ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

คำสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ท่อความร้อน (Heat pipe)

ท่อความร้อน คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่ง มีประสิทธิภาพในการส่งถ่ายความร้อนสูง ทำงานโดยใช้หลักการถ่ายเทความร้อนจากความร้อนแฝงของสารทำงานภายในท่อความร้อน ระเหยโดยรับความร้อนจากแหล่งให้ความร้อนแล้วถ่ายเทออกที่ส่วนควบแน่น

ท่อความร้อนแบบสั่น (Oscillating Heat pipe)

ท่อความร้อนแบบสั่น คือ ท่อความร้อนชนิดหนึ่ง ที่มีประสิทธิภาพในการส่งถ่ายความร้อนสูงเช่นเดียวกันกับท่อความร้อนแบบทั่วไป ทำมาจากท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กๆแล้วนำมาขดไปมาเป็นโค้งเลี้ยวหลังจากนั้นเติมสารทำงานเข้าไป ทำงานโดยการเคลื่อนที่แบบสั่นของของไหลทำงานซึ่งมีการกระตุ้นการสั่นด้วยตัวเองจากแรงขับของคลื่นแรงดัน

รูปแบบการไหล (Flow Pattern)

รูปแบบการไหล คือ ลักษณะการเคลื่อนที่ของของไหลทำงานภายในท่อความร้อนซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวและก๊าซ ที่เมื่อได้รับความร้อนก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแล้วแต่สภาวะการรทำงาน

สภาวะส่งถ่ายความร้อนสูงสุด (Maximum Heat Flux State)

สภาวะส่งถ่ายเทความร้อนสูงสุด คือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิส่วนทำระเหยสูงขึ้น จะทำให้ความดันไอเพิ่มมากขึ้นจนทำให้ก้อนของเหลวภายในท่อความร้อนไม่สามารถเคลื่อนที่มารับความร้อนที่ส่วนทำระเหยได้ จึงทำให้เกิดการแห้งขึ้นทำให้ท่อความร้อนไม่สามารถถ่ายเทความร้อนไปยังส่วนควบแน่นได้ ซึ่งสภาวะนี้สามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สภาวะวิกฤต (Critical state)

สารผสมชนิด Azeotropes blended

สารผสมชนิด Azeotropes blended คือ สารทำงานตั้งแต่ 2 ชนิด ขึ้นไป เมื่อนำมาผสมกันจะรวมตัวกันเป็นเนื้อดียวกัน ซึ่งไม่สามารถแยกออกจากันได้โดยวิธีทางเคมีอย่างง่ายเช่นการกลั่นหรือแม้แต่กระทั่งการเปลี่ยนความดัน โดยสารผสมที่เกิดขึ้นมานั้นจะมีคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์แตกต่างจากสารเดิมก่อนผสม

สารผสมชนิด Non-azeotropes blended

สารผสมชนิด Non-azeotropes blended คือ สารทำงานตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เมื่อนำมาผสมกันจะรวมตัวกันเป็นเนื้อดียวกัน และสามารถแยกกันได้โดยวิธีการทางเคมีอย่างง่าย เช่น การกลั่น ซึ่งเมื่อให้ความร้อนจนกระทั่งถึงจุดเดือดของสารแต่ละชนิดที่นำมาผสมก็จะทำให้สารชนิดที่มีจุดเดือดต่ำระเหยออกมาก่อน จากนั้นสารชนิดที่มีจุดเดือดสูงก็จะระเหยออกมาตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

การคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่ของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่ของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบ โดยจะสามารถหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นของท่อความร้อนจากสมการดังต่อไปนี้

$$q = \frac{Q}{A}$$

$$Q = \dot{m} c_p \Delta T$$

$$A = \pi DLN \times 2$$

จากการทดลองที่ 1 เมื่อ Le = Lc = 100 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 6 mm จำนวน 2 โค้งเลี้ยว ที่อุณหภูมิแหล่งให้ความร้อน 100 ^{o}C

อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น ($\dot{m}$) = 0.0014 kg / s

ผลต่างอุณหภูมิน้ำเข้าและออก (ΔT) = 1.3 ^{o}C or K

c_P ของน้ำหล่อเย็นที่ 20 ^{o}C = 4.183 kJ/kg K

แทนค่าในสมการของ Q จะได้ Q = (0.0014 kg / s) (4.183 kJ/kg K)(1.3 ^{o}C or K)

Q = 0.00761 kJ/ s

แทนค่าหาพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนในสมการจะได้ A = π (0.006*m*) (0.1*m*) (2) (2)

A = 0.00754 m^2

แทนค่า ของ Q และ A ในสมการของ q จะได้ q = (0.00761 kJ/ s) / (0.00754 m^2)

q = 380.5 W/m^2

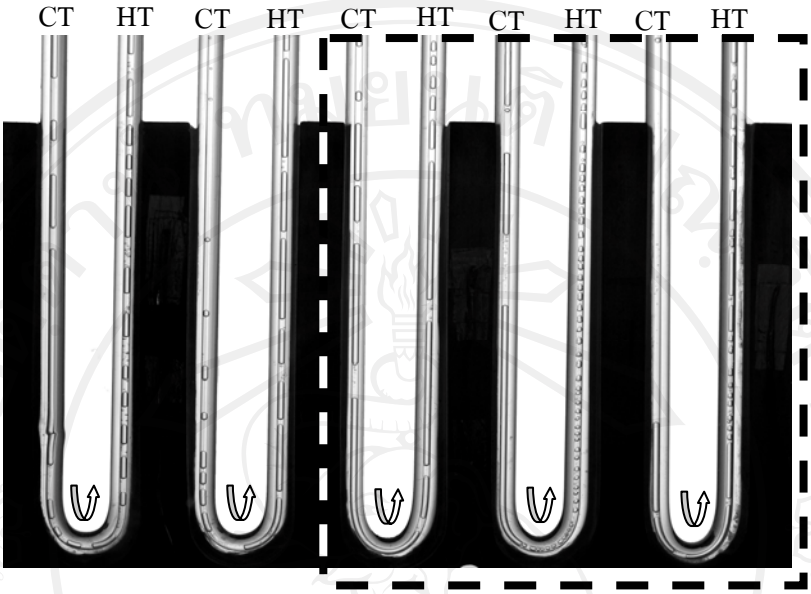
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

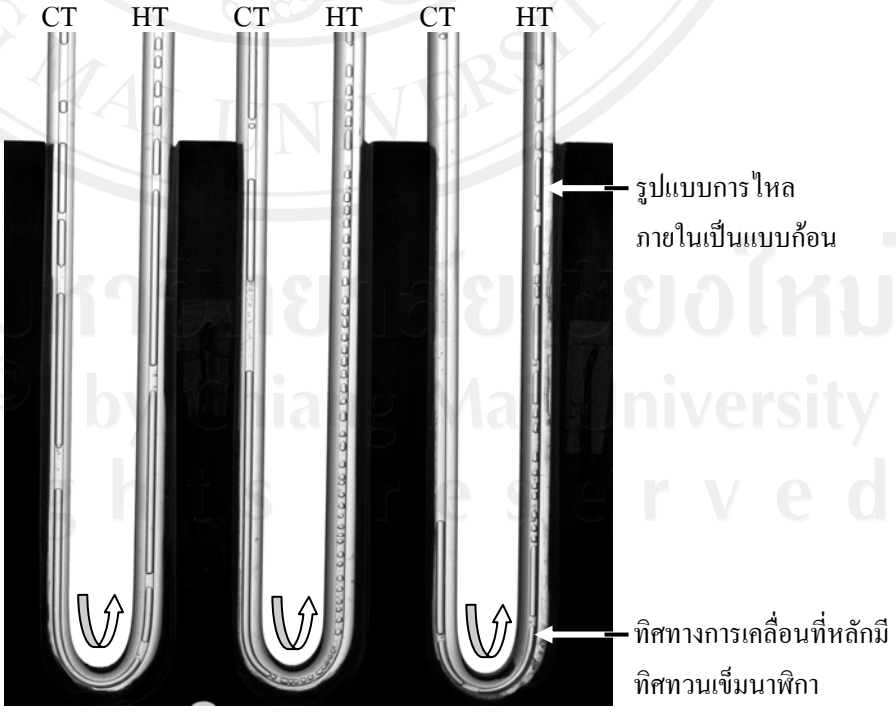
รูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค-1 รูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว สารทำงาน MP39 ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 70 °C สภาวะการถ่ายเทความร้อนปกติ

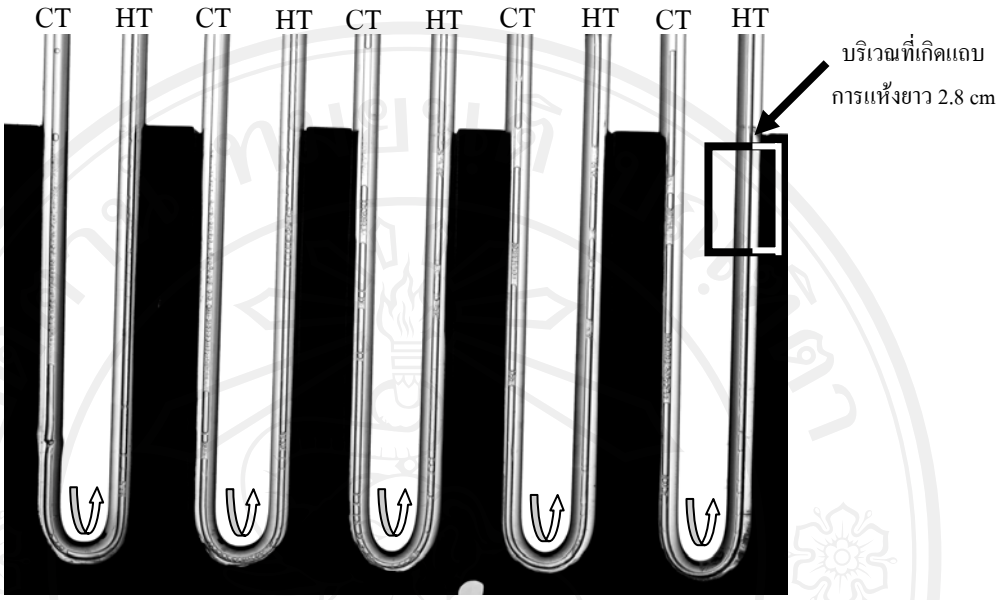


ค-2 ตัวอย่างภาพขยายรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว สารทำงาน MP39 ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 70 °C สภาวะการถ่ายเทความร้อนปกติ จากรูป ค-1

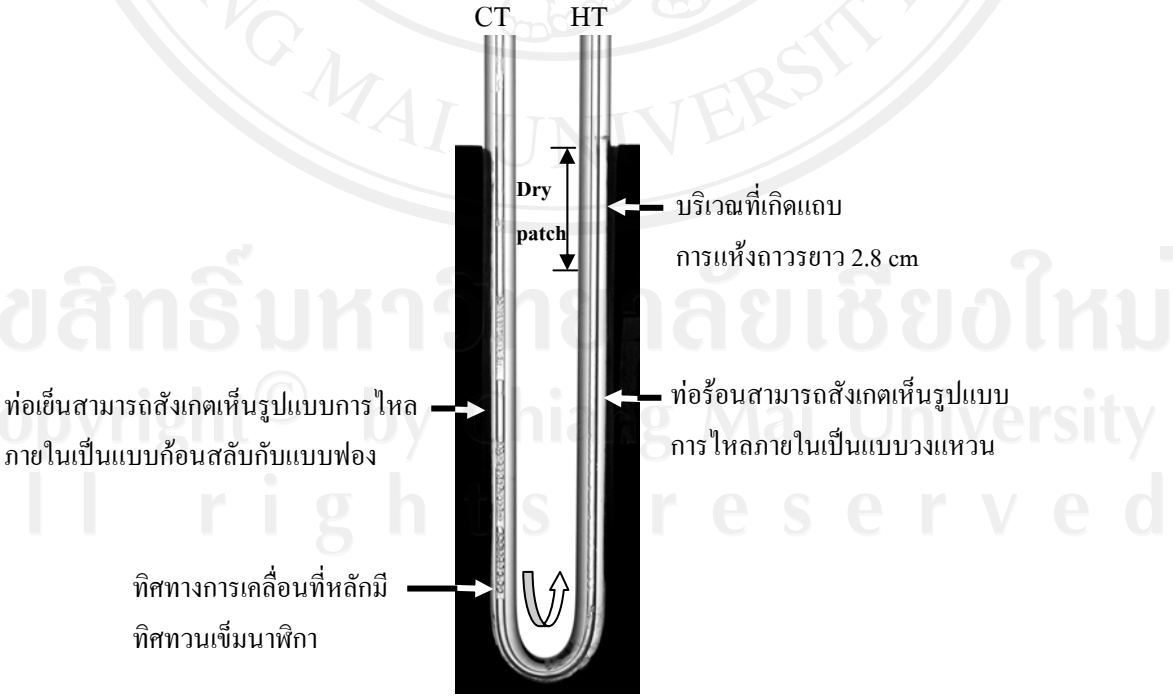


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค-3 รูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว สารทำงาน MP39 ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 110 ^{o}C สภาวะก่อนการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (สภาวะก่อนวิกฤต)

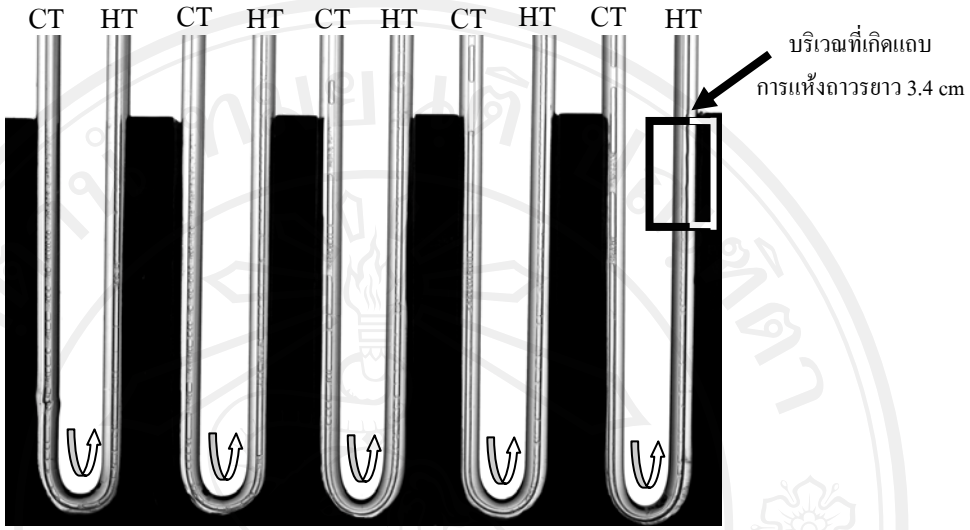


ค-4 ตัวอย่างภาพรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่มุมการทำงาน 90 ^{0} สารทำงาน MP39 ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 110 ^{o}C สภาวะก่อนการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (สภาวะก่อนวิกฤต) ซึ่งสามารถสังเกตเห็นแถบการแห้งขึ้นที่บริเวณโค้งเลี้ยวริมสุดทางด้านขวามือที่ท่อร้อนของส่วนทำระเหย

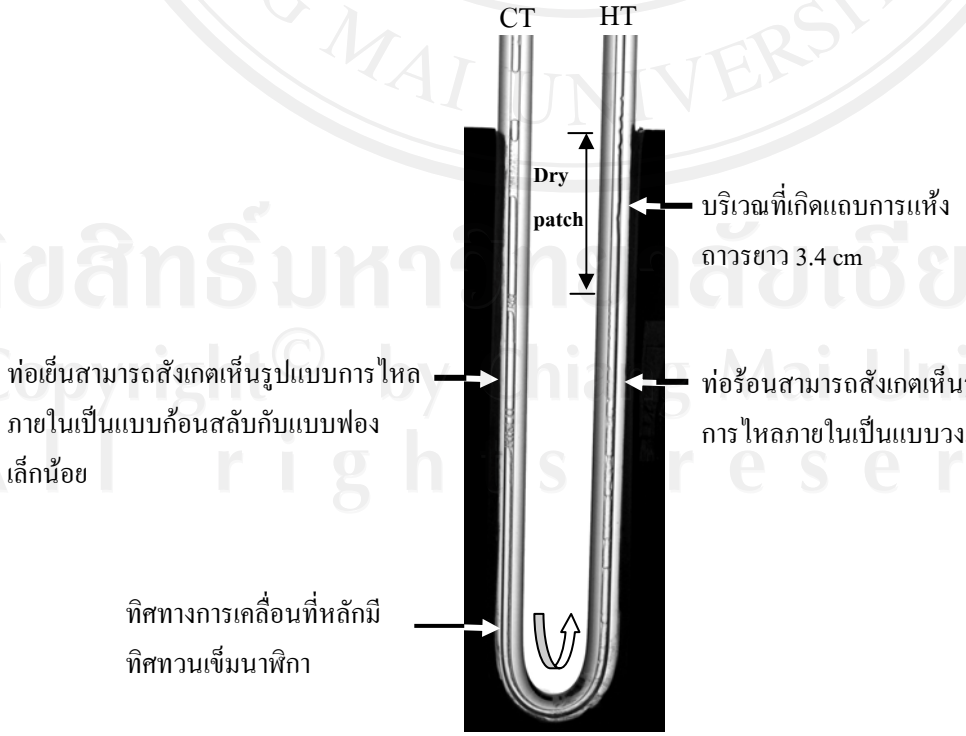


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค-5 รูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่มุมการทำงาน 90 ^{0} สารทำงาน MP39 ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 120 ^{o}C สภาวะการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (สภาวะวิกฤต)

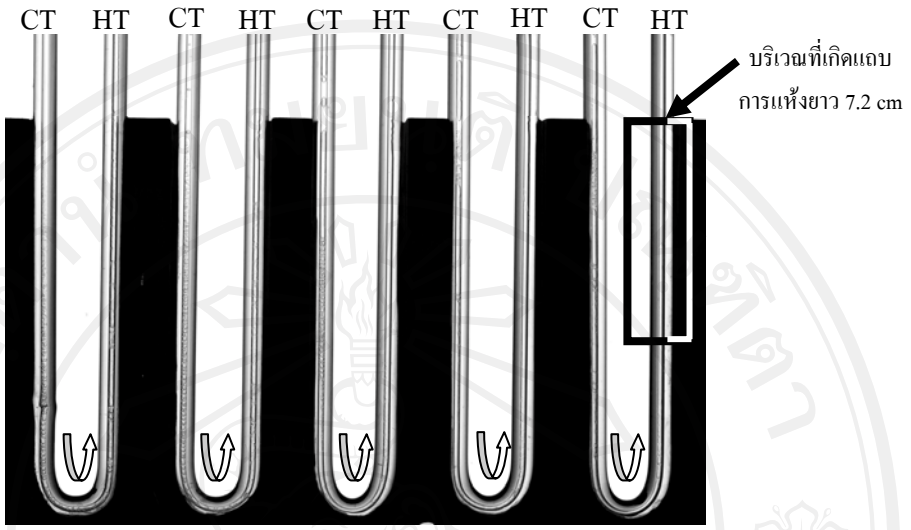


ค-6 ตัวอย่างภาพรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่มุมการทำงาน 90 ^{0} สารทำงาน MP39 ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 120 ^{o}C สภาวะการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (สภาวะวิกฤต) ซึ่งสามารถสังเกตเห็นแถบการแห้งขึ้นที่บริเวณโค้งเลี้ยวริมสุดทางด้านขวามือที่ท่อร้อนของส่วนทำระเหย

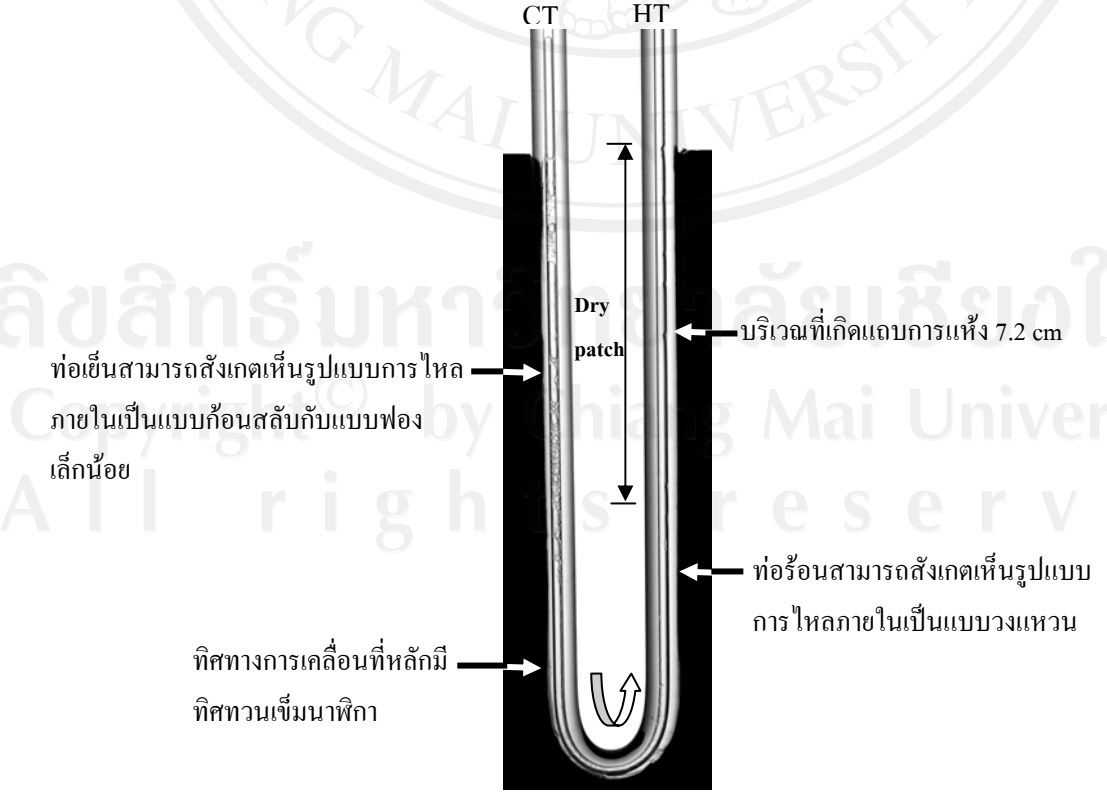


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค-7 รูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่มุมการทำงาน 90 ^{0} สารทำงาน MP39 ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 150 ^{o}C สภาวะหลังการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (สภาวะหลังวิกฤต)

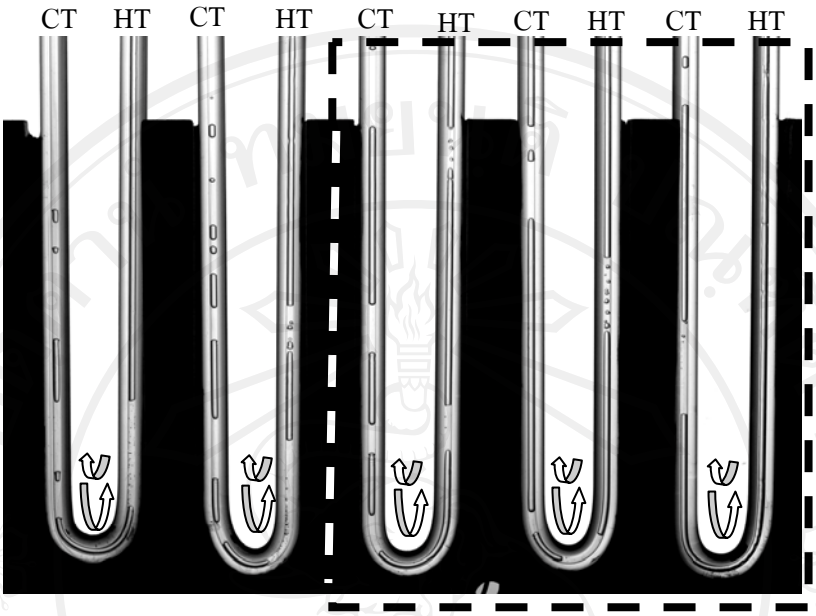


ค-8 ตัวอย่างภาพรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่มุมการทำงาน 90 ^{0} สารทำงาน MP39 ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 150 ^{o}C สภาวะหลังการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (สภาวะหลังวิกฤต) ซึ่งสามารถสังเกตเห็นแถบการแห้งขึ้นที่บริเวณโค้งเลี้ยวริมสุดทางด้านขวามือที่ท่อร้อนของส่วนทำระเหย

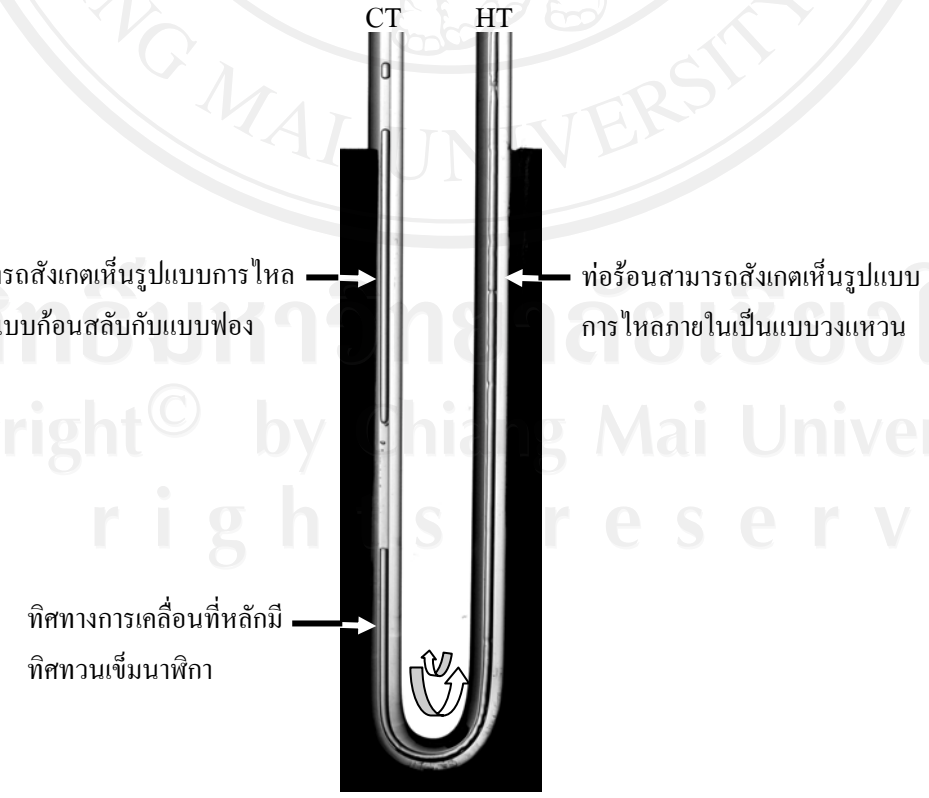


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค-9 รูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่มุมการทำงาน 90 ^{0} สารทำงาน R123+R141b (1:1) ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 100 ^{o}C ที่สภาวะการถ่ายเทความร้อนปกติ

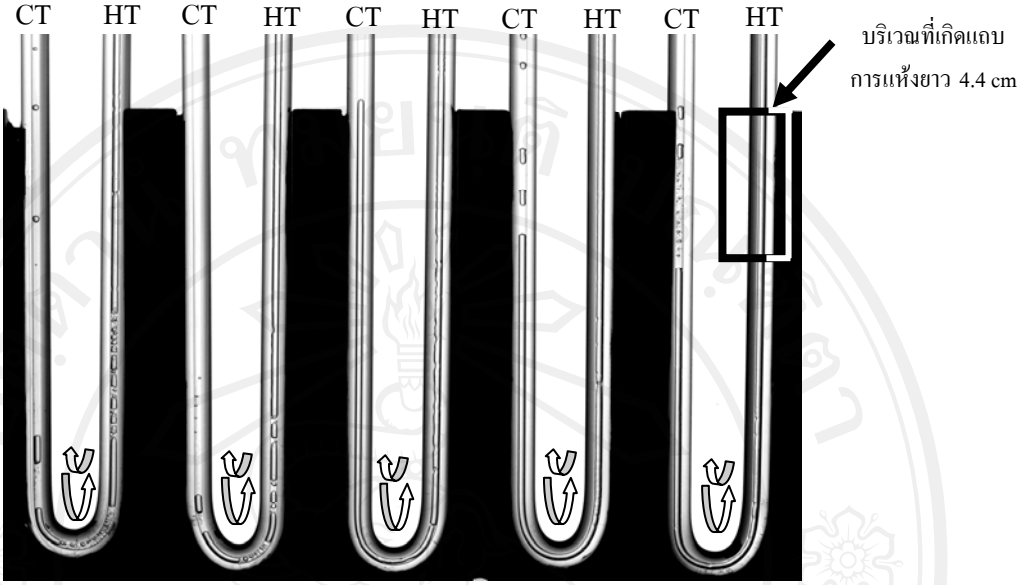


ค-10 ตัวอย่างภาพขยายรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่มุมการทำงาน 90 ^{0} สารทำงาน R123+R141b (1:1) ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 100 ^{o}C ที่สภาวะการถ่ายเทความร้อนปกติ จากรูป ค-9

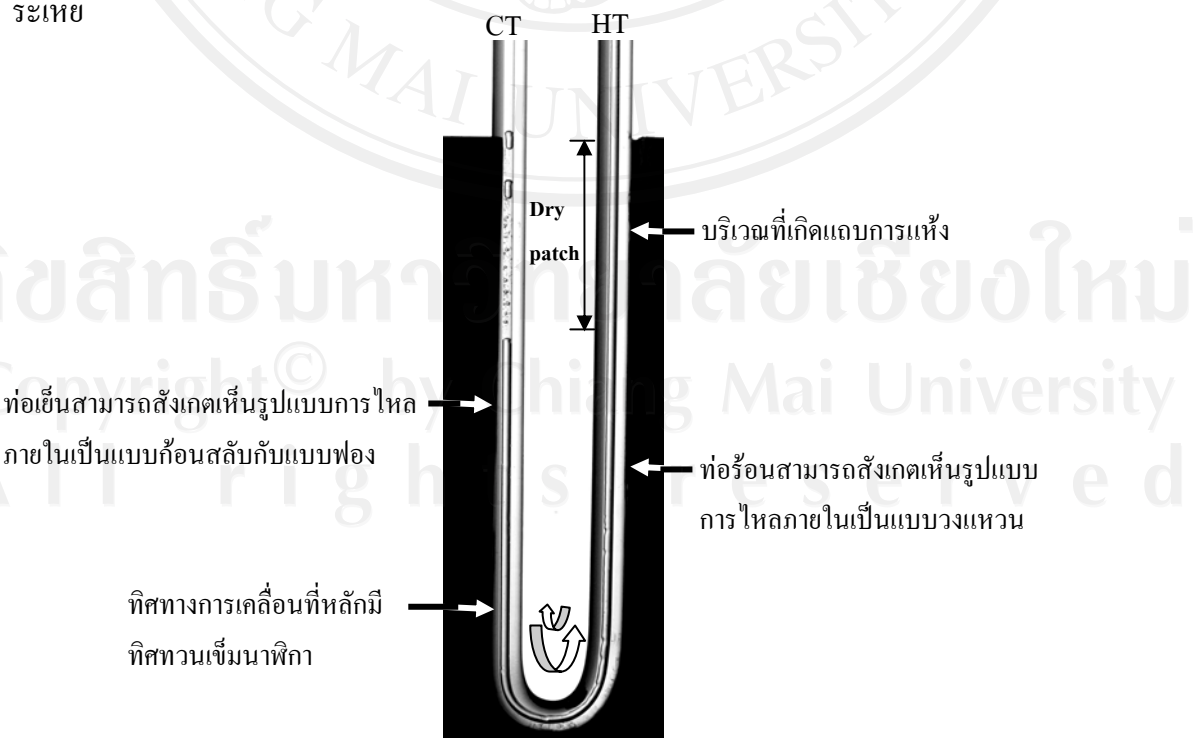


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค-11 รูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่มุมการทำงาน 90 ^{0} สารทำงาน R123+R141b (1:1) ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 150 ^{o}C สภาวะก่อนการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (สภาวะก่อนวิกฤต)

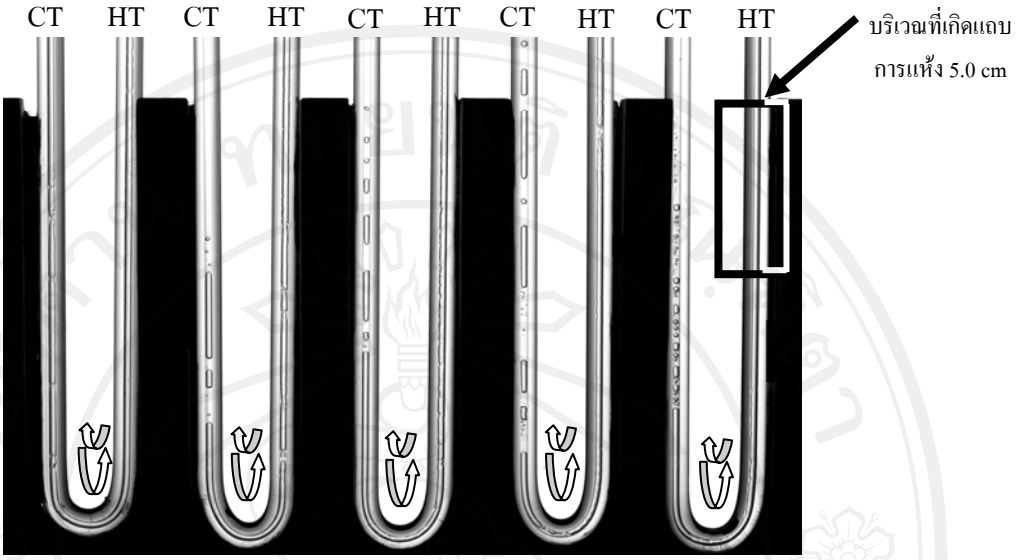


ค-12 ตัวอย่างภาพรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่มุมการทำงาน 90 ^{0} สารทำงาน R123+R141b (1:1) ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 150 ^{o}C สภาวะก่อนการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (สภาวะก่อนวิกฤต) ซึ่งสามารถสังเกตเห็นแถบการแห้งขึ้นที่บริเวณโค้งเลี้ยวริมสุดทางด้านขวามือที่ท่อร้อนของส่วนทำระเหย



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

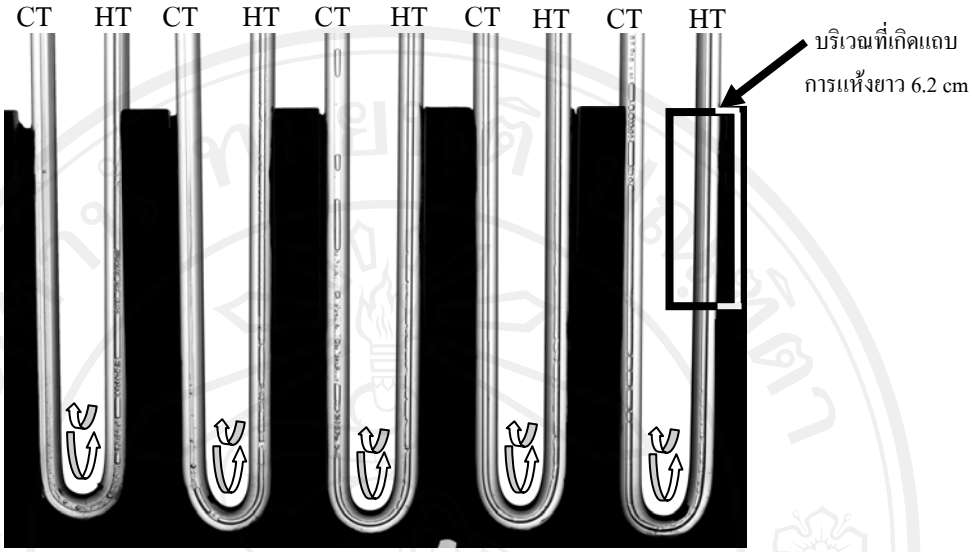
ค-13 รูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่มุมการทำงาน 90 ^{0} สารทำงาน R123+R141b (1:1) ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 170 ^{o}C สภาวะการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (สภาวะวิกฤต)



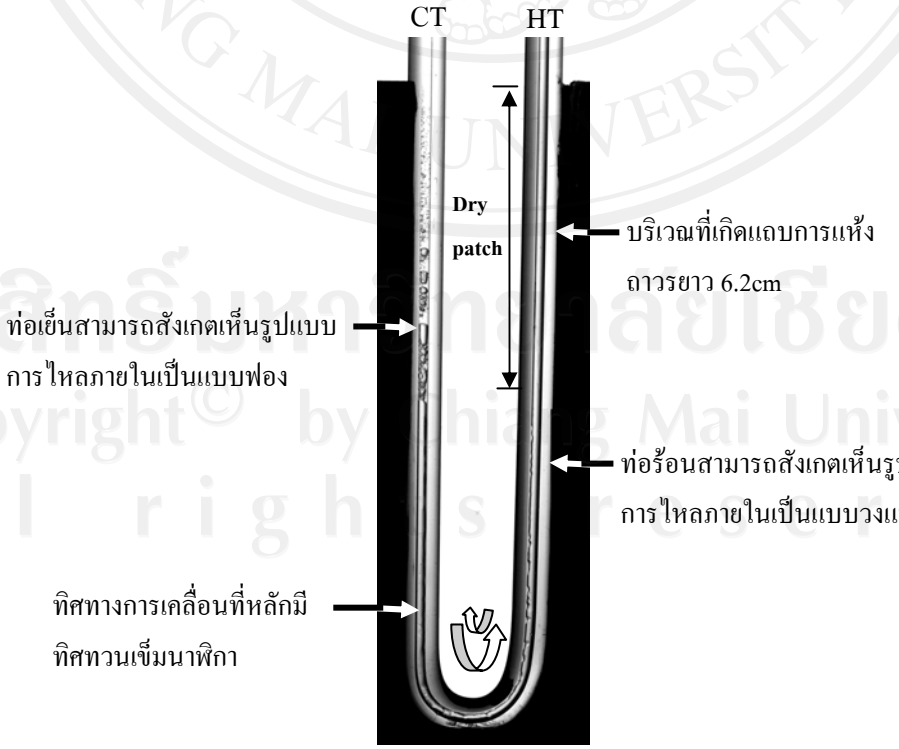
ค-14 ตัวอย่างภาพรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่มุมการทำงาน 90 ^{0} สารทำงาน R123+R141b (1:1) ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 170 ^{o}C สภาวะการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (สภาวะวิกฤต) ซึ่งสามารถสังเกตเห็นแถบการแห้งขึ้นที่บริเวณโค้งเลี้ยวริมสุดทางด้านขวามือที่ท่อร้อนของส่วนทำระเหย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค-15 รูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่มุมการทำงาน 90 ^{0} สารทำงาน R123+R141b (1:1) ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 200 ^{o}C สภาวะหลังการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (สภาวะหลังวิกฤต)



ค-16 ตัวอย่างภาพรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.2 mm จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่มุมการทำงาน 90 ^{0} สารทำงาน R123+R141b (1:1) ที่อุณหภูมิส่วนทำระเหย 200 ^{o}C สภาวะหลังการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (สภาวะหลังวิกฤต) ซึ่งสามารถสังเกตเห็นแถบการแห้งขึ้นที่บริเวณโค้งเลี้ยวริมสุดทางด้านขวามือที่ท่อร้อนของส่วนทำระเหย



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาววีระนุช อินทะกันฑ์

วัน เดือน ปี เกิด 14 ธันวาคม 2526

ประวัติการศึกษา
สำเร็จการศึกษาระดับมัธยม
จากโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ลำพูน
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved