ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การป้องกันการกัดกร่อนบนผิวภายนอกท่อของเครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบเทอร์โมไซฟอนด้วยการเคลือบอินาเมล
ชื่อผู้เขียน	นายขวัญชัย ไกรทอง
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ :	รศ.ดร. ประดิษฐ์ เทอดทูล	ประธานกรรมการ
	รศ.ดร. สมชาย ทองเต็ม	กรรมการ
	ผศ.ดร. สัมพันธ์ ไชยเทพ	กรรมการ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาการป้องกันการกัดกร่อนบนผิวภายนอกท่อของเครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบเทอร์โมไซฟอนด้วยการเคลือบอินาเมล โดยทดสอบกับเทอร์โมไซฟอนที่ทำจากท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 26.7 มม. ความหนาผนังท่อ 2.87 มม. และท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 28.5 มม. ความหนาผนังท่อ 1.27 มม. ความยาวท่อทั้งหมดเป็น 900 มม. มีส่วนทำระเหยยาว 695 มม. ส่วนไม่ถ่ายเทความร้อนยาว 10 มม. และส่วนควบแน่นยาว 195 มม. เทอร์โมไซฟอนมีทั้งหมด 4 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วยเทอร์โมไซฟอนที่ทำจากท่อเหล็กและท่อทองแดงที่ไม่เคลือบและเคลือบอินาเมล 3 ความหนาในส่วนทำระเหยของเทอร์โมไซฟอน โดยติดชิ้นงานตัวแทนที่เป็นโลหะแผ่นบางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4 มม. ทำจากโลหะชนิดเดียวกับท่อที่ตำแหน่งด้านหันรับไอเสียร้อนและด้านตรงข้ามของเทอร์โมไซฟอน ทำการเคลือบอินาเมลเฉพาะด้านที่เลือกเพื่อทดสอบผลกระทบในการกัดกร่อนเนื่องจากผลของทิศทางการไหลเท่านั้น โดยทดสอบกับไอเสียร้อนที่อุณหภูมิ 225^{o}C ได้จากการเผาไหม้ของน้ำมันเตาเกรด A ที่มีน้ำมันดีเซลผสมอยู่ 20% โดยปริมาตร ทำการทดสอบวันละ 16 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 1,000 ชั่วโมง เก็บ

ข้อมูลความร้อนส่งผ่านและอุณหภูมิแตกต่างของเครื่องอุ่นน้ำป้อนในช่วงการทำงานต่างๆ ข้อมูลการกัดกร่อนและเขม่าจากเทอร์โมไซฟอน และข้อมูลน้ำหนักจากชิ้นงานตัวอย่าง ที่เวลา 250, 500, 750 และ 1,000 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์ผลโดยวิเคราะห์การกัดกร่อนจากภาพถ่ายภาคตัดขวางท่อขยาย 25 เท่าที่ถ่ายโดยกล้องจุลทรรศน์ วิเคราะห์ผลจากการตรวจหาสารประกอบอนินทรีย์และสารประกอบอินทรีย์ในเขม่าโดยเครื่อง X-ray diffractometer และ Infra-red spectroscopy วิเคราะห์ความหนาเขม่าที่ได้จากการวัดที่ผิวท่อ วิเคราะห์อัตราการเกาะตัวของเขม่าเฉลี่ยจากน้ำหนักของชิ้นงานตัวแทนที่เพิ่มขึ้น วิเคราะห์ความต้านทานความร้อนของเขม่าที่ได้จากค่าความต้านทานความร้อนรวมของเครื่องอุ่นน้ำป้อนที่เปลี่ยนไป และวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ที่ได้จากค่าใช้จ่ายทั้งหมด จากผลการทดสอบพบว่าตำแหน่งด้านหันรับไอเสียร้อนและความหนาอินาเมลไม่มีผลต่อการกัดกร่อนหรือความหนาเขม่าหรืออัตราการเกาะตัวของเขม่าเฉลี่ย การกัดกร่อนของท่อเหล็กและท่อทองแดงที่เคลือบอินาเมลจะค่าน้อยกว่าท่อที่ไม่เคลือบ 0.15 มม. และ 0.136 มม. ตามลำดับ ที่เวลา 1,000 ชั่วโมง ตรวจพบสารประกอบอนินทรีย์คือ $CaSO_4$ ส่วนสารประกอบอินทรีย์นั้นตรวจไม่พบจากเขม่าที่ได้จากผิวท่อโดยไม่ขึ้นกับชนิดวัสดุของท่อหรือการเคลือบหรือเวลา และพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการกัดกร่อนกับเวลาของท่อเหล็กที่ไม่เคลือบและเคลือบอินาเมลเป็นไปดังสมการ $Cr = 0.008t^{0.4578}$ และ $Cr = 0.0073t^{0.2431}$ ตามลำดับ ส่วนท่อทองแดงความสัมพันธ์ระหว่างการกัดกร่อนกับเวลาของท่อที่ไม่เคลือบและเคลือบอินาเมลเป็นไปดังสมการ $Cr = 0.0231t^{0.2938}$ และ $Cr = 0.03474t^{0.202}$ ตามลำดับ ทางด้านอัตราการเกาะตัวของเขม่าเฉลี่ยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกาะตัวของเขม่าเฉลี่ยกับเวลาของท่อเหล็กและท่อทองแดงเป็นไปดังสมการ $RW_{fouling} = 18.784t^{-0.9778}$ และ $RW_{fouling} = 126.97t^{-1.2373}$ ตามลำดับ ทางด้านความหนาเขม่าพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความหนาเขม่ากับเวลาของท่อเหล็กและท่อทองแดงเป็นไปดังสมการ $R_{fouling} = 28.6275(1-e^{-0.0018t})$ และ $R_{fouling} = 31.3438(1-e^{-0.009t})$ ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานความร้อนของเขม่ากับเวลาเป็นไปดังสมการ $Z_{fouling} = 0.0925(1-e^{-0.003t})$ ในการใช้งานท่อของเครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ทำงานกับอุณหภูมิ 150 - 250°C จึงควรเลือกใช้ท่อเหล็กและท่อทองแดงเคลือบอินาเมลที่ความหนา 190 ไมครอน จึงจะคุ้มค่าเพราะเสียค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่ำกว่าการเคลือบที่ความหนาอื่น