

# การทำความเย็นระบบดูดซึม

## Absorption Chiller

ชาญชัย วิภูณฤทธิชัย  
อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม  
235 ถนนเพชรเกษม เขตภาษีเจริญ กทม. 10163  
โทร 0-2457-0068 , โทรสาร 0-2457-3982  
E-mail: [chanchai\\_kaset@hotmail.com](mailto:chanchai_kaset@hotmail.com)

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น เป็นเครื่องจักรกลที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง เพราะเป็นแบบระบบอัดไอซึ่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า และใช้สารทำความเย็นที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เนื่องจากสาเหตุนี้ จึงได้มีการนำระบบทำความเย็นแบบดูดซึมมาใช้ ซึ่งเป็นการนำพลังงานความร้อนมาใช้แทนพลังงานไฟฟ้า เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและรักษาสิ่งแวดล้อม

### Abstract

At the present air-conditioners and chillers are the machineries that use much electric energy. Because the systems are vapor compression refrigeration systems which are powered by electric motor and use refrigerant that makes global warming. These cause absorption refrigeration systems are used. That is heat energy to use replace the electric energy for saving energy and environment.

### บทนำ

ในปัจจุบัน เนื่องจากการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม พาณิชยกรรมอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ความต้องการทางพลังงานไฟฟ้ามีอัตราสูงขึ้นอย่างมาก และเกิดภาวะการขาดแคลนน้ำมันดิบก่อให้เกิดวิกฤตการขาดแคลนพลังงานไปด้วย จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมี

สำรองแหล่งผลิตไฟฟ้า เพื่อให้มีความเพียงพอต่อความต้องการ แต่ปัจจุบันการดำเนินการของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตจะต้องประสบปัญหาต่าง ๆ อย่างมาก โดยเฉพาะเรื่องการค้าเงินถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและธรรมชาติ เป็นเหตุให้การเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าเป็นไปได้ยาก จนอาจจะทำให้เกิดปัญหาความมั่นคงต่อระบบการไฟฟ้าของประเทศได้ จากปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการลดการใช้ไฟฟ้าและใช้พลังงานในรูปแบบอื่นทดแทน ตัวอย่างเช่น การใช้ระบบทำความเย็นหรือระบบปรับอากาศที่ใช้พลังงานความร้อน เป็นต้น

### ประวัติความเป็นมาของการทำความเย็นแบบดูดซึม [1]

ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมไม่ใช่เทคโนโลยีที่ค้นพบใหม่แต่เป็นระบบที่มีใช้กันมานานแล้ว ในปี ค.ศ.1850 Edmond Carre เป็นบุคคลแรกที่ได้นำเสนอเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมเป็นเครื่องแรกโดยใช้น้ำกับกรดซัลฟูริก (Sulphuric Acid) ต่อจากนั้นในปี ค.ศ.1859 Ferdinan Carre (Edmond's brother) ได้นำเสนอเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมที่ใช้แอมโมเนียกับน้ำเป็นเครื่องแรก

ช่วงแรกก่อนปี ค.ศ. 1960การเริ่มต้นของการพัฒนาจะเป็นเครื่องทำน้ำเย็นระบบดูดซึมแบบขั้นเดียว (Single Effect Absorption Chiller) โดยใช้สารลิเทียมโบรไมด์เป็นสารดูดซึมและน้ำเป็นสารทำความเย็น สำหรับใช้ในระบบ

ปรับอากาศ ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1956-1959

J.S. Swearingen และ E.P. Whitlow ได้ทำการพัฒนาระบบดูดซึมแบบชั้นเดียวให้เป็นระบบดูดซึมแบบสองชั้น (Double Effect Absorption Chiller) ซึ่งมีประสิทธิภาพทางทฤษฎีที่สูงกว่า งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสมาคมแก๊สของอเมริกัน (American Gas Association) ต่อจากนั้นได้มีการปรับปรุงระบบดูดซึมแบบสองชั้นอย่างต่อเนื่องและผลิตออกจำหน่ายไปทั่วโลก

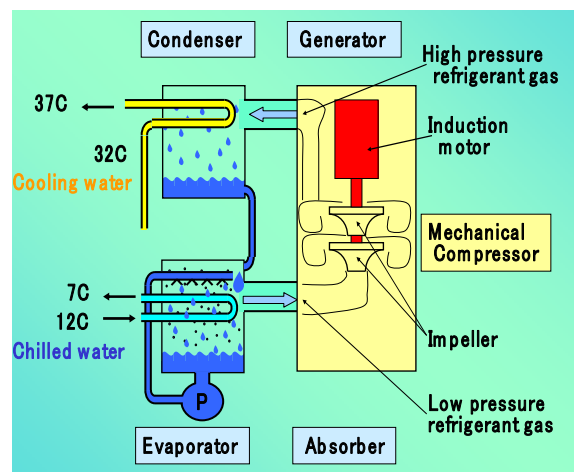
มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตและจำหน่ายเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้ระบบดูดซึมมากยิ่งขึ้น ปัจจัยแรกคือการที่ผู้ผลิตในประเทศญี่ปุ่นเริ่มเข้าสู่ตลาดในปลายทศวรรษที่ 1960 (ช่วงก่อนปี ค.ศ.1970) ผู้ผลิตในญี่ปุ่นได้ริเริ่มการผลิตเครื่องทำความเย็นที่ใช้ระบบดูดซึมแบบสองชั้นที่ใช้การเผาไหม้โดยตรง (Direct-Fired Double-Effect Chillers) ซึ่งผู้ผลิตในญี่ปุ่นได้ปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีของทั้งระบบแบบชั้นเดียวและสองชั้นอย่างต่อเนื่อง และได้เพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดเป็นอย่างมากทั่วโลก ปัจจัยที่สองที่มีผลให้ยอดขายเพิ่มมากขึ้น คือการเกิดวิกฤตพลังงานครั้งแรกในช่วงทศวรรษที่ 1970 (ช่วงปี ค.ศ.1970-1980) หลังจากนั้นตลาดของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมก็เติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในช่วงทศวรรษที่ 80 และ 90 (ช่วงปี ค.ศ.1980-2000) ไปพร้อมกับราคาเชื้อเพลิงที่ค่อนข้างเสถียร เครื่องทำความเย็นที่ใช้ระบบแบบดูดซึมแทบทั้งหมดที่ผลิตออกจำหน่ายในปัจจุบันมีขนาดค่อนข้างใหญ่ถึงใหญ่มาก อย่างไรก็ตามภาวะวิกฤตพลังงานที่เกิดขึ้นครั้งใหม่ในช่วงเริ่มต้นของสหัสวรรษนี้ (ตั้งแต่ปี ค.ศ.2002 เป็นต้นมา) ส่งผลให้ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมได้รับความสนใจในหมู่นักวิจัยและพัฒนาเป็นอย่างมากทั่วโลก บรรดาผู้ผลิตจึงมีแนวโน้มที่จะปรับปรุงระบบทำความเย็นแบบดูดซึมให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการปรับอากาศในครัวเรือนหรือในอาคารขนาดเล็กได้

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบดูดซึมแบบสามชั้น (Triple-Effect Absorption Chiller) ซึ่งมีประสิทธิภาพทางทฤษฎีสูงขึ้นไปอีก ระบบสามชั้นนี้ยังอยู่ในขั้นวิจัยและพัฒนา

และคาดว่าอีกไม่นานนักคงจะมีผู้ผลิตออกจำหน่ายเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมที่ผลิตขึ้นใช้ในปัจจุบันแบ่งตามการใช้งานได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มที่ใช้กับงานที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาเซลเซียส (งานปรับอากาศเป็นส่วนใหญ่) ระบบนี้ใช้สารลิเทียมโบรไมด์เป็นสารดูดซึมและใช้น้ำเป็นสารทำความเย็น ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งใช้กับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศาเซลเซียส ซึ่งจะใช้ แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น และ ใช้น้ำเป็นสารดูดซึม จะเห็นได้ชัดว่า ระบบดูดซึมที่ผลิตใช้งานทั้งสองกลุ่มนี้ ใช้สารทำความเย็นธรรมชาติ (Natural Refrigerant) ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าแอมโมเนียจะเป็นพิษและติดไฟได้ แต่ไม่ได้นำมาใช้กับระบบปรับอากาศ และนิยมใช้กับอุตสาหกรรมทำความเย็นอย่างระมัดระวังก็มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมทำความเย็นก็มีการใช้ระบบแบบอัดไอที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นกันอย่างกว้างขวางอยู่แล้ว

### การเปรียบเทียบการทำความเย็นแบบระบบอัดไอกับแบบระบบดูดซึม

การเปรียบเทียบการทำงานของการทำงานของการทำความเย็นระบบอัดไอกับการทำความเย็นระบบดูดซึม การทำความเย็นระบบอัดไอที่ใช้เครื่องอัด ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ (1) เครื่องอัด (2) เครื่องควบแน่น และ (3) เครื่องระเหย



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบ ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมกับการทำความเย็นแบบเซนตริฟูกอล (Centrifugal Chiller) ที่มา : บริษัท EBARA และ HITACHI

ในการทำความเย็นระบบอัดไอที่ใช้เครื่องอัดนี้จะมีสารเพียงชนิดเดียวซึ่งเป็นสารทำความเย็น โดยสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวจะระเหยในเครื่องระเหย และถ่ายเทความร้อนออกมาด้วยที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะถูกลดโดยเครื่องอัดที่ต้องให้พลังงานกลจากภายนอกจนกระทั่งมีความดันถึงจุดกลั่นตัวที่อุณหภูมิสูงและกลั่นตัวที่เครื่องควบแน่นระบบนี้มี 2 ความดันในระบบเช่นกัน โดยเครื่องควบแน่น ทำงานที่ความดันสูงกว่าเครื่องระเหย ซึ่งความดันทั้งสองนี้จะถูกแยกโดยเครื่องอัดซึ่งเปลี่ยนจากความดันต่ำเป็นความดันสูง และวาล์วขยายตัวซึ่งควบคุมด้านความดันสูงไปเป็นด้านความดันต่ำ

ส่วนการทำความเย็นระบบดูดซึมจากภาพที่ 1 จะประกอบด้วย (1) เครื่องผลิต (Generator, Desorber) (2) เครื่องควบแน่น (Condenser) (3) เครื่องระเหย (Evaporator) (4) เครื่องดูดซึม (Absorber) จะเห็นได้ว่าเครื่องควบแน่นและเครื่องระเหย มีเหมือนกับการทำความเย็นระบบอัดไอที่ใช้เครื่องอัด โดยสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวจะระเหยในเครื่องระเหย และถ่ายเทความร้อนออกมาที่อุณหภูมิต่ำระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งจะถูกดูดซึมให้กลั่นตัวกลับเป็นของเหลวด้วยสารดูดซึม ในเครื่องดูดซึม เปรียบเทียบได้กับการใช้ความดันให้กลั่นตัวที่อุณหภูมิสูงในเครื่องควบแน่นของการทำความเย็นระบบอัดไอที่ใช้เครื่องอัด การทำความเย็นระบบดูดซึมด้านความดันสูงและด้านความดันต่ำจะถูกแบ่งแยกโดยวาล์วขยายตัวซึ่งควบคุมการไหลของสารทำความเย็นและการอัดจากช่วงเครื่องดูดซึมไปยังเครื่องผลิต

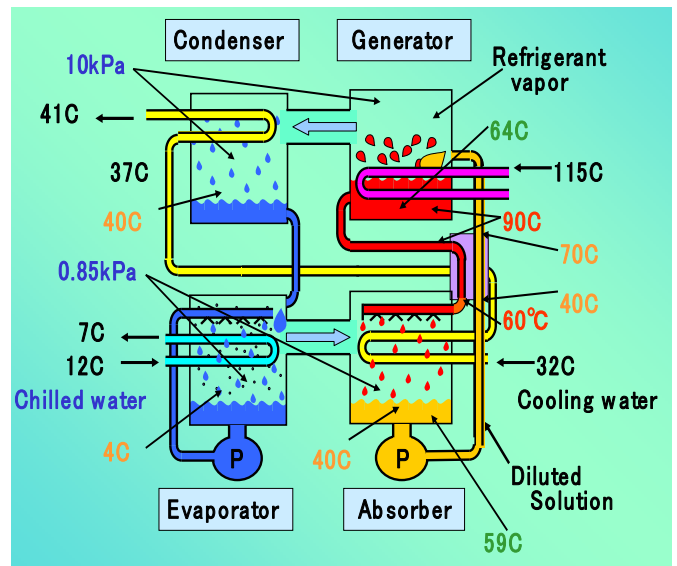
ข้อแตกต่างระหว่างการทำความเย็นระบบอัดไอที่ใช้เครื่องอัดกับการทำความเย็นระบบดูดซึม คือ เครื่องดูดซึมและเครื่องผลิต เทียบได้กับเครื่องอัด และการทำความเย็นระบบดูดซึมใช้พลังงานความร้อน ส่วนการทำความเย็นระบบอัดไอที่ใช้เครื่องอัดต้องใช้พลังงานกล

ดังนั้นจากการเปรียบเทียบระบบการทำงานทั้งสองแบบแล้วจะเห็นว่าระบบการทำงานคล้ายคลึงกัน โดยสมรรถนะของการทำความเย็นระบบอัดไอที่ใช้เครื่องอัดจะมีค่าสูงกว่าการทำความเย็นระบบดูดซึม แต่การทำความเย็น

ระบบดูดซึมจะประหยัดพลังงานได้มากกว่าการทำความเย็นระบบอัดไอที่ใช้เครื่องอัด (ASHRAE, 1965)

### หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม

อาศัยคุณสมบัติการเดือดของน้ำที่มีค่าแปรผันตามความดัน ที่ความดันบรรยากาศปกติ น้ำจะเดือดที่  $100^{\circ}\text{C}$  ที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิต่ำกว่า  $100^{\circ}\text{C}$  และที่ความดันสุญญากาศ (Vacuum)  $0.798\text{ kPa}$  น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิต่ำกว่า  $3.7^{\circ}\text{C}$  และคุณสมบัติของสารลิเทียมโบรไมด์ (Lithium Bromide: LiBr) เป็นสารที่ดูดซับน้ำได้ดี เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นจะสามารถดูดซึมน้ำได้มาก และที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นการดูดซึมน้ำจะลดลง



ภาพที่ 2 วงจรการทำความเย็นระบบดูดซึมแบบขั้นเดียว ที่มา : บริษัท EBARA และ HITACHI

จากภาพที่ 2 สามารถอธิบายกระบวนการทั้ง 4 กระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบดูดซึมแบบขั้นเดียวดังนี้

#### กระบวนการที่ 1 การระเหย (Evaporation)

สารทำความเย็น (Refrigerant) ที่ความดัน  $0.798\text{ kPa}$  จุดเดือด ที่  $4^{\circ}\text{C}$  จะทำหน้าที่ดูดความร้อนจากน้ำเย็นที่ไหลกลับ (Chilled Water Return) อุณหภูมิประมาณ

12 – 14°C จากภาวะต่างๆ มาใช้เป็นการทำความเย็น เพื่อเปลี่ยนสภาพสารทำความเย็น จากสภาพน้ำให้กลายเป็นไอ ไหลเข้าสู่ กระบวนการที่ 2 (Absorption) ส่วนน้ำเย็น (Chilled Water) ที่ผ่านกระบวนการถ่ายเทความร้อนให้สารทำความเย็นจะลดอุณหภูมิเหลือประมาณ 5 – 7°C แล้วถูกส่งกลับไป เพื่อทำหน้าที่รับความร้อนจากภาวะต่างๆ ต่อไป

### กระบวนการที่ 2 การดูดซึม (Absorption)

สารดูดซึมเข้มข้น (Absorbent : LiBr) จะถูกฉีดเข้าไปทำหน้าที่ดูดซับไอสารทำความเย็น เพื่อรักษาสภาพความดัน ภายใน Evaporator ให้ได้ 0.798 kPa ซึ่งจะทำให้กระบวนการที่ 1 สามารถเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง กระบวนการดังกล่าวข้างต้น จะทำให้สารดูดซึมเข้มข้น เปลี่ยนสภาพเป็นสารดูดซึมเจือจาง และจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการที่ 3(Generator) โดย Absorbent Pump

### กระบวนการที่ 3 การผลิตสารทำความเย็น (Generation)

สารดูดซึมเจือจางที่ถูกส่งเข้าไปใน Generator จะถูกความร้อนที่เหลือจากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือ ความร้อนที่ทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้แยกตัวจากสารทำความเย็น และเปลี่ยนสภาพจากสารดูดซึมเจือจางกลับเป็นสารดูดซึมเข้มข้นอีกครั้งหนึ่ง ก่อนถูกส่งกลับไปทำหน้าที่ดูดซับไอสารทำความเย็นในกระบวนการที่ 2 (Absorption) ต่อไป

### กระบวนการที่ 4 การควบแน่น (Condensation)

ไอสารทำความเย็นที่ถูกแยกออกจากสารดูดซึมจะถูกทำให้เย็น โดยน้ำจากหอระบายความร้อน (Cooling Tower) ทำให้เกิดการควบแน่นเป็นของเหลว แล้วไหลกลับไปกระบวนการที่ 1 เพื่อทำหน้าที่ดูดความร้อนจากน้ำเย็นที่ไหลกลับมา (Chilled Water Return) จากภาวะต่างๆ เพื่อให้วงจรดำเนินการต่อเนื่องต่อไป

### ประเภทของระบบการทำความเย็นแบบดูดซึม [3]

สามารถแยกออกเป็น 2 ประเภทที่นิยมใช้กันอยู่

ภายในประเทศ คือ

1. ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียว มีการใช้พลังงานความร้อนแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ

1.1 ใช้ไอน้ำที่ความดันระหว่าง 78.48 – 147.15 kPa เรียกว่า Single Effect Steam Fired Absorption Chiller

1.2 ใช้น้ำร้อนที่มีอุณหภูมิระหว่าง 130 – 150°C เรียกว่า Single Effect Steam Hot Water Fired Absorption Chiller

2. ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม 2 ชั้น มีการใช้พลังงานความร้อนแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ

2.1 ใช้ไอน้ำที่ความดันระหว่าง 784.8 kPa เรียกว่า Double Effect Steam Fired Absorption Chiller

1.2 ใช้น้ำร้อนที่มีอุณหภูมิระหว่าง 180 – 200°C เรียกว่า Double Effect Steam Hot Water Fired Absorption Chiller

ตารางที่ 1 ประเภทของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม

ประเภท	สมรรถนะการทำ ความเย็น (COP)	คุณลักษณะ
Single Effect Absorption Chillers	0.55 - 0.65	- เป็นแบบธรรมดา - ใช้กับพลังงานที่มี อุณหภูมิต่ำ
Double Effect Absorption Chillers	1.00 – 1.35	- เป็นที่นิยมใช้กัน มากที่สุด - ใช้กันอย่างกว้าง สำหรับอาคารต่างๆ
Triple Stage Absorption Chillers	1.40 – 1.60	- กำลังทำการวิจัย และพัฒนา - มีราคาแพงกว่า ระบบอื่น ๆ มาก

ตารางที่ 2 Absorption Chiller แบ่งตามประเภทความร้อนที่ใช้

Type of Direct Fired	Type of Stream Fired
Natural Gas : NG	Stream – 784.8 kPa
Liquefied petroleum gas : LPG	Stream – 147.15 kPa
Diesel	Hot Water

ตารางที่ 3 ประเภทของพลังงานที่ใช้กับเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม

ประเภท	พลังงาน	คุณลักษณะ
ไอน้ำ (Steam Fired)	- ความดันสูง (500 - 800 kPa)  - ความดันต่ำ (100 kPa)	- ใช้งานได้ดีสำหรับระบบขนาดใหญ่  - ใช้งานได้ดีสำหรับทำความเย็นเท่านั้น
แก๊สหรือน้ำมัน (Gas/Oil Fired)	- ก๊าซธรรมชาติ  - Kerosene  - น้ำมันดีเซล	- ใช้งานได้ดีสำหรับอาคารสำนักงาน  - ใช้งานได้ดีสำหรับระบบทำความเย็นและระบบทำความร้อน
น้ำร้อน (Hot Water Fired)	- อุณหภูมิสูง (130 - 180 °C)  - อุณหภูมิต่ำ (80 - 110 °C)	- มีใช้กันน้อย  - สามารถประยุกต์ใช้กับพลังงานแสงอาทิตย์  - ใช้กับระบบพลังงานร่วม
ความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการอื่น ๆ (Exhaust Heat Fired)	- ระบบพลังงานร่วม (Co - Generation)  ผลิตกระแสไฟฟ้าและพลังงานความร้อน	

### คุณสมบัติของสารทำความเย็นและสารดูดซึม

1. สารทั้งสองสามารถรวมตัวกันได้ดี คือสารดูดซึมสามารถที่จะดูดซึมไอของสารทำความเย็นได้อย่างดี ซึ่งเป็นผลจากการเกิดพันธะทางเคมี (Chemical Bonding) โดยทั่ว ๆ ไปจะเป็นพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bonding) แต่สารทั้งสองสามารถแยกออกจากกันได้เมื่อให้ความร้อนเข้าไป
2. อยู่ในสถานะสารละลาย คือ สารดูดซึมและสารทำความเย็นจะต้องอยู่ในสถานะละลายตลอดสภาพการทำงานในระบบ
3. สารดูดซึมจะต้องไม่ระเหยกลายเป็นไอในเครื่องผลิตเพื่อให้สารทำความเย็นที่บริสุทธิ์แยกออกมา

4. มีคุณสมบัติที่ไม่เสื่อมสภาพตลอดอายุการใช้งาน เพราะสารทั้งสองจะต้องแยกและผสมกันตลอดเวลาในการทำงาน
5. ไม่มีการกัดกร่อนต่อภาชนะที่ใช้งาน เพื่อการใช้งานที่ยาวนาน
6. ความดันในการใช้งานเหมาะสม ซึ่งในทางอุดมคติแล้วควรให้มีความดันต่ำหรือสูงใกล้เคียงกับความดันบรรยากาศ เพื่อป้องกันการรั่วซึม
7. มีความปลอดภัยในการใช้งาน ไม่เป็นพิษและไม่ติดไฟง่าย เพื่อนำระบบนี้ไปใช้งานอย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น
8. มีความหนืดต่ำ เพื่อการใช้งานในการไหลเวียนในระดับน้อยลงและการถ่ายเทความร้อนได้ดีขึ้น
9. มีความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอสูง ทั้งนี้เพื่อให้สารที่ใช้ไหลเวียนในระบบน้อยลง
10. มีแรงตึงผิวต่ำ ทำให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีขึ้น

### สารคู่สมที่นิยมใช้เป็นสารละลายในการทำความเย็น

1. แอมโมเนีย - น้ำ โดยแอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น ส่วนน้ำเป็นตัวดูดซึม สำหรับระบบที่ใช้แอมโมเนีย - น้ำ นี้มีชุดกลั่นสารทำความเย็นคอยด์กน้ำ หรือเรียกว่าหน่วยแยกน้ำ (Rectifying or Distillation Column) ความดันในระบบสูงกว่าบรรยากาศ สามารถตรวจหารอยรั่วได้ง่าย อุณหภูมิการทำ ความเย็นได้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ ใช้อุณหภูมิในการแยกสารละลายไม่สูงนัก สามารถนำพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์มาใช้งานได้ สารละลายมีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย แต่เป็นพิษต่อมนุษย์ ถ้ามีการรั่วซึมขึ้น จึงต้องใช้ระบบทำความเย็นด้วยน้ำ (Water Chiller) มีค่าความร้อนแฝงในการระเหยสูง ต้องใช้แหล่งความร้อนในการแยกสารละลายมากมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนใหญ่ขึ้น ค่าต่ำ ต้องสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้มีพื้นที่สมรรถนะในการทำความเย็น (COP) ต่ำ เมื่อเทียบกับระบบที่ใช้สารละลายอื่น
2. ลิเทียมโบรไมด์ - น้ำ โดยน้ำเป็นสารทำความเย็น ส่วนลิเทียมโบรไมด์เป็นสารดูดซึม มีข้อดีและข้อเสีย คือสารละลายต้องทำงานที่ความดันที่ต่ำกว่าบรรยากาศมาก จึงต้องระวัง

การรั่วซึมของอากาศภายนอกไหลเข้าสู่ระบบ มีค่าความร้อนแฝงการกลายเป็นไอต่ำ จึงไม่ใช้พลังงานความร้อนมากนักในการแยกน้ำออกจากสารละลาย สามารถนำพลังงานจากดวงอาทิตย์มาใช้ได้เป็นอย่างดี มีค่าการนำความร้อนสูงจึงใช้พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนน้อย แต่ลิเทียมโบรไมด์สามารถตกผลึกได้ง่าย ถ้าหากอุณหภูมิของสารละลายในเครื่องแยกสูงเกินไป ไม่สัมพันธ์กับอัตราการไหลเวียน และความเข้มข้นของสารละลายจะแปรผกผันกับอัตราการดูดซึมในเครื่องดูดซึมประสิทธิภาพ การดูดซึมของสารละลายจะต่ำลง ถ้าการระบายความร้อนภายในเครื่องดูดซึมไม่ดีพอ ราคาลิเทียมโบรไมด์ค่อนข้างสูงและหาซื้อได้ยาก ลิเทียมโบรไมด์ทำปฏิกิริยากับเหล็กจึงควรใช้วัสดุอื่นแทนไม่ระเหยกลายเป็นไอ จึงมีอายุการใช้งานยาวนาน

**3. น้ำ – สารละลายเกลือไฮโกรสโคปิก (Hygroscopic Salt Solution)** โดยน้ำเป็นสารทำความเย็น ส่วนสารละลายเกลือไฮโกรสโคปิกเป็นสารดูดซึม โดยสารละลายที่มีหลายชนิด เช่น คลอไรด์ (Chlorides) โบรไมด์ (Bromides) และไอโอดีน (Iodides) ของสารลิเทียม (Lithium) แมกนีเซียม (Magnesium) แคลเซียม (Calcium) และสังกะสี (Zinc) ซึ่งสารทั้งหมดนี้ลิเทียมโบรไมด์ ใช้งานได้ดีที่สุดเนื่องจากในสถานะสารละลายมีค่าความเป็นกรด – ด่าง (Ph) มากกว่า 7 เล็กน้อยซึ่งสามารถป้องกันการกัดกร่อนได้ง่ายกว่าเกลือแมกนีเซียม, แคลเซียม และสังกะสี อีกทั้งโบรไมด์ของลิเทียมให้ค่าความดันไอของสารละลาย (Solubility – Vapor Pressure) ต่ำกว่าพวกคลอไรด์หรือไอโอดีน ส่วนคุณสมบัติอื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงคือ ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ไม่ติดไฟ แต่ต้องทำงานในระบบที่ต่ำกว่าบรรยากาศและอุณหภูมิของชุดทำความเย็นจะต่ำไม่เกิน 40 °F (4.44 °C) เนื่องจากจะถึงจุดเยือกแข็งของน้ำ

**ลิเทียมโบรไมด์ (Lithium Bromide)**

สัญลักษณ์ทางเคมี : LiBr

มวลโมเลกุล : 86.856

ส่วนประกอบ : Li = 8%, Br = 92%

ลักษณะภายนอกที่มองเห็นได้ : ของแข็งที่เป็นผลึก (ไม่มีสี)

ความถ่วงจำเพาะ : 3.46 (ที่ 25°C)

คุณสมบัติ : เหมือนกับเกลือ มีความเสถียรมาก ไม่มีพิษ ไม่มีกลิ่น ความสามารถในการดูดซึมสูงมาก กัดกร่อนโลหะ

**ลิเทียมโบรไมด์ – น้ำ (Lithium Bromide – Water)**

เติมเข้าไปในระบบทำความเย็นที่ 53 – 55 wt% ประกอบด้วยสารยับยั้งการกัดกร่อน (Corrosion Inhibitor) และ สารลดแรงตึงผิว (Surfactant)

ตารางที่ 4 ตัวอย่างของสารผสมเพื่อเป็นสารละลายในการทำงาน

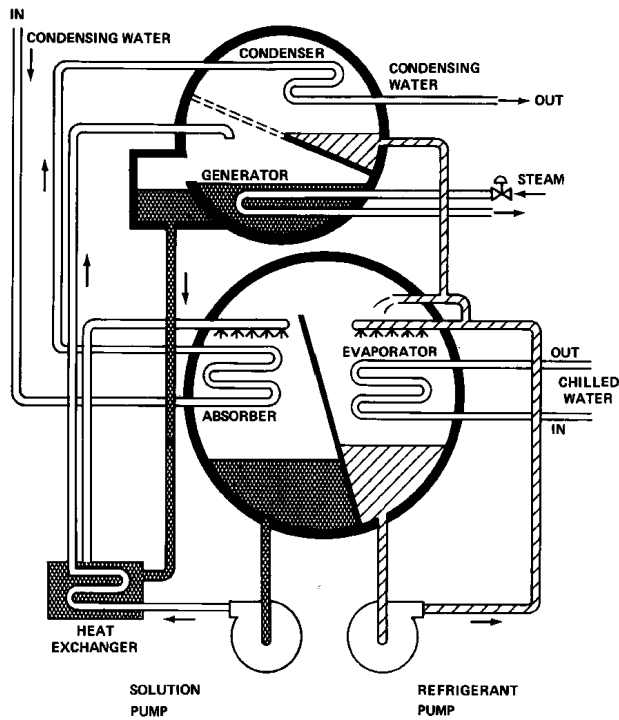
สารดูดซึม	สารทำความเย็น
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
KOH	H <sub>2</sub> O
H <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>
LiBr	H <sub>2</sub> O
LiCl	H <sub>2</sub> O
H <sub>2</sub> O	CK <sub>3</sub> NH <sub>3</sub>

ตารางที่ 5 คุณลักษณะของสารยับยั้งการกัดกร่อน

Type	Chemical Symbol	Characteristics
Lithium Molybdate	Li <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	นิยมใช้กันมาก ไม่มีอันตราย ไม่มีพิษ เป็นสารยับยั้งการกัดกร่อนดีมาก แต่ละลายได้ไม่ดีกับสารละลาย LiBr
Lithium Nitrate	LiNO <sub>3</sub>	มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดก๊าซ H <sub>2</sub> เป็นสารยับยั้งการกัดกร่อนดี ไม่มีอันตราย ไม่มีพิษ
Lithium Chromate	LiCrO <sub>4</sub>	ใช้กันในอดีต มีอันตราย และมีพิษ

### เครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมแบบขั้นเดียว

จะมีส่วนประกอบหลัก คือ เครื่องควบแน่นและเครื่องผลิต จะมีการทำงานรวมกันอยู่ในถัง (Vessel) เดียวกัน ซึ่งจะทำงานที่เดียวกันด้วย เช่นเดียวกับเครื่องระเหยและเครื่องดูดซึม ก็จะทำหน้าที่ความดันเดียวกันและติดตั้งอยู่ในถังเดียวกัน ดังภาพที่ 3

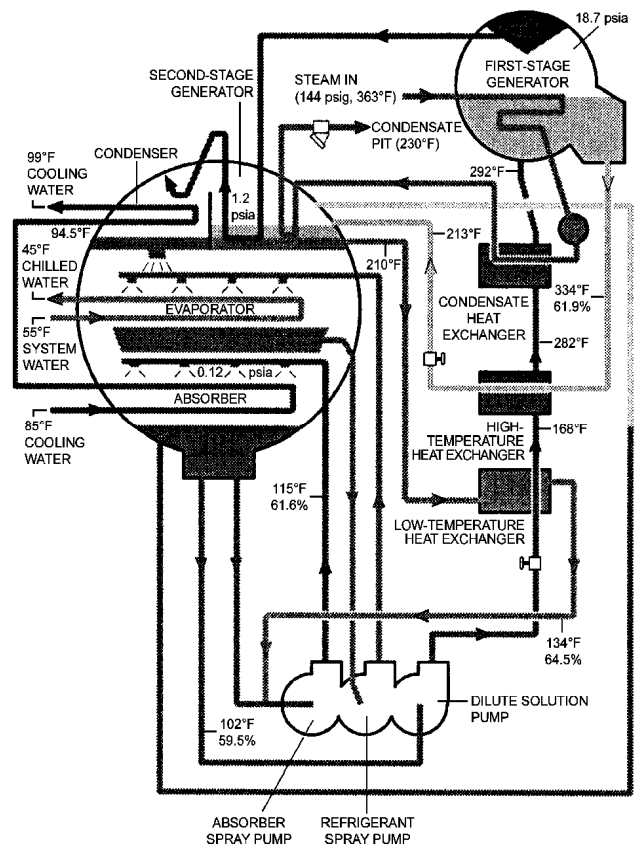


ภาพที่ 3 เครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมแบบขั้นเดียว ที่มา: ASHRAE(1965)

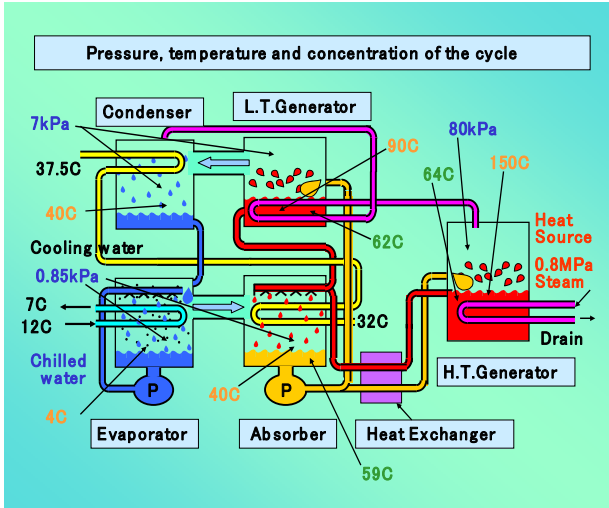
จากภาพที่ 3 ในถังความดันสูง เมื่อสารทำความเย็นที่อยู่ในเครื่องผลิตได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอจะกระจายไปสู่เครื่องควบแน่นที่อยู่ในถังเดียวกันนั้น และจะถูกทำให้กลายเป็นของเหลว เมื่อของเหลวจากเครื่องควบแน่นไหลลงไปสู่ถังความดันต่ำ ก็จะถูกทำให้กลายเป็นไออีกครั้ง ภายในเครื่องระเหย จากนั้นจะกระจายลงไปสู่เครื่องดูดซึม การกลายเป็นไอในเครื่องระเหยจะเกิดการถ่ายเทความร้อน จากน้ำที่มีภาระทำความเย็น (Water Chilled) มาสู่สารทำความเย็น โดยการอัดสารทำความเย็นและพ่นให้เป็นฝอย (Pump Spray) ลอยอยู่ในเหนือท่อน้ำเย็นภายในเครื่องระเหยจะทำให้ น้ำจากภาระทำความเย็น ที่อยู่ในท่อมีอุณหภูมิลดลง ไอของสาร

ทำความเย็นเมื่อได้รับการถ่ายเทความร้อนจนกลายเป็นไอแล้วจะกระจายไปสู่เครื่องดูดซึม ที่มีลักษณะการทำงานคล้ายเครื่องระเหย คือใช้เครื่องพ่นสารดูดกลืนให้เป็นฝอย เพื่อดูดซึมไอสารทำความเย็น ที่อยู่ในเหนือท่อน้ำหล่อเย็น เมื่อสารดูดซึมผสมกับสารทำความเย็นแล้วจะเป็นสารละลาย เจือจาง และจะมีความร้อนออกมา โดยความร้อนนี้จะถ่ายเทไปยังน้ำหล่อเย็น แล้วน้ำออกทิ้งที่หอระบายความร้อน น้ำหล่อเย็นนี้จะรับความร้อนจากเครื่องควบแน่นด้วย โดยจะรับความร้อนจากเครื่องดูดซึมก่อน (เพราะมีอุณหภูมิต่ำกว่า) แล้วจะต่อไปยังเครื่องควบแน่นตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 2 ในระบบการทำความเย็นระบบดูดซึมขั้นเดียว จะมีการนำเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมาใช้งาน เพื่อถ่ายเทความร้อนจากสารละลายเข้มข้นอุณหภูมิสูง ไปสู่เครื่องผลิตเพื่อเริ่มวัฏจักรต่อไป

### เครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมแบบสองขั้น



ภาพที่ 4 เครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมแบบสองขั้น ที่มา: ASHRAE (1965)



ภาพที่ 5 ความดัน อุณหภูมิ และ ความเข้มข้นของระบบทำความเย็นดูดซึมแบบสองชั้น  
ที่มา : บริษัท EBARA และ HITACHI

ถูกออกแบบมาเพื่อลดค่าใช้จ่าย โดยการลดปริมาณความร้อนที่ต้องการ ด้วยการนำพลังงานความร้อนในเครื่องผลิตให้มีประสิทธิภาพหรืออาจกล่าวได้ว่า เครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมแบบสองชั้น เป็นเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมแบบธรรมดา มีเครื่องผลิตและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้นมาอีกชุดหนึ่ง ในเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมแบบธรรมดา ไอสารทำความเย็นที่ออกมาจากเครื่องผลิต จะกลายเป็นสารทำความเย็นเหลว จากการที่ได้ระบายความร้อนให้กับน้ำหล่อเย็นในเครื่องควบแน่น ส่วนในเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมแบบสองชั้นนั้น ความร้อนแฝงของไอสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องผลิตอุณหภูมิสูงจะถูกนำไปใช้สำหรับทำให้สารละลายดูดซึมในเครื่องผลิตอุณหภูมิต่ำร้อนขึ้น เพราะฉะนั้นเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมแบบสองชั้น จึงต้องการความร้อนน้อยกว่า ในการแยกสารทำความเย็นต่อต้านความเย็นมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนดีขึ้น ต้องการปริมาณสารทำความเย็นที่ควบแน่นในเครื่องควบแน่นน้อยกว่า ดังนั้นปริมาณความร้อนที่ระบายให้น้ำหล่อเย็นในเครื่องควบแน่นจะมีค่าน้อยกว่า

จากภาพที่ 4 จุดใหญ่ของการทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมแบบสองชั้น คือ การทำงานโดยมีเครื่อง

ผลิต 2 ชุด โดยเครื่องผลิตชุดที่สองจะใช้สำหรับควบแน่น ไอสารทำความเย็นจากเครื่องผลิตชุดที่หนึ่ง ส่วนประกอบจะมีถึงความดันที่แตกต่างกันอยู่ 3 ถึง 4 ดังแสดงในภาพที่ 4 และความดันของไอน้ำที่จะถูกป้อนให้เครื่องผลิตชุดที่หนึ่ง จะมีความดันปานกลาง (ประมาณ 1,000 kPa) ซึ่งจะใช้แทนไอน้ำความดันต่ำ (ประมาณ 120 kPa) ที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมแบบชั้นเดียว สารละลายดูดซึมจากเครื่องผลิตชุดที่หนึ่งจะผ่านไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารละลายเจือจางที่จะกลับไปยังเครื่องผลิตชุดที่หนึ่ง สารละลายก็จะผ่านไปยังเครื่องผลิตชุดที่สอง ก็จะรับความร้อนจากไอสารทำความเย็นที่ออกมาจากเครื่องผลิตชุดที่หนึ่ง โดยขบวนการควบแน่น สารละลายก็จะผ่านต่อไปยังถึงความดันที่สอง ซึ่งจะถูกวาล์วลดความดันก่อนเข้าสู่ถึงความดันที่สอง สารทำความเย็นจะกลายเป็นไออีกครั้ง เมื่อเข้าสู่ถึงความดันที่สองจะถูกควบแน่นที่เครื่องควบแน่น และเข้าสู่ขบวนการต่อไปจนครบวัฏจักร

#### ประโยชน์ของ Absorption Chiller

1. ใช้ไฟฟ้าในปริมาณน้อย (Small Power Consumption)
2. ใช้ความร้อนเป็นแหล่งพลังงาน (Waste Heat is Available)
3. ระยะเวลาคืนทุนสั้น เนื่องจาก ค่าบำรุงรักษาต่ำ (Maintenance Cost) และค่าของพลังงาน (Energy Cost) ที่นำมาใช้ต่ำกว่าไฟฟ้ามาก
4. ไม่มีเกิดปัญหาจากเสียงดังและการสั่นสะเทือน (Low Noise and Vibration)
5. ไม่เกิดอันตรายจากการใช้งาน เพราะอุปกรณ์ทำงานในสถานะสุญญากาศ (Vacuum)
6. สามารถปรับประสิทธิภาพการทำงานได้ตั้งแต่ 0 – 100%
7. ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องต่ำ (No Need For an Engineer)
8. สามารถติดตั้งบนสถานที่ ที่รับน้ำหนักได้น้อย
9. ปราศจากสารทำลายชั้นบรรยากาศ (Ozone Safe and CFCs Free)
10. เครื่องมีให้เลือกใช้ในช่วงทำความเย็นต่างๆ (Wide Range Selection)



### กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีต้องขอขอบพระคุณ  
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และวารสารวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยสยามที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการเขียนบทความ  
ของคุณอาจารย์

### เอกสารอ้างอิง

- [1] พิชัย กฤษไม้ตรี. 2541. ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม  
อดีต ปัจจุบัน และอนาคต. **บทความวิชาการสมาคม  
วิศวกรรมปรับอากาศ**. Vol 27 : 18 – 23.
- [2] วิสุทธิ์ เลี่ยมสกุล. 2528. **ระบบปรับอากาศแบบ  
ดูดกลืนโดยใช้ลิเทียมโบรไมด์** - น้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญา  
โท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] หลักการทำงานของระบบการทำความเย็นแบบดูดกลืน.  
แหล่งที่มา:  
<http://board.dserver.org/j/jadekun/00000053.html>,  
11 มกราคม 2551.