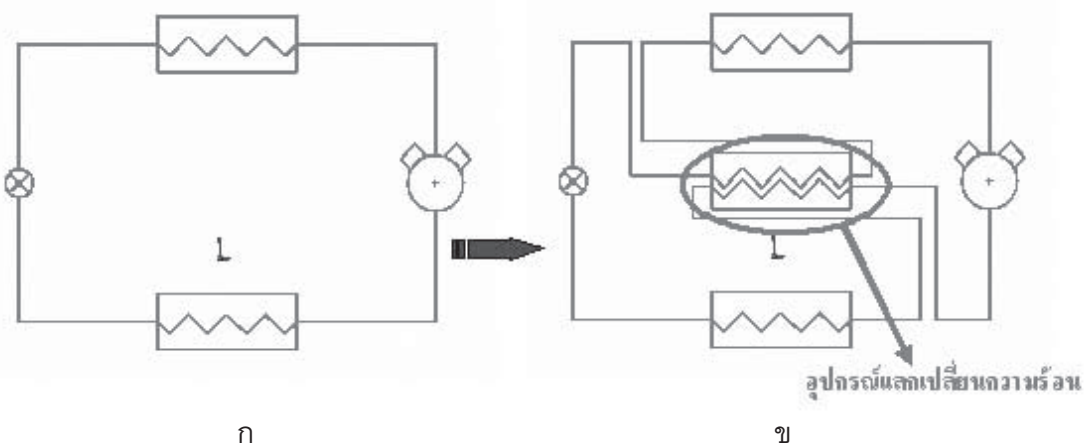


น้ำในแอมโมเนียส่งผลกระทบต่อระบบทำความเย็นบ้าง?

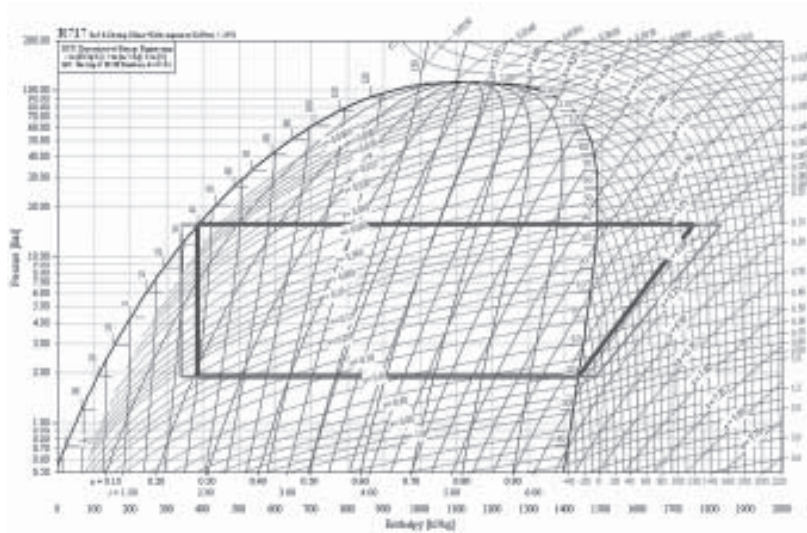


สุวัฒน์ อรุณวรดิฐ
บมจ. พัฒน์กล

ในการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจระบบทำความเย็น นอกจากจะต้องเข้าใจกระบวนการต่างๆ ของระบบทำความเย็นแล้ว เราจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจถึงการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบทำความเย็นด้วยเช่นกัน โดยทั่วไปแล้วผู้ที่ศึกษาระบบทำความเย็นก็จะรู้จักและเข้าใจถึงอุปกรณ์หลักๆ ที่ใช้ในระบบทำความเย็น 4 ชนิดคือ คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ อุปกรณ์ลดความดัน และอีวาปอเรเตอร์ เป็นอย่างดีอยู่แล้ว แต่ก็ยังมีอุปกรณ์อีกหลายชนิดที่เรายังคงไม่เข้าใจหลักการทำงาน และยังคงไม่เห็นความสำคัญในการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านั้นอยู่ ซึ่งในหลายๆ ครั้ง เราสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานระบบทำความเย็นได้อย่างง่ายดาย โดยการเพิ่มอุปกรณ์บางตัวเข้าไป เช่น อุปกรณ์อย่างง่ายที่สุดที่มักจะถูกนำไปใช้เสมอก็คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger)



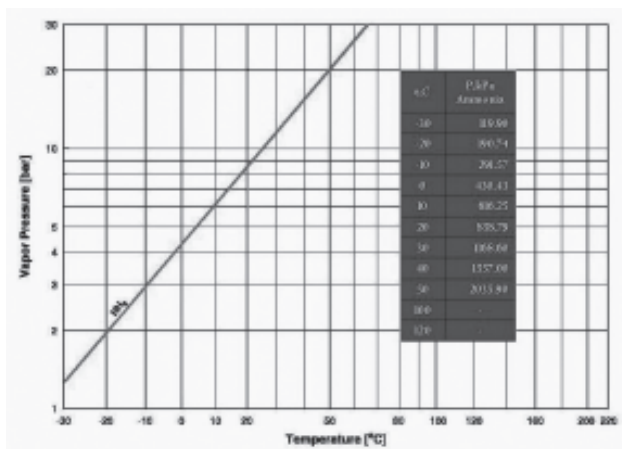
รูปที่ 1 แสดงวงจรของระบบทำความเย็นพื้นฐาน
ก. ไม่มีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ข. มีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



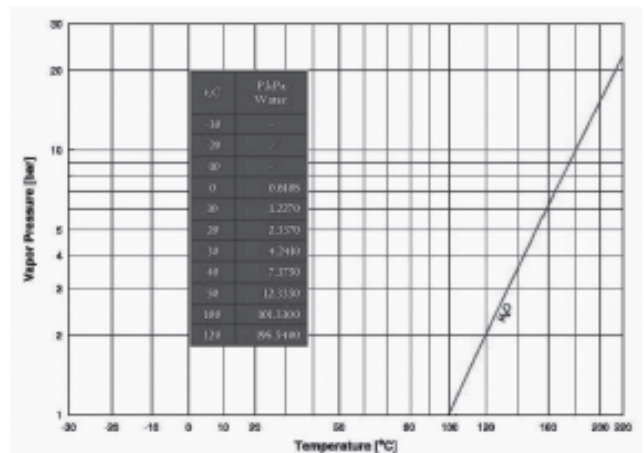
รูปที่ 2 แสดง P-h Diagram การทำงานของวงจรจากรูปที่ 1 (จะพบว่าเส้นสีแดงซึ่งติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะได้ค่า RE ที่สูงกว่า)

เช่นเดียวกันอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่สามารถทำให้ระบบทำความเย็นทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ แต่มักจะเป็นอุปกรณ์ที่ถูกมองข้ามคือ อุปกรณ์ระบายความชื้นหรือไอที่ไม่สามารถอัดตัวได้ออกจากระบบทำความเย็น แล้วคุณเคยสงสัยหรือเปล่าครับว่าทำไมในระบบทำความเย็น จึงต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ระบายความชื้นหรือไอที่ไม่สามารถอัดตัวได้ออกจากระบบทำความเย็นด้วย ตามมาด้วยกันเลยครับ

ในเบื้องต้นเราคงจะต้องมาดูก่อนกันว่า ถ้าสารทำความเย็นในระบบมีความชื้นเกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่ออะไรกับระบบทำความเย็นของเราบ้าง (ซึ่งก็เป็นเหตุให้เกิดผลก็คือการที่เราพยายามที่จะกำจัดความชื้นที่ไม่ต้องการนี้ทิ้งออกไปจากระบบทำความเย็น) ก่อนอื่นเราจะมาดูคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกของสารทำความเย็นและน้ำ (หรือความชื้น) กันก่อนว่ามีค่าความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอุณหภูมิที่ค่าต่างๆ เป็นเท่าใดบ้าง

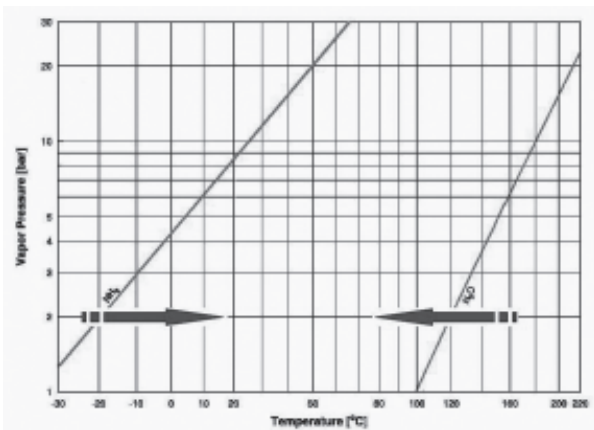


รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอุณหภูมิของสารทำความเย็นแอมโมเนีย



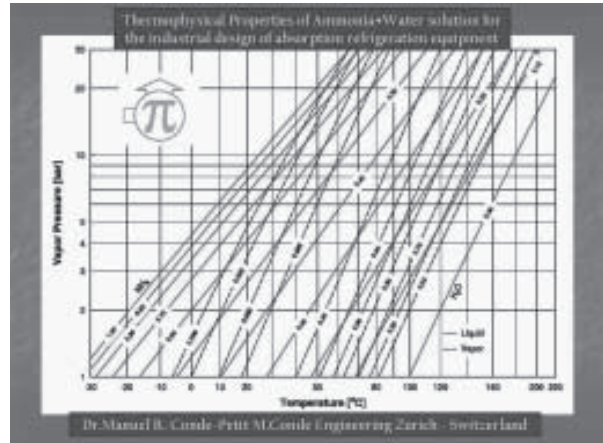
รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอุณหภูมิของน้ำ

จากรูปที่ 3 และ 4 เป็นคุณสมบัติของสารทำความเย็นบริสุทธิ์ที่ไม่มีการเจือปนของสารอื่นๆ อยู่เลย และถ้านำกราฟทั้ง 2 มาเปรียบเทียบกัน จะพบว่า หากเรากำหนดค่าความดันอ้างอิงที่จุดๆ หนึ่ง คุณสมบัติของสารทำความเย็นแอมโมเนียจะมีค่าต่ำกว่าคุณสมบัติของน้ำเสมอ ดังนั้นถ้าในสารทำความเย็นมีความชื้นอยู่ก็เปรียบเสมือนกับการนำสารทั้งสองชนิดมาผสมกันซึ่งก็จะส่งผลให้ค่าคุณสมบัติของสารทำความเย็นเปลี่ยนไป ซึ่งทิศทางของคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกที่เปลี่ยนไปจะมีค่าเป็นไปตามลูกศรที่แสดงในภาพที่ 5 ซึ่งจะมีค่าเท่าใดนั้นต้องขึ้นอยู่กับความเข้มข้นแต่ละตัวของสารที่นำมาผสมกัน



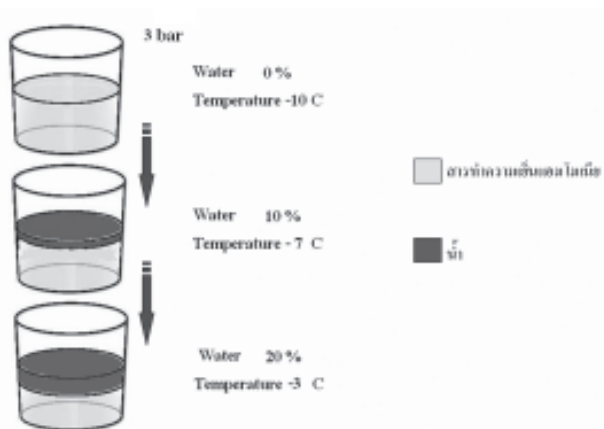
รูปที่ 5 กราฟแสดงทิศทางของคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกที่เปลี่ยนไป เมื่อมีการผสมกันของสารทำความเย็นแอมโมเนียและน้ำ

จากหลักการที่กล่าวมาข้างต้น Dr.Manuel R.Conde-Petit M.Conde จาก Engineering Zurich-Switzerland ทำการทดลองเพื่อหาค่าคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกของสารทำความเย็นแอมโมเนียรวมกับน้ำ ซึ่งได้แสดงรายละเอียดอยู่ในรูปที่ 6 โดยจะแสดงคุณสมบัติทั้งในรูปของเหลวและไอสารทำความเย็น



รูปที่ 6 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกของสารทำความเย็นแอมโมเนียรวมกับน้ำ

จากรูปในรูปที่ 6 หากเรากำหนดค่าความดันอ้างอิงที่จุดๆ หนึ่งถ้าปริมาณน้ำหรือความชื้นที่เจือปนอยู่ในสารทำความเย็นมีมากขึ้น ก็จะทำให้คุณสมบัติของสารทำความเย็นแอมโมเนียที่มีการเจือปนมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ถูกแสดงออกมาอยู่ในรูปที่ 7 เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ จากนั้นเราก็จะไปวิเคราะห์กันต่อว่า เมื่อเกิดความสัมพันธ์ดังกล่าวขึ้นแล้วจะส่งผลกระทบต่อระบบทำความเย็นบ้าง ติดตามต่อไปนะครับ



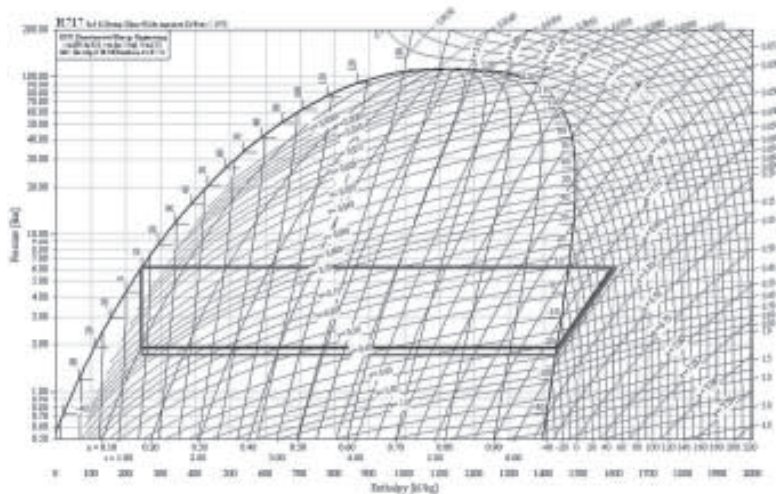
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและปริมาณความชื้นที่เจือปนอยู่ในสารทำความเย็นเมื่อกำหนดให้ความดันคงที่ที่ 3 bar

ผลกระทบจากการที่มีน้ำเจือปนในสารทำความเย็นแอมโมเนีย

จากความสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นดังกล่าวจะพบว่า ถ้ามีความชื้นหรือน้ำเจือปนอยู่ในสารทำความเย็นก็จะทำให้ระบบทำความเย็นมีประสิทธิภาพลดต่ำลงซึ่งจะมีสาเหตุจากอะไรนั้นเราก็จะมาดูรายละเอียดกันต่อไป

สำหรับความดันที่กำหนดไว้ใช้งานค่าหนึ่งๆ นั้น ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นในแอมโมเนีย จะทำให้มีค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ที่ความดันด้านดูดเมื่อมีน้ำเพิ่มขึ้นมา 10% โดยน้ำหนักจะทำให้อุณหภูมิที่เครื่องระเหย (evaporator temperature) มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 4°F (2°C) ในทางกลับกันสำหรับที่อุณหภูมิระเหยค่าหนึ่งๆ

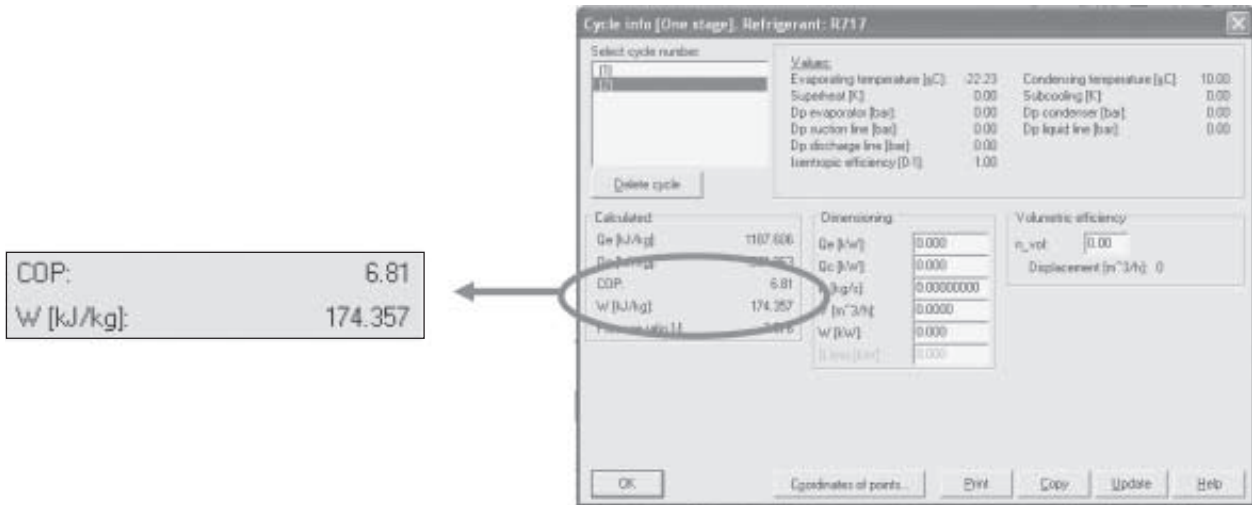
นั้นการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำในแอมโมเนีย จะทำให้ความดันด้านดูดมีค่าต่ำลง ยกตัวอย่างเช่น แอมโมเนียบริสุทธิ์ที่ -4°F (-20°C) จะมีค่าความดันอิ่มตัวเท่ากับ 12.9 psig (0.90 bar gauge) และสารผสมระหว่างแอมโมเนียและน้ำมีสัดส่วนการผสมคือ น้ำ 10% กับ แอมโมเนีย 90% โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ -4°F (-20°C) ที่เท่ากัน จะมีค่าความดันอิ่มตัวเท่ากับ 10.2 psig (0.72 bar gauge) นั่นคือถ้าต้องการที่จะรักษาอุณหภูมิระเหยที่ -4°F (-20°C) ในระบบที่มีการเจือปนของน้ำ 10% จะต้องทำงานที่ความดันด้านดูดที่ $12.9 - 10.2 = 2.7$ psig (0.18 bar gauge) ที่ต่ำกว่าในระบบที่ไม่มีน้ำเลย



รูปที่ 8 แสดง P-h Diagram การทำงานของวงจรที่ 0.9 bar gauge และ 0.72 bar gauge



รูปที่ 9 แสดงค่าพลังงานต่าง ๆ ของระบบในวงจรในระบบที่ค่าความดันระเหย 0.9 bar gauge

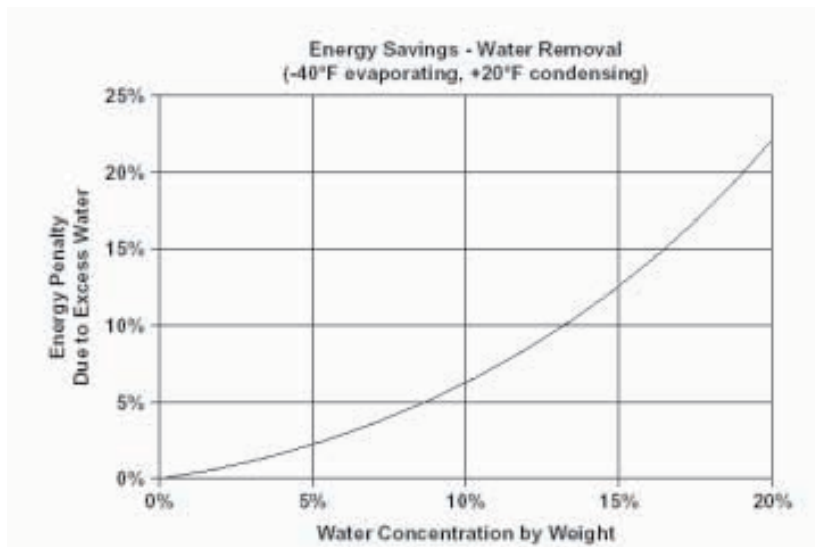


รูปที่ 10 แสดงค่าพลังงานต่าง ๆ ของระบบในวงจรในระบบที่ค่าความดันระเหย 0.72 bar gauge

จากรูปที่ 9 และ 10 พบว่าถ้าความดันระเหยต่ำลงจะทำให้ต้องใช้พลังงานกับคอมเพรสเซอร์เพิ่มมากขึ้น และจะได้ค่า COP ต่ำลง

ในกรณีที่เรารักษาระดับความดันด้านดูดไว้ต่ำกว่าความจำเป็น โดยที่เราสามารถที่จะกำจัดน้ำออกไปได้ ก็จะเป็นการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์ ยกตัวอย่างเช่น กำหนดให้คอมเพรสเซอร์บูสเตอร์ทำงานที่อุณหภูมิระเหย -40°F (-40°C) และอุณหภูมิกลั่นตัว 20°F (-7°C) จากโปรแกรมสำเร็จรูป

ที่ใช้สำหรับเลือกคอมเพรสเซอร์ของผู้ผลิตคำนวณออกมาได้ว่า ที่อุณหภูมิระเหย -40°F (-40°C) คอมเพรสเซอร์ต้องการกำลังในการทำงานเท่ากับ 1.44 hp/ton (COP = 3.266) ที่ -44°F (-42°C) คำนวณได้ปริมาณของกำลังที่ต้องการใช้งานคือ 1.55 hp/ton (COP = 3.043) อุณหภูมิ 4°F (2°C) ที่แตกต่างกันนี้จะแสดงถึงปริมาณความเข้มข้นของน้ำที่มากกว่า 10% และส่งผลให้มีความต้องการของพลังงานเพิ่มขึ้นอีก $\frac{1.55 - 1.44}{1.44} = 7.6\%$



รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเจือปนของน้ำและพลังงานที่ต้องการมากขึ้น

การคำนวณปริมาณพลังงานที่สามารถประหยัดได้จากการแยกน้ำที่เจือปนออกมา กำหนดให้พลังงานที่ทำได้ทั้งหมดของระบบมีค่าเท่ากับ 1500 tons (3500 kW) คอมเพรสเซอร์ทำงาน 6500 ชั่วโมง/ปี ดังนั้นถ้าระบบทำงานที่ความดันด้านดูดที่ต่ำกว่าเมื่อมีน้ำเจือปนอยู่ 10% จะต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเท่ากับ $(0.076)(1500 \text{ tons})(1.44 \text{ hp/ton})(0.746 \text{ W/hp})(6500 \text{ hr/yr}) = 800$ กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ซึ่งนี่คือพลังงานที่เราสามารถจะประหยัดได้ ถ้าเรากำจัดน้ำที่เจือปนอยู่ออกมา

ผลกระทบของการที่มีอากาศเจือปนอยู่ในระบบทำความเย็นในอุตสาหกรรม ถูกค้นพบมานานหลายปีแล้ว เช่นเดียวกับการเจือปนของน้ำ การเจือปนของอากาศก็จะลดประสิทธิภาพและเพิ่มค่าใช้จ่ายในการทำงานของระบบเช่นกันเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความดันด้านส่งที่เกิดจากอากาศที่เจือปนอยู่ เมื่ออากาศถูกกำจัดโดยอุปกรณ์กำจัดไอที่ไม่สามารถกลั่นตัวได้ (Non-condensable gas purger) ความดันด้านส่งจะมีค่าลดลงประสิทธิภาพของระบบก็จะกลับคืนมาเหมือนเดิม และค่าใช้จ่ายสำหรับค่าไฟฟ้าก็จะลดลง ค่าพลังงานที่ลดลงนี้ทำให้เราสามารถที่จะนำไปชดเชยกับค่าใช้จ่ายในส่วนติดตั้งอุปกรณ์กำจัดไอที่ไม่สามารถกลั่นตัวได้ได้อย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปแล้ว ความดันที่ลดลงทุกๆ 10 psi (0.7 bar) ที่เกิดจากการนำอากาศออกไปจากระบบทำความเย็นจะทำให้เราสามารถลดค่าพลังงานลงได้ถึง 6%

ผลดีอื่นๆ ของการรักษาคุณภาพของสารทำความเย็นอย่างถูกวิธี

การกำจัดอากาศและน้ำออกจากระบบทำความเย็นแอมโมเนีย นั้น ทำให้เราสามารถประหยัดพลังงานได้อย่างแน่นอน แต่มันก็ยังมีข้อดีอื่นๆ อีก

ที่เพิ่มขึ้นในการทำงานของระบบ ที่บริเวณความดันด้านสูงของระบบ การทำงานที่ความดันควบแน่นน้อยที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ หมายถึง ความเสียหายน้อยที่สุดที่จะเกิดขึ้นบนแบเร็งของคอมเพรสเซอร์หรือชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอื่นๆ อุณหภูมิสูงที่มีค่าต่ำจะช่วยยืดอายุการใช้งานของน้ำมัน สารทำความเย็นรวมทั้งประเก็นต่างๆ ด้วยการกำจัดอากาศออกจากระบบหมายถึง การลดปริมาณออกซิเจนในระบบซึ่งในบางครั้งออกซิเจนเหล่านี้ก็จะมีผลกระทบกับการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นในท่อและถังความดันด้วย ในทำนองเดียวกัน การกำจัดน้ำออกจากสารทำความเย็นในระบบก็จะเป็นการลดการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นด้วย

น้ำเข้าไปในระบบทำความเย็นได้อย่างไร

โดยทั่วไปแล้ว น้ำมักจะเข้าไปในระบบทำความเย็นพร้อมกับอากาศที่ผ่านเข้าไปโดยที่อากาศที่เข้าไปนั้น มักจะมีความชื้นปนอยู่ด้วยดังนั้น ถ้ามีอากาศเข้าไปในระบบ ก็จะเป็นตัวนำความชื้นเข้าไปในระบบด้วยนั่นเอง

อากาศชื้นจะเข้าไปในระบบได้ 2 วิธี คือ

1. สำหรับระบบที่ทำงานภายใต้ความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ การรั่วซึมของระบบก็จะเป็นตัวดึงความชื้นเข้าไปในระบบผ่านส่วนที่รั่วนั้น
2. สำหรับในระบบทั่วๆ ไป ถ้าเราไม่สนใจว่าระบบทำงานภายใต้ความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศหรือไม่ ภายหลังจากการบำรุงรักษาส่วนต่างๆ ของระบบนั้น ถ้าการทำสุญญากาศให้กับส่วนต่างๆ ของระบบมีไม่เพียงพอ ก็จะทำให้น้ำยังคงหลงเหลืออยู่ในระบบได้

อุปกรณ์กำจัดไอที่ไม่สามารถกลั่นตัวได้ จะมีประสิทธิภาพสูงมากในการนำอากาศออกไปจากระบบ อย่างไรก็ตามมันจะมีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าในการนำความชื้นออกจากระบบ



ยังมีวิธีการอื่นๆ อีกที่สามารถจะทำให้ น้ำเข้าไปในระบบทำความเย็นได้ คือ เมื่อเกิดการรั่วซึมขึ้นในท่อของ ซิลเลอร์ น้ำจากในส่วนของท่อ (tube) จะเข้าไปรวมตัวกับแอมโมเนียในด้านเปลือก (shell) ซึ่งสามารถที่จะนำน้ำปริมาณมากเข้ามาภายในระบบได้ ในส่วนนี้จึงจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจวัดการรั่วซึมที่ดีด้วย รวมไปถึงการเติมสารทำความเย็นใหม่เข้าไปแทนที่ในระบบด้วย

ตำแหน่งที่มักจะมีการสะสมของน้ำในระบบทำความเย็น

สิ่งที่หมุ่นเวียนอยู่ภายในระบบทำความเย็นจะประกอบไปด้วย สารทำความเย็นแอมโมเนีย อากาศ น้ำ และน้ำมัน ซึ่งเราสามารถที่จะจำแนกถึงตำแหน่งภายในระบบทำความเย็นที่มักจะมีการสะสมของสิ่งต่างๆ เหล่านี้ได้ คือ

น้ำมักจะสะสมอยู่ในด้านความดันต่ำของระบบ จะมีเฉพาะส่วนที่เป็นไอเท่านั้นที่สามารถออกไปจากด้านความดันต่ำของระบบนี้ได้ ซึ่งหมายความว่า น้ำนั้นจะไม่สามารถออกไปจากด้านความดันต่ำนี้ และจะถูกสะสมอยู่ที่นี้ (น้ำบางส่วนสามารถออกไปได้ในรูปของไอน้ำ แต่ส่วนมากก็จะอยู่ในบริเวณนี้) ในระบบที่ใช้การอัดไอ 2 ชั้นหรือมากกว่านั้นจะในท้ายที่สุดแล้วน้ำก็จะถูกสะสมอยู่ในถังที่มีความดันต่ำที่สุด

น้ำมัน (ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนเป็นไอได้) จะถูกสะสมไว้ที่ด้านความดันต่ำของระบบและจะต้องมีช่วงเวลาที่กำหนดให้ทำการระบายทิ้งด้วย

ในทางกลับกัน จะมีเฉพาะของเหลวเท่านั้นที่สามารถออกจากด้านความดันสูงของระบบ ดังนั้นอากาศจะสะสมอยู่ที่ด้านความดันสูงของระบบ ซึ่งโดยมากแล้วจะอยู่ใกล้กับทางออกของอีแวปพอเรทีฟคอนเดนเซอร์ หรืออยู่ในตำแหน่งที่เย็นที่สุดและมีความเร็วต่ำที่สุดในรีซีฟเวอร์และคอนเดนเซอร์ แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

สรุป

โดยทั่วไประบบการทำความเย็นโดยใช้สารทำความเย็นแอมโมเนียในอุตสาหกรรม ถ้ามีน้ำปะปนอยู่ก็จะเป็นตัวลดประสิทธิภาพของระบบลง ซึ่งการที่จะกำจัดน้ำที่ปะปนอยู่ในระบบนี้ยังไม่ได้รับความสนใจอย่างเพียงพอสำหรับอุตสาหกรรมในปัจจุบันนี้ และด้วยอุปกรณ์กำจัดน้ำที่เจือปนนี้ก็จะสามารถทำให้เราได้ระบบที่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นมา และจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในด้านของการใช้พลังงานลงได้ด้วยเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

- Dr.Manuel R.Conde-Petit M.Conde, Thermo physical Properties of Ammonia+Water solution for the industrial design of absorption refrigeration equipment
- Ray Ficker, PE, Water Contamination and Water Removal in Industrial Ammonia Refrigeration Systems