บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการทำงานของระบบทำความเย็น

ในปัจจุบันมีการนำเอาระบบการทำความเย็นมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นงานทางด้านการผลิต เก็บรักษาและการจำหน่ายอาหาร อุตสาหกรรมเคมี งานปรับอากาศ และการใช้งานเฉพาะทาง เช่น ในด้านการแพทย์ หรือธุรกิจลานสเก็ตน้ำแข็ง ฯลฯ

จะเห็นได้ว่าระบบการทำความเย็นถูกนำมาใช้ในหลายด้าน แต่ในโครงงานฉบับนี้จะขอกล่าวถึงระบบการทำความเย็นที่ใช้งานในด้านอุตสาหกรรมอาหารเท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ขบวนการผลิตอาหารที่เกี่ยวข้องกับระบบทำความเย็น

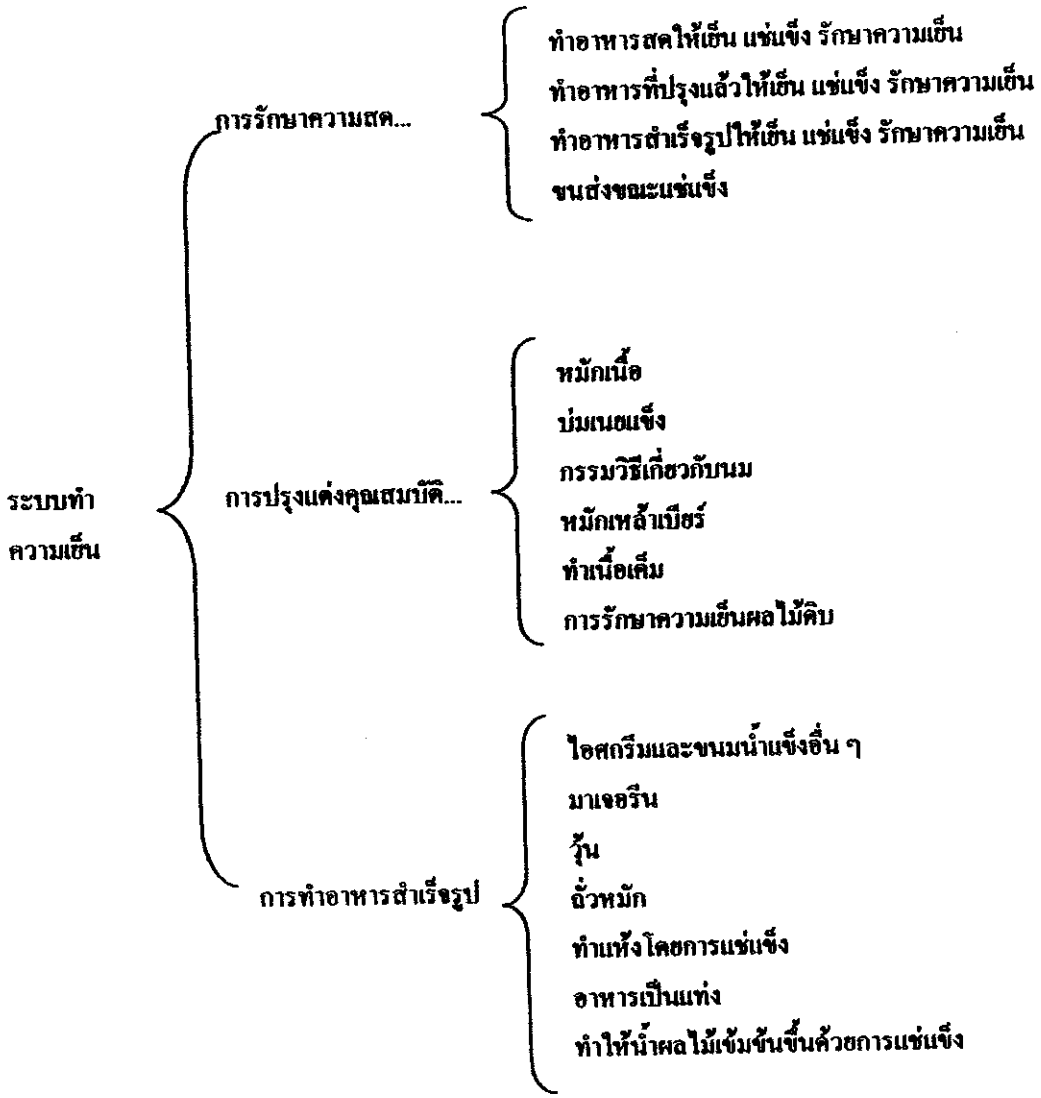
การนำเอาระบบทำความเย็นมาใช้กับอาหารนั้นมีขอบเขตกว้างมากอาจแยกตามวัตถุประสงค์พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้ดังนี้

2.1.1 การรักษาความสด คือ การรักษาคุณภาพของอาหารโดยไม่ปล่อยให้กรรมวิธีก่อนการแช่เย็นกินเวลานานจนสภาพอาหารเสียไป อนึ่งการแช่เย็นนั้นจะทำให้คุณภาพของอาหารแช่เย็นแปรเปลี่ยนไปสิ่งที่ทำให้คุณภาพของอาหารแช่เย็นเปลี่ยนไปมาก คือ การเลือกวัตถุดิบที่จะนำมาแช่ ด้วยเหตุนี้ความก้าวหน้าของการแช่เย็นแขนงนี้จึงประสบปัญหามากมายที่ต้องใช้ผลการค้นคว้าเรื่องวัตถุดิบควบคู่กันไปกับการปรับปรุงเงื่อนไขและวิธีการใช้การแช่เย็น

2.1.2 การปรุงแต่งคุณสมบัติ คือ การกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติเพื่อที่จะปรับปรุงคุณสมบัติของอาหาร เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์นี้ เราต้องอาศัยอุปกรณ์การแช่เย็นที่มีประสิทธิภาพในหลาย ๆ ด้าน ไม่เพียงแต่การควบคุมอุณหภูมิของอาหารเท่านั้น แต่ยังรวมถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เช่น ความชื้นของอากาศ การไหลและการระบายอากาศ

2.1.3 การแช่เย็นในการผลิตอาหารสำเร็จรูป คือ การใช้ประโยชน์ของการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือทางกายภาพที่เกิดขึ้นภายในอาหาร เช่น ถั่วหมักเป็นตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และไอศครีมเป็น

ตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพโดยเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นของแข็ง นอกจากนี้ยังจำเป็นที่จะต้องวางเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเปลี่ยนแปลง ซึ่งตัวอย่างของขบวนการผลิตอาหารข้างต้นที่เกี่ยวข้องกับระบบทำความเย็นสามารถดูได้จากรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ผังแสดงตัวอย่างขบวนการผลิตอาหารที่เกี่ยวข้องกับระบบทำความเย็น

2.2 วงจรการทำความเย็นขั้นพื้นฐาน

ในระบบการทำความเย็นสามารถแบ่งชนิดของวงจรการทำความเย็นได้เป็น 4 ประเภทคือ วงจรการทำความเย็นแบบอัดไอ (vapor - compression refrigeration cycle), วงจรการทำความเย็นแบบดูดซึม

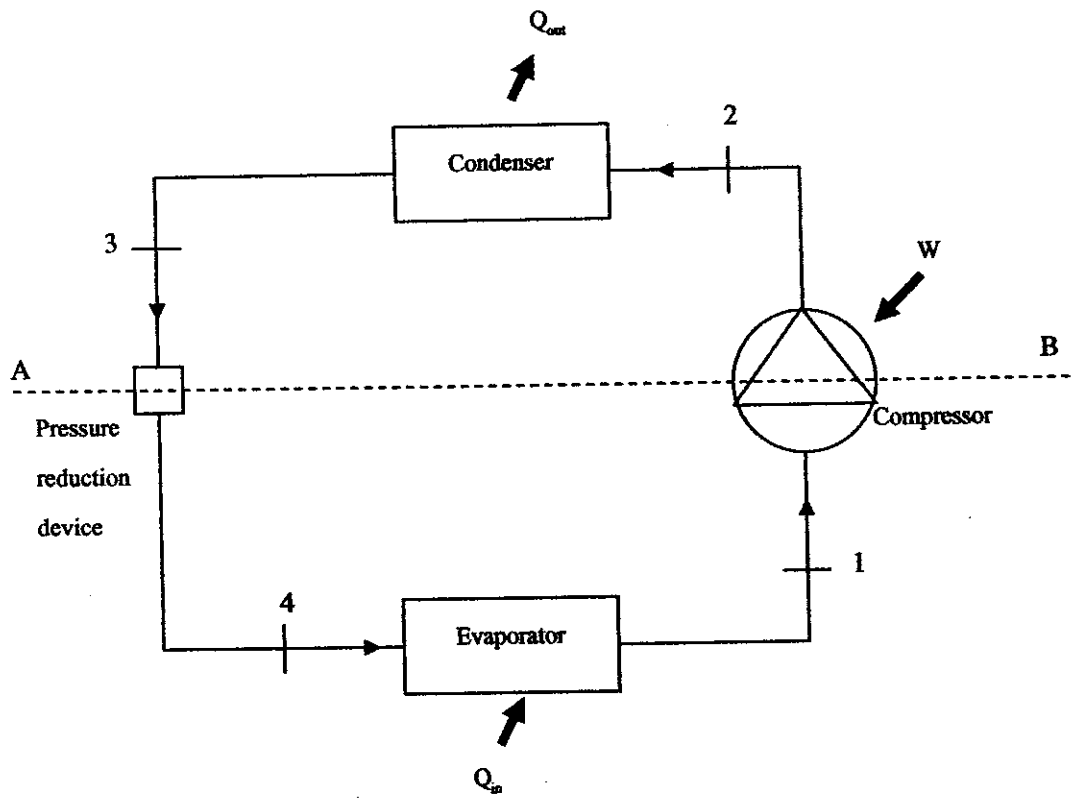
(absorbtion refrigeration cycle), วงจรการทำความเย็นของก๊าซ (gas refrigeration cycle) และวงจรการทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric refrigeration cycle) แต่ในที่นี้จะขอกล่าวถึงวงจรการทำความเย็นแบบอัดไอ เพียงประเภทเดียวเท่านั้น เพราะเป็นวงจรที่มีการใช้งานในอุตสาหกรรมการทำความเย็นอย่างแพร่หลาย

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.2 หลักการทำงานของวงจรการทำความเย็นแบบอัดไอ คือ เมื่อสารทำความเย็นผ่านอีแวปโพเรเตอร์จะระเหยตัวกลายเป็นไอและถูกอัดผ่านคอมเพรสเซอร์ในสถานะไอ ไอความดันสูงที่ได้จะควบแน่นในคอนเดนเซอร์เป็นของเหลวความดันสูง และผ่านวาล์วลดความดันกลายเป็นของเหลวความดันต่ำ จากนั้นเมื่อของเหลวความดันต่ำไหลผ่านอีแวปโพเรเตอร์ อีแวปโพเรเตอร์จะดูดความร้อนจากผลิตภัณฑ์หรือบริเวณที่ต้องการทำความเย็น ทำให้น้ำยาเหลวเกิดการระเหยกลายเป็นไอ เป็นผลผลิตภัณฑ์หรือบริเวณนั้น ๆ มีอุณหภูมิลดต่ำลง

ส่วนประกอบของระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ ประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ อีแวปโพเรเตอร์ คอนเดนเซอร์ เครื่องควบคุมของสารทำความเย็น และอาจมีถังเก็บสารทำความเย็นเพิ่มมาอีกในกรณีที่เป็นระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ โดยวงจรทำความเย็นแบบอัดไอประกอบด้วยกระบวนการพื้นฐาน 4 กระบวนการดังนี้

1. กระบวนการอัดตัวแบบไอเซนโทรปิก (Compression Process)
2. กระบวนการถ่ายเทความร้อนสูงภายใต้ความดันคงที่ (Vaporizing Process)
3. กระบวนการทรอตทลิ่งในวาล์วลดความดัน (Expansion Process)
4. กระบวนการกลั่นตัว ภายใต้ความดันคงที่ (Condensing Process)

ซึ่งกระบวนการทั้ง 4 กระบวนการ แสดงไว้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ภาพแสดงวงจรพื้นฐานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ

2.2.1 กระบวนการอัดตัวแบบไอเซนโทรปิก (1-2) เกิดขึ้นในอุปกรณ์ที่เรียกว่า คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ผลจากการที่ไอน้ำยาถูกอัดในคอมเพรสเซอร์นี้จะทำให้ความดันและอุณหภูมิไอน้ำยาสูงขึ้น

2.2.2 กระบวนการถ่ายเทความร้อนสูงภายใต้ความดันคงที่ (2-3) เป็นการเปลี่ยนสถานะจากไอน้ำยาร้อนให้กลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลวภายใต้ความดันกลั่นตัว โดยใช้อากาศระบายความร้อนออกจากไอน้ำยาร้อน ซึ่งเกิดขึ้นในอุปกรณ์ที่เรียกว่า คอนเดนเซอร์ (Condenser) ส่วนในกรณีที่เป็นระบบขนาดใหญ่จะใช้น้ำระบายความร้อนโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower)

2.2.3 กระบวนการทรอตทลิ่งในวาล์วลดความดัน (3-4) เป็นกระบวนการลดความดันโดยที่เอนทาลปีคงที่ เกิดขึ้นในขณะที่น้ำยาทำความเย็นซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดัน ผลจากการลดความดันทำให้น้ำยาทำความเย็นเหลวส่วนหนึ่งกลายเป็นไอที่เรียกว่า Flash Gas โดยน้ำยาทั้งหมดที่ผ่านอุปกรณ์ลดความดันนี้จะมีอุณหภูมิและความดันลดลง

2.2.4 กระบวนการกลั่นตัวภายใต้ความดันระเหยคงที่ (4-1) เป็นการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวให้กลายเป็นไอ เรียกว่า การระเหยภายใต้ความดันระเหยคงที่ กระบวนการนี้เกิดขึ้นในอุปกรณ์ที่เรียกว่า อีแวปโพเรเตอร์ (Evaporator) หรือ คอยล์เย็น ขณะที่น้ำยาเหลวไหลผ่าน คอยล์เย็นนี้จะดูดความร้อนจากผลิตภัณฑ์หรือบริเวณที่ต้องการทำความเย็น ทำให้น้ำยาเหลวเกิดการระเหยกลายเป็นไอ และผลิตภัณฑ์หรือบริเวณนั้น ๆ มีอุณหภูมิลดต่ำลง ความร้อนที่ต้องการดึงออกจากผลิตภัณฑ์หรือพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น เรียกว่า ภาระหรือโหลด (Load)

2.2.5 ด้านความดันของวงจรการทำความเย็นแบบอัดไอ

ในวงจรการทำความเย็นแบบอัดไอถ้าใช้ความดันเป็นเกณฑ์แบ่ง สามารถแบ่งวงจรได้เป็น 2 ด้าน คือ

2.2.5.1 ด้านความดันสูง (High side) **(2-3)** คือ กระบวนการตั้งแต่ทางออกของคอมเพรสเซอร์ถึงทางเข้าของอุปกรณ์ลดความดัน ความดันในส่วนนี้จะเท่ากับความดันกลั่นตัว ซึ่งจากรูปที่ 2.2 ด้านความดันสูงจะอยู่เหนือเส้น AB ขึ้นไป

2.2.5.2 ด้านความดันต่ำ (Low side) **(4-1)** คือ กระบวนการตั้งแต่ทางออกของอุปกรณ์ลดความดันจนถึงทางเข้าคอมเพรสเซอร์ ความดันในส่วนนี้จะเท่ากับความดันระเหย ซึ่งจากรูปที่ 2.2 ด้านความดันต่ำจะอยู่ใต้เส้น AB ลงมา

2.2.6 วงจรการทำงานในระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ

ในระบบการทำความเย็นดังแสดงในรูปที่ 2.2 ระบบท่อจะมีการลำเลียงสารทำความเย็นซึ่งมีสภาวะที่แตกต่างกัน 3 สภาวะ คือ

2.2.6.1 ท่อน้ำยาทำความเย็นในช่วงการอัด **(2)** เรียกว่า ท่อด้านส่ง (Discharge Line) คือ ท่อที่เชื่อมต่อระหว่างคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์

2.2.6.2 ท่อน้ำยาทำความเย็นในช่วงที่เป็นของเหลว **(3-4)** เรียกว่า ท่อน้ำยาเหลว (Liquid Line) คือ ท่อที่เชื่อมต่อระหว่างคอนเดนเซอร์กับวาล์วลดความดัน และวาล์วลดความดันกับอีแวปโพเรเตอร์

2.2.6.3 ท่อน้ำยาทำความเย็นในช่วงของความดันลด **(1)** เรียกว่า ท่อด้านดูด (Suction Line) คือ ท่อที่เชื่อมต่อระหว่างอีแวปโพเรเตอร์กับคอมเพรสเซอร์

ในระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ สารทำความเย็นที่ใช้ได้มีหลายชนิด เช่น แอมโมเนีย, R-12, R-22, R-134a เป็นต้น แต่เนื่องจากทางบริษัท ซี.เอฟ.พี. จำกัด ได้เลือกใช้สารทำความเย็นแอมโมเนีย ดังนั้นในโครงงานฉบับนี้จึงได้ศึกษาเฉพาะระบบทำความเย็นแบบใช้แอมโมเนียเท่านั้น

2.3 ระบบทำความเย็นแบบใช้แอมโมเนีย

แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นที่มีราคาถูกและใช้ได้อย่างกว้างขวาง และแอมโมเนียยังมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนสูงอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติทางเคมีหลายอย่างที่เหมาะจะใช้กับระบบทำความเย็นใหญ่ ซึ่งความเป็นพิษไม่ใช่ปัจจัยสำคัญ ถ้ามีระบบควบคุมที่ดี หรือติดตั้งอยู่ห่างชุมชน โดยอันตรายและการป้องกันอันตรายจากสารทำความเย็นแอมโมเนียสามารถดูได้จากภาคผนวก ค.

แอมโมเนียมีจุดเดือดต่ำประมาณ - 33.35 องศาเซลเซียส ที่ความกดดันของบรรยากาศ ดังนั้นอีแวปโพเรเตอร์และคอนเดนเซอร์ในระบบจึงมีอุณหภูมิและความดันอยู่ในช่วงปานกลาง คือ -15° C และ 30°C ที่ความดัน 237 kPa (2.37 bar) และ 1167 kPa (11.67 bar) ตามลำดับ ซึ่งโดยปกติแล้วแอมโมเนียเหลวที่ความดันบรรยากาศ 100 kPa (1.01 bar) จะมีอุณหภูมิอิ่มตัวประมาณ -33 °C และมีค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ 1,400 kJ/kg ดังนั้นถ้านำแอมโมเนียเหลว 1 kg มาอยู่ ณ ความดันบรรยากาศ จะระเหยกลายเป็นไอและดูดความร้อนจากบริเวณรอบ ๆ 1,400 kJ จึงทำให้บริเวณรอบ ๆ นั้นมีอุณหภูมิลดลง

แอมโมเนียแห้งจะไม่กัดกร่อนเหล็ก แต่แอมโมเนียเหลวหรือแอมโมเนียแห้งเมื่อถูกความชื้นจะมีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น ทองแดง ทองเหลือง เป็นต้น ดังนั้นจะสังเกตได้ว่าจะไม่มีการใช้โลหะเหล่านี้ในระบบที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น โดยค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของแอมโมเนียสามารถดูได้จากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงคุณสมบัติของแอมโมเนีย

Temp °C	Pressure kPa	Enthalpy kJ/kg		Entropy kJ/kg		Specific Vol. 10^{-3} m³/kg	
		h_f	h_g	s_f	s_g	v_f	v_g
-60	21.99	-69.5330	1373.19	-0.10909	6.6592	1.4010	4685.08
-55	30.29	-47.5062	1382.01	-0.00717	6.5454	1.4126	3474.22
-50	41.03	-25.4342	1390.64	0.09264	6.4382	1.4245	2616.51
-45	54.74	-3.3020	1399.07	0.19049	6.3369	1.4367	1998.91
-40	72.01	18.9024	1407.26	0.28651	6.2410	1.4493	1547.36
-35	93.49	41.1883	1415.20	0.38082	6.1501	1.4623	1212.49
-30	119.90	63.5629	1422.86	0.47351	6.0636	1.4757	960.867
-28	132.02	72.5387	1425.84	0.51015	6.0302	1.4811	878.100
-26	145.11	81.5387	1428.76	0.54655	5.9974	1.4867	803.761
-24	159.22	90.5370	1431.64	0.58272	5.9652	1.4923	736.868
-22	174.41	99.5600	1434.46	0.61865	5.9336	1.4980	676.570
-20	190.74	108.599	1437.23	0.65436	5.9025	1.5037	622.122
-18	208.26	117.656	1439.94	0.68984	5.8720	1.5096	572.875
-16	227.04	126.729	1442.60	0.72511	5.8420	1.5155	528.257
-14	247.14	135.820	1445.20	0.76016	5.8125	1.5215	487.769
-12	268.63	144.929	1447.74	0.79501	5.7835	1.5276	450.971
-10	291.57	154.056	1450.22	0.82965	5.7550	1.5338	417.477
-9	303.60	158.628	1451.44	0.84690	5.7409	1.5369	401.860
-8	316.02	163.204	1452.64	0.86410	5.7269	1.5400	386.944
-7	328.24	167.785	1453.83	0.88125	5.7131	1.5432	372.692
-6	342.07	172.371	1455.00	0.89835	5.6993	1.5464	359.071
-5	355.71	176.962	1456.15	0.91541	5.6856	1.5496	346.046
-4	369.77	181.559	1457.29	0.93242	5.6721	1.5528	333.589
-3	384.26	186.161	1458.42	0.94938	5.6586	1.5561	321.670
-2	399.20	190.768	1459.53	0.96630	5.6453	1.5594	310.263
-1	414.58	195.381	1460.62	0.98317	5.6320	1.5627	299.340
0	430.74	200.000	1461.70	1.00000	5.6189	1.5660	288.880
1	446.74	204.625	1462.76	1.01679	5.6058	1.5694	278.858
2	463.53	209.256	1463.80	1.03354	5.5929	1.5727	269.253
3	480.81	213.892	1464.83	1.05024	5.5800	1.5762	260.046
4	498.59	218.535	1465.84	1.06691	5.5672	1.5796	251.216
5	516.87	223.185	1466.84	1.08353	5.5545	1.5831	242.745
6	535.67	221.841	1467.82	1.10012	5.5419	1.5866	234.618
7	555.0	232.503	1468.78	1.11667	5.5294	1.5901	226.817
8	574.87	237.172	1469.72	1.13317	5.5170	1.5936	219.326

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงคุณสมบัติของแอมโมเนีย (ต่อ)

Temp °C	Pressure kPa	Enthalpy kJ/kg		Entropy kJ/kg		Specific Volume 10^{-3} m³/kg	
		h_f	h_g	s_f	s_g	v_f	v_g
9	595.28	241.848	1470.65	1.14964	5.5046	1.5972	212.132
10	616.25	246.531	1471.57	1.16607	5.4924	1.6008	205.221
11	637.78	251.221	1472.46	1.18246	5.4802	1.6045	198.580
12	659.89	255.918	1473.34	1.19882	5.4681	1.6081	192.196
13	682.59	260.622	1474.20	1.21515	5.4561	1.6118	186.058
14	705.88	265.334	1475.05	1.23144	5.4441	1.6156	180.154
15	729.79	270.053	1475.88	1.24769	5.4322	1.6193	174.475
16	754.31	274.779	1476.69	1.26391	5.4204	1.6231	169.009
17	779.46	279.513	1477.48	1.28010	5.4087	1.6269	163.748
18	805.25	284.255	1478.25	1.29626	5.3971	1.6308	158.683
19	831.69	289.005	1479.01	1.31238	5.3855	1.6347	153.804
20	858.79	293.762	1479.75	1.32847	5.3740	1.6386	149.106
21	886.57	298.527	1480.48	1.34452	5.3626	1.6426	144.578
22	915.03	303.300	1481.18	1.36055	5.3512	1.6466	140.214
23	944.18	308.081	1481.87	1.37654	5.3399	1.6507	316.006
24	974.03	312.870	1482.53	1.39250	5.3286	1.6547	131.950
25	1004.6	317.667	1483.18	1.40843	5.3175	1.6588	128.037
26	1035.9	322.471	1483.81	1.42433	5.3063	1.6630	124.261
27	1068.0	327.284	1484.42	1.44020	5.2953	1.6672	120.619
28	1100.7	332.104	1485.01	1.45604	5.2843	1.6714	117.103
29	1134.3	336.933	1485.59	1.47185	5.2733	1.6757	113.708
30	1168.6	341.769	1486.14	1.48762	5.2624	1.6800	110.430
31	1203.7	346.614	1486.67	1.50337	5.2516	1.6844	107.263
32	1239.6	351.466	1487.18	1.51908	5.2408	1.6888	104.205
33	1276.3	356.326	1487.66	1.53477	5.2300	1.6932	101.248
34	1313.9	361.195	1488.13	1.55042	5.2193	1.6977	98.3913
35	1352.2	366.072	1488.57	1.56605	5.2086	1.7023	95.6290
36	1391.5	370.957	1488.99	1.58165	5.1980	1.7069	92.9579
37	1431.5	375.851	1489.39	1.59722	5.1874	1.7115	90.3743
38	1472.4	380.754	1489.76	1.61276	5.1768	1.7162	87.8748
39	1514.3	385.666	1490.10	1.62828	5.1663	1.7209	85.4561
40	1557.0	390.587	1490.42	1.64377	5.1558	1.7257	83.1150
41	1600.6	395.519	1490.71	1.65924	5.1453	1.7305	80.8484
42	1645.1	400.462	1490.98	1.67470	5.1349	1.7354	78.6536
43	1690.6	405.416	1491.21	1.69013	5.1244	1.7404	76.5276

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงคุณสมบัติของแอมโมเนีย (ต่อ)

Temp °C	Pressure kPa	Enthalpy kJ/kg		Entropy kJ/kg		Specific Volume 10^{-3} m³/kg	
		h_f	h_g	s_f	s_g	v_f	v_g
44	1737.0	410.382	1491.41	1.70554	5.1140	1.7454	74.4678
45	1784.3	415.362	1491.58	1.72095	5.1036	1.7504	72.4716
46	1832.6	420.358	1491.72	1.73635	5.0932	1.7555	70.5365
47	1881.6	425.369	1491.82	1.75174	5.0872	1.7607	68.6602
48	1932.2	430.399	1491.88	1.76714	5.0723	1.7659	66.8403
49	1983.5	435.450	1491.91	1.78225	5.0618	1.7712	65.0746
50	2035.9	440.523	1491.89	1.79798	5.0514	1.7766	63.3608
51	2089.2	445.623	1491.83	1.81343	5.0409	1.7820	61.6971
52	2143.6	450.751	1491.73	1.82891	5.0303	1.7875	60.0813
53	2199.1	455.913	1491.58	1.84445	5.0198	1.7931	58.5114
54	2255.6	461.112	1491.38	1.86004	5.0092	1.7987	56.9855
55	2313.2	466.353	1491.12	1.87571	4.9985	1.0844	55.5019

Using SI units in Heating, Air Condition and Refrigeration; W. J. Stoecker, Bussiness News Publishing Co

โดยระบบการทำความเย็นแบบใช้แอมโมเนีย ยังแบ่งย่อยออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ระบบการทำความเย็นแบบใช้แอมโมเนียทำความเย็นให้ความเย็นแก่ผลิตภัณฑ์โดยตรง และระบบการทำความเย็นแบบใช้แอมโมเนียทำความเย็นให้ความเย็นแก่ผลิตภัณฑ์โดยอ้อม

2.4 ระบบทำความเย็นแบบใช้แอมโมเนียทำความเย็นให้ความเย็นแก่ผลิตภัณฑ์โดยตรง

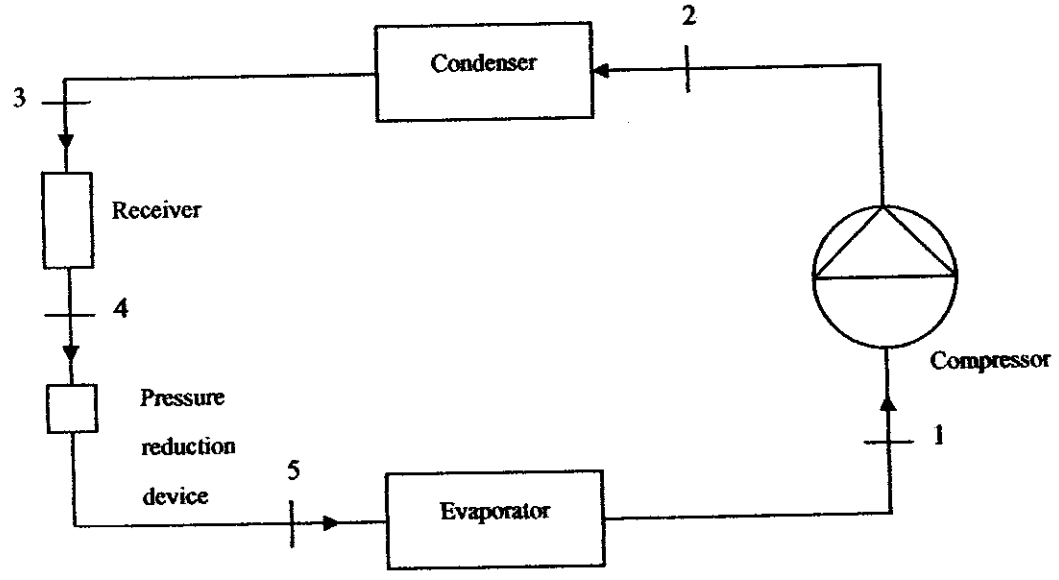
ระบบทำความเย็นแบบใช้แอมโมเนียทำความเย็นให้ความเย็นแก่ผลิตภัณฑ์โดยตรง คือ ระบบทำความเย็นที่ใช้แอมโมเนียเลกเปลี่ยนความร้อนกับภาระหรือผลิตภัณฑ์โดยตรงที่อีแวปโพเรเตอร์ ซึ่งระบบทำความเย็นแบบใช้แอมโมเนียโดยตรง ถ้าแบ่งแยกตามคอยล์เย็น สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. แบบไดเร็กเอ็กซ์แปนชั่น (Direct Expansion หรือ DX system)
2. แบบท่วม (Flooded Type)
3. แบบปั๊มหมุนเวียน (Pump Circulation)

2.4.1 ระบบทำความเย็นแบบไดเร็กเอกซ์แปนชั่น

ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ระบบ DX จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ คือ ถังพักน้ำยา (Receiver), วาล์วหลัก (King Valve), อุปกรณ์ลดความดัน, คอยล์เย็น, คอมเพรสเซอร์ และคอนเดนเซอร์

การทำงานของระบบ DX เมื่อน้ำยาแอมโมเนียออกจากอุปกรณ์ลดความดันแล้วจะไหลเข้าสู่คอยล์เย็นโดยตรง น้ำยาเหลวเมื่อออกจากอุปกรณ์ลดความดันแล้วจะมี Flash Gas เกิดขึ้น ทำให้ในระบบ DX นี้จะมีทั้งส่วนที่เป็นของเหลวและไอผ่านเข้าไปในคอยล์เย็น Flash Gas ที่เข้ามาในคอยล์เย็นนี้เป็นสาเหตุให้คอยล์เย็นทำงานได้ไม่เต็ม 100% เพราะคอยล์เย็นจะทำงานได้ดีที่สุดเมื่อมีพื้นที่ผิวให้น้ำยาเหลวสัมผัสกับผิวท่อของคอยล์เย็นมากที่สุด แต่ต้องสูญเสียพื้นที่ผิวท่อส่วนหนึ่งไปกับ Flash Gas นอกจากนี้ยังต้องสูญเสียพื้นที่ผิวท่ออีกส่วนหนึ่งในการทำน้ำยาเหลวให้กลายเป็นไอดงหรือซุปเปอร์ฮีท (Superheat vapor) ก่อนออกจากคอยล์เย็นได้ประมาณ 70 % เท่านั้น สำหรับสาเหตุที่ต้องมีการทำซุปเปอร์ฮีทก่อนออกจากคอยล์เย็นนั้นเพราะว่า เมื่อน้ำยาทำความเย็นออกจากคอยล์เย็นแล้วจะไหลตามท่อเพื่อเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ หากมีน้ำยาเหลวเข้าไปในคอมเพรสเซอร์จะทำให้คอมเพรสเซอร์ได้รับความเสียหาย



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงระบบทำความเย็นแบบ DX

พิจารณาจากรูปที่ 2.3 หลักการทำงานของระบบ DX คือ ไอแอมโมเนียเมื่อเข้าสู่คอมเพรสเซอร์แล้วจะถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ไอแอมโมเนียที่ออกจากคอมเพรสเซอร์นี้จะเป็นไอซุปเปอร์ฮีทซึ่งจะไหลต่อไปยังคอนเดนเซอร์เพื่อระบายความร้อนออกและกลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลว

เป็นการหมุนเวียนน้ำยาเพื่อนำมาใช้ทำความเย็นอีกครั้ง น้ำยาเหลวที่ออกจากคอนเดนเซอร์นี้จะถูกส่งไปเก็บไว้ในถังพักน้ำยา จากนั้นน้ำยาเหลวถูกส่งจากถังพักน้ำยาเข้าสู่อุปกรณ์ลดความดัน เพื่อทำการลดความดันลง น้ำยาเหลวที่ลดความดันแล้วจะถูกส่งไปยังอีแวปโพเรเตอร์ เพื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ แล้วจ่ายไปตามโหลดต่าง ๆ

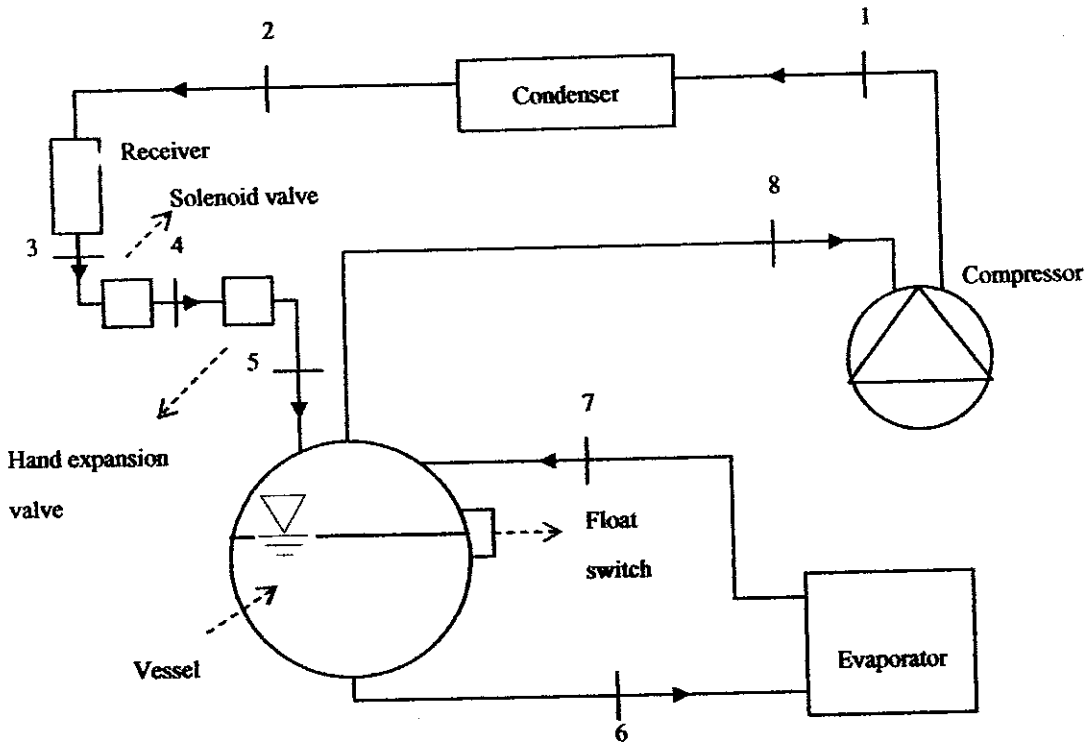
2.4.2 ระบบทำความเย็นท่วม

เป็นระบบทำความเย็นที่พัฒนาจากระบบ DX เพื่อให้คอยล์เย็นใช้พื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อนได้เต็มที่ โดยการติดตั้งหม้อแยกชั้นน้ำยาเหลวและ Flash Gas ออกจากกัน ทำให้ส่วนที่เข้าสู่คอยล์เย็นมีเฉพาะส่วนของน้ำยาเหลวเท่านั้น

สำหรับระบบทำความเย็นที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น ระบบทำความเย็นแบบท่วมจะมีอุปกรณ์ที่เพิ่มเติมจากระบบ DX ได้แก่ หม้อแยกน้ำยาเหลว (Vessel), สวิทช์ลูกลอย (Flat switch), และวาล์วโซลินอยด์ (Solenoid Valve) โดยที่หม้อแยกน้ำยาเหลวจะเป็นส่วนที่น้ำยาเหลวและไอน้ำจะแยกชั้นกันอยู่ ส่วนวาล์วโซลินอยด์และสวิทช์ลูกลอยเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปรับปริมาณน้ำยาเข้าสู่หม้อแยกน้ำยาเหลว

พิจารณาจากรูปที่ 2.4 ระบบทำความเย็นแบบท่วมมีหลักการทำงาน คือ ไอซุปเปอร์ฮีทที่ออกจากคอมเพรสเซอร์จะไหลเข้าสู่คอนเดนเซอร์เพื่อระบายความร้อนออกและกลั่นตัวเป็นของเหลว และไหลไปสู่ถังพักน้ำยาเหลว หลังจากนั้นจะผ่านอุปกรณ์ลดความดัน ทำให้ความดันและอุณหภูมิของน้ำยาเหลวลดลง น้ำยาเหลวและ Flash Gas ที่เกิดขึ้นจะไหลเข้าสู่หม้อแยกน้ำยาเหลว ซึ่งส่วนที่เป็นของเหลวจะไหลตกไปอยู่ส่วนล่างของหม้อแยกน้ำยา ในขณะที่ส่วนที่เป็นไอมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำยาเหลวจะลอยตัวอยู่ส่วนบนของหม้อแยกน้ำยา

หม้อแยกน้ำยาเหลวจะติดตั้งในตำแหน่งที่สูงกว่าคอยล์เย็น เพื่อให้น้ำยาเหลวไหลลงตามท่อเข้าสู่คอยล์เย็นโดยวิธีธรรมชาติ (อาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก) และออกจากคอยล์เย็นในสภาวะไอซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นไอซุปเปอร์ฮีท เพราะไอน้ำยาที่ออกจากคอยล์เย็นจะไหลเข้าสู่หม้อแยกน้ำยาเหลวอีกครั้ง หากมีส่วนของน้ำยาเหลวที่ระเหยไม่หมดออกจากคอยล์เย็นมาด้วย ก็จะตกลงสู่ด้านล่างของหม้อแยกน้ำยา ไอน้ำที่ออกมาจะอยู่รวมกับ Flash Gas และถูกดูดเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ เป็นอันครบวัฏจักรของระบบทำความเย็นแบบท่วม

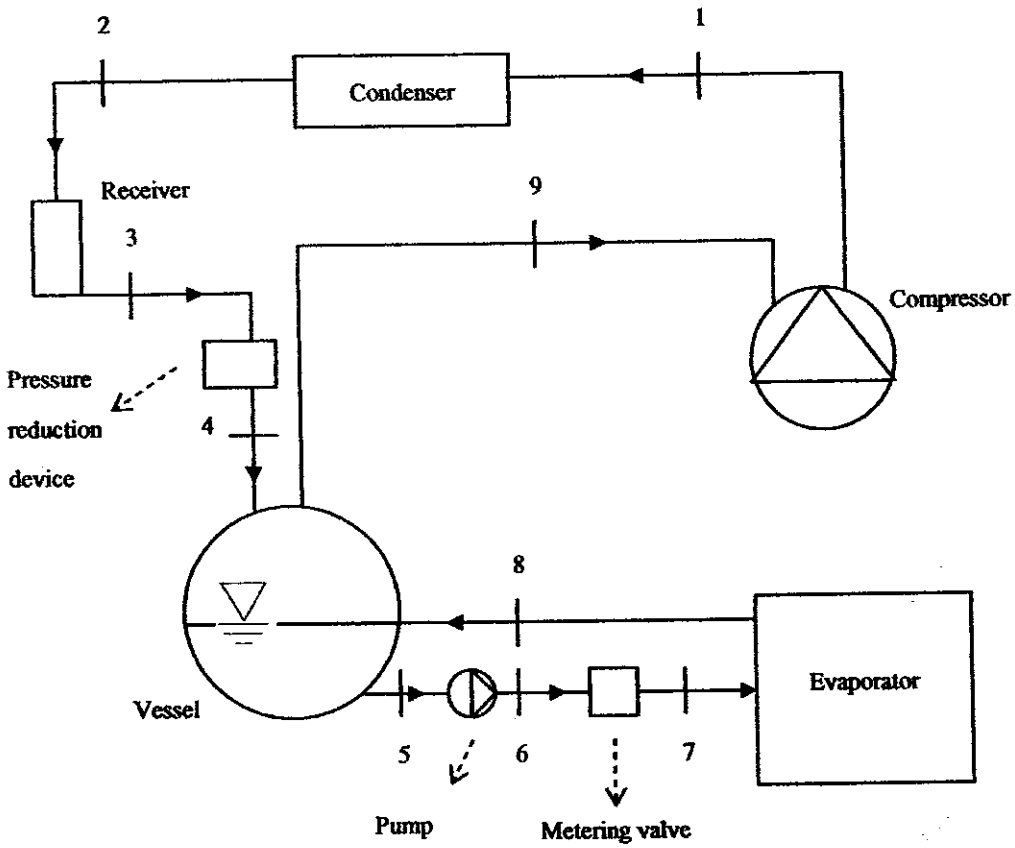


รูปที่ 2.4 ภาพแสดงระบบทำความเย็นแบบท่วม

สำหรับวาล์วโซลินอยด์และสวิทช์ลูกลอยนั้นจะทำงานดังนี้ เมื่อปริมาณน้ำยาเหลวในถังแยกน้ำยาเหลวลดลง สวิทช์ลูกลอยจะเปิดวาล์วโซลินอยด์ ทำให้น้ำยาเหลวไหลจากถังพักน้ำยาเข้าสู่อุปกรณ์ลดความดันและเข้าสู่หม้อแยกน้ำยาต่อไป เมื่อความสูงของน้ำยาเหลวถึงระดับที่ต้องการ สวิทช์ลูกลอยจะปิดวาล์วโซลินอยด์ปิดกั้นไม่ให้น้ำยาเหลวเข้าสู่หม้อแยกน้ำยาเหลวได้อีก

2.4.3 ระบบทำความเย็นแบบใช้ปั๊มหมุนเวียน

อุปกรณ์ในระบบทำความเย็นแบบใช้ปั๊มหมุนเวียนมีอุปกรณ์เพิ่มเติมจากระบบ DX ได้แก่ metering valve, liquid ammonia pump, และหม้อแยกน้ำยาเหลว (Vessel)



รูปที่ 2.5 ภาพแสดงระบบทำความเย็นแบบใช้ปั๊มหมุนเวียน

พิจารณาจากรูปที่ 2.5 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบใช้ปั๊มหมุนเวียน คือ ไอน้ำยาความดันสูงที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ถูกส่งเข้าไปยังคอนเดนเซอร์ เพื่อระบายความร้อนออกกลายเป็นน้ำยาเหลวที่ความดันสูง จากนั้นน้ำยาเหลวจะถูกส่งไปเก็บในถังพักน้ำยาเหลวก่อนที่จะไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดันต่อไป อุปกรณ์ลดความดันนี้มีหน้าที่ คือ ลดอุณหภูมิและความดันของน้ำยาเหลว และควบคุมระดับน้ำยาในถัง Vessel ด้วย น้ำยาเหลวเมื่อผ่านอุปกรณ์ลดความดันแล้วจะมีความดันลดลงและมีส่วนหนึ่งที่กลายเป็น Flash Gas ซึ่งเมื่อไหลเข้าสู่ถัง Vessel แล้วส่วนที่ก๊าซจะลอยตัวอยู่ส่วนบนของถัง ส่วนที่เป็นของเหลวจะตกอยู่ด้านล่างของถังและถูกปั๊มเข้าสู่คอยล์เย็นเพื่อทำความเย็นต่อไป ทั้งนี้มี metering valve ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณของน้ำยาเหลวที่เข้าสู่คอยล์เย็นให้เพียงพอกับโหลดที่ต้องทำความเย็น

การใช้ปั๊มหมุนเวียนมีข้อดี คือ ทำให้สามารถติดตั้งหม้อแยกน้ำยาเหลวและปั๊มไว้ในส่วนของห้องเครื่องได้ อย่างไรก็ตาม การใช้ปั๊มหมุนเวียนนั้นจะต้องปั๊มน้ำยาเหลวเข้าสู่คอยล์เย็นมากกว่าปริมาณน้ำยาที่ต้องการใช้ทำความเย็นจริง เพราะในระหว่างที่น้ำยาเหลวไหลผ่านท่อไปสู่คอยล์เย็นนั้นจะเกิดการ

สูญเสียความดัน ทำให้น้ำยาส่วนหนึ่งระเหยกลายเป็นไอก่อนเข้าสู่คอยล์เย็น จึงต้องป้อนน้ำยาเหลวเข้าสู่คอยล์เย็นให้มากกว่าความต้องการจริงเพื่อให้สามารถใช้พื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อนได้เต็มที่ ด้วยเหตุนี้จึงมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำยาและไอน้ำยาออกจากคอยล์เย็น ซึ่งจะส่งมายังถัง Vessel อีกครั้งเพื่อแยกน้ำยาเหลวออกและให้มีเฉพาะส่วนของไอน้ำยาเท่านั้นที่ถูกดูดเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ ไอน้ำยาที่ถูกดูดเข้าคอมเพรสเซอร์ถูกอัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูง ก่อนส่งเข้าคอนเดนเซอร์ต่อไป

.2.4.4 ข้อมูลทางเทคนิคสำหรับการติดตั้งระบบท่อแอมโมเนีย

2.4.4.1 ข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อ

ในการออกแบบระบบท่อ ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. จำกัดการสูญเสียความดันโดยทั่ว ๆ ไป จะยอมรับตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1.1 ท่อด้านดูด ความดันลดลงไม่เกิน 1 K

1.2 ท่อด้านส่ง ความดันลดลงไม่เกิน 1K

1.3 ท่อน้ำยาเหลว ความดันลดไม่เกิน 2 K

2. การวนกลับของน้ำมันมายังคอมเพรสเซอร์ ซึ่งควรจะเป็นไปตามนี้

2.1 ท่อด้านดูด (Suction Piping)

ท่อในแนวระดับ ความเร็วของน้ำยาทำความเย็นไม่ควรเกิน 3.5 เมตร/วินาที ส่วนท่อในแนวดิ่ง ความเร็วของน้ำยาทำความเย็นไม่ควรเกิน 7 เมตร/วินาที

2.2 ท่อด้านส่ง (Discharge Line)

ความเร็วของน้ำยาทำความเย็นควรอยู่ในช่วง 8 - 15 เมตร/วินาที เพราะว่าถ้าเกินค่านี้ไปแล้วจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องเสียง

2.3 ท่อน้ำยาเหลว (Liquid Line)

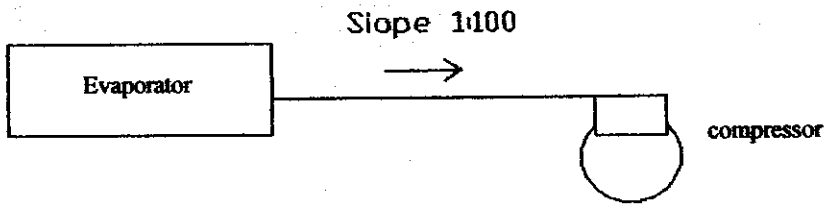
ความเร็วของน้ำยาทำความเย็นไม่ควรเกิน 1.50 เมตร/วินาที ถ้าเกินกว่านี้จะทำให้เกิดการกระแทกของน้ำยาเหลว (Liquid Hammer)

2.4.4.2 แนวทางการเดินท่อแอมโมเนีย

แนวทางการเดินท่อขึ้นอยู่กับลักษณะของสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ทำการติดตั้งระบบท่อ และส่วนประกอบต่าง ๆ ในวงจรนั้น ๆ แต่มีบางส่วนที่ควรระมัดระวังเป็นพิเศษ คือ

1. ท่อด้านดูด (Suction Line)

1.1 อีแวปโพเรเตอร์อยู่สูงกว่าคอมเพรสเซอร์ ท่อที่อยู่ในแนวระดับทุกท่อจะต้องลาดเอียงไปยังคอมเพรสเซอร์เล็กน้อย เพื่อให้น้ำมันไหลกลับได้โดยแรงดึงดูดของโลก โดยมีอัตราส่วนความลาดเอียง 1:100 ดังแสดงในรูปที่ 2.6

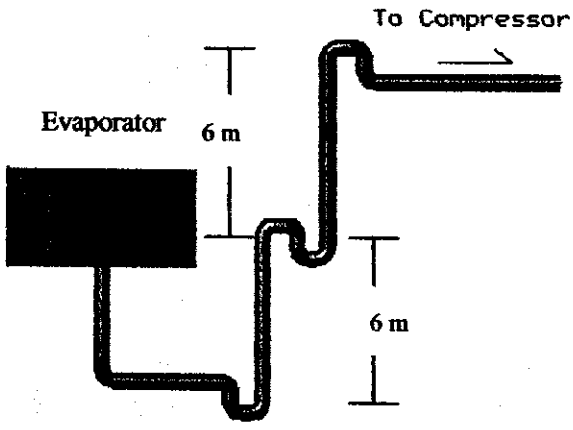


รูปที่ 2.6 ภาพแสดงการทำ Slope จากอีแวปโพเรเตอร์ไปยังคอมเพรสเซอร์

1.2 อีแวปโพเรเตอร์อยู่ต่ำกว่าคอมเพรสเซอร์ ท่อด้านดูดต้องติดตั้ง traps เป็นรูปตัวยูหงาย (∪) ไว้ที่ส่วนล่างเพื่อดักน้ำมัน ดังแสดงในรูปที่ 2.7 และเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อในแนวดิ่งต้องลดขนาดลงเพื่อเพิ่มความเร็วให้กับสารทำความเย็น ท่อในแนวดิ่งที่ออกจากอีแวปโพเรเตอร์ควรทำ traps เป็นรูปตัวยูคว่ำ (∩) ดังแสดงในรูปที่ 2.8 เพื่อป้องกันของเหลวไหลกลับเข้าคอยล์เมื่อระบบหยุดทำงาน และในกรณีที่สารทำความเย็นวิ่งขึ้นไปตามแนวดิ่งสูงเกินกว่า 6 เมตร ต้องติดตั้ง traps ระหว่างอีแวปโพเรเตอร์กับคอมเพรสเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.9

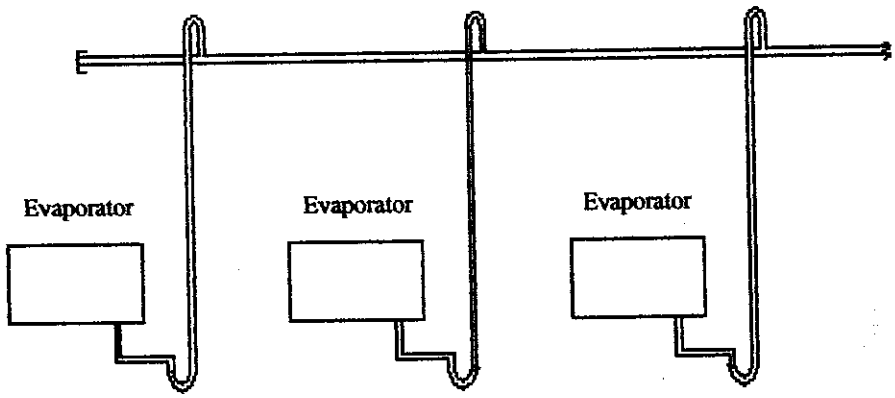
รูปที่ 2.7 การทำ traps รูปตัวยูหงาย (∪) เพื่อดักน้ำมัน

รูปที่ 2.8 การทำ traps รูปตัวยูคว่ำ (∩) ด้านบนเพื่อป้องกันของเหลวไหลกลับเข้าคอยล์



รูปที่ 2.9 การทำ traps ในทุก ๆ ระยะ 6 เมตร

1.3 ถ้ามีอีแวปโพเรเตอร์หลายตัวในท่อเมนเดียวกัน ต้องต่อท่อแยกเข้าทางด้านบนของท่อเมนเสมอ เพื่อป้องกันของเหลวไหลกลับเข้าอีแวปโพเรเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การเดินท่อในกรณีมีอีแวปโพเรเตอร์หลายตัวในท่อเมนเดียวกัน

2. ท่อด้านส่ง (Discharge Line)

การออกแบบท่อด้านส่งต้องคำนึงถึง

2.1 ที่ทางเข้าคอนเดนเซอร์ ท่อต้องอยู่สูงกว่าคอนเดนเซอร์ คือทำ traps เป็นรูปตัวยูคว่ำลงเพื่อป้องกันน้ำมันไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ ในระหว่างการหยุดเดินเครื่อง

2.2 ต้องติดตั้งถังน้ำยาแยกน้ำมันที่ด้านความดันสูง

2.3 ต้องติดตั้งอุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์ และการไหลของแก๊สร้อน

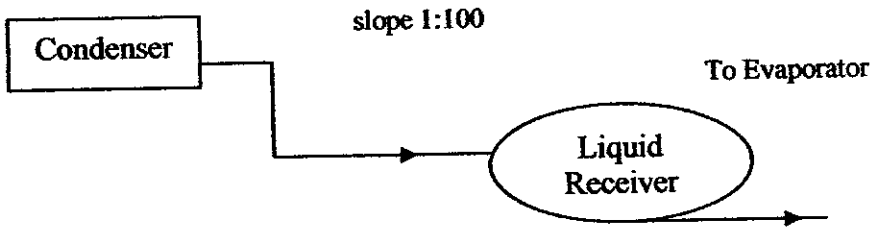
2.4 ท่อในแนวระดับต่อลาดเอียงไปยังคอนเดนเซอร์ โดยมีอัตราส่วนความลาดเอียง 1:100

2.5 ท่อในแนวดิ่งต้องทำ traps และควรลดเส้นผ่าศูนย์กลางลงเพื่อให้ได้อัตราเร็วตามข้อกำหนดในการเดินท่อในหัวข้อที่ 2.4.4.1

2.6 ถ้าท่อในแนวดิ่งสูงเกิน 6 เมตร ต้องต่อ traps ระหว่างคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์ทุก ๆ ระยะ 6 เมตร ในทุกกรณี

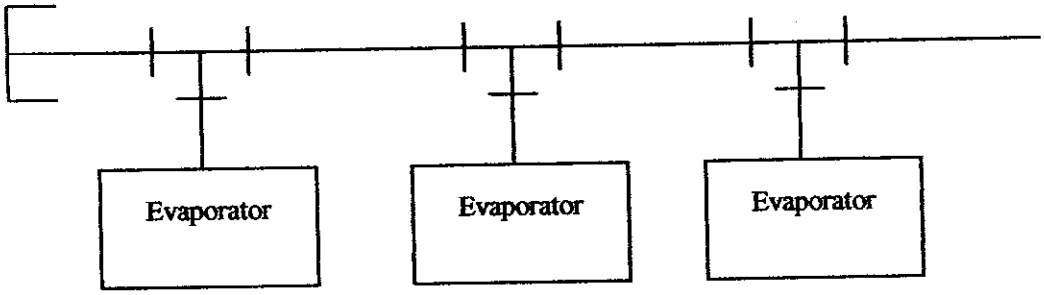
3. ท่อน้ำยาเหลว (Liquid Line)

3.1 ทุกกรณีถังเก็บน้ำยาเหลวต้องอยู่ต่ำกว่าคอนเดนเซอร์ และท่อทุกท่อควรลาดเอียงไปยังถังเก็บน้ำยา โดยมีอัตราส่วนความลาดเอียง 1:100 ดังแสดงรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การเดินท่อน้ำยาเหลว

3.2 ถ้ามีอีแวปโพเรเตอร์หลายตัวถูกต่อเข้ากับท่อเหล็กเดียวกัน ข้อต่อที (T-junction) ต้องอยู่ต่ำกว่าท่อเหล็กเสมอ เพื่อให้สารทำความเย็นไหลเข้าสู่อีแวปโพเรเตอร์ได้สะดวก ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การต่อข้อต่อตัวที

2.5 ระบบการทำความเย็นแบบใช้แอมโมเนียให้ความเย็นแก่ผลิตภัณฑ์โดยอ้อม

ระบบการทำความเย็นแบบใช้แอมโมเนียทำความเย็นให้แก่ผลิตภัณฑ์โดยอ้อม คือ ระบบการทำความเย็นที่ใช้แอมโมเนียทำความเย็นให้แก่น้ำ หลังจากนั้นน้ำจะถูกส่งไปตามระบบท่อด้วยแรงขับของเครื่องสูบน้ำเพื่อไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับภาระหรือผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นน้ำจะถูกส่งกลับมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับแอมโมเนีย ทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดลงแล้วถูกส่งไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับ

ภาระหรือผลิตภัณฑ์อีกครั้ง ส่วนแอมโมเนียเมื่อแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วจะกลายเป็นไอระเหยและถูกส่งผ่านไประบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์โดยอาศัยแรงขับดันของคอมเพรสเซอร์

ข้อดีของระบบนี้ คือ ในกรณีที่ห้องเย็นอยู่ห่างจากชุดคอนเดนเซอร์มาก ๆ ซึ่งการที่จะต่อท่อให้ยาวออกไปนั้น ในทางปฏิบัตินั้นไม่นิยมทำกัน เพราะอาจเกิดความดันลดมากและยังต้องใช้แอมโมเนียในปริมาณมาก นอกจากนี้ยังต้องคำถึงปัญหาการรั่วซึม โดยระบบนี้จะใช้เมื่อสารทำความเย็นของระบบเป็นสารมีพิษ

ในระบบนี้โดยส่วนใหญ่ จะใช้น้ำเป็นสารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับภาระหรือผลิตภัณฑ์ เพราะน้ำเป็นของไหลที่มีค่าความจุความร้อนสูง ราคาไม่แพง และมีการกัดกร่อนค่อนข้างต่ำ แต่ในกรณีที่ต้องการทำความเย็นในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (0 $^{\circ}$C) จะต้องเติมสารป้องกันการแข็งตัวลงไปในน้ำ ซึ่งสารที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและรู้จักกันดี คือ เอททีลีนไกลโคล, โปรพิเลนไกลโคล, เมธานอล และ กลีเซอรีน ซึ่งจะเติมสารตัวใดนั้นขึ้นอยู่กับการใช้งาน ดูรายละเอียดได้จากตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงจุดเยือกแข็งของสารป้องกันการแข็งตัวที่ผสมกับน้ำ

Alcohol		Glycerine		Ethylene Glycol		Propylene Glycol	
% by Wt.	$^{\circ}$C	% by Wt.	$^{\circ}$C	% by Wt.	$^{\circ}$C	% by Wt.	$^{\circ}$C
5	-2.2	10	-1.6	15	-5.3	5	-1.7
10	-4.7	20	-4.8	20	-8.8	10	-3.3
15	-6.8	30	-9.5	25	-12.2	15	-5.3
20	-10.4	0	-15.4	30	-15.8	20	-7.2
25	-14.7	50	-23.0	35	-20.0	25	-9.5
30	-19.2	60	-34.7	40	-24.7	30	-12.8
35	-25.1	70	-38.9	45	-30.0	35	-16.4
40	-29.4	80	-20.8	50	-35.8	40	-20.8
45	-33.1	90	-1.6			45	-26.1
50	-36.7	100	-17.0			50	-31.9
55	-40.3					55	-39.8
						59	-49.4
						Above 60% fails to crystallize at -73 $^{\circ}$C	

ระบบการทำความเย็นแบบใช้แอมโมเนียให้ความเย็นแก่ผลิตภัณฑ์โดยอ้อม สามารถแบ่งวงจรการทำงานออกเป็น 2 วงจร คือ วงจรน้ำยาแอมโมเนียในเครื่องทำความเย็น และวงจรโปรพิเลนไกลโคล ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้

2.5.1 วงจรน้ำยาแอมโมเนียในเครื่องทำความเย็น

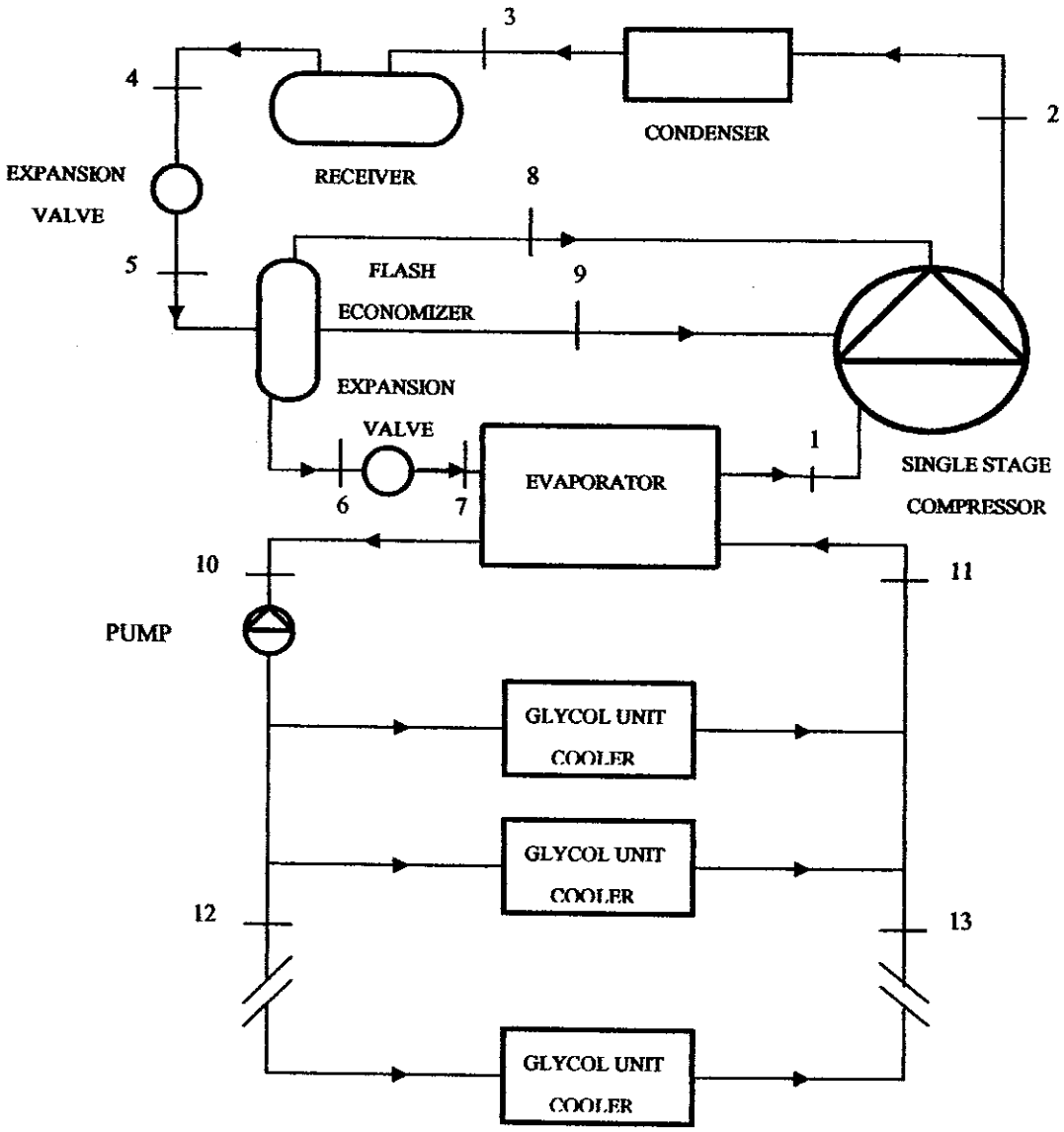
พิจารณาจากรูปที่ 2.13 กระบวนการจาก 1 ถึง 9 เป็นรูปแบบของวงจรแอมโมเนียในเครื่องทำความเย็น แบบใช้ปั๊มหมุนเวียนซึ่งสามารถอธิบายวงจรได้ คือ เมื่อคอมเพรสเซอร์ไฮจ์สเตจ (High State Compressor) อัดก๊าซแอมโมเนียร้อนความดันสูงไปตามท่อจ่าย (Discharge Line) เข้าสู่คอนเดนเซอร์ (Evaporative Condenser) เพื่อระบายความร้อน ทำให้ก๊าซแอมโมเนียกลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลวความดันสูง แล้วไหลลงไปเก็บที่ถังพักน้ำยาเหลว (Liquid receiver) น้ำยาจากถังพักน้ำยาเหลวนี้จะถูกจ่ายผ่านชุดวาล์วควบคุมความดันและอุณหภูมิก่อนส่งเข้าถังอีโคโนไมเซอร์ (Economizer) ทำให้น้ำยาเหลวส่วนหนึ่งกลายเป็นก๊าซ ซึ่งจะถูกดูดเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ไฮจ์สเตจ ผ่านทางอีโคโนไมเซอร์พอร์ท (Economizer Port) ส่วนที่เป็นน้ำยาเหลวจะถูกป้อนเข้าสู่ระบบ Glycol Chiller โดยผ่านชุดวาล์วควบคุมเพื่อลดความดันและอุณหภูมิลงอีกครั้ง ภายใน Packaged Chiller จะมีถังพักน้ำยาเหลวอยู่ เพื่อแยกน้ำยาเหลวซึ่งจะอยู่ด้านล่างและก๊าซอยู่ด้านบนของถัง น้ำยาเหลวรับความร้อนจากน้ำยาโปรพิเลน ไกลโคล กลายเป็นก๊าซ และถูกดูดไปตามท่อดูด (Suction Line) กลับมายังคอมเพรสเซอร์ไฮจ์สเตจเพื่ออัดก๊าซให้มีความดันและอุณหภูมิสูง แล้วส่งไประบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์

นอกจากนี้ยังมีการดึงน้ำยาเหลวจากถังพักน้ำยาไปจ่ายให้กับคอมเพรสเซอร์ เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิของน้ำมันไม่ให้ร้อนเกินไป ในที่นี้เรียกว่า SOC (Screw Oil Cooling)

2.5.2 วงจรโปรพิเลนไกลโคล

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.13 อีกครั้ง จะเห็นว่าจากกระบวนการที่ 10 ถึง 13 เป็นวงจรโปรพิเลนไกลโคลนี้ ในวงจรนี้สารทำความเย็นที่ใช้ คือ โปรพิเลนไกลโคลผสมกับน้ำ ซึ่งโปรพิเลนไกลโคลเป็นน้ำยาป้องกันการแข็งตัวของน้ำที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะมีคุณสมบัติไม่กัดกร่อนและไม่นำไฟฟ้า ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้กับท่อโลหะต่าง ๆ ได้ดี โดยหลักการทำงานของวงจรเมื่อโปรพิเลนไกลโคลออกจากอีแวปโพเรเตอร์ หลังจากถูกจ่ายไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับภาระหรือผลิตภัณฑ์ตามห้องต่าง ๆ แล้วจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น แล้วถูกปั๊มกลับมาสู่อีแวปโพเรเตอร์เพื่อระบายความร้อนออกจากโปรพิเลน

ไกลโคล โดยมีน้ำยาแอมโมเนียเหลวเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้อุณหภูมิของโปรพิเลนไกลโคลลดลง เมื่อระบายความร้อนออกแล้วก็จะถูกจ่ายไปตามห้องต่าง ๆ เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับภาระหรือผลิตภัณฑ์อีกครั้ง ส่วนแอมโมเนียเมื่อรับความร้อนมาจะระเหยกลายเป็นไอและถูกส่งผ่านไประบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์โดยอาศัยแรงขับดันของคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 2.13 ภาพแสดงวงจร Glycol Chiller

ว TH
7697
4740541
24 ก.ย. 2547

สำนักหอสมุด

2.6 ข้อมูลเบื้องต้นของท่อแอมโมเนียและท่อโปรพิเลนไกลโคลที่ใช้ในระบบการทำความเย็น

โดยทั่วไปการเลือกชนิดของวัสดุที่ใช้ทำท่อจะขึ้นอยู่กับการใช้งาน ลักษณะของการติดตั้ง สารทำความเย็นที่ใช้ ราคาของวัสดุและค่าแรงในการติดตั้ง ทั้งยังต้องคำนึงถึงมาตรฐานเป็นสำคัญ ซึ่งรายละเอียดและหลักการเลือกใช้ท่อในระบบการทำความเย็น สามารถสรุปได้ดังนี้

2.6.1 รายละเอียดและวัสดุที่ใช้ทำท่อ

ท่อทำจากวัสดุต่าง ๆ หลายชนิด การที่จะเลือกท่อซึ่งทำจากวัสดุชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการนำท่อไปใช้งาน โดยจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อนี้

1. คุณสมบัติของของไหลที่ไหลผ่านท่อ
2. อุณหภูมิ
3. ความดัน
4. แนวโน้มที่จะเกิดการ Oxidation

นอกจากนี้ราคาและความยากง่ายในการจัดซื้อยังมีอิทธิพลต่อการเลือกชนิดวัสดุ สิ่งสุดท้ายที่จำกัดการเลือกชนิดวัสดุสำหรับการนำมาใช้งานคือ บทบัญญัติและข้อบังคับต่าง ๆ ผู้ควบคุมงานจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบ และระมัดระวังในการเลือกชนิดวัสดุให้เป็นไปตามบทบัญญัติ ซึ่งใช้บังคับกับงานแต่ละงาน

ในระบบทำความเย็นส่วนใหญ่มักจะใช้ท่อที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel) หรือทองแดง (Copper) ซึ่งมีคุณสมบัติต่างกัน ดังแสดงการเปรียบเทียบในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของท่อเหล็กกล้ากับท่อทองแดง

ท่อเหล็กกล้า	ท่อทองแดง
1. มีความต้านทานเนื่องจากความเสียดทานมาก ต้องใช้ปั๊มขนาดใหญ่	1. มีความต้านทานเนื่องจากความเสียดทานน้อย จึงใช้ปั๊มขนาดเล็กได้
2. ตะกรันจะจับตัวกันได้ง่าย	2. ตะกรันจะจับตัวกันได้ยาก
3. แข็งแรง ทนต่อการสึกหรอ	3. แข็งแรง แต่ไม่ทนต่อการสึกหรอ
4. ราคาถูก	4. ราคาแพง
5. ใช้กับสารทำความเย็นแอมโมเนีย น้ำและไกลโคล	5. ใช้กับสารทำความเย็นชนิดอื่นที่ไม่ใช่แอมโมเนีย เช่น น้ำ ไกลโคล และฟรีออน เป็นต้น
6. น้ำหนักมากกว่าท่อทองแดง	6. น้ำหนักเบา
7. การติดตั้งยากกว่าท่อทองแดง	7. การติดตั้งง่าย
8. ใช้ในระบบทำความเย็นขนาดใหญ่	8. ใช้ในระบบทำความเย็นขนาดเล็ก

ตารางที่ 2.4 ตารางท่อมาตรฐาน

ขนาดระบุ (นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลางใน (นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลางนอก (นิ้ว)	พื้นที่ เส้นผ่านศูนย์กลางใน (ตร.นิ้ว)	น้ำหนัก ต่อความยาว
1/8	0.269	0.405	0.057	0.244
1/4	0.364	0.540	0.104	0.424
3/8	0.493	0.675	0.191	0.567
1/2	0.622	0.840	0.304	0.850
3/4	0.824	1.050	0.533	1.130
1	1.049	1.315	0.864	1.678
1-1/4	1.308	1.660	1.496	2.272
1-1/2	1.610	1.900	2.036	2.717
2	2.067	2.375	3.356	3.652
2-1/2	2.469	2.875	4.788	5.793
3	3.068	3.500	7.393	7.575
3-1/2	3.548	4.000	9.887	9.109
4	4.026	4.500	12.730	10.079
4-1/2	4.560	5.000	15.497	12.538
5	5.047	5.563	20.006	14.617
6	6.065	6.625	28.890	18.974
8	7.981	8.625	50.027	28.554
10	10.020	10.750	78.854	40.483

จากตารางที่ 2.4 *ความดันที่ยอมรับได้ ที่ใช้พิจารณาเลือกท่อเป็นเพียงแนวทางอย่างหนึ่งเท่านั้น ควรระลึกไว้ด้วยว่าการกัดกร่อนและการผุกร่อน จะทำให้ผนังท่อบางลงหลังจากใช้งานไปหลาย ๆ ปี ดังนั้นถ้าเลือกท่อโดยเผื่อความหนาไว้บ้าง ระบบท่อจะมีอายุการใช้งานยาวขึ้น*

2.6.2 มาตรฐานและการเลือกใช้ท่อเหล็กกล้า

การผลิตและออกแบบระบบท่ออุตสาหกรรมนิยมทำตามรหัสและมาตรฐาน (Codes and Standard) ที่กำหนดโดยสมาคมวิศวกรรมเครื่องกลอเมริกัน (American National standards Institute,ANSI) และสถาบันมาตรฐานแห่งชาติอเมริกัน (American National Standards Institute) มาตรฐานทั้งสองนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก มาตรฐานได้กำหนดคุณสมบัติของวัสดุท่อ ชนิดท่อ และการผลิตท่ออุตสาหกรรมไว้อย่างละเอียด รวมทั้งการเลือกใช้งานที่ถูกต้องและเหมาะสมด้วย

2.6.3 รหัสและมาตรฐานท่อ

รหัสและมาตรฐานจะกำหนดไว้เพื่อไว้ใช้เป็นบรรทัดฐานในเรื่องการผลิตท่อ การออกแบบ ความกดดันใช้งาน และการนำไปใช้มีรายละเอียดดังนี้

2.6.3.1 รหัสท่อ (Piping codes) หมายถึง เกณฑ์มาตรฐานที่ออกแบบไว้เฉพาะ เช่น วัสดุที่อนุญาตให้ใช้ทำท่อ ความกดดันใช้งานที่อนุญาตให้ และภาระที่ต้องพิจารณาออกแบบ นอกจากนี้ยังเพิ่มกฎข้อบังคับเพื่อหาความหนาผนังท่อต่ำสุด พฤติกรรมทางโครงสร้างที่เป็นผลจากความดันภายในท่อ น้ำหนักท่อ ภาระคงที่ ภาระจากแผ่นดินไหว การเคลื่อนที่ การขยายตัวจากความร้อน รวมทั้งภาระบังคับภายในและภายนอกอื่น ๆ ที่กระทำต่อท่อ และรหัสท่อยังจัดเตรียมกฎข้อบังคับการออกแบบไว้สำหรับข้อต่อที่ไม่มาตรฐาน และท่อที่เสริมความแข็งแรงบนผนังด้านนอก รหัสนี้จะไม่ออกกฎข้อบังคับไว้สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ต่อระบบท่อ เช่น วาล์ว หน้าแปลน และข้อต่อมาตรฐาน ที่ต้องการออกแบบและก่อสร้างระบบท่อให้เป็นไปตามข้อบังคับทางกฎหมายที่ได้ระบุเอาไว้ การมีรหัสจะช่วยส่งเสริมเทคโนโลยีของการผลิตและใช้งานของระบบท่ออุตสาหกรรมให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น สำหรับระบบท่ออุตสาหกรรมจะกำหนดไว้ในมาตรฐาน ASME B31

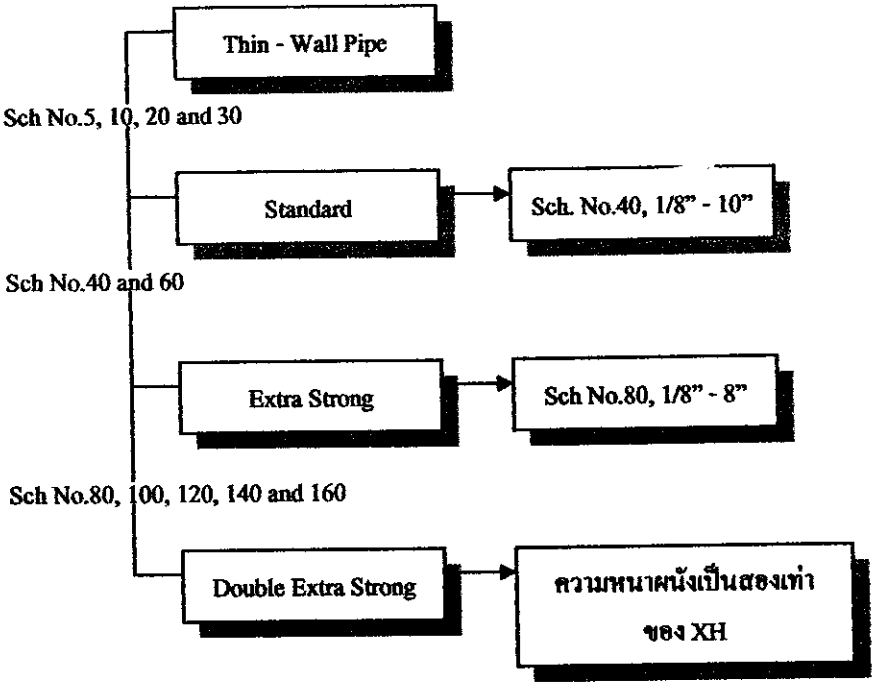
2.6.3.2 มาตรฐานท่อ หมายถึง เกณฑ์ที่ออกแบบเฉพาะและกฎข้อบังคับเกี่ยวกับอุปกรณ์ท่อหรือประเภทอุปกรณ์ท่อ เช่น วาล์ว หน้าแปลน และข้อต่ออื่น ๆ มาตรฐานแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ มิติหรือขนาด (dimensional) และ ความกดดันเฉพาะ (Pressure integrity)

2.6.3.3 มิติมาตรฐาน (Dimensional Standard) เป็นข้อมูลที่ใช้ควบคุมขนาดรูปร่างของอุปกรณ์ทั้งหลายที่ผลิตขึ้นมาจากโรงงานต่าง ๆ ให้มีขนาดเท่ากันและรูปทรงคล้ายคลึงกัน สมรรถนะในการใช้งานเท่าเทียมกัน เช่น NPS 10 Class 150 Flanged-end gate valve ต้องผลิตตามมาตรฐาน ASME / ANSI Standard B 16.10 Face-to-Face and End to End Dimension of Ferrous

2.6.3.4 มาตรฐานความกดดัน (Pressure-integrity Standards) เป็นเกณฑ์ที่กำหนดถึงสมรรถนะด้านความกดดันของอุปกรณ์ที่ผลิตและออกแบบมาใช้งาน เช่น หน้าแปลน NPS 10 Class 150 ASTM A 105 ต้องผลิตตามมาตรฐาน ASME / ANSI Standard B 16.5 หน้าแปลนท่อและหน้าแปลนข้อต่อ มีพิกัดอุณหภูมิและความกดดัน 300 ^{o}C และ 230 psig มาตรฐานไม่จำเป็นต้องทำตามข้อบังคับทางกฎหมายก็ได้

2.6.4 ขนาดและนัมเบอร์ท่อ

ความหนาของผนังท่อจะเปลี่ยนไปตามเบอร์ท่อ (Schedule Number) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อจะโตกว่าขนาดจริง และปรับเส้นผ่าศูนย์กลางในตามเบอร์ท่อ ท่อขนาด 1/8 - 12 นิ้ว การวัดจะวัดที่เส้นผ่าศูนย์กลางในตามชั้นหรือเบอร์แล้ว ขนาดจริงที่วัดได้จึงไม่ตรงกับที่ระบุไว้ ดังนั้นขนาดจริงของท่อจะเป็นเพียงค่าบอกขนาดระบุหรือชื่อเรียกท่อเท่านั้น (Name Size, Nominal Size or Nominal Diameter) ส่วนท่อตั้งแต่ 14 นิ้วขึ้นไปจะวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอกท่อ



รูปที่ 2.14 แผนภูมิการจัดเกรดและนัมเบอร์ท่อ

2.6.5 การคำนวณหา Schedule number

เกรดท่อเหล็กกล้าทั้ง 3 เกรด คือ Standard , Extra strong และ Double extra strong มีมานานกว่า 100 ปีเศษแล้ว ซึ่งเกรดทั้ง 3 นี้จะไม่มีผนังบางเลย และมีความหนาเพียง 3 ชั้นความหนาเท่านั้น และไม่มีความหนาอื่นแทรกอยู่ระหว่างกลางของแต่ละเกรดความหนา จึงส่งผลต่อค่าเศรษฐศาสตร์ในการเลือกใช้ความหนาผนังท่อ กรณีที่ต้องการให้มีความเหมาะสมกับความกดดัน อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมใช้งาน เนื่องจากความหนาของเกรดทั้งสามต่างกัน จึงมีการกำหนดและผลิตชั้นความหนาท่อออกมาแทรกระหว่างกลางความหนาแต่ละเกรด เพื่อให้ท่อมีความหนาผนังหลายขนาดและเลือกใช้งานอย่างเหมาะสม ชั้นความหนานี้กำหนดเรียกเป็นนัมเบอร์ว่า Schedule number แต่ละเบอร์จะมีความหนาบางแตกต่างกัน ยิ่งตัวเลขกำกับนัมเบอร์สูง ความหนาก็ยิ่งมาก Schedule number สามารถประมาณได้จากอัตราส่วนระหว่าง 1,000 เท่า ของความกดดันต่อความเค้นเขียนเป็นสูตรดังนี้

$$\text{Schedule number} = \frac{1000P}{SE} \qquad (2.1)$$

โดยที่ P = ความดันภายในท่อ , ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

S = ความเค้นที่อนุญาตให้ , ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (จากตาราง ข.1)

E = ตัวประกอบคุณภาพ (จากตารางที่ ข.2 และ ข.3)

หมายเหตุ : ค่าความเค้นที่อนุญาตให้ของวัสดุท่อต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงไปกับอุณหภูมิสูงสุดที่จะนำระบบท่อไปใช้ ทำให้ผนังท่อที่คำนวณได้หนาขึ้นกว่าสภาพอุณหภูมิอุณหภูมิต่ำ (ตัวอย่างการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข.)

ตารางที่ 2.5 มาตรฐานเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม

ขนาดระบุ (นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลางนอก (นิ้ว)	ความหนาผนัง (นิ้ว)	
		Sch. 40	Sch. 80
1/8	0.405	0.068	0.095
1/4	0.540	0.088	0.119
3/8	0.675	0.091	0.126
1/2	0.840	0.109	0.147
3/4	1.050	0.113	0.154
1	1.315	0.133	0.179
1-1/4	1.660	0.140	0.191
1-1/2	1.900	0.145	0.200
2	2.375	0.154	0.218
2-1/2	2.875	0.203	0.276
3	3.500	0.216	0.300
3-1/2	4.000	0.226	0.318
4	4.500	0.237	0.337
5	5.563	0.258	0.375
6	6.625	0.280	0.432
8	8.625	0.322	0.500
10	10.750	0.365	0.594
12	12.750	0.375	0.688
14	14.000	0.438	0.750
16	16.000	0.500	0.844

2.6.6 ชนิดของท่อเหล็กกล้า แบ่งตามกรรมวิธีการผลิต

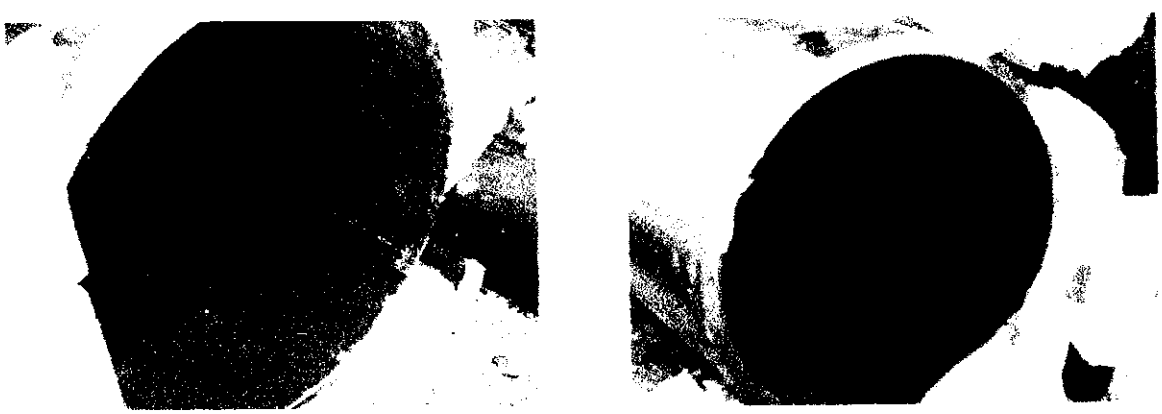
การแบ่งชนิดของท่อเหล็กกล้า ถ้าใช้กรรมวิธีการผลิตเป็นเกณฑ์ในการแบ่งประเภท สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.6.6.1 ท่อมีตะเข็บ (Seam pipe) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ท่อเชื่อมต่อชน (Butt welded pipe) เป็นวิธีการผลิตท่อจากเหล็กแผ่นนำมาม้วนให้ขอบชนกัน แล้วเชื่อมตะเข็บแบบใช้ความต้านทานไฟฟ้า
2. การเชื่อมต่อเกย (Lap Welded pipe) คล้ายกับการเชื่อมต่อชน เพียงแต่ขอบชนจะต้องเอียงมากกว่าเพื่อให้มีพื้นที่ผิวส่วนที่จะเชื่อมมากขึ้น ท่อจึงมีความแข็งแรงมากกว่าการต่อชน

2.6.6.2 ท่อไร้ตะเข็บ (Seamless pipe) เป็นท่อที่ไม่มีตะเข็บเชื่อม ใช้การแทงขึ้นรูป จึงมีความแข็งแรงมากกว่าท่อเชื่อมตะเข็บ เหมาะกับงานที่มีความดันและอุณหภูมิสูง

โดยส่วนใหญ่ท่อ Seam จะใช้กับระบบโปรพิเลนไกลโคล เพราะท่อ Seam มีราคาถูกกว่าท่อ Seamless ส่วนท่อ Seamless จะใช้กับระบบแอมโมเนีย เพื่อป้องกันน้ำยาไม่ให้รั่วซึมจากตะเข็บท่อ แต่มีข้อเสียคือราคาแพง



ก) ท่อมีตะเข็บ ข) ท่อไร้ตะเข็บ

รูปที่ 2.15 ท่อเหล็กกล้า

2.7 ข้อมูลเบื้องต้นของฉนวนที่ใช้ในระบบการทำความเย็น

ในระบบทำความเย็น การหุ้มฉนวนท่อถือเป็นสิ่งสำคัญ เพราะเป็นการช่วยคงอุณหภูมิภายในท่อให้คงที่ตามความต้องการ เพื่อลดการเสียเปล่าของพลังงาน และประหยัดค่าใช้จ่ายในการให้ความร้อนแก่ระบบ ดังนั้นวิศวกรหรือช่างผู้ควบคุมการติดตั้งท่อในระบบทำความเย็น ควรทำความเข้าใจในข้อมูลเบื้องต้นของฉนวนที่ใช้ในระบบการทำความเย็นก่อน เพื่อการเลือกใช้ฉนวนที่ถูกต้องและเหมาะสม โดยข้อมูลเบื้องต้นของฉนวนที่ใช้ในระบบการทำความเย็นมีดังนี้

2.7.1 คุณสมบัติวัสดุฉนวนที่ใช้กับระบบทำความเย็น

คุณสมบัติสำคัญของวัสดุฉนวนความร้อนที่นำมาใช้หุ้มท่อแอมโมเนีย และท่อโปรพิเลนไกลโคลมีดังนี้

2.7.1.1 การนำความร้อนต่ำ (Low thermal conductivity) วัสดุที่ใช้ต้องมีความต้านทานการไหลผ่านของความร้อนเป็นตัวนำที่เลว เพื่อลดการนำความร้อนจากผิวท่อที่ร้อนกว่าไปยังส่วนที่เย็นกว่า ขณะเดียวกันวัสดุนี้ต้องลดการสูญเสียจากการแผ่กระจายความร้อนและการพาได้ดี

2.7.1.2 ความพรุน เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากอันหนึ่ง เพราะฉนวนความร้อนต้องทำให้อากาศนิ่งสงบได้ หากอากาศรอบ ๆ ท่อนิ่งสงบจะช่วยให้การหุ้มฉนวนดี ซึ่งความพรุนของโครงสร้างเนื้อฉนวนช่วยดักอากาศรอบให้สงบนิ่งได้

2.7.1.3 ไม่ติดไฟ หรือลุกไหม้ง่าย เพื่อป้องการความเสียหายของระบบท่อและอุปกรณ์อื่น

2.7.1.4 น้ำหนักเบา ไม่เพิ่มน้ำหนักของท่อมากเกินไป โดยเฉพาะท่อที่แขวนติดกับเพดาน

2.7.1.5 ความต้านทานต่อการเกิดของเชื้อรา เชื้อราเกิดจากการดูดความชื้นของวัสดุฉนวน หากมีความชื้นมากไม่ควรเลือกวัสดุที่ทำจากสารอินทรีย์ เช่น หนังสัตว์ หรือวัสดุทำด้วยไม้ แต่ควรเลือกใช้วัสดุอนินทรีย์ เช่น ใยแก้ว ใยหิน โฟม หรือพลาสติก

2.7.1.6 ความต้านทานต่อการกัดหรือทำลายของสัตว์ หากวัสดุฉนวนทำจากหนังสัตว์ ไม้หรือสารอินทรีย์อื่น ๆ อาจเกิดความเสียหายต้องพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสม

2.7.1.7 ไม่ดูดความชื้นหรืออมน้ำ เฉพาะอย่างยิ่งการหุ้มฉนวนนอกอาคาร เซลล์ของวัสดุฉนวนอาจกักน้ำ ขณะอากาศสงบนิ่งน้ำจะซึมเข้าและมีผลเสียหายต่อฉนวน และลดประสิทธิภาพการหุ้มฉนวน เพราะน้ำจะถูกดูดซับเอาความร้อนถ่ายเทออกสู่อากาศภายนอกมากกว่าฉนวนที่แห้ง ฉนวนใยแก้ว ใยหิน เส้นใยแร่ ไม้ก๊อก สามารถใช้หุ้มนอกอาคารได้

2.7.1.8 ผิวเรียบ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายโอนความร้อน สามารถทาสีได้สะดวก

2.7.1.9 การใช้งานง่าย สะดวกต่อการนำมาหุ้ม ถอดเปลี่ยนได้โดยไม่ยุ่งยาก เมื่อจะซ่อมแซม

2.7.1.10 ทนต่อสภาพกรด-ด่าง วัสดุต้องไม่เปื่อยหรือเสียหายจากการกัดกร่อนของกรดด่าง เพื่อป้องกันไม่ให้การกัดกร่อนกระจายไปสู่ผิวโลหะที่สัมผัสกับฉนวน

2.7.1.11 ความต้านทานต่อการกดอัด เมื่อต้องหนุนรองหรือยึดแขวนท่อ ฉนวนต้องสามารถรับภาระและคงสภาพอยู่ได้โดยไม่ฉีกขาดหรือถูกอัดเข้าไป

2.7.1.12 สามารถคงสภาพ ต้องสามารถคงสภาพอยู่ได้ แม้จะสัมผัสอยู่กับบรรยากาศหรือรับภาระทางกล เช่น การบิด ความสั่นสะเทือน การขยายตัวของท่อเนื่องจากความร้อน และไม่ยุบตัวเมื่อใช้กับอุณหภูมิและฝังในซีเมนต์

2.7.1.13 ความต้านทานต่อแสงอัลตราไวโอเลต เมื่อใช้งานนอกอาคาร

2.7.1.14 ไม่เป็นพิษ เมื่อใช้กับกระบวนการการผลิตอาหาร และถ้าเกิดเพลิงไหม้ต้องไม่เป็นอันตราย

2.7.2 การเลือกฉนวนความร้อน

การเลือกฉนวนความร้อนต้องคำนึงถึงความเหมาะสมหลายประการ ดังหัวข้อต่อไปนี้

2.7.2.1 สะดวกต่อการใช้งาน ฉนวนป้องกันความร้อนผลิตออกมาใช้กันหลายแบบ ได้แก่ แบบแผ่นแข็ง (right board) แบบแผ่นผืน (blanket) ซึ่งม้วนแบบม้วนผ้า แบบแผ่นผืนสำเร็จ (batts) ซึ่งก็คือแบบแผ่นผืนนั่นเอง แต่ตัดขนาดมาตรฐาน แบบผงหรือเส้นใยสั้น ๆ (loose fill) ซึ่งใช้เทหรือพ่นหุ้มงานที่มีสิ่งหุ้ม (lagging) แบบหล่อสำเร็จรูป (Precast) เช่น ทำตามขนาดท่อ เป็นต้น และแบบที่ประกอบขึ้นเองในงานสนาม ชนิดใดที่จะเหมาะสมกับงานขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ใช้

2.7.2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ฉนวนความร้อนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำจะป้องกันความร้อนนำได้ดีกว่าฉนวนกันความร้อนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง ดังนั้นฉนวนที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำจึงดีกว่า เพราะช่วยประหยัดเชื้อเพลิงได้มาก จึงประหยัดค่าใช้จ่าย

2.7.2.3 ช่วงอุณหภูมิการใช้งาน อุณหภูมิของงานจะต้องไม่สูงเกินช่วงอุณหภูมิใช้งานของฉนวนความร้อนนั้น เพราะจะทำให้ฉนวนเสียหายและอาจทำให้งานเสียหายด้วย

2.7.2.4 ราคา ราคาในที่นี้หมายถึงต้นทุนของฉนวนความร้อน ค่าติดตั้งและบำรุงรักษา ราคาของฉนวนขึ้นอยู่กับประเภทและความหนาของฉนวน ความร้อนที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ คือความหนาของฉนวนความร้อนที่สามารถประหยัดความร้อนคิดเป็นราคาเชื้อเพลิงได้เท่ากับราคาของฉนวน

ความร้อนเมื่อฉนวนความร้อนนั้นหมดอายุการใช้งานพอดี เมื่อทราบราคาของฉนวนความร้อนตามความหนาที่เหมาะสมของฉนวนแบบต่าง ๆ ผู้ใช้งานก็จะตัดสินใจเลือกฉนวนความร้อนได้ถูกต้อง

2.7.2.5 ความหนาแน่น ความหนาแน่นของฉนวนความร้อนจะเป็นสิ่งที่ช่วยบอกความพรุนหรือฟองอากาศในเนื้อฉนวน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน นอกจากนี้ยังบอกถึงน้ำหนักที่โครงสร้างจะต้องรับอีกด้วย

2.7.2.6 การทนไฟ เนื่องจากในงานบางประเภท เช่น งานอาคารพาณิชย์ ต้องการความปลอดภัยแก่ผู้ใช้หรือผู้อยู่อาศัยจากการเกิดอัคคีภัย ดังนั้นฉนวนความร้อนจึงควรมีคุณสมบัติติดไฟได้ยาก และในบางประเภทอาจทนไฟได้เป็นระยะเวลาพอสมควร

2.7.2.7 การทนความชื้น ฉนวนความร้อนจะเสื่อมสภาพลง เมื่อความชื้นเข้าไปอยู่ในฟองอากาศของฉนวน สำหรับฉนวนความร้อนที่อมน้ำ เมื่อได้รับความชื้นก็จะเสียไป จึงจำเป็นต้องมีสิ่งป้องกันความชื้นหุ้มฉนวนไว้อีกทีหนึ่ง ดังนั้นฉนวนความร้อนที่ไม่อมน้ำจึงทนกว่าฉนวนความร้อนประเภทแรก

2.7.2.8 อายุการใช้งาน อายุการใช้งานของฉนวนความร้อนขึ้นอยู่กับสภาพการทำงานหลายอย่าง เช่น งานมีความสั่นสะเทือน มีการยืดหดตัว หรือบิดตัว หรือเสื่อมสภาพ เนื่องจากการทำปฏิกิริยากับอากาศ สารเคมี และรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นต้น ในการเลือกฉนวนความร้อนจึงต้องคำนึงสภาพการทำงานที่มีผลต่ออายุการใช้งานเหล่านี้ด้วย

2.7.2.9 ความปลอดภัย ฉนวนความร้อนที่ใช้ไม่ควรมีกลิ่นหรือมีพิษ ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายแก่ผู้ติดตั้งและผู้ใช้งาน

2.7.2.10 ความสวยงาม สำหรับงานก่อสร้าง ฉนวนความร้อนบางประเภทสามารถใช้ในงานตกแต่งเป็นผนังหรือเพดานได้เลย บางประเภทต้องมีสิ่งปกปิด ซึ่งบางครั้งฉนวนความร้อนนั้นต้องรับน้ำหนักสิ่งของปกปิดนั้นด้วย