พระจุลจอมเกล้า
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ตัวทำความเย็นชนิดต่าง ๆ

การศึกษาตัวทำความเย็นชนิดต่าง ๆ ซึ่งเรียกกันว่ารีฟริเจอแรนท์ (Refrigerant) เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะ ประโยชน์ใช้สอย และองค์ประกอบที่สำคัญในการเลือกใช้ก่อนที่จะศึกษาฟรีออนอันเป็นรีฟริเจอแรนท์ชนิดที่สนใจต่อไป

คุณสมบัติในการพิจารณาเลือกรีฟริเจอแรนท์

ความเหมาะสมของการใช้รีฟริเจอแรนท์ขึ้นกับองค์ประกอบหลายประการ ไม่มีรีฟริเจอแรนท์ที่ชนิดใดเหมาะสมใช้งานได้กับเครื่องอุปกรณ์ทำความเย็นทุกชนิด อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าสามารถกำหนดลักษณะคุณสมบัติที่จะใช้เพื่อพิจารณาเลือกรีฟริเจอแรนท์ชนิดใดชนิดหนึ่งไว้ 8 ประการ คือ :-(1)

1. ความดันและอุณหภูมิ ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิของสารนี้ต้องเหมาะสม โดยที่ไม่ต้องใช้ความดันสูงมาก ๆ ในหม้อควบแน่น (Condensor) หรือใช้ความดันต่ำมาก ๆ ในหม้อระเหย (evaporator) เพราะความดันสูงในหม้อควบแน่นทำให้ต้องใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงมาก อันเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ในทำนองเดียวกันความดันต่ำมาก ๆ ในหม้อระเหยจะทำให้เกิดศูนยากาศอันมีผลให้เกิดการรั่วซึมของอากาศและไอน้ำเข้าสู่ระบบอุปกรณ์ได้

2. ความร้อนแฝง ความร้อนแฝงของการระเหยจะต้องมีค่ามากที่สุด ในแต่ละความดันและอุณหภูมิ เพื่อให้ได้ผลในการใช้งานสูงสุดต่อจำนวนหน่วยน้ำหนักของรีฟริเจอแรนท์ (Refrigerant) ด้วยเหตุผลเดียวกัน ความร้อนจำเพาะขณะที่เป็นของเหลวจะต้องมีค่าน้อยเพื่อให้เกิดการระเหยต่ำสุดขณะผ่านลิ้นขยาย (expansion valve)

3. อุณหภูมิวิกฤต อุณหภูมิวิกฤตจะต้องสูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดในการทำงานของเครื่องเพื่อลดการเกิดการร้อนยวดยิ่งระหว่างการอัดตัวให้ต่ำที่สุด

---

(1) Modern Air Conditioning, Heating and Ventilation.

4. การไหลและการนำความร้อน รีฟริเจอแรนท์จะต้องมีคุณสมบัติในการไหลและการพาความร้อนได้ดี

5. เสถียรภาพ จะต้องมีเสถียรภาพคือ ไม่ไวไฟ ไม่ระเบิดง่าย ไม่กัดกร่อน และไม่เป็นพิษ ภายใต้สภาวะการทำงานปกติ

6. การผสมกับน้ำมันหล่อลื่น เมื่อเกิดการผสมระหว่างรีฟริเจอแรนท์กับน้ำมันหล่อลื่น ต้องไม่ทำให้คุณสมบัติในการหล่อลื่นและการพาความร้อนเสียไป เพราะในการใช้งานในเครื่องอุปกรณ์ทำความเย็นนั้น รีฟริเจอแรนท์จะต้องสัมผัสกับน้ำมันหล่อลื่นในบริเวณคอมเพรสเซอร์ด้วย

7. กลิ่น จะต้องไม่มีกลิ่นน่ารังเกียจสำหรับการนำไปใช้งานในเครื่องอุปกรณ์ทำความเย็นที่ใช้ในที่อยู่อาศัยหรือในอาคารพาณิชย์ แม้ว่าการมีกลิ่นบ้างจะช่วยให้ตรวจพบการรั่วไหลได้ง่าย ถ้าไม่มีกลิ่นเลยจะต้องมีวิธีที่สะดวกในการตรวจหาการรั่วไหล

8. ราคา มีราคาถูก

<u>รีฟริเจอแรนท์ที่สำคัญชนิดต่าง ๆ</u>

รีฟริเจอแรนท์ที่ใช้เป็นตัวทำความเย็นในระบบความเย็นใด ๆ มีอยู่หลายชนิดที่นิยมใช้กันแพร่หลาย จากการศึกษาข้อมูลคุณสมบัติพบว่ารีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้ :-

<u>การเปรียบเทียบรีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ</u>

ในการเลือกรีฟริเจอแรนท์สำหรับใช้งานต่าง ๆ จำเป็นต้องรู้ก่อนว่าจะนำไปใช้งานใด เนื่องจากรีฟริเจอแรนท์มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ในที่นี้จะสนใจศึกษาเปรียบเทียบรีฟริเจอแรนท์ต่าง ๆ ที่รู้จักกันแพร่หลายตามคุณสมบัติที่จำเป็น เพื่อสรุปหารีฟริเจอแรนท์ที่เหมาะสมในการใช้งานทั่วไปมากกว่ารีฟริเจอแรนท์ชนิดอื่น ๆ

1. แรงกันในการระเหยและการกลั่นตัว (Evaporater and condenser pressure)

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกันและอุณหภูมิสำหรับรีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้งานระหว่างอุณหภูมิ 60 – 200° ฟาเรนไฮท์ ตารางที่ 2.1 แสดงแรงกันของหม้อระเหย (Evaporator) และหม้อกวบแน่น (Condenser)

แรงดันทำงาน (operating pressure) ที่แตกต่างกันและอัตราส่วนการกดดัน (compression ratio) สำหรับรีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้งานกับวงจรมาตรฐาน (standard cycle) ซึ่งอุณหภูมิการระเหย 5° ฟ. อุณหภูมิการกลั่นตัว 86° ฟ. และวงจรที่อุณหภูมิการระเหย 40° ฟ. และอุณหภูมิการกลั่นตัว 100° ฟ.

จากตาราง 2.1 จะเห็นได้ว่าฟรีออนชนิดต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแรงดันในการใช้งานเหมาะสมกว่ารีฟริเจอแรนท์ชนิดอื่น ๆ เพราะแรงดันมีค่าสูงกว่าแรงดันบรรยากาศไม่มากนัก ทำให้อากาศและความชื้นไม่รั่วเข้าสู่ระบบอุปกรณ์ นอกจากนี้แรงดันยังต่ำกว่ารีฟริเจอแรนท์ชนิดอื่น ๆ ทำให้ตันทุนสำหรับเครื่องอุปกรณ์ทำความเย็นที่ใช้ฟรีออนค่อนข้างต่ำกว่าการใช้รีฟริเจอแรนท์ชนิดอื่น ๆ

ตารางที่ 2.1

ความดันหมอควบแน่น และหม้อระเหย

รีฟริเจอแรนท์	อุณหภูมิระเหย 5°ฟ อุณหภูมิควบแน่น 86°ฟ				อุณหภูมิระเหย 40°ฟ อุณหภูมิควบแน่น 100°ฟ			
	ความดันหมอระเหย (ปอนด์/นิ้ว)	ความดันหมอควบแน่น (ปอนด์/นิ้ว)	ความแตกต่างความดัน (ปอนด์/นิ้ว)	สัดส่วนระหว่างความดัน	ความดันหมอระเหย	ความดันหมอควบแน่น	ความแตกต่างความดัน	สัดส่วนระหว่างความดัน
ฟรีออน – 13	0.98	7.86	6.88	8.02	2.66	10.48	7.82	3.93
เมธิลีนคลอไรด์	1.17	10.60	9.43	9.07	3.38	13.25	9.87	3.92
ฟรีออน – 11	2.93	18.78	15.35	6.24	7.03	23.60	16.57	3.36
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	11.81	66.45	54.64	5.63	27.10	84.52	57.42	3.12
เมธิลคลอไรด์	21.15	94.70	73.55	4.47	43.25	116.7	73.4	2.70
ฟรีออน	26.48	108.04	81.56	4.08	51.67	131.9	80.17	2.55
แอมโมเนีย	34.27	169.2	134.93	4.94	73.32	211.9	138.58	2.89
ฟรีออน – 22	43.02	174.5	131.5	4.06	83.7	212.6	128.9	2.54

ที่มา: Refrigeration and air conditioning: Richard C. Jordan & Gayle B. Priester P. 82

2. อุณหภูมิและแรงดันวิกฤต (Critical Temperature and pressure ตารางที่ 2.2 แสดงอุณหภูมิและแรงดันวิกฤตของรีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ เรียงลำดับจากอุณหภูมิสูงไปหาต่ำ สิ่งสำคัญเกี่ยวกับคุณสมบัติประการนี้ คือ อุณหภูมิวิกฤตของรีฟริเจอแรนท์ควรสูงกว่าอุณหภูมิใช้งานของหม้อควบแน่น เพื่อลดการสิ้นเปลืองกำลังงานที่ต้องให้กับหม้อควบแน่น

ตารางที่ 2.2

อุณหภูมิและแรงดันวิกฤต

ชนิดของรีฟริเจอแรนท์	จุดวิกฤต	
	อุณหภูมิ °ฟ	แรงดัน (ปอนด์/นิ้ว)
เมธิลีนคลอไรด์	421.0	640.0
ฟรีออน	358.4	635.0
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	314.8	1141.5
เมธิลคลอไรด์	289.6	969.2
แอมโมเนีย	271.2	1651
ฟรีออน – 12	233.6	590.9
ฟรีออน – 22	204.8	614.0
คาร์บอนไดออกไซด์	27.8	1606.5

ที่มา : Ibid 2.1

จะเห็นได้ว่าฟรีออนชนิดต่าง ๆ มีอุณหภูมิวิกฤตค่อนข้างสูงกว่ารีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ

3. อุณหภูมิเยือกแข็ง (Freezing Temperature) ตารางที่ 2.3 แสดงอุณหภูมิเยือกแข็งของรีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ คุณสมบัติประการนี้มีสิ่งสำคัญคือ อุณหภูมิเยือกแข็งของรีฟริเจอแรนท์ที่จะใช้งานกับอุปกรณ์ทำความเย็นที่ต้องการอุณหภูมิต่ำควรจะมีค่าต่ำ สังเกตุได้จากตารางว่าฟรีออนชนิดต่าง ๆ มีอุณหภูมิเยือกแข็งต่ำกว่ารีฟริเจอแรนท์ชนิดอื่น ๆ มาก

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3

อุณหภูมิเยือกแข็งของรีฟริเจอแรนท์

ชนิดของรีฟริเจอแรนท์	จุดเยือกแข็ง °ฟ
ฟรีออน – 22	– 256.0
ฟรีออน – 12	– 252.0
ฟรีออน – 11	– 168.0
เมธิลคลอไรด์	– 144.0
แอมโมเนีย	– 107.9
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	– 103.9
คาร์บอนไดออกไซด์	– 69.9

ที่มา : Ibid 2.1

4. ราคาของรีฟริเจอแรนท์ (Cost) ในอุปกรณ์ทำความเย็นขนาดปานกลางและขนาดใหญ่ที่จำเป็นต้องใช้รีฟริเจอแรนท์จำนวนมาก ราคาเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาเลือกใช้ จากการศึกษาพบว่าฟรีออนมีราคาต่อน้ำหนักค่อนข้างต่ำกว่ารีฟริเจอแรนท์ชนิดอื่น ๆ คือประมาณ 25 – 45 บาท ต่อปอนด์

5. สัมประสิทธิ์ในการทำงานและกำลังที่ต้องใช้ (Coefficient of Performance and Power requirements) รีฟริเจอแรนท์ที่เหมาะสมในการใช้งานในอุปกรณ์ทำความเย็น ควรมีค่าสัมประสิทธิ์การทำงานใกล้เคียงกับของการ์โน – ไซเคิล อันเป็นวงจรที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด (ideal) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การทำงาน 5.74 ที่อุณหภูมิห้อควบแน่น 86° ฟ และอุณหภูมิห้อระเหย 5° ฟ นอกจากนี้กำลังที่ต้องใช้ในการทำงานควรมีค่าต่ำที่สุดเพื่อลดค่าใช้จ่าย

ตารางที่ 2.4

สัมประสิทธิ์ในการทำงานและกำลังที่ต้องใช้

ชนิดของรีฟริเจอแรนท์	สปส.การทำงาน	ประสิทธภาพ (% ของคาร์โน)	กำลังที่ต้องใช้/ตัน
วงจรคาร์โน	5.74	100.0	0.82
ฟรีออน – 11	5.09	88.8	0.93
เมธิลคลอไรด์	4.90	85.3	0.96
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	4.87	84.9	0.97
ฟรีออน – 113	4.79	83.5	0.98
แอมโมเนีย	4.76	83.0	0.99
ฟรีออน – 12	4.70	82.0	1.00
ฟรีออน – 22	4.66	81.3	1.01
คาร์บอนไดออกไซด์	2.56	44.6	1.84

ที่มา : Ibid 2.1

ตารางที่ 2.4 แสดงสัมประสิทธิ์การทำงานและกำลังที่ต้องใช้สำหรับรีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ เรียงตามลำดับค่าที่ใกล้เคียงคาร์โน–ไซเคิลมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ค่ากำลังที่ต้องใช้ต่อตันของอุปกรณ์จะมีค่าแปรผกผันกับสัมประสิทธิ์การทำงาน ในกรณี Volumetric และ Thermal efficiency มีค่าคงที่

จากการพิจารณาตารางที่ 2.4 พบว่าฟรีออนชนิดต่าง ๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การทำงานใกล้เคียงกับคาร์โน–ไซเคิลมากกว่ารีฟริเจอแรนท์ชนิดอื่น ๆ ในทำนองเดียวกันกำลังที่ต้องใช้จะต่ำกว่ารีฟริเจอแรนท์ชนิดอื่น ๆ เนื่องจากเป็นค่าผกผันกัน

6. เสถียรภาพและความเฉื่อย (Stability and Inertness) รีฟริเจอแรนท์ที่เหมาะสมกับการใช้งาน ควรมีเสถียรภาพไม่แตกตัวง่ายเพราะจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานเสียไป และควรมีความเฉื่อยโดยไม่ทำปฏิกิริยากับวัสดุที่รีฟริเจอแรนท์จะต้องสัมผัสเมื่อใช้งาน

จากการศึกษาพบว่า แอมโมเนียมีการสลายตัว ทั้งในระบบควบแน่น และระบบดูดซึม (Absorbtion) ทำให้ไม่เหมาะสมในการใช้งาน ที่ต้องการเสถียรภาพมาก

ฟรีออนมีเสถียรภาพมากตั้งแต่อุณหภูมิต่ำจนถึง 1,000° ฟ ที่อุณหภูมิสูงขึ้นไปกว่านั้น ฟรีออนจะสลายตัวทำให้เกิดสารกัดกร่อนและเป็นพิษมาก แต่เนื่องจากในสภาวะการใช้งานจริงนั้นไม่ถึงอุณหภูมิสูงดังกล่าว การสลายตัวจึงไม่เกิดขึ้นและยังเหมาะสมในการใช้งาน อย่างไรก็ตามฟรีออนใช้งานกับวัสดุประเภทยางธรรมชาติไม่ดีนัก เนื่องจากฟรีออนจะละลายยางได้ ดังนั้น ควรใช้งานกับยางสังเคราะห์ประเภทนีโอปรีนหรือคลอโรปรีน (neoprene or chloroprene) หรือกับโลหะชนิดอื่น ๆ ได้

รีฟริเจอแรนท์ชนิดอื่น ๆ เช่น เมธิลคลอไรด์ ก็มีเสถียรภาพมาก แต่มักจะละลายวัสดุประเภทอินทรีย์สารอื่น ๆ และยังละลายพวกนีโอปรีนอีกด้วย จึงไม่เหมาะสมกับการใช้งาน

7. คุณสมบัติในการกัดกร่อน (Corrosive Properties) รีฟริเจอแรนท์ที่เหมาะสมจะต้องไม่กัดกร่อน โลหะหลายชนิดที่ใช้ทำอุปกรณ์ทำความเย็นในส่วนที่สัมผัสกับรีฟริเจอแรนท์ มิฉะนั้นจำเป็นจะต้องใช้วัสดุพิเศษซึ่งไม่เกิดการถูกกัดกร่อนในการทำคอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนของวัสดุสูงเกินไป ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติการกัดกร่อนของรีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ 5 ชนิด จากการศึกษาพบว่า

- ฟรีออน ทุกชนิดสามารถใช้งานกับโลหะได้ทุกชนิดโดยไม่เกิดการกัดกร่อน จึงเหมาะสมกับการใช้งานกับอุปกรณ์ทำความเย็นมาก
- แอมโมเนีย อาจใช้งานกับเหล็กหรือเหล็กกล้าได้ แต่ไม่อาจใช้งานกับทองแดงหรือสารประกอบทองแดงหรือสังกะสี ซึ่งนิยมใช้ทำท่อในอุปกรณ์ทำความเย็น

– ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่กัดกร่อนโลหะทุกชนิด แต่ถ้ามีน้ำอยู่ในอุปกรณ์จะทำให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นกรดซัลฟูริกซึ่งกัดกร่อนมาก

– คาร์บอนไดออกไซด์ กัดกร่อนทองแดงและเหล็กในกรณีที่มีความชื้นและออกซิเจนอยู่ ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นกรดคาร์บอนิก

ตารางที่ 2.5

คุณสมบัติการกัดกร่อน

ชนิดของรีฟริเจอแรนท์	การกัดกร่อน
แอมโมเนีย	แอมโมเนียแอนไฮดรัสบริสุทธิ์จะละลายทองแดง นอกจากจะเกลือบทองแดงด้วยน้ำมัน
คาร์บอนไดออกไซด์	ไม่กัดกร่อนนอกจากจะมีความชื้นและออกซิเจน โดยกัดเฉพาะเหล็ก
ฟรีออน	ไม่กัดกร่อนโลหะที่ใช้ทั่วไป
เมธิลคลอไรด์	กัดกร่อนสังกะสี อลูมิเนียม และแมกนีเซียมผสมในกรณีมีน้ำอยู่
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	กัดกร่อนโลหะแทบทุกชนิด ถ้ามีความชื้นเกิน 50 ส่วนในล้านส่วน

ที่มา : Ibid 2.1

8. สภาพไดอิเลกตริก (Dielectric Strength) สภาพไดอิเลกตริกเป็นคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของรีฟริเจอแรนท์ ถ้าใช้งานในระบบปิดที่มอเตอร์สัมผัสกับรีฟริเจอแรนท์ สภาพไดอิเลกตริกสัมพัทธ์ (Relative Dielectric Strength ของรีฟริเจอแรนท์คือ อัตราส่วนระหว่างไดอิเลกตริกของไนโตรเจนและไอของรีฟริเจอแรนท์กับสภาพไดอิเลกตริกของไนโตรเจนที่แรงดันบรรยากาศ และอุณหภูมิปกติ เมื่อวัดที่ระยะห่างเดียวกัน ตารางที่ 2.6 แสดงสภาพไดอิเลกตริกสัมพัทธ์ของรีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งยิ่งมีค่ามากยิ่งมีคุณสมบัติในประการนี้เหมาะสมมาก –

จากการศึกษาพบว่าฟรีออนมีคุณสมบัติสภาพไดอิเลกตริกมากที่สุด เมื่อเทียบกับรีฟริเจอแรนท์ชนิดอื่น ๆ

ตารางที่ 2.6

สภาพไดอิเลกตริกสัมพัทธ์ของรีฟรีเจอแรนท์

ชนิดของรีฟริเจอแรนท์	สภาพไดอิเลกตริกสัมพัทธ์
ฟรีออน – 11	3.0
ฟรีออน – 113	2.6
ฟรีออน – 12	2.4
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	1.9
ฟรีออน – 22	1.31
เมธิลคลอไรด์	1.06
การ์บอนไดออกไซด์	0.88
แอมโมเนีย	0.82

ที่มา : Ibid 2.1

9. ความหนืด (Viscosity) รีฟริเจอแรนท์ที่เหมาะสมควรมีแรงดันน้อยเมื่อไหลผ่านท่อของเหลว และท่อไอ และทำให้การส่งผ่านความร้อนได้ดี

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าความหนืดของรีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ ในสถานะไอระหว่างอุณหภูมิ 5° ถึง 150° ฟ และในสถานะของเหลวระหว่างอุณหภูมิ 5° ถึง 100° ฟ จากการศึกษาพบว่าฟรีออนมีความหนืดค่อนข้างต่ำทั้ง 2 สถานะ ทำให้เหมาะสมกับการใช้งานในคุณสมบัติประการนี้

ตารางที่ 2.7

ความหนืดในสภาพของเหลวและไอของรีฟริเจอแรนท์ที่ความดัน 1 บรรยากาศ (เซนติพอยส์)

ชนิดของ	อุณหภูมิไอ °ฟ					อุณหภูมิของเหลว °ฟ				
รีฟริเจอแรนท์	5	20	40	100	150	5	20	40	80	100
แอมโมเนีย	0.0085	0.0088	0.0093	0.0105	0.0116	0.250	0.240	0.230	0.210	0.200
เมธิลคลอไรด์	0.0095	0.0098	0.0101	0.0111	0.0120	0.293	0.279	0.263	0.237	0.226
ฟรีออน – 11	0.0096	0.0099	0.0103	0.0113	0.0120	0.650	0.586	0.517	0.417	0.380
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	0.0111	0.0115	0.0128	0.0134	0.0144	0.503	0.390	0.350	0.290	0.260
ฟรีออน – 12	0.0114	0.0116	0.0119	0.0129	0.0136	0.328	0.308	0.286	0.255	0.242
ฟรีออน – 22	0.0114	0.0118	0.0122	0.0133	0.0143	0.286	0.271	0.256	0.232	0.223
คาร์บอนไดออกไซด์	0.0132	0.0135	0.0140	0.0155	0.0165	0.115	0.110	0.095	0.064	
น้ำ								1.540	0.860	0.680

ที่มา : Ibid 2.1

10. สภาพการนำความร้อน (Thermal Conductivity) รีฟริเจอแรนท์ที่จะใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรมีสภาพการนำความร้อนสูง คุณสมบัติที่สำคัญใกล้เคียงกันอีกประการหนึ่ง คือ สภาพการเปียกที่ผิวของอุปกรณ์โดยรีฟริเจอแรนท์ (Surface wetting Charecteristics) ถ้าอยู่ในสภาพดีจะทำให้อัตราการส่งผ่านความร้อนเร็วขึ้น สำหรับรีฟริเจอแรนท์ที่มีคลอรีนปนอยู่จะทำให้สภาพนี้ดีมาก รีฟริเจอแรนท์ประไฮโดรคาร์บอนคลอริเนต (Hydrocarbon chlorinated) และประเภทฟรีออนจะมีคุณสมบัตินี้ดีมาก

ตารางที่ 2.8 แสดงค่าสภาพการนำความร้อนของรีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 2.8

สภาพการนำความร้อน (บี.ที.ยู)(ฟุต)/(ฟุต)^2(ชม.)(°ฟ)

ชนิดของรีฟริเจอแรนท์	สถานะ	อุณหภูมิ °ฟ	สภาพการนำความร้อน	สถานะ	อุณหภูมิ °ฟ	สภาพการนำความร้อน
แอมโมเนีย	ไอ	32	0.0128	ของเหลว	14–68	0.290
การ์บอนไดออกไซด์	"	32	0.0081	" "	68	0.125
ฟรีออน – 22	"	86	0.0068	" "	104	0.056
ฟรีออน – 12	"	86	0.0056	" "	104	0.047
ฟรีออน – 11	"	86	0.0048	" "	104	0.059
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	"	32	0.0050	" "	68	0.200
เมธิลคลอไรด์	"	32	0.0049	" "	68	0.093

ที่มา : Ibid 2.1

11. สภาพการเป็นพิษ (Toxicity) คุณสมบัติการเป็นพิษของรีฟริเจอแรนท์เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ตารางที่ 2.9 แสดงสภาพการเป็นพิษที่ทำให้เกิดอันตรายสำหรับรีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ รวมทั้งการจัดชั้นของอันตรายโดยกัวเลช ซึ่งยิ่งมีค่ามากยิ่งอันตรายมาก จากการศึกษาพบว่าฟรีออนชนิดต่าง ๆ เป็นสารที่มีอันตรายน้อยที่สุดในบรรดารีฟริเจอแรนท์ทั้งหมด

นอกจากการเป็นพิษแล้ว การทำให้เกิดการระคายเคืองก็เป็นสิ่งที่สำคัญในการเลือกใช้รีฟริเจอแรนท์แอมโมเนีย และซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารที่ทำให้เกิดอาการระคายเคืองมาก จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในอุปกรณ์ทำความเย็นที่มีคนอยู่ด้วย

สำหรับฟรีออนรีฟริเจอแรนท์เป็นสิ่งที่ไม่มีกลิ่นและไม่ทำให้ระคายเคืองแก่คน จึงเหมาะสมในการใช้งานในอุปกรณ์ทำความเย็นมาก

001659

จากการศึกษาพบว่าระดับที่จะได้กลิ่นของรีฟริเจอแรนท์มีดังต่อไปนี้ :-

- แอมโมเนีย จะได้กลิ่นเมื่อมีจำนวน 53 ส่วนในล้านส่วน และจะเกิดอาการระคายเคืองเมื่อมีจำนวน 700 ส่วนในล้านส่วน

- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะได้กลิ่นเมื่อมีจำนวน 3 – 5 ส่วนในล้านส่วน และจำนวน 20 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้เกิดอาการระคายเคือง

- ฟรีออน จะไม่มีกลิ่นจนกระทั่งมีจำนวนถึง 20 เปอร์เซนต์ โดยปริมาตรในอากาศ

- เมธิลคลอไรด์ จะทำให้เกิดการระคายเคืองมากเมื่อมีจำนวน 0.1 เปอร์เซนต์โดยปริมาตร

- คาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 3 เปอร์เซนต์ โดยปริมาตรจะทำให้หายใจหอบประมาณ 5 เปอร์เซนต์ จะทำให้เกิดการระคายเคือง

ดังนั้น ฟรีออนจึงทำให้เกิดการระคายเคืองและอันตรายน้อยที่สุดในบรรดารีฟริเจอแรนท์ทั้งหลาย

ตารางที่ 2.9

คุณสมบัติการเป็นพิษ

ชนิดของรีฟริเจอแรนท์	ทำให้ตายหรือบาดเจ็บสาหัส			สภาพการเป็นพิษเมื่อแยกสลาย
	ช่วงระยะเวลาที่สัมผัส	ความเข้มข้นในอากาศ		
		เปอร์เซนต์โดยปริมาตร	ปอนด์ต่อ 1,000 ลบ.ฟุตที่ 70° ฟ	
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	5 นาที	0.7	1.2	
แอมโมเนีย	$\frac{1}{2}$ ชั่วโมง	0.5 – 0.6	0.2 – 0.3	
เมธิลคลอไรด์	2 ชั่วโมง	2 – 215	2.8 – 3.3	เป็น
ฟรีออน – 113	1 ชั่วโมง	4.8 – 5.3	23.3 – 25.2	เป็น
คาร์บอนไดออกไซด์	$\frac{1}{2}$ ชั่วโมง	29.0 – 30.0	33.2 – 34.3	ไม่เป็น
ฟรีออน – 11	2 ชั่วโมง	10	35.7	เป็น
ฟรีออน – 22	2 ชั่วโมง	18.0 – 22.6	40.2 – 50.5	เป็น
ฟรีออน – 12	2 ชั่วโมง	28.5 – 30.4	89.6 – 95.7	เป็น

ที่มา : Ibid 2.1

12. คุณสมบัติในการระเบิด (Explosive properties) รีฟริเจอแรนท์ที่เหมาะสมกับการใช้งาน ควรจะไม่เกิดระเบิดหรือไวไฟ แม้ว่าจะผสมกับอากาศหรือน้ำมันหล่อลื่น ตารางที่ 2.10 แสดงคุณสมบัติในการระเบิดของรีฟริเจอแรนท์ชนิดต่าง ๆ จากการศึกษาพบว่ารีฟริเจอแรนท์ที่เหมาะสมกับการใช้งานนั้น มีเพียงซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมธิลีน-คลอไรด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และฟรีออนชนิดต่าง ๆ เท่านั้น

ตารางที่ 2.10

คุณสมบัติในการระเบิด

(ปอนด์/ตร.นิ้ว)

ชนิดของรีฟริเจอแรนท์	พิสัยการระเบิด (ความเข้มข้นในอากาศ		ความดันระเบิดสูงสุด	เวลาในการสะสมความดัน(วินาที)
	เปอร์เซนต์โดย	ปอนด์/1,100 ลบ.ฟุต		
แอมโมเนีย	16 – 25	7.1 – 11.5	50	0.175
เมธิลคลอไรด์	8.1 – 17.2	10.6 – 22.6	69	0.110
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์		ไม่ไวไฟ		
คาร์บอนไดออกไซด์		ไม่ไวไฟ		
ฟรีออน – 11		ไม่ไวไฟ		
ฟรีออน – 12		ไม่ไวไฟ		
ฟรีออน – 22		ไม่ไวไฟ		
ฟรีออน – 113		ไม่ไวไฟ		

ที่มา : Ibid 2.1

13. ผลกระทบที่มีต่อวัสดุที่เสียหายง่าย (Effect on Perishable Materials) ในกรณีที่เกิดการรั่วไหล รีฟริเจอแรนท์ที่เหมาะสมไม่ควรทำให้เกิดการเสียหายต่อวัสดุที่ไปสัมผัส จากการศึกษาพบว่า :-

– แอมโมเนีย จะทำให้เกิดการเปื่อยยุ่ยและรอยไหม้ต่อสิ่งทอ ผลไม้และผักอาหารที่สัมผัสแอมโมเนียจะเกิดการเสียหายไม่เหมาะในการใช้รับประทาน

– ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะทำให้ดอกไม้และพืชพันธ์เสียหาย และฟอกจางสีของเสื้อผ้าและสิ่งทอ

– เมธิลคลอไรด์และฟรีออน ไม่ก่อให้เกิดการเสียหายและอันตรายใด ๆ ต่อสิ่งที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยเฉพาะฟรีออนไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสี, รส และกลิ่นแก่อาหารและสิ่งทอ

ดังนั้น จากการศึกษาคุณสมบัติทั้ง 13 ประการดังกล่าวข้างต้น เราจะสรุปได้ว่าในสภาพการใช้งานทั่วไป ฟรีออนเป็นรีฟริเจอแรนท์ที่เหมาะสมกว่ารีฟริเจอแรนท์ชนิดอื่น ๆ ในการใช้งานในอุปกรณ์ทำความเย็นต่าง ๆ ด้วยเหตุผลดังกล่าว ในปัจจุบันจึงมักนิยมใช้ฟรีออนเป็นรีฟริเจอแรนท์ถึง 90 เปอร์เซนท์

<u>วิธีการเรียกชื่อรีฟริเจอแรนท์ทางการค้า</u>

เนื่องจากฟรีออนมีหลายชนิดตามองค์ประกอบทางเคมี จากการศึกษาพบว่าการเรียกชื่อฟรีออนนั้น มีการกำหนดเป็นมาตรฐานตัวเลขแบบเดียวกันทั่วโลก เพื่อประโยชน์ในการเลือกใช้งานให้ถูกต้อง ฟรีออนที่มีตัวเลขเดียวกัน ไม่ว่าจะมีตราใด จะมีคุณสมบัติทุกประการใกล้เคียงกัน เนื่องจากส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกัน

การศึกษาส่วนนี้จะสนใจวิธีการเรียกชื่อฟรีออนทางการค้า ซึ่งเป็นมาตรฐานเพื่อประโยชน์ในการศึกษาวิธีการใช้งานของฟรีออนชนิดต่าง ๆ ต่อไป

การเรียกชื่อฟรีออน จะเรียกโดยตราของบริษัทผู้ผลิตและใช้ตัวเลขตาม 2 หรือ 3 หลัก โดยมีหลักการเรียงดังนี้ :-

(ก) ตัวเลขหลักแรกเป็นจำนวนอะตอมของไฮโดรเจน ในสารประกอบชนิดนี้บวกด้วยหนึ่ง

(ข) ตัวเลขหลักที่สอง หรือสาม เป็นจำนวนอะตอมของฟลูออรีน

ตัวอย่างเช่น

$CFCl_2$ มีชื่อทางการค้าว่า ฟรีออน 12, เจนีตรอน 12, ไอโซตรอน 12 เป็นต้น

CHF_2Cl มีชื่อทางการค้าว่า ฟรีออน 22, เจนีตรอน 22 เป็นต้น

$CFCl_3$ มีชื่อทางการค้าว่า ฟรีออน 11, เจนีตรอน 11 เป็นต้น

ตารางที่ 2.11 แสดงชื่อทางการค้า และสมบัติต่าง ๆ ของฟรีออนชนิดต่าง ๆ จากการศึกษาพบว่า ฟรีออนที่นิยมใช้งานมากที่สุดคือ ฟรีออน – 11, ฟรีออน – 12 และฟรีออน – 22 โดยมีเหตุผลจากแนวโน้มการผลิตฟรีออนทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวสูงกว่าฟรีออนชนิดอื่น ๆ

ตารางที่ 2.11

สูตรเคมี, ชื่อทางการค้า และคุณสมบัติของฟรีออนชนิดต่าง ๆ

สูตรเคมี	CCl_3F	CCl_2F_2	$CClF_3$	$CHCl_2F$	$CHClF_2$	$CCl_2F\text{-}CClF_2$	$CClF_2\text{-}CClF_2$	Azeotrope	Azeotrope	CF_3Br
ชื่อทางการค้า	R - 11	R - 12	R - 13	R - 21	R - 22	R - 113	R - 114	R - 500	R - 502	R 13 B1
น.น.โมเลกุล	137.38	120.93	104.47	102.93	86.48	187.39	170.92	99.29	111.6	148.9
จุดเดือดที่ 1 บรรยากาศ (°ซ)	23.8	-29.8	-81.4	8.9	-40.8	47.57	3.55	-33.3	-45.6	-57.8
จุดเยือกแข็ง (°ซ)	-111	-158	-181	-135	-160	-35	-94	-158.9	-	-168
อุณหภูมิวิกฤต (°ซ)	198	112	28.9	178.5	96	214.1	145.7	105.0	90.1	67
แรงดันวิกฤต (บรรยากาศ)	43.2	40.6	38.2	51.0	48.7	33.7	32.1	43	42.1	39.1
ปริมาตรวิกฤต (ลบ.ซม./โมล์)	247	217	181	197	164	325	293	199.4	199.5	199.9
ความหนาแน่นวิกฤต (กรัม/ลบ.ซม.)	0.554	0.558	0.578	0.522	0.525	0.576	0.582	0.498	0.529	0.745
ความร้อนจำเพาะของของเหลวที่ 30° ซ (แคลอรี่/กรัม/°ซ)	0.209	0.236	0.247 (-30° ซ)	0.256	0.335	2.218	0.238	0.284	0.30	0.216
ความร้อนจำเพาะของไอที่แรงดันคงที่ (1 บรรยากาศที่ 30° ซ) (แคลอรี่/กรัม/°ซ)	0.135	0.48	0.138 (-30° ซ)	0.140	0.152	0.161 (60° ซ)	0.160	0.171	0.168	0.11
ความร้อนแฝงของการระเหยที่จุดเดือด (แคลอรี่/กรัม)	43.51	39.47	35.47	57.86	55.92	35.07	32.78	49.16	42.47	28.38
สภาพการนำความร้อนของของเหลวที่ 20° ซ (จูล/ซม./ตาราง ซม./°ซ)	0.00091	0.000725	0.00058	0.00108	0.000901	0.00090 (30° ซ)	0.00066	0.00079	0.00064	0.00059 (30° ซ)
ความตึงผิวที่ 25° ซ (ไดน์/ซม.)	19	9		19	9	19	13		8	4
ความหนืดของของเหลวที่ 30° ซ (เซนติปอยส์)	0.405	0.251	0.37 (-70° ซ)	0.330	0.229	0.619	0.356	0.210	0.24	0.21
สภาพไดอิเลคตริคสัมพัทธ์ที่ 1 บรรยากาศ 23° ซ (ไนโตรเจน = 1)	3.1	2.4	1.4	1.3	1.3	2.6 (0.4 บรรยากาศ)	2.8	-	2.34	1.8

R :- แทนตราของฟรีออนชนิดต่าง ๆ เช่น ฟรีออน, ฟรีเกน, อาร์คตอน, เจนีตรอน, อาซาฮี-ฟรอน เป็นต้น

ที่มา : แคตาล็อคของอาร์คตอนรีฟริเจอแรนท์