



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 2

การทำความเย็น 1 (Refrigeration 1)

รจนา ประไพพน

สารบัญ

คำนำ	(11)
บทที่ 1 การทำความเย็นและความรู้พื้นฐาน	1
1.1 การทำความเย็น	2
1.2 ระบบทำความเย็นแบบต่างๆ	3
1.2.1 ระบบทางความร้อนไฟฟ้า (thermo-electric)	3
1.2.2 ระบบดูดกลืน (absorption)	4
1.2.3 ระบบดูดซับ (adsorption)	6
1.2.4 ระบบอัดไอ (vapour compression)	7
1.2.5 ระบบทำความเย็นแบบแม่เหล็ก (magnetic cooling)	7
1.3 ทบทวนความรู้พื้นฐาน	8
1.3.1 สสารและสมบัติของสสาร	8
1.3.2 ศัพท์พื้นฐาน	11
1.3.3 แผนภูมิความดัน-เอนทัลปีจำเพาะ (P-h diagram)	11
1.3.4 การเลือกใช้อุปกรณ์	12
1.3.5 กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ (กฎการอนุรักษ์พลังงาน)	13
1.3.6 กฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์	17
1.4 สรุป	18
1.5 แบบฝึกหัด	18
บทที่ 2 วัฏจักรอัดไอ	19
2.1 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ	20
2.2 วัฏจักรคาร์โนต์ (Carnot cycle)	21
2.3 วัฏจักรอุณหพลศาสตร์ของการทำความเย็นแบบอัดไอ	23

2.4	วิธีการในทางปฏิบัติของการทำความเย็นแบบอัดไอ	29
2.5	การวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรที่มีต่อสมรรถนะ	38
2.6	สรุป	39
2.7	แบบฝึกหัด	40
บทที่ 3	เครื่องอัด	41
3.1	หน้าที่ของเครื่องอัด	42
3.2	เครื่องอัดประเภทต่างๆ	42
3.3	กระบวนการอัดของเครื่องอัดแบบลูกสูบ	44
3.4	ประสิทธิภาพของเครื่องอัด	46
3.5	ผลของประสิทธิภาพเครื่องอัดต่อขนาดหรือสมรรถนะของระบบ	51
3.6	เครื่องอัดแบบสกรู	56
3.7	เครื่องอัดแบบสโครล์	56
3.8	เครื่องอัดแบบโรตารี่ชนิดใบพัดหมุน และใบพัดเลื่อน	57
3.9	เครื่องอัดแบบพลวัต	58
3.10	สรุป	59
3.11	แบบฝึกหัด	60
บทที่ 4	เครื่องควบแน่นและเครื่องระเหย	61
4.1	เครื่องควบแน่นและเครื่องระเหยในมุมมองของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	62
4.2	หน้าที่ของเครื่องควบแน่นและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในเครื่องควบแน่น	62
4.3	การจำแนกประเภทของเครื่องควบแน่น	63
4.3.1	เครื่องควบแน่นระบายความร้อนด้วยอากาศ	63
4.3.2	เครื่องควบแน่นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ	64
4.3.3	เครื่องควบแน่นแบบน้ำระเหย	66
4.3.4	วิจารณ์การระบายความร้อนของเครื่องควบแน่นแต่ละแบบ	67
4.4	การประเมินอัตราส่วนการระบายความร้อนของเครื่องควบแน่น	67
4.5	การประเมินด้านการแลกเปลี่ยนความร้อนที่เครื่องควบแน่น	68

4.6	หน้าที่และประเภทต่างๆ ของเครื่องระเหย	77
4.6.1	การจำแนกประเภทเครื่องระเหยตามวิธีการป้อนสารทำความเย็น	77
4.6.2	การจำแนกประเภทเครื่องระเหยตามโครงสร้าง	77
4.7	การประเมินด้านการแลกเปลี่ยนความร้อนที่เครื่องระเหย	78
4.8	หลักการทั่วไปในการเลือกเครื่องควบแน่นและเครื่องระเหย	82
4.9	สรุป	82
4.10	แบบฝึกหัด	83
บทที่ 5	วาล์วลดความดันและสมดุลของระบบ	84
5.1	หน้าที่และประเภทต่างๆ ของวาล์วลดความดัน	85
5.2	จุดสมดุลในการทำงานของระบบ	90
5.3	สรุป	95
5.4	แบบฝึกหัด	96
บทที่ 6	สารทำความเย็น	97
6.1	การสำรวจสารทำความเย็น	98
6.2	การแบ่งประเภทสารทำความเย็น	99
6.2.1	การจัดหมวดหมู่สารทำความเย็นตามกระบวนการผลิต	99
6.2.2	การจัดหมวดหมู่สารทำความเย็นตามสมบัติ	99
6.3	การตั้งชื่อสารทำความเย็น	101
6.4	การพิจารณาสารทำความเย็น	103
6.5	สารหล่อลื่น (lubricants)	106
6.6	ผลกระทบของสารทำความเย็นต่อสิ่งแวดล้อมและพิธีสารที่เกี่ยวข้อง	106
6.7	การจัดการสารทำความเย็น	109
6.8	สรุป	110
6.9	แบบฝึกหัด	111

บทที่ 7 อุปกรณ์อื่นๆ	112
7.1 อุปกรณ์ควบคุมหรือป้องกัน	113
7.1.1 รีเลย์กระแสไฟฟ้า	113
7.1.2 การป้องกันมอเตอร์	114
7.1.3 อุปกรณ์ควบคุมความดัน	116
7.1.4 วาล์วระบายแรงดัน	118
7.1.5 โซลินอยด์วาล์ว	118
7.2 อุปกรณ์เสริม	119
7.2.1 ชุดดูดกรองสารทำความเย็น	119
7.2.2 ถังพักสารทำความเย็นเหลว	120
7.2.3 ถังพักด้านดูด	120
7.2.4 อุปกรณ์แยกน้ำมัน	121
7.2.5 กระจกมองสารทำความเย็น	122
7.2.6 กระบอกลดเสียง	122
7.2.7 ท่อยืดหยุ่น	122
7.2.8 หัวกระจายของเหลว	122
7.2.9 อุปกรณ์ให้ความร้อนท่อข้อเหวี่ยง	123
7.2.10 วาล์วกันกลับ	123
7.3 แนวทางการหาสาเหตุความผิดพลาดของระบบ	123
7.4 สรุป	124
7.5 แบบฝึกหัด	124

บทที่ 8 ท่อสารทำความเย็น	125
8.1 วัสดุและความปลอดภัยของท่อสารทำความเย็น	125
8.1.1 วัสดุที่ใช้ทำท่อสารทำความเย็น	125
8.1.2 ความปลอดภัยสำหรับความดัน	127
8.2 การออกแบบท่อสารทำความเย็น	128
8.2.1 การเดินท่อสารทำความเย็น	128
8.2.2 ท่อด้านดูด (suction lines)	132

8.2.3	ท่อด้านส่ง (discharge lines)	133
8.2.4	ท่อของเหลว (liquid lines)	134
8.2.5	ความดันตกในท่อ	135
8.2.6	การคำนวณความดันตก	136
8.3	สรุป	151
8.4	แบบฝึกหัด	151
บทที่ 9	ความปลอดภัย	152
9.1	การจัดการความปลอดภัยสำหรับระบบทำความเย็นที่ใช้แอมโมเนีย	153
9.2	ความปลอดภัยในการใช้งานห้องเย็น	158
9.2.1	ความปลอดภัยทั่วไปของบุคลากร	158
9.2.2	ความปลอดภัยของประตู่	158
9.2.3	ความเสี่ยงจากการขาดอากาศหายใจ (Asphyxiation)	158
9.2.4	ความเสี่ยงจากไฟไหม้	159
9.2.5	ความปลอดภัยของสารทำความเย็น	159
9.3	ความปลอดภัยจากโรค	159
9.4	ความปลอดภัยเกี่ยวกับโครงสร้างห้องเย็น	160
9.5	สรุป	162
9.6	แบบฝึกหัด	163
บทที่ 10	ภาระการทำความเย็น	164
10.1	ภาระการทำความเย็นและขนาดระบบทำความเย็นของห้องเย็น	165
10.1.1	การคำนวณภาระการทำความเย็น	166
10.1.2	การหาขนาดระบบทำความเย็น	167
10.2	ความร้อนผ่านผนัง พื้น และเพดานของห้อง (transmission load)	168
10.3	ความร้อนจากการผลิตเปลี่ยนอากาศ (air change load)	172
10.4	ภาระจากผลิตภัณฑ์ (product load)	175
10.5	ความร้อนจากการหายใจของพืชผักผลไม้ (heat of respiration)	178

10.6	ภาวะความร้อนอื่นๆ	179
10.6.1	ภาวะความร้อนจากคน	179
10.6.2	ภาวะความร้อนจากอุปกรณ์	180
10.7	สรุป	191
10.8	แบบฝึกหัด	192
บทที่ 11	ระบบทำความเย็นแบบหลายความดัน	194
11.1	การใช้งานระบบทำความเย็นแบบหลายความดัน	195
11.2	ระบบการอัดหลายชั้น (multistage or compound compression)	195
11.2.1	การประเมินสมรรถนะของระบบที่ใช้ Open flash intercooler	197
11.2.2	การประเมินสมรรถนะของระบบที่ใช้ Closed flash intercooler	199
11.2.3	ความดันระดับกลาง (intermediate pressure)	202
11.3	ระบบทำความเย็นแบบคาสเคด (cascade)	207
11.4	สรุป	212
11.5	แบบฝึกหัด	213
ภาคผนวก		
ตาราง A-1	สมบัติอิ่มตัวของสารทำความเย็น R-22 (ตารางอุณหภูมิ)	215
ตาราง A-2	สมบัติอิ่มตัวของสารทำความเย็น R-22 (ตารางความดัน)	217
ตาราง A-3	สมบัติไอร้อนยวดยิ่งของสารทำความเย็น R-22 (ตารางความดันคงที่)	219
ตาราง A-4	สมบัติอิ่มตัวของสารทำความเย็น R-32 (ตารางอุณหภูมิ)	227
ตาราง A-5	สมบัติอิ่มตัวของสารทำความเย็น R-32 (ตารางความดัน)	228
ตาราง A-6	สมบัติไอร้อนยวดยิ่งของสารทำความเย็น R-32 (ตารางความดันคงที่)	230
ตาราง A-7	สมบัติอิ่มตัวของสารทำความเย็น Ammonia (ตารางอุณหภูมิ)	238
ตาราง A-8	สมบัติอิ่มตัวของสารทำความเย็น Ammonia (ตารางความดัน)	240
ตาราง A-9	สมบัติไอร้อนยวดยิ่งของสารทำความเย็น Ammonia (ตารางความดันคงที่)	243
ตาราง A-10.1	ท่อสารทำความเย็นชนิดท่อทองแดง – หน่วย SI	251
ตาราง A-10.2	ท่อสารทำความเย็นชนิดท่อทองแดง – หน่วยอังกฤษ	252

ตาราง A-11.1 ความยาวสมมูลสำหรับข้อต่อ (Equivalent length for fittings) หน่วย เมตร	253
ตาราง A-11.2 ความยาวสมมูลสำหรับข้อต่อ (Equivalent length for fittings) หน่วย ฟุต	254
ตาราง A-12.1 ความยาวสมมูลสำหรับวาล์วและอุปกรณ์อื่นๆ (Equivalent length for valves and refrigeration devices) หน่วย เมตร	255
ตาราง A-12.2 ความยาวสมมูลสำหรับวาล์วและอุปกรณ์อื่นๆ (Equivalent length for valves and refrigeration devices) หน่วย ฟุต	256
ตาราง A-13.1 ตารางเลือกขนาดท่อสารทำความเย็น R-22 หน่วย kW	257
ตาราง A-13.2 ตารางเลือกขนาดท่อสารทำความเย็น R-22 หน่วย ตันทำความเย็น	259
ตาราง A-14.1 ความสามารถน้อยที่สุดที่ยอมรับได้สำหรับท่อด้านดูดแนวดิ่งไหลขึ้น สำหรับ R-22 (R-22 minimum capacity for suction riser (kW))	261
ตาราง A-14.2 ความสามารถน้อยที่สุดที่ยอมรับได้สำหรับท่อด้านดูดแนวดิ่งไหลขึ้น สำหรับ R-22 (R-22 minimum capacity for suction riser (tons))	262
ตาราง A-15.1 ความสามารถน้อยที่สุดที่ยอมรับได้สำหรับท่อด้านส่งแนวดิ่งไหลขึ้น สำหรับ R-22 (R-22 minimum capacity for discharge riser (kW))	263
ตาราง A-15.2 ความสามารถน้อยที่สุดที่ยอมรับได้สำหรับท่อด้านส่งแนวดิ่งไหลขึ้น สำหรับ R-22 (R-22 minimum capacity for discharge riser (tons))	264
ตาราง A-16 รายการสัญลักษณ์	265
ตาราง A-17 รายการตัวห้อย	272
ตาราง A-18 รายการคำย่อ	275
เอกสารอ้างอิง	277
บรรณานุกรม	285
ประวัติผู้เขียน	287

คำนำ

ตำราวิชาการทำความเย็น 1 (Refrigeration 1) รหัสวิชา 03604352 เล่มนี้ ผู้เขียนได้เรียบเรียงเนื้อหาเพื่อให้หนังสือได้ใช้เรียนรู้ตามหลักสูตรระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกลและการออกแบบ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

เนื้อหาถูกแบ่งออกเป็น 11 บท บทแรกเป็นการแนะนำความสำคัญของการทำความเย็น ระบบการทำความเย็นแบบต่างๆ ที่มีอยู่ รวมถึงการทำงานของเทอร์โมไดนามิกส์ บทที่สองเป็นการอธิบายเกี่ยวกับวัฏจักรการทำความเย็นของระบบอัดไอและการคำนวณด้านสมรรถนะของระบบ บทที่สามเป็นเรื่องเครื่องอัดไคและผลกระทบของประสิทธิภาพของเครื่องอัดต่อสมรรถนะ บทที่สี่เป็นเรื่องเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอันได้แก่เครื่องระเหยและเครื่องควบแน่น ผู้เรียนจะได้ประจักษ์หน้าที่ผิวหรือสมรรถนะของอุปกรณ์ บทที่ห้าเป็นการอธิบายหลักการทำงานของวงจรอัดไคเริ่มต้นและสมดุลของระบบ บทที่หกเป็นการอธิบายสมบัติของสารทำความเย็นในแง่ต่างๆ บทที่เจ็ดเป็นเรื่องอุปกรณ์อื่นๆ บทที่แปดเป็นเรื่องท่อสารทำความเย็น บทที่เก้าเรื่องความปลอดภัย บทที่สิบเรื่องการประเมินภาระการทำความเย็น โดยจะเน้นสำหรับห้องเย็นเป็นหลัก (ส่วนการประเมินภาระการปรับอากาศผู้เรียนจะได้เรียนในอีกวิชาหนึ่งคือวิชาการปรับอากาศ) และบทสุดท้าย บทที่สิบเอ็ดเรื่องระบบทำความเย็นแบบหลายความดัน (หรือระบบอัดไอแบบหลายขั้น)

ผู้เขียนขอขอบคุณ รศ.ฤชากร จิรกาลวสาน ที่กรุณาตรวจทานร่างต้นฉบับและให้คำแนะนำแก่ผู้เขียนไว้เมื่อหลายปีก่อนที่ผู้เขียนจะจัดทำเป็นตำราในครั้งนี้ และขอบคุณ การตรวจทานต้นฉบับพร้อมให้ข้อเสนอแนะต่างๆจากผู้ทรงคุณวุฒิที่ทำให้ผู้เขียนได้เรียบเรียงเนื้อหาให้มีความเหมาะสมกับการจัดพิมพ์ตำรามากขึ้น ขอขอบคุณบริษัทแคเรียร์ (ประเทศไทย) และบริษัทแสงชัยกรุ๊ปที่อนุญาตให้นำภาพจากเว็บไซต์ของบริษัทในการประกอบตำราขึ้น ดังที่อ้างอิงได้ภาพ รวมถึงขอบคุณแหล่งอ้างอิงอื่นๆตามที่ระบุได้ภาพเช่นกัน (หมายเหตุ ภาพหน้าปกจาก bit mechanic/Shutterstock)

รศ.ดร.รจนา ประไพพน

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีราชา

ตัวอย่าง

บทที่ 9

ความปลอดภัย

บทนี้จะกล่าวเพิ่มเติมจากบทที่ 8 ที่อธิบายความปลอดภัยของสารทำความเย็น โดยบทนี้จะแสดงการจัดการความปลอดภัยสำหรับระบบทำความเย็นที่ใช้แอมโมเนีย ความปลอดภัยในการใช้งานห้องเย็น ความปลอดภัยจากโรค และความปลอดภัยเกี่ยวกับโครงสร้างห้องเย็น

จุดประสงค์การเรียนรู้ หลังจากจบบทเรียนแล้วผู้เรียนควรสามารถ

1. อธิบายศัพท์และกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการความปลอดภัยของระบบทำความเย็น
2. อธิบายความปลอดภัยในการใช้งานห้องเย็น
3. อธิบายความปลอดภัยจากโรค
4. คำนวณค่าที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางโครงสร้างห้องเย็น

9.1 การจัดการความปลอดภัยสำหรับระบบทำความเย็นที่ใช้แอมโมเนีย

แอมโมเนียถูกใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภทรวมไปถึงอุตสาหกรรมการทำความเย็น (เช่น ห้องเย็นและโรงงานผลิตน้ำแข็ง เป็นต้น) ที่มักนิยมใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นเนื่องจากเป็นสารทำความเย็นธรรมชาติและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (ODP (the ozone depleting potential) = 0, GWP (the global warming potential) = 0) อย่างไรก็ตามแอมโมเนีย (สูตรเคมี NH_3) เป็นสารเคมีที่เป็นอันตรายสูงต่อสุขภาพเนื่องจากเป็นสารกัดกร่อนผิวหนัง ดวงตาและปอด [69] รวมถึงเป็นพิษมากต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ [70] จึงต้องใช้อย่างระมัดระวังตามแนวทางจัดการความปลอดภัยสำหรับระบบทำความเย็นที่ใช้แอมโมเนีย ตารางที่ 9.1 แสดงสมบัติทางกายภาพของแอมโมเนีย

ตารางที่ 9.1 สมบัติทางกายภาพของแอมโมเนีย [70]

สถานะและสภาพปรากฏ	ก๊าซ ไม่มีสี
กลิ่น	กลิ่นฉุนรุนแรง
น้ำหนักโมเลกุล	17.03 kg/kmol
จุดเดือด	-33.4°C
อุณหภูมิที่ลุกติดไฟได้เอง	677.4°C
ขีดจำกัดการระเบิด	ขีดจำกัดล่าง (lower explosive limit, LEL) = 16% ขีดจำกัดบน (upper explosive limit, UEL) = 25%

ขีดจำกัดที่ยอมให้สัมผัสได้ (exposure limit) สำหรับแอมโมเนียมีการระบุค่าขึ้นกับระยะเวลาสัมผัสดังตารางที่ 9.2

ตารางที่ 9.2 ขีดจำกัดที่ยอมให้สัมผัสได้ (exposure limit) สำหรับแอมโมเนีย [71]

OSHA PEL 8-hour TWA-STEL		NIOSH REL up to 10-hour STEL		ACGIH TLV 8-hour TWA-STEL	
PEL-TWA	50 ppm (35 mg/m ³)	REL-TWA	25 ppm (18 mg/m ³)	TLV-TWA	25 ppm
		REL-STEL	35 ppm (27 mg/m ³)	TLV-STEL	35 ppm
Health factors		IDLH	300 ppm		

ถึงแม้ค่าตามกฎหมาย (ประเทศสหรัฐอเมริกา) จะระบุว่าขีดจำกัดที่ยอมให้สัมผัสแอมโมเนีย ได้มีค่า PEL-TWA 50 ppm แต่หน่วยงานด้านความปลอดภัยต่างแนะนำว่าถึงอย่างไรก็ตามผู้ปฏิบัติงานควรสัมผัสแอมโมเนียน้อยกว่านั้นและเสนอว่าไม่ควรสัมผัสแอมโมเนียเกิน 25-35 ppm สำหรับตัวย่อยต่างๆ ในตารางมีความหมายดังต่อไปนี้

OSHA = Occupational Safety and Health Administration เป็นสำนักงานบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัยของประเทศสหรัฐอเมริกา

NIOSH = The National Institute for Occupational Safety and Health เป็นสถาบันความปลอดภัยและอนามัยในการทำงานแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา

ACGIH = The American Conference of Governmental Industrial Hygienist เป็นองค์กรนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาครัฐแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา

PEL = the permissible exposure limit เป็นขีดจำกัดตามกฎหมายที่ระบุในประเทศสหรัฐอเมริกาในกรณีพนักงานรับหรือสัมผัสสารเคมี [72]

TLV = the threshold limit value ไม่ใช่ค่าที่บังคับตามกฎหมายแต่เป็นคำแนะนำโดยองค์กรนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาครัฐแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (the American Conference of Governmental Industrial Hygienists) [72]

REL = the recommended exposure limit ไม่ใช่ค่าที่บังคับตามกฎหมายแต่เป็นคำแนะนำโดยสถาบันความปลอดภัยและอนามัยในการทำงานแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)). [72]

TLV-TWA = Threshold limit value-time weighted average หมายถึงค่าความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศที่ปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงานจะได้รับในระยะเวลาไม่เกิน 8 ชั่วโมงทำงานติดต่อกันใน 1 วันเป็นเวลา 5 วันต่อสัปดาห์ [72]

TLV-STEL = Threshold limit value-short term exposure limit หมายถึง ค่าความเข้มข้นสูงสุดของสารเคมีในอากาศที่ปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงานจะได้รับในระยะเวลาไม่เกิน 15 นาที และได้รับซ้ำกันไม่เกิน 4 ครั้งใน 1 วัน แต่แต่ละครั้งต้องห่างกันอย่างน้อย 1 ชั่วโมงถึงแม้ว่าปริมาณที่ได้รับรวมทั้งหมดจะไม่เกินค่า TLV-TWA ก็ตาม [72]

IDLH = Immediately dangerous to life or health concentrations หมายถึง ความเข้มข้นที่เป็นอันตรายต่อชีวิตและสุขภาพแบบเฉียบพลัน [73]

สำหรับประเทศไทยอ้างอิงค่าตามสากลจากตารางข้างบนนี้ทำให้ พ.ร.บ.คุ้มครองแรงงาน 2541 กำหนดขีดจำกัด 50 ppm สำหรับผู้ปฏิบัติงานได้รับในระยะเวลาไม่เกิน 8 ชั่วโมงทำงานติดต่อกัน

กันใน 1 วัน [74] และหากรับสัมผัสแอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้น 300 ppm ขึ้นไปจะก่อให้เกิดอันตรายเฉียบพลันต่อร่างกาย [69]

ทางประเทศสหราชอาณาจักรองค์กรหลายองค์กรได้แก่ The Food Storage and Distribution Federations' Technical and Safety Committee, British Engineering Services และ Institute of Refrigeration [75] ได้ร่วมมือกันจัดทำคำแนะนำเรื่องการจัดการด้านความปลอดภัยสำหรับระบบทำความเย็นที่ใช้แอมโมเนียไว้สำหรับอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ใจความตอนหนึ่งดังนี้

1. แอมโมเนียเป็นก๊าซที่มีกลิ่นฉุนรุนแรงซึ่งสามารถตรวจจับได้ง่ายเพียง 5 ppm (parts per million) ที่รั่วออกมาคนทั่วไปก็จะได้กลิ่น

2. ความเป็นพิษสูง ความเข้มข้น 150-200 ppm ส่งผลให้ระคายเคืองตา ความเข้มข้น 500-700 ppm เริ่มส่งผลเสียหายนต่อดวงตา ความเข้มข้น 1,000 ppm เริ่มหายใจลำบากและตาพร่ามัว หากร่างกายสัมผัสกับความเข้มข้นแอมโมเนีย 1,500 ppm ขึ้นไปจะส่งผลให้เนื้อเยื่อเสียหาย ถ้าหากมีปริมาณความเข้มข้น 2,500 ppm ขึ้นไปในอากาศอาจเกิดความเสียหายต่อการเสียชีวิตได้ โดยอันตรายจากการสัมผัสหรือสูดดมแอมโมเนียขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียและระยะเวลาที่สัมผัส

3. ห้องเครื่องควรมีการระบายอากาศทั้งขณะใช้งานปกติและในกรณีฉุกเฉิน การระบายอากาศขณะใช้งานตามปกติเพื่อป้องกันสะสมของแอมโมเนียหากมีการรั่วออกมาควรละเล็กละน้อย การระบายอากาศขณะใช้งานปกติอาจเป็นเชิงกลหรือการระบายอากาศตามธรรมชาติ การระบายอากาศสำหรับกรณีฉุกเฉินเพื่อลดความเสี่ยงในการระเบิดควรใช้การระบายอากาศเชิงกล โดยควรต่อเครื่องตรวจวัดก๊าซแอมโมเนียเข้ากับสวิทช์อัตโนมัติเพื่อเปิดการทำงานพัดลมระบายอากาศเชิงกลและปิดการทำงานของระบบทำความเย็นทั้งระบบรวมถึงอุปกรณ์ทางไฟฟ้าอื่นๆ ที่ไม่ได้มีการป้องกันระบบระบายอากาศควรเป็นแบบที่ใช้กับพื้นที่อันตรายโซน 2 (Zone 2 hazardous area) ได้ การจัดการระบายอากาศควรพยายามให้ความเข้มข้นต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของค่าขีดจำกัดล่างของการระเบิด (the lower explosive limit (LEL)) ตามที่ระบุในมาตรฐาน BS EN 378:2008.

4. ตามมาตรฐาน BS EN 378:2008 Part 3, Section 8.7 ระบุว่าเพื่อการควบคุมในกรณีที่ระบบทำความเย็นใช้สารทำความเย็นมากกว่า 50 kg จำเป็นต้องมีเครื่องตรวจวัดก๊าซแอมโมเนีย โดยตั้งค่าในการตรวจวัดไม่เกินค่าดังต่อไปนี้

- 350 mg/m^3 (500 ppm (V/V) หรือเทียบเท่า 0.33% LEL) ในห้องเครื่อง (pre-alarm) ที่เมื่อตรวจวัดแล้วจะทำให้สัญญาณเตือนทำงานและเปิดระบบการทำงานของ การระบายอากาศกรณีฉุกเฉินได้เองอัตโนมัติ

- 21,200 mg/m³ (30,000 ppm (V/V) หรือเทียบเท่า 20% LEL) (main alarm) ที่จะตัดการทำงานของระบบไฟฟ้าทั้งหมดที่ไม่ได้ระบุให้ใช้กับพื้นที่อันตรายโซน 2 (Zone 2 hazardous area)

(หมายเหตุ พื้นที่อันตรายโซน 2 ตามที่นิยามใน HSE (Health and Safety Executives) ของ UK หมายถึงพื้นที่ที่ในขณะที่ใช้งานปกติจะไม่มีก๊าซในอากาศที่เกิดระเบิดได้และถ้ามีจะมีในระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น [76])

สำหรับประเทศไทยมีกฎกระทรวงปี พ.ศ. 2554 กำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับระบบทำความเย็นที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นในโรงงานใจความบางส่วนดังนี้ [77]

หมวด 2 เครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบทำความเย็น (ที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น)

ข้อ 5 เครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบทำความเย็นอย่างน้อยต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ระบายความดันและอุปกรณ์ความปลอดภัย และเป็นไปตามข้อกำหนด ดังต่อไปนี้

1) เครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบทำความเย็นต้องอยู่ในสภาพปลอดภัยเพียงพอที่จะใช้งาน

2) อุปกรณ์ในระบบทำความเย็น

ก) เครื่องอัดทุกตัวต้องติดตั้ง วาล์วสักระบายแรงดัน วาล์วสกัดทางส่ง สวิตช์ตัดความดันต่ำ สวิตช์ตัดความดันสูง สวิตช์ตัดความดันน้ำมันที่เครื่องอัดและอุปกรณ์วัดความดันน้ำมันกรณีที่ใช้ปั้มน้ำมัน

ข) เครื่องควบแน่นแบบเปลือกและท่อและภาชนะรับความดันต้องติดตั้งอุปกรณ์ระบายความดัน

ค) ปั้มแอมโมเนียต้องติดตั้งวาล์วสกัดท่อทางเข้าและทางออกของปั้ม

ง) อุปกรณ์ทุกระดับของแอมโมเนียต้องติดตั้งวาล์วสกัดหัวท้าย และหลอดแก้วต้องมีแผ่นกันที่แข็งแรงกันกระแทก 360 องศา ล้อมรอบหลอดความยาวของหลอดแก้ว

3) อุปกรณ์ระบายความดัน

ก) ต้องติดตั้งวาล์วนิรภัยแบบเดี่ยวหรือแบบคู่ หรืออุปกรณ์ระบายความดันชนิดอื่นที่เหมาะสมบนภาชนะรับความดัน เครื่องควบแน่น ถังแยกน้ำมัน ถังถ่วงน้ำมันทุกใบ และ ณ จุดต่างๆ ในระบบทำความเย็นที่จำเป็นต้องมีเพื่อป้องกันการแตกรั่วจากความดันเกิน

ข) ต้องไม่ติดตั้งวาล์วสักระหว่างวาล์วนิรภัยกับส่วนของระบบทำความเย็น เว้นแต่จะใช้วาล์วสามทางร่วมกันกับวาล์วระบายความดันแบบคู่ และต้องเปิดวาล์วในตำแหน่งเปิดเต็มๆ ที่ขณะที่ระบบทำความเย็นทำงาน

ค) วาล์วนิรภัยทุกตัวต้องตั้งค่าความดันเริ่มเปิดไม่เกินค่าความดันออกแบบของระบบทำความเย็นหรืออุปกรณ์ในระบบทำความเย็นแต่ต้องไม่ต่ำกว่าค่าความดันแอมโมเนียที่อุณหภูมิบรรยากาศ ณ จุดใช้งาน

4) ข้อกำหนดทั่วไป

ก) ท่อทางส่งแอมโมเนียจากเครื่องอัดไปเครื่องควบแน่นต้องมีวาล์วกักกลับทางส่ง

ข) วาล์วสกักหลักต่างๆ ในระบบทำความเย็นต้องอยู่ในที่ที่เข้าถึงได้สะดวกและมีป้ายชื่อบอกชัดเจน

หมวด 7 ลักษณะอาคารโรงงาน

ข้อ 13 อาคารโรงงานต้องมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

1) ห้ามติดตั้งเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในระบบทำความเย็นใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น บริเวณทางออก

2) ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจโอระเหยของสารแอมโมเนีย ณ บริเวณห้องเครื่องและห้องปฏิบัติการคนงานที่มีการติดตั้งระบบทำความเย็นที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น โดยติดตั้งอย่างน้อยห้องละหนึ่งจุด

3) ต้องมีการป้องกันความเสียหายเชิงกล โดยห้ามติดตั้งระบบทำความเย็นที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นและอุปกรณ์ต่างๆ บริเวณปล่องลิฟต์ ปล่องชักโครก หรือปล่องที่มีการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ ภายในอาคาร ตลอดจนบริเวณที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายเชิงกลอื่นๆ

4) ห้องเครื่องต้องเป็นลักษณะ ดังต่อไปนี้

ก) ต้องติดตั้งระบบระบายอากาศอย่างน้อยหนึ่งระบบ ดังต่อไปนี้

1) มีช่องระบายอากาศขนาดเหมาะสมเพื่อให้อากาศหมุนเวียนภายในอย่างเพียงพอและเกิดความปลอดภัยแก่คนงาน หรือ

2) ติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่สามารถเปลี่ยนอากาศในห้องได้อย่างสมบูรณ์ภายในยี่สิบนาทีและระบายอากาศเก่าทั้งหมดออกสู่ภายนอกอาคาร

ข) ต้องมีขนาดที่สามารถติดตั้งเครื่องจักรได้พอเหมาะ

ค) ต้องสามารถเข้าไปทำการตรวจตรา บำรุงรักษา และปฏิบัติงานได้อย่างสะดวก

ง) ทางเดินต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง และมีความกว้างอย่างน้อย 90 เซนติเมตร และความสูงอย่างน้อย 200 เซนติเมตร

จ) มีทางออกอย่างน้อยสองทาง

ฉ) มีป้ายห้ามบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาตเข้าไปในห้องเครื่อง

ช) ท่อแอมโมเนียที่อยู่ใต้ดินต้องมีการป้องกันการกัดกร่อนที่เหมาะสม

การทำความเย็น 1

ตำราการทำความเย็น 1 เล่มนี้ประกอบด้วยเนื้อหาวัฏจักรระบบทำความเย็นโดยเน้นที่ระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ การคำนวณสมรรถนะระบบ การเลือกอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง การคำนวณภาระการทำความเย็น และสอดแทรกเรื่องการจัดการความปลอดภัย เหมาะสำหรับนิสิตนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์และผู้สนใจทั่วไปที่ทำงานเกี่ยวข้องกับระบบทำความเย็น

ตัวอย่าง

ISBN 978-616-602-210-0



9 786166 022100

ราคา 300 บาท
มหาวิทยาลัย

<http://thammasatpress.tu.ac.th>