

## பகுதி - I

### வளிமத்திறன் சுழற்சிகள்

#### காற்றை அடிப்படையாகக் கொண்ட சுழற்சிகள் (AIR STANDARD CYCLES)

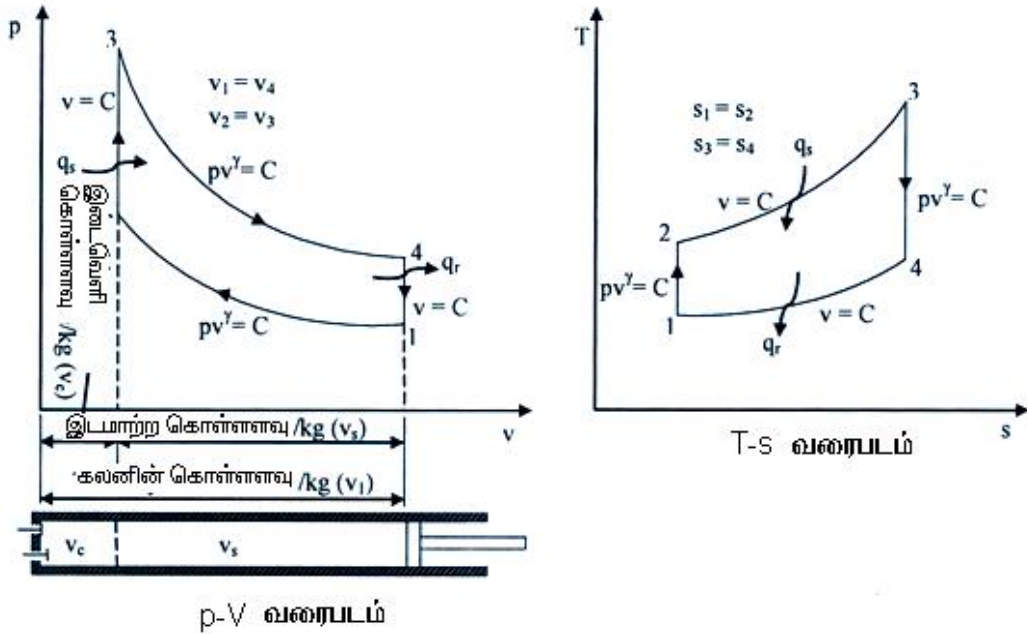
#### 1.0 அறிமுகம்

உள் எரி பொறிகள் சுழற்சிகளின் (Cycles) மூலம் தொடர்ச்சியாக சக்தியை உருவாக்குகின்றன. அவை காற்றை மட்டுமே வேலை செய்யும் பொருளாகக் (Medium) கொண்டு செயல்படுவதாக அனுமானித்து (Assuming) ஆராய்ச்சி செய்யப்படும் சுழற்சிகளை காற்றை அடிப்படையாகக் கொண்ட சுழற்சிகள் என்கிறோம். மற்ற அனுமானங்கள் கீழ் கண்டவாறு:

- வேலை செய்யும் பொருள் காற்று. அது ஒரு perfect gas
- மாற்றத்தகு செயல்முறை (reversible in nature)
- சுழற்சியில் உள்ள நிறை (Mass) எப்போதும் மாறிலி
- வெப்பக் கூட்டலும், வெப்ப விலக்கலும் உடனடியாக நடைபெறுகிறது.
- வெப்ப இழப்புகள் ஏதும் இல்லை
- காற்றின் பண்புகளாவன

$$M = 29 \text{ kg/kmol}, c_p = 1.005 \text{ kJ/kg-K}, c_v = 0.717 \text{ kJ/kg-K} \text{ and } \gamma = 1.4.$$

#### 1.1 OTTO CYCLE (CONSTANT VOLUME CYCLE)



வரைபடம் 1.1 ஆட்டோ சுழற்சி

ஆட்டோ சுழற்சி (Otto cycle) படம் 1.1 ல் காட்டப்பட்டுள்ள சுழற்சி நான்கு செயல் கொண்ட ஒன்றாகும்.

செயல் 1-2 = அகவெப்ப மாறா அழுத்தும் செயல்

செயல் 2-3 = மாறா கன அளவில் வெப்பம் செலுத்தும் செயல்

செயல் 3-4 = அகவெப்ப மாறா விரிவடைதல்

செயல் 4-1 = மாறா கன அளவில் வெப்பம் விலக்கும் செயல்

ஆட்டோ சுழற்சியில் பயன்படும் விகிதங்கள் (Relevant Ratios):

கன அளவு அழுத்த விகிதம் =  $\frac{\text{அழுத்துமுன் கன அளவு}}{\text{அழுத்திய பின் கன அளவு}}$

$$\text{Compression}(r) = \frac{\text{Volume before compression}}{\text{Volume after compression}} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{v_1}{v_2},$$

அழுத்த விகிதம் =  $\frac{\text{வெப்பம் செலுத்திய பின் அழுத்தம்}}{\text{வெப்பம் செலுத்தும் முன் அழுத்தம்}}$

$$\text{Pressure ratio}(r) = \frac{\text{Pressure after heat addition}}{\text{Pressure before heat addition}} = \frac{p_3}{p_2}$$

முக்கிய நிலைகளில் வெப்பநிலை (Temperature at salient states)

$$\text{செயல் 1-2, } \frac{T_2}{T_1} = \left\{ \frac{v_1}{v_2} \right\}^{x-1} = (r)^{x-1},$$

$$T_2 = (r^{x-1})T_1$$

$$\text{கன அளவு மாறா செயலில், } \frac{T_3}{T_2} = \left( \frac{p_3}{p_2} \right) = r,$$

$$\therefore T_3 = (r)T_2$$

$$T_3 = (r r^{x-1})T_1$$

$$\text{வெப்பநிலை மாறா செயலில் } \frac{T_4}{T_3} = \left( \frac{v_3}{v_4} \right)^{x-1} = \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^{x-1} = \left( \frac{1}{r} \right)^{x-1}$$

$$T_4 = \frac{T_3}{r^{x-1}},$$

$$T_4 = \frac{T_3}{r^{x-1}} = \frac{(r r^{x-1})T_1}{r^{x-1}} = (r)T_1$$

$$T_4 = r T_1$$

ஒரு அலகு நிறையால் செய்யப்படும் வேலை (Work done per kg)

வேலை / கி.கி.

$$(\dot{S}) = q_s - q_r$$

செலுத்தப்பட்ட வெப்பம் / கி.கி.

$$q_s = c_v(T_3 - T_2)$$

விலக்கப்பட்ட வெப்பம் / கி.கி.

$$q_r = c_v(T_4 - T_1)$$

$$w = c_v(T_3 - T_2) - c_v(T_4 - T_1)$$

$$w = c_v \left[ (r r^{x-1}) T_1 - (r^{x-1}) T_1 \right] - c_v \left[ (r T_1) - T_1 \right]$$

$$w = c_v \left\{ [(r-1)r^{x-1}] - [r-1] \right\} T_1$$

$$w = c_v (r-1)(r^{x-1}-1) T_1$$

இடம் மாற்ற கொள்ளளவு (Swept (Or) Displacement Or Stroke Volume)

இடம் மாற்ற கொள்ளளவு

$$V_s = V_1 - V_2$$

இடம் மாற்ற கொள்ளளவு / கி.கி.

$$v_s = v_1 - v_2$$

$$v_s = v_1 - v_2$$

$$v_s = \frac{RT}{p_1} \left( \frac{r-1}{r} \right)$$

$$v_s = v_1 \left[ 1 - \frac{v_2}{v_1} \right]$$

$$v_s = \frac{c_v(x-1)T_1}{p_1} \left( \frac{r-1}{r} \right)$$

$$v_s = v_1 \left[ 1 - \frac{1}{r} \right]$$

$$v_s = \frac{c_v T_1 (x-1)(r-1)}{p_1 r}$$

ஆட்டோ சுழற்சியின் செயல்திறன்  
(OTTO CYCLE EFFICIENCY)

ஆட்டோ சுழற்சியின் செயல்திறன்

$$(\text{Otto Cycle Efficiency,}) y_0 = \frac{\text{Work done / kg}}{\text{Heat supplied / kg}} = \frac{w}{q_s} = \frac{\text{வேலை / கி.கி}}{\text{செலுத்தப்பட்ட வெப்பம் / கி.கி}}$$

$$y_0 = \frac{c_v(T_3 - T_2) - c_v(T_4 - T_1)}{c_v(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$$

$$y_0 = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{r T_1 - T_1}{(r r^{x-1}) T_1 - (r^{x-1}) T_1} = 1 - \frac{(r-1)}{(r-1)(r^{x-1}) T_1}$$

$$y_0 = 1 - \left( \frac{1}{r^{x-1}} \right)$$

## சராசரி பயன்படு அழுத்தம் (Mean Effective Pressure)

$$m.e.p = \frac{\text{net work done/cycle}}{\text{piston displacement}} = \frac{W}{V_s} = \frac{w}{v_s} = \frac{\text{நிகர வேலை/சுழற்சி}}{\text{பிஸ்டன் இடம்பெயர்வு}}$$

$$mep = p_m = \frac{w}{v_s} = \frac{c_v(r-1)(r^{x-1}-1)T_1}{c_v T_1(x-1)(r-1)}$$

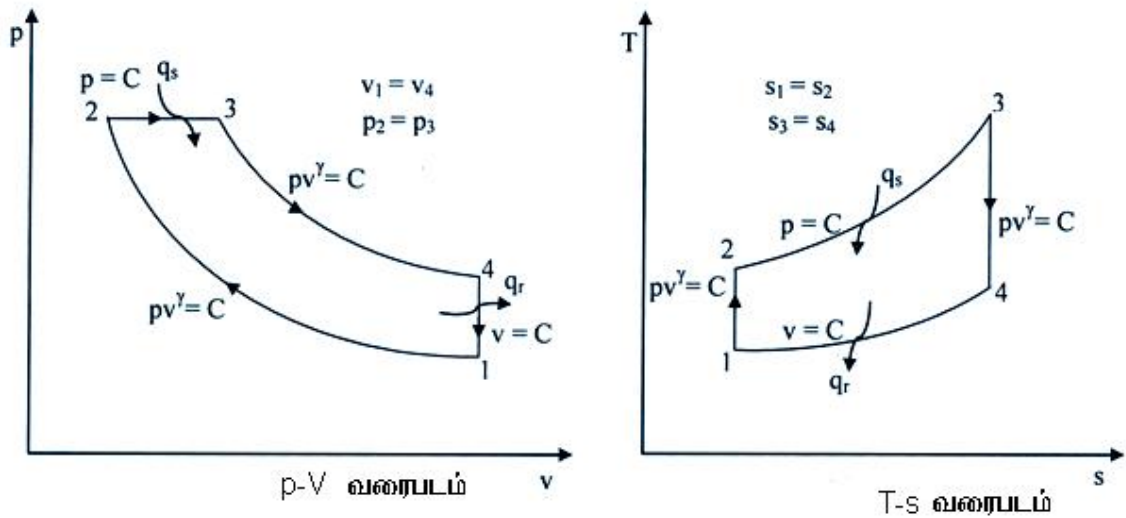
$$p_m = p_1 r$$

$$p_m = \frac{p_1 r}{c_v T_1(x-1)(r-1)} c_v(r-1)(r^{x-1}-1)T_1$$

$$p_m = \frac{p_1 r}{(x-1)(r-1)} (r-1)(r^{x-1}-1)$$

$$p_m = p_1 r \cdot \frac{(r-1)(r^{x-1}-1)}{(x-1)(r-1)}$$

## 1.2 டீசல் சுழற்சி (Constant Pressure Cycle)



வரைபடம் 1.2 டீசல் சுழற்சி

டீசல் சுழற்சி படம் 1.2 ல் காட்டப்பட்டுள்ள நான்கு செயல்முறைகளை கொண்ட ஒன்றாகும்.

செயல் 1-2: அகவெப்ப மாறா அழுத்தும் செயல்

செயல் 2-3: மாறா அழுத்தத்தில் வெப்பம் செலுத்தும் செயல்

செயல் 3-4: அகவெப்ப மாறா விரிவடையும் செயல்

செயல் 4-1: மாறா கனஅளவில் வெப்பம் விலக்கப்படும் செயல்

உசல் சுழற்சியில் பயன்படும் விகிதங்கள்(Relevant Ratios:)

கன அளவு அழுத்த விகிதம் =  $\frac{\text{அழுத்து முன் கன அளவு}}{\text{அழுத்தியபின் கன அளவு}}$

$$\text{Compression ratio}(r) = \frac{\text{Volume before compression}}{\text{Volume after compression}} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

வெட்டு நிலை விகிதம் =  $\frac{\text{வெப்பம் செலுத்திய பின் கன அளவு}}{\text{வெப்பம் செலுத்தும் முன் கன அளவு}}$

$$\text{Cut-off ratio}(\dots) = \frac{\text{Volume after heat addition}}{\text{Volume before heat addition}} = \frac{V_3}{V_2} = \frac{v_3}{v_2}$$

முக்கிய நிலைகளில் வெப்பநிலை (Temperature at salient states)

செயல் 1-2 ன்படி,  $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = (r)^{\gamma-1},$

$$T_2 = (r^{\gamma-1})T_1$$

மாறா அழுத்த செயல் 2-3 ன்படி,  $\frac{T_3}{T_2} = \left(\frac{V_3}{V_2}\right) = \dots$

$$\therefore T_3 = (\dots)T_2$$

$$T_3 = (\dots r^{\gamma-1})T_1,$$

அகவெப்ப மாறா விரிவடைதல் செயல்முறையின்படி,

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

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_3}{V_2} \cdot \frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\dots \frac{1}{r}\right)^{\gamma-1} = \frac{\dots^{\gamma-1}}{r^{\gamma-1}}$$

$$T_4 = \frac{\dots^{\gamma-1}}{r^{\gamma-1}} T_3 = \frac{\dots^{\gamma-1}}{r^{\gamma-1}} (\dots r^{\gamma-1}) T_1 = \dots^{\gamma} T_1$$

$$T_4 = \dots^{\gamma} T_1$$

ஒரு அலகு நிறையால் செய்யப்படும் வேலை (Work done per kg)

வேலை/கி.கி (w) = செலுத்தப்பட்ட வெப்பம் - விலக்கப்பட்ட வெப்பம்

Work done/kg (w) = Heat supplied/kg - Heat rejected/kg =  $q_s - q_r$

But, Heat supplied per kg of air during process 2-3,  $q_s = c_p (T_3 - T_2)$

செயல் 2-3ல் செலுத்தப்பட்ட வெப்பம் /கி.கி ( $q_s$ )

Heat rejected per kg of air during process 4-1  $q_r = c_v(T_4 - T_1)$

செயல் 4-1ல் விலக்கப்பட்ட வெப்பம் /கி.கி ( $q_r$ )

$$w = c_p(T_3 - T_2) - c_v(T_4 - T_1)$$

$$w = c_v \left\{ x [T_3 - T_2] - [T_4 - T_1] \right\}$$

$$w = c_v \left\{ x \left[ (\dots r^{x-1}) T_1 - (r^{x-1}) T_1 \right] - [(\dots^x T_1) - T_1] \right\}$$

$$w = c_v \left\{ x [\dots - 1] (r^{x-1}) - (\dots^x) - 1 \right\} T_1$$

இடம் மாற்ற கொள்ளளவு (Swept (Displacement Or Stroke) Volume)

$$v_s = \frac{c_v T_1 (x - 1) (r - 1)}{p_1 \cdot r}$$

டீசல் சுழற்சியின் செயல்திறன் (Diesel Cycle Efficiency)

$$\text{டீசல் சுழற்சியின் செயல்திறன்} = \frac{\text{வேலை / கி.கி}}{\text{செலுத்தப்பட்ட வெப்பம் / கி.கி}}$$

$$\text{Diesel Cycle Efficiency, } y_d = \frac{\text{Work done / kg}}{\text{Heat supplied / kg}} = \frac{w}{q_s}$$

$$y_d = \frac{c_p(T_3 - T_2) - c_v(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{1}{x} \left( \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \right)$$

$$y_d = 1 - \frac{1}{x} \left( \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \right) = 1 - \frac{1}{x} \left( \frac{\dots^x T_1 - T_1}{\dots r^{x-1} T_1 - r^{x-1} T_1} \right) = 1 - \frac{1}{r^{x-1}} \left( \frac{(\dots^x - 1) T_1}{x (\dots - 1) T_1} \right)$$

$$y_d = 1 - \frac{1}{r^{x-1}} \left( \frac{\dots^x - 1}{x (\dots - 1)} \right)$$

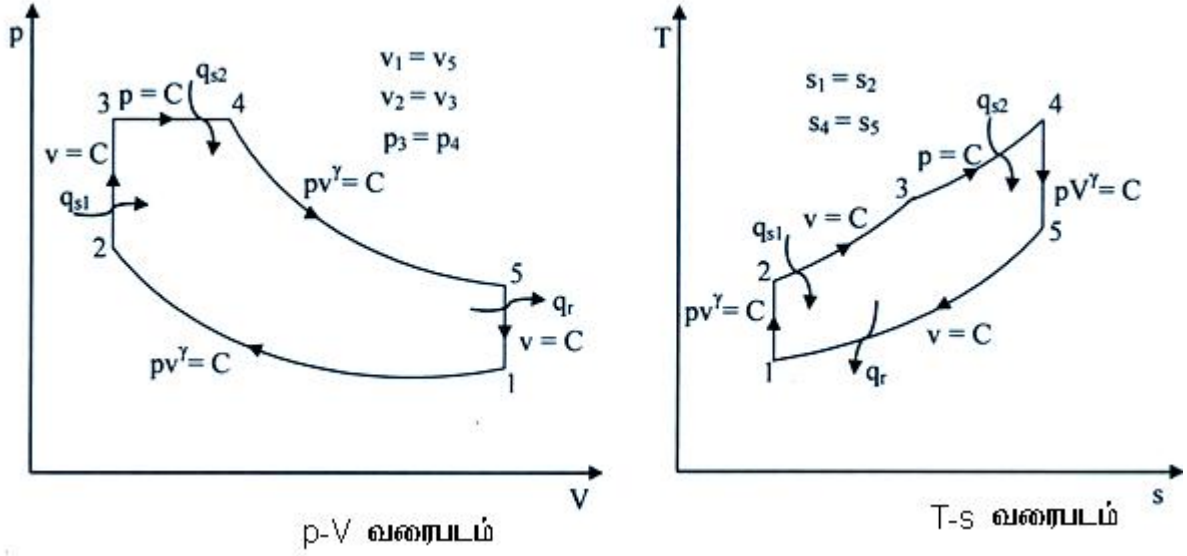
சராசரி பயன்படு அழுத்தம் (Mean Effective Pressure)

$$p_m = \frac{p_1 \cdot r}{c_v T_1 (x - 1) (r - 1)} c_v \left\{ x [\dots - 1] (r^{x-1}) - [(\dots^x) - 1] \right\} T_1$$

$$p_m = \frac{p_1 \cdot r}{(x - 1) (r - 1)} \left\{ x [\dots - 1] (r^{x-1}) - [(\dots^x) - 1] \right\}$$

$$p_m = p_1 \cdot r \cdot \frac{x r^{x-1} (\dots - 1) (\dots^x - 1)}{(x - 1) (r - 1)}$$

### 1.3 இரட்டை சுழற்சி



வரைபடம் 1.3 இரட்டை சுழற்சி

இரட்டை சுழற்சியானது மேற்கண்ட படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள ஐந்து செயல்முறைகளை கொண்டதாகும்.

செயல் 1-2: அகவெப்ப மாறா அழுத்தும் செயல்

செயல் 2-3: மாறாகன அளவில் வெப்பம் செலுத்தும் செயல்

செயல் 3-4: மாறா அழுத்தத்தில் வெப்பம் செலுத்தும் செயல்

செயல் 4-5: அகவெப்ப மாறா விரிவடையும் செயல்

செயல் 5-1: மாறா கன அளவில் வெப்பம் விலக்கப்படும்

இரட்டை சுழற்சியில் பயன்படும் விகிதங்கள்(Relevant Ratios):

$$\text{கன அளவு அழுத்த விகிதம்} = \frac{\text{அழுத்து முன் கன அளவு}}{\text{அழுத்திய பின் கன அளவு}}$$

$$\text{Compression ratio } (r) = \frac{\text{Volume before compression}}{\text{Volume after Compression}} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\text{அழுத்த விகிதம்} = \frac{\text{வெப்பம் செலுத்திய பின் அழுத்தம்}}{\text{வெப்பம் செலுத்தும் முன் அழுத்தம்}}$$

$$\text{Pressure ratio } (r) = \frac{\text{Pressure after heat addition}}{\text{Pressure before heat addition}} = \frac{p_3}{p_2}$$

$$\text{வெட்டு நிலை விகிதம்} = \frac{\text{வெப்பம் செலுத்திய பின் கன அளவு}}{\text{வெப்பம் செலுத்தும் முன் கன அளவு}}$$

$$\text{Cut-off ratio } (\dots) = \frac{\text{Volume after heat addition}}{\text{Volume before heat addition}} = \frac{V_4}{V_3} = \frac{v_4}{v_3}$$

முக்கிய நிலைகளின் வெப்ப நிலை (Temperature at salient states)

$$\text{செயல் 1-2ன்படி, } \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\gamma-1} = (r)^{\gamma-1},$$

$$T_2 = (r^{\gamma-1})T_1$$

$$\text{மாறாக் அளவு செயல் 2-3ன் படி, } \frac{T_3}{T_2} = \left(\frac{p_3}{p_2}\right) = r,$$

$$\therefore T_3 = (r)T_2$$

$$T_3 = r (r^{\gamma-1})T_1,$$

$$\text{மாறாக் அழுத்த செயல் 3-4ன் படி, } \frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{v_4}{v_3}\right) = \dots,$$

$$T_4 = (\dots)T_3$$

$$T_4 = (\dots r r^{\gamma-1})T_1,$$

அகவெப்ப மாறாக் விரிவடையும் செயல் 4-5 ன் படி,

$$\frac{T_5}{T_4} = \left(\frac{v_4}{v_5}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{v_4}{v_5} \cdot \frac{v_2}{v_2}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{v_4}{v_2} \cdot \frac{v_2}{v_5}\right)^{\gamma-1}$$

$$\frac{T_5}{T_4} = \left(\frac{v_4}{v_3} \cdot \frac{v_2}{v_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\dots \frac{1}{r}\right)^{\gamma-1} = \frac{\dots^{\gamma-1}}{r^{\gamma-1}}$$

$$T_5 = \frac{\dots^{\gamma-1}}{r^{\gamma-1}} T_4 = \frac{\dots^{\gamma-1}}{r^{\gamma-1}} (r \dots r^{\gamma-1}) T_1 = r \dots^{\gamma} T_1$$

$$T_5 = r \dots^{\gamma} T_1$$

ஒரு அலகு நிறையால் செய்யப்படும் வேலை (Work done per kg)

வேலை/கி.கி=செலுத்தப்பட்ட வெப்பம் – விலக்கப்பட்ட வெப்பம்

work done/kg (w)= Heat supplied/kg – Heat rejected /kg =  $q_s - q_r$

செயல் 2-3 மற்றும் 3-4 ன் போது செலுத்தப்பட்ட வெப்பம் / கி.கி

$$q_s = c_v(T_3 - T_2) + c_p(T_4 - T_3)$$

செயல் 4-5 ன் போது விலக்கப்பட்ட வெப்பம் / கி.கி=

Heat rejected per kg of air during process 4-5

$$q_r = c_v(T_5 - T_1)$$

$$w = [c_v(T_3 - T_2) + c_p(T_4 - T_3)] - c_v(T_5 - T_1)$$

$$w = c_v \{ [(T_3 - T_2) + \gamma(T_4 - T_3) - (T_5 - T_1)] \}$$

$$w = c_v \{ [(r r^{\gamma-1})T_1 - (r^{\gamma-1})T_1] + \gamma [(\dots r r^{\gamma-1})T_1 - (r r^{\gamma-1})T_1] - [(r \dots^{\gamma} T_1) - T_1] \}$$

$$w = c_v \{ [r - 1](r^{\gamma-1}) + \gamma r r^{\gamma-1} [(\dots) - 1] - [(r \dots^{\gamma}) - 1] \} T_1$$

$$w = c_v \{ r^{\gamma-1}(r - 1) + \gamma r r^{\gamma-1}(\dots - 1) - (r \dots^{\gamma} - 1) \} T_1$$



இடம் மாற்ற கொள்ளளவு (Swept (Displacement Or Stroke) Volume)

$$V_s = \frac{c_v T_1 (x-1)(r-1)}{P_1 r}$$

இரட்டை சுழற்சியின் செயல்திறன் (Dual Cycle Efficiency)

Dual Cycle Efficiency ( $\gamma_d$ ) =  $\frac{\text{Work done / kg}}{\text{Heat Supply / kg}} = \frac{W}{q_s}$  வேலை/கி.கி / செலுத்தப்பட்ட வெப்பம்/கி.கி

$$\gamma_d = \frac{[c_v (T_3 - T_2) + c_p (T_4 - T_3)] - c_v (T_5 - T_1)}{[c_v (T_3 - T_2) + c_p (T_4 - T_3)]} = 1 - \left( \frac{T_5 - T_1}{(T_3 - T_2) + x (T_4 - T_3)} \right)$$

$$\gamma_d = 1 - \left( \frac{T_5 - T_1}{(T_3 - T_2) + x (T_4 - T_3)} \right)$$

$$\gamma_{du} = 1 - \frac{T_1 r^{\dots x} - T_1}{[T_1 r^{x-1} r - T_1 r^{x-1}] + x [T_1 r^{x-1} r^{\dots} - T_1 r^{x-1} r]} = 1 - \frac{1}{r^{x-1}} \left[ \frac{[r^{\dots x} - 1] T_1}{r^{x-1} [(r-1) + x r (\dots - 1)] T_1} \right]$$

$$\gamma_{du} = 1 - \frac{1}{r^{x-1}} \left[ \frac{r^{\dots x} - 1}{[(r-1) + x r (\dots - 1)]} \right]$$

சராசரி பயன்படு அழுத்தம் (Mean effective pressure)

$$m.e.p = \frac{\text{net work done/cycle}}{\text{piston displacement}} = \frac{W}{V_s} = \frac{w}{v_s} \frac{\text{நிகர வேலை / சுழற்சி}}{\text{பிஸ்டன் இடப் பெயர்வு}}$$

$$p_m = \frac{P_1 r}{c_v T_1 (x-1)(r-1)} c_v \left\{ r^{x-1} (r-1) + x r r^{x-1} (\dots - 1) - (r^{\dots x} - 1) \right\} T_1$$

$$p_m = \frac{P_1 r}{(x-1)(r-1)} \left\{ r^{x-1} (r-1) + x r r^{x-1} (\dots - 1) - (r^{\dots x} - 1) \right\}$$

$$p_m = P_1 r \frac{r^{x-1} (r-1) + x r r^{x-1} (\dots - 1) - (r^{\dots x} - 1)}{(x-1)(r-1)}$$

1.4 ப்ரேய்டன் (அல்லது ஜூல்) சுழற்சி (Brayton (Or Joule) Cycle)

ப்ரேய்டன் சுழற்சி படம் 1.4 ல் காட்டப்பட்டுள்ள நான்கு செயல்முறைகளை கொண்டதாகும்.

செயல் 1-2: அகவெப்ப மாறா அழுத்தம் செயல்

செயல் 2-3: மாறா அழுத்தத்தில் வெப்பம் செலுத்தும் செயல்

செயல் 3-4: அகவெப்ப மாறா விரிவடைதல்

செயல் 4-1: மாறா அழுத்தத்தில் வெப்பம் விலக்கப்படும் செயல்

செயல் 2-3 ன் படி செலுத்தப்பட்ட வெப்பம் /கி.கி( $q_s$ )

Heat Supplied per kg of air  $(q_s) = c_p (T_3 - T_2) = (h_3 - h_2)$

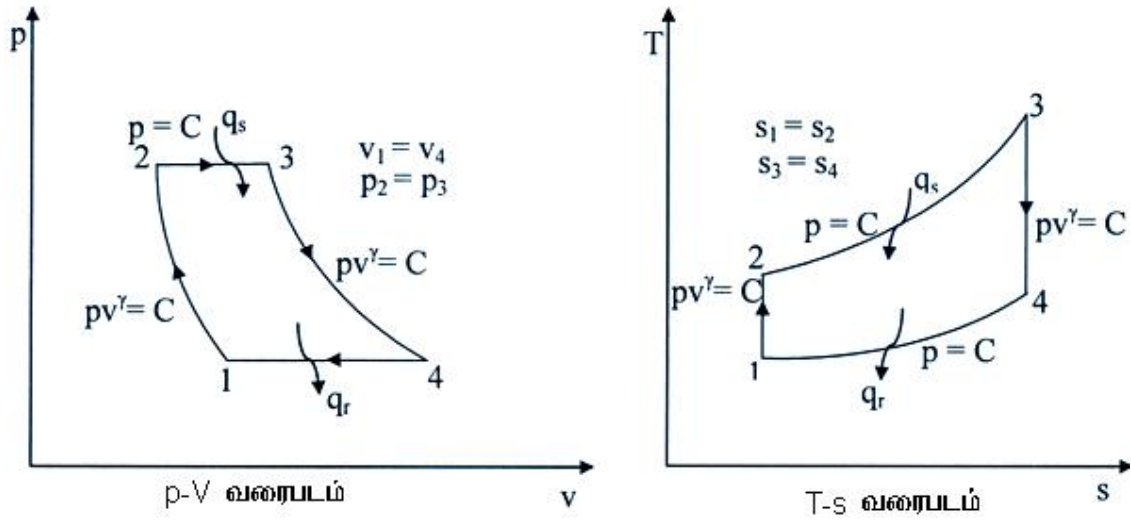
விலக்கப்பட்ட வெப்பம் /கி.கி  $(q_r)$

Heat rejected per kg of air  $(q_r) = c_p (T_4 - T_1) = (h_4 - h_1)$

வேலை /கி.கி (w)

Work done per kg (w) =  $q_s - q_r = c_p (T_3 - T_2) - c_p (T_4 - T_1) = (h_3 - h_2) - (h_4 - h_1)$

ப்ரேய்டன் சுழற்சியின் செயல்திறன் (Efficiency of the Brayton Cycle)



வரைபடம் 1.4. ப்ரேய்டன் சுழற்சி

$$\eta = \frac{q_s - q_r}{q_s} = 1 - \frac{q_r}{q_s} = \left( 1 - \frac{c_p (T_4 - T_1)}{c_p (T_3 - T_2)} \right) = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1 \left( \frac{T_4}{T_1} - 1 \right)}{T_2 \left( \frac{T_3}{T_2} - 1 \right)} \dots \dots \dots (1)$$

Let,  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{p_3}{p_4} =$  அழுத்த விகிதம்  $= r_p = r$  and  $\frac{\gamma - 1}{\gamma} = s$

செயல் 1-2 ன் படி,  $\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} = r^s$

செயல் 3-4 ன் படி,

$$y = \frac{T_1 \left( \frac{T_4}{T_1} - 1 \right)}{T_2 \left( \frac{T_3}{T_2} - 1 \right)} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{x-1}{x}}$$

$$y = 1 - \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{x-1}{x}} = 1 - \frac{1}{r^s}$$

$$= 1 - \frac{1}{r_p^{\frac{x-1}{x}}}$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left( \frac{p_3}{p_4} \right)^{\frac{x-1}{x}} = r^s$$

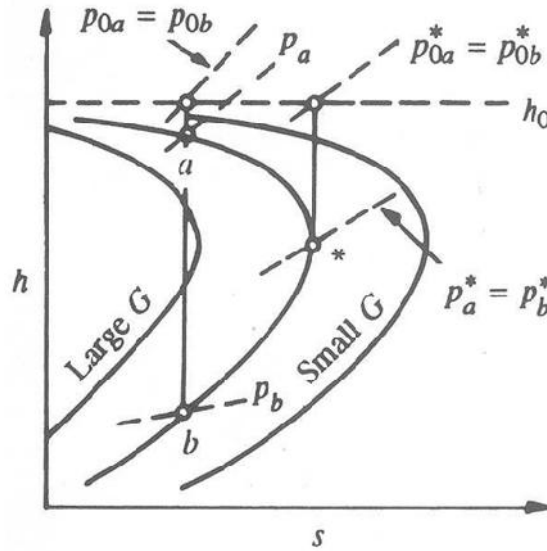
$$\therefore \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_4} \text{ or } \frac{T_3}{T_2} = \frac{T_4}{T_1} \dots \dots \dots (2)$$

கோட்பாடு (2) ஐ கோட்பாடு (1)ல் பயன்படுத்தும்போது

### 1.5 ஃபேனோ பாய்வு (Fanno flow)

ஃபேனோ பாய்வு ஆனது ஒரே திசையில் பரப்பு மாறா கலத்தில் உராய்வுடன் கூடிய அக வெப்ப மாறாப் பாய்வு ஆகும்.

ஃபேனோ பாய்வின்  $h - s$  வரைபடம் ஆனது படம் 1.5 ல் காட்டப்பட்டு உள்ளது.



படம் 1.5 ஃபேனோ பாய்வு

**1.5.1** ஒலியின் வேகத்தை விட குறைவான வேகத்தில் ஃபேனோ பாய்வு ஆரம்பிக்கும் பொழுது உராய்வின் மூலமாக பாய்வில் ஏற்படும் விளைவுகளாவன.

- அழுத்தம்  $P$  குறைகிறது.
- மேக் எண்  $M$  அதிகரிக்கிறது.

- c) திசைவேகம்  $V$  அதிகரிக்கிறது
- e) அடர்த்தி  $\rho$  குறைகிறது
- f) மொத்த அழுத்தம்  $P_0$  குறைகிறது
- g) கணத்தாக்கச் சார்பு  $F$  குறைகிறது

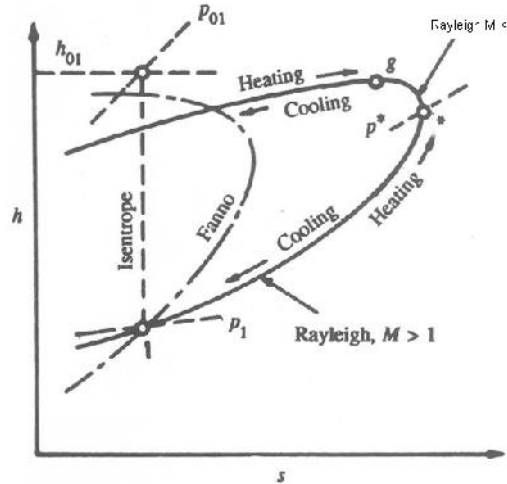
1.5.2 ஒலியின் வேகத்தை விட அதிக வேகத்தில் ஃபேனோ பாய்வு ஆரம்பிக்கும் பொழுது உராய்வினால் ஃபேனோ பாய்வில் ஏற்படும் விளைவுகளாவன.

- a) அழுத்தம்  $P$  குறைகிறது.
- b) மேக் எண்  $M$  குறைகிறது.
- c) திசைவேகம்  $V$  குறைகிறது
- d) வெப்பநிலை  $T$  அதிகரிக்கிறது
- e) அடர்த்தி  $\rho$  குறைகிறது
- f) மொத்த அழுத்தம்  $P_0$  குறைகிறது
- g) கணத்தாக்கச் சார்பு  $F$  குறைகிறது

### 1.6. இராலே பாய்வு

இராலே பாய்வு ஆனது ஒரே திசையில் பரப்பு மாறா கலத்தில் வெப்ப பரிமாற்றத்துடன் கூடிய பாய்வு ஆகும்.

இராலே பாய்வின்  $h-s$  வரைபடம் ஆனது படம் 1.6 ல் காட்டப்பட்டு உள்ளது.



படம் 1.6 இராலே பாய்வு

1.6.1 ஒலியின் வேகத்தை விட குறைவான வேகப்பாய்விற்கு, வெப்பம் செலுத்தப்படும் பொழுது

- a) அழுத்தம் குறைகிறது  $P_2 < P_1$
- b) மேக் எண் அதிகரிக்கிறது  $M_2 > M_1$

- c) திசைவேகம் அதிகரிக்கிறது  $V_2 > V_1$
- d)  $M_1 < x^{-1/2}$  ஆக இருக்கும்பொழுது வெப்பநிலை அதிகரிக்கிறது  
 $M_1 > x^{-1/2}$  ஆக இருக்கும்பொழுது வெப்பநிலை குறைகிறது
- e) மொத்த வெப்பநிலை அதிகரிக்கிறது,  $T0_2 > T0_1$
- f) மொத்த அழுத்தம் குறைகிறது  $P0_2 > P0_1$

**1.6.2** ஒலியின் வேகத்தைவிட அதிவேகப்பாய்விற்கு, வெப்பம் செலுத்தப்படும் பொழுது

- a) அழுத்தம் குறைகிறது  $P_2 > P_1$
- b) மேக் எண் குறைகிறது.  $M_2 < M_1$
- c) திசைவேகம் குறைகிறது  $V_2 < V_1$
- d) வெப்பநிலை அதிகரிக்கிறது  $T_2 < T_1$
- e) மொத்த வெப்பநிலை அதிகரிக்கிறது,  $T0_2 > T0_1$
- f) மொத்த அழுத்தம் குறைகிறது,  $P0_2 > P0_1$

## பகுதி - II

### காற்று அழுத்தும் கருவி

#### 2.0 அறிமுகம்

காற்று அழுத்தும் கருவியானது காற்றின் அழுத்தத்தை அதிகரிக்க பயன்படும் கருவியாகும். அது பொதுவாக வளிமண்டலத்திலிருந்து காற்றை எடுத்து அதன் அழுத்தத்தை அதிகரிக்க செய்து சேமிப்புத் தொட்டிக்கு செலுத்துகிறது.

#### 2.1 அழுத்தப்பட்ட காற்றின் பயன்கள்:

அழுத்தப்பட்ட காற்றின் சில முக்கியமான பயன்களாவன:

- தூய்மைப்படுத்தும் பணிகள்
- வாயு சுழலி எரிதல் செயல்முறையில்
- நிலக்கரிச் சுரங்கங்களில் காற்று விசைப்பொறிகளை இயக்குவதற்கு
- ஊசல் எந்திரங்களின் காற்று உட்செலுத்தும் செயல்முறையில் எரிபொருள் உட்செலுத்துவதற்கு,
- வாயுவினால் இயங்குகிற துளைக்கும் கருவியின் இயக்கத்திற்கு, பாறைகளை உடைப்பதற்கு, உந்துபொறி மற்றும் தொடர் வண்டிகளில் பயன்படுத்தப்படும் காற்றுத்தடைகளில், தெளிப்பான்கள், ஊது உலைகளில்
- உள் எரி எந்திரங்களில் இயக்கத்தை தொடங்குவதற்கு மற்றும் உள் செல்லும் காற்றை மிகுதிப்படுத்துவதற்கு
- வான்கலன்கள் மற்றும் பெரிய கட்டிடங்களில் வெப்பத்தை தணிப்பதற்கு

#### 2.2 காற்று அழுத்தும் கருவியின் வகைகள்:

காற்று அழுத்தும் கருவியானது பின்வரும் வகைகளில் வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

##### a. காற்று அழுத்தும் நிலைகளின் அடிப்படையில், கருவியின்

- ஒரு நிலை அழுத்தம்: வெளியேறும் காற்றின் அழுத்தம் **10 bar** வரை
- பல நிலை: வெளியேறும் காற்றின் அழுத்தம் **10 bar**க்கு மேல்

##### b. கலன்களின் எண்ணிக்கை அடிப்படையில்:

- ஒரு கலன்
- பல கலன்கள்

c. வெப்பம் தணிக்கும் முறையின் அடிப்படையில்:

- (i) காற்று மூலம் வெப்பம் தணிக்கும் முறை
- (ii) நீர் மூலம் வெப்பம் தணிக்கும் முறை

d. செயல்படும் இயக்கத்தின் அடிப்படையில்:

- (i) மேல் கீழ் இயங்கும் காற்று அழுத்தும் கருவி
- (ii) சுழல் காற்றழுத்தும் கருவி

e. பிஸ்டன் செயல்பாட்டின் அடிப்படையில்

- (i) ஒரு முனை உந்து தண்டு செயல்பாடு
- (ii) இரு முனை உந்து தண்டு செயல்பாடு

f. இயக்கம் பகுதியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் விதத்தின் அடிப்படையில்

- (i) நேர் இயக்கி (நேரடி இயக்கம்)
- (ii) வாரியக்கி (பட்டை இயக்கி) (பட்டை மூலம் இயக்கம்)
- (iii) சங்கிலி இயக்கி (சங்கிலி மூலம் இயக்கம்)

g. அழுத்த வரம்புகளின் அடிப்படையில்:

- (i) குறைந்த அழுத்த காற்று அழுத்தும் கருவி
- (ii) இடைப்பட்ட அழுத்த காற்று அழுத்தும் கருவி
- (iii) அதிக அழுத்த காற்று அழுத்தும் கருவி

h. கொள்திறன் அடிப்படையில்

- (i) குறைந்த கொள்திறன் : வெளியேறும் காற்றின் கன அளவு,  $0.15m^3/s$  முதல்  $5m^3/s$  வரை
- (ii) இடைப்பட்ட கொள்திறன்: வெளியேறும் காற்றின் கன அளவு  $0.15m^3/s$  முதல்  $5m^3/s$  வரை
- (iii) அதிக கொள்திறன் : வெளியேற்றப்படும் காற்றின் கன அளவு  $5m^3/s$  க்கு மேல்.

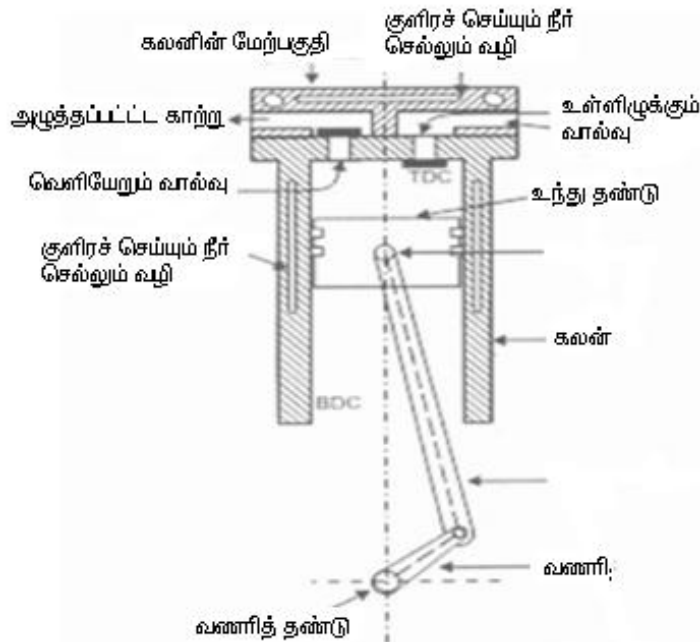
2.3 காற்று அழுத்தும் கருவியில் பயன்படும் வரையறைகள்:

(i) ஒரு முனை உந்து தண்டு செயல்பாட்டுடன் கூடிய காற்று அழுத்தும் கருவி

இந்த காற்று அழுத்தும் கருவியில் காற்று உள்ளிழுத்தல், அழுத்துதல் மற்றும் காற்றை வெளியேற்றுதல் போன்ற நிகழ்வுகள் உந்து தண்டின் ஒரே பக்கத்தில் நடைபெறுகிறது மற்றும் ஒவ்வொரு வணரித் தண்டு சுழற்சிக்கும் ஒரு சுழற்சி நடைபெறுகிறது.

- (ii) இருமுனை உந்து தண்டு செயல்பாட்டுடன் கூடிய காற்று அழுத்தும் கருவி இந்த காற்று அழுத்தும் கருவியில் உள்ளிழுத்தல், அழுத்துதல் மற்றும் காற்றை வெளியேற்றுதல் ஆகியன உந்து தண்டின் இரு பக்கத்திலும் நடைபெறுகிறது. மற்றும் வணரித்தண்டின் ஒவ்வொரு சுற்றுக்கு, இரு சுழற்சிகள் நடைபெறுகின்றன.
- (iii) ஒரு நிலை காற்று அழுத்தும் கருவி ஒரு நிலை காற்று அழுத்தும் கருவியில் காற்றின் அழுத்தம் தொடக்க நிலையில் இருந்து இறுதி நிலை வரை ஒரே கலனில் அதிகரிக்கப்படுகிறது.
- (iv) பல நிலை காற்று அழுத்தும் கருவி பல நிலை காற்று அழுத்தும் கருவியில் காற்றின் அழுத்தமானது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கலன்களில் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக அதிகரிக்கப்படுகிறது.
- (v) அழுத்த விகிதம் அழுத்த விகிதம் என்பது வெளியேற்றப்படும் காற்றின் அழுத்தத்திற்கும் உள்ளெல்லும் காற்றின் அழுத்தத்திற்கும் உள்ள விகிதம் ஆகும்.
- (vi) வளி மண்டல காற்று (Free Air Delivery) வெளியேறும் காற்றின் வளிமண்டல நிலையின் கன அளவு விகிதம் இது வெளியேறும் காற்றின் கன அளவு விகிதத்தை வளிமண்டல நிலையில் அளவிட்டு குறிப்பிடுவதாகும்.

## 2.4 மேல் கீழ் இயங்கும் காற்றழுத்தும் கருவி (Reciprocating Compressors)

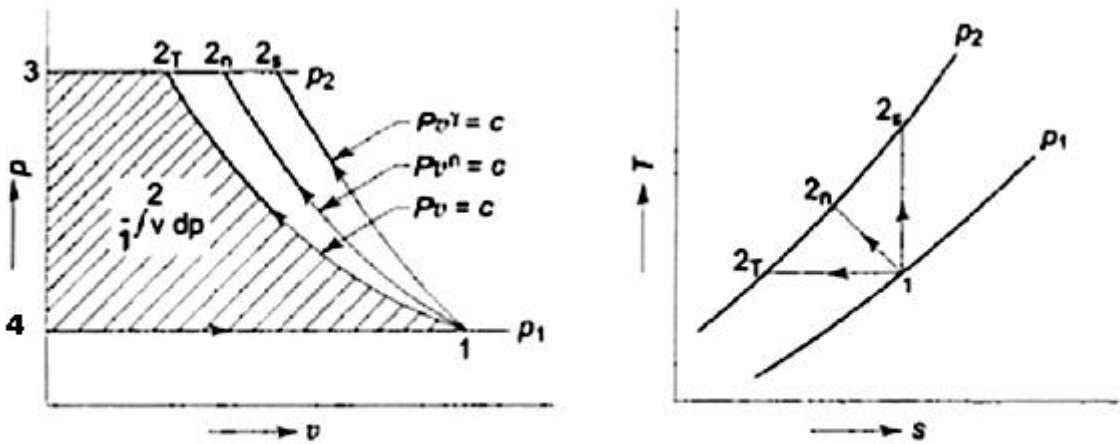


படம் 2.1. மேல் கீழ் இயங்கும் காற்றழுத்தும் கருவி



மேல் கீழ் இயங்கும் காற்றழுத்தும் கருவியில் முக்கியமான பகுதிகள் கலன்(Cylinder), பிஸ்டன், உள்ளிழுக்கும் மற்றும் வெளியேற்றும் வால்வுகள் ஆகியன ஆகும். (படம் 2.1). மேல் கீழ் இயங்கும் காற்றழுத்தும் கருவியில் முக்கியமான பாகங்கள், மேல் கீழ் இயங்கும் நீராவி எந்திரம் அல்லது உள் எரி எந்திரங்களில் உள்ள முக்கியமான பாகங்களே ஆகும். மேல் கீழ் இயங்கும் காற்றழுத்தும் கருவியானது ஒரு நிலை அல்லது பல நிலைகளை கொண்டதாகவோ, ஒரு முனை அல்லது இரு முனை உந்து தண்டு செயல்பாடு கொண்டதாகவோ இருக்கலாம். ஒரு நிலை காற்றழுத்தும் கருவியில் காற்று 10 bar வரை அழுத்தப்படலாம். ஆனால் பல நிலை காற்றழுத்தும் கருவியில் காற்று 10 bar முதல் 200 bar வரை அழுத்தப்படலாம். மேல் கீழ் இயங்கும் காற்றழுத்தும் கருவியில் அதன் சமன் செய்யப்படாத திசைகளை கட்டுப்பாட்டில் வைத்திருப்பதற்காக உந்து தண்டின் வேகம் 400 m/min க்குள் கட்டுப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

## 2.5 கருத்தியல் ஒற்றை நிலை மேல் கீழ் இயங்கும் காற்று அழுத்தும் கருவி (ideal single stage reciprocating compressor)



படம் 2.2. மாற்றத்தகு செயல்முறை

படம் 2.2 ல் ஒற்றை நிலை மேல் கீழ் இயங்கும் காற்று அழுத்தும் கருவியின் ஆழுத்தம் - பருமன் இடைவெளி இல்லாத நிலையில் காட்டப்பட்டு உள்ளது. உந்து தண்டு தொடக்கத்தில் கலனின் மேல்பகுதியில் (TDC) உள்ளது. வணரித் தண்டு இயக்கப்படும் பொழுது உந்து தண்டு கலனில் கீழ்நோக்கி நகர்ந்து கீழ் பகுதியை (BDC) அடைந்து, கலனில் இடம்பெயர் கொள்ளளவை (displacement volume) அதிகரிக்கிறது. இதுவே காற்று அழுத்தும் கருவியின் இடம் பெயர் கொள்ளளவு.

### காற்று அழுத்தும் கருவியின் கொள்திறன்

காற்று அழுத்தும் கருவியின் கொள்திறன் என்பது அதனால் ஒரு நொடிக்கு வெளியேற்றப்படும் காற்றின் அளவு ஆகும் ( $m^3 / s$ )

### காற்று அழுத்தும் கருவியின் கொள்ளளவு செயல்திறன்

காற்று அழுத்தும் கருவியின் கன அளவு செயல்திறன் என்பது, அதன் கொள்திறனுக்கும் உந்து தண்டின் இடம் பெயர்வுக்கும் உள்ள விகிதம் ஆகும்.

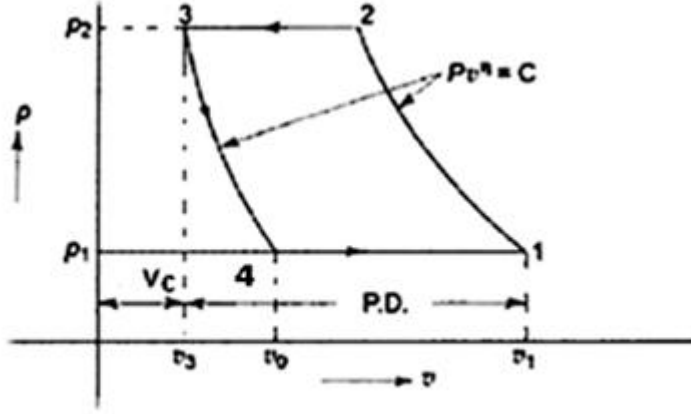
### வேலை செய்யும் முறை

நிரப்பிட அதிகரிப்பால், கலனில் அழுத்தம் குறைந்து, அதன் மூலம் உட்செலுத்தும் வால்வு திறக்கப்பட்டு வளிமண்டலத்தில் இருந்து காற்று  $p_1$  அழுத்தத்தில் உள்ளே அனுமதிக்கப்படுகிறது இந்த காற்று உள்ளிழுக்கப்படும் நிகழ்வானது உந்து தண்டு கலனில் கீழ் பகுதியை அடையும் வரை நடைபெறுகிறது. அது படம் 2.2 ல் (P.V Diagram) 4-1 என்ற கோடு மூலம் சுட்டிக்காட்டப்பட்டுள்ளது. உட்செலுத்தும் வால்வு, உந்து தண்டு கீழ் பகுதியை அடைந்தவுடன் மூடிக்கொள்கிறது. செயல் 4-1 இன் கீழ் உள்ள பரப்பு காற்றினால் செய்யப்பட்ட வேலையை காட்டுகிறது.

உந்து தண்டு மீண்டும் கலனின் கீழ்பகுதியில் இருந்து மேல்பகுதிக்கு செல்லும் பொழுது வால்வுகள் மூடப்பட்டு காற்றின் அழுத்தம் அதிகரிக்கப்படுகிறது. அழுத்தம் வெளியேற்றப்படும் இறுதி அழுத்தம்  $p_2$  வரை அதிகரிக்கப்படுகிறது.

காற்றின் மீது உந்து தண்டினால் செய்யப்பட்ட நிகர வேலை, பரப்பு 1-2-3-4-1 ல் சுட்டிக் காட்டப்பட்டுள்ளது.

காற்று அழுத்தும் கருவியில் நடைமுறையில் உந்து தண்டின் மேல் உச்ச பகுதியில் செல்லும் பொழுது, அது கலனின் உறையை அடிக்காத வகையில், உந்து தண்டின் உச்ச இடம்பெயர்வுக்கும் கலனின் உறைக்கும் இடையே சிறிய இடைவெளி கொடுக்கப்படுகிறது. உந்து தண்டு மூலம் வெளியேற்றப்பட முடியாத இந்த கன அளவு, இடைவெளி கன அளவு என அழைக்கப்படுகிறது. இதனால் ஒவ்வொரு வெளியேற்றப்படும் சுற்றின் முடிவிலும் இந்த இடைவெளி கன அளவில் உள்ள காற்று கலனிலேயே தங்கி விடுகிறது. பொதுவாக இடைவெளி கன அளவு உந்து தண்டு இடம் பெயர்வின் சதவிகிதத்தில் குறிப்பிடப்படுகிறது. படம் 2.3 ல் இடைவெளி கன அளவுடன் கூடிய ஒரு நிலை காற்று அழுத்தும் கருவியின் அழுத்தம் – பருமன் காட்டப்பட்டு உள்ளது.



படம். 2.3. காற்று அழுத்தும் கருவியின் சுட்டு வரைபடம்

மேலே குறிப்பிட்டுள்ளபடி, ஒவ்வொரு வெளியேற்றப்படும் சுற்றின் முடிவிலும், இடைவெளி கன அளவில் உள்ள காற்று கலனை விட்டு வெளியேற்றப்படாமல் கலனிலேயே தங்கி விடுகிறது. முன்னோக்கிய சுற்றின் தொடக்கத்தில், இடைவெளி கன அளவில் உள்ள காற்று அழுத்தம்  $p_1$  மற்றும் கன அளவு  $V_4$  வரை விரிவடைந்த பின்னரே காற்று உள்ளிழுக்கப்படுகிறது. உள்ளிழுக்கப்படும் சுற்றின் முடிவில், இழுக்கப்பட்ட காற்றின் அளவு  $V_a$  ஆனால் இடைவெளி இல்லாமல் உள்ளிழுக்கப்பட்ட காற்றின் அளவு, இடம்பெயர் கன அளவுக்கு சமம் ஆகும் ( $V_s$ ) காற்று அழுத்தும் கருவியில் உள்ள இடைவெளி, உள்ளிழுக்கப்படும் சுற்றில் இழுக்கப்படும் காற்றின் அளவை குறைக்கிறது. அதாவது, காற்று அழுத்தும் கருவியின் கொள்திறனை குறைக்கிறது. உள்ளிழுக்கப்படும் காற்றின் கன அளவிற்கும் காற்று அழுத்தும் கருவியின் இடம் பெயர் கன அளவிற்கும் உள்ள விகிதமே காற்று அழுத்தும் கருவியின் கன அளவு செயல்திறன் ஆகும்.

### தொகுதி 1 :

காற்று  $p v^n = C$  என்ற விதியின் படி, அழுத்தப்படுகிறது.

$P_1$  அழுத்துமுன் காற்றின் அழுத்தம் ( $N/m^2$ )ல்

$V_1$  அழுத்துமுன் காற்றின் கன அளவு ( $m^3 / kg$ ) ல்

$T_1$  அழுத்துமுன் காற்றின் வெப்பநிலை ( $K$ ) ல்

$p_2 v_2 T_2$  அழுத்திய பின் காற்றின் அழுத்தம், கன அளவு மற்றும் வெப்பநிலைகள் குறிப்பிடுகின்றது.

பாலிடிராபிக் செயல்முறைக்கு தேவைப்படும் வேலை / கி.கி

$$w = \frac{n}{n-1} p_1 v_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \dots\dots\dots(2.1)$$

ஆனால்  $p_1 v_1 = RT_1$

சமன்பாடு 2.1 ல்  $p_1 v_1$  ன் மதிப்பை ஈடு செய்வதன் மூலம் தேவைப்படும் வேலை/சுழற்சி

ஒரு அலகு நிறை காற்றுக்கு தேவைப்படும் வேலை,

$$w = \frac{n}{n-1} RT_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \dots\dots\dots(2.2)$$

காற்று அழுத்தும் கருவியின் கருத்தியல் திறன் =  $w \times \dot{m}$  .....(2.3)

$w$  = ஒரு அலகு நிறை காற்றுக்கு தேவைப்படும் வேலை (ஜூல்/கி.கி)

$\dot{m}$  = காற்றின் நிறை விகிதம் (கி.கி/நொடி)

## தொகுதி 2:

அக வெப்ப மாறா முறையில் காற்று அழுத்தப்படும் பொழுது, சமன்பாடு 2.1 மற்றும் 2.2 ல்  $n$  க்கு பதிலாக  $X$  மதிப்பை ஈடு செய்வதன் மூலம் தேவைப்படும் வேலை/ சுழற்சி கிடைக்கிறது.

$$w = \frac{X}{X-1} p_1 v_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{X-1}{X}} - 1 \right] \dots\dots\dots(2.4)$$

$$w = \frac{X}{X-1} RT_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{X-1}{X}} - 1 \right] \dots\dots\dots(2.5)$$

### தொகுதி 3:

காற்று வெப்பநிலை மாறா செயல்முறையில் அழுத்தப்படும் பொழுது, தேவைப்படும் வேலை/சுழற்சி :

$$w = p_1 v_1 \ln \left( \frac{p_2}{p_1} \right) = RT_1 \ln \left( \frac{p_2}{p_1} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

### 2.6. காற்று அழுத்தும் கருவியின் கன அளவு செயல்திறனில் இடைவெளி கன அளவின் விளைவு

$$V_c = \text{இடைவெளி கன அளவு} (m^3 / kg)$$

$$V_s = \text{இடம்பெயர் கன அளவு} (m^3 / kg)$$

$$p_2 = \text{இடைவெளி நிரப்பிடத்தில் காற்றின் கன அளவு} (N / m^2) \text{ ல்}$$

$$p_1 = \text{விரிவடைதலின் முடிவில் காற்றின் அழுத்தம்} (N / m^2) \text{ ல்}$$

$$n = \text{விரிவடைதல் குறியீடு}$$

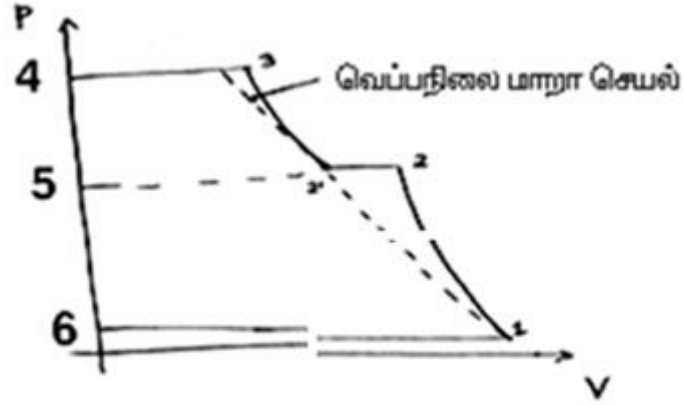
$$\frac{p_2}{p_1} = \text{அழுத்த விகிதம்} \quad \frac{v_2}{v_1} = \text{இடைவெளி விகிதம்}$$

இடைவெளி இல்லாத பொழுது, கன அளவு செயல்திறனின் (Volumetric efficiency) மதிப்பு நூறு சதவீதம் ஆகிறது. தேவைப்படும் வேலை / சுழற்சி = பரப்பு 1-2-3-4 ஒரே அளவு ( $V_a$ ) காற்றை அழுத்தி வெளியேற்றுவதற்கு இடைவெளி இருந்தும், இடைவெளி இல்லாமலும் தேவைப்படும் வேலையின் அளவு சமம்.

வெப்பநிலை மாறா நிலையில் நடைபெறும் அழுத்தத்திற்கு குறைவான அளவு வேலையே தேவைப்படுகிறது. ஆனால் நடைமுறையில் குறிப்பாக, வெளியேற்றப்படும் காற்றின் அழுத்தம் அதிகமாக இருக்கும் பொழுது, வெப்பநிலை மாறா நிலையில் அழுத்த இயலாது. எனவே அழுத்தம் ஆனது பல நிலைகளில் நிகழ்த்தப்படுகிறது. இதுவே பலநிலை அழுத்தம் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

இரு நிலை காற்று அழுத்தத்தில் (படம் 2.4) காற்று முதல் கலனில் அழுத்தம்  $P_1$  ல் இருந்து ஒரு இடைநிலை அழுத்தம்  $P_2$  க்கு அழுத்தப்படுகிறது. முதல்

கலனில் இருந்து வெளிவரும் காற்று பின்னர் தொடக்க வெப்பநிலைக்கு இடை குளிர்கலன் மூலம் குளிர்விக்கப்படுகிறது. பின்னர் இரண்டாவது கலனில்  $p_2$  ல் இருந்து இறுதி அழுத்தம்  $P_3$  க்கு அழுத்தப்படுகிறது.



படம் 2.4. இருநிலைகளில் அழுத்தும் செயல்

காற்று அழுத்தும் கருவியின் திறன் மற்றும் செயல்திறன்.

$$(a) \text{வெப்பநிலை மாறா நிலையில் திறன்} = P = mRT_1 \ln \left[ \frac{p_2}{p_1} \right] \dots\dots\dots (2.7)$$

(b) வெப்பநிலை மாறா நிலையில் செயல் திறன் (Isothermal efficiency)

$$= \frac{\text{வெப்ப நிலை மாறா நிலையில் திறன்}}{\text{நடைமுறைத் திறன்}} \dots\dots\dots (2.8)$$

(c) அக வெப்பமாறா நிலையில் செயல்திறன்

$$= \frac{\text{அக வெப்ப மாறா நிலையில் திறன்}}{\text{நடைமுறைத் திறன்}} \dots\dots\dots (2.9)$$

## 2.7. பல நிலை அழுத்தம்

பல நிலை அழுத்தத்தின் நன்மைகள்:

- வேலை குறைக்கப்படுகிறது.
- அதிகபட்ச வெப்பநிலை குறைக்கப்படுவதால் உராய்வுத்தடையினால் ஏற்படும் இடையூறுகள் தவிர்க்கப்படுகிறது.
- கன அளவு செயல்திறன் அதிகரிக்கிறது.
- கசிவினால் ஏற்படும் இழப்புகள் பெருமளவில் குறைக்கப்படுகிறது.

- (e) அது சீரான திருப்பு விசை அளிக்கிறது. அதனால் சிறிய அளவிலான உந்து சக்கரமே போதுமானது.
- (f) வெப்பநிலைகள் குறைவாக இருப்பதால் காற்று அழுத்தும் கருவியில் மலிவான பொருள்களை கட்டுமானத்திற்கு பயன்படுத்தலாம்.
- (g) எடை குறைவான கலன்கள்.

## 2.8. இடை குளிர்கலனுடன் கூடிய இரு நிலை காற்றழுத்தும் கருவி

இடை குளிர்கலனுடன் கூடிய இருநிலை காற்று அழுத்தும் கருவியில் உபயோகிக்கப்பட்டுள்ள அனுமானங்கள்.

- (a) இடைவெளியினால் ஏற்படும் விளைவுகள் புறக்கணிக்கப்படுகிறது.
- (b) இரு கலன்களிலும் அழுத்தங்கள்  $p_1 v_1^n = p_2 v_2^n$   $P = mRT_1 \ln \left[ \frac{p_2}{p_1} \right] =$  மாறிலி என்ற விதிப்படி நடக்கின்றது.
- (c) இடை குளிர்கலனில் அழுத்த இழப்பு எதுவும் ஏற்படுவதில்லை.
- (d) காற்று உள்ளிழுக்கப்படும் மற்றும் வெளியேற்றப்படும் நிகழ்வுகள் மாறா அழுத்தத்தில் நடைபெறுகின்றன.

**தொகுதி 1:** இடைநிலை குளிர்விப்பு முழுமையாக இல்லாத பொழுது,

படம் 2.4 ல் இடைநிலைகுளிர்விப்பு முழுமையாக இல்லாத, இரு நிலை காற்றழுத்த கருவியின் சுட்டு வரைபடம் காட்டப்பட்டு உள்ளது.

$P_1 =$  குறைந்த அழுத்தகலனுள் செல்லும் காற்றின் அழுத்தம் ( $N / m^2$ ) ல்

$V_1 =$  குறைந்த அழுத்தகலனுள் செல்லும் காற்றின் கன அளவு ( $m^3 / kg$ ) ல்

$P_2 =$  குறைந்த அழுத்தகலனை விட்டு வெளியே செல்லும் அல்லது அதிக அழுத்தகலனுள் செல்லும் காற்றின் அழுத்தம் ( $N / m^2$ ) ல்

$V_2 =$  அதிக அழுத்தகலனுள் செல்லும் காற்றின் கன அளவு ( $m^3 / kg$ ) ல்

$P_3 =$  அதிக அழுத்தகலனை விட்டு வெளியே செல்லும் காற்றின் அழுத்தம் ( $N / m^2$ )

$N =$  இரு கலன்களால் ஏற்படும் அழுத்தத்தின் குறியீடு.

குறைந்த அழுத்தகலனில் செய்யப்பட்ட வேலை = பரப்பு 1-2'-5-6-1

அதிக அழுத்தகலனில் செய்யப்பட்ட வேலை = பரப்பு 5-2'-3-4-5

குறைந்த அழுத்தகலனில் தேவைப்படும் வேலை

$$w_1 = \frac{n}{n-1} RT_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \dots \dots \dots (2.10)$$

அதிக அழுத்த கலனில் தேவைப்படும் வேலை

$$w_2 = \frac{n}{n-1} RT_2' \left[ \left( \frac{p_3}{p_2} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \dots \dots \dots (2.11)$$

தேவைப்படும் மொத்த வேலை/சுழற்சி

$$w = w_1 + w_2 \dots \dots \dots (2.12)$$

காற்று அழுத்தும் கருவியின் கருத்தியில் திறன்

$$P = \dot{m}w \dots \dots \dots (2.13)$$

$w$  = தேவைப்படும் வேலை/கி.கி  $\dot{m}$  = காற்றின் நிறை விகிதம்(கி.கி/நொடி)

**தொகுதி : 2** இடைநிலை குளிர்விப்பு முழுமையாக இருக்கும் பொழுது  $T_2' = T_1$  செய்யப்பட்ட மொத்தவேலை/சுழற்சி=

$$\frac{n}{n-1} RT_1 \left[ \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} + \left( \frac{p_3}{p_2} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] - 2 \right] \dots \dots \dots (2.14)$$

காற்று அழுத்தும் கருவியின் கருத்தியல் திறன்

$$P = \dot{m}w \dots \dots \dots (2.15)$$

## 2.9. இடைநிலை குளிர்விப்புடன் கூடிய, நிலை காற்று அழுத்தம் கருவியில் தேவைப்படும் குறைந்தபட்ச வேலை (Minimum work required for a two stage Compressor with intercooling)

சேமிக்கப்பட்ட தேவைப்படும் வேலை இடை குளிர்கலன் அழுத்தத்தை பொறுத்து வேறுபடுகிறது.

$T_2'$  = குறைந்த அழுத்த கலனில் அழுத்தத்தின் முடிவில் (அல்லது) இடை குளிர்கலனுக்குள் செல்லு முன் காற்றின் வெப்பநிலை.

$T_2$  = இடை குளிர்கலன் விட்டு வெளிவரும் அல்லது அதிக அழுத்த கலனுள் செல்லும் முன் காற்றின் வெப்பநிலை

இடைநிலை குளிர்விப்பு முழுமையாக உள்ளபோது,  $T_2' = T_1$



சமன்பாடு 2.14 ஐ  $p_2$  வைப் பொறுத்து வகைக்கெழு எடுத்து அதை பூஜ்ஜியத்திற்கு சமப்படுத்தி, சுருக்கும்பொழுது,

$$p_2 = \sqrt{p_1 p_3} \dots \dots \dots (2.16)$$

இதைச் சமன்பாடு 2.14 ல் ஈடு செய்ய,

$$w = 2 \frac{n}{n-1} RT_1 \left[ \left( \frac{p_3}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{2n}} - 1 \right] \dots \dots \dots (2.17)$$

என ஆகின்றது.  
மேலும்,

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{p_3}{p_2} = \left( \frac{p_3}{p_1} \right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2.18)$$

## 2.10 மூன்று நிலை காற்றழுத்தும் கருவி (Three Stage Compressor)

இரண்டு நிலை காற்றழுத்தும் கருவிக்கு வரைவிக்கப்பட்டது போல, மூன்று நிலை கருவிக்கு முழுமையான இடைநிலை குளிர்விப்பு உள்ளபோது,

$$w = 3 \frac{n}{n-1} RT_1 \left[ \left( \frac{p_4}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{3n}} - 1 \right] \dots \dots \dots (2.18)$$

$$\frac{p_4}{p_3} = \frac{p_3}{p_2} = \left( \frac{p_2}{p_1} \right) = \left( \frac{p_4}{p_1} \right)^{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots (2.19)$$

இது போன்றே மற்ற அதிக நிலை அழுத்தங்கள் உள்ள காற்றழுத்தும் கருவிக்கும் மேற்கண்ட சமன்பாடுகளை உருவாக்கலாம்.

## பகுதி III

### உள் எரி பொறிகள் மற்றும் அதன் அமைப்புகள்

#### 3.1. அறிமுகம்

வெப்ப பொறி என்பது வெப்ப ஆற்றலை இயந்திரவியல் ஆற்றலாக மாற்றுகின்ற எந்திரம் ஆகும். வெப்ப ஆற்றலானது எரிபொருள் பொறியின் உருளைக்குள் எரிவதால் கிடைக்கிறது. அந்த வெப்ப ஆற்றலை, பொறி எடுத்துக் கொண்டு வேலையைச் செய்கிறது.

எரிபொருள் எரிக்கப்படும் விதத்தைப் பொறுத்து, பொறியானது இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது.

a) உள்ளெரி பொறிகள்

b) வெளிஎரி பொறிகள்

உள் எரி பொறியில், எரிபொருளானது பொறியின் கலனுக்குள் எரிந்து, தேவைப்படும் வெப்பத்தை வெளிப்படுத்துகிறது. அதற்கு மாறாக, வெளி எரி பொறியில், எரிபொருளானது பொறியின் கலனுக்கு வெளியே எரிக்கப்பட்டு, தேவையான வெப்ப ஆற்றல் பொறியின் கலனுக்கு எடுத்துச்செல்லப்படுகிறது

எ.கா: நீராவி பொறிகள்

வெளி எரி பொறிகள் கீழ்க்கண்ட மேம்பாடுகளை உள் எரி பொறிகளை காட்டிலும் பெற்றிருக்கிறது.

- எந்த ஒரு எரிபொருளும் இதில் பயன்படுத்தலாம். திட எரிபொருள்களையும் கூட இதனில் பயன்படுத்தலாம்.
- வெளி எரிதல் காரணமாக விரிவான அமைப்புகளை கொண்டு இதனை நாம் உருவாக்கலாம்.

முதல் வெற்றிகரமான வாயு பொறி டாக்டர். Otto என்பவரால் 1860 ஆம் ஆண்டு வடிவமைக்கப்பட்டது. அதனைத் தொடர்ந்து டீசல் எரிபொருளை வைத்து 1883 ஆம் ஆண்டு Rudolf Diesel என்பவர் மற்றொரு பொறியை வடிவமைத்தார். இவ்விரண்டு பொறிகளைக் கொண்டே இப்போதுள்ள அதிவேக பொறிகள் யாவும் செயல்படுகிறது.

### 3.2. உள் எரிபொறிகள் கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கப்படுகின்றன.

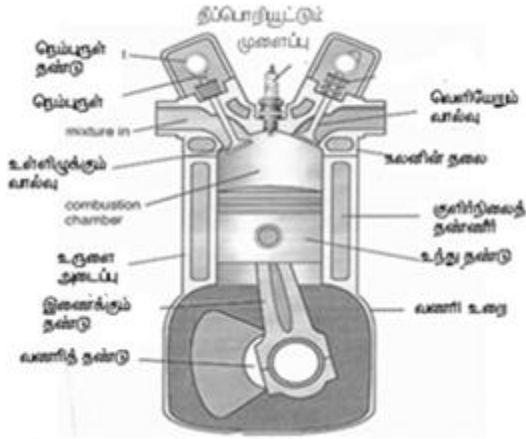
#### அவைகள்

- a. சுழற்சி செயல்படும் வீதத்தைப் பொறுத்து
  - i. இரண்டு வீச்சு சுழற்சி பொறிகள் (Two Stroke Engines)
  - ii. நான்கு வீச்சு சுழற்சி பொறிகள் (Four Stroke Engines)
- b. எரிதல் சுழற்சியைப் பொறுத்து
  - i. Otto சுழற்சி பொறி (மாறா பருமனில் எரிபொருள் எரிதல்)
  - ii. Diesel சுழற்சி பொறி (மாறா அழுத்தத்தில் எரிபொருள் எரிதல்)
- c. இரட்டை எரிதல் அல்லது பகுதி Diesel சுழற்சி பொறி (மாறா பருமனில் ஒரு பகுதி எரிபொருள் எரிதல் மற்றும் மீத எரிபொருள் மாறாத அழுத்தத்தில் எரிதல்)
- d. பொறி கலனின் அமைப்பைப் பொறுத்து
  - i. கிடை அமைவு பொறி
  - ii. குத்து நிலை அமைவு பொறி
  - iii. V-வகை பொறிகள்
  - iv. ஆர அமைவு பொறி
  - v. ஒரு கோட்டுப் பொறி
- e. பொறியின் கலன்கள் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்து
  - i. ஒற்றை கலன் பொறி
  - ii. பல கலன்கள் பொறி
- f. பொறியை குளிர்விக்கும் விதத்தைப் பொறுத்து
  - i. தண்ணீரால் குளிர்விக்கப்படும் பொறிகள்
  - ii. காற்றால் குளிர்விக்கப்படும் பொறிகள்
- g. எரிபொருளை அனுப்பப்படும் விதத்தைப் பொறுத்து
  - i. எரிவழிகலப்பி பொறிகள் (Carburetor engines)
  - ii. காற்று உட்செலுத்தும் பொறிகள்
  - iii. திட எரிபொருளை உட்செலுத்தும் பொறிகள்
- h. பொறியை உயவிடல் பொறுத்து
  - i. Petroil உயவு அமைப்பு
  - ii. Wet sump உயவு அமைப்பு
  - iii. Dry sump உயவு அமைப்பு
- i. பொறிகளின் புலப் பயன்பாடுகளைப் பொறுத்து
  - ii. நிலையான பொறிகள்
  - iii. நகரும் பொறிகள்
  - iv. எடுத்துச் செல்லக்கூடிய பொறிகள்

- j. பொறிகளின் வேகத்தைப் பொறுத்து
- அதிவேக பொறிகள்
  - மிதவேக பொறிகள்
  - குறைவேக பொறிகள்

### 3.3. உள்ளி பொறியின் கட்டமைப்பு

உள்ளி பொறியானது கீழ்க்கண்ட பாகங்களைக் கொண்டது. இதன் அமைப்பினை படம் 3.1 ல் காணலாம்.



- கலன்(cylinder)
- கலனின் தலை (cylinder Head)
- உந்து தண்டு (piston)
- உந்து தண்டு வளையங்கள் (piston rings)
- சுழல் மையத் தண்டு (Gudgeon pin)
- இணைக்கும் தண்டு (connecting rod)
- வணரித் தண்டு (crank shaft)
- வணரி (crank)
- வணரி உறை (crank case)
- அடைப்பிதழ்கள் (valves)

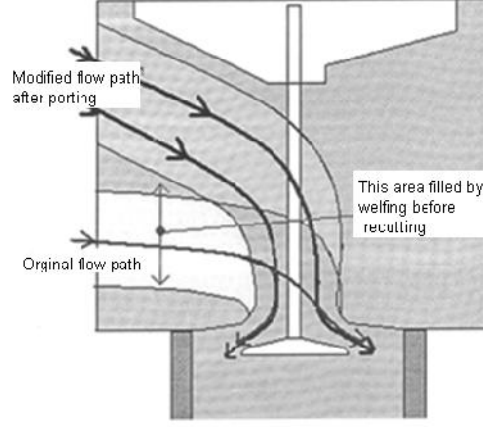
படம் 3.1 உள்ளி பொறியின் கட்டமைப்பு

#### 3.3.1. கலன்

இந்த கலனுக்குள் உந்து தண்டானது முன்னும், பின்னும் நகருமாறு அமைந்திருக்கும். இதன் மேல்பாகத்திற்கு கீழே மிகச் சிறிய பருமனானது அமைந்திருக்கும். இந்த இடத்தில் தான் பொதுவாக எரிபொருள் எரியூட்டப்படும். இந்த கலனானது கடினமான வார்ப்பு இரும்பினால் செய்யப்பட்டது.

#### 3.3.2. கலனின் தலை

இதனுள் அடைப்பிதழ்களும் அதனை இயக்கும் இயங்கமைவுகளும் படம் 3.2-ல் காணப்படுவது போல் அமைந்திருக்கும். இதன் அமைப்பு பொறுத்து தான் எரிபொருளின் எரிதல் வேகம் மற்றும் அதன் திசை அமைந்திருக்கும். உருளைத் தலையானது வார்ப்பு இரும்பு அல்லது அலுமினியத்தால் செய்யப்பட்டிருக்கும்.



படம் 3.2. கலனின் தலை

### 3.3.3. உந்து தண்டு

எரிபொருள் எரிதலின் காரணமாக உருவாகும் வாயுக்களின் அழுத்தம் இதன் மீது உந்து விசையை செலுத்தும். இதனால் ஏற்படும் உந்துத் திறன் இணைக்கும் தண்டுக்கு கடத்தப்படுகிறது. இதன் உந்து தண்டானது வார்ப்பு இரும்பு அல்லது அலுமினிய உலோக கலவையால் செய்யப்பட்டிருக்கும். இதன் வடிவத்தை படம் 3.3 –ல் காணலாம்.



படம் 3.3. உந்து தண்டு

### 3.3.4. உந்து தண்டு வளையங்கள்

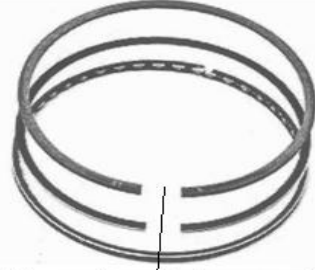
பொறியின் கலனுக்கும் மற்றும் பொறியின் உந்து தண்டுக்கும் இடையே சிறப்பான அடைப்பு ஏற்படுத்துவதற்காக இது பயன்படுகிறது. இல்லாவிடில் அதிக வெப்பத்திறன் உள்ள வாயுக்கள் உந்துதண்டின் மேல்புறத்திலிருந்து கீழ்ப்புறத்திற்கு கடந்து சென்றுவிடும். இதனால் வேலை திறன் இழப்பு ஏற்படும்.

இவைகள் பொதுவாக வார்ப்பு இரும்பாலும், அதிக வெப்பத்தை தாங்க கூடியதாகவும் உள்ளவாறு செய்யப்பட்டிருக்கும். இந்த வளையங்கள் படம் 3.4 – ல் காண்கிறபடி ஒருபக்கம் திறவுண்டு வெட்டப்பட்ட வளையங்களைப் போலிருக்கும்.

அதன் மூலமாக இதனை கலனில் உள்ள காடியில் (Groove) பொருத்தி விடலாம். இது செய்யும் வேலையைப் பொறுத்து, இரண்டு விதமான வளையங்கள் உள்ளன.

- a) ஆயில் வளையம்
- b) அழுக்க வளையம்

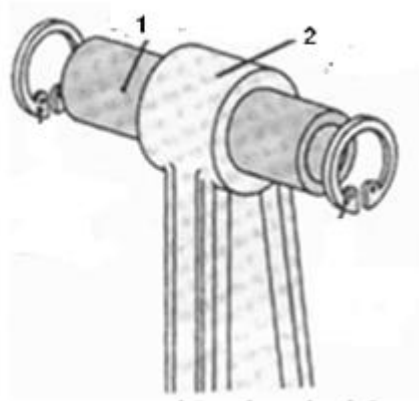
ஆயில் வளையமானது உயவிடும் ஆயிலை உந்து தண்டுக்குள் செலுத்தி அதன் உயவிடும் பணியை சிறப்பாக செய்யும். எரிபொருளின் அதிகமான அழுக்கு திறனையும், கலனின் கீழ்ப்புறம் வராதவாறு பாதுகாத்துக் கொள்கிறது.



படம் 3.4. உந்து தண்டு வளையங்கள்  
திறக்கப்பட்ட இடம்

### 3.3.5. சுழல்மையத் தண்டு (Gudgeon pin)

சுழல் மையத் தண்டானது படம் 3.5-ல் காண்கிறபடி உந்து தண்டையும், இணைக்கும் தண்டையும் பொருத்தப் பயன்படுகிறது. பொதுவாக இதன் எடை மிகக் குறைவாக இருக்கும் மற்றும் உள்ளீற்றுவையாக செய்யப்பட்டிருக்கும்.

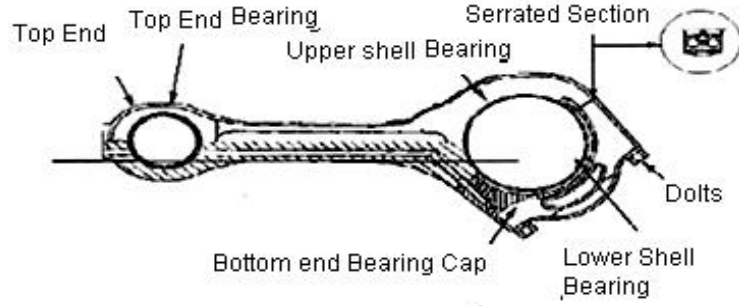


1. சுழல் மையத்தண்டு
2. இணைக்கும் தண்டு

படம் 3.5. சுழல்மையத் தண்டு

### 3.3.6. இணைக்கும் தண்டு

இது உந்து தண்டை வணரித் தண்டுடன் இணைக்கிறது. இதன் மூலம் உந்து தண்டின் முன்பின் நகர்வு, வணரித் தண்டின் சுழலும் இயக்கமாக மாறுகிறது. இதில் சிறிய மற்றும் பெரிய முனை உள்ளது. சிறிய முனையானது சுழல் மையத்தண்டின் மூலம் உந்து தண்டுடனும், பெரிய முனையானது வணரித்தண்டுடனும் இணைந்திருக்கும். இது அலுமினிய கலப்பு உலோகத்தால் செய்யப்பட்டிருக்கும். இதன் அமைப்பினை படம் 3.6-ல் காணலாம்.



படம் 3.6. இணைக்கும் தண்டு

### 3.3.7. வணரித்தண்டு

பொறியின் மற்ற பாகங்களுக்கு தேவையான எல்லா ஆற்றல்களும் வணரித்தண்டிலிருந்து எடுக்கப்படுகிறது. இது குறைந்தது இரண்டு முனை மடிக்கும் உளியால் தாங்கப்பட்டிருக்கும். வணரித்தண்டை சரியாக சமநிலை செய்ய எதிர்சமன் எடைகள் வணரித்தண்டுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம் 3.7. வணரித்தண்டு

### 3.3.8. அடைப்பிதழ்கள்

பொறியின் கலனில் நுழைவாய் மற்றும் வெளியேற்றப்படும் வீச்சு வழி அடைப்பிதழ்கள் என இரண்டு அடைப்பிதழ்கள் உள்ளன. இதனை படம் 3.8-ல் காணலாம். புதிய எரிபொருள் கலவை நுழைவாய் அடைப்பிதழ்கள் வழியாக கலனுக்குள் செல்கிறது. எரிந்த வாயுக்கள் வளிமம் வெளியேறு வளி அடைப்பிதழ்கள் வழியாக பொறியை விட்டு வெளியேற்றப்படுகிறது. இந்த அடைப்பிதழ்கள் திறப்பதும் மூடுவதும் நெம்புருள் தண்டில் உள்ள நெம்புரு மூலம் இயக்கப்படுகிறது.



படம் 3.8. அடைப்பிதழ்கள்

### 3.4. நான்கு வீச்சு சுழற்சி பெட்ரோல் பொறியின் கட்டுமான அமைப்பு

ஒரு பொறியின் கலனுக்குள் வளையத்தைத் தாங்கியுள்ள உந்து தண்டானது முன்னும் பின்னும் நகருமாறு அமைந்திருக்கும். உந்து தண்டானது இணைக்கும் தண்டு மற்றும் வணரின் உதவியால் வணரித் தண்டுடன் இணைக்கப்பட்டு இருக்கும். கலனின் தலையின் மேல் பகுதியில் நுழைவாய் மற்றும் வளிமம் வெளியேறு வழி அடைப்பிதழ்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். எரிபொருளை எரியச் செய்ய, தீப்பொறியூட்டும் முளைப்பு (Spark plug) கலனின் தலையில் மேல் பகுதியில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

#### 3.4.1. செயல்படும் விதம்

உள்ளரி பொறியில், கீழ்க்காணும் நான்கு நிகழ்வுகள் தொடர்ச்சியாக நடைபெறுகிறது. படம் 3.9 இதனை விளக்குகின்றது.

1. காற்று அல்லது காற்றுடன் கலந்த எரிபொருள் உறிஞ்சப்படுதல்
2. எரிபொருள் கலவை அழுத்தப்படுதல்
3. எரிபொருள் எரிதல் மற்றும் எரிந்த கலவை விரிவடைதல்
4. எரிக்கப்பட்ட கலவையானது கலனிலிருந்து வெளியேறுதல்



மேலே குறிப்பிட்ட நான்கு நிகழ்வுகளும் தொடர்ச்சியாக நடைபெற்று ஒரு முழுமையான சுழற்சி உருவாகிறது மற்றும் மேலே கூறிய நான்கு நிகழ்வுகளும் உந்து தண்டின் நான்கு வீச்சுகளில் (Strokes) (இரண்டு மேல் நோக்கி மற்றும் இரண்டு கீழ்நோக்கி) நடைபெற்றால் அது நான்கு வீச்சு சுழற்சி பொறி எனப்படும்.

#### **3.4.1.1. உள்ளிழுக்கப்படும் வீச்சு**

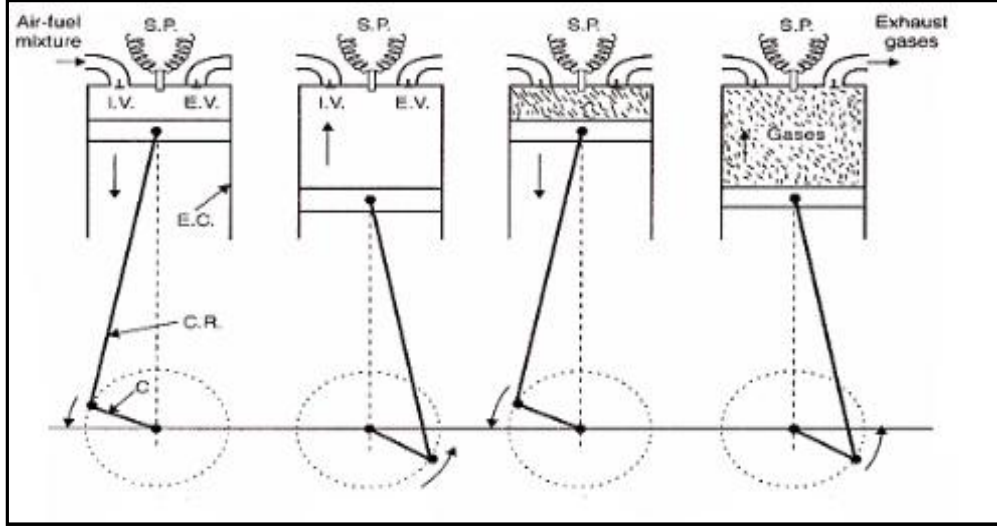
உந்துதண்டானது TDC யிலிருந்து கீழ் நோக்கி நகர்கின்ற சமயத்தில் இது நகர்கின்றது. அச்சமயம் நுழைவாய் அடைப்பிதழ் திறந்தும் வளிமம் வெளியேறும் வழி அடைப்பிதழ் மூடியும் இருக்கும். உந்து தண்டு கீழ்நோக்கி நகர்வதால், கலனுக்குள் வெற்றிடம் ஏற்படும். இந்த வெற்றிடத்தால், எரிபொருள் கலவை கலனுக்குள் செல்கிறது.

#### **3.4.1.2. அழுத்தப்படும் வீச்சு**

உந்து தண்டானது BDC யிலிருந்து TDC யை அடையும் வரை அழுத்தப்படும் வீச்சு நடைபெறுகிறது. உட்கொள் வீச்சில் உள் இழுக்கப்பட்ட கலவையானது உந்துதண்டின் மேல்நோக்கிய நகர்வினால் அழுத்தப்படுகிறது. இந்த வீச்சில் இரண்டு அடைப்பிதழ்களும் மூடிக்கொள்ளும். உந்து தண்டானது TDC யை நெருங்கும் சமயத்தில் தீப்பொறியூட்டும் முளைப்பு உதவியால் எரிபொருள் கலவை எரிக்கப்படுகிறது.

#### **3.4.1.3. திறன் வீச்சு**

எரிந்த கலவையிலிருந்து வரும் வாயுக்களினால் அழுத்தம் அதிகரித்து உந்துதண்டு BDC ஐ நோக்கி நகர்கிறது. இந்த சமயத்திலும், இரண்டு அடைப்பிதழ்களும் மூடியே இருக்கும். இந்த உந்து தண்டின் கீழ்நோக்கிய நகர்வினால், இணைக்கும் தண்டின் உதவியால் வணரித்தண்டானது சுழல்கிறது.



படம் 3.9. நான்கு வீச்சு பெட்ரோல் பொறி

இவ்வாறாக, வெப்ப ஆற்றலானது பயனுள்ள இயந்திர ஆற்றலாக மாறுகிறது. இந்த செயல்பாட்டின் போது அழுத்தமும், வெப்பநிலையும் குறைந்து கொண்டே இருக்கும்.

#### 3.4.1.4 வெளியேற்றப்படும் வீச்சு

திறன் வீச்சு முடிவடையும் சமயத்தில், வளிமம் வெளியேறும் வீச்சு அடைப்பிதழ் திறந்து கொள்ளும். ஆனால் நுழைவாய் அடைப்பிதழ் மூடியே இருக்கும். உந்து தண்டு மேல் நோக்கி நகர்வதால், எரிந்த வாயுக்கள் வளிமம் வெளியேறும் வழி அடைப்பிதழ் வழியாக வெளியேறிடும். இவ்வாறாக நான்கு சுழற்சி பொறி வேலை செய்கிறது.

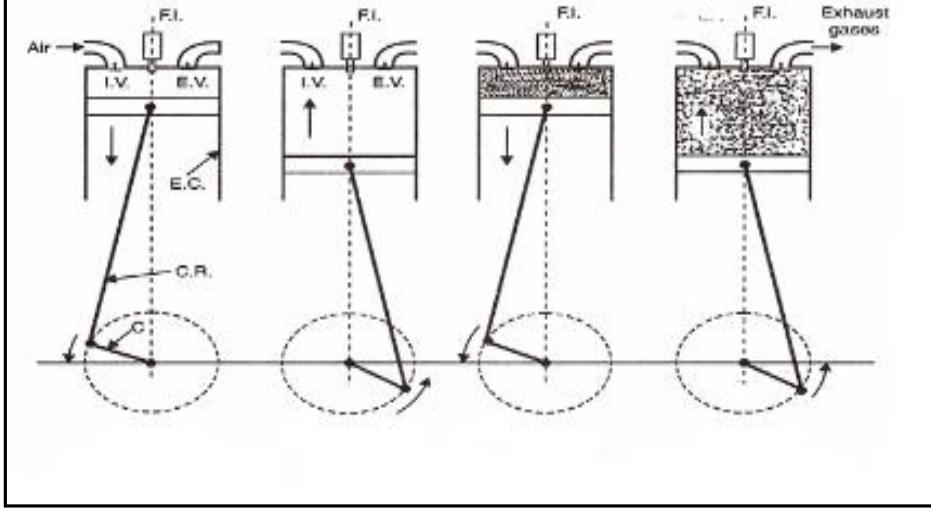
#### 3.5. நான்கு வீச்சு சுழற்சி டீசல் பொறி

ஒரு பொறியின் கலனுக்குள் வளையத்தைத் தாங்கியுள்ள உந்துதண்டானது முன்னும் பின்னும் நகருமாறு அமைந்திருக்கும். உந்து தண்டானது இணைக்கும் தண்டு மற்றும் வணரி உதவியால் வணரித்தண்டுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். கலனின் தலையின் மேல் பகுதியில் நுழைவாய் மற்றும் வளிமம் வெளியேறு வழி அடைப்பிதழ் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். எரிபொருளை தெளிப்பதற்காக, கலனின் தலையின் மேல் பகுதியில் எரிபொருள் உட்செலுத்தி பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

#### 3.5.1. உள்ளிழுக்கப்படும் வீச்சு

உந்து தண்டானது TDC யிலிருந்து கீழ் நகர்கின்ற சமயத்தில் இந்த வீச்சு தொடங்குகிறது. அச்சமயம் நுழைவாய் அடைப்பிதழ் திறந்தும், வளிமம் வெளியேறு வழி அடைப்பிதழ் மூடியும் இருக்கும். உந்து தண்டு கீழ்நோக்கி நகர்வதால், கலனுக்குள் வெற்றிடம் ஏற்படும். இந்த வெற்றிடத்தால் வாயுமண்டலக்

காற்றானது கலனுக்குள் நுழைகிறது. உந்து தண்டு BDC ஐ அடையும் பொழுது, உட்கொள் வீச்சு முடிவுற்று நுழைவாய் அடைப்பிதழ் மூடிக்கொள்ளும்.



படம் 3.10. நான்கு வீச்சு டீசல் பொறி

### 3.5.2. அழுத்தப்படும் வீச்சு

உந்து தண்டானது BDC யிலிருந்து TDC ஐ அடையும் வரை அழுத்த வீச்சு நடைபெறுகிறது. உட்கொள் வீச்சில் உள் இழுக்கப்பட்ட காற்றானது உந்து தண்டின் மேல் நோக்கிய நகர்வினால் அழுக்கப்படுகிறது. இந்த வீச்சில் இரண்டு அடைப்பிதழ்களும் மூடிக்கொள்ளும். அழுத்தப்படும் வீச்சின் இறுதியில் உள்ள அழுத்தமும் வெப்பநிலையும் எரிபொருளை எரியச் செய்ய போதுமானதாக இருக்கும். இந்த வீச்சின் இறுதியில் எரிபொருளானது மிகச்சிறிய துளிகளாக கலனுக்குள் தெளிக்கப்படுகிறது. ஏற்கனவே கலனுக்குள் உள்ள அதிக வெப்பநிலை காரணமாக, எரிபொருள் எரியத் தொடங்கி தொடர்ச்சியாக எரிகிறது.

### 3.5.3. திறன் வீச்சு

எரிந்த வாயுக்கள் அதிக அழுத்தத்தை உருவாக்குவதால், உந்துதண்டானது BDC ஐ நோக்கி நகர்கிறது. இந்த வீச்சில் இரண்டு அடைப்பிதழ்களும் மூடிக்கொள்ளும். இந்த கீழ்நோக்கிய வீச்சு ஆனது இணைக்கும் தண்டின் உதவியால் வணரித் தண்டு சுழலும். இவ்வாறு, வெப்ப ஆற்றல், இயந்திர ஆற்றலாக மாறுகிறது இந்த வீச்சில் அழுத்தமும் வெப்பநிலையும் குறைந்து கொண்டே இருக்கும்.

### 3.5.4. வெளியேற்றப்படும் வீச்சு

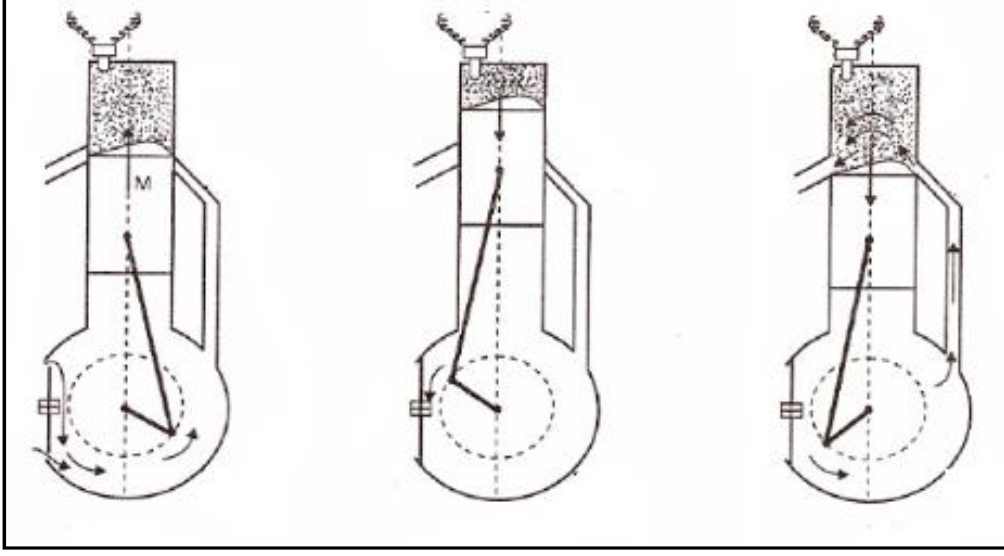
திறன் வீச்சின் முடிவில், வளிமம் வெளியேறு வழி அடைப்பிதழ் திறந்து கொள்ளும். ஆனால் நுழைவாயில் அடைப்பிதழ் மூடியே இருக்கும். உந்துதண்டின் மேல் நோக்கிய நகர்வினால், எரிந்த வாயுக்கள் வளிமம் வெளியேறு வீச்சு வழியாக வெளியேறிடும். இவ்வாறாக நான்கு வீச்சு சுழற்சி டீசல் பொறி வேலை செய்கிறது.

### 3.6. இரண்டு வீச்சு பொறி

#### 3.6.1. அறிமுகம்

இரண்டு வீச்சு பொறியில் உட்கொள், அழுத்தம், திறன் மற்றும் வளிமம் வெளியேற்று வழி ஆனது உந்து தண்டின் இரண்டு வீச்சில் முடிவடைகிறது. அதாவது வணரித்தண்டின் ஒரு சுற்றில் முடிவடைகிறது.

#### 3.6.2. இரண்டு வீச்சு சுழற்சி பெட்ரோல் பொறி:



படம் 3.11. இரண்டு வீச்சு சுழற்சி பெட்ரோல் பொறி

#### 3.6.2.1. அமைப்பு

ஒரு பொறியின் கலனுக்குள் வளையத்தை தாங்கியுள்ள உந்து தண்டானது முன்னும் பின்னும் நகருமாறு அமைந்திருக்கும். உந்து தண்டானது இணைக்கும் தண்டு மற்றும் வணரியின் உதவியால் வணரித்தண்டுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். நான்கு வீச்சு அமைப்பில் அடைப்பிதழ்களைப் போல் இல்லாமல், உள்ளேறும் துளை, வெளியேறும் துளை, எரிபொருள் கலவை இடம் மாறும் துளை ஆகிய மூன்று துளைகள் கலனின் சுவற்றில் இருக்கும். இந்த துளைகளில் உந்து தண்டு மேலும் கீழும் செல்லும்போது தண்டினாலேயே திறவுதலும் மூடுதலும் நடைபெறுகின்றன. உந்து தண்டின் மேல் பகுதியானது எரிபொருள் கலவையை மேல்நோக்கி அனுப்பும் வகையிலும், எரிந்த கலவையை வளிமண்டலத்திற்கு அனுப்பும் வகையிலும் வளைவாக இருக்கும். எரிபொருளை எரியச் செய்ய, உருளைத்தலையின் மேல்பகுதியில் தீப்பொறியூட்டும் முளைப்பு இருக்கும். இதன் அமைப்பையும் செயல்படும் விதத்தையும் படம் 3.11 விளக்குகின்றது.

### 3.6.2.2. செயல்படும் விதம்

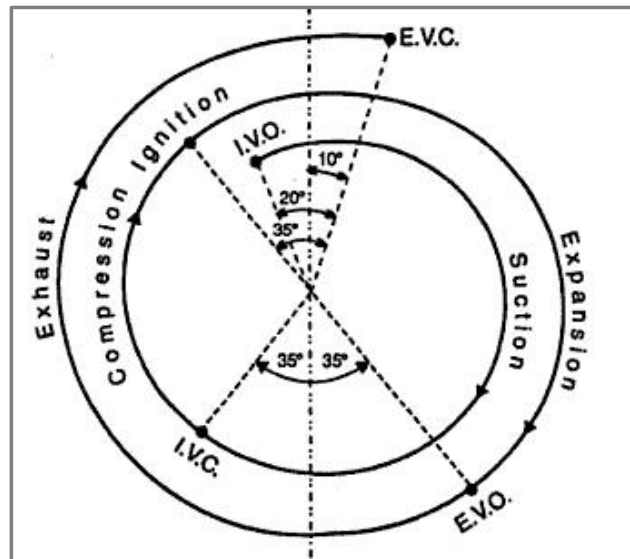
#### மேல்நோக்கு வீச்சு

இதில் உந்து தண்டானது BDC யிலிருந்து TDC க்கு செல்லும். ஆதலால் உந்து தண்டு முதலில் பெயர்ப்பு துளையை பிறகு வளிமம் வெளியேறு வழி துளையை மூடுகிறது. அதேசமயம், ஏற்கனவே கலனுக்குள் இருந்த எரிபொருள் கலவையை அழுத்துகிறது. உந்து தண்டு TDC ஐ நெருங்கும் போது, எரிபொருள் கலவை எரிக்கப்படுகிறது. அதே சமயம், உந்து தண்டின் கீழ் பகுதியானது நுழைவாயில் துளையை திறந்து புதிய எரிபொருள் கலவையை வணரி உறைக்கு அனுப்புகிறது.

#### கீழ்நோக்கு வீச்சு

எரிபொருள் கலவை எரிவதால், வாயுக்கள் விரிவடைந்து உந்து தண்டை கீழ்நோக்கி தள்ளுகிறது. ஆகையால் வளிமம் வெளியேறு வழி துளை திறந்து, எரிந்த வாயுக்கள் வளிமண்டலத்துக்கு செல்கிறது. சிறிது நேரத்தில் பெயர்ப்பு துளை திறந்து புதிய எரிபொருள் கலவையை வணரி உறையிலிருந்து பொறி கலனுக்கு அனுப்புகிறது. இறுதியாக, உந்துதண்டானது நுழைவாயில் துளையை மூடிக்கொள்கிறது. உந்து தண்டின் மேல் பகுதி வளைந்து காணப்படுவதால், புதிய கலவையானது கலனின் மேல்பகுதியை அடைகிறது. அதனால் ஏற்கனவே எஞ்சியுள்ள எரிந்த வாயுக்கள் வளிமம் வெளியேறும் வழி துளை வழியாக வெளியேற்றப்படுகிறது. மேற்கண்ட முறையில் எரிந்த வாயுக்கள் வெளியேற்றப்படும் முறையை 'மாசு வெளியேற்றம்' என அழைக்கப்படும். இவ்வாறாக, இரண்டு வீச்சு சுழற்சி பெட்ரோல் பொறி வேலை செய்கிறது.

### 3.7 நான்கு வீச்சு பெட்ரோல் பொறியின் ஊடிதழ் நேரங்கணிப்பு வரைபடம்



படம் 3.12. நான்கு வீச்சு பெட்ரோல் பொறியின் ஊடிதழ் நேரங்கணிப்பு வரைபடம் (Valve Timing Diagram)

இந்த பொறியில் நடக்கும் நிகழ்வுகள் இரண்டு சுற்றுகளில் முடிவடைகிறது. இதன் வரைபடத்தில் இரண்டு வளையங்கள் உள்ளன. இதில் உள்ள ஒரு வளையம் மற்றொரு வளையத்தைச் சுற்றி படம் 3.12 ல் உள்ளவாறு இருக்கும். பொறியில் நடைபெறும் செயல்களில் கோணங்கள் சுழிவிசை மையத்திலிருந்து வணரிக் கோணம் நிலையைப்பொறுத்து குறிக்கப்படுகிறது.

### 3.7.1 உள்வழித் திறப்பி

உறிஞ்சு வீச்சில் அதிகப்படியான எரிபொருள் கலவை கலனுக்குள் செல்லும் வண்ணம், உறிஞ்சு வீச்சானது TDC - க்கு  $10^\circ$  முதல்  $30^\circ$  முன்னரே திறக்கப்படுகிறது. உறிஞ்சு வீச்சானது அழுத்த வீச்சில் BDC க்கு பின்னர்  $30^\circ$  முதல்  $40^\circ$  யில் மூடிக்கொள்கிறது. இந்த  $30^\circ$  கோண அளவிற்கு வணரித்தண்டு சுற்றுக்கையில் உந்து தண்டு மேல்நோக்கி செல்வதால் BDC யிலிருந்து எரிபொருள் கலவை அழுக்கப்பட்டு அதிகப்படியான கலவை கலனுக்குள் சேர்கிறது.

### 3.7.2. கொளுத்தல்

அழுத்தப்படும் வீச்சில் TDC க்கு  $20^\circ$  முதல்  $40^\circ$  முன்னரே எரிபொருள் எரியூட்டப்படுகிறது. இதன் விளைவாக எரிபொருள் முழுவதுமாக எரிய போதுமான நேரம் கிடைக்கிறது.

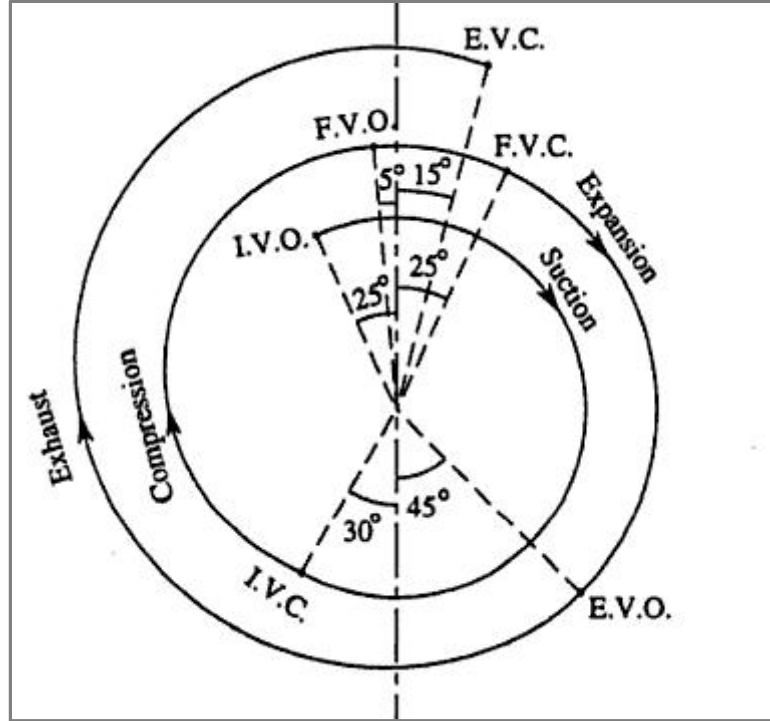
### 3.7.3. வெளிப்போக்கு அடைப்பிதழ்

வெளிப்போக்கு அடைப்பிதழ் ஆனது BDC க்கு  $30^\circ$  முதல்  $60^\circ$  முன்னரே திறக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு செய்வதன் மூலம் எரியாத வாயுக்களின் அழுத்தம் எரிந்த வாயுக்களை வெளியேற்றி விடுகிறது. வெளிப்போக்கு அடைப்பிதழ் TDC க்கு பின்னர்  $8^\circ$  முதல்  $20^\circ$  யில் மூடப்படுகிறது. ஆனால் அழுத்த சுழற்சியின் உறிஞ்சு வீச்சு TDC க்கு  $10^\circ$  முதல்  $30^\circ$  முன்னரே ஆரம்பித்து விடுகிறது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. இதன் விளைவாக எரிந்த வாயுக்களின் எஞ்சிய பகுதியை வெளியேற்றுவதற்கு புதிய எரிபொருள் கலவை பயன்படுத்தப்படுகிறது.

### 3.8 நான்கு வீச்சு டீசல் பொறியின் ஊடிதழ் நேரங்கணிப்பு வரைபடம்

இந்த பொறியில் நடக்கும் நிகழ்வுகள் இரண்டு சுற்றுகளில் முடிவாவதால், இதன் வரைபடத்தில் இரண்டு வளையங்கள் உள்ளன. இதில் உள்ள ஒரு வளையம் மற்றொரு வளையத்தைச் சுற்றி இருக்கும். பொறியில் நடைபெறும்

செயல்களின் கோணங்கள் சுழி விசை மையத்திலிருந்து வணரிக் கோணத்தின் நிலையைப்பொறுத்து குறிக்கப்படுகிறது.



படம் 3.13. நான்கு வீச்சு டீசல் பொறியின் ஊடிதழ் நேரங்கணிப்பு (Valve Timing Diagram)

### 3.8.1 உள்வழி அடைப்பிதழ்

உறிஞ்சு வீச்சில் அதிகப்படியான காற்று உருளைக்குள் செல்லுமாறு உறிஞ்சு வீச்சு TDC க்கு 10 முதல் 30° முன்னரே திறக்கிறது. உறிஞ்சு வீச்சானது அழுத்த வீச்சில் TDC க்கு பின்னர் 20° முதல் 50° யில் மூடிக்கொள்கிறது. இதனால் அதிக காற்று கலனுக்குள் செல்கிறது.

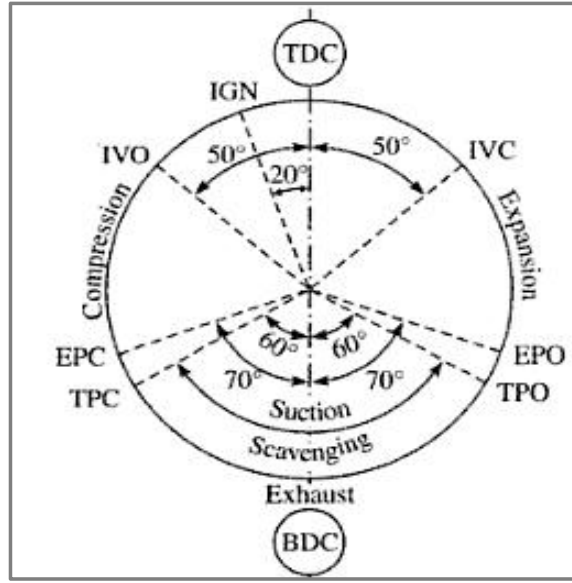
### 3.8.2 உட்செலுத்தல்

அழுத்த வீச்சின் போது, எரிபொருளானது TDC க்கு 5° முதல் 10° முன்னரே செலுத்தப்படுகிறது. காற்று மற்றும் எரிபொருள் எரிந்து பின் விரிவடைகிறது. உந்து தண்டு TDC யிலிருந்து BDC நோக்கி தள்ளப்படுகிறது.

### 3.8.3 வெளிப்போக்கு அடைப்பிதழ்

வெளிப்போக்கு அடைப்பிதழ் ஆனது BDC க்கு  $30^\circ$  முதல்  $60^\circ$  முன்னரே திறக்கிறது. வெளிப்போக்கு அடைப்பிதழ் மூடப்படும் வரை எரிந்த வாயுக்கள் உருளையிலிருந்து வெளியேற்றப்படுகிறது. வெளிப்போக்கு அடைப்பிதழ் ஆனது TDC க்கு பின்னர்  $10^\circ$  முதல்  $15^\circ$  ல் மூடப்படுகிறது. ஆதலால், எரிந்த வாயுக்களின் எஞ்சிய பகுதியை வெளியேற்றுவதற்கு புதிய காற்று பயன்படுகிறது.

வரைபடத்திலிருந்து உள்வழி அடைப்பிதழ் மற்றும் வெளிப்போக்கு அடைப்பிதழ்கள் ஒரே சமயத்தில் TDC க்கு அருகில் திறந்திருக்கும் என்பதை நாம் அறியலாம். இந்த இரு அடைப்பிதழ்களும் ஒரே சமயத்தில் திறந்திருக்கும் நேரத்தை அடைப்பிதழ் மேலணைவு நேரம் (Valve overlap) என்பர்.



படம் 3.14 இரண்டு வீச்சு பெட்ரோல் பொறியின் துளை நேரங்கணிப்பு வரைபடம்(Port Timing Diagram)

### 3.9 இரண்டு வீச்சு பெட்ரோல் பொறியின் துளை நேரங்கணிப்பு வரைபடம்

இந்த பொறியில் நடக்கும் நிகழ்வுகள் வணரித்தண்டின் ஒரு சுற்றில் முடிவறுவதால், இதன் வரைபடத்தில் ஒரே வளையம் மட்டும் இருக்கும் (படம் 3.14). பொறியில் நடைபெறும் செயல்களின் கோணங்கள் சுழிவிசை மையத்திலிருந்து வணரிக்கோணத்தின் நிலையைப் பொறுத்து குறிக்கப்படுகிறது. இந்த துளைகளில் உந்து தண்டு மேலும் கீழும் செல்லும்போது தண்டினாலேயே திறவுதலும் அடைதலும் நடைபெறுகின்றன.



### 3.9.1 உள்வழித் துளை

இது TDC க்கு முன்னர்  $45^\circ$  முதல்  $55^\circ$  யில் திறந்து கொள்ளும். அதேபோல், TDC க்கு பின்னர்  $45^\circ$  முதல்  $55^\circ$  யில் மூடிக்கொள்ளும். இந்த சமயத்தில், காற்று மற்றும் எரிபொருள் கலவை வணரி உறைக்குள் உறிஞ்சப்படுகிறது.

### 3.9.2 பெயர்ப்புத் துளை

இது BDC க்கு முன்னர்  $55^\circ$  முதல்  $65^\circ$  யில் திறந்து கொள்ளும் அதே போல், BDC க்கு பின்னர்  $55^\circ$  முதல்  $65^\circ$  யில் மூடிக்கொள்கிறது. உள்வழித் துளை மூடப்பட்டதற்கு பின்னரும் பெயர்ப்புத்துளை திறப்பதற்கு முன்னரும் இடைப்பட்ட காலத்தில், எரிபொருள் கலவை வணரி உறைக்குள் ஓரளவு அழுத்தப்படுகிறது. பெயர்ப்புத் துளை மூடி திறப்பதற்கு இடைப்பட்ட காலத்தில், எரிபொருள் கலவை பொறியின் கலனுக்குள் அனுப்பப்படுகிறது.

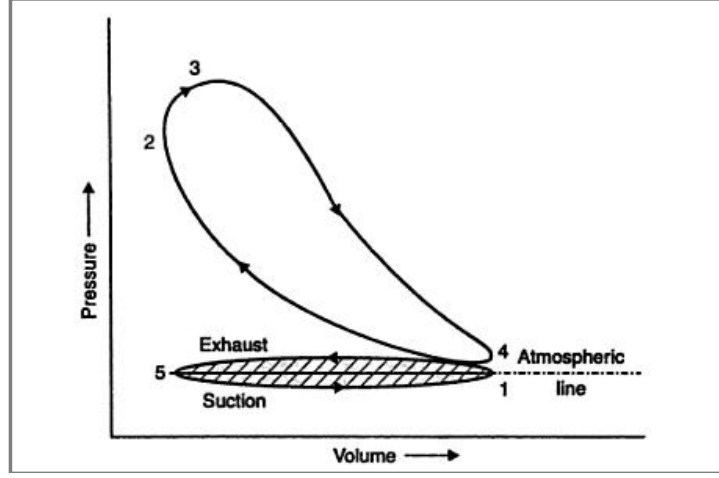
### 3.9.3 கொளுத்தல்

TDC க்கு முன்னர்  $15^\circ$  முதல்  $25^\circ$  யில் எரிபொருளுக்கு தீப்பொறி கொடுக்கப்படுகிறது. பெயர்ப்புத்துளை மூடிய பிறகும் எரிய மூட்டுதல் கொடுக்கப்படுவதற்கு முன்னரும் இடைப்பட்ட காலத்தில், எரிபொருள் கலவை பொறி கலனில் மீண்டும் அழுத்தப்படுகிறது.

### 3.9.4 வெளிபோக்குத் துளை

இதில் BDC க்கு முன்னர்  $65^\circ$  முதல்  $75^\circ$  யில் திறக்கிறது. அதேபோல் BDC க்கு பின்னர்  $65^\circ$  முதல்  $75^\circ$  யில் மூடப்படுகிறது. எரியமூட்டுதல் நடைபெற்ற காலத்திலிருந்து வெளிபோக்குத் துளை திறக்கப்படும் வரை, எரிந்த வாயுக்கள் விரிவடைந்து உந்து தண்டின் மேல் வேலை செய்கிறது. வெளிபோக்க துளை திறந்து மூடப்படுவதற்கு இடைப்பட்ட காலத்தில், எரிந்த வாயுக்கள் கலனை விட்டு வெளியேற்றப்படுகிறது.

### 3.10. நான்கு வீச்சு சுழற்சி பெட்ரோல் பொறியின் நடைமுறை அழுத்தம் – பருமன் வரைபடம்



**படம் 3.15 நடைமுறை அழுத்தம் – பருமன் வரைபடம் (பெட்ரோல் பொறி)**

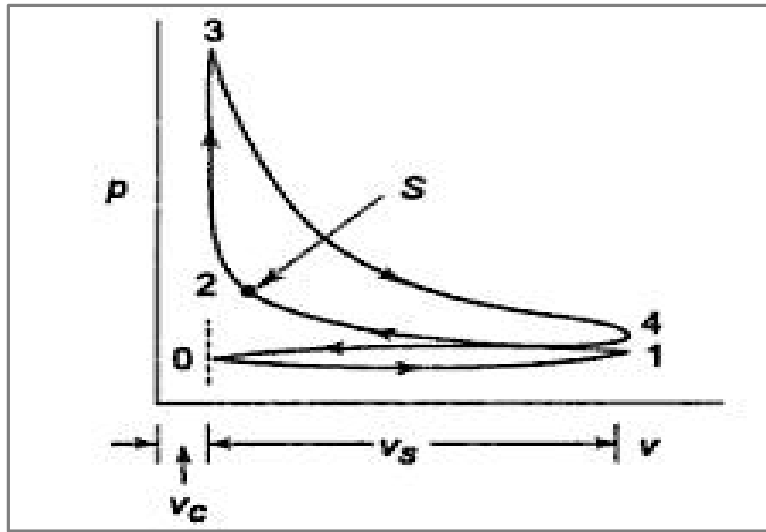
இதில் நான்கு வீச்சு சுழற்சி பெட்ரோல் பொறியின் நடைமுறை சுட்டு காட்டி வரைபடம் மேற்கண்ட படத்தில் விரிவாக காட்டப்பட்டுள்ளது (படம் 3.15). உறிஞ்சுவிச்சு 1-2 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது வளிமண்டல அழுத்த கோட்டிற்கு கீழே இருக்கும். இந்த அழுத்த வேறுபாட்டால் எரிபொருள் கலவை பொறியின் கலனுக்குள் செல்கிறது. உள்வழி அடைப்பிதழ் ஆனது கலனின் உள்ளே செல்லும் எரிபொருளின் கலவையை சற்று தடைசெய்கிறது. இதனால் உடனடியாக கலவை கலனுக்குள் செல்ல இயலாது. இதன் விளைவாக உறிஞ்சு வீச்சு நடைபெறும் சமயத்தில் கலனின் உட்புறத்தில் அழுத்தம் வளிமண்டல அழுத்தத்தை விட குறைவாக இருக்கும்.

அழுத்தப்படும் வீச்சு கோடு 2-3 ஐ சுட்டிக்காட்டுகிறது. இதில் உள்வழித்திறப்பி சிறிது முன்னதாக 2 ( i.e. BDC) மூடிக்கொள்ளும். இந்த வீச்சின் முடிவில் கலனின் அதிகமான அழுத்தம் இருக்கும். அழுத்தப்படும் வீச்சு முடிவதற்கு சற்று முன்பாக கலவையானது தீப்பொறியூட்டும் முளைப்பின் உதவியால் எரியூட்டப்படுகிறது. இந்த தீப்பொறியானது எரிபொருள் கலவையின் அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலையை அதிகரிக்கச் செய்கிறது.

ஆனால் பருமனானது மாறாமல் நிலையாக இருக்கும். இது கோடு 3-4 ஐ சுட்டிக்காட்டுகிறது. திறன் வீச்சானது கோடு 4-5 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெளியேற்ற அடைப்பிதழ் ஆனது சற்று முன்னதாக (i.e. BDC) ல் திறக்கிறது. இப்போது எரிந்த வாயுக்கள் வெளியேற்ற அடைப்பிதழ் வழியாக வளிமண்டலத்திற்கு செல்கிறது.

வெளிப்போக்கு வீச்சு கோடு 5-1 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது வளிமண்டல அழுத்த கோட்டிற்கு மேலே உள்ளது. இந்த அழுத்த வித்தியாசத்தால் எரிந்த வாயுக்கள் கலினிலிருந்து வெளியேறுகிறது.

### 3.11 நான்கு வீச்சு சுழற்சி டீசல் பொறியின் நடைமுறை அழுத்தம்-பருமன் வரைபடம்



படம் 3.16 நடைமுறை அழுத்தம் - பருமன் வரைபடம் (நான்கு வீச்சு டீசல் பொறி)

நான்கு வீச்சு சுழற்சி டீசல் பொறியின் நடைமுறை அழுத்தம் - பருமன் மேற்கண்ட படத்தில் விரிவாக காட்டப்பட்டுள்ளது (படம் 3.16). இதில் உறிஞ்சு வீச்சு ஆனது கோடு 1-2 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது வளிமண்டல அழுத்தத்தை விட குறைவாக இருக்கும். இந்த அழுத்த வேறுபாட்டால் காற்றானது கலனின் உள்ளே செல்கிறது. உள்வழி அடைப்பிதழ் உருளையின் உள்ளே செல்லும் காற்றை சற்று தடைசெய்கிறது. இதனால் காற்றானது கலனுக்குள் உடனடியாக செல்லாது. இதன் விளைவாக உறிஞ்சு வீச்சு நடைபெறும் சமயத்தில் கலனின் உட்புறத்தில் அழுத்தம் வளிமண்டல அழுத்தத்தை விட குறைவாக இருக்கும்.

அழுத்தப்படும் வீச்சு கோடு 2-3 ஐ சுட்டிக்காட்டுகிறது. இதில் உள்வழித் திறப்பி சிறகு முன்னதாக 2 (i.e. BDC) மூடிக்கொள்ளும். இந்த வீச்சின் முடிவில் கலனில் அதிகமான அழுத்தம் இருக்கும். அழுத்தப்படும் வீச்சு முடிவதற்கு சற்று முன்பாக எரிபொருள் அடைப்பிதழ் திறந்து எரிபொருள் தெளிக்கப்படுவதால் அதிக வெப்பநிலையில் உள்ள அழுத்தப்பட்ட காற்றால் நன்கு எரிகிறது. இதனால் பருமன் மற்றும் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும். ஆனால் அழுத்தம் மாறாமலிருக்கும். இது கோடு 3-4 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. விரிதல் வீச்சு கோடு 4-5 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு எரிந்த வாயுக்கள் வளிமண்டலத்திற்கு வெளியேற்ற அடைப்பிதழ் மூலம் வெளியேறுகிறது.

வெளிப்போக்கு வீச்சு கோடு 5-1 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது வளிமண்டல அழுத்தத்திற்கு மேலே உள்ளது. இந்த அழுத்த வித்தியாசத்தல் கலனிலிருந்து எரிந்த வாயுக்கள் வெளியே செல்கிறது.

## பகுதி – IV

### உள் எரி பொறியின் எரிபொருட்கள் எரியூட்டுதல் மற்றும் செயல்திறன்

#### 4.1 நான்கு வீச்சு மற்றும் இரண்டு வீச்சு பொறிகளை ஒப்பிடுதல்

Sl. No	இரு வீச்சு சுழற்சி பொறி	Sl. No	நான்கு வீச்சு சுழற்சி பொறி
1.	வணரித்தண்டின் ஒவ்வொரு சுற்றிலும் ஒரு திறன் வீச்சு மட்டும் கிடைக்கும்.	1.	வணரித்தண்டின் இரண்டு சுற்றுகளில் ஒரு திறன் வீச்சு கிடைக்கும்.
2.	ஒரே வேகத்தில் உண்டாகும் திறன் ஆனது நான்கு வீச்சு பொறியை விட இரண்டு மடங்காக இருக்கும்	2.	ஒரே வேகத்தில் உண்டாகும் திறன் ஆனது இரு வீச்சு பொறியில் உண்டாகும் திறனில் பாதியாக இருக்கும்.
3.	உருவாகும் திருக்கும் சீராக இருப்பதால், சிறிய சமன் கலன் போதுமானது	3.	உருவாகும் திருக்கம் சீராக இல்லாததால் பெரிய சமன் கலன் தேவை.
4.	ஒரே திறனுக்கு பொறியை வடிவமைப்பது எளிது & குறைந்த எடை	4.	ஒரே திறனுக்கு பொறியை வடிவமைப்பது சிக்கலானது & கனமான அமைப்பு.
5.	குறைந்த இடத்தை அடைத்துக் கொள்ளும் வேகமானது மற்றும் குறைந்த உதிரிபாகங்களை பெற்றிருக்கும்.	5.	அதிக இடத்தை அடைத்துக் கொள்வதால், கடினமானது & அதிக உதிரிபாகங்களை பெற்றிருக்கும்
6.	பராமரிப்பு செலவு மற்றும் விலை குறைவு.	6.	பராமரிப்பு செலவு மற்றும் விலை அதிகம்
7.	பொறியின் சுழற்சியை எளிதாக மாற்றலாம்.	7.	பொறியின் சுழற்சியை எளிதாக மாற்ற முடியாது.
8.	வணரித்தண்டின் ஒவ்வொரு சுற்றிலும் ஒரு திறன்வீச்சு கிடைப்பதால், வெப்பத்தை குறைப்பதற்கு குறைந்த நேரமே உள்ளது. ஆதால் அதிக உய்வு எண்ணெய் தேவை.	8.	வணரித்தண்டின் இரண்டு சுழற்சிக்கு ஒரு திறன் வீச்சு கிடைப்பதால், வெப்பத்தை குறைப்பதற்கு அதிக நேரம் உள்ளது. ஆதால் குறைந்த உய்வு எண்ணெய் போதும்

9.	அதிக வேகத்தில் சுழல்வதால், நகரும் பாகங்களுக்கிடையே தேய்மானமும், உடைதலும் அதிகம்.	9.	குறைந்த வேகத்தில் சுழல்வதால், நகரும் பாகங்களுக்கிடையேயான தேய்மானமும், உடைதலும் குறைவு.
10.	அதிகப்படியான எரிபொருள் தேவைப்படுவதால் வெப்பச் செயல்திறன் குறைவு.	10.	குறைந்த அளவு எரிபொருள் தேவைப்படுவதால் வெப்பச் செயல்திறன் அதிகம்.
11.	எரிந்த வாயுக்கள் வேகமாக வெளியேற்றப்படுவதால், சப்தம் அதிகம்	11.	எரிந்த வாயுக்கள் மெதுவாக வெளியேற்றப்படுவதால், சப்தம் குறைவு.

#### 4.2 பெட்ரோல் பொறி மற்றும் டீசல் பொறிகளை ஒப்பிடுதல்

Sl. No	பெட்ரோல் பொறி	Sl. No	டீசல் பொறி
1.	ஆட்டோ சுழற்சியில் வேலை செய்கிறது	1.	டீசல் சுழற்சியில் வேலை செய்கிறது
2.	இயங்கும் வேகம் அதிகம்	2.	இயங்கும் வேகம் குறைவு
3.	தொடங்குவது எளிது	3.	தொடங்குவது எளிதல்ல
4.	வடிவமைப்பது எளிதாதலால், ஆரம்ப மற்றும் பராமரிப்பு செலவு குறைவு	4.	வடிவமைப்பது சிக்கலானதால், ஆரம்ப மற்றும் பராமரிப்பு செலவு அதிகம்
5.	குறைந்த சப்தம்	5.	அதிகசப்தம்
6.	இதில் அழுத்த விகிதம் 5 முதல் 8 வரை உள்ளதால் வெப்பச் செயல்திறன் குறைவு	6.	இதில் அழுத்தவிகிதம் 12 முதல் 18 உள்ளதால் வெப்பச் செயல்திறன் அதிகம்
7.	எரிபொருள் அதிகம்	7.	எரிபொருள் குறைவு

8.	இதில் பெட்ரோல் பயன்படுத்தப்படுவதால் விலை அதிகம் மற்றும் தீப்பிடிக்காமலிருக்க முன்னேற்பாடு மிக அவசியம்	8.	இதில் டீசல் பயன்படுத்தப்படுவதால் விலை குறைவு மற்றும் தீப்பிடிக்காமலிருக்க முன்னேற்பாடு மிக அவசியமல்ல
9.	இதில் எரிபொருள் கலவை எரிவளி கலப்பி மூலம் பெறப்பட்டு தீப்பொறியூட்டும் முனைப்பு மூலம் எரியூட்டப்படுகிறது.	9.	இதில் எரிபொருள் உட்செலுத்தி எக்கி மற்றும் உட்புகுப்பி மூலம் கலனுக்குள் தள்ளப்படுகிறது.
10.	உறிஞ்சு வீச்சுன் போது, காற்று எரிபொருள் கலவை கலனுக்குள் அனுமதிக்கப்படுகிறது.	10.	உறிஞ்சு வீச்சுன் போது, காற்று மட்டும் கலனுக்குள் அனுமதிக்கப்படுகிறது.
11.	மாறாத பருமனில் எரிபொருள் எரிகிறது	11.	மாறாத அழுத்தத்தில் எரிபொருள் எரிகிறது
12.	பொறியின் வேகமானது எரிபொருள் கலவையின் அளவை மாற்றுவதன் மூலம் பெறப்படுகிறது	12.	பொறியின் வேகமானது எரிபொருள் கலவையின் தரத்தை மாற்றுவதன் மூலம் பெறப்படுகிறது
13.	எளிதில் பெட்ரோல் ஆவியாவதால், மிகை ஊட்டல் செய்வது தடுக்கப்படுகிறது.	13.	எளிதில் டீசல் ஆவியாகாததால், மிகை ஊட்டல் செய்வது தடுக்கப்படுவதில்லை.

### 4.3 உயவிடும் முறைகள் (Lubrication Systems)

ஒரு பொறி பாகத்தின் பரப்பு மற்றொரு பொறி பாகத்தின் பரப்பை உராயும்போது உராய்வு உண்டாகிறது. உராய்வானது பொறி பாகங்களின் தேய்மானத்தை அதிகரிக்கும்.

தொடுபரப்புகளுக்கிடையே உயவு எண்ணெய் படலம் இடுவது 'உயவிடுதல்' (Lubrication) எனப்படும். இதனால் தொடுபரப்புகளுக்கிடையே நேரடி தொடுகை தவிர்க்கப்படுகிறது. இதனால் உராய்வும் பெருமளவு குறைகிறது.

#### 4.3.1 உயவிடுதலின் நோக்கங்கள் (Purpose of Lubrication)

- i. உராயும் பரப்புகளின் தேய்மானத்தைக் குறைக்க
- ii. உராயும் பரப்புகளின் உராய்வைக் குறைக்க
- iii. இரைச்சலைக் கட்டுப்படுத்த
- iv. பொறி பாகங்களின் வெப்ப நிலையை குறைக்க
- v. பொறி பாகங்களை சுத்தம் செய்ய
- vi. உராய்வால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பைக் குறைக்க
- vii. உராய்வால் ஏற்படும் அதிர்வுகளை குறைக்க
- viii. உராய்வால் உண்டாகும் கரிப்பினைக் (Corrosion) குறைக்க
- ix. பொறி பாகங்களின் வாழ்நாள் திறனை கூட்ட
- x. கலனுக்கும் (Cylinder) உந்துதண்டுக்கும் (Piston) இடையே கசிவடைப்பை (Seal) ஏற்படுத்த

#### 4.3.2 உயவு பொருளின் தேவைப்படும் பண்புகள்

கீழ்க்கண்ட பண்புகளை பொறுத்து உயவுபொருளை தேர்வு செய்தல் மிக அவசியம்.

- i. தகுந்த பாகுநிலை (Viscosity)
- ii. அதிக சுடருறு வெப்பநிலை (Flash Point)
- iii. அதிக எரிநிலை (Fire Point)
- iv. தகுந்த முகிலுறு வெப்பநிலை (Cloud Point)
- v. குறைந்த நீர்ம ஓட்ட வெப்பநிலை (Pour Point)
- vi. சிறந்த வேதி நிலைப்பு (Chemical Stability)
- vii. சிறந்த இயல் நிலைப்பு (Physical Stability)
- viii. எண்ணெய் தன்மை (Oiliness)
- ix. பால்மமாக்கம் (Emulsification)
- x. நடுநிலையாக்க எண் (Neutralization Number)
- xi. குறைந்த விலை
- xii. சிறந்த ஒட்டுமை (Adhesiveness)

### 4.3.3 உயவுபொருள் தேவைப்படும் முக்கியமான உள்ளெரி பொறியின் பாகங்கள்:

- வணரித் தண்டு (Crank Shaft) மற்றும் வணரித் தண்டின் தாங்கிகள் (Crank Shaft Bearing)
- நெம்புருள் தண்டு (Cam Shaft) மற்றும் நெம்புருள் தண்டின் தாங்கிகள் (Cam Shaft Bearing)
- இணைக்கும் தண்டு (Connecting Rod)
- உந்து தண்டு முனை (Piston Pin)
- உந்து தண்டு வளையம் (Piston Ring)
- உருளை சுவர் (Cylinder Wall)

### 4.4 உயவிடும்முறைகளின் வகைப்பாடு

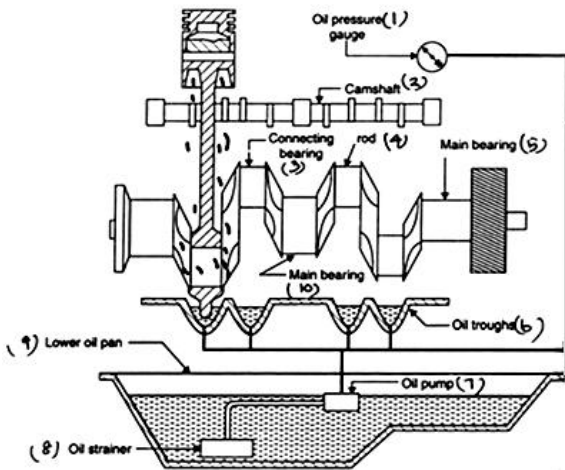
உள்ளெரி பொறியின் உயவிடும் முறைகள் கீழ்க்கண்டவாறு வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது

- ஈரச்சேர்ம உயவிடல் (Wet Sump Lubrication)
- உலர்ச்சேர்ம உயவிடல் (Dry Sump Lubrication)
- நீர்ம மூட்ட உயவிடல் (Mist Lubrication)

#### 4.4.1 ஈரச்சேர்ம உயவிடல் (Wet Sump Lubrication)

இதில் தெறிப்பு உயவு (Splash Lubrication) மற்றும் முழு அழுத்த உயவு (Full Pressure Lubrication) என இரு உட்பிரிவு கையாளப்படுகிறது.

#### தெறிப்பு உயவு (Splash Lubrication)



- எண்ணெய் அழுத்த அளவி (Oil pressure gage)
- நெம்புருள் தண்டு (Cam shaft)
- இணைப்புத் தாங்கிகள் (Connecting bearing)
- தண்டு (Rod)
- முதன்மை தாங்கிகள் (Main bearing)
- எண்ணெய் குழிவு (Oil troughs)
- எண்ணெய் இறைப்பி (Oil pump)
- எண்ணெய் வடிப்பு ஊடகம் (Oil strainers)
- கீழ் எண்ணெய் தட்டு (Lower oil pan)
- முதன்மை தாங்கி (Main bearing)

படம் 4.1. தெறிப்பு உயவு முறை

இந்த உயவு முறை சிறிய நான்கு வீச்சு நிலைப் பொறியில் (Small Four Stroke Stationary Engine) பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. படம் 4.1ல் காட்டியுள்ளபடி, இம்முறையில் வணரி உறையின் (Crank Case)



அடிப்பகுதியிலுள்ள தொட்டியில் (Sump) உயவுப் பொருள் சேமிக்கப்பட்டுள்ளது. குடைவுக் கருவி (Scoop) அல்லது தூர்வாரி (Dipper) இணைக்கும் தண்டின் கீழ்ப்பகுதியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

வணரித் தண்டின் ஒவ்வொரு சுற்றிலும் உயவுப்பொருளில் மூழ்கி குடைவுக்கருவி வெளிவரும்போது எண்ணெயை மேல் நோக்கி சிதறடிக்கும். சிதறிய எண்ணெய் உந்துதண்டு முனை, உந்துதண்டு வளையங்கள், இணைக்கும் தண்டு, உருளைச்சுவர், நெம்புருள் தண்டின் தாங்கிகள் முதலானவற்றின் உராய்வை நீக்குகின்றது. சிதறிய எண்ணெய் பின்பு எண்ணெய் குழிவை (Oil trough) வந்தடைகிறது, எண்ணெய் இறைப்பின் மூலமாக எண்ணெயின் அளவு, குழிவில் சீராக பேணப்படுகிறது.

### நன்மைகள்

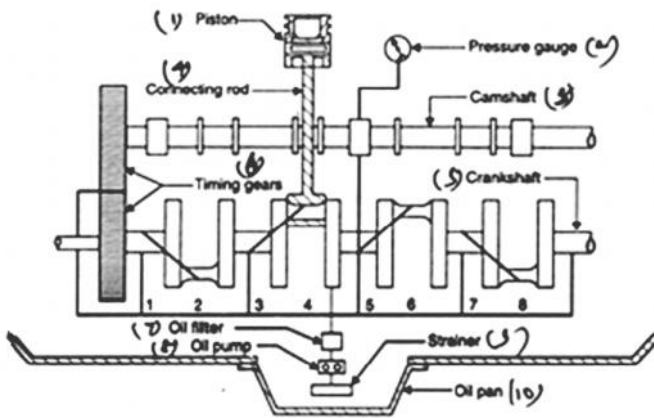
- (i) எளிய வடிவமைப்பு
- (ii) குறைந்த விலை

### குறைகள்

- (i) பொறியின் வெளிப்புறமாக உள்ள பாகங்கள் உயவு முறைக்கு உட்படுத்தப்படுவதில்லை
- (ii) பெரிய பொறிகளுக்கு இந்த முறை உகந்ததல்ல.

### முழு அழுத்த உயவு (Full Pressure Lubrication)

இந்த முறையில், உயவு பொருளானது தனியாக ஒரு தொட்டியில் (Oil Pan) சேமிக்கப்படுகிறது. எண்ணெய் இறைப்பி (Oil pump) உயவுப்பொருளில் முற்றிலுமாக மூழ்கியுள்ளது. வடிப்பு ஊடகமானது (Strainer) உயவுப்பொருளில் உள்ள அசுத்தங்களை எண்ணெய் இறைப்பிக்கு செல்வதை தடுத்து விடுகிறது. எண்ணெய் இறைப்பி உயவுப்பொருளை அதிக அழுத்தத்தில் (1.5 - 4 bar) வெளித் தள்ளுகிறது. முக்கிய மாடத்தை (Main Gallery) வந்தடையும் உயவுப்பொருள் பின்பு வணரித்தண்டின் தாங்கிகளை சென்றடையும் வணரி கடையாணியில் (crank pin) உள்ள சிறுதுளை வழியாக இணைக்கும் தண்டிற்கு உயவுப்பொருள் சென்றடைகிறது.



1. உந்துதண்டு
2. அழுத்த அளவி
3. நெம்புருள் தண்டு
4. இணைக்கும் தண்டு
5. வணரித் தண்டு
6. நேரமமை பற்சக்கரங்கள்
7. எண்ணெய் வடிகட்டி
8. எண்ணெய் இறைப்பி
9. வடிப்பு ஊடகம்
10. எண்ணெய் தட்டு

படம் 4.2. முழு அழுத்த உயவு முறை

இணைக்கும் தண்டில் உள்ள சிறுதுளை வழியாக உந்துதண்டு முனைக்கு உயவுப்பொருள் சென்றடைகிறது.

பின்பு உயவுப்பொருள் மற்ற பாகங்களான உந்து தண்டு வளையங்கள் உருளைச் சுவர் போன்றவற்றை வந்தடைவதால் உராய்வு குறைக்கப்படுகிறது. முக்கிய மாடத்திலிருந்து நேரமமை பற்சக்கரங்கள் (Timing gears), நெம்புருள் தண்டு போன்ற பாகங்களுக்கு குழாய்கள் வழியாக உயவுப்பொருள் செல்கிறது. எண்ணெய் அழுத்தமானி (oil indicator) எண்ணெய் அழுத்தத்தை கண்காணிப்பதற்காக உயயோகப்படுத்தப்படுகிறது.

### நன்மைகள்

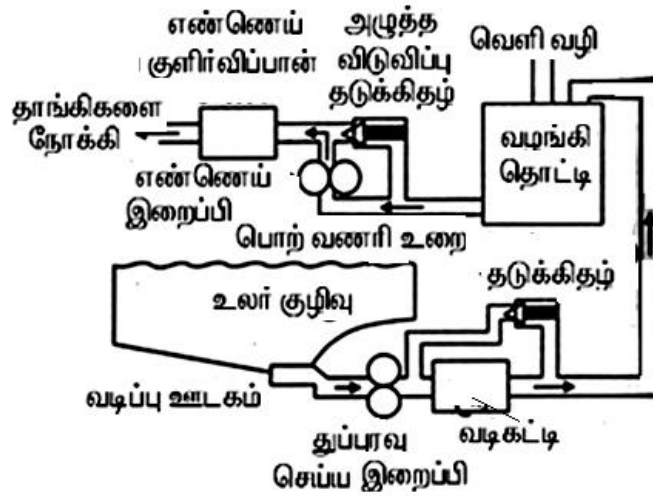
- (i) பொறியின் அனைத்து உராயும் பாகங்களின் உராய்வை குறைக்க முடிகிறது.
- (ii) அதிக அழுத்த தாங்கிகள் (High Pressure Bearing) மற்றும் அதிக தேய்ப்பு வேகத்திலும் (High Rubbing Speed) இது சிறப்பாக வேலை செய்கிறது.

### குறைகள்

- (i) கடினமான வடிவமைப்பு
- (ii) அதிக விலை

### 4.4.2 உலர்சேம் உயவிடல் (Dry Sump Lubrication)

இம்முறையில் குழிவில் (Sump) உள்ள உயவுப்பொருள் தனியாக உள்ள ஒரு சேமிப்பு தொட்டிக்கு எண்ணெய் இறைப்பி வழியாக கடத்தப்படுகிறது. சேமிப்பு தொட்டிக்கு வருவதற்கு முன்பு உயவுப்பொருள் வடிப்பு ஊடகம் (strainer) மற்றும் வடிகட்டி (filter) போன்றவை வழியாக செலுத்தப்படுகிறது. இதனால் மாசு நீக்கப்பட்ட உயவுப் பொருள் பொறிகளின் பாகத்திற்கு எவ்வித பிரச்சனை இன்றி அனுப்பப்படுகிறது.



படம் 4.3 உலர்சேம் உயவிடல் முறை

சேமிப்பு தொட்டியிலிருந்து உயவுப்பொருளானது, எண்ணெய் குளிர்விப்பான் வழியாக (oil cooler) பொறி கலனுக்கு (engine cylinder) எண்ணெய் இறைப்பியின் உதவியோடு அனுப்பப்படுகிறது. இம்முறையில் உயவுப்பொருள் 3 bar அழுத்தத்திலிருந்து இருந்து 8 bar அழுத்தத்திற்கு உயர்த்தப்படுகிறது.

#### நன்மைகள்

- (i) குறைவான உயவுப்பொருள் போதுமானது
- (ii) சேமிப்பு தொட்டி இருப்பதால், உயவுப்பொருளின் கொள்ளைவைக் கூட்ட முடியும்.

#### குறைகள்

- (i) அதிக விலை
- (ii) அதிக எடை கொண்டது

#### 4.4.3 நீர்மமூட்ட உயவிடல் (Mist Lubrication)

இத்தகைய முறையானது இரு சக்கர வாகனங்களில் (Motor Cycle, Scooter), பயன்படுகிறது. எண்ணெய் குழிவு மற்றும் எண்ணெய் இறைப்பி ஆகியவை இவ்வமைப்பில் கிடையாது. உயவுப்பொருள், பாறை எண்ணெயுடன் (Petrol) சரியான விகிதத்தில் நேரடியாக கலக்கப்படுகிறது. இந்த கலவை தொட்டியில் (Tank) சேமிக்கப்படுகிறது. இயந்திரம் அல்லது பொறி (Engine) இயங்கும்போது பாறை எண்ணெய் ஆவியாகிவிடும். உயவுப்பொருள் துகள்களானது தாங்கிகள், இணைக்கும் தண்டு, உந்துதண்டு முனை, உந்துதண்டு வளையங்கள், உருளைச் சுவர் போன்ற பொறி பாகங்களை உயவு (Lubricate) செய்கின்றன.

#### நன்மைகள்

- (i) மிக எளிய அமைப்பு.
- (ii) எண்ணெய் குழிவு மற்றும் எண்ணெய் இறைப்பி இல்லாததால் இது மிகக் குறைந்த விலையுடையது.

#### குறைகள்

- (i) சிறிய ரக இருவீச்சுச் சுழற்சி பொறிகளுக்கு (Two Stroke Cycle Engine) மட்டுமே ஏற்றது.
- (ii) எண்ணெய் பயனீட்டளவு (Oil Consumption) அதிகம்.

#### 4.5 குளிர்விப்பு முறைகள் (Cooling Systems)

##### குளிர்வித்தலின் குறிக் கோள்:

உள்ளொளி பொறியில் (Internal Combustion Engine) எரிதல் வெப்ப அளவானது சுமார் 1500° C வரை உயரும். எரியும்போது வெளிப்பட்ட வெப்பத்தில் 30% to 40% வரை மட்டுமே வேலையாக (Work) மாற்றப்படுகிறது. மீதியுள்ள

வெப்பம் எரியும் பகுதியைச் சுற்றியுள்ள கலனின் சுவர், கலன் முகப்பு (Cylinder Head), தடுக்கிதழ்கள் (Valve) ஆகியவற்றுக்கு கடத்தபடுவதால் அவை மிகைவெப்பத்திற்கு (Overheat) ஆட்படுத்தப்படுகின்றன. இத்தகைய நிகழ்வால் கீழ்க்கண்ட தீய விளைவுகள் ஏற்படுகின்றன.

- (i) உயவுப்பொருள் எரிந்து உரையும் பாகங்கள் அதிகமாக தேய்வடைகின்றன.
- (ii) தடுக்கிதழ்கள் மற்றும் தடுக்கிதழ் இருக்கைகள் எரிந்து தீய்கின்றன.
- (iii) உந்துதண்டு விரிந்து சேதமடைகிறது.
- (iv) முன் எரியூட்டல் (Pre ignition) ஏற்படுகிறது.
- (v) இடிப்பு (Knocking) ஏற்படுகிறது.
- (vi) கொள்ளளவுத் திறன் (Volumetric Efficiency) குறைகிறது.
- (vii) பொறியின் இதர பாகங்கள் மிகைவெப்பத்திற்கு ஆளாகின்றன.

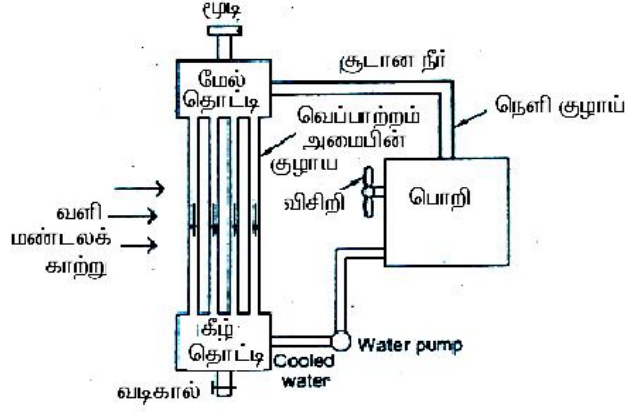
இத்தகைய தீயவிளைவுகளை தவிர்க்க பொறி மிகைவெப்பம் ஆகாமல் குளிர்விக்கப்படவேண்டும்.

#### குளிர்விப்பு முறைகளின் வகைகள்

- (i) நீரினால் குளிர்விக்கும் முறை
- (ii) காற்றினால் குளிர்விக்கும் முறை

#### 4.5.1 நீரினால் குளிர்விக்கும் முறை (Water Cooling System)

இம்முறையில் கலன் மற்றும் கலனின் முகப்பில் உள் நீர் இறைப்பியின் (Water Pump) நீர்ப்பாதைகள் (Water Jacket) வழியாக தொடர்ச்சியாக நீர் செலுத்தப்படுகிறது. பொறியின் வெப்பத்தை ஈர்த்தபின் நெளிகுழாய் (Hose Pipe) வழியாக உந்துவண்டிப்பொறியின் வெப்பாற்றும் அமைவின் (Radiator) மேல் தொட்டிக்கு நீர் செல்கிறது. சூடான நீர் அங்கிருந்து வெப்பாற்றும் அமைவு குழாய்கள் வழியாக கீழிறங்கும். அதே நேரத்தில் வெப்பாற்றும் அமைவு குழாய்களின் வெளிப்புறப்பரப்பில் படும்படி வளிமண்டலக் காற்று விசிறியால் (Fan) உள்ளிழுக்கப்படுகிறது. நீரின் வெப்பத்தைக் காற்று ஈர்க்கிறது. குளிர்விக்கப்பட்ட நீர் கீழ் தொட்டியில் சேமிக்கப்பட்டு மீண்டும் பொறிக்கு நீர் இறைப்பியின் மூலம் செலுத்தப்பட்டு இச்சுழற்சி மீண்டும் நடைபெறும்.



படம் 4.4 நீரினால் குளிர்விக்கும் முறை

### நன்மைகள்

- குளிர்விப்பு திறன் அதிகம்
- சீரான குளிர்விப்பு முறை பெறமுடியும்
- சப்தத்தை நீர் ஈர்ப்பதால் இரைச்சல் குறைவு
- வெப்பநிலையை கட்டுப்படுத்துவது எளிது
- கொள்ளளவுத் திறன் அதிகம்
- எரிபொருள் நுகர்வீதம் (Specific fuel consumption) குறைவு.

### குறைகள்

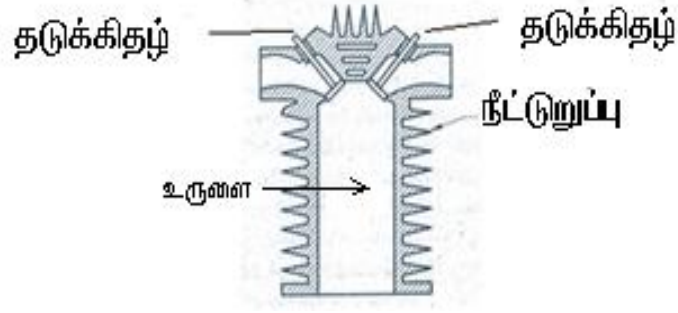
- வெப்பாற்றும் அமைவு, நீர் பாதைகள் மற்றும் நீர் இறைப்பி உள்ளதால் இதன் மொத்த எடை மிக அதிகம்
- கடினமான வடிவமைப்பு
- குளிர் தட்பவெப்ப நிலையில் நீர் உறையலாம்
- நீர் கசிவு ஏற்படலாம்
- விலை அதிகம்

### பயன்

சிறுநூர்ந்து (car), பேருந்துகள் மற்றும் கனரக வாகனங்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

### 4.5.2 காற்றினால் குளிர்விக்கும் முறை (Air Cooling System)

இம்முறையில், பொறி கலனின் மீது காற்று தொடர்ச்சியாக பட்டு செல்கிறது. பொறியின் வெப்பத்தை காற்று கிரகித்துச் செல்வதால் பொறியானது குளிர்ந்துவிடுகிறது.



**படம் 4.5. கலன் முகப்பு குளிர்விப்பு நீட்டுறுப்பு**

கலன் மற்றும் உருளை முகப்பின் வெளிப்புறப்பரப்பு குளிர்விப்பு நீட்டுறுப்புகள் (Cooling Fins) அமைக்கப்பட்டுள்ளன (படம் 4.12). இதன் மீது வளிக்காற்று படுவதாலும், தொடுபரப்பளவு (Surface Area) அதிகமாக இருப்பதாலும் சிறந்த குளிர்விப்பு நடைவெறுகிறது. மேலும் இம்முறையில் குளிர்விப்பு தன்மையானது கீழ்க்கண்ட காரணிகளைச் சார்ந்துள்ளது.

- (i) நீட்டுறுப்புகளின் (Fins) பரப்பளவு
- (ii) காற்றின் பாயு வீதம்
- (iii) பொறியின் வெப்பநிலை
- (iv) கலன் மற்றும் கலன் முகப்புகளின் வெப்பம் கடத்தும் தன்மை.

**நன்மைகள்**

- (i) வெப்பாற்றும் அமைவு, நீர்ப்பாதைகள், நீர் இறைப்பி ஆகியவை இல்லாததால் இதன் ஓட்டு மொத்த எடை குறைவு
- (ii) எளிய வடிவமைப்பு
- (iii) எளிய பராமரிப்பு
- (iv) காற்று உறைவதில்லை
- (v) காற்று கசிவதில்லை
- (vi) குறைந்த விலை

**குறைகள்**

- (i) குளிர்விப்பு திறன் குறைவு
- (ii) குளிர்விக்கும் முறை சீராக இருக்காது
- (iii) அதிக இரைச்சல் ஏற்படும்
- (iv) வெப்ப நிலையை கட்டுப்படுத்துவது கடினம்
- (v) கொள்ளளவுத் திறன் குறைவு

**பயன்**

இருசக்கர வாகனங்களிலும், ஆகாய விமானங்களிலும் பயன்படுகிறது.

#### 4.6 உள்ளொளி பொறியின் செய்திறன் (Performance of IC Engine)

உள்ளொளி பொறிக்கு அளிக்கப்பட்ட வெப்பத்தையும் அதனால் நடைபெற்ற திறனையும் அடிப்படையாகக் கொண்டு அந்த பொறியின் செயல்பாடு அறியப்படுகிறது.

வெவ்வேறு உள்ளொளி பொறியின் செயல்பாடுகளின் ஒப்பீடு கீழ்க்கண்ட அம்சங்களின் அடிப்படையில் செய்யப்படுகிறது.

- (i) சுட்டிய திறன் (Indicated Power)
- (ii) தடை திறன் (Brake Power)
- (iii) எந்திர பயனுதிறன் (Mechanical Efficiency)
- (iv) வெப்ப செயல்திறன் (Thermal Efficiency)
- (v) கொள்ளளவுத் திறன் (Volumetric Efficiency)
- (vi) சராசரி பயனுறு அழுத்தம் (Mean Effective Pressure)
- (vii) எரிபொருள் நுகர்வீதம் (Specific Fuel Consumption)

#### 4.6.1 பொறியை சோதனையிடுதல் (Engine Testing)

உள்ளொளி பொறியின் செயல்பாட்டினை மதிப்பீடு செய்யும் காரணிகளை (Performance parameter) கண்டறிய, கீழ்க்கண்ட சோதனைகள் செய்யப்படுகின்றன.

- (i) சுட்டிய சராசரி பயனுறு அழுத்தம் (Indicated Mean Effective Pressure)
- (ii) சுட்டிய திறன்
- (iii) தடைதிறன்
- (iv) எரிபொருள் பயனீட்டளவு (Fuel Consumption)
- (v) காற்று பயனீட்டளவு (Air Consumption)
- (vi) குளிர்விப்பு நீர் (Cooling Water) கொண்டு செல்லும் வெப்பம்
- (vii) பல் கலன்கள் (Multi cylinder) உள்ள பொறியின் செயல்திறன் அனைத்தும் அளவிடப்படுகின்றன

#### சுட்டிய சராசரி பயனுறு அழுத்தம் (IMEP)

ஒரு சுழற்சி முழுவதற்கும் பொறியினுள்ள உந்துதண்டின் மீது செயல்படும் சராசரி அழுத்தமே, சுட்டிய சராசரி பயனுறு அழுத்தம் எனப்படும்

$$IMEP = BMEP + FMEP$$

BMEP – தடை சராசரி பயனுறு அழுத்தம் (Break mean effective pressure)

FMEP – உராய்வு சராசரி பயனுறு அழுத்தம் (Friction mean effective pressure)

#### சுட்டிய திறன் (IP)

$$I.P = \frac{n \times IMEP \times LAN \times 10}{6}, kW$$

பொறியின் கலனில் வாயுக்களால் உந்துதண்டின் மீது செலுத்தப்படும் திறன், சுட்டிய திறன் என்பதாகும்.

$n$  - உருளையின் எண்ணிக்கை (Number of cylinders)

IMEP - சுட்டிய சராசரி பயனுறு அழுத்தம், bar

$L$  - வீச்ச நீளம் (stroke length), m

$A$  - உந்துதண்டின் பரப்பளவு (Area of piston),  $m^2$

$k = \frac{1}{2}$  (நான்கு வீச்சு பொறிகளுக்கு) = 1 (இரு வீச்சு பொறிகளுக்கு)

**தடை திறன் (BP)**

பொறியின் வணரித் தண்டில் கிடைக்கபெறும் திறனே, தடைத்திறன் எனப்படுகிறது. B.P ன் மதிப்பு I.P ஐக் காட்டிலும் குறைவாகவே இருக்கும்.

$$B.P. = \frac{2f NT}{60 \times 1000}, kW$$

T- திருக்கம் (Torque), N-m

N - வேகம் (Speed) r.p.m

I.P க்கும் B.P க்கும் உள்ள வேறுபாடு உராய்வு திறன் (Friction Power) எனப்படுகிறது.

$$F.P = I.P - B.P$$

இது இறைப்பியில் ஏற்படும் இழப்புகளாலும் தாங்கிகளில் ஏற்படும் இழப்புகளாலும் உண்டாகிறது. B.P க்கும் I.P க்கும் இடையே உள்ள விகிதம் எந்திர பயனுறு செயல் திறன் எனப்படுகிறது

$$y_{mech} = \frac{B.P}{I.P} \times 100$$

**எரிபொருள் பயனீட்டளவு (SFC)**

SFC எனப்படும் காரணி பொறிகளை ஒப்பீடு செய்ய மிகவும் பயன்படுகிறது.

$$SFC = \frac{\dot{m}_f}{B.P}, kg / kW - hr$$

$\dot{m}_f$  - எரிபொருள் நுகர் அளவு ( $kg/hr$ )

**தடை சராசரி பயனுறு அழுத்தம் (BMEP)**

BMEP என்பது IMEP ஐ ஒத்தது, ஆனால் இது தடைத்திறனை பொறுத்து மாறுபடும்.

$$BMEP = y_{mech} \times IMEP$$

**வெப்ப செயல் திறன் ( $y_{I.thermal}$ )**

(a) சுட்டிய வெப்ப செயல்திறன் ( $y_{I.thermal}$ )

I.P. மற்றும் எரிபொருளிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்பதிறனுக்கு இடையேயுள்ள

விகிதம் ( $y_{I.thermal}$ ) எனப்படும். ( $y_{I.thermal}$ ) =  $\frac{I.P}{\dot{m}_f \times C.V}$ , %



C.V- வெப்பமதிப்பு (calorific value), kJ / kg

(b) தடை வெப்ப செயல்திறன் ( $y_{B.thermal}$ )

B.P மற்றும் எரிபொருளிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்பதிறனுக்கு இடையேயுள்ள விகிதம் தடை வெப்ப செயல்திறன் எனப்படும்.

$$y_{B.thermal} = \frac{B.P}{\dot{m}_f \times C.V}, \%$$

கொள்ளளவு செயல்திறன் ( $y_{vol}$ )

$$y_{vol} = \frac{\text{எரிபொருளின் நிகழ்பருமன்}}{\text{வீச்சு பருமன்}} (at N.T.P) = \frac{V_a}{V_s}, \%$$

$V_a$  - (Actual volume) உள்ளபடியான கொள்ளளவு

$V_s$  - (Stroke volume) வீச்சு கொள்ளளவு

#### 4.7 வெப்பச்சமநிலை கணக்கீடு (Heat balance sheet)

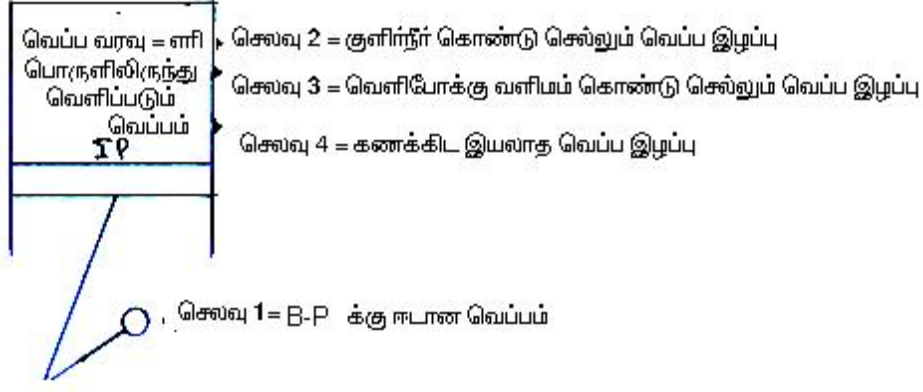
இக்கணக்கீட்டின் அடிப்படையில் ஒரு உள்ளொளி பொறியின் செயல்திறனை அறிந்து கொள்ள முடியும்.

பொறிக்கு அளிக்கப்பட்ட வெப்ப ஆற்றலையும் அது செலவழிந்த வழிகள் பற்றிய கணக்கீடுகளையும் அறிந்துகொள்ள இத்தகைய முறை உதவுகிறது. ஒரு மணி அல்லது நிமிடம் அல்லது நொடி கால அடிப்படையில் வெப்பச்சம நிலை முறை கணக்கிடப்படுகிறது.

எந்த ஒரு பொறியும் மாறா பளுவில் ஒடும்போது இத்தகைய கணக்கீடுதல் செய்ய முடியும். இந்த கணக்கீடுதல் முறைக்கு கீழ்க்கண்ட காரணிகளை குறிப்பெடுத்து கொள்ள வேண்டும்.

- ❖ உபயோகித்த எரிபொருளின் அளவு, அந்த நேரத்தில்
- ❖ எரிபொருளின் வெப்பமதிப்பு
- ❖ குளிர் நீரின் உள்வழி மற்றும் வெளிவழி வெப்பநிலை (Inlet & Outlet temperature)
- ❖ வெளிப்போக்கு வளிமத்தின் எடை
- ❖ I.P. மற்றும் B.P.

வெப்ப சமநிலை கணக்கீடுகளில் வரும் பல்வேறு வெப்ப அளவுகள் கீழ்க்கண்ட படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளன.



#### படம் 4.6. உள்ளொளி பொறியின் வெப்பச் சமநிலை

பின்வரும் வெப்பச் சமநிலை கணக்கீடு ஒரு மணி நேர அடிப்படையில் உருவாக்கப்பட்டது.

#### வெப்ப வரவு (Heat input)

பொறியினுள் எரிபொருளை எரிப்பதால் வெளிப்படும் வெப்ப ஆற்றல், வரவு என்பதாக எடுத்து கொள்ளப்படுகிறது. எரி பொருளிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்பம்  $= (\dot{m}_f \times C.V)$ ,  $\frac{kJ}{hr}$

வெப்ப வரவை 100% என எடுக்க வேண்டும்.

#### வெப்பச் செலவுகள் (Heat Outputs)

பயனுள்ள செலவு:

செலவு 1. BP க்கு ஈடான வெப்பம்  $= BP \times 3600$ ,  $\frac{kJ}{hr}$

$$\text{சதவீதம்} = \frac{\text{செலவு (1)}}{\text{வரவு}} \times 100$$

பயனற்ற செலவுகள்:

செலவு 2. குளிர் நீர் கொண்டு செல்லும் வெப்பம்  $\dot{m}_w \times C_{p_w} \times (t_2 - t_1)$ ,  $\frac{kJ}{hr}$

இதில்  $\dot{m}_w$  - குளிர் நீரின் நிறை / hr

$C_{p_w}$  - குளிர் நீரின் தன்வெப்பம் (cooling water specific heat),  $\frac{kJ}{kg K}$

$t_1$  - குளிர் நீரின் தொடக்க வெப்பநிலை ( $^{\circ}C$ )

$t_2$  - குளிர் நீரின் இறுதி வெப்பநிலை ( $^{\circ}C$ )

$$\text{சதவீதம்} = \frac{\text{செலவு (2)}}{\text{வரவு}} \times 100$$

செலவு 3. வெளிப்போக்கு வளிமம் கொண்டு செல்லும் வெப்பம்

$$= \dot{m}_g \times C_{p_g} \times (t_g - t_a), \frac{kJ}{hr}$$

இதில்  $m_g$  - வெளிப்போக்கு வளிமத்தின் நிலை / hr  
 $C_{pg}$  - வெளிப்போக்கு வளிமத்தின் தன்வெப்பம், kJ / kg K  
 $t_g$  - வெளிப்போக்கு வளிமத்தின் வெப்ப நிலை ( $^{\circ}C$ )  
 $t_a$  - சூழல் வெப்பநிலை ( $^{\circ}C$ )  
சதவீதம் =  $\frac{\text{செலவு (3)}}{\text{வரவு}} \times 100$

#### செலவு 4. கணக்கிட இயலாத வெப்ப இழப்பு

இது வெப்பச் சலனத்தாலும், வெப்ப கதிர்வீச்சாலும் பொறியைவிட்டு வெளியேறுகிறது. இதனை அளவிட இயலாது. கணக்கிட இயலாத வெப்ப இழப்பின் சதவீதம் = வரவு சதவீதம் - [செலவுகளின் சதவீதங்களின் கூட்டுத் தொகை]

#### வெப்பச் சமநிலைதாள் (ஒரு மணி நேர அடிப்படையில்)

வெப்ப வரவு (I)	%	வெப்பச் செலவுகள் (O)	$\% = \frac{O}{I} \times 100$
எரிபொருளிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்பம்	100	1. BP க்கு ஈடான வெப்பம்	$\frac{O_1}{I} \times 100 =$
		2. குளிர்நீர் கொண்டு செல்லும் வெப்பம்	$\frac{O_2}{I} \times 100 =$
		3. வெளிப்போக்கு வளிமம் கொண்டு செல்லும் வெப்பம்	$\frac{O_3}{I} \times 100 =$
		4. கணக்கிட இயலாத வெப்ப இழப்பு	$O_4 = 100 - (O_1 + O_2 + O_3)$
மொத்தம்	100		= 100 %

#### மாதிரி வினா:

கீழ்க்கண்ட முடிவுகள் ஒரு நான்கு கலன்கள் கொண்ட நான்கு வீச்சு பொறி சோதனைக்கு உட்படுத்தப்பட்டபோது கிடைத்தவை.

எரிபொருள் அளவு = 0.2 kg / min

எரிபொருளின் வெப்ப மதிப்பு = 41.9 MJ / kg

கலனின் விட்டம் = 100 mm

வீச்சு நீளம் = 115 mm

வேகம் = 1650 rpm

தடையுருளை (Brake drum) மீதான நிகரபார அளவை

(Net load) = 390 N

தடையுருளையின் பரிதி (Circumference) = 3.3 m

எந்திர பயனுருதிறன் = 80%

கண்டுபிடி (i) தடை வெப்ப செயல்திறன் (ii) சுட்டிய வெப்ப செயல்திறன்  
(iii) சுட்டிய சராசரி பயனுறு அழுத்தம் (iv) தடை சராசரி பயனுறு அழுத்தம்

**கொடுக்கப்பட்ட விவரங்கள்:**

கலனின் எண்ணிக்கை,  $k=4$

கலனின் விட்டம்,  $D=0.1$  m

$$\begin{aligned}\text{ஃ கலனின் பரப்பு} &= \frac{f}{4} D^2 = \frac{f}{4} (0.1)^2 \\ &= 7.8539 \times 10^{-3} m^2\end{aligned}$$

வீச்சு நீளம் = 0.115 m

$$\text{வேகம்} = 1650 \text{ rpm அல்லது } \frac{1650}{60} = 27.5 \text{ rps}$$

எரிபொருள் அளவு,  $\dot{m}_f / \text{min} = 0.2 \text{ kg}$  அல்லது  $12 \text{ kg/hr}$

வெப்ப மதிப்பு,  $CV = 41.9 \text{ MJ/kg}$

நிகர பார அளவை,  $W_e = 0.39 \text{ kN}$

தடையுருளையின் பரிதி,  $c = 3.3$  m

$$\therefore c = 2f \times \text{தடையுருளையின் ஆரம், } R_b$$

$$\therefore R_b = \frac{c}{2f} = 0.5247 \text{ m}$$

$$Y_{mech} = 80\%$$

**தீர்வு:**

திருத்தம்,  $T = W_e \times R_b = 0.39 \times 0.5247 = 0.2048 \text{ kN-m}$

$$B.P. = 2f NT = 2f \times 27.5 \times 0.2048 = 35.4 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned}Y_{b, thermal} &= \frac{B.P.}{\dot{m}_f \times CV} = \frac{B.P. \times 3600}{\dot{m}_f / \text{hr} \times CV} = \frac{35.4 \times 3600 \times 1000}{12 \times 41.9 \times 10^6} \\ &= 25.35 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I.P. &= \frac{B.P.}{Y_{mech}} \quad \left( \because Y_{mech} = \frac{B.P.}{I.P.} \right) \\ &= \frac{35.4}{0.8} = 44.25 \text{ kW}\end{aligned}$$

$$Y_{I, thermal} = \frac{I.P.}{\dot{m}_f \times CV} = \frac{44.25 \times 3600 \times 1000}{12 \times 41.9 \times 10^6} = 31.7\%$$

$$\begin{aligned}IMEP &= \frac{I.P. \times 6}{n \times LANK \times 10} \\ &= \frac{44.25 \times 6 \times 10^3 \times 2}{4 \times 0.115 \times 7.8539 \times 1650 \times 10}\end{aligned}$$

$$= 8.90 \text{ bar}$$

$$BMEP = y_{mech} \times IMEP = 7.12 \text{ bar}$$

#### 4.8 வெளிப்போக்கு வளிம பகுப்பாய்வு

##### ஆர்செட் பகுப்புமானி (Orsat Analyser)

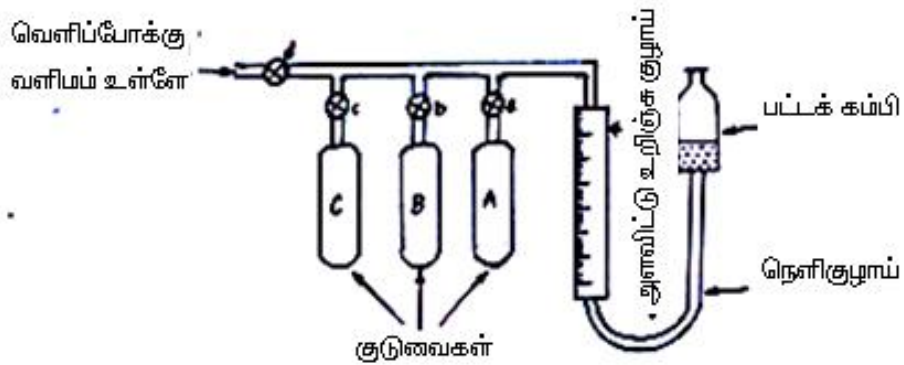
உலர் வெளிப்போக்கு வளிமத்தில் உள்ள CO<sub>2</sub>, CO மற்றும் O<sub>2</sub> கொள்ளளவு சதவீதங்களை கண்டுபிடிக்க ஆர்செட் உபகரணம் உதவுகிறது.

ஆர்செட் உபகரணம் படத்தில் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த உபகரணத்தில் குடுவை A யில் NaOH கரைசல் உள்ளது. இக்கரைசல் CO<sub>2</sub> ஐ ஈர்க்கும். குடுவை B யில் பைரோகாலிக் அமிலக் கரைசல் உள்ளது. இக்கரைசல் O<sub>2</sub> ஐ ஈர்க்கும்.

குடுவை C யில் தாமிர குளோரைடு மற்றும் ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலம் கலந்த கரைசல் உள்ளது. இக்கரைசல் CO வை ஈர்க்கும். மூன்று குடுவைகளிலும் முறையே a,b,c என மூன்று தடுக்கிதழ்கள் (Valve) உள்ளன. இதைத்தவிர பிரதான தடுக்கிதழ் d, ஒன்றும் படத்தில் உள்ளது. (படம் 4.6) வெளிப்போக்கு வளிமம் உள்ளே வருவதற்கும் வெளியே செல்வதற்கும் தடுக்கிதழ் d பயன்படுகிறது. அளவீட்டு உறிஞ்சுக்குழாயின் (Burette) கீழ்பகுதி நெளிசுழாயை (Hose Pipe) கொண்டு மட்டக்குப்பியுடன் (Levelling bottle) இணைக்கப்பட்டு உள்ளது. இக்குப்பியை மேலாக அல்லது கீழாக நகர்த்தி வெளிப்போக்கு வளிமத்தின் மீது அழுத்தத்தையோ அல்லது உறிஞ்சுதல் (Suction) விளைவையோ ஏற்படுத்தலாம்.

##### செய்முறை:

மட்டக்குப்பியை கீழே நகர்த்தி அளவீட்டு உறிஞ்சு குழாயின் உள்ளே வெளிப்போக்கு வளிமம் உறிஞ்சப்படுகிறது (உதாரணமாக 100 cm<sup>3</sup> வளிமம் உள்ளிழுக்கப்படுகிறது)



a,b,c = தடுக்கிதழ்கள்

d = பிரதான தடுக்கிதழ்

படம் 4.7. ஆர்செட் உபகரணம்

இப்பொழுது தடுக்கிதழ் a மட்டும் திறக்கப்படுகிறது. இதனால் குடுவை A -யில் உள்ள கரைசல் வெளிப்போக்கு வளிமத்தில் உள்ள  $CO_2$  யை ஈர்க்கிறது. இதனால் அளவீட்டு உறிஞ்சுகுழாயில் நீர் மட்டம் உயருகிறது. நீர் மட்டம் உயர்வது நின்றவுடன், தடுக்கிதழ் a மூடப்படுகிறது. மட்டக்குப்பியை மேலே உயர்த்துவதன் மூலமாக நீர்மட்டமானது மட்டக்குப்பியிலும் அளவீட்டு உறிஞ்சுகுழாயிலும் சமமாக உள்ளவாறு உறுதிசெய்யப்படுகிறது. வெளிப்போக்கு வளிமத்தின் கொள்ளளவில் உள்ள வித்தியாசம் குறிக்கப்படுகிறது. இதுவே  $CO_2$  ன் சதவீதமாகும்.

மேலேயுள்ள செய்முறை போலவே மீண்டும் செய்து  $O_2$  மற்றும்  $CO$  வாயுக்களின் சதவீதங்களும் அளவிடப்படுகின்றன. மீதி உள்ளது நைட்ரஜனாகும். ∴ நைட்ரஜன் கொள்ளளவு சதவீதம் =  $100 - [CO_2, CO, O_2]$  ன் கொள்ளளவு சதவீதங்களின் கூட்டுத்தொகை)

#### 4.9 மாசுக் கட்டுப்பாடு விதிகள் (Control of Pollution)

எரிபொருள் எரிவதால் உண்டாகும் வாயுக்களால் ஏற்படும் காற்று மாசுபாட்டைக் குறைக்க கீழ்க்கண்ட நடவடிக்கைகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன.

- (i) கந்தகம் மற்றும் சாம்பல் அளவு குறைவாக உள்ள உயர்ந்த தர நிலக்கரியை பயன்படுத்தவும்
- (ii) காரீயம் நீக்கப்பட்ட பாறை எண்ணெயை வாகனங்களில் பயன்படுத்தவும்
- (iii) முழுமையான எரிதல் (Complete combustion Process) நிறைவேற, அதிக காற்றை வழங்கிடுதல் அவசியம். இதனால்  $CO$  எரிந்து  $CO_2$  – வாக மாறிவிடுகிறது.
- (iv) அனல்மின் நிலையங்களில் உயரமான புகைபோக்கி (Chimney) குழாயை பயன்படுத்த வேண்டும்.
- (v) மாசு கட்டுப்பாட்டுக் கருவியை (Emission Controller) வாகனங்களில் பொருத்துதல் மிக அவசியம்.
- (vi) அனல் மின் நிலையங்களில் சுழற் பாய்மப்பிரிப்பியை (Cyclone Separator) பயன்படுத்தி வெளிப்போக்கு வளிமத்தில் உள்ள பறக்கும் சாம்பல் நீக்கப்பட வேண்டும்.
- (vii) அனல் மின் நிலையங்களில் ஈர துப்புரவாக்கியைப் (Wet Scrubber) பயன்படுத்தி வெளிப்போக்கு வளிமத்தில் உள்ள  $SO_2$  மற்றும்  $H_2S$  நீக்கப்படுகின்றன.
- (viii) கொதிகலனில் (Boiler) பாய்ம அடுக்கு எரிமுறையில் (Fluidized Bed Combustion) எரிபொருள் எரிக்கப்பட்டு  $NO_x$  மற்றும்  $SO_2$  அளவுகள் குறைக்கப்படுகின்றன.

## பகுதி - V

### வளிமச் சுழலி (Gas Turbine)

#### 5.1 முன்னுரை

வளிமச் சுழலி என்பது உயரழுத்த காற்றையும் எரிபொருளையும் சேர்த்து எரித்து, அதில் உருவாகும் சூடான வளிமங்களை விரிவடைய செய்வதின் மூலம் மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்ய உதவும் ஒரு சுழல் எந்திரம். அது தன் பணியில் நீராவிச் சுழலியை ஒத்த ஒன்று. வளிமச் சுழலியை மூன்று பாகங்கள் கொண்டதாகப் பார்க்கலாம்.

அவை முறையே

- காற்று அழுத்தும் கருவி (Air compressor)
- எரிப்பு அறை (Combustion chamber)
- சுழலி (Turbine)

சூழ் வெளியில் இருக்கிற காற்றை காற்று அழுத்தும் கருவியில் உட்செலுத்தினால் அதன் அழுத்தம் அதிகரிக்கும். இந்த உயரழுத்தக் காற்றை எரிப்பு அறைக்குள் செலுத்தி, அங்கே இயற்கை எரிவளி போன்ற எரி பொருளையும் கலந்து எரிக்கும்போது அதன் விளைவாக உயரழுத்த எரிப்பு வளிமங்கள் உருவாகும். இந்த எரிப்பு வளிமங்களை சுழலியினுள் செலுத்தி, அதன் அலகு (Blade) களால் வழிப்படுத்தினால் சுழலி சுற்றத்தொடங்கும். அவ்வாறு வெப்ப ஆற்றலை ஒரு வேலை செய்யப்பயன்படுத்தி சுழல் ஆற்றலாய் மாற்றியப் பின் அந்த சுழல் ஆற்றலைப் பல வகைகளில் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம். உதாரணமாக விமானங்கள், தொடர்வண்டி (Train) மற்றும் கப்பல் முதலியனவற்றை இயக்கவும், ஒரு மின்னாக்கியைப் (Electrical Generator) பயன்படுத்தி மின்னாற்றலை உருவாக்கவும் இதனைப் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

#### 5.2 வளிமச் சுழலிகளின் வகைப்பாடு

(i) எரிப்பு முறையின் அடிப்படையில்

- மாறாத அழுத்த வகை (Constant Pressure)
- மாறாத கொள்ளளவு வகை (Constant Volume)

(ii) வேலை செய்யும் பொருளின் பாதையின் அடிப்படையில்

- மூடு சுழற்சி வளிமச் சுழலி (Closed Cycle Gas Turbine)
- ஒரேவழிச் சுழற்சி வளிமச் சுழலி (Open Cycle Gas Turbine)

### 5.3 வளிமச் சுழலியின் பயன்பாடுகள்

- மின்னாற்றல் தயாரிக்க
- ஆகாய விமானங்களை செலுத்த
- தொடர் வண்டி, கப்பல் போன்றவற்றை செலுத்த
- திருகிறக்கை வானூர்தியைச் (Helicopter) செலுத்த
- எஃகு தொழிற்சாலைகளில்
- எண்ணெய் தொழிற்சாலைகளில்
- வேதி (Chemical) தொழிற்சாலைகளில் பயன்படுகின்றன

### 5.4 வளிமச் சுழலியின் நன்மைகள் மற்றும் குறைகள் நன்மைகள்

- எவ்வகை எரிபொருளையும் பயன்படுத்தலாம்
- குறைந்த முதலீடு
- நீராவி சுழலி மின்திறன் நிலையத்தைக் காட்டிலும் இந்நிலையத்திற்கு குறைவான இடமே போதுமானது
- குறைந்த எடை
- குறைந்த அதிர்வுகள்
- நிறுவதல் எளிது
- கட்டுப்பாட்டு (Control) முறை மிக எளிது

### குறைகள்

- தற்றொடங்கி (Self Starter) முறை இதில் இல்லை
- தாழ் சுமை (Low Load) களில் வெப்ப செயல்திறன் (Thermal Efficiency) குறைவு
- ஒட்டுமொத்தத் திறன் (Overall Efficiency) குறைவு
- தனி குளிர்விப்பு முறை (Special Cooling System) தேவை
- அதிக வெப்பநிலையை தாங்கும் உலோகக் கலவைகளாலான சுழலி அலகுகள் (Turbine Blades) தேவை

### 5.5 சீர்ம சுழற்சியின் பகுப்பாய்வு அனுமானங்கள் (Assumptions in Ideal Cycle Analysis)

கீழ்க்கண்ட அனுமானங்கள் ஒரு வளிமச் சுழலி சுழற்சி பகுப்பாய்வின் போது கணக்கில் கொள்ளப்படுகின்றன.

- (i) நுழைவாய் (Inlet) மற்றும் வெளியேற்றவாய் (Outlet) இடையே வேறுபடும் செயல்படும் பாய்மத்தின் இயக்கவாற்றல் புறக்கணிக்கத்தக்கது.
- (ii) அழுத்தமும் (Compression) விரிவடைதலும் (Expansion) வெப்ப இழப்பிலா செயல்முறை (Isentropic process) எனக் கருதப்படுகிறது.



- (iii) அழுத்த இழப்பு இல்லை (No Pressure Loss) என்று நுழைவாயின் காற்றடுக்கிடை அலைவிலகல் (Inlet ducting) எரிப்பு அறை, வெப்ப பரிமாற்றி (Heat exchanger) இடை குளிர்கலன் (Inter cooler) வெளியேற்றவாய் காற்றடுக்கிடை அலைவிலகல் (Outlet ducting) போன்ற பாகங்களில் கருதப்படுகிறது.
- (iv) வெப்ப பரிமாற்றியின் வெப்ப மாற்றம், 100% சதவீதம் என்று கருதப்படுகிறது.
- (v) செயல்படும்பாய்மத்தின் பொருண்மைப் பாய்வு (Mass flow) மாறிலி (Constant) எனக் கருதப்படுகிறது.
- (vi) செயல்படும் பாய்மத்தின் சேர்மங்கள் மாறாத் தன்மையுடையது. மேலும் செயல்படும் பாய்மம் ஒரு செவ்விய வளிமம் (Perfect gas) என்றும் அதன் தன்வெப்பம் (Specific heat) ஒரு மாறிலி எனவும் கருதப்படுகிறது.

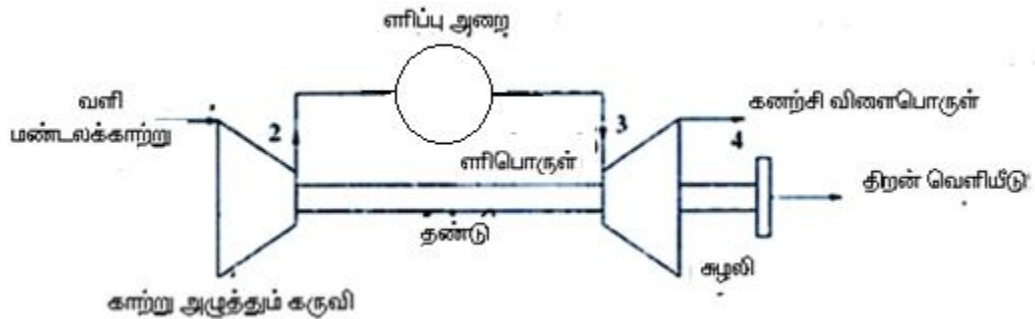
## 5.6 மாறாத அழுத்தவகை ஒரே வழிச் சுழற்சி வளிமச் சுழலி (Constant pressure open cycle Gas turbine)

மாறாத அழுத்தவகை ஒரே வழிச் சுழற்சி வளிமச் சுழலியை கீழ்க்கண்ட முறைகளில் செயல்படுத்தலாம்.

- எளிய வளிமச் சுழலி சுழற்சி முறை
- வளிமச் சுழலியுடன் மீட்டாக்கி செயல்படும் முறை
- வளிமச் சுழலியில் இடைகுளிர்விப்பு செயல்படும் முறை
- வளிமச் சுழலியுடன் மறு சூடேற்றல் செயல்படும் முறை

### 5.6.1 எளிய வளிமச் சுழலி சுழற்சி (The Simple Gas Turbine Cycle)

இந்த சுழற்சி முறை கீழ்க்கண்ட படத்தில் (5.1) காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் முக்கிய மூன்று பாகங்கள், காற்று அழுத்தும் கருவி, எரிப்பு அறை மற்றும் வளிமச் சுழலி ஆகியவை



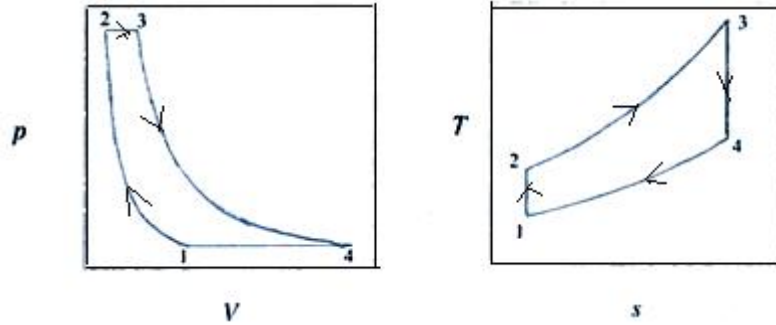
படம் 5.1 எளிய வளிமச் சுழலியின் திட்ட வரைபடம்

## வேலை செய்யும் விதம்

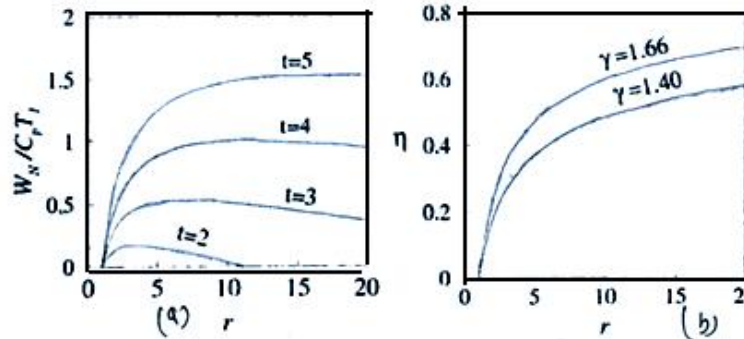
காற்று அழுத்தும் கருவி மற்றும் சுழலி பிரிவை தொடக்கியை (Starter) கொண்டு துவக்கிடவேண்டும். இப்பிரிவானது சுழல தொடங்கியவுடன் தொடக்கி வெட்டுநிலை (Cut off) ஆகிவிடும்.

காற்று அழுத்தும் கருவி சுழல ஆரம்பித்தவுடன் வளிமண்டலக்காற்று உள்ளிழுக்கப்பட்டு (புள்ளி 1) அழுத்தப்படுகிறது. இந்த உயர் அழுத்தக்காற்று எரிப்பு அறைக்குள் செல்கிறது (புள்ளி 2). எரிப்பு அறையில் எரிபொருள் (fuel) தெளிக்கப்பட்டு காற்றுடன் சேர்ந்து எரிதல் நடைபெறுகிறது. இதன் விளைவாக கனற்சி விளைபொருள் உண்டாகிறது. இவை சுழலிக்குச் செலுத்தப்பட்டு (புள்ளி 3) விரிவடையச் செய்வதால் சுழலியின் அலகுகள் சுற்றுதலுக்கு தயாராகிறது. காற்றழுத்தும் கருவி சுழலியுடன் நேரடியாக இணைக்கப்பட்டுள்ளதால் சுழல் ஆற்றலின் ஒரு பகுதி காற்று அழுத்தும் கருவியை இயக்கப் பயன்படுகிறது. மீதி ஆற்றல் திறன் வெளியீடாக மின்னாக்கி மூலம் பெறப்படுகிறது. இறுதியாக சுழற்சி விளைபொருள் வளிமண்டலத்தில் கலக்கின்றன (புள்ளி 4). எளிய வளிமச் சுழலி சுழற்சி முறையானது பிரேட்டன் சுழற்சி (Brayton cycle) அல்லது ஜூல் சுழற்சி (Joule cycle) மூலம் இயங்குகிறது.

இதன் P-V மற்றும் T-S வரைபடங்கள் (5.2) கீழே காண்பிக்கப்பட்டுள்ளன. படம் 5.3ல் எளிய வளிமச் சுழலியின் செய்திற வரைகள் (Performance curves) காண்பிக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 5.2 P-V மற்றும் T-S வரைபடங்கள்



படம் 5.3 செய்திற வரைகள்

செயல்முறை 1-2: வெப்பயிழப்பிலா அழுத்தம் (Isentropic Compression)

அழுத்தத்தில் உள்ளிழுக்கப்படும் காற்று வெப்பயிழப்பிலா அழுத்தத்திற்கு உள்ளாக்கப்படுவதால் அதன் கொள்ளளவு  $V_1$  லிருந்து  $V_2$  ஆக குறைகிறது. இயல்பாற்றல் (entropy) மாறிலியாக ( $S_1=S_2$ ) இம்முறையில் உள்ளது.

**செயல்முறை 2-3:** நிலையான அழுத்தத்தில் வெப்ப சேர்க்கை (Constant Pressure Heat addition)

எரிப்பு அறையில் அதிக அழுத்தமான காற்றும் எரிபொருளும் மாறாத அழுத்த நிலையில் ( $P_2=P_3$ ) எரிதல் முறைக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது.

**செயல்முறை 3-4:** வெப்பயிழப்பிலா விரிவாக்கம் (Isentropic expansion)

எரிப்பு அறையிலிருந்து வெளிவரும் கனற்சி விளைபொருள் சுழலிக்கு அனுப்பப்பட்டு இயல்பாற்றல் ( $S_3=S_4$ ) மாறிலியாக விரிவாக்கம் செய்யப்படுகிறது.

**செயல்முறை 4-1 :** நிலையான அழுத்தத்தில் வெப்ப வெளியேற்றம் (Constant Pressure Heat rejection)

மாறாத அழுத்தத்தில் ( $P_4=P_1$ ) கனற்சி விளைபொருள் வெப்பத்தை இழக்கிறது. இது தனி ஆரம்ப நிலையை மீண்டும் அடைகிறது. சுழற்சி மீண்டும் நடைபெறும். வெப்ப இயக்கவியல் பகுப்பாய்வின்படி, நிலை மாறாப் பாய்வு சமன்பாட்டை (Steady flow energy equation) கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$W_s = h_2 - h_1 \quad \rightarrow (5.1)$$

இங்கே  $W_s$  என்பது - வேலை மாற்றம் / நிறை (Work transfer/ mass); h என்பது உறைவெப்பம் (enthalpy) ஆகும். Eq.5.1ஐ படம் 5.1 ல் இருக்கும் ஒவ்வொரு செயல்பாட்டிற்கும் எழுத வேண்டும். அதன்படி முதலில் காற்று அழுத்தும் கருவியின் வேலை உள்ளீடை (Work input) கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

காற்று அழுத்தும் கருவியின் வேலை [ $W_c$ ]  $W_{12}=(h_2 - h_1)=C_p (T_2 - T_1).....(5.2)$

செலுத்தப்பட்ட வெப்பம் [ $Q$ ]  $Q_{23}=(h_3 - h_2)=C_p (T_3 - T_2).....(5.3)$

சுழலியின் வேலை [ $W_T$ ],  $W_{34}=(h_3 - h_4)=C_p (T_3 - T_4).....(5.4)$

நிகர வேலை [ $W_N$ ],  $W_N=W_T - W_c$   
 $= C_p (T_3 - T_4) - C_p (T_2 - T_1).....(5.5)$

$$W_N = C_p T_1 \left( \frac{T_3}{T_1} - \frac{T_4}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} + 1 \right).....(5.6)$$

$$\frac{T_3}{T_1} = t \text{ மற்றும் } \frac{P_2}{P_1} = r \text{ எனக் கொள்க } .....(5.7)$$

பிறகு  $\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_4} = r^{\frac{x-1}{x}}$

$r^{\frac{x-1}{x}} = c$  எனக்கொள்க . சமன்பாடு (5.6) லிருந்து

$$\frac{W_N}{C_p T_1} = \frac{T_3}{T_1} - \frac{T_4}{T_3} \cdot \frac{T_3}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} + 1 = t - \frac{t}{c} - c + 1.....(5.8)$$

$$\frac{W_N}{C_p T_1} = t \left(1 - \frac{1}{c}\right) - (c-1) \dots \dots \dots (5.9)$$

சமன்பாடு (5.9) ல் இருந்து தன்வேலை வெளியீடானது (Specific work output) ஒரு நிலையத்திறனின் (Plant Capacity) அளவை குறிக்கக்கூடிய ஒரு முக்கிய காரணியாக திகழ்கிறது. மேலும் இது அழுத்த விகிதம் (Pressure ratio) மற்றும் ஒரு சுழற்சியின் அதிகபட்ச வெப்பநிலை ( $T_3$ ) ஐ சார்ந்துள்ளது.

$$y = \frac{\text{மொத்த வேலை வெளியீடு}}{\text{வெப்ப கூட்டு}} = \frac{W_N}{Q} \dots \dots \dots (5.10)$$

$$= \frac{C_p T_1 \left[ t \left(1 - \frac{1}{c}\right) - (c-1) \right]}{C_p (T_3 - T_2)} \dots \dots \dots (5.11)$$

$$= \frac{C_p T_1 \left[ (t-c) - \left(\frac{t-c}{c}\right) \right]}{C_p T_1 \left( \frac{T_3}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} \right)} = \frac{(t-c) - \left(\frac{t-c}{c}\right)}{t-c}$$

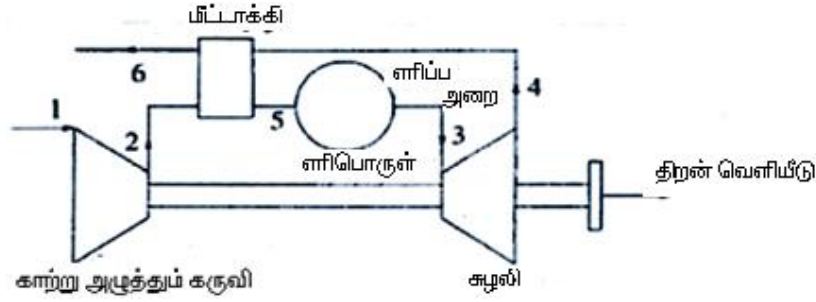
$$= 1 - \frac{1}{c} = 1 - \frac{1}{r^{\frac{x-1}{x}}} \dots \dots \dots (5.12)$$

சமன்பாடு 5.12 ல் இருந்து ஒரு எளிய வளிமச் சுழலி நிலையத்தின் செயல்திறன், அதன் அழுத்த விகிதம் மற்றும் வளிமத்தின் தன்மையை சார்ந்து உள்ளது.

படம் 5.3(a) ல்,  $\frac{W_N}{C_p T_1}$  ஆனது  $r$  மற்றும்  $t$  ஐ சார்ந்து இருப்பதை காண முடிகிறது.

மேலும்  $t$  ன் மதிப்பு ஒரு உலோகத்தின் வெப்பத்தை தாங்கும் சக்தியை பொறுத்துள்ளது. அதாவது சுழலியின் அலகுகள் உறுதியை பொறுத்தது. படம் 5.3 (b) ல்  $Y$  மற்றும்  $r$  ன் தொடர்பு காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. இப்படத்தில் இருந்து ஒரு நிலையத்தின் செயல்திறன் உயர்வு அழுத்த விகிதத்தின் உயர்வை சார்ந்து இருப்பதை அறிய முடிகிறது. மேலும் செயல்திறனானது, எரிபொருளின் தன் வெப்ப விகிதத்தை ( $x$ ) சார்ந்து இருக்கிறது. அதாவது எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட உயர் அழுத்த விகிதத்திலும் நிலையத்தின் செயல்திறனானது  $x = 1.66$  உடைய எரிபொருளை உபயோகித்தால் அது  $x = 1.40$  கொண்டுள்ள எரிபொருளை விட அதிகமாக இருக்கும்.

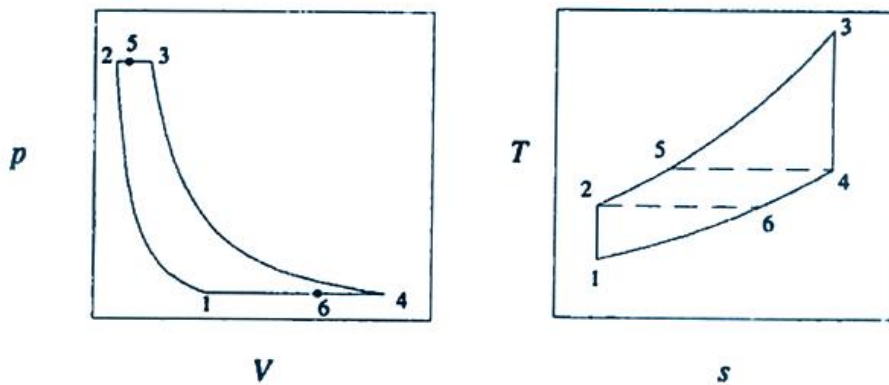
## 5.6.2. வளிமச் சுழலியுடன் மீட்டாக்கி (Regenerator) செயல்படும் முறை



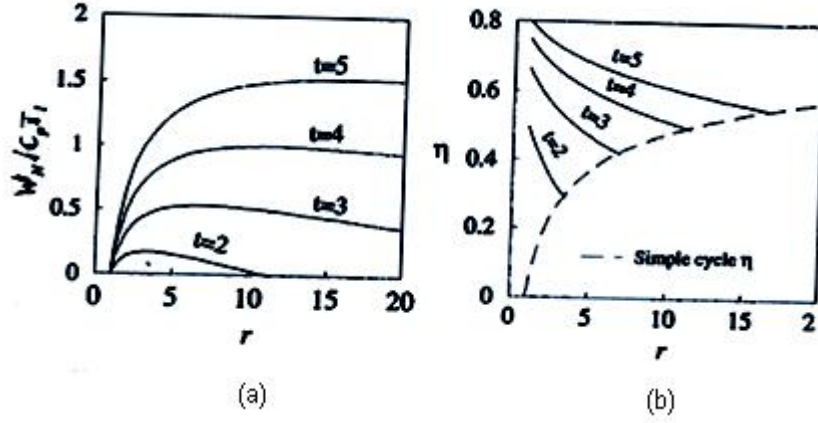
படம் 5.4 மீட்டாக்கி சுழற்சியின் திட்ட வரைபடம்

மீட்டாக்கியுடன் இணைந்த எளிய வளிமச் சுழலியின் திட்ட வரைபடம் படம் 5.4 ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. இத்தகைய நிலையத்தின்  $P-V, T-S$  மற்றும் செய்திற வரைகள் படம் 5.5 ல் மற்றும் படம் 5.6 ல் முறையே கொடுக்கப்பட்டு உள்ளது. சுழலியிலிருந்து வெளியேறும் வாயுக்கள் அதிகளவு வெப்பத்தைக் கொண்டு செல்கின்றன (புள்ளி 4) இவ்வெப்பம் வீணாக வளிமண்டலத்தை அடைகிறது. வீணாகும் வெப்பத்தைக் குறைக்க காற்று அழுத்தும் கருவி மற்றும் எரிப்பு அறைக்கு இடையே மீட்டாக்கி நிறுவப்படுகிறது.

அழுத்தப்பட்ட காற்று (புள்ளி 2) எரிப்பு அறைக்குச் செல்லும் முன்பாகவே வெளியேறும் விளைபொருளால் மீட்டாக்கியில் வெப்பப்படுத்தப்படுகிறது. இதனால் எரிப்பு அறையில் எரிக்கப்படும் எரிபொருளின் நிறையளவு குறைகிறது. மேலும் வாயுக்கள் கொண்டு செல்லும் வெப்ப அளவின் இழப்பு குறைவதால் நிலையத்தின் வெப்ப செயல்திறன் கூடுகிறது.



படம் 5.5 P-V மற்றும் T-S வரைபடங்கள்



படம் 5.6 செய்திற வரைகள்

படம் 5.5 ன் T-S வரைபடத்திலிருந்து எவ்வாறு உயர் அழுத்தக் காற்று அதிக வெப்பத்துடன் எரிப்பு அறைக்கு செல்கிறது என அறிய முடிகிறது. அதாவது உயர் அழுத்த காற்றின் வெப்பநிலை  $T_2$  லிருந்து  $T_5$  க்கு உயர்கிறது. அதே நேரத்தில் சுழலியிலிருந்து வெளிவரும் கனற்சி விளைபொருள் வெப்பநிலை  $T_4$  லிருந்து  $T_6$  ஆக குறைகிறது. இந்த வெப்பநிலை மாற்றம் அனைத்தும் மீட்டாக்கியில் நடைபெறுகிறது.

**5.6.1.** ல் கூறிய முறைப்படி (Eq. 5.1), படம் 5.4 ல் இருக்கும் ஒவ்வொரு கூறுக்கும் எழுதவேண்டும். அதன்படி முதலில் காற்று அழுத்தும் கருவியின் வேலை உள்ளீடு வெப்ப கூட்டு மற்றும் சுழலியின் வேலையை செயல்முறை கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

காற்று அழுத்தும் கருவியின் வேலை  $[W_c]$ ,  $W_{12} = (h_2 - h_1) = C_p (T_2 - T_1) \dots \dots \dots (5.13)$

செலுத்தப்பட்ட வெப்பம்  $[Q]$ ,  $Q_{33} = (h_3 - h_5) = C_p (T_3 - T_5) \dots \dots \dots (5.14)$

சுழலியின் வேலை  $[W_T]$ ,  $W_{34} = (h_3 - h_4) = C_p (T_3 - T_4) \dots \dots \dots (5.15)$

நிகர வேலை  $W_N = W_T - W_C$

இந்த சமன்பாடு Eq.5.9 ல் முன்னரே விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. மேலும் Eq.5.9 எளிய வளிமச் சுழலிக்காக வருவித்தது. இது மீட்டாக்கிக்கும் அப்படியே பொருந்தக் கூடியது. எனவே

$$\frac{W_N}{C_p T_1} = t \left( 1 - \frac{1}{c} \right) - (c - 1) \dots \dots \dots (5.9)$$

ஆனால் மீட்டாக்கியின் செயல்திறன் எளிய வளிமச் சுழலியின் செயல்திறன் சமன்பாட்டை ஒத்திராது.

$$y = \frac{W_N}{Q} = \frac{C_p T_1 \left[ t \left( 1 - \frac{1}{c} \right) - (c - 1) \right]}{C_p (T_3 - T_5)}$$

மேலும் படம் 5.5 லிருந்து  $T_5$  ம்  $T_4$  ம் சமமாக உள்ளதை காண முடிகிறது. அதாவது  $T_5 = T_4$ , எனவே

$$\begin{aligned}
y &= \frac{C_p T_1 \left[ t \left( 1 - \frac{1}{c} \right) - (c - 1) \right]}{C_p T_1 \left( \frac{T_3}{T_1} - \frac{T_4}{T_3} \cdot \frac{T_3}{T_1} \right)} \\
&= \frac{t \left( 1 - \frac{1}{c} \right) - (c - 1)}{t - \frac{t}{c}} = \frac{t - c}{t} \\
&= 1 - \frac{c}{t} \dots \dots \dots (5.16)
\end{aligned}$$

சமன்பாடு 5.16 லிருந்து மீட்டாக்கி உதவியுடன் செயல்படும் ஒரு வளிமச் சுழலி நிலையத்தின் செயல்திறனானது சுழற்சியின் அதிகபட்ச வெப்பநிலையை சார்ந்துள்ளது. இவ்விகிதத்தில் இது எளிய வளிமச் சுழலியின் செயல்திறனில் இருந்து முற்றிலும் வேறுபட்டுள்ளது.

### மீட்டாக்கியின் தன்மைகள்

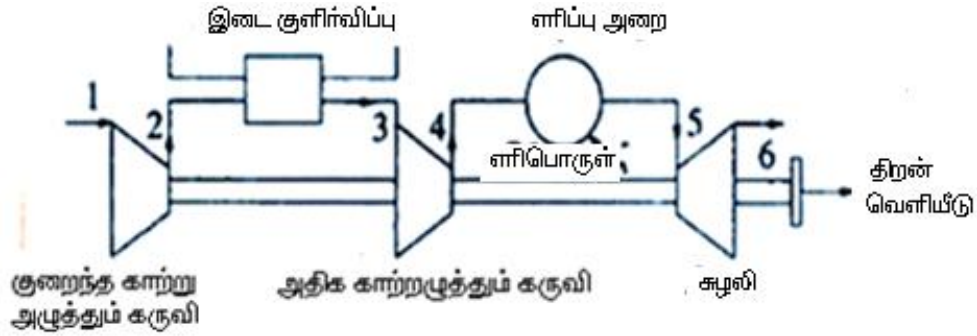
- (i) காற்று அழுத்தும் கருவியின் வேலை மற்றும் சுழலியின் வேலையில் இது எந்த தாக்கத்தையும் உண்டாக்காது. எனவே இம்முறை சுழற்சியில் நிலையத்தின் நிகர வெளியீட்டில் எவ்வித மாற்றமும் இருக்காது.
- (ii) எரிப்பு அறையில் அளிக்கப்படும் வெப்ப அளவு குறைகிறது. இதனால் எரிபொருள் மிச்சமாகிறது.
- (iii) நிலையத்தின் வெப்பச் செயல்திறன் அதிகமாகிறது.
- (iv) ஆனால் இம்முறை அதிக உயர் அழுத்த நிலையில் செயல்படும் நிலையத்திற்கு உகந்தது அல்ல.

### 5.6.3. வளிமச் சுழலியுடன் இடைகுளிர்விப்பு செயல்படும் முறை

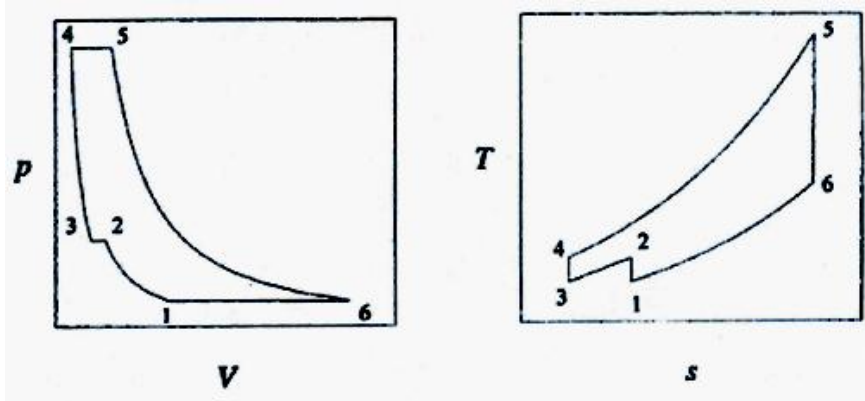
பொதுவாக வளிமச் சுழலி நிலையத்தில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட காற்று அழுத்தும் கருவிகள் பயன்படுத்தும்போது, இடைகுளிர்விப்பு முறை உபயோகிக்க தகுந்தது. ஏனென்றால் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட காற்று அழுத்தும் கருவியில் வளிக்காற்று அழுத்தப்படும்போது காற்றின் வெப்பநிலை கூடுகிறது. இவ்வெப்பக் காற்றானது காற்று அழுத்தும் கருவியில் சென்றால் அந்த குறிப்பிட்ட காற்று அழுத்தும் கருவிக்கு அதிக உள்ளீடு திறன் (Input Power) தேவைப்படுகிறது. இதனால் நிலையத்தின் நிகர வெளியீடு (Net Output) குறைகிறது. இதனை தவிர்க்க இடைகுளிர்விப்பு இரண்டு காற்று அழுத்தம் கருவிகளுக்கு இடையே நிறுவப்படுகிறது. இதனால் இரண்டாவது காற்று அழுத்தும் கருவியின் பயன்பாட்டிற்கு குறைந்த உள்ளீடு திறனே போதுமானது.

இடை குளிர்வுப்புடன் சேர்ந்த எளிய வளிமச் சுழலியின் திட்ட வரைபடம் படம் 5.7 ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. மேலும் இத்தகைய நிலையத்தின்  $P-V, T-S$  மற்றும் செய்திற வரைகள் படம் 5.8 மற்றும் 5.9 ல் முறையே கொடுக்கப்பட்டு உள்ளது.

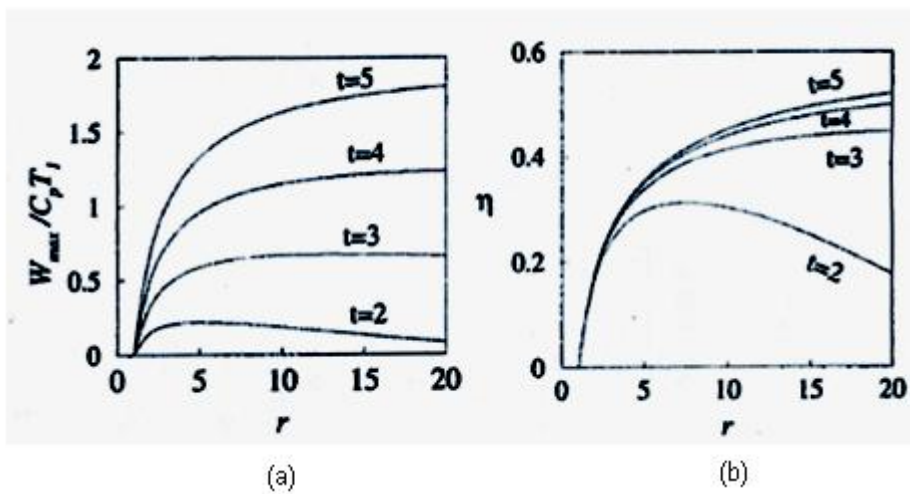
குறைந்த அழுத்த காற்று அழுத்தும் கருவியிலிருந்து அழுத்தப்பட்ட வெப்பக் காற்று (புள்ளி 2) இடை குளிர்விப்பானுக்குச் செல்கிறது. அங்கு மாறாத அழுத்தத்தில் குளிர்விப்பியால் (Coolant) காற்று குளிர்விக்கப்படுகிறது. வெப்பநிலை குறைந்த மித அழுத்த காற்று (புள்ளி 3) இப்பொழுது உயர் அழுத்த காற்று அழுத்தும் கருவிக்கு சென்று மேலும் அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்டு எரிப்பு



படம் 5.7 இடைகுளிர்விப்பு சுழற்சியின் திட்ட வரைபடம்



படம் 5.8  $P-V$  மற்றும்  $T-S$  வரைபடங்கள்



படம் 5.9 செய்திற வரைகள்



அறைக்கு செல்கிறது. மற்ற செயல்பாடுகள் எளிய வளிமச் சுழலி சுழற்சியைப் போல நடைபெறுகின்றன. இம்முறையின் தன்வேலை வெளியீடு மற்றும் செயல்திறன் சமன்பாடுகள் பெற கீழ்க்கண்ட வருவித்தல் முறை கையாளப்படுகின்றன.

காற்று அழுத்தும் கருவியின்

வேலை  $[W_C], W_{12} + W_{34} = C_p (T_2 - T_1) + C_p (T_4 - T_3) \dots \dots \dots (5.17)$

செலுத்தப்பட்ட வெப்பம்  $[Q], Q_{45} = C_p (T_5 - T_4) \dots \dots \dots (5.18)$

சுழலியின் வேலை  $[W_T], W_{56} = C_p (T_5 - T_6) \dots \dots \dots (5.19)$

நிகர வெளியீடு  $[W_N] = W_T - W_C$   
 $= C_p (T_5 - T_6) - C_p (T_2 - T_1) - C_p (T_4 - T_3)$   
 $= C_p T_1 \left( \frac{T_5}{T_1} - \frac{T_6}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} + 1 - \frac{T_4}{T_1} + \frac{T_3}{T_1} \right) \dots \dots \dots (5.20)$

$$\left. \begin{aligned} \frac{T_5}{T_1} = t; \quad \frac{T_5}{T_6} = C \\ \frac{T_2}{T_1} = C_1; \quad \frac{T_4}{T_3} = C_2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5.21) \text{ எனக் கொள்க}$$

அதிக திறன் வெளியீடு மற்றும் செவ்விய (Perfect) இடைகுளிர்விப்பிற்கு,

$C_1 = \sqrt{C} = C_2 \dots \dots \dots (5.22)$  எனக் கொள்க

$$\frac{W_{max}}{C_p T_1} = \frac{T_5}{T_1} - \frac{T_6}{T_5} \frac{T_5}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} + 1 - \frac{T_4}{T_3} + 1$$

$$= t - \frac{t}{c} - \sqrt{c} + 1 - \sqrt{c} + 1$$

$\frac{W_{max}}{C_p T_1} = t - \frac{t}{c} - 2\sqrt{c} + 2 \dots \dots \dots (5.23)$

$$y_{max} = \frac{W_{max}}{Q} = \frac{C_p T_1 \left( t - \frac{t}{c} \right) - 2(\sqrt{c} - 1)}{C_p (T_5 - T_4)}$$

$$= \frac{\left( t - \frac{t}{c} \right) - 2(\sqrt{c} - 1)}{\frac{T_5}{T_1} - \frac{T_4}{T_3}}$$

மேலும் படம் 5-8 லிருந்து  $T_3 = T_1$  என அறிய முடிகிறது

$$y_{max} = \frac{t - \sqrt{c} - \frac{t}{c} - \sqrt{c} + 2}{t - \sqrt{c}} \dots \dots \dots (5.24)$$

$$= 1 - \frac{\frac{t}{c} + \sqrt{c} - 2}{t - \sqrt{c}} \dots \dots \dots (5.25)$$

### இடைகுளிர்விப்பின் தன்மைகள்

- (i) இதன் பயன்பாடால் காற்று அழுத்தும் கருவியின் உள்ளீடு திறன் குறைகிறது எனவே சுழற்சியின் நிகர வெளியீடு அதிகமாகிறது.
- (ii) இறுதியாக காற்று அழுத்தும் கருவியிலிருந்து வெளிவரும் உயர் அழுத்த காற்றின் வெப்பநிலை குறைவாக இருப்பதால், இதற்கு அதிக எரிபொருள் கொடுத்து அனல் வளி (flue gas) க்கு வெப்பநிலை கூட்டப்படுகிறது இதனால் வெப்ப செயல்திறன் இம்முறையில் குறைவாக கிடைக்கிறது.
- (iii) இம்முறை அதிக அழுத்த விகிதம் உள்ள நிலையத்திற்கும், குறைவான செயல்திறனுடைய காற்று அழுத்தும் கருவிக்கும் உகந்தது.

### 5.6.4 வளிமச் சுழலியுடன் மறுசூடேற்றல் செயல்படும் முறை

வளிமச் சுழலி நிலையத்தின் தன்வேலை வெளியீட்டை கூட்ட கீழ்க்கண்ட முறைகளை கையாளலாம்.

- (i) காற்று அழுத்தும் கருவியில் உள்ளிழுக்கப்படும் குறைந்த அழுத்த காற்றை மிக அதிகழுத்த காற்றாக மாற்றும் முறை. இம்முறையில் இடை குளிர்விப்பானது இரண்டு அழுக்கிக்கு நடுவில் நிறுவப்படுகிறது.
- (ii) சுழலியில் அனுப்பப்படும் அதிக அழுத்த அனல் வளியை குறைந்த அழுத்த அனல் வளியாக மாற்றும் முறை. இம்முறையில் மறுசூடேற்றியானது இரண்டு சுழலிக்கு நடுவில் நிறுவப்படுகிறது.

முறை (i) ல் இடை குளிர்விப்பை நிறுவி அதன் செயல்படும் விதம் 5.6.3 ல் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. முறை (ii) ல் மறு சூடேற்றியை பயன்படுத்தப்படும் விதம் கீழ்க்கண்டவாறு கொடுக்கப்பட்டு உள்ளது.

மறுசூடேற்றியுடன் இணைந்த எளிய வளிமச் சுழலியின் திட்ட வரைபடம், படம் 5.10 ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. இத்தகைய நிலையத்தின் P-V, T-S மற்றும் செய்கிற வரைகள் படம் 5.11 மற்றும் 5.12 ல் முறையே கொடுக்கப்பட்டு உள்ளது.

மறுசூடேற்றி பொதுவாக இரண்டு சுழலிக்கு இடையே பொருத்தப்படுகிறது. இம்முறையில் சூழலியின் வெளியீடு கூடுகிறது. உயர் அழுத்த சுழலியிலிருந்து விரிவடைந்து வெளியேறும் வாயுக்கள் மறுசூடேற்றிக்கு செல்கின்றன (புள்ளி 4), அங்கு எரிபொருள் கூட்டப்பட்டு மாறாத அழுத்தத்தில் எரிதல் நடைபெறுகிறது இதனால் எரிப்பு அறையில் வாயுக்கள் வெப்பம் அடைந்தது போலவே இங்கும் வாயுக்கள் வெப்பமடைகின்றன. மறுசூடேற்றலுக்கு உட்படுத்தப்பட்ட வாயுக்கள் குறைந்த அழுத்த சுழலிக்குச் செல்கின்றன (புள்ளி 5). இங்கு வாயுக்கள் மறுபடியும் விரிவடைவதால் நிகர வெளியீடு அதிகமாகிறது [படம் 5.11 ல் T-S வரைபடத்தில் பரப்பளவு 4564' அதிகரித்துள்ளதை காண்க].

மேலும் படம் 5-11, T-S வரைபடத்தில் விரிவாக்கம் இரண்டு கட்டங்களாக நடைபெற்று இருப்பதை காணலாம். இப்படத்தில்  $T_3 = T_5$  என உள்ளது அதாவது மறுசூடேற்றி மூலம் கூட்டப்படும் வெப்ப அளவும் ( $T_5$ ) எரிப்பு அறையில்

கூட்டப்படும் வெப்ப அளவும் ( $T_3$ ) ஒன்றே. காற்று அழுத்தும் கருவியின் அழுத்த விகிதம்  $r$  எனவும் சுழலியின் வெப்ப விகிதங்கள்  $r_3$  மற்றும்  $r_4$  எனவும் கொள்க.

$$r = r_3 \times r_4 \dots \dots \dots (5.26)$$

$$\left. \begin{aligned} c &= (r)^{\frac{x-1}{x}} = \frac{T_2}{T_1} \\ c &= (r_3)^{\frac{x-1}{x}} = \frac{T_3}{T_4} \\ c &= (r_4)^{\frac{x-1}{x}} = \frac{T_5}{T_6} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5.27)$$

Eq. (5.26) மற்றும் Eq. (5.27) விருந்து  $C = C_3 \times C_4 \dots \dots \dots (5.28)$

காற்று அழுத்தும் கருவியின் வேலை [ $W_C$ ],  $W_{12} = (h_2 - h_1) = C_p(T_2 - T_1) \dots \dots \dots (5.29)$

செலுத்தப்பட்ட வெப்பம் [ $Q$ ],  $\left. \begin{aligned} Q_{23} &= (h_3 - h_2) = C_p(T_3 - T_2) \\ Q_{45} &= (h_5 - h_4) = C_p(T_5 - T_4) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5.30)$

சுழலியின் வேலை [ $W_T$ ],  $\left. \begin{aligned} W_{34} &= (h_3 - h_4) = C_p(T_3 - T_4) \\ W_{56} &= (h_5 - h_6) = C_p(T_5 - T_6) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5.31)$

நிகர வேலை வெளியீடு ( $W_N$ ) =  $W_T - W_C = C_p(T_3 - T_4) + C_p(T_5 - T_6) - C_p(T_2 - T_1)$   
 $= C_p T_1 \left[ \left( \frac{T_3}{T_1} - \frac{T_4}{T_1} \right) + \left( \frac{T_5}{T_1} - \frac{T_6}{T_1} \right) - \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \right] \dots \dots \dots (5.32)$

$$\frac{W_N}{C_p T_1} = \frac{T_3}{T_1} - \frac{T_4}{T_1} + \frac{T_5}{T_1} - \frac{T_6}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} + 1 \dots \dots \dots (5.33)$$

படம் 5.11 T-S வரைபடத்தில்  $T_5 = T_3$  மற்றும் Eq.(5.28) உபயோகப்படுத்தி, Eq.(5.33) ஐ கீழ்க்கண்டவாறு மாற்றி எழுதலாம்.

$$\frac{W_N}{C_p T_1} = 2t - \frac{t}{C_3} - \frac{t}{C_4} - C + 1 \dots \dots \dots (5.34)$$

அதிக வேலை வெளியீட்டிற்கு  $\frac{d}{dc_3} \left( \frac{W}{C_p T_1} \right) = 0 \dots \dots \dots (5.35)$

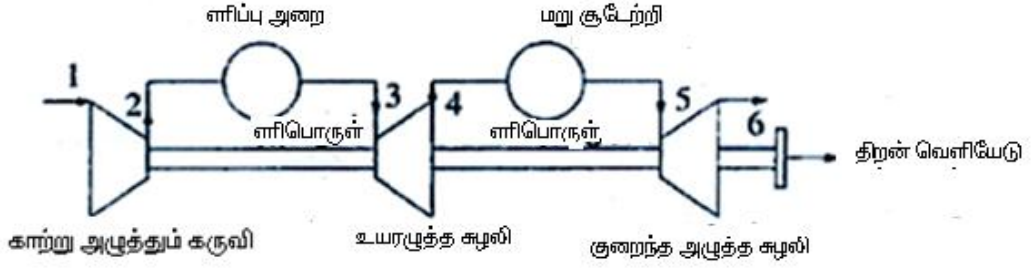
$$\frac{t}{c_3^2} - \frac{t}{c} = 0$$

$$c_3 = \sqrt{c} = c_4 \dots \dots \dots (5.36)$$

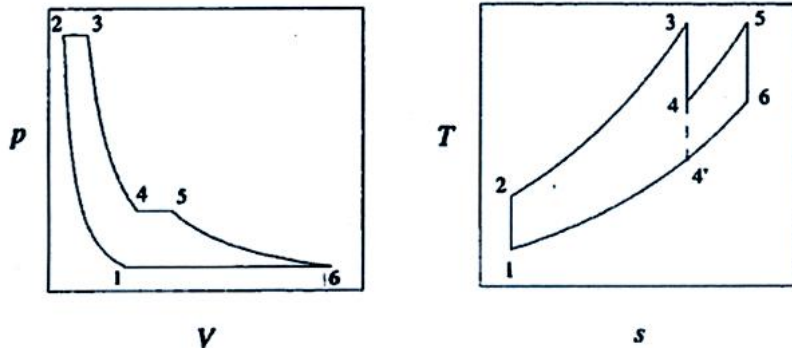
மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து, அதிக வேலை வெளியீட்டை பெற, அழுத்த விகித கட்டங்கள் (Stage Pressure ratios) சமமாகவும் மற்றும் அது இருகட்ட மொத்த விரிவாக்க அழுத்த விகிதத்திற்கு இருபடி மூலமாகவும் இருக்க வேண்டும். எனவே,

$$\frac{W_{\max}}{C_p T_1} = 2t - \frac{2t}{\sqrt{c}} - c + 1 \dots \dots \dots (5.37)$$

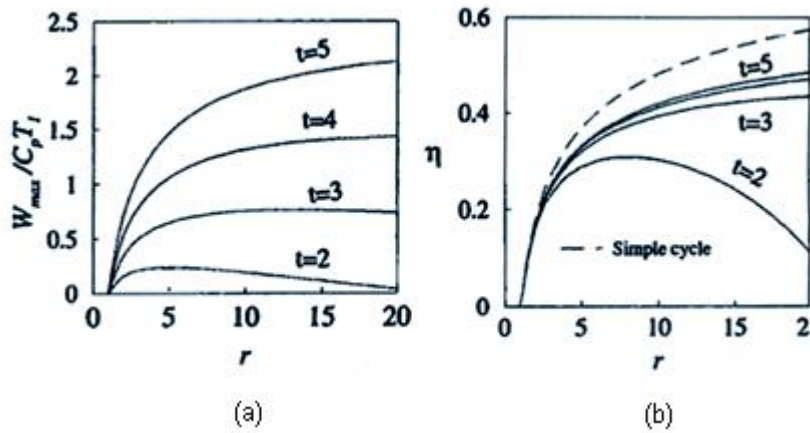
$$= 2t \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{c}} \right) - (c - 1) \dots \dots \dots (5.38)$$



படம் 5.10 மறுசூடேற்றி சுழற்சியின் திட்ட வரைபடம்



படம் 5.11 P.V மற்றும் T.S வரைபடங்கள்



படம் 5.12 செய்திற வரைகள்

$$y_{max} = \frac{c_p T_1 \left[ 2t - c + 1 - \frac{2t}{\sqrt{c}} \right]}{c_p [T_3 - T_2] + c_p [T_5 - T_4]}$$

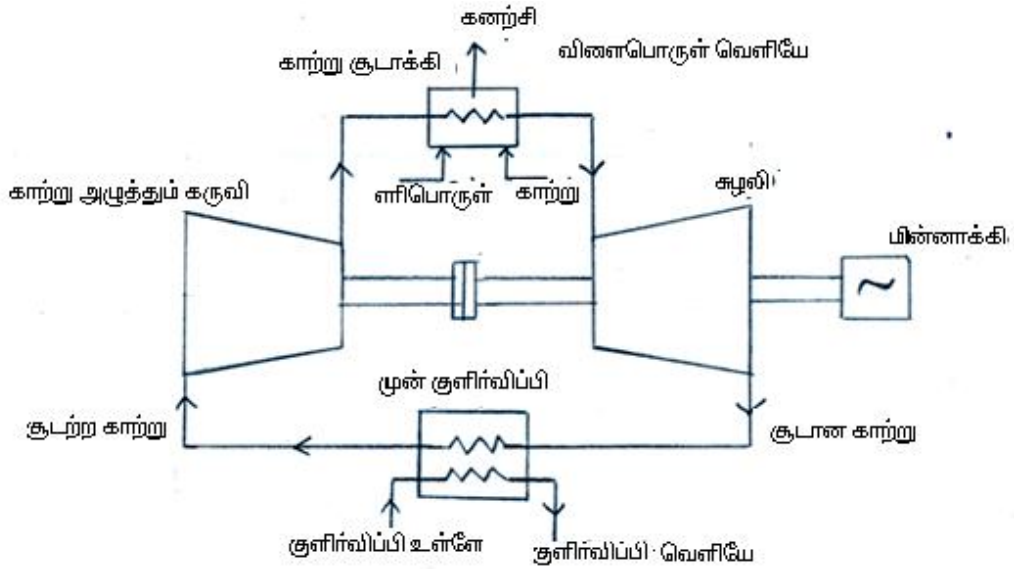
$$y_{max} = \frac{2t \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{c}} \right) - (c-1)}{2t - c - \frac{t}{\sqrt{c}}} \dots \dots (5.39)$$

படம் 5.3 மற்றும் 5.12 ன்  $\frac{W_N}{c_p T_1}$  வரையை ஒப்பிடும்போது, எளிய வளிமச் சுழலியை காட்டிலும் இம்முறையில் தன் வேலை வெளியீடானது கணிசமாக உயர்ந்துள்ளதை காணமுடிகிறது. ஆனால் அதே வேளையில் இம்முறையில் செயல்திறனானது எளிய வளிமச் சுழலியைக் காட்டிலும் சற்று குறைவாகவே உள்ளது.

**மறு சூடேற்றியின் தன்மைகள்**

- (i) இம்முறையில் நிகரவேலை அதிகமாகிறது
- (ii) சுழலியின் வெளியீட்டுதிறன் அதிகமாகிறது
- (iii) வெப்ப செயல்திறன் சிறிதளவு குறைகிறது
- (iv) வெப்ப கூட்டு இம்முறையில் அதிகம்.

**5.7 மூடு வழி சுழற்சி சுழலி**



**படம் 5.13 மூடு வழி சுழற்சி சுழலியின் திட்ட வரைபடம்**

இம்முறையில் வேலை செய்யும் பொருளானது மீண்டும் மீண்டும் சுழற்சிக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. இத்தகைய முறையில் காற்று அல்லது காற்றை விட அடர்த்தி அதிகமுள்ள வாயுக்கள் வேலை செய்யும் பொருளாக

பயன்படுகின்றன. இம்முறையின் திட்டவரைபடம் படம் 5.13 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

காற்று சூடாக்கி (Air Heater) என்ற வெப்ப பரிமாற்றியில் வெளி மூலமாக (Source) வெப்பம் அளிக்கப்படுகிறது. அதாவது காற்று சூடாக்கியில் எரிபொருளும் மற்றும் காற்றையும் எரிதலுக்கு உட்படுத்தி அதனால் உண்டாகும் வெப்பத்தை காற்று அழுத்தும் கருவியிலிருந்து வெளிவரும் உயர் அழுத்த காற்றிற்கு பரிமாற்றம் செய்யப்படுகிறது. ஆகையால் சூடான இந்த காற்று சுழலியில் விரிவடைவதால் இயந்திர ஆற்றல் கிடைக்கிறது. சுழலியில் இருந்து வெளியேறும் காற்று முன் குளிர்விப்பி (Precooler) ல் குளிர்விக்கப்பட்டு மீண்டும் காற்று அழுத்தும் கருவிக்குள் செலுத்தப்படுகிறது. இப்படியாக சுழற்சி மீண்டும் மீண்டும் நடைபெறுகிறது.

### மாதிரி கணக்கு 1

ஒரு வளிமச் சுழலி 6:1 என்கிற அழுத்த விகிதத்தை அடிப்படையாக கொண்டு செயல்படுகிறது. காற்று அழுத்தும் கருவியில் உள்ளிழுக்கப்படும் காற்றின் வெப்ப நிலை 300K மற்றும் சுழலியின் நுழைவாயில் அனல் வளியின் வெப்பநிலை 577°C என்பதாகும். காற்று அழுத்தும் கருவியில் நுழையும் காற்றின் பாய்வுப்பருமன்வீதம்  $240 \text{ m}^3/\text{s}$ .

ஒரு சீர்ம சுழற்சியின் பகுப்பாய்வின்படி, மேற்கூறிய விபரங்களில் இருந்து கீழ்க்கண்டவற்றை கண்டு பிடி

- நிகர திறன் வெளியீடு (MW)
- செயல்திறன்

**தீர்வு:**

$$R = 287 \frac{J}{kgK}$$

$\gamma = 1.4$  எனக் கொள்க

படம் 5.2 ல் உள்ள T-S வரைபடத்தை நினைவு கூர்க. வெப்பயிழப்பிலா அழுத்தம் செயல்முறை 1 → 2

$$\begin{aligned} T_2 &= T_1 \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \\ &= 300 \times (6)^{0.286} = 500.81K \end{aligned}$$

வெப்பயிழப்பிலா அழுத்தம் செயல்முறை 3 → 4

$$T_4 = \frac{T_3}{\left( \frac{p_3}{p_4} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} = \frac{850}{(6)^{0.286}} = 509.18 K$$

$$\begin{aligned}
\text{காற்று அழுத்தும் கருவியின் வேலை, } W_C &= c_p (T_2 - T_1) \\
&= 1.005 \times (500.81 - 300) \\
&= 201.81 \text{ kJ / kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{சுழலியின் வேலை, } W_T &= c_p (T_3 - T_4) \\
&= 1.005 \times (850 - 509.18) \\
&= 342.52 \text{ kJ / kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{நிகர வேலை வெளியீடு } W_N &= W_T - W_C \\
&= 342.52 - 201.81 = 140.71 \text{ kJ / kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{செலுத்தப்பட்ட வெப்பம் } Q &= c_p (T_3 - T_2) \\
&= 1.005 \times (850 - 500.81) \\
&= 350.94 \text{ kJ / kg}
\end{aligned}$$

$$\text{அடர்த்தி, } \rho_1 = \frac{p_1}{RT_1} = \frac{1 \times 10^5}{287 \times 300} = 1.161 \text{ kg / m}^3$$

$$\begin{aligned}
\text{திறன் வெளியீடு} &= \rho_1 \times \dot{V} \times W_N \\
&= 1.161 \times 240 \times 140.71 = 39210.22 \text{ kW} \\
&= 39.2102 \text{ MW} \leftarrow \text{பதில்} \\
y &= \frac{W_N}{Q} = \frac{140.71}{350.94} \times 100 \approx 40.1\% \\
&= 40.1\% \leftarrow \text{பதில்}
\end{aligned}$$