Liangyou Tang Phd.,
ศุภโรจ โรจน์วีระ
แปลและเรียบเรียง

นวัตกรรมใหม่ ของการระบายความร้อน ในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ

เทคโนโลยีการระบายความร้อนในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศได้มีวิวัฒนาการให้มีขนาดเล็กลง, เงียบ และกินไฟน้อย เทคโนโลยีหลักที่ได้รับการพัฒนาได้แก่ การเพิ่มประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ และมอเตอร์ไฟฟ้า การเพิ่ม การระบายความร้อนในคอยล์ร้อนและคอยล์เย็น และการพัฒนาระบบความควบคุมต่างๆ ด้วยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าเหล่านี้ทำให้ในปัจจุบันเครื่องปรับอากาศมีราคาไม่แพงและมีใช้กันตามบ้านพักอาศัยทั่วไป

ท่ามกลางเทคโนโลยีเหล่านี้ การเพิ่มการระบายความร้อนในคอยล์ร้อนและคอยล์เย็นเป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญข้อหนึ่ง ปัจจุบันเครื่องปรับอากาศกินไฟน้อยลงเนื่องจากมีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในเครื่องปรับอากาศเกี่ยวข้องโดยตรงกับการระบายความร้อน

สมการระบายความร้อนพื้นฐานคือ $Q = UA\Delta T$

เมื่อ Q = การแลกเปลี่ยน หรือการระบายความร้อนทั้งหมด (Total Heat Exchanged)

U = สัมประสิทธิของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดของตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (Overall Heat Transfer Coefficient of The heat Exchanger)

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิในการถ่ายเทความร้อน (Temperature difference that drives the heat transfer)

จากสมการค่าคงที่ Q อาจได้รับจากการเพิ่ม U โดย
1. ลด A หรือ
2. ลด ΔT

จากข้อ 1. ขนาดของตัวแลกเปลี่ยนความร้อนจะเล็กลงทำให้เกิดการประหยัดต้นทุนต่อหน่วย

จากข้อ 2. เป็นการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งเป็นผลโดยตรงจากการลด ΔT

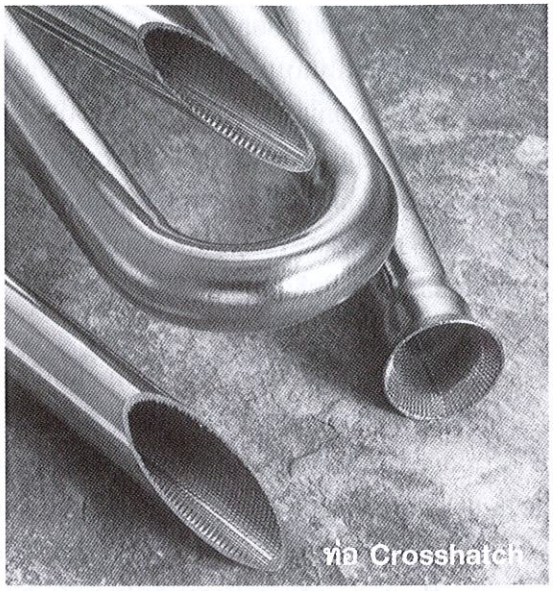
ทั้งสองข้อเป็นข่าวดีของเครื่องปรับอากาศ และโปรดระลึกว่าการเพิ่ม U หมายถึงการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน

เครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ในปัจจุบันใช้ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนที่ประกอบไปด้วย ท่อทองแดงและอลูมิเนียมฟิน ในระหว่างการทำงานน้ำยาทำความเย็นจะไหลเวียนอยู่ภายในท่อ ซึ่งอาจจะเป็นภายในคอยล์ร้อนหรือคอยล์เย็น การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำยาทำความเย็นกับอากาศภายนอกท่อจะเกิดผ่านผนังด้านในและผนังด้านนอกของท่อและเกิดขึ้นตลอดความยาวของท่อ

อลูมิเนียมฟินนั้นมีการพัฒนารูปแบบมาอย่างต่อเนื่องจากแบบเรียบๆ มาเป็นแบบ Corrugated และแบบ Louvered ปัจจุบันแบบที่ถ่ายเทความร้อนได้ดีจะเป็นแบบผสมระหว่าง Wavey กับ Louvered อลูมิเนียมฟินแบบใหม่ๆ นี้ไม่เพียงแต่เพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างอากาศและผนังด้านนอกของท่อ แต่ยังช่วยให้อากาศไหลเวียนได้สะดวกและถ่ายเทความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในส่วนของท่อนั้นมีการพัฒนารูปแบบ โดยมีการแนะนำท่อเกลียวออกมาในต้นทศวรรษ 1980 ซึ่งขณะนั้นท่อที่ใช้ภายในเครื่องปรับอากาศยังเป็นท่อเรียบทั้งหมด ท่อเกลียวในยุคแรกมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าท่อไรเฟิล เนื่องจากเกลียวที่วนภายในผนังท่อมีลักษณะเหมือนกับเกลียวในกระบอกปืน ฟินของท่อเกลียวจะมีความสูงประมาณ 0.15 mm มี Helical Angle ประมาณ 10-20 องศา พอถึงปลายทศวรรษ 1980 ท่อเกลียวส่วนใหญ่จะมีฟินสูงประมาณ 0.20 mm และมี Helical Angle 18 องศา มีจำนวนฟินบนหน้าตัดประมาณ 60 ฟิน สำหรับท่อ 9.52 mm

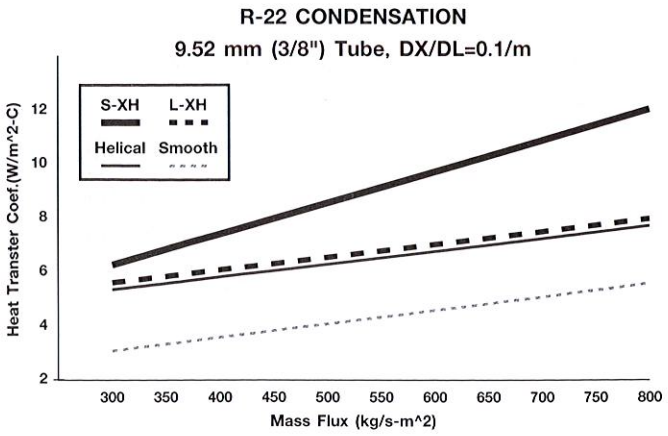
ในต้นทศวรรษ 1990 ท่อเกลียวเริ่มมีการนำเทคโนโลยีในการผลิตแบบเชื่อม (Welded Tube) มาใช้ การผลิตท่อเกลียวแบบ Extrusion โดยปกติจะใส่ Mandreal ลงไปในท่อเรียบแล้วหมุนอัด Mandreal เข้าไปในท่อเพื่อ ให้เกิดเกลียวขึ้นภายใน ในขณะที่เทคโนโลยีการผลิตแบบเชื่อมจะใช้ Copper Strip เป็นวัตถุดิบในการผลิต Copper Strip จะถูกป้อนเข้า Rolling Mill เพื่อรีดให้เกิดเกลียวขึ้น จากนั้น Copper Strip จะถูกม้วนและฟอร์มตัวเป็นท่อก่อนจะถูกเชื่อมให้ติดกัน วิธีการผลิตนี้มีชื่อเรียกว่า **"Roll and Weld"** ข้อได้เปรียบข้อหนึ่งของวิธีนี้คือ ความสามารถในการควบคุม Dimension ของเกลียวได้อย่างแม่นยำ แม้จะส่อง ดูด้วยกล้อง Microscope ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการรีดให้เกิดเกลียวสามารถตรวจสอบ Dimension ได้จากแผ่น Copper Strip ก่อนที่จะฟอร์มตัวเป็นท่อ ในขณะที่วิธีการผลิตแบบ Extrusion ตรวจสอบได้ยากมาก เนื่องจากเป็นท่อกลมยาวตลอด ข้อได้เปรียบอีกข้อหนึ่งของเทคโนโลยี Roll and Weld นี้ก็คือ สามารถสร้างเกลียวมากกว่า 1 แบบซ้อนทับกันได้ (Multiple Enhancements) ซึ่งเทคโนโลยีแบบ Extrusion จะสร้างเกลียว 2 ชั้น ด้วยการอัด Mandreal ลงไปในท่อได้ยากมาก การสร้างเกลียวซ้อนกัน 2 ชั้น (Double Rifle Tube) ในกระบวนการผลิตแบบ Roll and Weld ทำให้ได้ท่อเกลียวที่มีชื่อเรียกว่า **"Crosshatch"**



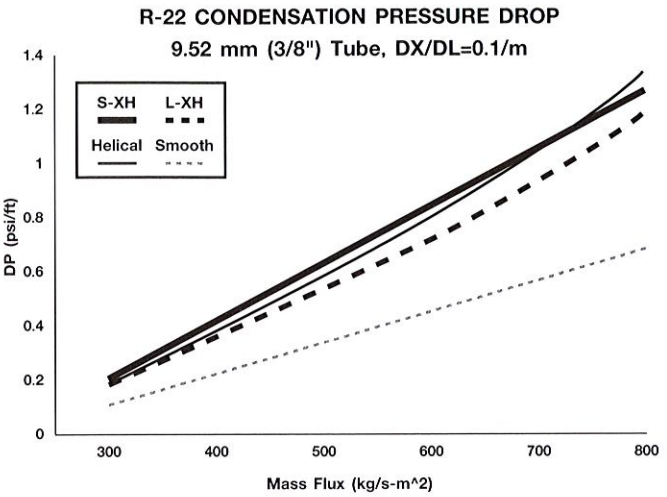
คุณสมบัติของท่อเกลียว

ปัจจุบันมากกว่า 50% ของท่อทองแดงในคอยล์ร้อน, คอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศเป็นท่อเกลียว Outokumpu ได้เริ่มพัฒนาท่อเกลียวมาตั้งแต่ทศวรรษ 1980 บริษัทเป็นผู้สร้าง "Roll and Weld" เทคโนโลยีและนำท่อ Crosshatch ออกจำหน่าย ทุกวันนี้บริษัทฯ มีการผลิตท่อเกลียวทั้งแบบ Extrusion **"Roll and Weld"** และ **"Casting & Roll"** วิธี Casting & Roll เป็นเทคโนโลยีคล้ายคลึงกับ **"Extrusion"** ทั่วไปแต่มีประสิทธิภาพมากกว่า โดยโรงงาน Outokumpu ในประเทศไทย (BMI) ใช้เทคโนโลยีนี้ในขณะที่ Roll and Weld เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กับโรงงานของ Outokumpu ในมาเลเซีย

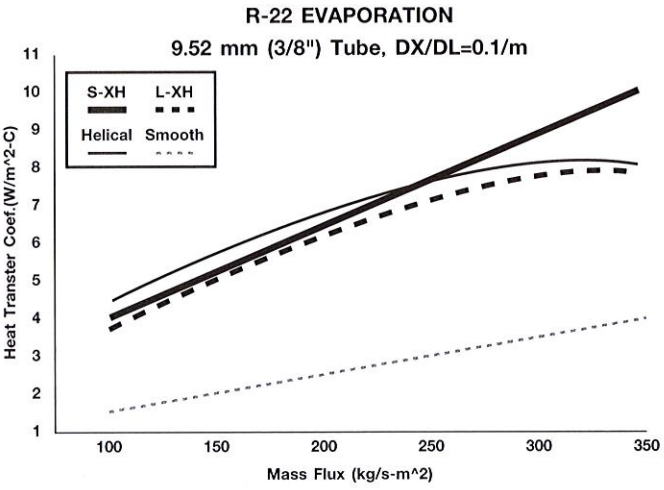
ทำไมท่อเกลียวจึงได้รับความนิยมมากขึ้น? คำถามนี้อาจตอบได้โดยการแสดงคุณสมบัติ ที่แตกต่างกัน ของท่อแต่ละแบบ

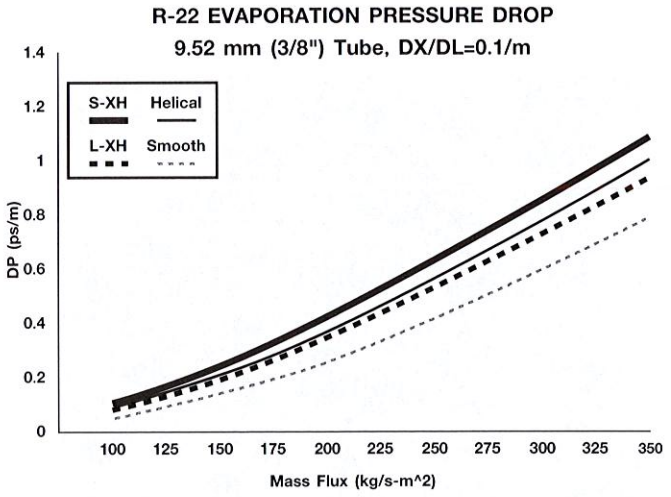


ภาพที่ 1 แสดง Condensation Heat Transfer ของท่อแบบต่างๆ ที่ผลิตโดย Outokumpu



ภาพที่ 2 แสดง Condensation Pressure Drop ของท่อเหล่านี้





ภาพที่ 3-4 แสดง Evaporation Heat Transfer และ pressure drop ตามลำดับ ในภาพ "S-XH" หมายถึง ท่อ Crosshatch, "Helical" หมายถึง ท่อ Hilical, "L-XH" หมายถึง ท่อ Crosshatch น้ำหนักเบา และ "Smooth" หมายถึง ท่อเรียบ

จากกราฟ จะเห็นได้ว่าท่อเกลียวมีประสิทธิภาพสูงกว่าท่อเรียบ ปัจจุบันท่อเกลียวจะมีประสิทธิภาพมากกว่าท่อเรียบอย่างน้อย 2 เท่า ขณะที่ Pressure Drop เพิ่มขึ้นเพียงประมาณ 50% ในท่อเกลียวด้วยกันท่อ Crosshatch มีประสิทธิภาพดีที่สุด เนื่องจากการมีเกลียว 2 ชั้น (Double Enhancement) ท่อ Crosshatch น้ำหนักเบามีข้อได้เปรียบที่ต่างออกไปท่อชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพ ใกล้เคียงกับท่อ Helical แต่จะมีน้ำหนักเบากว่าประมาณ 8-10% ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

แนวโน้มเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมปรับอากาศมีการพัฒนาเร็วมาก การพัฒนาหลักๆ ได้แก่

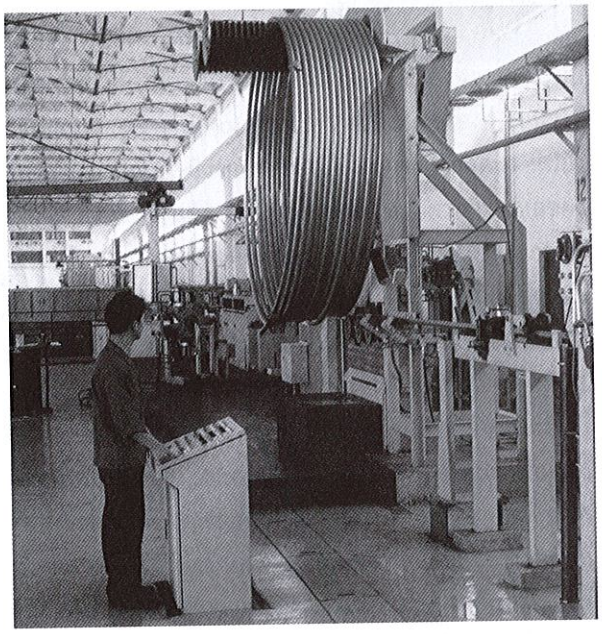
1) การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ รัฐบาลในหลายประเทศได้มีการกำหนดระดับของประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน (ไฟฟ้า) ในเครื่องปรับอากาศ โดยมีวัตถุประสงค์ให้กินไฟน้อยลง

2) การเปลี่ยนไปใช้น้ำยาทำความเย็นที่ไม่ทำลายชั้นโอโซน สารทำความเย็นที่มีส่วนในการทำลายชั้นโอโซน เช่น R-12 และ R-502 ได้ถูกเลิกใช้ในปี 1996 ในประเทศที่พัฒนาแล้ว น้ำยา R-22 ซึ่งก็มีส่วนทำลายชั้นโอโซนเช่นกันก็จะถูกลดปริมาณการใช้ในปี 2004 เนื่องจากน้ำยา R-22 เป็นน้ำยาที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปการจะเปลี่ยนมาใช้น้ำยาตัวใหม่เช่น R-407C และ R-410A จะมีผลกระทบต่อผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศเป็นอย่างมาก เนื่องจากน้ำยา R-407C และ R410A มีความแตกต่างจากน้ำยา R-22 มากและอุปกรณ์ที่สัมผัสโดยตรงกับน้ำยาทำความเย็นจะต้องมีการปรับปรุงใหม่

Outokumpu ได้รับการเรียกร้องจากลูกค้าให้ศึกษาถึงการเปลี่ยนน้ำยาทำความเย็นและจากการทำงานร่วมกับลูกค้าอย่างใกล้ชิดก็ทำให้ได้พบแนวโน้มบางอย่าง เช่น

1) ท่อที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศมีขนาดเล็กลง ทั้งนี้เนื่องจากตัวแลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำด้วยท่อขนาดเล็กจะมีการเคลื่อนไหวของอากาศ (Aerodynamic) ดีกว่า ทำให้ระบายความร้อนได้มากกว่า นอกจากนี้คอยล์จะใช้น้ำยาทำความเย็นน้อยลงทำให้ประหยัดน้ำยาตัวใหม่ซึ่งมีราคาแพง

2) ท่อเกลียวจะถูกใช้ในเครื่องปรับอากาศมากขึ้นเรื่อยๆ โดยสามารถอธิบายได้จากสมการ $Q=UA\Delta T$ เมื่อต้องการระดับประสิทธิภาพพลังงานที่สูงขึ้น (หมายความว่า ΔT ต้องต่ำลง) ท่อที่มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น (U สูงขึ้น) ช่วยให้การเพิ่มขึ้นของผิวสัมผัส (A) ไม่มากเกินไปใน การพาความร้อนระดับเดิม (ค่าคงที่ Q) ถ้าไม่ใช้ท่อเกลียวที่ระบายความร้อนได้มากกว่าก็จะต้องใช้ท่อเรียบจำนวนมากทำให้ต้องสร้างคอยล์ขนาดใหญ่ และมีต้นทุนมากและไม่เป็นผลดีกับผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศ



หมายเหตุ

Outokumpu Copper Products OY (OCP) เป็นผู้ผลิตทองแดงกึ่งสำเร็จรูปรายใหญ่ของโลก มีสำนักงานใหญ่อยู่ที่กรุงเฮลซิงกิ ประเทศฟินแลนด์ แผนก Appliance Heat Exchanger ของ Outokumpu ผลิต LWC มากที่สุดในโลก ในปี 1999 Outokumpu จำหน่ายท่อ LWC 60,000 ตัน ให้กับอุตสาหกรรมปรับอากาศและตู้เย็นในเอเชีย อเมริกาเหนือ-ใต้ และยุโรป Outokumpu มีโรงงานผลิตอยู่ในประเทศไทย, มาเลเซีย, จีน, อเมริกา, ฟินแลนด์ และสเปน ในประเทศไทย Outokumpu ร่วมทุนกับ Hitachi (Outokumpu Hitachi) เพื่อผลิตท่อไร้ตะเข็บทั้งแบบเรียบและเกลียว โดยใช้เทคโนโลยี **"Cast and Roll"** ในขณะที่โรงงานในประเทศมาเลเซียผลิตท่อเกลียว 2 ชั้น (Cross-hatch) โดยใช้เทคโนโลยี **"Roll and Weld"**