

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบและออปติไมซ์หม้อน้ำรถยนต์ เพื่อคำนวณตัวแปรออกแบบของหม้อน้ำรถยนต์ ที่ทำให้วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตรังผึ้งหม้อน้ำรถยนต์มีค่าต่ำที่สุด ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบและการทดสอบประสิทธิภาพหม้อน้ำรถยนต์ โดยจะศึกษาหม้อน้ำรถยนต์ทั้งหมด 8 รูปแบบที่มีลักษณะของรังผึ้ง วัสดุที่ใช้ในการผลิตท่อ และครีป และลักษณะพื้นผิวของท่อที่แตกต่างกัน

ในส่วนของงานวิจัยนี้ จะทำการรวบรวมผลการทดสอบประสิทธิภาพหม้อน้ำรถยนต์จากภาคอุตสาหกรรม เพื่อนำไปใช้ทดสอบความถูกต้องของสมการและความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลองที่ใช้ในการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนของหม้อน้ำรถยนต์ ความดันลดของน้ำ และความดันลดของอากาศ ซึ่งรวบรวมได้จากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนของผลการคำนวณกับผลการทดสอบประสิทธิภาพหม้อน้ำรถยนต์ พบว่า มากกว่าร้อยละ 80 ของค่าที่ได้จากการคำนวณจะมีเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนไปจากผลการทดสอบประสิทธิภาพหม้อน้ำรถยนต์อยู่ในช่วง  $\pm 15\%$  ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้สำหรับการออกแบบ จึงสามารถนำสมการและความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลองไปใช้ในการออกแบบและออปติไมซ์หม้อน้ำรถยนต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบน  $\pm 15\%$  นี้จะนำไปใช้กำหนดขอบเขตของความไม่แน่นอนกรณีออปติไมซ์หม้อน้ำรถยนต์ภายใต้ความไม่แน่นอน

ในส่วนของารออกแบบและออปติไมซ์หม้อน้ำรถยนต์ จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีออปติไมซ์ที่สภาวะปกติ ซึ่งเป็นกรณีที่พิจารณาว่าสมการและความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลองมีความถูกต้องยอมรับได้ และกรณีออปติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนซึ่งเป็นกรณีที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของพารามิเตอร์ที่คำนวณจากความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง ซึ่งมีความไม่แน่นอนทั้งจากความผิดพลาดของข้อมูลการทดลองที่ใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ (จากผู้ทำการทดลอง และชุดการทดลอง) และจากความคลาดเคลื่อนไปจากความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง

จากผลการอบติไมซ์ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบและการทดสอบประสิทธิภาพหม้อน้ำรถยนต์ทั้งสิ้น 10 เงื่อนไข พบว่า ตัวแปรออกแบบที่ได้จากการอบติไมซ์ที่สภาวะปกติ และภายใต้ความไม่แน่นอนแตกต่างกัน แต่ไม่จำเป็นเสมอไปที่ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายของการอบติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนจะสูงกว่าฟังก์ชันค่าใช้จ่ายของการอบติไมซ์ที่สภาวะปกติ ทั้งนี้เนื่องจากการอบติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนนั้นจะคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนของพารามิเตอร์ทั้งบวกและลบ ซึ่งจะแตกต่างจากวิธีโอเวอร์ดีไซน์แพกเตอร์ซึ่งคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนของพารามิเตอร์เพียงด้านเดียว

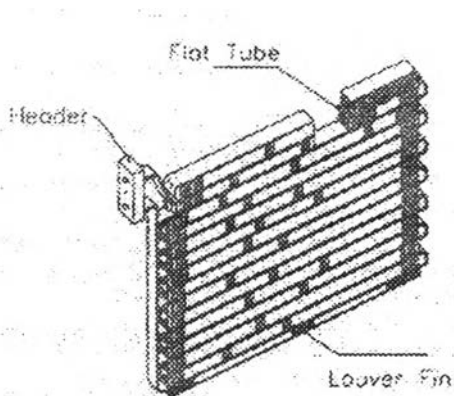
นอกจากนี้ ยังพบว่าในบางข้อกำหนด ไม่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้เมื่ออบติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอน แต่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้เมื่ออบติไมซ์ที่สภาวะปกติ ทั้งนี้เนื่องจากการอบติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนจะคำนึงถึงโอกาสที่พารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นจากการทดลองจะคลาดเคลื่อนไปค่าที่ได้จากการทดลอง ดังนั้น ในทางปฏิบัติควรนำผลอบติไมซ์ภายใต้ความไม่แน่นอนไปใช้ในการออกแบบ ซึ่งจะทำให้หม้อน้ำรถยนต์ที่ออกแบบ สามารถถ่ายเทความร้อนได้ในปริมาณที่ต้องการ ภายใต้สภาวะทดสอบประสิทธิภาพหม้อน้ำรถยนต์ซึ่งเป็นสภาวะคงตัว

อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัตินั้น ไม่สามารถสร้างหม้อน้ำรถยนต์ที่มีตัวแปรออกแบบได้เท่ากับค่าที่ได้จากผลการอบติไมซ์ เนื่องจากตัวแปรออกแบบ เช่น ขนาดของท่อและครีปที่ได้จากการอบติไมซ์มีค่าเป็นจำนวนจริง ในส่วนสุดท้ายของงานวิจัยนี้ จึงได้คำนวณค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของหม้อน้ำรถยนต์ที่สามารถสร้างขึ้นเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ออกแบบหรือค่าที่กำหนด

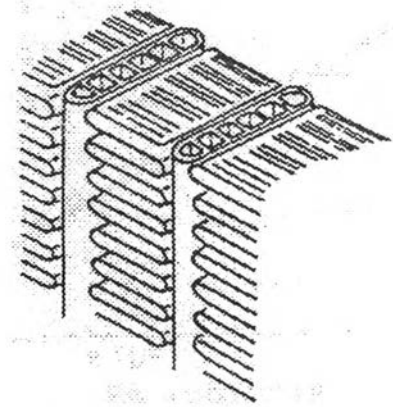
จากผลคำนวณพบว่า ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของหม้อน้ำรถยนต์ที่สามารถสร้างขึ้นได้จริงจะคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่ออกแบบหรือค่าที่กำหนดอยู่ในเกณฑ์  $\pm 15\%$  ของค่าที่ออกแบบซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการออกแบบหม้อน้ำรถยนต์ของภาคอุตสาหกรรม ดังนั้น จึงสามารถนำโปรแกรมออกแบบและอบติไมซ์หม้อน้ำรถยนต์ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้ในการออกแบบหม้อน้ำรถยนต์ได้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาโปรแกรมออปติไมซ์หม้อน้ำรถยนต์ จากการออปติไมซ์แบบไม่เชิงเส้นที่ต้องการคำตอบเป็นจำนวนเต็มผสมจำนวนจริง (mixed integer nonlinear programming) เป็นการออปติไมซ์แบบไม่เชิงเส้นที่ต้องการคำตอบเป็นจำนวนเต็ม (integer nonlinear programming)
2. พัฒนาโปรแกรมออปติไมซ์หม้อน้ำรถยนต์ ให้ครอบคลุมหม้อน้ำรถยนต์แบบที่ท่อวางแนวนอน แสดงดังรูปที่ 5.1
3. พัฒนาโปรแกรมออปติไมซ์เครื่องควบแน่นและเครื่องระเหยภายในรถยนต์ ซึ่งเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อแบนและครีบลูเวอร์ที่มีลักษณะดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.1 หม้อน้ำรถยนต์แบบที่ท่อวางแนวนอน



รูปที่ 5.2 เครื่องควบแน่นและเครื่องระเหย  
ภายในรถยนต์