บทที่ 2
ทฤษฎี

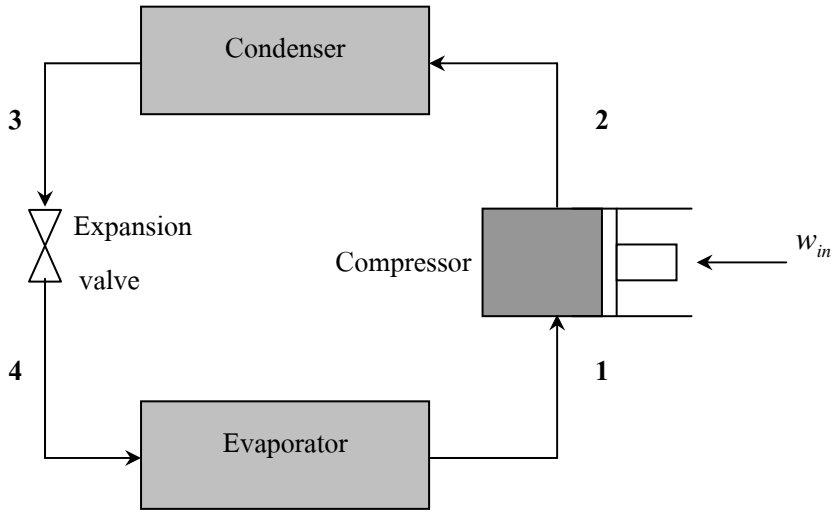
2.1 วัฏจักรการทำความเย็น

การทำความเย็น คือ กระบวนการของการลดและรักษาอุณหภูมิของวัตถุหรือบริเวณรอบๆที่ต้องการทำความเย็น ให้มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ระบบทำความเย็นที่ใช้งานจริงทุกระบบจะทำการรักษาอุณหภูมิให้ต่ำโดยการนำเอาความร้อนออกจากสิ่งที่ต้องการทำให้เย็นลง โดยอาศัยตัวกลางเป็นตัวนำความร้อนเข้าและออกจากระบบ การทำงานมีลักษณะเป็นวัฏจักร ซึ่งเรียกว่า วัฏจักรการทำความเย็น

ในที่นี้จะขอกล่าวถึงวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ ซึ่งใช้สารทำความเย็น (refrigerant) เป็นตัวกลางในการพาความร้อน ในการทำงาน สารทำความเย็นจะระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอและควบแน่นเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวสลับกัน พร้อมทั้งถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้นในขณะที่มีสถานะกลายเป็นไอ

2.1.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอประกอบด้วย การระเหย การกลั่นตัว และการหมุนเวียนของสารทำความเย็นในระบบอย่างสม่ำเสมอ การระเหยกลายเป็นไอเกิดขึ้นเมื่อมีความดันต่ำ และอุณหภูมิต่ำ ส่วนการกลั่นตัวจากไอเป็นของเหลวเกิดที่ความดันสูงและอุณหภูมิสูง



รูปที่ 2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

รูปที่ 2.1 แสดงวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ สารทำความเย็นจะไหลเข้าเครื่องอัดไอที่สภาวะที่ 1 ในสถานะไออิ่มตัว(แต่ในทางปฏิบัติเป็นไอร้อนยวดยิ่งเล็กน้อย)และถูกอัด จนกระทั่งมีความดันเท่ากับความดันของเครื่องควบแน่น ในกระบวนการอัดนี้อุณหภูมิของสารทำความเย็นจะเพิ่มขึ้นสูงกว่าสิ่งแวดล้อม เช่น บรรยากาศ หลังจากนั้นสารทำความเย็นจะไหลสู่เครื่องควบแน่นในสถานะไอร้อนยวดยิ่งที่สภาวะที่ 2 และออกจากเครื่องควบแน่นในสถานะของเหลวอิ่มตัวที่สภาวะที่ 3 เนื่องจากผลของการคายความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม และของเหลวอิ่มตัวนี้จะไหลผ่านลิ้นควบคุม เรียกว่า วาล์วขยายตัว เกิดการขยายตัวและความดันจะลดลงเท่ากับความดันที่สภาวะที่ 1 และที่สภาวะที่ 4 นี้ เมื่อสารทำความเย็นผ่านวาล์วขยายตัวแล้ว จะเป็นของผสมระหว่างของเหลวกับไอ(โดยมีของเหลวมากกว่าไอ)เข้าไปที่คอยล์เย็น ซึ่งจะดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อมและกลายเป็นไออิ่มตัวที่สภาวะที่ 1 เป็นการทำงานครบวัฏจักรของการทำความเย็นแบบอัดไอ ซึ่งอุปกรณ์หลักในเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอจะประกอบไปด้วย

2.1.1.1 เครื่องอัดไอ (Compressor) หมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้เพิ่มความดันให้แก่สารทำความเย็น ขับเคลื่อนด้วยกำลังงานจากภายนอก ซึ่งอาจจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ชนิดต่างๆ วัตถุประสงค์ของการใช้ เครื่องอัดไอ คือ การเพิ่มความดันให้กับสารทำความเย็น เมื่อมีความดันสูงขึ้นจะทำให้อุณหภูมิควบแน่นสูงขึ้นด้วย ทำให้สามารถระบายความร้อนจากสารทำความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมได้

2.1.1.2 เครื่องควบแน่น (Condenser) หรือเรียกว่าคอยล์ร้อน หมายถึง อุปกรณ์ที่รับสารทำความเย็นเข้ามาหลังจากที่ผ่านเครื่องอัดไอแล้ว เพื่อให้เกิดการควบแน่นหรือกลั่นตัว การควบแน่นของสารทำความเย็นเกิดขึ้นโดย หลังจากที่สารทำความเย็นที่มีสภาพเป็นไอ ผ่านการอัดโดยเครื่องอัดไอทำให้มีอุณหภูมิสูงและมีจุดเดือดสูงด้วย เมื่อผ่านเข้ามาในเครื่องควบแน่นจะมีการถ่ายเทความร้อนออกจากสารทำความเย็นไปยังอากาศ ทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นลดลงและควบแน่นกลายเป็นของเหลวอิ่มตัว

2.1.1.3 วาล์วขยายตัว (Expansion valve) หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็นลง เพื่อให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิลดลงจนสามารถเดือดและระเหยที่อุณหภูมิต่ำ และเป็นตัวตวบคุมสารทำความเย็นในสถาวะของเหลวไปยังคอยล์เย็น

2.1.1.4 เครื่องระเหย (Evaporator) หรือเรียกว่า คอยล์เย็น หมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับความร้อนจากที่ๆต้องการทำความเย็น เนื่องจากว่าสารทำความเย็นที่ออกจากวาล์วขยายมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของคอย์เย็น ดังนั้น ความร้อนในสิ่งของที่ต้องการทำความเย็น จะถ่ายเทความร้อนให้สารทำความเย็น ทำให้สารทำความเย็นภายในคอยล์เย็นมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนถึงจุดเดือดและกลายเป็นไอ

เนื่องจากเครื่องทำความเย็นถูกนำไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ จึงทำให้คอยล์เย็นถูกผลิตออกมาในหลายรูปแบบ ซึ่งอาจจะจำแนกเป็นแบบต่างๆได้ เช่น จำแนกตามแบบโครงสร้าง เป็นต้น

2.2 การถ่ายเทความร้อนในคอยล์เย็น

ความร้อนของอากาศรอบคอยล์เย็นจะถูกถ่ายเทเข้าสู่สารทำความเย็นภายในคอยล์เย็นได้ โดยผ่านผนังท่อของคอยล์เย็น ซึ่งจะเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการพาและการนำความร้อน สามารถคำนวณได้จาก

$$Q = A.U_o F \Delta T_{\ln} \qquad (2.1)$$

$$U_o = \frac{1}{A_o R} \qquad (2.2)$$

$$R = \frac{1}{A_i h_i} + \frac{t}{kA_m} + \frac{1}{A_o h_o} \qquad (2.3)$$

$$A_m = \frac{A_o - A_i}{\ln(A_o / A_i)} \qquad (2.4)$$

$$\Delta T_{\ln} = \frac{(T_e - T_r) - (T_L - T_r)}{\ln \frac{(T_e - T_r)}{(T_L - T_r)}} \qquad (2.5)$$

โดยที่ Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

A คือ พื้นที่ผิวการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด (m^2)

U_o คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ($W / m^2 K$)

$\Delta T_{\ln}$ คือ Log Mean Temperature Difference (K) ระหว่างอุณหภูมิภายนอกกับภายในท่อ

F คือ Correction factor

R คือ ความต้านทานการถ่ายเทความร้อนรวม (K/W)

A_o, A_i คือ พื้นที่ผิวภายนอกและภายในท่อ (m^2) ตามลำดับ

A_m คือ Logarithmic mean area (m^2)

h_o, h_i คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของการไหลภายนอกและภายในท่อ (W/m^2K) ตามลำดับ

k คือ ค่าคงที่การนำความร้อนของท่อ (W/mK)

t คือ ความหนาท่อ (m)

T_e คือ อุณหภูมิของอากาศที่ผ่านคอยล์ (K)

T_L คือ อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากคอยล์ (K)

T_r คือ อุณหภูมิของสารความเย็นในท่อ (K)

2.3 การถ่ายเทความร้อนจากครีบ

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจากพื้นผิวของแข็งไปสู่ของไหลที่ไหลผ่านพื้นผิวนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อย่างหนึ่งก็คือพื้นที่ของพื้นผิวที่สัมผัสกับของไหล ดังนั้นการเพิ่มปริมาณการถ่ายเทความร้อนจึงอาจจะทำได้ด้วยการเพิ่มพื้นที่ดังกล่าวด้วยการเสริมครีบบนพื้นผิวถ่ายเทความร้อน ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ถูกระบายจากพื้นผิวของครีบโดยการพาความร้อนนั้น จะไหลไปตามตัวครีบโดยการนำความร้อน และถูกระบายออกจากครีบผ่านพื้นผิวของครีบโดยการพาความร้อนไปสู่ของไหลที่พัดผ่านพื้นผิวครีบนั้น ครีบจะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ส่วนฐานและค่อยๆลดต่ำลงไปสู่ปลายครีบ

การเสริมครีบให้แก่ท่อเปลือยแม้ว่าจะเป็นการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน แต่ข้อเสียของครีบคือการบดบังพื้นที่ผิวท่อซึ่งจะลดความสามาถในการถ่ายเทความร้อน นอกจากนี้ครีบจะต้องได้รับการยึดให้แน่นสนิทเข้ากับผิวท่อ เพื่อขจัดความต้านทานสัมผัสระหว่างผิวท่อกับฐานครีบ เมื่อพิจารณาในแง่นี้ครีบที่ถูกหล่อหรือตัดขึ้นมาจากเนื้อของตัวท่อย่อมจะดีกว่าการทำเป็นท่อเปลือยแล้วจึงนำครีบมายึดติดในภายหลัง การยึดครีบติดกับผิวท่อด้วยเทคนิคโลหะเหลวกล่าวคือการเชื่อมหรือบัดกรีจะช่วยป้องกันปัญหาเกี่ยวกับความต้านทานของหน้าสัมผัสได้ (พงษ์ธร จรัญญากรณ์, 2542) ซึ่งสมการการถ่ายเทความร้อนสำหรับครีบ คือ

$$Q_f = \eta_f A_f h(T_b - T_\infty) \qquad (2.6)$$

โดยที่ η_f คือ ประสิทธิภาพครีบ

A_f คือ พื้นที่ผิวครีบที่สัมผัสกับของไหล (m^2)

h คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวครีบ (W/m^2K)

T_b คือ อุณหภูมิที่ฐานครีบ (K)

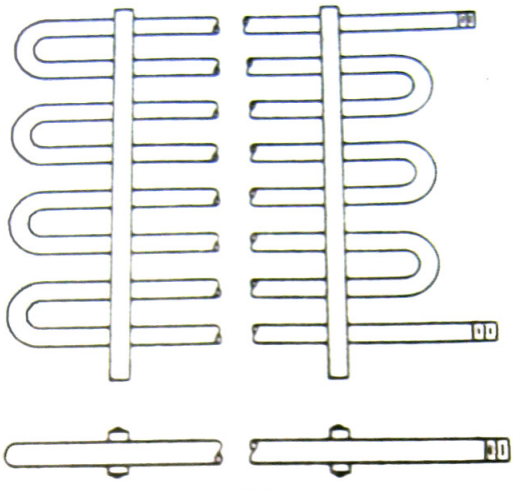
T_∞ คือ อุณหภูมิของไหล (K)

2.4 แบบของคอยล์เย็น

การจำแนกแบบของคอยล์เย็นตามลักษณะโครงสร้าง สามารถจำแนกได้ 3 แบบ คือ แบบท่อเปลือย(Bare-type), แบบแผ่น(Plate-surface) และแบบขดท่อติดครีบ(Finned-tube)

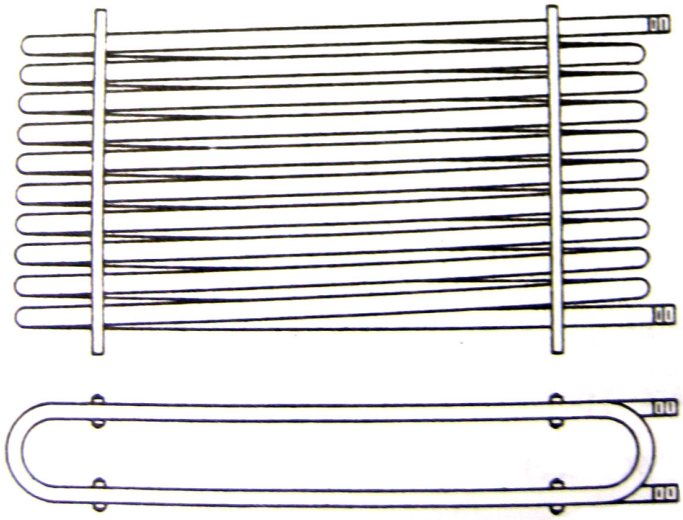
2.4.1 คอยล์เย็นแบบท่อเปลือย

คอยล์เย็นแบบนี้ส่วนใหญ่มักสร้างจากท่อเหล็กหรือท่อทองแดง ท่อเหล็กมักจะใช้กับสารทำความเย็นจำพวกแอมโมเนีย เนื่องจากทองแดงจะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียแล้วเกิดการสึกกร่อนของทองแดง คอยล์เย็นแบบท่อเปลือยมีหลายแบบ รูปร่างโดยทั่วไปจะเป็นแบบซิกแซก และแบบ Oval trombone ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และ 2.3



รูปที่ 2.2 แสดงคอยล์เย็นท่อเปลือยแบบซิกแซก

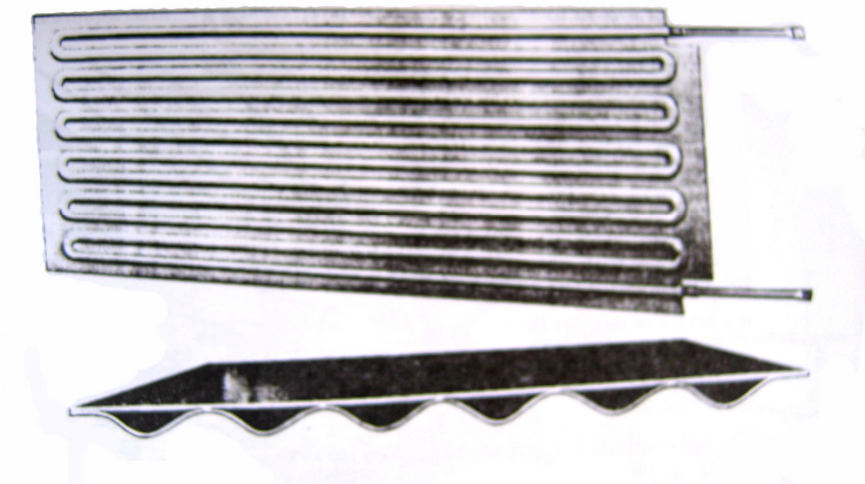
(ที่มา : อัครเดช สินธุภัค, 2544)



รูปที่ 2.3 แสดงคอยล์เย็นท่อเปลือยแบบ Oval trombone
(ที่มา : อัครเดช สินธุภัค, 2544)

2.4.2 คอยล์เย็นแบบแผ่น

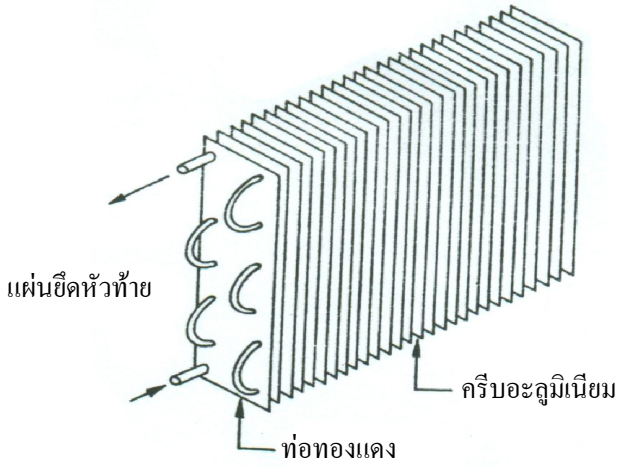
คอยล์เย็นแบบแผ่นสามารถแบ่งได้หลายแบบ บางแบบสร้างโดยใช้โลหะ 2 แผ่น แผ่นแรกเป็นลอนนูน และอีกแผ่นเป็นแผ่นเรียบ เชื่อมติดกันและช่องที่เกิดจาก ลอนนูนทำหน้าที่เป็นท่อของสารทำความเย็น คอยล์เย็นแบบนี้นิยมใช้กันแพร่หลายในระบบทำความเย็นของตู้เย็นและระบบทำความเย็นขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงคอยล์แบบแผ่น
(ที่มา : อัครเดช สินธุภัค, 2544)

2.4.3 คอยล์เย็นแบบขดท่อติดครีบ

คอยล์เย็นแบบขดท่อติดครีบนี้สร้างจากท่อเปลือย แล้วประกอบเข้ากับแผ่นโลหะที่เรียกกันว่า ครีบ โดยครีบนี้ทำหน้าที่เป็นพื้นผิวขั้นที่ 2 ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวด้านนอกของคอยล์เย็นและเป็นการเพิ่มความสามารถของการทำความเย็นให้มากขึ้นด้วย โดยคอยล์เย็นแบบขดท่อติดครีบนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะมีลักษณะเป็นท่อทองแดงขดไปขดมา มีครีบทำจากอลูมิเนียมช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำความเย็นที่ไหลอยู่ภายในท่อ ดังรูปที่ 2.5



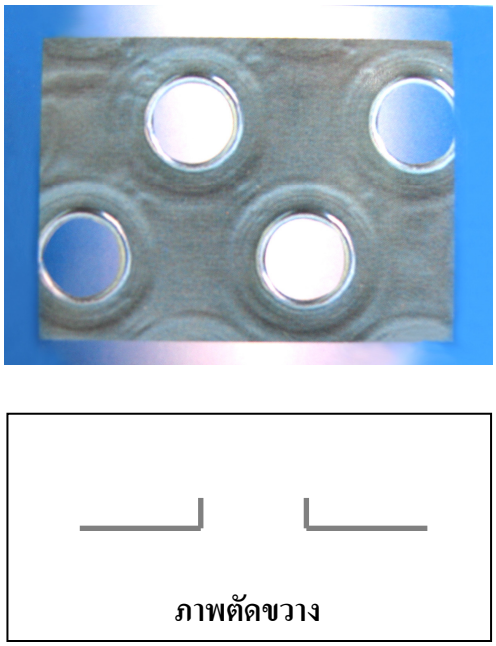
รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของคอยล์เย็นแบบขดท่อและครีบ
(ที่มา : สมศักดิ์ สุโมตยกุล, 2537)

คอยล์เย็นแบบนี้จะใช้กับเครื่องปรับอากาศชนิดติดหน้าต่างและชนิดแยกส่วน ซึ่งจะต้องมีพัดลมช่วยเพิ่มความเร็วลมผ่านขดท่อติดครีบ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นในคอยล์เย็น ลมเย็นที่เป่าผ่านคอยล์เย็นนี้จะถูกส่งเข้าภายในห้องหรือพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น

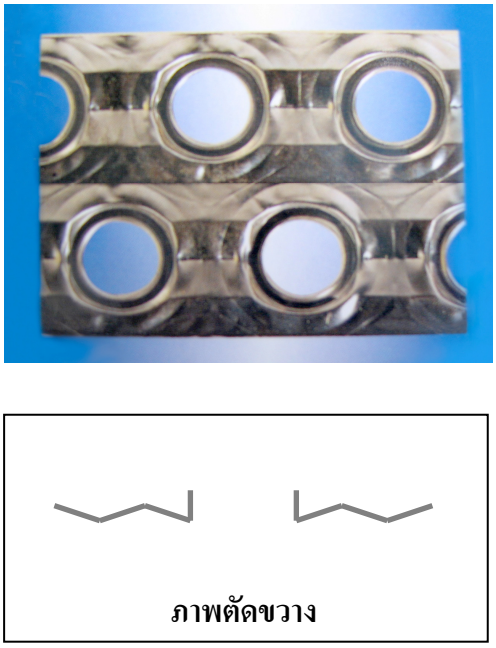
2.5 ชนิดของครีบระบายความร้อน

ครีบระบายความร้อนที่ใช้กับคอยล์เย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศมีด้วยกัน 3 แบบ คือ ครีบระบายความร้อนแบบ Flat, ครีบระบายความร้อนแบบ Corrugated และครีบระบายความ

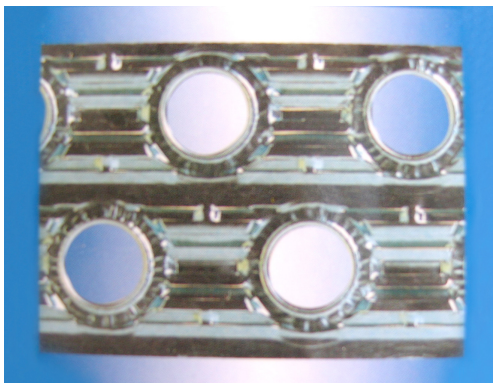
ร้อนแบบ Louvered ซึ่งโดยส่วนใหญ่ผลิตจากอลูมิเนียม ชนิด H22 – H24 และความหนาของครีบตั้งแต่ 0.105-0.250 มิลลิเมตร

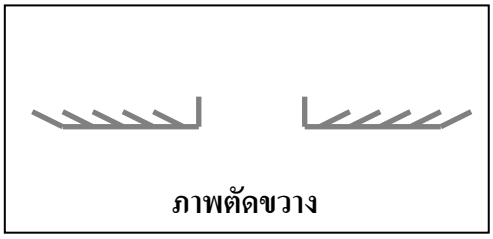


รูปที่ 2.6 ครีบระบายความร้อนแบบ Flat



รูปที่ 2.7 ครีบระบายความร้อนแบบ Corrugated





รูปที่ 2.8 ครีบระบายความร้อนแบบ Louvered

แต่ในการผลิตเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันนิยมใช้ครีบระบายความร้อนเพียง 2 ชนิด คือ ครีบระบายความร้อนแบบ Corrugated และครีบระบายความร้อนแบบ Louvered ด้วยเหตุผลที่ว่า สามารถให้ค่าการถ่ายเทความร้อนที่ดีกว่าครีบระบายความร้อนแบบ Flat เมื่อเปรียบเทียบกับคอยล์เย็นแบบเดียวกัน และจำนวนครีบต่อระยะหนึ่งนิ้วของคอยล์เย็นที่เท่ากัน

ครีบระบายความร้อนในคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในปัจจุบันโดยมากจะเคลือบด้วยสาร Hydro philic ซึ่งการเคลือบครีบระบายความร้อนด้วยสาร Hydro philic นี้ เพื่อช่วยลดการเกาะตัวของหยดน้ำที่ครีบระบายความร้อนภายในคอยล์เย็นเมื่อเกิดการควบแน่นที่ครีบในขณะมีการใช้งานเครื่องปรับอากาศ

2.6 ผลของปริมาณอากาศที่ผ่านคอยล์

ตัวแปรที่มีผลต่อการทำงานของคอยล์เย็นนอกเหนือจากค่าการถ่ายเทความร้อนแล้ว ก็คือปริมาณอากาศที่ไหลผ่านคอยล์ ถ้าอากาศไหลเวียนได้ไม่ดีหรือไม่พอเพียงแล้ว การถ่ายเทความร้อนจากสิ่งที่ต้องการทำความเย็นไปสู่คอยล์ก็จะไม่ดี ทำให้คอยล์ถ่ายเทความร้อนไม่เต็มประสิทธิภาพ และการไหลเวียนของอากาศนี้ก็จะต้องมีการกระจายอย่างทั่วถึงในบริเวณช่องทำความเย็น ส่วนความเร็วของอากาศที่พัดผ่านคอยล์ ถ้าพัดผ่านคอยล์ด้วยความเร็วต่ำ ซึ่งเกิดขึ้นได้จากจำนวนครีบระบายความร้อนที่มากเกินไป และกลายเป็นตัวต้านทานการไหลของอากาศผ่าน

คอยล์ ทำให้อากาศไหลผ่านคอยล์ได้น้อยลงทำให้ค่า $\Delta T_{\ln}$ ต่ำและค่าการถ่ายเทความร้อนของคอยล์ต่ำ ดังนั้นถ้าเพิ่มความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านคอยล์ ค่า $\Delta T_{\ln}$ ก็จะสูงขึ้นและทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้นด้วย

2.7 ความดันตก

เมื่ออากาศไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ความดันของอากาศที่ทางเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะมีมากกว่าที่ทางออก เนื่องจากความเสียดทานภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้ความดันของอากาศลดลงหรือเรียกว่า ความดันตก ซึ่งความดันตกของอากาศที่ไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อและครีบสามารถหาได้จากสมการที่ 2.8 (Ozisik, 1985)

$$\Delta P = \frac{G^2}{2\rho_i}\left[\left(1+\sigma^2\right)\left(\frac{\rho_i}{\rho_o}-1\right)+f\frac{A}{A_{\min}}\frac{\rho_i}{\rho_m}\right] \qquad (2.7)$$

$$\sigma = \frac{A_{\min}}{A_{fr}} \qquad (2.8)$$

$$G = \frac{\rho u_\infty A_{fr}}{A_{\min}} \qquad (2.9)$$

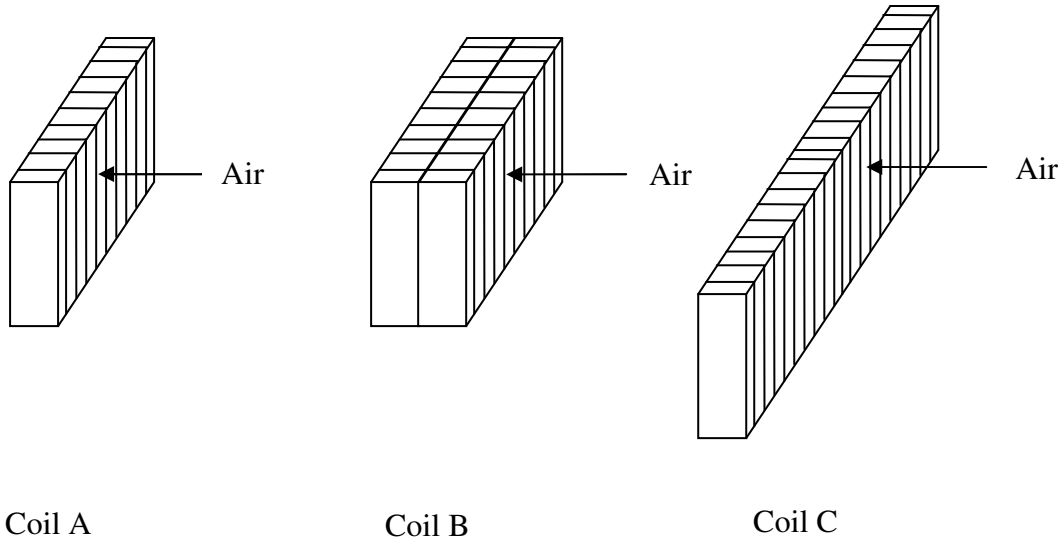
$$\frac{1}{\rho_m} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\rho_i}+\frac{1}{\rho_o}\right) \qquad (2.10)$$

โดยที่

	G	คือ	ความเร็วเชิงมวล $(kg/m^2.s)$
	$A_{\min}$	คือ	พื้นที่ต่ำสุด สำหรับการไหลอย่างอิสระ (m^2)
	A_{fr}	คือ	พื้นที่หน้าตัดที่อากาศไหลผ่าน (m^2)
	A	คือ	พื้นที่การถ่ายเทความร้อนทั้งหมด (m^2)
	f	คือ	สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน
	ρ_i, ρ_o	คือ	ความหนาแน่นอากาศที่ทางเข้าและทางออก (kg/m^3)
	u_∞	คือ	ความเร็วอากาศ (m/s)

2.8 พื้นที่ผิว

จากสมการการถ่ายเทความร้อน(สมการที่ 2.1) ถ้า U_o และ ΔT_{ln} มีค่าคงที่แล้ว อัตราการถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มพื้นที่ผิวมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพื้นที่ผิวเปลี่ยนแปลงไป ค่า U_o และ ΔT_{ln} ก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ผิวเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้สมรรถนะของคอยล์เพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะของคอยล์ A,B และ C (B,C มีพื้นที่เท่ากัน)

จากรูปคอยล์ B และ C มีพื้นที่เป็นสองเท่าของคอยล์ A ดังนั้นคอยล์ B และ C จะมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนที่ดีกว่าคอยล์ A แต่ลักษณะของคอยล์ C จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าคอยล์ B ถ้าใช้ความเร็วลมเป่าคอยล์เท่ากัน ส่วนค่า ΔT_{ln} ของคอยล์ A และ C เท่ากัน ดังนั้นคอยล์ C จะมีประสิทธิภาพเป็นสองเท่าของ A แต่ลักษณะของคอยล์ B ค่า ΔT_{ln} จะลดลง ทำให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนจะไม่เท่ากับแบบคอยล์ C

2.9 วิธีคำนวณหาขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องปรับอากาศ

ในการคำนวณหาความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องปรับอากาศนั้น สามารถคำนวณได้โดยแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน(มอก.1155, 2536) คือ

2.9.1 ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องจากส่วนภายในห้องชุดคอยล์เย็น

$$q_t C_t = \sum E_r + (h_{w1} - h_{w2})W_r + q_p + q_r \qquad (2.11)$$

โดยที่ $q_t C_t$ คือ ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่อง ภายในห้องชุดคอยล์เย็น (W)

$\sum E_r$ คือ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในห้องชุดคอยล์เย็น (W)

h_{w1} คือ เอนทัลปีของน้ำหรือของไอน้ำซึ่งใช้ในการเพิ่มความชื้น เป็น (J/kg)

h_{w2} คือ เอนทัลปีของน้ำควบแน่นที่ไหลออกจากห้อง (J/kg)

W_r คือ อัตราน้ำที่ควบแน่นในห้องชุดคอยล์เย็น (kg/s)

q_p คือ อัตราความร้อนที่รั่วไหลเข้าสู่ห้องชุดคอยล์เย็น ผ่านผนังกั้นห้องชุดคอยล์เย็นและห้องชุดคอนเดนซิ่ง (W)

q_r คือ อัตราความร้อนที่รั่วไหลเข้าสู่ห้องชุดคอยล์เย็นผ่านพื้น ผนัง (ไม่รวมผนังกั้นห้องภายใน) และเพดาน (W)

2.9.2 ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องจากส่วนภายในห้องชุดคอนเดนซิ่ง

$$q_t C_o = q_c - \sum E_c - E + (h_{w3} - h_{w2})W_{hr} + q_p + q_a \qquad (2.12)$$

โดยที่ $q_t C_o$ คือ ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่อง ภายในห้องชุดคอนเดนซิ่ง (W)

q_c คือ ความร้อนที่ผ่านออกทางคอยล์เย็น ประจำห้องชุดคอนเดนซิ่ง (W)

$\sum E_r$ คือ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้กับอุปกรณ์ปรับภาวะในห้องชุดคอนเดนซิ่ง (W)

E คือ กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทอลอง (W)

h_{w3} คือ เอนทัลปีของน้ำควบแน่นที่คอยล์เย็นประจำห้องชุดคอนเดนซิ่ง (J/kg)

h_{w2} คือ เอนทัลปีของน้ำควบแน่นที่ไหลออกจากห้อง (J/kg)

W_{hr} คือ อัตราน้ำที่ควบแน่นบนคอยล์ทำความเย็นประจำห้องชุดคอนเดนซิ่ง (kg/s)

q_p คือ อัตราความร้อนที่รั่วไหลเข้าสู่ห้องชุดคอนเดนซิ่ง ผ่านผนังกั้นห้องชุดคอยล์เย็นและห้องชุดคอนเดนซิ่ง (W)

q_r คือ อัตราความร้อนที่รั่วไหลเข้าสู่ห้องชุดคอนเดนซิ่งผ่านพื้น ผนัง (ไม่รวมผนังกั้นห้องภายใน) และเพดาน (W)

2.10 ประสิทธิภาพการทำความเย็น

ประสิทธิภาพการทำความเย็น หมายถึง ความสามาถในการทำความเย็นต่อพลังงานที่ใช้ในกระบวนการการทำความเย็นทั้งหมด สามารถแสดงได้โดย

2.10.1 สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance, COP)

สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของการทำความเย็น เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพของวัฏจักรการทำความเย็น คือ อัตราส่วนระหว่างพลังงานที่เครื่องสามารถทำความเย็นได้ต่อพลังงานที่ต้องใช้ (พลังงานไฟฟ้า) โดยทั่วไปประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ความร้อนจะมีค่าน้อยกว่า 1 แต่สำหรับวัฏจักรการทำความเย็นต่างจากเครื่องยนต์ความร้อน เพราะเครื่องทำความเย็นนั้นทำหน้าที่เป็นปั๊มสำหรับถ่ายเทความร้อน

$$\text{COP} = \frac{Q}{W} \qquad (2.13)$$

COP คือ สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของการทำความเย็น

Q คือ พลังงานที่เครื่องสามารถทำความเย็นได้ (W)

W คือ พลังงานที่ต้องใช้ (W)

2.10.2 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio)

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน หรือ Energy Efficiency Ratio (EER) เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพของวัฏจักรการทำความเย็น คือ อัตราส่วนระหว่างพลังงานที่เครื่องสามารถทำความเย็นได้ มีหน่วยเป็น บีทียูต่อชั่วโมง ต่อพลังงานที่ต้องใช้ทั้งหมด(พลังงานไฟฟ้า) มีหน่วยเป็นวัตต์เพราะฉะนั้น อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน มีหน่วยเป็น บีทียูต่อ ชั่วโมงต่อวัตต์

$$\text{EER} = 3.412 \times \text{COP} \qquad (2.14)$$

2.11 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำความเย็น คอยล์เย็นแบบต่างๆและชนิดของครีบระบายความร้อนในคอยล์เย็น รวมถึงการคำนวนการหาความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องปรับอากาศ และการหาประสิทธิภาพการทำความเย็น