

หลักการทํางานและเทคนิคการตรวจซ่อม

เครื่องทำความเย็น และ เครื่องปรับอากาศ

พร้อมแบบฝึกหัดการต่อวงจรไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น
และเครื่องปรับอากาศ ครอบคลุมหลักสูตร ปวช. และ ปวส.

SE-ED

inspiration starts here



สมศักดิ์ สุโมตยกุล

 ซีเอ็ด

เครื่องทำความเย็น และ เครื่องปรับอากาศ

SE-ED
สัมฤทธิ์ สัมฤกษ์
inspiration starts here



บริษัท ซีอี็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

ค้นหาหนังสือที่ต้องการ ได้เร็ว ทันใจ ที่ www.se-ed.com

หลักการทางานและเทคนิคการตรวจซ่อม เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ

โดย สมศักดิ์ สุโมตยกุล

สงวนลิขสิทธิ์ในประเทศไทยตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ © พ.ศ. 2556 โดย สมศักดิ์ สุโมตยกุล
ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำการอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ
ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

สมศักดิ์ สุโมตยกุล.

หลักการทางานและเทคนิคการตรวจซ่อมเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ. -- กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2556.

1. เครื่องทำความเย็น. 2. เครื่องปรับอากาศ.

I. ชื่อเรื่อง.

697.93

ISBN(e-book) : 978-616-08-0999-8

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย

 บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

อาคารทีซีไอเอฟ ทาวเวอร์ ชั้น 19 เลขที่ 1858/87-90 ถนนบางนา-ตราด แขวงบางนา
เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 โทรศัพท์ 0-2739-8000

[หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com]

คำนำ

ในปัจจุบัน อาชีพช่างซ่อมเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศสำหรับประเทศไทยนั้น จะมีความสำคัญมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากการทำงานที่อาคารบ้านเรือน ศูนย์การค้า โรงภาพยนตร์ ภัตตาคาร และห้างสรรพสินค้าต่าง ๆ จะติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้งสิ้น และภายในอาคารเหล่านี้ยังต้องมีเครื่องอำนวยความสะดวก เช่น ตู้เย็น ตู้แช่ ใช้กันอย่างมากมาย ทำให้ความต้องการช่างฝีมือด้านนี้มีมากขึ้นตามไปด้วย แต่ขณะเดียวกันตำราช่างเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศที่เป็นภาษาไทยยังมีอยู่น้อย ผู้เขียนเห็นเป็นการสมควรให้มิด้าร่าด้านนี้เพิ่มขึ้นเพื่อให้นักศึกษาและผู้สนใจได้ศึกษาค้นคว้า ท้นต่อความก้าวหน้าทางวิทยาการใหม่ ๆ จึงได้รวบรวมและเรียบเรียงตำราเล่มนี้ขึ้นมา

inspiration starts here

หนังสือเล่มนี้ได้รวบรวมเนื้อหาไว้อย่างสมบูรณ์ทั้งหลักวิชาการและหลักปฏิบัติ ซึ่งแบ่งเนื้อหาออกเป็นสี่ตอน คือ ตอนที่หนึ่งว่าด้วยหลักพื้นฐานการทำงานเย็น วงจรเครื่องทำความเย็น คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ ชุดควบคุมน้ำยาเครื่องทำความเย็น อีวาพอเรเตอร์ ตลอดจนอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ของระบบ รวมถึงน้ำยาเครื่องทำความเย็นและน้ำมันหล่อลื่น หลักเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับระบบทำความเย็น และตู้เย็นที่ใช้ในครัวเรือน ตอนที่สองว่าด้วยระบบไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น เริ่มจากไฟฟ้าเบื้องต้น มอเตอร์ไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ ตอนที่สามว่าด้วยการปรับอากาศ วงจรอากาศ ไซโครเมตริก เครื่องปรับอากาศโดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศในระบบอินเวอร์เตอร์ และการคำนวณหาขนาดเครื่องที่จะใช้ติดตั้ง สำหรับตอนสุดท้ายจะว่าด้วยการซ่อม การติดตั้ง และการบริการ โดยเริ่มจากแนะนำเครื่องมือสำหรับซ่อมเครื่องทำความเย็น ท่อทางเดินน้ำยา และการต่อท่อ การซ่อมและบริการตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ การแก้ไขข้อขัดข้องและการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ นอกจากนี้ยังได้เพิ่มเติมภาคผนวกเกี่ยวกับการแปลงค่าหน่วยต่าง ๆ ที่ใช้ และแบบฝึกหัดเกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้าอีกด้วย

ผู้เขียนขอขอบคุณ ผู้ร่วมงาน บริษัทต่าง ๆ ที่ให้รายละเอียด เนื้อหา และรูปภาพประกอบ เพื่อช่วยให้หนังสือเล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณแผนกตำรา บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด ที่มีส่วนร่วม

ในการทำให้หนังสือนี้สำเร็จลงด้วยดี หากผู้อ่านมีข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะใด ๆ เกี่ยวกับหนังสือเล่มนี้ กรุณาแจ้งให้ผู้เขียนทราบด้วยเพื่อจะได้นำมาปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นในโอกาสต่อไป

สมศักดิ์ สุโมตยกุล

SE-ED
inspiration starts here

ตอนที่ 1 : หลักพื้นฐานของการทำความเย็น

บทที่ 1	หลักพื้นฐานการทำความเย็น	13
1.1	วิวัฒนาการของการทำความเย็นและการปรับอากาศ	13
1.2	แรง	14
1.3	ความดัน	15
1.4	งาน	16
1.5	กำลังงาน	17
1.6	พลังงาน	18
1.7	ความร้อน	18
1.8	สสาร	18
1.9	อุณหภูมิ	20
1.10	เทอร์โมมิเตอร์	21
1.11	การแปลงค่าอุณหภูมิ	22
1.12	อุณหภูมิสัมบูรณ์	23
1.13	การถ่ายเทความร้อน	23
1.14	ทิศทางและอัตราไหลของความร้อน	25
1.15	แคลอรี	27
1.16	ความร้อนจำเพาะ	27
1.17	การคำนวณเกี่ยวกับปริมาณความร้อน	28
1.18	ผลรวมของปริมาณความร้อน	31
1.19	ต้นของการทำความเย็น	32

บทที่ 2	ระบบการทำความเย็น	34
2.1	การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็ง	34
2.2	การทำความเย็นโดยใช้การระเหยของน้ำ	35
2.3	การทำความเย็นโดยใช้ของแข็งเป็นตัวดูดซับ	36
2.4	การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็งแห้ง	37
2.5	ระบบทำความเย็นโดยปล่อยน้ำยาให้ระเหยตัว	37
2.6	การทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก	38
2.7	การทำความเย็นในระบบท่อลมวน	40
2.8	การทำความเย็นระบบสตีมเจ็ต	41
2.9	ระบบแอบซอร์ปชัน	42
2.10	วงจรการทำงานต่อเนื่องระบบแอบซอร์ปชัน	44
2.11	ระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ	46
บทที่ 3	วงจรเครื่องทำความเย็น	47
3.1	ฉนวนความร้อน	47
3.2	ความร้อนที่คิดเป็นโหลด	47
3.3	ตัวกลางในการทำความเย็น	48
3.4	วงจรเครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ	53
3.5	หลักการทำงานของวงจรทำความเย็น	55
3.6	การแบ่งส่วนการทำงานของระบบทำความเย็น	56
3.7	คอนเดนซิงยูนิต	56
3.8	สถานะ อุณหภูมิ และความดันของน้ำยาที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในระบบ เครื่องทำความเย็น	57
บทที่ 4	คอมเพรสเซอร์	59
4.1	คอมเพรสเซอร์	59
4.2	คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ	60
4.3	คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี	61
4.4	คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	63
4.5	คอมเพรสเซอร์แบบเกียร์และแบบไดอะแฟรม	64
4.6	คอมเพรสเซอร์แบบสวอชเฟลต	65
4.7	โครงสร้างของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ	66
4.8	มอเตอร์คอมเพรสเซอร์	70

บทที่ 5	คอนเดนเซอร์.....	73
5.1	ชนิดของคอนเดนเซอร์	73
5.2	คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ	74
5.3	คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ	77
5.4	ระบบของน้ำที่ใช้ระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์	80
5.5	หორบายน้ำเย็น	81
5.6	การออกแบบหอรบายน้ำเย็น	82
5.7	คอนเดนเซอร์ชนิดอีวาพอเรทีฟ	83
5.8	วาล์วควบคุมน้ำหล่อเย็นคอนเดนเซอร์	84
5.9	การบำรุงรักษาคอนเดนเซอร์และหอรบายน้ำเย็น	86

บทที่ 6	ชุดควบคุมน้ำยาเครื่องทำความเย็น.....	87
6.1	ชนิดของชุดควบคุมน้ำยา	87
6.2	เอกซ์แพนชันวาล์วชนิดปรับด้วยมือ	88
6.3	ออโตเมติกเอกซ์แพนชันวาล์ว	89
6.4	เทอร์โมสแตติกเอกซ์แพนชันวาล์ว	91
6.5	ลิ้นแยกน้ำยา	98
6.6	การติดตั้งเทอร์โมสแตติกเอกซ์แพนชันวาล์ว	100
6.7	การเลือกชนิดและขนาดของ T.E.V.	103
6.8	การทดสอบและปรับตั้ง T.E.V.	103
6.9	ท่อแคพิลลารี	105
6.10	ลูกลอยด้านความดันต่ำ	110
6.11	ลูกลอยด้านความดันสูง	111

บทที่ 7	อีวาพอเรเตอร์.....	113
7.1	อีวาพอเรเตอร์แบบแห้ง	113
7.2	อีวาพอเรเตอร์แบบเปียก	119
7.3	การกลั่นตัวของไอน้ำ	121
7.4	การทำดีฟรอสต์	121
7.5	วงจรชดท้ออีวาพอเรเตอร์	124
7.6	ทิศทางการไหล	126
7.7	คอยล์น้ำเย็น	127

บทที่ 8	อุปกรณ์อื่น ๆ ของระบบ.....	130
8.1	ฟิลเตอร์ทรายเออร์	130
8.2	กระจกมองน้ำยา	131
8.3	แอกคิวมูเลเตอร์	132
8.4	อุปกรณ์แยกน้ำมัน	134
8.5	อุปกรณ์ลดเสียง	135
8.6	ท่ออ่อนกันสะเทือน	136
8.7	อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	136
8.8	โซลินอยด์วาล์ว	137
8.9	วาล์วบริการ	141
8.10	วาล์วกันกลับ	144
8.11	ปลั๊กหลอมละลาย	145
8.12	วาล์วปลดความดัน	145
8.13	อีวาพอเรเตอร์เพรสเซอร์เรกูเลเตอร์	147
8.14	โฮสต์แบ็กวาล์ว	149
8.15	ฮอตแก๊สบายพาสเรกูเลเตอร์	150
8.16	คอนเดนเซอร์วอเตอร์เรกูเลเตอร์	151
SE-ED		
บทที่ 9	น้ำยาเครื่องทำความเย็นและน้ำมันหล่อลื่น.....	152
9.1	คุณสมบัติของน้ำยา	152
9.2	น้ำยาทำความเย็น	161
9.3	น้ำมันหล่อลื่นคอมเพรสเซอร์	163
9.4	ความหนืด	164
9.5	ความชื้น	164
บทที่ 10	P-h ไดอะแกรม.....	166
10.1	โครงสร้างของ P-h ไดอะแกรม	166
10.2	ตัวอย่างวัฏจักรการทำงานของวงจรน้ำยาเครื่องทำความเย็น	170
10.3	สูตรในการคำนวณ	171
10.4	วิธีคำนวณ	173
10.5	ตัวอย่างการคำนวณ	175

บทที่ 11	ตู้เย็นและตู้แช่	183
11.1	ตู้เย็นและตู้แช่	183
11.2	โครงสร้างของตัวตู้	185
11.3	ระบบวงจรเครื่องทำความเย็นของตู้เย็นและตู้แช่	189
11.4	วงจรไฟฟ้า	193
11.5	การเลือกตำแหน่งที่ตั้งตู้เย็น	197
11.6	ตู้น้ำเย็น	199

ตอนที่ 2 : ระบบไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น

บทที่ 12	ไฟฟ้าเบื้องต้น	201
12.1	สสาร	201
12.2	อะตอม	201
12.3	โปรตรอนและนิวตรอน	201
12.4	อิเล็กตรอน	202
12.5	กระแส	202
12.6	แรงเคลื่อนไฟฟ้า	202
12.7	ความต้านทาน	202
12.8	กฎของโอห์ม	203
12.9	วงจรไฟฟ้า	205
12.10	การลัดวงจร	210

บทที่ 13	หม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์	212
13.1	หม้อแปลงไฟฟ้า	212
13.2	มอเตอร์	214

บทที่ 14	อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า	219
14.1	สวิตช์	219
14.2	แม็กเนติกคอนแทกเตอร์	223
14.3	รีเลย์ควบคุม	225
14.4	รีเลย์	226

14.5	เทอร์โมสตัต	232
14.6	โอเวอร์โหลด	235
14.7	ฟิวส์	237
14.8	เซอร์กิตเบรกเกอร์	238
14.9	ไทเมอร์รีเลย์	240
14.10	คาปาซิเตอร์	241
14.11	เพรสเซอร์คอนโทรล	243
14.12	การปรับช่วงอุณหภูมิพักเครื่อง	247
14.13	การปรับอุณหภูมิพักเครื่อง	248

บทที่ 15 วงจรไฟฟ้า.....250

15.1	วงจรไฟฟ้าของตู้เย็นแบบธรรมดา	250
15.2	วงจรไฟฟ้าตู้เย็นระบบไนฟรอสต์	252
15.3	วงจรการทำดีฟรอสต์ด้วยแก๊สร้อน	252
15.4	วงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง	253
15.5	วงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	254
15.6	การควบคุมการทำงานของมอเตอร์	256
15.7	วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์ล็อกกิ้ง	258



ตอนที่ 3 : การปรับอากาศ

บทที่ 16 หลักพื้นฐานการปรับอากาศ.....261

16.1	การปรับอากาศ	261
16.2	ความสบายของร่างกาย	262
16.3	สภาวะที่มีผลต่อความร้อนของร่างกาย	265

บทที่ 17 วงจรอากาศ.....267

17.1	การหมุนเวียนของวงจรอากาศ	268
17.2	พัดลม	268
17.3	ท่อลมส่ง	269
17.4	หัวจ่ายลม	269

17.5	บริเวณภายในห้องปรับอากาศ	269
17.6	หัวลมกลับ	270
17.7	ฟิลเตอร์	270
17.8	คอยล์เย็น	270
บทที่ 18	ไซโครเมตริก	271
18.1	ส่วนประกอบของอากาศ	271
18.2	สลิงไซโครมิเตอร์	272
18.3	แผนภูมิไซโครเมตริก	273
18.4	กระบวนการทางไซโครเมตริก	288
18.5	รูปแบบทางไซโครเมตริกสำหรับกระบวนการทำความร้อนและความเย็น	290
18.6	การทำความร้อนและเพิ่มความชื้น	293
18.7	การทำความเย็นและลดความชื้น	293
18.8	องค์ประกอบของความชื้นสัมพัทธ์	294
18.9	อีวาพอเรทีฟคูลิ่ง	296
18.10	จุดผสมของอากาศ	296
บทที่ 19	การคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ	300
บทที่ 20	เครื่องปรับอากาศ	305
20.1	เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง	305
20.2	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	312
20.3	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแพคเกจยูนิตและคอนเดนเซอร์	320
20.4	เครื่องปรับอากาศระบบอินเวอร์เตอร์	321
20.5	เครื่องปรับอากาศรถยนต์	326
 ตอนที่ 4 : การซ่อม การติดตั้ง และการบริการ 		
บทที่ 21	เครื่องมือซ่อมเครื่องทำความเย็น	329
21.1	เครื่องมือวัดระบบไฟฟ้า	329
21.2	เครื่องมือวัดระบบน้ำยาทำความเย็น	330
21.3	เครื่องมือบริการทั่วไป	331

บทที่ 22	ท่อทางเดินน้ำยาและการต่อท่อ	343
22.1	ท่อทางเดินน้ำยา	343
22.2	การตัดท่อ	344
22.3	การตัดท่อ	346
22.4	การบานแฟลร์ท่อ	348
22.5	การบานท่อ	350
22.6	การต่อท่อทางเดินน้ำยา	351
บทที่ 23	การซ่อมและบริการ	355
23.1	เกจแมนิโฟลด์	355
23.2	การต่อเกจแมนิโฟลด์เข้ากับระบบ	358
23.3	การตรวจรั่วระบบ	359
23.4	การปล่อยน้ำยาทิ้งจากระบบ	363
23.5	การทำสุญญากาศระบบ	365
23.6	การชาร์จน้ำยาเข้าในระบบ	368
23.7	การเชื่อมปิดระบบ	373
23.8	การเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์	374
23.9	การตรวจซ่อมมอเตอร์คอมเพรสเซอร์	376
บทที่ 24	การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	382
24.1	การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	382
24.2	การติดตั้งชุดคอยล์เย็น	384
24.3	การติดตั้งคอนเดนซิ่งยูนิต	386
24.4	ปัญหาที่เกิดจากเสียงรบกวนของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	389
24.5	วิธีแก้ไขปัญหาในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	390
บทที่ 25	การแก้ไขข้อขัดข้อง	395
25.1	การแก้ไขข้อขัดข้องของตู้เย็น	395
25.2	การแก้ไขข้อขัดข้องของในระบบเครื่องปรับอากาศ	399
ภาคผนวก		403
แบบฝึกหัด		427
บรรณานุกรม		442



หลักพื้นฐานการทำความเย็น

ในปัจจุบันเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศนับว่าเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์มาก เช่น ตู้เย็นและตู้แช่ที่ใช้ตามบ้านเรือน เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเก็บรักษาและถนอมอาหารไม่ให้เน่าเสียเร็ว เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคารที่อยู่อาศัย สำนักงาน ศูนย์การค้า โรงพยาบาล ใช้สำหรับปรับอากาศเพื่อความสบายของคน นอกจากนี้เครื่องปรับอากาศในรถยนต์และรถโดยสารปรับอากาศก็จะช่วยให้การเดินทางของคนมีความสบายมากขึ้น เพราะไม่ต้องหยุดจอด อารมณ์เสียในขณะที่รถติดและอากาศร้อนจัด ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการทำงานของคนให้สูงขึ้น

เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศยังมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมหลาย ๆ ประเภท เช่น ในโรงงานทอผ้า การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจะมีผลต่อคุณภาพของเส้นด้ายที่นำมาทอผ้า ในโรงงานผลิตอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากจะต้องการการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ได้อย่างดีแล้ว การควบคุมความสะอาดของอากาศยังเป็นสิ่งสำคัญมาก ดังนั้นความต้องการช่างฝีมือทางด้านเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ จึงนับวันจะทวีมากขึ้น

1.1 วิวัฒนาการของการทำความเย็นและปรับอากาศ

ในสมัยโบราณมนุษย์รู้จักการเก็บรักษาและถนอมอาหารไม่ให้เน่าเสียเร็วโดยการนำอาหารไปแช่น้ำแข็งหรือหมกหิมะไว้ตามธรรมชาติ วิธีการนี้ได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบที่มีอากาศหนาวเย็น จนกระทั่งเมื่อประมาณ พ.ศ. 2343 ได้มีการตัดน้ำแข็งที่เกิดตามธรรมชาติในฤดูหนาวในแม่น้ำลำคลองไปเก็บไว้ในห้องที่มีदनนวนกันความร้อนโดยรอบเพื่อเอาไว้ใช้ในฤดูร้อน และมีการขนส่งน้ำแข็งก้อนโต ๆ ที่ได้จากรวมชาตินี้จากแถบที่มีอากาศหนาวไปใช้ในแถบที่อากาศร้อน เมื่อประมาณ 70 ปีที่ผ่านมา ชาวต่างประเทศที่มาอยู่ในประเทศไทยและประเทศในเอเชียยังต้องสั่งน้ำแข็งก้อนมาทางเรือจากประเทศอังกฤษหรือยุโรปเพื่อนำมาแช่เบียร์ดื่ม เพราะสมัยนั้นประเทศในเอเชียยังไม่รู้จักตู้เย็นหรือเครื่องทำความเย็น

น้ำแข็งได้ผลิตขึ้นสำเร็จเป็นครั้งแรกในการทดลองเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2363 แต่เป็นเพียงการทดลองเท่านั้น จนกระทั่งปี พ.ศ. 2377 จาคอบ เพอร์กินส์ (Jacob Perkins) วิศวกรชาวอเมริกันจึงได้

ประดิษฐ์เครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ (compression system) ขึ้นเป็นเครื่องแรกในโลก และต่อมาในปี พ.ศ. 2398 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันได้ประดิษฐ์เครื่องทำความเย็นระบบแอมซอร์ปชัน (absorption system) ขึ้นโดยอาศัยหลักทฤษฎีที่ไม่เคิล ฟาราเดย์ (Michale Faraday) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันได้ค้นพบไว้เมื่อปี พ.ศ. 2367

ตู้เย็นที่ใช้ในบ้านถูกสร้างขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2453 ทั้งที่สามารถผลิตน้ำแข็งได้ตั้งแต่ต้นปี พ.ศ. 2363 ในปี พ.ศ. 2456 เจ.เอ็ม.ลาร์เซน (J.M. Lasen) ได้ผลิตเครื่องทำความเย็นควบคุมด้วยมือขึ้นเป็นครั้งแรก และในปี พ.ศ. 2461 บริษัทเคลวินเตอร์ (Kelvinator Company) ได้ผลิตตู้เย็นซึ่งควบคุมได้โดยอัตโนมัติขึ้นเป็นครั้งแรก และผลิตออกจำหน่ายในสหรัฐอเมริกา ในปีนั้นสามารถจำหน่ายได้ประมาณ 67 ตู้ แต่ในระยะต่อมายอดการผลิตลดลงและในปี พ.ศ. 2463 มีการจำหน่ายไปแล้วเพียง 200 ตู้เท่านั้น

ราวต้นปี พ.ศ. 2463 อุตสาหกรรมการผลิตตู้เย็นที่ใช้ในบ้านเริ่มมีความสำคัญขึ้น และเป็นที่ยอมรับหลายในอเมริกาและยุโรป ต่อมาในปี พ.ศ. 2469 บริษัทเจเนอรัลอิเล็กทริก (General Electric) ได้เริ่มผลิตตู้เย็นออกมาจำหน่าย หลังจากที่ทำกรค้นคว้าทดลองกันกว่าสิบปี จึงได้ผลิตตู้เย็นที่ใช้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบเซอร์เมติกขึ้นเป็นตู้แรก และในปี พ.ศ. 2470 บริษัทอิเล็กโทรลักซ์ (Electrolux) ได้ผลิตตู้เย็นระบบแอมซอร์ปชันควบคุมโดยอัตโนมัติขึ้นจำหน่ายในสหรัฐอเมริกา

ในอุตสาหกรรมการเก็บรักษาและถนอมอาหารสมัยใหม่ ได้ใช้วิธีการแช่ฟรีซอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเครื่องทำความเย็นในระบบฟรีซอย่างรวดเร็ว จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2466 สำหรับเครื่องปรับอากาศเครื่องแรกผลิตออกสู่ท้องตลาดในปี พ.ศ. 2470 และเครื่องปรับอากาศรถยนต์ถูกผลิตขึ้นในปี พ.ศ. 2483 แต่ในระยะนั้นยังไม่มีการเก็บสถิติที่แน่นอนของจำนวนรถยนต์ที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบนี้ แต่ก่อนที่สงครามโลกครั้งที่ 2 จะยุติ ประมาณได้ความมีรถยนต์ที่ติดตั้งเครื่องทำความเย็นเพื่อปรับอากาศอยู่ประมาณ 3,000-4,000 คัน

ในการศึกษาเกี่ยวกับการทำความเย็น สิ่งสำคัญประการแรกคือ ผู้ศึกษาจะต้องทำความเข้าใจในหลักวิชาขั้นพื้นฐานที่จะได้กล่าวถึงในบทนี้ให้ดีเสียก่อน หลักวิชาเบื้องต้นเหล่านี้จะเป็นการกล่าวทบทวนหลักทางฟิสิกส์และทางเคมีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นการปูพื้นฐานนำเข้าสู่การประยุกต์ทางปฏิบัติในหลักวิชาของการทำความเย็นต่อไป

1.2 แรง

แรง (force) คืออำนาจชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถเปลี่ยนหรือพยายามเปลี่ยนสถานภาพของวัตถุ เช่น ทำให้วัตถุที่หยุดนิ่งอยู่เคลื่อนที่ หรือทำให้วัตถุที่เคลื่อนที่อยู่แล้วหยุดนิ่ง หรือเปลี่ยนทิศทาง หรือเคลื่อนที่เร็วขึ้น หรือเคลื่อนที่ช้าลง และแรงอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือขนาดของวัตถุ เช่น ยืด หรือหดตัว บิดโค้ง แรงจะมีหน่วยในการวัดเป็นนิวตัน (newton)

แรง 1 นิวตัน คือแรงที่ทำให้วัตถุที่มีมวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1 เมตร/(วินาที)²

สูตรสำหรับคำนวณหาค่าแรงมีดังนี้

$$F = ma$$

โดยที่ F = แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
 m = มวลวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
 a = ความเร่งของวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตร/วินาที² (m/s²)

ตัวอย่างที่ 1.1 จงหาค่าของแรงที่กระทำต่อวัตถุที่มีมวล 15 kg ให้เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็ว 10 m/s² ในทิศทางที่ถูกแรงกระทำ

วิธีทำ จากสูตร $F = ma$
 ในที่นี้ $F = ?$ N
 $m = 15$ kg
 $a = 10$ m/s²
 แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้
 $F = 15 \times 10$
 $= 150$ N

ตอบ

1.3 ความดัน

SE-ED

ความดัน (pressure) หมายถึง แรงที่กระทำต่อหน่วยของพื้นที่ ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าเป็นการวัดความหนาแน่นของแรงที่จุดใดจุดหนึ่งบนพื้นที่ผิวของวัตถุ ขณะใดก็ตามที่มีแรงกระทำบนพื้นที่ผิวทั้งหมดเท่ากันแล้ว ความดันทุกจุดบนพื้นที่ผิวนั้นจะมีค่าเท่ากันด้วย และสามารถคำนวณได้โดยเอาแรงทั้งหมดที่กระทำบนพื้นที่ผิวหารด้วยพื้นที่ผิวทั้งหมดที่รับแรงนั้น

สูตรสำหรับคำนวณมีดังนี้

$$P = \frac{F}{A}$$

โดยที่ P = ความดัน มีหน่วยเป็นนิวตัน/ตารางเมตร (N/m²)
 F = แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
 A = พื้นที่ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m²)

ตัวอย่างที่ 1.2 ถังรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าใบหนึ่ง บรรจุน้ำไว้เต็ม วัดขนาดกันถึงได้กว้าง 2 m ยาว 3 m ถ้ามวลของน้ำทั้งหมดหนัก 18,000 kg จงคำนวณหาค่าของ

- แรงที่กระทำบนกันถึงในหน่วยของนิวตัน (N)
- ความดันที่กระทำบนกันถึงในหน่วยของปาสคาล (Pa)

วิธีทำ ก. จากสูตร $F = ma$

ในที่นี้ $F = ? \text{ N}$

$$m = 18,000 \text{ kg}$$

$$a = \text{แรงโน้มถ่วงที่ระดับน้ำทะเลมีค่า } 9.807 \text{ m/s}^2$$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$$F = 18,000 \times 9.807$$

$$= 176,526 \text{ N}$$

ข. จากสูตร $P = \frac{F}{A}$

ในที่นี้ $P = ? \text{ N/m}^2$ หรือ Pa

$$F = 176,526 \text{ N}$$

$$A = 2 \times 3 \text{ m}^2$$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$$P = \frac{176,526}{6}$$

$$= 29,421 \text{ N/m}^2 \text{ หรือ Pa}$$

ตอบ

SE-ED

จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่าหน่วยของความดันจะมีค่าเป็นนิวตัน/ตารางเมตร (N/m^2) หรือปาสคาล (Pa) หน่วยของความดันนี้ยังสามารถวัดได้เป็นบาร์ (bar) ซึ่งความดัน 1 บาร์ = 100,000 ปาสคาลหรือนิวตัน/ตารางเมตร

1.4 งาน

งาน (work) จะเกิดขึ้นเมื่อมีแรงจำนวนหนึ่งกระทำต่อวัตถุ แล้วทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางช่วงหนึ่งในทิศทางที่ขนานกับแรง ปริมาณงานที่ได้คือปริมาณผลคูณระหว่างแรงกับระยะทางที่ขนานกับแรง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$W = F \times d$$

ในที่นี้ $W =$ งาน มีหน่วยเป็นจูล (J)

$F =$ แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

$d =$ ระยะทาง มีหน่วยเป็นเมตร (m)

ตัวอย่างที่ 1.3 พัดลมระบายอากาศตัวหนึ่งมีมวลหนัก 165 kg จะต้องยกขึ้นไปติดตั้งบนหลังคาของอาคารที่สูงจากพื้นดิน 96 m จงคำนวณหาค่าของงานที่ต้องกระทำ

วิธีทำ จากสูตร $W = F \times d$

ในที่นี้ $W = ? \text{ J}$

$$F = 165 \text{ kg} \times 9.807 \text{ m/s}^2$$

$$d = 96 \text{ m}$$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$$\begin{aligned} W &= 165 \times 9.807 \times 96 \\ &= 155,343 \text{ J หรือ } 155.34 \text{ kJ} \end{aligned}$$

ตอบ

1.5 กำลังงาน

กำลังงาน (power) คือ อัตราการทำงานในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หน่วยของกำลังวัตต์เป็นวัตต์ (watt) กำลังงาน 1 วัตต์ คืองานที่ทำได้อันหนึ่ง 1 จูลต่อวินาที (J/s)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$P = \frac{W}{t}$$

ในที่นี้ $P =$ กำลังงาน มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

$W =$ งานมีหน่วยเป็นจูล (J)

$t =$ เวลา มีหน่วยเป็นวินาที (s)

ตัวอย่างที่ 1.4 จากตัวอย่างที่ 1.3 จงคำนวณหาค่าของกำลังงานที่ต้องใช้ในการยกพัดลมระบายอากาศขึ้นบนหลังคาภายในเวลา 5 นาที

วิธีทำ จากสูตร $P = \frac{W}{t}$

ในที่นี้ $P = ? \text{ W}$

$$W = 155,343 \text{ J}$$

$$t = 5 \times 60 \text{ s}$$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$$\begin{aligned} P &= \frac{155,343}{300} \\ &= 517.81 \text{ W} \end{aligned}$$

ตอบ

1.6 พลังงาน

พลังงาน (energy) คือ ความสามารถในการทำงานได้ พลังงานจะถูกสะสมไว้ในตัววัตถุและเมื่อถูกนำออกมาใช้ก็จะได้เป็นงาน จำนวนพลังงานที่ถูกใช้จะเท่ากับจำนวนของงานที่ได้เสมอ หน่วยของพลังงานก็เช่นเดียวกับงาน คือมีหน่วยเป็นจูล

พลังงานแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.6.1 พลังงานจลน์ (kinetic energy) เป็นพลังงานที่เกิดขึ้นกับวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เช่น การที่กระสุนปืนพุ่งเข้าสู่เป้าหมาย ลูกกระสุนปืนจะมีพลังงานจลน์อยู่ในตัว

1.6.2 พลังงานศักย์ (potential energy) เป็นพลังงานที่สะสมอยู่ในตัววัตถุ เช่น ถ้าไขลานนาฬิกาให้แน่น เมื่อสปริงลานนาฬิกาคลายตัวออกก็จะหมุนเข็มนาฬิกาให้เห็นซึ่งจะเป็นการทำงาน พลังงานของลานนาฬิกานี้จะเป็นพลังงานศักย์

1.7 ความร้อน

ความร้อน (heat) เป็นพลังงานชนิดหนึ่งซึ่งสามารถทำงานได้ และสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น ๆ หรือพลังงานรูปอื่น ๆ สามารถเปลี่ยนกลับเป็นพลังงานความร้อนได้ พลังงานความร้อนจะถ่ายเทจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งซึ่งมีอุณหภูมิต่างกัน กล่าวคือ ความร้อนจะถ่ายเทจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า และจะหยุดการถ่ายเทเมื่อวัตถุทั้งสองนั้นมีอุณหภูมิเท่ากัน

inspiration starts here

1.8 สสาร

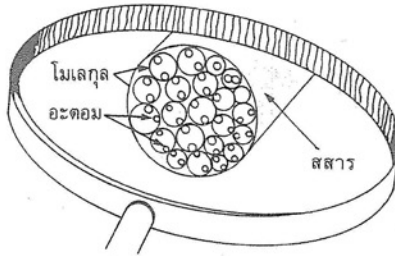
สสาร (matter) หมายถึงสิ่งที่ต้องการที่อยู่อาศัยและมีน้ำหนัก สิ่งต่าง ๆ รอบตัวเราประกอบด้วยสสารซึ่งอยู่ในสถานะของของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ตัวอย่างเช่น น้ำ โดยธรรมชาติของน้ำจะมีสถานะเป็นของเหลว ถ้าความร้อนถูกถ่ายเทออกจากน้ำจนถึงจุดหนึ่ง น้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งซึ่งเป็นของแข็งหรือในอีกทางหนึ่งการต้มน้ำอันเป็นการเพิ่มปริมาณความร้อนให้กับน้ำ อุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้นจนถึงจุดเดือดเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำซึ่งเป็นแก๊ส

โครงสร้างของสสาร สสารประกอบด้วยส่วนที่เล็ก ๆ เรียกว่าโมเลกุล แต่ละโมเลกุลของสสารเป็นส่วนที่เล็กที่สุดของวัตถุที่ยังคงไว้ซึ่งสมบัติของสสารนั้น ในแต่ละโมเลกุลยังประกอบด้วยส่วนที่เล็กลงอีกเรียกว่าอะตอม

อะตอมแตกต่างจากโมเลกุลตรงที่จะไม่คงที่ (stable) เสมอไป อะตอมมักจะมีแนวโน้มที่จะจับตัวกับอะตอมของสารอื่นเพื่อสร้างเป็นโมเลกุลและวัตถุใหม่ที่ต่างออกไป

การจัดตัวและการเคลื่อนที่ของโมเลกุล โมเลกุลในวัตถุชนิดเดียวกันจะเหมือนกันทั้งหมด วัตถุที่ต่างกันจะมีโมเลกุลต่างกัน ลักษณะและสมบัติของวัตถุที่ต่างกันอย่างสิ้นเชิงขึ้นอยู่กับธรรมชาติและการจัดตัวของโมเลกุลจำนวนล้าน ๆ โมเลกุล ซึ่งสร้างขึ้นเป็นวัตถุ

ตัวอย่างเช่น โมเลกุลของมีเทน (methane) จะมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจน 4 อะตอมและอะตอมของคาร์บอน 1 อะตอม หรือโมเลกุลของน้ำประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอมและอะตอมของออกซิเจน 1 อะตอม

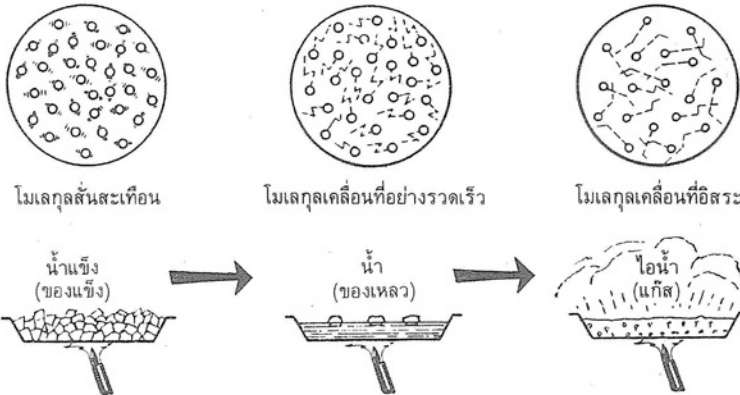


รูปที่ 1.1 โครงสร้างของสสาร



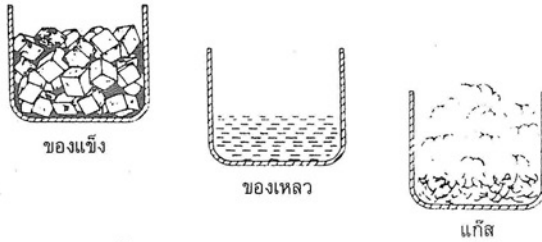
รูปที่ 1.2 โมเลกุล

โมเลกุลจะเคลื่อนที่สม่ำเสมอ การเคลื่อนที่ที่เกิดจากพลังงานที่เรียกว่าพลังงานจลน์ การเพิ่มพลังงานความร้อนให้กับของแข็งเป็นการเพิ่มพลังงานจลน์ของโมเลกุลในของแข็ง การเคลื่อนไหวของโมเลกุลเป็นไปในรูปของการสั่นสะเทือน (vibration) ซึ่งส่วนที่เล็ก ๆ เหล่านี้จะไม่เคลื่อนที่ห่างจากตำแหน่งคงที่ของตัวเอง



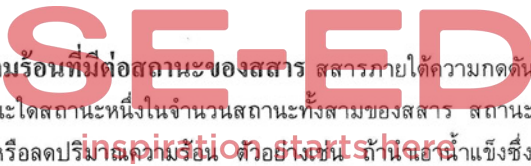
รูปที่ 1.3 สภาพอิสระของโมเลกุลในสถานะต่าง ๆ ของสสาร

สถานะของสสาร สสารสามารถคงตัวอยู่ได้ 3 สถานะด้วยกันคือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส สิ่งต่าง ๆ รอบตัวเราอาจเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งได้ เช่น น้ำซึ่งอยู่ในสถานะของของเหลว จะไหลและมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ ของเหลวจะไม่สามารถคงรูปร่างของตัวเองได้

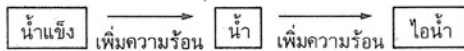


รูปที่ 1.4 สถานะทั้งสามของสสาร

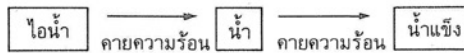
เมื่อน้ำถูกดึงปริมาณความร้อนออกจนถึงจุดหนึ่งจะกลายเป็นน้ำแข็ง ซึ่งมีรูปร่างและมีขนาดสามารถคงรูปร่างของตัวเองได้ ในทางตรงข้ามถ้าให้ปริมาณความร้อนแก่น้ำจนถึงจุดหนึ่ง น้ำก็จะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ (หรือแก๊ส) ซึ่งไอหรือแก๊สนี้ถ้าไม่บรรจุไว้ในภาชนะก็จะพุ่งกระจายไปในอากาศรอบ ๆ โดยทั่วไป



ผลของความร้อนที่มีต่อสถานะของสสาร สสารภายใต้ความกดดันและอุณหภูมิ ณ จุดหนึ่ง จะคงตัวอยู่ได้ในสถานะใดสถานะหนึ่งในจำนวนสถานะทั้งสามของสสาร สถานะของสสารจะถูกเปลี่ยนแปลงได้โดยการเพิ่มหรือลดปริมาณความร้อน ตัวอย่างเช่น ถ้าในภาชนะน้ำแข็งซึ่งอยู่ในสถานะของแข็งมาเพิ่มปริมาณความร้อน น้ำแข็งจะหลอมละลายกลายเป็นน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว และถ้ายังคงต้มน้ำนี้ต่อไปอีก อุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดเดือดและเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำซึ่งมีสถานะเป็นแก๊ส



ในทางตรงข้าม ถ้าไอน้ำเดือดซึ่งมีสถานะเป็นแก๊สคายความร้อนออก ไอน้ำนี้จะควบแน่นกลายเป็นน้ำซึ่งเป็นของเหลว และถ้ายังคงดึงความร้อนออกจากน้ำต่อไป อุณหภูมิของน้ำจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงจุดเยือกแข็ง น้ำก็จะเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็ง

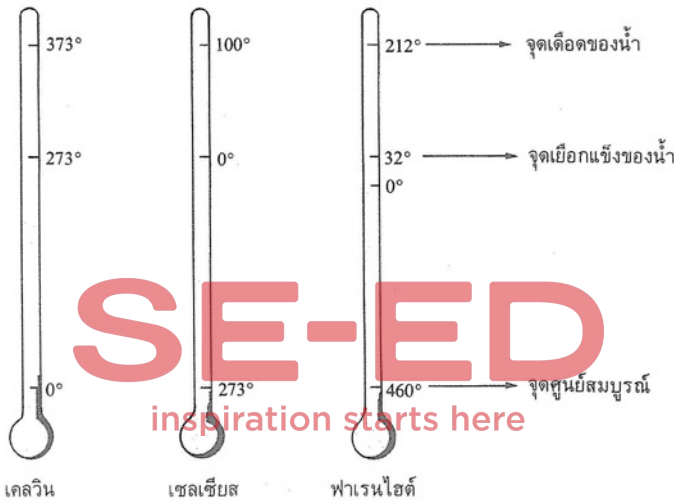


1.9 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ (temperature) เป็นชี้บอกความรู้สึกร้อนหนาว หรือเป็นการวัดระดับความหนาแน่นของความร้อน ถ้าอุณหภูมิสูงเป็นเครื่องชี้ว่าระดับของความร้อนมีมาก ทำให้ร่างกายมีความรู้สึกร้อน ในทางตรงข้าม ถ้าอุณหภูมิต่ำเป็นเครื่องชี้ว่าระดับของความร้อนมีน้อย ทำให้ร่างกายมีความรู้สึกเย็น

1.10 เทอร์โมมิเตอร์

เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิ เทอร์โมมิเตอร์ส่วนมากอาศัยหลักการขยายตัวและหดตัวของของเหลวในหลอดแก้วเมื่อได้รับความร้อน ส่วนใหญ่จะใช้ของเหลวที่ใช้บรรจุในหลอดแก้วแอลกอฮอล์หรือปรอท แต่ที่นิยมใช้มากก็คือปรอท ทั้งนี้เพราะปรอทมีจุดเดือดสูงกว่าแอลกอฮอล์มาก ทำให้ช่วงผลการขยายตัวที่จะนำมาใช้วัดอุณหภูมิมีมากกว่าแอลกอฮอล์ด้วย อย่างไรก็ตามเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ปรอทก็มีข้อเสียอยู่ที่ราคาสูงและอ่านค่าได้ยาก ส่วนที่ใช้แอลกอฮอล์นั้นมีราคาถูกกว่าและสามารถย้อมสีเพื่อให้อ่านค่าได้ง่ายกว่า



รูปที่ 1.5 เทอร์โมมิเตอร์

เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดเซลเซียสหรือเซนติเกรด (Celsius or Centigrade) และชนิดฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit)

1.10.1 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดเซลเซียส กำหนดให้จุดเยือกแข็งของน้ำภายใต้ความดันบรรยากาศอยู่ที่ 0 องศา และจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ 100 องศา ช่วงระหว่างจุดทั้งสองแบ่งออกเป็น 100 ช่วงเท่า ๆ กัน แต่ละช่วงมีค่าเป็น 1 องศา ฉะนั้นระยะระหว่างจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำ บนสเกลของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดเซลเซียสจึงมีค่าเป็น 100 องศา จุดเยือกแข็งของน้ำอยู่ที่ 0 องศาเซลเซียสและจุดเดือดอยู่ที่ 100 องศาเซลเซียส

1.10.2 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดฟาเรนไฮต์ กำหนดให้จุดเยือกแข็งของน้ำอยู่ที่ 32 องศา และจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ 212 องศาภายใต้ความดันบรรยากาศ ช่วงระหว่างจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำแบ่งออกเป็น

เป็น 180 ส่วนเท่า ๆ กัน จุด 0 บนสเกลของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดฟาเรนไฮต์กำหนดไว้ที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำลงไปอีก 32 ช่อง จุดเยือกแข็งของน้ำอยู่ที่ 32 องศาฟาเรนไฮต์ และจุดเดือดอยู่ที่ 212 องศาฟาเรนไฮต์

1.11 การแปลงค่าอุณหภูมิ

ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้บนสเกลใดสเกลหนึ่งสามารถแปลงค่าอุณหภูมิ (temperature conversion) เป็นสเกลอื่นได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$$

ตัวอย่างที่ 1.5 ถ้าเทอร์โมมิเตอร์ชนิดเซลเซียสอ่านค่าได้ 50°C ถ้าเป็นชนิดฟาเรนไฮต์จะอ่านค่าได้เท่าไร?

วิธีทำ จากสูตร $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$

ในที่นี้ $F = ?$

$$C = 50$$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$$\frac{50}{5} = \frac{F-32}{9}$$

$$10 \times 9 = F - 32$$

$$\therefore F = 90 + 32$$

$$= 122^{\circ}\text{F}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.6 ถ้าเทอร์โมมิเตอร์ซึ่งติดบนผนังห้องอ่านค่าได้ 86°F อุณหภูมิชนิดเซลเซียสจะมีค่าเท่าไร?

วิธีทำ จากสูตร $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$

ในที่นี้ $C = ?$

$$F = 86^{\circ}\text{F}$$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$$\frac{C}{5} = \frac{86-32}{9}$$

$$\therefore C = \frac{54}{9} \times 5$$

$$= 30^{\circ}\text{C}$$

ตอบ

1.12 อุณหภูมิสัมบูรณ์

อุณหภูมิสัมบูรณ์ (absolute temperature) มีหน่วยวัดเป็นองศาเคลวิน (K) ซึ่งสามารถเทียบหน่วยองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) เป็นองศาเคลวินได้จากสูตร

$$K = C + 273$$

ตัวอย่างที่ 1.7 ถ้าอุณหภูมิของแก๊สชนิดหนึ่งวัดได้เป็น 100°C ต้องการทราบว่าแก๊สนี้จะมีอุณหภูมิเป็นเท่าใดในหน่วยของเคลวิน?

วิธีทำ จากสูตร $K = C + 273$

ในที่นี้ $K = ?$

$$C = 100^{\circ}\text{C}$$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$$K = 100 + 273$$

$$= 373 \text{ K}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.8 ในระบบเครื่องทำความเย็น อุณหภูมิของน้ำยาในสถานะแก๊สที่ถูกดูดกลับเข้าทางท่อชักขึ้น วัดได้ -30°C จะมีค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ในหน่วยของเคลวินเป็นเท่าใด?

วิธีทำ จากสูตร $K = C + 273$

ในที่นี้ $K = ?$

$$C = -30^{\circ}\text{C}$$

แทนค่าจากสูตรจะได้

$$K = -30 + 273$$

$$= 243 \text{ K}$$

ตอบ

1.13 การถ่ายเทความร้อน

ความร้อนจะถ่ายเทจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ 3 ทางคือ

1. การนำความร้อน (conduction) เป็นวิธีการเคลื่อนที่ของความร้อน ซึ่งความร้อนจะส่งผ่านจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในเนื้อวัตถุเดียวกันหรือต่างกัน ความร้อนจะไหลผ่านของแข็งโดยวิธีนี้

ตัวอย่างเช่น ถ้าจับปลายข้างหนึ่งของแท่งโลหะไว้ แล้วนำปลายอีกข้างหนึ่งของโลหะนั้นเผาไฟในไม่ช้าจะรู้สึกว่ามีความร้อนมาถึงมือที่จับโลหะ ที่เป็นเช่นนี้เพราะโมเลกุลของโลหะตรงจุดที่ถูกเผาไฟได้รับปริมาณความร้อนมากและมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผ่านไปให้โมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง จากโมเลกุลแรกไปยัง



รูปที่ 1.6 การนำความร้อน

โมเลกุลที่สองและต่อ ๆ ไปจนถึงปลายอีกข้างหนึ่งของโลหะที่มีอจับอยู่ ซึ่งเรียกว่าเกิดการนำความร้อนในแท่งโลหะนั้น โดยที่โมเลกุลของแท่งโลหะไม่ได้เคลื่อนที่ไปด้วย

การนำความร้อนเกิดขึ้นในของแข็งได้ดีกว่าของเหลวและแก๊ส โลหะที่เป็นตัวนำความร้อนได้ดีที่สุดคือเงิน รองมาคือทองแดง ทอง และทองเหลือง ตามลำดับ จากความรู้ในเรื่องของการนำความร้อนนี้ สามารถนำมาเลือกชนิดของโลหะที่ทำท่อทางเดินน้ำยาของระบบเครื่องทำความเย็นซึ่งจะใช้ทองแดง ทั้งนี้เพราะทองแดงเป็นตัวนำความร้อนที่ดีเกือบเท่าเงิน แต่ราคาถูกกว่ากันมาก

2. การพาความร้อน (convection) เป็นวิธีการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในของไหล ซึ่งโมเลกุลมีอิสระที่จะเคลื่อนไหวไปรอบ ๆ ได้ เมื่อความร้อนเคลื่อนที่โดยวิธีนี้ จำนวนของปริมาณความร้อนจะไหลโดยติดไปกับโมเลกุลซึ่งกำลังเคลื่อนที่อยู่นั้น

inspiration starts here



รูปที่ 1.7 การพาความร้อน

การพาความร้อนจะเกิดขึ้นในของเหลวหรือแก๊สซึ่งเป็นของไหลเท่านั้น แต่จะไม่เกิดขึ้นในของแข็ง ทั้งนี้เพราะโมเลกุลของของแข็งอยู่กับที่ การพาความร้อนเกิดขึ้นโดยหลักที่ว่าเมื่อโมเลกุลของของเหลวหรือแก๊สได้รับความร้อนจะขยายตัวและมีความหนาแน่นน้อยลง จึงเบาและลอยตัวสูงขึ้นพาเอาความร้อนเคลื่อนที่ติดไปด้วย ของเหลวหรือแก๊สบริเวณใกล้เตียงซึ่งเย็นกว่าและมีความหนาแน่นมากกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ เกิดการไหลวนเวียนขึ้นในของเหลวหรือแก๊สนั้น ทำให้ความร้อนไหลวนเวียนตามโมเลกุลไปด้วย

3. การแผ่รังสีความร้อน (radiation) เป็นวิธีการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยไม่ได้ขึ้นอยู่กับโมเลกุล วิธีนี้ความร้อนเคลื่อนที่ทางเดียวกับแสงเดินทางจากดวงไฟซึ่งเป็นวิธีเดียวกับที่ความร้อนจากดวงอาทิตย์ส่งผ่านมายังผิวโลก



รูปที่ 1.8 การแผ่รังสีความร้อน

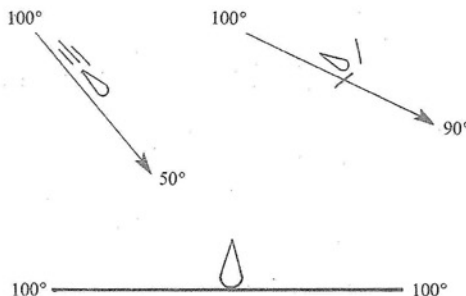
การแผ่รังสีความร้อนจึงเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางใด ๆ แต่การแผ่รังสีจะเกิดขึ้นในรูปของคลื่นเช่นเดียวกับคลื่นแสง ตัวอย่างที่สามารถอธิบายให้เห็นได้ง่าย ๆ คือ หลอดไฟฟ้าซึ่งภายในเป็นสุญญากาศ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในไส้หลอดจะเกิดความร้อนและแสงสว่างที่ไส้หลอดนั้น ถ้าเอามือจับที่ผิวหลอดไฟจะรู้สึกร้อนที่เป็นเช่นนี้เพราะความร้อนจากไส้หลอดส่งผ่านสุญญากาศในหลอดมายังผิวหลอดได้ในรูปของคลื่น เช่นเดียวกับคลื่นแสงนั่นเอง ซึ่งการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีนี้เรียกว่า การแผ่รังสีความร้อน

1.14 ทิศทางและอัตราการไหลของความร้อน

ความร้อนจะไหลจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งเมื่อวัตถุทั้งสองนั้นมีอุณหภูมิต่างกัน ถ้าอุณหภูมิของวัตถุทั้งสองเท่ากัน ความร้อนจะหยุดการถ่ายเท

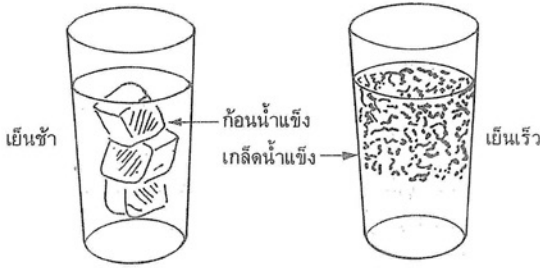
ความร้อนจะไหลจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ อัตราการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1. ความแตกต่างของอุณหภูมิ จะมีผลต่อความเร็วในการไหลของความร้อนนั้นคือ ถ้าวัตถุมีอุณหภูมิต่างกันมาก จำนวนของแคลอรีจะไหลจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าได้เร็ว แต่ถ้าอุณหภูมิแตกต่างกันน้อย จำนวนของแคลอรีจะไหลช้า และถ้าอุณหภูมิไม่แตกต่างกันเลยก็จะมีไม่มีการไหลของความร้อนเกิดขึ้น



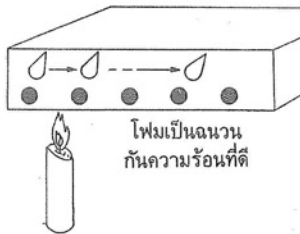
รูปที่ 1.9 ความแตกต่างของอุณหภูมิมีผลต่อความเร็วในการถ่ายเทความร้อน

2. พื้นที่ผิว ส่วนที่จะมีผลต่ออัตราการไหลของความร้อนคือพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างวัตถุที่ร้อนและวัตถุอื่น โดยทั่วไปถ้าพื้นที่ผิวถูกสัมผัสมาก อัตราการไหลของความร้อนจะมีมาก ตัวอย่างเช่น แก้วน้ำสองใบที่มีปริมาตรและอุณหภูมิที่เท่ากัน ถ้าใส่น้ำแข็งลงในแก้วทั้งสองให้มีปริมาณเท่า ๆ กัน แต่แก้วหนึ่งใส่ทั้งก้อน อีกแก้วหนึ่งทุบให้เป็นเกล็ด สังเกตดูจะเห็นว่าน้ำในแก้วที่พบเป็นเกล็ดจะเย็นเร็วกว่าน้ำในแก้วที่ใส่น้ำแข็งทั้งก้อน ที่เป็นเช่นนี้เพราะน้ำแข็งเกล็ดมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าน้ำแข็งก้อน



รูปที่ 1.10 พื้นที่ผิว

3. ชนิดของวัตถุ จะมีผลต่ออัตราการไหลของความร้อนคือ ชนิดของวัตถุซึ่งความร้อนจำเป็นต้องผ่าน วัตถุบางชนิดจำพวกตัวนำจะปล่อยให้ความร้อนผ่านไปอย่างรวดเร็ว แต่ก็ยังมีวัตถุอีกหลายชนิด เช่น โฟม ไม่ยอมให้ความร้อนไหลผ่านโดยง่าย วัตถุที่ไม่ยอมให้ความร้อนไหลผ่านโดยง่ายจัดเป็นตัวนำความร้อนที่เลวหรือฉนวนความร้อน (insulator)



รูปที่ 1.11 ชนิดของวัตถุที่มีผลต่ออัตราการไหลของความร้อน

ในงานเครื่องทำความเย็น วัตถุประเภทที่เป็นตัวนำความร้อน เช่น ทองแดงหรืออะลูมิเนียม ถูกนำมาใช้เป็นช่องทางเดินน้ำยาของระบบเครื่องทำความเย็น ครัวอะลูมิเนียมก็เป็นวัตถุตัวนำที่ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์และคอยล์เย็น ส่วนวัตถุประเภทฉนวนกันความร้อน เช่น โฟมหรือใยแก้ว ถูกนำมาใช้เป็นฉนวนที่บุโดยรอบตู้เย็นและห้องเย็น ในห้องปรับอากาศมักจะนำเอาไมโครไฟเบอร์ซึ่งเป็นสารประเภทใยแก้วมาบุฝ้าเพดานห้อง เพื่อลดค่าปริมาณความร้อนที่จะรั่วผ่านจากหลังคาเข้ามาในบริเวณที่ปรับอากาศ

1.15 แคลอรี

แคลอรี (calory) เป็นหน่วยที่ใช้วัดปริมาณความร้อน ดังที่อธิบายไว้แล้วว่าเทอร์โมมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดระดับอุณหภูมิ ซึ่งจะใช้วัดได้เฉพาะระดับความหนาแน่นของความร้อนเท่านั้น อย่างไรก็ตามในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับความร้อน บางครั้งจำเป็นต้องวัดค่าปริมาณความร้อนด้วย

เนื่องจากความร้อนเป็นพลังงานซึ่งไม่มีตัวตนจึงไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่จะวัดได้จากผลของความร้อนที่กระทำต่อวัตถุ เช่น ทำให้วัตถุมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป หรือเปลี่ยนสถานะ เปลี่ยนสี เปลี่ยนขนาด เป็นต้น

ปริมาณความร้อน 1 แคลอรี* หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำซึ่งมีมวล 1 กรัม มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 องศาเซลเซียส หมายความว่า ถ้าเพิ่มปริมาณความร้อนจำนวนนี้ให้กับน้ำซึ่งมีมวล 1 กรัม จะทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส หรือในทางตรงข้าม ถ้าดึงปริมาณความร้อนออก 1 แคลอรีจากน้ำซึ่งมีมวล 1 กรัม ก็จะทำให้ น้ำมีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 1 องศาเซลเซียสเช่นกัน



รูปที่ 1.12 หน่วยแคลอรี

แคลอรีคือ ค่าผลรวมของปริมาณความร้อนที่มีอยู่ในตัววัตถุ จึงกล่าวได้ว่าวัตถุใดที่มีค่าแคลอรีมาก วัตถุนั้นย่อมมีค่าผลรวมของปริมาณความร้อนในตัวมาก

1.16 ความร้อนจำเพาะ

ความร้อนจำเพาะ (specific heat) ของวัตถุใด หมายถึง ปริมาณความร้อนที่พอดีทำให้วัตถุซึ่งมีมวล 1 กรัมมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าค่าความร้อนจำเพาะของน้ำจะมีค่าเท่ากับ 1 แคลอรี และค่าความร้อนจำเพาะของวัตถุอื่นจะบอกเป็นตัวเลขที่แสดงให้ทราบว่าวัตถุนั้นมีความจุความร้อนเป็นกี่เท่าของน้ำ อย่างไรก็ตามถ้าวัตถุเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง ค่าความร้อนจำเพาะของวัตถุนั้นในสถานะของแข็ง จะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งโดยประมาณของวัตถุเดียวกันในสถานะของเหลว

*ปริมาณความร้อน 1 แคลอรี มีค่าเท่ากับพลังงาน 4.2 จูล

เช่น ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำแข็งจะมีค่า 0.5 แคลอรี ในขณะที่ความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่า 1 แคลอรี
ดังนั้น

$$\text{ความร้อนจำเพาะของน้ำ} = 1 \text{ แคลอรี/กรัม/}^{\circ}\text{C}$$

$$\text{ความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง} = 0.5 \text{ แคลอรี/กรัม/}^{\circ}\text{C}$$

1.17 การคำนวณเกี่ยวกับปริมาณความร้อน

ปริมาณความร้อนที่เพิ่มเข้าหรือดึงออกจากตัวของวัตถุจะทำให้วัตถุนั้นมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป
ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$Q = mst$$

โดยที่ Q = ปริมาณความร้อน มีหน่วยเป็นแคลอรี (cal)

m = มวลสารหรือน้ำหนัก มีหน่วยเป็นกรัม (g)

s = ความร้อนจำเพาะของสารนั้น มีหน่วยเป็นแคลอรี/กรัม/องศาเซลเซียส (cal/g/°C)

t = ค่าของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)

ตัวอย่างที่ 1.9 น้ำจำนวน 100 g ที่อุณหภูมิ 28°C ถูกทำให้ร้อนขึ้นจนถึงอุณหภูมิเป็น 88°C จงหาค่า
ปริมาณความร้อนที่ใช้เพิ่มให้กับจำนวนนี้

วิธีทำ

จากสูตร

$$Q = mst$$

ในที่นี้

$$Q = ? \text{ cal}$$

$$m = 100 \text{ g}$$

$$s = 1 \text{ cal/g/}^{\circ}\text{C}$$

$$t = (88 - 28) ^{\circ}\text{C}$$

แทนค่าจากสูตรดังนี้

$$= 100 \times 1 \times 60$$

$$= 6,000 \text{ cal}$$

$$\therefore \text{ต้องใช้ปริมาณความร้อน} = 6,000 \text{ cal}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.10 จงหาค่าปริมาณความร้อนที่ถูกดึงออกจากน้ำ 200 g แล้วทำให้น้ำนี้มีอุณหภูมิต่ำลง
จาก 39°C เป็น 2°C ว่ามีค่าเท่าไร?

วิธีทำ

จากสูตร

$$Q = mst$$

ในที่นี้

$$Q = ? \text{ cal}$$

$$m = 200 \text{ g}$$

$$s = 1 \text{ cal/g/}^{\circ}\text{C}$$

$$t = (39 - 2) ^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad Q &= 200 \times 1 \times 37 \\ &= 7,400 \text{ cal} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{ต้องดึงปริมาณความร้อนออก} = 7,400 \text{ cal}$$

ตอบ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าสสารเมื่อได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และถ้ายังคงให้ปริมาณความร้อนเข้าไปเรื่อย ๆ สสารนั้นจะถูกเปลี่ยนสถานะ ฉะนั้นจึงแบ่งความร้อนออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. ความร้อนสัมผัส (sensible heat) เป็นปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป แต่สถานะคงเดิมอยู่ เช่น น้ำซึ่งมีสถานะเป็นของเหลว เมื่อถูกเพิ่มปริมาณความร้อนเข้าไปน้ำนั้นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 100 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศซึ่งเรียกว่า *จุดเดือดของน้ำ* ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดเดือดนี้จัดว่าเป็นความร้อนสัมผัส

2. ความร้อนแฝง (latent heat) เป็นปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสสารโดยมีอุณหภูมิคงที่อยู่ ซึ่งความร้อนแฝงนี้ยังแบ่งออกได้เป็น 2 อย่างคือ

ก. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว เช่น น้ำแข็งที่ 0 องศาเซลเซียส ถ้าถูกเพิ่มปริมาณความร้อนจะหลอมละลายกลายเป็นน้ำหมดที่ 0 องศาเซลเซียส

ข. ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ เช่น น้ำเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส ถ้าถูกเพิ่มปริมาณความร้อนจะกลายเป็นไอน้ำที่ 100 องศาเซลเซียสเช่นกัน

ในการคำนวณหาค่าปริมาณความร้อนแฝง ใช้สูตรดังนี้

$$Q = mL$$

โดยที่ Q = ปริมาณความร้อน มีหน่วยเป็นแคลอรี (cal)

m = มวลสสารหรือน้ำหนัก มีหน่วยเป็นกรัม (g)

L = ความร้อนแฝง มีหน่วยเป็นแคลอรี/กรัม (cal/g)

หมายเหตุ ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง = 79.68 แคลอรี/กรัม

ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ = 540 แคลอรี/กรัม

ตัวอย่างที่ 1.11 จงคำนวณหาค่าของปริมาณความร้อนที่ใช้ในการหลอมละลายน้ำแข็งจำนวน 25 g ที่ 0°C ให้กลายเป็นน้ำหมดที่ 0°C

วิธีทำ จากสูตร $Q = mL$
 ในที่นี้ $Q = ? \text{ cal}$
 $m = 25 \text{ g}$

ความร้อนแฝงของการหลอมละลายของน้ำแข็ง (L) = 79.68 cal/g

แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้ $Q = 25 \times 79.68$

$$= 1,992 \text{ cal}$$

ตอบ

จากตัวอย่างที่ 1.11 จะเห็นได้ว่าค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการหลอมละลายน้ำแข็ง 25 กรัม ที่ 0 องศาเซลเซียส ให้กลายเป็นน้ำหมดที่ 0 องศาเซลเซียส ต้องใช้ปริมาณความร้อน 1,992 แคลอรี ในทางตรงข้าม ถ้าดึงปริมาณความร้อนออกจากน้ำ 25 กรัม ที่ 0 องศาเซลเซียส จำนวน 1,992 แคลอรี น้ำนั้นก็จะถูกเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งหมดพอดีที่ 0 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างที่ 1.12 ถ้าให้ปริมาณความร้อนแก่น้ำแข็ง 75 g ที่ 0°C จำนวน 3,600 cal จงหาว่าน้ำแข็งจะถูกหลอมละลายไปเป็นจำนวนเท่าไร?

วิธีทำ

จากสูตร

$$Q = mL$$

ในที่นี้

$$Q = 3,600 \text{ cal}$$

$$m = ? \text{ g}$$

$$L = 79.68 \text{ cal/g}$$

แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้ $3,600 = m \times 79.68$

$$\therefore m = \frac{3,600}{79.68} = 45.18$$

นั่นคือน้ำแข็งถูกหลอมละลาย

$$= 45.18 \text{ g}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.13 จงหาค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำเดือด 100°C จำนวน 100 g ให้กลายเป็นไอหมดพอดีที่ 100°C

วิธีทำ

จากสูตร

$$Q = mL$$

ในที่นี้

$$Q = ? \text{ cal}$$

$$m = 100 \text{ g}$$

ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (L) = 540 cal/g

แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้ $Q = 100 \times 540$

\therefore ต้องใช้ปริมาณความร้อน = 54,000 cal

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.14 ถ้าดึงปริมาณความร้อนออกจากไอน้ำเดือด 75 g ที่ความดันบรรยากาศ เป็นจำนวน 10,800 cal จงหาว่าไอน้ำนี้จะถูกกลั่นตัวเป็นน้ำเดือดจำนวนเท่าไร?

วิธีทำ

จากสูตร

$$Q = mL$$

ในที่นี้

$$Q = 10,800 \text{ cal}$$

$$m = ? \text{ g}$$

$$L = 540 \text{ cal/g}$$

แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้ $10,800 = m \times 540$

$$m = \frac{10,800}{540}$$

∴ ไอ้ น้ำจะกลั่นตัวเป็นน้ำเดือด

$$= 20 \text{ g} \quad \text{ตอบ}$$

1.18 ผลรวมของปริมาณความร้อน

ผลรวมความร้อนของสสารใดขึ้นอยู่กับ การนำค่าปริมาณความร้อนในแต่ละสถานะของสสารนั้นมารวมกัน ทั้งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง

ตัวอย่างที่ 1.15 จงหาค่าผลรวมของปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการทำให้น้ำแข็ง 1 g ที่ -273°C ให้กลายเป็นน้ำเดือดหมดที่ 100°C

วิธีทำ ก. หาค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำให้น้ำแข็ง 1 g มีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก -273°C เป็น 0°C (สมมติเป็น Q_1)

สูตร

$$Q_1 = mst$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้} &= 1 \times 0.5 \times 0 - (-273) \\ &= 1 \times 0.5 \times 273 \\ &= 136.5 \text{ cal} \end{aligned}$$

ข. หาค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการหลอมละลายน้ำแข็ง 1 ที่ 0°C ให้กลายเป็นน้ำหมดที่ 0°C (สมมติเป็น Q_2)

สูตร

$$Q_2 = mL$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้} &= 1 \times 79.68 \\ &= 79.68 \text{ cal} \end{aligned}$$

ค. หาค่าปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำ 1 g ที่ 0°C มีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 100°C (สมมติเป็น Q_3)

สูตร

$$Q_3 = mst$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้} &= 1 \times 1 \times (100 - 0) \\ &= 100 \text{ cal} \end{aligned}$$

ง. หาค่าปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำเดือด 1 g ที่ 100°C กลายเป็นไอน้ำที่ 100°C (สมมติเป็น Q_4)

สูตร

$$Q_4 = mL$$

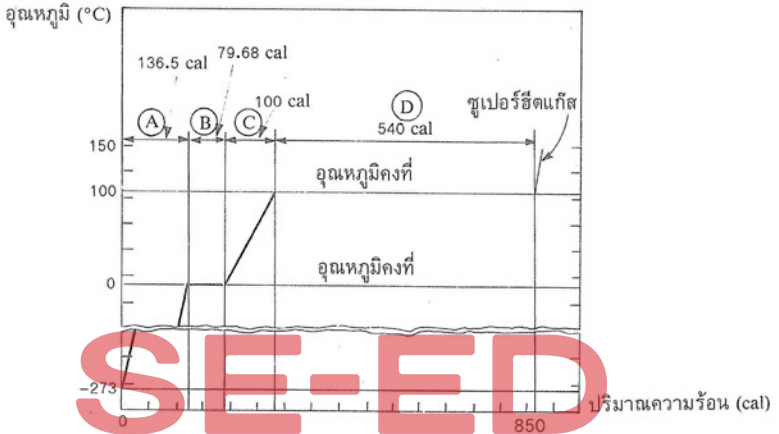
$$\begin{aligned} \text{แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้} &= 1 \times 540 \\ &= 540 \text{ cal} \end{aligned}$$

จ. หาค่าผลรวมของปริมาณความร้อนทั้งหมด

$$\begin{aligned}
 \text{จาก } Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \\
 &= 136.5 + 79.68 + 100 + 540 \\
 &= 856.18 \text{ cal}
 \end{aligned}$$

ตอบ

ค่าผลรวมของปริมาณความร้อนที่คำนวณได้จากตัวอย่างนี้ แสดงไว้ดังรูปที่ 1.13

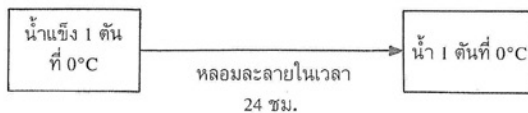


- Ⓐ ปริมาณความร้อนสัมผัสที่ทำให้น้ำแข็ง 1 g มีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก -273°C เป็น 0°C
- Ⓑ ปริมาณความร้อนแฝงที่ใช้ในการหลอมละลายน้ำแข็ง 1 g
- Ⓒ ปริมาณความร้อนสัมผัสที่ทำให้น้ำ 1 g มีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 0°C เป็น 100°C
- Ⓓ ปริมาณความร้อนแฝงที่ใช้ในการกลายเป็นไอของน้ำ 1 g

รูปที่ 1.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของปริมาณความร้อน อุณหภูมิ และสถานะของสสาร

1.19 ต้นของการทำความเย็น

ก่อนทำความเข้าใจถึงเรื่องต้นของการทำความเย็น (ton of refrigeration) จำเป็นต้องทราบเสียก่อนว่าจำนวนปริมาณความร้อนแฝงของการหลอมละลายของน้ำแข็งหนัก 1 กรัมที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส หลอมละลายกลายเป็นน้ำหมด 1 กรัมที่ 0 องศาเซลเซียส จะต้องใช้ปริมาณความร้อนแฝง 79.68 แคลอรี 1 ตันของการทำความเย็น ได้มาจากการนำน้ำแข็งหนัก 1 ตัน (1,000 กิโลกรัม) ที่ 0 องศาเซลเซียส มาหลอมละลายดูดซับปริมาณความร้อนกลายเป็นน้ำ 1 ตันที่ 0 องศาเซลเซียสหมดพอดีในเวลา 1 วัน



จากสูตร

$$Q = mL$$

โดยที่ Q คือปริมาณความร้อน = ? กิโลแคลอรี (kcal)

M คือมวลหรือน้ำหนักของน้ำแข็ง = 1,000 กิโลกรัม (kg)

L คือความร้อนแฝงของการหลอมละลายของน้ำแข็งมีค่า 79.68 แคลอรี

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad Q &= 1,000 \times 79.68 \text{ kcal/วัน} \\ &= 79,680 \text{ kcal/วัน (288,000 Btu/วัน)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หรือ} \quad &= \frac{79,680}{24} \text{ kcal/ชม.} \\ &= 3,320 \text{ kcal/ชม. (12,000 Btu/ชม.)} \end{aligned}$$

นั่นคือ 1 ตันของการทำความเย็น มีค่าเท่ากับความสามารถในการดูดซับปริมาณความร้อนของเครื่อง 3,320 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง (12,000 บีทียู/ชั่วโมง)

ในปัจจุบัน การกำหนดขนาดของเครื่องทำความเย็นมักกำหนดเป็นกิโลแคลอรีมากกว่าที่จะกำหนดขนาดของเครื่องเป็นตันหรือเป็นแรงม้า แต่ถ้ากำหนดเป็นตันก็ต้องบอกค่าเป็นกิโลแคลอรีกำกับไว้ด้วยเสมอ เช่น เครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันหรือ 3,320 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง เป็นต้น

SE-ED

inspiration starts here

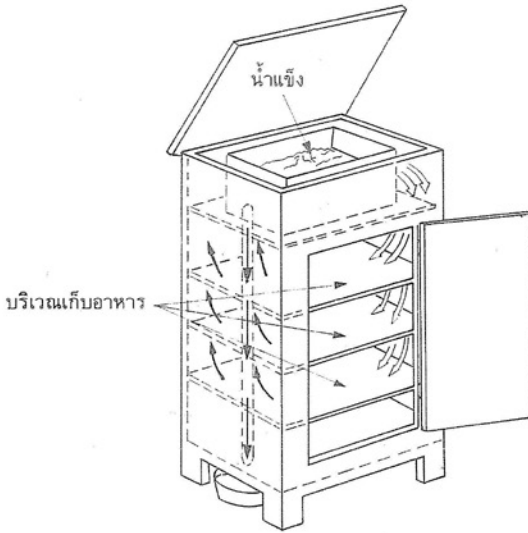
ระบบการทำความเย็น

มนุษย์รู้จักหลักการทำความเย็นในระบบต่าง ๆ มาเป็นเวลานาน บางระบบที่ใช้งานแล้วให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูงก็จะถูกพัฒนาปรับปรุงให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ บางระบบถ้าใช้งานแล้วมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นต่ำก็จะถูกเลิกใช้ไป สำหรับในบทนี้จะได้กล่าวถึงหลักการทำความเย็นในระบบต่าง ๆ ซึ่งอาจแบ่งได้หลายทาง เช่น แบ่งตามชนิดของตัวปรับอัตราการไหลของน้ำยา แบ่งตามชนิดของน้ำยาที่ใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็น หรือแบ่งตามชนิดของการควบคุมมอเตอร์ ระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ (compression system) และระบบแอมซอร์ปชัน (absorption system) เป็นต้น อย่างไรก็ตามในที่นี้จะไม่มีการจัดแบ่งระบบการทำความเย็นตามแบบใดแบบหนึ่งโดยเฉพาะ แต่จะได้รวบรวมเอาระบบต่าง ๆ มากกล่าวไว้เป็นเบื้องต้นเท่านั้น

2.1 การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็ง

ตู้เย็นที่ใช้น้ำแข็งในการทำความเย็นพบว่าใช้กันมานานแล้วและในปัจจุบันก็ยังใช้อยู่บ้าง ตู้เย็นแบบนี้ประกอบด้วยตัวตู้ซึ่งนูนหนาแน่นความร้อน มีถาดหรือช่องใส่น้ำแข็งอยู่ที่ส่วนบนของตัวตู้ (ดูรูปที่ 2.1) ถาดนี้เจาะรูสำหรับให้น้ำล้นไหลลงสู่ถังรองน้ำทิ้งใต้ตู้ และมีชั้นสำหรับใส่อาหารที่ต้องการแช่อยู่ข้างใต้ถาดใส่น้ำแข็ง ซึ่งก็คือการทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็ง (ice refrigeration)

เมื่อน้ำน้ำแข็งใส่ลงในถาดหรือช่องใส่น้ำแข็ง ขณะที่น้ำแข็งหลอมละลายกลายเป็นน้ำจะดูดซับปริมาณความร้อนจากอากาศรอบตัวทำให้อากาศเย็นลงและมีความหนาแน่นสูงขึ้น ไหลลงสู่ตอนล่างของตู้ ไปดูดซับปริมาณความร้อนจากอาหารหรือของที่แช่ภายในตู้อีกทีหนึ่ง อากาศเย็นเมื่อดูดซับปริมาณความร้อนจากอาหารหรือของที่แช่ในตู้แล้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เบา และลอยตัวสูงขึ้นด้วยแล้วไปผ่านโดยรอบน้ำแข็งทำให้น้ำแข็งหลอมละลาย อากาศจะมีอุณหภูมิลดต่ำอีกครั้งหนึ่งและไหลตกลงสู่ตอนล่างของตู้ วนเวียนอยู่เช่นนี้จนกว่าน้ำแข็งจะหลอมละลายหมดก็จะหยุดการทำความเย็น



รูปที่ 2.1 ตู้เย็นแบบใช้น้ำแข็ง

ถ้าต้องการใช้น้ำแข็งเพื่อทำความเย็นให้มีอุณหภูมิลดต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ก็ย่อมจะทำได้ โดยการใช้เกลือผสมลงในน้ำแข็งทั้งนี้เพราะเกลือสามารถละลายได้ในน้ำแข็ง ขณะที่เกลือละลายต้องการความร้อนแฝงก็จะดูดรับเอาจากน้ำแข็งในตู้เย็นจนละลายจนอุณหภูมิลดต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสได้

2.2 การทำความเย็นโดยใช้การระเหยตัวของน้ำ

ดังได้ทราบมาแล้วว่า ในขณะที่ของเหลวระเหยตัวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดรับความร้อนแฝง จากความรู้เรื่องนี้ชาวอียิปต์โบราณยุคต้น ๆ ได้พบวิธีทำน้ำให้เย็นโดยการบรรจุน้ำไว้ในเหยือกพูน (porous jars) วางไว้บนหลังคาบ้าน หลังจากพระอาทิตย์ตก น้ำในเหยือกจะซึมผ่านออกมายังผิวนอก ลมตอนกลางคืนจะระเหยน้ำที่ผิวนี้ ทำให้น้ำในเหยือกที่เหลือนั้นเย็นลง และโดยวิธีเดียวกันนี้ชาวชนบทในภาคเหนือ ของไทยก็ใช้ตุ่มดินที่มีผิวพูนใส่น้ำ น้ำในตุ่มจะซึมผ่านออกมายังผิวนอกและถูกระเหยไป ในขณะที่น้ำระเหย เปลี่ยนสถานะเป็นไอ จะดูดรับความร้อนแฝงทำให้น้ำที่เหลือในตุ่มเย็นลงเช่นกัน

จากความรู้ในเรื่องของการทำความเย็นโดยการระเหยตัวของน้ำ (water evaporative refrigeration) ได้นำมาใช้ในการระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศบางชนิด ซึ่งเรียกว่าเป็น *คอนเดนเซอร์แบบอิวาพอเรทีฟ (evaporative condenser)* คอนเดนเซอร์แบบนี้อาศัยทั้งการระเหยตัวของน้ำ และอากาศช่วยกันในการระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ โดยการฉีดน้ำให้เป็นฝอย (spray) ผ่าน ลงบนคอนเดนเซอร์ ในขณะที่เดียวกันก็ใช้พัดลมช่วยเป่าระบายความร้อน ละอองน้ำที่กระทบกับคอนเดนเซอร์ บางส่วนจะระเหยตัวดูดรับความร้อน ช่วยให้การระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์มีผลดีขึ้น

2.3 การทำความเย็นโดยใช้ของแข็งเป็นตัวดูดซับ

การทำความเย็นโดยใช้ของแข็งเป็นตัวดูดซับ (solid absorbent refrigeration) เกิดขึ้นจากการทดลองของไมเคิล ฟาราเดย์ และต่อมาก็ได้มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นโดยนำเอาของแข็งหลาย ๆ ชนิดมาใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็น แต่ทุกชนิดก็เป็นไปตามหลักและกฎเกณฑ์อันเดียวกับการทดลองของฟาราเดย์ ดังจะได้อธิบายต่อไปนี้

ในปี พ.ศ.2367 ฟาราเดย์ได้ทำการทดลองโดยใช้ซิลเวอร์คลอไรด์ (silver chloride) ซึ่งเป็นของแข็งที่มีคุณสมบัติในการดูดซับแอมโมเนีย (ammonia) ได้ดี เขา นำเอาซิลเวอร์คลอไรด์ซึ่งดูดซับแอมโมเนียไว้แล้วบรรจุลงในหลอดทดลอง (test tube) รูปตัว V ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การทำความเย็นโดยใช้ของแข็งเป็นตัวดูดซับ

จากนั้นก็เริ่มให้ความร้อนแก่สารผสมซิลเวอร์คลอไรด์และแอมโมเนีย เมื่อแอมโมเนียได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอและแยกตัวออกจากซิลเวอร์คลอไรด์ ไปกลั่นตัวเป็นแอมโมเนียเหลวทางปลายอีกด้านหนึ่งของหลอดทดลอง ซึ่งจุ่มอยู่ในแก้วน้ำเย็น

เมื่อดึงเอาความร้อนออกจากปลายหลอดทดลอง ดูรูปที่ 2.2 (ข) ซิลเวอร์คลอไรด์จะเย็นลงและมีคุณสมบัติในการดูดซับแอมโมเนียได้อีกครั้งหนึ่ง แอมโมเนียเหลวทางปลายหลอดทดลองอีกด้านหนึ่งจะระเหยตัวเป็นแก๊ส ดังได้ทราบมาแล้วว่า ในขณะที่สารเปลี่ยนสถานะจะต้องการความร้อนแฝง ฉะนั้นบริเวณรอบ ๆ หลอดทดลองทางด้านที่บรรจุแอมโมเนียอยู่นี้จะเย็นลง ซึ่งช่วงนี้ก็คือช่วงของการทำความเย็นนั่นเอง

จากหลักการอันนี้ได้ถูกนำมาพัฒนาใช้กับวงจรการทำความเย็นอีกหลายแบบ อย่างไรก็ตาม การทดลองของฟาราเดย์นี้มีได้ถูกนำมาใช้ในการทำความเย็นโดยตรงในปัจจุบัน

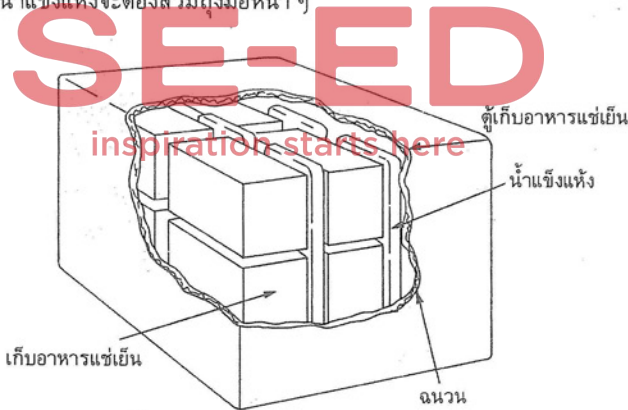
เครื่องทำความเย็นที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจากหลักการทดลองอันนี้จะใช้น้ำเป็นตัวกลางในการทำความเย็น (refrigerant) และใช้ลิเทียมโบรไมด์ (lithium bromide) หรือลิเทียมคลอไรด์ (lithium chloride) เป็นตัวดูดซับ เพราะลิเทียมโบรไมด์หรือลิเทียมคลอไรด์มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี

2.4 การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็งแห้ง

ในการทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็งแห้ง (dry ice refrigeration) นั้น จะใช้น้ำแข็งแห้งซึ่งทำจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในสถานะของแข็งซึ่งถูกอัดขึ้นมาให้มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันไป อาจเป็นก้อนหรือเป็นแผ่น น้ำแข็งแห้งจะเปลี่ยนสถานะโดยตรงจากของแข็งเป็นแก๊ส โดยไม่ต้องเปลี่ยนสถานะให้เป็นของเหลวเสียก่อน การเปลี่ยนสถานะในลักษณะนี้เรียกว่า *การระเหิด* ที่ความดันบรรยากาศ น้ำแข็งแห้งจะมีอุณหภูมิต่ำถึง -78.33 องศาเซลเซียส

ตามปกติการใช้น้ำแข็งแห้งในการทำความเย็นมักจะใส่น้ำแข็งแห้งลงกับภาชนะที่ต้องการเก็บอาหารซึ่งแช่เย็น โดยอาจใส่ไว้ข้างในหรือข้างบนก็ได้ ในปัจจุบันถ้าต้องการซื้อไอศกรีมจากสถานที่จำหน่ายเพื่อนำกลับมารับประทานที่บ้านย่อมทำได้โดยไม่ต้องกลัวว่าไอศกรีมจะละลาย เพราะตามสถานที่จำหน่ายไอศกรีมเหล่านี้จะบรรจุน้ำแข็งแห้งลงในถุงใส่ไอศกรีมไว้ด้วย เพื่อช่วยรักษาอุณหภูมิภายในถุงให้ต่ำอยู่เสมอ โดยขณะที่คาร์บอนไดออกไซด์ระเหิดเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส จะดูดซับปริมาณความร้อนและรักษาอุณหภูมิของไอศกรีมให้เย็นจัดอยู่ตลอดเวลา

จากรูปที่ 2.3 แสดงถึงวิธีธรรมดา ๆ ในการใช้น้ำแข็งแห้งเก็บรักษาอาหารให้เย็นจัดอยู่เสมอตามปกติ น้ำแข็งแห้งจะต้องถูกเก็บไว้ในตู้ที่มีฉนวนกันความร้อนอย่างดี และห้ามหยิบจับน้ำแข็งด้วยมือเปล่าทุกครั้งที่ต้องการหยิบน้ำแข็งแห้งจะต้องสวมถุงมือหนา ๆ

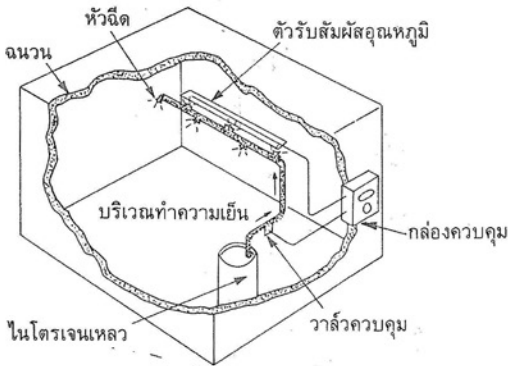


รูปที่ 2.3 การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็งแห้ง

2.5 ระบบทำความเย็นโดยปล่อยน้ำยาให้ระเหิดตัว

การทำความเย็นด้วยระบบทำความเย็นโดยปล่อยน้ำยาให้ระเหิดตัว (expendable refrigerant cooling system) นี้เป็นแบบที่ใช้ได้ดีกับรถบรรทุกเพื่อการขนส่งอาหารที่ต้องควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำอยู่เสมอ หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบนี้ง่ายมาก เพียงแต่ปล่อยให้ น้ำยาเหลวระเหิดตัวเป็นแก๊ส ภายในบริเวณหรือเนื้อที่ต้องการทำความเย็นซึ่งบริเวณเหล่านี้ต้องมีฉนวนกันความร้อนหุ้มโดยรอบ ดังที่ได้เคยทราบมาแล้วว่า ขณะที่สารเปลี่ยนสถานะจะต้องการความร้อนแฝงทำให้อุณหภูมิในบริเวณนี้ลดต่ำลง น้ำยาที่ใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็นในที่นี้ใช้ในโตรเจนเหลว (liquid nitrogen) บรรจุท่อซึ่งตั้งอยู่

ภายในบริเวณที่ต้องการทำความเย็น ไนโตรเจนเหลวจากภายในท่อที่เก็บไว้ได้ความดันประมาณ 14.6 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร จะถูกปล่อยให้ฉีดผ่านวาล์วควบคุม (liquid control valve) ลดความดันของไนโตรเจนเหลวลง แล้วเข้าตามท่อไปยังหัวฉีด ซึ่งจะฉีดไนโตรเจนเหลวให้เป็นฝอย เข้ายังบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็นโดยตรง ไนโตรเจนจะระเหิดตัวดูดปริมาณความร้อน ทำให้บริเวณนี้มีอุณหภูมิลดต่ำลง



รูปที่ 2.4 ระบบทำความเย็นโดยปล่อยน้ำยาให้ระเหิดตัว

ตัวรับสัมผัสอุณหภูมิ กล่องควบคุม และวาล์วควบคุมจะทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของไนโตรเจนเหลวจากท่อที่บรรจุไนโตรเจนให้รักษาระดับอุณหภูมิภายในห้องเย็นให้ต่ำตามกฎเกณฑ์ ในขณะที่อุณหภูมิยังสูง วาล์วควบคุมจะเปิดกว้างให้ไนโตรเจนเหลวไหลผ่านได้มาก และเมื่ออุณหภูมิในห้องเย็นต่ำลง ตัวรับสัมผัส จะส่งผลไปยังกล่องควบคุมทำให้วาล์วควบคุมตีบ ไนโตรเจนเหลวไหลผ่านได้น้อยลง

ไนโตรเจนเหลวมีจุดเดือดต่ำถึง -195.5 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ ระบบการทำความเย็นแบบนี้ใช้ได้ดีมากกับห้องเย็นสำหรับเก็บอาหารในเรือ ซึ่งต้องการควบคุมอุณหภูมิของห้องเย็นให้ต่ำถึง -28.9 องศาเซลเซียส

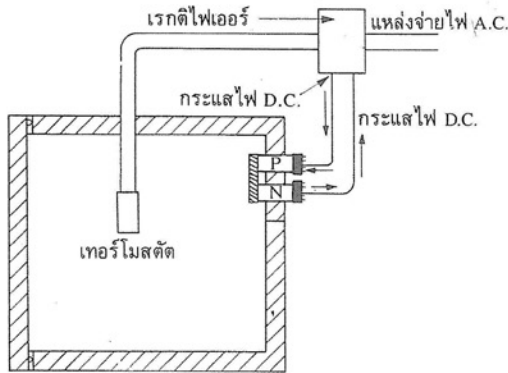
เนื่องจากไนโตรเจนเหลวเป็นผลพลอยได้จากการใช้ออกซิเจนในการถลุงเหล็กจึงทำให้มีราคาถูกและนำมาใช้ได้เลย เพราะโครงสร้างของเครื่องทำความเย็นระบบนี้เป็นแบบง่าย ๆ มีข้อยุ่งยากเพียงเล็กน้อย เมื่อไนโตรเจนเหลวถูกปล่อยออกหมด ก็ต้องเปลี่ยนท่อใหม่ ข้อดีของระบบนี้อีกประการหนึ่งก็คือ สามารถทำความเย็นได้โดยไม่ต้องใช้แหล่งพลังงานอื่น ๆ

อุปกรณ์ควบคุมความปลอดภัยของระบบนี้เห็นว่าสำคัญมากและต้องทำงานสัมพันธ์กับการปิด-เปิดประตูของห้องเย็น และอุปกรณ์ควบคุมความปลอดภัยจะต้องปิดท่อไนโตรเจนทันทีที่มีการเปิดประตูห้องเย็น

2.6 การทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

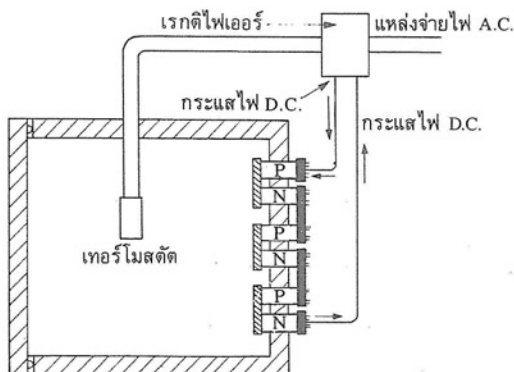
หลักการทางฟิสิกส์ในการทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric refrigeration) นี้ นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบตั้งแต่ปี พ.ศ.2377 การถ่ายเทพลังงานความร้อนจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง ในระบบนี้ใช้อิเล็กตรอนเป็นตัวกลางในการทำความเย็นแทนที่จะใช้น้ำยาเป็นตัวกลาง จากรูปที่ 2.5 อธิบาย

ถึงหลังง่าย ๆ ของเทอร์โมอิเล็กทริกที่สามารถถ่ายเทความร้อนจากภายในบริเวณที่มีอุณหภูมิความร้อนล้อมรอบดูดซับความร้อนด้วยตัวกลางที่เรียกว่าอิเล็กตรอน นำออกไปถ่ายเทยังภายนอกของบริเวณที่ต้องการทำความเย็น และเพื่อช่วยเพิ่มอัตราการดูดซับปริมาณความร้อนจากทางด้านคอยล์เย็น และทางด้านนอกก็จะใช้ครีบบัวยเพิ่มพื้นผิวในการถ่ายเทความร้อนออกให้กับอากาศโดยรอบเช่นกัน



รูปที่ 2.5 การทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

หลักการของเทอร์โมอิเล็กทริกได้นำเอาวัสดุกึ่งตัวนำ (semi-conductor) สองชนิดมาตเรียงปลายติดกัน แล้วต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (direct current, D.C.) ในที่นี้สมมติเป็น P และ N ขอให้เข้าใจว่า P และ N นี้มิใช่เป็นขั้วบวกและขั้วลบของวงจรไฟฟ้า แต่เป็นการนำเอาวัสดุกึ่งตัวนำสองชนิดมาใช้เท่านั้น เนื่องจากวัสดุกึ่งตัวนำทั้งสองนี้มีค่าระดับพลังงานภายในไม่เท่ากัน เมื่อถูกผ่านด้วยไฟฟ้ากระแสตรงแล้วจะทำให้ปลายที่ตรงติดกันเย็นและปลายที่เหลือทั้งสองด้านร้อน (ดูรูปที่ 2.5) ส่งผลให้ภายในบริเวณที่ต้องการทำความเย็นมีการดูดซับความร้อนและมาคายออกยังภายนอก



รูปที่ 2.6 การทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกนำเอาวัสดุกึ่งตัวนำหลาย ๆ ชุดต่อเป็นอนุกรมเข้าด้วยกัน จะให้ผลความเย็นมาก

อย่างไรก็ตามการใช้วัตถุที่ตัวนำเพียงชุดเดียว ผลความเย็นที่ได้รับย่อมจะน้อย ดังนั้นถ้าต้องการให้เกิดผลความเย็นมาก ๆ ย่อมทำได้ โดยการนำเอาวัตถุที่ตัวนำหลาย ๆ ชุดมาต่อเป็นอนุกรมเข้าด้วยกันตามรูปที่ 2.6

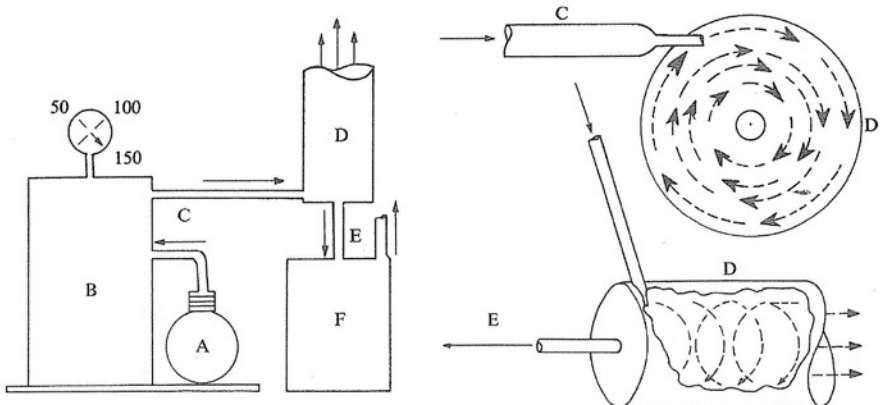
การทำงานของเทอร์โมสตัตซึ่งเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของภายในห้องที่ต้องการทำความเย็นจะอาศัยหลักการควบคุมทางอ้อมโดยไปควบคุมกระแสไฟที่เข้าเรกติไฟเออร์ (rectifier)* ให้จ่ายไฟฟ้กระแสตรงที่ผ่านเข้าวัตถุที่ตัวนำทั้งสอง มากหรือน้อยเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิในห้อง กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิในห้องลดต่ำลง เทอร์โมสตัตจะควบคุมเรกติไฟเออร์ให้จ่ายไฟเข้าวัตถุที่ตัวนำน้อยลง ทำให้ผลความเย็นที่ได้รับน้อยลงด้วย และเมื่ออุณหภูมิในห้องสูงขึ้น เทอร์โมสตัตจึงยอมให้จ่ายไฟเข้าวัตถุที่ตัวนำมากขึ้น มีการทำความเย็นมากขึ้น

จะเห็นได้ว่าเครื่องทำความเย็นในระบบนี้ ไม่มีอุปกรณ์ใด ๆ ต้องเคลื่อนไหวเลย แต่การทำความเย็นในระบบเทอร์โมอิเล็กทริก ผลความเย็นที่ได้รับน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ

ถ้ามีการเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า พื้นที่ผิวทางด้านที่เคยเย็นจะเปลี่ยนเป็นร้อน และพื้นที่ผิวทางด้านที่เคยร้อนก็จะเปลี่ยนเป็นเย็น โดยอาศัยหลักการนี้จึงใช้ได้ทั้งการทำความร้อนและทำความเย็น

2.7 การทำความเย็นในระบบท่อลวน

การทำความเย็นในระบบท่อลวน (vortex tube refrigeration) อาศัยหลักของการอัดอากาศเข้าไว้ในถังภายใต้ความกดดันสูง ปล่อยให้เข้าไปอัดฉีดในท่อลวน (vortex tube) แล้วทำให้อุณหภูมิของอากาศนั้นลดต่ำลง ซึ่งหลักการการทำงานของระบบนี้จะได้อธิบายตามรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การทำความเย็นระบบท่อลวน

*เรกติไฟเออร์เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C.) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.)

เครื่องอัดอากาศ A จะอัดอากาศให้มีความดันสูงขึ้น ส่งเข้าไปเก็บไว้ในถัง B ซึ่งโดยปกติความดันอากาศมีค่าประมาณ 10.54 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร อากาศภายใต้ความดันสูงนี้จะถูกฉีดผ่านท่อ C เข้ายังท่อลมวน D หัวฉีดปลายท่อ C จะต้องทำมุมให้อากาศเมื่อเข้าในท่อลมวน แล้วเกิดการหมุน ปลายทั้งสองด้านของท่อลมวนจะเปิดออก ทั้งทาง D และทาง E ทาง D เป็นปลายท่อใหญ่ และทาง E เป็นปลายท่อเล็ก ขณะที่อากาศเข้าไปหมุนอยู่ในท่อลมวน จะเกิดลมวนหลายชั้น มีการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อน ลมวนรอบนอก ๆ จะรับความร้อนไปเป่าออกทางปลายท่อ D ส่วนลมวนรอบในจะคายความร้อน แล้วมาเป่าออกทางท่อ E ซึ่งเป็นลมเย็น

การทำความเย็นโดยวิธีนี้ นอกจากจะเป็นการทำให้อากาศเย็นแล้วยังเป็นการทำให้อากาศบริสุทธิ์อีกด้วย (fresh air and cooling) เหมาะสำหรับนำไปใช้กับเครื่องปรับอากาศความชื้นของโรงงานตามโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น โรงงานชุบหม้อเหล็ก การทำงานของระบบจะทำงานโดยต่อเนื่อง เป่าลมเย็น และอากาศบริสุทธิ์ให้กับคนงาน โดยไม่ต้องมีเทอร์โมสแตตคอยควบคุมอุณหภูมิ เช่นเดียวกับการทำความเย็นในระบบอื่น ๆ

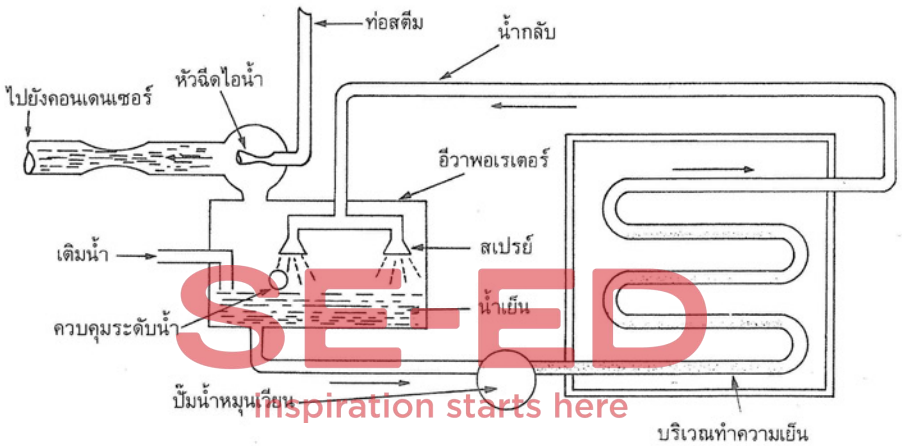
2.8 การทำความเย็นระบบสตีมเจ็ต

การทำความเย็นในระบบสตีมเจ็ต (steam jet refrigeration) นี้ใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็น การทำงานของระบบอาศัยหลักที่ว่าเมื่อลดความดันที่ผิวหน้าของน้ำที่อยู่ในภาชนะที่ปิดมิดชิดแล้ว น้ำนั้นจะสามารถระเหยตัว เปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ บางครั้งต่ำถึง 4.44 – 10 องศาเซลเซียส จากการศึกษาทางทฤษฎีพบว่า **inspiration starts here** ความดันสูง 29.74 นิ้วปรอท จุดเดือดของน้ำจะอยู่ที่ 0 องศาเซลเซียส และที่ความดันสูง 29.67 นิ้วปรอท จุดเดือดของน้ำจะอยู่ที่ 4.44 องศาเซลเซียส จากตารางที่ 2.1 ได้แสดงค่าอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ ณ ความดันต่าง ๆ กัน

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ ณ ความดันต่าง ๆ กัน

ความดัน (kg/cm ²)	อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ (°C)	ความดัน (kg/cm ²)	อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ (°C)
0.007	1.67	0.351	72.11
0.014	11.7	0.421	76.56
0.021	17.8	0.492	80.45
0.028	22.8	0.562	83.67
0.035	26.7	0.632	86.45
0.042	29.4	0.703	89.23
0.049	32.2	0.773	92.01
0.056	34.4	0.843	94.11
0.063	36.7	0.913	96.33
0.070	38.9	0.984	98.00
0.140	52.33	1.033	99.67
0.210	60.56	1.054	101.34
0.281	67.23	1.406	108.44

หลักการการทำงานของระบบสตีมเจ็ตแสดงไว้ในรูปที่ 2.8 ไอ้ไอน้ำซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำงานของหม้อไอน้ำ แทนที่จะปล่อยทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ จะถูกส่งเข้าทางท่อไอ้ไอน้ำ (steam line) เพื่อฉีดผ่านหัวฉีดไอ้ไอน้ำ (steam nozzle) ด้วยความเร็วสูง ทำให้ความดันที่ผิวหน้าของน้ำในอีวาพอเรเตอร์ลดลง และสามารถระเหยตัวกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ ดูรับปริมาณความร้อนทำให้น้ำที่เหลือในอีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิต่ำลงด้วย น้ำเย็นนี้มีอุณหภูมิประมาณ 4.44–21.1 องศาเซลเซียส จะถูกปั๊มให้หมุนเวียนเข้าไปทำความเย็นให้แก่บริเวณที่ต้องการทำความเย็น และจะถูกส่งกลับเข้ามาฉีดเป็นฝอยในอีวาพอเรเตอร์อีกครั้งหนึ่ง ละอองน้ำบางส่วนจะถูกระเหยตัวทำให้น้ำที่เหลือในอีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิต่ำอยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 2.8 การทำความเย็นระบบสตีมเจ็ต

จากการทำงานในรูปที่ 2.8 นี้จะเห็นว่าระดับของน้ำที่ถูกใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็นถูกระเหยตัวไปเรื่อยๆ ทำให้ระดับของน้ำในอีวาพอเรเตอร์ลดลง จึงต้องมีระบบลูกลอยคอยควบคุมปั๊มเอาน้ำจากแหล่งภายนอกเข้ามาเพิ่มให้มีระดับคงที่อยู่เสมอ

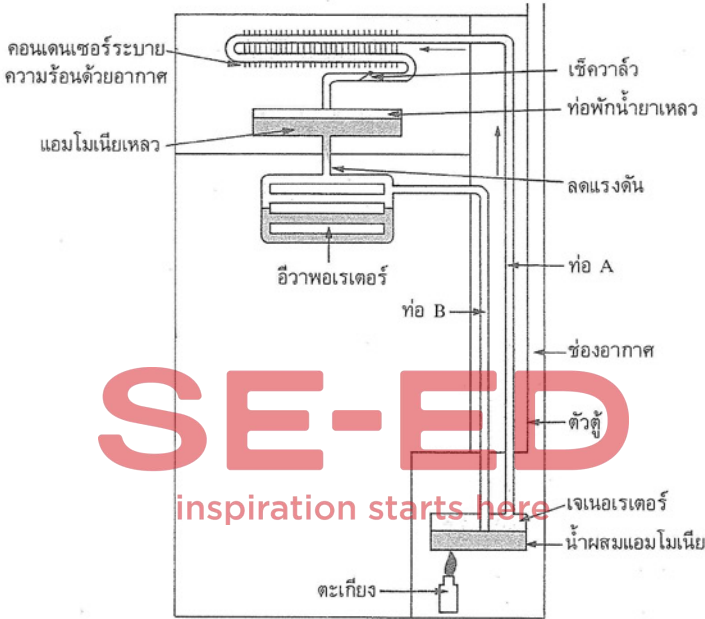
เครื่องทำความเย็นในระบบสตีมเจ็ตเหมาะสำหรับใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้หม้อไอน้ำ ซึ่งทำให้มีไอ้ไอน้ำเป็นผลผลิตพลอยได้นำมาใช้ทำความเย็น โดยทั่วไปแล้วการทำความเย็นระบบนี้มีขนาดตั้งแต่ 100 ตันขึ้นไป

2.9 ระบบแอบซอร์ปชัน

การทำความเย็นโดยระบบแอบซอร์ปชัน (absorption system) นี้ ต้นกำเนิดที่ใช้ในการทำงานใช้ได้หลายอย่าง เช่น ไฟฟ้า ตะเกียงแก๊ส หรือตะเกียงน้ำมันก๊าด ตู้เย็นที่ใช้ตะเกียงน้ำมันก๊าดเคยเป็นที่นิยมใช้กันมาแล้วในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามบริเวณที่ไฟฟ้ายังไม่สามารถเข้าถึงได้

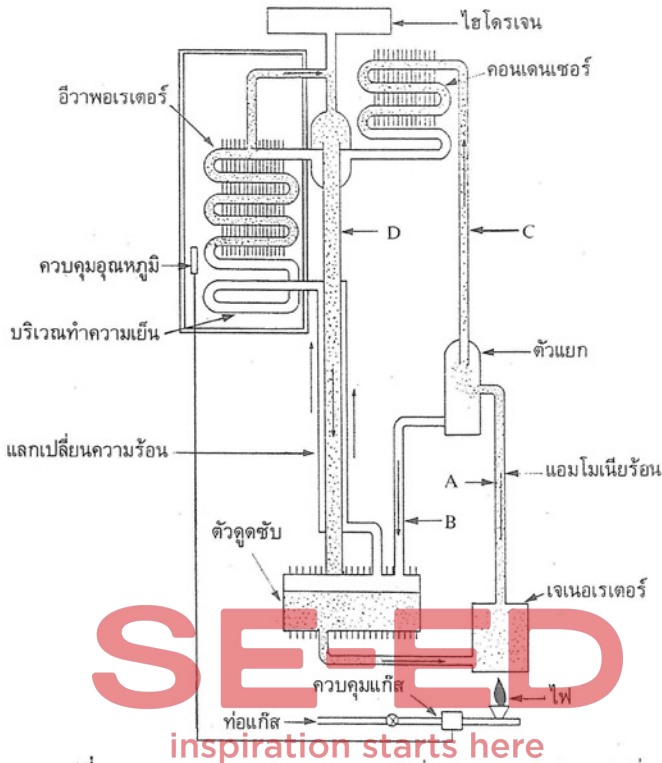
จากรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.10 แสดงถึงวงจรการทำความเย็นในระบบแอมโมเนียป้อน ภายในระบบที่ เจเนอเรเตอร์ (generator) จะบรรจุด้วยน้ำและแอมโมเนีย

การทำงานของระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกเป็นช่วงของการจุดไฟให้ความร้อนเพื่อ แยกแอมโมเนียออกจากน้ำในเจเนอเรเตอร์ และช่วงหลังเป็นช่วงของการทำความเย็น โดยดับไฟเพื่อให้ น้ำในเจเนอเรเตอร์เย็นลง และมีคุณสมบัติดูดแก๊สแอมโมเนียได้ดี



รูปที่ 2.9 การทำความเย็นระบบแอมโมเนียป้อนช่วงจุดไฟ

จากรูปที่ 2.9 ในการทำงานของช่วงแรกนั้น ให้จุดไฟที่ตะเกียงน้ำมันก๊าดเพื่อให้ความร้อนแก่น้ำผสม แอมโมเนียภายในเจเนอเรเตอร์ โดยปกติน้ำมันก๊าดที่ใช้จุดไฟจะมีปริมาณพอดีที่จะใช้จุดให้เกิดการหมุน เวียนของน้ำยาแอมโมเนียหนึ่งรอบ ซึ่งทั่ว ๆ ไปแล้วจะใช้เวลา 1 วันพอดี เมื่อน้ำผสมแอมโมเนียในเจเนอเรเตอร์ ได้รับความร้อน แก๊สแอมโมเนียจะแยกตัวออกจากน้ำ ส่งขึ้นไปยังคอนเดนเซอร์ทางท่อ A ที่คอนเดนเซอร์ แก๊สแอมโมเนียจะกลั่นตัวเป็นแอมโมเนียเหลวโดยการระบายความร้อนออก และไหลเข้าพักในท่อพักน้ำยา เหลว ท่อที่ต่อออกจากคอนเดนเซอร์เข้ายังท่อพักน้ำยาเหลวจะมีลิ้นให้น้ำยาไหลได้ทางเดียวเรียกว่า ลิ้นกั้น กลับหรือเช็ควาล์ว (check valve) กันมิให้แอมโมเนียไหลย้อนทางในวงจร ในระหว่างช่วงแรกของการทำงาน นี้ ตะเกียงน้ำมันก๊าดจะให้ความร้อนแก่เจเนอเรเตอร์ จนเหลือน้ำยาแอมโมเนียที่ผสมกับน้ำในเจเนอเรเตอร์ เล็กน้อยหรือไม่เหลือเลย น้ำมันก๊าดในตะเกียงก็จะหมดพอดี ทำให้ไฟดับ (โดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 20-40 นาที) ซึ่งเป็นการครบวงจรการทำงานในช่วงแรก



รูปที่ 2.11 การทำความเย็นระบบแอมโซรี่ปั่นแบบวงจรการทำงานต่อเนื่อง

จากรูปที่ 2.11 ภายในเจเนอเรเตอร์จะบรรจุน้ำและแอมโมเนีย เมื่อจุดไฟที่หัวแก๊ส ความร้อนจะทำให้แอมโมเนียไหลขึ้นไปตามท่อ A เข้ายังตัวแยก (separator) ซึ่งจะทำหน้าที่แยกเอาน้ำบางส่วนที่ติดขึ้นมาด้วย ออกจากแก๊สแอมโมเนีย ให้ไหลกลับทางท่อ B เข้ายังตัวดูดซับ (absorber) แก๊สแอมโมเนียจะถูกไหลขึ้นทางท่อ C ไปยังคอนเดนเซอร์ และถูกกลั่นตัวให้เป็นแอมโมเนียเหลวโดยการระบายความร้อนออก น้ำยาแอมโมเนียเหลวจะไหลต่อเข้ายังอีวาพอเรเตอร์

ภายในอีวาพอเรเตอร์ ท่อ D และส่วนบนของตัวดูดซับจะบรรจุแก๊สไฮโดรเจนไว้ด้วย ความดันภายในระบบจะมีค่าประมาณ 1.4 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร จากกฎของดาลตันกล่าวว่า ถ้ามีแก๊สตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปผสมกัน แก๊สแต่ละชนิดจะสร้างค่าความดันแก๊สของตัวเอง ดังนั้นในระบบนี้แก๊สแอมโมเนียที่อยู่ในบริเวณซึ่งมีไฮโดรเจนผสมอยู่ด้วยจะเดือดเปลี่ยนสถานะ และพยายามสร้างค่าความดันแก๊สแอมโมเนียให้มีค่า 1.4 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร แต่เนื่องจากบริเวณเหล่านี้มีแก๊สไฮโดรเจนผสมอยู่มาก ทำให้จุดเดือดของแอมโมเนียอยู่ในช่วงความดันต่ำและดูดซับความร้อนจากบริเวณโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ แก๊สแอมโมเนียและไฮโดรเจนจากอีวาพอเรเตอร์จะมีอุณหภูมิต่ำ และแก๊สทั้งสองนี้จะถูกกดให้ไหลลงทางท่อ D กลับเข้ายังตัวดูดซับ ภายในตัวดูดซับยังคงเย็นอยู่จึงมีคุณสมบัติในการดูดแก๊สแอมโมเนียได้ดี และนำผสม

แอมโมเนียก็จะไหลกลับเข้าสู่เจเนอเรเตอร์ ส่วนแก๊สไฮโดรเจนที่ไหลกลับเข้ายังตัวดูดซับด้วยนั้น ไม่ได้ถูกน้ำดูดซับเข้าไว้ด้วยก็จะแยกตัวไหลกลับไปยังอีวาพอเรเตอร์ ผ่านท่อแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchange) เพื่อไปรวมกับแอมโมเนียเหลวที่มาจากคอนเดนเซอร์ภายในอีวาพอเรเตอร์อีกครั้งหนึ่ง การทำงานของวงจรในระบบนี้จะต่อเนื่องกันไปโดยตลอด

อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่เรียกว่าเทอร์โมสแตตจะคอยควบคุมอุณหภูมิภายในตู้บริเวณรอบ ๆ อีวาพอเรเตอร์ให้มีอุณหภูมิตามที่ต้องการโดยการควบคุมเปลวไฟอีกทีหนึ่ง กล่าวคือ เมื่อระบบทำงานและอุณหภูมิทางอีวาพอเรเตอร์ลดลงต่ำถึงเกณฑ์ เทอร์โมสแตตก็จะหรีกแก๊สดับไฟหยุดการแยกน้ำยาแอมโมเนียเพื่อไปทำความเย็น ซึ่งเท่ากับเป็นการหยุดระบบ และเมื่ออุณหภูมิรอบอีวาพอเรเตอร์สูงขึ้นเทอร์โมสแตตจะเร่งแก๊สติดไฟเพื่อเริ่มการทำงานของระบบต่อไป

จะเห็นได้ว่าระบบทำความเย็นแบบนี้ไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหวใด ๆ ระบบนี้เคยใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับตู้เย็นที่ใช้ตามบ้าน ต่อมาถูกพัฒนาให้เป็นเครื่องปรับอากาศทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ๆ

2.11 ระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ

การทำทำความเย็นในระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ (compression system) จะได้ศึกษากันโดยละเอียดในบทต่อไป เพราะเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันที่พบใช้ในบ้านเรานิยมใช้ระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ นับตั้งแต่ตู้เย็นและตู้แช่ที่ใช้ตามบ้านเรือน เครื่องปรับอากาศชนิดติดหน้าต่าง เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน จนกระทั่งถึงเครื่องทำความเย็น และเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ ๆ ที่ใช้ตามโรงงานอุตสาหกรรมและศูนย์การค้า ล้วนแต่เป็นเครื่องทำความเย็นในระบบอัดไอเกือบทั้งสิ้น

วงจรเครื่องทำความเย็น

โดยทั่วไปความหมายของคำว่า *การทำความเย็น* หมายถึงกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น เช่น การดึงเอาปริมาณความร้อนจากอากาศในห้องปรับอากาศหรือภายในตู้เย็นออกไประบายทิ้งภายนอก ทำให้อากาศภายในมีอุณหภูมิลดต่ำลง เป็นต้น หรือถ้าจะกล่าวโดยเฉพาะยิ่งขึ้นก็คือ การทำความเย็นเป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่ว่าด้วยกระบวนการในการลดและรักษาระดับอุณหภูมิของเนื้อที่หรือวัตถุให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิโดยรอบ

3.1 ฉนวนความร้อน *inspiration starts here*

ดังได้ทราบมาแล้วว่า ความร้อนจะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อมีการทำความเย็นดึงเอาปริมาณความร้อนจากอากาศในตู้เย็นหรือในห้องปรับอากาศออกทิ้งข้างนอก ทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในลดต่ำลงแล้ว และต้องรักษาระดับของอุณหภูมินี้ให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศโดยรอบ จึงจำเป็นต้องมีฉนวนกันความร้อน (*insulation*) คอยป้องกันมิให้อากาศโดยรอบซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าถ่ายเทความร้อนกลับเข้ามาภายในตู้หรือภายในห้องได้อีกหรือกลับเข้าได้เพียงเล็กน้อย

ฉนวนกันความร้อนที่ใช้อยู่โดยรอบตู้เย็น ที่ใช้กันมากในปัจจุบันคือ โฟมและใยแก้ว ซึ่งทั้งสองชนิดนี้จัดว่าเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีทั้งคู่

3.2 ความร้อนที่คิดเป็นโหลด

จำนวนความร้อนที่ถ่ายเทออกจากวัตถุหรือบริเวณที่ต้องการทำความเย็นเพื่อให้อุณหภูมิลดต่ำลงนั้นเรียกว่า *ความร้อนที่คิดเป็นโหลด (heat load)* ซึ่งหมายถึง ผลรวมของปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เกิดจากองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

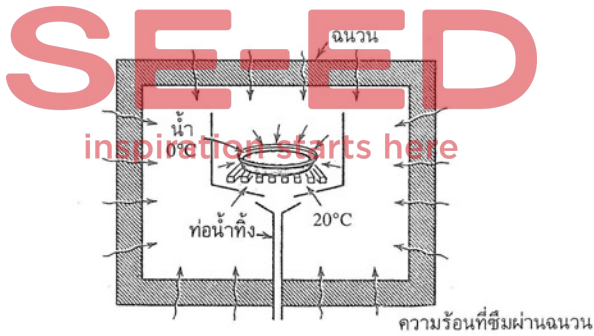
- ความร้อนที่รั่วผ่านฉนวนกลับเข้าไปในบริเวณที่ทำความเย็น

- ความร้อนที่ผ่านเข้าขณะเปิดประตู
- ความร้อนซึ่งมีอยู่ในวัตถุที่ถูกนำเข้ามาแช่เพื่อให้อุณหภูมิลดต่ำลง
- ความร้อนที่ถูกถ่ายเทจากตัวคนที่อยู่ในบริเวณที่ทำความเย็น
- ความร้อนจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น มอเตอร์ หลอดไฟแสงสว่าง เป็นต้น

3.3 ตัวกลางในการทำความเย็น

ในกระบวนการทำความเย็นจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการดูดซับความร้อนจากบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็นนี้ ซึ่งเรียกว่า *น้ำยาทำความเย็น (refrigerant)* หรือที่วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ได้บัญญัติคำศัพท์ทางวิชาการขึ้นเรียกว่า *สารทำความเย็น*

กระบวนการทำความเย็นทั้งหลายที่น้ำยาทำความเย็นทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการดูดซับความร้อนนั้น อาจใช้ทั้งความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัส เช่น เมื่อน้ำยาเหลวดูดซับความร้อนแล้วทำให้อุณหภูมิของน้ำยาเหลวนั้นสูงขึ้น นับได้ว่ากระบวนการทำความเย็นนี้อาศัยความร้อนสัมผัส หรือเมื่อน้ำยาที่ใช้ในการทำความเย็นดูดซับปริมาณความร้อนแล้ว ทำให้สถานะเปลี่ยนแปลงไป (หลอมละลายหรือระเหยกลายเป็นไอ) ก็นับได้ว่ากระบวนการทำความเย็นนี้อาศัยหลักของความร้อนแฝง

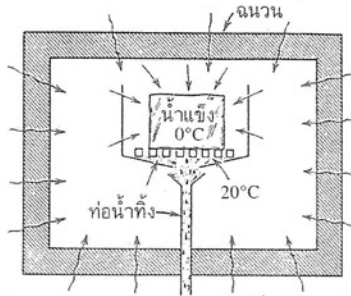


รูปที่ 3.1 ความร้อนถ่ายเทจากอากาศภายในตู้ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าเข้ายังน้ำเย็นในถาด ทำให้อุณหภูมิของน้ำเย็นนั้นสูงขึ้น จนกว่าอุณหภูมิของอากาศและน้ำจะเท่ากันจึงหยุดการถ่ายเท การทำความเย็นโดยวิธีนี้จะไม่ต่อเนื่อง

ตัวอย่างของกระบวนการทำความเย็นที่อาศัยความร้อนสัมผัส คือ ถ้านำน้ำเย็นจำนวน 1 กรัม ที่ 0 องศาเซลเซียส บรรจุในถาดที่ไม่มีฝาปิดใส่ไว้ในตู้ ซึ่งมีฉนวนกันความร้อนรอบ อากาศในตู้นี้มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (ดูรูปที่ 3.1) ปริมาณความร้อนจะถ่ายเทจากอากาศภายในตู้ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าเข้ายังน้ำเย็นในถาด ทำให้อุณหภูมิของน้ำเย็นนั้นสูงขึ้น จนกว่าอุณหภูมิของอากาศและน้ำจะเท่ากันจึงหยุดการถ่ายเท การทำความเย็นโดยวิธีนี้จะไม่ต่อเนื่อง เพราะเมื่ออุณหภูมิของน้ำเย็นในถาด และอุณหภูมิของอากาศในตู้สูงเท่ากันแล้ว ความร้อนหยุดการถ่ายเท ซึ่งหมายถึงหยุดการทำความเย็นด้วย อย่างไรก็ตามปริมาณความร้อนที่นำในถาด (จำนวน 1 กรัม) ดูดซับไว้ทุก ๆ 1 แคลอรี จะทำให้อุณหภูมิของน้ำนั้นสูงขึ้นทุก ๆ

1 องศาเซลเซียสด้วย ดังนั้นจึงทำให้อุณหภูมิของอากาศในตู้ลดลงในขณะที่อุณหภูมิของน้ำเย็นในถาดสูงขึ้น จนกระทั่งอุณหภูมิน้ำเย็นและอากาศเท่ากัน ก็จะหยุดการถ่ายเทความร้อน การทำความเย็นจะไม่ต่อเนื่อง เพราะว่าตัวกลางในการทำความเย็นไม่สามารถรักษาระดับอุณหภูมิของตัวเองให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศในตู้ได้อีกต่อไป

อีกตัวอย่างหนึ่งของกระบวนการทำความเย็นที่อาศัยความร้อนแฝงคือ ถ้านำน้ำแข็งจำนวน 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสเช่นกัน เข้าวางแทนที่ถาดน้ำเย็นดังแสดงในรูปที่ 3.2



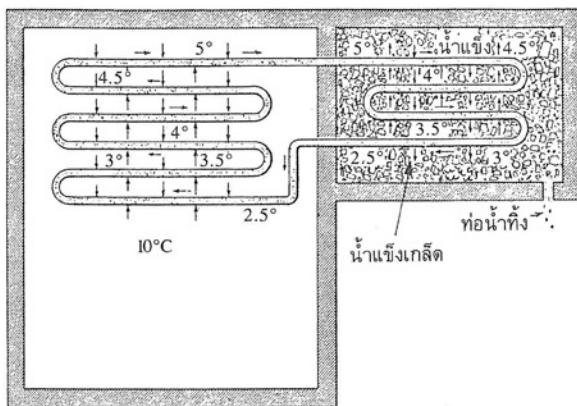
รูปที่ 3.2 ความร้อนจะถ่ายเทจากอากาศภายในตู้ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าเข้ายังน้ำแข็ง อุณหภูมิของอากาศจะลดลง ในขณะที่น้ำแข็งหลอมละลายดูดซับปริมาณความร้อนจากอากาศภายในตู้ จะถูกนำเอาออกนอกตู้ทางท่อน้ำทิ้ง

โดยวิธีนี้อุณหภูมิของตัวทำความเย็นจะเปลี่ยนแปลงไปในขณะที่ต้องดูดซับปริมาณความร้อนจากอากาศภายในตู้ อุณหภูมิของอากาศจะลดลงในขณะที่น้ำแข็งหลอมละลายเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว และอุณหภูมิของน้ำแข็งจะยังคงรักษาระดับอยู่ที่ 0 องศาเซลเซียส ปริมาณความร้อนที่น้ำแข็งดูดซับไว้เพื่อการหลอมละลายเป็นน้ำซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวจะถูกนำออกภายนอกตู้ทางท่อน้ำทิ้ง ผลการทำความเย็นจะต่อเนื่องกันจนกว่าน้ำแข็งจะถูกหลอมละลายกลายเป็นน้ำหมด

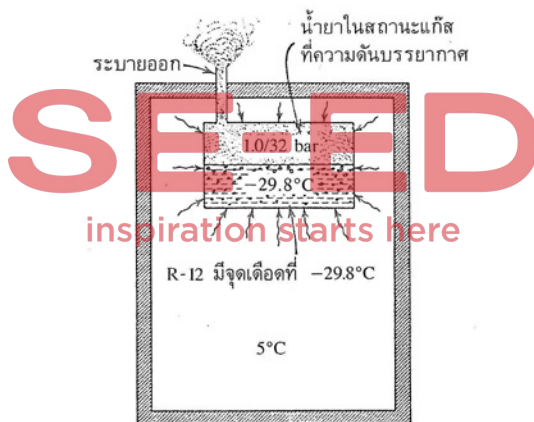
กระบวนการทำความเย็นที่อาศัยความร้อนแฝง อาจใช้ตัวกลางได้ทั้งของแข็ง (หลอมละลาย) และของเหลว (กลายเป็นไอ) ตัวกลางในการทำความเย็นที่เป็นของแข็งที่ใช้กันมากคือ น้ำแข็งและน้ำแข็งแห้ง น้ำแข็งจะหลอมละลายเป็นน้ำ ดูดซับปริมาณความร้อนที่ 0 องศาเซลเซียส ส่วนน้ำแข็งแห้งจะระเหิดกลายเป็นไอที่อุณหภูมิต่ำถึง - 78.33 องศาเซลเซียส

จากความรู้เรื่องตัวกลางในการทำความเย็นดังกล่าว จะสามารถปรับปรุงให้กระบวนการทำความเย็นโดยอาศัยความร้อนแฝงทำความเย็นอย่างต่อเนื่องได้ ดังรูปที่ 3.3

น้ำเย็นภายในท่อจะดูดซับความร้อนจากอากาศภายในตู้ ทำให้อุณหภูมิค่อย ๆ สูงขึ้นและความหนาแน่นของน้ำนั้นค่อย ๆ น้อยลง น้ำเย็นจากช่องน้ำแข็งซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและความหนาแน่นสูงกว่าจะไหลลงมาแทนที่ เกิดการไหลหมุนเวียนของน้ำเย็นในท่อ ขณะที่น้ำแข็งภายในช่องแข็งหลอมละลายจะดูดซับปริมาณความร้อนจากน้ำเย็นภายในท่ออีกทีหนึ่ง ทำให้น้ำแข็งในท่อมียุณหภูมิที่ต่ำลงสามารถไปดูดซับปริมาณความร้อนจากอากาศในตู้ได้อีก



รูปที่ 3.3 ความร้อนสัมผัสทำความเย็นต่อเนื่อง ความร้อนของอากาศภายในตู้ จะถูกดูดซับโดยน้ำเย็นในท่อและถูกนำออกไปถ่ายทิ้งให้กับน้ำแข็งอีกทีหนึ่ง

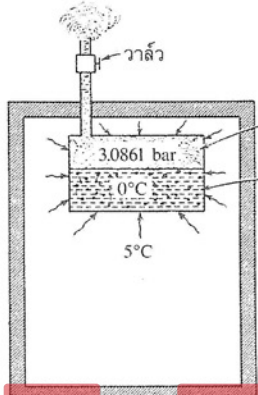


รูปที่ 3.4 น้ำยา R-12 มีจุดเดือดที่ -29.8°C ที่ความดันบรรยากาศ 1.0132 bar

อย่างไรก็ตาม การใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็นสำหรับระบบทำความเย็นที่ต้องการลดอุณหภูมิภายในตู้ให้ต่ำมาก ๆ นั้นไม่สามารถทำได้ นักวิทยาศาสตร์จึงหาสารชนิดอื่นที่มีจุดเดือดเปลี่ยนแปลงได้ดีที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ ภายใต้ความดันบรรยากาศ เช่น น้ำยา R-12 ซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า ไคลอโรไดฟลูออโรมีเทน (CCl_2F_2) จะมีจุดเดือดที่ -29.8 องศาเซลเซียสที่ความดัน 1.0132 บาร์ น้ำยานี้มีชื่อทางการค้าว่า ฟรีออน (freon)

จากรูปที่ 3.4 ในขณะที่น้ำยา R-12 เดือดเปลี่ยนสถานะที่อุณหภูมิ -29.8 องศาเซลเซียส จะดูดซับปริมาณความร้อนจากอากาศภายในตู้ซึ่งมีอุณหภูมิที่ 5 องศาเซลเซียส น้ำยา R-12 ในสถานะแก๊สจะถูกปล่อยทิ้งออกสู่อากาศโดยตรงซึ่งจะทำให้อากาศภายในตู้มีอุณหภูมิลดต่ำลง

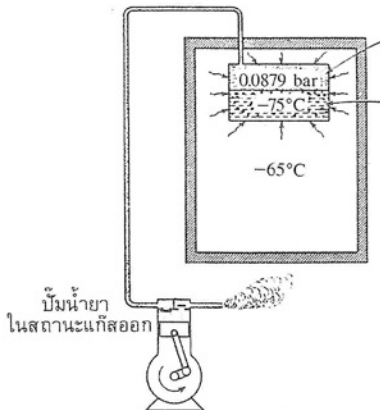
จุดเดือดของน้ำยาเหลวที่ถูกนำมาใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็น สามารถจะควบคุมให้มี อุณหภูมิจุดเดือดที่สูงขึ้นได้โดยการควบคุมความดันของน้ำยาให้สูงขึ้น จากรูปที่ 3.5 เมื่อปิดวาล์วให้น้ำยา R-12 ในสถานะปล่อยทิ้งออกสู่อากาศได้น้อยลง จะทำให้ความดันของน้ำยาภายในสูงขึ้นเป็น 3.0861 บาร์ และที่ความดันขนาดนี้ น้ำยา R-12 จะมีจุดเดือดที่ 0 องศาเซลเซียส ซึ่งก็ยังคงทำให้อากาศภายในตู้มีอุณหภูมิต่ำลงได้



รูปที่ 3.5 จุดเดือดของน้ำยา R-12 จะสูงขึ้น เป็น 0°C ที่ความดัน 3.0861 bar

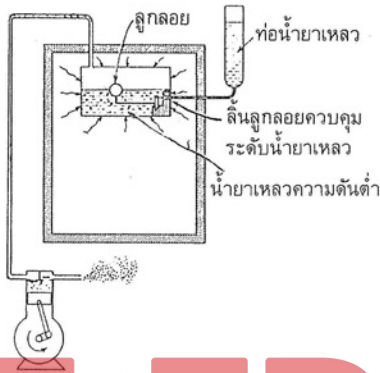
inspiration starts here

ในทางตรงกันข้าม ถ้าลดความดันของน้ำยาเหลวลงให้ต่ำกว่าความดันบรรยากาศแล้ว อุณหภูมิ จุดเดือดของน้ำยาจะลดต่ำลงด้วย จากรูปที่ 3.6 ถ้ามีคอมเพรสเซอร์ช่วยปัมน้ำยาในสถานะแก๊สออกทิ้ง น้ำยา R-12 จะมีความดันลดต่ำลงเหลือ 0.0879 บาร์ ซึ่งที่ความดันขนาดนี้ น้ำยา R-12 จะมีจุดเดือดที่ -75 องศาเซลเซียส สามารถทำให้อุณหภูมิภายในตู้มีอุณหภูมิต่ำลงได้ถึง -65 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.6 ใช้คอมเพรสเซอร์ปัมน้ำยาออก

การทำความเย็นโดยให้มีคอมเพรสเซอร์ช่วยปัมน้ำยาในสถานะแก๊สออกทิ้งนี้ จะทำให้น้ำยา R-12 เดือดเปลี่ยนสถานะหมดย่างรวดเร็วเช่นกัน และเมื่อน้ำยาเหลวหมดลงแล้ว ก็เท่ากับเป็นการหยุดการทำ ความเย็นภายในตู้ ดังนั้นเพื่อให้มีการทำความเย็นได้ต่อไปอีกก็จะต้องมีน้ำยาเหลวเพิ่มเข้าทดแทน ดังรูปที่ 3.7 น้ำยาเหลวจากท่อเก็บน้ำยาซึ่งมีความดันสูงจะไหลผ่านล้นลูกลอยเข้ามาเพิ่มเติมรักษาให้ระดับของ น้ำยาเหลวที่ความดันต่ำให้มีระดับคงที่อยู่เสมอ

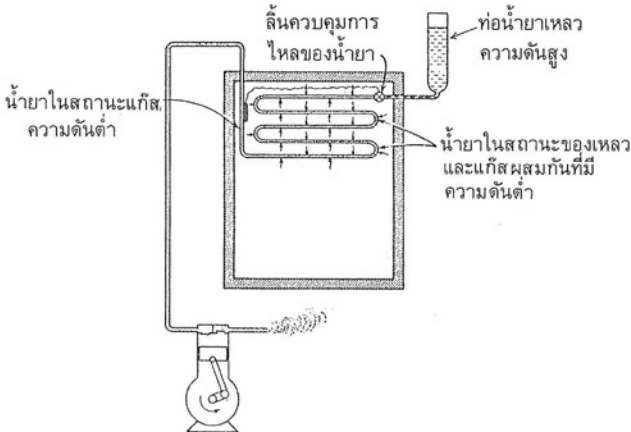


SE-ED

Inspiration starts here

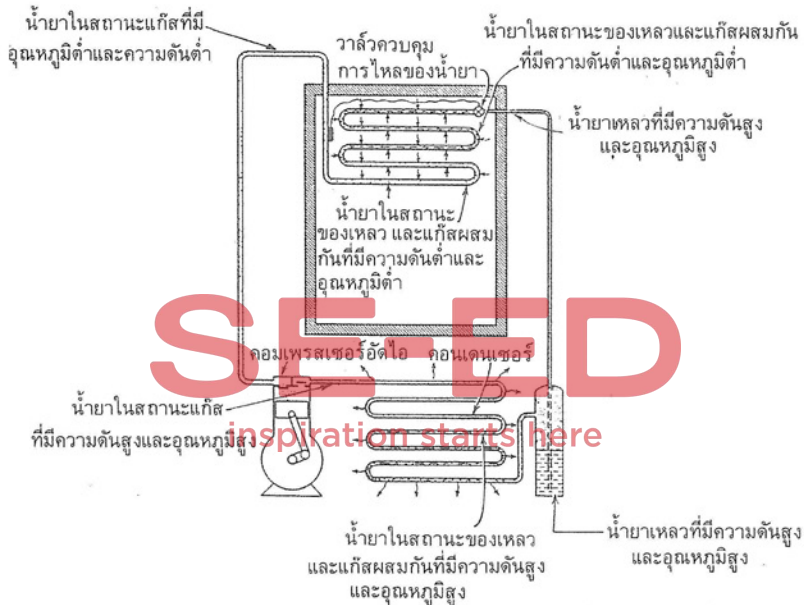
รูปที่ 3.7 น้ำยาเหลวเพิ่มเข้าทดแทนผ่านลูกลอย

น้ำยาเหลวจากท่อเก็บน้ำยาซึ่งมีความดันสูงจะไหลผ่านล้นควบคุมการไหลของน้ำยา เพื่อลดแรงดัน ของน้ำยาลง ล้นควบคุมการไหลของน้ำยานี้มีใช้แตกต่างกันถึง 6 ชนิด และบางชนิดได้ถูกพัฒนาให้นำไปใช้ กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เช่น เทอร์โมสแตติกเอกซ์แพนชันวาล์ว จากรูปที่ 3.8 แสดงหลักการทำงานของ ล้นควบคุมการไหลของน้ำยานี้ ซึ่งจะได้อธิบายโดยละเอียดในบทที่ 6 ต่อไป



รูปที่ 3.8 น้ำยาเหลวเพิ่มเข้าทดแทนผ่านล้นควบคุมการไหล

จากหลักการทำความเย็นโดยให้น้ำยา R-12 เดือดเปลี่ยนสถานะ ดูดรับปริมาณความร้อนจากภายในตู้ และน้ำยา R-12 ในสถานะแก๊สถูกบีบออกทั้งสู่อากาศเช่นนี้ เป็นการสิ้นเปลืองอย่างมากและไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนเพื่อการทำทำความเย็น จึงมีการหาทางนำเอาน้ำยาในสถานะแก๊สนี้กลับมาใช้ทำความเย็นอีก จากรูปที่ 3.9 น้ำยาในสถานะแก๊สที่ถูกคอมเพรสเซอร์บีบออกมา นั้น จะถูกนำไปกลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลวภายในคอนเดนเซอร์ด้วยการระบายความร้อนออก และน้ำยาเหลวนี้จะส่งไปเก็บไว้ในท็อพทักน้ำยาเหลวเพื่อนำกลับใช้ทำความเย็นอีก และหลักการนี้ก็คือต้นแบบของวงจรเครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอนั่นเอง

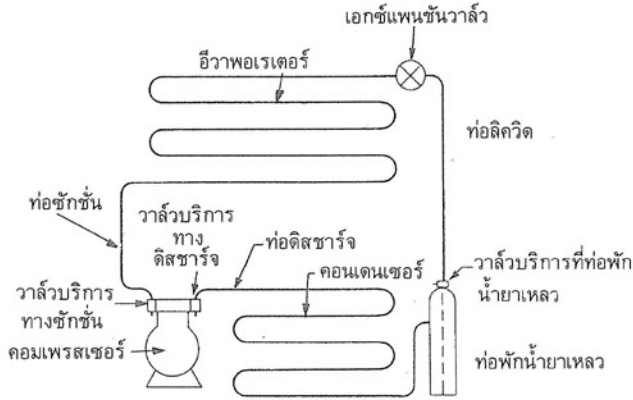


รูปที่ 3.9 ต้นแบบของวงจรเครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ

3.4 วงจรเครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ

วงจรเครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ (vapor compression system) ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักที่สำคัญดังนี้

1. อีวาพอเรเตอร์ (evaporator)
2. คอมเพรสเซอร์ (compressor)
3. คอนเดนเซอร์ (condenser)
4. ท็อพทักน้ำยาเหลว (receiver tank)
5. เอกซ์แพนชันวาล์ว (expansion valve)



รูปที่ 3.10 อุปกรณ์หลักของเครื่องทำความเย็น

หน้าที่การทำงานของอุปกรณ์หลักมีดังนี้คือ

1. อีวาพอเรเตอร์ ทำหน้าที่ดูดซับปริมาณความร้อนจากบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็น ขณะที่น้ำยาทำความเย็นในระบบตรงบริเวณนี้ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สจะดูดซับปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินน้ำยาเข้าไปยังน้ำยาภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ลดลง
2. คอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ในการดูดและอัดน้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊ส โดยดูดแก๊สที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์ และอัดให้มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง จนถึงจุดที่แก๊สพร้อมจะควบแน่นเป็นของเหลวเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำยา
3. คอนเดนเซอร์ ทำหน้าที่ให้น้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊สกลั่นตัวเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อนออกจากน้ำยานั้น กล่าวคือน้ำยาในสถานะแก๊ส อุณหภูมิสูง ความดันสูง ซึ่งถูกอัดส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ เมื่อถูกระบายความร้อนแผ่ออกจะกลั่นตัวเป็นของเหลว แต่ยังคงมีความดันและอุณหภูมิสูงอยู่
4. ท่อพักน้ำยาเหลว น้ำยาเหลวที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงซึ่งกลั่นตัวมาแล้วจากคอนเดนเซอร์ จะถูกส่งเข้ามาพักในท่อพักน้ำยานี้ ก่อนที่จะถูกส่งไปยังเอกซ์แพนชันวาล์วอีกทีหนึ่ง
5. เอกซ์แพนชันวาล์ว ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาเหลวที่ผ่านเข้าไปยังอีวาพอเรเตอร์ลดความดันของน้ำยาให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ในอีวาพอเรเตอร์

นอกจากอุปกรณ์หลักที่สำคัญของระบบการทำความเย็นที่กล่าวมาแล้ว ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ควรทราบคือ

ท่อซักชั้น (suction line) เป็นท่อทางเดินน้ำยาที่ต่ออยู่ระหว่างอีวาพอเรเตอร์กับทางดูดของคอมเพรสเซอร์ น้ำยาในสถานะแก๊ส อุณหภูมิต่ำและความดันต่ำ จากอีวาพอเรเตอร์จะถูกดูดผ่านท่อซักชั้นเข้ายังคอมเพรสเซอร์

ท่อดิสชาร์จ (discharge line) เป็นท่อทางเดินน้ำยาที่ต่ออยู่ระหว่างท่อทางอัดของคอมเพรสเซอร์ กับคอนเดนเซอร์ น้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊สซึ่งถูกคอมเพรสเซอร์อัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น จะถูกส่งไปยังคอนเดนเซอร์ โดยผ่านท่อดิสชาร์จนี้

ท่อลิกวิด (liquid line) เป็นท่อทางเดินน้ำยาที่ต่อระหว่างท่อพักน้ำยาเหลวกับเอกซ์แพนชันวาล์ว น้ำยาเหลว ความดันสูง อุณหภูมิสูง จากท่อพักน้ำยา จะถูกอัดส่งไปยังเอกซ์แพนชันวาล์วโดยผ่านทางท่อลิกวิดนี้

3.5 หลักการทำงานของวงจรทำความเย็น

หลักการทำงานของวงจรทำความเย็น ดังแสดงในรูปที่ 3.11 เริ่มที่ท่อพักน้ำยาเหลว น้ำยาในท่อพักมีสถานะเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง ความดันสูง ถูกส่งเข้าไปยังเอกซ์แพนชันวาล์วโดยผ่านทางท่อลิกวิด ซึ่งเอกซ์แพนชันวาล์วนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาเหลวที่ผ่านเข้ายังอีวาพอเรเตอร์ ลดความดันของน้ำยาเหลวให้มีความดันต่ำลงจนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สและดูดซับปริมาณความดันได้ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ภายในอีวาพอเรเตอร์



รูปที่ 3.11 หลักการทำงานของวงจรเครื่องทำความเย็น

ขณะที่น้ำยาเหลวภายในอีวาพอเรเตอร์ระเหยตัวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส จะดูดซับปริมาณความร้อนจากอากาศโดยรอบ ทำให้อากาศโดยรอบที่อีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิลดต่ำลง และถ้ามีฉนวนกันความร้อนกันโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ไว้ ความร้อนจากภายนอกไม่สามารถผ่านเข้าไปได้หรือผ่านได้น้อย ก็จะทำให้อุณหภูมิภายในบริเวณที่ต้องการทำความเย็นลดต่ำลง

แก๊สที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์จะถูกคอมเพรสเซอร์ดูดผ่านเข้าทางท่อชักชั้น และอัดส่งออกจากท่อดิสชาร์จ ในลักษณะของแก๊สที่มีอุณหภูมิและความดันสูง เพื่อส่งไปกลั่นตัวเป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์โดยการระบายความร้อนออก แต่น้ำยาเหล่านี้จะยังคงมีความดันและอุณหภูมิสูงอยู่ และถูกส่งเข้าไปในท่อพักน้ำยาเหลว ก่อนที่จะถูกส่งไปยังเอ็กซ์แพนชันวาล์วอีกครั้งหนึ่งอันเป็นการครบวงจร

ในระบบของเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก ๆ เช่น ตู้เย็นที่ใช้ในบ้าน และเครื่องปรับอากาศชนิดติดหน้าต่าง บางครั้งไม่ต้องมีท่อพักน้ำยาเหลว แต่น้ำยาเหลวซึ่งถูกกลั่นตัวเรียบร้อยแล้วจากคอนเดนเซอร์จะถูกส่งต่อเข้ายังเอ็กซ์แพนชันวาล์วโดยตรง

3.6 การแบ่งส่วนการทำงานของระบบทำความเย็น

เมื่อพิจารณาถึงความดันภายในระบบเครื่องทำความเย็นแล้ว จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ด้านความดันสูงของระบบและด้านความดันต่ำของระบบ

1. ด้านความดันสูง (high side) ประกอบด้วยทางอัดของคอมเพรสเซอร์ ท่อดิสชาร์จ คอนเดนเซอร์ ท่อพักน้ำยาเหลว ท่อลิควิด และทางเข้าของเอ็กซ์แพนชันวาล์ว ความดันของน้ำยาด้านความอัดสูงนี้ บางครั้งเรียกว่า ความดันทางคอนเดนเซอร์ (condensing pressure) หรือความดันด้านอัด (discharge pressure)

2. ด้านความดันต่ำ (low side) ประกอบด้วยทางออกของเอ็กซ์แพนชันวาล์ว อีวาพอเรเตอร์ ท่อชักชั้น และทางดูดของคอมเพรสเซอร์ด้านความดันต่ำนี้ บางครั้งเรียกว่า ความดันทางอีวาพอเรเตอร์ (evaporator pressure) หรือความดันด้านดูด (suction pressure) หรือความดันด้านกลับ (back pressure)

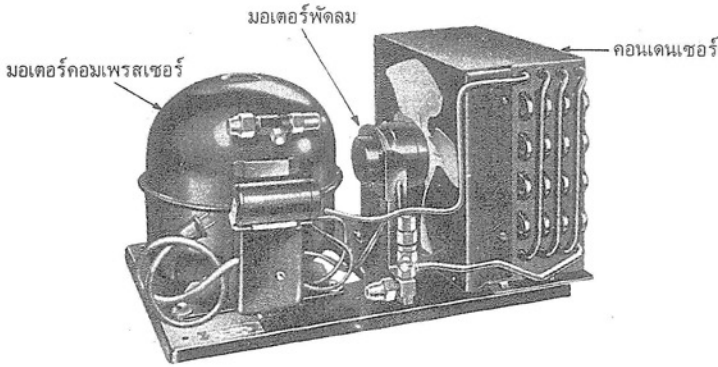
จะเห็นได้ว่าทั้งคอมเพรสเซอร์และเอ็กซ์แพนชันวาล์วเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งความดันของระบบเครื่องทำความเย็นออกเป็น 2 ส่วนดังกล่าว

3.7 คอนเดนซิ่งยูนิท

คอนเดนซิ่งยูนิท (condensing unit) หมายถึง ส่วนของระบบซึ่งทำหน้าที่ทำให้น้ำยาภายในระบบกลั่นตัวเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นน้ำยาเหลว ซึ่งประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์ ท่อทางอัด คอนเดนเซอร์ และท่อพักน้ำยา รวมกันเป็นส่วนหนึ่งของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.12

โดยปกติคอนเดนซิ่งยูนิทแบ่งออกได้ 2 แบบตามลักษณะของตัวกลางในการระบายความร้อนออกที่คอนเดนเซอร์คือ

1. คอนเดนซิ่งยูนิทแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (air-cooled condensing unit)
2. คอนเดนซิ่งยูนิทแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (water-cooled condensing unit)

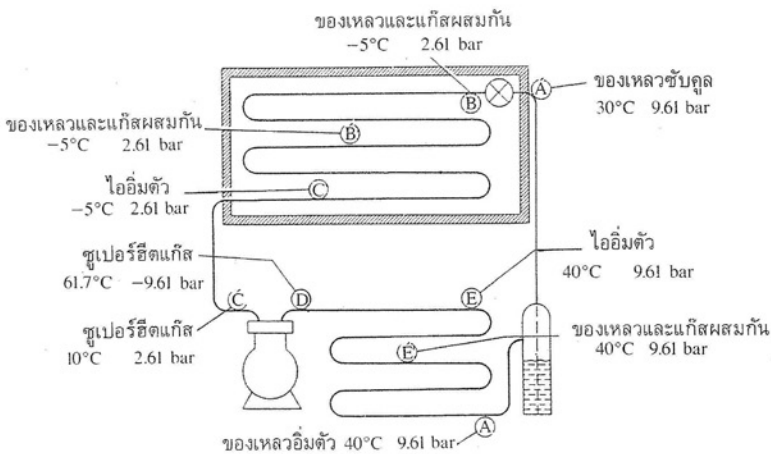


รูปที่ 3.12 คอนเดนเซอร์ชนิดแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

คอนเดนเซอร์ชนิดที่ใช้กับเครื่องทำความเย็นซึ่งมีแรงม้าต่ำ ๆ ส่วนมากใช้แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ เช่น ตู้เย็นและตู้แช่ที่ใช้ในครัวเรือน เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (split type) ที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ตันลงไป

3.8 สถานะ อุณหภูมิและความดันของน้ำยาที่ตำแหน่งต่างๆ ในระบบเครื่องทำความเย็น

เพื่อให้ทราบถึงสถานะ อุณหภูมิ และความดันของน้ำยาที่จุดต่างๆ ของวงจรเครื่องทำความเย็น แสดงดังรูปที่ 2.13 และตารางที่ 3.1 ซึ่งใช้น้ำยา (R-12) ในระบบเครื่องทำความเย็น



รูปที่ 3.13 แสดงสถานะ อุณหภูมิ และความดันของสารทำความเย็น ณ ตำแหน่งต่างๆ ในระบบเครื่องทำความเย็น

ตารางที่ 3.1 แสดงตำแหน่ง สถานะ อุณหภูมิ และความดันของน้ำยา (จากรูปที่ 3.13)

ตำแหน่งที่	สถานะของน้ำยา	ความดัน (bar)	อุณหภูมิ (°C)
A	ของเหลวอิ่มตัว	สูง (9.61)	สูง (40)
A'	ของเหลวซบตุล	สูง (9.61)	สูง (30)
B	ของเหลว (90%) + แก๊ส (10%)	ต่ำ (2.61)	ต่ำ (-5)
B'	ของเหลว (50%) + แก๊ส (50%)	ต่ำ (2.61)	ต่ำ (-5)
C	ไออิ่มตัว	ต่ำ (2.61)	ต่ำ (-5)
C'	ซูเปอร์ฮีตแก๊ส	ต่ำ (2.61)	ต่ำ (10)
D	ซูเปอร์ฮีตแก๊ส	สูง (9.61)	สูง (61.7)
E	ไออิ่มตัว	สูง (9.61)	สูง (40)
E'	แก๊ส (50%) + ของเหลว (50%)	สูง (9.61)	สูง (40)

SE-ED

inspiration starts here

คอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์หรือเครื่องอัด เป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญอันหนึ่งของระบบเครื่องทำความเย็นซึ่งทำหน้าที่ในการดูดและอัดน้ำยาในสถานะแก๊ส วิศวกรรมแห่งประเทศไทยได้ให้ความหมายของคำศัพท์ทางวิชาการของคอมเพรสเซอร์ไว้ว่า “เครื่องอัดคือ อุปกรณ์ที่เพิ่มความดันของสารความเย็นที่อยู่ในสถานะที่เป็นไอ” คอมเพรสเซอร์จะดูดน้ำยาที่เป็นซูเปอร์ฮีตแก๊สความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำจากอีวาพอเรเตอร์ผ่านเข้ามาทางท่อซัคชั่น เข้ายังทางดูดของคอมเพรสเซอร์ แล้วอัดแก๊สนี้ให้มีความดันสูงขึ้นและมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ส่งเข้ายังคอนเดนเซอร์ โดยผ่านเข้าทางท่อดิสชาร์จเพื่อไปกลั่นตัวเป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์ด้วยการระบายความร้อนออกจากร้าน้ำยาอีกทีหนึ่ง

inspiration starts here

จะเห็นได้ว่าในวงจรเครื่องทำความเย็น คอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่แบ่งความดันในระบบระหว่างด้านความดันสูงและความดันต่ำ น้ำยาที่ถูกดูดเข้ามาในคอมเพรสเซอร์จะมีสถานะเป็นแก๊สที่มีความดันต่ำ และน้ำยาที่อัดส่งจากคอมเพรสเซอร์จะมีสถานะเป็นแก๊สซึ่งมีความดันสูง

คอมเพรสเซอร์ของตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศตามบ้านเรือน มักใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อน บางครั้งจึงเรียกรวมกันว่า *มอเตอร์คอมเพรสเซอร์* ส่วนคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศรถยนต์จะยึดติดอยู่กับเครื่องยนต์ และถูกขับเคลื่อนโดยสายพาน ซึ่งจะมีแม็กเนติกคลัตช์ช่วยควบคุมการเดินและหยุดคอมเพรสเซอร์ในขณะที่กำลังเดินเครื่องยนต์อยู่

4.1 ชนิดของคอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์ที่ใช้กันอยู่ในงานเครื่องทำความเย็น มีแตกต่างกันอยู่หลายชนิดคือ

1. แบบลูกสูบ (reciprocating)
2. แบบโรตารี (rotary)
3. แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal)
4. แบบเกียร์ (gear)

5. แบบไดอะแฟรม (diaphragm)
6. แบบสวอชเพลต (swash plate)

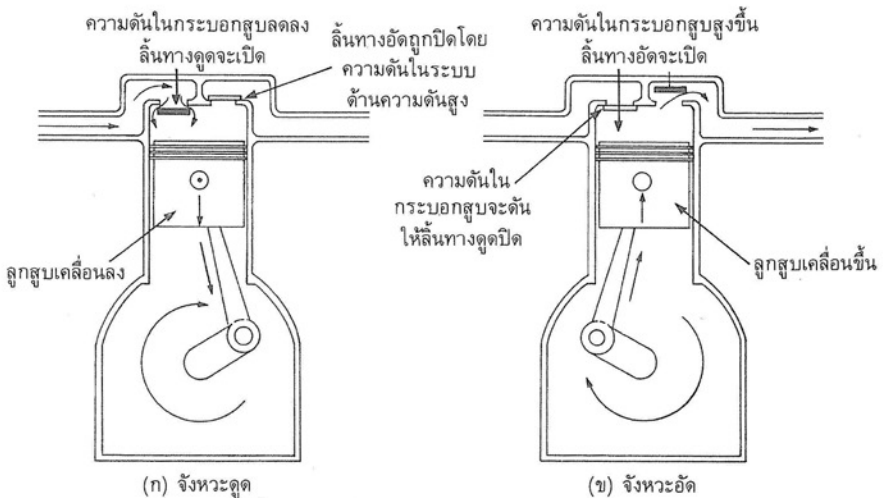
อย่างไรก็ตามมีอยู่ 3 แบบเท่านั้นที่นิยมใช้กันในงานเครื่องทำความเย็น คือ คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ แบบโรตารี และแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ในจำนวนทั้งหมดนี้คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบนับว่าพบใช้กันมากที่สุด คือพบใช้กับเครื่องทำความเย็นตั้งแต่ขนาดเล็ก ๆ ประมาณ 1/20 แรงม้าขึ้นไปจนกระทั่งถึงเครื่องทำความเย็นในระบบใหญ่ ๆ ขนาด 50 - 60 ตัน คอมเพรสเซอร์แบบโรตารีมีขีดจำกัดในการใช้งานคือ ใช้ได้ดีกับระบบที่มีกำลังม้าน้อย ๆ เช่น ตู้เย็นที่ใช้ในครัวเรือน หรือเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดไม่เกิน 1 - 2 ตัน แต่ถ้าระบบใหญ่กว่านี้ คอมเพรสเซอร์แบบโรตารีจะใช้งานไม่คุ้มตนัก

คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางใช้ได้เฉพาะกับเครื่องทำความเย็นระบบใหญ่ ๆ ตั้งแต่ 50 - 60 ตันขึ้นไป ปัจจุบันในประเทศไทย เครื่องทำความเย็นระบบใหญ่ ๆ เช่นนี้กำลังขยายการใช้งานขึ้นอย่างกว้างขวาง เพราะศูนย์การค้าและดีโกอาคารขนาดใหญ่ ๆ ที่สร้างขึ้นใหม่มีออกแบบมาเพื่อให้มีการปรับอากาศทั้งสิ้น

4.2 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

หน้าที่และการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบคือ จะดูดและอัดน้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊ส โดยดูดน้ำยาในสถานะแก๊สที่มีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำจากอีวาพอเรเตอร์ เข้ามาอัดตัวให้เป็นแก๊สที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงขึ้นแล้วส่งไปยังคอนเดนเซอร์

หลักการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบบังคับนี้คือ ในแต่ละกระบอกสูบจะประกอบด้วยชุดของลิ้นทางดูดและลิ้นทางอัดซึ่งติดอยู่กับวาล์วเพลต (valve plate) ขณะที่ลูกสูบหนึ่งเคลื่อนที่ลงในจังหวะดูด อีกลูกสูบหนึ่งจะเคลื่อนที่ขึ้นในจังหวะอัด ดังรูปที่ 4.1

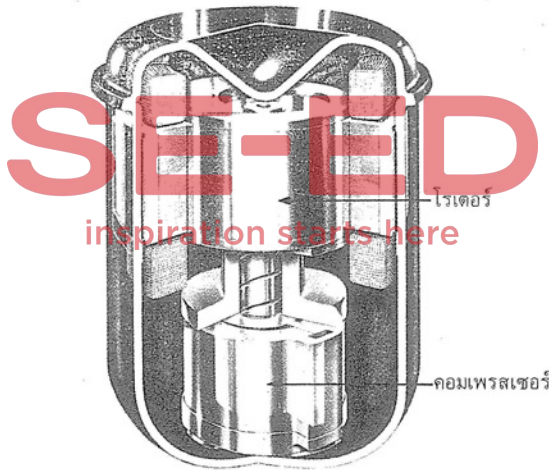


รูปที่ 4.1 การทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

ขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงหรือจังหวะดูด แรงดันของน้ำยาในกระบอกสูบลดลงมาก ลิ้นทางอัดจะถูกปิดโดยแรงอัดของน้ำยาที่อยู่ทางด้านความดันสูง และลิ้นทางดูดจะถูกเปิด ดูดเอาน้ำยาจากทางด้านความดันต่ำผ่านเข้ามาในกระบอกสูบ ขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นหรือจังหวะอัด แรงดันของน้ำยาในกระบอกสูบจะถูกอัดตัวสูงขึ้น ลิ้นทางดูดจะถูกปิดด้วยแรงอัดที่สูงขึ้นภายในกระบอกสูบนี้ และลิ้นทางอัดจะถูกเปิดอัดน้ำยาส่งออกไปทางด้านความดันสูงของระบบ

4.3 คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี

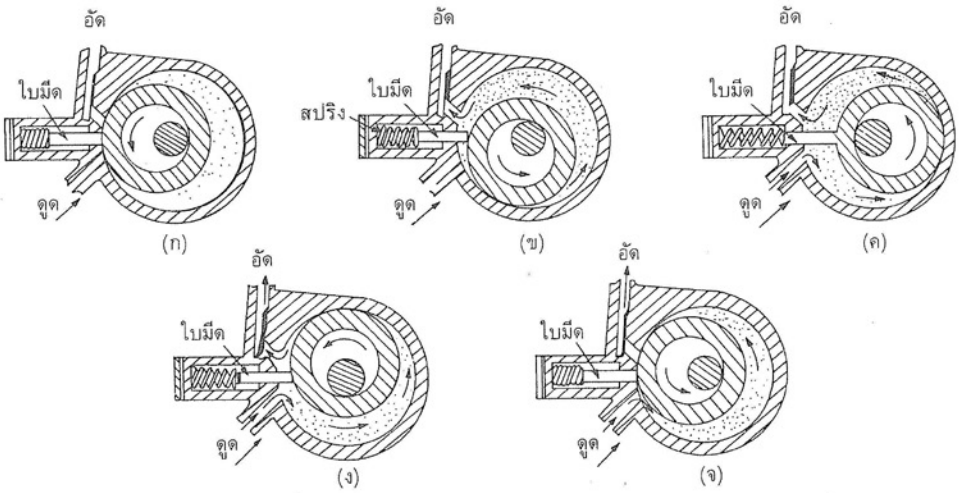
คอมเพรสเซอร์แบบโรตารีทำหน้าที่ดูดและอัดน้ำยาในสถานะแก๊ส โดยอาศัยการกวาดตัวตามแกนโรเตอร์ (rotor) เนื่องจากคอมเพรสเซอร์แบบโรตารีนี้มีขีดจำกัดในการทำงาน คือจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง กินไฟน้อย กับระบบเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กจนถึงไม่เกิน 1-2 ตัน แต่ถ้าระบบขนาดใหญ่เกินกว่านี้แล้ว คอมเพรสเซอร์แบบโรตารีจะใช้งานไม่สู้ดีนัก



รูปที่ 4.2 คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี

หลักการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบโรตารีก็คือ จะดูดอัดน้ำยาในสถานะแก๊สโดยอาศัยการกวาดตัวตามแกนโรเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.3

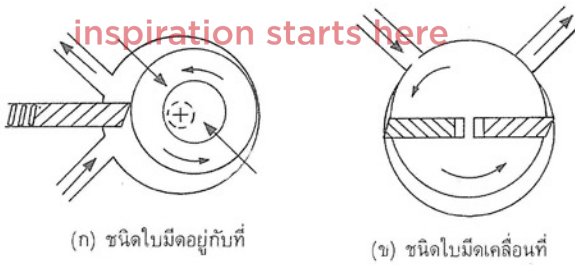
จากรูปที่ 4.3 (ก) เป็นตำแหน่งเริ่มการดูดอัด ภายในกระบอกสูบมีน้ำยาที่มีสถานะเป็นแก๊สอยู่เต็มตำแหน่งในรูป (ข) แก๊สในกระบอกสูบถูกกวาดอัดตัวพร้อม ๆ กับการเริ่มจังหวะดูด ตำแหน่งในรูป (ค) ช่วงจังหวะการดูดและอัดอยู่ระหว่างครึ่งต่อครึ่ง ตำแหน่งในรูป (ง) ลิ้นทางอัดเปิดในช่วงจังหวะอัดพร้อม ๆ กับสารความเย็นถูกดูดเข้ามาเพิ่มมากขึ้นในกระบอกสูบ และที่ตำแหน่งในรูป (จ) จังหวะการดูดและอัดครบรอบ



รูปที่ 4.3 แสดงการดูดอัดของคอมเพรสเซอร์แบบโรตารี

ในช่วงจังหวะการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบนี้จะมีตัวช่วยแบ่งกันระหว่างห้องดูดและห้องอัดภายในตัวคอมเพรสเซอร์ ซึ่งเรียกว่า ใบมีด (blade)

SE-ED
inspiration starts here



(ก) ชนิดใบมีดอยู่กับที่

(ข) ชนิดใบมีดเคลื่อนที่

รูปที่ 4.4 ใบมีดของคอมเพรสเซอร์แบบโรตารี

ใบมีดที่ทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งกันห้องดูดและอัดของคอมเพรสเซอร์แบบโรตารีมีอยู่ 2 ชนิดคือ

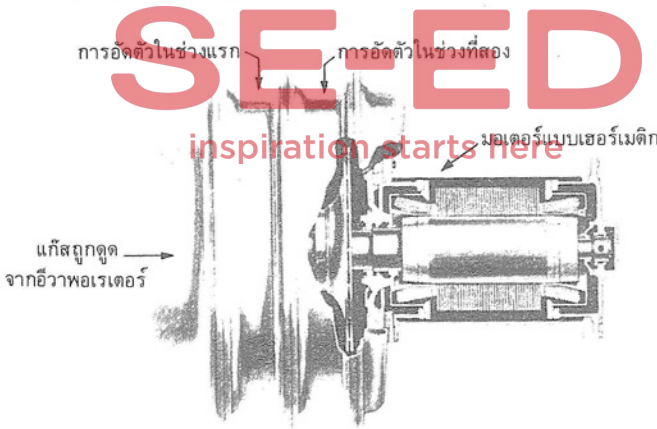
1. ชนิดใบมีดอยู่กับที่ (stationary blade) เป็นแบบซึ่งใบมีดจะฝังตัวกับกระบอกสูบ ขณะที่ตัวหมุนกวาดน้ำยาหมุนห่างออกไป สปริงจะดันให้ใบมีดชนอยู่กับตัวหมุนตลอดเวลา เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกั้นห้องดูดและห้องอัดในกระบอกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 (ก)
2. ชนิดใบมีดเคลื่อนที่ (rotating blade) แบบนี้ใบมีดจะฝังตัวอยู่ในตัวหมุนกวาดน้ำยา ในขณะที่ตัวหมุนกวาดน้ำยาหมุนห่างออกไป สปริงจะดันให้ใบมีดชนกับกระบอกสูบ และเคลื่อนที่ไปโดยรอบเพื่อทำหน้าที่แบ่งห้องดูดและห้องอัด ดังรูปที่ 4.4 (ข)

คอมเพรสเซอร์แบบโรตารีจะต้องมีวาล์วกันกลับซึ่งเป็นลื่นที่ยอมให้น้ำยาไหลผ่านทางเดียว เพื่อป้องกันมิให้น้ำยาในสถานะแก๊สซึ่งถูกอัดให้มีความดันสูง ไหลย้อนกลับเข้าอีวาพอเรเตอร์

คอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่แบ่งความดันในระบบระหว่างด้านความดันสูงและด้านความดันต่ำ น้ำยาที่ถูกดูดเข้ามาในคอมเพรสเซอร์จะมีสถานะเป็นแก๊สซึ่งมีความดันต่ำ และน้ำยาที่ถูกอัดส่งจากคอมเพรสเซอร์จะมีสถานะเป็นแก๊สซึ่งมีความดันสูง

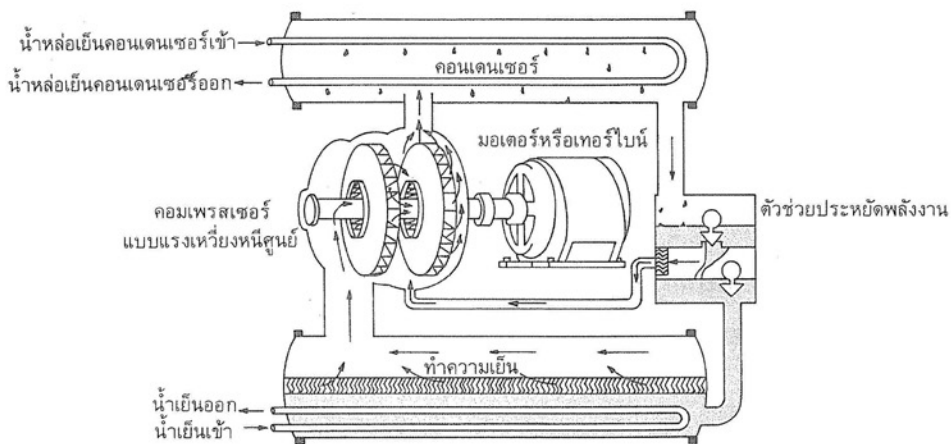
4.4 คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางนี้ใช้ได้กับระบบเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่ ๆ โดยทั่วไปพบใช้ตั้งแต่ 50 ตันขึ้นไป คอมเพรสเซอร์แบบนี้มีโครงสร้างเป็นใบพัด (รูปที่ 4.5) มีการดูดและอัดน้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊สให้มีความดันสูงขึ้นโดยไม่ต้องใช้กระบอกสูบ ลูกสูบและวาล์วทางดูด-ทางอัดเลย แต่ น้ำยาในสถานะแก๊สซึ่งมีความดันต่ำจะถูกดูดเข้ามาใกล้กับแกนกลางของคอมเพรสเซอร์ และถูกเหวี่ยงตัวด้วยใบพัดทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force) น้ำยาจึงเกิดการอัดตัวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของน้ำยานี้ ความแตกต่างแรงดันของน้ำยาที่ถูกดูดเข้ามาและถูกอัดส่งออกจะไม่มากนัก ดังนั้นเพื่อให้ได้แรงดันที่สูงขึ้นจึงต่อแก๊สที่ถูกเหวี่ยงอัดตัวแล้วเข้าไปเหวี่ยงอัดตัวในช่วงต่อไป (second stage)



รูปที่ 4.5 คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

ดังได้กล่าวแล้วว่าการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบนี้ ไม่ต้องอาศัยวาล์ว ลูกสูบ และกระบอกสูบ แต่การเพิ่มความดันของน้ำยา ทำได้โดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งการทำงานต้องอาศัยความเร็วรอบที่สูง ๆ เพื่อให้ได้แรงเหวี่ยงตัวของน้ำยาเกิดความดันสูงขึ้น

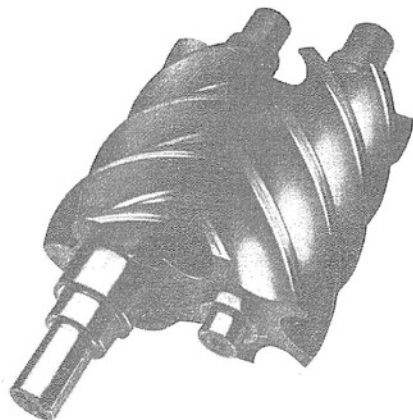


รูปที่ 4.6 ระบบเครื่องทำความเย็นใช้คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

4.5 คอมเพรสเซอร์แบบเกียร์และแบบไดอะแฟรม

คอมเพรสเซอร์แบบเกียร์ดูดอัดน้ำยาในสถานะแก๊สโดยใช้เกียร์สองตัวซึ่งเฟืองขบกัน ช่องว่างระหว่างเฟืองเกียร์ทั้งสองห่างกันน้อยมาก ขณะที่เฟืองเกียร์ถูกหมุนจะเกิดการดูดน้ำยาเข้าและอัดออกจากด้านปลายเฟืองเกียร์ แล้วส่งออกจากด้านอัดของคอมเพรสเซอร์

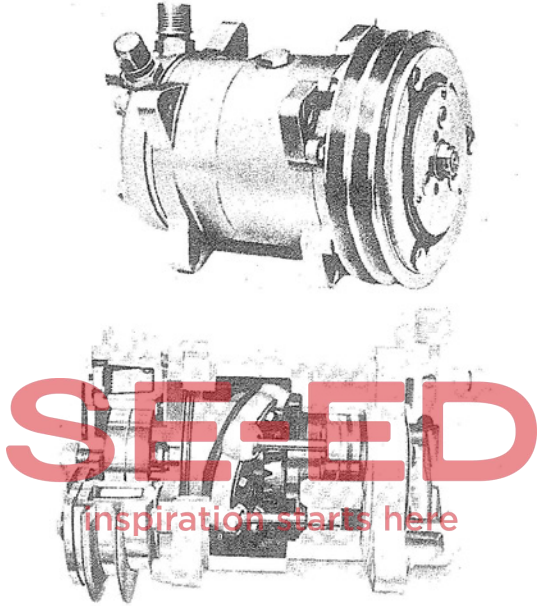
คอมเพรสเซอร์แบบไดอะแฟรมเป็นอีกแบบหนึ่งที่ไม่ค่อยพบใช้โดยทั่วไป การทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบนี้อาศัยการสั่นของไดอะแฟรม ทำให้เกิดการดูดอัดน้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊ส ให้มีความดันสูงขึ้นส่งไปยังคอนเดนเซอร์ คอมเพรสเซอร์แบบนี้พบใช้กับตู้เย็นขนาดเล็ก ๆ เท่านั้น



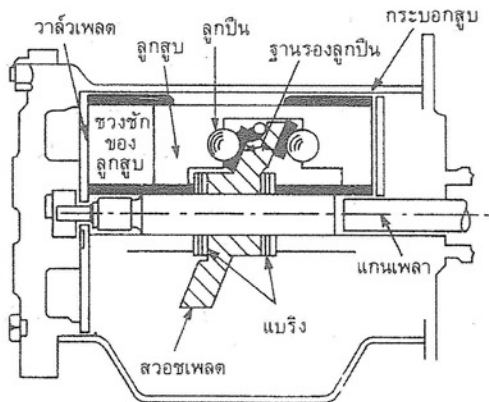
รูปที่ 4.7 คอมเพรสเซอร์แบบเกียร์

4.6 คอมเพรสเซอร์แบบสวอชเฟลต

ปัจจุบันคอมเพรสเซอร์แบบสวอชเฟลตนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศรถยนต์ เพราะคอมเพรสเซอร์แบบนี้มีขนาดเล็กกะทัดรัด มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง และจุดแรงเครื่องยนต์น้อยกว่าแบบลูกสูบ ในขนาดของการทำความเย็นจำนวนแคลอรีเท่ากัน



รูปที่ 4.8 คอมเพรสเซอร์แบบสวอชเฟลต



รูปที่ 4.9 โครงสร้างภายในของคอมเพรสเซอร์แบบสวอชเฟลต

โครงสร้างของคอมเพรสเซอร์แบบสวอชเฟลตนี้ประกอบด้วยกระบอกสูบ 5 กระบอก มีสวอชเฟลตเป็นเฟลตเอียงหมุนกวาดให้ลูกสูบทั้งห้าทำหน้าที่ดูดอัดน้ำยาในสถานะแก๊ส การเคลื่อนที่ของลูกสูบเพื่อดูดอัดน้ำยาของคอมเพรสเซอร์แบบนี้ไม่ต้องมีเพลลาข้อเหวี่ยงเป็นตัวช่วยให้ลูกสูบเคลื่อนที่ในกระบอกสูบ แต่จะใช้เฟลตเอียงทำหน้าที่แทน แต่เดิมนั้นคอมเพรสเซอร์แบบสวอชเฟลตมีโครงสร้างประกอบด้วยกระบอกสูบ 3 กระบอกสูบ มีเฟลตเอียงหมุนกวาดให้ลูกสูบทำหน้าที่ดูดอัดน้ำยาในกระบอกสูบหัวท้าย

ในขณะที่แกนเพลลาของคอมเพรสเซอร์หมุน เฟลตเอียงจะถูกหมุนตามไปด้วย ซึ่งมีผลให้ลูกสูบเคลื่อนที่กลับไปกลับมาภายในกระบอกสูบเกิดการดูดและอัดน้ำยาเช่นเดียวกับคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

4.7 โครงสร้างของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบนี้นับใช้กันมากที่สุดในงานเครื่องทำความเย็น มีตั้งแต่ขนาดเล็ก ๆ ประมาณ 1/20 แรงม้า จนถึงเครื่องทำความเย็นขนาด 50-60 ตันขึ้นไป โครงสร้างของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบประกอบด้วย

1. กระบอกสูบ
2. เพลลาข้อเหวี่ยง
3. ลูกสูบ
4. ก้านสูบ
5. ฝาสูบ
6. วาล์วทางดูดและทางอัด
7. วาล์วบริการ
8. ซีลแกนเพลลา
9. ปะเก็น
10. น้ำมันหล่อลื่น

SE-ED

Inspiration starts here

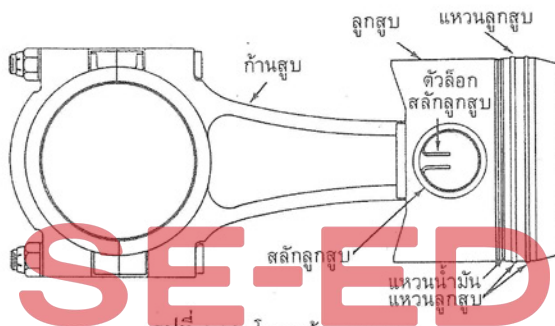
คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบนี้นี้ เป็นแบบที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง การถอดซ่อมคอมเพรสเซอร์สามารถทำได้เช่นเดียวกับการถอดซ่อมเครื่องยนต์ กระบอกสูบและฝาสูบจะทำด้วยเหล็กเนื้อแข็งอย่างดี และลูกสูบก็ทำจากเหล็กเนื้อแข็งอย่างดีเช่นเดียวกัน สำหรับชิ้นส่วนประกอบบางอย่างอาจใช้อะลูมิเนียม อย่างไรก็ตามการนำไปใช้งานจะต้องระมัดระวังว่าจะลูมิเนียมอาจทำปฏิกิริยากับน้ำยาทำความเย็นบางชนิด ส่วนก้านสูบและเพลลาข้อเหวี่ยงมักจะทำจากเหล็กหล่อแม้ว่าบางส่วนของลูกสูบเนื้อแข็งอย่างดี

กระบอกสูบ กระบอกสูบคอมเพรสเซอร์โดยทั่วไปจะทำจากเหล็กหล่อเนื้อดี และเหล็กหล่อเนื้อดีต้องมีความหนาแน่นพอจะป้องกันการรั่วซึมของน้ำยาเครื่องทำความเย็นได้ ดังนั้นจึงมีการผสมนิกเกิลเข้าไปเพื่อให้เป็นเหล็กหล่อที่มีความหนาแน่นตามต้องการ คอมเพรสเซอร์ขนาดเล็กมักจะทำค้ำบริบรอบกระบอกสูบเพื่อช่วยในการระบายความร้อน ส่วนคอมเพรสเซอร์ขนาดใหญ่ ๆ มักจะมีเสื้อสูบให้น้ำเข้าไปหล่อเย็นโดยรอบกระบอกสูบด้วย

ส่วนมากแล้วมักจะหล่อห้องเพลาช้อเหวี่ยง (crankcase) เข้าเป็นเนื้อเดียวกับกระบอกสูบ เพื่อลดจำนวนชิ้นส่วนประกอบให้น้อยลงเป็นการป้องกันการรั่วภายในกระบอกสูบซึ่งลูกสูบเคลื่อนที่อยู่ จะต้องทำด้วยความประณีตมีผิวเรียบมันพิทพอติดกับลูกสูบ ดังนั้นจึงมีบริษัทผู้ผลิตบางแห่งใช้การขัดมันกระบอกสูบด้วยตัวเองโดยลูกสูบ ด้วยการประกอบกระบอกสูบและลูกสูบเข้าเป็นชุด

ลูกสูบ ลูกสูบโดยทั่วไปทำจากเหล็กหล่อเนื้อดี และพื้นผิวนอกของลูกสูบขัดมันด้วยความประณีต เพื่อให้มีความพิทพอติดกับกระบอกสูบ ตัวลูกสูบจะมีรูสำหรับสลักยึดให้ก้านสูบติดกับลูกสูบ

ลูกสูบขนาดเล็กมักจะมีร่องน้ำมันโดยรอบลูกสูบทำหน้าที่เช่นเดียวกับแหวนลูกสูบ ในขณะที่ลูกสูบขนาดใหญ่ (เกินกว่า 1.5 นิ้ว) จะมีแหวนลูกสูบอยู่ด้วย (ดังแสดงในรูปที่ 4.10)



รูปที่ 4.10 โครงสร้างของลูกสูบ

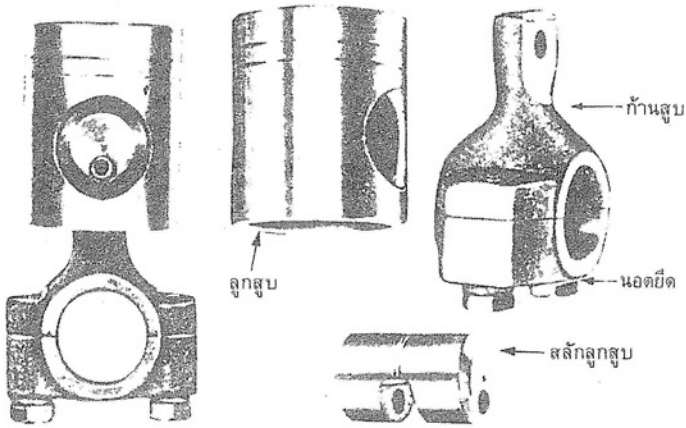
inspiration starts here

แหวนลูกสูบโดยปกติทำจากเหล็กหล่อ บางครั้งพบว่าทำจากบรอนซ์ แหวนลูกสูบจะต้องติดอยู่ในตำแหน่งใกล้ร่องน้ำมันให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ สลักลูกสูบที่ยึดก้านสูบให้ติดกับลูกสูบจะทำจากเหล็กแข็งผสมคาร์บอน และเมื่อยึดด้วยสลักนั้นแล้ว ลูกสูบยังสามารถหมุนได้โดยอิสระกับตัวก้านสูบ เพื่อให้ลูกสูบสามารถเคลื่อนตัวขึ้นลงดูดอัดน้ำยาในกระบอกสูบได้

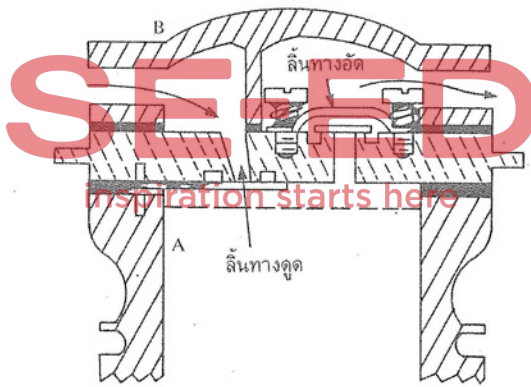
ก้านสูบ ก้านสูบทำหน้าที่ต่อเชื่อมระหว่างลูกสูบกับเพลาช้อเหวี่ยง ก้านสูบนี้บางครั้งทำจากเหล็กหล่อธรรมดา บางครั้งทำจากเหล็กหล่อเนื้อดี ก้านสูบส่วนที่ยึดครอบเพลาช้อเหวี่ยงจะแยกออกเป็นส่วนบนและส่วนล่าง และมีสกรูยึดเพื่อให้ก้านสูบยึดครอบเพลาช้อเหวี่ยงซึ่งจะต้องให้พิทพอดี มีช่องว่างระหว่างก้านสูบกับเพลาช้อเหวี่ยงประมาณ 0.001 นิ้ว

จากรูปที่ 4.11 แสดงลูกสูบและก้านสูบขนาดเล็กที่ใช้กับคอมเพรสเซอร์แบบเฮอริเมติก ก้านสูบจะยึดลูกสูบด้วยสลักลูกสูบ โดยมีสลักล็อกและสปริงเป็นตัวช่วย

ลิ้น ลิ้นคอมเพรสเซอร์ประกอบด้วย วาล์วเพลต ลิ้นทางดูดและลิ้นทางอัด โดยทั่วไปลิ้นคอมเพรสเซอร์ทำจากเหล็กแผ่นบางซึ่งมีผิวเรียบมัน และยึดติดอยู่กับวาล์วเพลต



รูปที่ 4.11 ลูกสูบและก้านสูบ



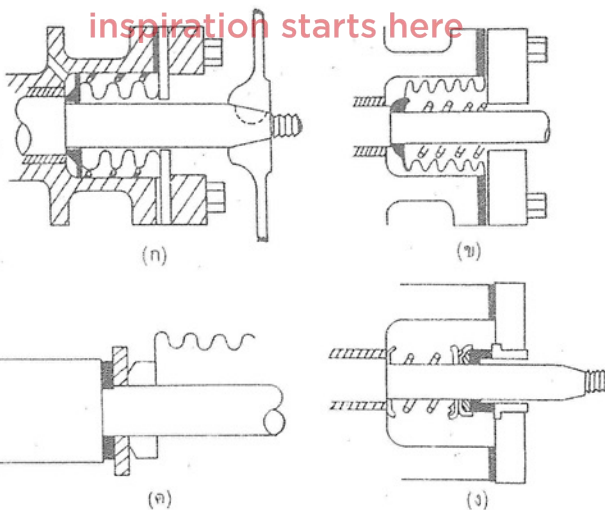
รูปที่ 4.12 ลินคอมเพรสเซอร์และวาล์วเฟลต

ตัววาล์วเฟลตจะทำจากเหล็กหล่อชนิดแข็งอย่างดี ผิวหน้าเรียบมัน ลินทางดูดจะยึดติดกับวาล์วเฟลตด้วยสลักเล็ก ๆ และฝาสูบคอมเพรสเซอร์ ส่วนลินทางอัดจะยึดติดกับวาล์วเฟลตด้วยสกรูตัวเล็ก ๆ มีเหล็กประกับและสปริงคอยดันให้ลिनปิดอยู่ตลอดเวลา ลินเมื่อถูกประกอบเข้ากับวาล์วเฟลตแล้วจะต้องเรียบเกือบเป็นผิวเดียวกัน ยอมให้มีความแตกต่างเพียง 0.0001 - 0.0002 นิ้วเท่านั้น เพื่อป้องกันมิให้ลिनรั่ว ในทางปฏิบัติหากมีการรั่วที่วาล์วเฟลตแล้ว จะไม่มีการซ่อมแผ่นวาล์วเฟลต แต่จะต้องเปลี่ยนวาล์วเฟลตใหม่เสมอ ส่วนลินคอมเพรสเซอร์นั้นหากมีเขมาจับทำให้แรงอัดของคอมเพรสเซอร์ลดน้อยลงแล้ว ก็สามารถถอดเอาลिनออกมาบัดใหม่ได้ด้วยมือบนแผ่นกระจกเรียบ แต่การปรับตั้งลिनใหม่จะต้องกระทำด้วยความประณีตและความชำนาญสูงเพื่อให้ลินขณะทำงานเปิดประมาณ 0.010 นิ้ว ซึ่งถ้าวาล์วเปิดมากกว่านี้ก็จะเกิดอาการเสียงดังที่ลिन และถ้าเปิดน้อยกว่านี้ น้ำยาในสถานะแก๊สจะถูกดูดอัดผ่านได้น้อยเกินไป



รูปที่ 4.13 โครงสร้างวาล์วเพลต

ซิลแกนเพลต เครื่องทำความเย็นที่ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์แบบแยกส่วน (open type) ตัวคอมเพรสเซอร์จะมีแกนเพลตยื่นออกมาจากห้องเพลตข้อเหวี่ยง ซึ่งจุดนี้ต้องมีซิลแกนเพลตสำหรับป้องกันการรั่วของน้ำยาในระบบ และเนื่องจากแกนเพลตจะต้องหมุนอยู่ตลอดเวลาที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน ดังนั้นการออกแบบซิลแกนเพลตจึงต้องให้การรั่วของน้ำยาในระบบได้ในขณะที่แกนเพลตหมุนอยู่ด้วย และต้องกันการรั่วได้ทั้งในขณะที่มีความดันของน้ำยาในห้องเพลตข้อเหวี่ยงต่ำกว่าความดันบรรยากาศ และขณะที่ความดันของน้ำยาสูงขึ้นเท่าความดันด้านสูงของน้ำยาในระบบ



รูปที่ 4.14 ตัวอย่างของซิลแกนเพลต

หน้าสัมผัสของซิลแกนเพลต มักทำจากคาร์บอนแข็ง ผิวหน้าต้องเรียบมัน เมื่อประกบกันแล้วต้องแนบกันอย่างสนิทสามารถกันการรั่วได้ทั้งในขณะที่ยุคนิ่ง และในขณะที่ยุคหมุน

ซิลแกนเพลลาของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศรถยนต์ บางครั้งพบว่าทำจากยางสังเคราะห์ประเภทยางเทียมชนิดทนน้ำมัน หรือสารทนความร้อนประเภทเทฟลอน เพราะคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศรถยนต์จะต้องทำงานในตำแหน่งที่อุณหภูมิสูงกว่าปกติ เนื่องจากความร้อนของเครื่องยนต์

ปะเก็น ในการถอดซ่อมคอมเพรสเซอร์ ส่วนต่อภายในของคอมเพรสเซอร์ มักจะต้องมีซิลกันรั่วซึ่งปะเก็นคอมเพรสเซอร์จะเป็นตัวทำหน้าที่กันรั่วนี้ ดังนั้นปะเก็นจึงต้องทำจากวัสดุที่ไม่เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำมันคอมเพรสเซอร์ หรือน้ำยาที่ใช้ในเครื่องทำความเย็น และจะต้องไม่ยืดหดตัวมากเมื่อมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ซึ่งต้องมีอัตราการขยายตัวใกล้เคียงกับชิ้นส่วนอุปกรณ์ของคอมเพรสเซอร์

ปะเก็นที่พบใช้มักทำจากไม้กอร์ก (cork) ส่วนประกอบของกระดาษ แอสเบสตอส ยาง หรืออะลูมิเนียม ปะเก็นกระดาษเป็นชนิดที่พบใช้กันมากที่สุด ปะเก็นอะลูมิเนียมบางครั้งไม่สามารถใช้กับระบบเครื่องทำความเย็น ซึ่งใช้น้ำยาที่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับอะลูมิเนียม ปะเก็นที่ใช้ระหว่างกระบอกสูบและวาล์วเพลตเป็นปะเก็นที่สำคัญมากที่สุด ซึ่งจะต้องใช้ปะเก็นที่มีขนาดความหนาเท่าเดิม ถ้าปะเก็นหนาเกินไปช่องว่างเหนือกระบอกสูบจะมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของกระบอกสูบลดลง และถ้าปะเก็นบางเกินไปก็อาจทำให้ลูกสูบกระแทกกับวาล์วเพลตได้

ดังนั้นในการเปลี่ยนปะเก็น ทางที่ดีแล้วควรเปลี่ยนปะเก็นที่มีขนาดความหนาเท่าเดิมและเป็นปะเก็นที่ผลิตจากบริษัทผู้ผลิตคอมเพรสเซอร์นั้น และการเปลี่ยนปะเก็นจะต้องแน่ใจว่าได้ปรับแต่งผิวหน้าทั้งสองของโลหะส่วนประกอบคอมเพรสเซอร์ให้เรียบสนิท ไม่มีรอยแตกชำรุดเหลืออยู่ มิฉะนั้นแล้วปะเก็นจะไม่สามารถทำหน้าที่ซิลกันรั่วได้

inspiration starts here

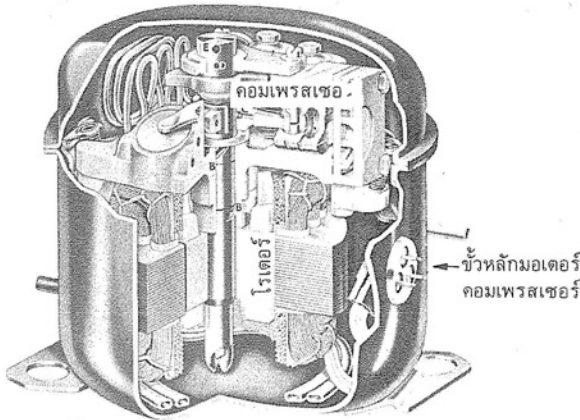
น้ำมันหล่อลื่นคอมเพรสเซอร์ น้ำมันคอมเพรสเซอร์ใช้สำหรับหล่อลื่นส่วนที่เคลื่อนไหวต่าง ๆ ของคอมเพรสเซอร์ น้ำมันนี้จะถูกดูดอัด ปนกับน้ำยาเข้าไปในท่อทางเดินน้ำยาของระบบบ้างเล็กน้อย แต่จะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาทำความเย็น น้ำมันที่ใช้ในการหล่อลื่นคอมเพรสเซอร์นี้ต้องมีค่าความหนืด (viscosity) ตามที่บริษัทผู้ผลิตคอมเพรสเซอร์กำหนด ถ้ามีการเติมหรือถ่ายเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นคอมเพรสเซอร์ ให้พึงระวังไว้ว่าการใช้น้ำมันผิดชนิดและการเติมน้ำมันมากหรือน้อยเกินไป นอกจากจะทำให้ลดประสิทธิภาพในการทำความเย็นแล้ว ยังอาจทำให้คอมเพรสเซอร์เกิดชำรุดเสียหายได้

4.8 มอเตอร์คอมเพรสเซอร์

ต้นกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์เพื่อให้เกิดการดูดและอัดน้ำยาในสถานะแก๊สดังได้กล่าวมาแล้วนั้น ส่วนใหญ่จะใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน จะมียูบ่างที่ใช้เครื่องยนต์เป็นตัวขับเคลื่อน เช่น เครื่องปรับอากาศรถยนต์ เครื่องปรับอากาศรถยนต์โดยสาร เป็นต้น คอมเพรสเซอร์ที่ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนบางที่เรียกรวมกันว่า มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะแบ่งตามลักษณะโครงสร้างภายนอกได้เป็น 3 แบบ คือ

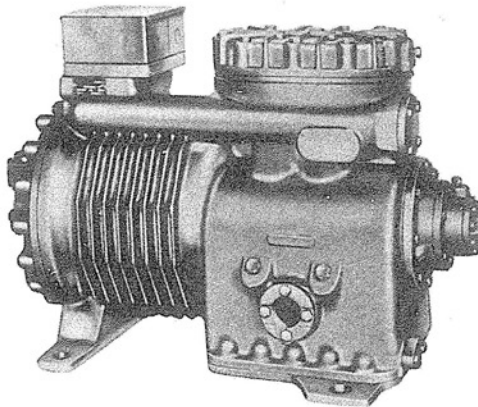
4.8.1 มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบฮีรั่มติก (hermetic motor compressor) เป็นแบบที่มีมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์บรรจุภายในตัวเรือน (housing) ที่เชื่อมปิดมิดชิด ตัวมอเตอร์จะประกอบด้วย

สเตเตอร์และโรเตอร์ แกนของโรเตอร์จะต่อเข้ากับเครื่องคอมเพรสเซอร์โดยตรง ในส่วนของคอมเพรสเซอร์ อาจจะเป็นแบบลูกสูบหรือแบบโรตารีก็ได้ การซ่อมมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบนี้จะต้องผ่าเปิดตัวเรือน ตรงแนวเดิมที่เชื่อมปิดไว้



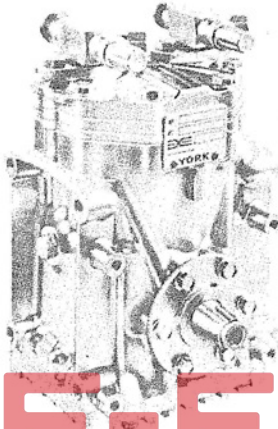
รูปที่ 4.15 มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบเซอร์เมติก

4.8.2 มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งเซอร์เมติก (semi-hermetic motor compressor) เป็นแบบที่เมื่อติดอยู่ในระบบมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์จะบรรจุอยู่ภายในตัวเรือนเดียวกันเช่นเดียวกับแบบเซอร์เมติก ต่างกันเพียงแต่ในการถอดซ่อมไม่ต้องผ่าเปิดตัวเรือน ถ้าเป็นการชำรุดทางส่วนของคอมเพรสเซอร์ก็สามารถคลายนอตเปิดฝาครอบหัวสูบออกซ่อมได้ และถ้าเป็นการชำรุดทางส่วนของมอเตอร์ก็สามารถคลายนอตเปิดฝาครอบท้ายเพื่อถอดเอามอเตอร์ออกมาซ่อมได้ การปิดก็เพียงแต่เปลี่ยนปะเก็นใหม่ และขันนอตกลับให้แน่นตามเดิม



รูปที่ 4.16 มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งเซอร์เมติก

4.8.3 มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบแยกส่วน (open motor compressor) เป็นแบบที่คอมเพรสเซอร์และมอเตอร์แยกออกจากกันโดยเด็ดขาด ในส่วนของคอมเพรสเซอร์จะมีแกนเพลายื่นออกมา การขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ด้วยมอเตอร์จะใช้สายพานเป็นตัวจุด การเชื่อมมอเตอร์หรือคอมเพรสเซอร์สามารถแยกกันซ่อมโดยอิสระ ตัวอย่างที่เห็นชัดที่สุดของคอมเพรสเซอร์แบบนี้ก็คือคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศรถยนต์



SE-ED
รูปที่ 4.17 มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบแยกส่วน
inspiration starts here

คอนเดนเซอร์

คอนเดนเซอร์หรืออุปกรณ์ควบแน่นเป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญอีกอันหนึ่งของระบบเครื่องทำความเย็น ซึ่งทำหน้าที่ให้น้ำยาทำความเย็นในสถานะแก๊สที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงที่ถูกอัดตัวส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ เพื่อกลับตัวให้เป็นน้ำยาเหลวภายในคอนเดนเซอร์ด้วยการระบายความร้อนออก แต่ยังคงมีความดันและอุณหภูมิสูงอยู่

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยได้ให้ความหมายคำศัพท์ทางวิชาการของคอนเดนเซอร์ว่า “อุปกรณ์ควบแน่นคือ อุปกรณ์ที่ทำให้สารทำความเย็นในสภาพที่เป็นไอ เปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวโดยการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น” **inspiration starts here**

ตัวกลางที่ใช้การระบายความร้อนนอกจากน้ำยาในระบบที่คอนเดนเซอร์ บางครั้งเคยพบว่าใช้ตัวกลางที่มีอุณหภูมิต่ำมากเพื่อการระบายความร้อนออกจากน้ำยา ตัวกลางหลักที่ใช้ในการระบายความร้อนก็คือ อากาศ หรือน้ำ หรือใช้ทั้งอากาศและน้ำช่วยกัน

5.1 ชนิดของคอนเดนเซอร์

โดยทั่วไปคอนเดนเซอร์สามารถแบ่งออกได้ 3 ชนิดคือ

1. ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (air-cooled)
2. ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (water-cooled)
3. ชนิดอีวาพอเรทีฟ (evaporative)

คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศจะให้อากาศเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากน้ำยา เพื่อให้ น้ำยาในสถานะแก๊สกลับตัวเป็นน้ำยาเหลว ตามปกติแล้วคอนเดนเซอร์ชนิดนี้มักจะทำด้วยท่อทองแดง (copper tubing) หรือท่อเหล็ก (steel tubing) และมีครีป (fin) เป็นตัวช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการระบายความร้อนออกจากน้ำยาในคอนเดนเซอร์ ในทำนองเดียวกับคอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ก็จะใช้ น้ำเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากน้ำยา เพื่อให้ น้ำยาเปลี่ยนตัวเป็นน้ำยาเหลว

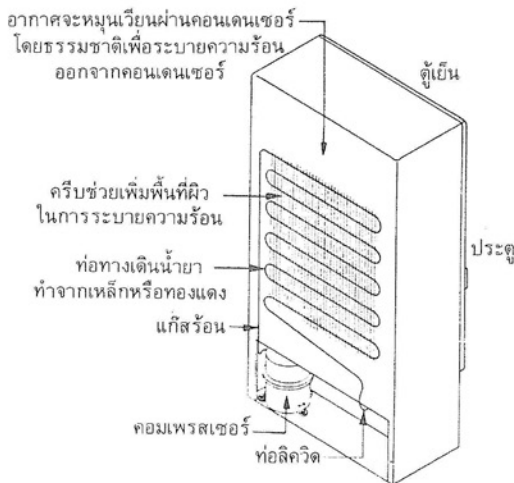
เช่นเดียวกัน ซึ่งคอนเดนเซอร์ทั้งสองชนิดนี้จะรับความร้อนที่ถูกคายออกจากน้ำยาในสถานะแก๊สเพื่อการกลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลว ทำให้อุณหภูมิจึงของอากาศหรือน้ำที่ใช้เป็นตัวกลางมีอุณหภูมิสูงขึ้น

สำหรับฮีววาพอเรตีฟคอนเดนเซอร์จะใช้ทั้งอากาศและน้ำเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากน้ำยา เพื่อให้ น้ำยาในสถานะแก๊สในคอนเดนเซอร์กลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลวโดยการฉีดน้ำเย็นให้เป็นฝอยผ่านลงบนคอนเดนเซอร์ พร้อม ๆ กับใช้พัดลมดูด หรือเป่าอากาศผ่านคอนเดนเซอร์ น้ำบางส่วนจะระเหยตัวขณะที่รับความร้อนจากแผงคอนเดนเซอร์ และถูกอากาศเป่าสวนทาง ทำให้น้ำที่ตกกลับลงในถังมีอุณหภูมิลดต่ำลงเพื่อนำกลับไปใช้งานได้อีก อย่างไรก็ตามอากาศบางส่วนที่ถูกเป่าผ่านคอนเดนเซอร์ชนิดนี้ก็มีอุณหภูมิสูงขึ้นบ้าง ซึ่งจะได้อธิบายคอนเดนเซอร์ทั้งสามชนิดโดยละเอียดต่อไป

5.2 คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

คอนเดนเซอร์ชนิดนี้ใช้อากาศเป็นตัวระบายความร้อนออกจากผิวของคอนเดนเซอร์ ซึ่งอาจเป็นอากาศที่หมุนเวียนโดยธรรมชาติหรืออาจใช้พัดลมช่วยก็ได้ สำหรับแบบที่ใช้อากาศพาความร้อนออกจากผิวของคอนเดนเซอร์โดยธรรมชาติ ปริมาณของอากาศที่หมุนเวียนผ่านผิวของคอนเดนเซอร์จะมีจำนวนน้อย และเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์เป็นไปอย่างเพียงพอจึงจำเป็นต้องเพิ่มพื้นที่ผิวของคอนเดนเซอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ฉะนั้นคอนเดนเซอร์แบบใช้อากาศหมุนเวียนโดยธรรมชาตินี้จึงมีขีดจำกัดในการใช้งานคือจะใช้สำหรับเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก ๆ เช่น ตู้เย็นและตู้แช่ที่ใช้ตามบ้านเรือนเท่านั้น

5.2.1 แบบใช้อากาศหมุนเวียนพาความร้อนออกจากผิวของคอนเดนเซอร์โดยธรรมชาติ อากาศโดยรอบคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศปกติ จึงลอยตัวสูงขึ้น อากาศซึ่งเย็นกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่เพื่อการระบายความร้อนออกจากผิวของคอนเดนเซอร์ หมุนเวียนเช่นนี้ตามธรรมชาติ ดังแสดงในรูปที่ 5.1

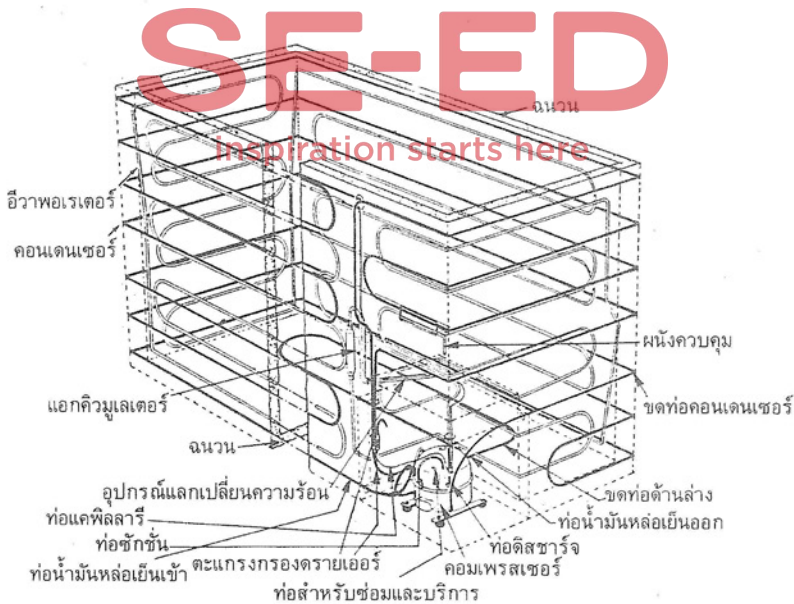


รูปที่ 5.1 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ

คอนเดนเซอร์แบบให้อากาศหมุนเวียนตามธรรมชาติที่ใช้กับตู้เย็นอาจทำด้วยท่อขดไปมาบนแผ่นโลหะ (plate surface) หรืออาจทำด้วยท่อขดไปมาแบบมีครีบบ (finned tubing) เพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการระบายความร้อน ซึ่งแบบที่มีครีบบนี้อากาศจะไหลหมุนเวียนได้โดยสะดวก แต่ถ้าครีบบห่างมากเกินไป ความสามารถในการระบายความร้อนออกของคอนเดนเซอร์ก็จะไม่ดีเท่าที่ควร และถ้ามีฝุ่นหรือสิ่งสกปรกอุดตันที่ครีบบของคอนเดนเซอร์ก็จะทำให้อากาศไหลหมุนเวียนไม่สะดวก การระบายความร้อนออกของคอนเดนเซอร์ก็ไม่ได้เช่นกัน

สำหรับตู้เย็นที่ใช้ตามบ้านเรือน คอนเดนเซอร์มักจะถูกติดตั้งอยู่ด้านหลังของตัวตู้ ดังนั้นในการติดตั้งตู้เย็นเพื่อการใช้งานจึงต้องคำนึงว่าต้องให้มีอากาศหมุนเวียนผ่านคอนเดนเซอร์ได้โดยสะดวก ตู้เย็นจึงควรตั้งให้ด้านหลังของตัวตู้ห่างจากฝาผนังพอสมควร และไม่ควรถังตู้เย็นไว้ใกล้อุปกรณ์ทำความร้อน เช่น เตาอบ เพราะจะทำให้การระบายความร้อนออกที่คอนเดนเซอร์ไม่ดีเท่าที่ควร

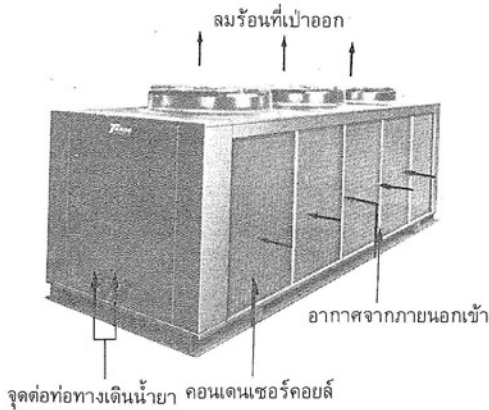
ตู้แช่ที่ใช้ตามบ้านเรือนจำนวนมากสร้างคอนเดนเซอร์โดยใช้ท่อครอบผิวผนังด้านนอกของตัวตู้ให้ผนังรอบนอกของตัวตู้เป็นที่ระบายความร้อน ส่วนของในของตู้แช่ก็มีท่อขดไปมาโดยรอบฟรีเซอร์ (freezer) ช่วงระหว่างผนังรอบนอกและช่องในควรถ่างกันประมาณ 6-8 นิ้ว และมีฉนวนกันความร้อนระหว่างผนังทั้งสองป้องกันไม่ให้ความร้อนจากภายนอกตู้ถ่ายเทเข้าภายใน ดังแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 คอนเดนเซอร์ของตู้แช่ใช้ท่อครอบผนังด้านนอกของตัวตู้

5.2.2 แบบมีพัดลมช่วย คอนเดนเซอร์แบบนี้จะใช้พัดลมหรือโบลเวอร์ ช่วยในการเพิ่มปริมาณลมที่ผ่านผิวของคอนเดนเซอร์มากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้สามารถลดขนาดของคอนเดนเซอร์มากขึ้น และช่วยให้

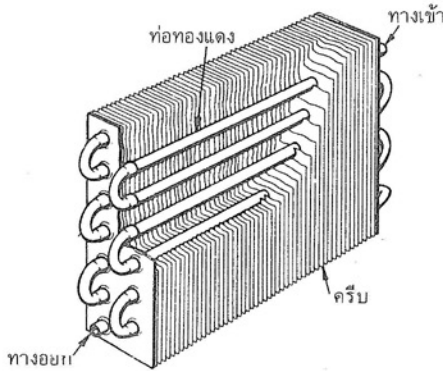
สามารถลดขนาดของคอนเดนเซอร์ให้เล็กลงได้ เช่น คอนเดนเซอร์ชนิดของตู้แช่บางชนิดใช้พัดลมช่วยในการระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ ดังรูปที่ 5.3 ซึ่งคอนเดนเซอร์แบบนี้สามารถใช้กับเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศขนาดตั้งแต่ 1 ตันขึ้นไปถึง 100 ตันหรือมากกว่า



รูปที่ 5.3 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่

โครงสร้างของคอนเดนเซอร์ชนิดนี้ประกอบด้วยขดท่อเหล็ก หรือทองแดง และมีครีบบะลูมิเนียมเป็นตัวช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการระบายความร้อนโดยอากาศที่ผ่านเข้ามาบนผิวหน้าของคอนเดนเซอร์ ดังรูปที่ 5.4

inspiration starts here

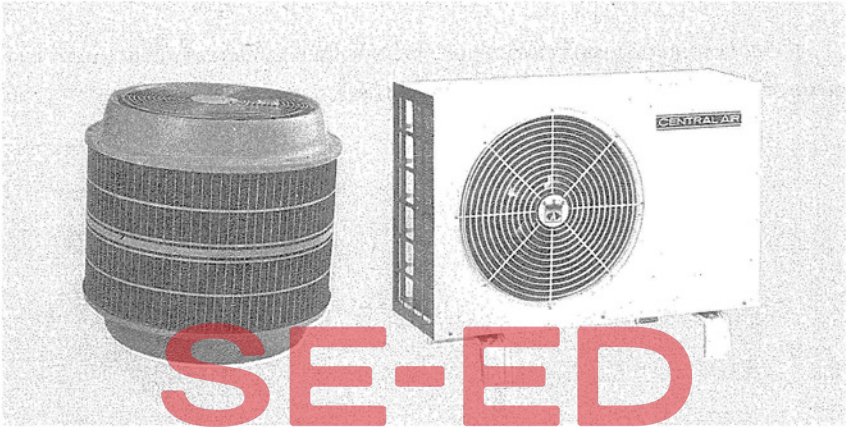


รูปที่ 5.4 โครงสร้างของคอนเดนเซอร์

อากาศที่ผ่านคอนเดนเซอร์นี้เป็นอากาศที่ได้จากพัดลมหรือโบลเวอร์ ถ้ามีฝุ่นหรือสิ่งสกปรกอื่น ๆ อุดตันที่ครีบบของคอนเดนเซอร์ จะทำให้การระบายความร้อนออกจากน้ำยาเพื่อกลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลวไม่เต็มที่เท่าที่ควร และความดันในระบบด้านความดันสูงจะสูงเกินเกณฑ์ ทำให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์กินกระแสสูงเกินไปด้วย

คอนเดนเซอร์แบบใช้พัดลมช่วยเป่าระบายความร้อนนี้สามารถติดตั้งทั้งภายในหรือภายนอกก็ได้ ถ้าเป็นการติดตั้งภายในห้อง อากาศที่ผ่านคอนเดนเซอร์แล้วจะต้องถูกเป่าออกภายนอกห้องทันที ถ้าคอนเดนเซอร์ติดตั้งภายนอกห้อง อาจติดตั้งอยู่กับสนามหญ้า หรือบนหลังคา หรือบนผนังก็ได้

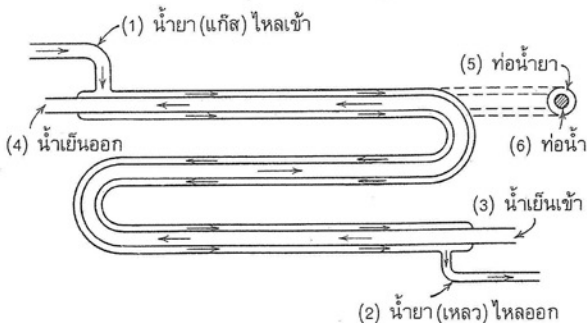
ในปัจจุบันได้มีการออกแบบคอนเดนเซอร์ซึ่งยูนิทใช้การระบายความร้อนด้วยอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 5.5 ซึ่งเป็นแบบที่กำลังนิยมกันอย่างกว้างขวางร่วมกับเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 5.5 คอนเดนเซอร์ชนิดใช้การระบายความร้อนด้วยอากาศ

5.3 คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

คอนเดนเซอร์ชนิดนี้ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากน้ำยาภายในระบบ เพื่อให้ น้ำยาในสถานะแก๊สภายในคอนเดนเซอร์กลับตัวเป็นน้ำยาเหลว ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบคือ



รูปที่ 5.6 คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำแบบท่อสองชั้น

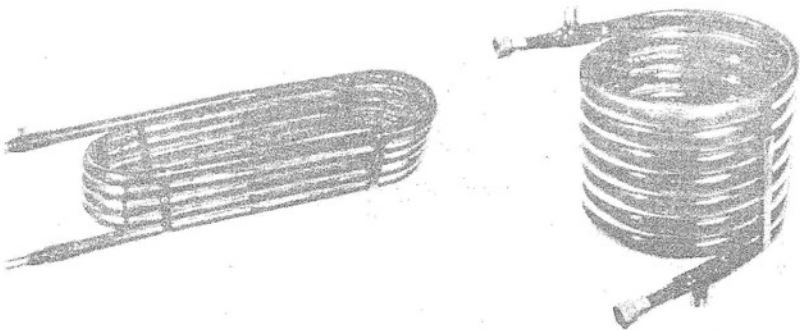
5.3.1 แบบท่อสองชั้น (double tube) คอนเดนเซอร์แบบนี้ประกอบด้วยท่อสองท่อคือ ท่อเล็ก ซึ่งเป็นท่อน้ำจะอยู่ในท่อใหญ่ซึ่งเป็นท่อน้ำยา ดังแสดงในรูปที่ 5.6

จากรูปที่ 5.6 ในขณะที่น้ำยาในสถานะแก๊ส ไหลเข้าทาง (1) ซึ่งเป็นท่อใหญ่ภายนอก น้ำเย็นก็จะไหลเข้าทาง (3) ซึ่งเป็นท่อเล็กภายในและมีทิศทางการไหลสวนทางกัน การที่จัดให้น้ำยาและน้ำเย็นไหลสวนทางกันนี้ก็เพื่อให้ น้ำเย็นถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำยาได้มากที่สุด ทำให้น้ำยากลับตัวเป็นน้ำยาเหลวได้ดี และการจัดให้น้ำยาไหลในท่อใหญ่ซึ่งเป็นท่อนอก ฝวนอกสุดของท่อน้ำยาจะสัมผัสกับอากาศทำให้อากาศบางส่วนสามารถช่วยระบายความร้อนออกจากน้ำยาได้ด้วย

การออกแบบคอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำแบบท่อสองชั้นนี้ออกแบบต่าง ๆ กัน เช่น แบบท่อสองชั้นท่อตรง แบบขดท่อสองชั้น ดังแสดงในรูปที่ 5.7 และรูปที่ 5.8

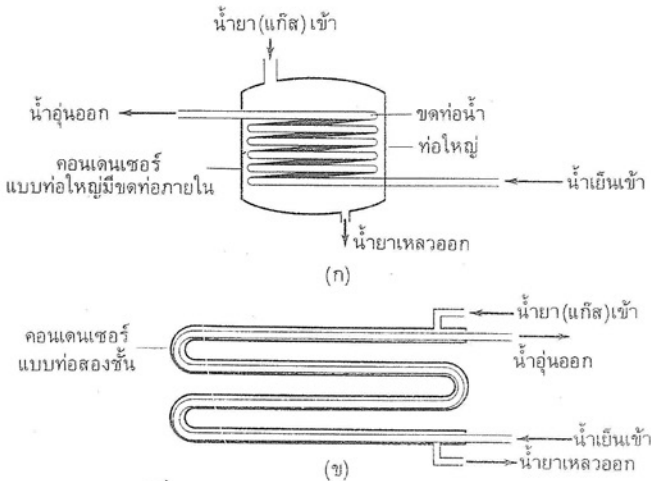


รูปที่ 5.7 คอนเดนเซอร์แบบท่อสองชั้นท่อตรง



รูปที่ 5.8 คอนเดนเซอร์แบบขดท่อสองชั้น

5.3.2 แบบท่อใหญ่มีขดท่อภายใน (shell and coil) ประกอบด้วยขดท่อน้ำหนึ่งขดหรือมากกว่า ขดอยู่ภายในท่อใหญ่ซึ่งบรรจุน้ำยาที่ถูกอัดส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ มากล้นตัวเป็นน้ำยาเหลวรอบ ๆ ขด น้ำเย็น ตั้งรูปที่ 5.9



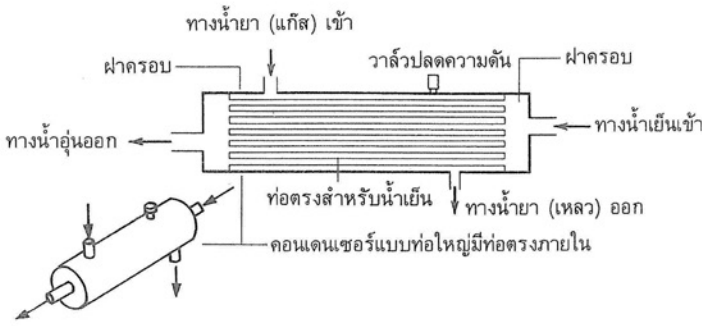
รูปที่ 5.9 คอนเดนเซอร์แบบท่อใหญ่มีขดท่อภายใน

ขณะที่น้ำเย็นไหลหมุนเวียนในขดท่อซึ่งอยู่ภายในท่อใหญ่ น้ำยาในสถานะแก๊สซึ่งถูกอัดส่งจากคอมเพรสเซอร์จะถูกส่งเข้าไปในท่อใหญ่อยู่รอบ ๆ นอกของขดท่อน้ำเย็น จะกลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลวตกลงสู่ตอนล่างของท่อใหญ่ซึ่งทำหน้าที่เป็นท่อพักน้ำยาเหลวในตัวอีกด้วย ในการชาร์จน้ำยาเข้าไปในระบบเครื่องทำความเย็นที่ใช้คอนเดนเซอร์แบบนี้ ต้องระวังอย่าให้ชาร์จน้ำยาเข้ามากเกินไปเพราะอาจทำให้น้ำยาเหลวที่ถูกกลั่นตัวแล้วท่วมขดท่อน้ำเย็น ซึ่งเป็นการลดพื้นที่ผิวสัมผัสของท่อน้ำเย็นมีผลให้น้ำยาในคอนเดนเซอร์กลั่นตัวไม่ดี อุณหภูมิและความดันของน้ำยาในระบบจะสูงขึ้น

คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำแบบท่อใหญ่มีขดท่อภายในนี้ใช้กับเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก ๆ ขึ้นไปจนถึงประมาณ 10 ตัน และสามารถทำความสะอาดคอนเดนเซอร์แบบนี้ได้โดยการอัดให้สารเคมีเข้าไปหมุนเวียนในขดท่อน้ำเย็น

5.3.3 แบบท่อใหญ่มีท่อตรงภายใน (shell and tube) ประกอบด้วยท่อเหล็กขนาดใหญ่ ภายในมีท่อตรงขนาดเล็กอยู่มากมายเรียงตัวขนานกัน ตั้งรูปที่ 5.10

คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำแบบท่อใหญ่มีท่อตรงภายในนี้ ใช้กับเครื่องทำความเย็นขนาดตั้งแต่ 2 ตันขึ้นไปจนกระทั่งถึงขนาดเป็นร้อย ๆ ตัน เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อใหญ่มีขนาดตั้งแต่ 4-60 นิ้ว และท่อน้ำเล็ก ๆ ภายในมีความยาวตั้งแต่ประมาณ 3-20 ฟุต จำนวนท่อน้ำและเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำนี้ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อใหญ่ โดยปกติเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำมีขนาดประมาณ 5/8-2 นิ้ว ฝาครอบทั้งสองด้านของท่อใหญ่สามารถเปิดออกได้เพื่อการทำความสะอาดภายในของท่อน้ำ



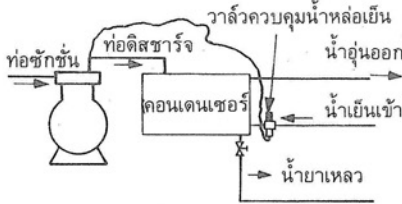
รูปที่ 5.10 คอนเดนเซอร์แบบท่อใหญ่มีท่อตรงภายใน

5.4 ระบบของน้ำที่ใช้ระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์

ระบบของน้ำที่นำมาใช้ในการระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

5.4.1 ระบบน้ำหล่อเย็นแล้วทิ้ง (waste-water system) ในระบบนี้ น้ำที่ถูกจ่ายเข้ายังคอนเดนเซอร์เพื่อใช้ในการระบายความร้อนออกจากน้ำยาตามปกติแล้ว ได้จากท่อระบายโดยตรง และจะถูกปล่อยทิ้งลงท่อระบายน้ำภายหลังจากที่ผ่านคอนเดนเซอร์แล้ว ดังแสดงในรูปที่ 5.11

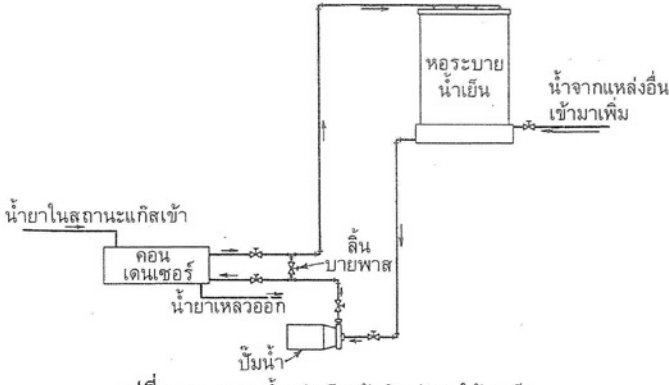
inspiration starts here



รูปที่ 5.11 ระบบน้ำหล่อเย็นแล้วทิ้ง

สำหรับประเทศไทย ถ้าคำนึงถึงความสิ้นเปลืองโดยวิธีนี้แล้วนับว่าสูงมาก เพราะราคาของน้ำที่นำมาใช้ในการหล่อเย็นเมื่อคิดในระยะเวลายาว ๆ แล้วไม่ควรใช้ นอกเสียจากบางที่ซึ่งสามารถนำน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งอยู่ใกล้ ๆ มาใช้ได้ เช่น น้ำตก แม่น้ำหรือทะเลสาบ อย่างไรก็ตามในกรณีนี้ก็ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายสำหรับมอเตอร์ปั้มน้ำมาใช้จะต้องให้คุ้มค่าต่อการลงทุน

5.4.2 ระบบน้ำหล่อเย็นแล้วนำกลับมาใช้งานอีก (recirculate water system) ระบบนี้ น้ำที่จ่ายเข้ายังคอนเดนเซอร์เป็นน้ำเย็นจากหอระบายน้ำเย็น และเมื่อผ่านออกจากคอนเดนเซอร์ น้ำนี้จะมีอุณหภูมิลดต่ำลง เตรียมนำกลับมาใช้งานได้อีก สำหรับหลักการของหอระบายน้ำเย็นจะไดกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 5.12 ระบบน้ำหล่อเย็นแล้วนำกลับมาใช้งานอีก

สำหรับวิธีนี้จะเป็นการประหยัดกว่าวิธีแรก แม้ว่าจะต้องเสียน้ำบางส่วนซึ่งถูกระเหิดตัวไปที่หอระบายน้ำเย็นก็ตาม แต่น้ำส่วนใหญ่ก็ยังคงนำกลับมาใช้งานได้อีก

5.5 หอระบายน้ำเย็น

หอระบายน้ำเย็น (cooling tower) เป็นหัวใจสำคัญในการที่จะนำเอาน้ำซึ่งใช้ระบายความร้อนออกจากน้ำยาในคอนเดนเซอร์แล้วกลับมาใช้งานได้อีก น้ำอุ่นที่กลับจากคอนเดนเซอร์จะถูกอัดขึ้นไปยังส่วนบนของหอระบายน้ำเย็น เพื่อฉีดให้เป็นฝอย แล้วตกกลับลงในถังตอนล่าง ฝอยหรือสเปรย์น้ำบางส่วนจะระเหิดตัวไปกับอากาศที่หมุนเวียนผ่านหอระบายน้ำเย็น และขณะที่น้ำระเหิดตัวเปลี่ยนสถานะเป็นไอต้องการความร้อนแฝง จึงทำให้น้ำส่วนที่เหลือตกกลับลงในถังมีอุณหภูมิลดต่ำลง สามารถนำกลับไปหล่อเย็นระบายความร้อนออกจากน้ำยาในคอนเดนเซอร์ได้อีก

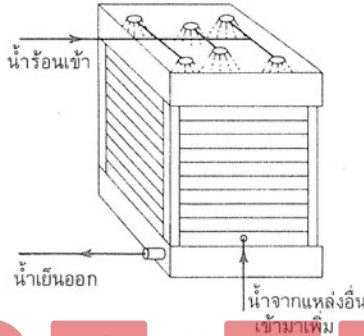
ในขณะที่สเปรย์น้ำตกสวนทางกับอากาศภายในหอระบายน้ำเย็น จะมีความร้อนสัมผัสบางส่วนถูกถ่ายเทออกจากน้ำให้แก่อากาศ ทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดต่ำลงบ้าง แต่ส่วนใหญ่แล้วผลความเย็นที่เกิดกับน้ำในหอระบายน้ำเย็นเกือบทั้งหมดเกิดจากการที่สเปรย์น้ำบางส่วนถูกระเหิดตัวกลายเป็นไอซึ่งต้องการความร้อนแฝง ทำให้น้ำส่วนที่เหลือตกกลับลงในถังมีอุณหภูมิลดต่ำลง สเปรย์น้ำที่ถูกระเหิดตัวจะติดไปกับอากาศที่เป่าผ่านหอระบายน้ำเย็น ซึ่งจะทำให้ทั้งอุณหภูมิและความชื้นของอากาศสูงมากขึ้น

ถึงแม้ว่าน้ำส่วนใหญ่จากหอระบายน้ำเย็นจะสามารถนำกลับไปใช้งานได้อีก แต่ก็ยังมีน้ำบางส่วนถูกระเหิดตัวไปอยู่ตลอดเวลาในขณะที่ระบบทำงาน ทำให้ระดับน้ำในถังตอนล่างของหอระบายน้ำเย็นมีระดับลดต่ำลงด้วย จึงต้องมีการนำน้ำจากแหล่งอื่นเข้ามาเพิ่ม (make-up water) เพื่อให้น้ำในหอระบายน้ำเย็นมีระดับคงเดิมอยู่เสมอ โดยการใช้ลูกลอยควบคุม (float control) ระดับน้ำในหอระบายน้ำเย็นไม่ให้มีระดับลดต่ำเกินไป เมื่อระดับน้ำลดต่ำลงเนื่องจากน้ำบางส่วนถูกระเหิดตัวไป ลูกลอยจะเปิดให้น้ำจากแหล่งอื่นเข้ามาเพิ่มและเมื่อระดับน้ำในหอระบายน้ำเย็นสูงขึ้นตามเกณฑ์ลูกลอยก็จะปิดน้ำไว้ จนกว่าระดับน้ำในหอระบายน้ำเย็นจะมีระดับลดต่ำลงอีก

5.6 การออกแบบหอระบายน้ำเย็น

การออกแบบหอระบายน้ำเย็น (cooling tower design) สามารถแบ่งออกตามลักษณะของอากาศที่หมุนเวียนผ่านหอระบายน้ำเย็นได้ 2 แบบ คือ

5.6.1 แบบที่ให้อากาศหมุนเวียนผ่านโดยธรรมชาติ (natural draft) หลักการของหอระบายน้ำเย็นแบบนี้ได้แสดงดังรูปที่ 5.13



รูปที่ 5.13 หอระบายน้ำเย็นแบบให้อากาศหมุนเวียนตามธรรมชาติ

จากรูปที่ 5.13 น้ำอุ่นที่กลับจากคอนเดนเซอร์จะถูกปั๊มส่งขึ้นไปยังส่วนบนของหอระบายน้ำเย็นเพื่อฉีดให้เป็นฝอยโดยผ่านทางหัวฉีด (spray nozzle) แล้วตกกลับลงในถังตอนล่างของหอระบายน้ำเย็น

หอระบายน้ำเย็นแบบที่ให้อากาศหมุนเวียนผ่านโดยธรรมชาตินี้บางครั้งพบว่าอาจมีชั้นไม้เพื่อให้น้ำที่ถูกฉีดเป็นฝอยจากหัวฉีดตกลงมากระทบเป็นชั้น ๆ เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของสเปรย์น้ำที่สัมผัสกับอากาศและชะลอให้น้ำที่ตกสู่กันถังของหอระบายน้ำเย็นช้าลง

เนื่องจากปริมาณและความเร็วของอากาศที่ผ่านหอระบายน้ำเย็นแบบนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติ ฉะนั้นหอระบายน้ำเย็นแบบที่ให้อากาศหมุนเวียนผ่านโดยธรรมชาตินี้จึงต้องติดตั้งไว้ภายนอกห้องในที่ที่มีลมพัดผ่านได้โดยสะดวก สำหรับเครื่องทำความเย็นเพื่อการค้าแล้วโดยทั่วไปมักติดตั้งหอระบายความเย็นแบบนี้บนหลังคาของตึกหรืออาคารศูนย์การค้านั้น ๆ

5.6.2 แบบที่ใช้พัดลมช่วยให้อากาศหมุนเวียนผ่าน (mechanical draft) สำหรับหอระบายน้ำเย็นแบบใช้พัดลมช่วยให้อากาศหมุนเวียนผ่านนี้ยังอาจแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. แบบให้ลมดูดผ่าน (induced draft)
2. แบบให้ลมเป่าผ่าน (forced draft)

ในการแบ่งออกเป็น 2 แบบนี้ก็ขึ้นอยู่กับว่าพัดลมหรือโบลเวอร์จะดูดอากาศผ่านหอระบายน้ำเย็นหรือเป่าอากาศผ่านหอระบายน้ำเย็น ดังแสดงในรูปที่ 5.14 และรูปที่ 5.15

หนังสือเล่มนี้ ได้รวบรวมเนื้อหาเกี่ยวกับเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศไว้อย่างสมบูรณ์ ทั้งหลักวิชาการและหลักปฏิบัติ ภายในเล่มจะแบ่งเนื้อหาออกเป็นสี่ตอนคือ *ตอนแรก* ว่าด้วยหลักพื้นฐาน การทำความเย็น วงจรเครื่องทำความเย็น คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ ชุดควบคุมน้ำยาเครื่องทำความเย็น อีวาพอเรเตอร์ ตลอดจนอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ของระบบ รวมถึงน้ำยาเครื่องทำความเย็น และน้ำมันหล่อลื่น หลักเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับระบบทำความเย็น และตู้เย็นที่ใช้ในครัวเรือน *ตอนที่สอง* ว่าด้วยระบบไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น เริ่มจากไฟฟ้าเบื้องต้น มอเตอร์ไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ *ตอนที่สาม* ว่าด้วยการปรับอากาศ วงจรอากาศ ไซโครเมตริก เครื่องปรับอากาศ และการคำนวณหาขนาดเครื่องที่จะใช้ติดตั้ง *สำหรับตอนสุดท้าย* จะว่าด้วยการซ่อม การติดตั้ง และการบริการ โดยเริ่มจากแนะนำเครื่องมือสำหรับซ่อมเครื่องทำความเย็นท่อทางเดินน้ำยาและการต่อท่อ การซ่อมและบริการตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ การแก้ไขข้อขัดข้องและการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ นอกจากนี้ยังได้เพิ่มภูมิภาคผนวกเกี่ยวกับการแปลงค่าหน่วยต่างๆ ที่ใช้ และแบบฝึกหัดเกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้า เหมาะสำหรับนักศึกษาระดับ ปวช. ปวส. และผู้สนใจทั่วไปได้ศึกษาค้นคว้าเพื่อให้ทันต่อความก้าวหน้าทางวิทยาการใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นทุกขณะ

ประวัติผู้เขียน



สมศักดิ์ สุภิตยกุล

การศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีการศึกษามัธยมศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสาธมิตร
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทพัฒนบริหารศาสตรมหาบัณฑิตทางรัฐประศาสนศาสตร์ จากสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
- สำเร็จการศึกษาระดับ Dip in Training Methodology จากประเทศอิตาลี

ตำแหน่งงานปัจจุบัน

- รองอธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน

ประสบการณ์ในอดีต

- หัวหน้าผู้ตรวจราชการกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
- ผู้อำนวยการกองพัฒนาเทคโนโลยีการฝึกและพัฒนาฝีมือแรงงาน
- ผู้อำนวยการสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน จังหวัดสุพรรณบุรี
- ผู้อำนวยการสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานภาคเหนือตอนบน จังหวัดลำปาง
- ผู้อำนวยการสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานภาคใต้ตอนล่าง จังหวัดสงขลา (โครงการไทย-เยอรมัน)
- หัวหน้าฝ่ายช่างไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน กรมแรงงาน
- หัวหน้างานฝึกช่างเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ ผู้เริ่มก่อตั้งงานฝึกช่างเครื่องปรับอากาศรถยนต์

ศึกษาดูงานต่างประเทศ

- ศึกษาและดูงานด้านการศึกษาชีพที่ประเทศอิตาลี อังกฤษ และสวีเดน เมื่อปี พ.ศ. 2519
- ดูงานด้านการศึกษาชีพที่ประเทศเยอรมันตะวันตก เมื่อปี พ.ศ. 2531
- ร่วมสัมมนาด้าน Computer-Based Training ใน Vocational Training ที่ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี พ.ศ. 2534
- เป็นผู้แทนประเทศไทยเข้าร่วมประชุมสัมมนาระดับชาติทั้งในยุโรป อเมริกา และเอเชีย อีกหลายครั้ง

งานด้านวิชาชีพและสังคม

- ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาระดับปริญญาโทคณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาผลงานทางวิชาการ สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ

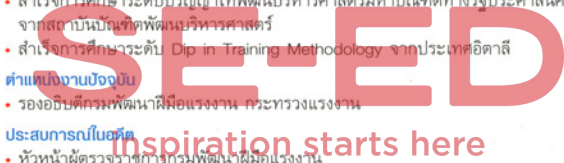
กระทรวงศึกษาธิการ

อดีตรองอธิบดีเชี่ยวชาญเครื่องทำความเย็นในโรงงานอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, วิชาเครื่องปรับอากาศรถยนต์ สถาบันราชภัฏพระนคร และผู้บรรยายหลักสูตรเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศให้แก่บริษัท สมาคม และสถาบันฝึกอบรมต่างๆ

- อนุกรรมการกำหนดมาตรฐานและทดสอบฝีมือแรงงาน สาขาคือเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ
- อนุกรรมการเทคนิคการแข่งชันฝีมือช่างแห่งชาติ สาขาคือเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ

ผลงานทางวิชาการ

- หนังสือเรื่อง "เครื่องปรับอากาศรถยนต์"



www.se-ed.com

ISBN 974-534-035-9



9 789745 340350

162 155 บาท

เครื่องทำความเย็น - เครื่องปรับอากาศ