

บทที่ 2.

เครื่องทำความเย็น

สื่อชุดนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสำนักพิมพ์

วังอักษร

ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น

ความมุ่งหมายของเครื่องทำความเย็น (Purpose of Refrigerator)

มนุษย์ได้คิดค้นกรรมวิธีการถนอมอาหารไว้หลายวิธี เช่น การหมักเกลือ การบรรจุลงในภาชนะผนึก การดอง การแช่แข็ง เป็นต้น การเก็บอาหารไว้ในที่ ๆ อุณหภูมิต่ำก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด โดยการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่องทำความเย็น

วัตถุประสงค์หลักของเครื่องทำความเย็นหรือที่เรียกกันว่าตู้เย็น ดังรูปที่ 2.1 นั้น คือ การทำความเย็นให้กับอาหารเพื่อให้คงความสดเอาไว้ได้นานกว่า เนื่องจากภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำแบคทีเรียที่อยู่ในอาหารจะถูกชะลอการเจริญเติบโตเอาไว้



รูปที่ 2.1 เครื่องทำความเย็น

ยกตัวอย่างเช่น ถ้าวางนมทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องปกติ (ประมาณ 25 ถึง 35°C) แบคทีเรียอาจจะทำให้นมเสียได้ภายในเวลา 2 ถึง 3 ชั่วโมง แต่เมื่อลดอุณหภูมิของนมลงโดยนำไปเก็บไว้ในเครื่องทำความเย็น ดังรูปที่ 2.2 มันจะสามารถอยู่ได้โดยไม่เสียอย่างน้อย 1 ถึง 2 อาทิตย์ เนื่องจากความเย็นที่อยู่ภายในเครื่องทำความเย็นไปทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียช้าลงมาก ยิ่งถ้านำไปแช่แข็ง (Freeze) นมอาจจะคงความสดอยู่ได้เป็นเดือน



รูปที่ 2.2 การเก็บของไว้ในตู้เย็น

ประเภทของเครื่องทำความเย็น

จุดประสงค์หลักของเครื่องทำความเย็น คือ การเก็บรักษาอาหารเพื่อยืดอายุและรักษาความสด รวมทั้งคุณภาพก่อนนำมาบริโภค บางครั้งก็เพื่อเพิ่มรสชาติของอาหาร เช่น น้ำอัดลมที่แช่เย็นย่อมมีรสดีกว่าน้ำอัดลมที่ไม่เย็น เป็นต้น

เมื่อเป็นเช่นนี้ ลักษณะของเครื่องทำความเย็นจึงต้องผลิตออกมาในหลายรูปแบบ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในทุก ๆ ด้านได้

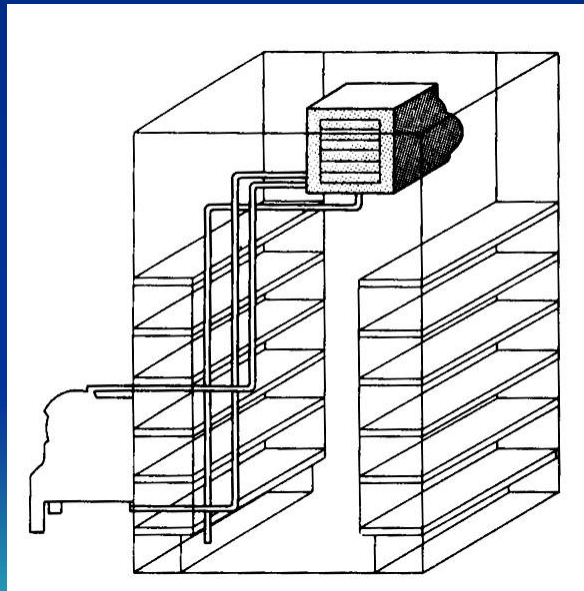
1. การแบ่งประเภทของเครื่องทำความเย็นโดยอุณหภูมิ

- 1.1 เครื่องทำความเย็นสำเร็จรูป หรือตู้เย็นทั่วไป ใช้สำหรับเก็บอาหารสด โดยอุณหภูมิที่ทำงานอยู่ในช่วง -5 ถึง 10°C
- 1.2 ตู้แช่ อุณหภูมิทำงานอยู่ที่ -18°C หรือต่ำกว่า

2. การแบ่งประเภทของเครื่องทำความเย็นโดยรูปร่าง

2.1 ตู้เย็นสำเร็จรูป ส่วนประกอบทั้งหมดรวมอยู่ภายในตัวตู้โดยไม่มีการเดินท่อทางออกนอกตู้

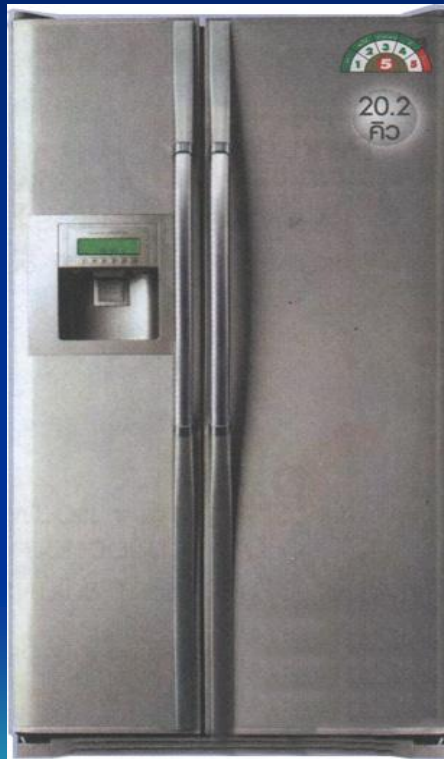
2.2 ตู้เย็นแบบแยกส่วน ดังรูป 2.3 ลักษณะคล้ายกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน กล่าวคือมีการแยกคอยล์เย็นกับส่วนที่จะเก็บอาหารออกจากคอมเพรสเซอร์กับคอยล์ร้อน จึงต้องมีการเดินท่อทางเดินเพื่อต่อระบบให้ทำงานร่วมกันได้ ตู้เย็นประเภทนี้สามารถใช้หน่วยทำความเย็นขนาดเล็กแต่สามารถมีส่วนเก็บอาหารได้หลายช่องจึงค่อนข้างประหยัด



รูปที่ 2.3 ตู้เย็นแบบแยกส่วน

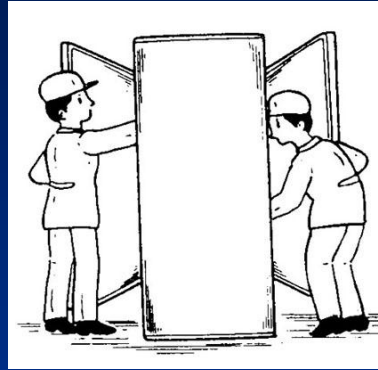
3. การแบ่งประเภทของเครื่องทำความเย็นตามการใช้งาน

3.1 ตู้เย็นแบบประตูใหญ่ 2 บาน (Reach-in Cabinet) ดังรูปที่ 2.4 เหมาะสำหรับโรงแรม ร้านอาหาร ร้านไอศกรีม และห้างสรรพสินค้า ประตูสามารถเปิดได้ทางด้านหน้า 2 บาน ซึ่งบางชนิดทำเป็นกระจกสามารถแสดงสินค้าได้ในตัว



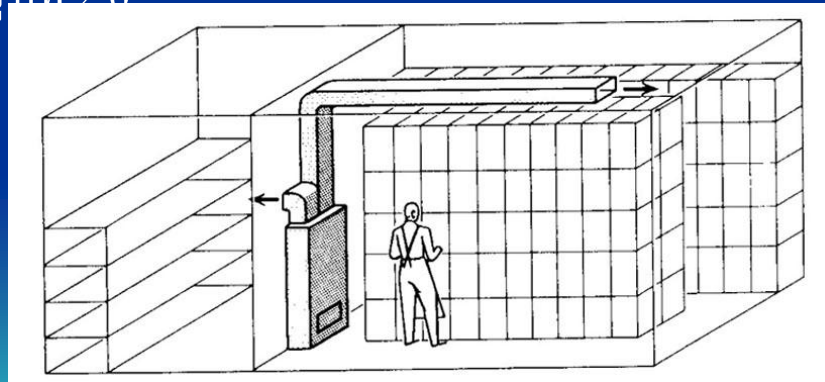
รูปที่ 2.4 ตู้เย็นแบบประตูใหญ่ 2 บาน

3.2 ตู้เย็นแบบเปิดประตูทะลุถึงกัน (Pass-through Cabinet) ดังรูปที่ 2.5 สะดวกเนื่องจาก
เก็บของได้ทั้ง 2 ด้าน นิยมใช้ในโรงแรม ร้านอาหาร เป็นต้น



รูปที่ 2.5 ตู้เย็นแบบประตูทะลุถึง

3.3 ห้องเย็น (Walk-in Cabinet) เป็นห้องเย็นที่มีขนาดใหญ่ สามารถใช้รถยกเข็นเข้าออก
เพื่อขนส่งอาหารได้ ดังรูปที่ 2.6



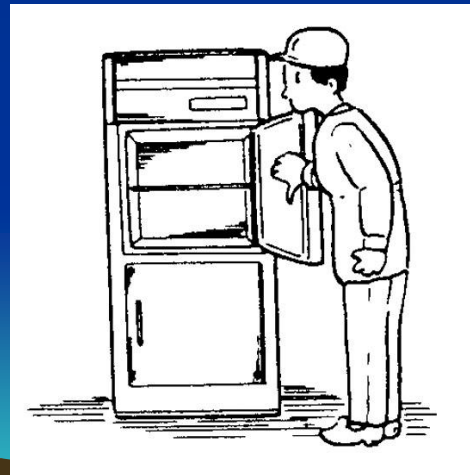
รูปที่ 2.6 ห้องเย็น

3.4 ตู้แช่แข็ง (Chest-Type Freezer) ดังรูป 2.7 เป็นตู้แช่แข็งแบบเปิดด้านบน (เลื่อนประตู) สำหรับเก็บอาหารที่ใช้ประจำวัน จออาหารไม่มาก เช่น ตู้ไอศกรีม ตู้เก็บอาหารสำเร็จรูป เป็นต้น



รูปที่ 2.7 ตู้แช่แข็ง

3.5 ตู้แช่เยือกแข็ง (Sharp Freezer) ดังรูป 2.8 ใช้เก็บอาหารหรือยาที่ต้องการให้เกิดความเย็นจัดอย่างรวดเร็ว

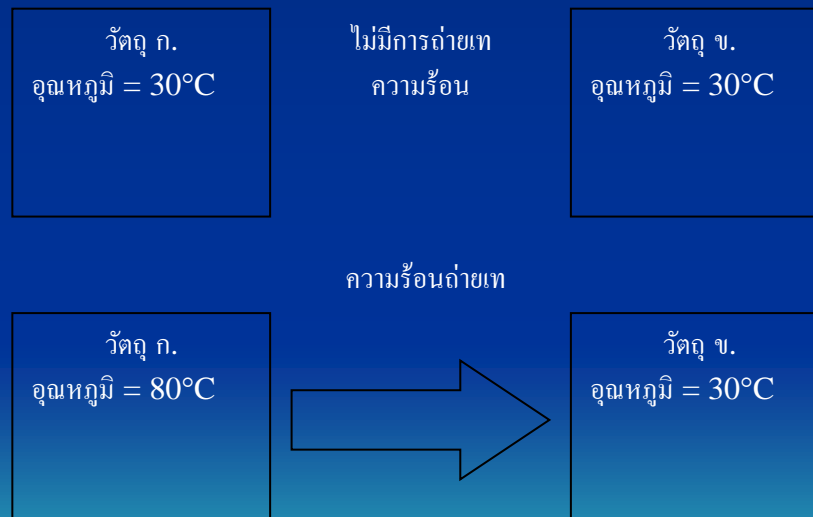


รูปท 2.8 ตู้แชเยือกแข็ง

ส่วนประกอบของเครื่องทำความเย็น (Parts of Refrigerator)

เครื่องทำความเย็นใช้หลักการเบื้องต้นอันเป็นกฎธรรมชาติ 2 ประการ คือ การดูดความร้อนเข้ามาของของเหลวเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะให้กลายเป็นไอ และทิศทางที่แน่นอนของการถ่ายเทความร้อน

พิจารณาความจริงในเรื่องของพลังงานความร้อนที่ว่า ความร้อนจะถ่ายเทไปมาระหว่างของสองสิ่งก็ต่อเมื่อเกิดความต่างของอุณหภูมิระหว่างของสองสิ่งนั้น โดยความร้อนจะถ่ายเทจากสิ่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังสิ่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงทิศทางของการถ่ายเทความร้อน

การหยดของเหลวลงบนแขนเป็นตัวอย่างที่อธิบายหลักการการถ่ายเทความร้อนและการใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้เป็นอย่างดี เมื่อหยดน้ำลงบนแขนจะรู้สึกว่าย็น ทั้งนี้เนื่องจากหยดน้ำ (ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าร่างกายคน) ได้รับความร้อนจากคนผ่านทางผิวหนังเพื่อระเหยกลายเป็นไอดังนั้น บริเวณผิวหนังจึงรู้สึกเย็นเพราะสูญเสียความร้อนไป และเมื่อลองเปลี่ยนของเหลวที่หยดจากน้ำไปเป็นแอลกอฮอล์จะยิ่งรู้สึกเย็นมากขึ้นไปอีก เนื่องจากแอลกอฮอล์ระเหยที่อุณหภูมิต่ำกว่าน้ำ (หรือจุดเดือดต่ำกว่า) แนวความคิดนี้ จึงถูกนำไปคิดค้นพัฒนาของเหลวที่จะนำมาใช้กับเครื่องทำความเย็นซึ่งของเหลวนั้นควรมีจุดเดือดที่ต่ำมาก ๆ ของเหลวนี้จะถูกนำไปใช้เป็นสารทำความเย็น (Refrigerant) ในเครื่องทำความเย็น หรือที่เรียกกันว่า “น้ำยา” นั่นเอง

ส่วนประกอบหลักของเครื่องทำความเย็นที่สำคัญ ดังรูปที่ 2.10 มีดังนี้

1. **คอมเพรสเซอร์หรือชุดอัดไอ (Compressor)** ทำหน้าที่ในการอัดสารทำความเย็นให้มีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้น โดยทั่วไปแทบทุกเครื่องจะใช้คอมเพรสเซอร์แบบมิดชิด (Hermetic Compressor)

2. **คอนเดนเซอร์หรือคอยล์ร้อน (Condenser)** ลักษณะเป็นท่อขดงอเป็นแผงซึ่งจะเห็นเป็นตะแกรงสีดำแผงใหญ่ข้างหลังเครื่องทำความเย็น ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นเพื่อให้ควบแน่นเป็นของเหลว โดยใช้อากาศเป็นตัวช่วยระบายความร้อน ซึ่งมีทั้งแบบระบายธรรมชาติ (Natural Convection) และแบบระบายโดยใช้พัดลมเป่า (Forced Convection)

3. ลิ้นดความดัน (Expansion Valve) หรือท่อแคพิลลารี (Capillary Tube) เป็นวาล์วระบายทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็น

4. อีวาปอเรเตอร์หรือคอยล์เย็น (Evaporator) ลักษณะเป็นท่อขดอเป็นแผงทำหน้าที่ดูดความร้อนเข้ามาเพื่อให้สารทำความเย็นระเหยกลายเป็นไอ

5. สารทำความเย็นหรือน้ำยา (Refrigerant) เป็นสารทำงานที่อยู่ในระบบของเครื่องทำความเย็น เป็นสารบริสุทธิ์ประเภทสารประกอบมีจุดเดือดต่ำ

สำหรับส่วนประกอบอื่นที่ช่วยในการทำงานของเครื่องให้สมบูรณ์ขึ้น มีดังนี้

1. แอคคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) เป็นที่พักของน้ำยาหลังจากที่ออกจากคอยล์เย็น ทำหน้าที่เป็นตัวแยกไอน้ำยาออกจากน้ำยาเหลว เพื่อให้มีเฉพาะส่วนที่เป็นไอน้ำเท่านั้นที่ถูกส่งกลับไปยังคอมเพรสเซอร์เพื่อป้องกันการเสียหาย

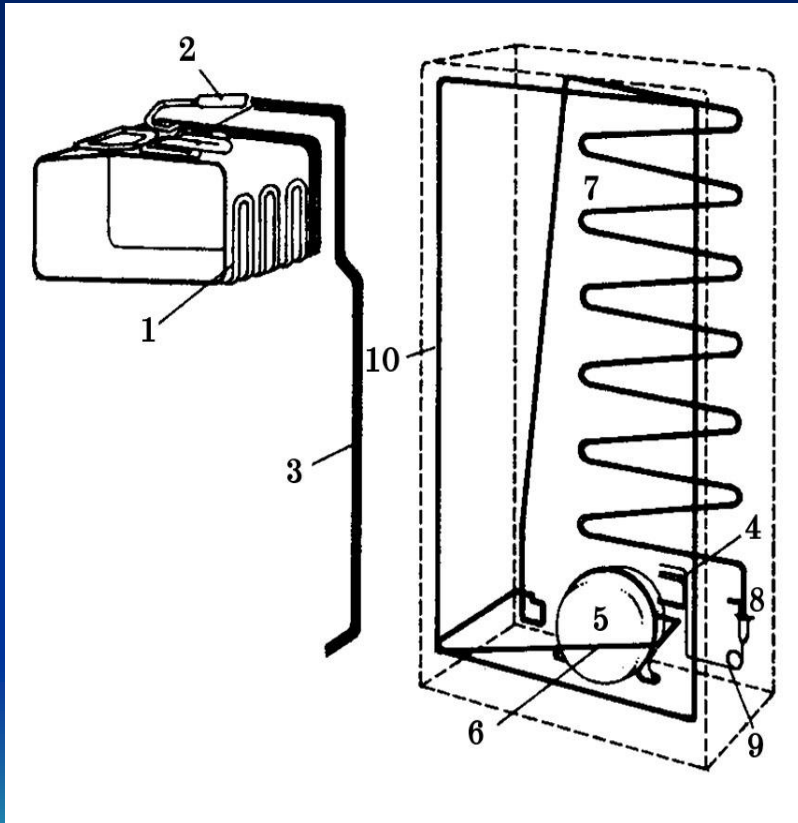
2. ท่อทางดูดของคอมเพรสเซอร์ (Suction Line) ส่วนของท่อที่ต่อเชื่อมระหว่างคอยล์เย็นกับคอมเพรสเซอร์เป็นทางเดินกลับของน้ำยา

3. ท่อทางอัดของคอมเพรสเซอร์ (Discharge Line) ส่วนของท่อที่ต่อเชื่อมระหว่างคอยล์ร้อนกับคอมเพรสเซอร์เป็นทางเดินน้ำยาไปสู่ระบบ

4. ท่อระบายความร้อนน้ำมันเครื่อง ช่วยในการระบายความร้อนของน้ำมันหล่อลื่น

คอมเพรสเซอร์

5. ฟีวเตอร์ ทรายเออร์ (Filter Drier) เป็นตัวเก็บความชื้นและกรองสิ่งสกปรกที่อาจจะมี
ในวงจรก่อนเข้าลิ้นลดความดันหรือท่อแคพิลลารี เพื่อป้องกันการอุดตัน



- 1) คอยล์เย็น
- 2) Accumulator
- 3) Heat exchanger
- 4) ท่อทางดูด
- 5) คอมเพรสเซอร์
- 6) ท่อทางอัด
- 7) คอยล์ร้อน
- 8) Filter drier
- 9) Capillary tube
- 10) ท่อระบายความร้อนน้ำมันเครื่อง

รูปที่ 2.10 โครงสร้างแสดงส่วนประกอบของเครื่อง

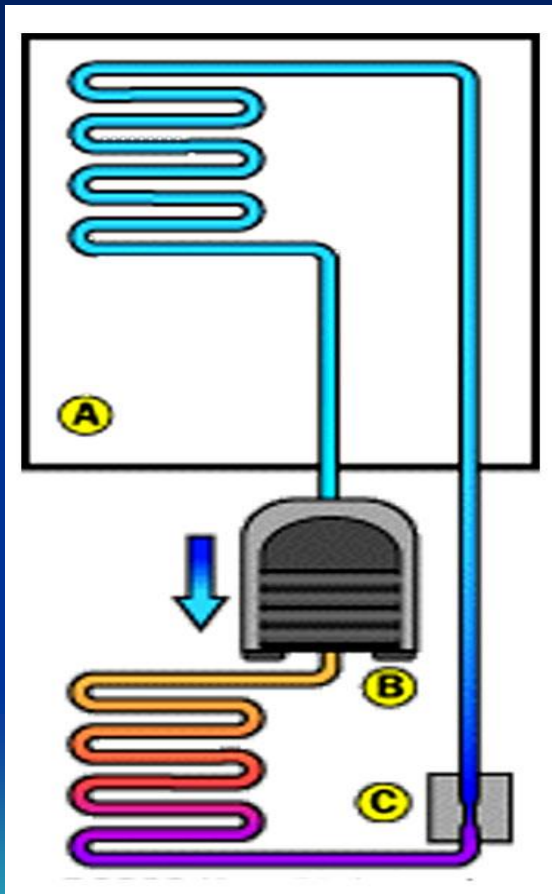
การทำงานของเครื่องทำความเย็นชนิดอัดไอทางกลเบื้องต้น

(Mechanical Vapor-Compression Refrigeration Operation)

เมื่อรวมส่วนประกอบของเครื่องทำความเย็นในข้อ 2.3 เข้าด้วยกัน จะทำให้ระบบการทำงานของเครื่องทำความเย็นขั้นพื้นฐานสมบูรณ์ ซึ่งเป็นเครื่องทำความเย็นที่ทำงานชนิดอัดไอทางกล ดังรูป 2.11 โดยมีการทำงานดังนี้

1. คอมเพรสเซอร์จะอัดสารทำความเย็นจากสถานะไอ (ความดันและอุณหภูมิต่ำ) ให้กลายเป็นไอร้อนยิ่งยวด ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิและความดันสูงขึ้น
2. สารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์จะไหลเข้าไปในคอยล์ร้อนเพื่อระบายความร้อนจากการอัดตัวออก ซึ่งถ้าเป็นการระบายแบบธรรมชาติจะอาศัยหลักการหมุนเวียนของอากาศร้อนที่ลอยตัวขึ้นและอากาศเย็นที่ไหลมาแทนที่ สำหรับเครื่องขนาดใหญ่ที่มีแผงคอยล์ที่ใหญ่เทอะทะ อาจจะใช้พัดลมช่วยเป่าเพื่อระบายความร้อนด้วย สารทำความเย็นจะค่อย ๆ ควบแน่นและจะอยู่ในสถานะของเหลวความดันสูงและอุณหภูมิต่ำลงเล็กน้อยขณะที่ไหลออกจากคอยล์ร้อน
3. เมื่อสารทำความเย็นไหลเข้าไปในลิ้นลดความดันหรือท่อแคพิลารี ความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นจะลดลงจนเท่ากับสถานะก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ มีบางส่วนจำนวนเล็กน้อยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ แต่สถานะส่วนใหญ่ยังคงเป็นของเหลวอยู่ (เรียกว่าสถานะของผสม)

4. สารทำความเย็น (ในรูปของผสม) ในส่วนที่เป็นของเหลวจะคืนสู่สถานะไอ โดยการดูดความร้อนมาจากห้องเย็นผ่านคอยล์เย็น เมื่อห้องเย็นสูญเสียความร้อนไป ความเย็นจึงเกิดขึ้น จากนั้นวัฏจักรจะดำเนินการซ้ำอีกครั้ง



- A** ห้องเย็น มีแผงคอยล์เย็น
- B** คอมเพรสเซอร์
- C** ถังลดความดัน

รูปที่ 2.11 การทำงานเบื้องต้นของเครื่องทำความเย็น

ส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องทำความเย็นชนิดดูดซึมเบื้องต้น

(Parts & Operation of an Absorption Refrigeration)

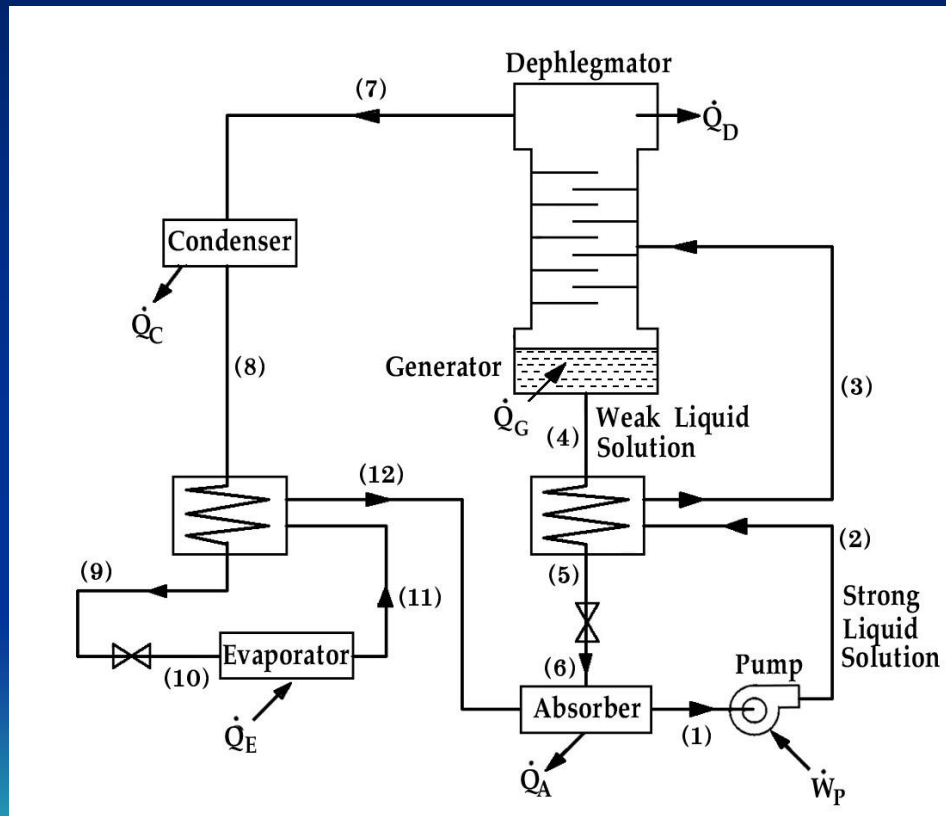
เครื่องทำความเย็นชนิดนี้เป็นต้นแบบของตู้เย็นในอดีตซึ่งในปัจจุบันก็ยังคงมีใช้อยู่ สิ่งที่น่าสนใจสำหรับเครื่องทำความเย็นชนิดดูดซึมนี้อยู่ที่ 1) การที่ไม่มีชิ้นส่วนใดเคลื่อนไหว และ 2) การใช้ก๊าซหรือโพรเพนเป็นต้นกำเนิดพลังงานแทนไฟฟ้า ตามหลักการก็คือ ความร้อนในรูปของการเผาไหม้ ก๊าซหรือโพรเพนก่อให้เกิดความเย็นภายในเครื่องทำความเย็นขึ้น

เครื่องทำความเย็นชนิดดูดซึมนี้นิยมใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นและน้ำเป็นสารดูดซึม เรียกว่าควอ – แอมโมเนีย (Aqua-Ammonia) ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน คือ

1. เจเนอเรเตอร์หรือหม้อต้ม (Generator) ทำหน้าที่ต้มควอ – แอมโมเนีย โดยรับความร้อนมาจากก๊าซหรือโพรเพน
2. ห้องแยกไอ (Separator หรือ Dephlegmator) ทำหน้าที่แยก ไอแอมโมเนียออกจากน้ำ
3. คอนเดนเซอร์หรือคอยล์ร้อน (Condenser) ลักษณะเป็นท่อขดอเป็นแผงทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากไอแอมโมเนียเพื่อให้ควบแน่นเป็นแอมโมเนียเหลว
4. อีวาพอเรเตอร์หรือคอยล์เย็น (Evaporator) ลักษณะเป็นท่อขดอเป็นแผงทำหน้าที่ดูดความร้อนออกจากแอมโมเนียเหลวเพื่อให้ระเหยกลับไปเป็นไอแอมโมเนีย ทำให้บริเวณนั้นเย็นลง

5. ห้องดูดซึมหรือห้องดักของเหลว (Absorber or Liquid Receiver) เป็นที่ที่ไอแอมโมเนียกับมารวมกับน้ำเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งกันและกัน

ทั้ง 5 ส่วนจะรวมกันได้ เครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมใช้แอมโมเนียเป็นสารทำงาน ซึ่งอาจจะมีการเพิ่มอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนช่วยในการทำงานด้วย ดังรูป 2.13



รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม

การทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม เมื่อพิจารณารูป 2.12 เป็นดังนี้

1. ความร้อนถูกป้อนเข้าหม้อต้ม (QG) โดยความร้อนได้มาจากการเผาสารประกอบประเภทก๊าซ โพรเพนหรือเคโรซีน
2. ภายในหม้อต้มจะบรรจุด้วยสารละลายของแอมโมเนียกับน้ำ ความร้อนจะทำให้อุณหภูมิของสารละลายสูงขึ้นจนกระทั่งถึงจุดเดือดของแอมโมเนีย เนื่องจากจุดเดือดของแอมโมเนียต่ำกว่าน้ำ แอมโมเนียจะเดือดก่อนน้ำ
3. สารละลายที่เดือดจะไหลผ่านเข้าหอกถัน ไอแอมโมเนียจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำภายในหอกถันจะไหลออกไปสู่คอยล์ร้อน (7) ขณะที่น้ำควบแน่นตกกลับลงมา (4) และผ่านลงโปรที่ห้องดูดซึม (6)
4. ภายในคอยล์ร้อน ไอแอมโมเนียจะระบายความร้อน (QC) ออกเพื่อควบแน่น ส่วนที่เป็นแอมโมเนียเหลวจะไหลต่อไปยังคอยล์เย็น (8-9-10)
5. แอมโมเนียเหลวจะถูกผสมกับก๊าซไฮโดรเจนขณะไหลเข้าไปในคอยล์เย็น เพื่อดูดความร้อน (QE) เข้าไป จึงทำให้เกิดความเย็นขึ้นในบริเวณนั้น
6. ไอแอมโมเนียกับก๊าซไฮโดรเจนจะไหลเข้าห้องดูดซึม (11-12) ไปรวมกับน้ำที่ควบแน่นรออยู่

7. แอมโมเนียจะรวมตัวกับน้ำเป็นสารละลายและปล่อยก๊าซไฮโดรเจนให้ไหลกลับไปที่ยุคัลเย็น สารละลายอควอแอมโมเนียจะถูกปั๊มดูดกลับไปเข้าหม้อต้ม เพื่อทำงานเป็นวัฏจักรต่อไป

ในกรณีที่เครื่องทำความเย็นมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก อาจจะไม่จำเป็นต้องใช้ปั๊มช่วยในการทำงาน ดังรูปที่ 2.13 และวางห้องดูดซึมไว้เหนือยุคัลเย็น โดยใช้แรงโน้มถ่วงทำให้ของเหลวไหลลงมาเอง อาจจะต้องมีลิ้นตรวจสอบแบบไหลทางเดียว (One Way Check Valve) กันไว้ระหว่างยุคัลร้อนและห้องดักของเหลวเพื่อกันไม่ให้ของเหลวไหลย้อนกลับไปยังยุคัลร้อน นอกจากนี้ยังต้องมีช่องดักไอ (Restrictor) คอยควบคุมการไหลผ่านเข้าไปในยุคัลร้อนด้วย



รูปที่ 2.13 เครื่องทำความเย็นชนิดดูดซึมขนาดเล็ก

หลักการเลือกขนาดของเครื่องทำความเย็น

1. หลักการพิจารณาตามอุณหภูมิของผู้

ในการเลือกขนาดของเครื่องทำความเย็น จะต้องพิจารณาถึงรูปแบบและปริมาณของอาหารที่จะเก็บ อุณหภูมิของอาหารควรพิจารณาจากชนิดของอาหารและระยะเวลาที่จะเก็บ ตารางที่ 2.1 ได้ให้ข้อมูลดังกล่าวไว้ หนึ่ง ระยะเวลาที่ให้ไว้ในตารางนั้นเป็นค่าเฉลี่ยที่สามารถเก็บอาหารให้สดอยู่ได้ ถ้าต้องการเก็บไว้นานกว่าค่าเฉลี่ยจะต้อง คำนึงถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ด้วย

2. หลักการประมาณความร้อนของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปแช่

โดยทั่วไป อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์มักจะมีสูงกว่าอุณหภูมิของห้องเย็นก่อนที่จะนำไปแช่ ดังนั้น เมื่อทำการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในห้องเย็นจึงเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้น จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิต่ำลงจนเท่ากับ อุณหภูมิของห้องเย็น ซึ่งในขณะเดียวกับอุณหภูมิของห้องเย็นก็ต้องสูงขึ้นด้วย เพราะรับความร้อนมาจากผลิตภัณฑ์ ดังนั้น ถ้าต้องการควบคุมอุณหภูมิของห้องเย็นให้คงอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ตลอดเวลา ต้องทราบปริมาณ ความร้อนที่ถ่ายเทมาจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งประเมินได้จากมวล ความร้อนจำเพาะ อุณหภูมิก่อนนำไปแช่ของ ผลิตภัณฑ์ ดังสมการที่ 2.1

$$Q = (m)(c)(\Delta T) \quad (2.1)$$

โดยที่	Q	=	ปริมาณความร้อนเป็น BTU
	m	=	มวลของผลิตภัณฑ์เป็นปอนด์ (lb)
	c	=	ความร้อนจำเพาะเหนือกว่าจุดแข็งตัว (BTU/lb ^o F)
	ΔT	=	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ (°F)