ZONE TECH

www.zonetech.in

ZONE TECH

Best Institute For Assistant & Junior Engineer

MECHANICAL ENGINEERING

E-Book

for

(Diploma Students)

ME
Diploma

INTERNAL COMBUSTION ENGINE

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
(INTRODUCTION OF I.C. ENGINE)

इन्जन की मूलभूत बातें :-

Engine : यह एक ऐसा उपकरण है जो ऊर्जा के एक रूप को अन्य useful form में बदलता है।

Combustion (दहन) के आधार पर इसको दों भागों में devide किया गया है।

- Internal combustion engines (I. C engines)
- External combustion engine (E.C engines)

IC engine में fuel का combustion (दहन) cylinder के अन्दर होता है तथा power उसी cylinder में पैदा होती है (जैसे automobile engine)

E.C. engine working fluid द्वारा combustion products से ऊष्मा का स्थानान्तरण बाहर से cylinder में किया जाता है।

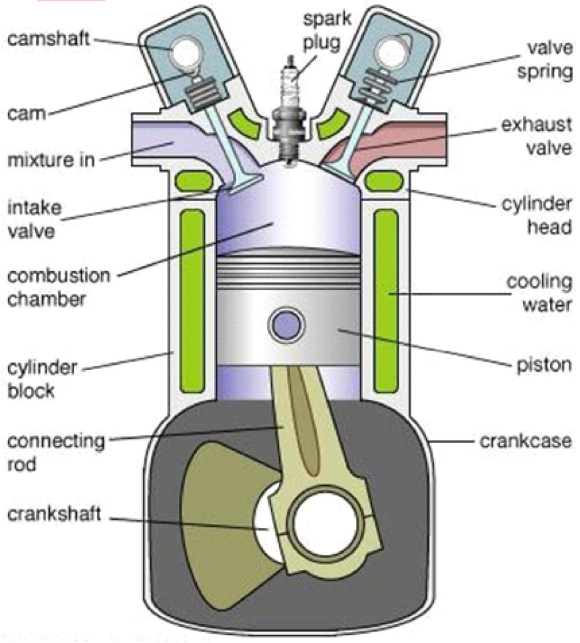
Heat Engines (ऊष्मा इंजन) :-

उष्मा इन्जन इस प्रकार का उपकरण है जो fuel की chemical energy को heat energy में बदलता है तत्पश्चात् उस heat energy को mechanical power में बदलता है।

E.C. engine की तुलना में IC engine के लाभ :-

- सरल यन्त्रावली
- Boiler, turbine, condenser की अनुपस्थिति से प्रारम्भिक कीमत कम होती है।
- उच्च दक्षता
- उच्च power to weight ratio होता है।

Different components of an engine :-



SDA - JE

Material selection

(1) **Cylinder and Cylinder head :-** Cast iron, Cast steel, Cast aluminium, Cast aluminium alloy
(2) **Piston :-** Cast aluminium, Cast aluminium alloy
(3) **Piston Pin (Gudgeon pin) :-** Hardened & forged steel
Note :- The gudgeon pin is hollow.
(4) **Piston rings :-** Silicon cast steel
(5) **Connecting rod or Crank rod :-** Forged alloy steel
Note :- For small engine aluminium alloy used
(6) **Crank shaft :-** Hardened & smooth high speed stainless steel (HSS) or alloy steel

Classification of IC engine

(1) **According to type of fuel ignition :-**
- **(a)** Spark ignition engine (SI engine)
- **(b)** Compression ignition engine (CI engine)

(2) **According to type of fuel used :-**
- **(a)** Petrol engine
- **(b)** Diesel engine
- **(c)** Gaseous fuel engine

(3) **According to type of cycle used :-**
- **(a)** Otto cycle engine
- **(b)** Diesel cycle engine
- **(c)** Dual cycle engine

(4) **According to number of revolution per cycle :-**
- **(a)** 4-stroke engine
- **(b)** 2-stroke engine

(5) **According to type of cooling system used :-**
- **(a)** Air cooled engine
- **(b)** Water cooled engine

(6) **According to type of fuel injection :-**
- **(a)** Carburetor injection engine (petrol engine)
- **(b)** Air injection engine
- **(c)** Air less or solid injection engine

(7) **According to type of cylinder position :-**
- **(a)** Horizontal cylinder engine
- **(b)** Vertical cylinder engine
- **(c)** Inclined engine
- **(d)** Opposed cylinder engine
- **(e)** V-type engine
- **(f)** Opposed piston engine
- **(g)** Radial engine

DDA-JE

(8) According to type of valve position :-

(a) Over head valve engine
(b) Side valve engine

(9) According to type of applications :-

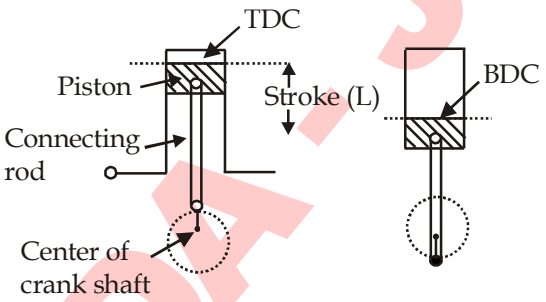
(a) Stationary engine
(b) Auto motive engine
(c) Air craft engine
(d) Locomotive engine
(e) Marine engine

Engine Nomenculature :

(1) Top dead centre : यह वह dead center है जब पिस्टन crack shaft से सबसे दूर होता है क्षैतिज engine में TDC को inner dead centre (IDC) कहते है।

(2) Bottom dead centre (BDC) :- यह वह dead center है जब पिस्टन क्रेन्क शाफ्ट के सबसे नजदीक होता है क्षैतिज engine में BDC को outer dead center के नाम से जाना जाता है।

(3) Stroke or stroke length (L) : TDC तथा BDC के मध्य की दूरी stroke या stroke length कहलाती है।

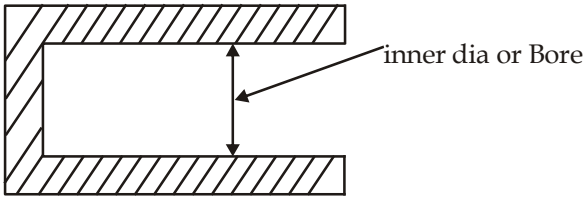


(4) Displacement / Stroke / Swept Volume :- (V_s)

यह इन्जन द्वारा एक stroke के दौरान swept किया गया आयतन होता है।

$$V_S = \frac{\pi}{4}D^2L$$

D = cylinder का आन्तरिक व्यास (inner dia)
L = stroke length

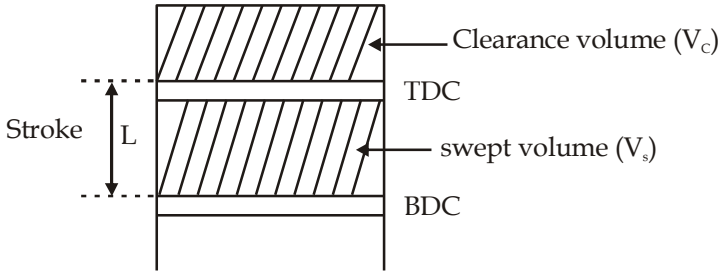


यदि cylinder की संख्या k हो तो total swept volume

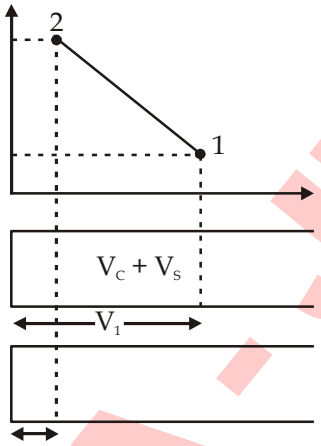
$$V_{Total} = K \times \frac{\pi}{4}D^2L$$

(5) Clearance Volume (V_c) :- यह cylinder का वह आयतन है जब पिस्टन TDC पर होता है। Clearance volume, valve को space तथा damage होने से बचाता हैं।

DDA - JE



(6) Compression Ratio (r) :- यह सम्पीड़न (compression) से पहले का आयतन तथा सम्पीड़न के बाद के आयतन का अनुपात होता है।



V_1 = Volume before compression $V_C + V_S$
V_2 = Volume after compression $V_2 = V_C$

$$r = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_C + V_S}{V_C} = 1 + \frac{V_S}{V_C}$$

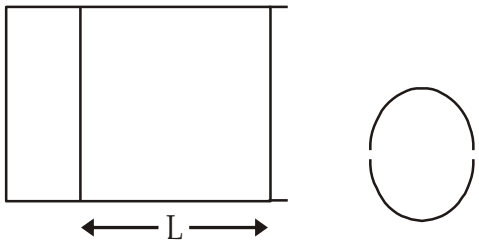
Clearance ratio (C) :- clearance volume तथा stroke volume का अनुपात clearance ratio (C) कहलाता है।

Mean Piston Speed :-

एक स्ट्रोक में शाफ्ट द्वारा आधा revolution (180°) पूरा होता है तथा एक revolution में 2L cover करता है।

$$= \frac{2L}{rev} \times \frac{N\,rev}{min}$$

$$(\text{mean speed}) = \frac{2LN}{60}$$



DDA - JE

CHAPTER - 2
(AIR STANDARD CYCLES)

Air Standard Cycles (वायु मानक चक्र) :-

Assumptions (मान्यताऐं) :-

(1) कार्यकारी fluid वायु होता है तथा यह आदर्श गैस की भांति व्यवहार करता है।

(2) विशिष्ट उष्मा C_P & C_V का मान constant होता है।

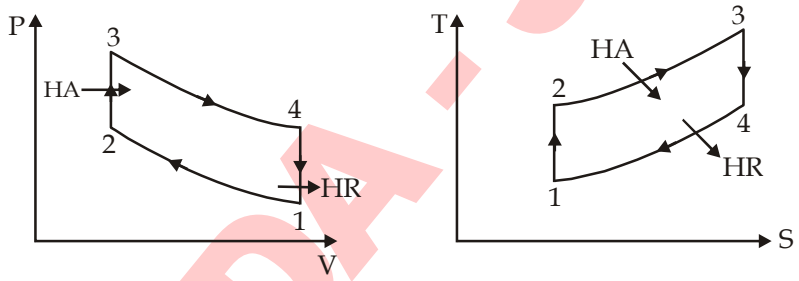
(3) Working fluid का mass fixed होता है Closed system की तरह।

(4) Working fluid में किसी भी प्रकार की रसायनिक क्रिया नहीं होती है।

(5) सभी प्रक्रम (process) को उत्क्रमणीय (reversible) माना जाता है। (आन्तरिक reversible)

Note:- सामान्यतया cp तथा cv का मान 25°C ताप पर लिया जाता है यह cold air cycle analysis कहलाता है।

Otto cycle



Process (1 - 2) = Reversible adiabatic compression
Process (2 - 3) = Constant volume heat addition
Process (3 - 4) = Reversible adiabatic expansion
Process (4 - 1) = constant volume heat rejection

Compression ratio (r) = $\frac{v_1}{v_2}$

$$V_3 = V_2 \text{ and } V_4 = V_1$$

Expansion ratio (r_e) :-

यह expansion के बाद तथा expansion पहले के volume का अनुपात होता है।

$$\frac{V_4}{V_3} = \frac{V_1}{V_2} = r_e$$

In process (1 - 2)

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = (r)^{\gamma-1} \quad \text{.... (i)}$$

UDA - JE

In process (3 - 4)

$$T_3V_3^{\gamma-1} = T_4V_4^{\gamma-1} \qquad v_4 = v_1 \qquad v_3 = v_2$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

$$\frac{T_3}{T_4} = (r)^{\gamma-1} \qquad \text{.... (ii)}$$

from (i) and (ii)

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_4}$$

$$T_1T_3 = T_2T_4$$

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow \frac{T_4}{T_1} - 1 = \frac{T_3}{T_2} - 1 \qquad \text{... (iii)}$$

हम जानते है कि process (2-3) में constant volume heat addition होता है i.e.

Heat addition (HA) $= mc_v(T_3 - T_2)$

हम जानते है कि process (4-1) में constant volume heat rejection होता है i.e.

Heat rejection (HR) $= mc_v(T_4 - T_1)$

Thermal efficiency of otto cycle is $\eta = \frac{W_{net}}{HA}$

We know that $W_{net} = HA - HR$

so $$\eta = \frac{HA - HR}{HA} = 1 - \frac{HR}{HA}$$

Put the value of HA & HR

$$\eta = 1 - \frac{mc_v(T_4 - T_1)}{mc_v(T_3 - T_2)}$$

$$\eta = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_1\left(\frac{T_4}{T_1} - 1\right)}{T_2\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)} \qquad \text{... (iv)}$$

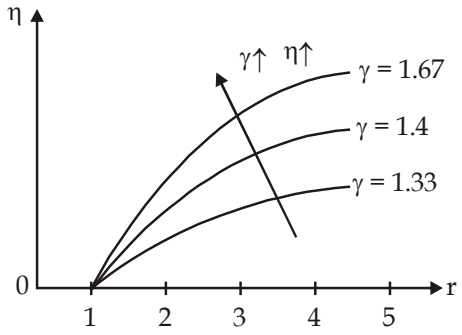
From equation (iii) & (iv)

$$\eta = 1 - \frac{1}{(r)^{\gamma-1}} \qquad \text{... (v)}$$

Equation (v) represent thermal efficiency of otto cycle

DDA - JE

Represent a graph between efficiency (η) and compression ratio (r) :-

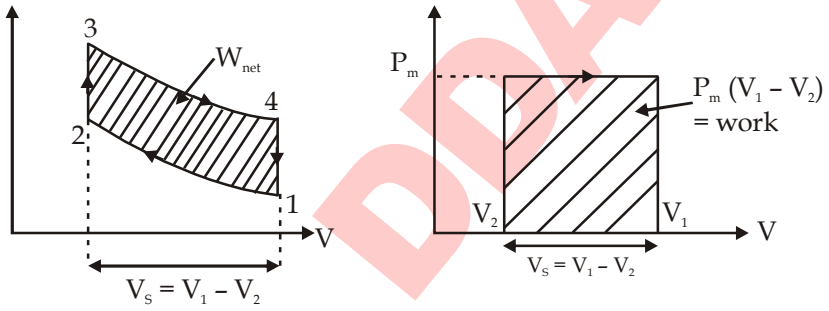


Significance of Compression Ratio (सम्पीडन अनुपात का महत्व) :-

- सम्पीडन अनुपात Engine की दक्षता को प्रदर्शित करता है
- सम्पीडन अनुपात जितना अधिक होता है दक्षता उतनी ही अधिक होगी क्योंकि सम्पीडन अनुपात अधिक होने से प्रसरण (Expansion) अधिक होगा और इससे net work ज्यादा मिलेगा
- इस प्रकार दी गई उष्मा के लिए सम्पीडन अनुपात (compression ratio) ज्यादा होने पर दक्षता (Efficiency) भी अधिक होगी

Mean - Effective Pressure (माध्य प्रभावी दाब) (Mep) :-

यह एक काल्पनिक नियत दाब होता है जो समान volume तथा size के लिए वास्तविक चक्र का net work के समान होता है।



$W_{net} = P_m (V_1 - V_2)$

$W_{net} = P_m . V_S$

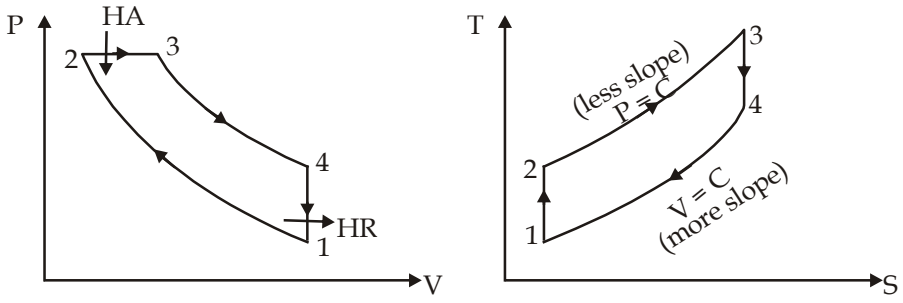
$$P_m = \frac{W_{net}}{V_S}$$

Significance of P_m :-

- यह पद समान size के विभिन्न इन्जनों की तुलना करने में उपयोग लिया जाता है।
- जैसे ज्यादा mean effective pressure वाले इन्जन का ज्यादा net work होता है तथा समान heat input के लिए ज्यादा P_m वाला ज्यादा efficiency रखता है।

DDA - JE

Diesel Cycle



Process (1 - 2) = Reversible adiabatic compression

Process (2 - 3) = Constant pressure HA

Process (3 - 4) = Reversible adiabatic expansion

Process (4 - 1) = Constant volume HR

Air standard efficiency of diesel cycle :-

compression ratio (r) = $\frac{V_1}{V_2}$

cut off ratio (ρ) :- यह heat addition के बाद के आयतन तथा heat addition के पहले के आयतन का अनुपात होता है।

$$\rho = \frac{V_3}{V_2}$$

Expansion ratio (r_e) :-

यह expansion के बाद का आयतन तथा expansion के पहले के आयतन का अनुपात होता है।

$$r_e = \frac{V_4}{V_3}$$

we know that $V_1 = V_4$

so $$r_e = \frac{V_1}{V_3} = \frac{V_1}{V_2} \times \frac{V_2}{V_3} = \frac{r}{\rho}$$

In process (1 - 2) :- In process 1 - 2 reversible adiabatic compression so

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = (r)^{\gamma-1}$$

$$T_2 = T_1 (r)^{\gamma-1} \quad \text{... (i)}$$

In process (2 - 3) :- In process 2 - 3 constant pressure heat addition takes place so

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{V_2} = \rho$$

DDA - JE

$$T_3 = T_2 \times \rho$$

$$T_3 = T_1 \times \rho \times (r)^{\gamma-1} \quad \text{... (ii)}$$

In process (3 - 4) :- In process 3 - 4 reversible adiabatic expansion takes place so

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1}$$

$$T_4 = T_3 \times \left(\frac{\rho}{r}\right)^{\gamma-1}$$

$$T_4 = \left(T_1 \times r^{\gamma-1} \times \rho\right) \times \left(\frac{\rho}{r}\right)^{\gamma-1}$$

$$T_4 = T_1 \times \rho^{\gamma} \quad \text{... (iii)}$$

हम जानते है कि process (2-3) में constant pressure heat addition होगा i.e.

Heat addition (HA) $= mc_p(T_3 - T_2)$

हम जानते है कि process (4-1) में constant pressure heat rejection होगा i.e.

Heat rejection (HR) $= mc_v(T_4 - T_1)$

Thermal efficiency of otto cycle is $\eta = \frac{W_{net}}{HA}$

We know that $W_{net} = HA - HR$

so $\eta = \frac{HA - HR}{HA} = 1 - \frac{HR}{HA}$

Put the value of HA & HR

$$\eta = 1 - \frac{mc_v(T_4 - T_1)}{mc_p(T_3 - T_2)}$$

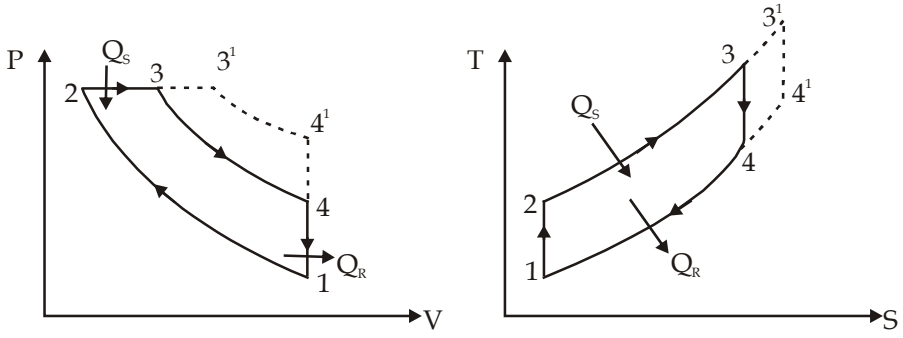
$$\eta = 1 - \frac{1\left(T_1 \times \rho^{\gamma} - 1\right)}{\gamma\left[T_1(r)^{\gamma-1} \times \rho - T_1(r)^{\gamma-1}\right]}$$

$$\eta = 1 - \frac{1\left(\rho^{\gamma} - 1\right)}{\gamma\, r^{\gamma-1}(\rho - 1)} \quad \text{... (iv)}$$

Equation (iv) represent the air standard thermal efficiency of diesel engine

DDA - JE

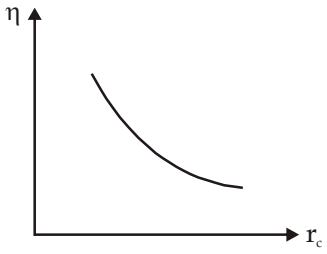
Effect of cut off ratio (r_c) on the efficiency of diesel cycle (Diesel cycle की दक्षता पर cut off ratio (r_c) का प्रभाव)



$V_1, V_2, (V_C, V_S) \rightarrow$ fixed any given engine

$$\eta = 1 - \frac{Q_R \uparrow}{Q_S \uparrow}$$

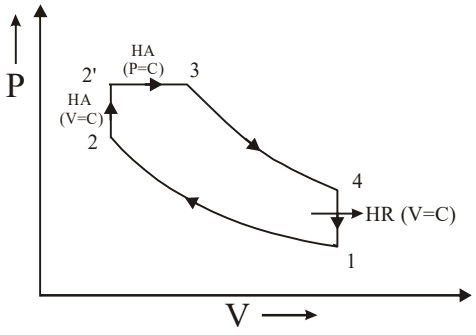
Q_R ज्यादा क्योंकि constant volume का slope ज्यादा होता है।

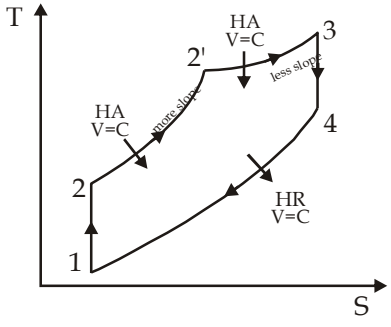


- Cut off ratio बढ़ाने पर heat supply तथा heat rejection (Q_R) दोनों बढ़ती है लेकिन heat rejection ज्यादा होता है क्योंकि heat rejection constant volume पर होता है जबकि heat supply constant pressure पर और slope constant pressure line की तुलना constant volume line का slope ज्यादा होता है।

The dual combustion cycle or the semi diesel cycle :-

वास्तविकता में किसी इन्जन में न तो constant volume पर heat add की जाती है और न ही constant pressure पर और एक dual cycle बनता है और इसके features otto तथा diesel दोनों जैसे होते है।





- Dual combustion cycle के लिए heat addition दो उष्मागतिकीय प्रक्रमों में की जाती है।
- Heat addition पहले तो नियत आयतन पर होती है फिर नियत दाब पर होती है।,

DDA - JE

- Range of compression ratio
  - Petrol Engine के लिए (6 - 10)
  - Dual Engine के लिए (12 - 16)
  - Diesel Engine के लिए (16 - 20)
- इस प्रकार dual engine की size petrol engine तथा diesel engine की size के मध्य होती है क्योंकि engine की size compression ratio पर निर्भर करती है।
- constant volume heat addition के दौरान pressure का ratio explosion ratio (α) कहलाता है।

$$\text{In the fig. } \frac{P_{2a}}{P_2} = \alpha$$

- यदि dual cycle में heat addition पहले constant pressure पर फिर बाद में constant volume पर की जाये तो P-V diagram का area कम प्राप्त होता है तथा कार्य कम प्राप्त होता है जबकि heat input समान हो।
- Dual cycle engine की दक्षता diesel cycle की दक्षता से थोड़ी कम होती है।
- Dual cycle engine में constant volume पर heat addition की तुलना में constant pressure पर heat addition 2 - 3 गुना ज्यादा होता है।

Air standard thermal efficiency of dual combustion cycle is

$$\eta = 1 - \frac{\alpha\rho^{\gamma} - 1}{(r^{\gamma-1})[(\alpha-1) + \gamma\alpha(\rho-1)]}$$

where r = compression ratio

ρ = Cut off ratio

α = explosion ratio or pressure ratio

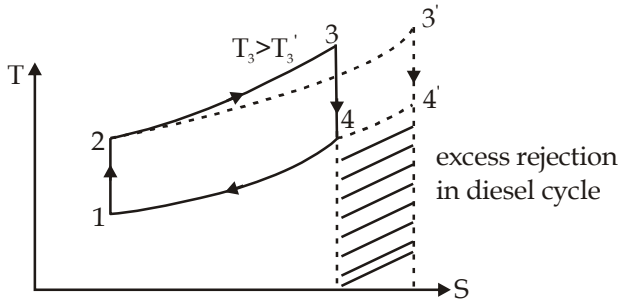
Note :-

- If pressure ratio (α) = 1, dual cycle becomes diesel cycle
- If cut off ratio (ρ) = 1, dual cycle becomes otto cycle

Comparison of otto & diesel cycle :-

Case - I

Same compression ratio & Heat supply



1 - 2 - 3 - 4 → otto cycle

1 - 2 - 3^1 - 4^1 - Diesel cycle

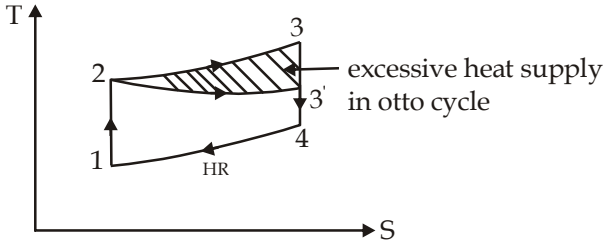
DDA - JE

$\eta = 1 - \frac{Q_R \uparrow}{Q_S}$ $\quad Q_R \uparrow \eta \downarrow$

- समान सम्पीडन अनुपात पर diesel cycle में heat rejection ज्यादा होता है इसीलिए otto cycle की दक्षता diesel cycle की दक्षता से ज्यादा होती है।

$(Q_S)_{otto} = mc_v(T_3 - T_2)$
$(Q_S)_{diesel} = mc_p (T_3^1 - T_2)$
$mc_v (T_3 - T_2) = mc_p (T_3^1 - T_2)$
$\downarrow c_v (T_3 - T_2) \uparrow = \uparrow c_p (T_3^1 - T_2)$
$T_3 > T_3^1$

Case - 2 Same Compression ratio and heat rejection :-

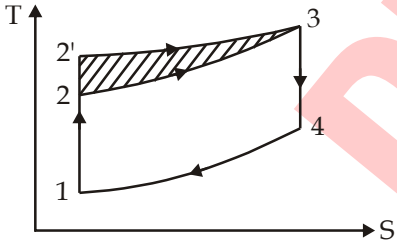


1 - 2 - 3 - 4 - otto
1 - 2 - 3^1 - 4^1 - diesel

$\eta = 1 - \frac{Q_R}{Q_S}$

- समान सम्पीडन अनुपात तथा heat rejection के लिए otto cycle में heat supply ज्यादा होता है इसलिए otto cycle की दक्षता ज्यादा होती है।

Case - 3 Same Max. Temperature and Heat Rejection



1 - 2 - 3 - 4 - otto
1 - 2^1 - 3 - 4 - Diesel

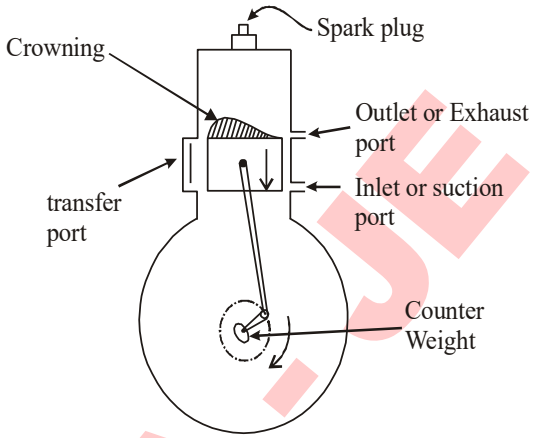
- समान maximum temperature तथा heat rejection के लिए diesel cycle की heat supply ज्यादा होने के कारण diesel cycle ज्यादा efficient होता है।
- Otto cycle की तुलना में diesel cycle में compression ratio ज्यादा होता है।

DDA - JE

CHAPTER - 3
(WORKING OF I.C. ENGINE & ENGINE PERFORMANCE PARAMETERS)

IC engine की क्रियाविधि :-

2 stroke petrol engine की क्रियाविधि :-



(1) 2-stroke engine में 3-part होते है जिनमें inlet ports, outlet ports तथा transfer ports होते है।

(2) Fresh air fuel mixture (AFM) इंजन में पिस्टन के नीचे की तरफ से प्रवेश करता है।

(3) पिस्टन के ऊपर प्रसारित गैस, exhaust port से ऊर्जा का निष्कसन करती है।

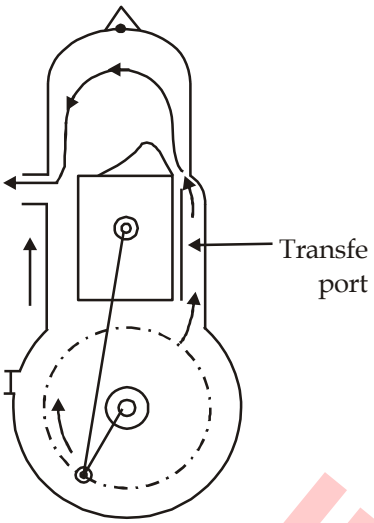
(4) पिस्टन की नीचे की ओर गति के दौरान इंजन के ports बन्द हो जाते है तथा fresh air fuel mixture (AFM) जो कि पिस्टन के नीचे है आंशिक रूप से सम्पीडित होता है।

(5) जब पिस्टन (BDC) पर पहुंचता है तो transfer port दोनों side से खुलता है जो आंशिक रूप से सम्पीड़ित वायु transfer port से ऊपर की ओर प्रवाहित होती है।

(6) पिस्टन के ऊपर थोड़ा सा curve होता है जिसे crowing कहते है।

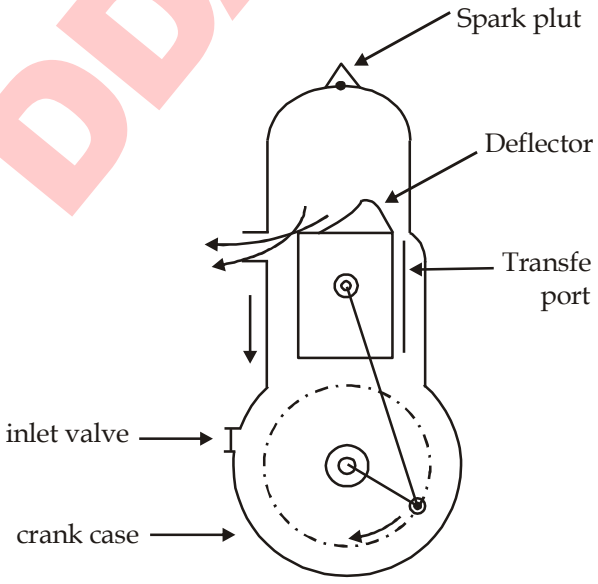
जब transfer port तथा exhaust port दोनों एक ही समय पर open रहते है इस दौरान AFM exhaust port से निकल जाती है तथा इसको रोकने के लिए पिस्टन पर crowing, की जाती है जो exhaust port की ओर जाने वाली AFM की दिशा को बदलती है। इस मध्य समय में fresh AFM ऊपर की ओर बढ़ता है और पिछले चक्र की exhaust gas को exhaust port की ओर धकेलती है। इस प्रकार इंजन को cleaning करने वाला प्रक्रम scavenging कहलाता है।

ZDA-JE



Scavenging

(1) सम्पीड़न का अन्त में तथा heat addition का प्रारम्भ होता है।
(2) Heat addition के दौरान, पिस्टन TDC पर रहता है तथा current का प्रवाह spark plug से heat addition के प्रारम्भ से heat addition के अन्त तक होता है।
(3) Heat addition के बाद, गर्म वायु पिस्टन को नीचे की ओर धकेलती है तथा प्रसरण होता है और power मिलती है।



Exhaust blowdown

(1) प्रसरण के दौरान पिस्टन जब 60 से 65% down stroke complete कर लेता है तो inlet port बन्द हो जाता है। जबकि piston का downward motion fresh air AMF को आंशिक रूप से दबाती है।

DDA-JE

(1) प्रसरण के दौरान, जब पिस्टन downward stroke का 80% complete कर लेता है तब exhaust port खुलता है।

(2) उच्च दाब वाली गैसे cylinder से निम्न दाब (वातावरण) की तरफ प्रवाहित होती है इस दौरान downward stroke पूरा होता है।

(3) इस प्रकार यह प्रक्रिया चलती रहती है।

Calculation of power and engine performance parameters

(a) वायु के आयतन के लिए Calculation :-

(i) 2 stroke engine के लिए :-

एक चक्र का आयतन = 1 rotation = V_S

N rotation के लिए वायु का आयतन = $N \times V_S$

यदि N rotation प्रति मिनट हो तो = $N \times V_S$

$$\text{Volume of air/sec} = \frac{N}{60} \times V_S$$

(ii) For 4 stroke engine :-

Volume of air/cycle = 2 rotation = V_S

$$\text{Average volume of air/rotation} = \frac{V_S}{2}$$

$$\text{N rotation per minute, volume of air} = \frac{N}{2} \times V_S$$

(b) I.C. Engine में Brake Power तथा Indicated Power :-

P-V diagram से piston को दी गई input प्राप्त की जाती है। इसको indicator diagram के नाम से भी जाना जाता है। इस प्रकार पिस्टन को मिलने वाला कार्य indicated work done कहलाता है तथा प्रति सैकण्ड मिलने वाला कार्य indicated power कहलाती है।

पिस्टन का output इंजन की क्रेन्क शाफ्ट पर प्राप्त होता है तथा इस कार्य को शाफ्ट से एक brake mechanism से प्राप्त किया जाता हे इस प्रकार यह कार्य brake work done कहलाता है तथा यही कार्य क्रेन्क पर प्रति सेकण्ड मिलने वाला brake power कहलाता है।

यदि r_b brake drum की त्रिज्या हो तो work done निम्न प्रकार दिया जायेगा।

BWD = Brake पर बल F_b × Brake mechanism का विस्थापन

1 rotation के लिए

$BWD = F_b \times 2\pi r_b$

1 मिनट के लिए, $BWD = F_b \times 2\pi r_b \times N$

$$\text{Brake power} = BWD/\text{sec.} = F_b \times 2\pi r_b \times \frac{N}{60}$$

We known as brake torque is

$$T = F_b \times r_b$$

$$\text{इस प्रकार brake power} = \frac{2\pi NT}{60}$$

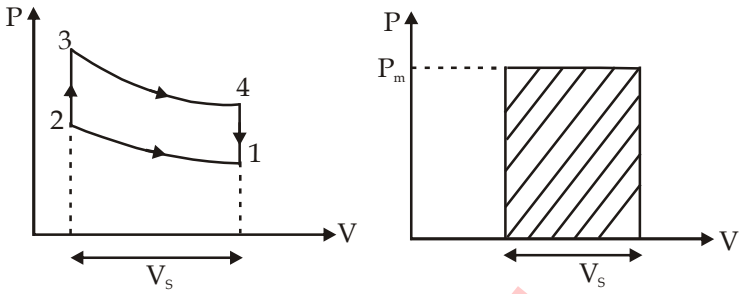
(c) Indicated Power (शूचक शक्ति) [I_P] :-

- Engine cylinder के अन्दर पैदा होने वाली power indicated power कहलाती है।
- 2-stroke engine में piston के 2-stroke में एक cycle पूरा हो जाता है या क्रेन्क शाफ्ट के एक चक्र में cycle पूरा हो जाता है।

SDA - JE

- इसी प्रकार 4-stroke engine में piston के 4-stroke में या क्रेन्क शाफ्ट के 2-revolution में एक cycle पूरा हो जाता है।
- सैद्धान्तिक रूप से 2-stroke engine में पैदा होने वाली power 4- stroke engine में पैदा होने वाली power से दोगुना होती है।

Indicated power of a 2-stroke engine



$$W_{net} = P_m V_S / \text{cycle}$$

$$W_{net} = \frac{P_m V_S}{\text{rev}}$$

$$\text{power} = \frac{P_m V_s}{\text{rev}} \times \frac{\text{Nrev}}{\text{min} = 60\,\text{sec}} \Rightarrow \frac{P_m V_s N}{60}$$

$$\text{..... Power (IP)} = \frac{P_m LAN}{60}$$

यदि cylinders की संख्या K हो तो

$$IP = k \times \frac{P_m LAN}{60}$$

(d) Mechanical efficiency (η_m) :-

यह पिस्टन से मिलने वाला output तथा पिस्टन को दिया गया input का अनुपात होता है।

$$\text{Thus } \eta_m = \frac{BWD}{IWD}$$

(e) Thermal efficiency (η_{th}) :-

$$\eta_{th} = \frac{\text{work done (WD)}}{\text{Heat adition (HA)}}$$

Brake thermal efficiency (η_{bt}) is

$$\eta_{th} = \frac{\text{brake work done (BWD)}}{\text{Heat adition (HA)}}$$

Indicated thermal efficiency (η_{it}) is

$$\eta_{it} = \frac{\text{Indicated work done (IWD)}}{\text{Heat adition (HA)}}$$

(f) Heat added :-

Heat addition/Kg = Calorific value

heat addition/sec = Calorific value × mass/sec.

DDA - JE

(g) Specific fuel consumption (SFC) :-

यह प्रति घंटे जलने वाले ईंधन की मात्रा तथा प्राप्त power (in kw) का अनुपात होता है।

$$SFC = \frac{\text{mass of fuel / hr}}{\text{Power(kw)}}$$

Brake specific fuel consumption is

$$b_{SFC} = \frac{\text{mass of fuel / hr}}{\text{Breake Power(in kw)}}$$

Indicated specific fuel consumption is

$$I_{SFC} = \frac{\text{Mass of fuel / hr}}{\text{Indicated power (in kw)}}$$

(h) Volumetric efficiency : (η_{vol})

- यह cylinder की breathing capacity को indicate करती है।
- यह actual में प्रति चक्र में cylinder में प्रवेश करने वाली fluid का आयतन तथा swept volume का अनुपात होता है।

$$\eta_{vol} = \frac{\text{actual vol. / cycle}}{\text{swept volume}}$$

$$\eta_{vol} = \frac{\text{Actual vol.entering}}{\frac{\pi}{4}D^2L\frac{N}{2}K} \quad \text{[for 2 - stroke]}$$

$$\eta_{vol} = \frac{\text{Actual vol.entering}}{\frac{\pi}{4}D^2L\frac{N}{2}K} \quad \text{[for 4 - stroke]}$$

DDA - JE

CHAPTER - 4
(COMPARISON OF 2-STROKE AND 4-STROKE ENGINE)

2-stroke तथा 4-stroke पेट्रोल इंजन में अन्तर :-

1. 2- stroke इंजन में क्रेन्क शाफ्ट के एक rotation में एक चक्र पूरा होता है जबकि 4-stroke इंजन में यह दो rotation में होता है।
2. 4-stroke इंजन में इनलेट वाल्व तथा outlet valve होते है जबकि 2-stroke इंजन में तीन अलग port द्वारा इनको replace कर दिया जाता है।
3. एक single cylinder इंजन के लिए 4-stroke इंजन का fly wheel 2-stroke इंजन की तुलना में बड़ा होता है।
4. 2-stroke इंजन में स्नैहक तैल (lubricating oil) तथा fuel को मिश्रित करके fuel tank में डालते है जबकि 4-stroke इंजन में lubricating oil तथा fuel को mix नही करते है।
5. 2-stroke इंजन में अधिक रेडियेशन तथा power losses के कारण आदर्श शक्ति तुलना में 70% ही निर्गत हो पाता है, जबकि 4-stroke इंजन में 90% निर्गत होता है।
6. 2-stroke इंजन में एक ही समय पर transfer port तथा exhaust port खुले होने के कारण कुछ AFM (Air Fuel Mixer) बिना जले ही exhaust port से बाहर निकल जाते है।
7. 2-storoke इंजन में कुछ lubricating oil के जल जाने से घर्षण हानि बढ़ जाती है जिससे work output घट जाता है।
8. उपरोक्त कारण से 2-stroke इंजन की सम्पूर्ण दक्षता 4-stroke इंजन से कम हो जाती है यही कारण है कि आजकल 2-stroke इंजन की जगह 4-stroke इंजन का उपयोग होने लगा है।

DDA JE

CHAPTER - 5
(COMPARISON OF SI AND CI ENGINE)

Petrol Engine तथा Diesel Engine में अन्तर :-

1. पेट्रोल इंजन का compression ratio कम होता है इसलिए compression के बाद का तापमान fuel के self ignition temperature से काफी कम होता है इसलिए fuel के दहन के लिए एक spark plug की आवश्यकता होती है जबकि diesel इंजन में सम्पीड़न के बाद का तापमान, compression ratio ज्यादा होने के कारण बहुत ज्यादा होता है जोकि fuel के self ignition temperature से ज्यादा होता है और fuel स्वत: ही जल जाता है इसलिए spark plug की आवश्यकता नहीं होती है।
2. Petrol engines में air तथा fuel engine cylinder में जाने से पहले carburettor में mix होता है। जबकि diesel engine में air and fuel का मिश्रण engine cylinder में ही होता है। इसलिए diesel engine में carburettor की आवश्यकता नहीं होती है।
3. Diesel engine में fuel को separate तरीके से compression के अन्त में engine cylinder में inject करवाने के लिए एक nozzle की आवश्यकता होती है जबकि petrol engine में nozzle की आवश्यकता नहीं होती क्योंकि इसमें air and fuel का मिश्रण एक साथ engine cylinder में प्रवेश करता है।
4. Diesel engine में ऊष्मा नियत दाब (constant pressure) पर दी जाती है जबकि petrol engine में ऊष्मा नियत आयतन प्रक्रम (constant pressure process) पर दी जाती है।
5. समान compression ratio होने पर सैद्धान्तिक रूप से petrol engine की दक्षता diesel engine की दक्षता से अधिक होती है।
6. व्यवहारिक तौर पर diesel engine का compression ratio 1.5 से 3 गुना ज्यादा होता है petrol engine की तुलना में इसलिए diesel engine की दक्षता पेट्रोल इंजन की दक्षता से ज्यादा होती है।
7. Diesel इंजन का compression ratio $\rightarrow$ r = 16 to 20

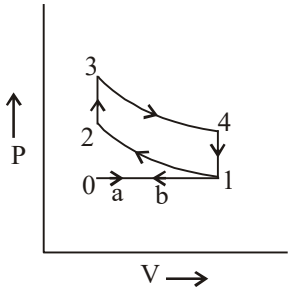
   Petrol engine इंजन का compression ratio $\rightarrow$ r = 6 to 10
8. Cruising condition speed पर या Normal speed पर petrol engine का air-fuel (AF) ratio 16 होता है जबकि diesel engine का AF ratio 25 से 35 तक होता है।

DDA - JE

CHAPTER - 6
(DIFFERENCE BETWEEN THEORETICAL AND ACTUAL P-V DIAGRAM)

4-stroke petrol engine का सैद्धान्तिक तथा व्यवहारिक P-V diagram के मध्य अन्तर :-

Theoritical P-V diagram :-



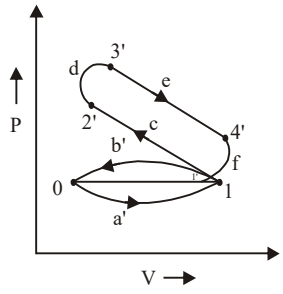
इसमें निम्न assumption को माना जाता है।

- Suction तथा Exhaust दोनों वायुमण्डलीय दाब पर होते है।
- Suction, compression, expansion तथा exhaust क्रमशः क्रेन्क के 180° घुमाव पर होते है।
- Compression तथा expansion दोनों adiabatic तरीके से होते है।
- Compression के अन्त में दहन क्षणिक constant volume पर होता है।
- Expansion के अन्त में cylinder में दाब एकदम वायुमण्डलीय दाब पर गिर जाता है।

उपरोक्त assumption के अनुसार 4-stroke petrol engine का सैद्धान्तिक P-V diagram बनाया गया है।

नोट :- Theoritical P-V diagram को देखने से स्पष्ट होता है कि आरेख के प्रत्येक कोने स्पष्ट है जो यह indicate कर रहे है कि वाल्व का खुलना तथा बन्द होना क्षणिक या अतिशीघ्र होता है। वाल्व खुलने या बन्द होने में कोई समय नहीं लगता लेकिन ये सब व्यवहारिक तौर पर असम्भव है।

Actual P-V diagram :-



Actual से आदर्श स्थिति निम्न प्रकार भिन्न होती है।

- Engine cylinder में suction तभी सम्भव होगा जब cylinder में दाब वायुमण्डलीय दाब से कम होगा।
- जली हुई गैसे engine cylinder से तभी बाहर जायेगी जब cylinder का दाब वायुमण्डलीय दाब से अधिक हो।
- Compression तथा expansion दोनों adiabatic तरीके से नही होता क्योंकि इन प्रक्रम के दौरान उष्मान्तरण होता है।

DDA - JE

- Combustion के प्रारम्भ होते ही दाब एकदम नहीं बढ़ता क्योंकि दहन पूर्ण होने में समय लगता है और combustion के समय आयतन भी constant नही रहता है।
- Expansion stroke के अन्त में exhaust valve के खुलते ही एकदम दाब में कमी नही होती यह क्रेन्क के घूमने के साथ होती है।
- Valve को खुलने व बन्द होने में कुछ समय अवश्य लगता है।

नोट :-

(1) इस प्रकार उपरोक्त सभी बिन्दुओं के कारण वास्तविक PV diagram, theoritical PV diagram से अलग बनता है तथा इसमें आरेख के कोने स्पष्ट न होकर गोलाई में होते है।

(2) Suction तथा exhaust process का सम्मिलित क्षेत्रफल (0-a'-1-1'-b'-0) engine का pumping loss कहलाता है और इसको ऋणात्मक (negative) मानते है।

(3) Pumping loss को छोड़कर अन्य क्षेत्रफल को net work done नाम से जाना जाता है तथा इसकों धनात्मक मानते है।

(4) Net indicated work done या net actual area तथा theoritical indicated work done या theoritical area का अनुपात diagram factor (DF) कहलाता है।

$$\text{diagram factor} = \frac{\text{net indicated work done}}{\text{Theoritical indicated work done}}$$

DDA - JE

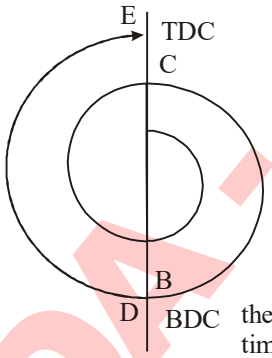
CHAPTER - 7
(DIFFERENCE BETWEEN THEORETICAL AND ACTUAL VALVE TIMING DIAGRAM)

Valve Timing Diagram :-

- I.C. engine में होने वाले विभिन्न प्रक्रमों का क्रम inlet व exhaust valve के खुलने व बन्द होने तथा fuel ingnition का सही समय का ग्राफीय निरूपण valve timing diagram कहलाता है।
- इसकी सहायता से inlet व exhaust valve के खुलने व बन्द होने की स्थितियों का सही पता चलता है।

4-stroke petrol engine के सैद्धान्तिक तथा वास्तविक valve timing diagram के मध्य अन्तर :-

4-stroke petrol engine का सैद्धान्तिक valve timing diagram



theoretical valve timing diagram

TDC = Top Dead Center
BDC = Bottem Dead Center

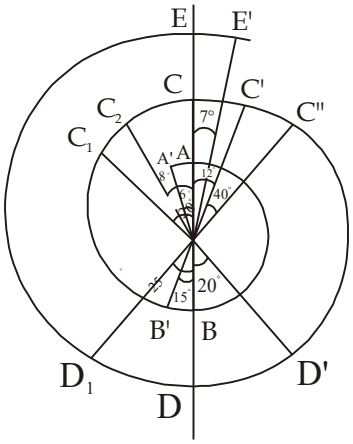
नोट:- सैद्धान्तिक valve timing diagram में inlet या outlet valve हमेशा T.D.C. या B.D.C. पर ही खुलते या बन्द होते है। जबकि actual valve timing diagram में ऐसा नहीं होता है।

Actual valve timing diagram की आवश्यकता क्यों पड़ी

- व्यवहारिक तौर पर वाल्वों को पूरी तरह खुलने या बन्द होने में समय लगता है इसलिए actual valve timing diagram valve को piston के T.D.C. या B.D.C. पर पहुँचने से पहले या बाद में खुलते या बन्द करते है। जैसे -

उच्च गति पर suction stroke में inlet valve का उचित मात्रा में खुला होना आवश्यक होता है। यदि वाल्व को ठीक उसी समय open किया जाये जब piston क्रेन्क की ओर चलना start करें तो प्रारम्भ में inlet valve पूरी तरह नहीं खुल पायेगा जिससे suction में कमी आती है। इसलिए inlet valve को suction stroke के प्रारम्भ होने से पहले ही खोल दिया जाता है ताकि suction stroke प्रारम्भ होने तक inlet valve पूरी तरह open हो जाये। इसी प्रकार exhaust valve भी exhaust stroke प्रारम्भ होने से पहले open करते है ताकि जली हुई गैसों का दाब उच्च होने के कारण वे स्वत: ही exhaust stroke के प्रारम्भ होने पहले ही बाहर निकल जाती है।

DDA-JE



$C_1 - C_2$ - Only sparking

C' – C" - Only ignition

$C_2 - C^1$ - sparking and ignition (both)

Actual valve timing diagram

नोट :-

(1) Actual valve timing diagram से स्पष्ट है कि cycle के कुछ समय तक क्रेन्क की T.D.C. के आसपास दोनों वाल्व एक साथ Open रहते है। इस प्रकार दोनों वाल्वों के एक साथ खुले रहने के समय क्रेन्क के कोणीय विस्थापन (angular displacement) को वाल्व अतिव्यापन (valve overlap) कहते है।

(2) Cylinder से अधिक से अधिक exhaust gas को बाहर निकालने के लिए तथा fresh AFM को cylinder में प्रवेश करवाने के लिए कम से कम 12°-15° का वाल्व अतिव्यापन (valve overlap) होना आवश्यक होता है।

(3) उपरोक्त सभी कोणों का मान एक विशेष पेट्रोल इंजन के लिए है। इन कोणों का मान प्रत्येक इंजन के लिए अलग-अलग होते है।

- उपरोक्त valve timing diagram में suction के लिए क्रेन्क शाफ्ट घुमाव 7° + 180° + 15° = 202°-230° है।
- उपरोक्त valve timing diagram में exhaust के लिए क्रेन्क का कुल कोण 20° + 180° + 6° = 206°-235° है।

DDA-JE

CHAPTER - 8
(TESTING OF I.C ENGINE)

1. **Morse Test :-** Morse test में, जो केवल multi cylinder engine के लिए applicable होता है, engine को पहले required speed पर run कराते है और ouput को measure करते है। फिर एक cylinder को, spark plug की short circuit या injector को disconnect करके (case के अनुसार), cut किया जाता है। इसके बाद speed को original value की तरह constant रखते हुए output को measure किया जाता है। दोनों output में difference cut out cylinder की indicated power को measure करता है इसी तरह प्रत्येक cylinder की indicated power प्राप्त की जाती है और सभी को आपस में जोड़कर engine की total indicated power प्राप्त की जाती है।

एक 4 cylinder petrol engine को consider करते है और हर cylinder की
Indicated power/cylinder = I
Break power/cylinder = B
Friction power/cylinder = F
से दिये जाते है।

जब 4 cylinder work करते है–

$$4\,I = 4B + 4F \qquad \text{... (i)}$$

बाद में engine को एक-एक cylinder cut off करके test किया जाता है (diesel engine के लिए fuel supply को cut करके और petrol engine के लिए spark plug को short circuit कराकर)

तीन working cylinder के लिए break power प्राप्त कर ली जाती है। इसी प्रकार सभी cylinder को (एक cylinder एक time) cut off किया जाता है और तीन working cylinder के लिए different different reading प्राप्त की जाती है। यदि यह reading $3B_1$, $3B_2$, $3B_3$ और $3B_4$ है तब इन reading का average

$$3B = \frac{3B_1 + 3B_2 + 3B_3 + 3B_4}{4}$$

से दिया जाता है।

We have 3 cylinder, $3I = 3B + 4F$ ... (ii)

By equation (i) - equation (ii) $I = 4B - 3B$

4-cylinder engine की indicated power $4I = 4(4B - 3B)$ होगी।

Given data के आधार पर ऊपर दिये गए test से average value ज्ञात की जाती है।

2. **Motoring Test :-** इस test में engine को पहले अपनी power से desired speed तक run कराया जाता है और फिर उस speed और load condition पर कुछ समय के लिए छोड़ा जाता है ताकि oil, water और engine component के temperature stable condition में पहुँच सके। इस समय के दौरान engine की यह power swinging field type electric dynamometer द्वारा absorb की जाती है जो कि इस test के लिए सबसे ज्यादा suitable होता है। Fuel supply को suitable electric switching devices की सहायता से cut off किया जाता है। Motor की power supply को measure किया जाता है जो कि engine की friction power का measure होती है। इस motoring test के दौरान water की supply को cut कर दिया जाता है ताकि actual operating temperature को maintain किया जा सके।

DDA - JE

CHAPTER - 9
(COMBUSTION IN SI ENGINE)

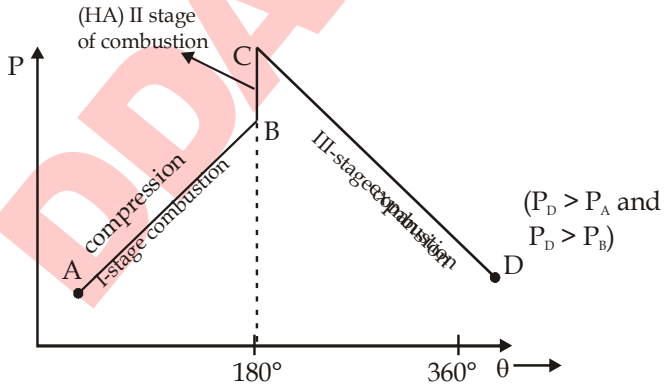
Stoichiometric Air Fuel Ratio :-
जब इस प्रकार से combustion हो कि किसी भी अवस्था में ईधन ना बचे और exhatu gases से किसी भी form में NO, O_2 उपस्थित ना हो तो इस प्रकार का combustion perfect combustion कहलाता है और इस perfect combustion के air fuel ratio को stoichiometric air fuel ratio कहते है।

Equivalance Ratio (ϕ) :- Actual condition में FAR तथा stoichiometric condition में FAR के अनुपात को equivalance ratio कहते हैं।

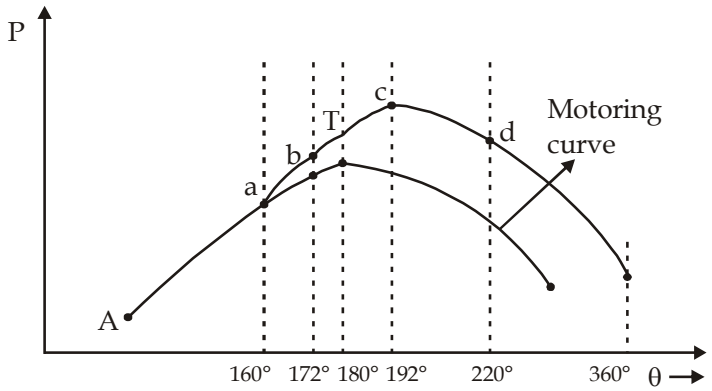
$$\phi = \frac{\text{Actual FAR}}{\text{Stoichiometric FAR}}$$

जब equivalance ratio 1.1 से 1.2, के मध्य होता है तो maximum power उत्पन्न होती है तथा flame front की गति लगभग 40 cm/sec होती है।

P – θ Diagram :-
Theoritical diagram :- (Pressure V/S shaft rotatation)



Actual P – θ Diagram :-



DDA - JE

Ist stage of combustion (a to b) :-

At a :- जब compression का 160° rotation समाप्त हो जाता है तो sparking शुरू होती है और ईंधन की रासायनिक अभिक्रिया भी प्रारम्भ हो जाती है।

a to b :- केवल Sparking होती है।

At b :- Ignition प्रारम्भ होता है और प्रथम अवस्था समाप्त हो जाती है।

प्रथम अवस्था के दौरान जब रासायनिक क्रिया होती है और ईंधन के कण के नाभिक का propagation होता है।

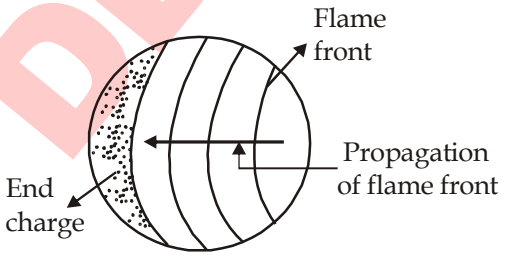
IInd stage of combustion (b to T & T to c) :-

At b :- sparking और ignition दोनो होते है a से b की तुलना में b से T के मध्य rise in pressure अधिक तीव्र होता है।

At T :- Piston TDC पर पहुँचता है (compression समाप्त) और sparking तथा ignition दोनो T के बाद भी लगातार होते है लेकिन b से T के मध्य की तुलना में rise in pressure कम तीव्र होता है क्योंकि expansion में थोड़ा सा pressure कम **At c :-** Shaft TDC से 12° से 13° घूम जाती है। sparking समाप्त हो जाती है और combustion की दूसरी अवस्था पूर्ण हो जाती है इस बिन्दु के बाद केवल ignition होता है।

IIIrd stage of combustion (c to d) :- combustion की IIIrd stage बिन्दु c से प्रारम्भ होती है इस अवस्था के दौरान combustion के लिए बहुत कम ईधन के कण बचे रह जाते है इस अवस्था के दौरान pressure कम हो जाता है। TDC से 40° पर बिन्दु D पर combustion की यह अवस्था पूर्ण हो जाती है।

Motoring curve :- यह दो समान इंजन के द्वारा खींचा गया वक्र है। इसमें केवल compression और expansion होता है। यहां किसी भी प्रकार का combustion नही होता है। यह कहा जा सकता है कि यहां इन दोनों curve के मध्य rise in pressure का अन्तर पाया जाता है इससे स्पष्ट होता है कि यहां combustion के कारण significant pressure rise होता है मतलब इंजन की efficiency अच्छी है। जब piston TDC पर होता है तो motoring curve का अधिकतम pressure होता है।



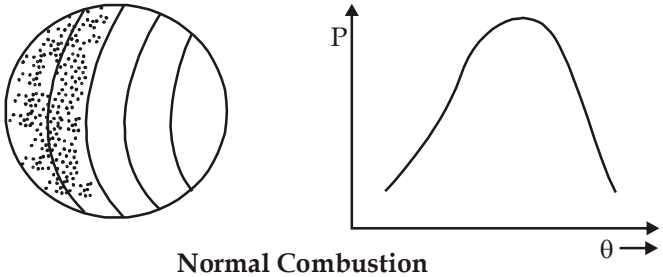
Flame front :- sparking की वजह से spark plug के आसपास ईधन के कण ignite हो जाते है और इन ignited कणों को मिलाने वाली रेखा flame front कहलाती है।

Propagation of flame front :- प्रथम flame front बनने के पश्चात, ऊष्मा इस flame front से आसपास के ईधन के कणों में प्रवाहित होती है और अन्य flame front बनता है इसी समय प्रथम flame front के ईधन के कण पूरी तरह से जल जाते है और यह flame front समाप्त हो जाती है इससे यह प्रतीत होता है कि प्रथम flame front ने नई स्थिति प्राप्त कर ली है। flame front के इस प्रकार के movement को propagation of flame front कहते है।

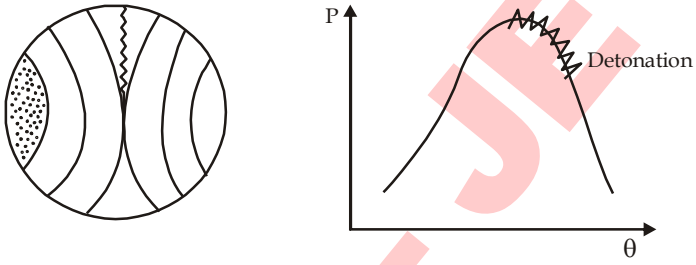
End charge :- Flame front propogation के दूसरे सिरे पर air fuel के mixture को end charge कहते है।

DBA - JE

Normal and Abnormal combustion :- spark plug से end charge तक flame front की प्रक्रिया सम्पूर्ण combustion पूरा होने तक होती है तो इस प्रकार के combustion को normal combustion कहते है।



Normal Combustion



Abnormal Combustion

End charge के लिए flame front propagation के दौरान निम्नलिखित प्रक्रिया होती है।

(i) Flame front के पास के वायु के कण expand होते है और end charge को दबाते है जिससे end charge का तापमान बढ़ जाता है।

(ii) इस तापमान वृद्धि के कारण end charge पर ईधन के कणों में रासायनिक क्रिया प्रारम्भ हो जाती है जिससे ईधन का तापमान बढ़ जाता है।

(iii) Flame front से आने वाली ऊष्मा end charge पर पहुँचती है जिससे तापमान ओर अधिक बढ़ जाता है। इस रासायनिक क्रिया से यदि end charge का तापमान, ईधन के self ignition तापमान पर पहुँच जाता है तो end charge पर अलग से flame front बन जाती है यदि इस flame front के बनने से पहले origional flame fornt end charge तक पहुँच जाती है तो इस प्रकार का combustion smooth या normal combustion कहलाता है।

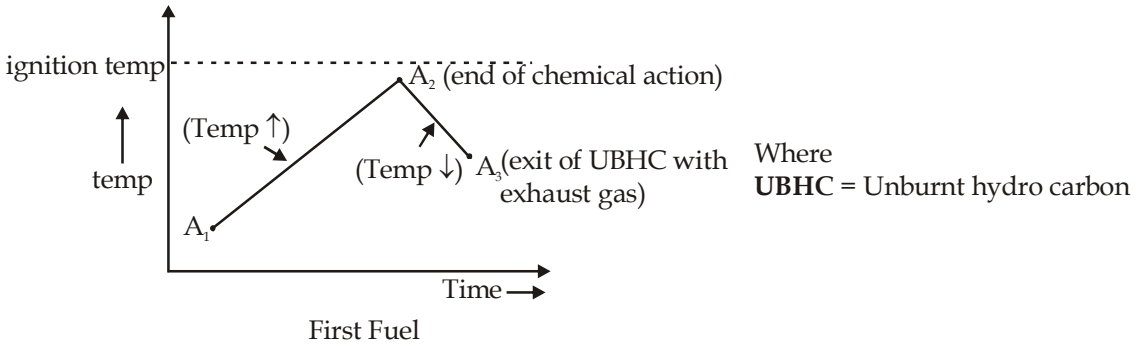
Origional flame front के end charge पर पहुँचने से पहले, end charge का flame front बन जाता है तो विभिन्न प्रकार के flame front विपरीत दिशा में move करते है इस वजह से विपरीत flame front टकराते है और टक्कर के कारण बहुत ऊर्जा उत्पन्न होती है इसे ही knocking या detonation कहते है।

Disadvantage

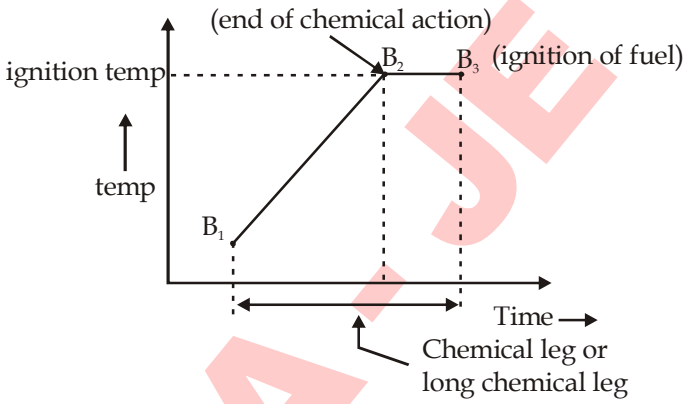
(i) Sitting of the mechanical vibration
(ii) Cracking of cylinder or piston
(iii) Develpment of a large mechanical sound. which is metallic this sound is known as pinging sound, thus the other name of knocking or detonation is pinging.

DDA-JE

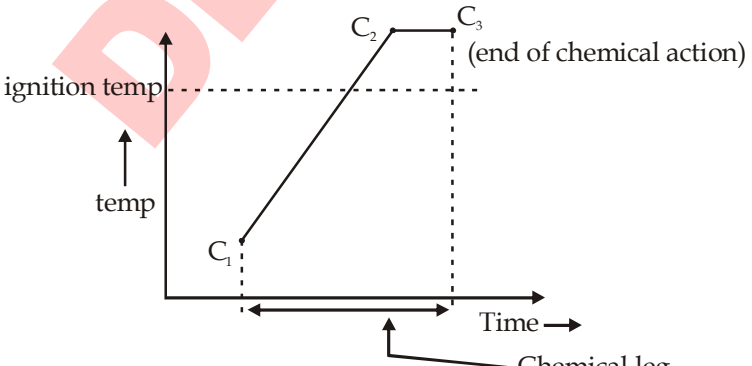
Temperature time graph during chemical action of fuel particles :-



First Fuel



Second Fuel



Third Fuel

Figure 1 में chemical action के end पर fuel particles का temperature ignition temperature से कम होता है इसलिए fuel particle कभी भी ignite नहीं होते है।

Figure 2 में particle B के लिए chemical action खत्म हो जाती है जब इसका temperature ignition temperature के बराबर हो जाता है। Chemical action के बाद fuel कुछ ही time में ignite हो जाता है। इस case में end charge का chemical action से लेकर fuel के ignite होने तक कोई भी temperature में rise नहीं होता है।

DDA - JE

Fuel particle C के लिए figure 3 से देखा जा सकता है कि chemical action के end होने पर temperature igniton temperature से ज्यादा होता है। इस case में figure से यह देखा जा सकता है chemical leg C का particle B के chemical leg से कम होता है।

Conclusion :- Ignition point से जितना ज्यादा temperature होगा उतना ही कम chemical leg होगा।

"हम जानते है कि Petrol engine में knocking को कम करने के लिए chemical leg या chemical delay longer होना चाहिए। इससे clear होता है कि combustion की starting में temperature, ignition temperature के बहुत close होना चाहिए।"

Factor affecting detonation in petrol engine

1. Compression ratio :-

Higher compression ratio will result in higher temperature of charge. Knocking will increase. Due to this reason compression ratio for SI engine is limited to between 6 to 10.

The effect will be the same when inlet valve temperature is higher or supercharger is used.

2. Work output :-

For higher work output (higher load or higher power), more fuel will be supply temperature of the charge will increase knocking will be higher. Hence SI engines must be run at part load condition only.

3. Advancing the spark :-

Advancing the spark will result in more duration for sparking. Additional energy will be supplied to the charge. Tendency to knock will increase. Hence sparking should be retarded and not advance.

4. Location of the spark plug :-

If we install spark plug in middle then same heat for inlet valve & outlet valve but we want to same temperature at inlet valve so spark plug near to center & farther to inlet valve.

The spark plug must be located nearest to the center of the cylinder head and away from inlet valve.

5. Distance of flame travel :-

To avoid knocking, the distance travelled by the flame front must be less such that the time taken for it must be less than the chemical leg of end charge. For this reason the cylinder diameter of SI engine is limited to a maximum of 15 cm.

6. Speed of the engine :-

When engine is increase turbulence will be more the flame front will more in all direction at A higher speed hence tendency of knocking will decrease.

7. Octane Number :-

Fuel की quality को जानने के लिए fuel की testing की जाती है फिर उसके result को standard fuel से compare किया जाता है

Petrol के लिए standard fuel isoctane (zero knock) और normal heptane का मिश्रण होता है। Standard fuel में जितना high percent octane होता है उतनी ही antiknock quality fuel की होती है और fuel की quality अच्छी होती है।

DDA-JE

यदि standard fuel में 70% octane है जो कि petrol से match करता है तो इसका मतलब petrol का octane number 70 है।

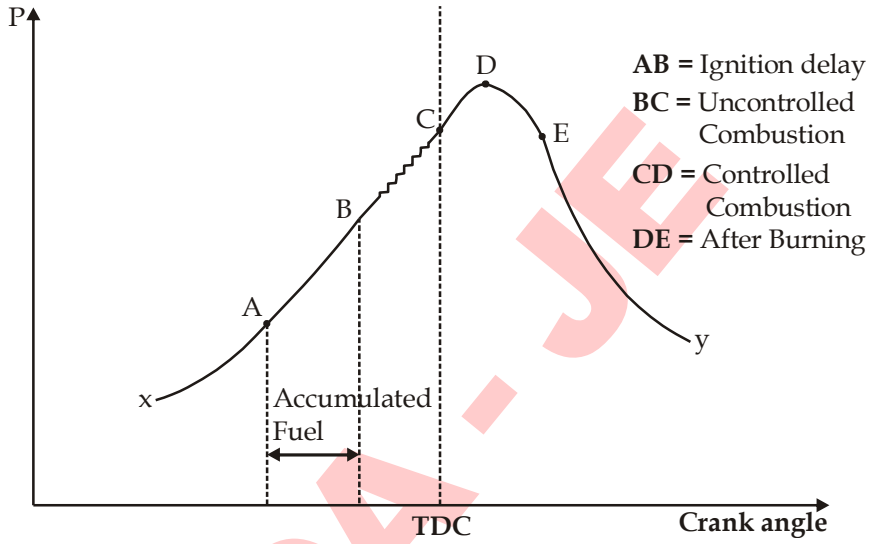
India में petrol का octane number 70-80 होता है। स्पेशल quality के fuel जैसे speed, extra premium etc. का octane number 94 तक होता है।

DDA - JE

CHAPTER - 10
(COMBUSTION IN CI ENGINE)

(2) Combustion phenomenon of C.I Engine :-

→ Compression ignition (C.I) इन्जनो में दहन क्रिया को चार stage में पूर्ण हुआ मानते है।



(i) 1st stage combustion / Ignition delay :-

→ इसमें जब air particle, fuel spray को cross करते है तो heat air partical से fuel partical में transfer होती है जिससे fuel partical का temperature बढ़ता है जिससे chamical action start हो जाता है।

→ Air fuel partical जितने समय physical content में रहते है उसको physical delay कहते है।

→ Chemical action में जितना समय लगता है उसको chemical delay कहते है।

Ignition delay = Physical delay + Chemical delay

→ 1st stage combustion के दौरान combustion chamber का temperature बहुत ज्यादा नही होता है इसलिए इसमें fuel का ignition होने में ज्यादा समय लगता है इसलिए इस stage को ignition delay period भी कहते है।

→ Ignition delay period में chemical delay ज्यादा प्रभावी होती है।

(ii) 2nd stage combustion / uncontrolled Ignition :-

→ इस stage में combustion chamber का temp बहुत ज्यादा हो जाता है तथा chemical delay बहुत कम हो जाती है।

→ यदि ignition delay के दौरान combustion chamber में fuel की मात्रा ज्यादा जमा हो जाती है तो इनके एक साथ जलने से ज्यादा मात्रा में ऊर्जा पैदा होती है जिससे उच्च दाब की तरंगे पैदा होती है और यही diesel knock या detonation का कारण बनती है।

→ Diesel knock या detonation होने की वजह से ही इस stage को uncontrol ignition कहते है।

DDA - JE

→ इसलिए diesel knock को कम करने के लिए fuel का ignition delay कम से कम होना चाहिए।

(iii) 3rd stage combustion / controlled combustion:-

→ Combustion के 2nd stage के अन्त में ताप व दाब इतना अधिक हो जाता है कि 3rd stage में inject fuel की बून्द का प्रवेश होते ही स्वत: दहन हो जाता है। और दहन में inject fuel की मात्रा को नियन्त्रित करके दाब में वृद्धि को नियन्त्रित किया जा सकता है इसलिए इस stage को controlled combustion period कहते है।

(iv) 4th stage combustion / after burning :-

→ यहां combustion कुछ मात्रा में बची हुई air के लिए होता है इसलिए यह stage after burning भी कहलाती है।

Factors affecting knocking in CI engine

1. Compression ratio :-

Higher compression ratio will result in the higher temperature of the charge tendency to knock will decrease. Hence the compression ratio for CI engine is as high as between 16 to 20.

The effect will be the same when the inlet valve temperature is higher or supercharger is used.

2. Speed :-

For higher speeds more fuel will enter the engine cylinder during the first stage of combustion. Hence the fuel supply during second stage will be less. Tendency to knock will increase. Hence diesel engines must be run at normal speeds.

3. Atomisation :-

For better atomisation the fuel sprayed will sprayed for more space. The physical leg will be more air will carry more fuel with it knocking during 2^{nd} stage will be lesser. For this purpose in the range of 16 to 20 comp. ratio should be near to 16.

4. Power output :-

For higher power output more fuel must be supply. Hence temperature of charge will be higher. The knocking tendency will decrease.

5. Quality of fuel :-

Higher the cetane number, better the quality of fuel, knocking will be less.

Cetane Number :-

→ जिस प्रकार petrol engine में petrol की ignition quality को octane number से प्रदर्शित की जाती है उसी प्रकार diesel fuel की ignition quality को cetane number से प्रदर्शित करते है।

→ यह normal cetane तथा 2-मिथाइल नेफ्थलीन का मिश्रण होता है। जिसमें normal cetane का cetane number 100 तथा 2-मिथाइल नेफ्थलीन का शून्य

→ cetane number को बढाने पर knock tendency घटती है।

→ diesel fuel का cetane no in India - 40 - 50

DLA - JE

CHAPTER - 11
(AIR POLLUTION FIRING ORDER, SUPERCHARGING, DIESEL FUEL INJECTION)

Firing order

वह क्रम जिसमें भिन्न cylinder में good balancing प्राप्त करने के लिए firing किया जाता है, firing order कहलाता है।

Good balancing के लिए निम्नलिखित की आवश्यकता होती है:-

1. नगण्य या ना के बराबर mechanical vibration
2. Cooling system के द्वारा की जाने वाली बहुत ही effective cooling
3. कोई भी back effect नहीं (Back flow या Back pressure)

4-cylinder engine के लिए Ideal firing order 1 - 3 - 4 - 2 and 1 - 2 - 4 - 3

6-cylinder engine के लिए Ideal firing order 1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4

or

1 - 2 - 4 - 6 - 5 - 3

or

1 - 2 - 3 - 6 - 5 - 4

Superchargers

यह एक rotary compressor होता है जिसका use engine के अंदर air के प्रवेश होने से पहले उसको compress करने के लिए किया जाता है। सभी supercharger rotary compressor होते है।

Note :-

If rotary compressor is operated by engine shaft then it is called supercharger but if rotary compressor is operated by turbine then it is called turbocharger

Superchargers के Advantages:-

1. Engine की overall efficiency बढ़ती है।
2. Specific fuel consumption की बचत होती है।
3. Supercharged engine की volumetric efficiency higher होती है।

Superchargers के disadvantages:-

1. Higher pressure की air के turbocharge engine के अंदर प्रवेश करने के कारण engine के various parts पर thermal load ज्यादा होता है।
2. Super charging के कारण तापमान में वृद्धि को कम करने के लिए ज्यादा loss होते है।
3. Supercharged engine के लिए valve overlap ज्यादा होता है।

Clorific value :- ईधन की इकाई मात्रा अथवा आयतन के पूर्ण दहन के पश्चात मुक्त हुई सम्पूर्ण ऊर्जा की मात्रा को उस पदार्थ का ऊष्मीय मान कहते है।

Lower calorific valve :- प्राय: यह देखा गया है कि पदार्थ को ठण्डा करने में उत्पन्न ऊष्मा को पुन: प्राप्त नहीं किया जा सकता। इस प्रकार प्राप्त कैलोरी मान सम्पूर्ण कैलोरी मान से कुछ कम होता है तथा यह नेट कैलोरी मान कहलाता है। इकाई ईंधन के पूर्ण रूप से दहन होने के बाद उत्पन्न ऊष्मा को नेट कैलोरी मान कहते है। दहन द्वारा उत्पादित

UDA - JE

पदार्थ को सामान्य तापमान तक ठण्डा करने के बजाय वाष्पीकृत होने दिया जाता है।

Higher calorific valve :- इकाई ईधप के पूर्ण रूप से दहन होने से उत्पादित पदार्थ को 15°C या 60°F तक ठण्डा करने के पश्चात उत्पन्न ऊष्मा को सम्पूर्ण कैलोरी मान कहते है।

Lower calorific value = Total calorific value – वाष्प को जल में संघनित करने में उत्पन्न ऊष्मा

Pollution

IC engine के अंदर pollution की वजह से निम्नलिखित substance produce होते है:-

1. Carbon mono-oxide (CO):- CO के formation की वजह से चक्कर आते है और यह घातक साबित हो सकती है।
2. Hydro carbon:- Exhaust gases के अंदर unburnt hydro carbon यदि वातावरण के सम्पर्क में आते है, तो photochemical smog उत्पन्न करते है जो lungs को प्रभावित करता है और skin cancer का कारण होता है।
3. NO_X:- NO_X, hydro carbon के ही similar effect create करते है तथा यह पानी के अंदर रहने वाले प्राणियों को भी प्रभावित करते है। Engine cylinder के अंदर high temperature पर अधिक मात्रा में oxygen की supply तथा fluid के incomplete combustion की वजह से NO_X बनता है।

Pollution को रोकने के method:-

1. Slightly less compression ratio का use करना चाहिए।
2. Slightly lean mixture का use करना चाहिए।
3. Thermal converter का use करके:-
   Thermal converters को exhaust gases के path में रख दिया जाता है। यह thermal converter CO और HC को CO_2 और H_2O में बदल देते है।
4. Catalytic converter का use करके:-
   Catalytic converter के अंदर एक stainless steel का box होता है यह box alumina (Al_2O_3) को एकhoneycomb की shape के अंदर रखता है।
   Catalytic agent का use बहुत ही quick reaction के लिए किया जाता है जैसे platinum का use hydro carbon के लिए, palladium का use CO के लिए तथा rhodium का use NO_X के लिए किया जाता है।

Note:-

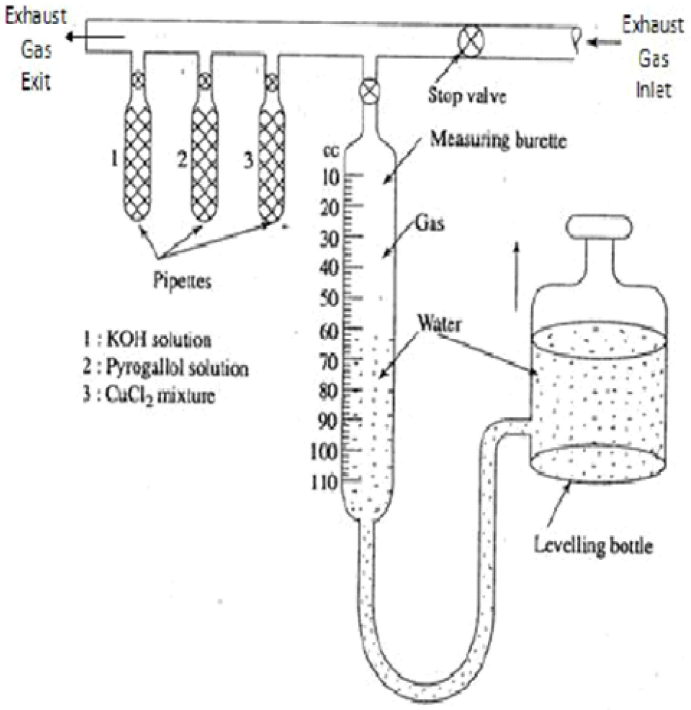
- NO_X को detect करने के लिए जो instrument use किया जाता है उसे non-dispersive analyser कहते है।
- वह device जिसका use CO को exhaust gases में detect करने के लिए करते है उसे orsat apparatus कहते है।

Orsat Gas Analysis:-

Orsat gas analysis CO_2, CO और O_2 के dry fuel gas में volume या mole fraction को measure करता है।

Orsat analysis में तीन pipettes होते है जिनमें chemical solution होता है।

DDA-JE



KOH, CO_2 को absorb करता है। Pyrogallol solution, O_2 को absorb करता है तथा $CuCl_2$, CO को absorb करता है।

DDA