{mean rejection}} \rightarrow$ ज्यादा decrease करता है।
- (8) $\eta \rightarrow$ increase करती है। $\eta = \left(1 - \frac{T_{mR} \downarrow \downarrow}{T_{mA} \downarrow} \right) \uparrow$
- (9) dryness fraction $\rightarrow$ decrease करता है। मतलब steam में moisture content बढ़ता है जिससे blade का erosion बढ़ता है।

(B) increasing boiler pressure :-

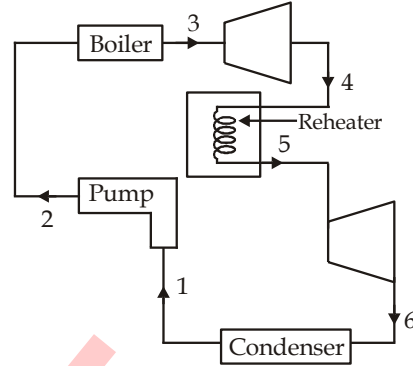
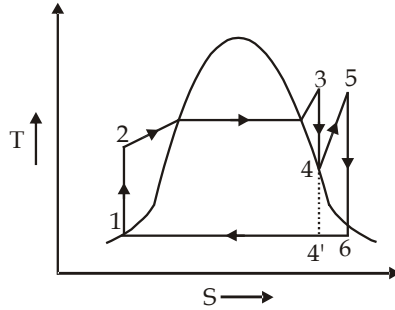
- (1) $W_{\text{pump}} \rightarrow$ increase करता है।
- (2) $W_{\text{turbine}} \rightarrow$ ज्यादा increase करता है।
- (3) $W_{\text{net}} \rightarrow$ increase करता है।
- (4) $Q_{\text{supplied}} \rightarrow$ unpredictable (कुछ नहीं कह सकते)
- (5) $Q_{\text{rejection}} \rightarrow$ decrease करती है।
- (6) $T_{\text{mean addition}} \rightarrow$ increase करता है।
- (7) $T_{\text{mean rejection}} \rightarrow$ same रहता है।
- (8) $\eta \rightarrow$ increase करती है। $\eta = \left(1 - \frac{T_{\text{mR}}}{T_{\text{mA}}}\right) \uparrow$
- (9) dryness fraction $\rightarrow$ यहाँ dryness fraction decrease होता है। मतलब steam में moisture content बढ़ता है जिससे blade का erosion बढ़ता है। इसलिए higher pressure boiler को reheating के साथ use किया जाता है।

(C) By super heating :-

- (1) $W_{\text{pump}} \rightarrow$ same रहता है।
- (2) $W_{\text{turbine}} \rightarrow$ increase करता है।
- (3) $W_{\text{net}} \rightarrow$ increase करता है।
- (4) $Q_{\text{supplied}} \rightarrow$ increase होती है।
- (5) $Q_{\text{rejection}} \rightarrow$ increase होती है।
- (6) $T_{\text{mean addition}} \rightarrow$ increase करता है।
- (7) $T_{\text{mean rejection}} \rightarrow$ same रहता है।

(8) $\eta \rightarrow$ increase करती है। $\eta = \left(1 - \frac{T_{mR}}{T_{mA}}\right) \uparrow$

(9) dryness fraction $\rightarrow$ यहाँ dryness fraction बढ़ता है जिससे turbine blade का erosion कम होता है।
Reheating in Rankine Cycle :-



- (1) $W_{\text{pump}} \rightarrow$ same रहता है।
- (2) $W_{\text{turbine}} \rightarrow$ ज्यादा increase होता है। $\uparrow\uparrow$
- (3) $W_{\text{net}} \rightarrow$ increase करता है।
- (4) $Q_{\text{supplied}} \rightarrow$ increase होती है।
- (5) $Q_{\text{rejection}} \rightarrow$ increase होती है।
- (6) $T_{\text{mean addition}} \rightarrow$ increase होता है। (हमेशा नहीं)
- (7) $T_{\text{mean rejection}} \rightarrow$ same रहता है।

(8) $\eta \rightarrow$ increase करती है। $\eta = \left(1 - \frac{T_{mR}}{T_{mA}}\right) \uparrow$ (हमेशा नहीं)

(9) dryness fraction $\rightarrow$ यहाँ dryness fraction बढ़ता है। (upto 0.9 तक)

Note :-

Rankine cycle में reheating के दौरान work done और efficiency दोनों बढ़ती है। जिसमें work done तो हमेशा बढ़ेगा लेकिन efficiency, heat addition के mean temperature पर depend करती है। क्योंकि heat rejection का mean temperature constant रहता है।

Note :-

Gas turbine के अन्दर reheating turbine का work output बढ़ाने के लिये की जाती है जबकि वहाँ efficiency decrease होती है। लेकिन rankine cycle में reheating इस लिये की जाती है कि higher pressure पर boiler का use किया जा सके।

CHAPTER - 2

STEAM TURBINE

यह एक prime mover है जो heat energy को mechanical shaft work में convert करती है।

→ Steam turbine axial flow machine होती है। इसलिए steam का flow blade से होता हुआ axis के parallel move करता है।

Types of Steam turbine :-

1. **Working Principle के आधार पर :-**

(i) **Impulse turbine**

(ii) **Reaction turbine**

Impulse Turbine

- moving blade में pressure drop नहीं होता pressure drop केवल fixed part (Nozzle) में ही होता है।
- impulse turbine में pressure drop केवल Nozzle पर होता है। moving blade में pressure constant रहता है।
- impulse turbine में profile type की blade use होती है।
- profile type की blade के मध्य uniform space होती है।
- profile type की blade को design व manufacturing करना easy होता है।
- power developement तथा η दोनों कम होती है।
- इसका उपयोग less power requirement के लिए किया जाता है।

Reaction Turbine

- pressure drop fixed part (Nozzle) तथा moving दोनों part में होता है
- moving & fix दोनों blade पर pressure decrease होता है
- reaction turbine में aerodynamic type की blade use होती है
- aerodynamic type blade में space converging type का होता है
- aerodynamic type blade को design करना difficult होता है।
- ज्यादा power और ज्यादा efficient
- more power requirement के लिए reaction turbine का उपयोग किया जाता है।

Simple Impulse Turbine (or) De level Turbine :-

- यह पहला working turbine है जिसके अन्तर्गत केवल एक ही Nozzle (single set of Nozzle) use किया जाता है।
- Total enthalpy drop boiler से condenser तक होता है। यह total enthalpy drop केवल एक ही Nozzle में हो जाता है। इसके कारण turbine की rotational speed 20000-30000 rpm पहुँच जाती है। जबकि turbine की practical working limit अर्थात् maximum speed 3000 rpm ही हो सकती है।

अतः इस rotational speed को decrease करने के लिए impulse turbine की compounding की जाती है।

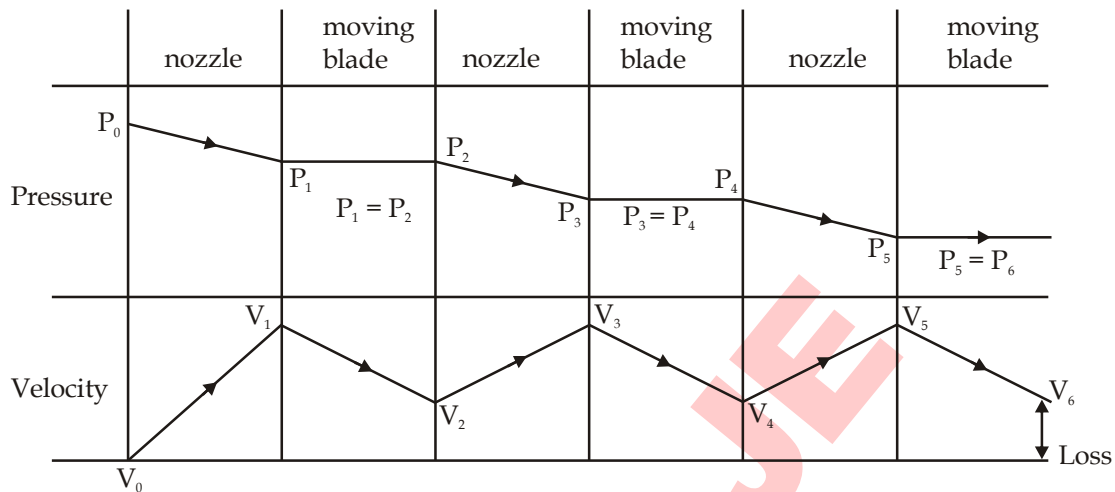
→ Impulse turbine की compounding दो तरह से की जाती है।

- Pressure compounding (Reteau turbine)

2. Velocity compounding (curtis turbine)

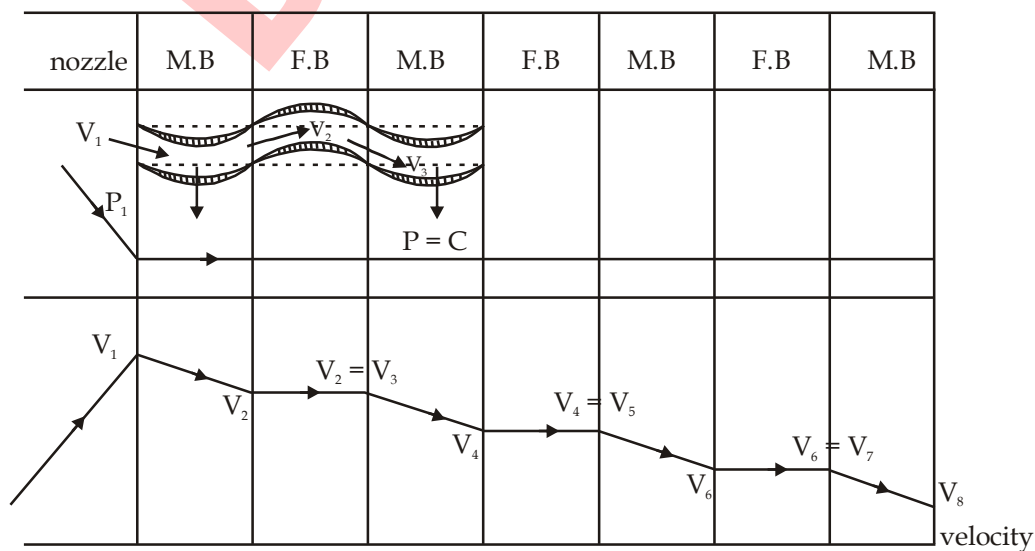
1. Pressure Compounding turbine (or) Reteau turbine :-

- ☞ इस प्रकार के turbine में steam के pressure को drop करने के लिए compounding की जाती है।
- ☞ Steam के pressure को drop करने के लिए कई stage use की जाती है।
- ☞ यहाँ प्रत्येक stage में Nozzle & moving blade लगे होते हैं।



2. Velocity Compounding (Curtis Turbine) :-

- ☞ इस प्रकार के turbine में velocity के लिए compounding की जाती है। जहाँ velocity में drop एक से ज्यादा stage में किया जाता है। तथा प्रत्येक stage में moving and fixed blade लगी होती है।
- ☞ Velocity compounding में केवल एक ही Nozzle होता है। जहाँ total pressure drop होता है एवं high kinetic energy achieve की जाती है।
- ☞ Velocity drop moving blade में होती है।
- ☞ fixed blade केवल flow को guide करती है।



Degree of Reaction :-

यह moving blade में pressure drop तथा fixed और moving blade में अर्थात् total stage में pressure drop का अनुपात होता है।

Degree of reaction

$$= \frac{\Delta P \text{ in moving blade}}{\text{Total pressure drop in moving \& fixed blade}} = \frac{\text{Enthalpy drop in moving blade}}{\text{Total enthalpy drop in moving \& fixed blade}}$$

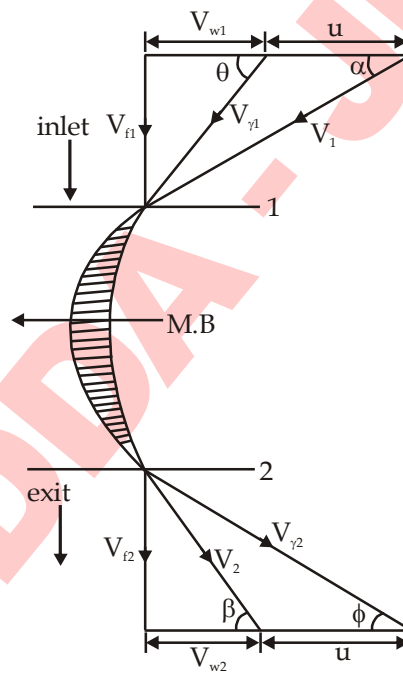
Note:-

Impulse turbine के लिये degree of reaction शून्य होता है क्योंकि moving blade में pressure constant रहता है।

Reaction turbine :-

50% Reaction turbine → parson turbine

100% Reaction turbine → hero turbine

Velocity Diagram For Impulse Turbine

Where

α = Nozzle angle or fixed blade outlet angle

β = fixed blade inlet angle or absolute velocity angle at outlet

θ & ϕ = blade angles at inlet & outlet

Parameter	Impulse Turbine	Reaction Turbine
Blade	Symmetrical ($\theta = \phi$)	Unsymmetrical ($\theta > \phi$)
Inlet energy	Kinetic energy	Kinetic + pressure energy
Pressure and velocity	$P_1 = P_2$ $V_{r1} = V_{r2}$	$P_1 > P_2$ $V_{r1} < V_{r2}$
Optimum speed or speed ratio ($\rho = u/v$)	$\frac{\cos \alpha}{2}$	$\cos \alpha$
Maximum efficiency	$\cos^2 \alpha$	$2\cos^2 \alpha / (1 + \cos^2 \alpha)$

DDA-JE

CHAPTER - 3

BOILER

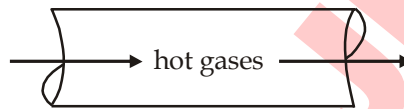
Boiler एक heat exchanger device है जिसका उपयोग desire pressure एवं temperature पर heat को transfer करने के लिए किया जाता है।

- Boiler में fossile fuel(coal) use किया जाता है जिसकी सहायता से water को steam में convert करते है।
- Generally boiler steel या alloy steel के बनते है।

Boiler Classification :-

1. Fire tube और water tube boiler :-

Fire tube boiler :-

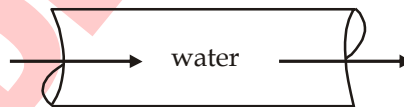


fire tube boiler में tubes के अन्दर hot gases flow की जाती है तथा उनके बाहर water होता है। Hot gases अपनी heat water को देती हुई आगे बढ़ती है।

Ex.

Cochran boiler
Lancashire boiler
Locomotive boiler

Water Tube Boiler :-



water tube boiler में water, tube के अन्दर flow होता है तथा hot gases उसके चारों तरफ flow होती है। hot gases अपनी heat water को transfer करती है।

Ex.

Bebcox and wilcox boiler
stirling boiler
Benson boiler
Lamount boiler

2. Externally fired और Internally fired boiler :-

Externally fired - अगर grat पर fuel की burning boiler shell के बाहर होती है तो वह externally fired boiler कहलाता है।

Ex. Bebcx and wilcox boiler

Internally fired :- अगर grat पर fuel की burning boiler shell के अन्दर होती है तो वह internally fired boiler कहलाता है।

Ex.

Lancashire

Locomotive

3. Forced Circulation और Natural Circulation :-

Forced circulation :-

water pump की help से circulated होता है।

Ex. Lamount, Benson Boiler

Natural Circulation :-

Water normally व Naturally रूप से circulated होता है।

Ex.

Bobcox and wilcox

Lancashire boiler

4. Low pressure और High Pressure Bioler :-

Low Pressure Boiler

Work below 80 bar

Ex.

Cornish

Locomotive

Lancashire

High Pressure Boiler

Work above 80 bar

Ex.

Babcox & wilcox

Lamount boiler

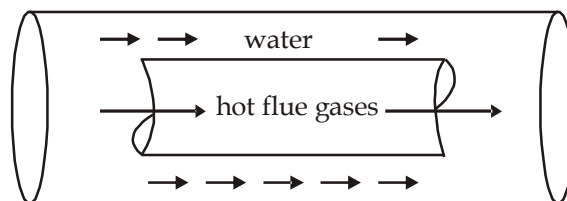
Benson boiler

Note :- Benson boiler

- ☞ Benson boiler में कोई drum use नहीं होता है।
- ☞ इनकी efficiency 90% होती है।
- ☞ इनमें pressure की कोई limitation नहीं होती है।
- ☞ यह super critical boiler होता है।

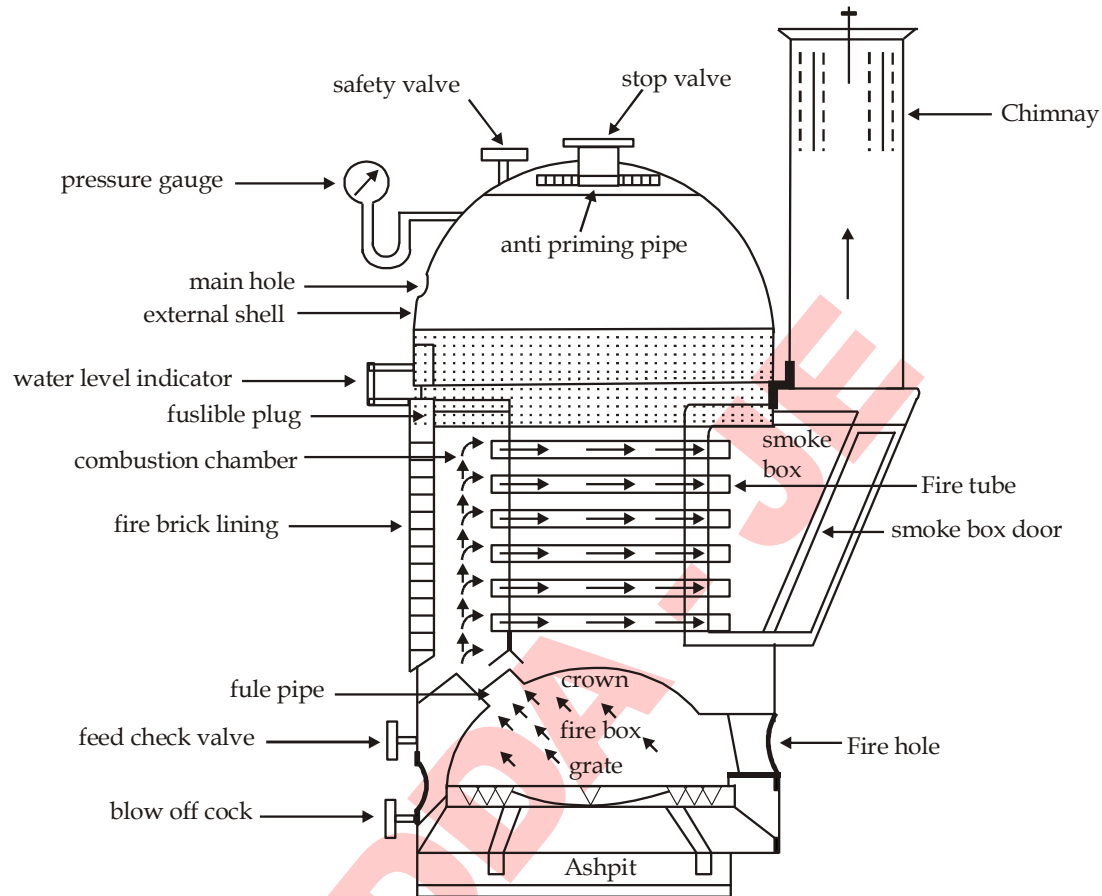
Water Tube और Fire Tube Boiler

1. **Fire tube boiler :-** इस प्रकार के boiler में hot gases tubes में flow होती है। एवं water उन tubes के arround flow करता है। hot gases tubes से होती हुई आगे बढ़ती है एवं अपनी heat, water को transfer करते हुए चिमनी की सहायता से atmosphere में exhaust हो जाती है।



Ex. Cochran, Cornish, Locomotive, Lancashire

Cochran boiler :-



यह most popular fire tube boiler होता है यह low pressure पर work करता है यह vertical , multitube तथा internally fired boiler होता है।

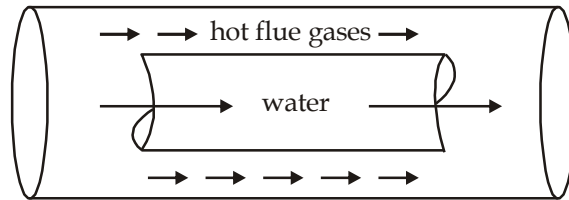
- ☞ Cochran boiler का diameter 3 मी. तथा ऊँचाई 6 मीटर है।
- ☞ इसकी vapour बनाने की capacity 3640 kg/hr है।
- ☞ यह low pressure boiler है जो कि 20 bar पर कार्य करता है।
- ☞ Cochran boiler में एक vertical shell होती है जो कि hemispherical shape की बनी होती है।
- ☞ Cochran boiler में कोई joint नहीं होता इसलिए इसे joint boiler कहते हैं।
- ☞ boiler के bottom part में Grate लगी होती है। जहाँ fossile fuel को burn करने के बाद बची हुई राख को Ash pit में collect कर लिया जाता है। तथा hot gases को fire tubes से गुजारा जाता है।
- ☞ ये अपनी heat water को transfer करती हुई cheimeny से बाहर निकल जाती है।

Note :-

Locomotive boiler horizontal, multitube, internally fired boiler होता है जिसे mobile boiler भी कहा जाता है।

2. Water tube boiler :-

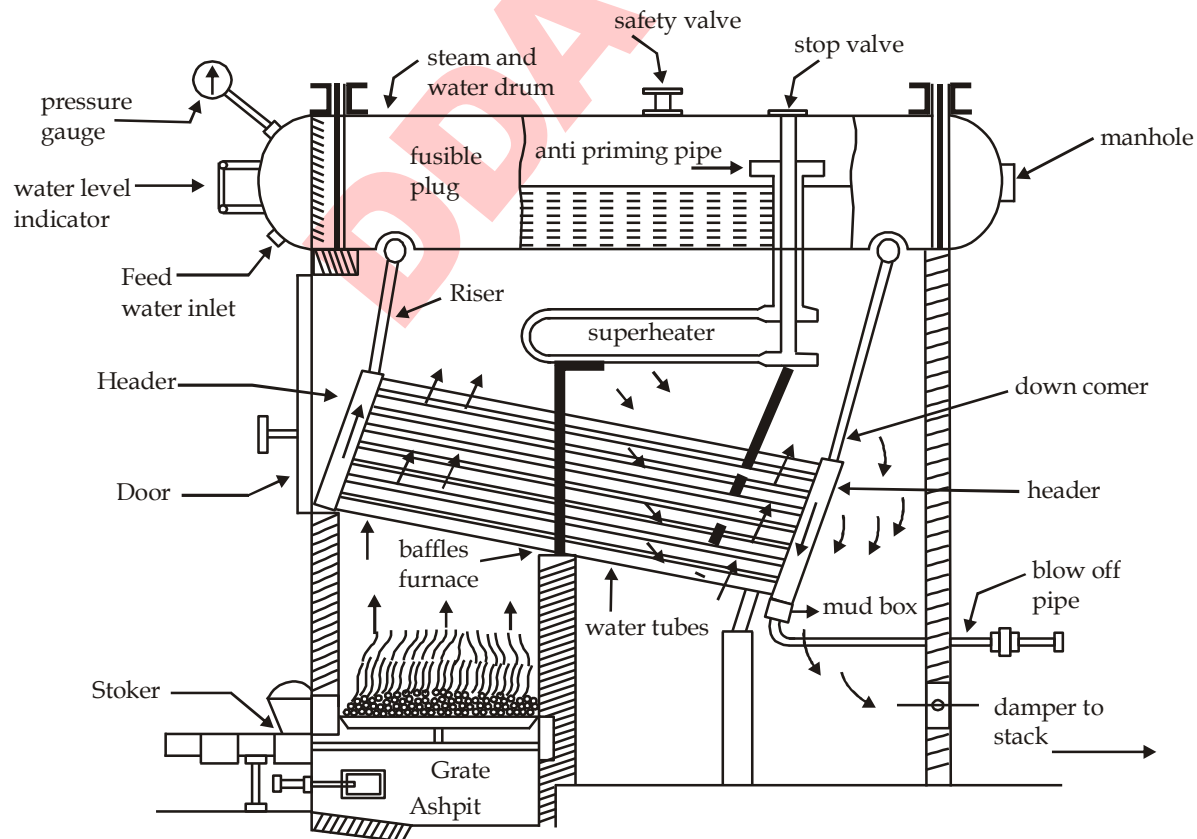
water tube boiler में water tube के अन्दर flow होता है तथा hot gases tube के चारो तरफ flow होती है। जब hot gases tube के चारो तरफ flow करती है तो ये अपनी heat water को transfer करती हुई cheminey से बाहर निकल जाती है। water hot gases से heat प्राप्त करके steam में convert हो जाता है। जिसे super heat condition में collect कर लिया जाता है।



Babcox and wilcox boiler :-

- ☞ Horizontal boiler होता है।
- ☞ Water tube boiler होता है।
- ☞ High pressure boiler होता है।
- ☞ Externally fired tube boiler होता है।
- ☞ Naturally circulation boiler होता है।
- ☞ Babcox and wilox boiler की vapour बनाने के capacity 20000 से 40000 kg/hr होती है।

Construction and working



Boiler Mounting तथा Accessories :-

Boiler Mountings :-

यह protective device होते हैं जो boiler की surface पर mount होते हैं तथा इनका काम boiler की safe functioning और control को ensure करना होता है। कुछ महत्वपूर्ण boiler mounting इस प्रकार हैं।

1. **Water gauge & Water level indicator :-** यह एक important fitting होती है जो boiler के अन्दर water level को indicate करते हैं। सामान्यतया boiler में दो water level indicator उपयोग किये जाते हैं।
 2. **Fusible plug :-** यह furnace या fire box की crown plate पर fit होता है और इसका काम furnace के अन्दर fire को put off करना होता है, जब boiler के अन्दर water का level एक limit से कम हो जाता है। इसका उपयोग boiler को over heating से बचाने में किया जाता है। fusible plug, low melting point material जैसे gun metal का बना होता है।
 3. **Pressure gauge :-** Pressure gauge का उपयोग steam boiler के अन्दर pressure को measure करने के लिये किया जाता है। सामान्यतया bourden type का pressure gauge उपयोग किया जाता है।
 4. **Safety Valve :-** यह steam chest से attach होता है जो steam के internal pressure की वजह से होने वाले explosion से boiler को बचाता है। एक steam boiler में सामान्यतया दो safety valve लगे होते हैं। जब steam का pressure boiler के अन्दर एक limit से ज्यादा हो जाता है तो यह कुछ steam को वातावरण में release कर देता है।
 5. **Blow off pipe/cock :-** इसका उपयोग boiler में जमा mud (कीचड़), scale, sediments को हटाने में maintenance के दौरान और जब भी boiler को खाली करना हो तब किया जाता है।
 6. **Feedcheck valve (or) feed water valve :-**
यह एक non-return valve होता है। इसका काम feed pump के द्वारा boiler के अन्दर भेजे जाने वाले water को regulate करने का होता है। यह boiler shell में water level के slightly नीचे लगा होता है।
- Stop valve (or) steam stop valve :-** इसका उपयोग boiler से मुख्य steam pipe में flow को control करने के लिये किया जाता है तथा इसका उपयोग steam को completely shutoff करने के लिये भी किया जाता है, जब भी आवश्यक होता है।

Note :-

- Spring loaded safety valve का उपयोग मुख्यतः locomotive और marine boilers में होता है।
- वे सभी components जिनके पीछे gauge, plug व valve लगे होते हैं boiler mounts कहलाते हैं।

Boiler Accessories

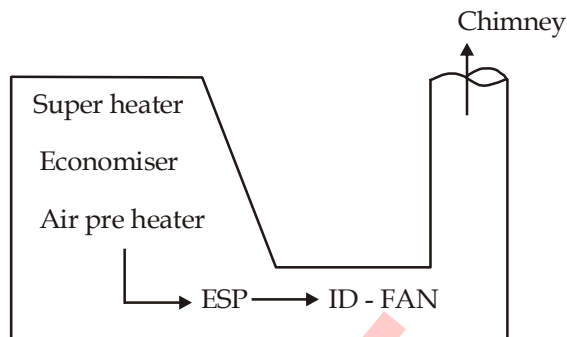
यह devices boiler का integral part होती हैं और boiler की efficiency और performance को बढ़ाने का काम करती हैं कुछ महत्वपूर्ण boiler accessories इस प्रकार हैं।

1. **Economiser :-** यह device feed water को exhaust flue gases की सहायता से heat करने के काम आता है। यह boiler की economy को improve करता है तथा boiler के अन्दर fuel की आवश्यकता को कम करता है। यह boiler की efficiency को बढ़ाता है तथा overall thermal stresses को कम करता है।
2. **Air Preheater :-** यह furnace के अन्दर जाने वाली air को exhaust gases की सहायता से heat करने का काम करता है। Air preheater economiser और chimney के बीच में installed होता है।
3. **Super heater :-** इसका उपयोग saturated steam का temperature बढ़ाकर superheat करने में किया जाता है। यह flue gases के path में installed होता है।
4. **Steam separator :-** इसका उपयोग steam से water particles को अलग करने में किया जाता है।
5. **Injector :-** इसका उपयोग जहाँ space कम होता है वहाँ feed water को boiler के अन्दर inject करने में किया

जाता है।

6. **Steam trap :-** इसका उपयोग negligible steam loss के साथ condensate और noncondensate gases को discharge करने में किया जाता है।

☞ **Boiler Accesseries का Correct Order :-**



ESP :- ESP का use dry aish के fine particals को collect करने के लिए किया जाता है [size = 10 ppm]
ESP - Electro static presipleter

Difference between wate tube boiler and fire tube boiler :-

Parameter	Water tube	Fire tube
Blast tendency	More	Less
Operating cost	More	Less
Clearing	More (easy to clean)	Less (hard to clean)
Water distillation	Yes, Required	Non required
Efficiency	More	Less
Floor space	More	Less
Heating area	Less	More
Life	More	Less
Leakage	Less dangerous	Less dangerous
Overall efficiency	More	Less
Operating pressure	High	Low
Example	Babcox & wilcox Lamount, Bension	Cohren, Locomotive concashire

Boiler Performance Parameter :-

(1) **Evaporative Capacity :-**

यह boiler के per hour steam production rate या water evaporation heat को बताता है।

(2) **Equivalent evaporation :-**

Normal atmospheric condition में 100°C के water को 100°C की dry और saturated steam में convert करने के लिये दी जाने वाली heat तथा water के latent heat of vaporisation का ratio equivalent evaporation कहलाता है।

Equivalent evaporation

$$\epsilon = \frac{m_s (h - h_f)}{2257}$$

जहाँ

h = exit पर steam की enthalpy

h_f = feed water की enthalpy

2257 = latent heat of vaporations

m_s = mass flow rate of steam

(3) Boiler Efficiency :-

यह water को steam में convert करने में दी गई energy तथा boiler के अन्दर furnace में fuel से released heat का ratio होता है।

$$\eta = \frac{\text{steam को produce करने में used heat}}{\text{furnace में liberated heat}} = \frac{m_s (h - h_f)}{m_f \times \text{calorific value}}$$

DDA - JE