अशुंल अग्रवाल

प्रशीतन एवं वातानुकूलन

REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING

AKC TECHNICAL CLASSES

एशियन पब्लिशर्स, मुज़फ़्फ़रनगर®

DETAILED CONTENTS

REFRIGERATION

1. Fundamentals of Refrigeration (07 Periods)

Introduction to refrigeration, Air conditioning, Necessity of refrigeration meaning of refrigerating effect, Units of refrigeration, COP, Difference between COP and efficiency, Methods of refrigeration, Reversed Carnot cycle and its representation on P-V and T-S diagram. Major application areas of refrigeration and air conditioning.

2. Vapour Compression System (10 Periods)

Introduction, Principle, Function, Parts and necessity of vapour compression system, T-S and p-h charts, Dry, wet and superheated compression. Effect of sub cooling, Super heating, Mass flow rate, Entropy, Enthalpy, Work done, Refrigerating effect and COP, Actual vapour compression system.

3. Refrigerants (07 Periods)

Functions, Classification of refrigerants, Nomenclature of refrigerant, Desirable properties of refrigerant, Selection of refrigerant.

4. Air Refrigeration System (08 Periods).

Introduction, Advantages and disadvantages of air-refrigeration system over vapour compression system, Bell-Collemann cycle, Boot strap system, Calculation of mass flow rate, Work done and COP.

5. Vapour Absorption System (08 Periods)

Introduction, Principle and working of simple absorption system and domestic electrolux refrigeration systems. Solar power refrigeration system, Advantages and disadvantages of solar power refrigeration system over vapour compression system.

6. Refrigeration Equipment (08 periods)

6.1 Compressors—Function, Various types of compressors.

6.2 Condensers—Function, Various types of condensers.

6.3 Evaporators—Function, Types of evaporators.

6.4 Expansion Valves—Function, Various types such as capillary tube, Thermostatic expansion valve, Low side and high side float valves, Application of various expansion valves.

6.5 Safety Devices—Thermostat, Overload protector LP, HP cut out switch.

AIR CONDITIONING

7. Psychrometry (08 periods)

Definition, Importance, Specific humidity, Relative humidity, Degree of saturation, DBT, WBT, DPT, Sensible heat, Latent heat, Total enthalpy of air.

8. Applied Psychrometry and Heat Load Estimation (08 periods)

Psychrometric chart, Sensible heating and cooling, Adiabatic cooling, Humidification and dehumidification, Dooling and humidification, Cooling and dehumidification, Heating and humidification, Heating and dehumidefication, By pass factor, Room sensible heat factor, Effective room sensible heat factor, Grand sensible heat factor, ADP, room DPT.

Heating and cooling load calculation. Heating and humidification, Cooling and dehumidification, Window air-conditioning, Split type air-conditioning, Car air-conditioning, Central air-conditioning.

9. Latest Development in Refrigeration and Air Conditioning (06 periods)

Inverter technology, Auto-defrosting, Blast cooling, Star rating.

AKC TECHNICAL CLASSES

LIST OF PRACTICALS

1. Demonstration of various refrigeration tools and equipment.
2. Practice in cutting, bending, flaring, swaging and brazing of tubes.
3. Study of thermostatic switch, LP/HP cut out overload protector filters, strainers and filter driers.
4. Identify varicus parts of a refrigerator and window air conditioner.
5. To find COP of Refrigeration system.
6. To measure air flow using anemometer.
7. Charging of a refrigerator/air conditioner.
8. To detect faults in a refrigerator/air conditioner.
9. Visit to an ice plant or cold storage plant. or central air conditioning plant.
10. Demonstration and working of window type air-conditioner.
11. Demonstration and working of split type air-conditioner.

AKC TECHNICAL CLASSES

विषय-सूची

प्रशीतन (REFRIGERATION)

1. प्रशीतन के मूल सिद्धान्त (Fundamentals of Refrigeration) 1–24
2. वाष्प संपीडन निकाय (Vapour Compression System) 25–51
3. प्रशीतक (Refrigerants) 52–61
4. वायु प्रशीतन निकाय (Air Refrigeration System) 62–76
5. वाष्प अवशोषण प्रणाली (Vapour Absorption System) 77–87
6. प्रशीतन उपकरण (Refrigeration Equipment) 88–105

वातानुकूलन (AIR-CONDITIONING)

7. साइक्रोमीटरी (Psychrometry) 106–118
8. अनुप्रयुक्त साइक्रोमीटरी तथा ऊष्मा भार आकलन (Applied Psychrometry and Heat Load Estimation) 119–143
9. प्रशीतन एवं वातानुकूलन में नवीनतम विकास (Latest Development in Refrigeration and Air-conditioning) 144–148

- प्रयोगात्मक कार्य (Practicals) 149–203
- परिशिष्ट (Appendix)
- प्रश्न-पत्र (Paper)

AKC TECHNICAL CLASSES

1 Chapter

प्रशीतन के मूल सिद्धान्त
(FUNDAMENTALS OF REFRIGERATION)

§ 1.1. परिचय (Introduction) :

प्रशीतन अभियन्त्रण, यांत्रिक अभियन्त्रण (Mechanical Engineering) की एक प्रमुख शाखा है जिसके अन्तर्गत किसी स्थान अथवा वस्तु का तापमान घटाया जाता है तथा उसे परिस्थान (surroundings) के तापमान से कम तापमान पर बनाये रखा जाता है। आधुनिक युग में मानव अधिक से अधिक आराम तथा सुख सुविधा चाहता है। वह गर्मी (summer) में शीतल जल पीना चाहता है जो प्रशीतन प्रक्रिया द्वारा संभव है तथा वातानुकूलित (airconditioned) भवन में रहना चाहता है जो वातानुकूलन प्रक्रिया द्वारा संभव होता है। इसके अतिरिक्त विभिन्न उद्योगों (Industries), व्यवसायिक भवनों (commercial buildings), चिकित्सा (Medical) के क्षेत्रों में प्रशीतन तथा वातानुकूलन का अत्यन्त महत्वपूर्ण योगदान है।

प्रशीतन व वातानुकूलन (Refrigeration and airconditioning) का सम्बन्ध मुख्यतया ऊष्मा को एक स्थान से दूसरे स्थान पर ट्रांसफर (transfer) करने से है।

1.1.(i) प्रशीतन (Refrigeration)

''प्रशीतन प्रक्रिया के अन्तर्गत किसी पदार्थ के भीतर की ऊष्मा को नियन्त्रित परिस्थितियों में बाहर निकाला जाता है।'' इस क्रिया के अन्तर्गत पदार्थ का तापमान उसके परिस्थान-तापमान से कम किया जाता है तथा उसी कम तापमान पर उसे लम्बे समय तक बनाये रखा जाता है। इस प्रकार प्रशीतन से तात्पर्य है कि जिस पदार्थ का तापमान पहले से ही उसके परिस्थान तापमान से कम है उसके भीतर से लगातार ऊष्मा बाहर निकालते रहना।

"Refrigeration is the science of producing and maintaining temperatures below that of the surrounding atmosphere."

In other words, "the refrigeration means a continued extractior of heat from a body, whose temperature is already below the temperature of its surroundings."

1.1.(ii) वातानुकूलन (Air-conditioning)

वातानुकूलन के अन्तर्गत किसी स्थान पर वायु का तापमान, आर्द्रता (humidity), स्वच्छता (cleanliness) व वायु गति (air motion) आवश्यकताओं के अनुसार नियन्त्रित किये जाते हैं।

"Air-conditioning is the simultaneous control of temperature, humidity, motion and purity of the atmosphere in confined space."

प्राय: वातानुकूलन दो उद्देश्यों की पूर्ति के लिए किया जाता है—

(a) सुखद वातानुकूलन (comfort air-conditioning)

(b) औद्योगिक वातानुकूलन (industrial air-conditioning)

AKC TECHNICAL CLASSES

सुखद वातानुकूलन के अन्तर्गत किसी विशिष्ट स्थान पर वायु की उन अवस्थाओं को उत्पन्न करा जाता है जो मानव के लिए सुखद हो। औद्योगिक वातानुकूलन के अन्तर्गत वायु का तापमान व आर्द्रता का नियन्त्रण इस प्रकार करते हैं कि कुछ औद्योगिक प्रक्रियायें सफलतापूर्वक की जा सकती है।

§ 1.2. प्रशीतन की आवश्यकता (Necessity of Refrigeration) :

आधुनिक जीवन शैली में प्रशीतन का अत्यन्त महत्वपूर्ण स्थान है। जीवन के प्रत्येक क्षेत्र में चाहे वह कोई उद्योग (Industry) हो या घर हो या कोई सार्वजनिक स्थान अथवा व्यवसायिक स्थान, सभी तरफ प्रशीतन का महत्व दिखाई पड़ता है। घरों में फल-सब्जी का भण्ड़ारण, खाद्य पदार्थों को लम्बे समय तक खाने योग्य बनाये रखना, कोल्ड ड्रिंक को पीने योग्य स्वादिष्ट बनाने आदि में प्रशीतन की आवश्यकता होती है। मिष्ठान की दुकानोंट, होटलों आदि में खाद्य पदार्थों को लम्बे समय तक स्टोर करने तथा प्रदर्शन करने के लिए निभिन्न प्रकार के प्रशीतित स्थावर (Refrigerated fixture) लगाये जाते हैं। उद्योगों में बहुत सी संक्रियाओं (operations) को सम्पन्न करने के लिए नियन्त्रित तथा कम तापमान की आवश्यकता होती है जो प्रशीतन द्वारा ही संभव हो पाती है। प्रिटिंग कार्यों, रबर निर्माण, तेल शोधन आदि में भी प्रशीतन का अत्यन्त महत्व है। बर्फ सन्यन्त्रों (Ice Plants) में बर्फ जमाने की क्रिया भी प्रशीतन द्वारा ही संभव है। चिकित्सा के क्षेत्र में विभिन्न दवाओं तथा इंजेक्शनों आदि को भण्ड़ार करने के लिए भी प्रशीतन की आवश्यकता होती है।

§ 1.3.(a) प्रशीतन प्रभाव (Refrigerating Effect) :

"यह प्रशीतित कक्ष (Refrigerated space) से प्रशीतक (Refrigerant) द्वारा अवशोषित की गई ऊष्मा की मात्रा है।" दूसरे शब्दों में, **"दिये गये समय में ठण्डा किये जाने वाले स्थान से निकाली गई ऊष्मा की मात्रा (heat abstracted) प्रशीतन प्रभाव कहलाती है।**

"The amount of heat abstracted by refrigerant from refrigerated space is called Refrigerating Effect."

हम जानते हैं कि जब बर्फ (ice) पिघलती है तो आस-पास की वस्तुओं से यह अपने पिघलने की गुप्त ऊष्मा (latent-heat) के बराबर ऊष्मा अवशोषित करती है। 1 kg बर्फ जब 0°C पर पिघलती है तो वह अपने परिस्थान से 335 kJ ऊष्मा अवशोषित करती है। अत:

$$1 \text{ टन प्रशीतन प्रभाव (T.R.)} = 1000 \times 335 \text{ kJ (24 घण्टे में)}$$

$$= \frac{1000 \times 335}{24 \times 60} = 232.6 \text{ kJ/min}$$

क्योंकि प्रशीतन का विकास अमेरिका में हुआ जहाँ 1 टन में 2000 पौंड अर्थात् 900 kg होते हैं। अत:

$$\textbf{1 टन प्रशीतन प्रभाव} = \frac{\mathbf{900 \times 335}}{\mathbf{24 \times 60}} = \mathbf{210 \text{ kJ/min}} \text{ (लगभग)}$$

$$= \mathbf{3.5 \text{ kJ/sec} = 3.5 \text{ kW} = 50 \text{ kcal/min}}$$

अत: वास्तविक प्रयोगों में उपरोक्त यूनिटों का इस्तेमाल होता है।

(b) प्रशीतन प्रणाली की क्षमता (Capacity of Refrigeration System)

"किसी प्रशीतन प्रणाली की क्षमता, प्रशीतन कक्ष से हटायी गई ऊष्मा की दर है।"

"Capacity of a refrigeration system is the rate of heat abstracted from refrigerated space."

यह प्राय: kcal/hr या बर्फ पिघलने के तुल्यांक से व्यक्त की जाती है। भारतवर्ष में,

$$1 \text{ टन प्रशीतन} = 50 \text{ kcal/min} = 3000 \text{ kcal/hr} = 3.5 \text{ kW or } 3.5 \text{ kJ/sec}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

(c) प्रशीतन की इकाई (Units of Refrigeration)

प्रायोगिक रूप में **प्रशीतन की इकाई को "एक टन प्रशीतन (tonne of refrigeration)"** के रूप में व्यक्त किया जाता है।

यदि 1 टन (1000 kg) बर्फ को 0°C पर 24 घण्टे के लिए एक समान दर से किसी विशिष्ट स्थान पर पिघलने दिया जाये तो उस स्थान से अवशोषित ऊष्मा की मात्रा अर्थात् प्रशीतन प्रभाव की मात्रा को एक टन प्रशीतन (tonne of refrigeration) कहते हैं।''

§ 1.4. निष्पादन गुणांक (Coefficient of Performance) :

किसी प्रशीतन तन्त्र (Refrigerator) द्वारा अवशोषित की गई ऊष्मा तथा इसके लिए प्रशीतक पर किये गये कार्य के अनुपात को निष्पादन गुणांक (C.O.P.) कहते हैं।

"The coefficient of performance (briefly written as C.O.P.) is the ratio of heat extracted in the refrigerator to the work done on the refrigerator." It is also known as theoretical C.O.P.

अतः सैद्धान्तिक निष्पादन गुणांक (Theoretical. C.O.P.) $= \dfrac{Q}{W}$

जहाँ Q = प्रशीतन तन्त्र से अवशोषित ऊष्मा

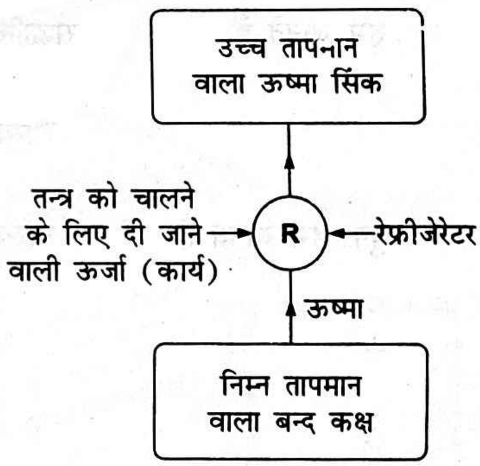
= प्रशीतन प्रभाव (Net refrigeration effect)

= प्रशीतन तन्त्र की क्षमता (kJ/sec या kJ/min में)

W = कृत कार्य (kJ/sec या kJ/min में)

क्योंकि C.O.P. का मान, ऊष्मा इन्जन की दक्षता का व्युत्क्रम (Reciprocal) अर्थात् $\dfrac{1}{\eta}$ होता है **अतः C.O.P. का मान सदैव एकांक (unity) से अधिक होता है।**

(The value of C.O.P. is always greater than unity.)



चित्र 1.1—रेफ्रीजेरेटर

यदि किसी तन्त्र का प्रयोगों के आधार पर वास्तविक निष्पादन (Actual C.O.P.) ज्ञात किया जाये तथा उस प्रशीतन प्रणाली के आदर्श चक्र (ideal cycle) से सैद्धान्तिक रूप से निष्पादन गुणांक (Theoretical C.O.P.) ज्ञात किया जाये तो वास्तविक तथा सैद्धान्तिक निष्पादन गुणांकों के अनुपात को आपेक्षिक निष्पादन गुणांक (Relative C.O.P.) कहते हैं।

$$\therefore \text{आपेक्षिक निष्पादन गुणांक (Relative C.O.P.)} = \frac{\text{वास्तविक निष्पादन गुणांक (Actual C.O.P.)}}{\text{सैद्धान्तिक निष्पादन गुणांक (Theoretical C.O.P.)}}$$

§ 1.5. दक्षता (Efficiency) तथा निष्पादन गुणांक (C.O.P.) में अन्तर तथा समानता :

ऊष्मा इंजन में ऊष्मा ऊर्जा को यान्त्रिक कार्य में परिवर्तित करना होता है व ऊष्मा इंजन की प्रभावशीलता उसकी दक्षता से देखी जाती है।

$$\therefore \quad \textbf{इंजन की दक्षता} = \frac{\textbf{कृत कार्य}}{\textbf{दी गयी ऊष्मा}}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

इसी प्रकार प्रशीतित्र (Refrigerator) का निष्पादन किसी शीतपिण्ड (cold body) से ऊष्मा का अवशोषण करना है प्रशीतित्र की प्रभावशीलता के लिए निष्पादन गुणांक का प्रयोग करते हैं।

$$\therefore \quad \text{निष्पादन गुणांक (C.O.P.)} = \frac{\text{अवशोषित ऊष्मा}}{\text{कृत कार्य}}$$

क्योंकि दक्षता तथा निष्पादन गुणांक दोनों ही किसी तंत्र की प्रभावशीलता को दर्शाते हैं अतः यही इन दोनों में समानता है।

परन्तु दक्षता का मान हमेशा एकांक (unity) से कम होता है तथा निष्पादन गुणांक का मान एकांक से अधिक होता है। यही इन दोनों में असमानता है।

उदाहरण 1. एक कोल्ड स्टोरेज को –5°C पर चलाया जाता है जबकि परिस्थान का तापमान 35°C है। परिस्थान से कोल्ड स्टोरेज में हुआ ऊष्मा लीकेज (heat leakage) 29 kW आकलित किया जाता है। प्रशीतन संयन्त्र का वास्तविक C.O.P., समान तापमान सीमाओं में एक आदर्श प्रशीतन संयन्त्र की सैद्धान्तिक C.O.P. की एक तिहाई (one third) है। संयन्त्र को चलाने हेतु आवश्यक शक्ति ज्ञात कीजिए।

हल—दिया है—$T_2 = -5°C = 268$ K, $T_1 = 35°C = 308$ K, ऊष्मा लीकेज या शुद्ध प्रशीतन प्रभाव = 29 kW

हम जानते हैं,
$$\text{सैद्धान्तिक निष्पादन गुणांक (Theo. C.O.P.)} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{268}{308 - 268} = 6.7$$

$$\text{वास्तविक निष्पादन गुणांक (Act. C.O.P.)} = \frac{1}{3} \times 6.7 = 2.233$$

पुनः हम जानते हैं
$$\text{वास्तविक निष्पादन गुणांक (Act. C.O.P.)} = \frac{\text{शुद्ध प्रशीतन प्रभाव } (R_N)}{\text{कृत कार्य } (W)}$$

$$\therefore \quad 2.233 = \frac{29}{W}$$

$$\therefore \quad W = \frac{29}{2.233} = 13 \text{ kJ/sec}$$

अतः संयन्त्र को चलाने हेतु आवश्यक शक्ति = **13 kW** उत्तर

उदाहरण 2. 20°C के पानी से 0°C पर बर्फ बनाई जाती है। ब्राइन घोल (Brine solution) का तापमान –8°C है। प्रति kWh द्वारा बनने वाली बर्फ की मात्रा (quantity of ice formed) ज्ञात कीजिए। बर्फ की गुप्त ऊष्मा 335 kJ/kg मानिए।

हल—दिया है—$T_1 = 20 + 273 = 293$ K, $T_2 = -8 + 273 = 265$ K, बर्फ की गुप्त ऊष्मा $(L) = 335$ kJ/kg

$$\therefore \quad \text{निष्पादन गुणांक (C.O.P.)} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{265}{293 - 265} = 9.46$$

1 kg पानी से 0°C (273 K) पर बर्फ बनाने में अवशोषित ऊष्मा $(R_N) = ms.\Delta t + mL$

$$= 1 \times C_{pw} \times (293 - 273) + \text{बर्फ की गुप्त ऊष्मा}$$

$$= 1 \times 4.18 \times 20 + 335 = 418.6 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{कार्य } 1 \text{ kWh} = 1 \times 3600 = 3600 \text{ kJ}$$

पुनः
$$\text{C.O.P.} = \frac{\text{प्रशीतन प्रभाव } (R_N) \text{ (kJ/kg में)}}{\text{कृत कार्य } (W) \text{ (kJ में)}}$$

AKTECHNICAL CLASSES

$$\therefore \quad 9.46 = \frac{418.6 \text{ kJ/kg} \times \text{बर्फ की मात्रा (m)}}{3600}$$

$$\therefore \quad m = \frac{3600 \times 9.46}{418.6} = 81.35 \text{ kg}$$

∴ प्रति kWh द्वारा बनाई गयी बर्फ की मात्रा $m = 81.35$ kg उत्तर

§ 1.6. प्रशीतन विधियाँ (Methods of Refrigeration) :

प्रशीतन की प्रमुख विधियाँ निम्न है—

(1) प्राकृतिक प्रशीतन (Natural Refrigeration) या बर्फ प्रशीतन (Ice Refrigeration)

यह विधि पुराने समय में काम में लायी जाती थी। बहुत से प्रशीतन कार्यों में आजकल भी काम में लायी जाती है जैसे प्राकृतिक बर्फ शीतलन (cooling) उत्पन्न करने के लिए काम में लायी जाती है। आजकल कृत्रिम में बर्फ बनायी जाती है। चित्र 1.2 में एक **बर्फ-प्रशीतन** (Ice refrigerator) दिखाया गया है।

इसमें एक ऊष्मारोधित (Insulated) कक्ष होता है जिसमें ऊपर एक ट्रे या टैंक होता है। इसमें बर्फ के टुकड़े या ब्लॉक रखते हैं। खाद्य पदार्थों में विभिन्न वस्तुओं के स्टरोज के लिए इसके नीचे शेल्फ बने होते हैं। वायु बर्फ बक्स से नीचे की ओर प्रवाहित होती है। इस प्रकार शेल्फ में रखी वस्तुयें ठण्डी हो जाती हैं। कम घनत्व वाली गर्म वायु ऊपर की ओर जाती है तथा बर्फ कक्ष में प्रवेश करती है। इस प्रकार फिर से ठण्डी होकर नीचे की ओर प्रवाहित होती है। कक्ष व शेल्फ के अन्दर के भाग अधिक आर्द्रता पर रखे जाते हैं जिससे खाद्य पदार्थ व वस्तुयें सूखती नहीं। इसमें 5°C से 10°C तक तापमान प्राप्त किया जा सकता है। जब 0°C या कम तापमान प्राप्त करना होता है तो बर्फ के साथ लवण मिलाये जाते हैं। इससे बर्फ पिघलने की दर बढ़ जाती है। फलस्वरूप अधिक ऊष्मा अवशोषित होती है इस विधि को "सीधी सम्पर्क प्रशीतन" (Direct Contact Refrigeration) कहते हैं। जहाँ पर शीतलन लोड अधिक होता है, वहाँ अप्रत्यक्ष (Indirect contact) विधि अपनायी जाती है। इसमें बर्फ संग्रह (storage) स्थान से अलग रहती है तथा शीतलन एक माध्यम (नमक के घोल) के परिसंचरण द्वारा होता है।

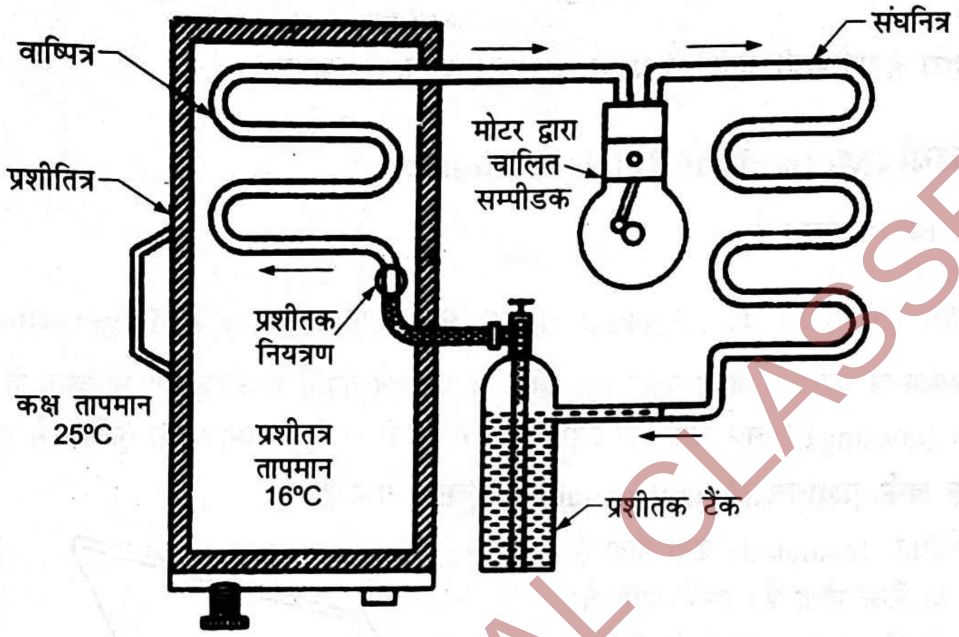
चित्र 1.2—बर्फ-प्रशीतित्र (Ice-refrigerator)

(2) यांत्रिक प्रशीतन (Mechanical Refrigeration)

इसका सम्बन्ध उस शीतलन प्रभाव (cooling effect) से है जो किसी मशीन या यांत्रिक विधि के द्वारा उत्पन्न होता है। यांत्रिक प्रशीतित्र (mechanical refrigerator) में जो स्थान अथवा कक्ष ठण्डा किया जाना है, वहाँ से ऊष्मा को शोषण

AKC TECHNICAL CLASSES

वाष्पित्र क्वॉइल (Evaporator coil) में उपस्थित प्रशीतक (refrigerant) द्वारा किया जाता है तथा उस शोषित ऊष्मा का संघनित्र (condenser) में निराकरण (rejection) होता है। एक प्रारम्भिक यांत्रिक प्रशीतित्र की रचना व कार्य विधि चित्र 1.3 में दिखायी गई है।



चित्र 1.3—यांत्रिक प्रशीतन चक्र (Mechanical Refrigeration Cycle)

(3) शीतक के तापमान में वृद्धि (Rise in Temperature of Coolant)

किसी वस्तु के शीतलन (cooling) की एक विधि यह है कि वस्तु को इसके अपेक्षाकृत अधिक ठण्डे पदार्थ के सम्पर्क में लाया जाये, जिसे शीतक (coolant) कहा जाता है। उदाहरण के लिए भवन में अध्यावासी (occupants) व वस्तुओं के शीतलन के लिए निम्न तापमान की वायु भेजी जा सकती है, डेरी में दूध को ठण्डे पानी के तापमान में वृद्धि कर ठण्डा किया जा सकता है। ठोस भी शीतक (coolant) का कार्य कर सकते हैं।

माना Q = शीतक के द्वारा हटायी गई ऊष्मा kcal/hr. or kJ/hr

$\therefore \quad Q = mC_p\,(t_2 - t_1)$

m = मात्रा प्रवाह की दर (Mass flow rate, kg/hr)

C_p = नियत दाब पर विशिष्ट ऊष्मा (Specific heat at constant pressure)

$(t_2 - t_1)$ = शीतक के तापमान में वृद्धि (Rise in temperature of Coolant)

(4) अवस्था परिवर्तन (Change of Phase)

ठोस से द्रव, द्रव से वाष्प या ठोस से वाष्प में अवस्था परिवर्तन के लिए एक शीतक (coolant) की ऊष्मा की आवश्यकता को प्रशीतन उपयोग में लाया जाता है। ठोस से द्रव के अवस्था परिवर्तन को गलन (melting) कहा जाता है व शीतक द्वारा अवशोषित ऊष्मा को गलन की ऊष्मा (Heat of fusion) कहा जाता है इस प्रक्रिया का सर्वपरिचित उदाहरण बर्फ का पिघलना है।

द्रव से वाष्प में (liquid to vapour) अवस्था में परिवर्तन को वाष्पन (vapourisation) कहा जा सकता है तथा शीतक द्वारा अवशोषित ऊष्मा को 'वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा' (Latent heat of varpourisation) कहा जाता है। यह प्रक्रिया प्रशीतन में अधिकतर प्रयोग में लायी जाती है। यह वाष्प सम्पीडन चक्र (Vapour compression cycle) में प्रयुक्त होती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

अवस्था परिवर्तन में, अवशोषित ऊष्मा $Q = mL$

जहाँ Q = स्थानान्तरित ऊष्मा की मात्रा, kJ/hr में

m = प्रशीतक की मात्रा, kg/hr में

L = एन्थालपी में परिवर्तन (Change in Enthalpy), kJ/kg में

ठोस के सीधे वाष्प में अवस्था परिवर्तन को ऊर्ध्वपातन (sublimation) व अवशोषित ऊष्मा को ऊर्ध्वपातन की ऊष्मा (heat sublimation) कहा जाता है। इसका मुख्य गुण यह है कि ठोस का द्रव अवस्था से गुजरे बिना अवस्था परिवर्तन होता है। शुष्क बर्फ (Dry ice) इसका उदाहरण है।

(5) गैसों द्वारा शीतलन (Cooling or Refrigeration by Gases)

गैसों द्वारा बिना परिवर्तन किये शीतलन उत्पन्न किया जा सकता है। गैसों द्वारा शीतलन (refrigeration by gases) दो निम्नलिखित प्रक्रियाओं द्वारा किया जा सकता है।

(i) प्रतिवर्त्य प्रसार द्वारा शीतलन (Cooling by Reversible Expansion or Isentropic Expansion of Gases)—किसी बन्द निकाय (closed system) के लिए, ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से,

$$Q = W + du$$

जहाँ Q = प्रदत या निष्कासित ऊष्मा

W = कार्य

du = आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन

प्रतिवर्त्य रूद्धोष्म प्रक्रिया (Reversible adiabatic process) में

$$Q = 0$$ (चूँकि ऊष्मा का प्रदाय या निकास नहीं होगा)

$$\therefore \quad W = -du$$ [ऋण चिन्ह का अर्थ यह है कि तापमान घटता है]

किसी गैस का तापमान रूद्धोष्म प्रसार (Adiabatic expansion) द्वारा घटाया जा सकता है। अत: किसी गैस के अप्रत्यावर्ती प्रक्रिया की अपेक्षा प्रत्यावर्ती प्रक्रिया (Reversible process) द्वारा अधिक तापमान निम्न (low) किया जा सकता है। परन्तु प्रसार विन्यास (expansion mechanism) में स्नेहन की कठिनाइयाँ होती हैं। इसके लिए अप्रत्यावर्ती प्रसार (irreversible expansion) उपकरण प्रयोग में लाते हैं। परन्तु इससे प्रशीतन की क्षमता कम हो जाती है। यह विधि वायु प्रशीतन (Air refrigeration) में प्रयुक्त की जाती है।

(ii) गैसों के अवरोधन द्वारा शीतलन (Cooling by Irreversible Expansion or Throttling of Gases)—पोरस प्लग प्रयोग के द्वारा देखा गया है कि रुद्धोष्म अवरोध एक स्थिर एन्थाल्पी प्रक्रिया है, अर्थात् अवरोधन प्रक्रिया के समय एन्थाल्पी (enthalpy) स्थिर रहती है। एन्थाल्पी तापमान का फलन (function) है। किसी आदर्श गैस के लिए अवरोधन (throttling) से पहले व बाद में उसका तापमान स्थिर रहता है। परन्तु वास्तविक गैसों के लिए अवरोधन (throttling) के उपरान्त तापमान घट या बढ़ या स्थिर रह सकता है। **स्थिर एन्थाल्पी पर, किसी गैस के तापमान परिवर्तन व दाब पतन (pressure drop) के अनुपात को जूल-थोमसन गुणांक कहते हैं।**

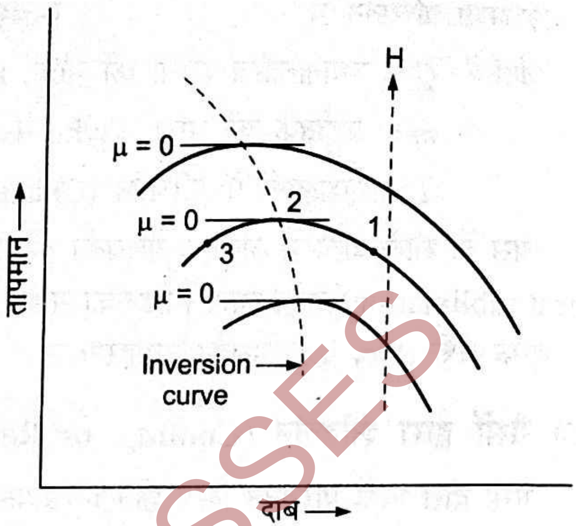
अत:
$$\mu = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H$$

जहाँ ∂T = तापमान में परिवर्तन

∂P = दाब पतन

H = एन्थाल्पी

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 1.4—गैसों के अवरोधन द्वारा शीतलन

चित्र 1.4 से यह पता चलता है, कि जब वक्र के बायीं ओर चलते हैं तो गैस का दाब घटता है यदि बिन्दु (1) से (2) अवरोध (throttling) होता है तो गैस का तापमान बढ़ता है। बिन्दु (2) पर अधिकतम तापमान है तथा जूल-थामसन गुणांक शून्य है। यह बिन्दु गैस का **व्युत्क्रमांक (inversion point)** कहलाता है।

यह बिन्दु (2) से (3) तक या बिन्दु (1) से (3) तक अवरोधन होता है, तो गैस के तापमान का पतन होता है। अत: चित्र 1.4 से यह स्पष्ट हो जाता है कि गैस के अवरोधन के पश्चात् गैस का तापमान कम करने के लिए जूल-थामसन गुणांक (μ) का मान धनात्मक होना चाहिए। तापमान पतन का जूल-थामसन गुणांक (μ), दाब पतन व गैस की मूल दशा पर निर्भर करता है। प्रशीतन उद्देश्यों के लिए परिणामी तापमान बहुत अधिक होगा, जब तक कि मूल तापमान अपेक्षाकृत निम्न न हो। गैसों के द्रवीकरण (जैसे हवा, नाइट्रोजन, आक्सीजन) में जूल-थामसन गुणांक का मान धनात्मक लिया जाता है।

(6) वाष्पीकरण द्वारा शीतलन (Cooling or Refrigeration by Evaporation)

जब किसी द्रव का वाष्पीकरण होता है तो ऊष्मा अवशोषित होती है। इस विधि में द्रव की वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा (latent heat of evaporation) का उपयोग होता है। जिन पदार्थों का शीतलन (cooling) करना है, उसे द्रवों के निकट इस प्रकार से रखा जाता है कि वाष्पीकरण होने से उस पदार्थ से ऊष्मा अवशोषित हो सके। उदाहरण के लिए यदि हम किसी उड़नशील द्रव में अंगुली डूबायें और फिर हवा में लायें तो अंगुली की खाल की सतह पर द्रव का वाष्पीकरण होने से शीतलन प्रभाव होता है। सुराही द्वारा पानी का ठण्डा होना भी इसका एक उदाहरण है।

§ 1.7. प्रशीतन निकाय (Refrigeration System) :

परिचय (Introduction) :

वायु प्रशीतन निकाय पुराने समय से शीतलन करने की एक विधि है वायु बहुत आसानी से उपलब्ध, सस्ती व सुरक्षा की दृष्टि से भी उचित होने के कारण इसका उपयोग प्रशीतन मशीनों में पुराने समय में किया गया। इसमें निम्नलिखित मुख्य दोष पाये गये—

(1) इसका निष्पादन गुणांक (C.O.P.) बहुत कम होता था। (0.75)

(2) इसमें प्रयोग में आने वाले उपकरण अधिक स्थान घेरने वाले (Bulky) होते थे।

(3) परिचालन लागत (operating cost) बहुत अधिक थी।

कुछ समय पश्चात् इनका उपयोग बन्द कर दिया गया परन्तु गैस टरबाइन व रोटरी संपीडक का विकास होने से वायु प्रशीतन का महत्व पुन: बढ़ गया। आजकल इसका उपयोग वायुयान प्रशीतन के लिये किया जा रहा है। वायुयान में उच्च-दाब पर वायु उपलब्ध हो जाती है तथा इसमें उपकरण अधिक स्थान घेरने वाले (Bulky) नहीं होते। प्रशीतक (refrigerant) का एक मुख्य गुण यह है कि पूरे प्रशीतन चक्र में गैसीय अवस्था में ही रहता है—

इसमें वायु का प्रशीतक के रूप में प्रयोग किया जाता है। यह निम्न तापमान वाले स्थान से ऊष्मा लेकर उच्च तापमान वाले स्थान को विसर्जित (discharge) करती है। वायु की अवस्था क्रिया चक्र में नहीं बदलती अत: यहाँ केवल ज्ञेय ऊष्मा परिवर्तन (sensible heat change) होते हैं अर्थात् यह एक प्रकार ज्ञेय ऊष्मा पम्प (sensible heat pump) है। वायु प्रशीतन चक्र दो प्रकार के हो सकते हैं—

AKC TECHNICAL CLASSES

(1) खुला चक्र (open cycle)

(2) बन्द चक्र (closed cycle)

खुला चक्र (open cycle) के वायु-प्रशीतक (air-refrigeration) में वायु, शीतल-कक्ष (cold chamber) में वायुमण्डलीय दाब पर विसर्जित कर दी जाती है जहाँ पर शीत-पिण्ड (cold body) के सीधे सम्पर्क में आती है।

बन्द चक्र (closed cycle) में वायु, चक्र समाप्त होने पर वायुमण्डल में विसर्जित कर दी जाती है। इसमें वायु एक कॉइल (coil) से होकर प्रवाहित होती है। शीतल कक्ष में इस कॉइल में वायु का दाब वायुमण्डल के दाब से अधिक होगा।

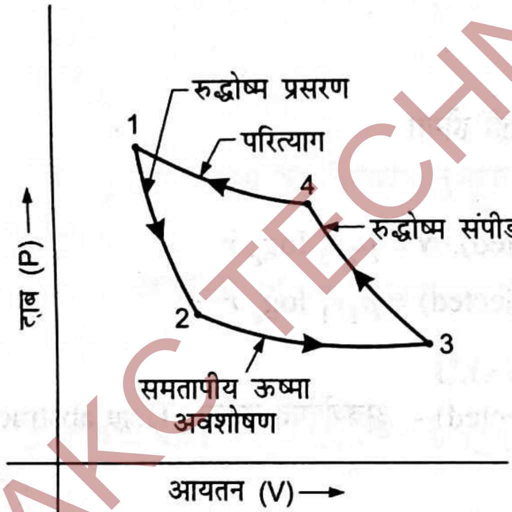
वायु प्रशीतित्र (air refrigerator) प्राय: **प्रतिवर्तित कार्नोट चक्र (reversed carnot cycle)** या **प्रतिवर्तित जूल चक्र (Reversed Joule cycle)** जिसे **Bell Coleman cycle या Brayton cycle** भी कहते हैं, पर आधारित होते हैं।

1.7.1. प्रतिवर्तित कार्नोट प्रशीतन चक्र (Reversed Carnot's Refrigeration Cycle)

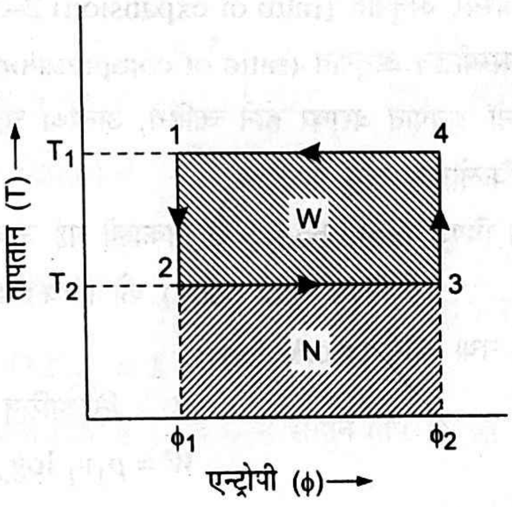
(i) ऊष्मा इंजन के लिये कार्नोट चक्र में ऊष्मा उच्च-तापमान से कम तापमान को जाती है तथा ऊष्मा का क्षय 'कार्य' के रूप में उत्पन्न होता है। प्रशीतन में Reversed Carnot Cycle प्रयोग में लाया जाता है।

यदि निम्न तापमान से उच्च तापमान की ओर ऊष्मा का प्रवाह करें, तो ऐसा करने के लिये बाह्य कार्य करना पड़ेगा। यह सैद्धान्तिक रूप से परिवर्तित कार्नोट चक्र (Reversed Carnot Cycle) द्वारा किया जा सकता है। यह एक आदर्श चक्र (ideal cycle) है अत: प्रयोगात्मक रूप से (Practically) सम्भव नहीं है। कार्नोट चक्र पर कार्यकारी माध्यम (working medium) के भौतिक गुणों का प्रभाव नहीं पड़ता। इस चक्र के द्वारा यह पता चलता है कि किसी प्रशीतन मशीन का अधिकतम कार्य गुणांक (C.O.P.) कहाँ तक होगा।

प्रतिवर्तित कार्नोट चक्र चित्र 1.5(a) तथा (b) में क्रमश: P–V व T–ϕ आरेखों पर दिखाया गया है।



चित्र 1.5(a)—प्रतिवर्तित कार्नोट प्रशीतन चक्र (*p-v*) आरेख

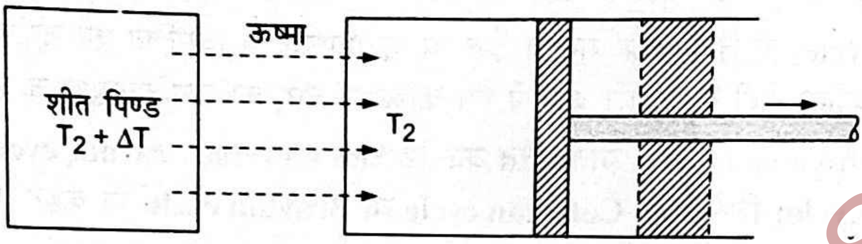


चित्र 1.5(b)—*T-ϕ* आरेख

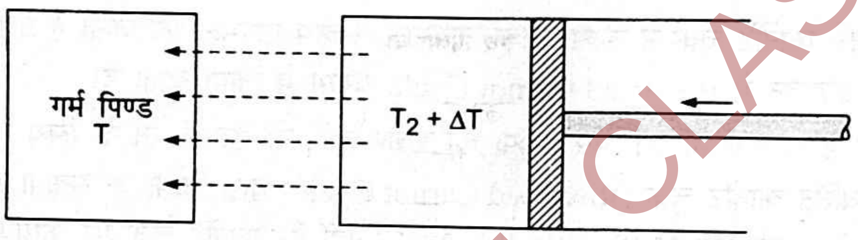
बिन्दु (1) से प्रारम्भ करते हुये, माना बिन्दु 1 पर सिलिण्डर के अन्तर-स्थान (clearance space) में वायु भरी है। वायु का 1–2 समएन्ट्रोपी प्रसार (Isentropic expansion) दिखाया गया है। अत: तापमान T_1 से घटकर T_2 रह जाता है। अब पिस्टन-स्ट्रोक के अन्त में शीत पिण्ड (cold-body) को सीधे सम्पर्क में लाया जाता है जैसे कि चित्र 1.6 में दिखाया गया है। ऊष्मा शीत पिण्ड से वायु को प्रदान की जाती है क्योंकि वायु का तापमान स्थिर रखना है अत: इसका आयतन आगे बढ़ने के साथ दाब भी गिर जाता है। इस प्रकार प्रक्रम 2–3 वायु का समतापीय प्रसार (isothermal expansion) है जिसमें स्थिर तापमान पर ऊष्मा निकाली (extract) जाती है। बिन्दु 3 पर शीत पिण्ड (cold body) को हटा दिया जाता है। प्रक्रम 3–4 वायु का समएन्ट्रोपिक सम्पीडन (isentropic compression) है, इससे वायु का दाब बढ़ जाता है व आयतन घट जाता है। यह प्रक्रम बाह्य कार्य की सहायता से किया जाता है वे इस प्रकार तापमान T_1 तक पहुँच जाता है प्रक्रम 4–1 समतापीय

AKTECHNICAL CLASSES

सम्पीडन (isentropic compression) है। अब सिलिण्डर के अन्त में गर्म पिण्ड (hot body) लाया जाता है जिसका तापमान T_1 है। अब वायु में ऊष्मा गर्म पिण्ड (hot body) को निष्कासित (reject) की जाती है जैसा कि चित्र 1.7 में दिखाया गया है। इस प्रकार समतापीय सम्पीडन (isothermal compression) के बाद वायु अपनी पूर्व स्थिति में आ जाती है। इस प्रकार चक्र चलता है। माना कि,



चित्र 1.6



चित्र 1.7

p_1, v_1 व T_1 बिन्दु 1 पर क्रमशः दाब आयतन व परम तापमान हैं।

p_2, v_2 व T_2 बिन्दु 3 पर क्रमशः दाब, आयतन व परम तापमान हैं।

r = प्रसार अनुपात (ratio of expansion) 2–3 के लिये।

r = सम्पीडन अनुपात (ratio of compression) 4–1 के लिये।

ये दोनों अनुपात बराबर होने चाहियें, अन्यथा चक्र बन्द (close) नहीं होगा।

एक किलोग्राम वायु के लिये,

शीत पिण्ड (cold body) से निकाली गई ऊष्मा (heat abstracted), $N = p_2 v_2 \log_e r$

गर्म पिण्ड (hot body) को निष्कासित ऊष्मा (heat rejected) $= p_1 v_1 \log_e r$

किया गया कार्य (work done)

W = निष्कासित ऊष्मा (Heat rejected) – अवशोषित ऊष्मा (Heat abstracted)

$$W = p_1 v_1 \log_e r - p_2 v_2 \log_e r$$

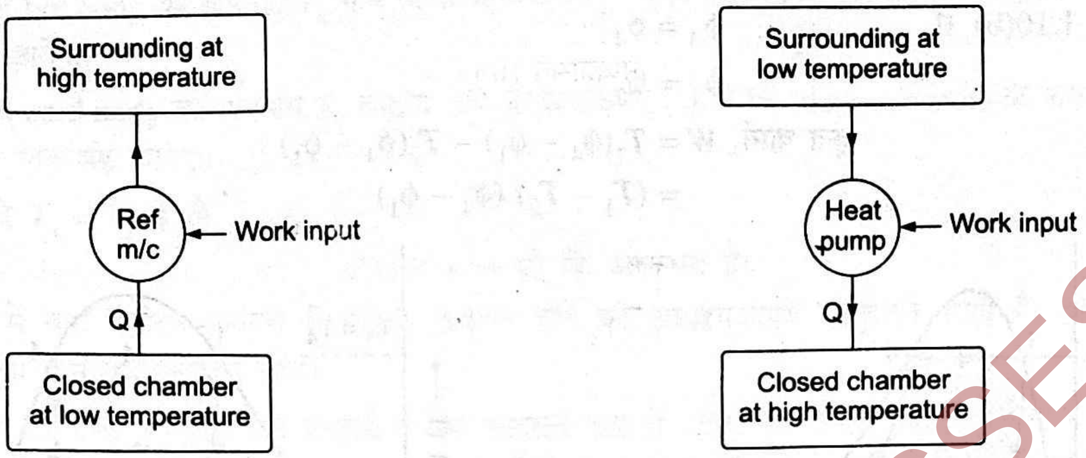
$$\text{निष्पादन गुणांक C.O.P.} = \frac{N}{W}$$

$$= \frac{p_2 v_2 \log_e r}{p_1 v_1 \log_e r - p_2 v_2 \log_e r}$$

$$= \frac{p_2 v_2}{p_1 v_1 - p_2 v_2} = \frac{RT_2}{RT_1 - RT_2}$$

अतः: **प्रशीतक का निष्पादन गुणांक (C.O.P. of refrigerator)** $= \dfrac{T_2}{T_1 - T_2}$

AKC TECHNICAL CLASSES



(a) प्रशीतन तन्त्र **(b) ऊष्मा पम्प**

चित्र 1.8—प्रशीतन एवं ऊष्मा पम्प तंत्रों का आरेख

प्रतिवर्तित कार्नोट चक्र (Reversed carnot cycle) ऊष्मा पम्प (heat pump) के लिये भी प्रयोग में लाया जा सकता है। इसमें शीत पिण्ड से ऊष्मा निकालने की बजाय हम गर्म पिण्ड (hot-body) की ऊष्मा निराकण (rejection) में रुचि रखते हैं। यदि शीत पिण्ड (cold body) से अधिक से अधिक ऊष्मा निकालेंगे तो अधिक से अधिक ऊष्मा गर्म पिण्ड (hot body) से reject होगी। अत: ऊष्मा पम्प (heat pump) का निष्पादन गुणांक (C.O.P.) निम्नलिखित सूत्र से निकाला जा सकता है। (देखें चित्र 1.8)

$$\text{ऊष्मा पम्प का निष्पादन गुणांक (C.O.P. of heat pump)} = \frac{\text{ऊष्मा निष्कासित (heat rejected or delivered)}}{\text{कृत कार्य (work done)}}$$

$$= \frac{p_1 v \log_e r}{p_1 v_1 \log_e r - p_2 v_2 \log_e r} = \frac{RT_1}{RT_1 - RT_2}$$

अत: $$\text{ऊष्मा पम्प का निष्पादन गुणांक (C.O.P. of heat pump)} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

अत: $$\text{(C.O.P. of heat pump)} - \text{(C.O.P. of Refrigerator)} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} - \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_2}$$

$$\mathbf{C.O.P_{Heat\ Pump} - C.O.P_{Ref} = 1}$$

अत: **ऊष्मा पम्प का C.O.P. प्रशीतित्र के C.O.P. से इकाई अधिक होता है** (यदि दोनों समान ताप-परिसर मे कार्य कर रहे हैं)

$$\text{ऊष्म इंजन का C.O.P.} = \frac{\text{कृत कार्य (Work done)}}{\text{दी गई ऊष्मा (Heat supplied)}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

इसमें $T_1 > T_2$ **अत: इसकी दक्षता 1 से कम होती है।**

(ii) प्रतिवर्तित कार्नोट चक्र प्रशीतन (Reversed Carnot Cycle Refrigeration)—(II method) चित्र 1.10(b) में प्रदर्शित (T–ϕ) आरेख से, शीत पिण्ड से निकाली गई ऊष्मा $N = T_2(\phi_3 - \phi_2)$

$$\text{गर्म पिण्ड को दी गई ऊष्मा} = T_1(\phi_4 - \phi_1)$$

$$\therefore \quad \text{कृत कार्य} = \text{दी गई ऊष्मा} - \text{अवशोषित ऊष्मा}$$

$$= T_1(\phi_4 - \phi_1) - T_2(\phi_3 - \phi_2)$$

AKC TECHNICAL CLASSES

परन्तु चित्र 1.10(b) से

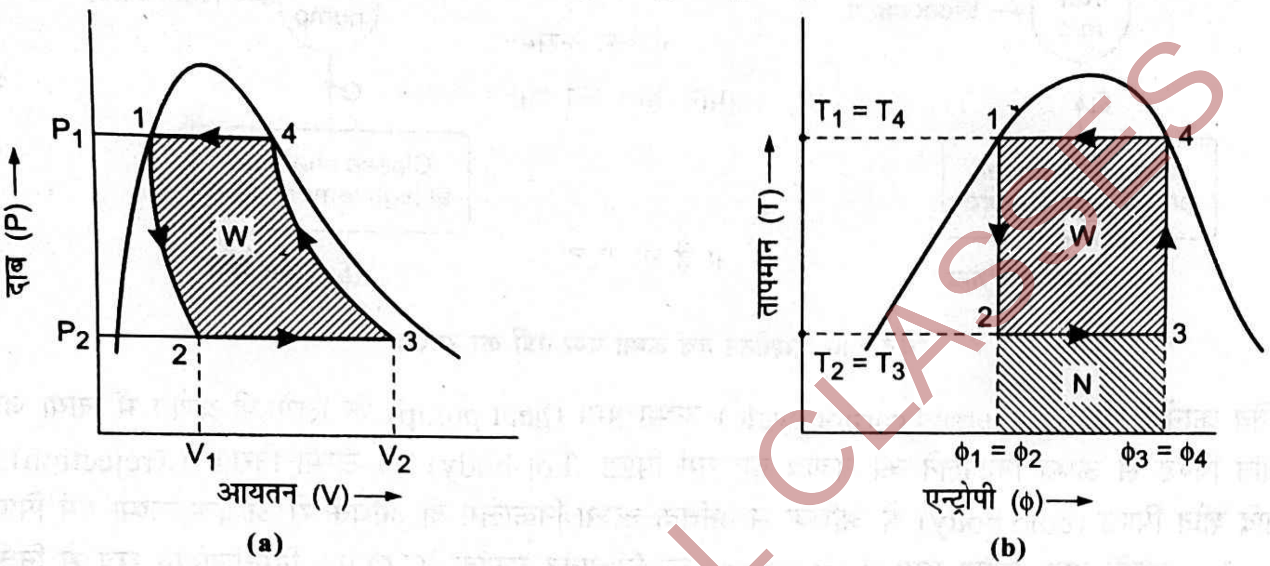
$$\phi_3 = \phi_4$$

तथा

$$\phi_1 = \phi_2$$

अत:

$$\text{कृत कार्य, } W = T_1(\phi_4 - \phi_1) - T_2(\phi_4 - \phi_1)$$
$$= (T_1 - T_2)(\phi_4 - \phi_1)$$



चित्र 1.10

अत: **निष्पादन गुणांक C.O.P.** $= \dfrac{N}{W}$

$$\text{C.O.P.} = \frac{T_2(\phi_4 - \phi_1)}{(T_1 - T_2)(\phi_4 - \phi_1)} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

$$\text{C.O.P. of Heat pump} = \frac{\text{दी गई ऊष्मा (Heat delivered)}}{\text{कृत कार्य (Work done)}} = \frac{T_1(\phi_4 - \phi_1)}{(T_1 - T_2)(\phi_4 - \phi_1)}$$

$$\text{C.O.P.} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

कार्नोट चक्र वाष्प व द्रव की अवस्थाओं के बीच संतृप्त के बीच संतृप्त क्षेत्र (saturated region) में कार्य करता हुआ भी खींचा जा सकता है। यह चित्र 1.10(a), (b) में दिखाया गया है।

संतृप्त क्षेत्र में समतापीय रेखायें (isothermal lines) ही स्थिर दाब रेखायें होती हैं। इसको पूर्व वाले चक्र की अपेक्षा अधिक प्रयोगात्मक रूप दिया जा सकता है क्योंकि अवस्था परिवर्तन संतृप्त क्षेत्र में समातापीय प्रक्रिया का निकटता से अनुसरण करती है।

1.7.2. ताप परिसीमायें (Temperature Limitations)

कार्नोट चक्र प्रशीतित्र के लिये,

$$\text{निष्पादन गुणांक C.O.P.} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad \ldots(1)$$

T_2 = शीत पिण्ड (cold body) का परम तापमान

T_1 = गर्म पिण्ड (hot body) का परम तापमान

AKC TECHNICAL CLASSES

(1) यदि hot body का तापमान T_1 कम किया जाये तो $(T_1 - T_2)$ का मान कम होगा। अत: C.O.P. का मान अधिक हो जायेगा।

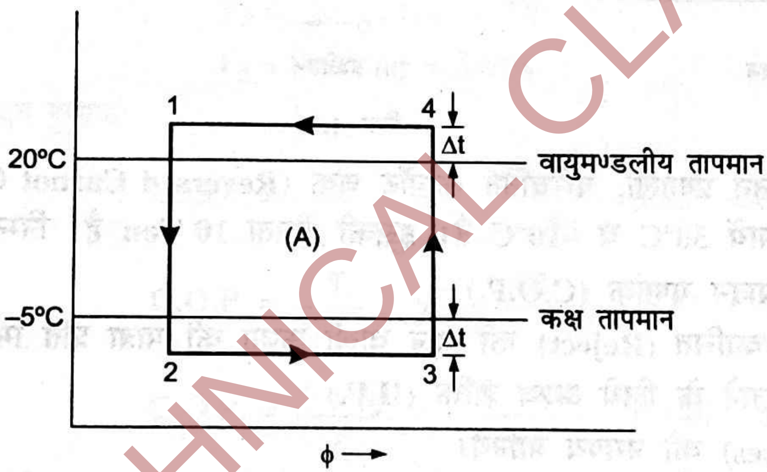
(2) यदि cold body का तापमान T_2 बढ़ाया जाये तो समीकरण (1) में हर (denominator) के कम होने से C.O.P. का मान बढ़ जायेगा।

(3) यदि $T_1 = T_2$ है तो

$$\text{C.O.P.} = \infty \text{ जो कि असम्भव है।}$$

वास्तव में एक प्रशीतन प्रणाली में निश्चित तापमान होने की आवश्यकतायें लागू की जाती हैं। इसका अर्थ है कि $(T_1 - T_2)$ का मान कुछ अवश्य होगा।

उदाहरण के लिये किसी प्रशीतन प्रणाली में एक शीतलन कक्ष में –5°C का तापमान बनाये रखना है तथा वायुमण्डल को 20°C पर ऊष्मा का निराकरण (rejection) करना है तो ये तापमान की परिसीमायें कहलाती हैं जिनके अन्दर ही चक्र को कार्य करना चाहिये (देखें चित्र 1.11)



चित्र 1.11—कार्नोट चक्र की ताप परिसीमायें

जब वायुमण्डल में ऊष्मा का निराकरण हो रहा है तो प्रशीतन (Refrigerant) का तापमान 20°C से अधिक होना चाहिये। इसी प्रकार प्रशीतन की प्रक्रिया में प्रशीतक का तापमान –5°C से कम होना चाहिये। ताकि प्रशीतक शीतल कक्ष से ऊष्मा अवशोषित कर सके क्योंकि ऊष्मा का प्रवाह **अप्रत्यवर्ती (irreversible) है** अत: यह कार्नोट नहीं कहा जा सकता।

निष्पादन गुणांक का मान बढ़ाने के लिये T_1 का मान कम रखना चाहिये। परन्तु यह 20°C से कम नहीं किया जा सकता, क्योंकि यह वायुमण्डल का तापमान है। T_2 का मान अधिक रखना चाहिये परन्तु यह –0°C से बढ़ाया जा सकता है क्योंकि इस तापमान को बनाये रखना है। अत: तापमान नियन्त्रण के लिये ΔT को कम से कम रखने का प्रयत्न होना चाहिये।

हम जानते हैं कि,

$$Q = AU.\Delta T$$

जहाँ, Q = ऊष्मा निराकरण या अवशोषित ऊष्मा,

A = ऊष्मा स्थानान्तरण क्षेत्रफल (Heat transfer area)

U = ऊष्मा स्थानान्तरण गुणांक (Coefficient of heat transfer)

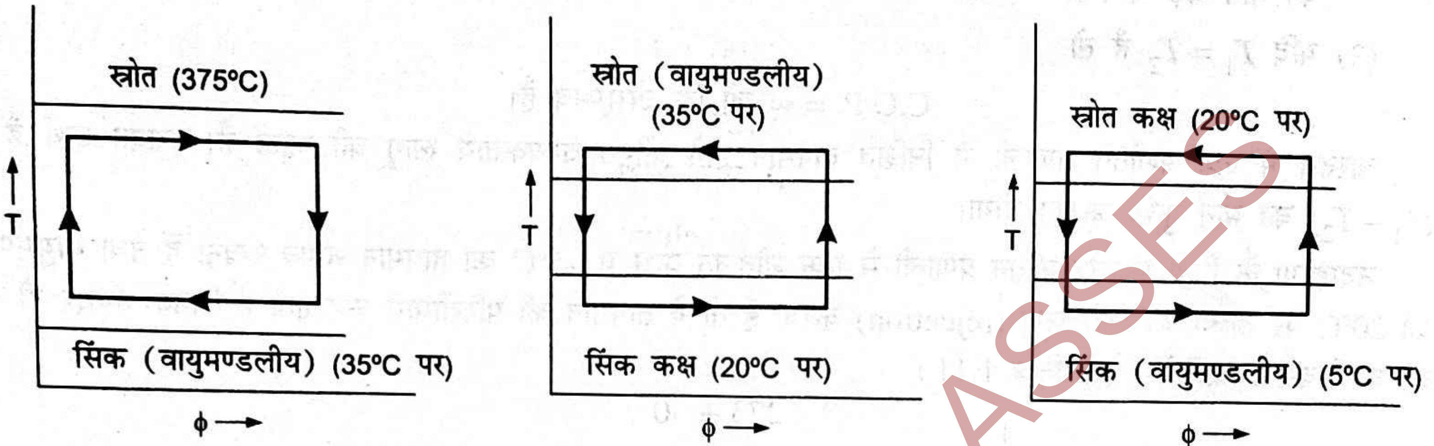
ΔT = तापमान में परिवर्तन

अत: ΔT के मान में कमी करने के लिये A व U का मान बढ़ाना पड़ेगा।

उपरोक्त ताप परिसीमाओं से पता चलता है कि वायुमण्डल को स्रोत (source) या होदी (sink) के रूप में प्रयोग किया जाता है। (देखें चित्र 1.12)

AKC TECHNICAL CLASSES

यह सत्य है कि कार्नोट प्रशीतित्र दिये गये तापमान परिसर में सर्वाधिक दक्ष है परन्तु यह प्रयोगात्मक (practicable) नहीं है क्योंकि चक्र में समतापीय प्रक्रिया (Isothermal process) के लिये निम्न गति (low speed) व समएन्ट्रोपी प्रक्रिया (Isentropic process) के लिये उच्च गति (high speed) की आवश्यकता होती है। गति में यह समायोजन (adjustments) असम्भव है।



(a) ऊष्मा इंजन (b) प्रशीतन (c) ऊष्मा पम्प

चित्र 1.12

उदाहरण 3. एक प्रशीतन प्रणाली, परिवर्तित कार्नोट चक्र (Reversed Carnot Cycle) पर कार्य करती है। निकाय में तापमान सीमायें 30°C व –10°C हैं। इसकी क्षमता 10 Ton है। निम्नलिखित ज्ञात कीजिये—

(i) कार्य का निष्पादन गुणांक (C.O.P.)

(ii) निकाय से निष्कासित (Reject) की जाने वाली ऊष्मा की मात्रा प्रति मिनट

(iii) मशीन को चलाने के लिये अश्व शक्ति (H.P.)

सभी हानियों (losses) को नगण्य मानिये।

हल—दिया है कि—

$$T_1 = 273 + 30 = 303°K$$

$$T_2 = 273 - 10 = 263°K$$

$$\therefore \quad \text{C.O.P} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{263}{303 - 263} = \frac{263}{40}$$

C.O.P. = 6.575 उत्तर

दिया है—क्षमता = 10 Ton

हम जानते हैं कि 1 टन प्रशीतन = 210 kJ/min

∴ नेट प्रशीतन प्रभाव (Net refrigerating effect)

$$= 10 \times 210 = 2100 \text{ kJ/min}$$

$$\therefore \quad \text{C.O.P.} = \frac{N}{W}$$

$$6.575 = \frac{2100}{W}$$

$$W = \frac{2100}{6.575} = 319.368 \text{ kJ/min}$$

परन्तु $\quad 1 \text{ H.P.} = 44.268 \text{ kJ/min}$

AKC TECHNICAL CLASSES

∴ मशीन चलाने के लिए आवश्यक H.P. = $\frac{2100}{6.575 \times 44.268}$

मशीन चलाने के लिए अश्व शक्ति = 7.22 उत्तर

निकाय से निष्कासित (reject) की गई ऊष्मा = प्रशीतन प्रभाव + किया गया कार्य

= 2100 + 319.368 = **2419.368 kJ/min** उत्तर

उदाहरण 4. एक कार्नोट चक्र (Carnot cycle) मशीन 30° व –15°C की तापमान सीमाओं में कार्य करती हैं। निम्नलिखित के लिये निष्पादन गुणांक (C.O.P.) ज्ञात करो—

(i) जब यह प्रशीतन मशीन (Refrigerating machine), के रूप में कार्य कर रही है।

(ii) ऊष्मा पम्प (Heat Pump),

(iii) ऊष्मा इंजन (Heat Engine)।

हल—

$$T_1 = 273 + 30 = 303°K$$

$$T_2 = 273 - 15 = 258°K$$

(i) प्रशीतित्र का निष्पादन गुणांक

∴ $$\text{C.O.P.} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{258}{303 - 258} = \mathbf{5.73}$$ **उत्तर**

(ii) ऊष्मा पम्प $$\text{C.O.P.} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{303}{303 - 258} = \mathbf{6.73}$$ **उत्तर**

(iii) ऊष्मा इंजन $$\text{C.O.P.} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{303 - 258}{303} = \mathbf{0.149}$$ **उत्तर**

उदाहरण 5. एक पूर्ण परिवर्तित (perfect reversed) ऊष्मा इंजन की वह कम से कम अश्व शक्ति (least H.P.) ज्ञात करो जो कि 15°C वाले पानी को –5°C वाली 500 kg/hr की दर से बर्फ बनाने के लिये आवश्यक हो। माना इस प्रकार का इंजन 15°C व –5°C की तापमान सीमाओं में कार्य करता है। बर्फ की विशिष्ट ऊष्मा 2.1 kJ/kg तथा गुप्त ऊष्मा 336 kJ/kg है।

हल—दिया है—

$$T_1 = 273 + 15 = 288°K$$

$$T_2 = 273 - 5 = 268°K$$

बर्फ बनाने की दर = 500 kg/hr

15°C के पानी को 0°C के पानी में बदलने के लिये अवशोषित ऊष्मा = mST

= 1 × 4.2 × (15 – 0) = 63 kJ/mg

0°C के पानी को 0°C की बर्फ में बदलने के लिये अवशोषित ऊष्मा = mL

= 1 × 336 = 336 kJ/kg

0°C बर्फ को – 5°C की अवस्था में लाने के लिये अवशोषित ऊष्मा = mST

= 1 × 2.1[0 – (–5)] = 10.5 kJ/kg

∴ प्रशीतन प्रभाव (Refrigerating effect) = 63 + 336 + 10.5 = 409.5 kJ/kg

नेट प्रशीतन प्रभाव N = 500 × 409.5 = 204750 kJ/hr.

AKC TECHNICAL CLASSES

सैद्धान्तिक निष्पादन गुणांक (Theoretical C.O.P. of Reversed Heat Engine)

$$= \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{268}{288 - 268} = 13.4$$

हम जानते हैं—

$$\text{C.O.P.} = \frac{N}{W}$$

$$13.4 = \frac{204750}{W}$$

$\therefore$
$$W \text{ (कार्य)} = \frac{204750}{13.4} \text{ kJ/hr}$$

$\because$
$$1 \text{ H.P.} = 632 \text{ k cal/hr} = 2654.4 \text{ kJ/hr}$$

$$\text{मशीन चलाने के लिए न्यूनतम H.P.} = \frac{204750}{13.4 \times 2654.4} = 5.75 \text{ H.P.} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 6. एक अमोनिया प्रशीतन मशीन (Ammonia refrigeration machine) 24 घण्टे में 16°C ताप वाले जल से –3°C पर 144 Quintal बर्फ बनाती है। यदि ताप सीमायें 27°C तथा –13°C हों तो सम्पीडक की अश्व शक्ति ज्ञात करो। सम्पीड़क (compressor) का वास्तविक निष्पादन (actual performance), आदर्श कार्नोट चक्र (Ideal Carnot cycle) की 50% मानी जा सकती है। बर्फ की गुप्त ऊष्मा व विशिष्ट ऊष्मा क्रमशः 336 kJ/kg व 2.1 kJ/kg है।

हल—

$$T_1 = 273 + 27 = 300°K$$

$$T_2 = 273 - 13 = 260°K$$

बर्फ की मात्रा = 144 क्विंटल 24 घण्टे में

$$\text{बर्फ प्रति घण्टा} = \frac{144 \times 100}{24} = 600 \text{ kg/hr}$$

16°C पानी को 0°C के पानी में परिवर्तित करने के लिये निकाली गई ऊष्मा = mST

$$= 1 \times 4.2\ (16 - 0) = 67.2 \text{ kJ/kg}$$

0°C पानी को 0°C के बर्फ में परिवर्तित करने के लिये निकाली गई ऊष्मा = mL

$$= 1 \times 336 = 336 \text{ kJ/kg}$$

अब 0°C की बर्फ को – 3°C की बर्फ तक लाने के लिये निकाली गई ऊष्मा = mST

$$= 1 \times 2.1\ [0 - (-3)] = 6.3 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{प्रशीतन प्रभाव (R.E.)} = 67.2 + 336 + 6.3 = 409.5 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{नेट प्रशीतन प्रभाव} = 600 \times 409.5 = 245700 \text{ kJ/hr}$$

$$\text{सैद्धान्तिक निष्पादन गुणांक (Theoretical C.O.P.)} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{260}{300 - 260} = 6.5$$

प्रश्नानुसार—

$$\text{वास्तविक C.O.P.} = \frac{1}{2} \times \text{theoretical C.O.P.} = 0.5 \times 6.5 = 3.25$$

$$\text{C.O.P.} = \frac{N}{W}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$3.25 = \frac{245700}{W}$$

$\therefore$ $$W(\text{कार्य}) = \frac{245700}{3.25} = 75600 \text{ kJ/hr}$$

$\because$ $$1 \text{ H.P.} = 2654.4 \text{ kJ/hr}$$

$\therefore$ $$\text{H.P.} = \frac{75,600}{2654.4}$$

सम्पीडक की आवश्यक H.P. = 28.48 H.P. **उत्तर**

उदाहरण 7. एक कार्नोट ऊष्मा पम्प (heat pump) 45°C पर ऊष्मा निकाय (heating system) को 210000 kJ/hr प्रदान (deliver) कर रहा है जबकि बाहर का तापमान 4.5°C है।

ऊष्मा पम्प की C.O.P. ज्ञात करो तथा आवश्यक H.P. ज्ञात करो।

हल—

$$T_1 = 273 + 45 = 318°\text{K}$$

$$T_2 = 273 + 4.5 = 277.5°\text{K}$$

$$\text{C.O.P.} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{318}{318 - 277.5} = \mathbf{7.9}$$ **उत्तर**

परन्तु $$\text{C.O.P. ऊष्मा पम्प} = \frac{\text{Heat rejected}}{\text{Work done}} = \frac{210000}{W} \text{ kJ/hr}$$

$$7.9 = \frac{210000}{W}$$

$$W \text{ (कार्य)} = \frac{210000}{7.9 \times 2654.4} = \mathbf{10 \text{ H.P.}}$$ **उत्तर**

उदाहरण 8. एक परिवर्तित कार्नोट चक्र (Reversed Carnot cycle) का उपयोग एक वातानुकूलित कक्ष को 100800 kJ/min ऊष्मा निष्कासित करने के लिये किया जाता है। ऊष्मा वायुमण्डल से 10°C पर ली जाती है तथा वातानुकूलित कक्ष को 25°C पर दी जाती है। इसको चलाने के लिये अश्व शक्ति करो।

हल—

$$T_1 = 273 + 25 = 298°\text{K}$$

$$T_2 = 273 + 10 = 283°\text{K}$$

$$\text{ऊष्मा पम्प की C.O.P. (C.O.P. of heat pump)} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

$$= \frac{298}{298 - 283} = 19.86$$

$$\text{पुनः ऊष्मा पम्प की C.O.P.} = \frac{\text{कक्ष को निष्कासित ऊष्मा (Heat rejected or delivered to conditioned space)}}{\text{कृत कार्य (Work done)}}$$

$$19.86 = \frac{100,800}{W}$$

$$W = \frac{100,800}{19.86}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$\because$ 1 H.P. = 44.268 kJ/min

$\therefore$ चक्र चलाने के लिए आवश्यक शक्ति (H.P.) = $\frac{100,800}{19.86 \times 44.268}$ = **114.65** **उत्तर**

उदाहरण 9. एक कार्नोट प्रशीतित्र (Carnot refrigerator) –15°C व 30°C की तापमान सीमाओं में कार्य करता है। निम्नलिखित ज्ञात कीजिये—

(i) आदर्श C.O.P. (Ideal C.O.P.)

(ii) मशीन को चलाने हेतु आवश्यक शक्ति (H.P.) प्रति टन (H.P./Ton to drive the machine)

हल— $T_1 = 273 + 30 = 303°K$

$T_2 = 273 - 15 = 258°K$

(i) $$\text{C.O.P. (ideal)} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{258}{303 - 258} = \mathbf{5.73}$$ **उत्तर**

(ii) अब प्रशीतन प्रभाव 1 टन = 210 kJ/min.

$$\text{C.O.P.} = \frac{N}{W}$$

या $$5.73 = \frac{210}{W}$$

या $$W = \frac{210}{5.73} = 36.6 \text{ kJ/min.}$$

$\because$ 1 H.P. = 44.268 kJ/min

$\therefore$ $$\text{H.P./ton} = \frac{36.6}{44.268}$$

$\therefore$ H.P./ton = **0.826** **उत्तर**

उदाहरण 10. एक प्रतिवर्ती कार्नोट चक्र का निष्पादन गुणांक (C.O.P.) 4 है—

(i) $\frac{T_2}{T_1}$ ज्ञात कीजिये।

(ii) यदि चक्र पर किया गया कार्य हो तो अधिकतम प्रशीतन प्रभाव टन में ज्ञात कीजिये।

हल—दिया है—निष्पादन गुणांक C.O.P = 4

हम जानते हैं कि $$\text{C.O.P.} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

(i) $$\frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{1}{\text{C.O.P.}} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$\therefore$ $$\frac{T_1}{T_2} - 1 = 0.25$$

$\therefore$ $$\frac{T_1}{T_2} = 1.25$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$\therefore$ $$\frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{1.25} = \mathbf{0.8} \quad \text{उत्तर}$$

(ii) कृत कार्य = 10 kW

पुनः हम जानते हैं कि $$\text{C.O.P.} = \frac{\text{प्रशीतन प्रभाव}}{\text{कृत कार्य}}$$

$\therefore$ प्रशीतन प्रभाव = 10 × 4 = 40 kW (परन्तु 1 Ton प्रशीतन प्रभाव = 3.51 kW)

$$\text{कुल प्रशीतन प्रभाव} = \frac{40}{3.51} = \mathbf{11.4\ ton} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 11. एक कार्नोट रेफ्रीजेरेशन (Carnot refrigeration) मशीन को कितने H.P. की आवश्यकता है यदि वह– 175°C के तापमान वाली वस्तु के लिये 20 ton की क्षमता रखती है।

विसर्जन तापमान 35°C है। (प्रशीतन प्रभाव 1 टन = 20 kJ/min)

हल—$T_1 = 273 + 35 = 308°K$

$T_2 = 273 - 175 = 98°K$

क्षमता = 10 ton

नेट प्रशीतन प्रभाव (Net refrigerating effect) = 10 × 210 kJ/min

$\therefore$ $N = 2100$ kJ/min

$$\text{सैद्धान्तिक निष्पादन गुणांक (Theoretical C.O.P.)} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{98}{309 - 98} = 0.465$$

Also $$\text{C.O.P.} = \frac{N}{W}$$

$\therefore$ $$W = \frac{N}{\text{C.O.P.}} = \frac{2100}{0.465} = 4516.12 \text{ kJ/min}$$

$\therefore$ मशीन को चलाने के लिए आवश्यक शक्ति $$\text{H.P.} = \frac{4516.12}{44.268} = \mathbf{102} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 12. एक कोल्ड स्टोरेज में 20 Ton मछली स्टोर की जानी है। मछली का तापमान 30°C है। फ्रिजिंग बिन्दु से ऊपर मछली की विशिष्ट ऊष्मा 2.93 kJ/kg/°K है तथा फ्रिजिंग बिन्दु के नीचे विशिष्ट ऊष्मा 1.26 kJ/kg/°K है। मछली –8°C पर कोल्ड स्टोरेज में स्टोर की जाती है। मछली का फ्रिजिंग बिन्दु –4°C है। मछली की गुप्त ऊष्मा 235 kJ/kg है। यदि प्लांट को चलाने के लिए आवश्यक शक्ति 75 kW हो तो, ज्ञात करो—

(i) प्लांट की क्षमता, तथा (ii) कूलिंग में लगा समय।

प्लांट की वास्तविक C.O.P. कार्नोट C.O.P. की 30% मानिये।

हल—दिया है— $m = 20$ ton = 20,000 kg, $T_1 = 30°C = 303°K$, $C_{AF} = 2.93$ kJ/kg/°K,

$C_{BF} = 1.26$ kJ/kg/°K, $T_2 = 8°C = 265°K$, $T_3 = -4°C = 269°K$,

$L_{fish} = 235$ kJ/kg, $P = 75$ kW = 75 kJ/sec

(i) प्लांट की क्षमता—हम जानते हैं कि

$$\text{आदर्श या कार्नोट C.O.P.} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{265}{303 - 265} = 6.97$$

AKC TECHNICAL CLASSES

∴ वास्तविक C.O.P. = 0.3 × 6.97 = 2.091

अत: प्लांट द्वारा अवशोषित ऊष्मा = वास्तविक C.O.P. × कृत कार्य

$$= 2.091 \times 75 = 156.8 \text{ kJ/sec}$$

∴ प्लांट की क्षमता $= \dfrac{156.8}{3.5}$

$$= \mathbf{44.8\ TR} \qquad (\because 1 \text{ TR} = 3.5 \text{ kW})$$ **उत्तर**

(ii) कूलिंग में लगा समय—(a) मछली में से, फ्रिजिंग बिन्दु के ऊपर निकाली गई ऊष्मा (Heat abstracted)

$$H_1 = m.C_{AF}(T_1 - T_3)$$
$$= 20000 \times 2.93 \times (303 - 269) = 1.992 \times 10^6 \text{ kJ}$$

(b) फ्रिजिंग बिन्दु के नीचे, निकाली गई ऊष्मा (Heat abstracted)

$$H_2 = m \times C_{BF}(T_3 - T_2)$$

∴ $$H_2 = 20{,}000 \times 1.26\,(269 - 265) = 0.101 \times 10^6 \text{ kJ}$$

(c) मछली की गुप्त ऊष्मा, $H_3 = m \times L_{fish}$

$$= 20{,}000 \times 235 = 4.7 \times 10^6 \text{ kJ}$$

∴ प्लांट से निष्कासित कुल ऊष्मा $= H_1 + H_2 + H_3$

$$= (1.992 + 0.101 + 4.7) \times 10^6 = 6.793 \times 10^6 \text{ kJ}$$

∴ कूलिंग में लगा समय $= \dfrac{\text{प्लांट से निष्कासित कुल ऊष्मा (Heat abstracted)}}{\text{एक मिनट में प्लांट से निष्कासित ऊष्मा}}$

$$= \frac{6.793 \times 10^6}{156.8 \times 60} = \mathbf{722\ min} \simeq \mathbf{12\ hrs}$$ **उत्तर**

§ 1.8. प्रशीतन के उपयोग (Application of Refrigeration) :

प्रशीतन के उपयोगों का वर्गीकरण (classification) निम्नलिखित हैं—

(1) घरेलू प्रशीतन (Domestic Refrigeration)—इस प्रकार के प्रशीतन का उद्देश्य खाद्य व पेयजलों (food and drinks) के लिए निम्न तापमान स्थान (low temperature place) प्रदान करना है। इसका सम्बन्ध घरेलू प्रशीतित्रों (house hold refrigerators) व गृह हिमकारी (home freezers) तक सीमित है। यह प्रशीतन उद्योग का महत्वपूर्ण अंग है। घरेलू इकाइयाँ छोटे आकार की होती हैं। इनकी क्षमता $\frac{1}{20}$ Ton से $\frac{1}{2}$ Ton के बीच होती है। इनमें अधिकतम समुद्रिक प्रकार के (hermetically sealed type) सम्पीडक प्रयोग में लाये जाते हैं।

(2) व्यावसायिक प्रशीतन (Commercial Refrigeration)—रिटेल स्टोर, रेस्टोरेन्ट होटल व संस्थाओं में स्टोर करने के लिए वस्तु प्रदर्शन (displaying) उपयोगीकरण (processing) व विकारी वस्तुओं (perishable articles) को उचित ढंग से रखने के लिए विभिन्न प्रकार के प्रशीतित स्थावर (refrigerated fixture) प्रयोग में लाये जाते हैं। यह व्यावसायिक प्रशीतन कहलाता है। ये इकाइयाँ आकार व क्षमता में घरेलू इकाई की तुलना में अधिक बड़ी होती हैं।

(3) औद्योगिक प्रशीतन (Industrial Refrigeration)—प्राय: औद्योगिक प्रशीतन व व्यावसायिक प्रशीतन में भ्रम हो जाता है। इन दोनों की सीमाएँ सही प्रकार से परिभाषित नहीं की जा सकतीं। सामान्यत: नियमानुसार, औद्योगिक प्लांट, व्यावसायिक इकाइयों से आकार में बड़े होते हैं। औद्योगिक प्रशीतन में अधिक क्षमता की प्रशीतन मशीनों की आवश्यकता पड़ती है। अत: इसमें परिचालक (attendant) की आवश्यकता पड़ती है। मुख्य औद्योगिक उपयोग बर्फ संयन्त्रों (Ice plant), बड़े

AKC TECHNICAL CLASSES

खाद्य पैकिंग संयन्त्रों (large food packing plants), सुराकर्म शालाओं (breweries) व मृतिका उद्योग (ceramics) और औद्योगिक प्लांट जैसे तेल शोधन, रासायनिक प्लांट, रबर निर्माण इसी के अन्तर्गत आते हैं। औद्योगिक प्रशीतन का उपयोग निर्माण प्रक्रिया (manufacturing process) व ऊष्मा उपचार (heat treatment) में भी किया जाता है।

(4) समुद्री व परिवहन प्रशीतन (Marine and Transportation Refrigeration)—इसके उपयोग कुछ व्यावसायिक प्रशीतन व कुछ औद्योगिक प्रशीतन के अन्तर्गत आते हैं। परन्तु क्षेत्र अधिक विकसित होने के कारण इस पर विशेष ध्यान देना आवश्यक है।

समुद्री प्रशीतन (Marine refrigeration) समुद्री जहाजों के प्रशीतन, मीट ले जाने वाली समुद्री नौकाओं व विकार वस्तुओं (perishable materials) को ले जाने वाली नौकाओं के प्रशीतन से सम्बन्धित है।

परिवहन प्रशीतन उस प्रशीतन साज-सज्जा से सम्बन्धित है जो ट्रकों व लम्बे स्थानों के रेलवे कार में लगाया जाता है।

(5) वातानुकूलन (Air-conditioning)—यह किसी स्थान पर वायु की दशा से सम्बन्धित है। यह किसी स्थान पर तापमान के नियन्त्रण के साथ-साथ उस स्थान की आर्द्रता, वायु गति, वायु का छन्ना (filtering) व सफाई (cleaning) का भी नियन्त्रण करता है। इसके दो उपयोग (applications) हैं।

(i) सुखदायी वातानुकूलन (Comfort Airconditioning)—इसमें हवा की दशा को इस प्रकार से नियन्त्रित करते हैं कि मानव को आराम पहुँच सके। इसमें घरों, होटलों, रिटेल स्टोर, सार्वजनिक भवनों, कारखानों, बसों, मोटरों, हवाई जहाज, समुद्री जहाजों, इत्यादि में सुखदायी वातानुकूलन संयन्त्र (comfort air conditioning plant) प्रयोग में आते हैं।

(ii) औद्योगिक वातानुकूलन (Industrial Airconditioning)—यदि वातानुकूलन का उपयोग विशेष रूप से मानव के सुख के लिए न कर वस्तुत: किसी औद्योगिक उपयोग के उद्देश्य से किया गया है तो यह औद्योगिक वातानुकूलन कहलाता है। इसके निम्नलिखित कार्य हैं—

(अ) आर्द्रताग्राही पदार्थों (Hygroscopic materials) की नमी का नियन्त्रण करना।

(ब) विभिन्न रासायनिक प्रक्रियाओं का अधिनियन्त्रण करना।

(स) साफ व छनी हुई वायु मशीनों को बिना किसी त्रुटि के प्रदान करना तथा परिशुद्ध वस्तुओं के उत्पादन में सहायता प्रदान करना।

(6) प्रशीतन का रासायनिक प्रक्रियाओं में उपयोग (Use of Refrigeration in Chemical Processes)—रासायनिक उद्योग में प्रशीतन का बहुत महत्व है। बहुत-सी रासायनिक प्रक्रियाएँ ऐसी होती हैं जो कि प्रशीतन की उपस्थिति में ही हो सकती हैं या जल्दी हो जाती हैं। जैसे गैसों का द्रवण, गैसों को हटाना, तेल शोधन में तेल से मोम (wax) को हटाने के लिए विभिन्न स्तरों पर तेल की चिलिंग (chilling) की जाती है। इसी प्रकार रबड़ उद्योग में इसका उपयोग होता है। इसमें वायु का विहिमीकरण तथा निराद्रीकरण (dehumidification) होता है। इसका निम्न दाब पर संग्रह करने में उपयोग होता है एवं प्रक्रिया शीतलन में प्रतिक्रिया की ऊष्मा को हटाने, परिरक्षण शीतलन को नियन्त्रण करने में भी उपयोग होता है।

(7) मैडीकल में उपयोग—दवाओं के उत्पादन व रख-रखाव में प्रशीतन का उपयोग होता है प्रशीतन के कारण मानव रक्त तथा आँखों को सुरक्षित रखा जा सकता है। सर्जरी कार्य में प्रशीतन का उपयोग होता है।

(8) राकेट ईंधन का उत्पादन।

(9) कम्प्यूटर कार्य के लिए।

(10) औद्योगिक कार्य के लिए हवा का ट्रीटमैंट।

(11) फोटो ग्राफिक पदार्थों के उत्पादन हेतु।

(12) एक समय में कई प्रकार की रंगीन प्रिंटिंग हेतु।

AKC TECHNICAL CLASSES

(13) निम्न तापमान पर इंजन का परीक्षण।

(14) डेयरी उत्पादन में अधिक उत्पादन हेतु।

(15) बाँधों के लिए कंक्रीट का शीतलन।

(16) बर्फ तथा बर्फ के स्केटिंग रिंग्स (Skating rings) बनाने में।

प्रश्नावली

1. प्रशीतन (Refrigeration) क्या है? इसका महत्व समझाइये।
2. प्रशीतन की परिभाषा दीजिये और उसके कुछ उपयोग दीजिये।
3. निम्नलिखित प्रशीतन को समझाइये—
   (अ) प्रतिवर्त्य प्रसार द्वारा शीतलन (Cooling by reversible expansion of gases)
   (ब) वाष्पन द्वारा प्रशीतन (Refrigeration by evaporation)
   (स) व्युत्क्रमणांक (Inversion point)
4. प्रशीतन प्रभाव (refrigerating effect) की परिभाषा लिखिये।
5. प्रशीतन क्षमता कैसे व्यक्त की जाती है।
6. मीटरी इकाई में 1 टन प्रशीतन = ... kcal/hr. = ... kJ/hr
   = ... kcal/min = ... kJ/min
7. निष्पादन गुणांक (C.O.P.) क्या है? समझाइये।
8. यांत्रिक प्रशीतन निकाय (Mechanical refrigeration systems) से आप क्या समझते हैं?
9. निम्नलिखि को समझाइये—
   (अ) निष्पादन गुणांक (C.O.P.)
   (ब) टन-प्रशीतन (Ton of refrigeration)
   (स) प्रशीतन प्रभाव (Refrigeration effect)
10. गैसों के अवरोधन द्वारा शीतलन (Cooling by throttling) को समझाइये।
11. प्रशीतन की इकाई तथा निष्पादन गुणांक (C.O.P.) पदों को समझाइये।
12. एक अच्छे प्रशीतक के गुणों को लिखिये।
13. प्रशीतन की प्रतिवर्तित कार्नोट चक्र को समझाइये तथा इसे $P–V$ एवं $T–\phi$ आरेखों पर दर्शाइये। इसके निष्पादन गुणांक (C.O.P.) के लिये सम्बन्ध व्युत्पन्न कीजिये।
14. सिद्ध कीजिये कि एक प्रशीतन चक्र का सैद्धान्तिक निष्पादन गुणांक ऊष्मा पम्प के C.O.P. से इकाई (unity) कम होता है। माना वे समान ताप परिसर में कार्य कर रहे हैं।
15. (i) सिद्ध कीजिये कि दिये हुये तापमानों के बीच के कार्य करने वाले Carnot प्रशीतित्र का C.O.P. सबसे अधिकतम होता है।
    (ii) कार्नोट प्रशीतित्र (Carnot refrigerator) में C.O.P. व्यंजक निकालिये और बताइये कि इसमें और कार्नोट ऊष्मा पम्प (Carnot heat pump) के व्यंजक में क्या अन्तर है?
    (iii) प्रशीतित्र (Refrigerator) की परिभाषा दीजिये और इसके कुछ उपयोग दीजिये।

AKC TECHNICAL CLASSES

(iv) एक Reversed Carnot Cycle पर कार्य करने वाली Refrigerating Machine की C.O.P. निकालिये। इस प्रकार की मशीन की क्या परिसीमा है?

(v) एक आदर्श प्रशीतन निकाय (Ideal refrigerating system) की C.O.P. का व्यंजक निकालिये। बतलाइये कि इसका मान कैसे बदलेगा यदि उच्च तथा निम्न तापमान जिनके बीच यह कार्य करता है क्रमश: बढ़ाये और घटाये जायें।

(vi) गर्म तथा ठण्डा करने के लिये कार्नोट चक्र को कैसे प्रयोग किया जा सकता है। ठण्डे चक्र में इसका C.O.P. निकालिये।

(vii) बेल-कोलमन चक्र किस प्रकार कार्य करता है इसकी C.O.P. ज्ञात करें।

(viii) एक रेफ्रीजरेटर की C.O.P. के लिये व्यंजक प्राप्त कीजिये। यह कार्नोट ऊष्मा पम्प (Carnot heat pump) से किस प्रकार भिन्न होता है।

16. (i) एक प्रशीतित्र के C.O.P. तथा ऊष्मा पम्प के C.O.P. को स्पष्ट कीजिये।

(ii) एक प्रशीतित्र –5°C तथा 30°C के तापमान परिसर में कार्य करता है तथा उसके C.O.P. का मान 4 है यदि इसी मशीन को उपर्युक्त ताप परिस से ऊष्मा पम्प के रूप में प्रयुक्त किया जाये तो उसका C.O.P. ज्ञात कीजिये। इस परिसर में काम करने वाले कार्नोट ऊष्मा इंजन की दक्षता भी ज्ञात कीजिये। [उत्तर—5, 20%]

17. किसी प्रशीतन चक्र (Refrigeration cycle) की C.O.P. निकालिये जबकि वह चक्र 0°C व 100°C ताप सीमाओं में कार्य कर रहा हो। [उत्तर—2.73]

18. 20°C पानी से 0°C वाली बर्फ बनायी जाती है। ब्राइन घोल (Brine solution) का तापमान –10°C है प्रशीतन चक्र Ideal Carnot cycle पर आधारित है तो है तो बनने वाली बर्फ प्रति H.P./hour ज्ञात करो। [उत्तर—55.36]

19. एक वायु प्रशीतित्र को 10°C के पानी से 0°C की बर्फ 20 tonnes प्रति 24 घण्टे में बनाने में प्रशीतन करता है। यदि सम्पीडक की सीमायें 30°C व –10°C हैं तो सम्पीडक की अश्वशक्ति ज्ञात कीजिये, मानिये जब (i) चक्र perfect है। (ii) वास्तविक निष्पादन (Actual performance) आदर्श (ideal) की 70% है। बर्फ की गुप्त ऊष्मा 80 kcal/kg है। [उत्तर—18.1, 25.8]

20. एक कार्नोट चक्र प्रशीतन तन्त्र 310 K तथा 210 K तापक्रम की सीमाओं में कार्य करता है तो प्रति कि० वाट ऑवर (kWh) शक्ति से –10°C की कितनी बर्फ 25°C के पानी से उत्पन्न की जा सकती है। बर्फ तथा पानी की विशिष्ट ऊष्मा 2.09 kJ/kg तथा 4.192 kJ/kg-K ली जा सकती है। बर्फ की गुप्त ऊष्मा 335 kJ/kg है।

[उत्तर—बर्फ की उत्पन्न मात्रा 40.633 kg/kWh]

21. निम्न ताप, –40°C का एक क्षेत्र का तापमान रखने के लिये एक कार्नोट प्रशीतित्र को प्रतिटन प्रशीतन के लिए 1.5 kW की आवश्यकता होती है। निम्नलिखित को ज्ञात कीजिये (*I*) कार्नोट प्रशीतित्र का निष्पादन गुणांक (*II*) चक्र के उच्चतर तापमान जब इस युक्ति का ऊष्मा पम्प के रूप में प्रयोग होता है। तब इसकी विसर्जित ऊष्मा तथा C.O.P. की भी गणना कीजिये।

[उत्तर—2.33, 60°C, 300 kJ/min, 3.33]

22. एक प्रशीतित्र reversed carnot cycle पर कार्य कर एक शीतल कक्ष से 100 kcal/minute ऊष्मा निकाल रहा है तथा कक्ष का तापमान –15°C है और उस ऊष्मा को वायु में 30°C पर विसर्जित (discharge) कर रहा है। निम्नलिखित ज्ञात कीजिये—

(i) इस unit को चलाने के लिये आवश्यक अश्व शक्ति।

(ii) C.O.P. [उत्तर—1.67, 5.73]

AKC TECHNICAL CLASSES

23. एक प्रशीतन निकाय, जो कि Carnot cycle पर कार्य करता है, में –40°C का तापमान बनाये रखने के लिये 2 H.P./ton प्रशीतन की आवश्यकता पड़ती हैं। निम्नलिखित ज्ञात करो—

(i) चक्र का निष्पादन गुणांक (C.O.P. of cycle) [उत्तर—2.373]

(ii) सिंक का तापमान [Temperature of sink (hot body)] [उत्तर—58°C]

(iii) प्रतिटन प्रशीतन के लिए निष्कासित ऊष्मा [Heat rejected/ton of refrigeration] [उत्तर—71.08]

यदि cycle को ऊष्मा पम्प (heat pump) की तरह प्रयोग करें तो इसकी C.O.P. तथा दी गई ऊष्मा (heat supplied) ज्ञात कीजिये। [उत्तर—3.3, 3]

24. एक प्रशीतन मशीन की क्षमता 500 ton है जो कि –5°C व 20°C के बीच कार्य करती है, 24 घण्टों 0°C को बनने वाली बर्फ का भार ज्ञात करो। यदि पानी 10°C पर प्रदान किया जाता है। इसके लिये आवश्यक अश्व शक्ति भी ज्ञात करो। माना यह कार्नोट चक्र पर कार्य करती है। [उत्तर—400 tonnes, 221.4]

25. एक perfect reversed heat engine 20°C वाले पानी से –5°C वाली 6.50 kg/hr. बर्फ बनाता है। बर्फ की गुप्त ऊष्मा 336 kJ/hr. है तथा विशिष्ट ऊष्मा 0.5 है तो perfect reversed heat engine की न्यूनतम (least) H.P. ज्ञात कीजिये। [उत्तर—9.85]

26. एक reversed perfect heat engine के द्वारा 20°C वाले पानी से 0°C वाली बर्फ बनायी जाती है। हिममिश्रण (Freezing mixture) का तापमान –12°C है। बर्फ की विशिष्ट ऊष्मा 0.5 व गुप्त ऊष्मा 336 kJ/kg है तो 0°C पर बनने वाली बर्फ की दर kg/hr./I.H.P. ज्ञात कीजिये। [उत्तर—51.56 kg]

27. प्रतिवर्ती कार्नोट चक्र पर कार्यरत एक प्रशीतक (refrigerator) की क्षमता 280 टन है जबकि वह –10°C तथा 25°C ताप सीमाओं के मध्य कार्य करता है। ज्ञात कीजिये—(i) 24 घण्टे में बनने वाली बर्फ की मात्रा यदि पानी 20°C पर भेजा जाता है (ii) न्यूनतम आवश्यक शक्ति (kW में)। [उत्तर—(i) 224.75 टन (ii) 145 kW]

AKC TECHNICAL CLASSES

2

Chapter

वाष्प संपीडन निकाय

(VAPOUR COMPRESSION SYSTEM)

§ 2.1. परिचय (Introduction) :

अधिकतर आधुनिक प्रशीतन संयन्त्र इसी निकाय पर कार्य करते हैं। यह निकाय घरेलू, व्यवसायिक व औद्योगिक इत्यादि सभी उद्देश्यों के लिए उपयोगी है। वाष्प सम्पीडन प्रणाली में वाष्प (vapour) को प्रशीतक (refrigerant) के रूप में प्रयोग किया जाता है, अर्थात् कार्यकारी माध्यम (working medium) वाष्प होता है। वाष्प की अवस्था परिवर्तन सम्भव है, वाष्प से द्रव या द्रव से वाष्प में परिवर्तन किया जा सकता है। वाष्प आसानी से वाष्पीकृत (evaporate) व संघनित (condense) हो जाता है। जब वाष्पीकरण (evaporation) होता है तो यह शीत पिण्ड से अपनी गुप्त ऊष्मा (latent heat) अवशोषित करता है फलस्वरूप यह द्रव से वाष्प में परिवर्तित हो जाता है। संघनन या द्रवीकरण में यह बाह्य गर्म पिण्ड (hot body) को ऊष्मा का निराकरण (reject) करता है जो कि इसे ठण्डा करने के प्रयोग में लाई जा रही है। अत: इस प्रकार का प्रशीतित्र (refrigerator) एक **'गुप्त ऊष्मा पम्प'** (latent heat pump) है जोकि अपनी गुप्त-ऊष्मा शीत पिण्ड से लेकर गर्म पिण्ड को प्रदान करता है। वाष्प सम्पीडन प्रणाली के लाभ वायु प्रशीतन प्रणाली की अपेक्षाकृत अधिक हैं। ये निम्नलिखित हैं—

(1) किसी प्रशीतन क्षमता के लिये छोटा आकार होगा।

(2) निष्पादन गुणांक अधिक होगा क्योंकि चक्र का परिचालन परिवर्ती कार्नोट चक्र के लगभग पास होगा।

(3) मशीन को चलाने के लिये कम अश्व शक्ति की आवश्यकता होगी (दी गई प्रशीतन क्षमता के लिये)

(4) इसका अभिकल्पन (design) व परिचालन (operation) आसान होता है।

वाष्प सम्पीडन प्रशीतन प्रणाली के दोष इसके अभिकल्पन में सुधार कर दूर किये जा सकते हैं जिससे अधिक सुरक्षा रहती है तथा क्षरण (leakage) रोक दिया जा सकता है। ऐसे वाष्प-प्रशीतक प्रयोग में लाये जाते हैं जो नशीले न हों व अज्वलनशील हों। इस प्रणाली में कई वाष्प, प्रशीतक के रूप में काम में लाये जाते हैं, जैसे—NH_3, SO_2, CO_2 और Freon इत्यादि।

§ 2.2. वाष्प सम्पीडन निकाय का सिद्धान्त तथा प्रमुख अंग (Principle and Main Parts of Vapour Compression System) :

सभी वाष्प सम्पीडन निकाय का सिद्धान्त एक ही होता है। प्रस्तुत पाठ्य पुस्तक में अमोनिया (NH_3) वाष्प प्रशीतक का प्रयोग केवल समझाने के उद्देश्य से किया गया है। प्रत्येक प्रकार की वाष्प के लिये विभिन्न सारणी (table) व चार्ट प्रयोग में लाये जाते हैं। वाष्प सम्पीडन प्रशीतन निकाय में मुख्य चार उपकरण काम में लाये जाते हैं जो कि निम्नलिखित हैं—

(1) वाष्पित्र (Evaporator),
(2) सम्पीडक (Compressor),
(3) संघनित्र (Condenser),
(4) प्रसार या अवरोधन वाल्व (Expansion or throttle valve)

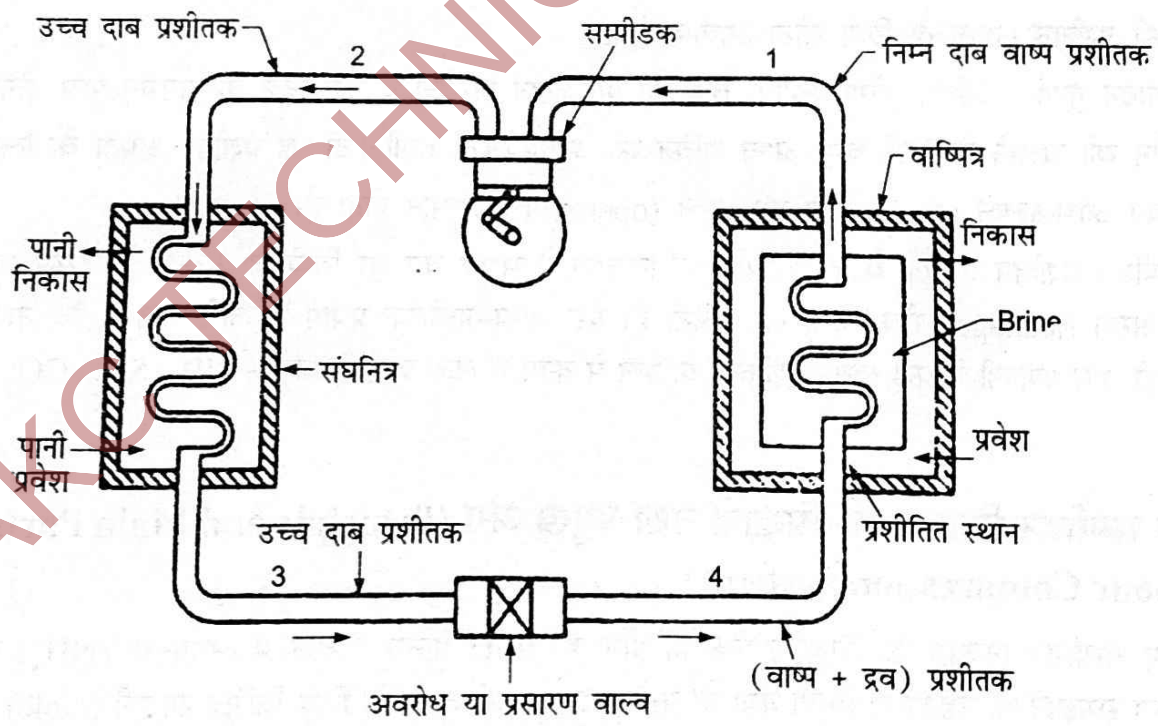
उपरोक्त के अतिरिक्त विसर्जन लाइन, द्रव लाइन, चूषण लाइन भी निकाय का अंग होते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 2.3. मानक वाष्प सम्पीडन चक्र (Standard Vapour Compression Cycle) :

एक वाष्प सम्पीडन निकाय का प्रवाह रेखाचित्र 2.1 में दिखाया गया है। उदाहरण के लिये अमोनिया प्रशीतक को प्रयोग में लाया गया है।

इस प्रणाली का कार्यकारी तरल (working fluid) वाष्प संयन्त्र में ही रहता है, वह बार-बार संचारित किया जाता है। **वाष्पित्र** से नम वाष्प (wet vapours) बिन्दु (1) पर निम्न दाब (low pressure) पर निकाल कर सम्पीडक में प्रवेश करते हैं। सिद्धान्त रूप में **सम्पीडक** में समएन्ट्रोपी सम्पीडन (Isentropic compression) होता है। फलस्वरूप दाब व तापमान दोनों ही उच्च हो जाते हैं। इस प्रकार वाष्प शुष्क व संतृप्त (dry and saturated) उच्च तापमान व दाब पर वाष्प संघनित्र में प्रवेश करते हैं। यहाँ पर स्थिर दाब पर संघनन (condensation) होता है तथा इस प्रक्रिया में यह अपनी गुप्त ऊष्मा का शीतलन माध्यम पानी को निराकरण (reject) कर देते हैं। फलस्वरूप वाष्प द्रव में परिवर्तित हो जाते हैं। अब संतृप्त द्रव बिन्दु (3) पर 'प्रसार' यह अवरोध वाल्व में प्रवेश करता है। यहाँ एक बहुत छोटे छिद्र से उच्च दाब पर संतृप्त द्रव का अप्रतिक्रम्य (irreversible) प्रसार होता है। इस प्रकार अवरोध (throttling) से दाब व तापमान पहले की अपेक्षा निम्न (low) हो जाते हैं। इस प्रकार इसका यहाँ आंशिक वाष्पीकरण प्रारम्भ हो जाता है। अब प्रसार या अवरोध वाल्व से बहुत नम वाष्प (wet vapours) निम्न तापमान (low temperature) पर निकलते हैं। [यह तापमान 0°C से बहुत कम होगा, (लगभग – 10°C)], बिन्दु (4) पर ये अधिक नम वाष्प, वाष्पित पाइपों में प्रवेश करते हैं जो कि नमक के घोल (brine) में डूबे रहते हैं, 'अधिक नम वाष्प' का तापमान नमक के घोल (brine) के तापमान से कम होता है अत: इस कारण वाष्पीकरण क्रिया प्रारम्भ हो जाती है। नम वाष्प में उपस्थित द्रव अंश सम्पूर्ण वाष्प में परिवर्तित हो जाता है। वाष्पीकरण में यह अपनी गुप्त ऊष्मा शीत पिण्ड (cold body) से अवशोषित करता है, फलस्वरूप प्रशीतन प्रभाव होता है। अब वाष्पित्र से वाष्प शुष्क व संतृप्त अवस्था में निकलता है। इस प्रकार चक्र चलता रहता है।



चित्र 2.1—मानक वाष्प सम्पीडन चक्र

§ 2.4. वाष्प सम्पीडन प्रशीतन में ताप-एन्ट्रोपी (T-ϕ) व परमदाब-एन्थाल्पी (P-H) चार्टों का उपयोग (Use of T-ϕ and P-H Charts in Vapour Compression Refrigeration System) :

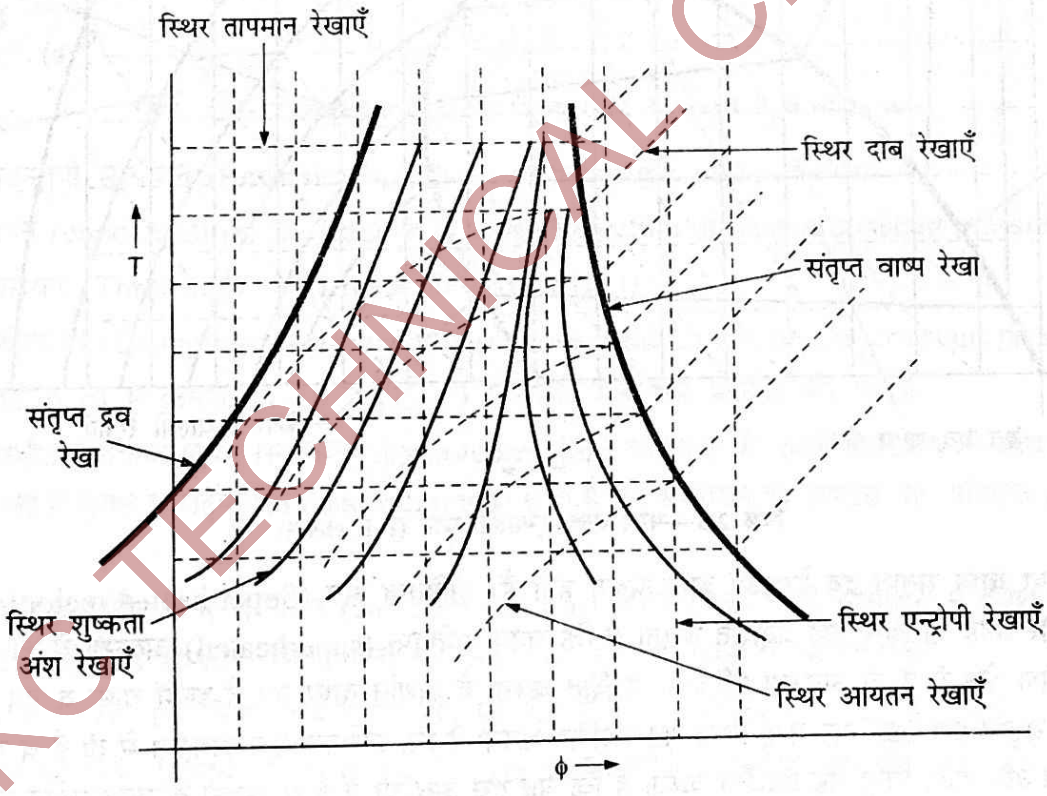
वाष्प सम्पीडन चक्र का अच्छी प्रकार से ज्ञान प्राप्त करने के लिये यह आवश्यक है कि विभिन्न प्रक्रियाओं से ज्ञान, जिनसे मिलकर चक्र बनता है, के साथ-साथ विभिन्न प्रक्रियाओं में परस्पर सम्बन्ध का ज्ञान होना चाहिये। किसी प्रक्रिया में

AKTECHNICAL CLASSES

परिवर्तन से उसका दूसरी प्रक्रियाओं पर क्या प्रभाव पड़ेगा, इसका विश्लेषण विभिन्न चार्टों व रेखाचित्रों से किया जा सकता है जिन पर चक्र को रेखा चित्र द्वारा graphically प्रदर्शित किया जा सकता है। (*P–H*) चार्ट व (*T*–ϕ) diagram वाष्प सम्पीडन चक्र के विश्लेषण के लिये उपयोग में लाये जा सकते हैं।

(A) तापमान एन्ट्रोपी चार्ट (*T*–ϕ) Chart

वाष्प सम्पीडन प्रणाली में कार्यकारी तरल (working fluid) का अवस्था परिवर्तन होता है अर्थात् वाष्प से द्रव में द्रव से वाष्प में अवस्था परिवर्तन से कार्यकारी माध्यम वाष्प का अवस्था परिवर्तन होता है। इस प्रकार विभिन्न गुणों का परिवर्तन होता है। इसके लिये एक आलेखन किया जाता है जिसके आधार पर एन्ट्रोपी व कोटि (ordinate) पर परम तापमान प्रदर्शित किये जाते हैं, इसे परम-तापमान-एन्ट्रोपी (*T*–ϕ) चार्ट कहा जाता है। इस चार्ट पर संतृप्त वाष्प रेखा (saturated vapour line), संतृप्त द्रव रेखा (saturated liquid line), स्थिर एन्ट्रोपी, स्थिर तापमान, स्थिर दाब पर और शुष्कता अंश (dryness factor) रेखायें होती हैं। इस प्रकार विभिन्न तापमान, स्थिर दाब पर वाष्प या द्रव की एन्ट्रोपी (entropy) प्रदर्शित होती है। यह चित्र 5.2 में दिखाया गया है। *T*–ϕ चार्ट केवल गणनायें करने के उपयोग में आता है, प्रशीतन संयन्त्रों के अभिकल्पन में नहीं।



चित्र 2.2—तापमान-एन्ट्रोपी चार्ट (*T*–ϕ chart)

(B) परम दाब-एन्थाल्पी चार्ट (*P–H* Chart)

यह चित्र 2.3 में दिखाया गया है। इसमें आधार पर एन्थाल्पी (enthalpy) व 'कोटि' (ordinate) पर परम दाब (absolute pressure) प्रदर्शित किये जाते हैं। प्रशीतक की किसी भी ऊष्मागतिकी अवस्था में चार्ट पर एक बिन्दु द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है। इस प्रकार प्रदर्शित करने के लिये प्रशीतक के दो गुण ज्ञात होने चाहिये। इस बिन्दु को *P–H* चार्ट पर स्थापित करने के उपरान्त उस दिशा के लिये प्रशीतक के अन्य गुण सीधे (directly) चार्ट द्वारा ज्ञात किये जा सकते हैं। प्रत्येक प्रशीतक (refrigerant) के लिये *P–H* चार्ट अलग-अलग होंगे, जैसे—अमोनिया (NH_3) प्रशीतक के लिये व F_{-12} प्रशीतक के लिये *P–H* चार्ट अलग-अलग होंगे। यह आगे चलकर विभिन्न प्रश्न हल करने से स्पष्ट हो जायेगा।

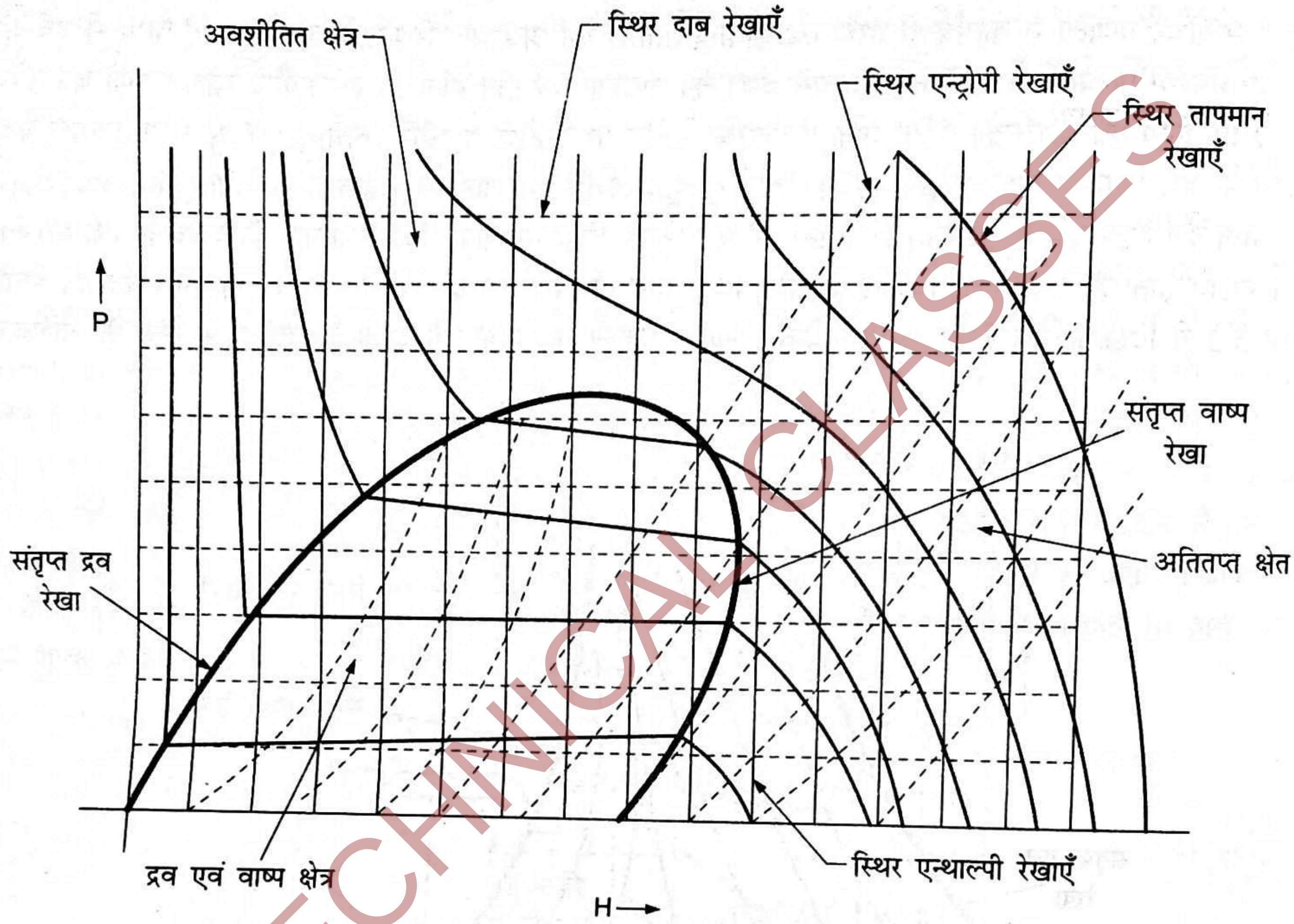
AKG TECHNICAL CLASSES

P–H चार्ट के मुख्य तीन भाग हैं–

(1) अतितप्त क्षेत्र (Superheated region)

(2) वाष्प व द्रव का मिश्रित क्षेत्र (Vapour-liquid mixture region)

(3) अवशीतित क्षेत्र (Subcooled region)



चित्र 2.3—परम दाब-एन्थाल्पी चार्ट (P-H chart)

ये क्षेत्र संतृप्त वाष्प संतृप्त द्रव रेखाओं द्वारा अलग होते हैं। अतितप्त क्षेत्र (Super heated region) में संतृप्त वाष्प रेखा के दायीं ओर कोई भी बिन्दु यह प्रदर्शित करता है कि वाष्प अतितप्त (superheated) अवस्था में है। यदि कोई बिन्दु वाष्प व द्रव मिश्रण क्षेत्र में है तो अवस्था परिवर्तन प्रदर्शित करता है अर्थात् वाष्प नम है इसमें वाष्प व द्रव दोनों अवस्थायें प्रदर्शित होती हैं। संतृप्त द्रव रेखा' पर कोई बिन्दु यह प्रदर्शित करता है कि प्रशीतक द्रव अवस्था में ही है व संतृप्त है। संतृप्त द्रव रेखा के बायीं ओर कोई बिन्दु यह प्रदर्शित करता है कि यह द्रव अवस्था में है व इसका तापमान संतृप्त ताप (saturated temperature) से कम है अर्थात् यह अवशीतित (subcooled) क्षेत्र में है।

इस चार्ट पर स्थिर दाब, स्थिर तापमान, स्थिर एन्ट्रोपी, स्थिर एन्थाल्पी, शुष्कता अंश (dryness fraction) व विशिष्ट आयतन (specific volume) रेखायें होती हैं।

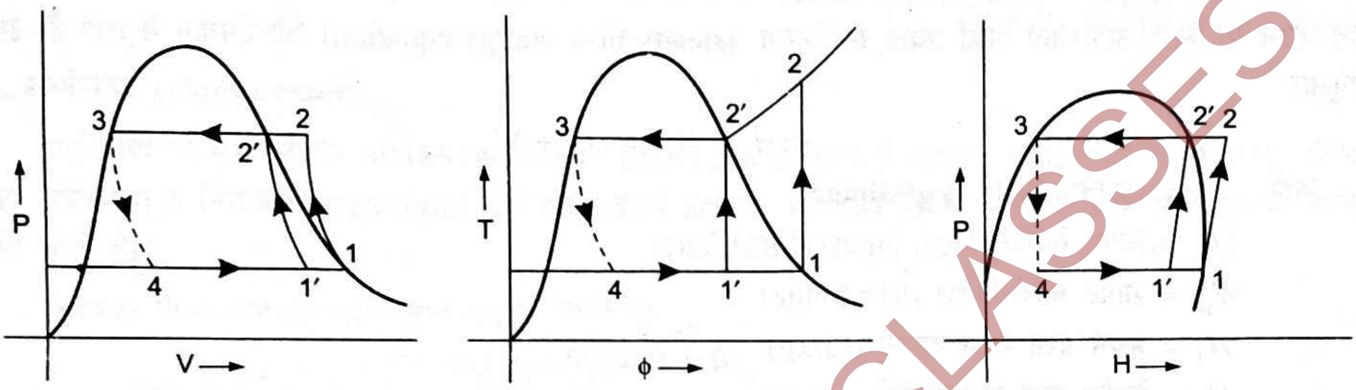
वाष्प सम्पीडन प्रणाली में विभिन्न प्रक्रियाओं में अपरिवर्ती प्रवाह ऊर्जा समीकरण का उपयोग किया जाता है जिसमें विभिन्न स्थानों पर एन्थाल्पी का मान ज्ञात होना चाहिये। अत: वाष्प सम्पीडन प्रणाली का विश्लेषण *P–H* चार्ट के द्वारा आसानी के साथ किया जा सकता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 2.5. सैद्धान्तिक वाष्प सम्पीडन चक्र (Theoretical Vapour Compression Cycle) :

पहले चित्र 2.1 में साधारण वाष्प सम्पीडन प्रशीतन का उपकरण प्रबन्ध प्रदर्शित किया गया है। इसमें दाब को निम्न (low) करने के लिये पिस्टन व सिलिण्डर के स्थान पर प्रसार या अवरोध वाल्व का प्रयोग किया जाता है।

चित्र 2.4 में सैद्धान्तिक वाष्प सम्पीडन चक्र प्रदर्शित किया गया है। यह रेनकाईन चक्र (Rankine cycle) का दूसरा रूप है। इनको क्रमशः $P-V$, $T-\phi$ और $(P-H)$ चार्ट पर प्रदर्शित किया गया है। एक सैद्धान्तिक चक्र में चार प्रक्रियायें होती हैं।



(a) (b) (c)

चित्र 2.4—Theoretical V.C. cycle on P–V, $T-\phi$ and P–H diagram

(1-2) समएन्ट्रोपी सम्पीडन (Reversible adiabatic or Isentropic compression)

(2-3) संघनन (condensation) (Reversible process-Rejection of heat at constant pressure)

(3-4) अवरोधन (Throttling) या (Irreversible expansion)

(4-1) वाष्पीकरण (Evaporation)-(Reversible process–Addition of heat at constant pressure)

चित्र 2.4 (a, b, c) में क्रमशः (1–2) व (1′–2′) सम्पीडन प्रक्रियायें प्रदर्शित की गई है।

"(1–2) सम्पीडन प्रक्रिया शुष्क सम्पीडन (dry compression) कहलाती है। इसमें सम्पीडक में प्रवेश करने से पहले चार्ज प्रारम्भिक रूप में शुष्क व संतृप्त (dry and saturated) होता है एवं सम्पीडन के उपरान्त यह अतितप्त (superheated) क्षेत्र में होगा।"

"1′–2′ सम्पीडन प्रक्रिया नम सम्पीडन (wet compression) कहलाती है। इसमें सम्पीडन में प्रवेश से पूर्व 'वाष्प + द्रव मिश्रण' क्षेत्र में होगा व सम्पीडन के उपरान्त यह सैद्धान्तिक रूप से शुष्क व संतृप्त होगा।"

वाष्पीकरण व संघनन प्रायः स्थिर दाब व तापमान पर होते हैं जोकि क्रमशः 4-1 व 2-3 प्रक्रिया से दिखाये गये हैं।

नम या शुष्क सम्पीडन के लिये प्रक्रिया के एक सिरे (end) की स्थिति पूरी तरह ज्ञात नहीं होती। उस सिरे पर प्रशीतक के लिये आवश्यक गुण प्राप्त करने हेतु इसे हल (solve) किया जाना चाहिये। उदाहरण के लिये नम सम्पीडन (wet compression) में अन्तिम अवस्था में वाष्प एवं संतृप्त व उच्च दाब पर होती है। अर्थात् सम्पीडन के पश्चात् बिन्दु 2′ संतृप्त रेखा पर होगा व 1′ Mixture region में होगा तथा यह सम्पीडन स्थिर एन्ट्रोपी पर होता है। इससे प्रारम्भिक अवस्था में पता लगा लेते हैं।

यदि सैद्धान्तिक वाष्प सम्पीडन चक्र की तुलना कार्नोट से करें तो ज्ञात होता है कि सैद्धान्तिक वाष्प सम्पीडन चक्र के लिये किया गया कार्य अधिक है जब कि उसका प्रशीतन प्रभाव कार्नोट चक्र के प्रशीतन प्रभाव से कम है। अतः सैद्धान्तिक वाष्प चक्र का कार्य-गुणांक कार्नोट के कार्य-गुणांक से कम होना चाहिये। शुष्क सम्पीडन (dry compression) के नम सम्पीडन (wet compression) की अपेक्षा अधिक लाभ हैं। एक यह है कि सम्पीडक में द्रव की बूंदें आने की सम्भावना

AKC TECHNICAL CLASSES

कम हो जाती है तथा इसमें पिस्टन द्वारा चली गई दूरी इससे थोड़ी कम रहती है। नम सम्पीडन (wet compression) को निष्पादन गुणांक अधिक होते हुये भी इसको संस्तुत (recommend) नहीं किया जाता।

§ 2.6. वाष्प सम्पीडन चक्र का विश्लेषण (Analysis of Vapour Compression Cycle) :

वाष्प सम्पीडन में प्रयुक्त विभिन्न अंगों, (i) संघनित्र (Condenser) (ii) वाष्पित्र (evaporator), (iii) प्रसारक या अवरोधक वाल्व (expansion or throttle valve), (iv) सम्पीडक (compressor), की ऊष्मा-गतिकी कार्यशीलता को ज्ञात करने के लिये 'अपरिवर्ती ऊर्जा प्रवाह समीकरण' (steady flow energy equation) को उपयोग में लाते हैं। इसके अनुसार,

$$w(H_2 - H_1) = Q_{in} + W_{in}$$

जहाँ w = प्रशीतक प्रवाह (kg/Minute)

Q_{in} = ऊष्मा निवेश (Heat input) (kJ/Minute)

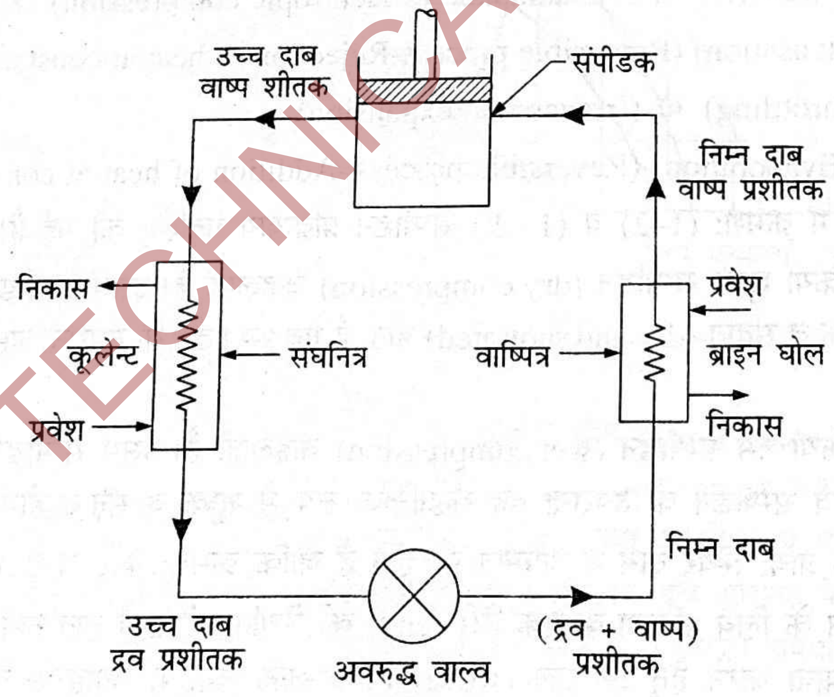
W_{in} = शाफ्ट कार्य निवेश (kJ/Minute)

H_1 = प्रथम दशा में एल्थाल्पी (kJ/kg)

H_2 = द्वितीय दशा में एन्थाल्पी (kJ/kg)

चित्र 2.5 में वाष्प सम्पीडन चक्र का रेखाचित्र (line diagram) दिखाया गया है।

माना बिन्दु 1, 2, 3 व 4 एन्थाल्पी क्रमश: H_1, H_2, H_3 व H_4 हैं।



चित्र 2.5—मानक वाष्प सम्पीडन प्रशीतन तंत्र

1. संघनित्र (Condenser)

इस अंग के द्वारा कोई कार्य नहीं किया जाता। इसमें शीतक (coolant) के द्वारा प्रशीतक (refrigerant) की ऊष्मा निराकरण (reject) की जाती है। इस कारण प्रशीतक की एन्थाल्पी संघनन (condensation) के उपरान्त घट जाती है।

स्थिर प्रवाह ऊर्जा समीकरण (Steady flow energy equation) प्रयोग करने पर,

$$w(H_2 - H_3) = Q_{rejected} + 0 \qquad (\therefore H_2 > H_3)$$

∴ निष्कासित (Reject) की गई ऊष्मा $Q_{rej} + w(H_2 - H_3)$ kJ/min. ..(1)

2. वाष्पित्र (Evaporator)

इस अंग के द्वारा भी कोई कार्य नहीं होता। इस प्रक्रिया में प्रशीतक (refrigerant) के द्वारा ऊष्मा अवशोषित की जाती है जिस कारण प्रशीतन का प्रभाव होता है। इस प्रकार प्रशीतक की एन्थाल्पी बढ़ जाती है।

Steady flow energy equation apply करने पर,

अवशोषित की गई ऊष्मा, $Q_{in} = w(H_1 - H_4) = w(H_1 - H_3)$ kJ/min. ...(2)

($\because H_3 = H_4$ for Throttling Process)

3. सम्पीडक (Compressor)

यहाँ वाष्प का समएन्ट्रोपित सम्पीडन (Isentropic compression) होता है अर्थात् इस प्रक्रिया में किसी प्रकार की ऊष्मा का अवशोषण व निराकरण (rejection) नहीं होता। इसमें प्रशीतक पर कार्य किया जाता है। इसमें प्रशीतक की एन्थाल्पी बढ़ जाती है।

Steady flow energy equation apply करने पर

$$w(H_2 - H_1) = 0 + W_{in}$$

$$\therefore \quad W_{in} = w(H_2 - H_1) \text{ kJ/min.} \qquad ...(3)$$

4. अवरोधन (Throttling)

इसमें कोई कार्य नहीं किया जाता है तथा ऊष्मा का आदान-प्रदान भी नहीं होता है। इसमें प्रशीतक की एन्थाल्पी स्थिर रहती है।

Steady flow energy equation apply करने पर

$$w(H_3 - H_4) = 0 + 0$$

$$H_3 = H_4$$

5. प्रतिटन प्रशीतन क्षमता के लिये प्रति मिनट प्रशीतक प्रवाह

प्रशीतन चक्र के अनुसार, कुल प्रशीतन प्रभाव या अवशोषित ऊष्मा

$$= w(H_1 - H_3) \text{ kJ/min.}$$

हम जानते हैं कि एक टन प्रशीतन प्रभाव के लिये अवशोषित ऊष्मा

$$= 210 \text{ kJ/min.}$$

$$\therefore \quad w(H_1 - H_3) = 210$$

$\therefore$ प्रति मिनट प्रवाहित प्रशीतक की मात्रा

$$w = \frac{210}{(H_1 - H_3)} \text{ kJ/min.}$$

6. संघनित्र में कूलेण्ट प्रवाह की मात्रा प्रति मिनट प्रतिटन

संघनन हेतु परित्याग की गयी ऊष्मा की कुल मात्रा = $w(H_2 - H_3)$ kJ/min.

यदि कूलेण्ट जल है तो जल द्वारा अवशोषित ऊष्मा = $mC_p(t_2 - t_1)$

AKC TECHNICAL CLASSES

जहाँ m = जल की मात्रा kg/min. में,

t_1, t_2 = जल का प्रवेश तथा निकास पर ताप

C_p = जल की विशिष्ट ऊष्मा

∵ दी गयी ऊष्मा = ली गयी ऊष्मा

$$\therefore \quad w(H_2 - H_3) = mC_p(t_2 - t_1)$$

$$\therefore \quad m = \frac{w(H_2 - H_3)}{C_p(t_2 - t_1)} \text{ kg/min.}$$

7. प्रतिटन क्षमता के लिए आवश्यक शक्ति

सम्पीडन में किया गया कार्य प्रति मिनट = $w(H_2 - H_1)$ kJ

$$\therefore \quad \text{किया गया कार्य प्रति सेकण्ड} = w\frac{(H_2 - H_1)}{60} \text{ kJ/sec or kW}$$

$$\therefore \quad \textbf{आवश्यक शक्ति} = \frac{w.(H_2 - H_1)}{60} \text{ kW}$$

अत: इस प्रकार वाष्प सम्पीडन प्रणाली के विश्लेषण के लिये प्रत्येक अंग या उपकरण (equipment) के प्रवेश व निकास पर एन्थाल्पी के मान ज्ञात होने चाहियें। इसके लिये विभिन्न उपकरणों के बीच ऊष्मा व दाब की पाइप हानियाँ (pipe losses) को नगण्य मानकर, किसी उपकरण के प्रवेश व निकास पर एन्थाल्पी के मान ज्ञात होने चाहियें जो कि निम्नलिखित हैं—

H_1 = सम्पीडक के प्रवेश या वाष्पित्र में निकास पर एन्थाल्पी है।

H_2 = सम्पीडक के निकास या संघनित्र में प्रवेश पर एन्थाल्पी है।

H_3 = संघनित्र के निकास या अवरोधन वाल्व (throttle valve) के प्रवेश पर एन्थाल्पी

H_4 = अवरोधन वाल्व के निकास पर एन्थाल्पी

सैद्धान्तिक वाष्प सम्पीडन चक्र को ध्यानपूर्वक देखने से ज्ञात होता है कि सम्पीडक के निकास पर उच्च दाब अवरोध वाल्व में प्रवेश तक है तथा चूषण दाब (Suction pressure) जो कि निम्न दाब है, अवरोध वाल्व के निकास तथा सम्पीडक के प्रवेश तक समान रहता है अत: पूरी प्रणाली को दो भागों में उच्च दाब क्षेत्र (High Pressure side) व निम्न दाब क्षेत्र (Low pressure side) में बाँटा जा सकता है।

§ 2.7. वाष्प सम्पीडन की विभिन्न दशाओं के लिये निष्पादन गुणांक (C.O.P. for Various Conditions of Vapour Compression) :

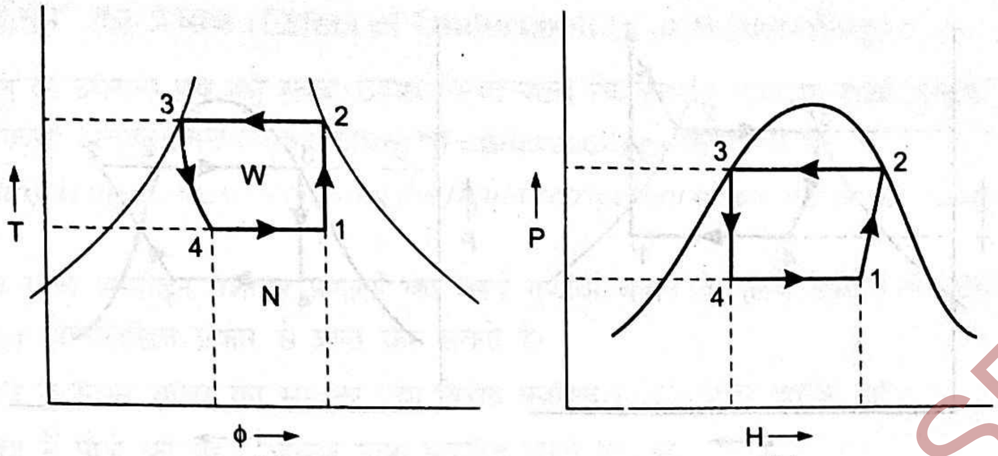
प्रथम दशा—नम सम्पीडन (Wet compression) के लिये—यह चित्र 2.6(a) व (b) में प्रदर्शित किया गया है। इसमें सम्पीडन के उपरान्त वाष्प शुष्क व संतृप्त है। यदि दाब सीमायें दी गई हो तो बिन्दु (2) की स्थिति ज्ञात की जा सकती है। बिन्दु (1) के लिये बिन्दु (2) से स्थिर एन्ट्रोपी रेखा नीचे की ओर खींची जाती है देखें चित्र 2.6(a) जहाँ यह निम्न दाब रेखा को काटती है, वहाँ बिन्दु (1) प्राप्त हो जाता है।

(P–H) चार्ट से—

किया गया कार्य, $W = H_2 - H_1$ kJ/kg

प्रशीतन प्रभाव, $N = H_1 - H_4$ kJ/kg

AKC TECHNICAL CLASSES



(a) (b)

चित्र 2.6

$$\text{C.O.P.} = \frac{N}{W}$$

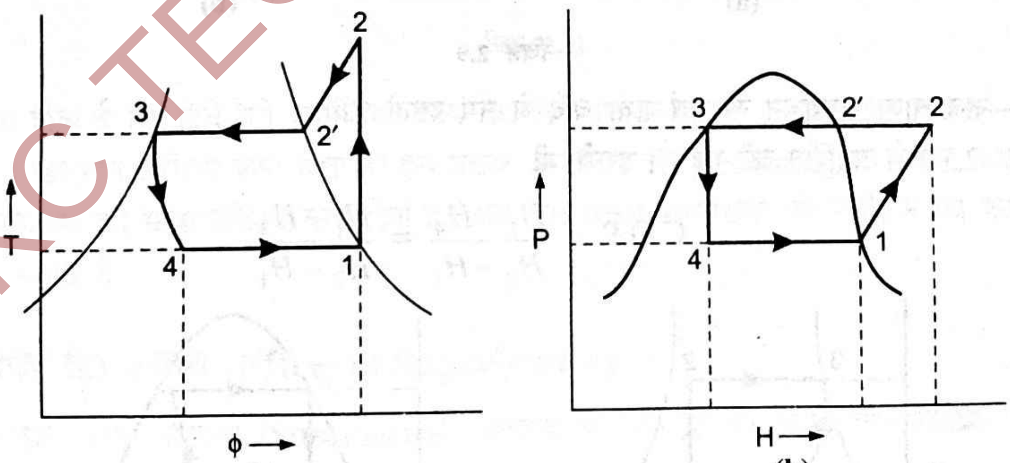
$$\text{C.O.P.} = \frac{H_1 - H_4}{H_2 - H_1} = \frac{H_1 - H_3}{H_2 - H_1}$$

संघनित्र द्वारा त्याग की गई ऊष्मा (Heat rejected through condenser) = $(H_2 - H_3)$ kJ/kg

द्वितीय दशा—शुष्क सम्पीडन (Dry Compression) के लिये—इस पर आधारित चक्र, साधारण संतृप्त चक्र (Simple saturated cycle) कहा जाता है। प्रारम्भ में बिन्दु (1) संतृप्त वाष्प रेखा पर निम्न दाब पर है। अब सम्पीडन के उपरान्त वाष्प अतितप्त क्षेत्र (super heated) है, अर्थात् (1–2) पूरी तरह अतितप्त क्षेत्र (super heated region) में है। शुष्क संपीडन (Dry-compression) कहा जाता है। यह चित्र 2.7 में दिखाया गया है। 2–2′ Desuper-heating है।

$$\text{C.O.P.} = \frac{N}{W} = \frac{H_1 - H_4}{H_2 - H_1} = \frac{H_1 - H_3}{H_2 - H_1}$$

पहले इसमें 2–2′ स्थिर दाब पर संतृप्त द्रव तापमान तक ठण्डा किया जाता है फिर 2′–3 संघनन किया जाता है।



(a) (b)

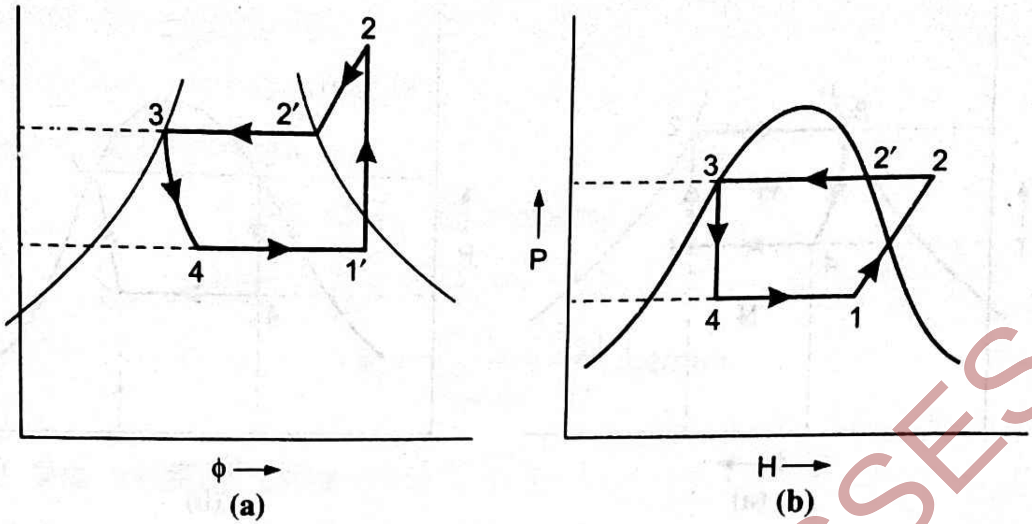
चित्र 2.7

तृतीय दशा—जब वाष्प प्रारम्भ में नम तथा सम्पीडन के उपरान्त अतितप्त (super heated) हो।

यह दशा चित्र 2.8 में दिखायी है। इस दशा में,

$$\text{C.O.P.} = \frac{H_1 - H_4}{H_2 - H_1} = \frac{H_1 - H_3}{H_2 - H_1}$$

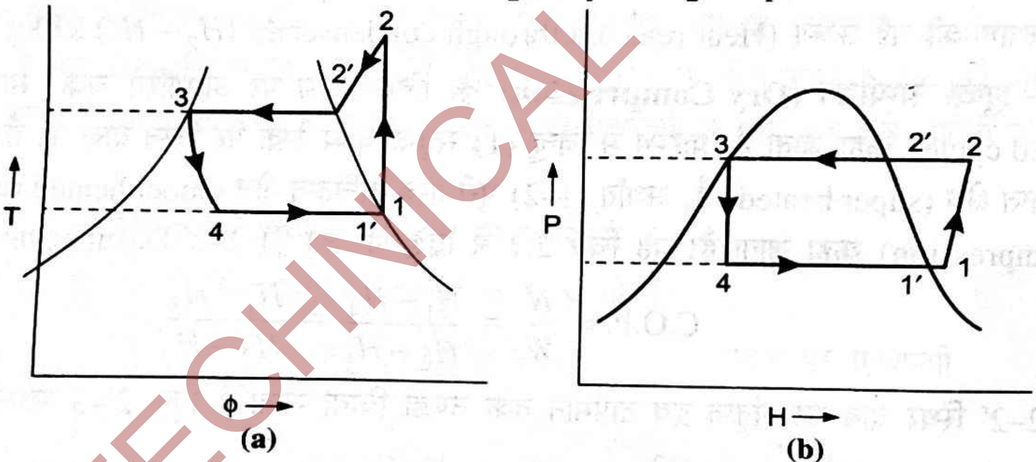
AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 2.8

चतुर्थ दशा—जब वाष्प सम्पीडक के चूषण (suction) पर अतितप्त (super heated) है। यह दशा चित्र 2.9 में प्रदर्शित की गई है। इस दशा में,

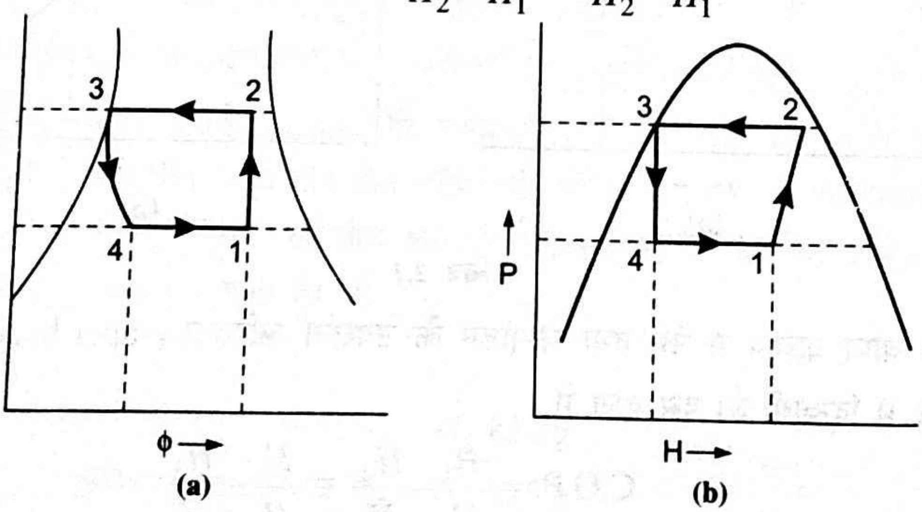
$$\text{C.O.P.} = \frac{H_1 - H_4}{H_2 - H_1} = \frac{H_1 - H_3}{H_2 - H_1}$$



चित्र 2.9

पंचम दशा—जब वाष्प सम्पीडन के पूर्व तथा बाद में नम रहती है। यह दशा चित्र 2.10 में प्रदर्शित की गई है। इसमें भी

$$\text{C.O.P.} = \frac{H_1 - H_4}{H_2 - H_1} = \frac{H_1 - H_3}{H_2 - H_1}$$



चित्र 2.10

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 2.8. 'अवशीतन' का प्रभाव (Effect of Undercooling or Subcooling) :

यदि संघनन के उपरान्त द्रव को इतना ठण्डा किया जाये कि इसका तापमान इसके संतृप्त तापमान से कम हो जाये तो यह प्रक्रिया अवशीतलन (subcooling या undercooling) कहलाती है।

"Subcooling is the process of cooling the liquid refrigerant below the condensing temperature for a given pressure."

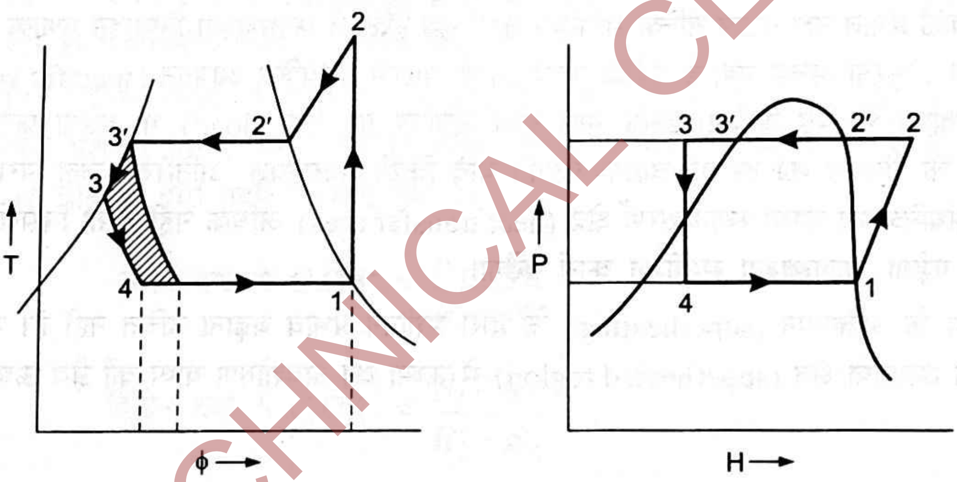
यह प्रक्रिया वाष्प सम्पीडन प्रशीतन प्रणाली का कार्य गुणांक बढ़ाने के लिये उपयोग में लायी जाती है। अवशीतन (undercooling) निम्नलिखित प्रकार से प्राप्त कर सकते हैं—

(1) संघनित्र व प्रसार वाल्व का सम्बन्ध एक विशेष क्वॉइल (coil) द्वारा करके, या

(2) संघनित्र में पानी की बहुत अधिक मात्रा प्रवाहित करने पर, या

(3) मुख्य प्रवाहित पानी से अधिक ठण्डा पानी उपयोग में लाने से।

अत: यह क्रिया संतृप्त द्रव रेखा (saturated liquid line) पर होती है। जैसा कि चित्र 2.11 में दिखाया गया है। 3′–3 अवशीतलन (undercooling) दिखाया गया है।



(a) (b)

चित्र 2.11

चित्र से ज्ञात होता है कि दिये गये सम्पीडक कार्य के लिये प्रशीतन प्रभाव (R.E.) बढ़ जाता है, फलस्वरूप निष्पादन गुणांक (C.O.P.) का मान अधिक प्राप्त होता है। इस प्रकार अवशीतलन (subcooling) में संतृप्त चक्र की अपेक्षा संचारित (circulated) प्रशीतक की मात्रा प्रतिटन कम होती है। अत: इस प्रकार सम्पीडक को प्रशीतक का कम आयतन प्रति मिनट सम्पीडित करना पड़ता है।

§ 2.9. अतितापन का प्रभाव (Effect of Superheating) :

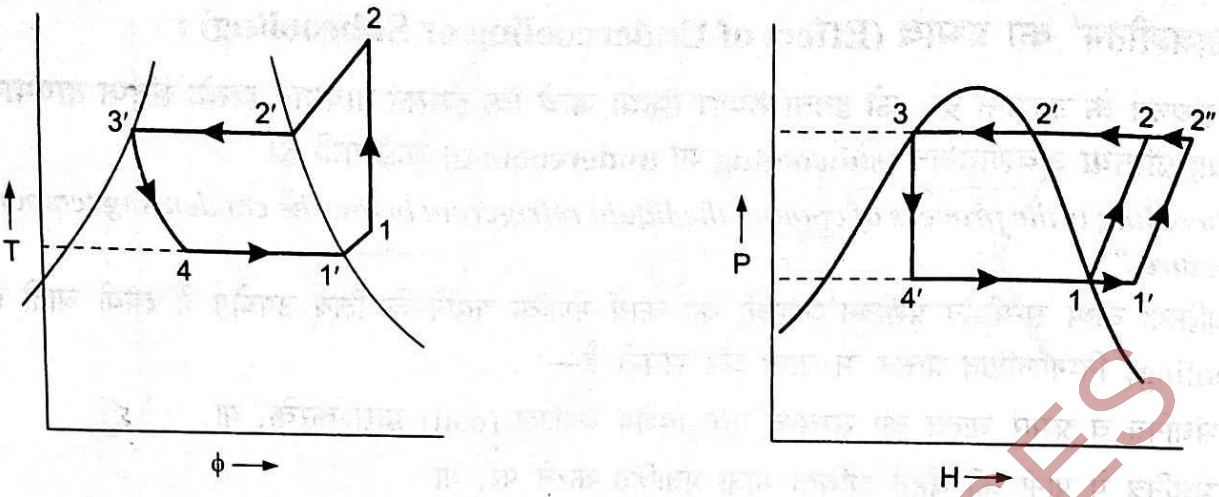
वाष्पित्र के बाद वाष्प अतितप्त (Superheated) अवस्था में निकलता है। इसके निम्नलिखित कारण हैं—

(1) प्रशीतक के प्रवाह पर प्रसार वाल्व का स्वचालित नियन्त्रण (automatic control)।

इसके कारण वाष्पित्र से निकलने वाला प्रशीतक अतितप्त (superheated) होता है। इस प्रकार प्रशीतन प्रभाव (refrigerating effect) बढ़ जाता है जैसाकि चित्र 2.12 में दिखाया गया है।

(2) ठण्डा किये गये स्थान (cooled space) में उपस्थित पाइप लाइन में, वाष्पित के निकास के तुरन्त पश्चात् वाष्प की अतितप्ता (superheat) ग्रहण करना। इससे प्रशीतन प्रभाव बढ़ जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES



(a) (b)

चित्र 2.12

(3) ठण्डा हुए स्थान से बाहर उपस्थित पाइप लाइन से वाष्प द्वारा अतितप्ता (superheat) का ग्रहण करना। इससे प्रशीतन प्रभाव पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता बल्कि सम्पीडन कार्य बढ़ जाता है फलस्वरूप निष्पादन गुणांक घटता है। इस प्रकार वाष्प द्वारा ऊष्मा ग्रहण करना अच्छा नहीं है क्योंकि सम्पीडन के प्रारम्भ में विशिष्ट आयतन (specific volume) बढ़ जायेगा जिससे पिस्टन विस्थापन भी बढ़ जायेगा। इनके साथ-साथ संघनित्र पर लोड (load) भी बढेगा फलस्वरूप शीतल जल (cooling water) के संचरण की दर भी बढ़ानी पड़ेगी। यदि किसी कारणवश 'अतिरिक्त जल संचरण की दर' बढ़ाना सम्भव नहीं है या संघनित्र का ऊष्मा स्थानान्तरण क्षेत्र (heat transfer area) अधिक नहीं है तो विसर्जन दाब (discharge pressure) बढ़ाना पड़ेगा, फलस्वरूप सम्पीडन कार्य बढ़ेगा।

निष्कर्ष—वाष्प के अतितापन (superheating) के द्वारा प्रशीतन प्रभाव बढ़ाना उचित नहीं है। उससे सम्पीडन कार्य बढ़ जाता है क्योंकि अतितप्त क्षेत्र (superheated region) में ऊष्मा का अवशोषण वाष्प की ज्ञेय ऊष्मा (sensible heat) के द्वारा होता है।

§ 2.10. तापमान व दाब का निष्पादन गुणांक पर प्रभाव (Effect of Temperature and Pressure on C.O.P.) :

(i) चूषण दाब व विसर्जन दाब का निष्पादन गुणांक पर प्रभाव (Effect of Suction and Delivery Pressure on C.O.P.)

यदि वाष्प सम्पीडन प्रशीतन प्रणाली में चूषण दाब (suction pressure) कम कर दिया जाये तो प्रशीतन प्रभाव कम हो जाता है तथा सम्पीडन कार्य बढ़ जाता है। फलस्वरूप प्रशीतन निकाय का निष्पादन गुणांक घट जाता है। यह मान लिया जाये कि प्रशीतक के प्रवाह की दर समान है तो नेट प्रभाव यह होगा कि निकाय की प्रशीतन क्षमता घट जाती है अर्थात् इस निकाय का परिचालन व्यय (operating cost) बढ़ जाता है। यह चित्र 2.13(a) में *P-H* चार्ट द्वारा समझा जा सकता है।

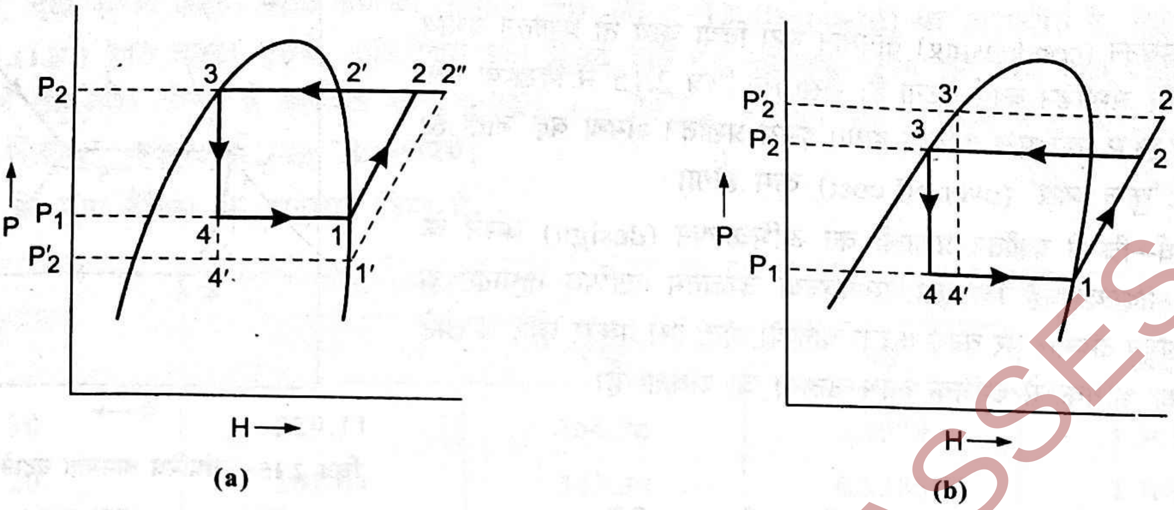
चक्र 1–2–2′–3–4 में,

$$\text{C.O.P.} = \frac{H_1 - H_4}{H_2 - H_1}$$

अब चूषण दाब P_1 से घटाकर P_1' कर दिया गया है तथा चक्र 1′–2″–2′–3–4′ हो जाता है अब

$$\text{C.O.P.} = \frac{H_1' - H_4'}{H_2'' - H_1'}$$ (यदि विसर्जन दाब पहले जैसा है)

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 2.13

प्रथम दशा में चक्र व द्वितीय दशा में चक्र की तुलना से यह स्पष्ट हो जाता है कि प्रशीतन प्रभाव कम हो रहा है व सम्पीडन कार्य बढ़ रहा है। फलस्वरूप निष्पादन गुणांक घट जाता है।

यदि वाष्प सम्पीडन प्रशीतन निकाय में विसर्जन दाब बढ़ा दिया जाये तो भी वही प्रभाव पड़ता है जो कि चूषण दाब घटने से होता है अर्थात् प्रशीतन प्रभाव कम, सम्पीडन कार्य अधिक व निष्पादन गुणांक (C.O.P.) कम हो जाते हैं। चित्र 2.13(b) में *P-H* चार्ट के द्वारा प्रदर्शित किया गया है।

$$\text{प्रथम दशा में C.O.P.} = \frac{H_1 - H_4}{H_2 - H_1}$$

$$\text{द्वितीय दशा में C.O.P.} = \frac{H_1 - H'_4}{H'_2 - H_1}$$

$$H_1 - H'_4 < H_1 - H_4$$

और

$$H'_2 - H_1 > H_2 - H_1$$

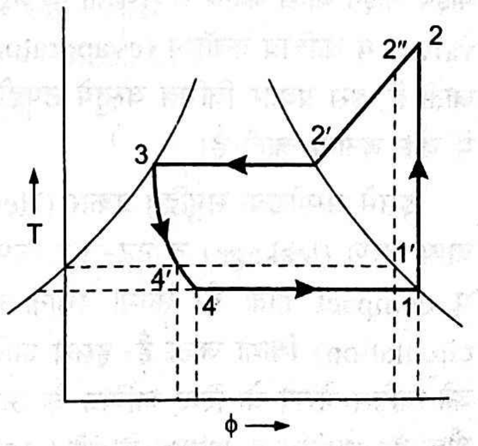
$\therefore$ C.O.P. (IInd case) < C.O.P. (Ist case)

§ 2.11. वाष्पित्र तापमान और संघनित तापमान का निष्पादन गुणांक पर प्रभाव (Effect of Evaporating Temperature and Condensing Temperature) :

यदि वाष्प सम्पीडन निकाय में वाष्पित्र का तापमान बढ़ा दिया जाये तो भी निकाय की क्षमता व दक्षता में सुधार होता है। यह चित्र 2.14 में *T*-ϕ चार्ट द्वारा समझा जा सकता है।

चित्र 2.14 में वाष्पित्र तापमान T_1 से बढ़ाकर T'_1 कर दिया गया है जबकि संघनन का तापमान वही है।

प्रथम दशा में चक्र 1–2–2′–3–4 है, द्वितीय दशा में चक्र 1–2″–2′–3′–4′ है। अत: प्रशीतन प्रभाव बढ़ रहा है तथा सम्पीडन कार्य कम हो रहा है। अत: निष्पादन गुणांक का मान बढ़ रहा है। इससे प्रशीतन क्षमता बढ़ती है, फलस्वरूप परिचालन व्यय (operating cost) कम होगा।

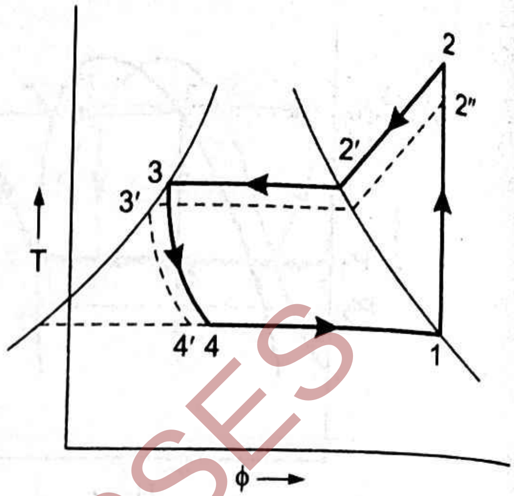


चित्र 2.14—वाष्पित्र तापमान बढ़ाने का प्रभाव

AKG TECHNICAL CLASSES

यदि संघनन (condensing) तापमान घटा दिया जाये तो प्रशीतन प्रभाव बढ़ता है और सम्पीडन कार्य घटता है। जैसा कि चित्र 2.15 में दिखाया गया है। अत: C.O.P. का मान अधिक होगा। इससे प्रशीतन क्षमता बढ़ जाती है। फलस्वरूप 'कुल व्यय' (over all cost) कम होगा।

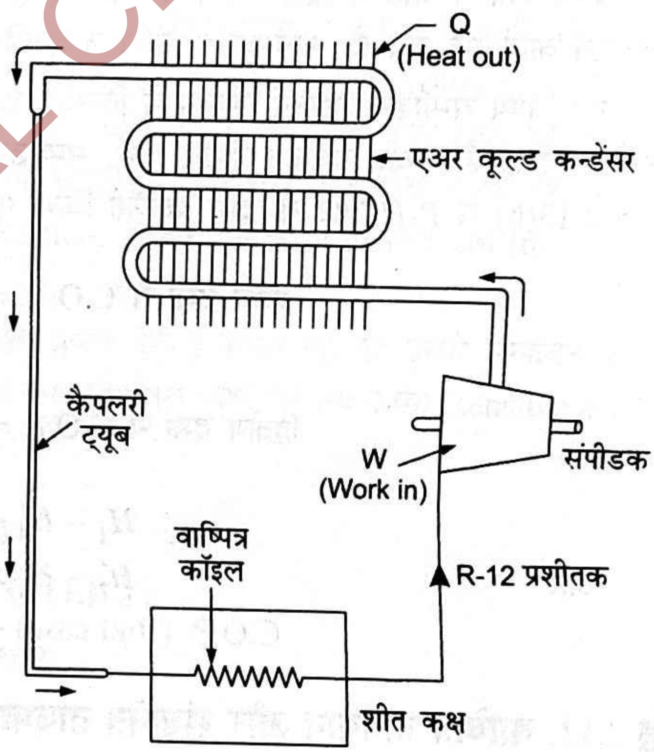
निष्कर्ष—किसी प्रशीतन प्रणाली का अभिकल्पन (design) करने के लिये यह आवश्यक है कि इसे सम्भवतया उच्चतम वाष्पित तापमान व निम्नतम संघनन तापमान पर कार्य करना चाहिये। अत: इस प्रकार छोटे से छोटे उपकरण का अधिक से अधिक लाभ उठाया जा सकता है।



चित्र 2.15—संघनित्र तापमान घटाने का प्रभाव

§ 2.12. वाष्प सम्पीडन पर आधारित घरेलू प्रशीतित्र (Household Refrigerator Working on Vapour Compression Cycle) :

यह प्रशीतित्र घरेलू पदार्थों को जैसे—फल, दूध, मछली, अण्डे, दवाइयों इत्यादि का परिरक्षण करने के लिये काम में लाया जाता है। इसका वास्तविक चालन समय (Running time) कुल समय का आधा या तिहाई होता है। यह बनावट में साधारण होता है, यह स्वचालित होता है, इसमें वायुशीतित संघनित्र (Air cooled condenser) व समुद्रित मोटर व सम्पीडक (Hermatically sealed motor and compressor) होते हैं। इसमें प्रयुक्त प्रशीतक अभिक्रियाशील नहीं होना चाहिये तथा साथ-साथ नशीला व ज्वलनशील नहीं होना चाहिये। इसलिए प्राय: मिथाईल क्लोराइड (CH_3Cl), *F*–12, *F*–11 प्रशीतक प्रयोग में लाये जाते हैं। (देखें चित्र 2.16)



चित्र 2.16—घरेलू रैफ्रीजरेटर का प्रवाह आरेख

बनावट—इसमें एक केबिनेट होता है। इसकी तली में मोटर-सम्पीडक व पंखे की एसेम्बली होती है। इसी स्थान पर संघनित्र तथा ग्राही (condenser and receiver) व्यवस्थित किये जाते हैं। द्रव प्रशीतक (liquid refrigerant) को ले जाने वाली पाइप लाइन बॉडी वाल्व से गुजरती है। प्रसार वाल्व (expansion valve) व वाष्पित्र क्वॉइल (evaporator coil) केबिनेट में रहते हैं। केबिनेट में उपस्थित वायु वाष्पित्र क्वॉइल पर पहुँचायी जाती है, इस प्रकार विभिन्न वस्तुयें ठण्डी होती हैं। वाष्पित्र क्वॉइल के ऊपर बर्फ ट्रे रखी जा सकती है जिसमें थोडी मात्रा में बर्फ बनायी जाती है।

इसमें सम्पीडक समुद्रित प्रकार (Hermatically sealed type) के प्रयोग में लाये जाते हैं जिससे यह लाभ होता है कि वाष्प क्षरण (leakage) व टूट-फूट कम होती है व शाफ्ट क्षरण (shaft leakage) भी नहीं होती। इसमें वाष्पित्र साधारण व compact होता है। ऊष्मा स्थानान्तरण उपकरण की दक्षता सुधारने के लिये द्रव का बलात्-संचरण (forced circulation) किया जाता है। इससे अतिरिक्त तापन (superheating) को रोका जा सकता है। सम्पीडक में शुष्क वाष्प को वापिस भेजने के लिए वाष्पित्र के ऊपर एक ड्रम या Header को रखा जाता है। यह ताँबे या स्टेनलेस स्टील का बना होता है। संघनित्र व वाष्पित्र के बीच आवश्यक दाब में कमी अवरोध वाल्व (Throttling Valve) या किसी प्रसार युक्ति जैसे—Capillary tube के द्वारा की जाती है।

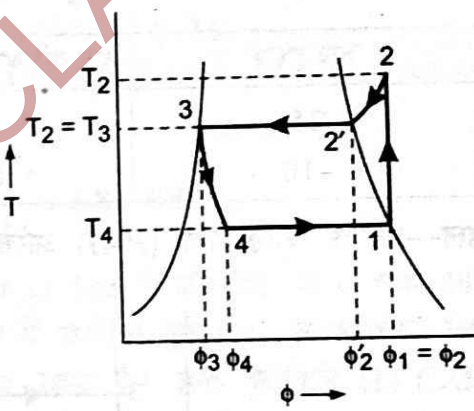
AK TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 1. एक सरल संतृप्त वाष्प संपीडन प्रशीतन चक्र जो F–12 (freon-12) पर आधारित है, का निष्पादन गुणांक (C.O.P.) ज्ञात करो। इसके अतिरिक्त प्रति मिनट प्रति टन प्रशीतक प्रवाह की मात्रा तथा प्रतिटन पावर (kW) ज्ञात कीजिये। दिया है वाष्पित्र का तापमान = – 20°C, संघनित्र का तापमान = ± 30°C, अतितप्त R–12 के लिए C_p = 0.65 kJ/kg-°K मानिये।

R-12 के गुण टेबिल के अनुसार निम्न हैं—

संतृप्त ताप	'H' एन्थाल्पी kJ/kg		'φ' एन्ट्रापी kJ/kg-°K	
	द्रव	वाष्प	द्रव	वाष्प
30	229.11	364.96	1.0999	1.5481
–20	101.61	343.39	0.9305	1.5696

हल—$T_1 = -20 + 273 = 253$°K, $T_2' = T_3 = 30 + 273 = 303$°K



चित्र 2.17

चित्र 2.17 से, $\phi_1 = \phi_2$ (for isentropic compression)

या $\phi_1 = \phi_2' + C_p \log\left(\dfrac{T_2}{T_2'}\right)$

सारणी से $\phi_2' = 1.5481,\ \phi_1 = 1.5696$ kJ/kg-°K

$\therefore \quad 1.5696 = 1.5481 + 0.65 \log_e\left[\dfrac{T_2}{303}\right]$

$\therefore \quad \log_e\left[\dfrac{T_2}{303}\right] = 0.0331$

$\therefore \quad T_2 = 313°\text{K} = 40°\text{C}$

बिन्दु 2 पर Enthalpy $h_2 = h_2' + C_p (T_2 - T_2')$

$\therefore \quad h_2 = 364.96 + 0.65 (313 - 303) = 371.46$ kJ/kg

∴ सम्पीडन कार्य (Compressor work)

$$w_c = (h_2 - h_1) = 371.46 - 343.39 = 28.07 \text{ kJ/kg}$$

संघनित्र में अवशोषित ऊष्मा = प्रशीतक वाष्प को अतितप्त अवस्था से संतृप्त अवस्था तक लाने में अवशोषित ऊष्मा + वाष्प के द्रव प्रशीतक में बदलने में अवशोषित गुप्त ऊष्मा

$$q_{(2-3)} = (h_2 - h_2') + (h_2' - h_3) = C_p(T_2 - T_2') + (h_2' - h_3)$$

$$\therefore \quad q_{(2-3)} = 0.65(313 - 303) + (364.94 - 229.11) = 142.35 \text{ kJ/kg}$$

पुन: प्रसार (3–4) के लिए बिन्दु (3) पर एन्थाल्पी = बिन्दु (4) पर एन्थाल्पी

$$\therefore \quad h_3 = h_4 = 229.11 \text{ kJ/kg}$$

अवशोषण प्रक्रिया (4–1) में अवशोषित ऊष्मा = $(h_1 - h_4)$

$$\therefore \quad q_{(4-1)} = 343.39 - 229.11 - 114.28 \text{ kJ/kg}$$

अत: प्रति टन तथा प्रति मिनट प्रशीतक प्रवाह की मात्रा, $m = \dfrac{210}{q_{(4-1)}}$

$$\therefore \quad m = \frac{210}{114.28} = \mathbf{1.838\ kJ/min/ton} \quad \text{उत्तर}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

∴ कुल सम्पीडन कार्य प्रति टन प्रति मिनट, $w_c = 1.838 \times 28.07$

$$w_c = 51.6 \text{ kJ/min/ton}$$

सैद्धान्तिक पावर (kW) प्रति टन प्रशीतन के लिए $= \dfrac{51.6}{60} = 0.86$ kW/ton

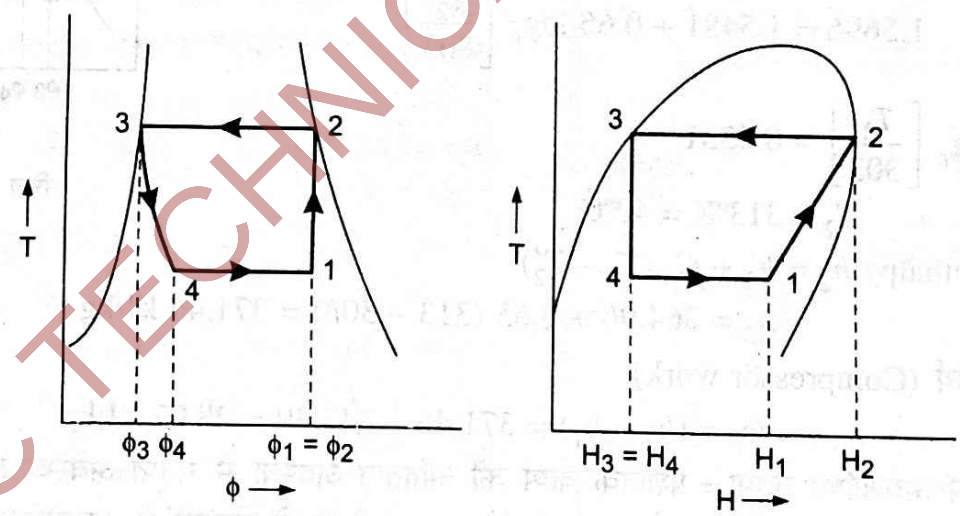
∴ $$\text{निष्पादन गुणांक C.O.P.} = \frac{\text{अवशोषित ऊष्मा प्रति किग्रा प्रशीतन}}{\text{कृत कार्य प्रति किग्रा प्रशीतक के लिए}}$$

$$= \frac{h_1 - h_4}{w_c} = \frac{114.28}{28.07} = \mathbf{4.07} \quad \textbf{उत्तर}$$

उदाहरण 2. एक अमोनिया प्रशीतन तंत्र 25°C तथा –10°C की ताप सीमाओं के बीच कार्य करता है। यदि गैस सम्पीडन के पश्चात् शुष्क है तो चक्र का निष्पादन गुणांक ज्ञात करो जब कि कोई अवशीतन (Undercooling) नहीं हो रही है। अमोनिया के गुण निम्न तालिका में दिये गये हैं।

ताप (°C)	द्रव की कुल ऊष्मा (kJ/kg)	गुप्त ऊष्मा (kJ/kg)	द्रव्य एन्ट्रोपी (kJ/kg)
25	298.9	1166.94	1.1242
–10	135.37	1297.68	0.5443

हल—तंत्र के (T–ϕ) तथा (P–H) आरेख चित्र 2.18 प्रदर्शित है।



चित्र 2.18

दिया है

$$T_1 = T_4 = -10°\text{C} = 263°\text{K}$$

$$T_2 = T_3 = 25°\text{C} = 298°\text{K}$$

माना बिन्दु (1) पर शुष्कतांश $= x_1$ है

∴ बिन्दु (1) पर एन्ट्रोपी

$$\phi_1 = \phi_{\text{liquid at (1)}} + x_1 \frac{L_1}{T_1} = 0.5443 + \frac{x_1 \times 1297.68}{263}$$

∴ $$\phi_1 = 0.5443 + 4.934 x_1 \qquad ...(1)$$

AKC TECHNICAL CLASSES

इसी प्रकार बिन्दु (2) पर एन्ट्रोपी $\phi_2 = \phi_{\text{liquid at 2}} + \dfrac{L_2}{T_2}$

$$\phi_2 = 1.1242 + \frac{1166.94}{298} = 5.04 \quad ...(2)$$

परन्तु $(T\text{–}\phi)$ आरेख से $\phi_1 = \phi_2$ अत: समीकरण (1) व (2) से

$$0.5443 + 4.93x_1 = 5.04 \quad \text{या} \quad x_1 = 0.91$$

अत: बिन्दु (1) पर एन्थाल्पी

$$h_1 = h_{\text{liquid at (1)}} + x_1 L_1$$

$$\therefore \quad h_1 = 135.37 + 0.91 \times 1297.68 = 1316.26 \text{ kJ/kg}$$

बिन्दु (2) पर एन्थाल्पी $h_2 = h_{\text{liquid at (2)}} + L_2$

$$= 298.9 + 1166.94 = 1465.84 \text{ kJ/kg}$$

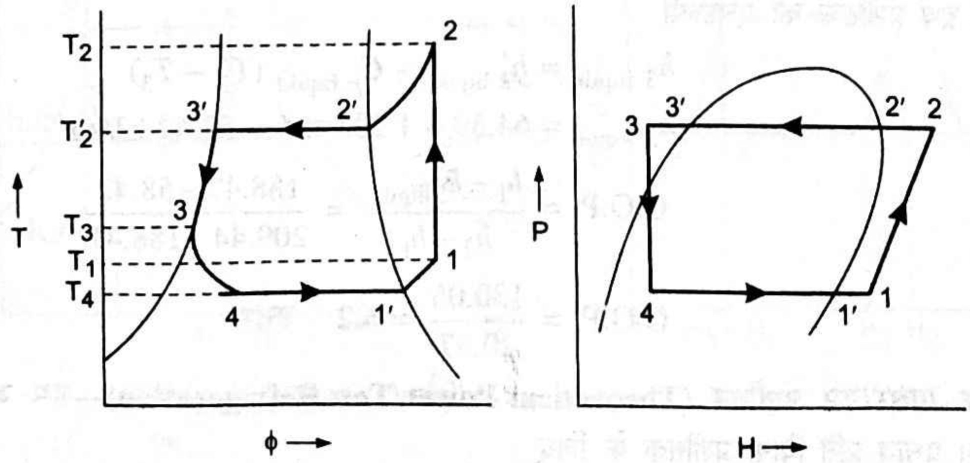
$$\therefore \quad \text{C.O.P.} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{h_1 - h_3(\text{liquid})}{h_2 - h_1}$$

$$\text{C.O.P.} = \frac{1316.26 - 298.9}{1465.84 - 1316.26} = 6.8 \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 3. एक FOOD STORAGE LOCKER की प्रशीतन क्षमता 12 Ton है और वह –8°C तथा 30°C की ताप सीमाओं में कार्य करता है। प्रशीतक *R*–12 को प्रसार वाल्व में जाने से पूर्व 5°C अवशीतलन किया जाता है तथा कम्प्रेशर में जाने से पूर्व –2°C तक अतितप्त किया जाता है। ज्ञात कीजिये (1) C.O.P. (2) सैद्धान्तिक पावर प्रति टन क्षमता के लिए। *R*–12 के गुण तालिका के अनुसार हैं—

संतृप्त ताप	दाब	एन्थाल्पी kJ/kg		एन्ट्रापी kJ/kg-°K	
		द्रव	वाष्प	द्रव	वाष्प
–8	2.354	28.72	184.07	0.1149	0.7007
30	7.451	64.59	199.62	0.2400	0.6853

C_p द्रव *R*–12 के लिए 1.235 kJ/kg-°K व वाष्प *R*–12 के लिए 0.733 kJ/kg-K मानिये।



चित्र 2.19

AKC TECHNICAL CLASSES

हल—चित्र 2.19 में तन्त्र के $(T–\phi)$ तथा $(P–H)$ आरेख प्रदर्शित हैं—

$$T_1 = -2°C = 271°K$$
$$T_1' = -8°C = 265°K$$
$$T_2' = 30°C = 303°K$$
$$(T_3'-T_3) = 5°C$$

(1) C.O.P. सर्वप्रथम अतितप्त वाष्प का बिन्दु 2 पर तापमान ज्ञात करते हैं। हम जानते हैं, बिन्दु (1) पर एन्ट्रोपी

$$\phi_1 = \phi_1' + 2.3C_p.\log_{10}\left[\frac{T_1}{T_1'}\right]$$

$$\phi_1 = 0.7007 + 2.3 \times 0.733 \log_{10}\left[\frac{271}{265}\right] = 0.7171 \quad ...(1)$$

and Entropy at point 2, $\phi_2 = \phi_2' + 2.3C_p.\log_{10}\left[\frac{T_2}{T_2'}\right]$

$\therefore$ $$\phi_2 = 0.6853 + 2.3 \times 0.733 \log_{10}\left[\frac{T_2}{303}\right]$$

$\therefore$ $$\phi_2 = 0.6853 + 1.68653 \log_{10}\left[\frac{T_2}{303}\right] \quad ...(2)$$

$(T–\phi)$ आरेख से $\phi_1 = \phi_2$

$$0.7171 = 0.6853 + 1.686 \log_{10}\left[\frac{T_2}{303}\right]$$

$\therefore$ $$\log\left[\frac{T_2}{303}\right] = 0.0188$$

$\therefore$ $$T_2 = 316.4°K = 43.4°C$$

बिन्दु (1) पर एन्थाल्पी, $h_1 = h_1' + C_p(T_1 - T_1')$

$$= 184.07 + 0.733(271 - 265) = 188.47 \text{ kJ/kg}$$

बिन्दु (2) पर एन्थाल्पी, $h_2 = h_2' + C_p(T_2 - T_2')$

$$= 199.62 + 0.733(316.4 - 303) = 209.44 \text{ kJ/kg}$$

बिन्दु (3) पर द्रव प्रशीतक की एन्थाल्पी

$$h_{3\text{ liquid}} = h'_{3\text{ liquid}} - C_{p\text{ liquid}}(T_3' - T_3)$$
$$h_{3\text{ liquid}} = 64.59 - 1.235 \times 5 = 58.42 \text{ kJ/kg}$$

$\therefore$ $$\text{C.O.P.} = \frac{h_1 - h_{3\text{liquid}}}{h_2 - h_1} = \frac{188.47 - 58.42}{209.44 - 188.47}$$

$\therefore$ $$\text{C.O.P.} = \frac{130.05}{20.97} = \mathbf{6.2}$$ **उत्तर**

(2) सैद्धान्तिक पावर/टन प्रशीतन (Theoretical Power/Ton Refrigeration)—हम जानते हैं, अवशोषित ऊष्मा अर्थात् प्रशीतन प्रभाव प्रति किग्रा प्रशीतक के लिए

AKC TECHNICAL CLASSES

$\therefore \quad R_E = h_1 - h_{3\ liquid} = 188.47 - 58.42 = 130.05$ kJ/kg

प्रशीतन क्षमता, $Q = 12\ TR = 12 \times 210 = 2520$ kJ/min

$\therefore$ प्रशीतक प्रवाह की दर, $m = \dfrac{Q}{R_E} = \dfrac{2520}{130.05} = 19.4$ kJ/min

$\therefore$ संपीडन में कृत कार्य $= m(h_2 - h_1) = 19.4\ [2090.44 - 188.47]$

$= 406.82$ kJ/min

$\therefore$ सैद्धान्तिक पावर प्रति टन प्रशीतन के लिए $= \dfrac{406.82}{60 \times 12}$

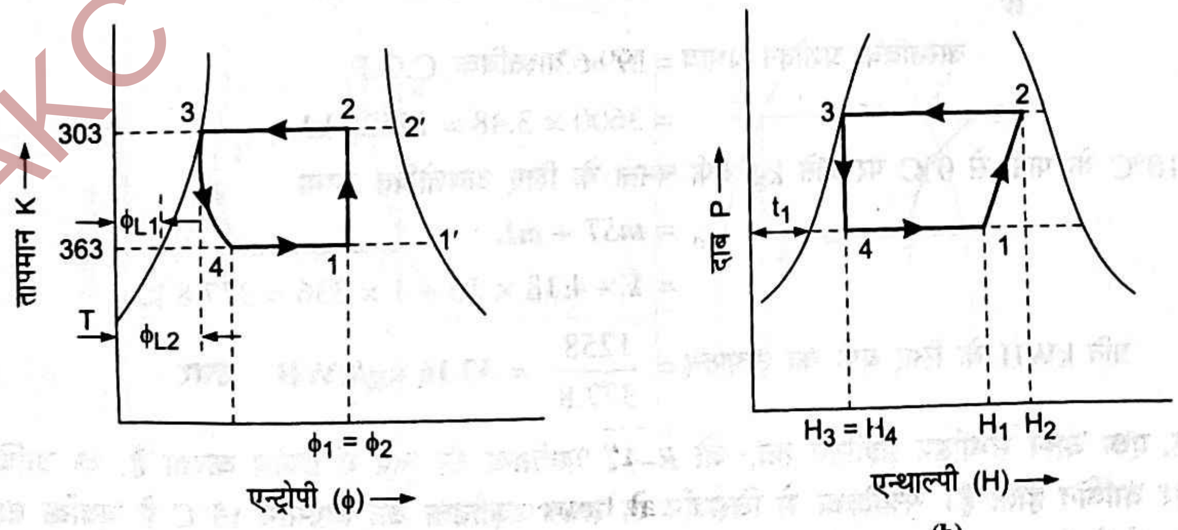
$= 0.565$ **kW/TR** **उत्तर**

उदाहरण 4. एक अमोनिया प्रशीतन मशीन, जिसमें एक प्रसार वाल्व लगा है, –10°C तथा 30°C तापक्रम सीमाओं में कार्य करती है। समएन्ट्रापी सम्पीड़न के पश्चात् वाष्प 95% शुष्क होती है तथा कन्डेंसर से निकलने वाले द्रव का तापमान 30°C है। वास्तविक निष्पादन गुणांक, आदर्श का 60% मानते हुए 10°C के पानी से 0°C पर प्रति kWH के लिए बर्फ का उत्पादन ज्ञात कीजिए। बर्फ की गुप्त ऊष्मा 336 kJ/kg मानिये ।

तापमान °C	द्रव की एन्थाल्पी (*h*) kJ/kg	गुप्त ऊष्मा (*L*) kJ/kg	द्रव की एन्ट्रापी (ϕ_L) kJ/kg-°K	शुष्क एवं संतृप्त वाष्प की कुल एन्ट्रापी kJ/kg-°K
30	323.08	1145.80	1.2037	4.9842
–10	135.37	1297.68	0.5443	5.477

हल—(T–ϕ) तथा (P–H) आरेख क्रमशः चित्र 2.20(a) तथा (b) में प्रदर्शित किया गया है। चित्रानुसार

$$T_1 = T_4 = -10°C = 263°K$$
$$T_2 = T_3 = 30°C = 303°K$$
$$h_2 = h_3 = 323.80 \text{ kJ/kg}$$
$$h_1 = h_4 = 135.37 \text{ kJ/kg}$$
$$x_2 = 0.95,\ L_1 = 1297.68 \text{ kJ/kg}$$



चित्र 2.20

AKC TECHNICAL CLASSES

$$L_2 = 1145.8 \text{ kJ/kg}, \ \phi_{L_2} = 1.2037 \text{ kJ/kg-K}$$

$$\phi_{L_1} = 0.5443 \text{ kJ/kg-°K}$$

माना x_1 = बिन्दु (1) पर शुष्कतांश

बिन्दु (1) पर एन्ट्रापी, $\phi_1 = \phi_{L_1} + \frac{x_1 L_1}{T_1}$ से

∴ $\phi_1 = 0.5443 + \frac{1297.68}{263} \cdot x_1$

$= 0.5443 + 4.934 x_1$ ...(1)

बिन्दु (2) पर एन्ट्रापी $\phi_2 = \phi_{L_2} + \frac{x_2 L_2}{T_2}$

$= 1.2037 + \frac{0.95 \times 1145.8}{303} = 4.796$ ...(2)

क्योंकि बिन्दु (1) व (2) पर एन्ट्रापी समान है

∴ $0.5443 + 4.934 x_1 = 4.796$

अत: $x_1 = 0.86$

अत: बिन्दु (1) पर कुल ऊष्मा $H_1 = h_1 + x_1 L_1 = 135.37 + 0.86 \times 1297.68$ kJ/kg

$H_1 = 1251.4$ kJ/kg

बिन्दु (2) पर कुल ऊष्मा, $H_2 = h_2 + x_2 L_2$

$= 323.08 + 0.95 \times 1145.8$ kJ/kg $= 1411.6$ kJ/kg

अत: सैद्धान्तिक C.O.P. $= \frac{H_1 - H_3}{H_2 - H_1} = \frac{1251.4 - 323.08}{1411.6 - 1251.4} = 5.8$

∴ वास्तविक C.O.P. $= 0.6 \times 5.8 = 3.48$

दिया है कृत कार्य = 1 kWH = 3600 kJ

अत: C.O.P. $= \frac{N}{W}$ से

वास्तविक प्रशीतन प्रभाव = $W \times$ वास्तविक C.O.P.

$= 3600 \times 3.48 = 12528$ kJ

पुन: 10°C के पानी से 0°C पर प्रति kg बर्फ बनाने के लिए अवशोषित ऊष्मा

$= mST + mL$

$= 1 \times 4.18 \times 10 + 1 \times 336 = 377.8$ kJ

अत: प्रति kWH के लिए बर्फ का उत्पादन $= \frac{1258}{377.8} = 33.16$ kg/kWH उत्तर

उदाहरण 5. एक वाष्प सम्पीडन प्रशीतन तंत्र, जो *R*–12 प्रशीतक के रूप में प्रयोग करता है, के वाष्पित्र में द्रव –15°C पर वाष्पित होता है। सम्पीडक से विसर्जन के समय प्रशीतक का तापमान 15°C है जबकि वाष्प 10°C पर संघनित होती है। C.O.P. ज्ञात कीजिये यदि (i) अवशीतन (undercooling) नहीं है तथा (ii) द्रव को थ्रॉटलिंग (Throttling) से पूर्व 5°C से ठण्डा किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

स्थिर दाब पर अतितप्त वाष्प के लिए विशिष्ट ऊष्मा 0.64 kJ/kg-°K तथा द्रव के लिए 0.94 kJ/kg-°K मानिये। प्रशीतक के अन्य गुण निम्न प्रकार हैं—

तापमान °C	एन्थाल्पी kJ/kg में		विशिष्ट एन्ट्रापी kJ/kg-°K में	
	द्रव	वाष्प	द्रव	वाष्प
–15	22.3	180.88	0.0904	0.7051
+10	45.4	191.76	0.1750	0.6921

हल—दिया है— $T_1 = T_4 = -15°C = 258°K$

$T_2 = 15°C = 288°K$, $T_2' = 10°C = 283°K$

$C_{pv} = 0.64$ kJ/kg°K, $C_{P_L} = 0.94$ kJ/°K

$h_1 = 22.3$ kJ/kg, $h_3' = 45.4$ kJ/kg

$H_1' = 180.88$ kJ/kg, $H_2' = 191.76$ kJ/kg

$\phi_{L_1} = 0.0904$ kJ/kg-°K, $\phi_{L_3} = 0.1750$ kJ/kg-°K

$\phi_{v_1} = 0.7051$ kJ/kg-°K, $\phi_2' = 0.6921$ kJ/kg-°K

(1) जब अवशीतन (Undercooling) नहीं है—प्रक्रिया का $(T-\phi)$ तथा $(p-H)$ आरेख क्रमश: चित्र 2.21(a) तथा (b) में प्रदर्शित किया है। मान x_1 = बिन्दु (1) पर शुष्कतांश बिन्दु (1) पर एन्ट्रापी

$$\phi_1 = \phi_{L_1} + x_1(\phi_{v_1} - \phi_{L_1})$$

$$= 0.0904 + x_1(0.7051 - 0.0904)$$

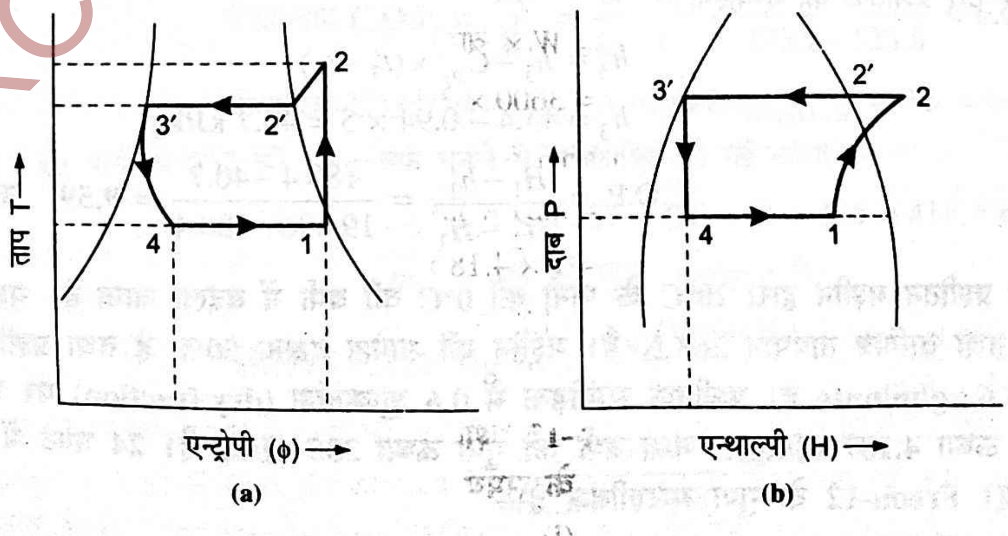
$$\therefore \quad \phi_1 = 0.0904 + 0.6147\, x_1 \qquad \text{...(i)}$$

बिन्दु (2) पर एन्ट्रापी

$$\phi_2 = \phi_2' + 2.3C_{pv}.\log\left(\frac{T_2}{T_2'}\right)$$

$$= 0.6921 + 2.3 \times 0.64 \log\left(\frac{288}{283}\right)$$

$$\therefore \quad \phi_2 = 0.6921 + 2.3 \times 0.64 \times 0.0077 = 0.7034 \qquad \text{...(ii)}$$



चित्र 2.21

AKC TECHNICAL CLASSES

क्योंकि बिन्दु (1) व (2) पर एन्ट्रापी समान है अत:

$$0.904 + 0.6147x_1 = 0.7034$$

या

$$x_1 = \mathbf{0.997}$$

पुन: बिन्दु (1) पर कुल ऊष्मा

$$H_1 = h_1 + x_1L_1$$

$$= h_1 + x_1(H_1' - h_1) \qquad (\because L_1 = H_1' - h_1)$$

$$= 22.3 + 0.997(180.88 - 22.3) \text{ kJ/kg}$$

$$\therefore \quad H_1 = 180 \text{ kJ/kg}$$

बिन्दु (2) पर कुल ऊष्मा

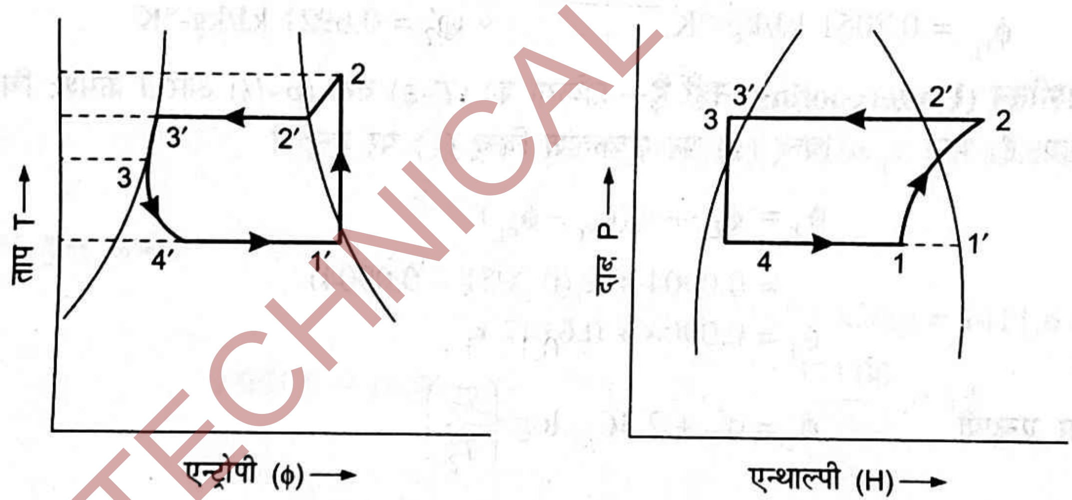
$$H_2 = H_2' + C_{pv}(T_2 - T_2')$$

$$\therefore \quad H_2 = 191.76 + 0.64(288 - 283) \text{ kJ/kg}$$

$$H_2 = 194.96 \text{ kJ/kg}$$

$$\therefore \quad \text{C.O.P.} = \frac{H_1 - h_3'}{H_2 - H_1} = \frac{180.4 - 45.4}{194.96 - 180.4} = \mathbf{9.27} \quad \text{उत्तर}$$

(ii) जब 5°C अवशीतन किया जाता है—प्रक्रिया का $(T\text{-}\phi)$ तथा $(P\text{-}H)$ आरेख क्रमश: चित्र 2.22(a) तथा (b) में प्रदर्शित है।



(a) (b)

चित्र 2.22

बिन्दु (3) पर द्रव प्रशीतक की एन्थाल्पी

$$h_3 = h_3' - C_{p_L} \times (t_3' - t_3)$$

$$\therefore \quad h_3 = 45.4 - 0.94 \times 5 = 40.7 \text{ kJ/kg}$$

$$\therefore \quad \text{C.O.P.} = \frac{H_1 - h_3'}{H_2 - H_1} = \frac{180.4 - 40.7}{194.96 - 180.4} = \mathbf{9.59} \quad \text{उत्तर}$$

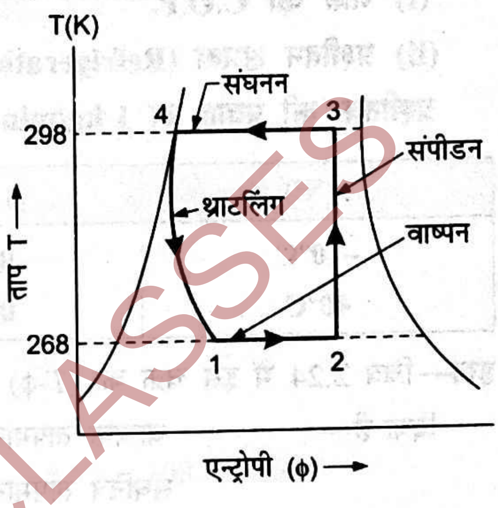
उदाहरण 6. एक प्रशीतन मशीन द्वारा 20°C के पानी को 0°C की बर्फ में बदला जाना है। मशीन का संघनित्र तापमान 298 K तथा वाष्पित्र तापमान 268 K है। मशीन की सापेक्ष दक्षता 50% है तथा प्रशीतक Freon-12 के प्रवाह की दर 6 kg/minute है। प्रशीतक सम्पीड़क में 0.6 शुष्कतांश (dry fraction) पर प्रवेश करता है। पानी की विशिष्ट ऊष्मा 4.187 kJ/kgK) तथा बर्फ की गुप्त ऊष्मा 335 kJ/kg है। 24 घण्टे में उत्पन्न बर्फ की मात्रा ज्ञात कीजिए। Freon-12 के गुण सारणीबद्ध हैं—

AKC TECHNICAL CLASSES

तापमान K	द्रव की ऊष्मा (kJ/kg)	गुप्त ऊष्मा (kJ/kg)	द्रव की एन्ट्रापी (kJ/kg)
298	59.7	138	0.2232
268	31.4	154	0.1251

हल—दिया है—

$$m = 6 \text{ kg/min}$$
$$\eta_{relative} = 50\%$$
$$x_2 = 0.6$$
$$C_{pw} = 4.187 \text{ kJ/kg-K}$$
$$L_{ice} = 335 \text{ kJ/kg}$$



चित्र 2.23

निकाय का (T–ϕ) आरेख चित्र 2.23 पर प्रदर्शित है—

चित्रानुसार $h_{f_2} = 31.4$ kJ/kg, $h_{fg_2} = 154$ kJ/kg,

$h_{f_3} = 59.7$ kJ/kg, $h_{fg_3} = 138$ kJ/kg, $h_{f_4} = 59.7$ kJ/kg

अब चित्रानुसार $h_2 = h_{f_2} + x_2 \cdot h_{fg_2}$

$$= 31.4 + 0.6 \times 154 = 123.8 \text{ kJ/kg}$$

समएन्ट्रापी सम्पीडन प्रक्रम (2-3) के लिए—

$$\phi_2 = \phi_3$$

$$\phi_{f_3} + x_3 \cdot \frac{h_{fg_3}}{T_3} = \phi_{f_2} + x_2 \cdot \frac{h_{fg_2}}{T_2}$$

$$0.2232 + x_3 \times \frac{138}{298} = 0.1251 + 0.6 \times \frac{154}{268} = 0.4698$$

∴ $$x_3 = 0.5325$$

अब $$h_3 = h_{f_3} + x_3 h_{fg_3} = 59.7 + 0.5325 \times 138 = 133.2 \text{ kJ/kg}$$

तथा $$h_1 = h_{f_4} = 59.7 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{सैद्धान्तिक C.O.P.} = \frac{R_N}{W} = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_2} = \frac{123.8 - 59.7}{133.2 - 123.8} = 6.82$$

$$\text{वास्तविक C.O.P.} = \eta_{relative} \times (\text{C.O.P.})_{theoretical} = 0.5 \times 6.82 = 3.41$$

20°C पर 1 kg पानी से 0°C की 1 kg बर्फ बनाने में अवशोषित की गई ऊष्मा

$$= 1 \times 4.187 \times (20 - 0) + 335 = 418.4 \text{ kJ/kg}$$

माना m_{ice} = बर्फ की मात्रा (kg/min में)

∴ $$\text{वास्तविक C.O.P.} = 3.41 = \frac{R_N \text{ (वास्तविक)}}{W} = \frac{m_{ice} \times 418.74}{m(h_3 - h_2)}$$

$$= \frac{m_{ice} \times 418.74}{6(133.2 - 123.8)}$$

∴ $m_{ice} = 0.459$ or 0.46 kg/min. = **0.661 Ton/day** उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 7. एक मानक वाष्प सम्पीड़न प्रशीतन चक्र, जो –10°C के वाष्पक तापमान तथा 40°C के संघनित्र तापमान के मध्य परिचालित होता है, में प्रशीतक Freon-12 की सम्पीड़न के पश्चात् एन्थाल्पी (Enthalpy) 220 kJ/kg है। चक्र को (*T*-φ) आरेख पर प्रदर्शित कीजिए तथा ज्ञात कीजिए—

(i) चक्र की C.O.P.

(ii) प्रशीतन क्षमता (Refrigeration capacity) तथा सम्पीड़क शक्ति (Compressor power)।

प्रशीतक की प्रवाह दर 1 kg/min मानिए। Freon-12 के गुण निम्न प्रकार हैं—

t (°C)	*p* (MPa)	h_f (kJ/kg)	h_g (kJ/kg)
–10°C	0.2191	26.85	183.1
40°C	0.9607	74.53	203.1

हल—चित्र 2.24 में इस चक्र का (*T*-φ) आरेख प्रदर्शित है।

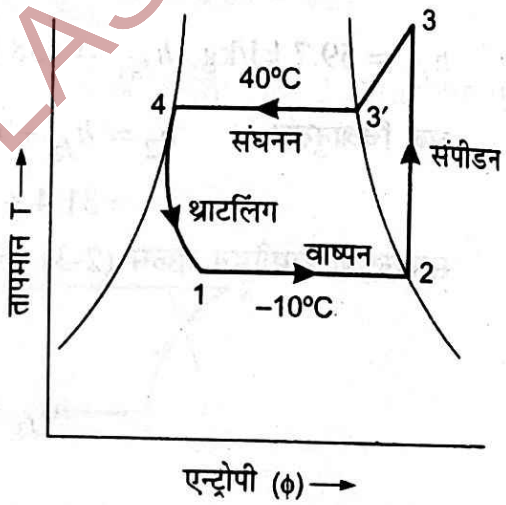
दिया है— वाष्पक तापमान = –10°C

संघनित्र तापमान = 40°C

सम्पीड़न के पश्चात् एन्थाल्पी, $h_3 = 220$ kJ/kg

अब, सारणी से $h_2 = 183.1$ kJ/kg

$$h_1 = h_{f_4} = 26.85 \text{ kJ/kg}$$



चित्र 2.24

(i) चक्र की C.O.P.—

$$\text{C.O.P.} = \frac{R_N}{W} = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_2}$$

$$= \frac{183.1 - 74.53}{220 - 183.1}$$

$$= \mathbf{2.94} \quad \textbf{उत्तर}$$

(ii) प्रशीतन क्षमता— प्रशीतन क्षमता = $m(h_2 - h_1)$

जहाँ $m = 1$ kg/min (प्रशीतक प्रवाह की दर)

∴ प्रशीतन क्षमता = 1 × (183.1 – 74.53) = **108.57 kJ/min उत्तर**

सम्पीड़क शक्ति = $m(h_3 - h_2) = 1 \times (220 - 183.1)$

= **36.9 kJ/min** or **0.615 kW उत्तर**

उदाहरण 8. एक साधारण वाष्प संपीड़न संयन्त्र 5 टन प्रशीतन उत्पन्न करता है। सम्पीड़क में प्रवेश, सम्पीड़क से निकास तथा संघनित्र (condenser) से निकास पर प्रशीतक की एन्थाल्पी क्रमशः 183.19, 209.41 तथा 74.59 kJ/kg है। ज्ञात कीजिए—

(i) प्रशीतक प्रवाह दर **(ii) निष्पादन गुणांक (C.O.P.)**

(iii) सम्पीड़क को चलाने के लिए आवश्यक शक्ति तथा **(iv) संघनित्र से ऊष्मा निष्कासन की दर।**

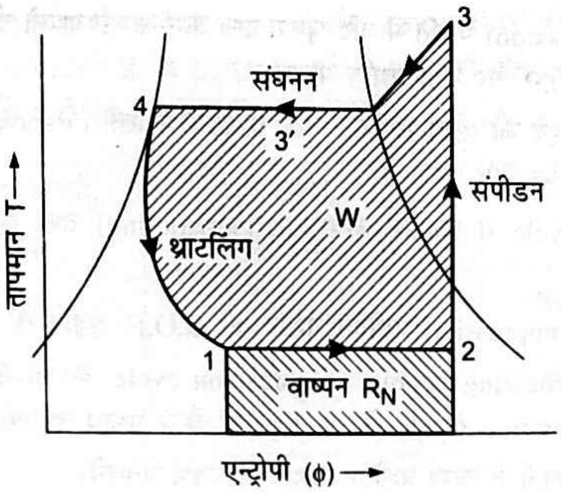
हल—दिया है— कुल उत्पन्न प्रशीतन प्रभाव = 5 TR (प्रशीतन टन में)

= 5 × 14000 = 70000 kJ/h or 19.44 kJ/sec

(देखें चित्र 2.25) चित्रानुसार $h_2 = 183.19$ kJ/kg,

$h_3 = 209.41$ kJ/kg, $h_4 (= h_1) = 74.59$ kJ/kg (थ्राटलिंग प्रक्रम)

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 2.25

(i) प्रशीतक प्रवाह दर (*m*)—प्रति kg कुल प्रशीतन प्रभाव $= (h_2 - h_1)$

$$= 183.19 - 74.59 = 108.6 \text{ kJ/kg}$$

$$\therefore \quad \text{प्रशीतन प्रवाह दर, } m = \frac{19.44}{108.6} = 0.179 \text{ kg/sec}$$

(ii) निष्पादन गुणांक (C.O.P.)— $\text{C.O.P.} = \frac{R_N}{W} = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_2} = \frac{183.19 - 74.59}{209.41 - 183.19} = \mathbf{4.142}$ **उत्तर**

(iii) सम्पीड़क को चलाने के लिए आवश्यक शक्ति (*P*)—

$$P = m(h_3 - h_2)$$

$$\therefore \quad P = 0.179(209.41 - 183.19) = \mathbf{4.69 \text{ kW}}$$ **उत्तर**

(iv) संधारित्र से ऊष्मा निष्कासन की दर—

संघनित्र से ऊष्मा निष्कालन की दर $= m(h_3 - h_4)$

$$= 0.179(209.41 - 74.59) = \mathbf{24.13 \text{ kW}}$$ **उत्तर**

प्रश्नावली

1. वाष्प सम्पीडन प्रशीतन निकाय (vapour compression refrigeration system) को समझाइये तथा इसे *T–S* तथा *P–H* आरेखों पर दर्शाइये। इसके निष्पादन गुणांक के लिये व्यंजक व्युत्पन्न कीजिये, यदि सम्पीडन के अन्त में वाष्प आर्द्र हो।
2. वाष्प शोषित प्रशीतन निकाय (vapour absorption refrigeration system) को सरल ब्लाक आरेख की सहायता से समझाइये।
3. वाष्प सम्पीडन निकाय के वायु प्रशीतन निकाय की तुलना में क्या-क्या लाभ हैं।
4. वाष्प सम्पीडन निकाय में Expansion cylinder के स्थान पर Throttling valve क्यों उपयोग में लाया जाता है?
5. वाष्प सम्पीडन चक्र को (*P–V*), (*T–ϕ*), (*P–H*) चार्ट पर प्रदर्शित कीजिये।
6. नम सम्पीडन (wet compression) व शुष्क सम्पीडन (Dry compression) को समझाइये।
7. वाष्प सम्पीडन चक्र में निम्नलिखित का क्या प्रभाव पड़ता है—

   (1) अवशीतन (undercooling) (2) अतितापन (superheating)
8. दाब व तापमान का वाष्प सम्पीडन निकाय पर क्या प्रभाव पड़ता है?
9. वाष्प संपीड़न (Vapour compression) पद्धति में नम संपीडन (wet compression) क्यों संस्तुत नहीं किया जाता?

AKC TECHNICAL CLASSES

10. वाष्प संपीड़न (Vapour compression) पद्धति में यदि चूषण दाब कम कर दिया जो तो इसका प्रशीतन प्रभाव (Refrigerating effect), Work done और C.O.P. पर क्या प्रभाव पड़ता है?

11. उन कारको (Factors) को बताइये जो वाष्प संपीड़न चक्र प्रशीतन-प्रणाली (Vapour compression cycle refrigeration system) की कार्य प्रणाली को प्रभावित करते हैं।

12. एक Vapour compression cycle में द्रव के अवशीतन (subcooling) तथा वाष्प के अतितप्त (superheating) का प्रभाव बताइये।

13. (अ) एक साधारण Vapour compression प्रशीतन मशीन की C.O.P. बढ़ाने के लिये विभिन्न तरीके समझाइये।

(ब) Subcooling और superheating vapour compression cycle का p–h diagram पर रेखाचित्र बनाइये। ये दर्शायें एक Simple Saturation Cycle के C.O.P. पर कैसे प्रभाव डालती है।

(स) वायु प्रशीतन पद्धति की तुलना में वाष्प प्रशीतन पद्धति के लाभ बताइये।

14. एक वाष्प संपीडन प्रशीतक 60 bar तथा 20 bar की दाब सीमाओं में कार्य करता है। संपीडन के पश्चात् वाष्प शुष्क एवं संतृप्त है तथा कोई अवशीतन नहीं है। ज्ञात करो (1) C.O.P., (2) प्रशीतक क्षमता, यदि प्रशीतक प्रवाह की दर 5 kg/min हैं। प्रशीतक के गुण निम्न हैं—

दाब (Bar में)	संतृप्त ताप °K	एन्थाल्पी, kJ/kg		एन्ट्रोपी, kJ/kg-°K	
		द्रव	वाष्प	द्रव	वाष्प
60	295	61.9	208.1	0.197	0.703
25	261	–18.4	234.5	–0.075	0.896

[उत्तर—C.O.P. = 5.04, प्रशीतक क्षमता = 2.9 *TR*]

15. एक अमोनिया वाष्प प्रशीतन –67°C तथा 26.7°C ताप सीमाओं के बीच कार्य करता है। सम्पीडन के पश्चात् वाष्प शुष्क है तथा कोई अवशीतन नहीं होता। C.O.P. ज्ञात करो। अमोनिया के गुण निम्न हैं—

ताप °C	एन्थाल्पी, kJ/kg			एन्ट्रोपी, kJ/kg-°K	
–6.7	–29.3	1293.8	1264.5	–0.113	4.752
26.7	125.6	1172.4	1296.9	0.427	4.334

[उत्तर—C.O.P. = 7.1]

16. एक *R*-12 प्रशीतन तंत्र 2.5 बार तथा 9 बार की दाब सीमाओं में कार्य करता है। संपीडन रुद्धोष्म विधि से होता है तथा कोई अवशीतन नहीं होता। सम्पीडन के शुरू में वाष्प शुष्क एवं संतृप्त है। C.O.P. का मान ज्ञात करो। यदि वास्तविक C.O.P. सैद्धान्तिक C.O.P. का 0.65 है तो कुल प्रशीतन प्रभाव प्रति घंटा ज्ञात करो। प्रशीतक प्रवाह की दर 5 kg/min. मानिये। C_p का 9 बार पर अतितप्त अवस्था में मान 0.657 kJ/kg-K है।

दाब (बार में)	संतृप्त ताप °K	एन्थाल्पी, kJ/kg		संतृप्त वाष्प की एन्ट्रोपी
		वाष्प	वाष्प	kJ/kg-°K
9.0	**36**	**456.4**	**585.3**	**4.74**
2.5	**–7**	**412.4**	**570.3**	**4.76**

[उत्तर—C.O.P. = 5.37, प्रशीतन प्रभाव = 1.76 *TR*]

AKC TECHNICAL CLASSES

17. एक अमोनिया वाष्प प्रशीतन तंत्र, जिसमें एक Expansion Valve लगा है – 10°C तथा 30°C की ताप सीमाओं में कार्य करता है। रूद्धोष्म संपीडन के पश्चात् वाष्प 95% सूखी (dry) है तथा द्रव अमोनिया 30°C पर कन्डेंसर से बाहर आ रही है। यदि वास्तविक C.O.P. सैद्धान्तिक का 60% हो तो 10°C के पानी से 0°C की प्रति kWh कितनी बर्फ बनायी जा सकती है। बर्फ की गुप्त ऊष्मा 335 kJ/kg है। अमोनिया के गुण निम्न हैं—

ताप °C	द्रव की एन्थाल्पी, kJ/kg	गुप्त ऊष्मा, kJ/kg	एन्ट्रोपी, kJ/kg-°K	
			द्रव	वाष्प
30	323.08	1145.79	1.2037	4.9842
–10	135.37	1297.68	0.5443	5.477

[उत्तर—33.24 kg/kWh]

18. एक FOOD STORAGE CHAMBER के प्रशीतन तंत्र की क्षमता 12 Ton है तथा यह 30°C तथा –8°C की ताप सीमाओं में कार्यरत है। प्रशीतक *R*-12 को 5°C अवशीतित करके थ्रोटल वाल्व (Throttle Valve) में भेजा जाता है तथा सम्पीडक में जाने से पहले 6°C अतितप्त किया जाता है। यदि द्रव एवं वाष्प की विशिष्ट ऊष्मायें क्रमश: 1.235 तथा 0.733 kJ/kg-K हो तो ज्ञात करो (1) प्रति किग्रा प्रशीतन प्रभाव (2) प्रति मिनट प्रशीतक प्रवाह की दर (3) C.O.P.। प्रशीतक *R*-12 के गुण निम्न हैं—

संतृप्त ताप °C	एन्थाल्पी, kJ/kg		एन्ट्रोपी, kJ/kg-°K	
	द्रव	वाष्प	द्रव	वाष्प
–8	28.72	184.07	0.1149	0.7007
30	64.59	199.62	0.24	0.6853

[उत्तर—130.05 kJ/kg, 19.4 kg, 6.2]

19. एक *R*-12 प्रशीतक मशीन वाष्प सम्पीडन चक्र पर कार्य करती है वाष्पित्र में प्रशीतक का तापमान –20°C है। वाष्प, सम्पीडक में प्रवेश पर शुष्क व संतृप्त है तथा निकास पर अतितप्त अवस्था में है। संघनित्र का तापमान 30°C है। *R*-12 की नियत दाब पर अतितप्त अवस्था में विशिष्ट ऊष्मा 1.884 kJ/kg-°K मानते हुए ज्ञात करें—

(i) संघनित्र में प्रवेश पर वाष्प की दशा,

(ii) वाष्पित्र में प्रवेश पर वाष्प की दशा, तथा

(iii) मशीन का सैद्धान्तिक C.O.P.।

R-12 के गुण निम्न हैं—

तापमान, °C	एन्थाल्पी, kJ/kg		एन्ट्रोपी, kJ/kg-°K	
	द्रव	वाष्प	द्रव	वाष्प
–20	17.82	178.73	0.0731	0.7087
30	64.59	199.62	0.24	0.6843

[उत्तर—38.8°C, 29% dry, 4.07]

AKG TECHNICAL CLASSES

3 Chapter

प्रशीतक (REFRIGERANTS)

§ 3.1. परिचय (Introduction) :

प्रशीतक एक कार्यकारी पदार्थ है जो कि प्रशीतन मशीनों में प्रयुक्त किया जाता है। इसके द्वारा शीत पिण्ड (cold body) से ऊष्मा निकालकर गर्म पिण्ड (hot body) को दी जाती है। प्रशीतक की प्रक्रिया में ऊष्मा स्थानान्तरण माध्यम की आवश्यकता होती है। **''प्रशीतक ऊष्मा स्थानान्तरण का वह माध्यम है, जो कम तापमान पर वाष्पीकृत होने से ऊष्मा का अवशोषण करता है तथा संघनित्र में उच्च तापमान पर ऊष्मा का निराकरण (rejection) करता है।''**

"A refrigerant is defined as any substance that absorbs heat through expansion or vaporisation and loses it through condensation in a refrigeration system."

वे प्रशीतक जो गुप्तोष्मा (latent heat) का अवशोषण करके गुप्तोष्मा के रूप में ही निराकरण करते हैं, उन प्रशीतकों की अपेक्षा अधिक दक्ष होते हैं जो ज्ञेय ऊष्मा (sensible heat) लेकर उसका निराकरण करते हैं। प्रशीतक के कुछ निश्चित भौतिक, रासायनिक व ऊष्मागतिक गुण होने चाहिये ताकि ये आर्थिक व सुरक्षा की दृष्टि से उपयोग हो सकें।

कोई भी प्रशीतक आदर्श नहीं होता अर्थात् एक ही प्रशीतक सभी प्रकार के उपयोगों के लिये प्रयुक्त नहीं किया जा सकता।

प्रशीतक निम्न दो प्रकार से वर्गीकृत किये जा सकते हैं—

(i) प्राथमिक प्रशीतक (Primary refrigerants)

(ii) द्वितीयक प्रशीतक (Secondary refrigerants)

(i) प्राथमिक प्रशीतक (Primary Refrigerants)

ये ऐसे कार्यकारी माध्यम हैं जो कि वास्तव में सम्पूर्ण प्रशीतक चक्र से गुजरते हैं जैसे—अमोनिया (NH_3), कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2), सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2), Freon-12 इत्यादि।

(ii) द्वितीयक प्रशीतक (Secondary Refrigerants)

इस श्रेणी में वे ठण्डे पदार्थ आते हैं, जो किसी दूरस्थ बिन्दु (remote point) से प्रणाली के वाष्पित्र को ऊष्मा का स्थानान्तरण करते हैं, जैसे—ठण्डा पानी, लवणघोल (brine), बर्फ इत्यादि।

§ 3.2. प्रशीतकों का वर्गीकरण (Classification of Refrigerants) :

इनका वर्गीकरण निम्नलिखित है—

(1) हैलो कार्बन यौगिक (Halo Carbon Compounds)—ये ऐसे रासायनिक यौगिक हैं जो कि मिथेन (CH_4) व ईंधन (C_2H_6) के आधार पर बनते हैं। इसमें एक या एक से अधिक हैलोजन होना आवश्यक है। ये हैलोजन फ्लोरीन, ब्रोमीन व क्लोरीन होते हैं, जैसे—मिथाइल क्लोराइड (CH_3Cl) इत्यादि।

AKC TECHNICAL CLASSES

The American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) ने लगभग 42 हैलो कार्बन यौगिकों की पहचान, प्रशीतक के रूप में की है परन्तु उनमें से कुछ ही प्रयोग में लाये जाते हैं। नीचे दी गई सारणी 3.1 में ऐसे ही उपयोगी हैलोकार्बन प्रशीतकों के नाम दिये गये हैं—

सारणी 3.1

प्रशीतक का नम्बर (Refrigerant number)	रासायनिक नाम (Chemical name)	रासायनिक सूत्र (Chemical formula)
R-11	Trichloro, monofluro, methane	$CCl_3.F$
R-12	Dichloro, difluoro, methane	$CCl_2.F_2$
R-13	Monochloro trifluoro methane	$CCl.F_3$
R-14	Carbon tetrafluoride	CF_4
R-21	Dichloro monofluoro, methane	$CHCl_2.F$
R-22	Monochloro difluoro methane	$CHCl.F_2$
R-30	Methylene chloride	CH_2Cl_2
R-40	Methyl chloride	CH_3CL
R-100	Ethyl chloride	C_2H_5CL
R-113	Trichloro trifluoro ethane	$CCl_2.FCCLF_2$
R-114	Dichloro tetra fluoro ethane	$CCLF_2.CCLF_2$

हैलो कार्बन यौगिकों को कृत्रिम रूप से बनाया जाता है। इनको freon परिवार द्वारा विकसित किया गया है।

(2) **ऐजोट्रोप (Azeotropes)**– इस श्रेणी में वे प्रशीतक आते हैं जो कि विभिन्न प्रशीतकों के मिश्रण से बनते हैं एवं ये अपने घटकों से अलग नहीं होते। इनके ऊष्मागतिक गुण स्थिर रहते हैं, जैसे F 500 इत्यादि।

(3) **हाइड्रोकार्बन (Hydrocarbons)**—इस समूह के अन्तर्गत वे प्रशीतक आते हैं जो कि कार्बनिक यौगिक रखते हैं। ये अधिक ज्वलनशील होते हैं।

(4) **ऑक्सीजन यौगिक (Oxygen Compound)**—ये ऐसे प्रशीतक हैं जो कि ऑक्सीजन तत्व रखते हैं जैसे—ईथाइल ईथर ($C_2H_2ON_2H_6$) इत्यादि।

(5) **नाइट्रोजन यौगिक (Nitrogen Compound)**—ये ऐसे प्रशीतक हैं जो कि नाईट्रोजन तत्व रखते हैं जैसे—मिथाईल एमीन (CH_3NH_2)

(6) **अकार्बनिक यौगिक (Inorganic Compounds)**—ये ऐसे प्रशीतक है जो कि हैलोकार्बन समूह का उदय होने से पूर्व प्रयोग में लाये जाते थे। आजकल इन्हें विभिन्न उद्देश्यों के लिये काम में लाया जाता है। जैसे—अमोनिया (NH_3), वायु, कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2), सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2) व जल इत्यादि।

(7) **असंतृप्त कार्बनिक यौगिक (Unsaturated Organic Compounds)**—इसके अन्तर्गत वे प्रशीतक आते हैं जो कि इथाइलीन व प्रोपीलीन के आधार पर प्रयोग होते हैं जैसे—ट्राईक्लोरोइथाईलीन ($C_2H_4Cl_3$) इत्यादि।

§ 3.3. प्रशीतक के वांछित गुण (Desirable Properties of Refrigerant) :

प्रशीतक में आर्थिक, सुरक्षा व ऊष्मागतिक दक्षता की दृष्टि से अग्रलिखित गुण होने चाहिये—

AKC TECHNICAL CLASSES

(1) **विशिष्ट ऊष्मा** (**Specific Heat**)—अतितापन कम से कम करने के लिये वाष्प की विशिष्ट ऊष्मा अधिक से अधिक होनी चाहिये। परन्तु द्रव की विशिष्ट ऊष्मा कम होनी चाहिये, ताकि अवरोध (throttling) के बाद बनने वाली वाष्प की मात्रा कम से कम हो।

(2) **आपेक्षिक आयतन** (**Specific Volume**)—सम्पीडन के प्रवेश पर प्रशीतक का विशिष्ट आयतन निम्न (low) होना चाहिए। इस प्रकार समान प्रशीतन क्षमता के लिये सम्पीडक का साइज घट जाता है।

(3) **ऊष्मीय चालकता** (**Thermal Conductivity**)—प्रशीतक की ऊष्मीय चालकता अधिक से अधिक होनी चाहिये। इस प्रकार वाष्पित्र व संघनित्र की दक्षता बढ़ जाती है तथा कम साइज के पाइप प्रयोग में ला सकते हैं।

(4) **श्यानता** (**Viscosity**)—प्रत्येक प्रशीतक के लिये इनका मान कम से कम होना चाहिये। इस प्रकार ऊष्मा का स्थानान्तरण अच्छी प्रकार होता है, व दाब पतन कम होता है।

(5) **क्वथनांक** (**Boiling Point**)—प्रशीतक का क्वथनांक वायुमण्डलीय दाब पर कम होना चाहिये।

(6) **हिमांक** (**Freezing Point**)—प्रशीतक का हिमांक निम्न होना चाहिये व इसका मान वाष्पित्र के तापमान से कम होना चाहिये।

(7) **वाष्पित्र व संघनित्र दाब** (**Evaporator and Condenser Pressure**)—वाष्पित्र व संघनित्र में दाब धनात्मक होना चाहिये, परन्तु वायुमण्डलीय दाब से अधिक नहीं होना चाहिये। प्रशीतन निकाय में उच्च दाब के कारण संयन्त्र की लागत बढ़ जाती है।

(8) **क्रान्तिक तापमान** (**Critical Temperature**)—प्रशीतक का क्रान्तिक तापमान उच्च होना चाहिये, जिससे कार्यकारी तापमान पर वाष्प अवस्था में रह सके।

(9) **गुप्तोष्मा** (**Latent Heat**)—वाष्पीकरण की गुप्तोष्मा उच्च होनी चाहिये। इस प्रकार प्रशीतक के बहने वाली मात्रा कम होने से प्रशीतन पर कोई विशेष प्रभाव नहीं पड़ता। इस प्रकार सम्पीडक में विस्थापन कम हो जाता है।

(10) **ज्वलनशीलता व विस्फोटन** (**Flammability and Explosion**)—प्रशीतक को ज्वलनशील व विस्फोटक नहीं होना चाहिये। प्रशीतक जब वायु व तेल के साथ मिश्रित हों तो उन्हें विस्फोटक नहीं होना चाहिये। जैसे—अमोनिया (NH_3) व मिथाइल क्लोराइड कुछ निश्चित सान्द्रता पर जलते हैं।

(11) **विषैलापन** (**Toxicity**)—प्रशीतक को विषैला (toxic) नहीं होना चाहिये। प्रशीतक का प्रभाव मनुष्य पर बुरा नहीं पड़ना चाहिये। यदि प्रशीतक विषैला हो तो उसे सीधे प्रसार कोल्ड स्टोरेज के लिये नहीं चुनना चाहिये।

(12) **संरक्षण** (**Corrosion**)—प्रशीतक में यह गुण नहीं होना चाहिये। इसे किसी धातु पर प्रतिक्रिया नहीं करनी चाहिए, चाहे तेल या पानी की उपस्थिति हो।

(13) **रासायनिक प्रवृत्ति** (**Chemiceal Stability**)—प्रशीतन निकाय में चालन के प्रशीतक को आवश्यक तापमान पर रासायनिक दृष्टि से स्थिर (stable) होना चाहिये।

(14) **गन्ध क्षरण स्थिरता** (**Odour Leak Tendency**)—कई प्रशीतक अपनी विशेष गन्ध के कारण पहचाने जा सकते हैं। जैसे—अमोनिया, कुछ प्रशीतक ऐसे होते हैं जिनकी गन्ध वस्तुओं को खराब कर देती है।

(15) **स्नेहन तेल के साथ मिश्रायता** (**Miscibility with Lubricating Oil**)—प्रशीतक को सम्पीडक तेल के साथ मिश्रित होना चाहिये, परन्तु संघनित्र में प्रवेश से पहले अलग हो जाना चाहिये। इस प्रकार स्नेहन कठिनाई कम हो जाती है व ऊष्मा स्थानान्तरण में सुधार सम्भव हो जाता है।

(16) **विद्युन प्रतिरोध** (**Electrical Insulation**)—समुन्द्रित मोटर व सम्पीडक, में प्रशीतक विद्युत मोटर की वाइन्डिंग के सीधे सम्पर्क में नहीं आना चाहिये। प्रशीतक में विद्युत प्रतिरोध का गुण होना चाहिये।

AKC TECHNICAL CLASSES

(17) **उच्च निष्पादन गुणांक (High C.O.P)**—सम्पीडक शक्ति को न्यूनतम प्रयोग में लाने के लिये प्रशीतक को उच्च निष्पादन गुणांक पर रखना चाहिये।

(18) **लागत (Cost)**—प्रशीतन ऐसा चुना जाना चाहिये, जो कि आसानी से उपलब्ध हो सके। प्रशीतक पर लगने वाली लागत संयन्त्र के आकार व आवश्यकताओं पर निर्भर करती है।

§ 3.4. मुख्य प्रशीतक (Main Refrigerants) :

(i) वायु (Air) या *R*-729

1. पुराने समय में यह प्रशीतक काम में लाया जाता था।
2. गैस टरबाइन व रोटरी सम्पीडक का विकास होने से आजकल यह वायुयान प्रशीतन में काम में लाया जाता है।
3. यह सर्वत्र व्याप्त है। जहरीला नहीं है तथा सस्ता है—

(ii) अमोनिया (NH_3) या *R*-717

1. इसका वायुमण्डल दाब पर क्वथनांक –33°C है। अतः निम्न तापमान के लिये यह प्रशीतक उपयोगी है।
2. इसमें ज्ञेय ऊष्मा कम होती है,
3. इसकी गुप्तोष्मा व क्रान्तिक तापमान उच्च होने के कारण बहुत उपयोगी है।
4. अन्य प्रशीतकों की अपेक्षा कम खर्चीला है।
5. यह पश्चाग्र सम्पीडक के लिये अच्छा प्रशीतक है।
6. यह पानी में घुलनशील है अतः वाष्प अवशोषण निकाय के काम में लाया जाता है।
7. यह तेल के साथ मिश्रित नहीं होता।
8. उच्च तापमान पर विस्फोट हो जाता है।
9. यह नशीला होता है।
10. इसकी तीखी, गन्ध होने के कारण क्षरण (leaks) पहचाने जा सकते हैं।
11. लोहे व स्टील पर इसका संक्षारण प्रभाव नहीं होता।
12. इसका घनत्व वायु व तेल के घनत्व से कम होता है।

उपयोग—यह प्रशीतक अधिकतर बर्फ बनाने (ice meaking), 'शीत संरक्षण संयन्त्रों, बीयर प्लान्टों, आइसक्रीम प्लान्टों में काम में लाया जाता है।

परन्तु सार्वजनिक स्थानों पर सुखद वातानुकूलन (comfort air-conditioning) के लिये इसको प्रयोग में नहीं लाना चाहिये।

(iii) सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2) या *R*-764—

1. वायुमण्डलीय दाब पर इसका क्वथनांक –10°C है।
2. इसका कार्यकारी दाब निम्न होता है।
3. इसका गुप्तोष्मा व क्रान्तिक तापमान उच्च होता है।
4. यह ज्वलनशील होता है, परन्तु विस्फोटक नहीं।
5. यह अत्यधिक विषैला होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

6. इसकी विशेष तीखी गन्ध से क्षरण (leaks) पहचाने जा सकते हैं।
7. यह नमी से प्रतिक्रिया कर H_2SO_3 ऐसिड बनाता है जोकि संक्षारक (corrosive) है।

उपयोग—यह घरेलू प्रशीतित्रों जिसमें समुन्द्रित सम्पीडक मोटर होते हैं, के काम में लाया जाता है।

(iv) कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) या *R*-744

1. इसका कार्यकारी दाब अधिक होता है।
2. क्रान्तिक तापमान निम्न होता है।
3. यह विषैला नहीं है।
4. यह रंगहीन व गन्धहीन होता है अतः क्षरण का पहचानना कठिन होता है।
5. यह ज्वलशील नहीं होता।
6. इसका C.O.P. कम होता है।
7. इसकी अश्व-शक्ति प्रति टन अधिक होती है।
8. निकाली गई ऊष्मा की मात्रा प्रति इकाई आयतन अधिक होती है।
9. इसका तेल व ग्रीस पर कोई प्रभाव नहीं होता।
10. इसका लोहा, ताँबे इत्यादि पर संक्षारण प्रभाव होता है।

उपयोग—इसका उपयोग एक प्रशीतक के रूप में कम होता जा रहा है। इसको शुष्क बर्फ (Dry ice) के रूप में अधिक प्रयोग किया जाता है। यह रेलवे, कार vans व ice-cream में उपयोग किया जाता है।

(v) मिथाइल क्लोराइड (CH_3Cl) या *R*-40

1. इसका क्वथनाक –23.7°C है।
2. इसका कार्यकारी दाब कम होता है।
3. इसके क्रान्तिक तापमान व गुप्तोष्मा उच्च होते हैं।
4. यह ज्वलनशील है परन्तु आसानी से नहीं जलता।
5. यह रंगहीन होता है परन्तु इसमें क्लोरोफार्म (chloroform) जैसी मीठी गन्ध आती है अतः इसके क्षरण (leaks) पहचाने जा सकते हैं।
6. नमी की उपस्थिति में जिंक, मैग्निशियम व ऐल्यूमिनियम पर संक्षारक (corrosive) होता है।
7. सभी प्रकार के तेल व ग्लिसरीन में घुल जाता है।

उपयोग—यह छोटे व घरेलू इकाइयों के प्रशीतित्रों में प्रयुक्त किया जा सकता है परन्तु फ्लोरीनेटेड हाइड्रोकार्बन के निकास होने से इसका उपयोग कम हो गया है।

फ्लोरीनेटेड हाइड्रोकार्बन (Flourinated Hydrocarbons)—ये इथेन व मीथेन इत्यादि हाइड्रोकार्बन halogen derivatives हैं। ये हाइड्रोजन परमाणु के स्थान पर फ्लोरीन व क्लोरीन प्रयोग करने से प्राप्त होते हैं। इसके अन्तर्गत विभिन्न प्रकार के प्रशीतक आते हैं। इनमें से कुछ पश्चाग्र सम्पीडक व कुछ अपकेन्द्रीय सम्पीडकों के साथ उपयोग में लाये जाते हैं। फ्लोरीनेटेड हाड्रोकार्बन के विभिन्न ट्रेड नाम हैं परन्तु अन्तर्राष्ट्रीय समझौते के अनुसार शब्द '*F*' सामान्यतया प्रयोग में लाया जाता है।

AKG TECHNICAL CLASSES

(vi) *F*-11 (Monoflouro Trichloro Methane) या *R*-11

1. इसका दाब निम्न होता है।
2. यह अपकेन्द्रीय सम्पीडक (centrifugal compressor) के लिये प्रयुक्त किया जाता है।
3. वायुमण्डलीय दाब पर इसका क्वथनांक (23.77°C) है।
4. कार्यकारी दाब कम होने के कारण यह प्रशीतक बड़े अपकेन्द्री सम्पीडक निकाय में प्रयोग होता है।
5. यह कम स्थायी होता है।

उपयोग—यह सिनेमा, कार्यालय, फैक्टरी इत्यादि प्रशीतन में काम में लाया जा सकता है। इसके सिलेण्डर का रंग नारंगी होता है।

(vii) *F*-12 (Difluoro Dichloro Methane) या *R*-12

1. यह पश्चाग्र (reciprocating) व रोटरी सम्पीडक के लिये उपयुक्त है।
2. सम्पीडन के उपरान्त इसका तापमान बहुत निम्न रहता है।
3. अमोनिया की अपेक्षा इसका swept volume अधिक होना चाहिये।
4. यह मैग्नीशियम तथा जिंक के साथ प्रतिक्रिया करता है।
5. ताँबा व इसके alloys के साथ सुरक्षित रूप में उपयोग में लाया जा सकता है।
6. इसमें विशेष प्रकार का तेल उपयोग में लाना चाहिए जिससे copper plating न हों।
7. यह रंगहीन, गंधहीन, संक्षरणरोधी, अज्वलनशील प्रशीतक है।
8. वायुमण्डलीय दाब पर इसका क्वथनांक –29°C है।
9. इसका गुप्त ऊष्मीय मान अपेक्षाकृत कम होता है जो छोटे प्रशीतन तंत्रों के लिए लाभदायक है।

यह घरेलू, व्यावसायिक, कोल्ड स्टोरेज संयन्त्रों (cold storage plant) तथा आइसक्रीम बनाने के उपयोग में लाया जा सकता है इसके सिलेण्डर का रंग सफेद होता है।

(viii) *F*-13 (Trifluoro Monochloro Methane) या *R*-13

1. इसका क्वथनांक –81.1°C है।
2. इसका क्रान्तिक तापमान निम्न होता है।
3. इसका क्रान्तिक दाब 39.5 atmospheric है।
4. इसके निष्पादन गुणांक (C.O.P.) का मान दूरे फ्लोरीनेटेड प्रशीतकों से कुछ कम होता है।

उपयोग—गैसों के द्रवीकरण, धात्विक प्रतिक्रियाओं व cascade संयन्त्र में निम्न ओर (low side) में संस्तुत किया जा सकता है।

(ix) *F*-21 (Monofluoro Dichloro Methane) *R*-21

1. यह अपकेन्द्रीय सम्पीडक (centrifugal compressor) के साथ प्रयुक्त किया जाता है।
2. इसका दाब निम्न होता है।

उपयोग—आजकल यह उपयोग के लिये संस्तुत नहीं किया जाता।

AKC TECHNICAL CLASSES

(x) *F*-22 (Difluoro Monochloro Methane) या *R*-22

1. इसका swept volume अमोनिया की अपेक्षा अधिक होता है।
2. इसका अन्तिम विसर्जन ताममान कम होता है। यही कारण है कि *F*-22 का उपयोग *F*-12 के स्थान पर अधिकाधिक किया जा रहा है।
3. यह निम्न व उच्च वाष्पित्र तापमान पर भी कार्य कर सकता है।
4. इसका कवथनांक वायुमण्डलीय दाब पर – 41°C है।
5. यह जहरीला नहीं होता।
6. यह अज्वलनशील तथा संक्षरणरोधी है।

उपयोग—घरेलू, व्यावसायिक, कोल्ड स्टोरेज संयन्त्रों (cold storage plants), आईसक्रीम फैक्ट्री इत्यादि में इसका उपयोग किया जाता है। यह –29°C से लेकर – 40°C तक के तापक्रमों के लिए प्रयोग होता है। इसके सिलेण्डर का रंग हरा होता है।

(xi) *F*-113 (Trifluoro Chloro Ethane) या *R*-113

यह ईथेन का derivative है।

उपयोग—यह वातनुकूलन में कम दाब प्रशीतक के रूप में अपकेन्द्रीय सम्पीडक के साथ प्रयुक्त किया जाता है।

(xii) *F*-114 (Tetra Fluoro Dichloroethane) या *R*-114

1. यह निम्न दाब प्रशीतक के रूप में उपयोग किया जाता है।
2. इसको अपकेन्द्रीय सम्पीडक के साथ प्रयोग में लाया जाता है।
3. *F*-22 की तरह सम्पर्क में आने से कठिनाई उत्पन्न करता है।

उपयोग—इसका घरेलू उपयोग इकाइयों में रोटरी सम्पीडन के साथ किया जाता हैं।

(xiii) पानी (Water) या *R*-118

1. इसका हिमांक 0°C है।
2. इसके ऊष्मा-गतिकी गुण अच्छे हैं।
3. यह पश्चाग्र सम्पीडन के साथ प्रयोग में लाया जाता है। इसकी सबसे बड़ी कमी यह है कि इसका हिमांक अधिक है।

(xiv) प्रशीतक मिश्रण (Refrigerant Mixtures) *R*-502

सम्पीडक में विभिन्न प्रशीतक मिश्रणों को प्रयोग में लाने से कार्यकारी दशायें सुधर जाती हैं। जैसे—ऐजोट्रोप मिश्रण पहले पढ़ चुके हैं। *F*–502 एक अच्छी प्रशीतक मिश्रण है जिसमें—*F*–22 = 48.8%, *F*–115 = 51.2% इसका वायुमण्डलीय दाब पर क्वथांक – 46°C है। इसका रासायनिक सूत्र $CHClF_2/CClF_2CF_3$ है। यह अज्वलनशील, संक्षारण रोधी है तथा जहरीला भी नहीं है। यह कम तथा माध्यम तापमानों के लिए उपयुक्त है। यह –18°C से लेकर –51°C तक के तापमानों के लिए उपयुक्त है। *R*–502 में R–12 तथा R–22 के कई अच्छे गुण होते हैं। इसके सिलेण्डर का रंग Orchid होता है।

कुछ प्रचलित प्रशीतकों के गुण सारणी 3.2 में प्रदर्शित हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

सारणी 3.2—कुछ प्रचलित प्रशीतकों के गुण (Properties of Common Refrigerants)

Refrigerant	Chemical formula	Molecular weight	Boiling point °C	Freezing point °C	Critical point		Specific gravity at atmos-pheric pressure	Liquid specific heat from –15°C to 30°C kJ/kg°K	Specific heat of vapour –15°C to 30°C kJ/kg°K	$C_p/C_v = \gamma$	Gas Constant R kJ/kg°K
					Temp. °C	Pressure bar					
Air (R–729)	–	–	–	–	–	–	–	–	1.0048	1.4 (–30°C to 10°C)	0.287
Ammonia (R–717)	NH_3	17.031	–33.35	–77.8	133	114.24	0.684	4.689	2.19	1.31 (21°C)	–
R–11	CCl_3F	137.38	+23.7	–111	198	43.78	1.468	0.879	0.578	1.136 48°C	0.0605
R–12	CCl_2F_2	120.93	–29.8	157.8	112	41.16	1.480	0.963	0.615	1.16 10°C	0.0686
R–13	$CClF_3$	104.47	–81.5	–181	28.8	38.6	–	–	0.578	1.172 –15°C	–
R–21	$CHCl_2F$	102.93	8.92	–135	178.5	51.68	–	–	0.586	1.175	–
R–22	$CHClF_2$	86.48	–40.8	–160	96	49.37	1.411	1.4	0.657	1.184 (48°C)	0.096
R–113	$C_2Cl_3F_3$	187.39	47.57	–35	214	34.13	1.559	0.913	–	1.08 (60°C)	0.044
R–114	$C_2Cl_2F_4$	170.93	3.55	–94	145.7	32.58	–	0.996	0.653	1.088	0.0486
Methyl Chloride R–40	CH_3Cl	–	–22.8	–97.8	152	66.78	1.002	1.59	1.0048	1.28 (25°C)	–
R–500 (Azeotrope)	73.8% CCl_2F_2 26.2 CH_2CHF_2	99.29	–33.3	–159	105	43.5	–	1.26	0.716	0.13	0.0837

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 3.5. द्वितीयक प्रशीतक (Secondary Refrigerants) :

कुछ परिस्थितियों में ऊष्मा-स्रोत से ऊष्मा प्रवाहित करने के लिये प्राथमिक प्रशीतकों का उपयोग वांछनीय नहीं होता, तब द्वितीयक प्रशीतकों का प्रयोग किया जाता है, जैसे—हवा, जल, नमक का घोल आदि। द्वितीयक-प्रशीतक ऊष्मा स्रोत से ऊष्मा ग्रहण करते हैं और उसे वाष्पित्र (evaporator) में पहुँचाते हैं जहाँ ऊष्मा का स्थानांतरण प्राथमिक प्रशीतक को होता है। द्वितीयक प्रशीतक इस क्रिया को बार-बार दोहराते हैं।

द्वितीयक-प्रशीतकों का प्रयोग सामान्यतया बड़े औद्योगिक तथा व्यावसायिक प्रशीतन संयन्त्रों में किया जाता है। सामान्य द्वितीयक-प्रशीतक जल, सोडियम-क्लोराइड का घोल (brine) और कैल्शियम-क्लोराइड का घोल है।

§ 3.6. विशेष उपयोग के लिये प्रशीतक का चयन (Selection Criteria of Refrigerants for Specific Use) :

किसी विशेष उद्देश्य के लिये प्रशीतक के चुनाव करने में उसकी रासायनिक ऊष्मागतिकी व सुरक्षा सम्बन्धी गुणों के साथ-साथ भौतिक गुणों पर विचार करना आवश्यक है। किसी प्रशीतक का चुनाव इस आधार पर करना चाहिये कि वह दिये गये विशिष्ट स्थान व आवश्यकताओं के अनुरूप कार्य करने में सक्षम हो। ऐसा कोई प्रशीतक उपलब्ध नहीं है, जो कि सभी प्रशीतन उद्देश्यों के लिये उपयोग में लाया जा सके। विभिन्न उपयोगों के लिये भिन्न-भिन्न गुण व आवश्यकतायें होती हैं। किसी प्रशीतक व सम्पीडक का चयन करने से पहले निम्नलिखित गुणों पर ध्यान देना आवश्यक है।

1. कार्यकारी दाब की सीमायें व दाब अनुपात (Limits of working pressure and pressure ratio)
2. ज्वलनशीलता व संक्षारण (Space limitations)
3. स्थान सीमायें (Space limitations)
4. उपलब्धता एवं मूल्य (Availability and cost)
5. तेल मिश्रयता (Oil miscibility)
6. वाष्पित्र दाब तथा तापक्रम (Evaporator pressure and temperature)
7. प्रारम्भिक तथा कार्यकारी लागत (Initial and operating cost)

§ 3.7. क्षरण संसूचन (Leak Detection) :

किसी भी प्रशीतन प्रणाली में यदि प्रशीतक का क्षरण होता है तो यह या तो अन्दर हो सकता है या बाहर, यह इस बात पर निर्भर करता है कि क्षरण बिन्दु पर दाब वायुमण्डल दाब से अधिक या कम है। जब प्रशीतन प्रणाली में क्षरण बिन्दु पर (point of leakage) दाब वायुण्डल दाब से अधिक है तो प्रशीतन का क्षरण प्रणाली से बाहर की ओर होगा परन्तु जब वायुमण्डलीय दाब से कम है तब प्रशीतक का क्षरण बाहर की तरफ नहीं होगा परन्तु वायु और नमी प्रणाली के अन्दर चली जायेंगी। इन दोनों का प्रभाव यह होगा कि थोड़ी देर में प्रणाली कार्य करना बन्द कर देगी। बाहरी क्षरण अन्दर के क्षरण की अपेक्षा कम नुकसानदायक है। बाहर के क्षरण का पता लगाकर मरम्मत कर दी जाती है और प्रणाली प्रशीतक द्वारा पुनः चार्ज कर दी जाती है। अन्दर के क्षरण की दशा में प्रणाली का विसर्जन दाब व तापमान बढ़ जाते हैं तथा प्रशीतन नियन्त्रण में नमी जम सकती है। क्षरण का पता लगाने व मरम्मत करने के पश्चात् प्रणाली को पूरा खाली व डिहाइड्रेट (dehydrate) कर लिया जाता है। अतः प्रशीतन प्रणाली के सुचारु रूप से कार्य करने के लिये क्षरण का पता लगाना व रोकना जरूरी है।

सभी प्रशीतकों का क्षरण संसूचन (Leak detection) करने के लिये एक विधि यह है कि साबुन का घोल पाइप जोड़ तथा दूसरे सम्भावित क्षरण क्षेत्र पर लगाया जाता है फिर इस पर अधिक प्रकाश डाला जाता है। यदि साबुन के बुलबुले बनने शुरू हो जायें तो वह क्षरण की उपस्थिति प्रदर्शित करता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 3.8. विभिन्न प्रशीतकों के क्षरण संसूचन की विधियाँ (Leak Detection Methods for Various Refrigerants) :

(1) **वायु में अमोनिया**—इसके लिये सल्फर कोटिड केन्डिल उपयोग में लायी जाती है। अमोनिया का यदि क्षरण होता है तो यह सल्फर से क्रिया करके सफेद धुआँ उत्पन्न करती है।

(2) **पानी में अमोनिया**—इसको सफेद लिटमस पेपर द्वारा चैक करते हैं जो कि अमोनिया के सम्पर्क में आने पर लाल हो जाता है।

(3) **नमक के घोल में अमोनिया (Ammonia in Brine)**—इसमें थोड़े नमक के घोल के साथ कास्टिक सोडा मिलाया जाता है। एक लिटमस पेपर को एक शीशे के टुकड़े के नीचे लगाया जाता है। कागज को पानी से नम कर दिया जाता है और शीशे को लिटमस पेपर के नीचे होते हुये कास्टिक और 'नमक के घोल' के ऊपर लिटाया जाता है। कागज को नमक के घोल के साथ सम्पर्क में नहीं आना चाहिये। यदि अमोनिया वाष्प, कास्टिक brine mixture से ऊपर उठती है तो लिटमस पेपर लाल हो जाता है।

(4) **सल्फर डाइऑक्साइड के क्षरण**—इसके क्षरण मीठी गन्ध द्वारा पहचाने जा सकते हैं। एक अमोनिया से भीगा कपड़ा क्षरण स्थान पर लाने पर सफेद गैस निकलती है।

(5) **कार्बन डाइऑक्साइड के क्षरण**—Freon की थोड़ी मात्रा प्रणाली में भेजने पर halide torch का प्रयोग करते हैं। एक के बाद एक हरे रंग के साथ गंध क्षरण स्थान पर प्रकट होगी। CO_2 के क्षरण ज्ञात करने के लिये साबुन घोल विधि भी प्रयोग में लायी जाती है।

(6) **Freon एवं मिथाइल क्लोराइड के क्षरण**—इनके क्षरण देखने के लिये Halide torch काम में लायी जाती है।

प्रश्नावली

1. प्रशीतक को परिभाषित कीजिये।
2. प्राथमिक एवं द्वितीयक प्रशीतक में अन्तर स्पष्ट करें तथा दोनों के दो उदाहरण दें।
3. एक आदर्श प्रशीतक के वाँछित गुण क्या हैं?
4. विभिन्न प्रयुक्त होने वाले प्रशीतकों के नाम लिखिये।
5. निम्न प्रशीतकों के गुण, नाम तथा रासायनिक सूत्र लिखिये—
   (i) *R*–12 (ii) *R*–22 (ii) *R*–717
6. प्रशीतक का चयन करते समय किन-किन बातों पर विचार करना आवश्यक है?
7. विभिन्न प्रशीतकों के क्षरण संसूचन (leak detection) की विधियों पर संक्षिप्त टिप्पणी कीजिये।
8. प्रशीतक *R*–12, *R*–22 तथा *R*–113 के लिए किस प्रकार का सम्पीडक प्रयोग करते हैं।
9. एक प्रशीतक के भौतिक तथा ऊष्मा गतिकीय गुणों में अन्तर स्पष्ट करें।
10. किन्हीं पाँच प्रशीतक के नाम, रासायनिक सूत्र तथा गुण लिखिये।

AKC TECHNICAL CLASSES

4 Chapter

वायु प्रशीतन निकाय
(AIR REFRIGERATION SYSTEM)

§ 4.1. परिचय (Introduction) :

एक वायु प्रशीतन निकाय में वायु को एक प्रशीतक के रूप में प्रयुक्त किया जाता है। पुराने समय में व्यवसायिक प्रशीतन अनुप्रयोगों के लिए वायु का प्रयोग प्रचुरता से किया जाता था क्योंकि वायु बिना लागत के (free of cost) तथा आसानी से उपलब्ध होती है। क्योंकि वायु अपनी अवस्था (phase) में कोई परिवर्तन नहीं करती है अर्थात् सम्पूर्ण चक्र में वह गैसीय अवस्था में ही बनी रहती है, इसलिए अन्य प्रशीतन निकायों जैसे वाष्प सम्पीड़न निकाय या वाष्प अवशोषण निकाय की तुलना में, प्रति किग्रा (per kg) वायु के लिए ऊष्मा प्रवाह की क्षमता (heat carrying capacity) बहुत कम होती है।

ऊर्जा की अधिक खपत (high power requirements) तथा निम्न निष्पादन गुणांक (low coefficient of performance) के कारण वायु-चक्र प्रशीतन निकाय अपने मूलरूप में प्रयोगिक दृष्टि से अप्रचलित (obsolete) हो गये हैं। यद्यपि उपकरणों के निम्न भार तथा आयतन को दृष्टिगत रखते हुए यह निकाय आज भी एयरक्राफ्ट प्रशीतन (Aircraft Refrigeration) में बहुतायत से प्रयुक्त होता है। एक वायु-चक्र प्रशीतन निकाय के मूल अवयव एक सम्पीड़क (compressor), एक शीतक या ऊष्मा विनिमियक (cooler or heat exchanger), एक प्रसारक (expander) तथा एक प्रशीतक (refrigerator) होते हैं।

§ 4.2. वाष्प सम्पीड़न निकाय की तुलना में वायु प्रशीतन निकाय के लाभ तथा अलाभ (Advantages and Disadvantages of Air-refrigeration System Over Vapour Compression System) :

लाभ (Advantages)

(1) वायु सर्वत्र रूप से तथा असानी से उपलब्ध है।

(2) सुरक्षा की दृष्टि से वायु एक सुरक्षित प्रशीतक है।

(3) वायु प्रशीतन निकाय अन्य प्रशीतन निकायों की तुलना में मितव्ययी (Economical) होता है क्योंकि वायु बिना किसी लागत के (without any cost) उपलब्ध है।

अलाभ (Disadvantages)

(1) इसका निष्पादन गुणांक (C.O.P.) बहुत कम है।

(2) इसकी परिचालन लागत (operating cost) बहुत अधिक है।

(3) इसमें प्रयुक्त होने वाले उपकरण अधिक स्थान घेरने वाले (bulky) होते हैं।

(4) ऊष्मा प्रवाह की क्षमता (Heat Carry:ng Capacity) बहुत कम होती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 4.3. वायु प्रशीतन चक्र (Air Refrigeration Cycle) :

इसमें वायु का प्रशीतक के रूप में प्रयोग किया जाता है। यह निम्न तापमान वाले स्थान से ऊष्मा लेकर उच्च तापमान वाले स्थान को विसर्जित (discharge) करती है। वायु की अवस्था क्रिया चक्र में नहीं बदलती अत: यहाँ केवल ज्ञेय ऊष्मा परिवर्तन (sensible heat change) होते हैं अर्थात् यह एक प्रकार ज्ञेय ऊष्मा पम्प (sensible heat pump) है। वायु प्रशीतन चक्र दो प्रकार के हो सकते हैं—

(1) खुला चक्र (open cycle)

(2) बन्द चक्र (closed cycle)

खुला चक्र (open cycle) के वायु-प्रशीतक (air-refrigeration) में वायु, शीतल-कक्ष (cold chamber) में वायुमण्डलीय दाब पर विसर्जित कर दी जाती है जहाँ पर शीत-पिण्ड (cold body) के सीधे सम्पर्क में आती है।

बन्द चक्र (closed cycle) में वायु, चक्र समाप्त होने पर वायुमण्डल में विसर्जित कर दी जाती है। इसमें वायु एक क्वॉइल से होकर प्रवाहित होती है। शीतल कक्ष में इस क्वॉइल में वायु का दाब वायुमण्डल के दाब से अधिक होगा।

वायु प्रशीतित्र (air refrigerator) प्राय: प्रतिवर्तित कार्नोट चक्र (Reversed Carnot Cycle) या प्रतिवर्तित जूल चक्र (Reversed Joule Cycle) जिसे Bell Coleman Cycle या Brayton Cycle भी कहते हैं, पर आधारित होते हैं।

प्रतिवर्तित कार्नोट चक्र (Reversed Carnot Cycle) का अध्ययन हम पूर्व अध्याय में कर चुके हैं। यहाँ हम बेल कोलेमन चक्र (Bell Coleman Cycle या Joule-Brayton Cycle) का विस्तृत अध्ययन करेंगे।

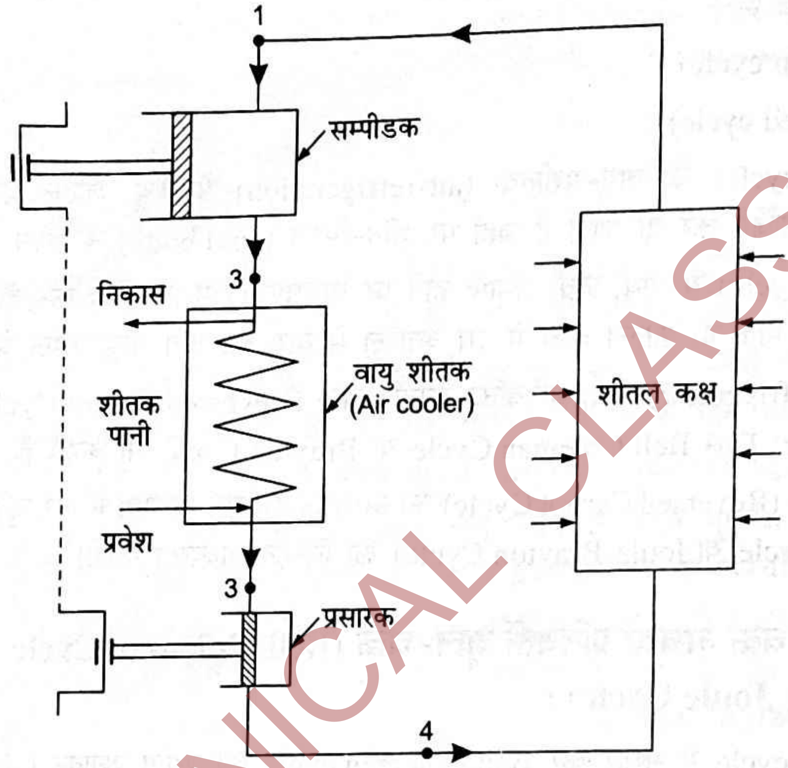
§ 4.4. बेल-कोलेमन चक्र अथवा प्रतिवर्ती जूल-चक्र (Bell-Coleman Cycle or Reversed Joule Cycle) :

Reversed Carnot cycle में सुधार कर Bell Coleman cycle का प्रयोग प्रशीतन (air refrigeration) में किया गया। इसमें कार्नोट चक्र की समतापीय प्रक्रियाओं (Isothermal processes) को 'स्थिर दाब प्रक्रियाओं' (constant pressure processes) द्वारा बदला गया। इसमें वायु 'प्रशीतक' प्रयोग में लाया जाता है। बहुत समय पहले इस प्रकार के प्रशीतित्र (refrigerator) में इस चक्र का उपयोग पानी के जहाजों पर किया गया।

चित्र 4.1 में open air system प्रशीतन को रेखा-चित्र द्वारा दिखाया गया है। जब शीतल कक्ष (cold chamber) में वायु, वायुमण्डलीय दाब पर विसर्जित की जाती है तथा यह वायु सीधे ही शीत पिण्ड के अर्थात् शीतल कक्ष में रखी वस्तुओं के सम्पर्क में आती है तो इसे 'खुला वायु निकाय' (open air system) कहा जाता है। इसमें सम्पीडक अपने चूषण स्ट्रोक के दौरान शीतल कक्ष से वायु का चूषण करता है। यह वायु प्रवेश स्थिति, प्रवाह-चित्र (flow-diagram) पर बिन्दु (1) से दिखाई गयी है। अब सम्पीडक में वायु का समएन्ट्रोपी सम्पीडन (Isentropic compression) होता है। फलस्वरूप वायु का दाब व तापमान अधिक परन्तु आयतन कम हो जाते हैं। अत: सम्पीडक द्वारा वायु पर कार्य किया जा रहा है। अब उच्च दाब व तापमान वाली सम्पीडित वायु 'वायुशीतक' (Air cooler) में प्रवेश करती है। जो एक प्रकार का ऊष्मा विनिमय (heat exchanger) है। वायु के 'वायु शीतक' (Air cooler) प्रवाह से इसमें ऊष्मा का निराकरण किया जाता है जिससे आयतन में बहुत अधिक कमी आ जाती है। Air cooling के दौरान दाब स्थिर रहता है। [ऐसा आदर्श दशा के लिये मान लिया जाता है। परन्तु वास्तव में दाब गिर जाता है।] 'वायु शीतक' (air cooler) में प्रवेश (2) व निकास (3) से दिखाया गया है। अब वायु 'प्रसार सिलिण्डर' (expansion cylinder) में प्रवेश करती है, जिसका प्रवेश (3) से ही दिखाया गया है। अब उच्च दाब वाली वायु का प्रसार सिलिण्डर (expander) में समएन्ट्रोपी प्रसार (Isentropic expansion) होता है। अत: वायु का आयतन बढ़ता है। अर्थात् वायु कार्य करती है। परन्तु यह कार्य उनकी एन्थाल्पी की कीमत पर किया जाता है। अत: इस प्रक्रिया से अधिक तापमान का पतन होता है। यह expander एक expansion cylinder या जिसे Air motor भी कह देते हैं,

AKC TECHNICAL CLASSES

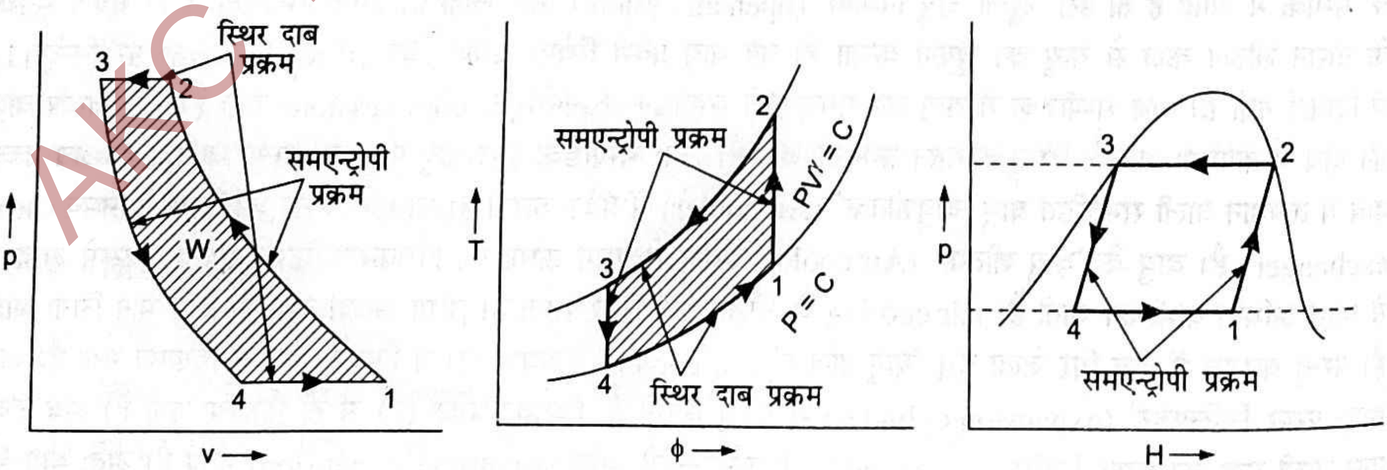
होता है। अब वायु की स्थिति (4) से दिखायी गयी हैं। इस समय वायु का तापमान निम्न होता है। अब वायु शीतलन कक्ष में प्रवेश कर उसमें रखी वस्तुओं से ऊष्मा का अवशोषण (absorption) करती है। फलस्वरूप शीतल कक्ष में तापमान निम्न करती है। चित्र 4.2 (a, b, c) में प्रवाह चित्र के अनुसार Bell Coleman cycle क्रमशः (*P–V*) (*T–ϕ*) तथा (*P–H*) चार्टों पर प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 4.1—Open air system of refrigeration का आरेख

चित्र 4.2(a) में Bell Coleman cycle के सैद्धान्तिक *P–V* diagram को दिखाया गया है। सम्पीडन व प्रसार प्रक्रियायें समएन्ट्रोपी (Isentropic) मान ली गई है। 1–2–3–4 का क्षेत्रफल इस प्रणाली में कार्य निवेश (work input) को दर्शाता है। नाना बिन्दु 1, 2, 3, व 4 पर क्रमशः T_1, T_2, T_3 व T_4 परम तापमान हैं।

C_p = वायु की स्थिर दाब पर विशिष्ट ऊष्मा



(a) बेल कोलेमन चक्र का *P-V* आरेख **(b) बेल कोलेमन चक्र का *T-ϕ* आरेख** **(c)**

चित्र 4.2

AKG TECHNICAL CLASSES

शीतल कक्ष में वायु द्वारा cold body से अवशोषित ऊष्मा या निकाली गई ऊष्मा 'नेट प्रशीतन प्रभाव' के बराबर होगी।

नेट प्रशीतन प्रभाव $(N) = C_p(T_1 - T_4)$ kJ/kg of air

वायु शीतक (Air cooler) को निष्कासित (Reject) की गई ऊष्मा

$= C_p(T_2 - T_3)$ kJ/kg of air

वायु पर किया गया कार्य W = निष्कासित ऊष्मा (heat rejected) – अवशोषित ऊष्मा (heat abstracted)

$= C_p(T_2 - T_3) - C_p(T_1 - T_4)$ kJ/kg of air

$$\text{निकाय का निष्पादन गुणांक (C.O.P.)} = \frac{\text{कुल प्रशीतन प्रभाव } (N)}{\text{कृत कार्य } (W)} = \frac{C_p(T_1 - T_4)}{C_p(T_2 - T_3) - C_p(T_1 - T_4)}$$

$$\therefore \quad \textbf{C.O.P.} = \frac{(T_1 - T_4)}{(T_2 - T_3) - (T_1 - T_4)} \quad \ldots(i)$$

चक्र पूर्ण करने के लिये प्रसार अनुपात व सम्पीडन अनुपात बराबर होने चाहिये क्योंकि दाब की उच्च व निम्न सीमायें समान होनी चाहिये।

चूँकि 1–2 समएन्ट्रोपी सम्पीडन (Isentropic compression) है,

$$\therefore \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(\gamma-1)/\gamma} \quad \ldots(ii)$$

या

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{(\gamma-1)\gamma} \quad \ldots(iii)$$

चूँकि दाब सीमायें समान हैं,

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

या

$$T_2 = \frac{T_3}{T_4} \times T_1 \quad \ldots(iv)$$

समीकरण (iv) से T_2 का मान समीकरण (i) में रखने पर

$$\text{C.O.P.} = \frac{(T_1 - T_4)}{\left(T_1 \times \frac{T_3}{T_4} - T_3\right) - (T_1 - T_4)}$$

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

$$\therefore \quad \textbf{निकाय का निष्पादन गुणांक C.O.P.} = \frac{T_4}{T_3 - T_4}$$

§ 4.5. वास्तविक बेल कोलेमन चक्र (Actual Bell Coleman Cycle) :

वास्तविक प्रक्रिया चक्र, सैद्धान्तिक चक्र से अग्रलिखित विशेषतायें रखता है—

AKC TECHNICAL CLASSES

(1) वायु शीतक (Air cooler) में दाब स्थिर नहीं रहता, बल्कि दाब का कुछ पतन होता है।

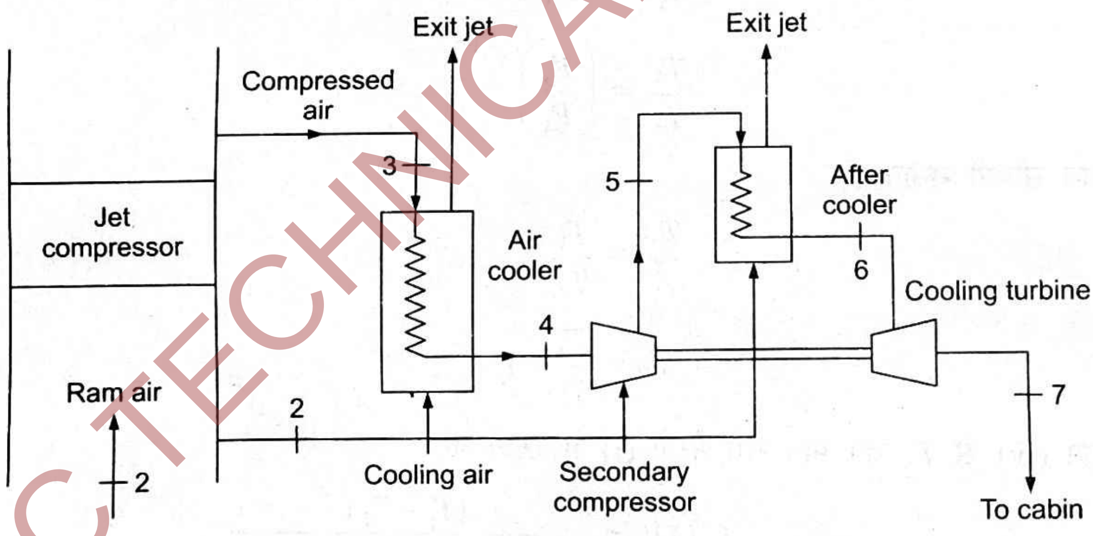
(2) शीतल कक्ष (Cold chamber) में ऊष्मा का अवशोषण वायु द्वारा स्थिर दाब पर नहीं होता है। इस प्रक्रिया में भी दाब का पतन होता है।

§ 4.6. बूट-स्ट्रैप प्रशीतन निकाय (Bootstrap Refrigeration System) :

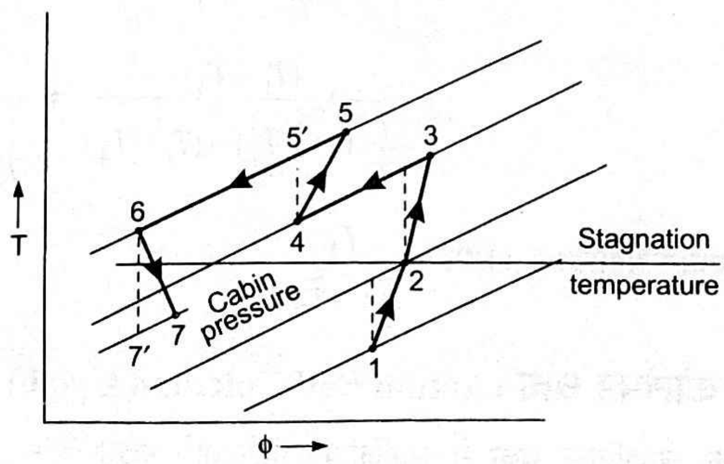
वायुयानों में वायु को प्रशीतक के रूप में प्रयोग किया जाता है तथा चक्र को वायु प्रशीतन निकाय कहते हैं। बूट-स्ट्रैप निकाय वायुयानों के लिए एक प्रमुख शीतलन निकाय है। इसे साधारण वायु प्रशीतन निकाय में कुछ आवश्यक सुधार (modifications) करके बनाया गया है जिससे कि यह निकाय वायुमण्डल में अधिक सुविधाजनक तरीके से प्रयोग किया जा सकता है।

इस निकाय में एक द्वितीयक वायु सम्पीड़क (secondary air compressor) तथा एक पश्च-शीतक (back cooler) का प्रयोग किया जाता है जिससे उच्च सम्पीड़न दाबों तथा अधिक शीतलन प्रभाव (cooling effect) को प्राप्त किया जा सके।

बूट-स्ट्रैप निकाय, जैसा कि चित्र 4.3 में प्रदर्शित है, में एक की जगह दो ऊष्मा-विनिमियक होते हैं तथा विस्तार टरबाईन (Expansion turbine) एक पंखे (fan) के स्थान पर एक सम्पीड़क (compressor) को चलाती है। इसीलिए यह ग्राउण्ड कूलिंग (Ground cooling) के लिए प्रयुक्त नहीं होता है। इस निकाय का ऊष्मागतिकीय चक्र चित्र 4.4 में प्रदर्शित है। बूट-स्ट्रैप निकाय का प्राथमिक उद्देश्य अतिरिक्त शीतलन क्षमता उपलब्ध कराना है जबकि वायु का प्राथमिक स्रोत (primary



चित्र 4.3—बूट-स्ट्रैप प्रशीतन निकाय



चित्र 4.4—T-ϕ आरेख पर बूट-स्ट्रैप निकाय

AKC TECHNICAL CLASSES

source) पर्याप्त उच्च दाब नहीं रखता जो वांछित शीतलन प्रभाव उत्पन्न कर सके। यह कूलिंग सर्किट में ड्रैग (drag) क्रिया द्वारा सम्पन्न होता है क्योंकि शीतल वायु के प्रवाह के लिए दोनों ऊष्माविनिमियक (heat exchangers) रैम (ram) पर निर्भर करते हैं।

उदाहरण 1. एक प्रशीतन तंत्र में जो बेल कोलेमन चक्र पर कार्य करता है, शीत कक्ष से –5°C ताप तथा 1.03 बार दाब पर वायु ली जाती है तथा उसे रुद्धोष्म विधि से 5.25 बार तक संपीडित किया जाता है। संपीडन के पश्चात् वायु को 15°C तक ठण्डा किया जाता है तथा प्रसार सिलिण्डर में पुनः रुद्धोष्म विधि से प्रसारित की जाती है तथा फिर शीत कक्ष को भेज दी जाती है। C_p = 1.004 kJ/kg-°K तथा C_v = 0.717 kJ/kg-°K मानते हुए ज्ञात कीजिये।

(i) प्रति किग्रा वायु पर कृत कार्य,

(ii) शीत कक्ष में उत्पन्न कुल प्रशीतन प्रभाव, तथा

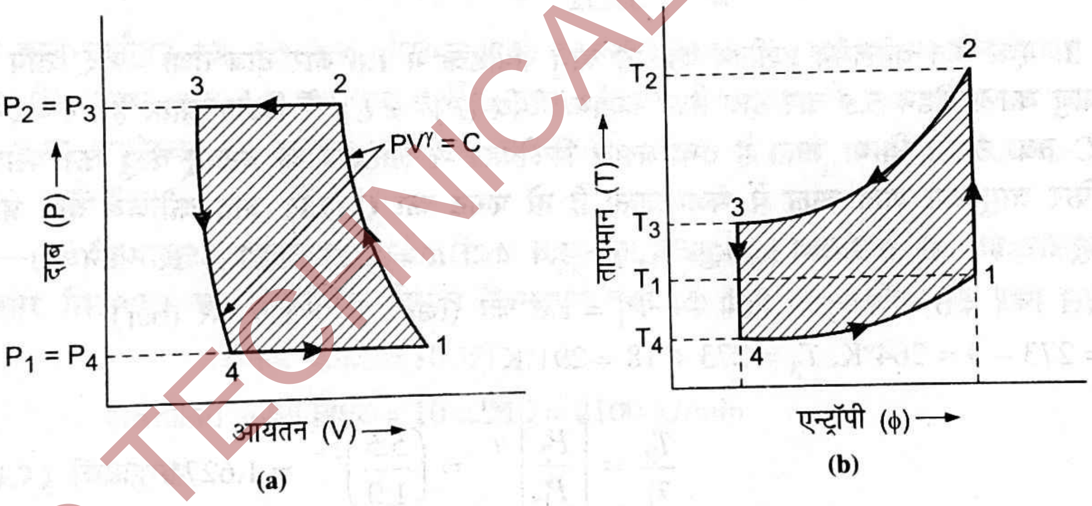
(iii) निष्पादन गुणांक C.O.P.

हल—(देखें 4.5 चित्र) चित्रानुसार दिया है P_1 = 1.03 बार (bar)

P_2 = 5.25 बार (bar)

$T_1 = 273 - 5 = 268°K$

$T_3 = 273 + 15 = 288°K$



चित्र 4.5

$$\therefore \quad \frac{T_2}{T_1} = \left[\frac{P_2}{P_1}\right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\therefore \quad T_2 = 268 \times \left[\frac{5.25}{1.03}\right]^{\frac{1.4-1}{1.4}} = 426.8°K$$

$$\therefore \quad \frac{T_3}{T_4} = \left[\frac{P_3}{P_4}\right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left[\frac{P_2}{P_1}\right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\therefore \quad T_4 = \frac{T_3}{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}$$

$$\therefore \quad T_4 = \frac{288}{\left(\frac{5.25}{1.03}\right)^{\frac{0.4}{1.4}}} = 180.84°K$$

(i) प्रति किग्रा वायु पर कृत शुद्ध कार्य

$$W = \frac{R.\gamma}{(\gamma-1)}[(T_2 - T_1) - (T_3 - T_4)]$$

$$= \frac{0.289 \times 1.41}{(1.41-1)}[(426.8 - 268) - (288 - 180.84)] = \mathbf{51.32\ kJ/kg}$$ **उत्तर**

(ii) प्रति किग्रा वायु द्वारा अवशोषित ऊष्मा

$$N = C_p(T_1 - T_4) = 1.004\ (268 - 180.84) = \mathbf{87.5\ kJ/kg}$$ **उत्तर**

(iii) निष्पादन गुणांक C.O.P. $= \frac{N}{W} = \frac{87.5}{51.32} = \mathbf{1.705}$ **उत्तर**

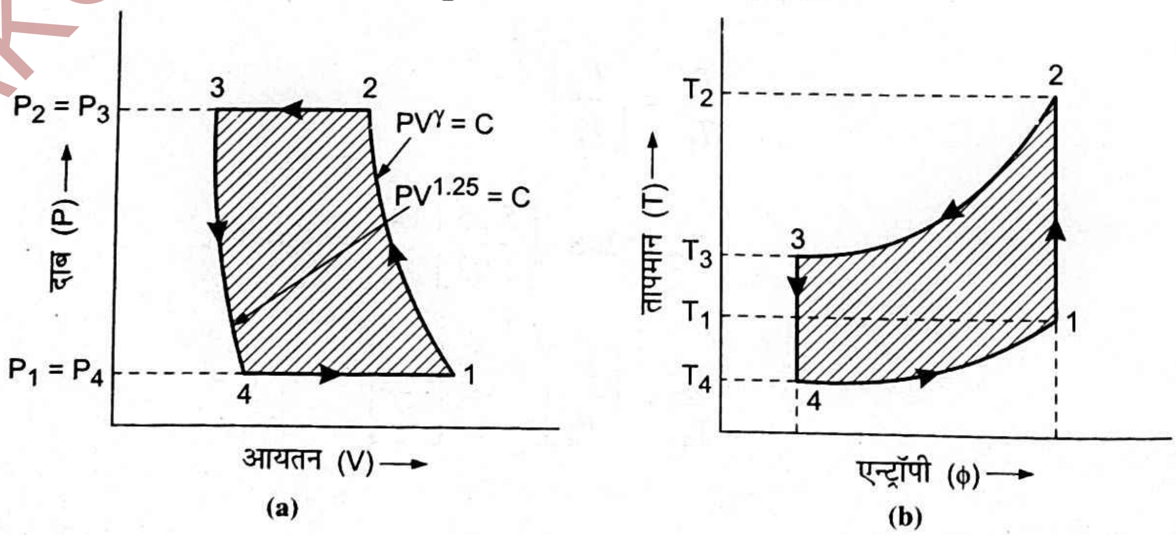
उदाहरण 2. एक बेल कोलमैन प्रशीतन चक्र में वायु संपीडक में 1.0 बार दाब तथा –9°C ताप पर प्रवेश करती है तथा वायु का संपीडन 5.5 बार दाब तथा रुद्धोष्म विधि ($PV^{\gamma} = C$) से किया जाता है। संपीडन के पश्चात् वायु को 18°C तक ठण्डा किया जाता है तथा प्रसार सिलेण्डर में शीतलन के पश्चात् वायु का प्रसारण किया जाता है तथा फिर वायु को शीत कक्ष में भेजा जाता है तो प्लांट का C.O.P. ज्ञात कीजिये यदि प्रसरण $PV^{1.25} = C$ के अनुसार हो। $C_p = 1.004$ kJ/kg-°K, $\gamma = 1.4$ तथा $R = 0.287$ kJ/kg-°K मानिये।

हल—(देखें चित्र 4.6) चित्रानुसार दिया है—$P_1 = 1.0$ बार (bar), $P_2 = 5.5$ बार (bar)

$T_1 = 273 - 9 = 264°K$, $T_3 = 273 + 18 = 291°K$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left[\frac{P_2}{P_1}\right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{5.5}{1.0}\right)^{\frac{0.4}{1.4}} = 1.6275$$

$$T_2 = 1.6275 \times 264 = 430°K$$



चित्र 4.6

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\frac{T_3}{T_4} = \left[\frac{P_3}{P_4}\right]^{\frac{n-1}{n}} = \left[\frac{P_2}{P_1}\right]^{\frac{1.25-1}{1.25}} = (5.5)^{0.2} = 1.406$$

$$T_4 = \frac{T_3}{1.406} = \frac{291}{1.406} = 207°K$$

प्रति किग्रा वायु पर कृत शुद्ध कार्य W = संपीडन में कृत कार्य − प्रसार में प्राप्त कार्य

$$= \frac{\gamma}{\gamma-1}\cdot R\cdot(T_2 - T_1) - \frac{n}{n-1}\cdot R\cdot(T_3 - T_4)$$

$$= \frac{1.4}{0.4}\times 0.287[430-264] - \frac{1.25}{0.25}\times 0.287[291-207] \text{ kJ/kg}$$

$$= 166.75 - 120.54 = 46.21 \text{ kJ/kg}$$

प्रति किग्रा वायु द्वारा अवशोषित ऊष्मा, $N = C_p(T_1 - T_4)$

$$= 1.004(264 - 207) = 57.2 \text{ kJ/kg}$$

निष्पादन गुणांक C.O.P. $= \frac{N}{W} = \frac{57.2}{46.21} = \mathbf{1.237}$ **उत्तर**

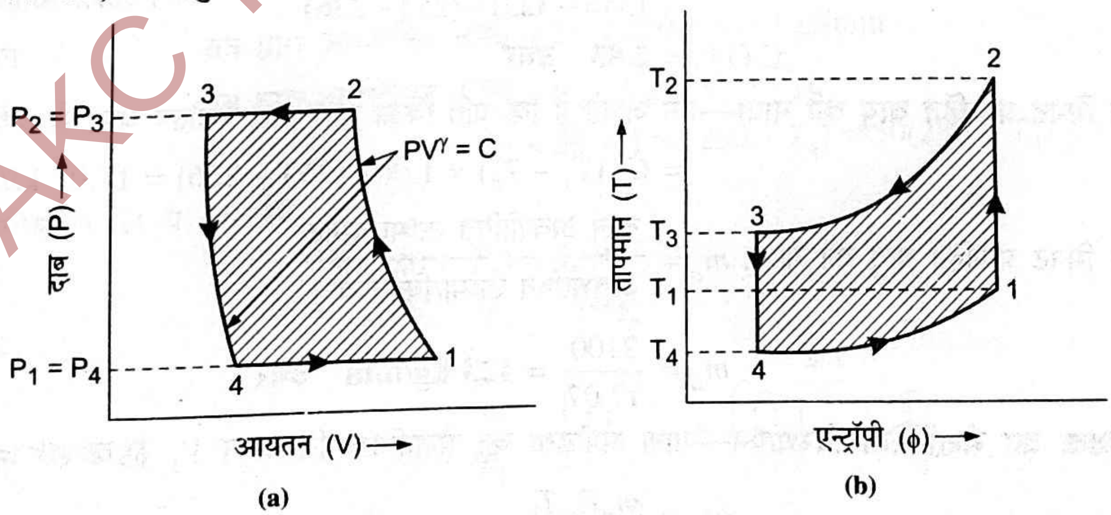
उदाहरण 3. एक वायु प्रशीतन तंत्र, जो बेल-कोलेमन चक्र पर कार्य करता है, 10 टन प्रशीतन क्षमता के लिए प्रयोग किया जाना है। कूलर दाब 4.2 बार तथा वाष्पित्र दाब 1.4 बार है। कूलर में हवा को 50°C तक ठण्डा किया जाता है तथा संपीडक के प्रवेश पर वायु का ताप –20°C है। C_p = 1.004 kJ/kg-°K, R = 0.287 kJ/kg-°K मानिये।

ज्ञात करिये—(a) निष्पादन गुणांक (b) प्रति मिनट वायु का प्रवाह (c) कम्प्रेशर का सैद्धान्तिक पिस्टन विस्थापन (d) प्रसार सिलेण्डर का सैद्धान्तिक पिस्टन विस्थापन तथा (e) प्रति टन प्रशीतन के लिए नेट H.P.।

हल—दिया है— प्रशीतक क्षमता = 10 टन

∴ अवशोषित ऊष्मा/मिनट = 10 × 210 = 2100 kJ/min

(देखें चित्र 4.7) चित्रानुसार



चित्र 4.7

AKC TECHNICAL CLASSES

$$P_2 = P_3 = 4.2 \text{ bar}, P_1 = P_4 = 1.4 \text{ bar}$$
$$T_3 = 50°C = 323°K$$
$$T_1 = -20°C = 253°K$$

(a) C.O.P.—माना T_4 व T_2 प्रसार तथा संपीड़न के पश्चात् वायु का तापमान है। पुन: माना संपीडन व प्रसार दोनों रुद्धोष्म विधि से होता है तथा $\gamma = 1.41$ है।

∴ रुद्धोष्म प्रसार (3–4) के लिए

$$\frac{T_3}{T_4} = \left[\frac{P_3}{P_4}\right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

∴ $$\frac{323}{T_4} = \left(\frac{4.2}{1.4}\right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} = 1.369$$

∴ $$T_4 = \frac{323}{1.369} = 236°K$$

पुन: रुद्धोष्म संपीडन (1–2) के लिए

$$\frac{T_2}{T_1} = \left[\frac{P_2}{P_1}\right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

∴ $$\frac{T_2}{253} = \left(\frac{4.2}{1.4}\right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} = 1.369$$

∴ $$T_2 = 346°K$$

सम्बन्ध $$\text{C.O.P.} = \frac{(T_1 - T_4)}{(T_2 - T_3) - (T_1 - T_4)}$$

$$= \frac{253 - 236}{(346 - 323) - (253 - 236)}$$

C.O.P. = **2.83** **उत्तर**

(b) प्रति मिनट प्रवाहित वायु की मात्रा—हम जानते हैं कि प्रति किग्रा वायु द्वारा प्रशीतन कक्ष से अवशोषित ऊष्मा

$$= C_p (T_1 - T_4) = 1.004 [253 - 236] = 17.07 \text{ kJ/min}$$

∴ प्रति मिनट प्रवाहित वायु की मात्रा, $m_a = \dfrac{\text{कुल अवशोषित ऊष्मा/मिनट}}{\text{अवशोषित ऊष्मा/किग्रा वायु}}$

∴ $$m_a = \frac{2100}{17.07} = \mathbf{123\ kg/min}$$ **उत्तर**

(c) संपीडक का सैद्धान्तिक विस्थापन—माना संपीडक का सैद्धान्तिक विस्थापन V_1 है तो $PV = mRT$ से,

$$V_1 = \frac{m_a R_a . T_1}{P_1}$$

∴ $$V_1 = \frac{123 \times 0.287 \times 253}{1.4 \times 10^2} = \mathbf{63.8\ m^3/min}$$ **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

(d) प्रसार सिलेण्डर का सैद्धान्तिक विस्थापन—माना प्रसार सिलेण्डर का विस्थापन v_4 है तो, समान दाब प्रक्रिया (1–4) के लिए

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_4}{T_4}$$

$$\therefore \quad V_4 = \frac{63.8 \times 236}{253} = \mathbf{59.5\ m^3/min} \quad \text{उत्तर}$$

(e) प्रति टन प्रशीतन के लिए Net H.P.—प्रति मिनट प्रशीतन तंत्र पर किया गया शुद्ध कार्य

$$W = m_a \text{ [ऊष्मा निष्कासित (heat rejected) – ऊष्मा अवशोषित (Heat Extracted)]}$$
$$= m_a C_p[(T_2 - T_3) - (T_1 - T_4)]$$
$$= 123 \times 1.004[(346 - 323) - (253 - 236)]$$
$$= 740.95 \quad \text{या} \quad 741 \text{ kJ/min}$$

$$\text{प्रशीतन तंत्र की शुद्ध H.P.} = \frac{741}{44.268} = 16.73 \text{ H.P.} \qquad [\because 1 \text{ HP} = 44.268 \text{ kJ/min}]$$

$$\therefore \text{ प्रति टन प्रशीतन के लिए Net H.P.} = \frac{\text{कुल H.P.}}{\text{प्रशीतन क्षमता}} = \frac{16.73}{10} = \mathbf{1.673\ H.P./Ton} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 4. एक वायु प्रशीतन तंत्र 25 टन प्रशीतन क्षमता वाले प्लाँट के लिए प्रयोग किया जाना है। सम्पीड़क के प्रवेश ताप 7°C है तथा कूलर के निकास पर तापमान 27°C है। ज्ञात कीजिये (i) चक्र का निष्पादन गुणांक (ii) प्रति टन प्रशीतन के लिए सम्पीड़क की शक्ति। चक्र में प्रवाहित वायु की दर 3000 kg/hr है। सम्पीडन तथा प्रसार दोनों में $PV^{1.3} = C$ के नियम का पालन होता है। वायु के लिए $\gamma = 1.4$ तथा $C_p = 1$ kJ/kg-°K मानिये।

हल—दिया है—प्रशीतन वायु के क्षमता = 25 टन, $T_1 = 7°C = 280°K$, $T_3 = 27°C = 300°K$, $m_a = 3000$ kg/hr = 50 kg/min

प्रशीतन चक्र को $P–V$ तथा $T–\phi$ आरेख पर चित्र 4.8 (a) तथा (b) में प्रदर्शित किया गया है।

(1) चक्र का निष्पादन गुणांक (C.O.P)—माना T_2 तथा T_4 = संपीडन तथा प्रसार के अन्त में वायु का तापमान।

क्योंकि प्रशीतन तंत्र की क्षमता 25 Ton है।

अत: तंत्र द्वारा अवशोषित ऊष्मा = 25 × 210 = 5250 kJ/min

पुन: तंत्र द्वारा अवशोषित ऊष्मा = $m_a \cdot C_p \cdot (T_1 - T_4)$

$$= 50 \times 1 \times (280 - T_4) = 50(280 - T_4) \qquad \text{...(ii)}$$

समीकरण (i) व (ii) से

$$50(280 - T_4) = 5250$$
$$\therefore \quad T_4 = 175°K$$

हम जानते हैं,

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{n-1}{n}} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\therefore \quad T_2 = \frac{T_1 \times T_3}{T_4}$$

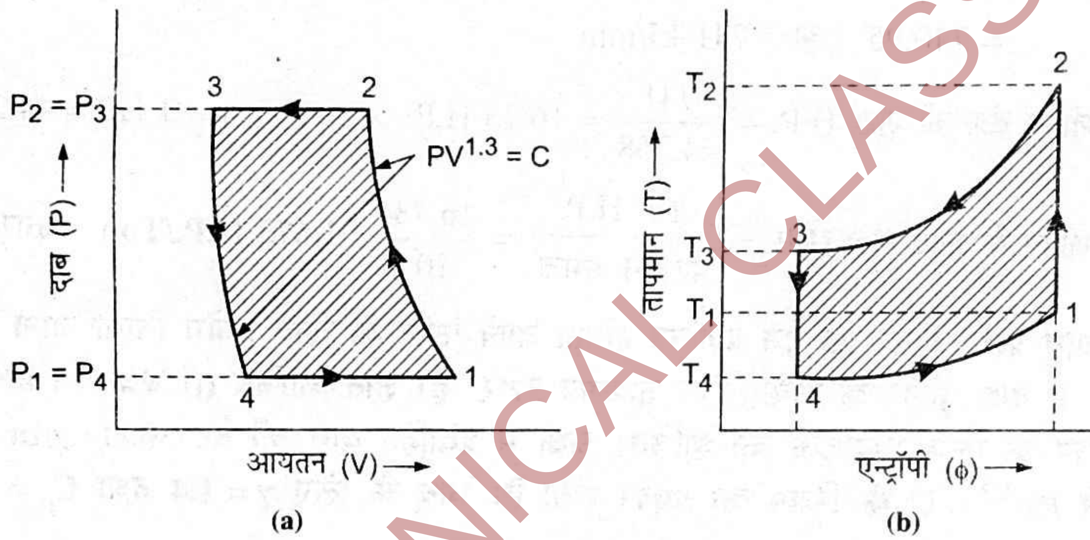
AKC TECHNICAL CLASSES

$$\therefore \quad T_2 = \frac{280 \times 300}{175} = 480^\circ K$$

$$\therefore \quad \text{चक्र का निष्पादन गुणांक (C.O.P.)} = \frac{(T_1 - T_4)}{\frac{n}{(n-1)} \times \frac{(\gamma-1)}{\gamma}[(T_2 - T_3) - (T_1 - T_4)]}$$

$$= \frac{(280-175)}{\frac{1.3}{(1.3-1)} \times \frac{(1.4-1)}{1.4}[(480-300)-(280-175)]}$$

$= \mathbf{1.13}$ **उत्तर**



चित्र 4.8

(ii) प्रति टन प्रशीतन के लिए शक्ति—नियत दाब प्रक्रम (4–1) में अवशोषित ऊष्मा $= m_a . C_p (T_1 - T_4)$ $= 50 \times 1[280 - 175] = 5250$ kJ/min

$$\text{कृत कार्य/मिनट} = \frac{\text{अवशोषित ऊष्मा}}{\text{निष्पादन गुणांक}} = \frac{5250}{1.13} = 4646 \text{ kJ/min}$$

$$\therefore \quad \text{प्रति टन प्रशीतन के लिए शक्ति} = \frac{4646}{60 \times 25} = \mathbf{3.1\ kW/T.R.} \quad \textbf{उत्तर}$$

उदाहरण 5. एक, बेल-कोलमेन चक्र पर आधारित, प्रशीतन तंत्र शीतकक्ष (cold-chamber) से –10°C पर वायु ग्रहण करता है और इसको 1 bar से 6.5 bar तक सम्पीडन गुणांक 1.2 रखते हुए संपीडित करता है। सम्पीडित वायु को 25°C के वायु मण्डलीय तापमान से 5°C अधिक तापमान तक ठण्डा किया जाता है। इसके पश्चात् प्रसार गुणक 1.35 रखते हुए प्रसारक (expander) में इसका प्रसार किया जाता है। वायु के लिए C_p = 1 kJ/kg-°K मानिये। ज्ञात कीजिये—

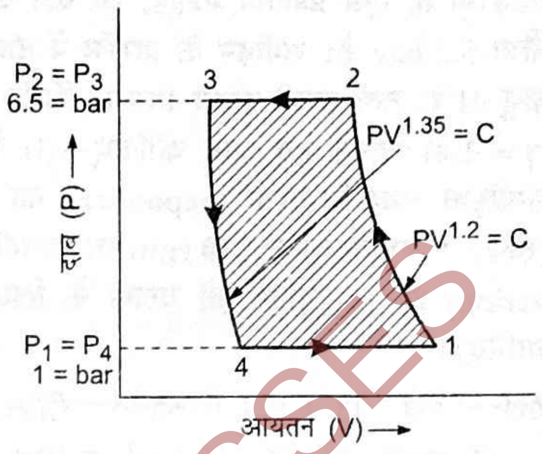
(i) निष्पादन गुणांक (C.O.P.)।

(ii) 20°C के पानी से 0°C की 2000 kg/day बर्फ बनाने के लिए प्रति मिनट प्रवाहित वायु की मात्रा, तथा

(iii) टन प्रशीतन में प्लांट की दक्षता

AKC TECHNICAL CLASSES

हल—(देखें चित्र 4.9) चित्रानुसार दिया है—$n_1 = 1.2$, $n_2 = 1.35$, $R = 0.287$ kJ/kg°K, $T_1 = 263$°K, $T_3 = (273 + 25 + 5) = 303$°K $= 303$°K



चित्र 4.9

$$\therefore \quad \left(\frac{P_2}{P_1}\right) = \left(\frac{P_3}{P_4}\right) = 6.5$$

तथा
$$T_4 = \frac{T_3}{\left(\dfrac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1.35-1}{1.35}}}$$

$$= \frac{303}{(6.5)^{0.35/1.35}} = 186.5°\text{K}$$

अतः कृत कार्य W_{net}/kg = कंप्रेशर (compressor) में कृत कार्य – प्रसारक (expander) में प्राप्त कार्य

$$= \left[\frac{n_1}{(n_1-1)} R(T_2 - T_1)\right] - \left[\frac{n_2}{(n_2-1)} \cdot R \cdot (T_3 - T_4)\right]$$

$$= \frac{n_1}{(n_1-1)} \cdot RT_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n_1-1}{n_1}} - 1\right] - \frac{n_2}{(n_2-1)} R \cdot T_4 \left[\left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{n_2-1}{n_2}} - 1\right]$$

$$= \frac{1.2}{1.2-1} \times 0.287 \times 263 \left[(6.5)^{0.2/1.2} - 1\right] - \frac{1.35}{1.35-1} \times 0.287 \times 186.5 \left[(6.5)^{0.35/1.35} - 1\right]$$

$$= \frac{1.2}{0.2} \times 0.287 \times 263 \times [1.366 - 1] - \frac{1.35}{0.35} \times 2.87 \times 186.5 [1.625 - 1]$$

$$= 165.75 - 129.03 = 36.72 \text{ kJ/kg}$$

प्रशीतन प्रभाव (N)/kg $= C_p(T_1 - T_4)$

$= 1 \times (263 - 186.5) =$ **76.5 kJ/kg** **उत्तर**

$\therefore$ निष्पादन गुणांक C.O.P. $= \dfrac{N}{W} = \dfrac{76.5}{36.72} =$ **2.08** **उत्तर**

बर्फ बनाने के लिए, प्रति आवश्यक प्रशीतन प्रभाव = प्रतिदिन बनने वाली बर्फ की मात्रा
$\times [C_{p_w} \cdot t_w^0 - 0°) +$ बर्फ जमाने के लिए प्रति एन्थाल्पी]
$= 2000 \times [4.1868(20 - 0) + 335]$ kJ/day
$= 837{,}472$ kJ/day

प्रवाहित वायु की मात्रा/मिनट $= \dfrac{837{,}472}{C_p(T_1 - T_4) \times 60 \times 25} = \dfrac{837{,}472}{1(263 - 186.5) \times 60 \times 24}$

= **7.6 kJ/min** **उत्तर**

प्रशीतन क्षमता (टन में) $= \dfrac{837{,}472 \text{ kJ/day}}{210 \text{ kJ/min} \times 60 \times 24} =$ **2.769 Ton** **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

$\therefore$ प्रति स्ट्रोक स्वेप्ट आयतन (swept volume) $= \dfrac{12.48}{2 \times 240} = 0.026 \text{ m}^3$

माना d_c = सम्पीड़क सिलेण्डर का व्यास, तथा l = स्ट्रोक लम्बाई

$$\frac{\pi}{4} d_c^2 \times l = 0.026$$

$$\therefore \quad d_c = \left[\frac{0.026 \times 1000 \times 4}{\pi \times 200}\right]^{1/2} = 0.407 \text{ m या } 407 \text{ mm}$$

$\therefore$ सम्पीड़क सिलेण्डर का व्यास अथवा बोर = **407 mm** उत्तर

(iv) विसारक (Expander) का पिस्टन विस्थापन (Piston Displacement) तथा बोर (Bore)—

चित्रानुसार बिन्दु '2' पर आयतन $V_2 = \dfrac{mRT_2}{p_2}$

$$V_2 = \frac{15.05 \times 0.287 \times 1000 \times 196.25}{1 \times 10^5} = \mathbf{8.476 \text{ m}^3/\text{min}} \quad \text{उत्तर}$$

$\therefore$ प्रति स्ट्रोक स्वेप्ट आयतन (Swept volume per stroke)

$$= \frac{8.476}{2 \times 240} = 0.0176 \text{ m}^3$$

माना, d_e = विसारक का व्यास तथा l = स्ट्रोक की लम्बाई

अब $$\frac{\pi}{4} d_e^2 \times l = 0.0176$$

$$\therefore \quad d_e = \left[\frac{0.0176 \times 1000 \times 4}{\pi \times 200}\right]^{1/2} = 0.335 \text{ m} = 335 \text{ mm}$$

$\therefore$ विसारक सिलेण्डर का व्यास अथवा बोर (Bore) = **335 mm** उत्तर

(v) यूनिट को चलाने के लिए आवश्यक शक्ति—अब

$$\text{निष्पादन गुणांक (C.O.P.)} = \frac{\text{प्रशीतन प्रभाव } (R_N)}{\text{कृत कार्य } (W)}$$

$$1.67 = \frac{6 \times 14000}{W}$$

$$\therefore \quad W = 50299.4 \text{ kJ/h} = 13.97 \text{ kJ/sec.}$$

$\therefore$ आवश्यक शक्ति P = **13.97 kW** उत्तर

प्रश्नावली

1. वाष्प संपीड़न निकाय की तुलना में वायु प्रशीतन निकाय के लाभों तथा अलाभों का उल्लेख कीजिए।
2. एक बेल कोलेमन चक्र को आरेख द्वारा प्रदर्शित कीजिए तथा इसकी क्रिया विधि समझाइये।
3. बेल कोलेमन चक्र को $(P\text{–}V)$ तथा $(T\text{–}\phi)$ आरेख पर प्रदर्शित कीजिए तथा C.O.P. का व्यजंक व्युत्पन्न कीजिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

4. एक बूट-स्ट्रैप प्रशीतन निकाय का सचित्र वर्णन कीजिए।

5. एक बेल कोलेमन प्रशीतक 1 बार तथा 8 बार की दाब सीमाओं के मध्य कार्य करता है। शीत कक्ष से वायु 9°C पर प्राप्त होती है। सम्पीड़न के पश्चात् उसे 29°C तक ठंड़ा किया जाता है। सम्पीड़न तथा प्रसार क्रियायें $PV^{1.35}$ = const. नियम से होती है। निकाय की C.O.P. ज्ञात कीजिए जबकि वायु के लिए $\gamma = 1.4$, $C_p = 1.003$ kJ/g **[उत्तर**—1.27]

6. एक Bell Coleman Cycle पर आधारित कार्य करने वाले वायु प्रशीतन निकाय शीत कमरे से वायु 268°K पर लेता है तथा उसे 1 bar से 5.5 bar तक संपीडित करता है। सम्पीडक गुणांक 1.25 है। सम्पीडित वायु को 300 K तक शीतल किया जाता है। वायु प्रसारित्र में प्रसारित होती है। जिसका प्रक्रम गुणांक 1.35 है। वायुमण्डलीय तापमान 20°C है। वायु के लिए C_p = 1.005 kJ/kg-K तथा $R = 0.287$ kJ/kg-K लीजिये। (i) निकाय का C.O.P. निकालिये। (ii) 20°C के पानी से 0°C की 1500 kg/day बर्फ बनाने हेतु प्रवाहित वायु की मात्रा प्रति मिनट (iii) संयंत्र की क्षमता (kWatt में)

[उत्तर—(i) 1.974 (ii) 5.814 kJ/min (iii) 7.27 kW]

7. Bell Coleman Refrigeration Cycle 1 बार तथा 6 बार दाब सीमाओं में कार्य करता है। संपीडन तथा प्रसार $PV^{1.25} = C$ तथा $PV^{1.3} = C$ के अनुसार पूर्ण होते हैं। यदि वायु का प्रवाह 1.5 kg/sec हो तो प्लांट की क्षमता तथा निष्पादन गुणांक के मान ज्ञात कीजिये। अन्तराल आयतन शून्य मानिये । संपीडन के प्रारम्भ में वायु का तापमान 7°C तथा प्रसार के प्रारम्भ में वायु का तापमान 37°C है $R = 0.287$ kJ/kg-°K मानिये। **[उत्तर**—प्लान्ट क्षमता = 32.3 टन, C.O.P. = 1.763]

8. एक Bell Coleman चक्र पर आधारित प्रशीतन तंत्र में वायु शीत कक्ष से –2°C तथा 1 bar पर ली जाती है तथा उसे 11 bar तक संपडित किया जाता है। इस दाब पर इसे 20°C ठण्डा किया जाता है। इसके पश्चात् प्रसार सिलेण्डर में प्रसारित करके पुन: शीत कक्ष को लौटा दिया जाता है। संपीडन व प्रसार दोनों रूद्धोष्म विधि से होता है तथा यह नियम $PV^{1.4} = C$ का पालन करती है। $P–V$ तथा $T–\phi$ आरेख खींचिये तथा 15 Tons प्रशीतन क्षमता के लिए ज्ञात करो (1) सैद्धान्तिक C.O.P. (2) वायु प्रवाह की दर kg/Min (3) संपीडन तथा प्रसारित्र का पिस्टन विस्थापन प्रति मिनट (4) सैद्धान्तिक पावर प्रति टन क्षमता के लिए। **[उत्तर**—1.015, 25.5 kg/min, 19.8 m^3/min, 10.8 m^3/min, 3.44 kW/TR]

9. एक Bell Coleman Refrigerator 4 bar तथा 1 bar की दाब सीमाओं में कार्य करता है। संपीडन के पश्चात् वायु को 17°C तक ठण्डा किया जाता है। एक आदर्श मशीन द्वारा उत्पन्न न्यूनतम तापमान क्या होगा? इस मशीन की C.O.P. की तुलना एक आदर्श कार्नोट चक्र से कीजिये जो समान दाब सीमाओं में कार्य करता है। संपीडन के प्रारम्भ में वायु का ताप –13°C है।

[उत्तर—78°C, 2.07, 1.02]

10. एक Bell Coleman Refrigerator, 1.05 बार तथा 8.5 बार की दाब सीमाओं में कार्य करता है। शीत कक्ष से 10°C पर वायु ली जाती है, संपीडित की जाती है तथा इसको प्रसार सिलेण्डर में भेजने से पूर्व 30°C तक ठण्डा किया जाता है। प्रसार तथा सम्पीड़न में नियम $PV^{1.3} = C$ का प्रयोग होता है। निकाय का सैद्धान्तिक C.O.P. ज्ञात करे। **[उत्तर**—1.3]

11. एक Bell Coleman प्रशीतन प्लांट में वायु, शीत कक्ष से 1 bar तथा 10°C पर ली जाती है तथा 5 bar तक संपीडित की जाती है। तत्पश्चात् कूलर में 25°C तक ठण्डा करके प्रसार सिलेण्डर में भेजी जाती है जहाँ इसका शीतकक्ष के दाब 1 bar तक प्रसार किया जाता है।

(a) प्लान्ट का सैद्धान्तिक C.O.P. तथा प्रतिकिग्रा वायु के लिए कुल सैद्धान्तिक प्रशीतन प्रभाव। संपीडन तथा प्रसार क्रियायें समएन्ट्रापिक मानिये। मानिये $\gamma = 1.41$ तथा $C_p = 1.009$ kJ/kg°K **[उत्तर**—1.7135, 95.7 kJ/kg of air]

(b) यदि संपीडन तथा प्रसार क्रियायें क्रमश: $PV^{1.35} = C$ तथा $PV^{1.3} = C$ हो तो परिणाम किस प्रकार प्रभावित होंगे।

[उत्तर—1.747, 78.19 kJ/kg of air]

AKC TECHNICAL CLASSES

5
Chapter

वाष्प अवशोषण प्रणाली
(VAPOUR ABSORPTION SYSTEM)

§ 5.1. परिचय (Introduction) :

प्रशीतन की यह विधि बहुत पुरानी है। पहले इसका उपयोग कम प्रशीतन क्षमता के लिये किया जाता रहा है परन्तु आजकल इसका उपयोग अधिक प्रशीतन क्षमता के लिए भी किया जा रहा है। इस निकाय में गतिशील अवयव (moving parts) बहुत कम होने से इसका चलन (operation) शान्तिपूर्ण होता है। यह निकाय घरेलू व व्यावसायिक प्रशीतन में प्रयोग किया जाता है।

पहले हम वायु प्रशीतन व वाष्प सम्पीडन प्रशीतन का अध्ययन कर चुके हैं। इनमें यांत्रिक कार्य प्रयुक्त कर प्रशीतन प्राप्त करते हैं। परन्तु वाष्प अवशोषण प्रणाली में यांत्रिक कार्य के स्थान पर ऊष्मा ऊर्जा को प्रयुक्त किया जाता है। वाष्प सम्पीडन प्रणाली की सबसे अधिक कमी यह है कि इसमें सम्पीडक को प्रशीतक का अधिक आयतन सम्पीडित करना पड़ता है, जिसके लिये अधिक अश्वशक्ति की आवश्यकता पड़ती है।

वाष्प अवशोषण प्रणाली में अवशोषक (Absorber) का प्रयोग कर वाष्प के आयतन को कम किया जा सकता है। कुछ द्रव ऐसे होते हैं जो कि वाष्प की अधिक मात्रा को अवशोषित करने की क्षमता रखते हैं, जैसे-अमोनिया वाष्प के लिए, पानी अति उत्तम अवशोषक है, इसी प्रकार कई सम्मिश्रण (combination) हो सकते हैं।

वाष्प अवशोषण प्रणाली में एक स्थान से निम्न दाब व तापमान पर वाष्प अवशोषित कर दूसरे स्थान को उच्च दाब व तापमान अमोनिया वाष्प स्वतन्त्र कर दी जाती है। इस प्रणाली में सम्पीडक के स्थान पर अवशोषक (Absorber) जनित्र (generator) व द्रव पम्प काम में लाये जाते हैं। इसमें शेष उपकरण वाष्प सम्पीडन प्रणाली की तरह वाष्पित्र, संघनित्र व अवरोध या प्रसार वाल्व होते हैं।

§ 5.2. चालन-चक्र (Cycle of Operation) :

(1) साधारण वाष्प अवशोषण चक्र (Simple Vapour Absorption Cycle)

यह चक्र निम्न मूलभूत प्रक्रमों से मिलाकर बना होता है—

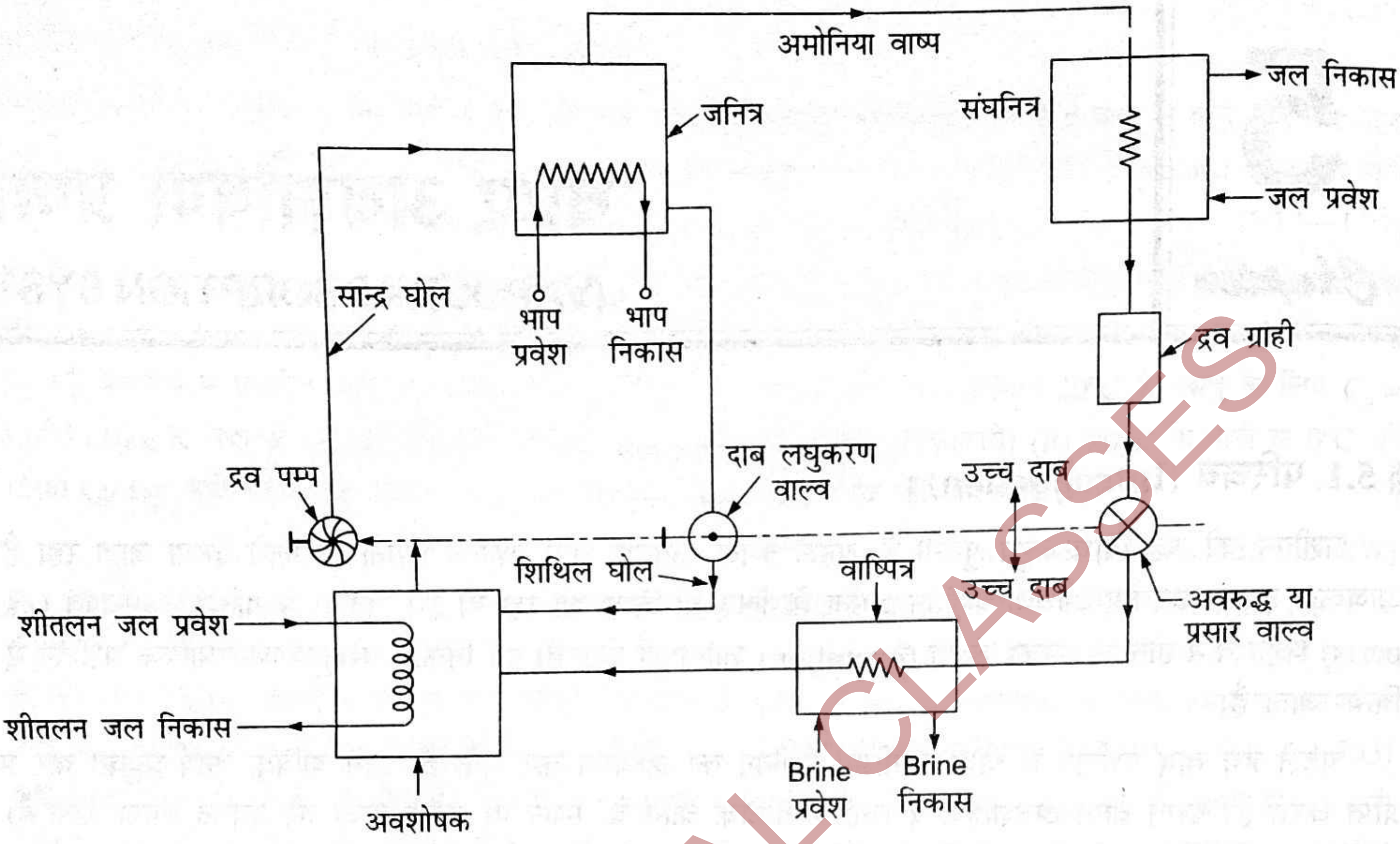
(1) संपीडन (Compression) (2) संघनन (Condensation)

(3) विस्तार (Expansion) (4) वाष्पन (Vapourization)

इस चक्र में अमोनिया व पानी का सम्मिश्रण (combination) प्रयोग में लाया जाता है। इसमें अमोनिया को प्रशीतक के रूप में व पानी अवशोषक के रूप में प्रयोग किया जाता है। साधारण वाष्प अवशोषण चक्र चित्र 5.1 में दिखाया गया है।

इसमें वाष्पित्र (evaporator) से अमोनिया के वाष्प निम्न दाब व तापमान पर निकलकर अवशोषक (absorber) में प्रवेश करते हैं। जहाँ पर ठण्डा पानी होता है। पानी अमोनिया को अवशोषित करता है। फलस्वरूप ऊष्मा उत्पन्न होती है, इस कारण घोल का तापमान बढ़ जाता है। अधिक तापमान पर घुलनशीलता कम हो जाती है अतः इस घोल को अधिक ठण्डा बनाये रखना आवश्यक हो जाता है। इसलिए यह जरूरी हो जाता है कि अवशोषक में ठण्डा पानी प्रवाहित किया जाना चाहिये।

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 5.1—साधरण वाष्प-अवशोषण चक्र

AKC TECHNICAL CLASSES

यहाँ अवशोषक में पहले की अपेक्षा दाब कम हो जाता है फलस्वरूप अधिक अमोनिया वाष्प प्रवेश करते हैं। अब घोल सान्द्र हो जाता है। इस सान्द्र-घोल (strong solution) को एक द्रव-पम्प (hydraulic pump) के द्वारा जनित्र (generator) में भेजा जाता है। इस द्रव-पम्प से दाब बढ़ जाता है। जनित्र में भाप या किसी दूसरे साधन के द्वारा तापन (heating) किया जाता है। इस प्रकार यहाँ ऊष्मा प्रदान करने में अमोनिया वाष्प सान्द्र-घोल से अलग हो जाते हैं, इस समय इनका दाब तथा तापमान उच्च होता है। जनित्र से शिथिल घोल (weak solution) एक दाब लघुकरण वाल्व (pressure reducing valve) द्वारा अवशोषक में भेजा जाता है। उच्च-दाब व उच्च-तापमान पर अमोनिया वाष्प संघनित्र (condenser) में प्रवेश करते हैं। संघनन में वाष्पीकरण की गुप्तोष्मा शीतक जल (cooling water) को निराकरण (reject) की जाती है। फलस्वरूप 'अमोनिया वाष्प' उच्च दाब पर 'अमोनिया द्रव' में परिवर्तित हो जाती है। संघनित्र से उच्च दाब पर निकले अमोनिया द्रव का अवरोध या प्रसारण वाल्व में 'अवरोधन या प्रसार' होता है। इस प्रकार कुछ अमोनिया द्रव वाष्प में परिवर्तित हो जाता है तथा दाब तापमान दोनों ही कम हो जाते हैं। अब ये द्रव व वाष्प, 'वाष्पित्र' में प्रवेश करते हैं जहाँ पर से अपनी वाष्पीकरण की गुप्तोष्मा ब्राइन (Brine) से या प्रशीतलन कक्ष में रखी वस्तुओं से ऊष्मा अवशोषित करते हैं। अर्थात् यहाँ वाष्पीकरण की क्रिया होती है। इस प्रकार 'नम अमोनिया वाष्प' वाष्पित्र में 'शुष्क अमोनिया वाष्प' में परिवर्तित हो जाते हैं। अब वाष्पित्र से शुष्क अमोनिया वाष्प का निकास होगा तथा जनित्र से आ रहे शिथिल घोल (weak solution) के साथ मिश्रित होंगे। इस प्रकार चक्र चलता रहता है।

(2) वास्तविक वाष्पन अवशोषण चक्र (Actual Vapour Absorption Cycle)

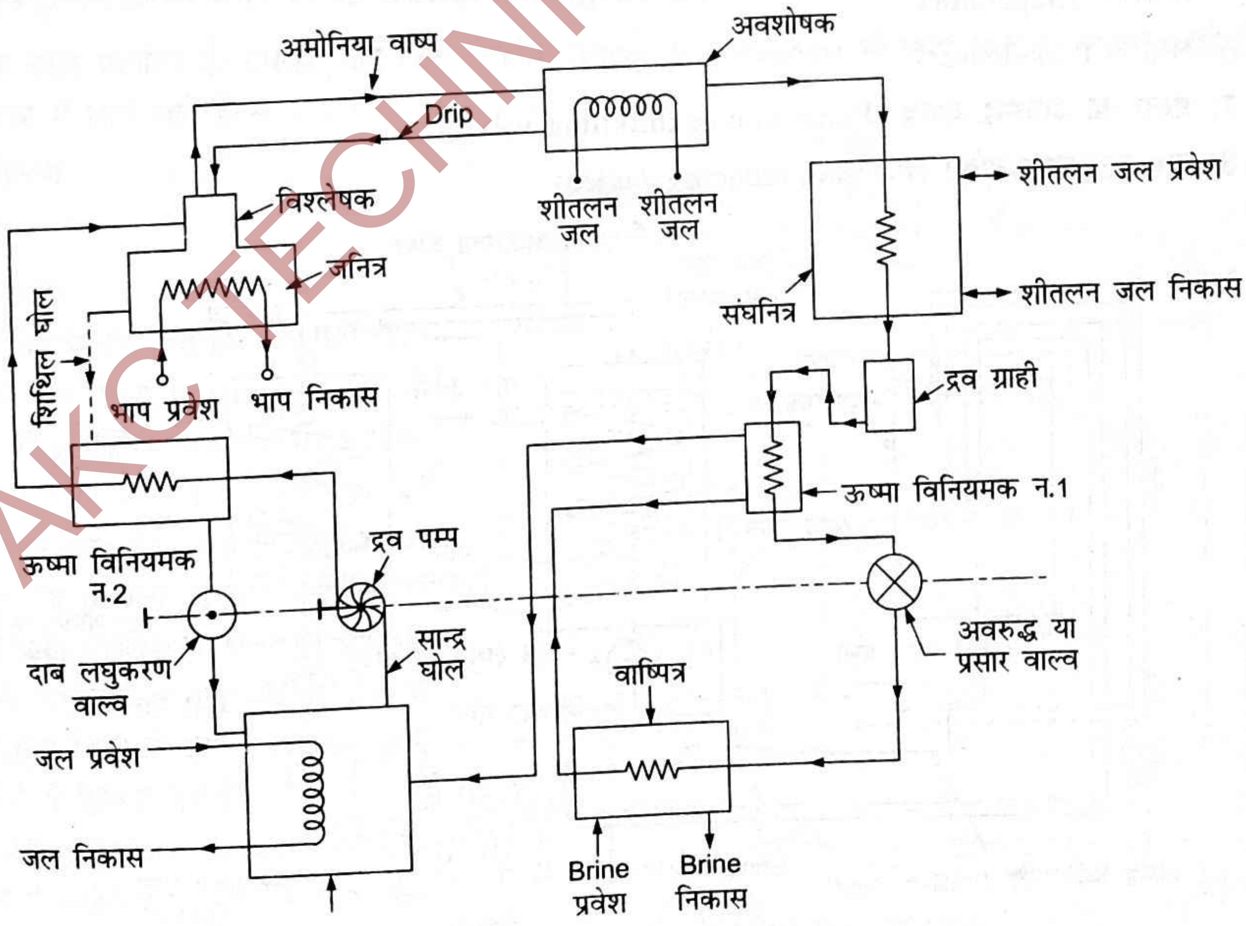
साधारण वाष्प अवशोषण चक्र में मुख्य दोष निम्नलिखित हैं—

1. यह आर्थिक दृष्टि से उपयोगी नहीं है।
2. इसकी दक्षता कम होती है।
3. जनित्र (generator) से निकलने वाली अमोनिया वाष्प के साथ-साथ पानी की वाष्प भी रहती है। इस कारण पानी की वाष्प 'प्रसारण वाल्व' में जाकर जमने लगती है।

उपरोक्त चक्र को प्रयोगात्मक बनाने, इसकी कार्यशीलता बढ़ाने व पानी वाष्प को हटाने के लिये कुछ अतिरिक्त उपकरण काम में लाये जाते हैं जो कि निम्नलिखित हैं—

1. विश्लेषक (Analyser)
2. अवशोधक (Rectifier)
3. ऊष्मा विनिमयक (Heat exchangers)

वास्तविक वाष्प अवशोषण चक्र चित्र 5.2 में दिखाया गया है। इसमें वाष्पित्र (evaporator) से लगभग शुष्क अवस्था में अमोनिया वाष्प ऊष्मा विनिमयक (heat exchanger) नं० 1 में से होते हुये अवशोषक (absorber) में प्रवेश करते हैं जहाँ पानी व अमोनिया का घोल बनता है। इस प्रकार ऊष्मा उत्पन्न होती है। अवशोधक को ठण्डा रखना जरूरी है ताकि घुलनशीलता अधिक से अधिक हो। अमोनिया व पानी का यह सान्द्र घोल एक द्रव-पम्प (hydraulic pump) के द्वारा ऊष्मा विनिमयक नं० 2 से होता हुआ जनित्र (generator) में प्रवेश करता है। इसमें भाप या अन्य साधन द्वारा तापन (heating) किया जाता है। अब अमोनिया वाष्प व पानी वाष्प उच्च दाब व तापमान पर 'विश्लेषक' (analyser) में प्रवेश करते हैं। इसका कार्य अमोनिया वाष्प के साथ जाने वाले पानी वाष्प को कुछ सीमा तक पृथक् करना है। विश्लेषक या separator में कई ट्रे श्रेणी में रहती हैं जो पानी वाष्प को अमोनिया वाष्प से अलग करती हैं। अमोनिया वाष्प से पानी वाष्प का अधिकतम भाग अवशोधक (rectifier) में शीतलन कर हटाया जाता है। अवशोधक एक प्रकार का आंशिक संघनित्र होता है। अब संघनित पानी (condensate) को एक Drip return pipe के द्वारा विश्लेषक के ऊपरी भाग में भेजा जाता है। इस प्रकार अवशोधक (rectifier) से निकलने वाले अमोनिया वाष्प निर्जल (dehydrated) होंगे। अब ये अमोनिया वाष्प संघनित्र में उच्च दाब व तापमान पर प्रवेश करते हैं जहाँ पर उच्च दाब पर संघनन होता है। अत: अमोनिया द्रव में परिवर्तित हो जाते हैं। संघनन



चित्र 5.2—वास्तविक वाष्पन अवशोषण चक्र

AKC TECHNICAL CLASSES

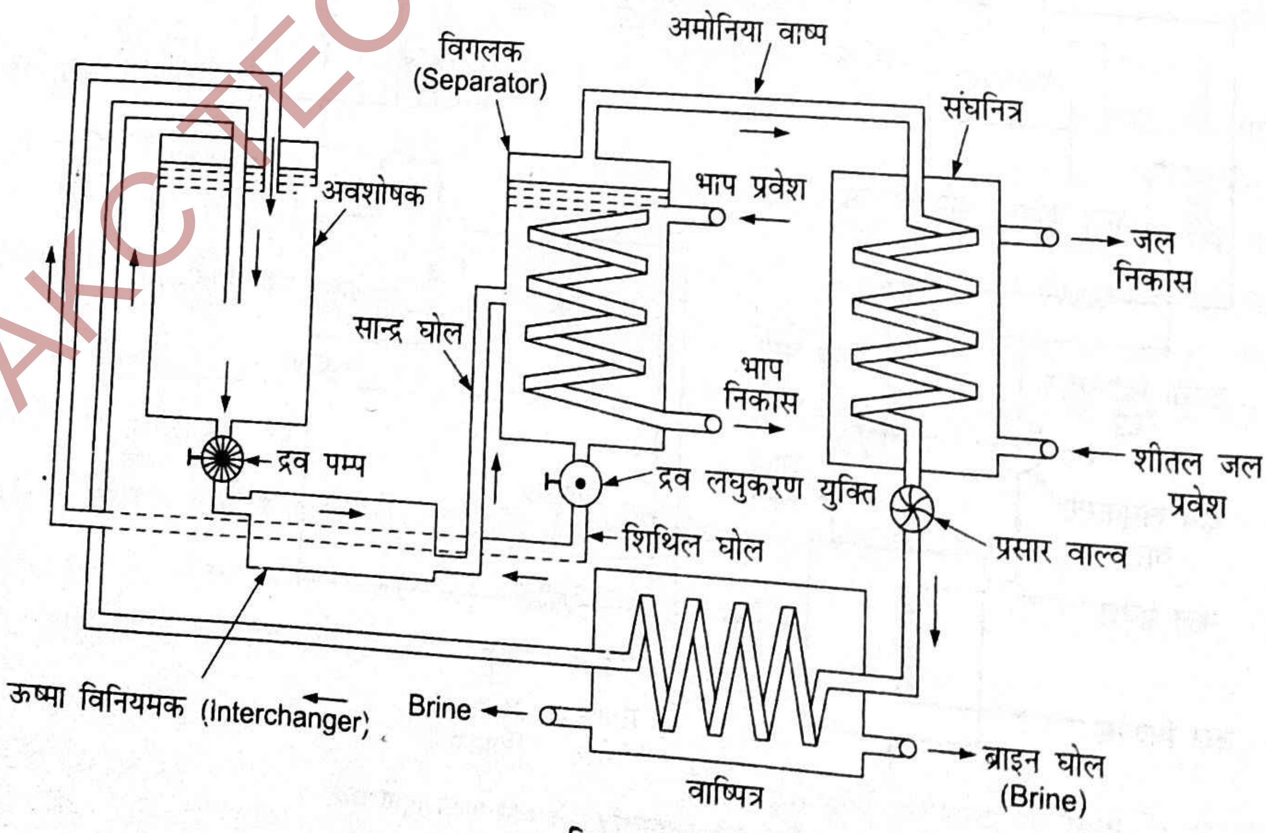
की क्रिया में वाष्पीकरण की गुप्तोष्मा शीतल जल को दी जाती है। अब अमोनिया द्रव, द्रव ग्राही (liquid receiver) से ऊष्मा विनिमयक नं. 1 से गुजरता हुआ प्रसार वाल्व में जाता है। अवरोधन या प्रसारण के उपरान्त वाष्पित्र में प्रवेश करता है जहाँ पर वाष्पीकरण होता है। जनित्र (generator) से शिथिल घोल (weak solution) ऊष्मा विनिमयक नं. 1 से ठण्डा होता हुआ एक दाब लघुकरण युक्ति (pressure reducing device) द्वारा कम दाब पर अवशोषक में पहुँचता है। ऊष्मा विनिमयक (heat exchanger) नं० 1 को प्रशीतक को प्रसार वाल्व में प्रवेश से पहले अवशीतलन (subcooling) करने के लिये प्रयोग में लाया जाता है तथा ऊष्मा विनिमयक नं. 2 को अवशोषण शक्ति बढ़ाने के काम में लाया जाता है। इसका निष्पादन गुणांक निम्नलिखित प्रकार से निकाला जा सकता है—

$$\text{C.O.P.} = \frac{\text{वाष्पित्र से निकाली गई ऊष्मा}}{\text{पम्प को चलाने के लिए समतुल्य ऊष्मा + तापक में प्रदान गई ऊष्मा}}$$

§ 5.3. वाष्प अवशोषण चक्र पर आधारित प्रशीतित्र (Refrigerator) की संरचना कार्य (Construction and Working of Refrigerator Working on Vapour Absorption Cycle) :

इसकी संरचना व प्रवाह चित्र 5.3 में दिखाये गये हैं। इसमें निम्नलिखित मुख्य अंग होते हैं—

1. वाष्पित्र (evaporator)
2. अवशोषक (absorber)
3. द्रव पम्प (hydraulic pump)
4. ऊष्मा विनिमयक (Heat exchanger or Interchanger)
5. विगलक (Separator)
6. संघनित्र (Condenser)
7. प्रसार या अवरुद्ध वाल्व (Expansion or throttling-valve)
8. दाब लघुकरण युक्ति (Pressure reducing device)



चित्र 5.3

AKC TECHNICAL CLASSES

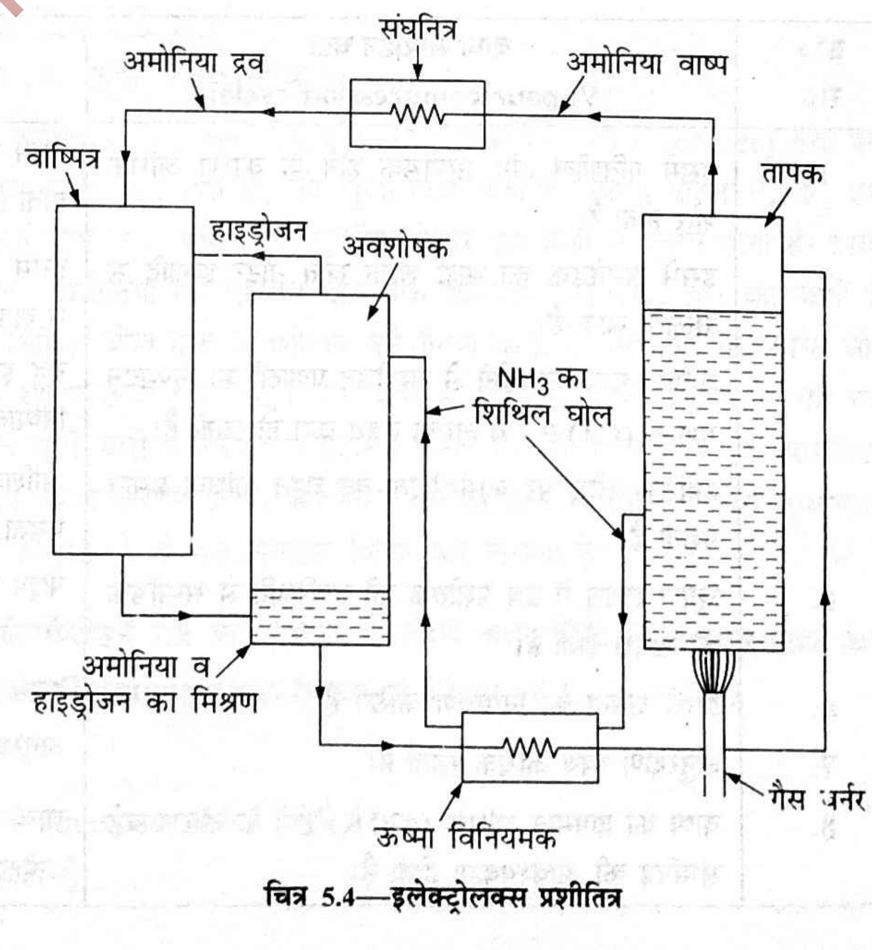
सिद्धान्त (Principle)—इसमें अमोनिया का प्रयोग एक प्रशीतक (refrigerant) के रूप में किया जाता है व पानी का उपयोग एक अवशोषक के रूप में किया जाता है। अमोनिया पानी में अति घुलनशील होती है। जब अमोनिया वाष्प पानी में घुलती है तो द्रवित हो जाती है तथा ऊष्मा उत्पन्न होती है। अब यदि इस संघनित्र घोल को गर्म करें या ऊष्मा प्रदान करें तो अमोनिया वाष्प बाहर निकलती है। परन्तु ऐसा करने के लिए अधिक ऊष्मा की आवश्यकता होती है। यह द्रव अमोनिया के वाष्पीकरण के लिये आवश्यक ऊष्मा से भी अधिक होनी चाहिये। अवशोषक में पानी ठण्डा होने के कारण अधिक शुष्क अमोनिया वाष्प, जो कि ब्राइन टैंक से आ रहे हैं, का अवशोषण करता है। फलस्वरूप वाष्प दाब कम हो जाता है। अब इस घोल को एक द्रव पम्प (hydraulic pump) के द्वारा उच्च दाब पर एक Interchanger के द्वारा तापक (heater) में भेजा जाता हैं जहाँ इसे भाप के द्वारा गर्म किया जा सकता है। Interchanger से गुजरने से निर्बल अमोनिया घोल जो कि अवशोषक (aborber) को जाता है जिसके द्वारा ऊष्मा ग्रहण करता है। इस प्रकार अमोनिया वाष्प व कुछ पानी वाष्प अवशोषक (rectifier) से गुजरते हैं जहाँ अनैच्छिक पानी वाष्प संघनित्र हो जाते हैं। अब केवल शुष्क अमोनिया वाष्प जलशीतित संघनित्र (water cooled condenser) में प्रवेश करते हैं। संघनन की प्रक्रिया में अमोनिया वाष्प अपनी गुप्तोष्मा का निराकरण कर द्रव अमोनिया में परिवर्तित हो जाते हैं। अब उच्च दाब पर अमोनिया द्रव का प्रसार-वाल्व (expansion valve) के द्वारा अवरोधन (throttling) होता है। इस कारण इनका दाब व तापमान दोनों निम्न हो जाते हैं। अब प्रसार वाल्व से नम अमोनिया ब्राईन टैंक में प्रवेश करती है जहाँ पर इसका वाष्पीकरण होता है। वाष्पीकरण प्रक्रिया में ये अपनी गुप्तोष्मा ब्राइन या प्रशीतन कक्ष में रखी वस्तुओं से ग्रहण करते हैं। अब यहाँ से शुष्क अमोनिया वाष्प अवशोषक में जाते हैं। इसी प्रकार चक्र चलता रहता है।

§ 5.4. इलेक्ट्रोलक्स प्रशीतित्र (Electrolux Refrigerator) :

यह एक घरेलू प्रशीतित्र है। इसको 'तीन तरल निकाय' (three fliud system) भी कहा जाता है क्योंकि इसमें निम्न तीन तरल काम में लाये जाते हैं—

1. अमोनिया
2. पानी
3. हाइड्रोजन।

इस प्रशीतित्र में कोई गतिशील अंग नहीं होता। अमोनिया को एक प्रशीतक (refrigerant) के रूप में, पानी की अवशोषक के रूप में व हाइड्रोजन को निकाय में संचरण (circulation) बनाये रखने में काम में लाया जाता है। हाइड्रोजन बहुत हल्की गैस है। अमोनिया व पानी के साथ इसकी कोई प्रतिक्रिया नहीं होती। अमोनिया हाइड्रोजन की उपस्थिति में आसानी से वाष्पीकृत हो जाती है। इस निकाय में संचरण गुरुत्व क्रिया से होता है। इसके मुख्य अंग चित्र 5.4 में दिखाये गये हैं।



चित्र 5.4—इलेक्ट्रोलक्स प्रशीतित्र

इसमें ऊष्मा प्रदान करने के लिये बर्नर होता है। अवशोषक में अमोनिया का सान्द्र घोल आसवित पानी (distilled water) में बनता है। इसमें कुछ मात्रा हाइड्रोजन की भी होती है। जब गैस बर्नर

AKC TECHNICAL CLASSES

जलाते हैं तो तापक (heater) को ऊष्मा प्रदान करने में अमोनिया का घोल गर्म होता है। फलस्वरूप अमोनिया वाष्प निकलनी प्रारम्भ हो जाती है। अत: निकाय में संचरण (circulation) प्रारम्भ हो जाता है।

अवशोषक से सान्द्र घोल एक ऊष्मा विनिमयक (heat exchanger) से गुजरता हुआ तापक (heater) में पहुँचता है। ऊष्मा विनिमयक में यह तापक से लौट रहे निर्बल घोल (weak solution) से ऊष्मा प्राप्त करता है। तापक (heater) से अमोनिया वाष्प अवरोधक (rectifier) या (choke) न हो सके। बॉयलर में बचा निर्बल घोल ऊष्मा विनिमयक के द्वारा ठण्डा होता हुआ अवशोषक में पहुँचता है। इस प्रकार अवशोषण की प्रक्रिया तेज हो जाती है। ऊष्मा विनिमयक को प्रयोग में लाने का एकमात्र उद्देश्य संयन्त्र की कार्यशीलता बढ़ाना है। अब अमोनिया वाष्प संघनित्र में प्रवेश करती है जहाँ पर अमोनिया द्रव में परिवर्तित हो जाती है। अब यह गुरुत्व के कारण वाष्पित्र में जाती है जहाँ उपस्थित हाइड्रोजन 1200 kN/m^2 दाब पर होती है। संयन्त्र को 1500 kN/m^2 पर charge किया जाता है। अत: डाल्टन के आंशिक दाब के नियम से अमोनिया का दाब 300 kN/m^2 तापमान –10°C (263°K) होगा। अत: अमोनिया का वाष्पित्र के अन्दर वाष्पीकरण होता है। फलस्वरूप वाष्पित्र के निकट बहुत ठण्डक हो जाती है। अमोनिया व हाइड्रोजन का मिश्रण गुरुत्व के कारण अवशोधक में प्रवेश करता है। जहाँ पानी अमोनिया को शोषित कर लेता है। हाइड्रोजन अवशोधक में ऊपर उठकर वाष्पित्र में वापिस आ जाती है इस प्रकार चक्र चलता रहता है।

लाभ—इसमें कोई गतिशील अवयव व मशीनरी न होने के कारण कई यांत्रिक परेशानी नहीं होती। इसका परिचालन शान्तिपूर्ण होता है।

$$\text{इस निकाय का } \textbf{निष्पादन गुणांक, (C.O.P.)} = \frac{\text{वाष्पित्र द्वारा अवशोषित ऊष्मा}}{\text{बर्नर द्वारा प्रदान की गई ऊष्मा}}$$

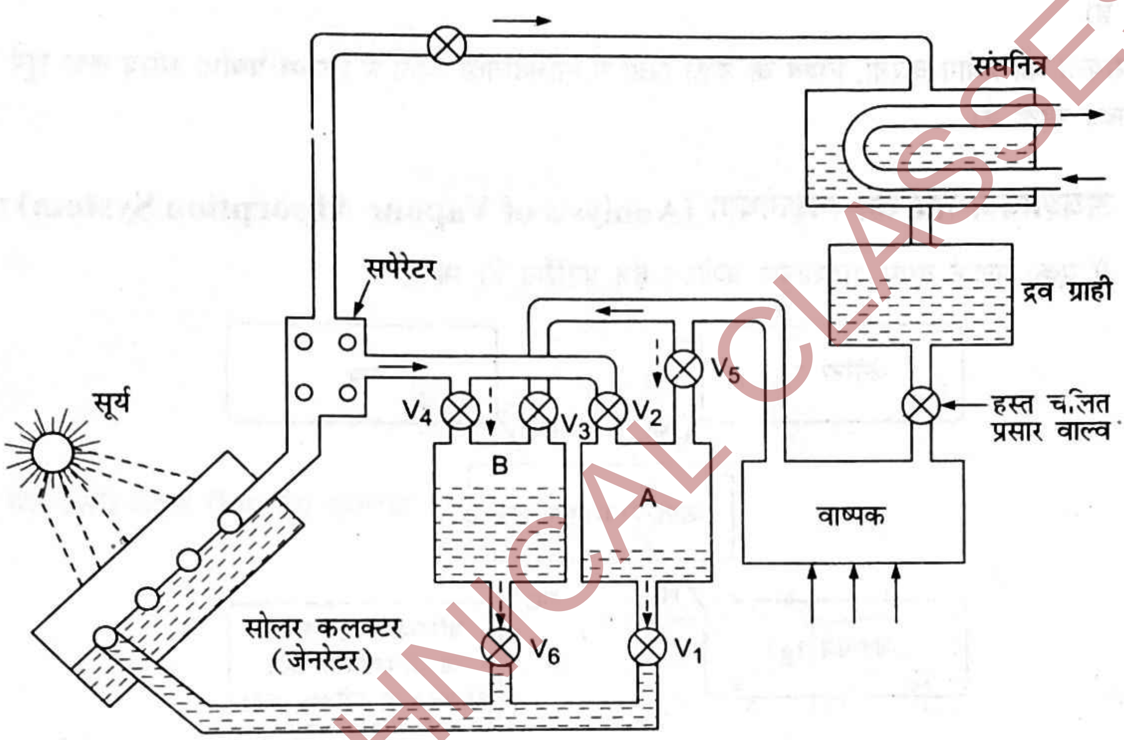
§ 5.5. वाष्प अवशोषण निकाय व वाष्प सम्पीडन निकाय की तुलना (Comparison of Vapour Absorption System and Vapour Compression System) :

क्र० सं०	वाष्प सम्पीडन चक्र (Vapour-compression cycle)	वाष्प अवशोषण चक्र (Vapour-absorption cycle)
1.	इसमें गतिशील अंग सम्पीडक होने के कारण अधिक शोर होता है।	इसमें गतिशील अंग केवल एक्वा पम्प (aqua pump) होता है अत: प्रक्रियायें शोर रहित होती हैं।
2.	इसमें सम्पीडक का बाह्य शक्ति स्रोत मोटर इत्यादि से चलाया जाता है।	इसमें कम या अधिक दाब पर exhaust steam प्रयोग में लाई जा सकती है।
3.	वाष्पित्र दाब कम होने से सम्पीडन प्रणाली का निष्पादन गुणांक (C.O.P.) व क्षमता बहुत कम हो जाती है।	यह इकाई कम वाष्पित्र दाब पर कार्य कर सकती है। निष्पादन गुणांक का मान कम हो जाता है।
4.	आंशिक लोड पर कार्यशीलता का बहुत अधिक प्रभाव पड़ता है।	आंशिक लोड पर कार्यशीलता का कोई प्रभाव नहीं पड़ता।
5.	चूषण लाइन में द्रव प्रशीतक की उपस्थिति से सम्पीडक को खतरा होता है।	पाइप में वाष्पित्र के निकास पर द्रव प्रशीतक की उपस्थिति से कोई खतरा नहीं होता है।
6.	इससे क्षमता का नियन्त्रण कठिन है।	इसमें स्वचालित चलन नियन्त्रण के लिये आसान है।
7.	अनुरक्षण व्यय अधिक रहता है।	अनुरक्षण व्यय कम रहता है।
8.	वाष्प का तापमान अधिक (420 K) होने के कारण बड़े संघनित्र की आवश्यकता होती है।	वाष्प का तापमान व्यय (340 K) होने के कारण अपेक्षाकृत छोटे संघनित्र की आवश्यकता होती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 5.6. सोलर शक्ति प्रशीतन तंत्र (Solar Power Refrigeration System) :

विश्व में ऊर्जा की कमी को देखते हुए सोलर ऊर्जा अथवा किसी उद्योग से निकलने वाली बेकार ऊष्मा, ऑटोमोबाइल से निकलने वाली ऊष्मा आदि का प्रयोग एक वाष्प अवशोषण प्रणाली में प्रशीतक को गर्म करने के लिए किया जा सकता है। क्योंकि सोलर ऊर्जा दिन में ही उपलब्ध हो पाती है अत: सारा तंत्र इस प्रकार का डिजाइन किया जाना चाहिए कि दिन के समय अवशोषित की गई सोलर ऊर्जा निकाय को 24 घंटे क्रियाशील बनाये रखने के लिए पर्याप्त हो। इस प्रकार का एक तंत्र चित्र 5.5 में प्रदर्शित है।



चित्र 5.5—सौलर शक्ति प्रशीतक तंत्र

इस तंत्र में एक सोलर कलक्टर तथा दो अवशोषक (absorbers), एक संघनित्र, एक द्रव ग्राही (receiver) तथा एक वाष्पक (Evaporator) होता है। प्रथम दशा में वाल्व V_1, V_2 तथा V_3 को खुला रखा जाता है जबकि वाल्व V_4, V_5 तथा V_6 बन्द रहते हैं। सपेरेटर द्वारा अलग की गई अमोनिया वाष्प संघनित्र में संघनित होकर द्रव ग्राही में एकत्र होती है। इसके पश्चात् कूलिंग प्रभाव को उपजाने के लिये संघनित अमोनिया की वाष्पित्र दाब तक थ्राटलिंग (Throttling) की जाती है। अमोनिया वाष्प को अवशोषक '*B*' में उपलब्ध शिथिल घोल द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है। तत्पश्चात् यह सान्द्र घोल सोलर कलक्टर (जनरेटर) में जाता है जहाँ यह सोलर ऊर्जा द्वारा गर्म होकर वाष्प में बदल जाता है। इस प्रकार यह चक्र चलता रहता है। बिन्दुदार रेखायें निश्चित समय बाद बारी-बारी से क्रिया को प्रदर्शित करती हैं। यदि निकाय में एक अवशोषक ही होगा तो तंत्र रुक-रुक कर (intermittently) क्रिया करेगा। इसके अतिरिक्त सपेरेटर तथा संघनित्र के मध्य एक वाल्व लगाना पड़ेगा। यदि दो अवशोषक (चित्र 5.5) प्रयुक्त हों तो तंत्र लगातार क्रिया कर सकता है।

5.6.1. सोलर शक्ति प्रशीतन तंत्र के वाष्प सम्पीडन तंत्र की तुलना में लाभ तथा हानि (Advantages and Disadvantages of Solar Power Refrigeration System Over V.C. System)

लाभ (Advantages)

(i) सोलर ऊर्जा कभी न समाप्त होने वाली (inexhaustible) ऊर्जा है।

(ii) इससे किसी प्रकार का प्रदूषण नहीं होता है।

AKTECHNICALCLASSES

(iii) इसमें किसी बाह्य शक्ति स्रोत को चलाने के लिए खर्च नहीं करना पड़ता।

(iv) किसी प्रकार का शोर, कम्पन्न, टूट-फूट आदि नहीं होती।

(v) लीकेज का भी कोई खतरा नहीं रहता।

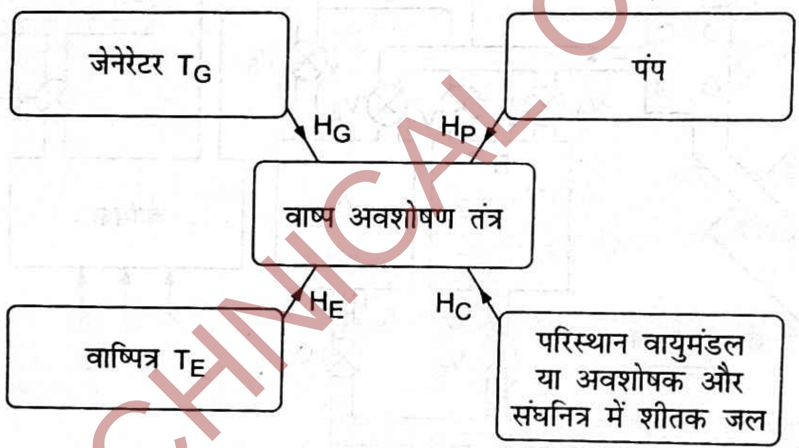
हानियाँ (Disadvantages)

(i) बहुत कम शक्ति मिलती है। पर्याप्त मात्रा में ऊष्मा प्राप्त करने के लिए बहुत बड़े सोलर पैनल की आवश्यकता होती है।

(ii) इस संयन्त्र का प्रयोग करना, विश्व के उन्हीं क्षेत्रों में लाभदायक रहता है जिसमें पर्याप्त समय तक सूर्य की रोशनी उपलब्ध रहती है।

§ 5.7. वाष्प अवशोषण तंत्र का विश्लेषण (Analysis of Vapour Absorption System) :

चित्र 5.6 में एक आदर्श वाष्प अवशोषण प्रशीतन तंत्र प्रदर्शित है। माना,



चित्र 5.6

(i) H_G = जेनेरटर में प्रशीतक को दी गई ऊष्मा

(ii) H_p = पम्प कार्य के कारण प्रशीतक में जोड़ी गई ऊष्मा ऊर्जा

(iii) H_E = वाष्पित्र में प्रशीतक द्वारा अवशोषित ऊष्मा

(iv) H_C = संघनित्र तथा अवशोषक में शीतल जल अथवा वायुमण्डल में निष्कासित ऊष्मा

प्रायः पम्प कार्य के कारण जोड़ी गई ऊष्मा ऊर्जा H_p बहुत कम होने के कारण नगण्य (Neglected) मान लेते हैं। ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से,

$$H_C = H_G + H_E \quad \text{...(i)}$$

पुनः माना T_G = तापमान, जिस पर ऊष्मा (H_G) जेनेरटर को दी जाती है।

T_E = तापमान, जिस पर प्रशीतक द्वारा वाष्पित्र में ऊष्मा (H_E) अवशोषित की जा रही है।

तथा T_C = तापमान, जिस पर ऊष्मा (H_C) वायुमण्डल या शीतल जल को निष्कासित की जा रही हो।

क्योंकि वाष्प अवशोषण तंत्र को एक पूर्णतः प्रतिवर्त्य तंत्र (perfectly reversible system) माना जा सकता है अतः तंत्र की प्रारम्भिक एन्ट्रापी, उसकी अवस्था परिवर्तन के बाद की एन्ट्रापी के बराबर होगी। अत:

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\frac{H_G}{T_G}+\frac{H_E}{T_E}=\frac{H_C}{T_C} \quad \text{...(ii)}$$

$$=\frac{H_G+H_E}{T_C} \quad \text{(सम्बन्ध (i) से)}$$

या

$$\frac{H_G}{T_G}-\frac{H_G}{T_C}=\frac{H_E}{T_C}-\frac{H_E}{T_E}$$

$$\therefore \quad H_G\left[\frac{T_C-T_G}{T_G.T_C}\right]=H_E\left[\frac{T_E-T_C}{T_C.T_E}\right]$$

$$\therefore \quad H_G=H_E\left[\frac{T_E-T_C}{T_C.T_E}\right]\left[\frac{T_G.T_C}{T_C-T_G}\right]$$

$$=H_E\left[\frac{T_C-T_E}{T_C.T_E}\right]\left[\frac{T_G.T_C}{T_G-T_C}\right]$$

$$\therefore \quad H_G=H_E\left(\frac{T_C-T_E}{T_E}\right)\left(\frac{T_G}{T_G-T_C}\right) \quad \text{...(iii)}$$

∴ तंत्र का अधिकतम निष्पादन गुणांक $\text{C.O.P.}_{meax}=\dfrac{H_E}{H_G}$

$$=\frac{H_E}{H_E\left[\frac{T_C-T_E}{T_E}\right]\left[\frac{T_G}{T_G-T_C}\right]}$$

$$=\left(\frac{T_E}{T_C-T_E}\right)\left(\frac{T_G-T_C}{T_G}\right) \quad \text{...(iv)}$$

(i) यहाँ $\left(\dfrac{T_E}{T_C-T_E}\right)$ = एक कार्नोट रेफ्रीजरेटर का निष्पादन गुणांक (C.O.P.) है जो T_E तथा T_C की तापक्रम सीमाओं में कार्य करता है।

(ii) $\left(\dfrac{T_G-T_C}{T_G}\right)$ = एक कार्नोट इन्जन की दक्षता (η) है जो T_G तथा T_C की तापक्रम सीमाओं में कार्य करता है।

एक आदर्श वाष्प अवशोषण तंत्र को एक कार्नोट इन्जन तथा एक कार्नोट रेफ्रीजेरेटर का संयुक्त रूप माना जा सकता है अत:

अधिकतम C.O.P. = $(\text{C.O.P.})_{carnot} \times \eta_{carnot}$

यदि संघनित्र तथा अवशोषक में अलग-अलग तापमानों पर ऊष्मा का निष्कासन हो रहा है तो,

$$\text{अधिकतम C.O.P.}=\left(\frac{T_E}{T_C-T_E}\right)\left(\frac{T_G-T_A}{T_G}\right)$$

जहाँ T_A = तापमान, जिस पर अवशोषक में ऊष्मा का निकास होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 5.1. एक वाष्प अवशोषण प्रणाली में, जनेरेटर को 90°C पर ऊष्मा दी जाती है। संघनित्र तथा वाष्पित्र में कूलिंग क्रमशः 20°C तथा –10°C पर होती है। तंत्र का अधिकतम C.O.P. ज्ञात करें।

हल—दिया है—$T_G = 90°C = 363°K$, $T_c = 20°C = 293°K$, $T_E = -10°C = 263°K$

हम जानते हैं कि

$$\text{तंत्र की अधिकतम C.O.P.} = \left(\frac{T_E}{T_C - T_E}\right)\left(\frac{T_G - T_C}{T_G}\right)$$

$$= \left[\frac{263}{293-263}\right]\left[\frac{363-293}{363}\right] = \mathbf{1.69} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 5.2. 3 बार दाब तथा 0.85 शुष्कतांश वाली भाप का प्रयोग एक वाष्प अवशोषण प्रणाली के जनेरेटर में किया जाता है। तंत्र के वाष्पित्र का तापमान –10°C है तथा संघनित्र का कूलिंग तापमान 30°C है। तंत्र की अधिकतम C.O.P. ज्ञात कीजिये। यदि भाप जनेरेटर को संतृप्त द्रव के रूप में छोड़ती है तो 10 टन प्रशीतन प्रभाव वाले प्लॉट के लिए प्रति घण्टा भाप की खपत ज्ञात कीजिये। सापेक्ष C.O.P. (Relative C.O.P.) 0.4 माने।

हल—दिया है—$T_E = -10°C = 263°K$, $T_C = 30°C = 303\ K$

पुनः 3 बार दाब पर संतृप्त तापमान = 133.54°C

अतः $$T_G = 273 + 133.54 = 406.54°K$$

$$\therefore \quad \text{अधिकतम C.O.P.} = \left(\frac{T_E}{T_C - T_E}\right)\left(\frac{T_G - T_C}{T_G}\right)$$

$$= \left(\frac{263}{303-263}\right)\left(\frac{406.54-303}{406.54}\right) = \mathbf{1.6745} \quad \text{उत्तर}$$

पुनः हम जानते हैं कि $$(\text{C.O.P.})_{relative} = \frac{(\text{C.O.P.})\ \text{वास्तविक}}{(\text{C.O.P.})\ \text{अधिकतम}}$$

$$\therefore \quad \text{वास्तविक C.O.P.} = 1.6745 \times 0.4 = 0.6698$$

परन्तु $$\text{वास्तविक C.O.P.} = \frac{\text{प्रशीतन प्रभाव (kJ/hr) में}}{\text{दी गई ऊष्मा (kJ/hr) में}}$$

$$\therefore \quad 0.6698 = \frac{10 \times 210 \times 60}{\text{दी गई ऊष्मा (kJ/hr) में}}$$

$$\therefore \quad \text{दी गई ऊष्मा (kJ/hr)} = \frac{10 \times 210 \times 60}{0.6698} = \mathbf{188115\ kJ/hr} \quad \text{उत्तर}$$

परन्तु यह ऊष्मा, भाप द्वारा (जो 3 बार दाब तथा 0.85 शुष्कतांश की है।) दी जाती है अतः दी गई ऊष्मा (kJ/hr) = (भाप सप्लाई/घण्टा) × xh_{fg}

अतः $$\text{भाप सप्लाई/घण्टा} = \frac{188115}{0.85 \times 2163.2} = \mathbf{102.3\ kJ/hr} \quad \text{उत्तर}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रश्नावली

1. वाष्प अवशोषण प्रणाली का सिद्धान्त समझाइये।
2. साधारण वाष्प अवशोषण चक्र को समझाइये।
3. साधारण वाष्प अवशोषण चक्र (Simple vapour absorption) की कमियों को बताइये।
4. एक improved vapour absorption refrigerating machine की कार्य विधि समझाइये। प्रत्येक भाग का नाम लिखिये तथा उसके कार्य बताइये।
5. एक अवशोषण प्रणाली में निम्नलिखित अवयवों के कार्यों की समीक्षा कीजिये—

   (i) अवशोषक (Absorber) (ii) रेक्टीफायर (Rectifier)

   (iii) विश्लेषक (Analyser) (iv) ऊष्मा विनियमक (heat exchangers)
6. वाष्प सम्पीडन प्रशीतन प्रणाली की तुलना में वाष्प अवशोषण प्रशीतन प्रणाली के लाभ तथा हानियाँ लिखिये।
7. तीन-द्रव प्रशीतन प्रणाली (इलेक्ट्रोलक्स प्रशीतन प्रणाली) का स्वच्छ आरेख बनाकर उसकी कार्यविधि का वर्णन कीजिये।
8. एक तीन-द्रव प्रशीतन प्रणाली में प्रत्येक द्रव का क्या कार्य है? विस्तारपूर्वक समझाइये।
9. एक वाष्प सम्पीडन प्रणाली में सम्पीडक का कार्य बताइये। इस कार्य को वाष्प अवशोषण प्रणाली में किस प्रकार प्राप्त किया जाता है।
10. एक आदर्श वाष्प अवशोषण प्रणाली के निष्पादन गुणांक (C.O.P.) का व्यंजक स्थापित कीजिये।
11. एक सोलर शक्ति प्रशीतन तंत्र का स्वच्छ आरेख बनाकर उसकी कार्यविधि का वर्णन कीजिये। तंत्र के लाभ तथा हानियों का भी उल्लेख कीजिये।
12. एक वाष्प अवशोषण प्रशीतन प्रणाली में तापन, शीतलन तथा प्रशीतन क्रमशः 100°C, 20°C तथा –5°C तापमानों पर होता है। तंत्र का अधिकतम C.O.P. ज्ञात करें। **[उत्तर—2.3]**
13. एक अवशोषण प्रकार के प्रशीतित्र में अमोनिया जनित्र को ऊष्मा की सप्लाई, भाप द्वारा 2 bar दाब तथा 90% शुष्क अवस्था में दी जाती है। प्रशीतित्र में तापमान –5°C रखा जाता है। तंत्र का अधिकतम सम्भव C.O.P. ज्ञात करें यदि प्रशीतन भार 20 Ton हो तथा वास्तविक C.O.P. अधिकतम की 70% हो तो प्रति घण्टा आवश्यक भाप की मात्रा ज्ञात करें। वायुमण्डलीय तापमान 30°C मानिये। **[उत्तर—1.75, 103.4 kg/hr]**
14. एक अमोनिया अवशोषण निकाय 200 टन प्रशीतन की आवश्यकता को पूरा करने के डिजाइन किया जाता है। यदि वाष्पित्र का तापमान 243 K, जनेरेटर दाब 10 bar, जनेरेटर के प्रवेश पर सान्द्र घोल (strong aqua) का तापमान 343 K तथा निकलने वाली अमोनिया वाष्प का तापमान 375 K हो तो शिथिल घोल (weak aqua solution) की सान्ध्रता 0.28 मानते हुए आवश्यक भाप की मात्रा ज्ञात कीजिए। **[उत्तर—1044 kg/hour]**

AKC TECHNICAL CLASSES

6
Chapter

प्रशीतन उपकरण
(REFRIGERATION EQUIPMENT)

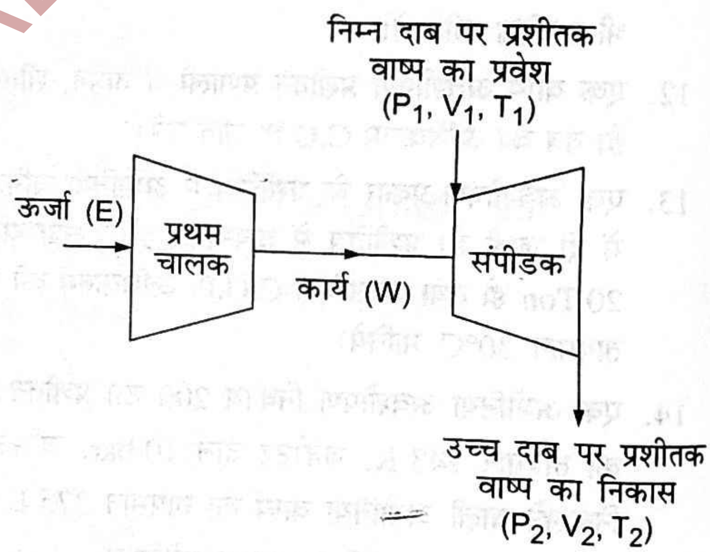
§ 6.1. परिचय (Introduction) :

कूलिंग तंत्रों में प्रशीतन तथा वातानुकूलन उपकरणों की महत्वपूर्ण भूमिका है। ये किसी स्थान अथवा पदार्थ विशेष को ठण्डा करने के लिए किसी एक स्थान से दूसरे स्थान को ऊष्मा का संचरण करते हैं। कूलिंग प्रभाव उत्पन्न करने के लिए कार्यकारी माध्यम को विभिन्न उपकरणों, जैसे-सम्पीडक (compressors), वाष्पित्र (evaporators), प्रसार वाल्व (expansion valve) तथा संघनित्र (condensers) आदि से गुजरना पड़ता है।

विभिन्न उद्देश्यों की पूर्ति हेतु तथा जिस प्रक्रम में प्रशीतन कार्य होता है, उस प्रक्रम के लिए आवश्यक विभिन्न प्रकार के प्रशीतन उपकरण हो सकते हैं। इनमें से कुछ प्रमुख उपकरणों का अध्ययन हम निम्नलिखित अनुच्छेदों में करेंगे।

§ 6.2. सम्पीडक (Compressors) :

सम्पीडक एक ऐसी मशीन है, जिसमें प्रशीतक वाष्प को सम्पीडित करके उसका दाब इस प्रकार बढ़ाया जाता है कि संगत संतृप्त तापमान (corresponding saturation temperature) कूलिंग माध्यम के तापमान से कम रहे। यह निकाय में लगातार प्रशीतक की सप्लाई भी सुनिश्चित करता है। प्रशीतक वाष्प को सम्पीडित करने के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है जो उसे एक प्रथम चालक (prime mover) के माध्यम से प्रदान की जाती है। प्रथम चालक, जो विद्युत मोटर या डीजल इन्जन कोई भी हो सकता है। सम्पीडक पर कार्य करके उसे गति प्रदान करता है। (देखें चित्र 6.1) में सम्पीडक का कार्य सिद्धान्त रेखाचित्र द्वारा प्रदर्शित है।



चित्र 6.1—सम्पीडक का कार्य सिद्धान्त

क्योंकि सम्पीडक, वाष्पित्र से कम ताप पर ऊष्मा लेता है तथा संघनित्र को अधिक तापमान पर भेजता है अत: यहाँ सम्पीडक एक ऊष्मा पम्प (heat pump) की भाँति कार्य करता है।

6.2.1 सम्पीडकों का वर्गीकरण (Classification of Compressors)

सम्पीडकों को कई प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है जिनमें से कुछ प्रमुख वर्गीकरण निम्न प्रकार है—

(1) कार्यविधि के आधार पर (According to working)

(a) पश्चाग्र सम्पीडक (Reciprocating compressors)
(b) घूर्णी सम्पीडक (Rotary compressors), तथा
(c) अपकेन्द्री सम्पीडक (Centrifugal compressors)

AKTECHNICAL CLASSES

पश्चाग्र सम्पीडकों का प्रयोग ऐसे प्रशीतकों के लिए उचित रहता है जिनको अपेक्षाकृत कम विस्थापन आयतन तथा उच्च संघनित्र की आवश्यकता हो। विभिन्न प्रशीतक जैसे *R*–12, *R*–22, *R*–717 (अमोनिया) आदि इसी ग्रुप में आते हैं।

घूर्णी सम्पीडकों का प्रयोग ऐसे प्रशीतको के लिए उचित रहता है जो प्राय: कम अथवा मध्यम संघनित्र दाब रखते हैं। इस गुप में *R*–21 तथा *R*–14 जैसे प्रशीतक आते हैं। ये मुख्यत: घरेलू प्रशीतकों के लिए प्रयोग किये जाते हैं।

अपकेन्द्री सम्पीडकों का प्रयोग ऐसे प्रशीतकों के लिये उचित रहता है जिनको अपेक्षाकृत अधिक विस्थापन आयतन तथा कम संघनित्र दाब की आवश्यकता हो। विभिन्न प्रशीतक जैसे *R*–11, *R*–113 आदि इसी ग्रुप में आते हैं। अधिक क्षमता तथा कम तापमान पर उपयोग में लाने के लिए *R*–12 को भी अपकेन्द्री सम्पीडकों में प्रयोग किया जा सकता है।

(2) कार्यकारी स्ट्रोक की संख्या के आधार पर (According to Number of Strokes)

(a) एकल क्रिया सम्पीडक (Single acting compressors), तथा

(b) द्वि-क्रिया सम्पीडक (Double acting compressors)

(3) अवस्थाओं की संख्या के आधार पर (According to Number of Stages)

(a) एकल अवस्था सम्पीडक (Single stage compressor)

(b) बहु-अवस्था सम्पीडक (Multi-stage compressor)

(4) प्रयुक्त चालन विधि के आधार पर (According to Method of Drive Employed)

(a) सीधे चालन द्वारा (By direct drive)

(b) बेल्ट चालन द्वारा (By belt derive)

(5) प्रथम चालक की स्थिति के आधार पर (According to the Location of the Prime Mover)

(a) अर्ध-हरमेटिक सम्पीड़क-(सीधा चालन, मोटर तथा अलग कक्ष में सम्पीड़क)

(b) पर्ण-हरमेटिक सम्पीडक (सीधा चालन, मोटर तथा सम्पीडक एक ही कक्ष में)

6.2.2 विभिन्न प्रकार के सम्पीडक (Various Types of Compressors)

(a) पश्चाग्र सम्पीडक (Reciprocating Compressors)

वे सम्पीडक, जिनमें प्रशीतक वाष्प को पिस्टन की पश्चाग्र क्रिया द्वारा सम्पीडित किया जाता है, पश्चाग्र सम्पीडक कहलाते हैं। ये $\frac{1}{12}$ kW जैसे छोटे साइज, जो छोटे घरेलू प्रशीतित्र में प्रयुक्त होता है, से लेकर 150 kW जैसी बड़े क्षमता वाले प्रतिष्ठानों में प्रयोग किये जाते हैं।

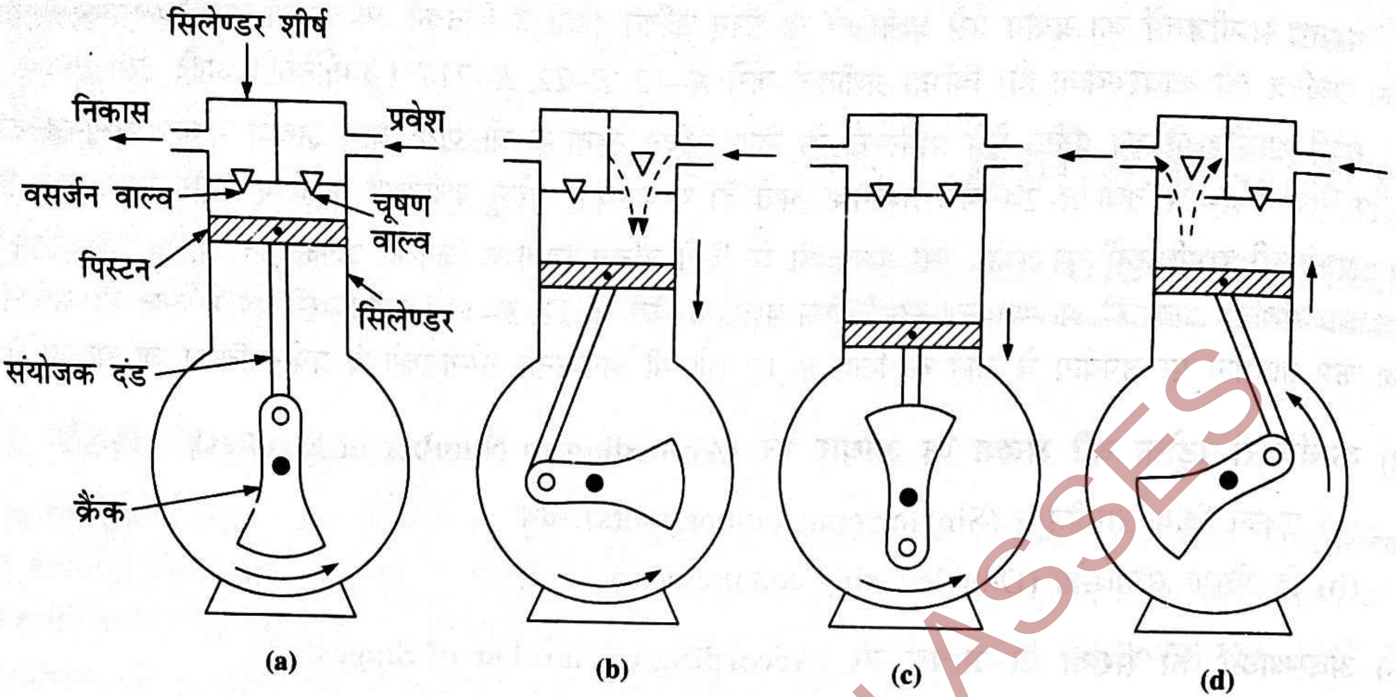
सामान्यतया दो प्रकार के पश्चाग्र सम्पीडक प्रयोग किये जाते हैं।

1. एकल क्रिया ऊर्ध्वाधर सम्पीडक तथा
2. द्वि-क्रिया क्षैतिज सम्पीडक

चित्र 6.2 में एक एकल पद, एकल क्रिया पश्चाग्र सम्पीडक (Single Stage, Single Acting Reciprocating Compressor) का रेखाचित्र प्रदर्शित है। इसका कार्य सिद्धान्त निम्न प्रकार है—

चित्र 6.2(a) के अनुसार माना अपने स्ट्रोक के प्रारम्भ में पिस्टन शीर्ष पर है। पिस्टन की यह स्थिति ऊपरि निष्क्रिय केन्द्र (Top Dead Centre) कहलाती है। इस स्थिति में दोनों वाल्व, चूषण तथा विसर्जन, बन्द होते हैं।

AKTECHNICAL CLASSES



चित्र 6.2—पश्चाग्र सम्पीडक की कार्यविधि

चूषण स्ट्रोक के अन्तर्गत जब पिस्टन नीचे की ओर चलना प्रारम्भ करता है तब पिस्टन के ऊपर सिलेण्डर का आयतन बढ़ता है तथा सिलेण्डर के अन्दर दाब कम होता है। जैसे ही सिलेण्डर में दाब, चूषण दाब अथवा वायुमण्डलीय दाब से नीचे हो जाता है, चूषण वाल्व खुल जाता है तथा प्रशीतक वाष्प सिलेण्डर के अन्दर आना प्रारम्भ कर देती है। (देखें चित्र 6.2(b))। यह चूषण क्रिया, पिस्टन की सिलेण्डर में अपनी निम्नतम स्थिति [अर्थात् निचले निष्क्रिय केन्द्र (Bottom Dead Centre)] पहुँचने तक जारी रहती है। इस स्ट्रोक के अन्त में (जैसा कि चित्र 6.2(c) में दिखाया गया है) स्प्रिंग क्रिया द्वारा चूषण वाल्व बन्द हो जाता है।

सम्पीडन स्ट्रोक के अन्तर्गत पिस्टन अपनी निम्नतम स्थिति (B.D.C.) से उच्चतम स्थिति (T.D.C) की ओर चलना प्रारम्भ करता है। देखें चित्र 6.2(d)]। पिस्टन के ऊपर की ओर चलने से पिस्टन के ऊपर सिलेण्डर में प्रशीतक वाष्प का आयतन कम होता है तथा दाब बढ़ता है। जब सिलेण्डर के अन्दर का दाब, विसर्जन वाल्व के ऊपर के दाब से अधिक हो जाता है, विसर्जन वाल्व खुल जाता है तथा प्रशीतक वाष्प संघनित्र में निष्कासित हो जाती है। इस प्रकार यह चक्र चलता रहता है।

एकल क्रिया पश्चाग्र सम्पीडकों में चूषण, सम्पीडन तथा विसर्जन क्रिया पिस्टन के दो स्ट्रोक अर्थात् क्रैंक शाफ्ट के एक चक्र में पूर्ण हो जाती है। द्वि-क्रिया पश्चाग्र सम्पीडकों में ये क्रियायें पिस्टन के दोनों ओर पूर्ण होती है। इस प्रकार द्वि-क्रिया पश्चाग्र सम्पीडकों में एकल क्रिया पश्चाग्र सम्पीडकों की तुलना में प्रशीतक का दुगुना आयतन सप्लाई होता है।

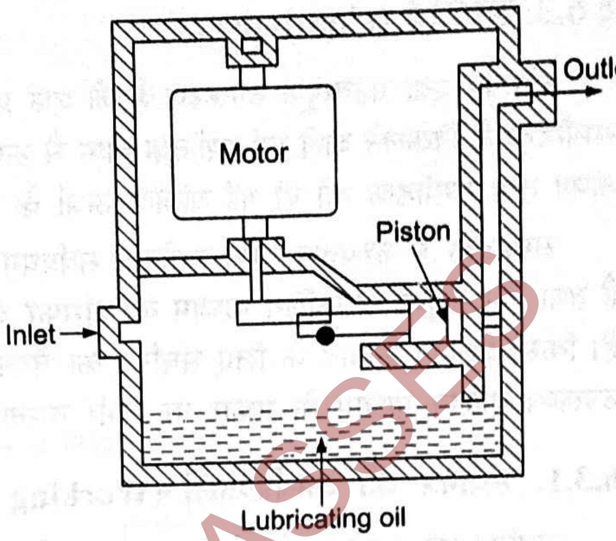
कम क्षमता वाले सम्पीडक प्राय: वायु शीतित होते हैं। वायु शीतलन के लिए सिलेण्डर की बॉडी पर फिनस् (fins) बने होते हैं। अधिक क्षमता वाले सम्पीडकों में अच्छे शीतलन के लिए सिलेण्डर की बॉडी में वॉटर जैकेट्स बनायी जाती हैं।

(b) समुद्रिक सील्ड सम्पीडक (Hermetically Sealed Compressors)

जब सम्पीडक तथा मोटर एक ही शाफ्ट पर कार्य करते हों तथा एक ही केसिंग में बन्द हों तो वे समुद्रिक सील्ड सम्पीडक कहलाते हैं। इस प्रकार के सम्पीडकों में क्रैंक शाफ्ट सील की आवश्यकता नहीं होती जबकि साधारण सम्पीडकों में प्रशीतकों के लीकेज को रोकने के लिए सील की आवश्यकता होती है। ये सम्पीडक पश्चाग्र अथवा घूर्णी, किसी भी सिद्धान्त पर कार्य कर सकते हैं तथा क्षैतिज अथवा ऊर्ध्वाधर किसी भी अवस्था में लगे हो सकते हैं (देखें चित्र 6.3)। समुद्रिक प्रकार के सम्पीडकों का प्रयोग कम क्षमता वाले प्रशीतन तंत्रों में बहुतायत से होता है। जैसे—घरेलू प्रशीतित्र, विन्डो टाइप वातानुकूलक आदि।

AKC TECHNICAL CLASSES

इस प्रकार के सम्पीडकों के लाभ तथा हानियाँ निम्न हैं—



चित्र 6.3—समुद्रिक सील्ड सम्पीडक

लाभ—

(i) इसमें आवाज कम होती है।

(ii) प्रशीतक के लीकेज को पूर्णत: रोका जा सकता है।

(iii) सघन (compact) होने के कारण कम जगह घेरता है।

(iv) क्योंकि मोटर तथा सम्पीडक एवं सील्ड कक्ष, जिसमें स्नेहक तेल भरा रहता है, में कार्य करते हैं अत: स्नेहन सरल है।

हानियाँ—

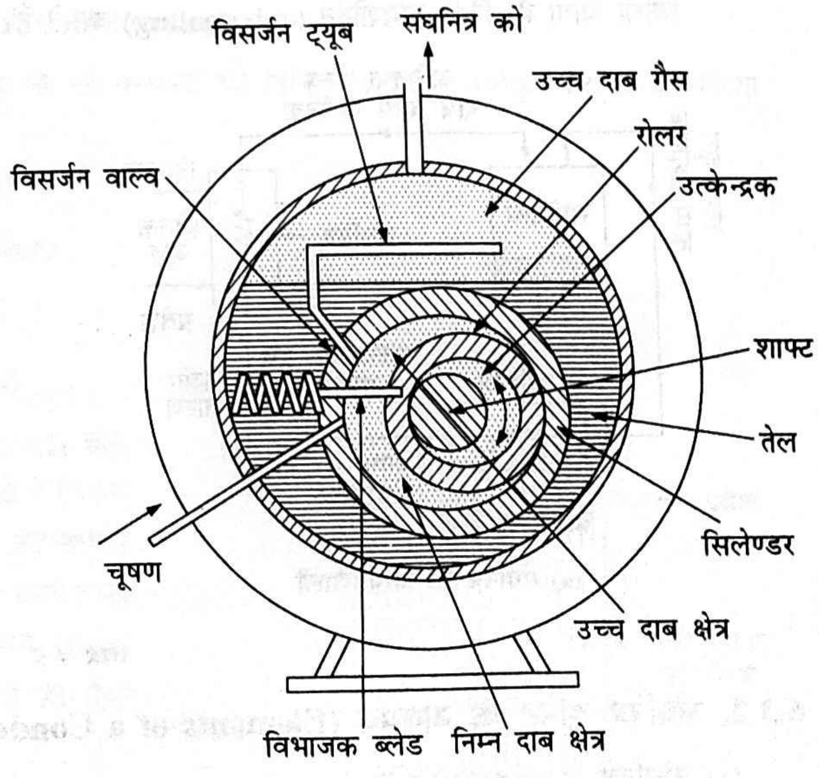
(i) क्योंकि सभी चल भाग (moving parts) केसिंग में बन्द रहते हैं अत: इनका अनुरक्षण सरल नहीं है।

(ii) प्रशीतक के चार्जिंग तथा परित्याग (Evacuation) के लिए एक अलग से पम्प की आवश्यकता होती है।

(c) घूर्णी सम्पीडक (Rotary Compressors)

घूर्णी सम्पीडकों में, वाष्पित्र से आने वाले वाष्प प्रशीतकों को ब्लेडों के घूमने से सम्पीडित किया जाता है। घूर्णी सम्पीडक धनात्मक विस्थापन प्रकार के सम्पीडक होते हैं क्योंकि इनमें अवकाश (clearance) नगण्य होता है इसलिये ये उच्च आयतनिक दक्षता रखते हैं। ये सम्पीडक *R*–12, *R*–22 तथा अमोनिया जैसे प्रशीतकों के लिए प्रयुक्त होते हैं।

चित्र 6.4 में एक एकल स्थिर ब्लेड प्रकार का घूर्णी सम्पीडक दिखाया गया है। इसमें एक स्थिर सिलेण्डर, एक रोलर (अथवा इम्पेलर) तथा एक शाफ्ट होती है। शाफ्ट पर एक उत्केन्द्रक (Eccentric) लगा होता है जिस पर रोलर लगा होता है। एक स्प्रिंग भारित ब्लेड रोलर को इस प्रकार दबा कर रखता है कि चूषण तथा विसर्जन साइड अलग-अलग बनी रहती है। जब उत्केन्द्रक ब्लेड की ऊपरी तरफ घूमता है तो रोलर तथा सिलेण्डर की दीवार के मध्य बड़ा सा गैप (Gap) आ जाता है। इस गैप में कम दाब पर वाष्प अथवा गैस चूषित हो जाती है। रोलर के घूमने से यह कम दाब वाली गैस अथवा वाष्प सम्पीडित होकर उच्च दाब साइड में चली जाती है और फिर विसर्जन वाल्व तथा विसर्जन पाइप से यह तेल के ऊपर एकत्र हो जाती है। इस प्रकार कम दाब व ताप वाली वाष्प अथवा गैस लगातार उच्च दाब व ताप वाली वाष्प अथवा गैस में बदलती रहती है। चालक मोटर की गति उच्च होने के कारण सम्पीडक का साइज बहुत छोटा रहता है। यह सम्पीडक प्राय: समुद्रित प्रकार के (hermetically seated) होते हैं।



चित्र 6.4—घूर्णी सम्पीडक

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 6.3. संघनित्र (Condensers) :

संघनित्र एक महत्वपूर्ण उपकरण है जो एक प्रशीतन निकाय के उच्च दाब वाली साइड में लगा होता है। इसका कार्य सम्पीडक से निकलने वाले गर्म प्रशीतक वाष्प से ऊष्मा का निष्कासन कराना है। गर्म प्रशीतक वाष्प में, वाष्पित्र में अवशोषित ऊष्मा तथा सम्पीडक को दी गई यांत्रिक ऊर्जा के समतुल्य ऊष्मा ऊर्जा का योग होता है।

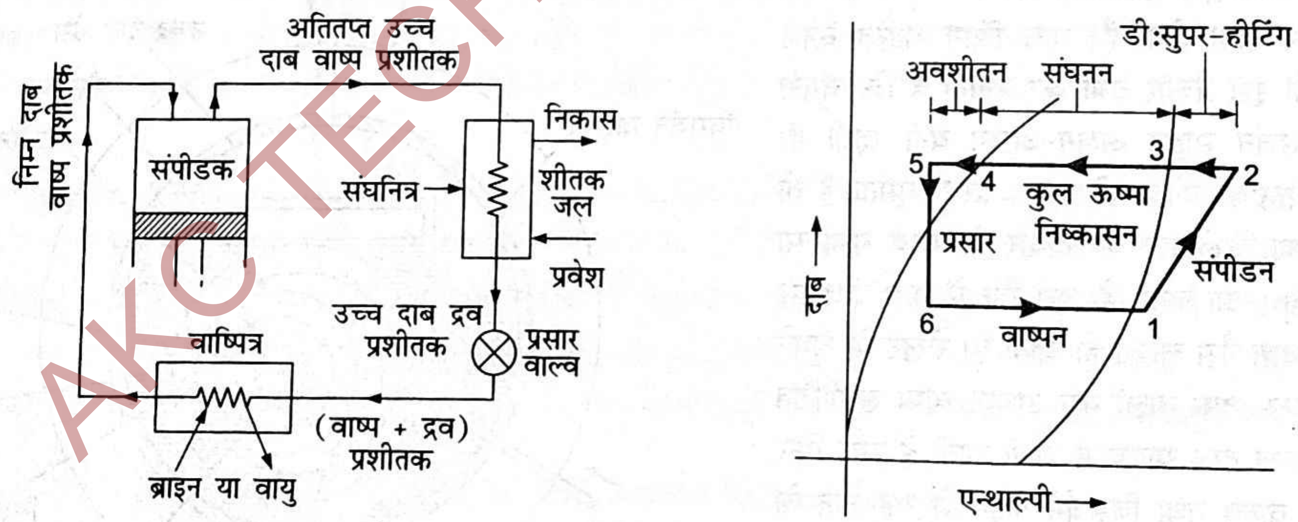
सम्पीडक में उच्चताप वाष्प प्रशीतक सर्वप्रथम अपनी ऊष्मा, संघनित्र में लगी ट्यूब्स की दीवारों को ट्रांसफर करता है तथा फिर ट्यूब्स से कूलिंग माध्यम को ट्रांसफर करता है। कूलिंग माध्यम हवा, जल या फिर दोनों का मिश्रण हो सकता है। किसी प्रशीतन निकाय के लिए संघनित्र का चयन निकाय की क्षमता, उपयोग में लाये जाने वाले प्रशीतक के प्रकार तथा उपलब्ध कूलिंग माध्यम के प्रकार पर निर्भर करता है।

6.3.1. संघनित्र की कार्यप्रणाली (Working of a Condenser)

संघनित्र की कार्यप्रणाली को चित्र 6.5(a) में प्रदर्शित सरल प्रशीतन निकाय के चित्र से भली-भाँति समझा जा सकता है। निकाय का (*P–H*) आरेख चित्र 6.5(b) में प्रदर्शित है जिसमें प्रशीतक के शीतलन की तीन अवस्थायें प्रदर्शित हैं।

वाष्पित्र से अवशोषित ऊष्मा से अतितप्त वाष्प प्रशीतक सम्पीडक में जाता है जहाँ सम्पीडन कार्य के कारण इसमें और ऊष्मा जुड़ जाती है। यह अतितप्त उच्च दाब वाष्प प्रशीतक विसर्जन पाइप के रास्ते संघनित्र में प्रवेश करता है। संघनित्र प्रशीतक वाष्प को निम्न तीन चरणों में शीतल करता है—

1. सर्वप्रथम प्रशीतक की अतितप्त वाष्प को स्थिर दाब पर संतृप्त तापमान (Saturation temperature) तक ठण्डा किया जाता है जिसे 'डी-सुपर-हीटिंग' कहते हैं। यह प्रक्रिया चित्र 6.5(b) में रेखा 2–3 से दिखाई गई है।
2. अब प्रशीतक की संतृप्त वाष्प से उसकी गुप्त ऊष्मा निकाल कर उसे संतृप्त द्रव प्रशीतक में संघनित (Condensed) किया जाता है। "संघनन" की यह क्रिया चित्र 6.5(b) में रेखा 3–4 से दिखाई गई है।
3. प्रशीतन प्रभाव को बढ़ाने के लिए द्रव प्रशीतक के तापमान को उसके संतृप्त तापमान से कम तापमान तक ठण्डा किया जाता है। जिसे अवशीतन (sub cooling) कहते हैं। यह क्रिया चित्र 6.5(b) में रेखा 4–5 से दर्शायी गई है।



(a) संघनित्र की कार्यप्रणाली

(b) (*P–H*) आरेख

चित्र 6.5

6.3.2. संघनित्र यूनिट के अवयव (Elements of a Condenser Unit)

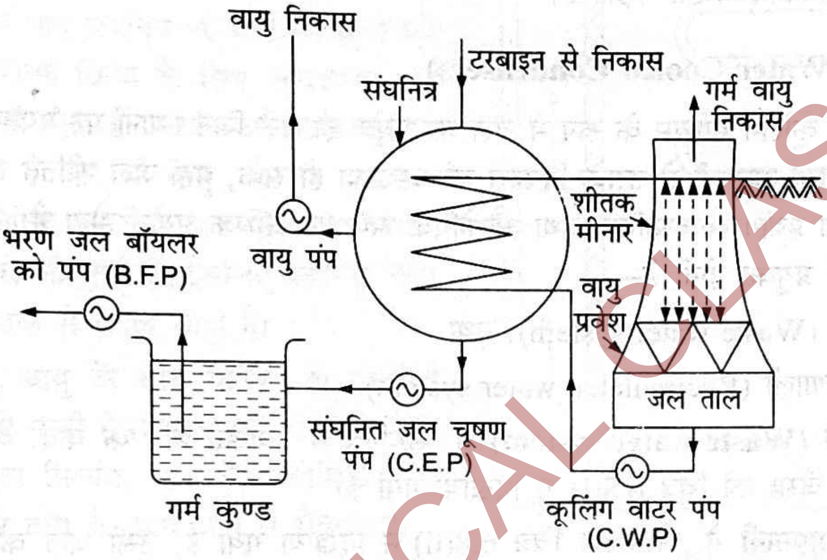
(i) संघनित्र (Condenser)

(ii) संघनित जल चूषण पम्प (Condensate extraction pump)

AKC TECHNICAL CLASSES

(iii) गर्म कुण्ड (Hot well)
(iv) कूलिंग टॉवर (Cooling tower)
(v) कूलिंग वॉटर पम्प (Cooling water pump)
(vi) बॉयलर भरण पम्प (Boiler feed pump)
(vii) वायु चूषण पम्प (Air extraction pump)

चित्र 6.6 में एक संघनित्र के सभी अवयवों को प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 6.6—संघनित्र यूनिट के अवयव

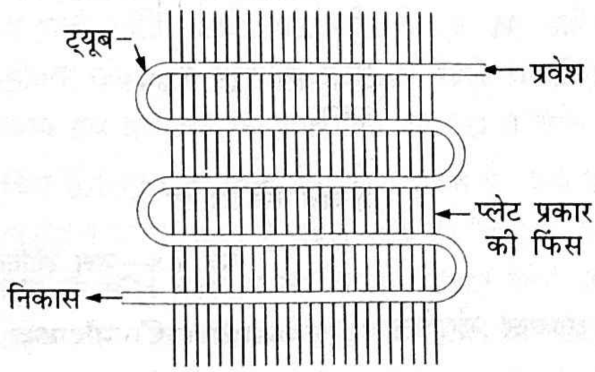
6.3.3. संघनित्रों का वर्गीकरण (Classification of Condensers)

संघनन के लिए प्रयोग किये गये कूलिंग माध्यम के आधार पर संघनित्रों को निम्न तीन ग्रुप में वर्गीकृत किया जा सकता है—

1. वायु शीतित संघनित्र (Air Cooled Condenser)
2. जल शीतित संघनित्र (Water Cooled Condenser)
3. वाष्पक संघनित्र (Evaporative Condensers)

1. वायु शीतित संघनित्र (Air Cooled Condensers)

वायु शीतित संघनित्रों में ऊष्मा का निष्कासन (Removal) वायु द्वारा किया जाता है। इसमें इस्पात अथवा ताँबे की ट्यूब्स होती है जिसमें प्रशीतक प्रवाहित होता है। संघनित्र के आकार के अनुसार इन ट्यूब्स का बाह्य व्यास 6 mm से 18 mm तक हो सकता है। इन ट्यूब्स का सम्पर्क क्षेत्रफल बढ़ाने के लिए इनमें प्लेट प्रकार की फिन्स (fins) लगा दी जाती हैं। ये फिन्स प्राय: एल्यूमीनियम की होती हैं। देखें चित्र 6.7।



चित्र 6.7—वायु शीतित संघनित्र

नली की एकल पंक्ति (single row) वाला संघनित्र सर्वाधिक दक्ष ऊष्मा संचरण प्रदान करता है। प्रत्येक ट्यूब की पंक्ति में आगे

AKC TECHNICAL CLASSES

बढ़ने पर वायु का तापमान बढ़ता जाता है तथा प्रशीतक और वायु के बीच का तापान्तर कम होता जाता है। परन्तु बहु पंक्ति (Multi-row) संघनित्रों की तुलना में एकल पंक्ति (single row) संघनित्र अधिक स्थान घेरता है।

एकल पंक्ति संघनित्रों का प्रयोग प्राय: कम क्षमता वाले प्रशीतन निकायों, जैसे—घरेलू प्रशीतित्र, फ्रीजर, वाटर कूलर, कक्ष वातानुकूलक (room air conditioner) आदि में होता है।

वायुशीतित संघनित्रों में दो या अधिक पंक्तियाँ हो सकती हैं परन्तु छ: (Six) पंक्तियों वाले संघनित्र अधिक प्रचलित हैं। वायु शीतित संघनित्रों का मुख्य अलाभ (disadvantage) यह है कि ये उच्च संघनित्र तापमान पर कार्य करते हैं जिसके कारण सम्पीडक को अधिक कार्य करना पड़ता है।

2. जल शीतित संघनित्र (Water Cooled Condensers)

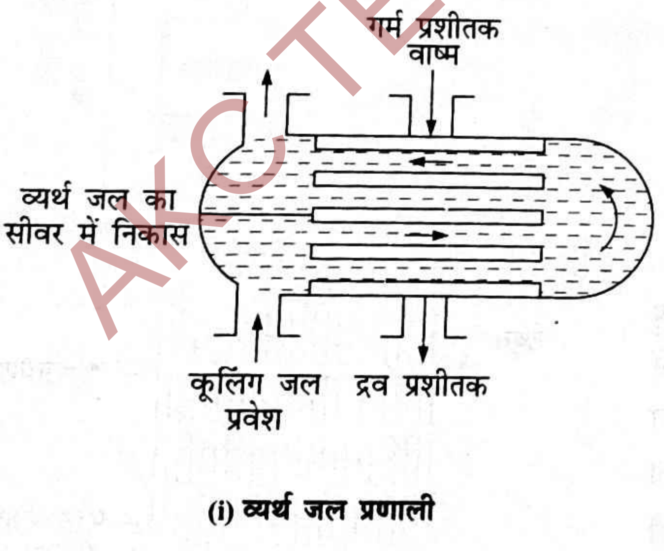
जल शीतित संघनित्रों में कूलिंग माध्यम के रूप में जल का प्रयोग होता है जिन स्थानों पर पर्याप्त, साफ तथा कम खर्च पर पानी की उपलब्धता हो तथा आसानी से उसके निकास की व्यवस्था हो सके, वहाँ जल शीतित संघनित्रों को ही वरीयता दी जाती है। इन संघनित्रों का प्रयोग व्यावसायिक तथा औद्योगिक स्तर पर अधिक प्रयोग होता है। जल शीतित संघनित्रों में दो प्रकर की जल प्रणालियाँ प्रयुक्त होती हैं—

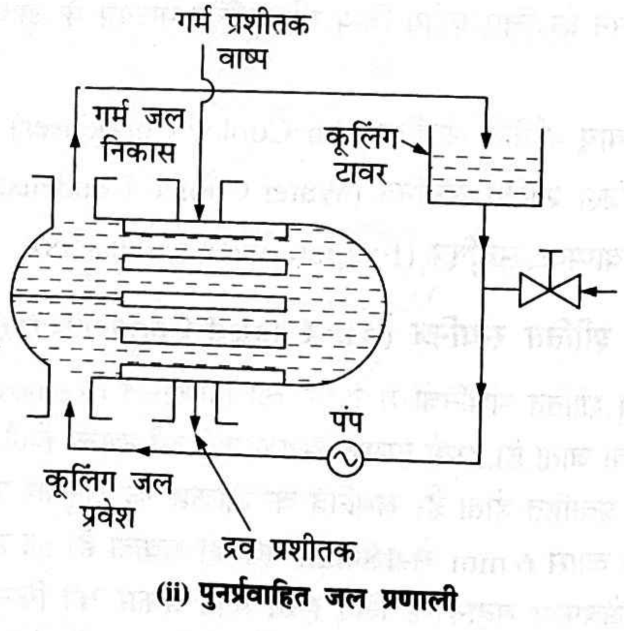
(i) व्यर्थ जल प्रणाली (Waste water system), तथा

(ii) पुनर्प्रवाहित जल प्रणाली (Recirculated water system)

(i) व्यर्थ जल प्रणाली (Waste water system) में, संघनित्र में प्रवाहित होने के बाद, व्यर्थ जल को सीवर में प्रवाहित कर दिया जाता है। जैसा की चित्र 6.8(i) में दिखाया गया है।

(ii) पुनर्प्रवाहित जल प्रणाली में, जैसा कि चित्र 6.8(ii) में दिखाया गया है, उसी जल को बार-बार संघनित्र में पुनर्प्रवाहित कराया जाता है जो संघनित्र में प्रवाहित होकर निकलता है। संघनित्र से निकलने वाला जल गर्म होता है, उसको एक कूलिंग टॉवर में ले जाकर ठण्डा करते हैं तथा उसमें क्षतिपूरक जल मिलाकर पुन: संघनित्र में भेज देते हैं। संघनित्र में जल की क्षति, कूलिंग टॉवर अथवा कूलिंग कुण्ड में पानी के वाष्पीकरण के कारण होती है।





चित्र 6.8—जल शीतित संघनित्र (Water cooled condenser)

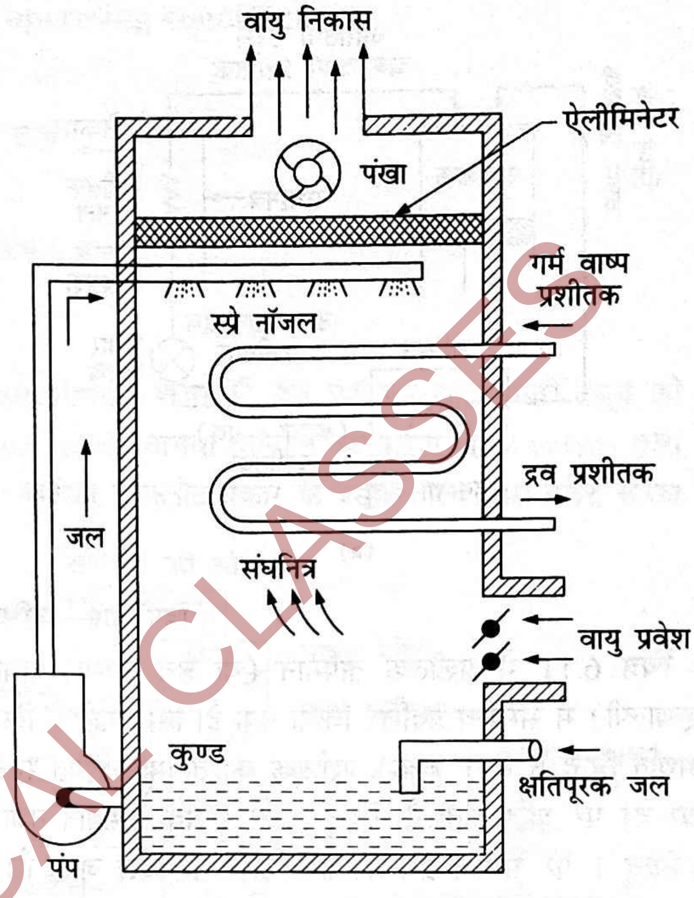
3. वाष्पक संघनित्र (Evaporative Condenser)

वाष्पक संघनित्रों में, जैसा कि चित्र 6.9 में दिखाया गया है, वायु तथा जल दोनों का गर्म वाष्प प्रशीतक से द्रव प्रशीतक में बदलने के लिए संधनन माध्यम के रूप में प्रयोग किया जाता है। ये संघनित्र एक कूलिंग टॉवर तथा एक जल शीतित संघनित्र

AKC TECHNICAL CLASSES

का मिश्रित रूप है। इसमें कुण्ड से पम्प द्वारा जल की सप्लाई स्प्रे हैडर में लगे स्प्रे नॉजल में की जाती है जहाँ यह फुहार के रूप में संघनित्र की नलियों पर गिरता है। नलियों में गर्म वाष्प प्रशीतक एक तरफ से प्रवेश करता है तथा दूसरी तरफ से द्रव प्रशीतक के रूप में निकलता है। संघनित्र में ऊपर की तरफ एक पंखा लगा रहता है जो संघनित्र के अन्दर की गर्म वायु को ऊपर से बाहर निकालता रहता है जिससे संघनित्र में नीचे से ठण्डी वायु आती रहती है। वायु संघनित्र पर पानी की बून्दों को वाष्पित करती है और वाष्पन क्रिया के लिए आवश्यक गुप्त ऊष्मा बचे हुए पानी से ही लेती है। यद्यपि अधिकतर कूलिंग क्रिया वाष्पन से ही होती है फिर भी वायु, जल से कुछ ज्ञेय (sensible) ऊष्मा अवशोषित कर लेती है। क्योंकि वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा प्रशीतक से ली जाती है, इसलिए प्रशीतक वाष्प संघनित होकर द्रव प्रशीतक में बदल जाती है।

क्योंकि कुछ जल, वायु के साथ वाष्पित हो जाता है इसलिए जल की कमी हो जाती है जिसको पूरा करने के लिए बाहर से क्षति पूरक जल मिलाया जाता है। ऐलीमिनेटर का कार्य पानी की बून्दों को वायु के साथ जाने से रोकना है।



चित्र 6.9—वाष्पक संघनित्र

§ 6.4. वाष्पित्र (Evaporators) :

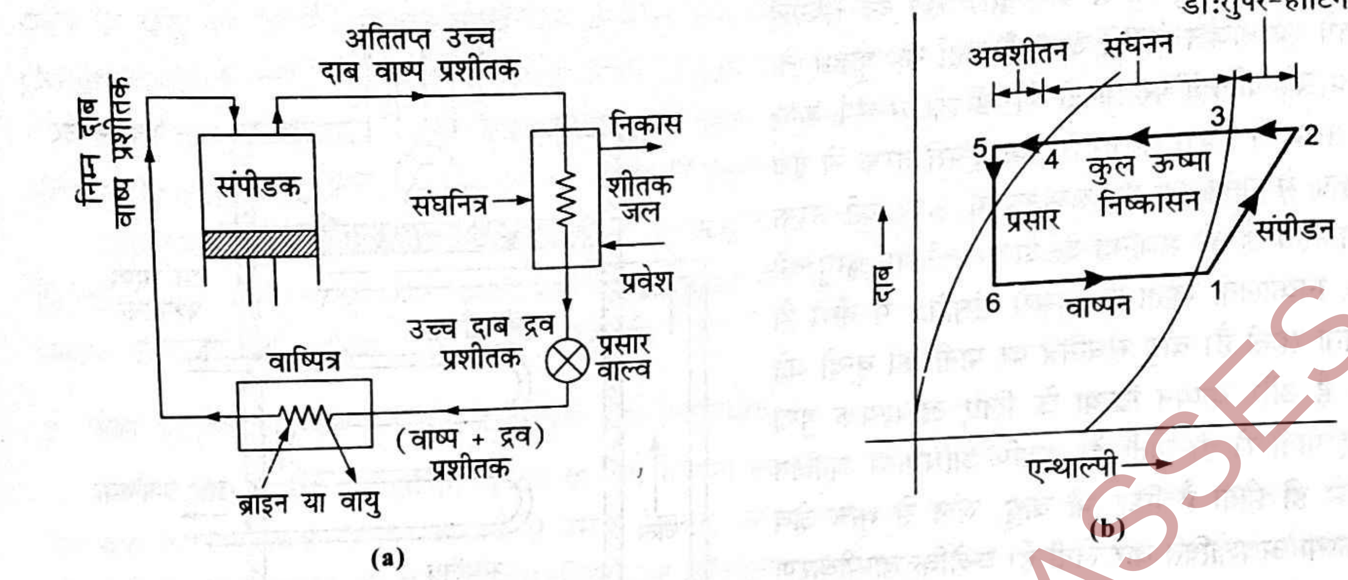
वाष्पित्र किसी प्रशीतन तंत्र का एक महत्वपूर्ण उपकरण है जो तंत्र के कम दाब वाली साइड में लगाया जाता है। प्रसार वाल्व से द्रव प्रशीतक वाष्पित्र में प्रवेश करता है जहाँ यह उबलता है तथा वाष्प में बदल जाता है। वाष्पित्र का कार्य, प्रशीतक के माध्यम से अपने आस-पास (परिस्थान) की ऊष्मा को सोखना है जिससे वह स्थान ठण्डा हो जाये। वाष्पित्र में प्रवाहित होने वाले प्रशीतक का क्वथनांक (B.P.) हमेशा परिस्थान के माध्यम से कम होना। चाहिए जिससे कि प्रशीतक को ऊष्मा का संचरण हो सके। परिस्थान से सोखी गयी ऊष्मा द्रव प्रशीतक को वाष्प में बदलने के काम आती है तथा वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा (Latent Heat of Vapourisation) की तरह कार्य करती है। वाष्पित्र को "कूलिंग क्वॉइल", "चिलिंग क्वॉयल" (chilling coil) अथवा एक "फिलिंग क्वॉयल" के नाम से भी जाना जाता है।

6.4.1. एक वाष्पित्र की कार्य प्रणाली (Working of a Evaporation)

एक वाष्पित्र की कार्य प्रणाली चित्र 6.10(a) तथा 6.10(b) द्वारा भली-भाँति समझी जा सकती है। (*P–H*) आरेख के बिन्दु '*S*' पर द्रव प्रशीतक प्रसार वाल्व में प्रवेश करता है। द्रव प्रशीतक को प्रसार वाल्व में प्रवेश से पहले अवशीतित (Subcooled) कर लिया जाता है जिससे कि प्रसार वाल्व में कोई वाष्प द्रव प्रशीतक के प्रवाह को अवरुद्ध न करे।

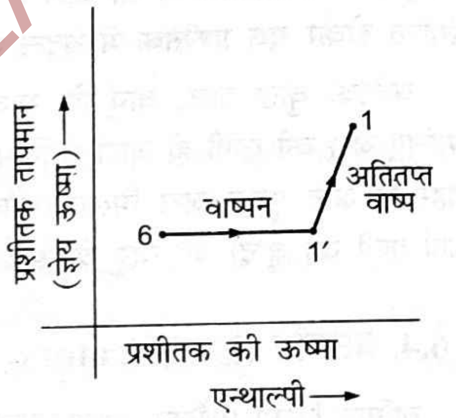
कम दाब पर द्रव प्रशीतक वाष्पित्र में प्रवेश करता है जैसा कि चित्र 6.10(b) के बिन्दु '6' से प्रदर्शित है। जब द्रव प्रशीतक वाष्पित्र की कुण्डली में बहता है तो परिस्थान से ऊष्मा का अवशोषण करके वाष्प में बदल जाता है। बिन्दु 1′ तक समस्त द्रव प्रशीतक, वाष्प में बदल जाता है। क्योंकि बिन्दु 1′ पर अभी भी वाष्प प्रशीतक का तापमान ठण्डा किये जाने वाले माध्यम से कम है। अत: वाष्प प्रशीतक परिस्थान से ऊष्मा का अवशोण जारी रखता है, जिससे वाष्प प्रशीतक के तापमान [अथवा ज्ञेय ऊष्मा (sensible heat)] में वृद्धि होती। है। यह वृद्धि वाष्प प्रशीतक के बिन्दु (1) पर वाष्पित्र को छोड़ने तक जारी रहती है। बिन्दु (1) पर प्रशीतक वाष्प का तापमान, संतृप्त तापमान से अधिक हो जाता है तथा वाष्प अतितप्त हो जाती

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 6.10—वाष्पित्र की कार्यप्रणाली

है। चित्र 6.11 में प्रशीतक तापमान (या ज्ञेय ऊष्मा) तथा प्रशीतक की ऊष्मा (एन्थाल्पी) में सम्बन्ध प्रदर्शित किया गया है। हम देखते हैं कि वाष्पीकरण के दौरान (अर्थात् बिन्दु 6 से 1′ तक) प्रशीतक का तापमान नियत रहता है तथा एन्थाल्पी में स्थिर दर पर वृद्धि होती है। बिन्दु 1′ से 1 तक तामपान तथा एन्थालपी दोनों बढ़ते हैं। बिन्दु 1 पर समस्त द्रव प्रशीतक वाष्प में बदल जाता है।



चित्र 6.11

6.4.2. वाष्पित्रों का वर्गीकरण (Classification of Evaporators)

वाष्पित्रों का वर्गीकरण निम्न आधारों पर किया जा सकता है—

(1) संरचना के प्रकार के आधार पर (On the basis of type of construction)

(a) बेयर ट्यूब क्वॉइल वाष्पित्र (Bare tube coil evaporator)
(b) फिन्ड ट्यूब वाष्पित्र (Finned tube evaporator)
(c) प्लेट वाष्पित्र (Plate evaporator)
(d) शैल तथा ट्यूब वाष्पित्र (Shell and tube evaporator)
(e) ट्यूब-इन-ट्यूब वाष्पित्र (Tube-in-tube evaporator)
(f) शैल तथा क्वॉइल वाष्पित्र (Shell and coil evaporator)

(2) द्रव प्रशीतक के भरण के तरीके के आधार पर (On the basis of the manner in which liquid refrigerant is fed)

(a) फ्लडेड वाष्पित्र (Flooded evaporator), तथा
(b) शुष्क प्रसार वाष्पित्र (Dry expansion evaporator)

(3) ऊष्मा संचरण के तरीके के आधार पर (On the basis of mode of heat transfer)

(a) प्राकृतिक संवहन वाष्पित्र (Natural convection evaporator)
(b) बलात् संवहन वाष्पित्र (Forced convection evaporator)

AKC TECHNICAL CLASSES

(4) कार्यकारी दशाओं के आधार पर (On the basis of operating conditions)

(a) फ्रास्टिंग वाष्पित्र (Frosting evaporator)

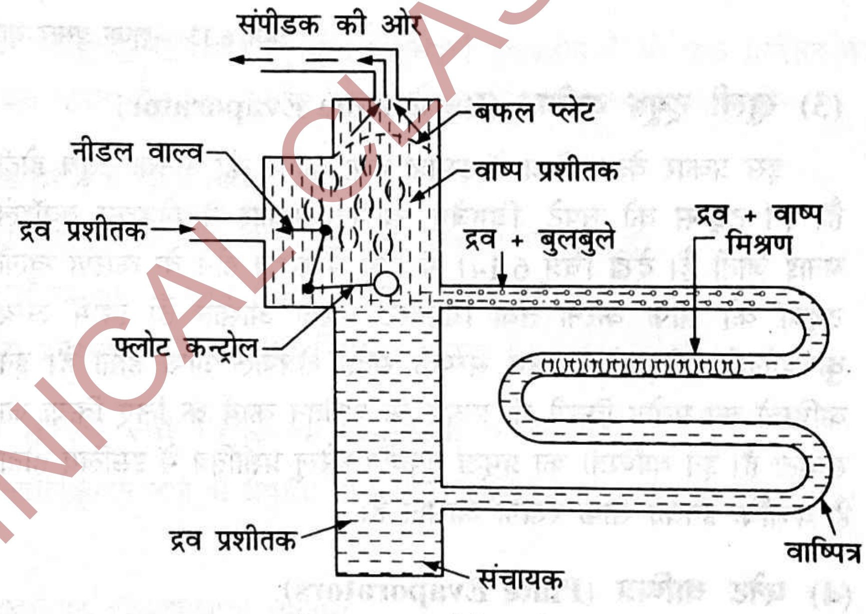
(b) नॉन-फ्रास्टिंग वाष्पित्र (Non frosting evaporator), तथा

(c) डीफ्रास्टिंग वाष्पित्र (Defrosting evaporator)।

उपरोक्त में से कुछ प्रमुख के वाष्पित्रों का विवरण निम्न प्रकार है—

6.4.3.(1) फ्लेडेड वाष्पित्र (Flooded Evaporator)

इस प्रकार के वाष्पित्रों में एक पात्र, **जिसे संचायक (Accumulator) कहते हैं,** द्रव प्रशीतक द्वारा ऊपरी ट्यूब की ऊँचाई तक भरा होता है। पात्र में द्रव का स्तर फ्लोट वाल्व (float valve) अथवा कन्ट्रोल वाल्व (control valve) द्वारा बनाये रखा जाता है। जैसा कि चित्र 6.12 में दिखाया गया है। द्रव, वाष्पित्र में फ्लोट प्रकार के प्रसार वाल्व द्वारा प्रवेश करता है तथा नीचे की ओर सम्बन्धित नलिकाओं में प्रवाहित होता है। नलिकाओं में द्रव उबलता है और ऊपर की ओर बहता है। द्रव तथा बुलबुलों (Bubbles) का मिश्रण एक संचायक (Accumulator) या सर्जटैंक में आता है। संचायक (Accumulator) का मुख्य उद्देश्य द्रव तथा वाष्प को अलग-अलग करना है। द्रव पुनः वाष्पित्र में चला जाता है जबकि वाष्प, संचायक (Accumulator) के ऊपर से निकल कर सम्पीडक की चूषण साइड की ओर जाता है। बफल प्लेटों का कार्य वाष्प में मौजूद किसी भी द्रव कण को सम्पीडक में जाने से रोकना तथा पुनः संचायक (Accumulator) में वापस कर देना है।



चित्र 6.12—फ्लेडेड वाष्पित्र

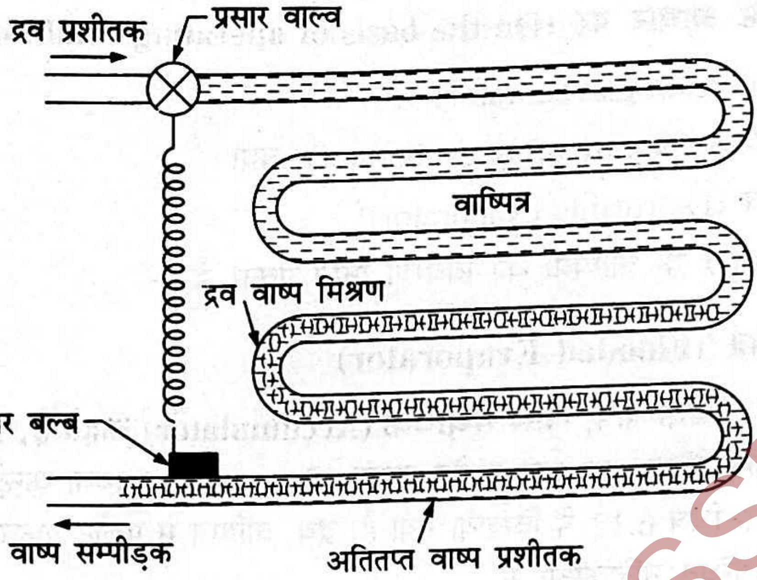
इस वाष्पित्र का मुख्य लाभ यह है कि वाष्पित्र क्वॉइलों की भीतरी सतह, प्रत्येक भार दशाओं के लिए, द्रव प्रशीतक के सम्पर्क में रहती है जिससे ऊष्मा संचरण की उच्च दर प्राप्त होती है तथा अधिक दक्ष कूलिंग प्राप्त होती है। इसका प्रमुख अलाभ यह है कि यह आकार में बड़ा होता है तथा इसमें अधिक प्रशीतक मात्रा की जरुरत होती है। इस प्रकार के वाष्पित्र का प्रयोग अनेक औद्योगिक इकाइयों, मुख्यतः रसायनिक तथा खाद्य प्रसंस्करण उद्योगों (food processing industries) में होता है।

(2) शुष्क प्रसार वाष्पित्र (Dry Expansion Evaporator)

शुष्क प्रसार वाष्पित्रों में रिसीवर से आने वाले द्रव प्रशीतक को प्रसार वाल्व के माध्यम से वाष्पित्र क्वॉइल में प्रवाहित किया जाता है। प्रसार वाल्व के साथ एक फिलर बल्ब लगा होता है जो प्रशीतक प्रवाह की दर को इस प्रकार नियन्त्रित करता है कि कुण्डली के अन्तिम चरण में पहुँचने तक समस्त द्रव प्रशीतक धीरे-धीरे वाष्प में बदल जाता है। क्वॉइल में द्रव प्रशीतक के प्रवेश की मात्रा, वाष्पीकरण की दर तथा वाष्पित्र पर कम या अधिक होते ऊष्मा भार पर निर्भर करती है।

चित्र 6.13 में एक शुष्क प्रसार वाष्पित्र प्रदर्शित है, ये वाष्पित्र, फ्लडेड वाष्पित्रों की तुलना में बहुत कम द्रव प्रशीतक का प्रयोग करते हैं। ये वाष्पित्र उच्च ऊष्मा भारों पर अधिक गीली सतह (wetted surface) रखते हैं जिससे इनकी दक्षता (efficiency) उच्च ऊष्मा भारों पर अधिक होती है।

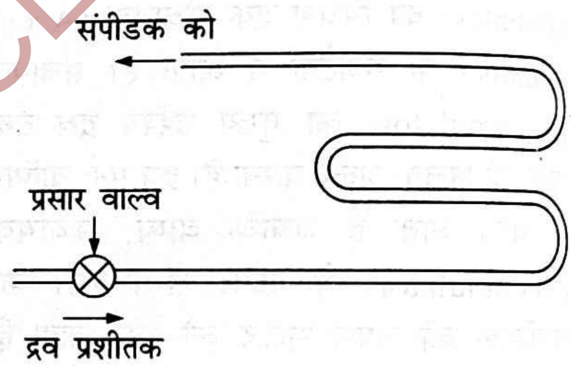
AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 6.13—शुष्क प्रसार वाष्पित्र

(3) खुली ट्यूब वाष्पित्र (Bare Tube Evaporator)

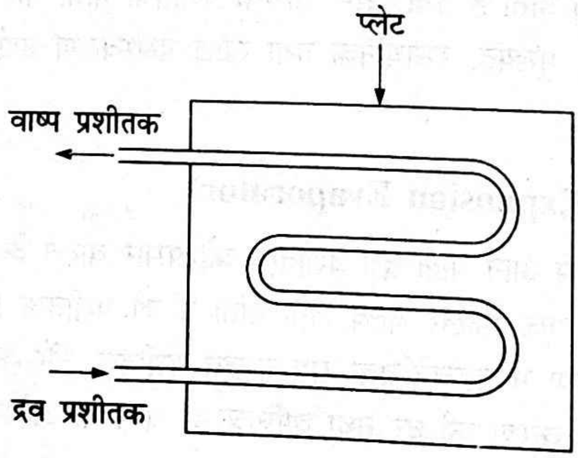
इस प्रकार के वाष्पित्र में इस्पात तथा कॉपर की अनेक ट्यूब होती हैं। इन ट्यूब्स को चपटे, जिगजेग, सर्पिल आकार में मोड़कर क्वॉइलें बनाई जाती हैं। देखें चित्र 6.14। संरचना में सरल होने के कारण खुली ट्यूबों को साफ करना तथा डिफ्रास्ट करना आसान है। इसमें अन्य कुण्डलियों की अपेक्षा कम सम्पर्क सतह क्षेत्रफल प्राप्त होता है। इन वाष्पित्रों का प्रयोग किसी भी प्रकार के प्रशीतन कार्य के लिए किया जा सकता है। इन वाष्पित्रों का प्रमुख उपयोग घरेलू प्रशीतित्र में इसलिए होता है क्योंकि इनको साफ रखना आसान है।



चित्र 6.14—खुली ट्यूब वाष्पित्र

(4) प्लेट वाष्पित्र (Plate Evaporators)

चित्र 6.15 में एक सामान्य प्रकार का प्लेट वाष्पित्र प्रदर्शित हैं इस प्रकार के वाष्पित्र में क्वॉइलें एक प्लेट की एक साइड में वेल्ड की हुई होती हैं या किनारों पर जुड़ी हुई दो प्लेटों के बीच में वेल्ड की हुई होती हैं। प्लेट वाष्पित्र का प्रयोग सामान्यतया घरेलू प्रशीतित्र, घरेलू फ्रीजर, आइसक्रीम कैबिनेट, बेवरेज कूलर आदि में होता है।

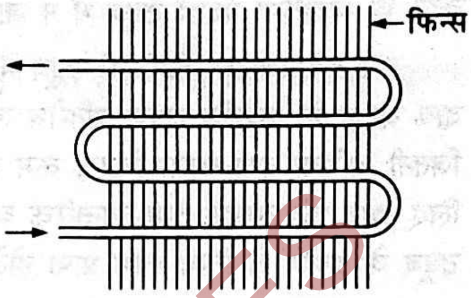


चित्र 6.15—प्लेट वाष्पित्र

AKC TECHNICAL CLASSES

(5) फिन्ड वाष्पित्र (Finned Evaporators)

एक फिन्ड वाष्पित्र में, जैसा कि चित्र 6.16 में दिखाया गया है, एक खुली ट्यूब (bare-tube) होती है जिसके ऊपर धातु की प्लेटें अथवा फिन्स लगायी जाती हैं। ये फिन्स उच्च ऊष्मीय चालकता वाली धातु की लगाई जाती है। फिन्स का साइज, आकार तथा बीच की दूरी, दिये गये अनुप्रयोग में सर्वोत्तम ऊष्मा संचरण की दर के लिए अलग-अलग निर्धारित की जा सकती है।



चित्र 6.16—फिन्ड वाष्पित्र

फिन्ड वाष्पित्र का प्रमुख उपयोग वातानुकूलन प्रयोगों (Airconditioning applications) में होता है। अन्य वाष्पित्रों की तुलना में समान क्षमता के लिए यह छोटे साइज का (compact) होता है।

§ 6.5. प्रसार वाल्व (Expansion Valves) :

प्रसार वाल्व, जिसे थ्रॉटल वाल्व या मीटरिंग उपकरण भी कहते हैं, एक महत्वपूर्ण उपकरण है जो एक प्रशीतन तंत्र के निम्न दाब तथा उच्च दाब साइड को विभाजित करता है। यह रिसीवर तथा वाष्पित्र के मध्य लगाया जाता है—

6.5.1. प्रसार वाल्व के कार्य (Functions of a Expansion Valve)

(i) यह वाष्पित्र में भेजे जाने से पहले द्रव प्रशीतक के उच्च दाब को निम्न दाब में बदलता है।

(ii) यह तंत्र के उच्च तथा निम्न दाब साइड के मध्य वाँछित दाबान्तर बनाये रखता है।

(iii) यह वाष्पित्र पर ऊष्मा भार के अनुसार प्रशीतक के प्रवाह को नियन्त्रित करता है।

6.5.2. विभिन्न प्रकार के प्रसार उपकरण (Different Types of Expansion Devices)

औद्योगिक एवं वाणिज्यिक प्रशीतक तथा वातानुकूलन तंत्रों में प्रयुक्त होने वाले प्रमुख प्रसार उपकरण निम्न हैं—

(i) कैपीलरी ट्यूब (Capillary tube)

(ii) हस्त चालित प्रसार वाल्व (Hand-operated expansion valve)

(iii) ऑटोमेटिक अथवा नियत दाब प्रसार वाल्व (Automatic or constant pressure expansion valve),

(iv) थर्मोस्टेटिक प्रसार वाल्व (Thermostatic expansion valve),

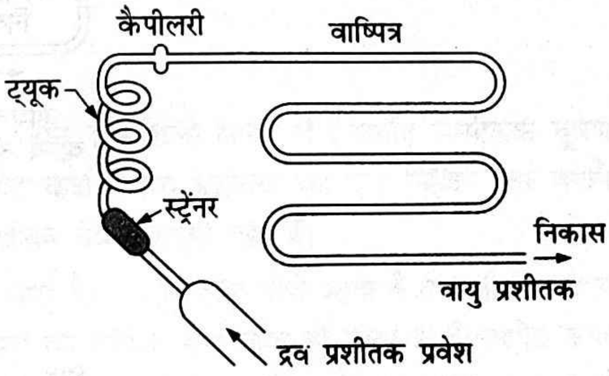
(v) निम्न साइड फ्लोट वाल्व (Low side float valve) तथा

(vi) उच्च साइड फ्लोट वाल्व (High side float valve)।

उपरोक्त में से कुछ प्रमुख प्रसार उपकरणों का विवरण निम्न है—

(1) कैपीलरी ट्यूब (Capillary Tube)

कैपीलरी ट्यूब (देखें चित्र 6.17) का एक प्रसार उपकरण के रूप में प्रयोग कम क्षमता वाले हरमेटिकली सील्ड प्रशीतक यूनिट्स, जैसे—घरेलू प्रशीतित्र, वाटर कूलर, कक्ष वातानुकूलक तथा फ्रीजर आदि में होता है। यह कम आन्तरिक व्यास की कॉपर की ट्यूब होती है जिसकी लम्बाई, अनुप्रयोग के अनुसार निर्धारित होती है. यह द्रव रेखा में संघनित्र तथा वाष्पित्र के बीच लगाया जाता है जैसा कि



चित्र 6.17—कैपीलरी ट्यूब

AKC TECHNICAL CLASSES

चित्र 6.17 में दिखाया गया है। ट्यूब में प्रवेश से पहले द्रव प्रशीतक को एक महीन जाली "स्ट्रेनर" में से गुजारते हैं जिससे कोई भी अवांछित पदार्थ ट्यूब में न जाये।

जब द्रव प्रशीतक कैपीलरी ट्यूब में प्रवेश करता है तो कम व्यास की ट्यूब होने के कारण घर्षण प्रतिरोध होता है तथा दाब घटता है। क्योंकि घर्षण प्रतिरोध लम्बाई के समानुपाती तथा व्यास के व्युत्क्रमानुपाती होता है अत: ट्यूब की लम्बाई जितनी अधिक तथा व्यास जितना कम होगा, प्रशीतक के प्रवाह में दाबान्तर उतना ही अधिक होगा। किसी ऊष्मा भार के लिए ट्यूब की लम्बाई तथा आन्तरिक व्यास का चयन आवश्यकतानुसार किया जाता है। किसी प्रशीतन निकाय में कैपीलरी ट्यूब के प्रयोग से निम्न लाभ प्राप्त होते हैं—

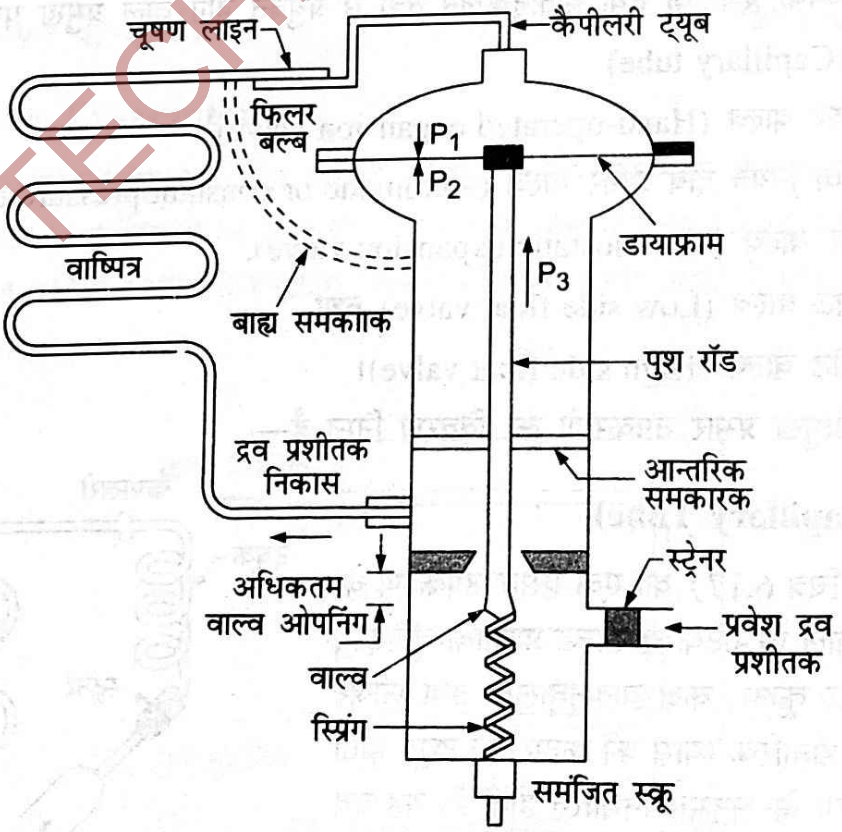
(i) कैपीलरी ट्यूब की लागत अन्य प्रसार उपकरणों से कम है।

(ii) जब सम्पीडक रुक जाता है, तब भी प्रशीतक वाष्पित्र में प्रवेश करता रहता है तथा तंत्र की उच्च दाब व निम्न दाब का अन्तर समाप्त हो जाता है। इससे सम्पीडक पर स्टार्टिंग घूर्ण का मान बहुत कम हो जाता है जो अत्यन्त लाभकारी है।

(iii) क्योंकि कैपीलरी ट्यूब में प्रशीतक क्रांतिक अवस्था में होता है अत: किसी रिसीवर की आवश्यकता नहीं होती।

(2) थर्मोस्टेटिक प्रसार वाल्व (Thermostatic Expansion Valve)

वाणिज्यिक तथा औद्योगिक प्रशीतन इकाइयों (commercial and industrial refrigeration units) थर्मोस्टेटिक प्रसार वाल्व का प्रसार उपकरण में मुख्यतया प्रयोग होता है। इसको "नियत अतितप्त वाल्व" (Constant superheat valve) के नाम से भी जाना जाता है क्योंकि यह वाष्पित्र से गुजरने वाले द्रव-प्रशीतक की मात्रा को नियन्त्रित करके वाष्पित्र क्वॉइल के अन्त में वाष्प प्रशीतक की नियत सुपर हीट बनाये रखती है। थर्मोस्टेटिक प्रसार वाल्व के मुख्य अंग हैं—(a) वाल्व सीट तथा नीडल (Needle) (b) एक धातु का डायाफ्राम (Metallic diaphragm) तथा (c) एक समंजित स्क्रू (adjusting screw) देखें चित्र 6.18।



चित्र 6.18—थर्मोस्टेटिक प्रसार वाल्व

AKC TECHNICAL CLASSES

उपरोक्त के अतिरिक्त इसमें एक फीलर या ऊष्मीय बल्ब होता है जो वाष्पित्र क्वॉइल के अन्त में चूषण लाइन पर लगा होता है।

फीलर बल्ब प्रशीतन तंत्र में प्रयोग होने वाले द्रव प्रशीतक से अशंत: (Partly) भरा हुआ होता है। वाल्व का खुलना तथा बन्द होना वाल्व पर लगे निम्न तीन बलों पर निर्भर करता है—

(i) फीलर बल्ब दाब P_1, जो डायाफ्राम के ऊपर कार्य करता है,

(ii) स्प्रिंग दाब P_2, जो डायाफ्राम के नीचे कार्य करता है, तथा

(iii) वाष्पित्र दाब P_3, जो डायाफ्राम के नीचे कार्य करता है।

क्योंकि फीलर बल्ब का तापमान, चूषण लाइन में द्रव प्रशीतक के तापमान के समान होता है। अत: प्रशीतक के तापमान में कोई भी परिवर्तन, फीलर बल्ब के दाब में परिवर्तन करेगा जो डायाफ्राम के ऊपर पारेषित (transmit) हो जायेगा। सामान्य कार्यकारी परिस्थितियों में यह दाब, स्प्रिंग दाब तथा वाष्पित्र दाब द्वारा संतुलित होता है। वाल्व को बन्द करने वाला बल, स्प्रिंग दाब और वाष्पित्र दाब पर निर्भर करता है। ये दाब वाष्पित्र क्वॉइल में प्रशीतक के संतृप्त तापमान (saturation temperature) पर निर्भर करते हैं जबकि वाल्व को खोलने वाला बल, फीलर बल्ब दाब पर निर्भर करता है जो बल्ब में प्रशीतक के तापमान पर निर्भर करता है। इस प्रकार वाल्व का खुलना तथा बन्द होना संतृप्त तापमान तथा फीलर बल्ब तापमान पर निर्भर करता है जोकि अतितप्त होता है। वाष्पित्र से निकलने वाले वाष्प प्रशीतक की अतितप्त की मात्रा (Degree of superheat) प्रारम्भिक स्प्रिंग तनाव पर निर्भर करती है। यह स्प्रिंग तनाव समंजन स्क्रू की सेटिंग पर निर्भर करता है।

जब वाष्पित्र पर भार बढ़ता है, वाष्पित्र क्वॉइल में द्रव प्रशीतक शीघ्रता से वाष्पीकृत होता है तथा फीलर बल्ब का तापमान बढ़ता है। तापमान बढ़ने से फीलर बल्ब का दाब बढ़ता है जो डायाफ्राम पर कैपीलरी ट्यूब के माध्यम से पारेषित हो जाता है। इस दाब से वाल्व नीचे की ओर चलता है तथा द्रव प्रशीतक की अधिक मात्रा वाष्पित्र में प्रवेश करती है। यह प्रक्रिया डायाफ्राम पर दाब की साम्यावस्था स्थापित होने तक जारी रहती है।

जब वाष्पित्र पर दाब घटता है, क्वॉइल में द्रव प्रशीतक की कम मात्रा वाष्पीकृत होती है जिससे फीलर बल्ब का तापमान तथा दाब घटता है। दाब घटने से वाल्व ऊपर की ओर चलता है तथा वाष्पित्र में द्रव प्रशीतक की सप्लाई कम हो जाती है। यह प्रक्रिया दाब की साम्यावस्था स्थापित होने तक जारी रहती है। ये वाल्व दो प्रकार के हो सकते हैं—

(i) आन्तरिक (Internal),

(ii) बाह्य समकारक (External equaliser)।

आन्तरिक समकारक थर्मोस्टेटिक प्रसार वाल्व में डायाफ्राम के नीचे लगने वाला दाब, वाष्पित्र के प्रवेश दाब के बराबर होता है जबकि बाह्य समकारक में डायाफ्राम के नीचे लगने वाला दाब वाष्पित्र के निकास दाब के बराबर होता है।

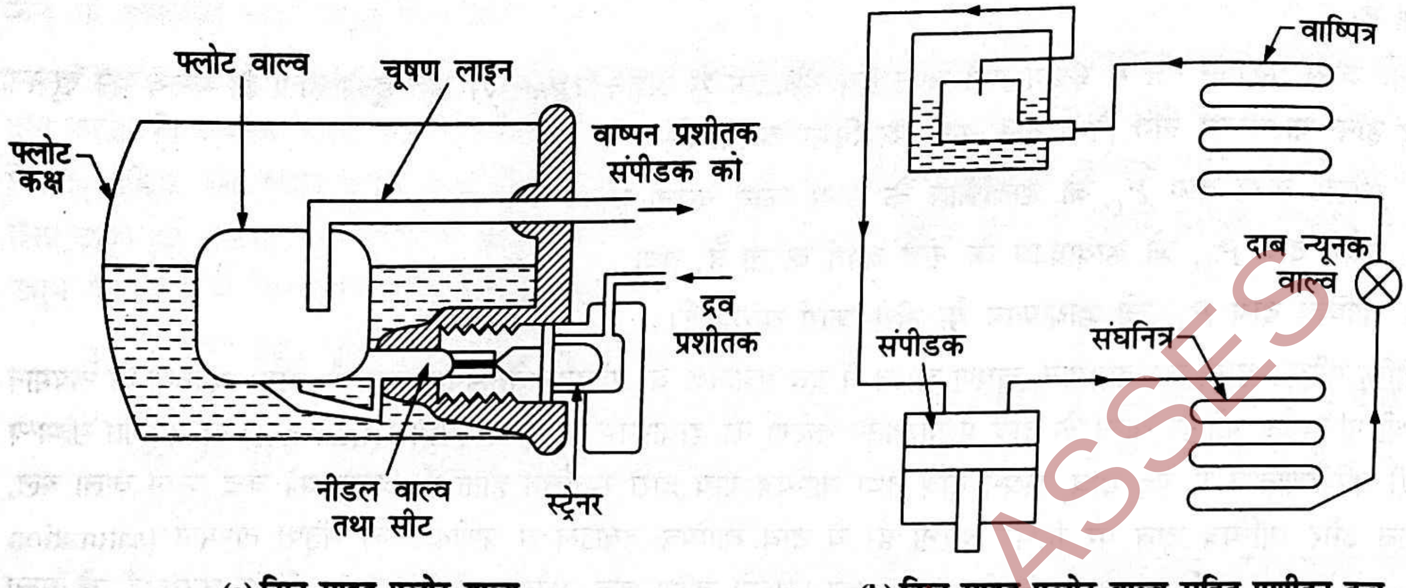
थर्मोस्टेटिक प्रसार वाल्व को प्राय: प्रतिटन प्रशीतन के रूप में व्यक्त किया जाता है। अधिकतर ये वाल्व 5°C सुपरहीट के लिए सेट किये जाते हैं।

(3) निम्न साइड फ्लोट वाल्व (Low-side Float Valve)

निम्न साइड फ्लोट वाल्व (देखें चित्र 6.19 (a)) प्रशीतन तंत्र के निम्न दाब वाली साइड में (अर्थात् सम्पीडक चूषण लाइन तथा वाष्पित्र के बीच में) लगाया जाता है। ये वाष्पित्र तथा फ्लोट कक्ष में द्रव प्रशीतक का एक निश्चित स्तर बनाये रखता है। चित्र 6.19(b) में एक निम्न साइड फ्लोट वाल्व सहित प्रशीतन तंत्र दिखाया गया है।

जब वाष्पित्र में द्रव प्रशीतक वाष्पित होता है, इसका स्तर कम हो जाता है। इससे फ्लोट नीचे आता है तथा नीडल वाल्व खुल जाता है तथा द्रव प्रशीतक अन्दर आने लगता है। जब द्रव प्रशीतक का वांछित स्तर प्राप्त हो जाता है तो फ्लोट ऊपर उठ जाता है तथा नीडल वाल्व बन्द हो जाता है। इस वाल्व का प्रमुख लाभ यह है कि वाष्पित्र के दाब तथा तापमान से प्रभावित हुये बगैर, भार की सभी परिस्थितियों में वाष्पित्र में एक नियत द्रव स्तर बनाये रखती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

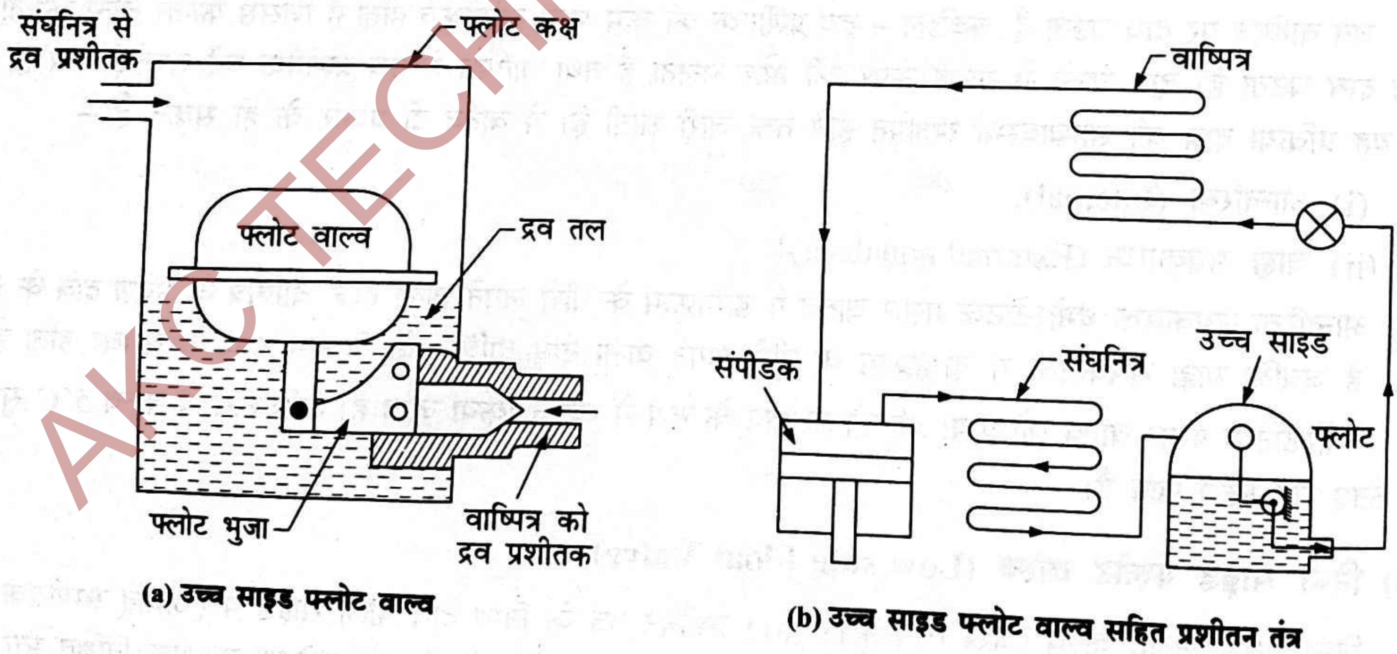


(a) निम्न साइड फ्लोट वाल्व (b) निम्न साइड फ्लोट वाल्व सहित प्रशीतन तन्त्र

चित्र 6.19

(4) उच्च साइड फ्लोट वाल्व (High-side Float Valve)

उच्च साइड फ्लोट वाल्व [देखें चित्र 6.20(a)] प्रशीतन तंत्र के उच्च दाब वाली साइड में (अर्थात् संघनित्र तथा वाष्पित्र के मध्य) लगाया जाता है। यह वाष्पित्र में जाने वाले द्रव की मात्रा को, भार के अनुसार नियन्त्रित करता है तथा फ्लोट कक्ष और वाष्पित्र में एक नियत द्रव स्तर बनाये रखता है। चित्र 6.20(b) में एक उच्च साइड फ्लोट वाल्व सहित प्रशीतन तंत्र दिखाया गया है।



(a) उच्च साइड फ्लोट वाल्व (b) उच्च साइड फ्लोट वाल्व सहित प्रशीतन तंत्र

चित्र 6.20

संघनित्र से द्रव प्रशीतक फ्लोट कक्ष में प्रवाहित होता है। जब द्रव प्रशीतक का स्तर फ्लोट कक्ष में ऊपर उठता है तो फ्लोट वाल्व भी ऊपर उठता है जिससे नीडल वाल्व खुल जाता है और द्रव प्रशीतक वाष्पित्र में जाने लगता है। जब फ्लोट कक्ष में द्रव स्तर कम हो जाता है, फ्लोट वाल्व नीचे आ जाता है तथा नीडल वाल्व बन्द हो जाता है। संघनित्र उसी दर पर द्रव प्रशीतक की सप्लाई करता है, जिस दर पर यह वाष्पित्र में वाष्पित होता है। क्योंकि वाष्पन की दर, वाष्पित्र पर

AKC TECHNICAL CLASSES

भार द्वारा निर्धारित होती है अत: उच्च साइड फ्लोट वाल्व भार के अनुसार कार्य करती है और इसे शुष्क प्रसार वाष्पित्र के साथ भी प्रयोग में लाया जा सकता है।

उच्च साइड फ्लोट वाल्व को संघनित्र यूनिट के आधार पर अथवा वाष्पित्र के पास कहीं भी स्थापित किया जा सकता है क्योंकि यह वाष्पित्र में द्रव की सतह पर निर्भर करता है।

उच्च साइड फ्लोट वाल्व तंत्र में प्रशीतक द्रव सतह क्रान्तिक (critical) होती है। द्रव प्रशीतक की अधिक मात्रा चूषण लाइन में फ्लड (flood) की स्थिति पैदा कर सकती है। जबकि कम मात्रा, कम वाष्पित्र स्तर बनाती है जिससे प्रशीतन निकाय की क्षमता कम हो जाती है।

§ 6.6. सुरक्षा उपकरण (Safety Devices) :

प्रशीतन के प्रयोग होने के कुछ प्रमुख प्रकार के सुरक्षा उपकरण निम्न है—

6.6.1. थर्मोस्टेट (Thermostat)

एक प्रशीतित्र थर्मोस्टेट (Refrigerator thermostat) मूलत: एक प्रशीतित्र शीतलन निकाय का मस्तष्कि (brain) होता है। जब प्रशीतित्र के भीतर वाँछित तापमान (required temperature) स्थापित हो जाता है, तब थर्मोस्टेट, सम्पीडक (compressor) में विद्युत प्रवाह (flow of electricity) को रोक देता है। यह प्राय: प्रशीतित्र (refrigerator) के अन्दर की तरफ लगा होता है। इसकी प्रत्यक्ष नियन्त्रण नॉब (visible control knob), प्रशीतित्र के तापमान को नियन्त्रित करता है।

एक प्रशीतित्र थर्मोस्टेट का एक ही कार्य होता है, फ्रिज के भीतर तापमान की सही रेंज (33 से 40° फारेनहाइट) को बनाये रखना। इसके लिए थर्मोस्टेट प्रशीतित्र कूलिंग सिस्टम को आवश्यकतानुसार ऑन (ON) तथा ऑफ (OFF) करता है। फ्रास्ट-फ्री (frost free) मॉडलों में डिफ्रास्टिंग चक्र (defrosting cycle), को नियन्त्रित करने के लिए टाइमर (Timer) सहित अलग से एक थर्मोस्टेट लगा होता है। सामान्यता ये निम्न तीन प्रकार के होते हैं—

(i) वाष्प दाब (Vapour pressure),
(ii) द्विधात्विक (Bimetallic), तथा
(iii) सॉलिड स्टेट (Solid state)

(i) वाष्प दाब थर्मोस्टेट (Vapour Pressure Thermostats)

वाष्प दाब थर्मोस्टेट एक इलेक्ट्रोमैकेनिकल युक्ति (Electromechanical device) है जो एक बल्ब (bulb) द्वारा तापमान का पता लगाती है। इस बल्ब में एक वाष्पशील द्रव (volatile liquid) जैसे कि एल्कोहल, भरा होता है जिसका आयतन तापमान परिवर्तनों के साथ बढ़ता तथा कम होता है। यह बल्ब पतली कैपीलरी ट्यूब द्वारा एक डायाफ्राम से जुड़ा रहता है। जब तापमान बढ़ता है, तब तरल (fluid) का विस्तार होता है तथा डायाफ्राम को धकेलता (pushes out) है इससे विद्युत स्विच बंद हो जाता है तथा कूलिंग सिस्टम चालू हो जाता है। जब तापमान कम होता है तब तरल सिकुड़ता (contracts) है जिससे डायाफ्राम खींचता (pull) है तथा विद्युत स्विच खुल जाता है तथा कूलिंग सिस्टम बंद हो जाता है।

(ii) द्विधात्विक थर्मोस्टेट (Bimetallic Thermostats)

द्विधात्विक थर्मोस्टेट में एक संवेदन पत्ती (sensing strip) का प्रयोग किया जाता है जो दो असमान धातुओं से मिलकर बनी होती है लेकिन अलग-अलग दर से बढ़ती (expand) तथा सिकुड़ती (contract) है। एक पदार्थ तापमान परिवर्तनों के प्रति अत्यन्त संवेदनशील होता है जबकि दूसरा कम संवेदनशील होता है। तापमान में वृद्धि से स्ट्रिप (strip) एक दिशा में लिपटती (warp) है जिससे विद्युत स्विच बंद हो जाता है तथा प्रशीतन निकाय शुरू (start) हो जाता है। जब तापमान कम होता है जिससे स्ट्रिप विपरीत दिशा में लिपटती है जिससे स्विच खुल जाता है तथा निकाय बंद (close) हो जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

(iii) सॉलिड स्टेट थर्मोस्टेट (Solid State Thermostats)

सॉलिड स्टेट थर्मोस्टेट, जिसे इलेक्ट्रॉनिक या डिजिटल थर्मोस्टेट (Digital thermostat) भी कहा जाता है, में एक इलेक्ट्रॉनिक अवयव (Electronic element) का प्रयोग किया जाता है। यह अवयव तापमान परिवर्तनों के लिए कम अथवा अधिक विद्युत चालकीय (Electrically conductive) बन जाता है। इन्वेन्सिस कन्ट्रोल (Invensys controls) के अनुसार, यूनिट में एक माइक्रोप्रोफेसर (Microprocessor) भी लगा होता है जो संवेदनशील अवयव के प्रेक्षणों (Sensing element's readings) की, वांछित तापमान सेटिंग के लिए, तुलना करता है। इसके बाद माइक्रोप्रोसेसर, रेफ्रिजेरेशन सिस्टम को कमाण्ड (command) देता है जिससे सिस्टम चालू हो जाता है और तापमान कम होता है तथा जब तापमान पर्याप्त कम हो जाये तब सिस्टम बंद हो जाता है।

6.6.2. ओवर लोड़ सुरक्षा (Over Load Protection)

हरमेटीकली सील्ड यूनिटों (Hermetically sealed units) में यद्यपि वाइंडिग (windings) को ठण्डा रखने के लिए प्रशीतक की वाष्प तथा स्नेहक तेल का प्रयोग किया जाता है, फिर भी यह अत्यन्त आवश्यक है कि इन यूनिटों को तापीय ओवरलोड (Thermal overloading) से बचाने के लिए कोई प्रावधान किया जाए। इसीलिए इन यूनिटों में मोटर पार्ट्स के साथ सीधे ही तापमान संवेदनशील अवयव (temperature sensitive element) के साथ एक तापीय ओवरलोड (Thermal overload) जोड़ा जाता है। यह ओवरलोड एक स्टार्टिंग रिले (starting relay) द्वारा परिचालित होता है जिसको सामान्यतया: साफ्ट आरोपित अपकेन्द्रीय स्विच (shaft mounted centrifugal switch) को प्रतिस्थापित करने के लिए लगाया जाता है। एक सम्पीडक में, यद्यपि स्टार्टिंग वाइंडिग (starting winding) को अपेक्षाकृत अधिक धारा लेने के लिए अभिकल्पित (design) किया जाता है, फिर रोटर की जाम परिस्थितियों में जो कई कारणों से संभव है जैसे निम्न सप्लाई वोल्टेज (Poor supply voltage) या असंतुलित दाब परिस्थितियाँ (Unbalanced pressure conditions) आदि, वाइंडिग (winding) का प्रारम्भिक तापमान तेजी से बढ़ता है और स्टार्टिंग वाइडिंग के तापमान में तेजी से वृद्धि होती है जो वाइडिंग के इन्सूलेशन (Insulation) को खराब कर सकता है। इस समस्या को एक ओवरलोड-कम-स्टार्टिंग रिले (overload-cum-starting relay) के प्रयोग से समाप्त किया जा सकता है। यह ओवरलोड़ एक द्वि-धातु (bimetal) तथा तापक अवयव (heater element) का संयोजन (combination) होना है। इसको अत्यन्त यथार्थतापूर्वक अंशाकित (precisely calibrated) किया जाता है जिससे इसका परिचालन विशिष्ट धारा (specific current) तथा तापमान परिस्थितियों में किया जा सके। द्विधात्विक पत्ती एक पूर्व निर्धारित तापमान पर अवश्य पृथक (cut out) होनी चाहिए तथा जब तापमान 70 से 84°C गिर जाये, तब पुन: जुड़ जानी चाहिए।

6.6.3. उच्च तथा निम्न दाब कट-आउट (High and Low Pressure Cutouts)

प्रशीतक सम्पीड़कों (Refrigerant compressors) में उच्च दाब तथा निम्न दाब कट-आउट (H.P. and L.P. cutouts) लगे होते हैं। दोनों का डिजाइन समान होता है। उच्च दाब कट आउट मात्र एक सुरक्षा नियन्त्रक (safety control) होता है। जब शीर्ष दाब (head pressure) एक निश्चित बिन्दु से अधिक बढ़ने लगे, तब उच्च दाब कट आउट सम्पीड़क को बंद कर देता है जिससे सम्पीड़क सम्भावित नुकसान से बच जाता है। जब शीर्ष दाब पर्याप्त रूप से गिर जाता है तब वह सम्पीड़क को पुन: चालू कर देता है। कभी-कभी कुछ कट आउट में मैनुअल रीसेटिंग (Manual resetting) की आवश्यकता होती है। जल शीतित संघनित्रों (water cooled condensers) के साथ सिस्टम में उच्च दाब कट आउट लगाना आवश्यक होता है क्योंकि संघनित्र की नलियों में पपड़ी जमने के कारण जल सप्लाई बाधित हो जाती है।

निम्न दाब कट आउट (L.P. cutouts) एक सुरक्षा नियन्त्रक तथा एक तापमान नियन्त्रक (Temperature control) दोनों की भाँति कार्य करता है क्योंकि चूषण दाब (suction pressure), वाष्पित्र के तापमान (Evaporator temperature)

AKG TECHNICAL CLASSES

द्वारा नियन्त्रित होता है इसीलिए एक निम्न दाब कट आउट, जो चूषण दाब में परिवर्तनों द्वारा सक्रिय (activated) होती है, को वाष्पित्र तापमान पर अप्रत्यक्ष नियन्त्रण के लिए प्रयोग किया जा सकता है।

यह दूरस्थ संस्थापनों (remote installations) में तापमान नियन्त्रक के रूप में उपयुक्त रहते हैं जहाँ सम्पीड़क, वाष्पित्रों से कुछ दूरी पर स्थित रहते हैं।

प्रश्नावली

1. सम्पीड़क का क्रिया सिद्धान्त क्या है? संक्षेप में वर्णन कीजिए।
2. विभिन्न प्रकार के सम्पीड़कों का वर्गीकरण किन-किन आधारों पर किया जा सकता है?
3. एक पश्चाग्र सम्पीड़क की क्रिया विधि का सचित्र वर्णन कीजिए।
4. एक पश्चाग्र सम्पीड़क तथा घूर्णी सम्पीड़क की कार्यप्रणाली में अन्तर बताइये।
5. एक समुद्रिक सील्ड सम्पीड़क (Hermetically sealed compressor) का सचित्र वर्णन कीजिए।
6. एक घूर्णी सम्पीड़क (Rotary compressor) का सचित्र वर्णन कीजिए।
7. एक प्रशीतन निकाय में संघनित्र (condenser) का क्या कार्य है? वर्णन कीजिए।
8. एक संघनित्र की कार्य प्रणाली का सचित्र वर्णन कीजिए।
9. एक संघनित्र यूनिट के विभिन्न अवयवों को सचित्र समझाइये।
10. एक वायु शीतित संघनित्र (Air cooled condenser) का चित्र बनाकर वर्णन कीजिए।
11. एक जल शीतित संघनित्र (Water cooled condenser) का चित्र बनाकर वर्णन कीजिए।
12. एक वाष्पक संघनित्र (Evaporative condenser) का सचित्र वर्णन कीजिए।
13. एक प्रशीतन प्रणाली में वाष्पित्र के कार्यों का वर्णन कीजिए।
14. एक वाष्पित्र की कार्यप्रणाली का सचित्र वर्णन कीजिए।
15. विभिन्न प्रकार के वाष्पित्रों (Evaporators) का वर्गीकरण कीजिए।
16. एक फ्लेडिड प्रकार के वाष्पित्र (floaded type evaporator) का सचित्र वर्णन कीजिए।
17. एक शुष्क प्रसार वाष्पित्र (Dry expansion evaporator) का सचित्र वर्णन कीजिए।
18. प्रसार वाल्व (Expansion valve) क्या है? इसके प्रमुख कार्यों का वर्णन कीजिए।
19. एक निम्न साइड फ्लोट वाल्व का सचित्र वर्णन कीजिए।
20. एक उच्च साइड फ्लोट वाल्व का सचित्र वर्णन कीजिए।
21. निम्न साइड फ्लोट वाल्व तथा उच्च साइड फ्लोट वाल्व में अन्तर बताइये।
22. थर्मोस्टेटिक प्रसार वाल्व (Thermostatic expansion valve) का सचित्र वर्णन कीजिए।
23. थर्मोस्टेट (Thermostat) की कार्य विधि को समझाइये।
24. ओवरलोड सुरक्षा (Overload protection) पर संक्षिप्त वर्णन कीजिए।
25. उच्च दाब तथा निम्न दाब कट आउट (High pressure and low pressure cut outs) का संक्षिप्त वर्णन कीजिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

7

Chapter

साइक्रोमीटरी

(PSYCHROMETRY)

§ 7.1. परिचय (Introduction) :

आजकल हम जीवन के प्रत्येक क्षेत्र में चाहे घर, दुकान, सिनेमा, कार्यालय, विभागीय स्टोर, उद्योग, फैक्टरी, रेलवे, कार इत्यादि में वातानुकूलित वातावरण को पसन्द करते हैं जिससे हमें अधिक से अधिक आराम प्राप्त हो सके। साथ-साथ कुछ रासायनिक प्रक्रियायें ऐसी होती हैं जो वातानुकूलित वातावरण में ही सम्भव होती हैं या तीव्र गति से होती हैं।

''वातानुकूलन (Air-conditioning) **एक तकनीक है जिसके द्वारा किसी स्थान पर वायु का तापमान, आर्द्रता** (Humidity), **स्वच्छता** (Cleanliness) **व वायु गति** (Air motion) **आवश्यकताओं के अनुसार नियन्त्रित किये जाते हैं।''**

"Air-conditioning is the simultaneous control of temperature, humidity, motion and purity of the atmosphere in confined space according to over requirements."

प्राय: व्यक्ति वातानुकूलन का अर्थ गर्मियों में शीतलन से लेते हैं, परन्तु वातानुकूलन दोनों गर्म व ठण्डे मौसम या पूरे साल के लिये भी प्रयुक्त किया जा सकता है।

7.1.1. वातानुकलन के उपयोग (Applications of Air-conditioning)

ये दो प्रकार के होते हैं—

(1) सुखद वातानुकूलन (Comfort air-conditioning)

(2) औद्योगिक वातानुकूलन (Industrial air-conditioning)

(1) सुखद वातानुकूलन (Comfort Air-conditioning)

इसके अन्तर्गत किसी स्थान पर वायु की उन अवस्थाओं को उत्पन्न करना जो मानव के लिए सुखद हों। इसको तीन भागों में बाँटा जा सकता है—

(i) ग्रीष्मकालीन वातानुकूलन (Summer air-conditioning)—इसमें किसी स्थान पर ज्ञेय ऊष्मा (sensible heat) व वायु की नमी को कम करना होता है। ऐसा करने के लिये शीतलन (cooling) की क्रिया करनी पड़ेगी। वायु शीतलन का अर्थ वायु का शुष्क बल्ब तापमान (dry bulb temperature) कम करना है। ग्रीष्मकालीन वातानुकूलन में 'शीतलन व निराद्रीकरण' (cooling and dehumidification) प्रक्रिया काम में लायी जाती है।

(ii) शीतकालीन वातानुकूलन (Winter air-conditioning)—शीत ऋतु में वातानुकूलन का अर्थ यह है कि हमें उस स्थान पर वायु की देय ऊष्मा (sensible heat) बढ़ानी है व साथ-साथ नमी की मात्रा में भी बढ़ोत्तरी करनी है, यह वायु की 'तापन व आर्द्रीकरण प्रक्रिया' (heating and humidification process) द्वारा किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

(iii) पूर्ण वर्ष वातानुकलन (Year round air-conditioning)—इसमें पूरे साल के लिये वातानुकूलन करना होता है। साल में कई मौसम बदलते रहते हैं। अत: इसमें उस स्थान पर विभिन्न मौसम के अनुसार समय-समय पर वायु की दशा नियन्त्रण करना होता है।

(2) औद्योगिक वातानुकूलन (Industrial Air-conditioning)

इसमें वायु का तापमान व आर्द्रता का नियन्त्रण इस प्रकार से करते हैं कि कुछ औद्योगिक प्रक्रिया सफलतापूर्वक की जा सकती हैं। औद्योगिक वातानुकूलन में मानव सुख में अधिक ध्यान न देकर केवल औद्योगिक प्रतिक्रियाओं पर ध्यान दिया जाता है। अत: इसका अभिकल्पन (design) केवल औद्योगिक प्रक्रियाओं पर निर्भर होगा। इसके निम्नलिखित कार्य हैं—

(i) आर्द्रताग्राही पदार्थों (hydroscopic materials) की नमी को नियन्त्रित करना।

(ii) रासायनिक व बायोकेमिकल (biochemical) प्रतिक्रियाओं का अधिनियन्त्रण करना।

(iii) ऊष्मीय प्रसार व संकुचन को परिशुद्ध (precision) वस्तुओं में सीमित करना।

(iv) अच्छे गुणधर्म (equality) की वस्तुओं के उत्पादन व मशीनों को स्वतन्त्र रूप से चलाने के लिये स्वच्छ व छनी हुई वायु को उत्पादन स्थल पर प्रदान करना जिससे कोई कठिनाई न हो सके।

§ 7.2. साइक्रोमीटरी (Psychrometry) :

परिचय (Introduction)

"वायु व जल-वाष्प के मिश्रण के गुणों का अध्ययन करना साइक्रोमीटरी कहलाता है।"

"To study the properties of air and water vapour mixture is called psychrometry."

वातानुकूलन के प्रयोग में आने वाली वायु 'शुष्क हवा' (dry air) व 'जल वाष्प' (water vapour) मिश्रण होता है। वातानुकूलन की समस्याओं को हल करने में साइक्रोमीटरी का उपयोग होता है।

वायुमण्डलीय वायु में शुद्ध शुष्क वायु और 'जल वाष्प' होते हैं। शुद्ध वायु में ऑक्सीजन, नाइट्रोजन दूसरी गैसें होती हैं। एक विशेष तापमान पर जब वायु में उपस्थित जल-वाष्प का आंशिक दाब (partial pressure) जल के संतृप्त दाब (saturation pressure) से कम रहता है तब तक जल संघनित्र (condense) नहीं होता, तथा 'वायु' व 'जल-वाष्प' का मिश्रण एक आदर्श गैस की तरह बर्ताव करता है। वातानुकूलन की विभिन्न प्रक्रियाओं में जल-वाष्प की अवस्था में परिवर्तन होता है जबकि वायु गैसीय अवस्था में रहती है, अत: यह आवश्यक हो जाता है कि वायु तथा जल-वाष्प के मिश्रण में होने वाली विभिन्न प्रक्रियाओं का अध्ययन किया जाये।

7.2.1. साइक्रोमीटरी की शब्दावली (Psychrometric Terms)

(1) शुष्क वायु (Dry Air)

इसमें वाष्प नहीं होती। यह विभिन्न गैस घटकों का मिश्रण होती है। शुष्क वायु का आयतनात्मक-विश्लेषण (volumetric analysis) निम्नलिखित है—

ऑक्सीजन = 21%

नाइट्रोजन = 79%

वायु का भारात्मक विश्लेषण-ऑक्सीजन = 23%, नाइट्रोजन = 77% होता है। शुष्क हवा का अणुभार (Molecular weight) 29 के लगभग होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

शुष्क वायु का घनत्व 0°C तापमान तथा 1.0135 bar दाब पर 1.293 kg/m^3 माना जाता है। इसके अतिरिक्त शुष्क वायु के लिए गैस नियतांक (R_a) 0.287 kJ/kg-°K माना जाता है।

(2) नम वायु (Moist Air)

यह 'शुष्क-वायु' (dry air) व 'जल-वाष्प' (water vapour) का मिश्रण होता है। वायु में जल-वाष्प की मात्रा इस मिश्रण के परम दाब तथा तापमान के अनुसार होती है। इसमें जल-वाष्प की मात्रा शून्य से संतृप्त मात्रा तक हो सकती है अर्थात् जहाँ पर जल-वाष्प का संघनन प्रारम्भ हो जाये। इस नम-वायु से शुष्क वायु की मात्रा नहीं बदलती, यह गैसीय अवस्था में रहती है परन्तु जल-वाष्प की मात्रा का संघनन या वाष्पीकरण हो सकता है।

इसलिये नम वायु की अपेक्षा शुष्क वायु (dry air) का आधार चुना जाता है। नम वायु में उपस्थित पानी की मात्रा को किलोग्राम प्रति किलोग्राम शुष्क वायु (kg/kg of dry air) से प्रदर्शित करते हैं।

(3) संतृप्त वायु (Saturated Air)

संतृप्त वायु जल-वाष्प और शुष्क वायु का ऐसा मिश्रण है जिसमें जल-वाष्प अधिकतम मात्रा में वायु के साथ विसरित (diffused) होते हैं। जल-वाष्प सामान्यतया अतितप्त-भाप के रूप में फैले रहते हैं जोकि अदृश्य गैस के समान होते हैं। संतृप्त वायु शीत वायुमण्डल में जब ठंडी होने लगती है तब यह जल-वाष्प वायु में संघनित (condense) होकर कोहरे या धुंध अथवा ठंडी सतहों पर जल-कणों के रूप में प्रत्यक्ष दृष्टिगोचर होने लगते हैं।

(4) संतृप्ति की मात्रा (Degree of Saturation)

शुष्क वायु की एक इकाई संहति में जल-वाष्प की वास्तविक मात्रा तथा उतनी ही संहति की शुष्क व संतृप्त वायु में जल-वाष्प की मात्रा का अनुपात, संतृप्ति की मात्रा होती है जबकि तापमान और दाब एक समान हो।

(5) आर्द्रता (Humidity)

एक किलोग्राम शुष्क-वायु में जल-वाष्प की जितनी मात्रा होती है उसे आर्द्रता (humidity) कहते हैं। आर्द्रता का मान सामान्यतया ग्राम प्रति किलोग्राम शुष्क वायु के पदों में व्यक्त किया जाता है। इस आधार पर आर्द्रता को आर्द्रता-अनुपात (humidity ratio) या विशिष्ट आर्द्रता (specific humidity) भी कहते हैं।

(6) परम आर्द्रता (Absolute Humidity)

एक घन मीटर (m) शुष्क वायु में जल वाष्प की जितनी मात्रा होती है उसे परम आर्द्रता कहते हैं।

परम आर्द्रता का मान सामान्यतया ग्राम प्रति घन मीटर (gm/m^3) शुष्क वायु के पदों में व्यक्त किया जाता है। इसे व्यक्त करने का पद ग्रेन प्रति घन मीटर ($grain/m^3$) शुष्क वायु भी है। एक kg जल-वाष्प में 15430 ग्रेन होते हैं।

(7) सापेक्ष आर्द्रता (Relative Humidity)

नम वायु (moist air) के एक निश्चित आयतन में जल-वाष्प की वास्तविक मात्रा तथा उसके बराबर आयतन की संतृप्त-वायु (Saturated air) में जल-वाष्प की मात्रा को अनुपात की सापेक्ष आर्द्रता कहते हैं जबकि तापमान और दाब एक समान हों।

7.2.2. डाल्टन के आंशिक दाब का नियम (Dalton's Law of Partial Pressure)

डाल्टन के अनुसार गैसों व वाष्प का मिश्रण एक यान्त्रिक मिश्रण (mechanical mixture) होता है अर्थात् वाष्प व गैसें रासायनिक रूप में संयुक्त नहीं होती।

AKC TECHNICAL CLASSES

इस नियम के अनुसार—

"यान्त्रिक मिश्रण में प्रत्येक गैस या वाष्प अपना-अपना आंशिक दाब डालती है जो कि केवल गैस या वाष्प द्वारा किसी स्थान पर अकेले ही दाब डालने के बराबर होगा, यदि मिश्रण के समान आयतन हैं।"

"The total pressure exerted by the mixture of air and water vapour is equal to the sum of the pressures, which each constituent would exert, if it occupied the same space by itself."

अत: गैसीय मिश्रण का कुल दाब गैसों द्वारा व्यक्तिगत रूप से मिश्रण के समान आयतन रखकर लगाये गये दाबों के योग के बराबर है।

वायु एक यांत्रिक मिश्रण होने के कारण डाल्टन के नियम का पालन करती है।

वायुमण्डलीय बैरोमीटर दाब = शुष्क वायु का आंशिक दाब + जल-वाष्प का आंशिक दाब

$$P_b = P_a + P_v$$

जहाँ, P_b = बैरोमीटर दाब,

P_a = शुष्क वायु का दाब,

तथा P_v = जल-वाष्प का दाब।

7.2.3. शुष्क और आर्द्र बल्ब तापमान (Dry and Wet Bulb Temperature)

(1) शुष्क बल्ब तामपान (Dry Bulb Temperature)

यह वह तापमान है जो कि साधारण मरकरी दर्शाता है। इसका वायु की दशा जैसे आर्द्रता या जल-वाष्प से कोई सम्बन्ध नहीं होता। यह केवल ज्ञेय ऊष्मा परिवर्तन (sensible heat changes) दर्शाता है। यह सामान्यतया t_d से प्रदर्शित किया जाता है।

"D.B.T. is the temperature of air recorded by an ordinary thermometer, when it is not affected by the moisture present in the air."

(2) आर्द्र बल्ब तापमान (Wet Bulb Temperature)

यह वायु में वाष्पीकृत जल का तापमान है। यह ऐसे थर्मामीटर या थर्मोकपल (thermocouple) से नापा जाता है जिसका बल्ब या जंक्शन पूर्णतया साफ नर्म भीगे कपड़े या wet muslin से ढका हुआ हो। जब इसके ऊपर वायु प्रवाहित की जाती है तो परिस्थान वायु में नमी का वाष्पीकरण होता है। Thermometric bulb या thermocouple wires ऊष्मा का कुछ भाग ले लेता है। फलस्वरूप इसका तापमान दर्शाये गये शुष्क बल्ब तापमान (D.B.T.) के नीचे गिर जाता है। जब थर्मामीटर की सबसे कम माप आती है तो आर्द्र बल्ब तापमान (W.B.T.) की माप पढ़ ली जाती है। यह सामान्यतया t_w से प्रदर्शित किया जाता है।

"W.B.T. is the temperature of the air recorded by a thermometer, when its bulb is surrounded by a wet cloth exposed to the air such a thermometer < is called wet bulb thermometer."

आर्द्र बल्ब तापमान (W.B.T.) वायु की शुष्कता पर निर्भर करता है जितनी आस-पास की वायु शुष्क होगी, उतना ही आर्द्र बल्ब तापमान (W.B.T.) कम होगा। वाष्पीकरण के प्रभाव के कारण, 10% आपेक्ष आर्द्रता के अलावा यह प्राय: शुष्क बल्ब तापमान (D.B.T.) से कम होता है। अत: DBT व W.B.T. का अन्तर वायु में उपस्थित पानी वाष्प (water vapour) का मापन है। W.B.T. से ही गुप्त शीतलन लोड (latent cooling load) या गुप्त शीतलन प्रभाव (latent cooling effect) को साइक्रोमीटर चार्ट पर मापा जा सकता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

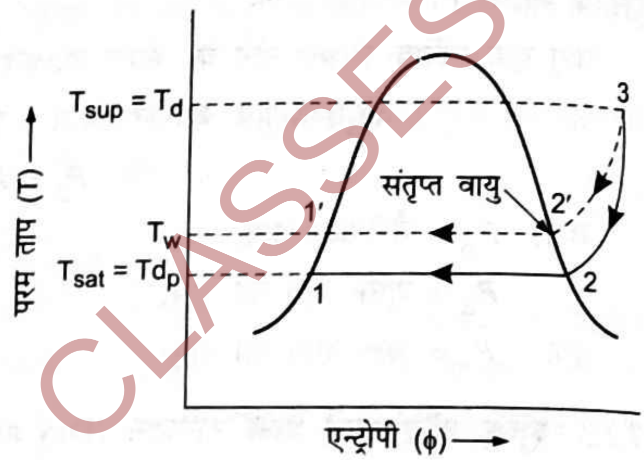
7.2.4. ओसांक तापमान (Dew Point Temperature)

यह वायु का वह तापमान है जिस पर वायु में उपस्थित जल-वाष्प (water vapour) का संघनन (condensation) प्रारम्भ होता है। यह तापमान वाष्प के आंशिक दाब पर संतृप्त तापमान के अनुसार होता है।

"It is the temperature of air recorded by a thermometer when the moisture present in it begins to condense.

In otherwords, the D.P.T. is the saturation temperature (t_{sat}) corresponding to the partial pressure of water vapour (p_v)."

नम वायु में उपस्थित जल वाष्प का आंशिक दाब कम होता है। इसके अनुसार संतृप्त तापमान (saturation temperature) भी कम होगा। वायु का D.B.T. इसके आंशिक दाब पर पानी के संतृप्त तापमान से अधिक होगा। अत: नम वायु में जल-वाष्प (water vapour), 'अतितप्त' (superheated) अवस्था में होगी। यह चित्र 7.1 में बिन्दु (3) से प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 7.1—ओसांक तापमान

दिखाया गया है। बिन्दु (2) से आगे शीतलन करने से संघनन होता है। (2′–1′) संघनन प्रक्रिया प्रदर्शित करती है, अत: बिन्दु (2) पर तापमान 'ओसांक तापमान' (dew point temperature) आवश्यक है।

दोनों ही W.B.T. तथा dew point temperature ओसांक वायु की संतृप्त अवस्था (100% R.H.) को इंगित करते हैं, परन्तु इसके अन्तर को समझना आवश्यक है।

वायु के ओसांक (dew point temperature) में इसकी ऊष्मीयता (heat content) कम करते हैं तथा नमी की मात्रा अपरिवर्तित रहती है। परन्तु आर्द्र बल्ब तापमान (wet bulb temperature) में ऊष्मीयता (heat content) अपरिवर्तित रहते हैं व नमी की मात्रा बढ़ायी जाती है। यदि वस्तु संतृप्त है, तो तीनों तापमान D.B.T., W.B.T. व Dew P.T. समान होंगे।

§ 7.3. साइक्रोमीटरी के सम्बन्ध (Psychrometric Relations) :

कुछ साइक्रोमीटरी पदों के विषय में हमने पहले पढ़ा है। इन पदों के पारस्परिक सम्बन्ध निम्नवत स्थापित किये जा सकते हैं—

(1) आर्द्रता, विशिष्ट आर्द्रता या आर्द्रता अनुपात

$$W = 0.622\frac{p_v}{p_a} = \frac{0.622\,p_v}{(p_b - p_v)}$$

जहाँ p_v = जल वाष्प का दाब

p_a = वायु का दाब

p_b = बैरोमीटर पर दाब

(2) सापेक्ष आर्द्रता (Relative humidity)

(i)
$$\phi = \frac{p_v}{p_s}$$

जहाँ, p_v = जल वाष्प का दाब

p_s = संतृप्त वायु का दाब

AKG TECHNICAL CLASSES

(ii) $$\phi = \frac{\mu}{1-(1-\mu)\frac{p_s}{p_b}}$$

जहाँ, μ = संतृप्ति की मात्रा

p_s = संतृप्त वायु का दाब

p_b = बैरोमीटर पर दाब

(3) जल वाष्प पर दाब (Pressure of water vapour)

$$p_v = p_w - \frac{(p_b - p_w)(t_d - t_w)}{1544 - 1.44 t_w}$$

जहाँ, p_w = आर्द्र बल्ब तापमान के सापेक्ष संतृप्त दाब

p_b = बैरोमीटर पर दाब

t_d = शुष्क बल्ब तापमान

t_w = आर्द्र बल्ब तापमान

(4) संतृप्ति की मात्रा या संतृप्ति का अनुपात (Degree of saturation or saturation ratio)

$$\mu = \frac{p_v(p_b - p_d)}{p_d(p_b - p_v)}$$

जहाँ, p_v = जल वाष्प का दाब

p_b = बैरोमीटर पर दाब

p_d = शुष्क बल्ब पर दाब

(5) परम आर्द्रता या वाष्प घनत्व (Absolute humidity or vapour density)

$$p_v = \frac{Wp_a}{R_a T_d} = \frac{W(p_b - p_v)}{R_a T_d} \qquad (\because p_b = p_a + p_v)$$

जहाँ, p_a = वायु का दाब kN/m^2

R_a = वायु का गैस स्थिरांक (gas constant)

= 0.287 kJ/kg K

T_d = शुष्क बल्ब तापमान K

§ 7.4. नम वायु की एन्थाल्पी (कुल ऊष्मा) (Enthalpy or Total Heat of Moist Air) :

नम वायु की एन्थाल्पी, शुष्क वायु की ऊष्मा तथा उसमें जल वाष्प की ऊष्मा के योगफल के बराबर होती है।

(1) शुष्क वायु में ऊष्मा $H = C_{pa} \cdot t_d$ ...(i)

जहाँ, C_{pa} = वायु की ज्ञेय-ऊष्मा (Sensible heat)

t_d = शुष्क बल्ब तापमान

(2) जल-वाष्प में ऊष्मा $= W.H_s$ ...(ii)

जहाँ, W = शुष्क वायु में प्रति किलोग्राम जल-वाष्प की मात्रा अर्थात् विशिष्ट आर्द्रता

H_s = प्रति किलोग्राम शुष्क वायु में धारित जल-वाष्प की एन्थाल्पी (ओसांक तापमान पर)

AKC TECHNICAL CLASSES

(3) नम वायु जब अतितप्त (super heated) अवस्था में होती है तब जल-वाष्प में धारित ऊष्मा

$$= WC_{ps}\,(t_d - t_{dp}) \qquad ...(iii)$$

जहाँ, C_{ps} = अतितप्त वाष्प की विशिष्ट ऊष्मा तथा

$(t_d - t_{dp})$ = degree of superheat

अब (i) + (ii) + (iii) का योग नम वायु की अतितप्त अवस्था में धारित कुल ऊष्मा (H) होगी। इस प्रकार,

$$H = (C_{pa}.t_d) + (W.H_s) + W\,C_{ps}\,(t_d - t_{dp})$$

$$= (C_{pa}.t_d) + W[H_s + C_{ps}\,(t_d - t_{dp})] \qquad (\because H_s = h_{dp} + L_{dp})$$

$$= (C_{pa}.t_d) + W[h_{dp} + L_{dp} + C_{ps}(t_d - t_{dp})]$$

$$= (C_{pa}.t_d) + W[t_{dp} + L_{dp} + C_{ps}(t_d - t_{dp})] \qquad (\because d_{hp} = t_{dp})$$

$$= (C_{pa} + WC_{ps})t_d + W[L_{dp} + t_{dp}\,(1 - C_{ps})] \qquad ...(iv)$$

उपरोक्त सम्बन्ध (iv) में $(C_{pa} + W\,C_{ps})$ पद को विशिष्ट आर्द्र ऊष्मा (Specific humid heat) कहते हैं। वातानुकूलन की परिसीमा (range) के निम्न तापमान पर W का मान बहुत कम होता है। वातानुकूलन की परिसीमा में विशिष्ट आर्द्र ऊष्मा का मान 1.022 kJ/kg K लिया जाता है।

$$\therefore \qquad H = 1.022\,t_d + W\,(L_{dp} + 2.3\,t_{dp})\text{ kJ (S.I. Units)}$$

जहाँ, L_{dp} = जल के वाष्पीकरण की गुप्तोष्मा, ओसांक तापमान के अनुसार (भाप सारणी से)

t_{dp} = ओसांक तापमान (Dew point temperature)

उदाहरण 1. वायुमण्ड़लीय वायु का DBT –21°C तथा WBT –18°C है। यदि बैरोमीटर का पाठ्यांक 750 mm of Hg है। ज्ञात कीजिए—(i) जल वाष्प का आंशिक दाब (ii) सापेक्ष आर्द्रता, तथा (iii) ओसांक तापमान (D.P.T.)।

हल—दिया है—$t_d = 21°C$, $t_w = 18°C$, $p_b = 750$ mm of Hg.

(i) जल वाष्प का आंशिक दाब (Partial Pressure of Water Vapour)—भाप सारणी से, 18°C WBT के संगत (corresponding), वाष्प का संतृप्त दाब,

$$p_w = 0.02062 \text{ bar}$$

$$= \frac{0.02062}{0.00133}$$

$$= 15.5 \text{ mm of Hg} \qquad (\because 1 \text{ mm of Hg} = 0.00133 \text{ bar})$$

$$\therefore \quad \text{जल वाष्प का आंशिक दाब, } p_v = p_w - \frac{(p_b - p_w)(t_d - t_w)}{(1544 - 1.44 t_w)}$$

$$= 15.5 - \frac{(750 - 15.5)(21 - 18)}{(1544 - 1.44 \times 18)}$$

$$= \mathbf{14 \text{ mm of Hg}} \quad \text{उत्तर}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

(ii) सापेक्ष आर्द्रता (Relative Humidity)—भाप सारणी से, 21°C DBT के संगत, वाष्प का संतृप्त दाब,

$$p_s = 0.02485 \text{ bar}$$

$$= \frac{0.02485}{0.00133} = 18.7 \text{ mm of Hg}$$

∴ सापेक्ष आर्द्रता $(\phi) = \frac{p_v}{p_s} = \frac{14}{18.7} = 0.748$ या **74.8%** **उत्तर**

(iii) ओसांक तापमान (D.P.T.)—भाप सारणी से, जल वाष्प के दाब (14 mm of Hg) के संगत तापमान 16.4°C

अतः ओसांक तापमान t_{dp} = **16.4°C उत्तर**

उदाहरण 2. एक दिवस विशेष पर वायुमण्डलीय वायु के लिए किये गये प्रेक्षणों के अनुसार,

(1) शुष्क बल्ब तापमान = 30°C

(2) आर्द्र बल्ब तापमान = 20°C तथा

(3) बैरोमीटर पाठ्यांक = 740 mm Hg पाया गया।

भाप सारणी का प्रयोग करके ज्ञात कीजिए—

(i) ओसांक तापमान (Dew point temperature)

(ii) सापेक्ष आर्द्रता,

(iii) विशिष्ट आर्द्रता

(iv) संतृप्ति की मात्रा (degree of saturation)

(v) वाष्प घनत्व (vapour density)

(vi) एन्थाल्पी (प्रति kg. शुष्क वायु के मिश्रण में)

हल—(i) ओसांक तापमान (Dew point temperature)—सर्वप्रथम वायु में जल-वाष्प का दाब (p_v) ज्ञात करिये। भाप सारणी से आर्द्र बल्ब तापमान (20°C) पर उसके संगत संतृप्त दाब का मान ज्ञात कीजिये।

$$p_w = 0.02337 \text{ bar}$$

हमें ज्ञात है कि बैरोमीटर दाब,

$$p_b = 740 \text{ mm of Hg.}$$

$$= 740 \times 133.3 = 98642 \text{ N/m}^2 \qquad (\because 760 \text{ mm of Hg} = 133.3 \text{ N/m}^2)$$

$$= 0.98642 \text{ bar} \qquad (\because 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2)$$

∴ जल वाष्प का दाब, $P_v = P_w - \frac{(p_b - p_w)(t_d - t_w)}{1544 - 1.44 t_w}$

$$= 0.02337 - \frac{(0.98642 - 0.02337)(30 - 20)}{1544 - 1.44 \times 20}$$

$$= 0.02337 - 0.00634 = 0.01703 \text{ bar}$$

AKG TECHNICAL CLASSES

अब क्योंकि ओसांक तापमान (dew point temperature) का मान जल-वाष्प के संगत दाब (p_v) के संतृप्त तापमान के बराबर होता है, इसीलिए भाप सारणी से दाब (P_v) = 0.01703 bar के सापेक्ष ओसांक तापमान (dew point temperature)

$$t_{dp} = 15°C$$ **उत्तर**

(ii) सापेक्ष आर्द्रता (Relative humidity)—भाप सारणी से हम वाष्प का संतृप्त-दाब (saturation presence P_s) ज्ञात करेंगे जोकि शुष्क बल्ब तापमान 30°C के सापेक्ष है। इस प्रकार,

$$p_s = 0.4242 \text{ bar}$$

हमें ज्ञात है कि सापेक्ष आर्द्रता, $$\phi = \frac{p_v}{p_s} = \frac{0.01703}{0.04242} = \mathbf{0.4015 \text{ or } 40.15\%}$$ **उत्तर**

(iii) विशिष्ट आर्द्रता (Specific humidity)—हमें ज्ञात है कि

विशिष्ट आर्द्रता, $$W = \frac{0.622 p_v}{(p_b - p_v)} = \frac{0.622 \times 0.01703}{(0.98642 - 0.01703)}$$

$$= \frac{0.01059}{0.96939} = 0.010924 \text{ kg/kg of dry air}$$

$$= \mathbf{10.924 \text{ kg/kg of dry air}}$$ **उत्तर**

(iv) संतृप्ति की मात्रा (Degree of Saturation)—हमें ज्ञात है कि

संतृप्त वायु की विशिष्ट आर्द्रता, $$W_s = \frac{0.622\, p_s}{p_b - p_s} = \frac{0.622 \times 0.04242}{0.98642 - 0.04242}$$

$$= \frac{0.02638}{0.944} = 0.027945 \text{ kg/kg of dry air}$$

हमें ज्ञात है कि

संतृप्ति की मात्रा, $$\mu = \frac{W}{W_s} = \frac{0.010924}{0.027945} = \mathbf{0.391 \text{ or } 39.1\%}$$ **उत्तर**

(v) वाष्प घनत्व (Vapour Density)—हमें ज्ञात है कि वाष्प घनत्व,

$$\rho_v = \frac{W(p_b - p_v)}{R_a T_d}$$

$$= \frac{0.010924\,(0.98642 - 0.01703)\,10^5}{287\,(273 + 30)}$$

$$= \mathbf{0.01218 \text{ kg/m}^3 \text{ of dry air}}$$ **उत्तर**

(vi) एन्थाल्पी (प्रति kg. शुष्क वायु के मिश्रण में)—भाप सारणी के अनुसार, ओसांक तापमान 15°C पर वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा (latent heat of vapourisation)

$$L_{dp} = 2466.1 \text{ kJ/kg}$$

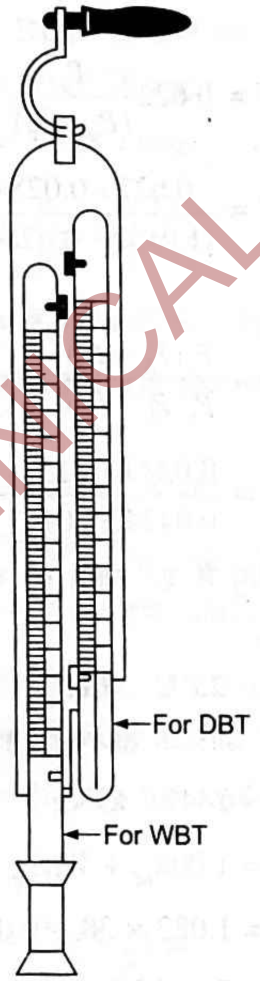
AKC TECHNICAL CLASSES

∴ एन्थाल्पी (प्रति kg. शुष्क वायु के मिश्रण में)

$$H = 1.022\ t_d + W\ [L_{dp} + 2.3\ t_{dp}]$$
$$= 1.022 \times 30 + 0.010924\ [24066.1 + 2.3 \times 15]$$
$$= 30.66 + 27.32 = \mathbf{57.98\ kg/kg\ of\ dry\ air}$$ उत्तर

§ 7.5. सलिंग साइक्रोमीटर (Sling Psychrometer) :

यह एक उपकरण है जिसके द्वारा वायु के D.B.T. व W.B.T. ज्ञात किये जाते हैं। इसमें दो थर्मामीटर लगे होते हैं। यह हाथ के द्वारा घुमाया जाता है, जिससे बल्ब पर वायु की गति हो सके। इनमें से एक थर्मामीटर पर, जो wetted wick के सम्पर्क में रहता है, वायु का वाष्पीकरण होता है। यह आर्द्र बल्ब तापमान (W.B.T.) प्रदर्शित करता है। यह चित्र 7.2 में दिखाया गया है।



चित्र 7.2—सलिंग साइक्रोमीटर

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 3. एक प्रयोगशाला परीक्षण में, एक सलिंग-साइक्रोमीटर ने DBT तथा WBT क्रमशः 30°C तथा 25°C नोट किये। गणना कीजिये—(1) वाष्प दाब (2) सापेक्ष आर्द्रता (3) विशिष्ट आर्द्रता (4) संतृप्ति की मात्रा (5) औसांक तापमान तथा (6) मिश्रण की एन्थाल्पी।

हल—दिया है— $T_d = 30°C, t_w = 25°C$

(1) **वाष्प दाब**—WBT 25°C पर, भाप सारणी से संतृप्त वाष्प दाब

$$P_w = 0.03166 \text{ bar}$$

$$\text{वाष्पदाब, } P_v = P_w - \frac{(P_b - P_w)(t_d - t_w)}{1544 - 1.44 \times t_w}$$

$$P_v = 0.03166 - \frac{(1.0133 - 0.03166)(30 - 25)}{1544 - 1.44 \times 25}$$

$$P_v = 0.3166 - 0.00326$$

$$= \mathbf{0.0284\ bar} \quad \text{उत्तर}$$

(2) सापेक्ष आर्द्रता—भाप सारणी से, 30°C पर वाष्प का संतृप्त दाब $P_s = 0.04242$ bar

$$\therefore \quad \text{सापेक्ष आर्द्रता, } \phi = \frac{P_v}{P_s} = \frac{0.0284}{0.02442} = \mathbf{0.66} \quad \text{या} \quad \mathbf{66\%} \quad \text{उत्तर}$$

(3) विशिष्ट आर्द्रता—

$$W = 0.622 \frac{P_v}{(P_b - P_v)}$$

$$W = \frac{0.622 \times 0.0284}{(1.0133 - 0.0284)} = \mathbf{0.018\ kg/kg\ of\ dry\ air} \quad \text{उत्तर}$$

(4) संतृप्ति की मात्रा—

$$\mu = \frac{P_v(P_b - P_s)}{P_s(P_b - P_v)}$$

$$\mu = \frac{0.0284[1.0133 - 0.04242]}{0.04242[1.0133 - 0.0284]} = \mathbf{0.651} \quad \text{उत्तर}$$

(5) ओसांक तापमान—हम जानते हैं कि वायु में जल वाष्प का दाब, औसांक तापमान पर संतृप्त दाब के बराबर होता है। भाप सारणी से, 0.028 पर ताप = 23°C

$$\therefore \quad \text{ओसांक तापमान} = \mathbf{23°C} \quad \text{उत्तर}$$

(6) मिश्रण की एन्थाल्पी—भाप सारणी से, औसांक तापमान 23°C पर जल के वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा

$$L_{dp} = 2447.2 \text{ kJ/kg}$$

$$\therefore \quad \text{मिश्रण की एन्थाल्पी} = 1.002_{td} + W(L_{dp} + 2.3t_{lp})$$

$$= 1.022 \times 30 + 0.018\,[2447.2 + 2.3 \times 23]$$

$$\therefore \quad \text{मिश्रण की एन्थाल्पी} = \mathbf{75.66\ kJ} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 4. 28°C DBT तथा 760 mm (पारे के) दाब वाली वायुमण्डलीय वायु की विशिष्ट आर्द्रता 0.016 kg/kg of dry air है, ज्ञात कीजिये।

(i) जल वाष्प का आंशिक दाब **(ii) सापेक्ष आर्द्रता**

(iii) ओसांक तापमान **(iv) विशिष्ट एन्थाल्पी, तथा**

(v) वाष्प घनत्व

AKC TECHNICAL CLASSES

हल—दिया है—$t_d = 28°C$, $p_b = 760$ mm of Hg, $W = 0.016$ kg/kg of dry air.

(i) **जलवाष्प का आंशिक दाब**—माना p_v = जलवाष्प का आंशिक दाब।

हम जानते हैं कि, विशिष्ट आर्द्रता या आर्द्रता अनुपात

$$W = 0.622 \times \frac{p_v}{p_b - p_v}$$

$$0.016 = 0.622 \times \frac{p_v}{760 - p_v}$$

$\therefore$ $p_v = 19.06$ mm of Hg

$\therefore$ $p_v = 19.06 \times 0.1332$ kN/m^2

$= \mathbf{2.535\ kN/m^2}$ ($\because$ 1 mm of Hg = 0.1332 kN/m^2) **उत्तर**

(ii) **सापेक्ष आर्द्रता**—भाप सारणी से, 28°C DBT पर वाष्प का संतृप्त दाब

$p_s = 0.03778$ bar

$= 3.778$ kN/m^2

$\therefore$ सापेक्ष आर्द्रता, $\phi = \frac{p_v}{p_s} = \frac{2.535}{3.778}$

$= \mathbf{0.67 = 67\%}$ **उत्तर**

(iii) **ओसांक तापमान**—जल वाष्प के आंशिक दाब 2.535 kN/m^2 (0.02535 bar) पर भाप सारणी से, जल वाष्प का संतृप्त तापमान

= औसांक तापपान = t_{dp} = **21.11°C** **उत्तर**

(iv) **विशिष्ट एन्थाल्पी**—माना H = विशिष्ट एन्थाल्पी (in kJ/kg of dry air)

L_{dp} = भाप सारणी से औसांक तापमान 21.11°C पर गुप्त ऊष्मा = 2451.75 kJ/kg

हम जानते हैं, $H = 1.022\ t_d + W(L_{dp} + 2.3t_{dp})$

$= 1.022 \times 28 + 0.016(2451.75 + 2.3 \times 21.11)$

$= 28.42 + 40 = $ **68.62 kJ/kg of dry air** **उत्तर**

(v) **वाष्प घनत्व**—हम जानते हैं कि,

$$\text{वाष्प घनत्व, } \rho_v = \frac{W(p_b - p_v)}{R_a . T_d}$$

$$\therefore \quad \rho_v = \frac{0.016(760 - 19.06) \times 0.133}{0.287 \times (273 + 28)}$$

$= \mathbf{0.018\ kg/m^3}$ **of dry air** **उत्तर**

प्रश्नावली

1. शब्द "साइक्रोमीटरी" से आप क्या समझते हैं?
2. निम्न को परिभाषित कीजिये—(a) विशिष्ट आर्द्रता (Sp. Humidity) (b) परम आर्द्रता (abs. humidity), (c) सापेक्ष आर्द्रता (Releative humidity), (d) ओसांक तापमान (Dewpoint temperature), (e) संतृप्तिकरण अंश (Degree of saturation) (f) डाल्टन का आंशिक दाब का नियम (Dalton's partial pressure law)
3. विशिष्ट आर्द्रता क्या है? निम्नलिखित सिद्ध कीजिये—

$$x = 0.622\frac{P_v}{P_b - P_v}$$

4. (अ) सापेक्ष आर्द्रता की परिभाषा दीजिये। सिद्ध कीजिये $\phi = \frac{P_v}{P_s}$ है।

   (ब) शुष्क व संतृप्त वायु के लिये सापेक्ष आर्द्रता कितनी होगी?
5. शुष्क बल्ब तापमान D.B.T. आर्द्र बल्ब तापमान W.B.T. की परिभाषा दीजिये।
6. रुद्धोष्म संतृप्तिकरण तापमान या ऊष्मागतिक आर्द्र बल्ब तापमान की परिभाषा दीजिये।
7. नम वायु की पूर्ण ऊष्मा (Enthalpy of moist air) के लिये सूत्र लिखिये।
8. D.B.T. व W.B.T. में सम्बन्ध सूत्र के रूप में बताइये।
9. एक सिलिंग साइक्रोमीटर क्या है? चित्र बनाकर इसकी कार्यविधि समझाइये।
10. 32°C तापमान वाली वायु का WBT 23°C है। निम्नलिखित ज्ञात कीजिये—

    (a) परम आर्द्रता (b) सापेक्ष आर्द्रता (c) विशिष्ट आर्द्रता (d) ओसांक तापमान। वायुमण्डलीय दाब 10^5 N/m^2 है

    [**उत्तर**—0.016 kg/m^3, 47%, 0.014, 19.23°C]
11. एक सिलिंग साइक्रोमीटर 40°C DBT तथा 28°C WBT का पाठ्याँक पढ़ता है। ज्ञात कीजिये—(a) विशिष्ट आर्द्रता, (b) सापेक्ष आर्द्रता, (c) वायु का वाष्प घनत्व, (d) ओसांक तापमान (e) प्रति kg शुष्क वायु के लिए मिश्रण की एन्थाल्पी।

    [**उत्तर**—0.019 kg/kg of dry air, 40.7%, 0.0208 kg/m^3 of dry air, t_{dp} = 24°C, 88.2 kJ/kg of dry air]
12. वायु का शुष्क बल्ब तापमान 30°C तथा सापेक्ष आर्द्रता 50% हो तो निम्न का मान ज्ञात कीजिये—(a) ओसांक तापमान (DPT) (b) विशिष्ट आर्द्रता (c) आर्द्रता बल्ब तापमान (WBT) (d) एन्थाल्पी (e) विशिष्ट आयतन।

    [**उत्तर**—14.6°C, 0.0106 kg/kg of dry air, 52%, 51 kJ/kg of dry air, 0.853 m^3/kg of dry air]
13. एक सिलिंग साइक्रोमीटर 25°C DDT तथा 15°C WBT का पाठ्यांक पढ़ता है। बैरोमीटर 760 mm of Hg को प्रदर्शित करता है। वाष्प का आंशिक दाब 10 mm of Hg मानते हुए ज्ञात कीजिए—(i) विशिष्ट आर्द्रता तथा संतृप्त अनुपात (saturation ratio)।

    [**उत्तर**—(i) 0.0083 kg/kg of dry air (ii) 0.41]

AKC TECHNICAL CLASSES

8 Chapter अनुप्रयुक्त साइक्रोमीटरी तथा ऊष्मा भार आकलन (APPLIED PSYCHROMETRY AND HEAT LOAD ESTIMATION)

§ 8.1. परिचय (Introduction) :

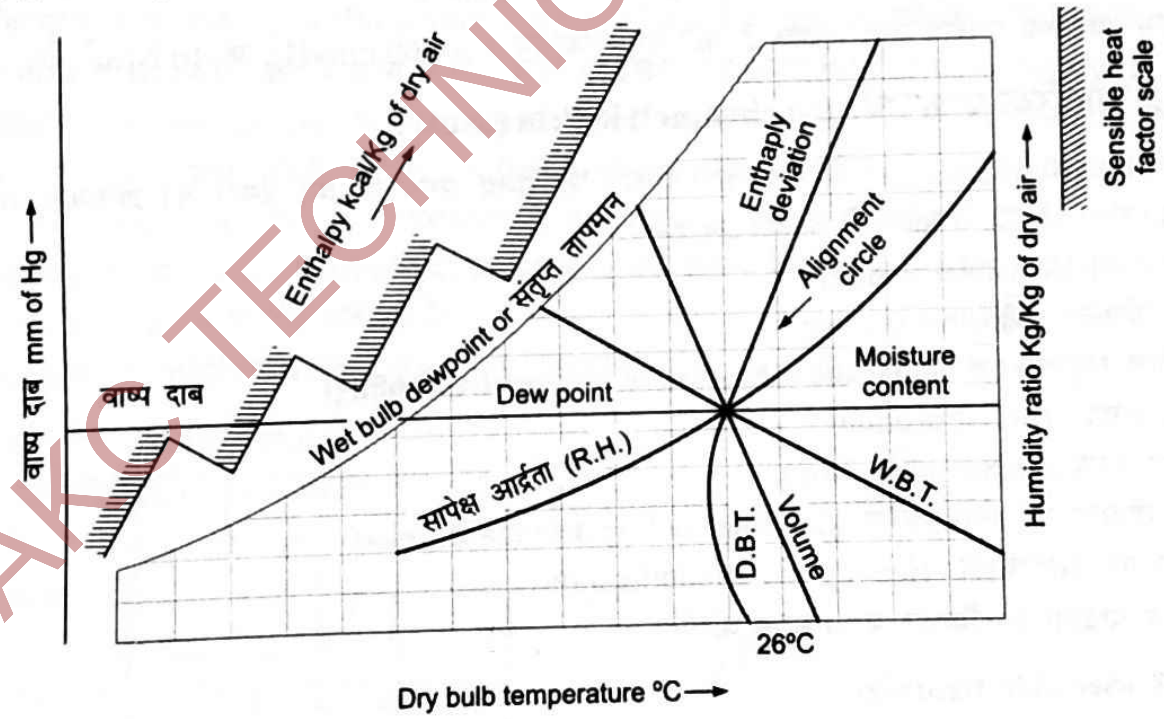
इस अध्याय में साइक्रोमीटरिक चार्ट के उपयोग, विभिन्न साइक्रोमीटरिक क्रियाओं तथा ऊष्मा भार आकलन का अध्ययन करेंगे।

§ 8.2. साइक्रोमीटरिक चार्ट (Psychrometric Chart) :

वायु-वाष्प मिश्रण के विभिन्न गुणों को ज्ञात करने के लिये गणना कार्य करना पड़ता है। ये गणनायें साइक्रोमीटरिक टेबिल (psychrometric table) या साइक्रोमीटरिक चार्ट (psychrometric chart) की सहायता से की जाती है। समय की बचत के लिये अधिकतर चार्ट को उपयोग में लाया जाता है। ये दो प्रकार के होते हैं—

(1) मोलियर चार्ट (Mollier Chart)

(2) केरियर चार्ट (Carrier Chart)



चित्र 8.1—Psychrometric Chart

अधिकतर वायु-वाष्प गुण सम्बन्धी गणनाओं में Physchrometric chart का उपयोग किया जाता है। यह चित्र 8.1 में दिखाया गया है।

AKC TECHNICAL CLASSES

इसमें आधार पर D.B.T. °C, चार्ट के ऊर्ध्वाधर बायीं ओर वाष्प दाब mm. of Hg, दायीं ओर आर्द्रता अनुपात (Humidity ratio) kg of moisture/kg of dry air व ज्ञेय ऊष्मा गुणांक (Sensible heat factor SHF) होता है। इसकी रचना निम्नलिखित ढंग से की जाती है—

(1) D.B.T. 't_d' रेखायें सीधी, ऊर्ध्वाधर व परस्पर समान्तर खींची जाती हैं।
(2) आर्द्रता अनुपात (Humidity ratio) रेखायें क्षैतिज (Horizontal), सीधी व समान्तर खींची जाती हैं।
(3) सापेक्ष आर्द्रता R.H. (ϕ) की रेखायें वक्र (curved) खींची जाती है।
(4) वाष्प दाब p_v की रेखायें क्षैतिज, सीधी व असमान दूरी (non-uniform spacing) पर होती हैं।
(5) W.B.T. 't_w' की रेखायें झुकी हुई (inclined), सीधी व असमान दूरी से खींची जाती हैं।
(6) विशिष्ट आयतन (spcific volume) रेखायें झुकी हुई व सीधी जाती हैं।
(7) एन्थाल्पी (Enthalpy) रेखाओं के अनुरूप होती है, एन्थाल्पी का विचलन $(x_s - x)\, h_w$ विचलन रेखाओं (Deviation lines) द्वारा पढ़ा जा सकता है जो कि वक्र रेखाओं की तरह होती हैं। यह माप धनात्मक या ऋणात्मक हो सकता है।

यह चार्ट मानक वायुमण्डलीय दाब 760 mm-Hg. को आधार मानकर आलेख (plot) किया जाता है। दूसरे दाब मानों (values) पर शुद्धिकरण आवश्यक है। साइक्रोमीटरिक चार्ट अभिकल्पन (design) में प्रयुक्त किया जाता है।

8.2.1. साइक्रोमीटरिक चार्ट पर वायु स्थिति को आलेख करना (To Plot any Condition of Air on Psychromatic Chart)

किसी वायु स्थिति का साइक्रोमीटरिक चार्ट पर आलेखन करने के लिये, यह आवश्यक है कि उस पर वायु-वाष्प मिश्रण के कम से कम दो गुण ज्ञात हों, जैसे D.B.T. व W.B.T., R.H व D.B.T., आर्द्रता अनुपात व D.B.T. इत्यादि। बिन्दु का आरेख करने के पश्चात् वायु-वाष्प के अन्य गुण ज्ञात किये जा सकते हैं।

नोट—इस चार्ट का उपयोग तभी सम्भव है यदि वायुमण्डलीय दाब 760 mm-Hg या 10 N/m^2 हो।

§ 8.3. साइक्रोमीटरिक प्रक्रियायें (Psychrometric Processes) :

वातानुकूलन (air-conditioning) में वायु-वाष्प मिश्रण पर समय-समय पर कई प्रकार की प्रक्रियायें आवश्यकता के अनुसार करनी पड़ती हैं। ये प्रक्रियायें अग्रलिखित हैं—

(1) ज्ञेय तापन (Sensible heating)
(2) ज्ञेय शीतलन (Sensible cooling)
(3) रुद्धोष्म संतृप्तीकरण (Adiabatic saturation or evaporative cooling)
(4) आर्द्रीकरण (Humidification)
(5) निरार्द्रीकरण (Dehumidification)
(6) ज्ञेय शीतलन एवं निराद्रीकरण (Sensible cooling dehumidification)
(7) तापन एवं आर्द्रीकरण (Heating and humidification)

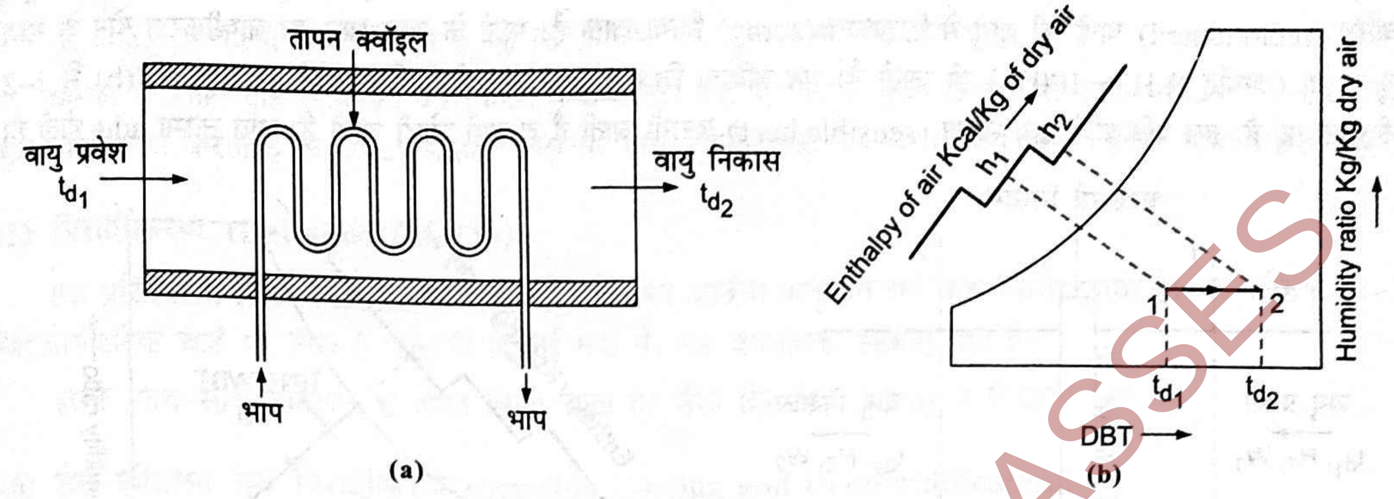
अब प्रत्येक प्रक्रिया का विस्तार में अध्ययन करेंगे।

(1) ज्ञेय तापन (Sensible Heating)

यह वह साइक्रोमीटरिक प्रक्रिया है जिसमें नमी की मात्रा या आर्द्रता अनुपात (specific humidity or humidity ratio) में परिवर्तन किये बिना वायु का तापन (heating) किया जाता है। इसमें केवल वायु के शुष्क बल्ब तापमान (D.B.T.) में परिवर्तन होता है। उदाहरण के लिये वायु को 'तापन क्वॉइल' (heating coil) के ऊपर प्रवाहित किया जाये तो 'ज्ञेय तापन' होता है। क्वॉइल (coil) विद्युत प्रतिरोध तापन क्वॉइल हो सकती है या क्वॉइल के अन्दर गर्म पानी या भाप

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रवाहित कर 'ज्ञेय तापन' किया जा सकता है जैसे कि चित्र 8.2(a) में दिखाया गया है तथा साइक्रोमीटरिक चार्ट पर चित्र 8.2(b) में 'ज्ञेय तापन' (1–2) प्रक्रिया से दिखाया गया है।



चित्र 8.2

निष्कर्ष

(1) शुष्क बल्ब तापमान (D.B.T.) बढ़ जाता है।

(2) ज्ञेय ऊष्मा (Sensible heat added) 'जमा' (add) हो जाती है।

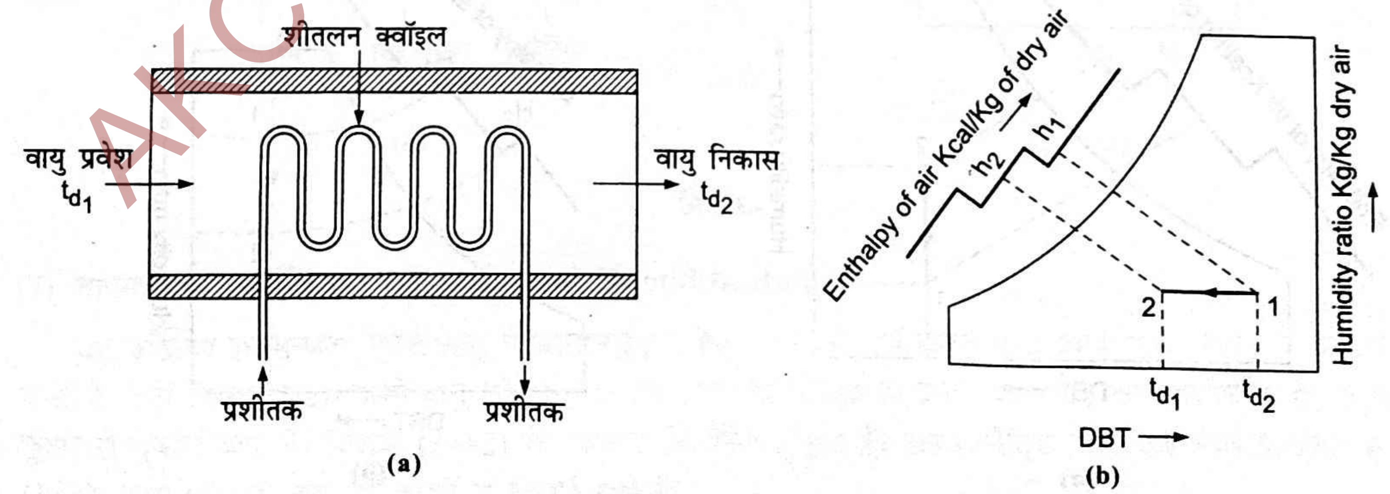
∴ वायु को दी गई ज्ञेय ऊष्मा (Sensible heat added) = **$(h_2 - h_1)$ kJ/kg of dry air**

(2) ज्ञेय शीतलन (Sensible Cooling)

इस प्रक्रिया में वायु 'नमी' या आर्द्रता अनुपात में परिवर्तन किये बिना वायु का शीतलन किया जाता है। वायु का शुष्क बल्ब तापमान (D.B.T.) इस प्रक्रिया में गिर जाता है। इसमें ज्ञेय ऊष्मा का निराकरण (rejection) होता है।

ज्ञेय शीतलन (sensible cooling) के लिये वायु को शीतलन क्वॉइल (cooling coil) के ऊपर प्रवाहित करते हैं। जैसाकि चित्र 8.3(a) में दिखाया गया है। क्वॉइल में प्रशीतक (refrigerant) कम तापमान पर प्रवाहित किया जाता है। शीतक का वाष्पीकरण (evaporation) होता है फलस्वरूप वायु का शीतलन (cooling) होता है। क्वॉइल के अन्दर ठण्डा पानी या ठण्डी गैस प्रवाहित करने से ज्ञेय शीतलन किया जा सकता है। यह प्रक्रिया चित्र 8.3(a) व साइक्रोमीटरिक चार्ट पर चित्र 8.3(b) में प्रक्रिया (1–2) से प्रदर्शित की गई है।

(1–2) प्रक्रिया में निष्कासित की गयी ज्ञेय ऊष्मा (sensible heat rejected) = **$(h_1 - h_2)$**

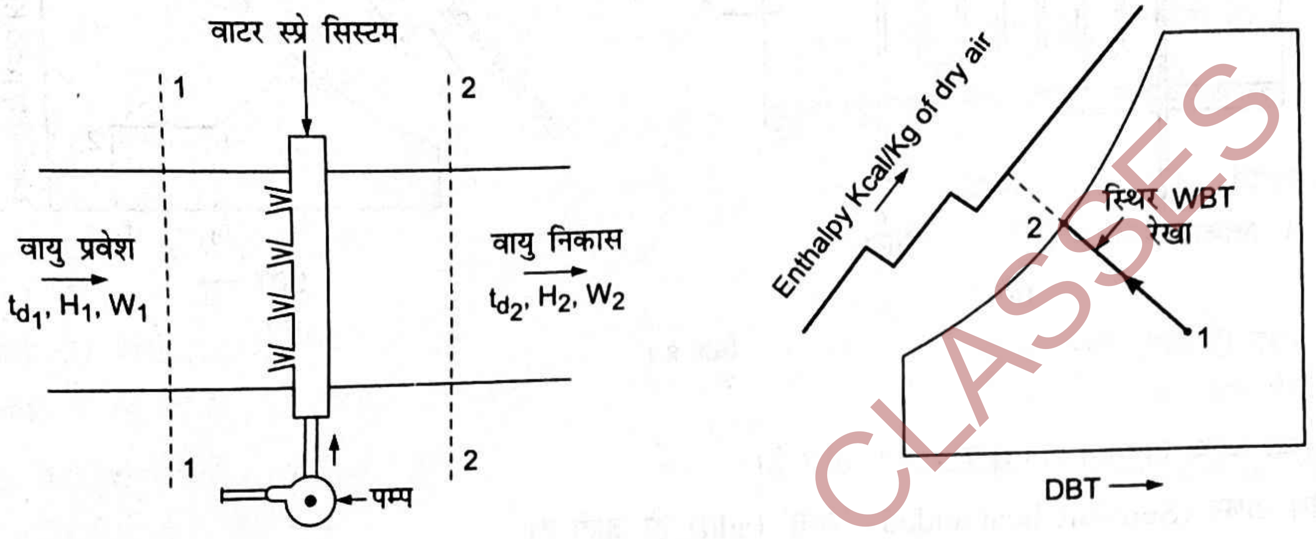


चित्र 8.3

AKC TECHNICAL CLASSES

(3) रुद्धोष्म संतृप्तीकरण (Adiabatic Saturation) या वाष्पन शीतलन (Evaporative Cooling)

इस प्रक्रिया में ऊष्मा की मात्रा में बिना परिवर्तन किये 'नमी' की मात्रा या आर्द्रता अनुपात बढ़ाया जाता है। इसमें पुनः संचारित (recirculated) पानी की वायु में छिड़काव (spray) किया जाता है। पानी के कुछ भाग का वाष्पीकरण होने के साथ वायु संतृप्त (अर्थात् R.H. = 100%) हो जाती है। यह प्रक्रिया चित्र 8.4(a) साइक्रोमीटरिक चार्ट पर चित्र 8.4(b) में 1–2 से दिखाई गई है। इस प्रक्रिया में ज्ञेय ऊष्मा (sensible heat) हटायी जाती है व नमी जोड़ी जाती है। गुप्त ऊष्मा add होती है।



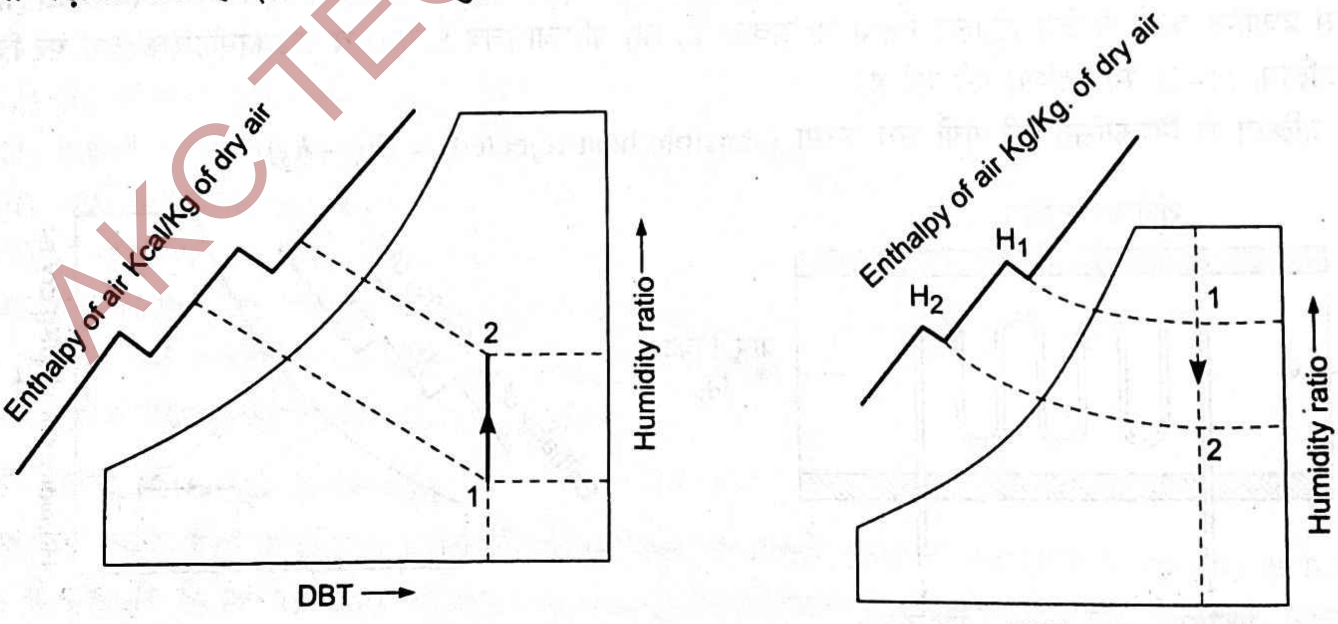
(a) रुद्धोष्म संतृप्तीकरण **(b)**

चित्र 8.4

निष्कर्ष—इस प्रक्रिया में W.B.T. व पूर्ण ऊष्मा (enthalpy) स्थिर रहती है।

(4) आर्द्रीकरण (Humidification)

यह वह साइक्रोमीटरिक प्रक्रिया है जिसमें वायु का शुष्क बल्ब तापमान (D.B.T.) स्थिर रखकर, वायु में नमी की मात्रा बढ़ायी जाती है। इसमें आर्द्रता अनुपात (humidity ratio) व सापेक्ष आर्द्रता (relative humidity) बढ़ती है।



(a) **(b)**

चित्र 8.5

AKC TECHNICAL CLASSES

D.B.T. स्थिर होने के कारण ज्ञेय ऊष्मा (sensible heat) स्थिर रहती है। प्रक्रिया साइक्रोमीटरिक चार्ट पर चित्र 8.5(a) में (1–2) के द्वारा दिखाई गई है।

$(h_2 - h_1)$ एन्थाल्पी का परिवर्तन है जो वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा के कारण है।

वास्तव में प्रयोग दृष्टि से केवल आर्दीकरण प्रक्रिया नहीं होती है। इसके साथ शीतलन या तापन भी होता है। यदि केवल शुद्ध आर्द्रीकरण करना है तो spray water जिस पर वायु प्रवाहित की जा रही है वायु का D.B.T. स्थिर रखना चाहिये।

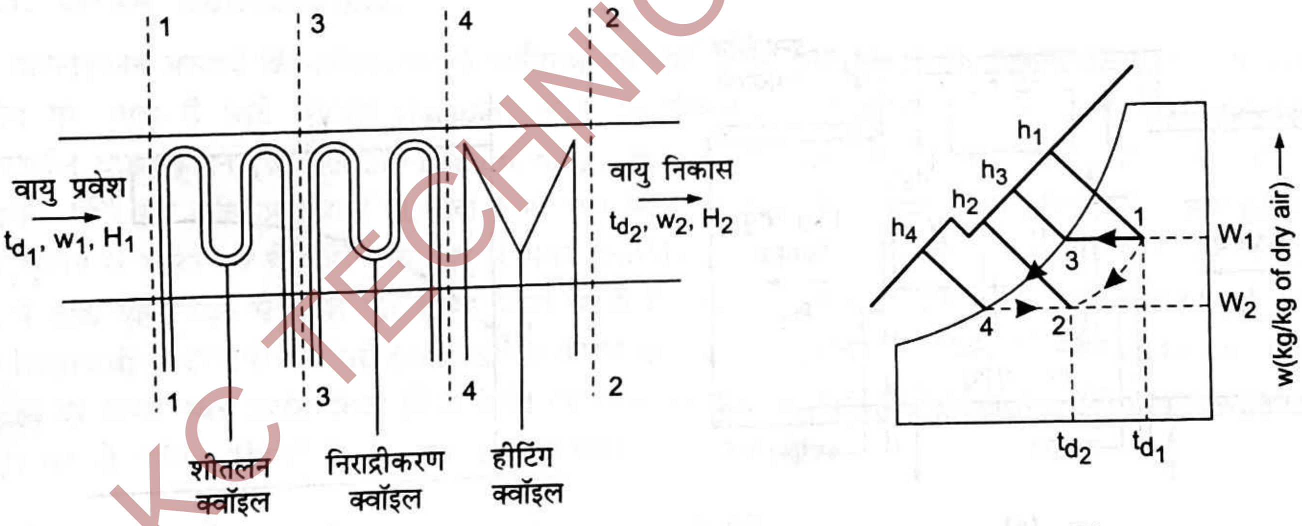
(5) निरार्द्रीकरण (Dehumidification)

इस प्रक्रिया में स्थिर D.B.T. पर नमी की मात्रा या आर्द्रता अनुपात को कम किया जाता है। यह प्रक्रिया (1–2) साइक्रोमीटरिक चार्ट पर चित्र 8.5(b) में दिखाई गयी है। यह वास्तविक प्रक्रिया नहीं है।

इसके साथ-साथ शीतलन या तापन किया जाता है। जैसा कि चित्र 8.5(b) में दिखाया गया है।

(6) ज्ञेय शीतलन एवं निरार्द्रीकरण (Sensible Cooling and Dehumidification)

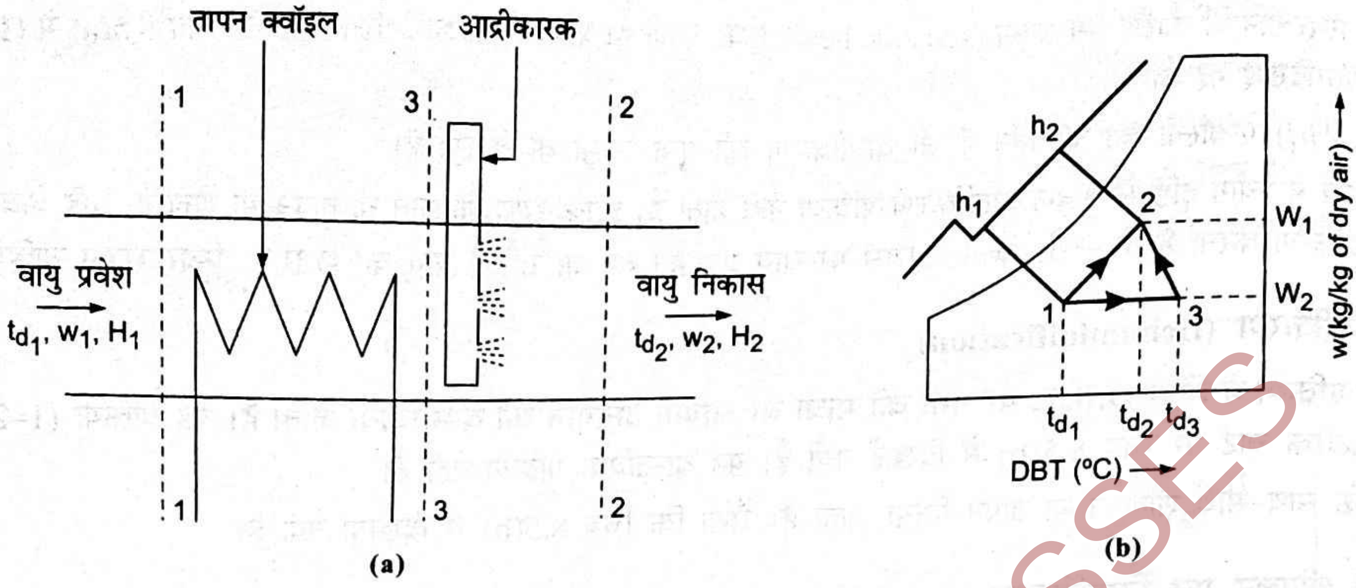
यह प्रक्रिया सामान्यत: ग्रीष्म ऋतु वातानुकूलन में वायु को ठण्डा करने तथा उसमें पानी की मात्रा कम करने में प्रयोग की जाती है। इस प्रक्रिया में शीतलन क्वॉइल का तापमान वायु के ओसांक तापमान से कम होना चाहिए। इसमें सर्वप्रथम वायु को ओसांक तापमान t_{d_3} तक शीतित करते हैं। इसके पश्चात् जल वाष्प को संघनित करके विशिष्ट आर्द्रता को w_1 से w_2 तक घटाया जाता है। परन्तु इस अवस्था में वायु का तापमान वाँछित तापमान से कम होता है अत: वायु का ज्ञेय तापन करके वाछित अवस्था प्राप्त की जाती है। साइक्रोमीट्रिक चार्ट पर यह प्रक्रिया चित्र 8.6(a, b) में 1–3–4–2 से दिखाई गयी है।



चित्र 8.6

(7) तापन तथा आर्दीकरण (Heating and Humidification)

यह प्रक्रिया सामान्यत: शरद ऋतु में वातानुकूलन हेतु वायु को गर्म करने तथा आर्द्रीकरण करने में प्रयोग की जाती है। देखें चित्र 8.7(a)। इसमें वायु को (1→3) तक गर्म किया जाता है। इसके बाद वायु का आर्द्रीकरण हेतु पानी की फुहार से गुजारा जाता है। जिसके (3→2) के अनुसार आर्दीकरण होता है। साइक्रोमीट्रिक चार्ट देखें चित्र 8.7(b) पर यह (1→3) तथा (3→2) तक दो चरणों में दिखाई गयी है।

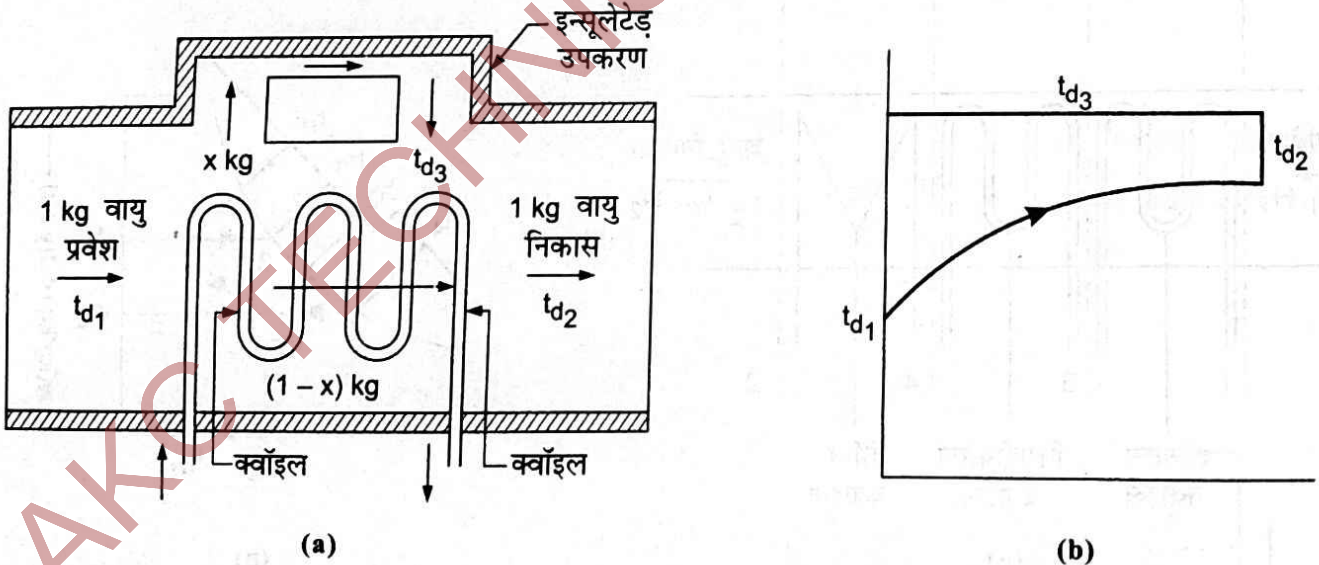


चित्र 8.7

§ 8.4. उपमार्ग गुणक (By-pass Factor) :

हम जानते हैं कि उपकरण से बाहर निकलने वाली वायु का तापमान (t_{d_2}) कम होगा यदि क्वॉइल "तापन क्वॉइल", जिसका तापमान t_{d_3} है, हो। यदि क्वॉइल "कूलिंग क्वॉइल" है तब 't_{d_2}' का मान 't_{d_3}' से अधिक होगा।

माना 't_{d_1}' तापमान पर 1 kg वायु, 't_{d_3}' तापमान वाली क्वॉइल के ऊपर प्रवाहित होती है जैसा चित्र 8.8(a) में दिखाया गया है।



चित्र 8.8

यहाँ यह बात ध्यान देने योग्य है कि जब वायु क्वॉइल के ऊपर से प्रवाहित होती है, कुछ वायु (माना x kg) बिना प्रभावित हुए सीधी निकल जाती है। केवल $(1 - x)$ kg ही क्वॉइल के सीधे सम्पर्क में आती है। इस प्रकार बाई-पास होने वाली वायु की मात्रा, क्वॉइल की बनावट तथा वायु की प्रवाह गति पर निर्भर करती है। वायु की यह बाई-पास क्रिया **"उपमार्ग गुणक" (By pass factor)** द्वारा व्यक्त की जाती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

क्वॉइल में वायु की एन्थाल्पी तथा निकास पर वायु की एन्थाल्पी को बराबर रखने पर,

$$x.C_{pm}.t_{d_1} + (1-x)C_{pm}.t_{d_3} = 1 \times C_{pm}.t_{d_2} \qquad \text{(जहाँ } C_{pm} = \text{ विशिष्ट आर्द्र ऊष्मा)}$$

या ..

$$x(t_{d_3} - t_{d_1}) = t_{d_3} - t_{d_2}$$

$\therefore$

$$x = \frac{(t_{d_3} - t_{d_2})}{(t_{d_3} - t_{d_1})}$$

जहाँ x = क्वॉइल का उपमार्ग गुणक (By pass factor or B.P.F) है।

अतः "तापन क्वॉइल" के लिए उपमार्ग गुणक (B.P.F) = $\dfrac{t_{d_3} - t_{d_2}}{t_{d_3} - t_{d_1}}$

"कूलिंग क्वॉइल" के लिए उपमार्ग गुणक (BPF) = $\dfrac{t_{d_2} - t_{d_3}}{t_{d_1} - t_{d_3}}$

यदि वायु एक तापन क्वॉइल से गुजरती है तो क्वॉइल से गुजरने वाली वायु का तापमान वितरण आरेख चित्र 8.8(b) में प्रदर्शित है।

§ 8.5. ऊष्मा भार (Heat Load) :

8.5.1. परिचय (Introduction)

वातानुकूलन प्रणाली के अभिकल्पन में सर्वप्रथम यह ज्ञात करना आवश्यक है कि कितना ऊष्मा लोड (heat load) निकाय पर आता है जिसे हेण्डल (handle) करना है। ग्रीष्मकालीन वातानुकूलन (summer air-conditioning) व शीतकालीन वातानुकूलन (winter air-conditioning) के लिये आवश्यक शीतलन या तापन की मात्रा ज्ञात करनी होती है। इसके लिये यह अति आवश्यक हो जाता है कि उस स्थान पर ऊष्मा के स्रोतों का पता लगाया जाये, जो उस स्थान पर वातानुकूलन से सम्बन्धित होते हैं। शीत ऋतु में भवन (building) बाह्य वायु को ऊष्मा (heat) प्रदान करते हैं परन्तु ग्रीष्म ऋतु में बाह्य वायु भवन में प्रवेश कर ऊष्मा प्रदान करती है। वायु के साथ पानी वाष्प (नमी) प्रवेश या निकास करती है [यह खिड़कियों व दरवाजों में दरारों (cracks) के कारण होता है] वातानुकूलन किये जाने वाले स्थान (Air-conditioned space) के अन्दर स्वयं ऊष्मा उत्पन्न हो जाती है। यह लोड का एक अंग होती है। वातानुकूलन लोड (Air-conditioning load) का दो विभिन्न शीर्षकों के अन्तर्गत अध्ययन किया जा सकता है।

(1) ग्रीष्मकालीन शीतलन लोड (Summer Cooling Load)

यह ऊष्मा की वह मात्रा है जो कि प्रति घण्टा उस स्थान से हटायी जानी चाहिए, जिससे आवश्यक आन्तरिक अभिकल्पन दशा (Inside design condition) उत्पन्न हो सके।

(2) शीतकालीन तापन लोड (Winter Heating Load)

यह स्थान को प्रदान की जाने वाली ऊष्मा की मात्रा प्रति घण्टा है जिससे स्थान की आन्तरिक अभिकल्पन दशा (Inside design condition) बनायी जा सके।

AKC TECHNICAL CLASSES

8.5.2. विभिन्न प्रकार के ऊष्मा-भार (Various Types of Heat Loads)

(1) भवन संरचना द्वारा ऊष्मा का संचरण (Heat Transmission through Building Structure)

संरचना के किसी भाग द्वारा स्थानान्तरित की गई ऊष्मा,

$$Q = UA\theta$$

U = ऊष्मा स्थानान्तरण गुणांक (Heat transfer coefficient)

A = सतह का क्षेत्रफल (Surface area)

θ = तापमान अन्तर (Temperature difference)

अनुकूलित स्थान (conditioned space) के लिये यह ऊष्मा प्रवाह, खिड़कियों, दरवाजों, दीवारों से अन्दर की ओर होता है। अत: प्रत्येक का क्षेत्रफल अलग-अलग ज्ञात किया जाता है। प्रत्येक सामग्री का ऊष्मा अन्तरण गुणांक 'U' भी अलग-अलग होता है। दीवारों की सामग्री के साथ-साथ ऊष्मा चालकता, विशिष्ट ऊष्मा, मोटाई व पदार्थों के विशेष गुणों, कमरे का तापमान, ऊष्मा संवहन व विकिरण का प्रभाव पड़ता है।

(2) सौर विकिरण (Solar Radiation)

यह कमरों की छतों, सीलिंग के ऊपर, काँच की वस्तुओं जो दीवारों में लगी होती है, के द्वारा उत्पन्न होता है। छतें व सीलिंग विभिन्न प्रकार की हो सकती है। सभी के लिये कुल ऊष्मा स्थानान्तरण गुणांक (overall coefficient of heat transfer) ज्ञात किया जा सकता है। कहीं-कहीं सौर विकिरण (solaer radiation) के साथ-साथ बाह्य वातावरण का प्रभाव भी पड़ता है।

(3) बाह्य वायु से ऊष्मा प्राप्ति (Heat Gain from Outside Air)

अनुकूलित स्थान (conditioned space) में "बाह्य वायु आने-जाने से" (ventilation) व दरवाजे, खिड़कियों से रिसने वाली (infilteration) वायु के रूप में ऊष्मा प्रवेश करती है। ग्रीष्म ऋतु में बाह्य वायु, अन्दर की वायु की अपेक्षाकृत अधिक गर्म व शुष्क होती है। इस प्रकार ज्ञेय व गुप्त ऊष्मा में बढ़ोत्तरी होती है। अच्छी प्रकार से बने स्थानों में खिड़कियों या दरवाजों द्वारा वायु का प्रवेश नगण्य माना जा सकता है। बाह्य वायु से प्राप्त गुप्त ऊष्मा उसकी विशिष्ट आर्द्रता से ज्ञात की जा सकती है।

(4) अध्यावासी द्वारा लोड (Load due to Occupants)

यह उस स्थान पर उपस्थित मानव समुदाय के कारण होता है। बहुत से वातानुकूलित स्थानों पर इस प्रकार का लोड नगण्य होता है। इसको केवल व्यावसायिक भवनों जैसे सिनेमा, रेस्टोरेन्ट, होटल, कार्यालयों इत्यादि स्थानों के लिये ज्ञात करना आवश्यक होता है, क्योंकि मनुष्य भी ऊष्मा निकालते हैं। यह उनकी मांसपेशियों की कार्य विधि के प्रकार पर निर्भर करता है। इस प्रकार से निकाली गई ऊष्मा ज्ञेय व गुप्त दोनों ही होती हैं। यह महत्वपूर्ण लोड है जहाँ पर कई मनुष्य एकत्रित होते हैं। आदमी द्वारा निकाली गई ऊष्मा, औरतों व बच्चों द्वारा निकाली गई ऊष्माओं की मात्रा अलग-अलग होती है।

(5) विद्युत उपकरण (Electric Appliances)

इसके अन्तर्गत प्रकाश (light) मोटर व दूसरे उपकरण (applieance) के द्वारा स्थान को प्रदान की गई ऊष्मा की मात्रा आती है, कुछ ज्ञेय ऊष्मा व कुछ गुप्त ऊष्मा निकालती है। इस लोड को विद्युत इकाई से ऊष्मा इकाई में परिवर्तित कर ज्ञात किया जा सकता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

(6) उत्पादन लोड (Product Load)

यह लोड औद्योगिक वातानुकूलन व शीतग्रह संयन्त्रों (Cold storage plants) में बहुत महत्व रखता है। बहुत सी वस्तुयें उस स्थान पर लायी व एकत्रित की जाती हैं, इसमें दोनों ज्ञेय व गुप्त ऊष्मा ज्ञात की जा सकती हैं। इसमें वस्तुओं के प्रकार, तापमान के अनुसार विभिन्न प्रक्रियायें द्रुतशीतलन chilling, freezing, drying इत्यादि करनी पड़ती हैं। यह लोड वस्तुओं के प्रकार, तापमान, विशिष्ट ऊष्मा इत्यादि पर निर्भर करता है।

(7) अन्य प्रक्रियाओं द्वारा लोड (Miscellaneous Heat Gains)

कुल लोड का अंग स्वयं वातानुकूलन निकाय में उत्पन्न हो जाता है। यह सप्लाई व रिटर्न डक्ट Returned duct, supply dust air leakage, fans, pump इत्यादि से उत्पन्न होते हैं। इन्हें प्राय: नगण्य मान लिया जाता है।

8.5.3. ज्ञेय व गुप्त ऊष्मा लोड (Sensible and Latent Heat Load)

प्राय: ऊष्मा लोड की प्राप्ति को दो भागों में बाँटा जा सकता है—

(1) ज्ञेय ऊष्मा लोड (Sensible heat load)

(2) गुप्त ऊष्मा (Latent heat load)

(1) ज्ञेय ऊष्मा लोड (Sensible Heat Load)

यह वह लोड है जो स्वयं स्थान में उत्पन्न होता है या स्थान को प्रवाहित होता है। इससे स्थान (space) के अन्दर तापमान में बढ़ोत्तरी हो जाती है। ये लोड बाह्य या आन्तरिक दोनों हो सकते हैं। यह ऊष्मा के स्रोत के ऊपर निर्भर करता है। किसी स्थान पर ज्ञेय ऊष्मा प्राप्ति निम्नलिखित कारणों से होती हैं—

(i) भवन संरचना से संवहन, चालन व सौर-विकिरण द्वारा स्थान को ऊष्मा का संचालन।

(ii) बाह्य वायु के साथ ज्ञेय ऊष्मा का होना जो स्थान में प्रवेश करती है, (ventileation द्वारा)।

(iii) स्थान में उपस्थित या आने-जाने वाले व्यक्तियों से ऊष्मा प्राप्त होती है।

(iv) विद्युत लाईट, मोटर इत्यादि विद्युत (appliances) के द्वारा स्थान पर उत्पन्न की गई ज्ञेय ऊष्मा।

(v) स्थान में रखी हुई विभिन्न वस्तुओं या पदार्थों द्वारा निकाली गई ज्ञेय ऊष्मा।

(vi) मिली-जुली ज्ञेय ऊष्मा प्राप्ति जैसे सप्लाई (Supply) व (return air duct), पंखे व मोटरों से प्राप्त ज्ञेय ऊष्मा।

(2) गुप्त ऊष्मा लोड (Latent Heat Load)

यह लोड नमी के कारण होता है। बिना तापमान परिवर्तन के, स्थान पर वायु की अवस्था में परिवर्तन गुप्त ऊष्मा से होता है। इससे सापेक्ष आर्द्रता (R.H.) परिवर्तित होती है। इसमें निम्नलिखित आते हैं—

(i) स्थान (space) में प्रवेश करने वाली वायु में उपस्थित नमी के कारण गुप्त ऊष्मा की प्राप्ति। यह वायु, (ventilation) के लिये या रिसने (infilteration) से अमुक स्थान में आती है।

(ii) स्थान में उपस्थित व्यक्तियों (occupants) से प्राप्त गुप्त ऊष्मा।

(iii) स्थान में खाना बनाने व दूसरी वाष्पीकरण की प्रक्रियाओं के कारण प्राप्त गुप्त ऊष्मा।

(iv) स्थान में रखी वस्तुओं या बाहर से आने वाली वस्तुओं से प्राप्त गुप्त ऊष्मा।

AKC TECHNICAL CLASSES

§8.6. अभिकल्पन गुणक (Design Factors) :

अभिकल्पन गुणांक निम्नलिखित हैं जिनका सम्बन्ध वातानुकूलन के संयन्त्रों के अभिकल्पन व विभिन्न उद्देश्यों के लिये चुना जाता है—

(1) उपमार्ग गुणक (By Pass Factor)

यह निम्न सूत्र से ज्ञात किया जाता है—

$$B.F. = \frac{t_{d_2} - t_{d_3}}{t_{d_1} - t_{d_3}} \quad (\text{तापन में})$$

वायु मात्रा ज्ञात करने का क्वॉइल व निराद्रीकरण में उपकरण के चुनाव में उपमार्ग गुणक (By pass factor) को ध्यान में रखा जाता है।

(2) उपकरण ओसांक बिन्दु (Apparatus Dew Point)

एक शीतलन क्वॉइल का उपकरण ओसांक को वास्तव में **'क्वॉइल सतह का औसत तापमान'** (Average temperature of the coil surface) में परिभाषित करते हैं। यह वायु के ओसांक बिन्दु से कम होता है। यह कितना कम हो, यह शीतलन क्वॉइल की दक्षता पर निर्भर करता है।

(3) ज्ञेय ऊष्मा गुणक (Sensible Heat Factor)

किसी स्थान में 'ऊष्मा व नमी' का क्षरण (leakage) उस स्थान पर अनुकूलित वायु (Conditioned air) प्रदान करने से हटाया जा सकता है। यह कमरे (room) की अभिकल्पन दशा (design condition) पर निर्भर करता है। हटाई गई ऊष्मा में ज्ञेय व गुप्त ऊष्मा दोनों ही होती है। इसमें ज्ञेय ऊष्मा व गुप्त ऊष्मा के उचित अनुपात होने चाहिये ताकि वांछित दशा (desired condition) बनायी रखी जा सके। यह उपकरण ओसांक की महत्ता (importance) प्रदर्शित करता है।

यह उस स्थिति रेखा (condition line) पर पड़ता है जो कि ओसांक व कक्ष डिजाइन स्थिति (room design condition) दशा बिन्दु (state point) को मिलाती है।

किसी स्थान पर ज्ञेय ऊष्मा लोड व कुल ऊष्मा लोड के अनुपात को 'ज्ञेय ऊष्मा गुणक' (SHF) कहते हैं।

$$S.H.F. = \frac{\text{ज्ञेय ऊष्मा लोड}}{\text{कुल ऊष्मा लोड}} = \frac{\text{ज्ञेय ऊष्मा}}{\text{ज्ञेय ऊष्मा + गुप्त लोड}}$$

$$\therefore \quad S.H.F. = \frac{Q_s}{Q_s + Q_L}$$

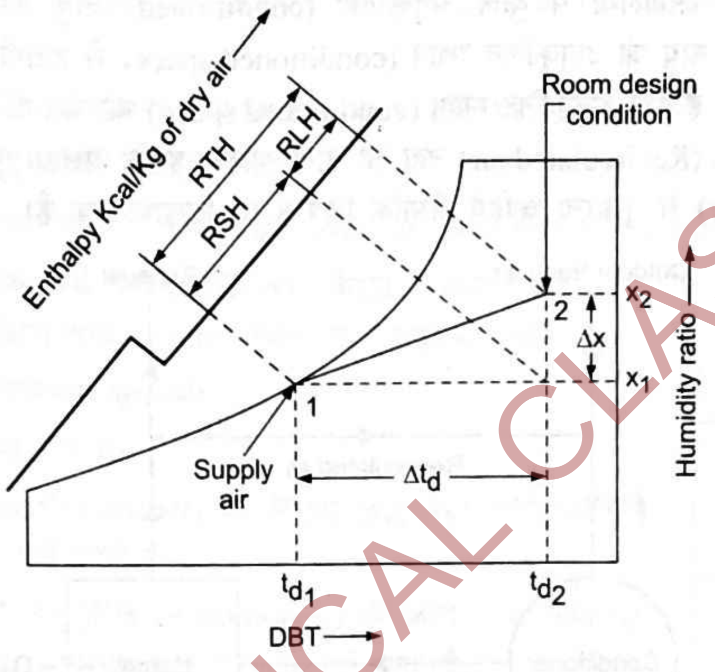
कक्ष या अनुकूलित स्थान का ज्ञेय ऊष्मा गुणक (Room or Conditioned Space Sensible Heat Factor)

$$\text{कक्ष ज्ञेय ऊष्मा गुणक} = \frac{\text{कक्ष ज्ञेय ऊष्मा}}{\text{कक्ष ज्ञेय ऊष्मा + कक्ष गुप्त ऊष्मा}}$$

$$= \frac{RSH}{RSH + RLH} = \frac{RSH}{RTH}$$

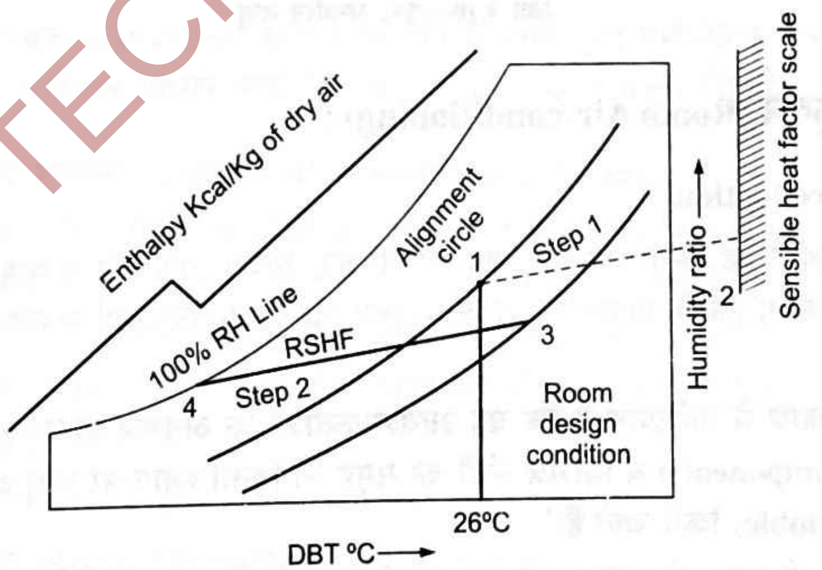
RTH = कक्ष की कुल ऊष्मा (Room total heat)

अनुकूलित स्थान (conditioned space) को प्रदान (supply) की जाने वाली वायु में इतनी क्षमता होनी चाहिये कि RSH व RLH दोनों को offset कर सके। कक्ष (Room) व अनुकूलित स्थान को प्रदान की जाने वाली वायु (air supply to conditioned space) की अवस्थायें चित्र 8.9(a) के अनुसार आरेख (plot) की जा सकती हैं। बिन्दु (1) व (2) एक सीधी रेखा द्वारा मिलाये जा सकते हैं। रेखा (1–2) ज्ञेय ऊष्मा गुणक रेखा (sensible heat factor line) कहलाती है। यह अनुकूलित स्थान (conditioned space) के अन्दर प्रदत्त वायु (supply air) की साइक्रोमीटरिक प्रक्रिया है।



चित्र 8.9(a)

RSHF रेखायें, इसकी गणना किये गये मान से खींची जा सकती है। (बिना supply air condition ज्ञात किये जो कि वास्तव में ज्ञात की जाती है) यह विधि चित्र 8.9(b) में दिखाई गई है।



चित्र 8.9(b)

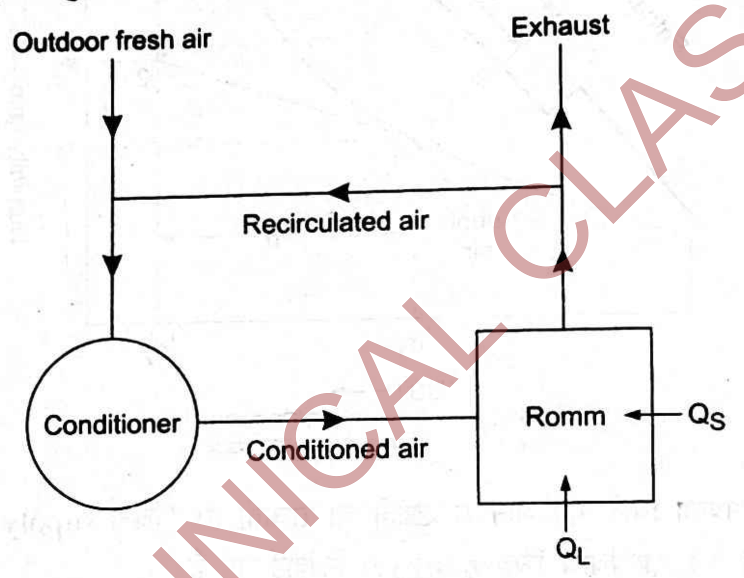
साइक्रोमीटरिक चार्ट में दायीं ओर के ऊपरी भाग में ज्ञेय ऊष्मा गुणक पैमाना (sensible heat factor scale) होता है। चार्ट में 26°C DBT व 50% R.H. पर एक वृत्त (Alignment circle) होता है। ज्ञेय ऊष्मा गुणक (SHF) का मान गणना कर बिन्दु (2) की स्थिति ज्ञात हो जाती है। बिन्दु (1) व (2) को एक रेखा के द्वारा मिला दिया जाता है। रेखा

AKC TECHNICAL CLASSES

(3–4) को (1–2) रेखा के समान्तर खींच दिया जाता है। अत: प्रदत्त वायु की स्थिति (supply air condition) रेखा (3–4) पर कहीं होगी जो कि कक्ष ज्ञेय ऊष्मा (sensible heat) व गुप्त ऊष्मा भार (latent heat load) को ऑफसैट (offset) करेगी, जबकि सप्लाई (supply) करने की मात्रा काफी अधिक हो।

§ 8.7. प्रदत वायु एवं पुन:संचारित वायु (Supply Air and Recirculated Air) :

अधिकतर वातानुकूलन प्रणालियों में कुल अनुकूलित (conditioned) वायु का अधिकतर भाग पुन: संचरित (circulate) किया जाता है। वायु जो अनुकूलित स्थान (conditioned space) से हटायी गयी है, पुन: उसका अनुकूलन (conditioning) किया जाता है तथा अनुकूलित स्थान (conditioned space) को भेज दी जाती है। रसोई या प्रयोगशालाओं से कभी भी पुन: संचरित वायु (Recirculated air) नहीं ली जानी चाहिये। इसके अलावा पुन:संचरित वायु (Recirculated air) को पहले छन्नक (filter) से गुजारना चाहिये जैसाकि चित्र 8.10 दिखाया गया है।



चित्र 8.10—पुन: संचारित वायु

§ 8.8. रूम-वातानुकूलन (Room Air-conditioning) :

8.8.1. परिचय (Introduction)

वातानुकूलन का अर्थ है कि किसी स्थान पर वायु का तापमान, आर्द्रता, वायु गति व वायु सप्लाई (air supply) को इस प्रकार से नियन्त्रित करना कि वे आवश्यकताओं के अनुरूप हों। ये आवश्यकतायें मानवीय व औद्योगिक सम्बन्धी हो सकती है।

"वातानुकूलन निकाय से अभिप्राय है कि वह आवश्यकताओं के अनुरूप वातानुकूलन में प्रयुक्त होने वाले उपकरणों, अवयवों (components) व विभिन्न अंगों का समूह जो किसी स्थान पर वायु को विशेष अवस्था में लाने के लिये एकत्रित (assemble) किये जाते हैं।"

वातानुकूलन निकाय दो प्रकार से वर्गीकृत की जा सकती है—

(1) केन्द्रीय वातानुकूलन प्रणाली (Central air-conditioning system)

(2) यूनीटरी वातानुकूलन प्रणाली (Unitary air conditioning system)

AKC TECHNICAL CLASSES

(1) केन्द्रीय वातानुकूलन प्रणाली (Central Air-conditioning System)

इसमें विभिन्न अंग (components) एक केन्द्रीय कक्ष में एक समूह में रहते हैं। यहाँ से वातानुकूलन वायु विभिन्न स्थानों को भेजी जाती हैं। यह विभिन्न वाहिनियों (ducts) से प्रवाहित होती है। यह निकाय 25 टन से अधिक क्षमता के लिये काम में लाया जाता है। इसमें निम्नलिखित अवयव संयोजित (assemble) किये जाते हैं।

(1) द्रुतशीतित पानी (chilled water) या प्रशीतक के सीधे प्रसार के लिये शीतलन (cooling) या निरार्द्रीकरण क्वॉइल।

(2) तापन क्वॉइल जिसमें भाप या गर्म पानी प्रवाहित किया जाता है।

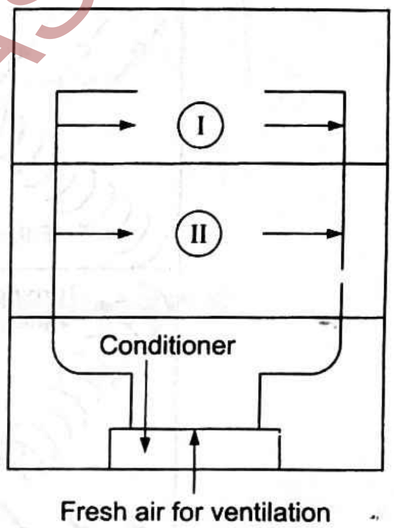
(3) ब्लोअर (blower) व चलाने के लिये मोटर।

(4) शीतलन व निरार्द्रीकरण या वायु धावन (air washing) के लिये फुहारें (sprays)।

(5) वायु सफाई उपकरण जैसे छन्नक (filter), विद्युत अवक्षेप (electeric precipitators), तीक्ष्ण गन्ध (odour) हटाने का उपकरण इत्यादि।

(6) विभिन्न प्रकार की नियन्त्रण युक्तियाँ।

यह चित्र 8.11 में दिखाया गया है।



चित्र 8.11

इसमें अनुकूलित वायु (conditioned air) को सप्लाई (supply) करने के लिये निम्नलिखित विधियाँ काम में लायी जाती हैं—

(1) वायु केन्द्रीय कक्ष में अनुकूलित (conditioned) की जाती है व व्यक्तिगत प्रवाह नियन्त्रण के द्वारा विभिन्न कक्ष में प्रदान की जाती है।

(2) केन्द्रीय वातानुकूलन कक्ष (central air conditioning room) में पानी में द्रुत शीतलन (chilling) होती है व यूनीटरी प्रवाह नियन्त्रण के द्वारा विभिन्न कमरों में यह द्रुतशीतित पानी (chilling water) भेज दिया जाता है।

(3) प्रत्येक कमरे में पृथक (individual) वाष्पित्र लगे होते हैं। इसके साथ थर्मोस्टेटिक फ्लो कंट्रोल (thermostatic flow control) या प्रत्यक्ष विस्तार प्रणाली (direct expansion system) होते हैं।

(2) यूनीटरी वातानुकूलन प्रणाली (Unitary Air Conditioning System)

इस प्रणाली में फैक्टरी में तैयार किये गये यूनिटों की आवश्यकता के अनुसार स्थान में या स्थान के पास स्थापित कर दिया जाता है। ये सिस्टम ग्रीष्म ऋतु वातानुकूलन, शरद ऋतु वातानुकूलन तथा पूर्ण वर्ष के लिए वातानुकूलन के लिए प्रयोग में लाये जाते हैं। इस सिस्टम में प्रशीतन तंत्र शीतलन हेतु तथा तापन हेतु तापन क्वॉइल या तो भाप द्वारा या विद्युत हीटर द्वारा गर्म किया जाता है। कभी-कभी ऊष्मा पम्पों का भी प्रयोग किया जाता हैं जिससे शीतलन तथा तापन दोनों प्रक्रियायें की जा सकती हैं। ये दो प्रकार की हो सकती हैं—

(i) सुबाह्य वातानुकूलक (Packaged Airconditioner)

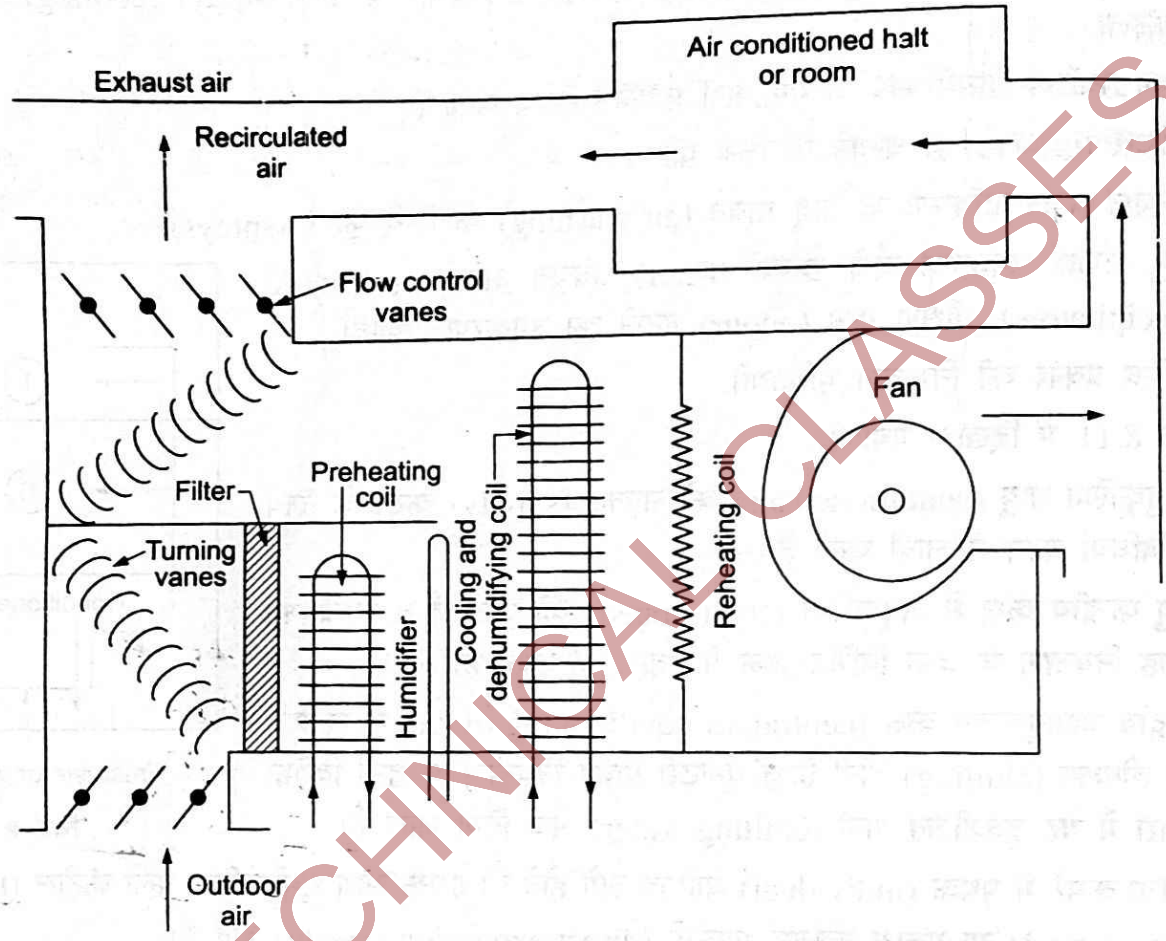
(ii) कक्ष वातानुकूलक (Room Airconditioner window type)

(i) केन्द्रीय वातानुकूलन प्रणाली (Central Airconditioning System)

बड़े औद्योगिक स्थानों पर वातानुकूलित वायु वाहिनियों (ducts) के द्वारा विभिन्न कमरों में भेजी जाती है। इस विधि से आर्द्रता तथा तापमान का नियन्त्रण हाइड्रोस्टेट तथा थर्मोस्टेट से होता है, वातावरण से ताजी वायु छन कर आती है तथा प्रिहीटिंग क्वॉइल में गर्म होती है तथा वातानुकूलित (Airconditioned) कमरे से भी घूमकर छन्नकों से आती है। छन्नक (filter) ग्लास

AKC TECHNICAL CLASSES

तथा ऊन (wool) के बने होते हैं जिनसे धूल तथा बैक्टीरिया हटाये जाते हैं। प्रिहीटर (Preheater) की क्वॉइल धातु की होती है जिनके बाहर बहुत से पंखे (fins) लगे होते हैं। क्वॉइल के अन्दर गर्म पानी घूमता है इस प्रकार गर्म हवा काफी मात्रा में नमी सोख लेती है इसके बाद हवा में नमी को कम करने के लिये शीतलन और निरार्द्रीकरण क्वॉइल में भेजते हैं इस प्रकार प्राप्त हवा ठण्डी होती है। उसका उचित तापमान प्राप्त करने के लिये फिर गर्म करने के लिये क्वॉइल में भेजते हैं बाद में पंखे के द्वारा हवा को कमरों में भेजा जाता है। चित्र 8.12 में केन्द्रीय वातानुकूलन प्रणाली प्रदर्शित की गयी है।



चित्र 8.12—केन्द्रीय वातानुकूलन प्रणाली

AKC TECHNICAL CLASSES

(ii) सुबाह्य वातानुकूलक (Packaged Airconditioner)

ये वातानुकूलन इकाइयाँ कॉनसोल्ड (consoled) या रिमोट (Remote) प्रकार की होती हैं। Consoled प्रकार की इकाइयों में वातानुकूलन (airconditioner) कमरे में विंडो स्टिल (window still) से नीचे रखा जाता है। इसमें दीवारों में सुविधाजनक छिद्र (openings) होते हैं जहाँ से ताजी वायु (fresh air) प्रवेश करती है। इसमें प्रयुक्त प्रशीतन निकाय की क्षमता इतनी होती है कि अनुकूलित (conditioned) वायु के ओसांक तापमान तक वायु को ठण्डा किया जाता है। वायु को संतृप्त करने के लिये इसे वायु वाशर (washer) से प्रवाहित किया जाता है। इसमें विद्युत क्वॉइल प्रयोग की जाती है। यहाँ वायु पुन: संचरित (recirculated) वायु के साथ मिश्रित होकर आवश्यक अनुकूलित वायु (conditioned air) प्राप्त होती है। यह इकाई 100% संचारण (circulation) या प्रशीतन के किसी अंश पर व्यवस्थित की जा सकती है। पुन: संचारित (recirculated) वायु व ताजी वायु को मिश्रित करने के लिये plenum chamber व डैम्पर (damper), जोकि सर्वो नियंत्रित (servo controlled) होते हैं, को प्रयोग में लाया जाता है।

ये इकाइयाँ प्राय: ऊर्ध्वाधर रखी जाती हैं तथा विसर्जन नली (discharge duct) इनके साथ लगी होती है। अधिकतर इस प्रकार की इकाइयाँ वायु शीतित संघनित्र (air cooled condenser) व समुद्रित (hermetically sealed) होती है। इसमें

अलग से एक पंखे के द्वारा शीतलन वायु प्राप्त की जाती है। वाष्पित्र के ऊपर वायु का शीतलन होने से नमी का संघनन होता है व पानी द्रव एक ड्रिप-ट्रे (Drip tray) में इकट्ठा होकर संघनित्र पंखे में आता है जो इस कक्ष के बाहर फेंक देता है। बहुत-सी वृहत इकाइयों (Large units) में जलशीतित संघनित्र (water cooled condenser) प्रयोग में लाये जाते हैं। परन्तु इस प्रकार से संघनित्र के उपयोग से इस इकाई को सुबाह्य (portable) रूप में कम उपयोग किया जाता है। पैकेज वातानुकूलन (package airconditioner) की इकाइयों की क्षमता (5–15) tons के बीच में होती है।

(3) कक्ष वातानुकूलक विंडो टाइप (Room Airconditioner Window Type)

रचना (Construction)—इनका उपयोग विशेष स्थान, जैसे कार्यालय, घर का कमरा, कला कक्ष इत्यादि के वातानुकूलन में किया जाता है इसमें लोहे की या टिन की चद्दर का खोल होता है जोकि दो भागों में विभक्त होता है—(1) बाह्य भाग (2) आन्तरिक भाग। दो विभक्त भागों में बाँटने वाली चद्दर (sheet) *AB* के ऊपरी भाग में एक मार्ग छिद्र के रूप में बना होता है। बाह्य भाग में निम्नलिखित उपकरण होते हैं—

(1) समुद्रित मोटर व सम्पीडक (hermetically sealed motor and compressor)—(*M*)

(2) वायुशीतित संघनित्र (aircooled condenser)—(*C*)

(3) मोटर द्वारा चालित पंखा—(F_1)

(4) ट्रे—(T_1)

बाह्य भाग दो भागों में चद्दर (P_1) द्वारा विभक्त रहता है जिसकी तरफ एक छिद्र (opening) होता है।

कक्ष वातानुकूलन चित्र 8.13 दिखाया गया है।

आन्तरिक भाग में निम्नलिखित उपकरण होते हैं—

(1) वाष्पित्र (Evaporator)—(*E*)

(2) मोटर द्वारा चालित पंखा—(F_2)

(3) रिमोट बल्ब रैफरीजरेटर कंट्रोल—(R_C)

(4) कंट्रोल पैनल (Control panel) (*V*)

(5) वायु छन्नक (air filter) *H*

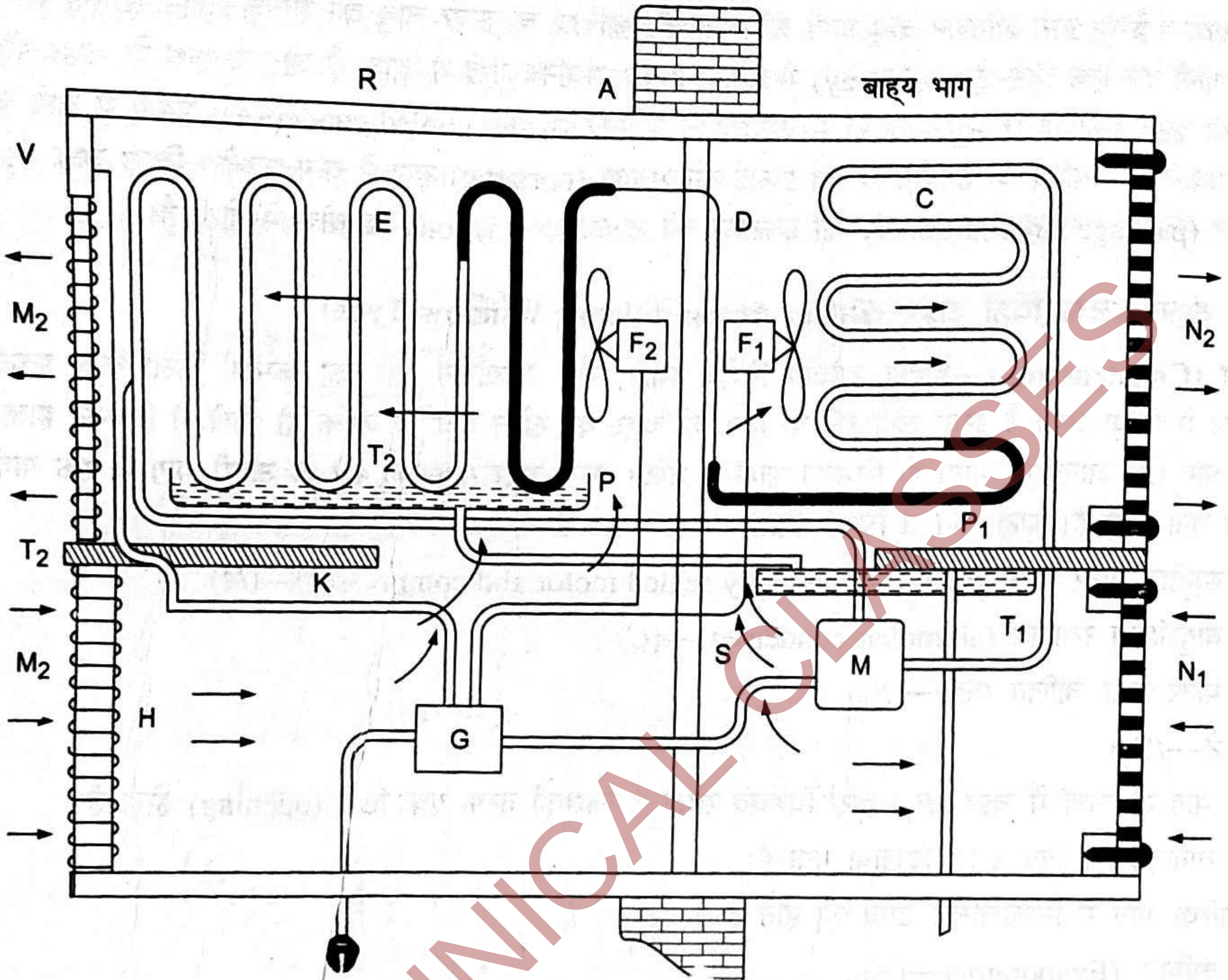
(6) पावर कनेक्शन (Power connection) (*G*)

(7) ट्रे (Tray) (T_2)

इस आन्तरिक भाग को भी दो भागों में बाँटा जाता है जिसमें दाँयी ओर एक छिद्र (opening) होता है। ट्रे T_1 व T_2 को एक पाइप के द्वारा जोड़ दिया जाता है। संघनित्र का वाष्पित्र 'एक कैपिलरी ट्यूब' (capillary tube) '*D*' तथा एक प्रशीतक छन्नक में से गुजारते हुये सम्पर्क कर दिया जाता है। वाष्पित्र को एक चूषण पाईप लाइन *P* द्वारा सम्पीडक से जोड़ दिया जाता है। वातानुकूलक को खिड़की में इस स्थिति में रखा जाता है कि बाह्य भाग खिड़की की सील से बाहर रहे। आन्तरिक भाग M_1 व M_2 विभाजकों से ढका रहता है। इनमे शटर्स (shutters) लगे रहते हैं जो कि विभिन्न कोणों (inclination) पर व्यवस्थित किये जा सकते हैं। इसी प्रकार पीछे के भाग में N_1 व N_2 विभाजक रहते हैं।

कार्य विधि—जब यह इकाई कार्य कर रही होती है तो निम्न दाब पर वाष्प, चूषण लाइन द्वारा सम्पीडक में प्रवेश करते हैं। सम्पीडन से दाब व तापमान उच्च हो जाते हैं, ये वाष्प संघनित्र में प्रवेश करते हैं। प्रशीतक वाष्प की ऊष्मा संघनित्र में हटायी जाती है व इस प्रकार द्रव प्रशीतक संघनित्र की नीचे वाली क्वॉइल में एकत्रित हो जाता है। यह द्रव प्रशीतक कैपिलरी कंट्रोल ट्यूब (capillary control tube) में प्रशीतक छन्नक (Refrigerant filter) से गुजरता हुआ निम्न दाब पर वाष्पित्र की क्वॉइल (coils) में पहुँचता है। वाष्पित्र में निम्न दाब पर द्रव प्रशीतक (liquid refrigerant) उबलता है व वाष्पित्र की

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 8.13—कक्ष वातानुकूलक

सतह से ऊष्मा ग्रहण करता है। मोटर द्वारा चालित पंखा F_1 कमरे की अन्दर की वायु को छन्नक H के द्वारा खींचकर वाष्पित्र-क्वॉइल के ऊपर प्रवाहित करता है जहाँ यह वायु ठण्डी होकर पुन: कमरे में जाती है। प्रवाहित वायु की नमी का कुछ हद तक निरार्द्रीकरण हो जाता है। वाष्पित्र-क्वॉइल की सतह पर नमी नीचे की ओर प्रवाहित होती है व ड्रिप ट्रे 'T_2' में इकट्ठी हो जाती है। यहाँ से नमी T_2 में पानी के रूप में पहुँच जाती है। इस पानी का वाष्पीकरण हो जाता है। फलस्वरूप कुछ सीमा तक सम्पीडक व संघनित्र का शीतलन (cooling) हो जाता है। सम्पीडक व संघनित्र इस प्रकार से लगाये जाते हैं कि सम्पीडक व संघनित्र कक्ष (compartment) में पंखा F_1 इकाई के निचले भाग से N_1 द्वारा वायु को खींचकर संघनित्र क्वॉइल के ऊपर फेंकता है तथा इकाई के ऊपरी भाग N_2 द्वारा वायु को विसर्जित करता है। यह वायु संघनित्र में, वाष्प-प्रशीतक (vapour-refrigerant) की ऊष्मा लेकर इसे द्रव प्रशीतक में परिवर्तित कर देती है। जब कमरे (room) में आवश्यक तापमान हो जाता है तो इकाई स्वत: बन्द हो जाती है। आवश्यक तापमान के लिये कंट्रोल पैनल (Control panel) 'V' का उपयोग करते हैं।

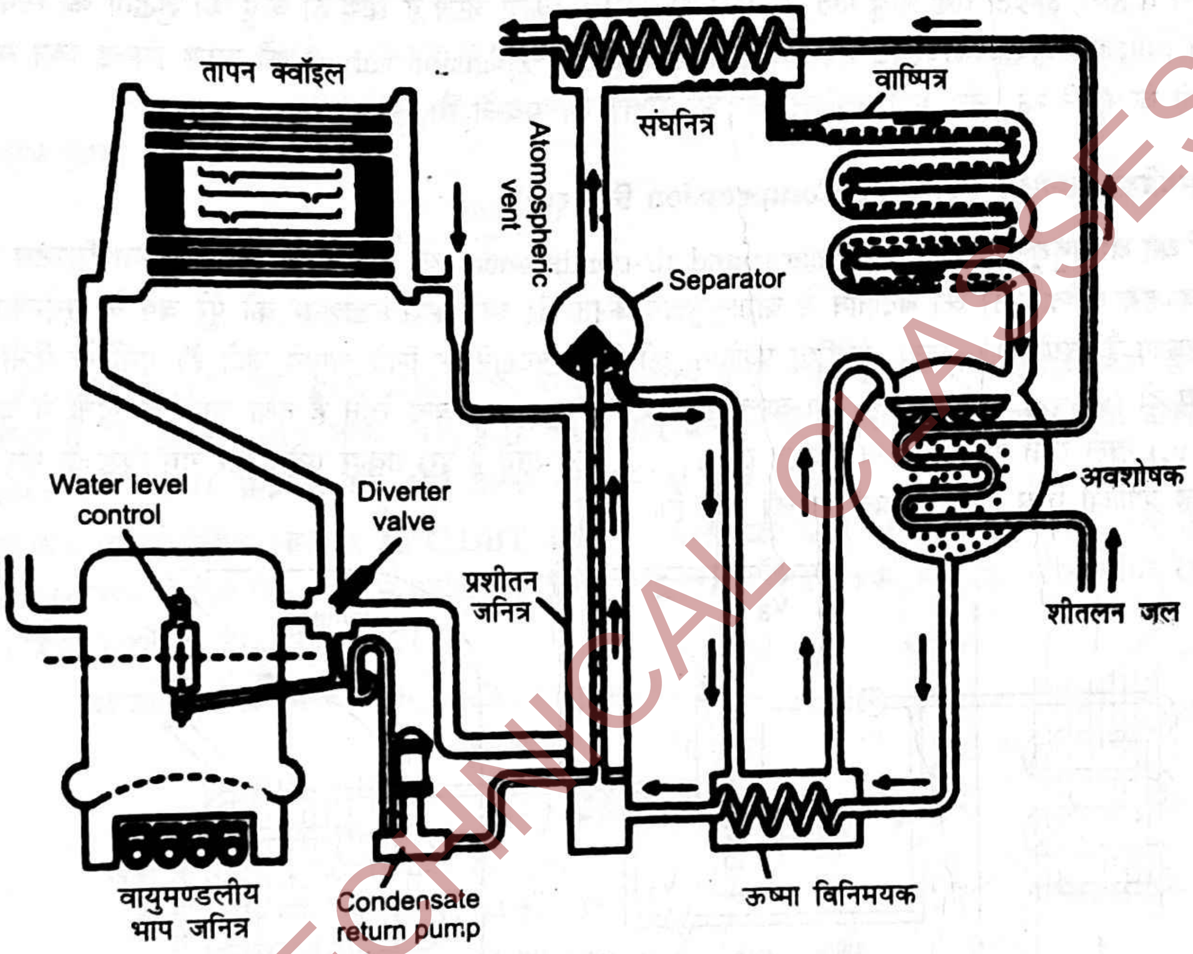
(4) पूरे साल के लिये वातानुकूलन प्रणाली (Round the Year Air-conditioning System)

(Vapour absorption system) : (All the year Air-conditioner) कुछ जगह पर Lithium-Bromide तथा पानी का system प्रयोग किया जाता है। इस system में भी पूरे वर्ष वातानुकूलित वायु भेजी जा सकती है।

ऐसे स्थानों जहाँ मानव उपस्थिति के साथ-साथ ऐसे कक्ष जहाँ औद्योगिक प्रक्रियायें व उत्पादन होते हैं। वहाँ पूरे ही वर्ष के लिये वातानुकूलन की आवश्यकता होती है। पूरे वर्ष में मौसम बदलता रहता है। इस दशा में वायु की गति, तापमान व

AKC TECHNICAL CLASSES

आर्द्रता पूरे वर्ष के मौसम के अनुसार नियन्त्रित करने पड़ते हैं। इसके लिये विभिन्न उपकरण एक समूह में लेकर वातानुकूलन इकाई बनाई जाती है। इसे पूरे साल की वातानुकूलन प्रणाली (Round the year air-conditioning system) कहा जाता है। यह चित्र 8.14 में दिखाई गई है।



चित्र 8.14—पूरे साल की वातानुकूलन प्रणाली

इसमें मौसम के अनुसार तापन व शीतलन के साथ-साथ निरार्द्रीकरण (dehumidification) प्रक्रिया की जाती है। इसकी क्षमता 30 टन तक हो सकती है। इसमें अग्रलिखित उपकरण काम में लाये जाते हैं—

(1) वाष्पित्र (Evaporator)

(2) संघनित्र (Condenser)

(3) तापन क्वॉइल (Heating coil)

(4) वायुमण्डलीय भाप जनित्र (Steam generator)

(5) प्रशीतन जनित्र (Refrigeration generator)

(6) पंखा (Fan)

(7) ब्लोअर (Blowers)

(8) ऊष्मा विनिमयक (Heat exchanger)

(9) कडेंसेट रिटर्न पम्प (Condensate return pump)

(10) अवशोषक (Absorber)

(11) शीतलन क्वॉइल (Cooling coil)

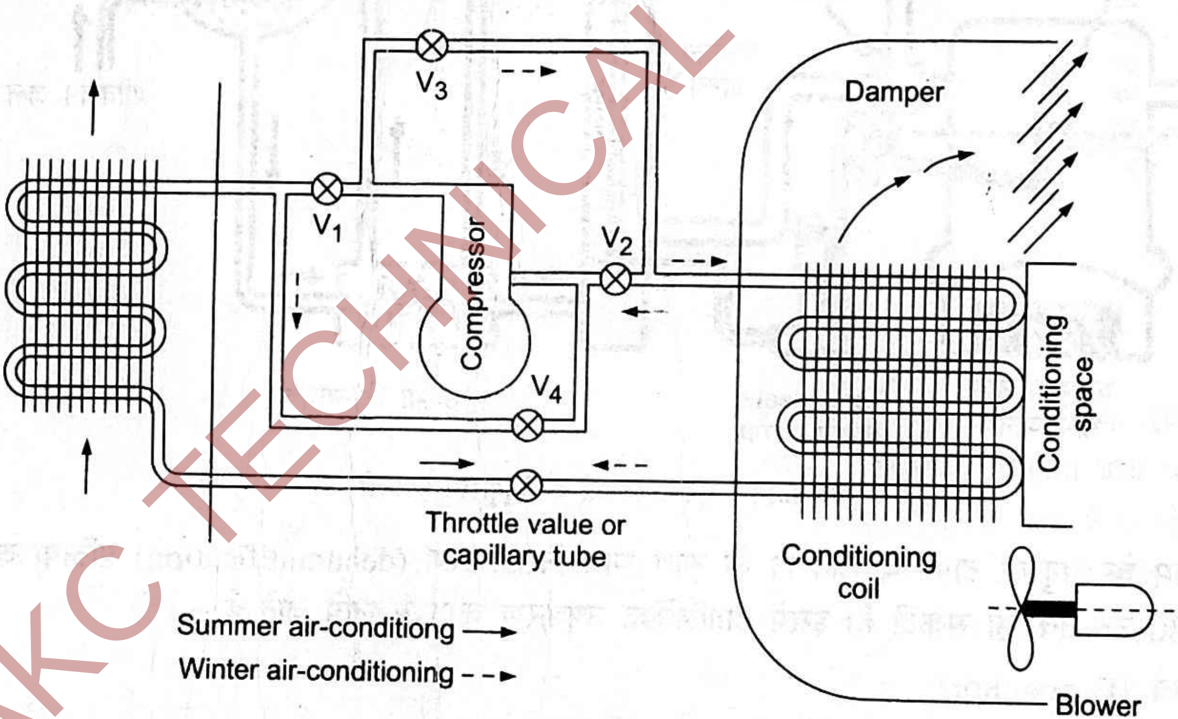
(12) नियन्त्रण यन्त्र (Control system)

(13) पृथक्कारक (Separators)

इस विधि में हवा, आर्द्रता तथा वायु गति को कम या अधिक किया जाता है साथ ही वायु की शुद्धता का नियंत्रण किया जाता है। इस विधि की क्षमता डायरेक्ट एक्सपेंशन वाल्व (direct expansion valve) की जगह चिल्ड जल की क्वॉइल तथा गर्म पानी के घूमने के लिये भाप क्वॉइल लगाकर बढ़ाई जा सकती है।

(5) वाष्प सम्पीडन प्रणाली (Vepour Compression System)

पूरे वर्ष का वातानुकूलन (All the year round air-conditioner) यह यूनीवर्सल वातानुकूलित सिस्टम है जो पूरे वर्ष आवश्यक हवा व तापमान का बदलाव में वातानुकूलन करता है। सादे एयरकंडीशनर को पूरे वर्ष के एयरकंडीशनर में बदला जा सकता है इसमें चार वाल्व संपीडित प्रशीतक की दिशा बदलने के लिये लगाये जाते हैं। गर्मी के दिनों में वाल्व संख्या एक व दो (v_1, v_2) खुले रहते हैं तथा वाल्व तीन व चार (v_3, v_4) बन्द रहते हैं तथा जाड़े के दिनों में वाल्व तीन, व चार (v_3, v_4) खुले रहते हैं तथा वाल्व एक व दो (v_1, v_2) बन्द रहते हैं इस प्रकार एवेपोरेटर गर्म पिंड के तार पर कार्य करता है। यह प्रणाली चित्र 8.15 में प्रदर्शित की गयी है।



चित्र 8.15—वाष्प सम्पीड़न प्रणाली

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 1. 30°C DBT तथा 45% RH की वायु को 17°C DBT तथा 15°C WBT वाली वायु में बदला जाता है। हवा से निकाले जाने वाली ऊष्मा तथा ज्ञेय ऊष्मा गुणांक ज्ञात करो।

हल—दिया है—

$$t_{d_1} = 30°C$$

$$\phi = 45\%, \; t_{d_2} = 17°C, \; t_{w_2} = 15°C$$

सर्वप्रथम साइक्रोमीटरिक चार्ट पर 30°C DBT तथा 45% RH वाली प्रथम अवस्था बन्दु (1) द्वारा प्रदर्शित करते हैं। इसके पश्चात् अन्तिम अवस्था 17°C DBT तथा 15°C WBT को बिन्दु (2) से ऊर्ध्वाधर रेखा खींचकर कटान बिन्दु 'A' प्राप्त करते हैं। अब साइक्रोमीट्रिक चार्ट चित्र 8.16 से,

$h_1 = 60$ kJ/kg of dry air

$h_2 = 41$ kJ/kg of dry air

$h_A = 49$ kJ/kg of dry air

(1) वायु से निकाले जाने वाली ऊष्मा

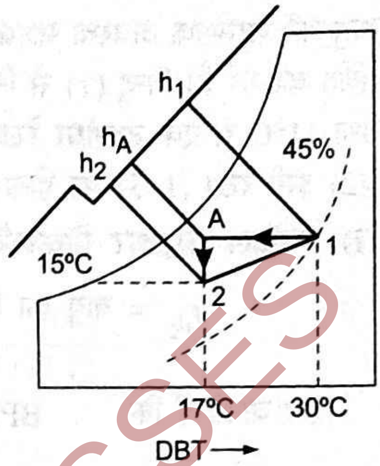
$= (h_1 - h_2) = 60 - 41$

= 19 kJ/kg of dry air उत्तर

(2) क्षेय ऊष्मा गुणांक

$$\text{SHF} = \frac{h_1 - h_A}{h_1 - h_2} = \frac{60-49}{60-41}$$

= 0.58 उत्तर



चित्र 8.16

उदाहरण 2. 16°C DBT तथा 25% RH वाली वायु की एक भट्टी तथा बाद में एक आर्द्रीकरण से इस प्रकार गुजारा जाता है कि 30°C DBT तथा 50% RH वाली वायु प्राप्त होती है। वायु द्वारा अवशोषित ऊष्मा तथा नमी (moisture) ज्ञात करो। प्रक्रिया का क्षेय ऊष्मा गुणांक भी ज्ञात करो।

हल—सर्वप्रथम साइक्रोमीट्रिक चार्ट पर 16°C DBT तथा 25% *RH* वाली प्रथम अवस्था बिन्दु (1) से तथा 30°C DBT तथा 50% *RH* वाली द्वितीय बिन्दु (2) से प्रदर्शित करते हैं। बिन्दु (1) से क्षैतिज तथा बिन्दु (2) से ऊर्ध्वाधर रेखा खींचकर बिन्दु (*A*) प्राप्त करते हैं। देखें चित्र 8.17।

साइक्रोमीटरिक चार्ट से, $h_1 = 23$ kJ/kg of dry air

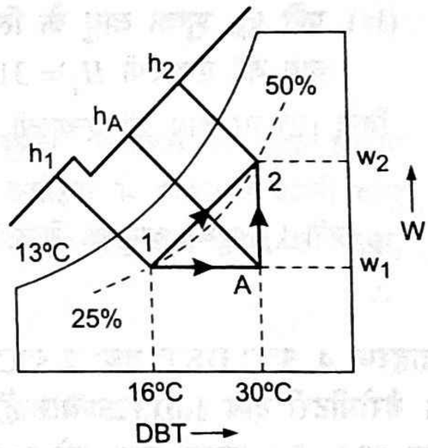
$h_2 = 64.5$ kJ/kg of dry air

$h_A = 37.5$ kJ/kg of dry air

वायु द्वारा अवशोषित ऊष्मा $= h_2 - h_1$

$= 64.5 - 23$

= 41.5 kJ/kg of dry air उत्तर



चित्र 8.17

पुन: चार्ट से $w_1 = 0.0028$ kJ/kg of dry air,

$w_2 = 0.0134$ kJ/kg of dry air

वायु द्वारा अवशोषित नमी $= 0.0134 - 0.0028$

= 0.0106 kJ/kg of dry air उत्तर

क्षेत्र ऊष्मा गुणांक (Sensible heat factor)

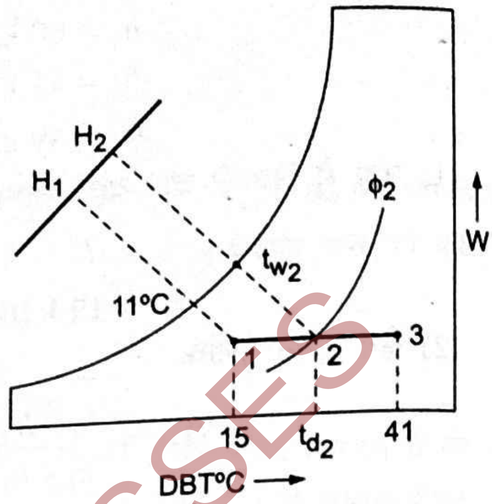
$$\text{SHF} = \frac{h_A - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{37.5-23}{64.5-23} = \mathbf{0.35}$$ उत्तर

उदाहरण 3. 15°C DBT तथा 11°C WBT वाली वायु, जिस पर दाब 760 mm (पारे के) है, 41°C तापमान वाली तापन क्वॉइल पर प्रवेश करती है। तापन क्वॉइल का उपमार्ग गुणक (B.P.F) 0.5 मानते हुए ज्ञात करें—(i) क्वॉइल छोड़कर निकलने वाली वायु का DBT, (ii) WBT, तथा (iii) सापेक्ष आर्द्रता (R.H.)। प्रति kg शुष्क वायु के लिए वायु को दी गई ज्ञेय ऊष्मा (S.H.) भी ज्ञात कीजिये।

हल—दिया है— $p_b = 760$ mm of Hg, $t_{d_1} = 15°C$, $t_{w_1} = 11°C$, $t_{d_3} = 41°C$, BPF = 0.5

AKC TECHNICAL CLASSES

वायु की प्रारम्भिक अवस्था साइक्रोमीटरी चार्ट (चित्र 8.18) में बिन्दु (1) से प्रदर्शित की गई है। बिन्दु (1) से नियत विशिष्ट आर्द्रता के लिए एक क्षैतिज रेखा तथा 41°C से एक उर्ध्वाधर रेखा खींचते हैं जो बिन्दु (3) पर काटती है। बिन्दु (2) इसी रेखा (1–3) पर होगा।



चित्र 8.18

(i) क्वॉइल छोड़कर निकलने वाली वायु का DBT—माना

$$t_{d_2} = \text{वायु का निकास पर तापमान}$$

हम जानते हैं कि $\quad \text{BPF} = \dfrac{t_{d_3} - t_{d_2}}{t_{d_3} - t_{d_1}}$

$$\therefore \quad 0.5 = \frac{41 - t_{d_2}}{41 - 15} = \frac{41 - t_{d_2}}{26}$$

$$\therefore \quad t_{d_2} = 28°\text{C} \quad \text{उत्तर}$$

(ii) WBT—साइक्रोमीटरी चार्ट से बिन्दु (2) पर क्वॉइल से निकलने वाली वायु का तापमान t_{w_2} = **16.1°C उत्तर**

(iii) सापेक्ष आर्द्रता (R.H.)—साइक्रोमीटरी चार्ट से बिन्दु (2) पर क्वॉइल को छोड़कर जाने वाली वायु की सापेक्ष आर्द्रता $\phi_2 = 29\%$ **उत्तर**

(iv) प्रति kg शुष्क वायु के लिए, वायु की दी गई ज्ञेय ऊष्मा (S.H.)—साइक्रोमीटरी चार्ट से, बिन्दु (1) पर वायु की एन्थाल्पी $H_1 = 31.8$ kJ/kg of dry air

बिन्दु (2) पर वायु की एन्थाल्पी,

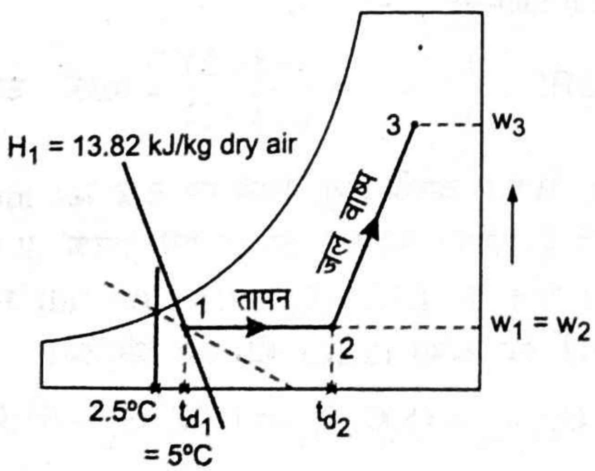
$$H_2 = \mathbf{46\ kJ/kg\ of\ dry\ air} \quad \text{उत्तर}$$

∴ प्रति kg शुष्क वायु के लिए, दी गई ज्ञेय ऊष्मा $H = H_2 - H_1$

$$\therefore \quad H = 46 - 31.8 = \mathbf{14.2\ kJ/kg\ of\ dry\ air} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 4. 5°C DBT तथा 2.5°C WBT पर 100 m³/min की दर से आर्द्र वायु एक कक्ष में प्रवेश करती है। बैरोमीटरी दाब 1.01325 बार हैं। कमरे में प्रवेश करते समय वायु 50 kW ज्ञेय ऊष्मा अवशोषित करती है तथा 50 kg/hr संतृप्त भाप, जो 110°C पर है, ग्रहण करती है। निकास पर वायु का DBT तथा WBT ज्ञात कीजिये।

हल—प्रवेश पर वायु का DBT = 5°C, WBT = 2.5°C, $m_a = 100\ \text{m}^3/\text{min}$ (देखें चित्र 8.19)



चित्र 8.19

AKC TECHNICAL CLASSES

चार्ट से, प्रवेश पर वायु का विशिष्ट आयतन = 0.792 m^3/kg

अत: वायु प्रवाह की मात्रा प्रति घण्टा $= \dfrac{100}{0.792} \times 60$ kg

$= 7575.75$ kg/hour

अत: $m_a(w_3 - w_1) = 50$ kg/hour

$\therefore \quad w_3 = w_1 + \dfrac{50}{m_a} = 0.0036 + \left(\dfrac{50}{7575.75}\right)$

$\therefore \quad w_3 = 0.0102$ kg/kg of dry air

भाप तालिका से, 110°C की संतृप्त भाप की एन्थाल्पी $H_v = 2691.5$ kJ/kg

अत: $m_a(H_3 - H_1) = 50 \times 3600 + 50 \times H_v$

$= 50 \times 3600 + 50 \times 2691.5$

$\therefore \quad H_3 = \left[\dfrac{50 \times 3600 + 50 \times 2691.5}{7575.75}\right] + 13.82$

$= 55.344$ kJ/kg of dry air

अत: साइक्रोमीट्रिक चार्ट से, बिन्दु (3) पर,

DBT = 30°C

तथा **WBT = 19.5°C** **उत्तर**

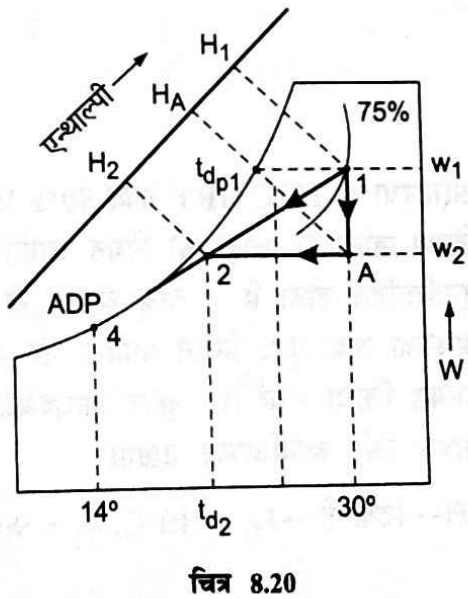
उदाहरण 5. 30°C DBT तथा 75% RH वाली वायु 200 m^3/min की दर से कूलिंग क्वॉइल पर प्रवेश करती है। क्वॉइल का DPT 14°C तथा BPF 0.1 है। ज्ञात कीजिये—(a) कूलिंग क्वॉइल से निकलने वाली वायु का तापमान (b) कूलिंग क्वॉइल की क्षमता *TR* तथा kW में (c) प्रति मिनट निकाले गये जल वाष्प की मात्रा, तथा (d) प्रक्रिया का SHF.

हल—दिया है— $t_{d_1} = 30°C, \phi_1 = 75\%, v_1 = 200\ m^3/min$

ADP $= t_{d_4} = 14°C$, BPF = 0.1 (देखें चित्र 8.20)

(a) कूलिंग क्वॉइल से निकलने वाली वायु का तापमान—माना t_{d_2} = कूलिंग क्वॉइल से निकलने वाली वायु का तापमान सर्वप्रथम 30°C DBT तथा 75% RH वाली वायु की स्थिति, साइक्रोमीट्रिक चार्ट पर बिन्दु (1) से दर्शाते हैं। चार्ट से बिन्दु (1) पर प्रवेश करने वाली वायु का DPT $t_{d_{p1}} = 23°C$ ज्ञात करते हैं।

क्योंकि क्वॉइल का DPT (or ADP), प्रवेशित वायु के DPT से कम है, अत: यह कूलिंग तथा निरार्द्रीकरण (cooling and dehumidification) प्रक्रिया है।



चित्र 8.20

अत: उपमार्ग गुणक BPF $= \dfrac{t_{d_2} - t_{d_4}}{t_{d_1} - t_{d_4}}$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\therefore \quad 0.1 = \frac{t_{d_2} - ADP}{t_{d_1} - ADP} = \frac{t_{d_2} - 14}{30 - 14}$$

$$\therefore \quad 0.1 \times (16) = t_{d_2} - 14$$

$$\therefore \quad t_{d_2} = 15.6°C \quad \textbf{उत्तर}$$

(b) कूलिंग क्वॉइल की क्षमता—क्वॉइल से निकलने वाली वायु की अन्तिम अवस्था बिन्दु (1) व (4) को मिलाने वाली रेखा पर बिन्दु (2) द्वारा प्रदर्शित है। रेखा 1–2 कूलिंग तथा निराद्रींकरण को दर्शाती है। जहाँ (1–*A*) निराद्रींकरण तथा (2–*A*) कूलिंग प्रक्रिया होगी अब साइक्रोमीटरी चार्ट से,

w_1 = बिन्दु (1) पर वायु की वि० आर्द्रता = 0.20 kJ/kg of dry air

इसी प्रकार w_2 = 0.0115 kJ/kg of dry air, v_{s_1} = बिन्दु (1) पर वि० आयतन 0.887 m^3/kg of dry air

बिन्दु (1) पर एन्थाल्पी = H_1 = 82 kJ/kg of dry air

बिन्दु (*A*) पर एन्थाल्पी = H_1 = 52 kJ/kg of dry air

बिन्दु (2) पर एन्थाल्पी, H_2 = 47 kJ/kg of dry air

हम जानते हैं कि कूलिंग क्वॉइल से गुजरने वाली वायु की मात्रा,

$$m_a = \frac{v_1}{v_{s_1}} = \frac{200}{0.887} = 225.5 \text{ kg/min}$$

कूलिंग क्वॉइल की क्षमता (TR) में $= m_a(H_1 - H_2) = 225.5(82 - 47)$

$$= 7892.5 \text{ kJ/min} = \frac{7892.5}{210} = \textbf{37.4 TR} \quad \textbf{उत्तर}$$

तथा क्वॉइल की क्षमता (kW) में $= \dfrac{7892.5}{60} = \textbf{131.5 kW}$ **उत्तर**

(c) प्रति मिनट निकाली गई जलवाष्प की मात्रा—हम जानते हैं कि निकाली गई जल वाष्प की मात्रा

$$= m_a(w_1 - w_2) = 225.5(0.02 - 0.0115) = \textbf{1.9 kg/min} \quad \textbf{उत्तर}$$

(d) प्रक्रिया का S.H.F.—हम जानते हैं कि

$$\text{S.H.F.} = \frac{H_A - H_2}{H_1 - H_2} = \frac{52 - 47}{82 - 47}$$

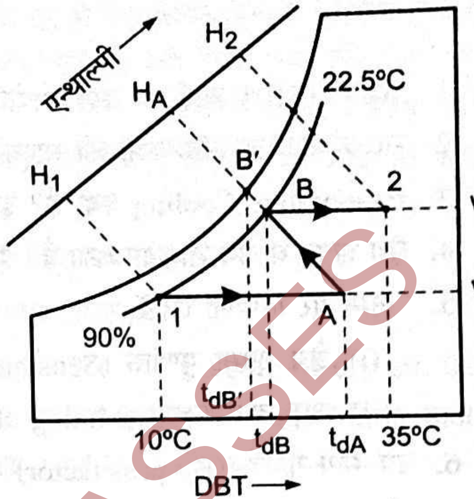
$$= \textbf{1.043} \quad \textbf{उत्तर}$$

उदाहरण 6. 10°C DBT तथा 90% RH वाली वायु को 35°C DBT तथा 22.5°C WBT तक गर्म तथा आद्रित किया जाता है। वायु को नियत आर्द्रता पर पहले गर्म किया जाता है तथा फिर वायु-वाशर में भेजा है जहाँ जल पुनर्प्रवाहित होता है । वायु-वाशर से निकलने वाली वायु की RH 90% होती है। यहाँ से वायु को अन्तिम अवस्था तक पुनः नियत आर्द्रता पर गर्म किया जाता है। ज्ञात कीजिये—(i) तापमान, जहाँ तक वायु को पूर्ण तापित किया गया (ii) कुल आवश्यक तापन (iii) वायु-वाशर में आवश्यक क्षतिपूरक जल, तथा (iv) वायु-वाशर की आर्द्रीकरण दक्षता।

हल—दिया है—t_{d_1} = 10°C, ϕ_1 = 90%, t_{d_2} = 35°C, t_{w_2} = 22.5°C

AKC TECHNICAL CLASSES

सर्वप्रथम, जैसा चित्र 8.21 में प्रदर्शित है, वायु की प्रारम्भिक अवस्था बिन्दु (1) तथा अन्तिम अवस्था बिन्दु (2) द्वारा प्रदर्शित करते हैं। अब बिन्दु (2) से एक क्षैतिज रेखा खींचते हैं जो 90% RH वाली रेखा को बिन्दु B पर काटती है। अब बिन्दु B से नियत WBT वाली रेखा B–A खींचते हैं जो बिन्दु (1) से खींची गई क्षैतिज रेखा के बिन्दु A पर मिलती है। इस प्रकार रेखा (1–A) वायु का पूर्व तापन, रेखा (A–B) आर्द्रीकरण तथा रेखा (B–2) वायु का अन्तिम अवस्था तक पूर्वतापन को प्रदर्शित करता है।



चित्र 8.21

(i) तापमान, जहाँ तक वायु को पूर्वतापित किया गया—साइक्रोमीटरी चार्ट से, बिन्दु (A) पर तापमान $t_{d_A} = 31.2°C$ **उत्तर**

(ii) कुल आवश्यक तापन—साइक्रोमीटरी चार्ट से,

$$H_1 = 27.2 \text{ kJ/kg of dry air}$$

$$H_A = 49.2 \text{ kg of dry air}$$

$$H_2 = 67 \text{ kJ/kg of dry air}$$

अत: पूर्वतापन (1–A) में आवश्यक ऊष्मा $= H_A = H_1 = 49.2 - 27.2$

$= 22$ kJ/kg of dry air

पूर्वतापन (B–2) में आवश्यक ऊष्मा $= H_2 - H_B = 67 - 49.2$

$= 17.8$ kJ/kg of dry air

अत: कुल आवश्यक तापन $= 22 + 17.8 =$ **39.8 kJ/kg of dry air** **उत्तर**

(iii) वायु वाशर में आवश्यक क्षतिपूरक जल—चार्ट से,

$$w_1 = 0.0068 \text{ kg/kg of dry air}$$

$$w_2 = 0.012 \text{ kg/kg of dry air}$$

वायु वाशर में आवश्यक क्षतिपूरक जल $= w_B - w_A = W_2 - W_1$

$= 0.012 - 0.0068 =$ **0.0052 kg/kg of dry air** **उत्तर**

(iv) वायु वाशर की आर्द्रीकरण क्षमता—साइक्रोमीटरी चार्ट से,

$$t_{d_B} = 18.5°C$$

तथा $$t'_{d_B} = 17.5°C$$

माना वायु वाशर की आर्द्रीकरण दक्षता $= \eta_H$

$$\therefore \quad \eta_H = \frac{\text{DBT में वास्तविक कमी}}{\text{DBT में आदर्श कमी}} = \frac{t_{d_A} - t_{d_B}}{t_{d_A} - t'_{d_B}}$$

$$\eta_H = \frac{31.2 - 18.5}{31.2 - 17.5} = \frac{12.7}{13.7} = \mathbf{0.927} \text{ या } \mathbf{92.7\%} \text{ उत्तर}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रश्नावली

1. साइक्रोमीटरिक चार्ट का क्या उपयोगिता है? इसे समझाइये कि इसकी रचना कैसी होती है?
2. साइक्रोमीटरिक प्रक्रियाओं को साइक्रोमीटरिक चार्ट पर प्रदर्शित कीजिये।
3. Evaporative Cooling क्या है? इसे चार्ट पर कैसे प्रदर्शित करेंगे।
4. ज्ञेय तापन व ज्ञेय शीतलन क्या है? इन्हें साइक्रोमीटरिक चार्ट पर प्रदर्शित कीजिये।
5. निम्न पर टिप्पणी लिखें—
   (i) ज्ञेय ऊष्मा गुणांक (Sensible heat factor)
   (ii) वायु का मिश्रण (Mixing of air)
6. उप-मार्ग गुणक (By-pass factor) क्या होती है? तापन क्वॉइल तथा कूलिंग क्वॉइल के लिए BPF का सूत्र लिखिये।
7. शीतलन व निराद्रीकरण की प्रक्रिया को साइक्रोमीटरिक चार्ट पर प्रदर्शित कीजिये।
8. वातानुकूलन के सन्दर्भ में आर्द्रीकरण तथा अनार्द्रीकरण से क्या अभिप्राय है?
9. उपकरण ओसांक (Apparatus dew point) ADP क्या होता है?
10. तापन व आर्द्रीकरण की प्रक्रिया का वातानुकूलन में क्या महत्व है? इसे चार्ट पर प्रदर्शित कीजिये।
11. सिद्ध कीजिये कि किसी आर्द्र वायु की एन्थाल्पी, साइक्रोमीटरी चार्ट में WBT रेखा पर, नियत रहती है।
12. वायु का निराद्रीकरण क्यों आवश्यक है तथा इसे किस प्रकार प्राप्त किया जाता है?
13. वातानुकूलन में ऊष्मा भार को समझाइये।
14. विभिन्न प्रकार के ऊष्मा भारों को संक्षेप में समझाइये।
15. ज्ञेय तथा गुप्त ऊष्मा भार (Sensible and latent heat load) में अन्तर स्पष्ट करें।
16. केन्द्रीय वातानुकूलन प्रणाली पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।
17. केन्द्रीय वातानुकूलन प्रणाली तथा यूनिट वातानुकूलन प्रणाली के परस्पर लाभ व हानियाँ लिखिये।
18. वातानुकूलन में वायु पुन:संचारित (recirculate) क्यों की जाती है?
19. एअर-कंडीशनर तथा एअर-कूलर में क्या अन्तर है?
20. एक स्वच्छ रेखाचित्र बनाकर window type air conditioner का कार्य समझाइये।
21. रेखाचित्र द्वारा सम्पूर्ण-वर्ष-वातानुकूलन पद्धति समझाइये।
22. 30° D.B.T. व 15° W.B.T. वायु के अन्य गुण चार्ट द्वारा ज्ञात कीजिये।
23. बाह्य वायु 0°C व 80% R.H. पर 23°C तक तापित की जाती है। सापेक्ष आर्द्रता व एनथाल्पी में बढ़ोत्तरी ज्ञात कीजिये व आयतन में परिवर्तन प्रति किलोग्राम शुष्क वायु भी ज्ञात कीजिये।
    [उत्तर—20.2% 20.58 kJ/kg of dry air, 0.056 m^3/kg]
24. 150 m^3 वायु 30°C व 40% R.H. से 15°C तक ठण्डी की जाती है। वायु दाब 10^5 N/m^2 है। हटाई गई ऊष्मा (heat removed) ज्ञात करो।
    [उत्तर—2637.6 kJ]
25. एक इमारत के कमरे में हवा की आपूर्ति 17°C तथा 60% आपेक्षिक आर्द्रता पर करनी है। यदि बैरोमीटिक दाब 1.0132 bar है तो विशिष्ट आर्द्रता तथा ओसांक ज्ञात करो।
    [उत्तर—$W = 7.217 \times 10^{-3}$ kJ/kg of dry air, t_{d_p} = 9°C]
26. वायुमण्डलीय वायु का DBT 35°C तथा सापेक्ष आर्द्रता 50% है साइक्रोमीटरी चार्ट का प्रयोग करते हुए ज्ञात कीजिये—
    (i) WBT (ii) आर्द्रता अनुपात (iii) ओसांक तापमान, तथा (iv) प्रति kg dry air के लिए वायु की एन्थाल्पी
    [उत्तर—26.2°C, 0.0178 kg/kg of dry air, 23°C, 81 kJ/kg of dry air]

AKC TECHNICAL CLASSES

27. वायुमण्डलीय वायु 15°C DBT तथा 80% सापेक्ष आर्द्रता पर 100 m^3/min की दर से एक तापन कक्ष में प्रवाहित की जाती है। कक्ष से निकलने वाली वायु का तापमान 22°C है जबकि नमी की मात्रा नियत रहती है। प्रति मिनट वायु को दी गई ऊष्मा तथा वायु की अन्तिम सापेक्ष आर्द्रता ज्ञात कीजिये। [उत्तर—843 kJ/min, 52%]

28. 35°C DBT तथा 25°C WBT वाली वायु एक कूलिंग क्वॉइल पर 280 m^3/min की दर से प्रवाहित की जाती है। क्वॉइल से निकलने वाली वायु का DBT 26.5°C तथा 50% RH है। ज्ञात कीजिये—
   (i) कूलिंग क्वॉइल की क्षमता (T.R. में) (ii) निकलने वाली वायु का WBT.
   (iii) प्रति मिनट निकाली गई जल वाष्प की मात्रा, तथा (iv) ज्ञेय ऊष्मा गुणक (SHF)
   [उत्तर—31.98 TR, 19.2°C, 1.56 kg/kg of dry air, 0.39]

29. 31°C DBT तथा 18.5°C WBT वाली वायु को 40 m^3/min की दर से एक कूलिंग क्वॉइल पर प्रवाहित किया जाता है। कूलिंग क्वॉइल की सतह का प्रभावी तापमान 4.5°C तथा इसकी कूलिंग क्षमता 12.5 kW। ज्ञात कीजिये—
   (i) कॉयल से निकलने वाली वायु का DBT तथा WBT
   (ii) क्वॉइल से निकलने वाली वायु की एन्थाल्पी तथा
   (iii) क्वॉइल का उप-मार्ग गुणक (BPF) [उत्तर—18.8°C, 12.7°C, 35.6 kJ/kg of dry air, 0.52]

30. 20°C तापमान तथा 60% RH वाली वायु को इस प्रकार तापित तथा आर्द्रित (humidified) किया जाता है कि उसका अन्तिम DBT 30°C तथा RH 50% हो जाती है। प्रति मिनट वायु को दी गई ऊष्मा तथा नमी की मात्रा ज्ञात करे जबकि प्रवेश पर वायु का आयतन 100 m^3/min है। [उत्तर—2636.5 kJ/min, 0.57 kg/min]

31. 10°C DBT तथा 8°C WBT वाली वायु के प्रवाह की दर 15 m^3/min है। पहले तापन तथा उसके बाद रुद्धोष्म आर्द्रीकरण (adiabatic humidification) द्वारा वायु का तापमान 20°C तथा RH 60% की जाती है। ज्ञात कीजिये—(i) तापन क्वॉइल की क्षमता kW में (ii) यदि BPF 0.32 हो तो क्वॉइल की सतह का तापमान, तथा (iii) आर्द्रीकारक (humidifier) की क्षमता। [उत्तर—3.6 kW, 26.77°C, 0.0555 kg/min]

AKC TECHNICAL CLASSES

9 Chapter

प्रशीतन एवं वातानुकूलन में नवीनतम विकास

(LATEST DEVELOPMENT IN REFRIGERATION AND AIR-CONDITIONING)

§ 9.1. परिचय (Introduction) :

आधुनिक समय में प्रत्येक तकनीक का दिन-प्रतिदिन तेजी के साथ विकास हो रहा है तथा बाजार में नित नयी एवं और अधिक उपयोगी तकनीक वाले उत्पाद उपलब्ध हो रहे हैं। प्रशीतन एवं वातानुकूलन के क्षेत्र में भी बहुत तेजी के साथ विकास हुआ है। इस क्षेत्र में हुये कुछ नवीनतम विकास का वर्णन निम्न प्रकार है—

(a) इन्वर्टर तकनीक (Invertor Technology)

इन्वर्टर तकनीक पर आधारित एअर कंडीशनर बिजली बचाने में काफी कारगर सिद्ध हो सकते हैं। जब किसी स्थान जैसे घर, दुकान अथवा ऑफिस आदि में एक एअर कंडीशनर लगाया जाता है तो उस स्थान पर बिजली की खपत बढ़ जाती है तथा बिल भी बहुत अधिक बढ़ जाता है। सही तकनीक (Technology) के चयन, सही स्थापन/रखरखाव/संचालन तथा सही इन्सुलेशन के समावेश से इस खपत तथा बिल को कुछ हद तक कम किया जा सकता है। सबसे कुशल एवं नवीनतम तकनीक से परिपूर्ण जो एअर कंडीशनर, आज बाजार में उपलब्ध है, वह है इन्वर्टर तकनीक आधारित एअर कंडीशनर। इन्वर्टर तकनीक का डिजाइन सम्बन्धी खाका ऐसा बनाया गया है कि वह नियमित रूप से 30-50% बिजली की खपत को कम कर सके।

(b) इन्वर्टर तकनीक आधारित एअरकंडीशनर (Invertor Technology based Airconditioner)

यह तकनीक, किसी कार में लगे एक एक्सेलेरेटर (Accelerator) की भाँति कार्य करती है। जब सम्पीड़क (Compressor) को अधिक बिजली की जरूरत होती है, तब उसे अधिक बिजली/शक्ति प्रदान की जाती है तथा जब कम बिजली की जरूरत होती है, तब उसे कम बिजली/शक्ति प्रदान की जाती है। सम्पीड़क का कम या अधिक शक्ति लेना, हवा के तापमान तथा थर्मोस्टेट में निर्धारित स्तर पर निर्भर करता है। इस प्रकार सम्पीड़क की गति तथा शक्ति को ठीक से समायोजित किया जाता है। इस तकनीक को जापान में विकसित किया गया था तथा वहाँ पर यह तकनीक रेफ्रिजेरेटर तथा एअर कंडीशनर में सफलतापूर्वक प्रयोग की जा रही है। यह तकनीक वर्तमान में केवल स्पिल्ट एअरकंडीशनर में ही उपलब्ध है।

इन्वर्टर तकनीक का लाभ (Advantages of Invertor Technology)

प्रत्येक एअरकंडीशनर एक अधिकतम पीक लोड़ (Peak load) के लिए बनाया जाता है। इसका अर्थ है कि 1·5 टन का एक एअरकंडीशनर निश्चित आकार के एक कमरे के लिए तथा 1 टन का एअरकंड़ीशनर दूसरे निश्चित आकार के कमरे के लिए बनाया जाता है। परन्तु प्रत्येक कमरा एक निश्चित आकार का नहीं होता। एक सामान्य 1·5 टन क्षमता का एअरकंडीशनर, सम्पीड़क के चलने पर, हमेशा नियमित रूप से पीक लोड़ बिजली क्षमता की आवश्यकता पर चलेगा जबकि इनवर्टर प्रौद्योगिकी पर आधारित कंड़ीशनर लगातार चलता रहेगा और उतनी ही बिजली की खपत करेगा जितना की वांछित स्तर पर स्थिर तापमान बनाये रखने के लिए आवश्यक हो।

इस प्रकार इन्वर्टर तकनीक एक तरह से स्वचालित रूप से, कमरे की आवश्यकता के आधार पर अपनी क्षमता को अनुकूलित कर देती है जिससे बहुत कम बिजली की आवश्यकता होती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

उपरोक्त के अतिरिक्त इन्वर्टर तकनीक के कुछ अन्य लाभ निम्न प्रकार हैं—

(1) साधारण एअरकंडीशनर को चालू करने में 3-4 गुना ज्यादा करंट (Current) लगता है परन्तु इन्वर्टर तकनीक वाले एअरकंडीशनर या फ्रिज की मोटर को चालू होने के लिए काफी कम करंट की आवश्यकता होती है।

(2) साधारण मोटर का शक्ति गुणांक (Power factor) काफी कम होता है जोकि औद्योगिक क्षेत्रों में बिजली बिल के लिए अत्यन्त महत्वपूर्ण होता है। इन्वर्टर तकनीक वाले एअरकंडीशनर का शक्ति गुणांक 1 के आस-पास होता है जिससे बिजली की बचत भी होती है तथा बिल में भी कमी आती है।

(3) सौर ऊर्जा (Solar energy) द्वारा इन्वर्टर तकनीक पर आधारित एअरकंडीशनर को चलाने के लिए चालू करते समय तथा परिचालन में कम बिजली की आवश्यकता होती है अत: कम पैनल (Panels) तथा छोटे इन्वर्टर से भी एअरकंडीशनर को चलाया जा सकता है जबकि साधारण एअरकंडीशनर फ्रिज में बड़े इन्वर्टर और ज्यादा पैनल की आवश्यकता होगी।

क्रिया सिद्धान्त (Working Principle)—इन्वर्टर तकनीक आधारित एअरकंडीशनर परिवर्तनीय गति के होते हैं तथा सम्पीडक सदैव "आन (ON)" मोड़ में रहता है जबकि साधारण एअरकंडीशनर निश्चित गति के होते हैं तथा उससे सम्पीडक "आन (ON)" अथवा "ऑफ (OFF)" मोड़ में रहते हैं। साधारण एअरकंडीशनर का डिजाइन "पीक लोड़" (Peak load) के लिए किया जाता है और वे आवश्यकता से अधिक ठण्डा करते हैं जिसके लिए वे अधिक बिजली की खपत करते हैं।

साधारण एअरकंडीशनर में, जब कमरे का तापमान वांछित स्तर तक पहुँच जाता है, तब थर्मोस्टेट (Thermostat) सम्पीड़क को बंद करने का काम करता है। एअरकंडीशनर में, प्रशीतक (Refrigerant) कमरे से ऊष्मा अवशोषित करके तरल (liquid) से गैस में बदलता है तथा वाष्पित्र में ऊष्मा निष्कासित करके पुन: गैस से तरल में बदल जाता है। परन्तु यदि प्रशीतक की मात्रा अधिक हो तथा कमरे का तापमान कम हो तो तरल को गैस में बदलने के लिए कमरे के पर्याप्त गर्मी नहीं मिल पाती है और वह अपने तरल स्वरूप में ही रहता है।

जब थर्मोस्टेट, तापमान का सही अनुमान लगाकर सम्पीड़क को बंद करता है तब भी प्रशीतक तरल अवस्था में ही रहता है और गैस में परिवर्तित होने के लिए कमरे से अधिक ऊष्मा अवशोषित करता है फलस्वरूप कमरे को अधिक ठंडक प्रदान करता है। इसकी तुलना में, इन्वर्टर तकनीक पर आधारित एअरकंडीशनर कमरे से गर्मी के आधार पर प्रशीतक के प्रवाह की दर में निरन्तर परिवर्तन करता है। कम गर्मी में कम प्रवाह तथा अधिक गर्मी में अधिक प्रवाह करता है तथा सम्पीड़क चलता रहता है। इससे यह भी सुनिश्चित होता है कि कमरा वांछित तापमान पर ही बना रहे।

§ 9.2. स्वचालित विहिमीकरण (Auto-defrosting) :

स्वचालित विहिमीकरण एक तकनीक है जो रेफ्रिजेरेटर या फ्रीजर के वाष्पित्र को एक निश्चित समय अन्तराल के पश्चात् विहिमीकृत (defrost) करती रहती है।

"Auto-defrost, automatic defrost or self defrosting is a technique which regularity defrosts the evaporator in a refrigerator or freezer."

इस तकनीक का उपयोग करने वाले उपकरणों को अक्सर फ्रॉस्ट फ्री (frost free), फ्रास्ट लेस (frost less) या नो फ्रॉस्ट (No frost) कहा जाता है।

तंत्र (System)—एक रेफ्रिजेरेटर में डीफ्रॉस्ट तन्त्र थोड़े समय के लिए शीतलन अंग (Cooling Element) अर्थात् वाष्पीकरण करने वाली कुंडली (Evaporating Coil) को गर्म करता है और उस पर जमी बर्फ को पिघला देता है। इसके परिणामस्वरूप बना पानी, यूनिट (Unit) के पीछे की तरफ एक नलिका के माध्यम से निकलता है। डी फ्रास्टिंग को एक इलेक्ट्रिक या इलेक्ट्रॉनिक टाइमर द्वारा नियन्त्रित किया जाता है। प्रत्येक 6, 8, 10, 12 या 24 घंटे के कम्प्रेशर ऑपरेशन के लिए यह 15 मिनट से आधे घंटे तक डीफ्रॉस्ट हीटर पर बदल जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

यह डीफ्रास्ट हीटर जिसमें 300 Watt से 600 Watt तक की विशिष्ट बिजली रेटिंग होती है, को मॉडल के अनुसार स्थापित किया जाता है। ऊपर तथा नीचे फ्रीजर मॉडल में यह वाष्पक (Evaporator) के ठीक नीचे और कभी-कभी साइड़-बाय-साइड़ मॉडल में वाष्पक के बीच में स्थापित किया जाता है। यह गलनीय लिंक (Fusible Link) के माध्यम से शार्ट सर्किट से संरक्षित किया जा सकता है।

पुराने रेफ्रिजेरेटरों में टाइमर लगातार चलता रहता था लेकिन नये रेफ्रिजेरेटरों में टाइमर केवल तब चलता है जब कम्प्रेशर चलता है। रेफ्रिजेरेटर का गेट जितना अधिक बंद रहेगा, उतना ही कम मीटर चलेगा तथा अधिक ऊर्जा की बचत होगी। जब वाष्पक (Evaporator) का तापमान एक पूर्व निर्धारित तापमान से अधिक होता है और 40°F (5°C) से ऊपर हो जाता है तो एक डीफ्रास्ट थर्मोस्टेट (Defrost thermostat) हीटर सर्किट को खोल देता है। इससे फ्रीजर कक्ष (Freezer chamber) अधिक गर्म नहीं हो जाता है। डीफ्रास्ट टाइमर से एक ही समय में दोनों अर्थात् कम्प्रेसर या डीफ्रास्ट हीटर चालू नहीं होते हैं। दोनों आवश्यकतानुसार बारी-बारी से परिचालित होते हैं।

फ्रीजर के भीतर हवा का परिचलान एक अथवा अधिक पंखों (fans) के माध्यम से होता है। एक विशिष्ट डिजाइन में फ्रीजर कक्ष (Freezer Compartment) से ठण्डी वायु ताजा खाद्य कक्ष (Fresh food chamber) में प्रवाहित की जाती है। परिचालन के पश्चात् अपेक्षाकृत गर्म वायु पुन: फ्रीजर कक्ष में परिचालित की जाती है। वायु के परिचालन से, फ्रीजर कक्ष में रखे शीतित अवयवों (Frozen items) के ऊपर से जमी हुई बर्फ को उदात्तीकरण (Sublimation) में मदद मिलती है।

पारंपरिक शीतलन तत्वों (Cooling elements) के, जो फ्रीजर लाइनर में सन्निहित (Embedded) होते थे, के स्थान पर ऑटो डिफ्रास्ट अवयव लाइनर के पीछे या नीचे होते हैं। यह उन्हें फ्रीजर में रखे अवयवों को गर्म किये बिना, जमी बर्फ (frost) को हटाने के लिए कुछ समय अन्तराल में गर्म करने की अनुमति देता है।

वैकल्पिक रूप (alternatively) से कुछ तंत्र (system), वाष्पक (evaporator) को डिफ्रास्ट करने के लिए संघनित्र में गर्म गैसों (hot gas) का प्रयोग करते हैं। यह एक परिपथ (circuit) के माध्यम से किया जाता है जो एक थ्री-मार्गी वाल्व (Three Way Valve) द्वारा क्रॉस लिंक (Cross link) होता है। गर्म गैसें तेजी के साथ वाष्पक को गर्म करके डिफ्रास्ट (defrosts) कर देती है। इस प्रणाली का उपयोग प्रमुखतया वाणिज्यिक अनुप्रयोगों (Commercial applications) में किया जाता है उदाहरणतया-आइसक्रीम का डिस्प्ले (Display of icecream)।

लाभ (Advantages)

(1) फ्रास्ट बिल्ड़अप (Frost buildup) को मानवीय रूप से (manually) डिफ्रास्ट करने की आवश्यकता नहीं होती है अत: बिजली की खपत समय के साथ नहीं बढ़ती है।

(2) बेहतर तापमान प्रबन्धन (Better temperature management) प्राप्त होता है।

(3) अधिकांश जमे खाद्य पदार्थ (Most frozen foods) एक दूसरे से चिपकते नहीं हैं।

(4) खाद्य पैकेजिंग (Food packaging) देखने में आसान रहती है।

(5) टोटल फ्रॉस्ट-फ्री उपकरणों (Total frost free appliances) में विशेष रूप से गंध (smell) सीमित हो जाती है क्योंकि वायु का परिचालन होता रहता है।

हानियाँ (Disadvantages)

(1) अधिक उपयोग करने पर सिस्टम चलाना अधिक महंगा हो सकता है और यदि दरवाजा खुलने पर पंखा चालू रहता है या चलना शुरू हो जाता है।

(2) ताप अवयव (Heat element) की अधिकता को कम करने के लिए एक तापीय कटआउट (Thermal cutout) सुरक्षा उपकरण की आवश्यकता होती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

(3) रेफ्रिजेरेटर के दरवाजे के आसपास, गर्म तथा आर्द्र (Hot and humid) दिनों में संघनन (condensation) हो सकता है।

(4) मूल प्रशीत्रित्र (Basic refrigerator) के तुलना में विद्युतीय तथा यांत्रिक जटिलता बढ़ जाती है जिससे अवयवों के विफल होने की सम्भावना बढ़ जाती है।

(5) डिफ्रास्ट चक्र (Defrosing cycle) के दौरान फ्रीजर में रखे अवयवों के तापमान में वृद्धि होती है विशेषतया तब, जबकि फ्रीजर में रखे अवयवों की संख्या कम हो इससे फ्रीजर में रखे पदार्थों पर, आंशिक डिफ्रस्टिंग तथा पुनः फ्रिजिंग (Refreezing) करने से "फ्रीजर बर्न" (Freezer burn) की स्थिति आ जाती है।

(6) ऐसा संभव हो सकता है कि डिफ्रास्टिंग (Defrosting) प्रक्रिया, तय समय सीमा में पूर्ण न हो पाये और डिफ्रास्ट टाइमर चक्र (defrost timer cycles) अपने सामान्य परिचालन में वापस आ जाये। ऐसी स्थिति तब उत्पन्न हो जाती है जब गर्म तथा आर्द्र (hot and humid) परिस्थितियाँ हो तथा रेफ्रिजेरेटर का दरवाजा (door) बार-बार खुलता तथा बंद होता हो। इससे वाष्पित्र की कुण्डलियों (Evaporator coils) पर शेष बर्फ जमा रह जाती है। इससे "आइसिंग-अप" (icing up) की स्थिति बन जाती है जो रेफ्रिजेरेटर के परिचालन में बाधा उत्पन्न करती है।

§ 9.3. ब्लास्ट कूलिंग या ब्लास्ट चिलिंग (Blast Cooling or Blast Chilling) :

"ब्लास्ट कूलिंग अथवा चिलिंग कम तापमान पर भोजन को जल्दी ठंडा करने की एक विधि है जो बैक्टीरिया के विकास से अपेक्षाकृत सुरक्षित होती है।"

"Blast cooling or chilling is a method of cooling food quickly to a low temperature that is relatively safe from bacterial growth."

बैक्टीरिया +8°C (46°F) और +68°C (154°F) के बीच तेजी से बढ़ते हैं। पके हुए भोजन के तापमान को +70°C (158°F) से घटाकर +3°C (37°F) या 90 मिनट से कम समय में ठण्डा करके भोजन को भंण्डारण तथा बाद में सेवन के लिए सुरक्षित रखा जाता है। भोजन को संरक्षित करने की इस पद्धति का उपयोग प्रायः "फूड केटरिंग" (food catering) में होता है। वर्तमान में "तत्काल खाद्य" (instant food) की तैयारी में भी इसका उपयोग हो रहा है क्योंकि यह खाद्य उत्पादों की गुणवत्ता (quality) तथा सुरक्षा (safety) को सुनिश्चित करता है।

ब्लास्ट चिलर (Blast chiller) रेफ्रिरेजेटर के समान ही कार्य करता है परन्तु जिसका डिजाइन +3°C से +5°C के मध्य भोजन का भण्डारण करने के लिए किया जाता है। ब्लास्ट चिलर एक उच्च ग्रेड का तथा अधिक महंगा उपकरण है जो प्रायः केवल व्यावसायिक रसोई (commercial kitchen) में मापा जाता है।

§ 9.4. स्टार रेटिंग (Star Ratings) :

एक एअर कंडीशनर अथवा किसी इलेक्ट्रॉनिक उपकरण की उच्चतम स्टार रेटिंग 5 होती है तथा न्यूनतम स्टार रेटिंग 1 होती है। इसका अर्थ यह है कि एक 5-स्टार एकर कंडीशनर किसी कक्ष को अधिक दक्षतापूर्ण तरीके से ठण्डा करेगा। एक 3 स्टार एअर कंडीशनर की तुलना में एक 5 स्टार एअर कंडीशनर किसी कक्ष जल्दी ठण्डा करता है और बिजली की खपत भी कम करता है।

एक स्टार रेटिंग प्रणाली एक विद्युत उपकरण की ऊर्जा दक्षता को दर्शाती है। स्टार (star) की संख्या जितनी अधिक होगी, उतना ही अधिक कुशल होगा। स्टार रेटिंग प्रणाली को ब्यूरो ऑफ एनर्जी एफिशिएंसी (B.E.E.) भारत द्वारा तैयार की गई थी। इस प्रणाली ने यह सुनिश्चित किया कि उपकरणों की ऊर्जा दक्षता को आम आदमी आसानी से समझ सके।

AKC TECHNICAL CLASSES

एक स्टार रेटिंग में दो मापदण्डों (Criteria) को ध्यान में रखा जाता है—

(1) शीतलन क्षमता (cooling capacity), जो एक कमरे को ठण्डा करने की क्षमता की एक माप है। यह ब्रिटिश थर्मल यूनिट्स (BTU) में व्यक्त किया जाता है।

(2) ऊर्जा दक्षता रेटिंग (Energy efficient rating), जो इसे ठण्डा करने की मात्रा है जो एक निश्चित मात्रा में बिजली का उपयोग कर प्रदान कर सकती है।

3-स्टार ए०सी० और 5-स्टार ए०सी० की तुलना करना (Comparison between 3-star and 5-star A.C.)

एक विद्युत उपकरण की स्टार रेटिंग को ऊर्जा दक्षता अनुपात (EER) के रूप में निर्धारित किया जाता है। एक 3-स्टार ए०सी० में एक EER होता है जिसका मान 2.9 से 3.09 के बीच होता है और एक 5 स्टार ए०सी० में 3.3 या उससे ऊपर का EER होता है। यही कारण है कि एक 3-स्टार ए०सी० के लिए बिजली का बिल, सभी चरों को स्थिर रखते हुए, 5-स्टार ए०सी० के लिए बिजली के बिल से अधिक होगा।

प्रश्नावली

1. इन्वर्टर तकनीक पर आधारित एअरकंडीशनर पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। इसके लाभ भी बताइये।
2. इन्वर्टर तकनीक पर आधारित एअरकंडीशनर के क्रिया सिद्धान्त को समझाइये।
3. स्वचालित विहिमिकरण (Auto defrosting) को परिभाषित कीजिए तथा समझाइये।
4. स्वचालित विहिमिकरण के लाभों तथा हानियों का उल्लेख कीजिए।
5. ब्लास्ट कूलिंग (Blast cooling) पर संक्षिप्त टिप्पणी कीजिए।
6. स्टार रेटिंग (Star rating) को समझाइये। एक 3-स्टार तथा 5-स्टार रेटिंग वाले A.C. की तुलना करें।

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रयोगात्मक कार्य
(PRACTICALS)

प्रयोग संख्या-1

उद्देश्य (Object) :

विभिन्न प्रशीतन औजारों तथा उपकरणों का प्रदर्शन करना (Demonstration of various refrigeration tools and equipments)

आवश्यक उपकरण (Apparatus Required) :

विभिन्न प्रकार के प्रशीतन औजार एवं उपकरण।

विवरण (Details) :

प्रशीतन तथा वातानुकूलन से सम्बन्धित सर्विस इंजीनियरों को अपने रोजमर्रा के निरीक्षण एवं मरम्मत कार्यों के लिए हस्त औजारों (Hand tools) तथा उपकरणों (Instruments) की आवश्यकता होती है। एक सर्विस इंजीनियर को विभिन्न औजारों तथा उपकरणों का ज्ञान, उनके प्रयोग करने का तरीका, उनका अनुरक्षण (Maintenance) तथा हैण्डलिंग (Handling) का तरीका आदि का अच्छा ज्ञान होना आवश्यक है तभी वह सफलतापूर्वक तथा शीघ्रता से अपना कार्य सम्पादित कर पायेगा।

कुछ प्रमुख प्रशीतन औजार एवं उपकरणों का संक्षिप्त विवरण निम्न प्रकार है—

(i) गेज (Gauges)

प्रशीतन तथा वातानुकूलन सम्बन्धी सर्विस कार्यों में दो प्रकार के गेज प्रयुक्त होते हैं—

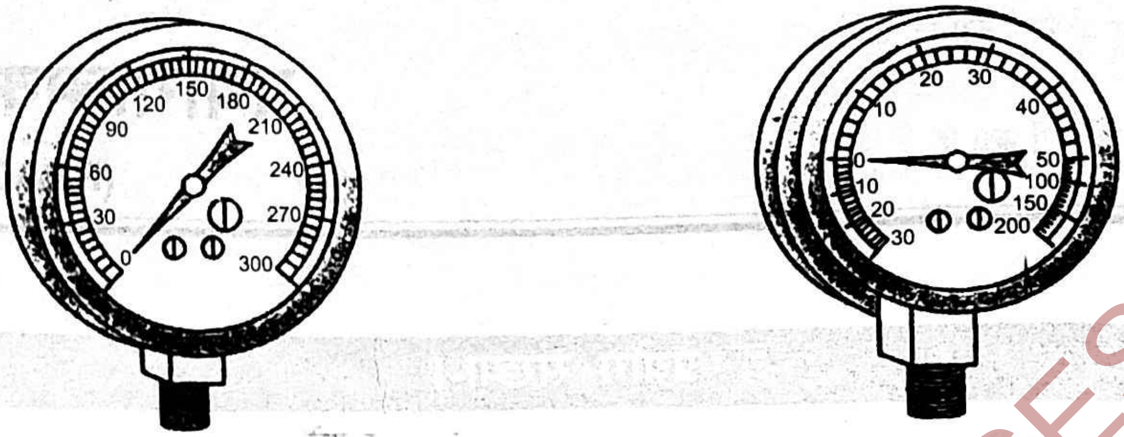
(a) **उच्च दाब गेज (High Pressure Gauge)**—ये गेज 0 से 300 पौंड़ प्रति वर्ग इंच तक का दाब मापने हेतु प्रयोग किये जाते हैं। इनमें एक डायल लगा होता है। देखे चित्र P.1.1(a)।

(b) **निम्न दाब गेज (Low Pressure Gauge)**—मानक प्रकार के निम्न दाब गेजों को संयुक्त गेज (Compound gauge) भी कहते हैं क्योंकि इनकी बनावट दोनों दाब को पौंड़ प्रति वर्ग इंच तथा निर्वात को पारे की ऊँचाई (इंच में) के पदों में पढ़ने के लिए उपयुक्त है। देखें चित्र P.1.1(b)

(ii) गेज मैनीफोल्ड़ सैट या संयुक्त गेज सैट (Gauge Manifold Set or Combination Gauge Set)

प्राय: छोटी यूनिटों में गेज नहीं लगे होते हैं अत: ऐसी यूनिटों में उच्च तथा निम्न दाब साइड का दाब मापने हेतु सर्विस इंजीनियर को स्वयं के गेज मैनीफोल्ड़ सैट की आवश्यकता पड़ती है। (देखें चित्र P.1.2)। यह साइड में छोटे होते हैं तथा इसमें दो टी-वाल्व तथा एक विशेष प्रकार की टी (Tee) लगी होती है। यह इस प्रकार बनी होती है कि स्टैम (Stem) के

AKC TECHNICAL CLASSES

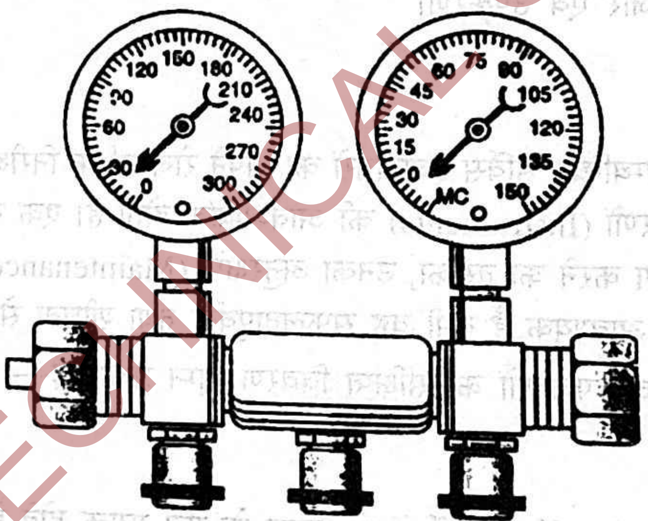


(a) उच्च दाब गेज

(b) निम्न दाब गेज

चित्र P.1.1 (a, b)—गेज (Gauges)

खुलने अथवा बंद होने से केवल एक वाल्व ओपनिंग प्रभावित होती है। शेष दो वाल्व ओपनिंग हमेशा खुली रहती है। इस सैट का प्रयोग निकाय में तेल डालते समय तथा प्रशीतक की मात्रा को बढ़ाने अथवा उसकी रीचार्जिंग करते समय किया जाता है।

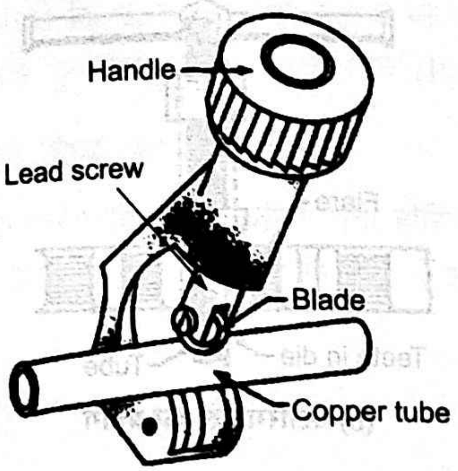


चित्र P.1.2—गेज मैनीफोल्ड़ सेट

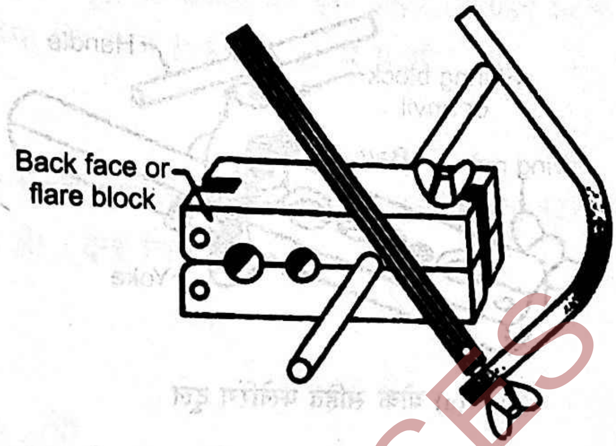
(iii) नलिका कर्तक (Tube Cutter)

प्रशीतन तथा वातानुकूलन प्रणालियों में दो प्रकार की कॉपर नलिकाओं का प्रयोग किया जाता है। सामान्यत: छोटी मशीनों में नरम कॉपर नलिकाओं का प्रयोग होता है। इन नलिकाओं को आसानी से स्थापित किया जा सकता है क्योंकि इन्हें किसी भी अवरोध (obstruction) के चारों ओर मोड़ा (bend) जा सकता है तथा अनेक कुहनी (elbow) को भी समाप्त (eliminate) किया जा सकता है। इसीलिए नरम कॉपर नलिका का कर्तन करने के लिए एक आसान तथा जल्दी कार्य करने की विधि ट्यूब कटर द्वारा कर्तन करना है जैसा कि चित्र P.1.3(a) में प्रदर्शित है। इस क्रिया में ट्यूब को दोनों रोलर तथा कटर पहिया के मध्य पकड़ा जाता है और लीड़ स्क्रू (lead screw) पर उच्च दाब लगाया जाता है। कटर को ट्यूब के चारों ओर घुमाते हुए तथा कटर पहिया को ट्यूब में धीरे-धीरे भरण (feed) देकर एक समकोणीय कट लगाते हैं। कठोर नलिकाओं को फ्लेरिंग ब्लॉक में रखकर धातु आरी द्वारा काटा जाता है जैसे चित्र P.1.3(b) में प्रदर्शित है।

AKC TECHNICAL CLASSES



(a) ट्यूब कटर



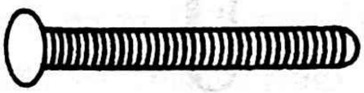
(b) आरी द्वारा फ्लेरिंग ब्लॉक में लगाकर नलिका कर्तन

चित्र P.1.3—नलिका कर्तक (Tube Cutter)

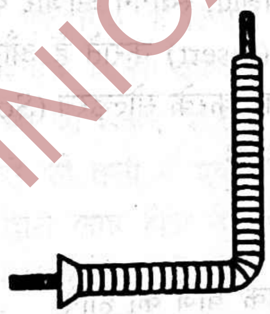
(iv) नलिका बैन्डर या स्प्रिंग बैन्डर (Tube Bender or Spring Bender)

नलिकाओं को मोड़ने (bend) हेतु दो प्रकार के बैन्डर उपलब्ध है—एक स्प्रिंग टाइप बैन्डर तथा दूसरा, पुली टाइप बैन्डर।

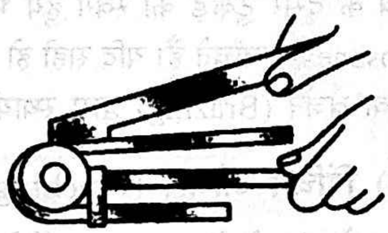
स्प्रिंग टाइप बैन्डर का प्रयोग किसी नलिका में मोड़ (bend) बनाने के लिए किया जा सकता है। इस प्रकार के बैन्डर का प्रयोग करते समय यह सुनिश्चित कर लेना चाहिए को ट्यूब आवश्यकता से कुछ ज्यादा मुड़े और फिर उचित कोण पर मुड़े। इसके पश्चात् स्प्रिंग को ढ़ीला करके आसानी से हटाया जा सकता है। जैसा कि चित्र P.1.4(a, b) में प्रदर्शित है।



(a) स्प्रिंग टाइप ट्यूब बैन्डर



(b) एक ट्यूब पर लगा स्प्रिंग बैन्डर



(c) पुली प्रकार का बैन्डर

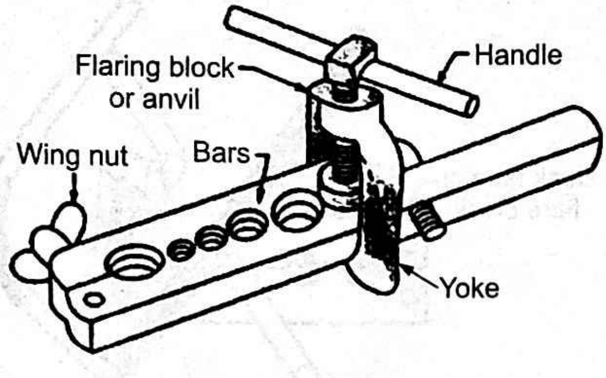
चित्र P.1.4—नलिका बैन्डर

चित्र P.1.5(c) में प्रदर्शित एक पुली टाइप बैन्डर को एक सतत् प्रक्रिया में 180° तक मोड़ बनाने के लिए प्रयोग किया जाता है। पुली पर बनने वाले मोड़ (bend) के कोण को दर्शाने के लिए अंशाकंन (calibrated) होता है।

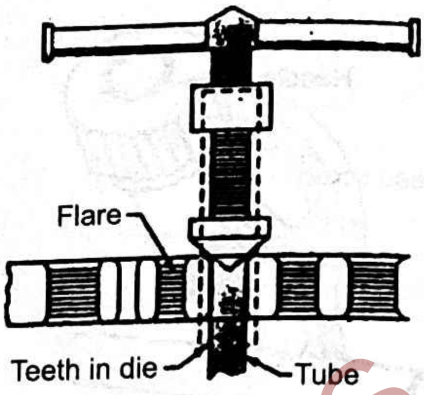
(v) फ्लेरिंग औजार (Flaring Tool)

फ्लेरिंग औजार में दो छड़ें (bars) होती हैं जो बोल्ट तथा फ्लाई नट की मदद से जुड़ी रहती हैं। इन छड़ों में विभिन्न साइजों की ट्यूबों के लिए $\frac{3''}{16}$ (inch) से लेकर $\frac{5''}{8}$ (inch) तक छिद्र बने रहते हैं। (देखें चित्र P.1.5(a))। फ्लेयर बनाने वाली डाई सहित योक इन छड़ों पर फिसलता है। इस औजार का प्रयोग बहुतायत से होता है क्योंकि यह सरल है तथा फ्लेरिंग प्रक्रिया करने में आसान है। इसके द्वारा सही तरीके से बने फ्लेयर (flare) एक गैसरोधी अर्ध स्थायी जोड़ (gas tight semi-permanent joint) बनाते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES



(a) योक सहित फ्लेरिंग टूल

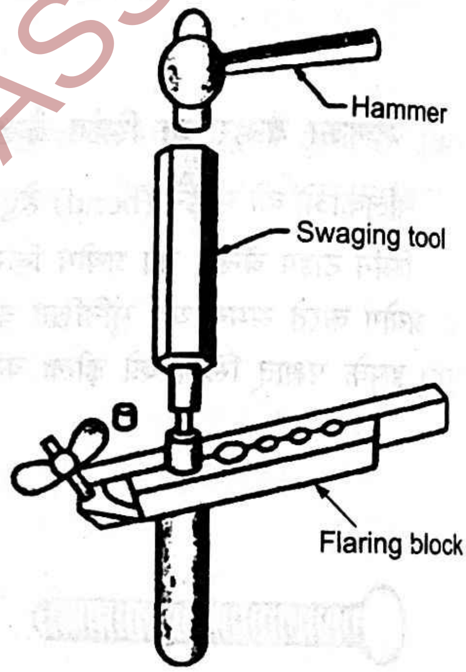


(b) फ्लेरिंग टूल का प्रयोग

चित्र P.1.5—फ्लेरिंग औजार

(vi) स्वेगिंग औजार (Swaging Tool)

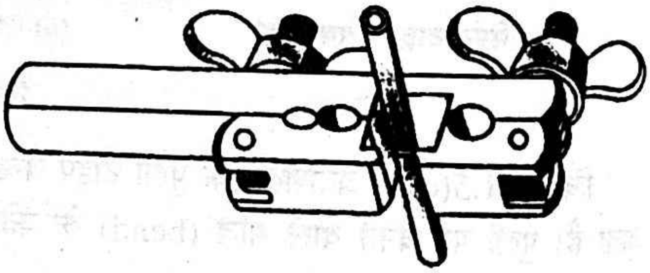
स्वेगिंग, कॉपर नलिकाओं को आकार देने की एक प्रक्रिया है जिससे की फिटिंग का प्रयोग किये बगैर दो टुकड़ों को जोड़ा जा सकता है तथा इस प्रक्रिया में प्रयुक्त होने वाला औजार पंच (punch) की आकृति का होता है। स्वेग की जाने वाली ट्यूब को फ्लेरिंग ब्लॉक (flaring block) में रखकर वाइस (vice) में पकड़ते हैं। फ्लेरिंग ब्लॉक के ऊपर ट्यूब की अधिकता इसके व्यास में 3 mm की वृद्धि करता है। चित्र P.1.6 में प्रदर्शित एक स्वेगिंग औजार को ट्यूब में उसके मूल व्यास के बराबर गहराई तक ठोका (hammer) जाता है। क्रिया के पश्चात, स्वेगिंग औजार को हटाकर ट्यूब के दूसरे टुकड़े को स्वेग हुये भाग में प्रविष्ट (insert) कराते हैं और ढ़ीलापन (looseness) जाँचते हैं। यदि सही हो तो जोड़ को गर्म करके सोल्ड़रन (Soldering) अथवा ब्रेजन (Brazing) द्वारा स्थायी जोड़ बनाते हैं।



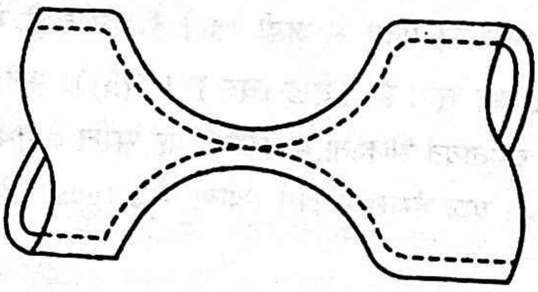
चित्र P.1.6—स्वेगिंग औजार

(vii) पिंचिंग औजार (Pinching Tool)

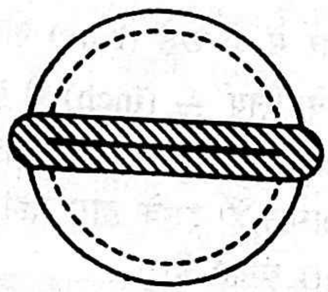
बड़े संयन्त्रों में, मरम्मत कार्यों के दौरान प्रशीतक चार्ज की हानि के बगैर, उसके किसी भाग अथवा सेक्शन को वाल्वों (Valves) की मदद से बंद किया जा सकता है। परन्तु छोटे सयन्त्रों में, जहाँ वाल्व नहीं होते, अनुरक्षण कार्यों/सर्विस के दौरान यह कार्य मुश्किल हो जाता है। अत: किसी अंग को बदलते अथवा मरम्मत करते समय प्रशीतक के क्षरण (Leakage) को रोकने के लिए पिंचिंग औजार (देखें चित्र P.1.7(a)) का प्रयोग कॉपर लाइन को बंद करने के लिए



(a) A sketch of pinching tool



(b) एक पिचिंत कॉपर ट्यूब



(c)

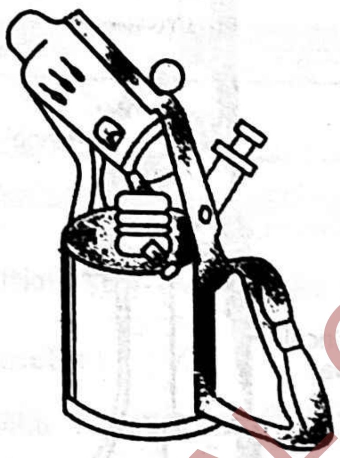
चित्र P.1.7—पिंचिंग औजार तथा उसका उपयोग

AKC TECHNICAL CLASSES

होता है जिससे कि खराब अंग को हटाया या बदला जा सके। पंचिग टूल के जबड़ों को इस प्रकार डिजाइन किया जाता है कि नलिकायें कुचलती नहीं है, मात्रा पिंच (Pinch) होती है जैसा कि चित्र P.1.7(b, c) में प्रदर्शित है।

(viii) ब्लो लैम्प (Blow Lamp)

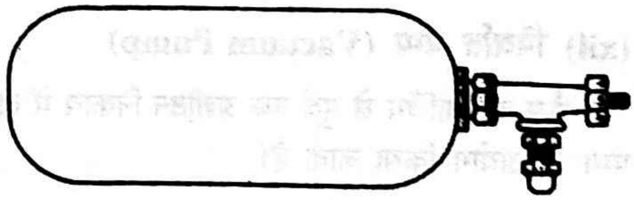
इसका प्रयोग सोल्डरिंग, ब्रेजिंग तथा हीटिंग उद्देश्यों के लिए किया जाता है। इसकी संरचना एक कुकिंग स्टोव की भाँति है जिसमें कैरोसीन तेल को ईंधन के रूप में प्रयोग किया जाता है। (देखें चित्र P.1.8)।



चित्र P.1.8—ब्लो लैम्प

(ix) गैस सिलेण्डर (Gas Cylinder)

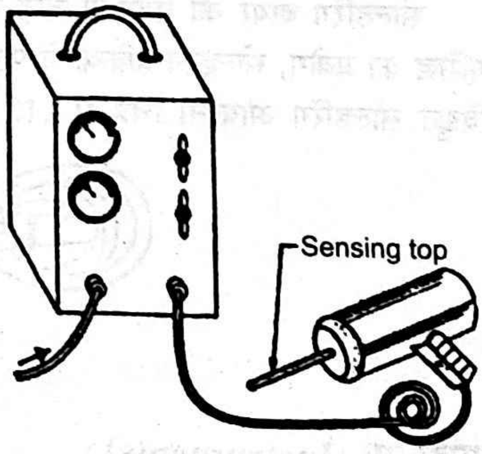
इन सिलेण्डरों का प्रयोग प्रशीतक गैसों के भण्डारण के लिए होता है। यह कॉस्ट स्टील का बना होता है जिसमें एक सर्विस वाल्व लगा होता है तथा इसका आकार इसमें भण्डार की जा सकने वाली गैस के भार पर निर्भर करता है। बड़ी सिलेण्डरों की तली में एक गलनीय प्लग (fusible plug) चूड़ीदार जोड़ द्वारा लगा होता है। इससे आग लगने की स्थिति में सिलेण्डर फटता नहीं है। (चित्र P.1.9(a)) में एक गैस सिलेण्डर प्रदर्शित है।



चित्र P.1.9—गैस सिलेण्डर

(x) इलेक्ट्रॉनिक क्षरण संसूचक (Electronic Leakage Detector)

यह एक विद्युत चालित उपकरण है जिसका उपयोग फ्रिआन प्रशीतक के क्षरण (leakage) को पहचानने के लिए होता है। चित्र P.1.10 में प्रदर्शित संसूचक वायु में गैस के प्रतिरोध को मापता है तथा करन्ट (current) को मिली-एम्पियर डायल स्केल (Milliampere dial scale) पर प्रदर्शित करता है। यह प्रशीतक मशीन के क्षरण बिन्दु (leakage point) को संसूचित करने के लिए घंटी बजाता है अथवा आवाज करता है।



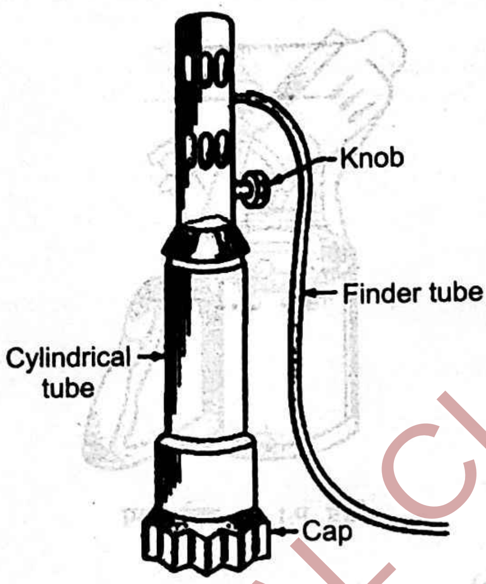
चित्र P.1.10—इलेक्ट्रॉनिक क्षरण संसूचक

(xi) हेलाइड़ क्षरण संसूचक (Halide Leak Detector)

फ्रिआन प्रशीतन प्रणाली में क्षरण (leakage) को हेलाइड़ क्षरण संसूचक द्वारा पहचाना जा सकता है। चित्र P.1.11 में प्रदर्शित क्षरण संसूचक (leak detector) को रेक्टीफाइड स्प्रिट (Rectified spirit) द्वारा चार्ज किया जाता है जो जलने पर रंगहीन ज्वाला उत्पन्न करती है। ज्वलन के लिए आवश्यक वायु, बर्नर के आधार में ट्यूब द्वारा ली जाती है। ज्वाला, कॉपर

AKC TECHNICAL CLASSES

की बनी एक छोटी प्लेट (Small disc) के द्वारा जलती है। हॉज (hose) की टिप को संभावित क्षरण बिन्दु के नजदीक रखा जाता है और यदि कोई प्रशीतक गैस पायी जाती है तो वह हॉज पाइप में गुजरकर गर्म कॉपर डिस्क के सम्पर्क में आती है और परिणामस्वरूप प्रशीतक उसके कम्पाउण्ड (compounds) में टूट जाता है और ऐसा होने से रंगहीन ज्वाला, हल्के क्षरण (light leak) के लिए हरे रंग (green) तथा अधिक क्षरण (heavy leak) के लिए चमकीला बैंगनी रंग (brilliant purple) की हो जाती है।



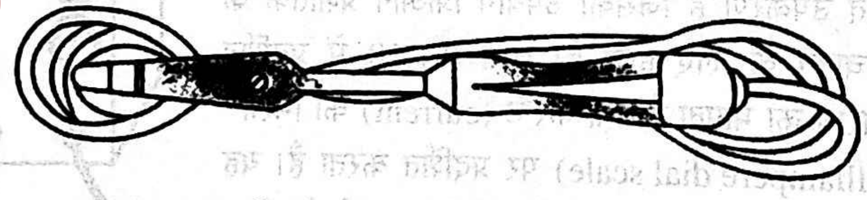
चित्र P.1.11—हेलाइड क्षरण संसूचक

(xii) निर्वात पम्प (Vacuum Pump)

गैस की चार्जिंग से पूर्व एक प्रशीतन निकाय में लगी सील्ड यूनिट से वायु का चूषण करके बाहर निकालने के लिए निर्वात् पम्प का प्रयोग किया जाता है।

(xiii) सोल्डरिंग आयरन (Soldering Iron)

सोल्डरिंग वायर की मदद से जोड़ बनाने हेतु सोल्डरिंग आयरन का प्रयोग किया जाता है। रेजिन अथवा हाइड्रोक्लोरिक एसिड़ का प्रयोग, सोल्डरन प्रक्रिया में फ्लक्स के रूप में किया जाता है। ये दो प्रकार के होते हैं—प्रथम साधारण तथा दूसरा विद्युत सोल्डरिंग आयरन। चित्र P.1.12 में एक विद्युत सोल्डरिंग आयरन प्रदर्शित है।



चित्र P.1.12—सोल्डरिंग आयरन

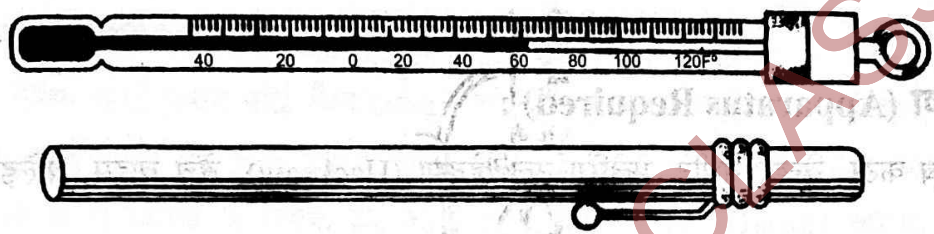
उपकरण (Instruments) :

प्रशीतन मशीन की आन्तरिक स्थिति तथा दोषों की जाँच हेतु कुछ विशेष प्रकार के उपकरणों का भी प्रयोग किया जाता है जैसे कि—

AKC TECHNICAL CLASSES

(i) स्टेम प्रकार का फरेन्हाइट पॉकेट थर्मामीटर (Stem Type Fahrenheit Pocket Thermometer)

यह प्रशीतन मशीन के विभिन्न भागों का तापमान मापने के लिए प्रयुक्त होने वाला उपकरण है। फरेन्हाइट पैमाने पर इस थर्मामीटर की तापमान परास (Temperature range) –20°F से 120°F तक तथा सेन्टीग्रेट पैमाने पर –25°C से 50°C तक होती है। कभी-कभी डायल थर्मोमीटर का प्रयोग भी तापमान मापने के लिए होती है। चित्र P.1.13 में एक स्टेम प्रकार का फरेन्हाइट पॉकेट थर्मामीटर प्रदर्शित है।



चित्र P.1.13—स्टेम प्रकार फरेन्हाइट पॉकेट थर्मामीटर

(ii) स्लिंग साइक्रोमीटर (Sling Psychrometer)

यह उपकरण प्रशीतित अथवा वातानुकूलित जगह पर आर्द्रता की प्रतिशत मात्रा (Percentage of humidity) को मापने के लिए प्रयुक्त होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रयोग संख्या-2

उद्देश्य (Object) :

नलियों की कटिंग (cutting), **बेन्ड़िग** (bending), **फ्लेरिंग** (flaring), **स्वेगिंग** (swaging) **तथा ब्रेजिंग** (brazing) **करने का अभ्यास करना** (Practice in cutting, bending, flaring, swaging and brazing of tubes)

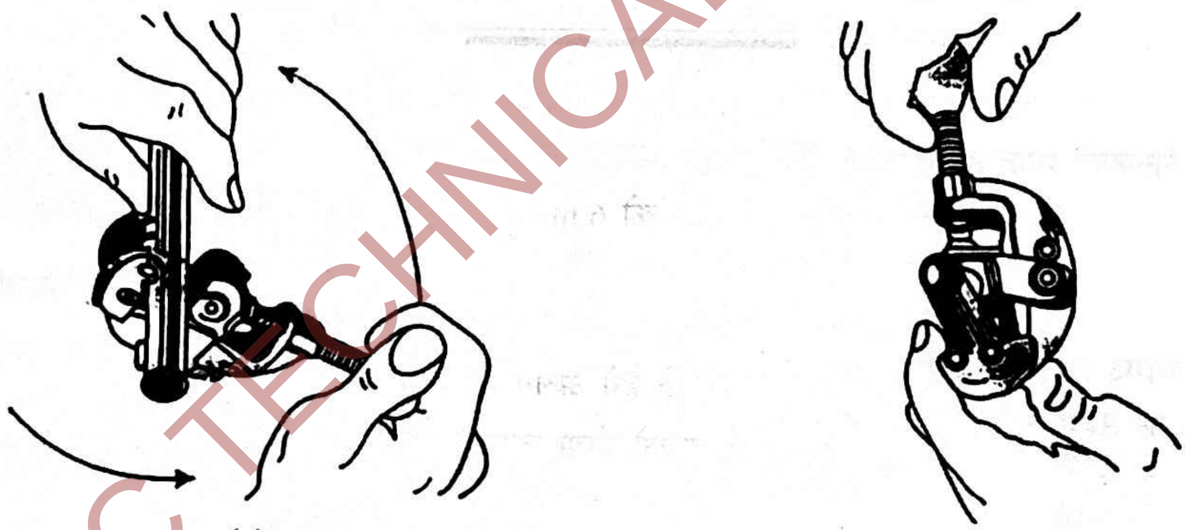
आवश्यक उपकरण (Apparatus Required) :

कॉपर ट्यूब, ट्यूब कटर, बेन्डर मशीन, फ्लेरिंग टूल, हेक्सा (Hacksaw), बेंच वाइस, वेल्ड़िग टार्च, स्वेगिंग टूल, स्पेल्टर आदि।

विवरण (Details) :

(i) कॉपर ट्यूब की कटिंग (Cutting of Copper Tubes)

प्रशीतन तथा वातानुकूलन यूनिटों का निर्माण करते समय विभिन्न लम्बाईयों की ट्यूब्स तथा पाइप की आवश्यकता होती है। इसलिए ट्यूब्स तथा पाइपों को आवश्यक लम्बाई में काटना पड़ता है।



(a) (b)

चित्र P.2.1—ट्यूब कटर द्वारा कॉपर ट्यूब की कटिंग

कार्य विधि (Working Method) :

(1) सर्वप्रथम नरम कॉपर ट्यूब्स के बंडल को खोलते हैं। ट्यूब का साइज आवश्यकतानुसार (माना 6 mm व्यास) होगा जिसमें से ट्यूब की वांछित लम्बाई (माना 80 mm) काटी जानी है।

(2) स्टील पैमाने का प्रयोग करते हुए ट्यूब की 8 mm लम्बाई मापकर तिकोनी रेती से निशान लगा लेते हैं।

(3) कटर के V-गाइड में ट्यूब को पकड़कर थम्ब स्क्रू (Thumb Screw) को घुमाकर पर्याप्त दाब के साथ ट्यूब को कस देते हैं।

(4) कटर को ट्यूब पर चारों ओर धीरे-धीरे घुमाते हैं तथा तीक्ष्ण कर्तन पहिये (Sharp cutting wheel) को ट्यूब में थोड़ा-थोड़ा भरण (feed) करते हैं। जैसा कि चित्र P.2.1 में प्रदर्शित है।

AKC TECHNICAL CLASSES

(5) प्रत्येक चक्र के बाद, थम्ब स्क्रू को घुमाकर आवश्यक दाब लगाते हैं तथा कटर को तब तक घुमाते रहते हैं जब तक कि पाइप पूरी तरह से न कट जाए।

(6) ट्यूब की कुण्डली में से आवश्यक टुकड़ा काटने के बाद कुण्डली के सिरे को सील (seal) कर देते हैं।

(7) काटे गये टुकड़े के सिरों को रेती तथा रीमर की सहायता से चिकना बनाते हैं तथा यह प्रक्रिया विभिन्न लम्बाई के टुकड़ों के लिए बार-बार दोहराते हैं।

सावधानियाँ (Precautions) :

(1) नलिका की रीमिंग करते समय कोई चिप (chip) नलिका के अन्दर नहीं जाना चाहिए।

(2) कटिंग क्रिया करते समय यह ध्यान रखना चाहिए की कटर ब्लेट लगाये गये निशान पर ही कटिंग करें।

(3) ट्यूब कुण्डली में से जितनी आवश्यक हो, उतनी ही लम्बाई खोलनी (Unroll) चाहिए। बार-बार खोलने तथा लपेटने से ट्यूब में सलवटें आ जाती है।

(ii) कॉपर ट्यूब की बेन्ड्गि (Bending of Copper Tubes)

प्रशीतन तथा वातानुकूलन यूनिटों के निर्माण में ट्यूब तथा पाइपों में अनेक मोड़ (bend) बनाने की आवश्यकता होती है। अत: विभिन्न प्रकार तथा आकार की ट्यूबों तथा पाइपों को मोड़ने की तकनीक का ज्ञान होना एक सर्विस इंजीनियर के लिए अत्यन्त आवश्यक है।

कार्य विधि (Working Method) :

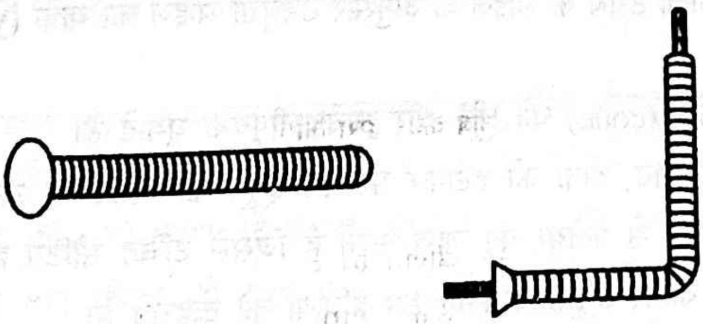
(1) सर्वप्रथम वांछित साइज (माना 6 mm) के नरम कॉपर ट्यूब के बंडल को खोलते हैं तथा उसमें से ट्यूब की वांछित लम्बाई (माना 250 mm) उपरोक्त वर्णित विधि द्वारा काटकर अलग कर देते हैं।

(2) अब 6 mm के स्प्रिंग बेन्ड़र (spring bender) को 6 mm ट्यूब के टुकड़े पर चढ़ाते हैं तथा वांछित मोड़ पर मोड़ते हैं। चित्र P.2.2 में एक 90° बैन्ड (bend) प्रदर्शित है।

(3) अब ट्यूब बेन्ड़र को वांछित कोण से थोड़ा अधिक मोड़ते हैं तथा पुन: वांछित कोण तक लाते हैं।

(4) अब स्प्रिंग बेन्डर को धीरे-धीरे स्प्रिंग को मरोड़ते हुये अलग करते हैं।

(5) यदि विभिन्न व्यास वाली और भी कॉपर ट्यूब्स को मोड़ा जाना हो तो इसी process को दोहराते हैं।



चित्र P.2.2—स्प्रिंग प्रकार का ट्यूब बैन्ड़र

सावधानियाँ (Precautions) :

(1) हमेशा ट्यूब को अधिकतम संभव त्रिज्या पर मोड़ना (bend) चाहिए जिससे की ट्यूबों का समतलन (flatten) न हो।

AKC TECHNICAL CLASSES

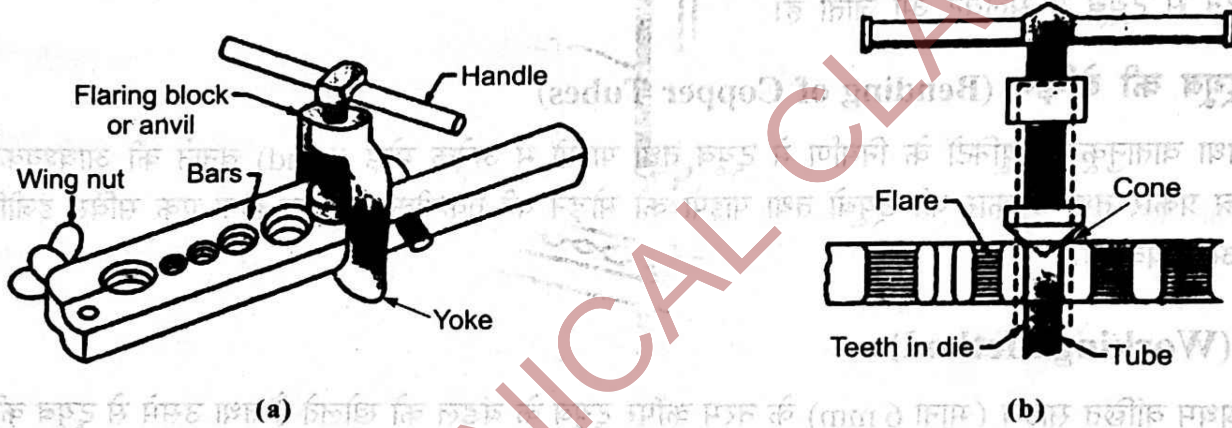
(2) केवल वांछित ट्यूब लम्बाई को ही कुण्डली से खोलना (unrolled) तथा काटना चाहिए।

(3) रीमिंग तथा फाइलिंग (filing) करते समय ट्यूब का मुख नीचे की ओर होना चाहिए जिससे कोई भी चिप ट्यूब में शेष न रहे।

(4) स्प्रिंग बेन्डर (spring bender) को हटाते समय ट्यूब को एक हाथ में पकड़ते हैं तथा दूसरे हाथ से स्प्रिंग को उसके स्पाइरल (spiral) के विरुद्ध घुमाते हैं।

(iii) कॉपर ट्यूब की फ्लेरिंग (Flaring of Copper Tubing)

प्रशीतक तथा वातानुकूलक के विभिन्न अवयवों को जोड़ने के लिए यह आवश्यक है, लगाया जोड़ लीकप्रूफ हो। यद्यपि कॉपर ट्यूबों को उनके साइज तथा प्रयोगों के अनुसार, अनेक विधियों से जोड़ा जा सकता है, फिर भी फ्लेरिंग बहुत आसान तथा सामान्यतया प्रयुक्त होने वाली विधि है। यह अर्धस्थायी जोड़ है क्योंकि इसे आसानी से संयोजित (assemble) तथा वियोजित (disassemble) किया जा सकता है।



चित्र P.2.3—फ्लेरिंग औजार तथा उसका प्रयोग

कार्य विधि (Working Method) :

(1) सर्वप्रथम वांछित व्यास (माना 6 mm) तथा लम्बाई (माना 80 mm) की कॉपर ट्यूब को खोलते (unroll) है तथा पूर्व में वर्णित विधि द्वारा वांछित लम्बाई काट लेते हैं।

(2) अब फ्लेरिंग ब्लॉक में कटे हुए पीस को सही स्थिति में पकड़ते हैं।

(3) अब फ्लेयर की जाने वाली ट्यूब के साइज के अनुसार उपयुक्त साइज का योक (yoke) चुनकर उसे फ्लेरिंग ब्लॉक में लगा देते हैं।

(4) ट्यूबिंग के सिरे पर कोन (cone) को धीरे-धीरे सावधानीपूर्वक घुमाते हैं।

(5) फ्लेरिंग समाप्त होने के बाद, योक को हटाकर फ्लेरिंग ट्यूब को ब्लॉक से अलग कर लेते हैं।

(6) अब फ्लेयर नट की मदद से फ्लेयर की जाँच करते हैं जिससे उचित सीटिंग हो सके।

(7) अब विभिन्न व्यास की कॉपर ट्यूबों के लिए इस प्रक्रिया को दोहराते हैं।

सावधानियाँ (Precautions) :

(1) ट्यूब की केवल आवश्यक लम्बाई को खोलते तथा काटते में तथा फ्लेरिंग बार में दृढ़ता से पकड़ते हैं।

(2) फ्लेरिंग ब्लॉक की सतह के ऊपर ट्यूब का उभार (Protrusion) 5 mm से अधिक नहीं होना चाहिए।

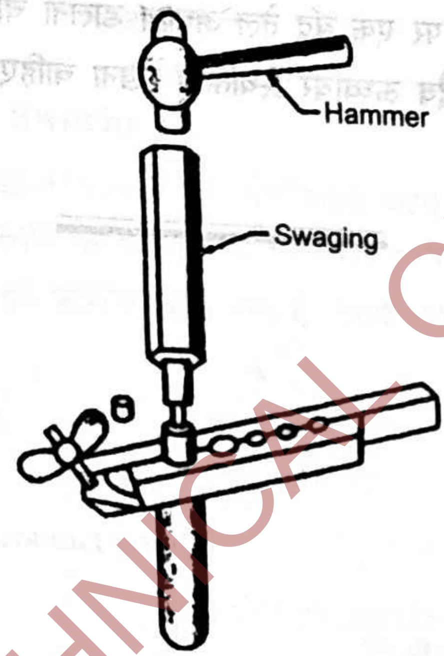
AKC TECHNICAL CLASSES

(3) योक कोन (yoke cone) के ऊपर टिप (tip) पर थोड़ा तेल लगा देना चाहिए।

(4) योक कोन को लगातार अग्रदिशा में नहीं घुमाना चाहिए। कोन को पहले तीन चौथाई $\left(\frac{3}{4}\right)$ अग्रदिशा में घुमाकर एक चौथाई $\left(\frac{1}{4}\right)$ पश्च दिशा (Backward direction) में घुमाते हैं।

(iv) कॉपर ट्यूबिंग की स्वेगिंग तथा ब्रेजिंग (Swaging and Brazing of Copper Tubings)

जब दो ट्यूबों के मध्य स्थायी जोड़ लगाना वांछित हो तो स्वेगिंग विधि का प्रयोग किया जाता है। स्वेगिंग के पश्चात् ब्रेजिंग क्रिया भी की जाती है जिससे जोड़ लीकप्रुफ बनता है। यह प्रक्रिया फ्लेयर फिटिंग की तुलना में सस्ती होती है।



चित्र P.2.4—स्वेगिंग टूल तथा उसका प्रयोग

कार्य विधि (Working Method) :

(1) सर्वप्रथम वांछित व्यास तथा लम्बाई की कॉपर ट्यूब को खोलते (unroll) है तथा पूर्व में वर्णित विधि द्वारा वांछित लम्बाई काट लेते हैं।

(2) अब ट्यूब के वांछित टुकड़े को फ्लेरिंग ब्लॉक में सही स्थिति में पकड़ते हैं तथा फ्लाई नट की मदद से क्लैम्प को कसते हैं।

(3) अब स्वेग की जाने वाली ट्यूब के साइज के अनुसार उचित स्वेगिंग औजार चुनते हैं। अब फ्लेरिंग ब्लॉक को वाइस (vice) में कसते हैं और स्वेगिंग टूल की टिप पर एक बूंद तेल डाल देते हैं और धीरे-धीरे टूल पर प्रहार करते हैं।

(4) औजार को ट्यूब में धीरे-धीरे भरण देते हैं तथा ट्यूब के मूल साइज के बराबर प्रविष्ट कराते हैं।

(5) प्रक्रिया पूर्ण होने के बाद औजार को ट्यूब में से तथा ट्यूब को ब्लॉक से अलग कर देते हैं।

(6) अब कॉपर ट्यूब के दूसरे टुकड़े को स्वेगित कॉपर ट्यूब में प्रविष्ट (insert) कराते हैं तथा कसावट (tightness) को जाँचते हैं। संतुष्ट होने पर जोड़ साफ करते हैं।

(7) प्लायर (Plier) की मदद से जॉब (Job) को ऊर्ध्वाधर स्थिति में पकड़ते हैं और जोड़ को ब्लो लैम्प (Blow lamp) की मदद से गर्म करते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

(8) गर्म करते हुए जोड़ पर ब्रेजिंग फ्लक्स का प्रयोग करते हैं। अब ट्यूबों के जोड़ पर चारों तरफ सिल्वर सोल्डर का प्रयोग करते हैं।

(9) जोड़ के ऊपर सिल्वर सोल्डर की पतली परत बनाने के बाद, जोड़ को ठण्डा करते हैं। अब विभिन्न साइज के कॉपर ट्यूबों के लिए यही प्रक्रिया दोहराते हैं।

सावधानियाँ (Precautions) :

(1) ट्यूब की केवल आवश्यक लम्बाई को ही खोलते तथा काटते हैं जिससे ट्यूब में सलवटें न पड़े।

(2) स्वेगिंग औजार की टिप (Tip) पर एक बूँद तेल अवश्य डालना चाहिए।

(3) ब्रेजिंग करते समय जोड़ को सदैव ऊर्ध्वाधर स्थिति में रखना चाहिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रयोग संख्या-3

उद्देश्य (Object) :

थर्मोस्टेटिक स्विच, L.P./H.P. कट आऊट, ओवरलोड़ प्रोटेक्टर, फिल्टर स्ट्रैनर तथा फिल्टर ड्रायर का अध्ययन करना (Study of thermostatic switch, L.P./H.P. cutout, overload protector, filter strainers and filter driers)

विवरण (Details) :

(i) थर्मोस्टेटिक स्विच (Thermostatic Switch)

यह एक ऐसा स्विच है जो द्रव रेखा (liquid line) में लगे सोलोनाइड़ वाल्व या सम्पीड़क मोटर के विद्युत सर्किट को बनाकर तथा ब्रेक (Break) करके प्रशीतित स्थान के तापमान को नियन्त्रित करने के लिए प्रयोग किया जाता है।

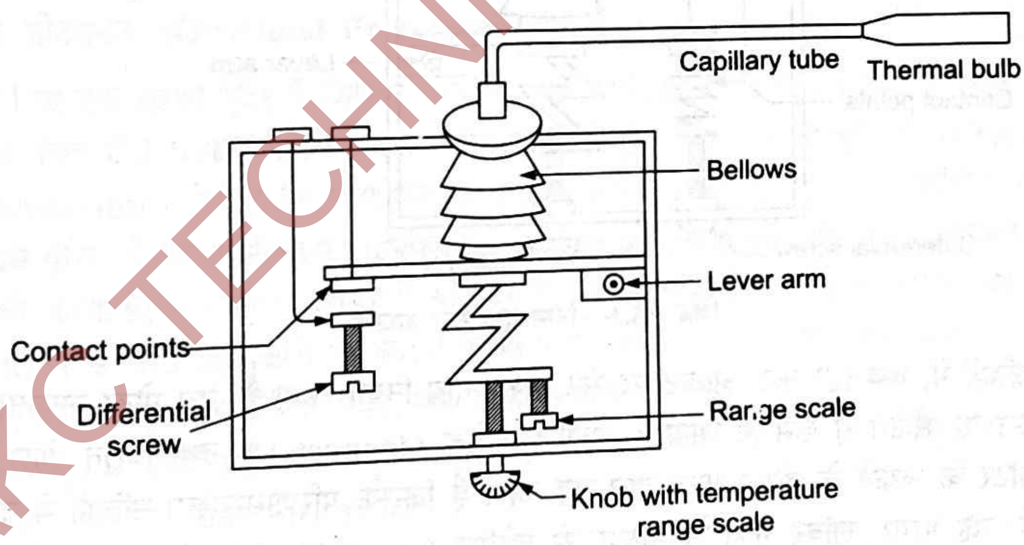
चित्र P.3.1 में एक थर्मोस्टेटिक स्विच को प्रदर्शित किया गया है। इसके चार प्रमुख अंग निम्न प्रकार है—

(1) तापीय बल्ब (Thermal bulb)

(2) कैपीलरी ट्यूब (Capillary tube)

(3) बेलो (Bellows) तथा

(4) विद्युत सम्पर्क बिन्दु (Electrical contact point)।



चित्र P.3.1—थर्मोस्टेटिक स्विच

तापीय बल्ब को बेलों से जोड़ने का माध्यम कैपीलरी ट्यूब है तथा तापीय बल्ब, कैपीलरी ट्यूब तथा बेलों को एक प्रशीतक से ही चार्ज किया जाता है जो निकाय में प्रयुक्त हो रहा हो। विद्युत सम्पर्क बिन्दु का पॉवर अवयव (lower element) तथा डायल नॉब (dial knob) के साथ सम्पर्क रहता है। यह मशीन की बॉड़ी (body) पर लगा रहता है। तापीय बल्ब को वाष्पित्र (Evaporator) की अन्तिम कुण्डली (coil) के साथ क्लैम्प कर दिया जाता है। सम्पर्क बिन्दुओं को सम्पीडक मोटर के साथ श्रेणीबद्ध (in series) जोड़ा जाता है। जब वाष्पित्र का तापमान बढ़ता है, विद्युत परिपथ को पूर्ण करने के लिए बेलो फैलता (expand) है जिससे मोटर चालू हो जाती है। जब तापमान कम हो जाता है तो बेलो (below) के सिकुड़ने से विद्युत परिपथ खुल जाता है तथा मोटर रूक जाती है। थर्मोस्टेटिक स्विच एक निश्चित परास में कार्य करता है। यह ताप परास डायल

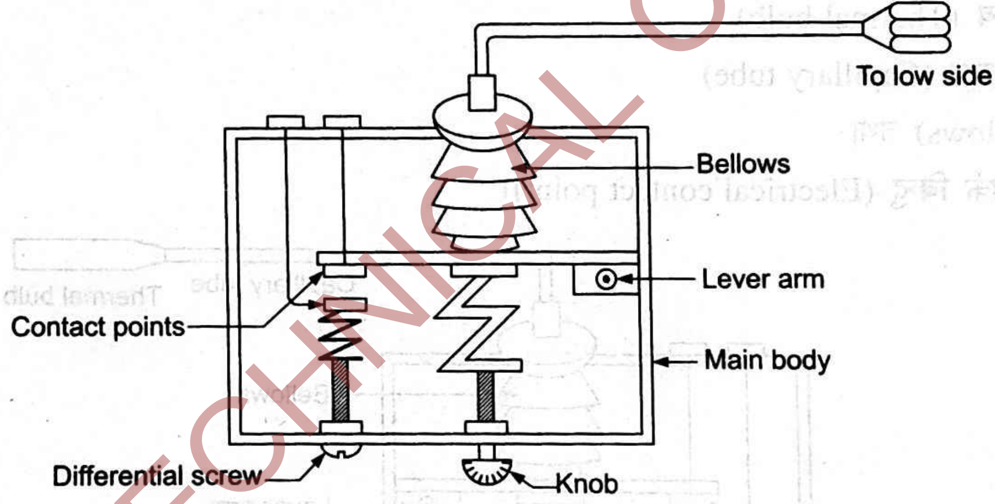
नॉब पर कुछ भागों में विभक्त रहते हैं। इनके OFF तथा ON स्थिति से किसी अंश के विरुद्ध घुमाकर आसानी से adjust किया जा सकता है। स्विच की ताप परास को हटाने अथवा बढ़ाने के लिए परास पेंच (range screw) का प्रयोग किया जाता है। कट-इन (cut-in) तथा कट-आऊट (cut-out) बिन्दुओं को बढ़ाने अथवा घटाने के लिए विभेदी (differential) पेंच का प्रयोग किया जाता है।

(ii) LP/HP कट-आऊट (LP/HP Cut-out)

दो प्रकार के दाब नियन्त्रकों का प्रयोग किया जाता है—

(a) LP कट-आऊट (Low Pressure Cut-out)—प्रशीतन निकाय की निम्न दाब साइड के नियन्त्रण के लिए LP कट-आऊट का प्रयोग किया जाता है। यह निम्न दाब साइड के दाब अन्तर पर कार्य करता है। यह सम्पीड़क मोटर की क्रिया को निश्चित सीमाओं में नियन्त्रित करता है। इस प्रकार बहुत कम पश्च दाब (Back pressure) के उत्पन्न ओवरलोड़ स्थिति से मोटर को बचाता है।

चित्र P.3.2 में प्रदर्शित निम्न दाब कट आऊट के मुख्य अंग—बॉडी, बेलो (bellow), सम्पर्क बिन्दु, समंजन हेतु नॉब तथा कट-इन/कट-आऊट पैमाना आदि हैं। मुख्य बॉड़ी को संघनित्र के ऊपर लगाया जाता है। बेलो को सम्पीड़क की LP साइड से जोड़ा जाता है तथा सम्पर्क बिन्दु को मोटर को श्रेणी पथ से जोड़ा जाता है।



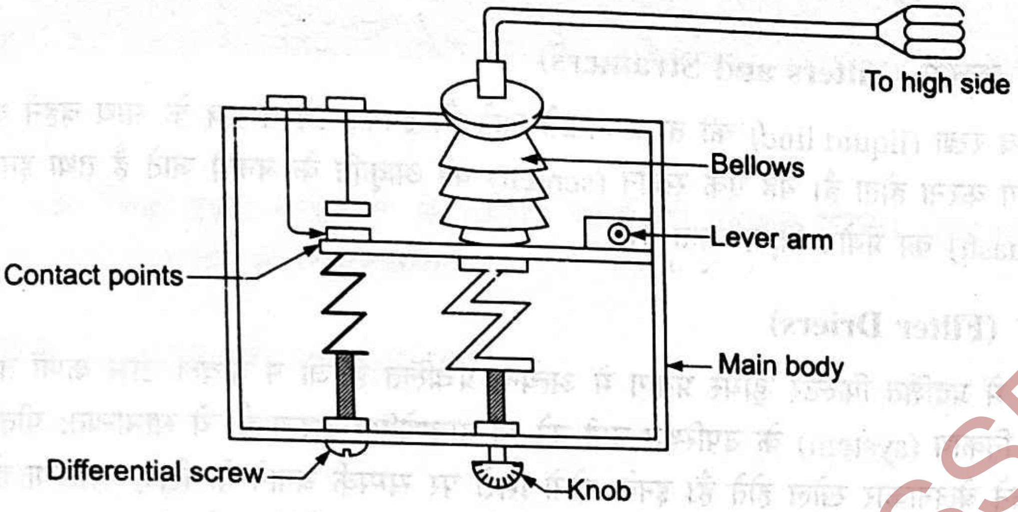
चित्र P.3.2—निम्न दाब कट आऊट

सामान्य परिस्थितियों में, जब LP कट-आऊट पर सैट, पश्च दाब नियत रहता है, तब मोटर लगातार चलती रहती है। जब दाब, कट-आऊट पर सैटिंग से कम हो जाता है, बेलो सिकुड़ता (contracts) है तथा विद्युत मोटर परिपथ के स्विच को खोल देता है। मोटर के रूकने के दौरान पश्च दाब बढ़ जाता है जिसके परिणामस्वरूप नलियों में दाब बढ़ने से बेलो (bellow) फैलता है। यह प्रसार, लीवर भुजा के माध्यम से पारेषित (transmit) होकर विद्युत सम्पर्क को बन्द कर देता है। इससे मोटर परिपथ पूर्ण हो जाता है तथा मोटर चालू हो जाती है। LP कट आऊट का प्रयोग व्यावसायिक प्रशीतन मशीनों में होता है।

(b) HP कट-आऊट (HP Cut-out)—HP कट-आऊट एक स्विच है जो सम्पीड़क मोटर की क्रिया को नियन्त्रित करके उच्च साइड दाब को एक निश्चित सीमा में नियन्त्रित करता है। इस प्रकार यह अति उच्च शीर्ष दाब के कारण मोटर पर ओवरलोड परिस्थितियों से बचाव करता है।

चित्र P.3.3 में प्रदर्शित एक उच्च दाब कट-आऊट के मुख्य अंग—बॉड़ी, बेलो, सम्पर्क बिन्दु, समंजन हेतु नॉब तथा कट-इन/कट-आऊट पैमाना है।

AKC TECHNICAL CLASSES

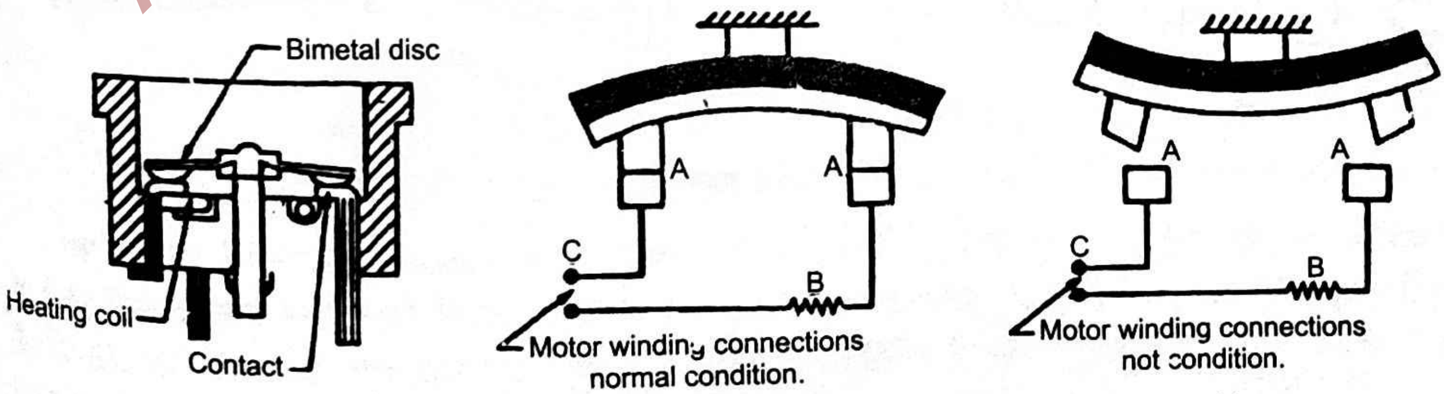


चित्र P.3.3—उच्च दाब कट आऊट

मुख्य बॉड़ी (main body) संघनित्र यूनिट पर लगी होती है। बेलो (bellow) सम्पीड़क की उच्च साइड से सम्बन्धित होता है तथा सम्पर्क बिन्दु, मोटर के श्रेणी परिपथ में जुड़े होते हैं। HP कट-आऊट की क्रिया, निकाय की उच्च दाब साइड में दाब अन्तर पर निर्भर करता है। उच्च दाब के सेटिंग दाब से अधिक होने पर बेलो फैलता (Expand) है इससे विद्युत परिपथ टूटता है तथा मोटर रूक जाती है। मोटर/सम्पीड़क के रुकते समय, दाब घटकर सामान्य स्थिति में आ जाता है इससे बेलो सिकुड़ (contracts) जाता है तथा यह सिकुड़न लीवर भुजा के माध्यम से पारेषित (transmit) होकर विद्युत सम्पर्क को बंद कर देता है इससे मोटर परिपथ पूर्ण हो जाता है तथा मोटर चालू हो जाती है। इसका प्रयोग भी व्यावसायिक प्रशीतन मशीनों में होता है।

(iii) ओवरलोड़ प्रोटक्टर (Overload Protector)

यह मोटर के लिए एक सुरक्षा युक्ति है जिसका उपयोग प्राय: सील्ड़ यूनिटों में होता है तथा ये सील्ड़ कवर अन्दर अथवा बाहर लगी होती है। चित्र P.3.4(a) में प्रदर्शित एक ओवरलोड़ प्रोटेक्टर में एक तापन कुण्डली (Heating coil) तथा एक द्विधातु डिस्क (Bimetal disc) होती है जिस पर सम्पर्क (contacts) लगे होते हैं। यह मोटर वाइंडिंग के साथ श्रेणी परिपथ में जुड़ी होती है। इस युक्ति की क्रिया परिचालन तापमान (operating temperature) तथा मोटर वाइंडिंग से बहने वाली धारा (current) पर निर्भर करता है। जब मोटर वाइंडिंग में बहने वाली धारा में वृद्धि होती है, द्विधातु ओवरलोड़ स्विच (bimetallic overload switch) में से धारा के गुजरने के कारण ऊष्मा उत्पन्न होती है। इससे यह मुड़ (bend) जाता है और सम्पर्क खुल जाते हैं। मोटर, कोई भी नुकसान होने से पहले, रुक जाती है। सामान्य स्थिति तथा गर्म स्थिति में मोटर वाइंडिंग के कनेक्शन चित्र P.3.4(b) तथा (c) में प्रदर्शित है। ठण्डा होने पर द्विधातु डिस्क अपनी पूर्व अवस्था में आती है जिससे मोटर परिपथ बंद स्थिति में आ जाता है और मोटर चालू हो जाती है।



(a) Overload protector (b) (c)

चित्र P.3.4

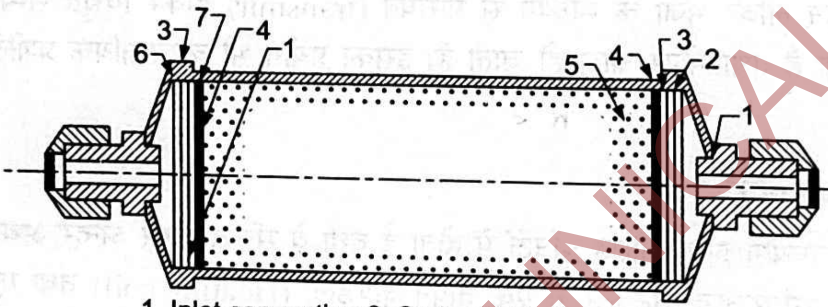
AKTECHNICAL CLASSES

(iv) फिल्टर तथा छलनी (Filters and Strainers)

ये परिपथ में द्रव रेखा (liquid line) की तरफ लगाये जाते हैं। इनका उद्देश्य द्रव के साथ बहने वाले ठोस कणों को रोककर द्रव से अलग करना होता है। यह एक स्क्रीन (screen) की आकृति के बनाये जाते हैं तथा इनमें बहुत महीन धातु छलनी (metallic mash) का प्रयोग किया जाता है।

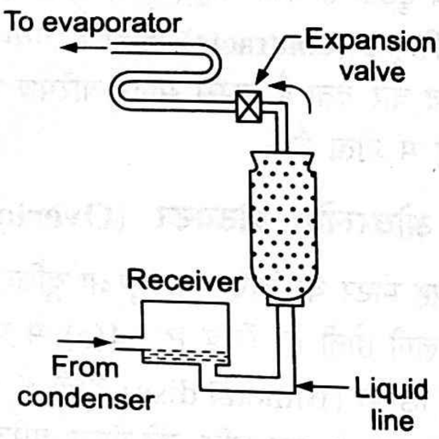
(v) फिल्टर ड्रायर (Filter Driers)

चित्र P.3.5(a) में प्रदर्शित फिल्टर ड्रायर प्रयोग में अत्यन्त प्रचलित है जो न केवल ठोस कणों तथा अन्य अशुद्धियों को रोकता है बल्कि निकाय (system) के उपस्थित नमी को भी अवशोषित करता है। ये सामान्यत: पीतल (brass) अथवा इस्पात (steel) के बने बेलनाकार खोल होते हैं। इनके दोनों सिरों पर सम्पर्क बनाने के लिए व्यवस्था होती है। प्रयुक्त होने वाला अवशोषक (desiccant) या तो सिलिका जैल (Silica gel) अथवा एक्टीवेटिड़ ऐलुमिना (Alumina) होते हैं। स्प्रिंग अवशोषक को सम्पीड़ित करने में मदद करता है जिससे कि कोई अकेला कण गति नहीं करता जब प्रशीतक इसमें से गुजरता है। एक धातु गेज स्ट्रेनर, फिल्टर ड्रायर के प्रवेश पर तथा दो धातु गेज स्ट्रेनर बाहर की ओर (निकास पर), क्रमश: मोटी तथा महीन अशुद्धियों को रोक लेती है। फिल्टर ड्रायर को द्रव रेखा पर संघनित्र अथवा रिसीवर के बाद अथवा प्रसार वाल्व से पहले लगाया जाता है।



1. Inlet connection 2. Spring 3. Perforated plate 4. Brass wire mesh 5. Desiccant 6. Locking ring 7. Monel wire mesh

(a)



(b)

चित्र P.3.5

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रयोग संख्या-4

उद्देश्य (Object) :

एक प्रशीतित्र तथा विन्डो एअर कंडीशनर के विभिन्न भागों की पहचान करना। (Identify various parts of a refrigerator and window air conditioner)

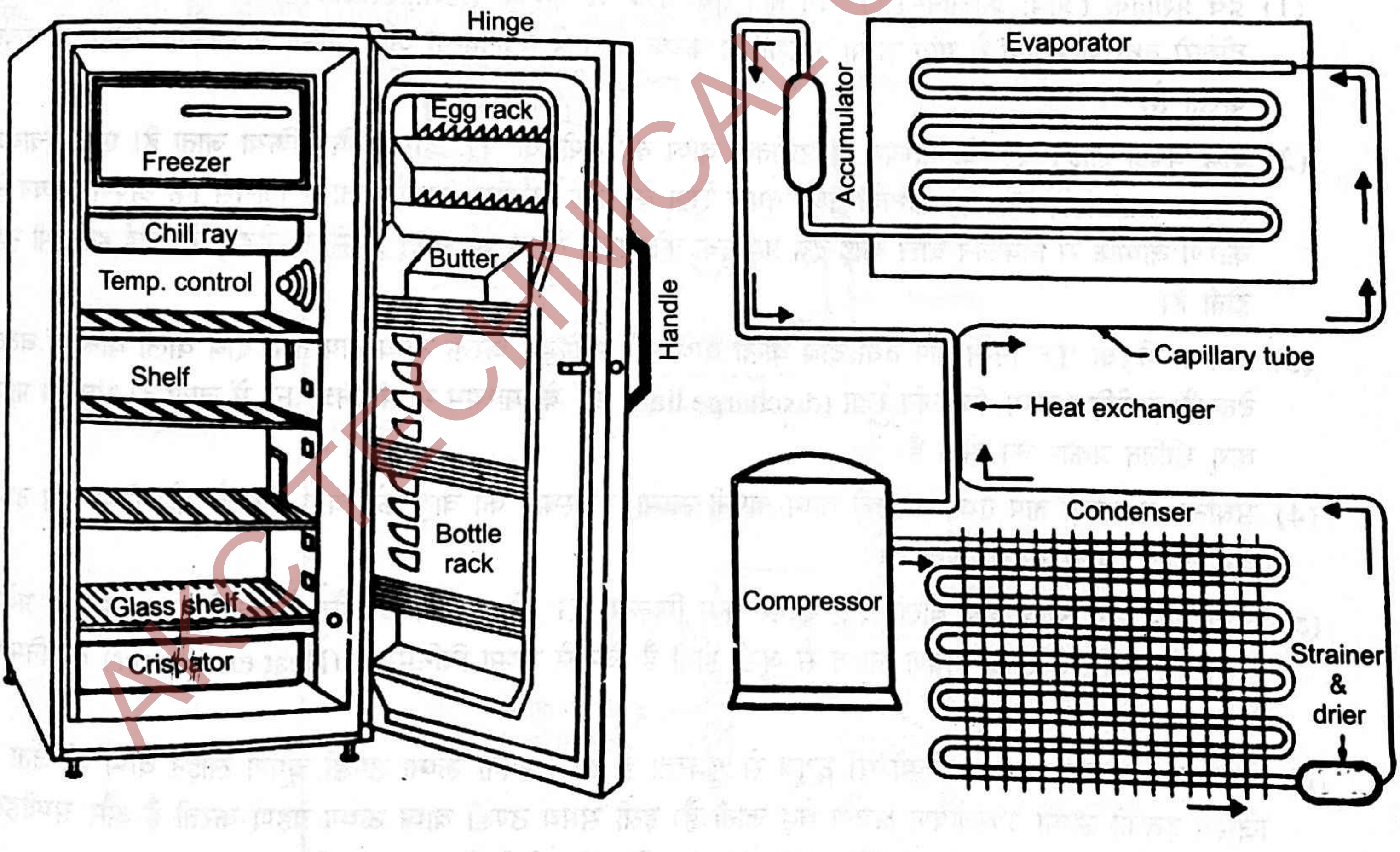
आवश्यक उपकरण (Apparatus Required) :

(1) एक प्रशीतित्र (एकल दरवाजा प्रकार का)

(2) एक विन्डो एअर कंडीशनर

(1) प्रशीतित्र (Refrigerator)

प्रशीतित्र आज एक घर का आवश्यक अंग बन गया है। इसके अत्यधिक प्रयोग के कारण अब यह एक विलासता की चीज नहीं रह गया है।



(a) (b)

चित्र P.4.1

यह एक बंद कैबिनेट (Enclosed cabinet) होती है जिसका डिजाइन खाद्य पदार्थों, दवाईयों आदि को संरक्षित रखने के लिए निम्न तापमान बनाये रखने के लिए होता है। इसके अतिरिक्त यह घरेलू उपयोग के लिए बर्फ के क्यूब्स भी बनाता है। ये 65, 90, 135, 165 तथा 286 litre क्षमता में बाजार में उपलब्ध है और सम्पीड़क की शक्ति 75 W, 92 W, 125 W, 180 W तथा 370 W हो सकती है।

AK TECHNICAL CLASSES

बनावट (Construction) :

सामान्यतया इसमें एक छोटी दोहरी दीवार वाली कैबिनेट होती है जिसमें एक वायुरोधी (air tight) द्वार लगा होता है। दीवारों के बीच में ऊष्मारोधी पदार्थ जैसे ग्लास वूल, रॉक वूल, थर्मोकोल तथा कार्क आदि भरे होते हैं। ऊष्माहानि को न्यूनतम करने के लिए आंतरिक लाइनर (inner liner) तथा कैबिनेट की बाहरी सतह चमकदार पेंट तथा पॉलिश वाली रखी जाती है। आन्तरिक लाइनर में खाद्य पदार्थों को रखने के लिए अनेक खाने (shelves) बने होते हैं। एक 165 litre कैबिनेट को विभिन्न अंगों सहित चित्र P.4.1 में प्रदर्शित किया गया है। जबकि चित्र P.4.2 में विभिन्न अवयवों तथा उनकी स्थिति को प्रदर्शित किया गया है।

सम्पीड़क को रेफ्रीजेरेटर फ्रेम की तली में पीछे की ओर स्थित होता है तथा वाष्पक (Evaporator) कैबिनेट के अन्दर, ऊपर की ओर लगा होता है। सामान्यतया फ्रीआन-12, एक प्रशीतक के रूप में प्रयुक्त होता है। कैबिनेट में एक प्रकाश व्यवस्था भी होती है जो फ्रीज के दरवाजे को खोलने तथा बंद करने के साथ परिचालित होती है। कैबिनेट के तापमान को नियन्त्रित करने तथा इसकी कार्यशैली को पूर्णत: स्वचालित बनाने के लिए आन्तरिक लाइनर पर दाँयी ओर ऊपर की तरफ एक थर्मोस्टेट स्विच लगा होता है। चित्र P.4.2 में प्रशीतित्र की यन्त्रावली को प्रदर्शित किया गया है। क्रियाकारी चक्र निम्न प्रकार है—

(1) द्रव प्रशीतक (प्राय: फ्रीआन-12) कम ताप तथा दाब पर वाष्पक (Evaporator) 'A' में प्रवेश करता है। यह दीवारों तथा परिस्थानों से गुप्त ऊष्मा अवशोषित करके वाष्प में बदलता है और वाष्पन में प्रशीतन प्रभाव को उत्पन्न करता है।

(2) अब चूषण लाइन 'C' के माध्यम से प्रशीतक वाष्प को संपीडक 'D' द्वारा चूषित किया जाता है। एक संचायक (Accumulator) 'B' को वाष्पक तथा चूषण रेखा के मध्य स्थापित किया जाता है जिससे कि अपूर्ण वाष्पन के कारण वाष्पक से निकलने वाले कोई द्रव प्रशीतक को संचय किया जा सके। इससे सम्पीड़क में कोई हानि भी नहीं होती है।

(3) अब सम्पीड़क 'D' निम्न ताप तथा दाब वाली वाष्प को संपीड़ित करके उच्च ताप तथा दाब वाली वाष्प में बदल देता है। संपीड़ित वाष्प, विसर्जन रेखा (discharge line) 'E' के माध्यम से संघनित्र 'F' में जाता है। संघनित्र प्राय: वायु शीतित प्रकार का होता है।

(4) संघनित्र में, उच्च ताप तथा दाब की वाष्प अपनी ऊष्मा, परिस्थान की वायु को त्याग देती है और निम्न ताप उच्च दाब वाले द्रव में बदल जाता है।

(5) निम्न ताप तथा उच्च दाब वाला द्रव, ड्रायर कम फिल्टर 'G' से गुजरता है और कैपीलरी ट्यूब 'H' में प्रवेश करता है। कैपीलरी ट्यूब चूषण लाइन से जुड़ी होती है जिससे ऊष्मा विनिमयक (Heat exchanger) का निर्माण होता है। देखे चित्र P.4.2

(6) निम्न ताप का द्रव प्रशीतक कैपीलरी ट्यूब से गुजरता है और अपनी ऊष्मा ठण्डी चूषण लाइन वाष्प को देता है जिससे इसकी ऊष्मा अवशोषण क्षमता बढ़ जाती है। इसी समय ठण्डी वाष्प ऊष्मा ग्रहण करती है और सम्पीड़क के प्रवेश से पहले वाष्प की सुपरहीट (superheat) में वृद्धि होती है।

(7) कैपीलरी ट्यूब से निकलने वाला निम्न ताप तथा दाब का द्रव प्रशीतक वाष्पित्र 'A' में प्रवेश करता है। इस प्रकार एक चक्र पूर्ण होता है।

घरेलू प्रशीतित्र के लिए विद्युत परिपथ (Electrical Circuit of a Domestic Refrigerator)

चित्र P.4.3 में एक घरेलू प्रशीतित्र के लिए विद्युत परिपथ के विभिन्न अवयवों को प्रदर्शित किया गया है।

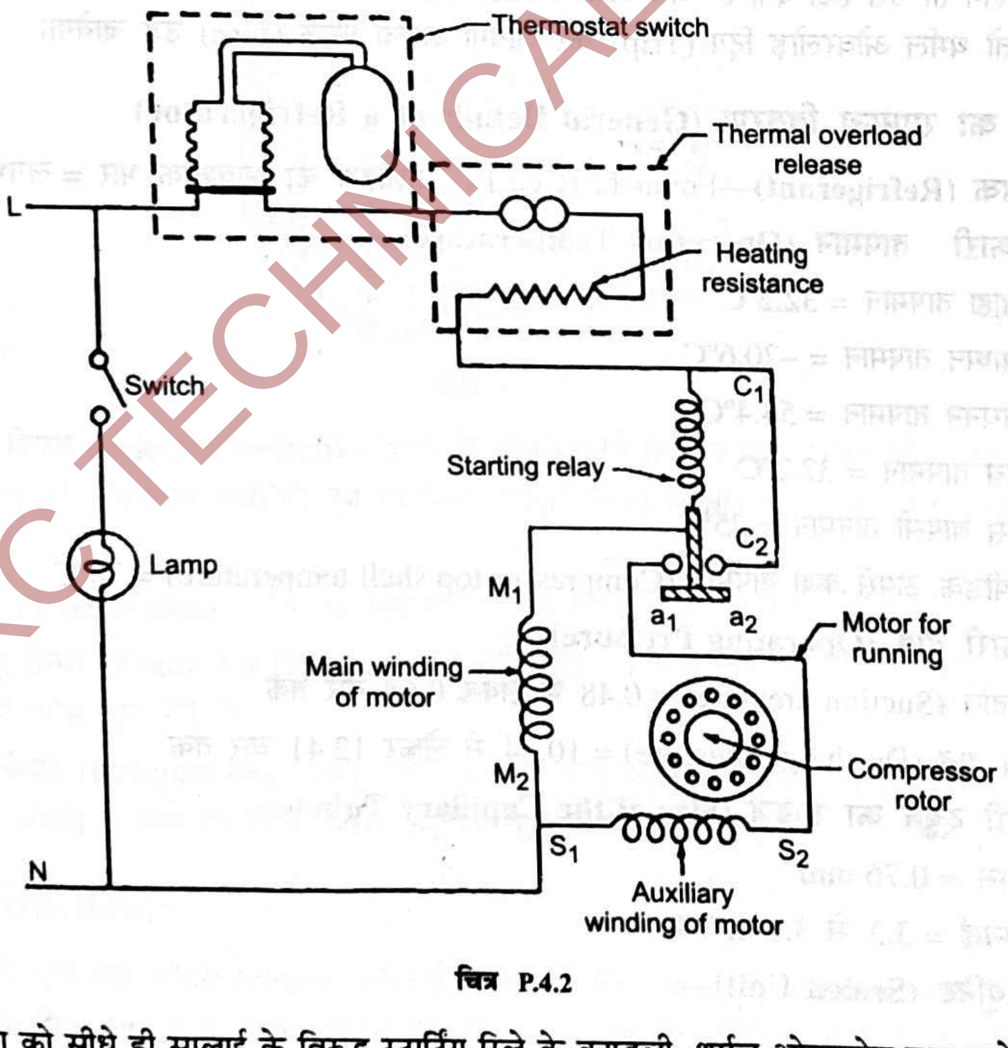
AKC TECHNICAL CLASSES

(1) लैम्प तथा स्विच (Lamp and Switch)—जब फ्रीज का दरवाजा लगातार बंद रहता है तब लैम्प के साथ श्रेणी में लगा एक स्प्रिंग भारित स्विच खुला रहता है जिससे लैम्प बंद रहता है। जैसे ही दरवाजा खुलता है, स्प्रिंग पर लगा दाब हट जाता है तथा लैम्प खुला जाता है। इस व्यवस्था से विद्युत ऊर्जा की अनावश्यक खपत नहीं होती है।

(2) थर्मोस्टेट स्विच (Thermostat Switch)—यह एक ऐसी स्विच है जो प्रशीतित स्थान के तापमान का नियन्त्रण, सम्पीड़क मोटर के विद्युत परिपथ को बनाकर तथा तोड़कर किया जाता है। फ्रीजर के अन्दर का वांछित तापमान –7°C से –15°C होता है जबकि शेष फ्रिज का तापमान 7°C से 15°C होता है। थर्मोस्टेट स्विच, मोटर के चाल तथा रूकने की अवधि अर्थात् कट-इन तापमान तक पहुँच जाता है तो परिपथ पूर्ण हो जाता है तथा कम्प्रेशर मोटर चालू हो जाती है। इसी प्रकार जब वाष्पक तापमान कम होता है और कट-आऊट तापमान पर पहुँचता है तब सम्पीड़क मोटर रूक जाती है। इस प्रकार थर्मोस्टेट नॉब के सेटिंग से यह सब स्वत: चलता रहता है।

(3) थर्मल ओवरलोड़ रिलिज (Thermal Overload Release)—यह सम्पीड़क के लिए सुरक्षा युक्ति है। यह दो परिस्थितियों में कार्य करती है—प्रथम, जब सम्पीड़क मोटर का तापमान एक सीमा से अधिक हो जाये अथवा दूसरा जब मोटर में अत्यधिक करंट बहे। ऐसी स्थिति में द्विधातु भट्टी (Bimetallic strip) मोटर की सप्लाई को काट देती है।

(4) स्टार्टिंग रिले (Starting Relay)—स्टार्टिंग रिले का कार्य मोटर को, स्प्लिट फेज प्रेरण मोटर की प्रारम्भिक तथा सहायक वाइंडिंग को सप्लाई (supply) के विरुद्ध (across) रखकर चालू करना है।



चित्र P.4.2

मुख्य वाइंडिंग को सीधे ही सप्लाई के विरुद्ध स्टार्टिंग रिले के कुण्डली, थर्मल ओवरलोड़ तथा थर्मोस्टेट स्विच से जोड़ा जाता है। यदि मोटर की सहायक वाइंडिंग को सप्लाई के विरुद्ध जोड़ा जाता है तो सिंगल फेज प्रेरण मोटर चालू हो जाती है अन्यथा मोटर को प्रारंभिक स्टार्टिंग टार्क नहीं मिलता।

(5) विद्युत मोटर (Electric Motor)—यह एक सिंगल फेज, स्प्लिट फेज प्रकार की प्रेरण मोटर होती है प्रशीतित्र की क्षमता के अनुरूप मोटर का साइज निर्धारित होता है।

कार्य विधि (Working Method) :

जब प्रशीतित्र को विद्युत सप्लाई को जोड़ा जाता है तो करन्ट, थर्मोस्टेट स्विच के माध्यम से, मोटर की स्टार्टिंग तथा मुख्य वाइंडिंग M_1M_2 से थर्मल ओवरलोड़ रिलिज कुण्डली C_1C_2 तक पहुँचती है क्योंकि मोटर रुकी अवस्था में होती है अत: यह भारी करन्ट खींचती है। उच्च धारा (heavy current), स्टार्टिंग कुण्डली की कुण्डली C_1C_2 से गुजरती है जिससे कुण्डली की ऊर्जा बढ़ जाती है। जिससे प्लन्जर ऊपर को उठकर (सहायक वाइंडिंग S_1S_2 को भी परिपथ में रखते हुए) बिन्दु a_2 को a_1 से जोड़ता है।

उस क्षण जब दोनों वाइंडिंग ऊर्जावान (energised) हो जाती हैं, मोटर चालू हो जाती है। जब मोटर अपनी गति पर घूमने लगती है। मोटर की सामान्य गति पर मुख्य वाइंडिंग द्वारा ली जाने वाली धारा (current drawn) भी सामान्य हो जाती है। सामान्य धारा पर स्टार्टिंग रिले की कुण्डली में प्लन्जर (Plunger) लगातार ऊपर को खींचा हुआ नहीं रह सकता तथा वह नीचे आ जाता है जिससे बिन्दु a_1a_2 खुल जाते हैं तथा सहायक वाइंडिंग S_1S_2 सर्किट से बाहर हो जाती है। स्टार्टिंग रिले का मुख्य कार्य मोटर को चालू करते समय सहायक वाइंडिंग को सर्किट में बनाये रखना तथा जब मोटर अपनी सामान्य गति पर चलने लगे तो उसे हटा देना है। जब स्टार्टिंग रिले बन्द नहीं होगी, मोटर स्टार्ट नहीं होगी और बंद करने के बाद नहीं चलती है तो थर्मल ओवरलोड़ ट्रिप (Trip) कर जायेगा अथवा फ्यूज (fuse) उड़ जायेगा।

एक प्रशीतित्र का सामान्य विवरण (General Details of a Refrigerator)

(1) प्रशीतक (Refrigerant)—Freon-12 (CCl_2F_2), प्रशीतक का आवश्यक भार = लगभग 150 से 200 gm

(2) कार्यकारी तापमान (Operating Temperature)—

(a) बाह्य तापमान = 32.2°C

(b) वाष्पन तापमान = –20.6°C

(c) संघनन तापमान = 54.4°C

(d) द्रव तापमान = 32.2°C

(e) गैस वापसी तापमान = 25°C

(f) संपीडक ऊपरी कक्ष तापमान (Compressor top shell temperature) = 70°C

(3) कार्यकारी दाब (Operating Pressure)—

चूषण दाब (Suction pressure) = 0.48 से लेकर 0.68 बार तक

विसर्जन दाब (Discharge pressure) = 10.34 से लेकर 12.41 बार तक

(4) कैपीलरी ट्यूब का साइज (Size of the Capillary Tube)—

(a) व्यास = 0.76 mm

(b) लम्बाई = 3.3 से 3.6 m तक

(5) सील्ड़ यूनिट (Sealed Unit)—

(a) मोटर—स्प्लिट फेज प्रेरण मोटर (Split phase induction motor) = $\frac{1}{12}$ से $\frac{1}{6}$ HP तक

AKC TECHNICAL CLASSES

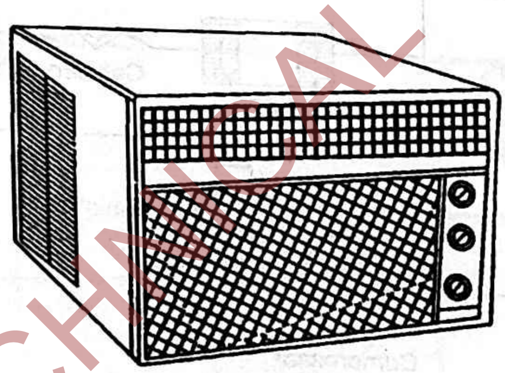
शक्ति (H.P.)	1/8	1/6
वाट (Watts)	105	145
ऐम्पियर (Amperes)	1	1.2
चक्र (Cycles)	50	50
वोल्टता (Voltage)	230	230
चक्र प्रति मिनट (R.P.M.)	2850	2850

(b) **सम्पीड़क**—पश्चाग्र, एकल सिलेण्डर संपीडक (Reciprocating single cylinder compressor)

(c) **रिले**—एम्पीयरेज (Amperage) प्रकार की, ओवरलोड़ प्रोटक्टर (overload protector) सहित

(II) विन्डो एअरकंडीशनर (Window Airconditioner)

विन्डो एअरकंडीशनर वह एअरकंडीशनर मशीन है जो किसी कक्ष की खिड़की (Window) में स्थापित की जाती है। चित्र P.4.3 में प्रदर्शित इस मशीन के विभिन्न नियन्त्रक (controls), परिचालन हेतु सामने के पैनल पर लगाये जाते हैं।



चित्र P.4.3

(a) **सलेक्टर स्विच (Selector Switch)**—यूनिट के प्रारम्भ करने के लिए पहले स्विच को दक्षिणावर्त (clockwise) घुमाकर ''fan'' चिन्ह पर लाते हैं। एक दो मिनट "fan" चलने के बाद पुन: दक्षिणावर्त घुमाकर "Cool" चिन्ह पर लाते हैं।

(b) **थर्मोस्टेट (Thermostat)**—नॉब को घुमाकर वांछित तापमान पर सैट कर लेते हैं।

(c) **शुद्ध वायु डैम्पर (Fresh Air Damper)**—कक्ष में शुद्ध एवं ताजी वायु पाने के लिए कन्ट्रोल नॉब को "open" स्थिति की तरफ घुमा देते हैं।

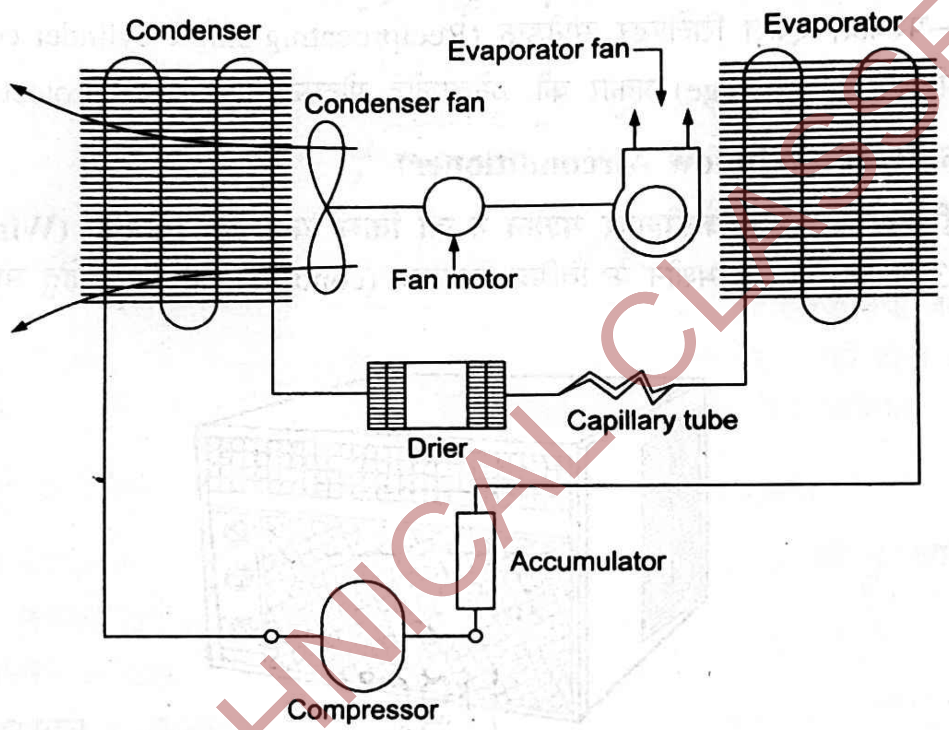
(d) **निकास डैम्पर (Exhaust Damper)**—जब कक्ष की वायु प्रदूषित महसूस हो तो इस स्विच के नॉब को घुमाकर "open" स्थिति में लाते हैं। इससे समस्त प्रदूषित वायु बाहर चली जाती है।

संरचना (Construction) :

यह इस्पात की बनी एक चेसिस (chasis) होती है जिस पर फिन (fin) तथा ट्यूब टाइप वाष्पक एक तरफ लगे होते हैं। तथा दूसरी तरफ फिन तथा ट्यूब टाइप संघनित्र लगे होते हैं। वाष्पक तथा संघनित्र के मध्य, केन्द्रीय रेखा के एक तरफ एक सीलड़ यूनिट लगी होती है। सभी अवयव जैसे विसर्जन रेखा, संघनित्र, ड्रायर कम फिल्टर, कैपीलरी ट्यूब, वाष्पक, चूषण लाइन तथा संचायक (accumulator) एक ही श्रेणी में जुड़े होते हैं जैसा कि चित्र P.4.4 में प्रदर्शित है। पूरा निकाय Freon-

AKC TECHNICAL CLASSES

12 द्वारा चार्जित होता है। केन्द्र रेखा पर, एक डबल शाफ्ट मोटर फिट रहती है। मोटर शाफ्ट के एक सिरे पर वाष्पक के पीछे ब्लोअर लगा होता है तथा दूसरी तरफ संघनित्र के पीछे एक वाटर स्पलॉश रिंग लगा हुआ पंखा होता है। वाष्पक तथा संघनित्र की तली में लगी हुयी प्लेटें आपस में एक पाइप द्वारा जुड़ी होती है जिससे वाष्पक का ठंडा पानी संघनित्र में आ सके। ऊष्मा को बाहर जाने से रोकने के लिए वाष्पक तथा ब्लोअर हाउसिंग को इन्सूलेटिड बनाया जाता है। शुद्ध एवं साफ वायु के लिए वाष्पक के सामने एक वायु फिल्टर लगा रहता है। यह पूरा संयोजन एक स्टील कवर में बंद रहता है। यूनिट के सामने की तरफ ग्रिल लगी रहती है जिसमें हवा की दिशा बदलने की व्यवस्था रहती है। एक स्विच द्वारा सील्ड यूनिट तथा फैन मोटर को परिचालित किया जाता है। थर्मोस्टेट स्विच गर्मियों में कक्ष का तापमान 24–25°C बनाये रखता है।



चित्र P.4.4

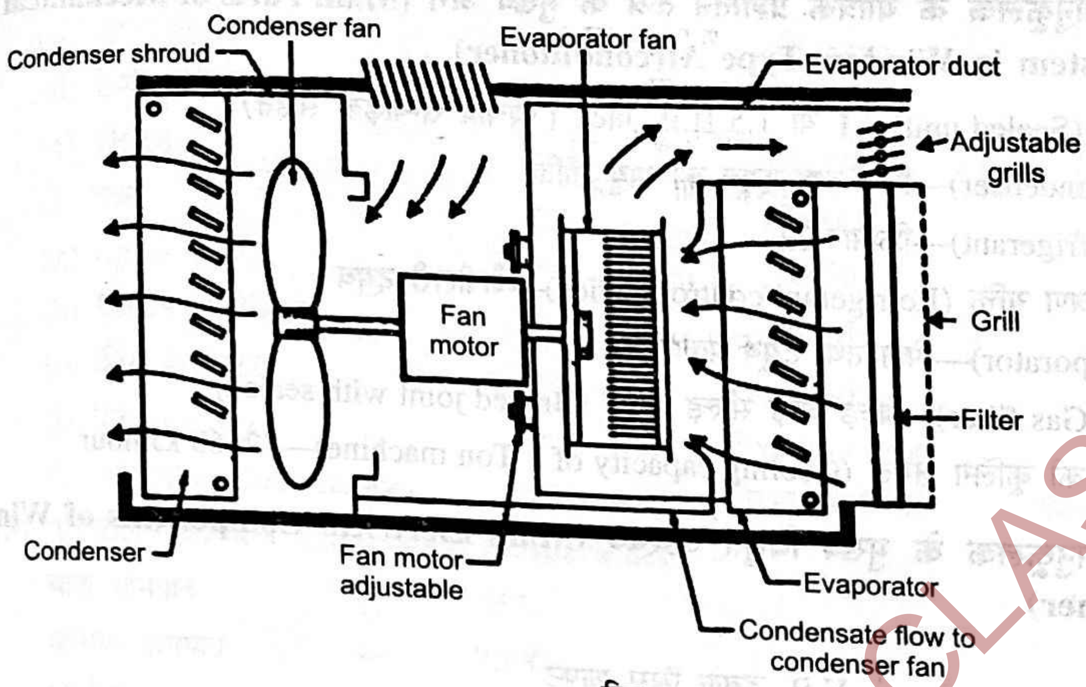
क्रिया (Operation) :

(देखें चित्र P.4.5) क्रिया के अन्तर्गत, वातानुकूलक, वाष्पक ब्लोअर की मदद से वायु खींचकर वाष्पक तथा वायु फिल्टर द्वारा कक्ष की वायु को ठण्डा तथा साफ करता है। वाष्पक ब्लोअर दो कार्य करता है। प्रथम, यह फिल्टर तथा वाष्पक के माध्यम से कक्ष की गर्म वायु को चूषित करता है तथा अनुकूलित वायु को कक्ष को भेजता है। संपीड़क तथा संघनित्र, सदैव कक्ष से बाहर की तरफ रहते हैं तथा एक इन्सूलेटेड़ पार्टिशन (insulated partition) द्वारा वाष्पन कक्ष से अलग रहते हैं जिससे ऊष्मा संचरण न हो। संघनित्र पंखा कवर में वायु को खींचता है और संघनित्र के केन्द्र पर फेंकता है।

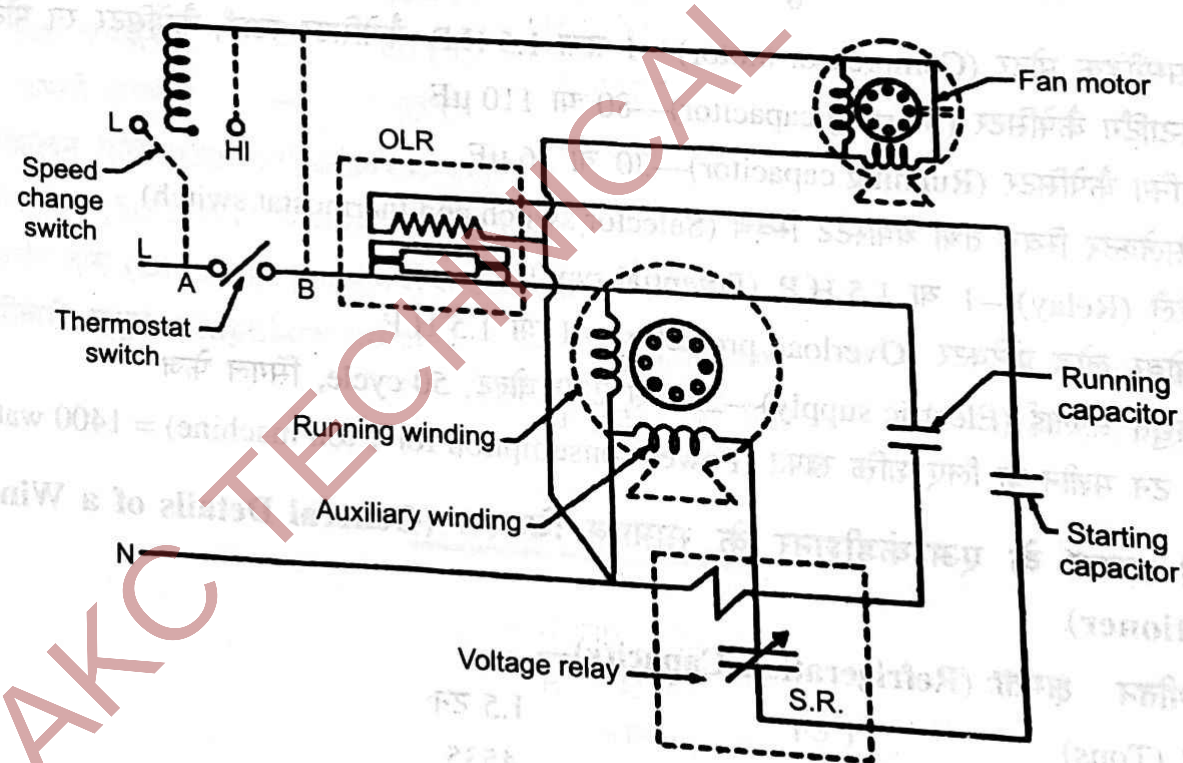
एक वातानुकूलक का विद्युत परिपथ (Electrical Circuit of an Airconditioner)—(देखें चित्र P.4.6)। वातानुकूलक में सप्लाई, थर्मोस्टेट स्विच को बिन्दु A पर दी जाती है जो उसे सिलेक्टर स्विच से जोड़ता है। पंखा मोटर तथा सम्पीड़क मोटर बंद स्थिति में रहती है। जब सिलेक्टर स्विच नॉब को दक्षिणावर्त (clockwise) घुमाया जाता है तब पंखा मोटर, सप्लाई के साथ जुड़ जाती है और वह चालू हो जाती है। सामान्यतया दो स्पीड़ सिलेक्टर लगाने का प्रावधान है– निम्न (low) तथा उच्च (high)।

जब थर्मोस्टेट स्विच को 'ON' स्थिति पर घुमाया जाता है तो सम्पीड़क मोटर चालू हो जाती है क्योंकि सप्लाई दोनों वाइंडिंग अर्थात् रंनिग (Running) वाइंडिंग तथा सहायक (Auxilary) वाइंडिंग को दी जाती है। सम्पीड़क मोटर, संधारित्र रन टाइप मोटर (capacitor run type motor) होती है जहाँ सामान्य स्पीड़ स्थापित हो जाती है तब वोल्टेज रिले ट्रिप कर

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र P.4.5



चित्र P.4.6

जाती है और सहायक वाइंडिंग, परिपथ से बाहर हो जाती है तथा रनिंग वाइंडिंग चालू रहती है जब तक कि कक्ष का वांछित तापमान स्तर न हो जाये। थर्मोस्टेट स्विच का थर्मल बल्ब, कक्ष तापमान [निम्न ठण्डा (low cool) अथवा उच्च ठण्डा (high cool)] को भाँप कर (after sensing) विद्युत परिपथ को जोड़ता अथवा तोड़ता है। इस प्रकार सम्पीड़न मोटर की क्रिया अर्थात् चालू होना तथा रुकना स्वचालित हो जाता है। जब सप्लाई वोल्टेज कम हो जाती है तो मोटर पर लोड़ बढ़ जाता है तथा ओवरलोड़ रिलीज (over load release) क्रियाशील हो जाता है। तब सम्पीड़क मोटर का सप्लाई से सम्बन्ध विच्छेद हो जाता है तथा वह सुरक्षित हो जाती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

विन्डो प्रकार के वातानुकूलक के यांत्रिक प्रशीतन तन्त्र के मुख्य अंग (Main Parts of Mechanical Refrigeration System in Window Type Airconditioner)

(1) सील्ड़ यूनिट (Sealed unit)—1 या 1.5 H.P. मोटर (पश्चाग्र सम्पीड़क सहित)

(2) कन्डेन्सर (Condenser)—फिन तथा ट्यूब का वायु शीतित

(3) प्रशीतक (Refrigerant)—फ्रिआन-22

(4) प्रशीतक नियन्त्रण युक्ति (Refrigerant control device)—कैपीलरी ट्यूब

(5) वाष्पक (Evaporator)—फिन तथा ट्यूब प्रकार का

(6) गैस फिल्टर (Gas filter)—ब्रेज्ड़ जोड़ सील्ड़ सहित (Brazed joint with sealed)

(7) 1 ton मशीन की कूलिंग क्षमता (Cooling capacity of 1 Ton machine)—12660 kJ/hour

विन्डो प्रकार के वातानुकूलक के मुख्य विद्युत अवयव (Main Electrical Components of Window Type Airconditioner)

(1) पंखा मोटर (Fan motor)—$\frac{1}{6}$ H.P. डबल सिरा शाफ्ट

(2) सम्पीड़क मोटर (Compressor motor)—1 तथा 1.5 H.P. कैपेसिटर स्टार्ट, कैपेसिटर रन मोटर

(3) स्टार्टिंग कैपेसिटर (Starting capacitor)—80 या 110 μF

(4) रनिंग कैपेसिटर (Running capacitor)—30 या 36 μF

(5) सिलेक्टर स्विच तथा थर्मोस्टेट स्विच (Selector switch and thermostat switch)

(6) रिले (Relay)—1 या 1.5 H.P. (Potential type)

(7) ओवर लोड़ प्रोटेक्टर (Overload protector)—1 या 1.5 H.P.

(8) विद्युत सप्लाई (Electric supply)—220 से 230 वोल्ट, 50 cycle, सिंगल फेज

(9) 1 टन मशीन के लिए शक्ति खपत (Power consumption for 1 ton machine) = 1400 watts

एक विन्डो प्रकार के एअरकंडीशनर के सामान्य विवरण (General Details of a Window Type Airconditioner)

(1) प्रशीतन क्षमता (Refrigeration Capacity)—

टन (Tons)	1 टन	1.5 टन
KCal/hr.	3025	4535
B.T.U./hr.	12000	18000
kJ/hr.	12660	18990

(2) प्रशीतक (Refrigerant)—F-22 (Monochloro-difluoro methane)

(3) प्रशीतक का भार (Weight of Refrigerant)— 700–800 grams 1 से 1.5 kg

(4) सील्ड़ यूनिट (Sealed Unit)—

(a) मोटर	—	Capacitor start	Capacitor run
(b) H.P.	—	1.5	2.5

AKC TECHNICAL CLASSES

(c) वाट	—	1440 watts	2250 watts
(d) ऐम्पीयर	—	7.2	12.2
(e) वोल्टेज	—	230 volt	230 volt
(f) चक्र	—	50 cycle	50 cycle
(g) r.p.m.	—	2850	2850
(h) स्टार्टिंग कैपेसिटर	—	80 μF	110 μF
(i) रनिंग कैपेसिटर	—	30 μF	36 μF
(j) रिले (Relay)	—	Potential type	
(k) सम्पीड़क (Compressor)	—	एकल सिलेण्डर	पश्चाग्र सम्पीडक

(5) परिचालन तापमान (Operating temperature)—

बाह्य तामपान	—	35°C
वाष्पक तामपान	—	7.2°C
संघनित्र तापमान	—	54.4°C
द्रव रेखा तामपान	—	46.1°C
गैस वापसी तापमान	—	35°C

(6) परिचालन दाब (Operating pressure)—

चूषण दाब (Suction pressure) = 5.3 bar

विसर्जन दाब (Discharge pressure) = 20.6 bar

(7) कैपीलरी ट्यूब (Capillary tube)— 1.39 × 1013.58 mm (दो ट्यूब) (1 टन हेतु) 1.62 × 761.98 mm (1.5 टन हेतु)

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रयोग संख्या-5

उद्देश्य (Object) :

एक प्रशीतन निकाय का निष्पादन गुणांक (C.O.P.) ज्ञात करना।

आवश्यक उपकरण (Apparatus Required) :

(i) वाटर कूलर (Water cooler) (ii) ऊर्जा मीटर (Energy meter), (iii) वोल्टेज स्टेबलाइजर (Voltage stabilizer) (iv) थर्मोमीटर (Thermometer) (v) जल मापक/भार मापने वाली व्यवस्था (Water measuring/weighing arrangement)

सिद्धान्त (Theory) :

किसी प्रशीतन निकाय के निष्पादन को निष्पादन गुणांक (Coefficient of performance) द्वारा व्यक्त किया जाता है।

माना, N = कुल प्रशीतन प्रभाव (Net refrigeration effect) (kJ/sec में)

W = मशीन में कार्य निवेश (Work input of the machine) (kJ/sec में)

$$\text{अतः मशीन का निष्पादन गुणांक (C.O.P.)} = \frac{\text{कुल प्रशीतन प्रभाव } (N)}{\text{कृत कार्य } (W)}$$

विधि (Method) :

(1) सर्वप्रथम वाटर कूलर टैंक को साफ करते हैं।

(2) मेन (main) तथा सम्पीड़क के बीच में ऊर्जामीटर लगाते हैं।

(3) टैंक में पानी की एक निश्चित मात्रा डालते हैं तथा ऊर्जा मीटर का पाठ्यांक पढ़ते हैं।

(4) कक्ष तापमान नोट करने के पश्चात् सम्पीड़क को चलाते हैं।

(5) सम्पीड़क को 1 घण्टा चलाने के बाद पानी का अन्तिम तापमान नोट करते हैं।

(6) ऊर्जामीटर का अन्तिम पाठ्यांक नोट करते हैं।

प्रेक्षण तथा गणना (Observations and Calculations) :

माना पानी की मात्रा = m kg, ऊर्जामीटर का प्रारम्भिक तथा अन्तिम पाठ्यांक = U_1 तथा U_2

थर्मोमीटर का प्रारम्भिक तथा अन्तिम पाठ्यांक = t_1°C तथा t_2°C

अत: तापमान में गिरावट = $(t_1 - t_2)$°C

ऊर्जा खपत = $(U_2 - U_1)$ kWh

पानी की विशिष्ट ऊष्मा = S

सम्पीड़क पर कृत कार्य, $W = (U_2 - U_1) \times 3600$ kJ/hour

∴ प्रशीतन प्रभाव N = m.s. $(t_1 - t_2)$ kJ/hour

$$\therefore \quad \text{निष्पादन गुणांक (C.O.P.)} = \frac{\text{प्रशीतन प्रभाव } (N)}{\text{कृत कार्य } (W)}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

सावधानियाँ (Precautions) :

(1) कनेक्शन ढ़ीले तथा वोल्टेज में उतार-चढ़ाव नहीं होने चाहिए।

(2) तापमान नोट करते समय ऊष्मा प्राप्ति (Heat gain) हो सकती है। अत: तापमान सावधानीपूर्वक नोट करने चाहिये।

(3) थर्मोस्टेट को अधिकतम निम्न तापमान स्थिति में रखते हैं।

(4) थर्मोमीटर बल्ब, पानी में डूबा रहना चाहिए।

(5) पानी का टैंक बिल्कुल साफ तथा धूल रहित होना चाहिए। धूल से प्रशीतन प्रभाव में कमी आती है तथा C.O.P. कम हो जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रयोग संख्या-6

उद्देश्य (Object) :

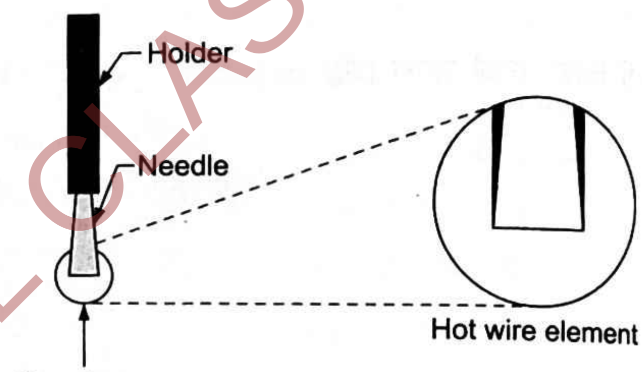
एनेमोमीटर का प्रयोग करते हुए वायु प्रवाह मापना (To measure air flow using anemometer)

आवश्यक उपकरण (Apparatus Required) :

(i) गर्म तार ऐनेमोमीटर (Hot wire anemometer)

विवरण (Details) :

ऐनेमोमीटर—यह एक ऐसा उपकरण है जो वायु अथवा गैस की गति को मापने का कार्य करता है। वायु का प्रवाह निश्चित भी हो सकता है जैसे एक डक्ट (duct) में वायु प्रवाह तथा अनिश्चित भी हो सकता है जैसे वायुमण्डलीय वायु। वायु वेग ज्ञात करते समय, ऐनेमोमीटर तरल के कुछ भौतिक गुणों में परिवर्तन को जाँचता (duct) है अथवा यह उस यांत्रिक युक्ति पर तरल का प्रभाव जाँचता है जो प्रवाह के मध्य प्रविष्ट करायी गयी हो।



चित्र P.6.1—Hot wire anemometer

एक गर्म तार एनेमोमीटर एक प्रमुख प्रकार की नियत तापमान युक्ति है। इसमें एक विद्युतीय तरीके से गर्म होने वाला पतला तार अवयव (hot wire element) होता जो सिरों पर सुईयों (needles) द्वारा आधारित रहता है। तार का व्यास लगभग 0.00016 inch तथा 0.05 inch लम्बाई होती है। निम्न वेग पर स्वच्छ गैसों के लिए गर्म तार सर्वोत्तम कार्य करता है जबकि कुछ द्रव प्रवाह अनुप्रयोगों के लिए वेन्टूरीमीटर का भी प्रयोग किया जाता है।

ऐनेमोमीटर द्वारा कुल वेग परिमाण (Total velocity magnitude), एक क्षैतिज समतल में वेग परिमाण अथवा किसी विशेष दिशा में वेग घटक को माप सकता है।

ऐनेमोमीटर के प्रकार (Types of Anemometer)

वायु की गति को सीधे ही मापने हेतु ऐनेमोमीटर के अनेक माडल बाजार में उपलब्ध है। चार प्रमुख एवं प्रचलित माडल निम्न हैं—

(i) वेन ऐनेमोमीटर (Vane anemometer)

(ii) तापीय ऐनेमोमीटर (Thermal anemometer)

(iii) वेग/ताप प्रोफाइलिंग सहित तापीय ऐनेमोमीटर (Thermal anemometers with velocity temperature profile)

(iv) कप ऐनेमोमीटर (Cup anemometers)

इस प्रकार के वायु गति इंडीकेटर प्राय: दो प्रकार से वर्गीकृत किये जाते हैं—

(a) नियत ताप ऐनेमोमीटर (Constant Temperature Anemometers)

ये अधिक लोकप्रिय ऐनेमोमीटर हैं क्योंकि इनका उच्च आवृत्ति प्रत्युत्तर (High frequency response) होता है। इसके अतिरिक्त निम्न इलेक्ट्रॉनिक शोर स्तर, वायु प्रवाह के अचानक रूकने के कारण सेन्सर बर्न आउट (senser burn out) से

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रतिरोधकता (immunity) हॉट फिल्म सेन्सर के साथ अनुकूलता (compatibility) तथा द्रव अथवा गैस प्रवाहों के लिए इनके अनुप्रयोग होने कारण भी ये अधिक प्रचलित हैं।

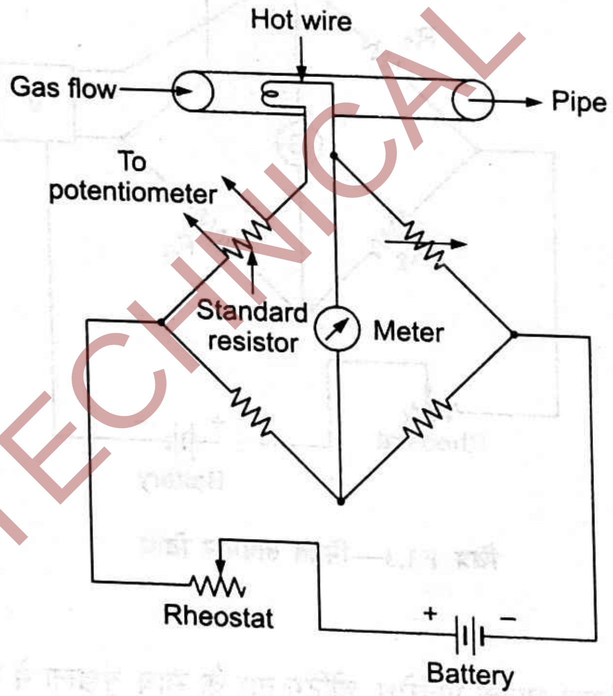
(b) नियत दाब ऐनेमोमीटर (Constant Power Anemometers)

इसमें कोई फीडबैक (feedback) सिस्टम नहीं होता। तापमान, सरल रूप में, प्रवाह दर के समानुपाती होता है। ये ऐनेमोमीटर कम प्रचलित हैं क्योंकि इनका शून्य प्रवाह पाठ्यांक (zero flow reading) स्थायी नहीं रहता। इसके अतिरिक्त तापमान तथा वेग प्रत्युत्तर (response) स्थायी नहीं रहता। इसके अतिरिक्त तापमान तथा वेग प्रत्युत्तर (response) धीरे होता है तथा तापमान क्षतिपूर्ति (temperature compensation) सीमित है।

हॉट वायर ऐनेमोमीटर (Hot Wire Anemometer)

हॉट वॉयर ऐनेमोमीटर एक उपकरण है जिसका उपयोग द्रव का वेग तथा दिशा को मापने के लिए किया जाता है। यह तरल प्रवाह में रखे तार द्वारा ऊष्मा की हानि को माप कर किया जाता है। बिजली के करंट से तार गर्म होता है।

गर्म तार जब तरल प्रवाह में रखा जाता है, उस स्थिति में तार से ऊष्मा का ट्रांसफर तरल को होता है तथा तार का तापमान कम हो जाता है। तार का प्रतिरोध, तरल के प्रवाह की दर को मापता है।



चित्र P.6.2—नियत धारा विधि

संरचना (Construction) :

गर्म तार ऐनेमोमीटर में मुख्यतः दो अंग होते हैं—

(1) चालक तार (Conducting wire)

(2) व्हीटस्टोन सेतु (Wheatstone bridge)

चालक तार को एक सेरेमिक बॉडी (ceramic body) में रखा जाता है। इसे सेरेमिक बॉडी से निकाल कर व्हीटस्टोन सेतू से जोड़ा जाता है। यह सेतू प्रतिरोध की भिन्नता को मापता है।

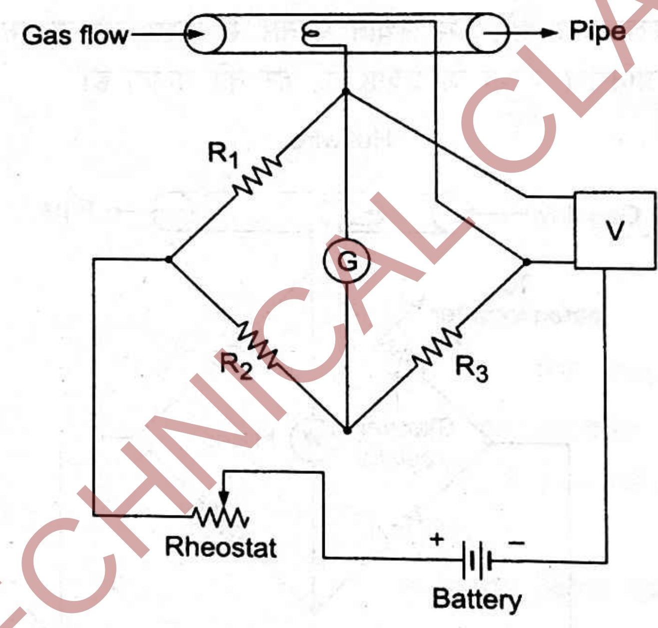
AKC TECHNICAL CLASSES

नियत धारा विधि (Constant Current Method)

इस विधि में धारा (current) के एक निश्चित परिमाण (magnitude) तारों (wires) में से गुजारा जाता है। व्हीटस्टोन सेतू को भी नियत वोल्टेज पर रखा जाता है। जब तारों को तरल के प्रवाह में रखा जाता है, उस स्थिति में, ऊष्मा का संचरण (transfer) तार से तरल में होता है। यदि ऊष्मा घटती है तो इसका अर्थ है की तार का प्रतिरोध भी घट रहा है। व्हीटस्टोन सेतू, प्रतिरोध में परिवर्तन को मापता है जो तरल की प्रवाह दर के बराबर होगा।

नियत तापमान विधि (Constant Temperature Method)

इस व्यवस्था में, विद्युत प्रवाह द्वारा तार को गर्म किया जाता है। गर्म तार जब तरल धारा में रखा जाता है तो ऊष्मा तार से तरल में स्थानांतरित (transfer) हो जाती है। इस प्रकार, तार का तापमान बदलता है जो उसके प्रतिरोध को भी बदलता है। यह इस सिद्धान्त पर कार्य करता है कि तार का तापमान स्थिर रहता है। प्रारम्भिक स्थिति में तार को लाने के लिए कुल धारा की आवश्यकता गैस के प्रवाह दर के बराबर होती है।



चित्र P.1.3—नियत तापमान विधि

तरल प्रवाह की दर का मापन

चित्र P.6.2 से, व्हीटस्टोन सेतु में एक मानक प्रतिरोध, हीटिंग तार के साथ श्रृंखला में जुड़ा हुआ है। तार के पार (across) करंट को प्रतिरोध के पार वोल्टेज ड्राप को मापकर ज्ञात किया जा सकता है। वोल्टेज ड्राप का मान पोटेन्शीयोमीटर (Potentiometer) द्वारा मापा जाता है।

गर्म तार से ऊष्मा हानि को निम्न समीकरण द्वारा ज्ञात किया जा सकता है—

$$\text{ऊष्मा हानि} = a(v\rho + b)^{1/2} \text{ Joule/sec.}$$

जहाँ v = ऊष्मा प्रवाह का वेग,

ρ = तरल का घनत्व

a, b = स्थिरांक (constant), इनका मान तरल तथा तार के भौतिक गुण तथा विमाओं पर निर्भर करता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

माना I = तार में करंट का मान तथा R = तार का का प्रतिरोध

संतुलन की स्थिति में, जनित ऊष्मा (generated heat) = ऊष्मा हानि (Heat loss)

$$I^2R = a(v\rho + b)^{1/2}$$

$$\therefore \qquad v = \frac{(I^2R/a^2 - b)}{\rho}$$

उपकरण का प्रतिरोध तथा तापमान, तरल की दर को मापते समय स्थिर रखे जाते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रशीतन एवं वातानुकूलन

(Refrigeration and Air Conditioning)

1. किन्हीं तीन प्रश्नों के उत्तर दें—
   (a) एक आदर्श वाष्प अवशोषण प्रणाली के निष्पादन गुणांक (C.O.P.) का व्यंजक स्थापित कीजिये।
   (b) वाष्प संपीड़न निकाय की तुलना में वायु प्रशीतन निकाय के लाभों तथा अलाभों का उल्लेख कीजिए।
   (c) प्राथमिक एवं द्वितीयक प्रशीतक में अन्तर स्पष्ट करें तथा दोनों के दो उदाहरण दें।
   (d) निम्न प्रशीतकों के गुण, नाम तथा रासायनिक सूत्र लिखिये—
   (i) *R*–12 (ii) *R*–22 (ii) *R*–717
   (e) एक *R*-12 प्रशीतन तंत्र 2.5 बार तथा 9 बार की दाब सीमाओं में कार्य करता है। संपीडन रुद्धोष्म विधि से होता है तथा कोई अवशीतन नहीं होता। सम्पीडन के शुरू में वाष्प शुष्क एवं संतृप्त है। C.O.P. का मान ज्ञात करो। यदि वास्तविक C.O.P. सैद्धान्तिक C.O.P. का 0.65 है तो कुल प्रशीतन प्रभाव प्रति घंटा ज्ञात करो। प्रशीतक प्रवाह की दर 5 kg/min. मानिये।
2. किन्हीं तीन प्रश्नों के उत्तर दें—
   (a) एक Vapour compression cycle में द्रव के अवशीतन (subcooling) तथा वाष्प के अतितप्त (superheating) का प्रभाव बताइये।
   (b) एक प्रशीतन मशीन की क्षमता 500 ton है जो कि –5°C व 20°C के बीच कार्य करती है, 24 घण्टें 0°C को बनने वाली बर्फ का भार ज्ञात करो। यदि पानी 10°C पर प्रदान किया जाता है। इसके लिये आवश्यक अश्व शक्ति भी ज्ञात करो। माना यह कार्नोट चक्र पर कार्य करती है।
   (c) इन्वर्टर तकनीक पर आधारित एअरकंडीशनर पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। इसके लाभ भी बताइये।
   (d) एक वाष्पक संघनित्र (Evaporative condenser) का सचित्र वर्णन कीजिए।
   (e) एक Bell Coleman Cycle पर आधारित कार्य करने वाले वायु प्रशीतन निकाय शीत कमरे से वायु 268°K पर लेता है तथा उसे 1 bar से 5.5 bar तक संपीडित करता है। सम्पीडक गुणांक 1.25 है। सम्पीडित वायु को 300 K तक शीतल किया जाता है। वायु प्रसारित्र में प्रसारित होती है। जिसका प्रक्रम गुणांक 1.35 है। वायुमण्डलीय तापमान 20°C है। वायु के लिए $C_p = 1.005$ kJ/kg-K तथा $R = 0.287$ kJ/kg-K लीजिये। (i) निकाय का C.O.P. निकालिये। (ii) 20°C के पानी से 0°C की 1500 kg/day बर्फ बनाने हेतु प्रवाहित वायु की मात्रा प्रति मिनट (iii) संयंत्र की क्षमता (kWatt में)
3. किन्हीं तीन प्रश्नों के उत्तर दें—
   (a) निम्न को परिभाषित कीजिये—(a) विशिष्ट आर्द्रता (Sp. Humidity) (b) परम आर्द्रता (abs. humidity), (c) सापेक्ष आर्द्रता (Releative humidity), (d) ओसांक तापमान (Dewpoint temperature), (e) संतृप्तिकरण अंश (Degree of saturation) (f) डाल्टन का आंशिक दाब का नियम (Dalton's partial pressure law)
   (b) एक पश्चाग्र सम्पीड़क तथा घूर्णी सम्पीड़क की कार्यप्रणाली में अन्तर बताइये।
   (c) स्वचालित विहिमिकरण (Auto defrosting) को परिभाषित कीजिए तथा समझाइये।
   (d) एक अवशोषण प्रणाली में निम्नलिखित अवयवों के कार्यों की समीक्षा कीजिये—
   (i) अवशोषक (Absorber) (ii) रेक्टीफायर (Rectifier)
   (iii) विश्लेषक (Analyser) (iv) ऊष्मा विनियमक (heat exchangers)
   (e) बेल कोलेमन चक्र को (*P*–*V*) तथा (*T*–ϕ) आरेख पर प्रदर्शित कीजिए तथा C.O.P. का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

4. किन्हीं तीन प्रश्नों के उत्तर दें—

(a) साइक्रोमीटरिक चार्ट का क्या उपयोगिता है? इसे समझाइये कि इसकी रचना कैसी होती है?

(b) वायु का शुष्क बल्ब तापमान 30°C तथा सापेक्ष आर्द्रता 50% हो तो निम्न का मान ज्ञात कीजिये—(a) ओसांक तापमान (DPT) (b) विशिष्ट आर्द्रता (c) आर्द्रता बल्ब तापमान (WBT) (d) एन्थाल्पी (e) विशिष्ट आयतन।

(c) एक अवशोषण प्रकार के प्रशीतित्र में अमोनिया जनित्र को ऊष्मा की सप्लाई, भाप द्वारा 2 bar दाब तथा 90% शुष्क अवस्था में दी जाती है। प्रशीतित्र में तापमान –5°C रखा जाता है। तंत्र का अधिकतम सम्भव C.O.P. ज्ञात करें यदि प्रशीतन भार 20 Ton हो तथा वास्तविक C.O.P. अधिकतम की 70% हो तो प्रति घण्टा आवश्यक भाप की मात्रा ज्ञात करें। वायुमण्डलीय तापमान 30°C मानिये।

(d) एक प्रशीतक के भौतिक तथा ऊष्मा गतिकीय गुणों में अन्तर स्पष्ट करें।

(e) एक reversed perfect heat engine के द्वारा 20°C वाले पानी से 0°C वाली बर्फ बनायी जाती है। हिममिश्रण (Freezing mixture) का तापमान –12°C है। बर्फ की विशिष्ट ऊष्मा 0.5 व गुप्त ऊष्मा 336 kJ/kg है तो 0°C पर बनने वाली बर्फ की दर kg/hr./I.H.P. ज्ञात कीजिये।

5. किन्हीं तीन प्रश्नों के उत्तर दें—

(a) 150 m^3 वायु 30°C व 40% R.H. से 15°C तक ठण्डी की जाती है। वायु दाब 10^5 N/m^2 है। हटाई गई ऊष्मा (heat removed) ज्ञात करो।

(b) वातानुकूलन के सन्दर्भ में आर्द्रीकरण तथा अनार्द्रीकरण से क्या अभिप्राय है?

(c) ओवरलोड सुरक्षा (Overload protection) पर संक्षिप्त वर्णन कीजिए।

(d) निम्नलिखि को समझाइये—

(i) निष्पादन गुणांक (C.O.P.)

(ii) टन-प्रशीतन (Ton of refrigeration)

(iii) प्रशीतन प्रभाव (Refrigeration effect)

(e) स्टार रेटिंग (Star rating) को समझाइये। एक 3-स्टार तथा 5-स्टार रेटिंग वाले A.C. की तुलना करें।

AKC TECHNICAL CLASSES