การการศึกษาพฤติกรรมค่าความจุความร้อนของวัสดุความเสียดทาน
A STUDY OF HEAT CAPACITY BEHAVIOR OF FRICTION MATERIALS

ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย
ศุภชัย หลักคำ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การการศึกษาพฤติกรรมค่าความจุความร้อนของวัสดุความเสียดทาน
A STUDY OF HEAT CAPACITY BEHAVIOR OF FRICTION MATERIALS

ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย
ศุภชัย หลักคำ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การศึกษาพฤติกรรมค่าความจุความร้อนของวัสดุความเสียดทาน
ผู้วิจัย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
นายศุภชัย หลักคำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
พ.ศ. : 2560

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้ผลิตชิ้นส่วนผ้าเบรกต่างประสบปัญหาด้านคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ จึงนำไปสู่การพัฒนาส่วนผสม เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางความร้อนที่สอดคล้องต่อค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสำหรับการใช้งาน จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้ศึกษาพฤติกรรมค่าความจุความร้อนของผ้าเบรกรถยนต์ที่มีส่วนผสมแตกต่างกัน 3 ชนิด ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากบริษัท คอมแพ็คอินเตอร์เนชั่นแนล(1994) จำกัด โดยทำการจำลองการใช้งานด้วยสร้างอุณหภูมิผ้าเบรกจาก 50 ถึง 300 °C ที่สภาวะความดัน 5 MPa โดยอ้างอิงสภาวะความดันการทดลองดังกล่าวจากมาตรฐาน JIS D4413 เพื่อคำนวณค่าความจุความร้อน ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยต่างๆ จากผลการทดสอบสะท้อนให้เห็นว่าผ้าเบรกแต่ละชนิดมีพฤติกรรมค่าความจุความร้อน โดยผ้าเบรกที่มีส่วนผสมจากทองแดงหรือผงโลหะสูงจะส่งผลให้ค่าความจุความร้อนค่อนข้างต่ำ ในทางตรงกันข้ามผ้าเบรกที่ประกอบด้วยไฟเบอร์และสารเติมเต็มปริมาณมากจะส่งผลให้ค่าความจุความร้อนมีค่าเพิ่มมากขึ้นและมีเสถียรภาพในสภาวะอุณหภูมิที่หลากหลาย ซึ่งค่าความจุความร้อนแปรผันตามกับอุณหภูมิใช้งาน นอกจากนี้ สารหล่อลื่นที่มีอยู่ในผ้าเบรกจะช่วยให้ค่าความจุความร้อนสูงขึ้นและมีเสถียรภาพในสภาวะอุณหภูมิที่หลากหลาย

Title : A study of heat capacity behavior of friction materials
Researcher : Asst.Prof.Phupoom Puangcharoenchai, Faculty of Engineering, RMUTP
Mr. Supachai Lakkam, Faculty of Engineering, RMUTP
Year : 2017

ABSTRACT

Nowadays, one of the automotive engineering is conductivity of brake pads playing a role in friction coefficient which means safety of customer. Thus thermal properties have been improved using composited materials. This project aims to study the heat capacity behavior of 3 different brake pads which are supported by the company, Compact International (1994) Ltd. For experimental works, temperature based on brake condition was simulated from 50 to 300℃ at 5 MPa of pressure. By standard JIS D4413, testing condition of pressure was referred. The heat capacity values of brake pads are calculated under the temperature conditions. As a result of testing, brake pad made of copper or high metal powders result in relatively low heat capacity. On the other hand, brake pads containing fiber and a large amount of fillers result in an increased heat capacity and stability in various temperature conditions. The heat capacity varied according to the operating temperature. In addition, the lubricant contained in the brake pads affects the higher heat capacity and stability at various temperatures.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยการสนับสนุนทุนการวิจัยจากงบประมาณประจำปีงบประมาณ 2560 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1	8
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	8
2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	10
3.1 ขอบเขตของการวิจัย	10
4.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	11
บทที่ 2	12
2.1 ผ้าเบรก	12
2.2 ค่าความจุความร้อน	14
2.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3	16
3.1 การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	17
3.2 การติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือ	22
3.3 สภาวะการทดสอบ	27
3.4 ผลการคำนวณ	27
บทที่ 4	29
4.1 ผลการทดสอบค่าความจุความร้อน	29
บทที่ 5	31
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	31
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงงาน	31

5.3 ข้อเสนอแนะ 32

บรรณานุกรม 33

ประวัติผู้วิจัย 34

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของผ้าเบรกแต่ละชนิด 17
ตารางที่ 3.2 สภาวะการทดสอบ..... 27

สารบัญรูป

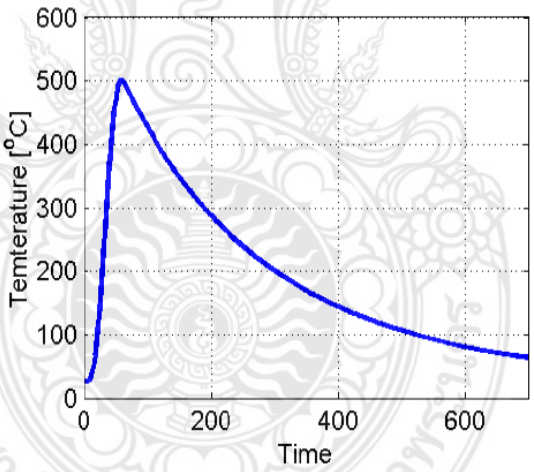
รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 1.1 การรับและถ่ายความร้อนของผ้าเบรก (Polansky et al., 2003) 8
รูปที่ 1.2 การแตกร้าวของผ้าเบรกแบบดิสก์ (ที่มา: http//www.topicstock.pantip.com) 9
รูปที่ 1.3 การหลุดร่อนของผ้าเบรกแบบดรัม (ที่มา: http//www.weekendhobby.com)..... 9
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 16
รูปที่ 3.2 ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบ 17
รูปที่ 3.3 สายวัดอุณหภูมิ Thermocouple Type K..... 18
รูปที่ 3.4 เครื่องวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิ KYOWA Model: EDX-10A และ EDX-13A..... 18
รูปที่ 3.5 แผ่นรองรับชิ้นงานชนิดดิสก์เบรก 19
รูปที่ 3.6 ชุดให้ความร้อน (Heater) 19
รูปที่ 3.7 แผ่นรองรับชิ้นงานทดสอบ 20
รูปที่ 3.8 ฐานรองรับชิ้นงาน 20
รูปที่ 3.9 หัวกดชิ้นงานทดสอบ(ดิกส์เบรก) 21
รูปที่ 3.10 แท่งกด 21
รูปที่ 3.11 กล่องควบคุมอุณหภูมิ 22
รูปที่ 3.12 การติดตั้งกล่องควบคุมอุณหภูมิกับเครื่องทดสอบแรงกด 22
รูปที่ 3.13 การติดตั้งโหลดเซลเข้ากับแท่งกด 23
รูปที่ 3.14 การติดตั้งหัวกดชิ้นงานเข้ากับแท่งกด 23
รูปที่ 3.15 การติดตั้งฐานรองรับแผ่นรองชิ้นงาน..... 24
รูปที่ 3.16 การติดตั้งฉนวนเข้ากับแผ่นรองฉนวน 24
รูปที่ 3.17 การติดตั้งแผ่นรองรับวัสดุ และต่อสายชุดให้กำเนิดความร้อน..... 25
รูปที่ 3.18 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิจุดต่างๆ 25
รูปที่ 3.19 การติดตั้งผ้าเบรกพร้อมฉนวนป้องกันความร้อน..... 26
รูปที่ 3.20 การกำหนดแรงกดที่กระทำต่อผ้าเบรก 26
รูปที่ 3.21 เครื่องควบคุมอุณหภูมิแท่งให้กำเนิดความร้อน..... 27
รูปที่ 3.22 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ 28
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่าความจุความร้อนของผ้าเบรกทั้ง 3 ชนิด..... 29

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ได้มีการเติบโตและเข้ามามีบทบาทอย่างมากในประเทศไทย ผ้าเบรกถือว่าเป็นวัสดุความเสียดทานที่เป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีบทบาทในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ และด้วยหน้าที่การทำงานของผ้าเบรกที่จำเป็นต้องสัมผัสกับจานเบรกซึ่งเป็นโลหะในช่วงสภาวะอุณหภูมิสูงอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้ผ้าเบรกต้องดีรับความร้อนจากการเสียดสี ค่าความจุความร้อนจึงเป็นอีกคุณสมบัติหนึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับวัสดุดังกล่าว โดยพฤติกรรมการใช้งานของผู้ขัดขี่ที่จำเป็นจะต้องเหยียบเบรกเพื่อชะลอหรือหยุดรถยนต์ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ผ้าเบรกรับพลังงานความร้อนจากการเสียดสี และการปล่อยเบรกซึ่งเป็นช่วงการระบายความร้อนของผ้าเบรก ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 การรับและถ่ายความร้อนของผ้าเบรก (Polansky et al., 2003)

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในย่านกว้างและบ่อยครั้งเกินไป ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการรักษาระดับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของผ้าเบรก(การเฟดตัว) และเป็นสาเหตุทำให้ผ้าเบรกแตกร้าวและหลุดร่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผ้าเบรกชนิดดรัมเบรกที่มีความสามารถการระบายความร้อนต่ำกว่าแบบดิสก์ ดังรูปที่ 2 และ 3 ส่งผลให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการสร้างแรงเสียดทาน นำไปสู่การเสียความควบคุมเกิดอันตรายต่อผู้ขับขี่และผู้ร่วมทางบนท้องถนนในที่สุด ซึ่งปัญหาดังกล่าวนอกจากจะขึ้นอยู่กับการระบายความร้อนของระบบเบรกแล้ว ค่าความจุความร้อนของผ้าเบรกเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรักษาอุณหภูมิของผ้าเบรกให้คงที่

รูปที่ 1.2 การแตกร้าวของผ้าเบรกแบบดิสก์ (ที่มา: http//www.topicstock.pantip.com)

รูปที่ 1.3 การหลุดร่อนของผ้าเบรกแบบดรัม (ที่มา: http//www.weekendhobby.com)

เนื่องจากผ้าเบรกเป็นวัสดุผสมที่ผลิตจากสารตั้งต้นมากกว่า 1 ชนิด ดังนั้นพฤติกรรมของวัสดุดังกล่าวจึงมีความหลากหลายแต่ต่างกันออกไปตามส่วนผสม ค่าความจุความร้อนซึ่งถือที่บ่งบอกถึงความสามารถการรักษาระดับอุณหภูมิให้คงที่ จึงเป็นค่าสำคัญที่ส่งผลกระทบอย่างมากต่อการทำงานอุปกรณ์ใกล้เคียงที่ต้องสัมผัสและถูกส่งถ่ายความร้อน อีกทั้งไม่เพียงเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อความสามารถในการรักษาสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน แต่ยังส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานและการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ข้างเคียงด้วย ซึ่งผลกระทบที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จะส่งผลโดยตรงต่อความปลอดภัยในการใช้งาน

จากปัญหาดังกล่าวจึงจำอย่างยิ่งที่จะต้องมีการค้นคว้าในด้านการตรวจสอบผลกระทบต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการผลิตออกมา โดยเฉพาะข้อมูลที่ได้จากผลิตภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุภายในประเทศไทยอีกทั้งขั้นตอนกระบวนการทดสอบเฉพาะด้านยังไม่ชัดเจน รวมไปถึงเครื่องมือการทดสอบและองค์ความรู้เฉพาะทางที่มีน้อยมาก ซึ่งไม่เพียงพอที่จะใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงทำให้เกิดโครงการวิจัยเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ผ้าเบรกซึ่งเป็นวัสดุผสม

ด้วยเหตุผลข้างต้นจึงทำให้เกิดการคิดค้นและออกแบบแนวทางการทดสอบและเครื่องทดสอบค่าความจุความร้อนของผ้าเบรกซึ่งเป็นวัสดุความเสียดทานที่เกิดจากการผสมของสารหลากหลายชนิดภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่างๆ โดยโครงการวิจัยนี้จะศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความจุความร้อนของผ้าเบรกในสภาวะการใช้งานที่หลากหลายเช่น อุณหภูมิ และความดัน เป็นต้น โดยเน้นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุภายในประเทศไทยเป็นหลัก เพื่อนำไปสู่ข้อมูลที่ใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับกับการใช้งาน โดยจะคำนึงถึงปัจจัยพื้นฐานในการใช้งานของผ้าเบรกเพื่อศึกษาความแตกต่างของผ้าเบรกที่มีส่วนผสมที่แตกต่างกัน เช่น การศึกษาความแตกต่างระหว่างวัสดุที่นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ อีกทั้งความสัมพันธ์ต่อด้านความเค้น ความเครียด และค่าความยืดหยุ่นที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของการทดสอบ

นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างองค์ความรู้พื้นฐานทางด้านวัสดุและเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการสามารถใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบเพื่อหาพฤติกรรมของผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นวัสดุผสมคล้ายกันนี้ บนสมมติฐานหลักการหาค่าคุณสมบัติวัสดุทางกลภายใต้สภาวะการรับความร้อน ผลที่ได้รับจากโครงการสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาและนำไปสู่ข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อีกทั้งยังช่วยการส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ในด้านการวิจัยให้กับประเทศ ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ประเทศไทยจะได้รับ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมค่าความจุความร้อนของผ้าเบรก
2) เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุความร้อนของผ้าเบรกจากส่วนผสมที่ต่างกัน
3) เพื่อแก้ปัญหาการหลุดร่อนของผ้าเบรกอันเกิดจากค่าความจุความร้อนผ้าเบรกที่ไม่เหมาะสม
4) เพื่อสร้างชุดทดสอบพฤติกรรมค่าความจุความร้อนของผ้าเบรก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) จำลองช่วงอุณหภูมิการทดสอบที่ 300 °C
2) จำลองช่วงความดันการทดสอบที่ 5 MPa
3) อาศัยขั้นตอนการทดสอบตามมาตรฐาน JIS 4413 เป็นแนวทางในการทดสอบ
4) สำรวจปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อค่าความจุความร้อน
5) วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างวัสดุที่มีส่วนผสมต่างกัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความจุความร้อนของวัสดุผสมซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงการผลิตในภาคอุตสาหกรรม
2) เพื่อลดปัญหาการหลุดร่อนของผ้าเบรกอันเกิดจากการค่าความจุความร้อนผ้าเบรกที่ไม่เหมาะสม
3) ได้แนวทางการทดสอบพฤติกรรมค่าความจุความร้อนของวัสดุความเสียดทานหรือวัสดุผสมอื่นๆภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่างๆ
4) ส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีภายในประเทศในส่วนของด้านการวิจัยและพัฒนา
5) เพิ่มคุณภาพและมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ซึ่งส่งผลดีต่อความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผ้าเบรก (ศูนย์วิจัยและทดสอบชิ้นส่วนเบรก, 2553)

ระบบห้ามล้อส่วนใหญ่ในยานพาหนะถูกออกแบบให้อาศัยแรงเสียดทานโดยเปลี่ยนพลังงานกลในทิศทางการหมุนเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งใช้ผ้าเบรกเป็นอุปกรณ์ในการชะลอ หรือหยุดเพลาล้อเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งาน หน้าที่ของผ้าเบรกคือสร้างแรงเสียดทานที่ผิวสัมผัสระหว่างผ้าเบรกและจานเบรก เพื่อให้เกิดแรงเบรกที่ใช้ในการชะลอหรือหยุดเพลา ดังนั้นผ้าเบรกจึงต้องสามารถตอบสนองการใช้งานได้ถูกต้องโดยปราศจากการลื่นไถลที่มากเกินความต้องการระหว่างการทำหน้าที่ชะลอหรือหยุดเพลานั้น การลื่นไถลแบบชั่วขณะเกิดขึ้นที่หน้าสัมผัสระหว่างผ้าเบรกและจานเบรกตลอดกระบวนการทำงานนี้ทำให้เกิดอุณหภูมิสูงขึ้นที่บริเวณผิวสัมผัสประมาณ 80 ถึง 300 °C (ขึ้นอยู่กับการใช้งาน) ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นนั้นมีอิทธิพลต่อการทำงานของระบบห้ามล้อ ดังนั้นสมรรถนะของวัสดุที่นำมาผลิตเป็นผ้าเบรกนั้นจะต้องรักษาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน และมีค่ามากพอต่อความต้องการในสภาวะการทำงานอย่างสม่ำเสมอด้วย การลดลงอย่างรวดเร็วของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ปรารถนา การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างช่วงการทำงาน หรือจากการสึกหรอของวัสดุจะต้องมีข้อจำกัด

นอกเหนือจากอุณหภูมิที่เป็นปัจจัยและมีอิทธิพลแล้ว ยังมีความสัมพันธ์จากวัสดุที่นำมาใช้ความสัมพันธ์ทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ แต่กลไกเหล่านี้ซับซ้อน และไม่สามารถกำหนดได้ในเชิงปฏิบัติผลกระทบเหล่านี้จะพบได้ทั่วไปส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานไม่คงที่ การที่จะทำให้รถหยุดนั้นต้องมีความฝืดที่สัมผัสจากผ้าเบรกกับจานเบรก ส่งผลให้เกิดการสึกหรอที่ผ้าเบรกและความร้อนที่เกิดขึ้น ดังนั้นสิ่งที่ถูกนำมาทำเป็นผ้าเบรกต้องเป็นวัสดุที่สามารถทนความร้อน การสึกหรอ ป้องกันความชื้น และมีค่าความฝืดสูง (ค่าสัมประสิทธิ์) ซึ่งในปัจจุบันทำจากสารประเภทเอสเบทตอสผสมกับฟิลเลอร์ และผงเรซิ่น คลุกเคล้าให้เข้ากันก่อนนำไปผ่านกระบวนการผลิตโดยใช้ความร้อนและความดันจนกระทั่งแข็งตัว

จากนั้นยึดผ้าเบรกเข้ากับฝักเบรกซึ่งมีวิธีการยึดแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบยึดด้วยกาว แบบยึดด้วยหมุดย้ำ โดยวิธีที่นิยมใช้ในการยึดทั่วไป คือการยึดด้วยกาวเนื่องจากสามารถยึดผ้าเบรกได้บางกว่าการใช้หมุดย้ำ ในการผลิตผ้าเบรกของบริษัทผู้ผลิตจะมีส่วนผสมที่แตกต่างกันเพื่อตอบสนองในการใช้งาน ส่วนผสมในผ้าเบรกเป็นสิ่งที่ไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลที่สำคัญได้ การเลือกวัสดุเพื่อนำมาเป็นโครงสร้างแผ่นเหล็กที่เตรียมจะถูกพ่นด้วยกาวเพื่อรอกระบวนการขึ้นรูปซึ่งมีสองวิธี คือ วิธีแรกจะผลิตด้วยการขึ้นรูปเย็นโดยการเทผงผ้าเบรกลงบนแม่พิมพ์จากนั้นวางเหล็กรองไว้ด้านบนเพื่อทำการอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ซึ่งใช้แรงกดขนาด 160 ตัน จึงนำชิ้นงานที่ได้เข้าเตาอบ ผ้าเบรกที่ผลิตจากกระบวนขึ้นรูปเย็นจะมีจำหน่ายในตลาดขายอะไหล่ทั่วไป อีกวิธีหนึ่งการผลิตเป็นการขึ้นรูปร้อนซึ่ง

กระบวนการผลิตมีลักษณะเดียวกับการขึ้นรูปเย็นจะแตกต่างกันในขั้นตอนการให้ความร้อนในการเทผงผ้าเบรกและมีการควบคุมความชื้นไม่ให้มีในกระบวนการ เป็นผ้าเบรกที่ติดตั้งมาจากโรงงานการผลิตผ้าเบรกของบริษัทผู้ผลิตเพื่อผลิตผ้าเบรกที่มีประสิทธิภาพให้เหมาะสมกับยานพาหนะแต่ละประเภทมาโดยเฉพาะ เช่น รถยนต์ทั่วไป, รถยนต์ที่ใช้ในทางฝุ่น เป็นต้น ซึ่งแต่ละชนิดมีความสามารถในการทนความร้อนต่างกันไป ชนิดของผ้าเบรกรถยนต์แบ่งตามลักษณะการใช้งานโรงงานผลิตผ้าเบรกรถยนต์ มีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายคุณภาพ คุณภาพผ้าเบรกแต่ละโรงงานมีมาตรฐานที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับนโยบาย และทิศทางการทำธุรกิจของโรงงานนั้น ผู้ผลิตผ้าเบรกรถยนต์มี 2 ประเภท คือ ผู้ผลิตสำหรับค้าปลีกโดยเฉพาะและผู้ผลิตสำหรับอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ Original Equipment Manufacturing (OEM) ผู้ผลิตผ้าเบรกสำหรับค้าปลีก มีการผลิตผ้าเบรกออกมาหลากหลายคุณภาพรวมถึงราคา บางผู้ผลิตอาจผลิตสินค้าโดยบรรจุในหลากหลายบริษัทเพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้จำหน่ายและผู้ใช้รถมากที่สุด ผู้ผลิตจะเน้นราคาในการทำตลาด กลุ่มเป้าหมายจะเป็นลูกค้าปลีกทั่วไป ผลิตภัณฑ์ที่นำออกจำหน่ายจะอยู่ตั้งแต่กลุ่มตลาดล่าง จนถึงกลุ่มตลาดขนาดกลางผู้ผลิตผ้าเบรกสำหรับอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็นสินค้าคุณภาพมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ ผู้ผลิตมุ่งเน้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานอะไหล่สำหรับรถยนต์ใหม่ กลุ่มเป้าหมายจะเป็นโรงงานผลิตรถยนต์รวมทั้งศูนย์บริการรถยนต์ชั้นนำ Original Equipment Service (OES) ผลิตภัณฑ์ที่นำออกจำหน่ายในตลาดค้าปลีกจะอยู่ในกลุ่มตลาดรถที่มีมาตรฐานสูงเท่านั้น หากเราจำแนกชนิดของผ้าเบรกตามเกรดผู้ผลิต สามารถจำแนกออกได้เป็น 4 กลุ่มดังนี้ (แบ่งตามลักษณะการใช้งานต่างๆ)

2.1.1 ผ้าเบรกคุณภาพมาตรฐานโรงงานผลิตรถยนต์

มีคุณสมบัติเป็นผ้าเบรกคุณภาพมาตรฐานจากโรงงานผลิตรถยนต์ มีคุณสมบัติของวัตถุดิบแต่ละชนิดตรงตามข้อกำหนดของผู้ผลิตรถยนต์ ทั้งด้านประสิทธิภาพการเบรกและการทำงานร่วมกับจานเบรก ปัจจุบันนิยมใช้ผ้าเบรกไร้สารใยหินชนิดมีโลหะต่ำเหมาะสำหรับรถยนต์ใหม่ใช้ในขับขี่ทั่วไปจนถึงการใช้งานหนักซึ่งไม่มีการจำหน่ายในท้องตลาด

2.1.2 ผ้าเบรกคุณภาพมาตรฐานจากผู้ผลิตทั่วไป

มีคุณสมบัติเป็นผ้าเบรกคุณภาพมาตรฐานเพื่อใช้เป็นอะไหล่ทดแทน คุณสมบัติของอะไหล่จะแตกต่างตามผู้ผลิตรถยนต์ขึ้นอยู่กับต้นทุนและการแข่งขัน ผู้ประกอบรถจะขายในรูปอะไหล่จะใช้สัญลักษณ์เดียวกับสัญลักษณ์รถยนต์ ผู้ผลิตรถยนต์บางรายอาจผลิตอะไหล่คุณภาพต่ำลงจำหน่ายเพื่อรักษาฐานลูกค้าที่มีกำลังซื้อต่ำ และเพื่อการแข่งขันเรื่องราคาในตลาดเหมาะสำหรับผู้ใช้รถทั่วไปที่ต้องการอะไหล่คุณภาพเดียวกับรถยนต์ใหม่หาซื้อได้ตามศูนย์บริการรถยนต์ทั่วไปหรือร้านค้าอะไหล่

2.1.3 ผ้าเบรกสำหรับรถสมรรถนะสูง

มีคุณสมบัติเป็นผ้าเบรกคุณภาพสูงที่ใช้เพื่อการแข่งขันวัตถุดิบในการผลิตจะเน้นหนักเพื่อประสิทธิภาพการหยุดรถ โดยเฉพาะรองรับการขับรถด้วยอัตราความเร็วสูงและการถ่ายเทความร้อนในระบบเบรก เหมาะสำหรับการขับขี่เพื่อการแข่งขันที่ใช้ความเร็วสูงในการขับขี่เป็นประจำ ผ้าเบรกชนิดนี้ไม่เหมาะสำหรับการขับขี่ทั่วไปรวมถึงการใช้งานหนักและบรรทุกสินค้า ผ้าเบรกชนิดนี้มีอัตราการทำลายจานเบรกสูง เพราะส่วนผสมมีโลหะอยู่ในอัตราที่สูง

2.1.4 ผ้าเบรกมาตรฐานทั่วไป

มีคุณสมบัติเป็นผ้าเบรกคุณภาพมาตรฐานเหมาะสำหรับการใช้งานในขับขี่ทั่วไปหรือใช้งานหนัก วัตถุดิบในการผลิตจะมีคุณสมบัติเท่ากับ หรือต่ำกว่าผ้าเบรกที่ผลิตเพื่อโรงงานผู้ผลิตรถยนต์ ผ้าเบรกชนิดนี้มีหลากหลายแบบและหลากหลายวัตถุดิบ ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน ผู้บริโภคต้องใช้วิจารณญาณในการตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ เหมาะสำหรับการขับรถทั่วไปหรือใช้งานเป็นครั้งคราว การเลือกใช้ควรดูชนิดผ้าเบรกเป็นแบบผ้าเบรกโลหะหรือผ้าเบรกกลุ่ม Non Asbestos Organics (NAO) แต่ละชนิดมีผลดีและผลเสียแตกต่างกัน อันมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษารถที่แตกต่างด้วยเช่นกัน

2.2 ค่าความจุความร้อน (Heat capacity)

เมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะทำให้มีอุณหภูมิวัตถุแต่ละชนิด เมื่อมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากันจะใช้ปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปนี้แตกต่างกัน ปริมาณที่ทำให้วัตถุมวล หน่วย มี 1) องศา เรียกว่า ความจุความร้อนจำเพาะ 1 อุณหภูมิเปลี่ยนไปSpecific heat capacity) ของวัตถุแทนด้วยสัญลักษณ์ c ดังนั้นถ้าวัตถุมวล m หน่วยมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT หน่วย จึงต้องใช้ปริมาณความร้อน cmΔT ถ้าปริมาณความร้อนทั้งหมดที่วัตถุได้รับเป็น Q จะได้

$$Q = cm\Delta T \qquad (2.1)$$

ดังนั้นถ้าวัตถุมวล m มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป องศา จึงต้องใช้ปริมาณความร้อน 1cm หน่วย และเรียกปริมาณความร้อนนี้ว่า ความจุความร้อน (Heat capacity) ของวัตถุแทนด้วยสัญลักษณ์ C ดังนั้นสมการ ((1จึงมีรูปใหม่เป็น

$$Q = C\Delta T \qquad (2.2)$$

ซึ่ง $$C = cm \qquad (2.(3$$

วัตถุสองชนิดที่มีอุณหภูมิต่างกัน เมื่อสัมผัสกันจะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เมื่อวัตถุทั่งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน จึงหยุดการถ่ายเทความร้อน ถ้าในกระบวนการนี้ปริมาณความร้อนไม่มีการสูญเสียให้กับสิ่งแวดล้อมใดๆแล้วจะได้ปริมาณความร้อนที่ลดลงของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูง จะเท่ากับปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นของวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าได้รับหรือกล่าวว่า

ปริมาณความร้อนลด = ปริมาณความร้อนเพิ่ม

2.3 การทบทวนวรรณกรรม สารสนเทศ/(Information) ที่เกี่ยวข้อง

จากการสำรวจการศึกษาเกี่ยวกับวัสดุผสมพบว่ามีการทดสอบหาคุณสมบัติหลายด้านจากวัสดุผสมหลายชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ที่จะทำการศึกษาโดย N.K. Naik และคณะ, (2008) ได้ทำการสำรวจพฤติกรรมความเครียดของวัสดุผสมด้วยวิธี Compressive split Hopkinson pressure

bar (SHPB) เพื่อหาคุณสมบัติการอัดตัวในลักษณะระนาบการสั่นของวัสดุผสมระหว่าง แก้ว/อีพอกซี และคาร์บอน/อีพอกซี โดยมุ่งเน้นการวัดค่าความเครียดบริเวณตำแหน่งการดัดตัวสูงสุด

นอกจากนี้ยังพบว่า S. Mongkonlerdmanee และคณะ, (2013) ได้ทำการทดสอบการอัดตัวของผ้าเบรกที่ได้จากส่วนผสมที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของผ้าเบรก อีกทั้งความเค้นและความเค้นเฉือนของวัสดุผสมคาร์บอนโดย Edgar Lara-Curzio และคณะ[6] ซึ่งได้ทำการทดสอบในห้องบรรยากาศที่อุณหภูมิห้อง และในห้องที่บรรจุก๊าซอาก่อนที่อุณหภูมิ 1,000oC ภายใต้สภาวะความดันต่างๆ เพื่อคำนวณหาความเค้นเฉือน 1 มิติ และ2 มิติ

สำหรับผ้าเบรกนั้น S. Lakkam และคณะ, (2012) ได้คิดค้นวิธีการทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานผ้าเบรก โดยการประยุกต์ใช้เครื่องทดสอบแบบ Universal Testing ภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความดันต่างๆ ซึ่งใกล้เคียงกับ S.F. Scieszka, (1980) ได้มีการทดสอบคุณสมบัติทาง Tribology โดยวิธีการลากผ่านระนาบเพื่อตรวจสอบอิเล็กตรอนผ่านเครื่องมือวัดไมโครสโคป และฉายรังสีเพื่อตรวจสอบความร้อนที่เกิดขึ้นหลังการทดลอง

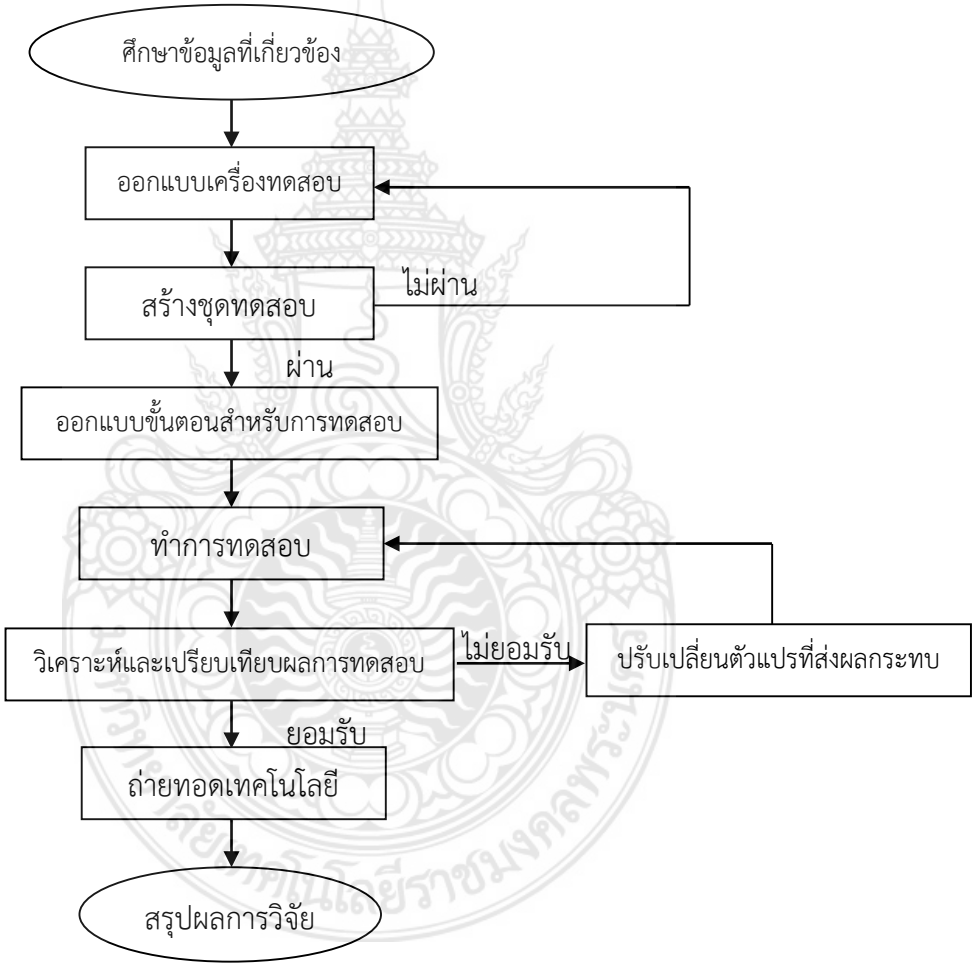
นอกเหนือจากการวิเคราะห์วัสดุผสมหลังจากการผลิตแล้ว การคำนึงถึงสารตั้งต้นก่อนการผลิตยังถูกศึกษาโดย Rukiye Ertan และคณะ, (2010) ซึ่งทำการศึกษาปัจจัยทางกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณสมบัติทาง Tribology ของวัสดุ โดยมีผลลัพธ์หลายประเด็นเช่น การต้านทานการสึกหรอและความสามารถในการรักษาสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ที่ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ดังนั้นคุณสมบัติด้านการนำความร้อนก็เป็นอีกประเด็นที่มีการศึกษา โดย A. Shojaei และคณะ, (2007) ซึ่งได้ยกเอาวัสดุความเสียดทานที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุผสมโดยมียางเป็นสารตั้งต้นพื้นฐานผสมกับสารอีกหลายชนิด และทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

นอกจากนี้ P. Puangcharoenchai และคณะ, (2558) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมค่าการนำความร้อนแบบไม่เชิงเส้นของวัสดุความเสียดทาน โดยใช้เครื่องทดสอบ Tensile test ร่วมกับตู้ควบคุมอุณหภูมิในการทดสอบชิ้นงาน และทำการวัดอุณหภูมิที่ชั้นวัสดุความเสียดทานต่าง ในช่วงอุณหภูมิการทดสอบที่หลากหลาย ซึ่งวิธีดังกล่าวสามารถได้เก็บข้อมูลได้ค่อนข้างแม่นยำ และนำไปสู่การคำนวณค่าความจุความร้อนที่ถูกต้อง

อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจวรรณกรรมดังกล่าวยังไม่พบการศึกษาค่าความจุความร้อนของผ้าเบรกซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการรักษาอุณหภูมิ และนำไปสู่การแตกร้าวและหลุดร่อนของผ้าเบรกในการใช้งาน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนซึ่งสามารถกำหนดการปฏิบัติงานได้เป็นแผนภาพดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบจะบันทึกอุณหภูมิโดยแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ อุณหภูมิเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิลดลงการทดสอบชิ้นงานจะทำการทดสอบจากตัวอย่างผ้าเบรก 3 ชนิด คือ ชนิด A ชนิด B และชนิด C โดยแต่ละชนิดจะมีส่วนประกอบของวัสดุต่างๆ ดังแสดงตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของผ้าเบรกแต่ละชนิด

ส่วนประกอบ	**ชนิด A (%)**	**ชนิด B (%)**	**ชนิด C (%)**
ไฟเบอร์	15	18	2
สารหล่อลื่น	15	13	10
ทองแดง	6	15	5
อื่นๆ	64	63	83

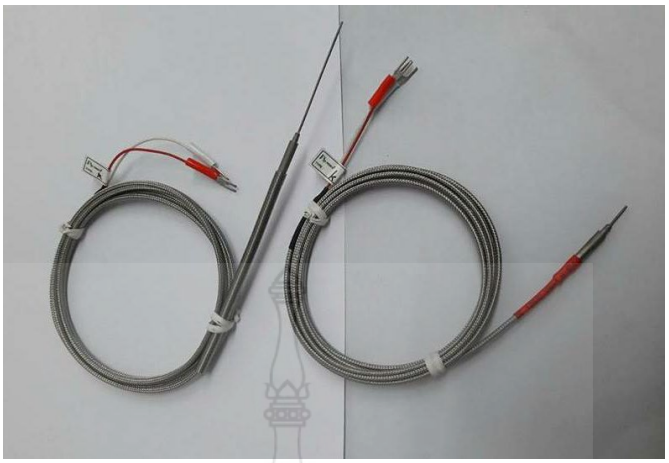
3.1.1 การเตรียมชิ้นงาน

การเตรียมชิ้นงานโดยการกำหนดขนาดให้ผ้าเบรกมีขนาด 7 mm. × 11 mm. × 22 mm. จากนั้นนำไปเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 mm. ระยะห่างระหว่างจุด 7 mm. ชิ้นงานที่จะใช้ทดสอบผิวของพื้นที่หน้าตัดที่สัมผัสกับแผ่นให้ความร้อนจะต้องราบเรียบ จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีความละเอียดในการวัดค่า ซึ่งผ้าเบรกชนิด A, B และ C จะต้องมีขนาดเท่ากัน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบ

3.1.2 เตรียมสายเครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermocouple)

สายเครื่องวัดอุณหภูมิสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ คือ Type T ,Type J และType K ในการทดสอบเลือกใช้แบบ Type K ที่สามารถวัดค่าได้ -195 ถึง +1,000 มีค่าความคลาดเคลื่อน 0.3% กำหนดขนาดให้สายวัดยาว 2 m จำนวน 4 เส้น ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 สายวัดอุณหภูมิ Thermocouple Type K

3.1.3 จัดเตรียมเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบบันทึกค่า (Data logger)

เครื่องบันทึกค่าอุณหภูมิสามารถบันทึกค่าอุณหภูมิได้จึงเลือกใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ KYOWA Model: EDX-10A และ EDX-13A โดยมีลักษณะการใช้งานสอดคล้องกับการทดสอบที่สามารถวัดค่าได้ไม่น้อยกว่า 4 จุดดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 เครื่องวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิ KYOWA Model: EDX-10A และ EDX-13A

3.1.4 แผ่นรองรับชิ้นงานทดสอบ

แผ่นรองรับชิ้นงานทดสอบทำจากเหล็กเกรด SKD 61 ซึ่งเป็นเหล็กทนความร้อนมาตรฐานสูง และมีความแข็งแรง ทำหน้าที่รองรับวัสดุที่จะทำการทดสอบโดยใช้การกด ขนาดความกว้าง และความยาวของแผ่นระนาบถูกกำหนดเพื่อให้สอดคล้องกับผ้าเบรกที่จะใช้ในการทดสอบซึ่งมีขนาดความกว้าง 25 mm ยาว 25 mm หนา 10 mm ส่วนความหนาของแผ่นรองรับชิ้นงานถูก

กำหนด เพื่อให้สามารถรับความร้อนได้ถึง 400 ^{0}C โดยที่แผ่นรองรับวัสดุไม่เกิดการโก่งตัว ซึ่งมีขนาดความกว้าง 100 mm ยาว 100 mm หนา 30 mm มีมวล 2.826 kg แสดงดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 แผ่นรองรับชิ้นงานชนิดดิสก์เบรก

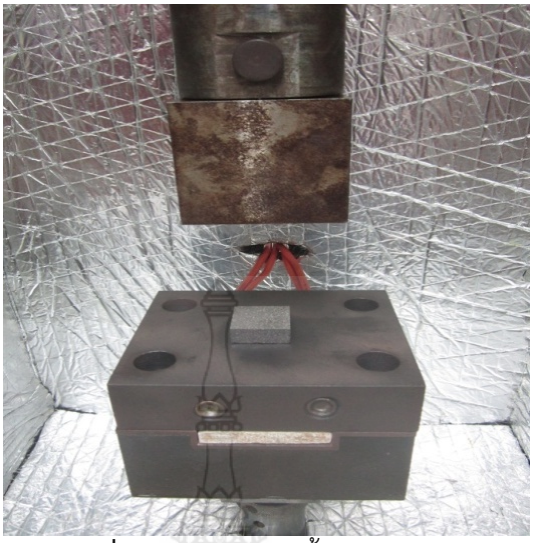
3.1.5 ชุดให้ความร้อน (Heater)

ชุดให้ความร้อนทำหน้าที่ให้ความร้อนกับแผ่นรองรับชิ้นงานทดสอบ โดยที่สามารถให้ความร้อนตั้งแต่เริ่มต้นที่ 50 ถึง 400 ^{0}C ตามที่ถูกออกแบบขั้นตอนการทดสอบไว้ โดยทางคณะผู้จัดทำได้เลือกชุดให้ความร้อนแบบแท่งขนาด 600 W แสดงดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 ชุดให้ความร้อน (Heater)

3.1.6 แผ่นรองรับชิ้นงานและฐานรองรับ

แผ่นรองรับชิ้นงานและฐานรองรับทำมาจากเหล็กเครื่องมือ SKD 61 ซึ่งเป็นเหล็กทนความร้อนมาตรฐานสูง และมีความแข็งแรง ทำหน้าที่รับแรงกดจากหัวกด แผ่นรองรับชิ้นงานแสดงดังรูปที่ 3.7 ส่วนกรณีฐานรองรับชิ้นงาน ทำหน้าที่เป็นที่วางฉนวนที่อยู่ระหว่างแผ่นรองรับชิ้นงานและฐานรองรับชิ้นงาน ฐานรองรับชิ้นงานแสดงดังรูปที่ 3.8

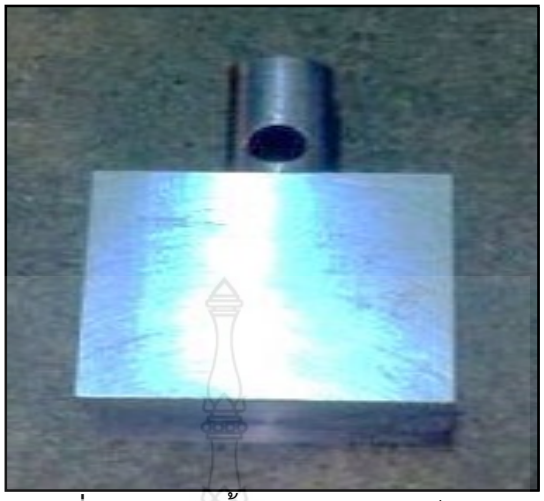


รูปที่ 3.7 แผ่นรองรับชิ้นงานทดสอบ

รูปที่ 3.8 ฐานรองรับชิ้นงาน

3.1.7 หัวกดชิ้นงานทดสอบ

หัวกดชิ้นงานทดสอบทำมาจากเหล็กเครื่องมือ SKD 61 ซึ่งเป็นเหล็กทนความร้อนมาตรฐานสูง และมีความแข็งแรง ทำหน้ากดชิ้นงานทดสอบ แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 หัวกดชิ้นงานทดสอบ(ดิกส์เบรก)

3.1.8 แท่งกด

แท่งกดทำมาจากเหล็กเครื่องมือ SKD 61 เป็นเหล็กทนความร้อนมาตรฐานสูง และความแข็งแรง ทำหน้าส่งผ่านแรงไปยังหัวกดชิ้นงานพร้อมเป็นที่ติดตั้งอุปกรณ์ แสดงดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 แท่งกด

3.1.9 กล่องควบคุมอุณหภูมิ

กล่องควบคุมอุณหภูมิทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิโดยรอบ และป้องกันไม่ให้ความร้อนออกมาจากชุดให้ความร้อน (Heater) โดยมีการหุ้มฉนวนกันความร้อน เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในให้เหมาะสมกับการทดสอบวัสดุแสดงดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.11 กล่องควบคุมอุณหภูมิ

3.2 การติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือ

จากการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่มีส่วนประกอบหลายชิ้นในขั้นตอนนี้ จะอธิบายถึงการนำชิ้นส่วนต่างๆมาประกอบรวมกันเพื่อให้ได้ชุดทดสอบโดยมีขั้นตอนในการติดตั้งดังนี้

3.2.1 การติดตั้งกล่องควบคุมอุณหภูมิ

การติดตั้งกล่องควบคุมอุณหภูมิเข้ากับเครื่องทดสอบโดยภายในกล่องควบคุมนี้สามารถรักษาอุณหภูมิการทดสอบให้มีค่าค่อนข้างคงที่ เพื่อผลการทดสอบมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยนำกล่องควบคุมอุณหภูมิติดตั้งเข้ากับเครื่องทดสอบแรงกดแสดงดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 การติดตั้งกล่องควบคุมอุณหภูมิกับเครื่องทดสอบแรงกด

3.2.2 การติดตั้งโหลดเซลเข้ากับแท่งกดชิ้นงาน

โดยใช้สลักยึดระหว่างโหลดเซลกับแท่งกดชิ้นงาน เพื่อรับค่าของแรงที่กดทดสอบ และส่งค่าการทดสอบไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 การติดตั้งโหลดเซลเข้ากับแท่งกด

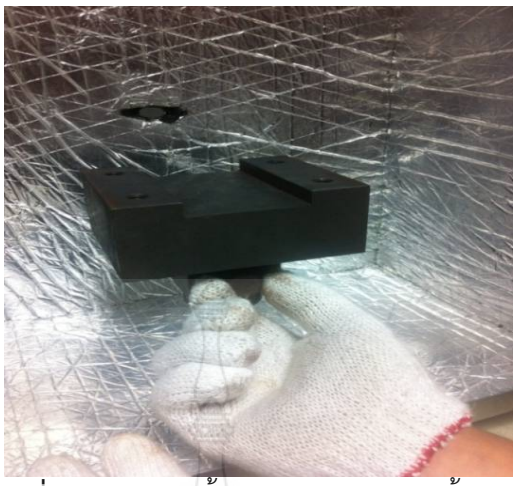
3.2.3 การติดตั้งหัวกดชิ้นงานเข้ากับแท่งกด

สำหรับการติดตั้งหัวกดชิ้นงานจะใช้สลักเป็นตัวยึดเข้ากับแท่งกดวัสดุ ทั้งกรณีหัวกดของดิสก์เบรกแสดงดังรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 การติดตั้งหัวกดชิ้นงานเข้ากับแท่งกด

3.2.4 การติดตั้งฐานรองรับแผ่นรองชิ้นงาน

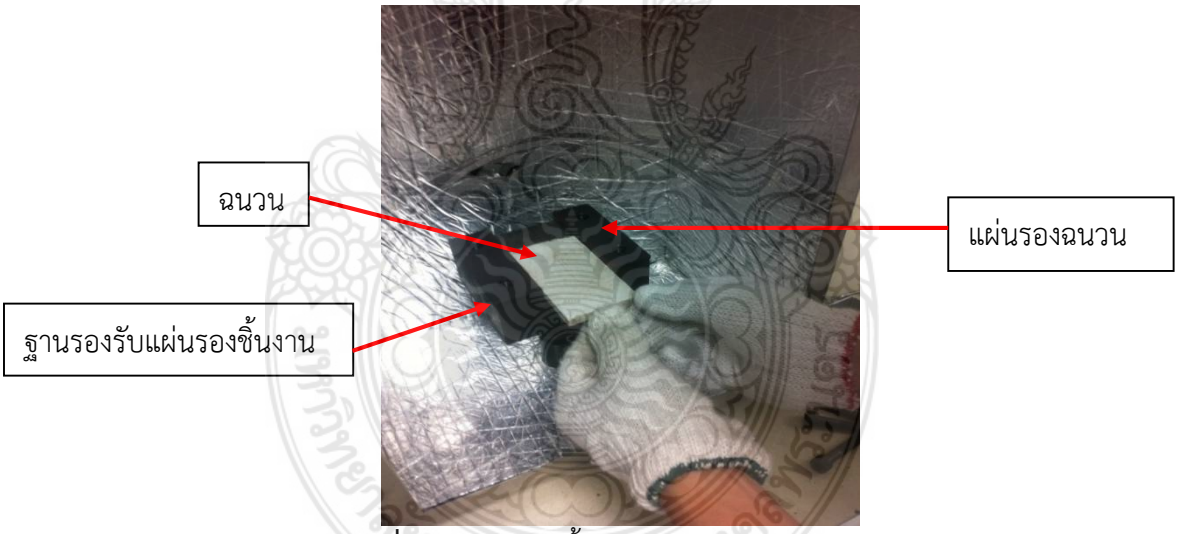
การติดตั้งฐานรองรับแผ่นรองชิ้นงานโดยฐานรองรับแผ่นรองรับเป็นชิ้นส่วนที่อยู่บริเวณล่างสุดของชุดทดสอบ จะใช้สลักยึดเข้ากับแท่งรองรับของเครื่องทดสอบแรงกด มีหน้าที่เป็นตัวรับแรงกดที่เกิดจากแท่งกดแสดงดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การติดตั้งฐานรองรับแผ่นรองชิ้นงาน

3.2.5 การติดตั้งฉนวนเข้ากับแผ่นรองฉนวน

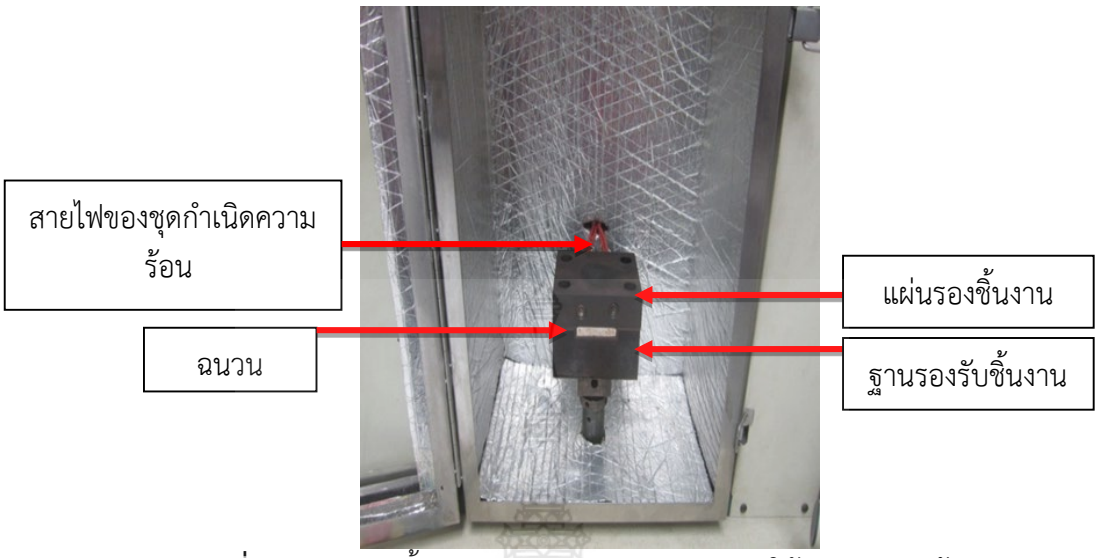
การติดตั้งฉนวนเข้ากับแผ่นรองฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนที่เกิดจากชุดกำเนิดความร้อน (Heater) ถ่ายเทไปยังชุดทดสอบวัสดุแสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การติดตั้งฉนวนเข้ากับแผ่นรองฉนวน

3.2.6 การติดตั้งแผ่นรองรับชิ้นงาน

การติดตั้งแผ่นรองรับชิ้นงานและต่อสายแท่งให้กำเนิดความร้อนเข้ากับกล่องควบคุมอุณหภูมิในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการติดตั้งอุปกรณ์ โดยการเตรียมการทดสอบที่เสร็จสมบูรณ์แสดงดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การติดตั้งแผ่นรองรับวัสดุ และต่อสายชุดให้กำเนิดความร้อน

3.2.7 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบบันทึกค่าพร้อมนำสายส่งสัญญาณทั้ง 4 เส้นเสียบเข้าช่องสัญญาณเข้าแสดงดังรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิจุดต่างๆ

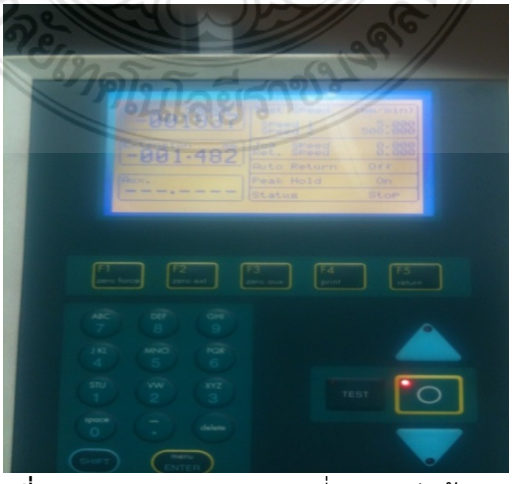
3.2.8 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบบันทึกค่าพร้อมนำสายส่งสัญญาณทั้ง 4 เส้น เสียบเข้ากับผิวผ้าเบรก 1 จุด ในเนื้อผ้าเบรกที่เจาะรูเพื่อเสียบหัวโพรบเข้ากับผ้าเบรกทั้งหมด 2 จุด ส่วนอุณหภูมิจุดที่ 4 ใช้วัดอุณหภูมิโดยรอบแสดงดังรูปที่ 3.19 และ รูปที่ 3.22

รูปที่ 3.19 การติดตั้งผ้าเบรกพร้อมฉนวนป้องกันความร้อน

3.2.9 การกำหนดสภาวะเริ่มต้นในการทดสอบ

การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิโดยเริ่มบันทึกค่าอุณหภูมิที่ 50 °Cขนาดแรงกด 242 N พร้อมทั้งติดตั้งฉนวนเพื่อป้องกันสายไหม้และอาจทำให้อุณหภูมิมีความคลาดเคลื่อนได้ในขณะทำการทดสอบเมื่อเหล็กได้รับความร้อนจะเกิดการขยายทำให้แรงกดที่หัวกดกระทำกับผ้าเบรกเพิ่มขึ้นจึงต้องควบคุมแรงกดให้อยู่ในขอบเขตแสดงดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การกำหนดแรงกดที่กระทำต่อผ้าเบรก

3.2.10 เครื่องควบคุมอุณหภูมิแท่งให้กำเนิดความร้อน

เครื่องควบคุมอุณหภูมิแท่งให้กำเนิดความร้อนในช่วงการทำงานที่อุณหภูมิต่ำอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้ยากต่อการจดบันทึกค่าจึงต้องใช้การถ่ายภาพ ในช่วงเวลาที่ต้องการจะทำให้สามารถเก็บค่าที่สภาวะคงที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 เครื่องควบคุมอุณหภูมิแท่งให้กำเนิดความร้อน

3.3 สภาวะการทดสอบ(JIS D 4413:2005)

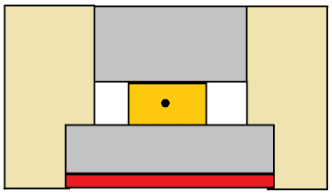
ในการทดสอบเพื่อให้ค่าเหมือนกับสภาวะการใช้งานจริงจึง ดังนั้นการทดสอบจึงใช้ผ้าเบรกรถยนต์แบบดิสก์ชนิด A, B และ C พื้นที่หน้าตัดขนาด 2.42×10^{-4} m^2 ที่สภาวะความดันที่ 5 MPa ภายใต้แรงกด 1,210 N สำหรับสภาวะการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สภาวะการทดสอบ

ชนิดของผ้าเบรก	ความดัน (MPa)	แรงกด (N)	อุณหภูมิ (°C)	พื้นที่หน้าตัดชิ้นทดสอบ (m^2)	การทวนซ้ำ (จำนวนชิ้นงานต่อชนิดของผ้าเบรก)
A	5	1,210	50 100 150 200 250 300	2.42×10^{-4}	3
B					
C					

3.4 ผลการคำนวณ

ในการคำนวณหาค่าการนำความร้อนของผ้าเบรกทั้ง 3 ชนิด (A, B และ C) ทางผู้จัดทำโครงงานมีความจำเป็นต้องทราบข้อมูลของอุณหภูมิในเนื้อผ้าเบรก (T) เพื่อนำมาคำนวณตามสมการที่ 2.1 และเพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณา ทางคณะผู้จัดทำได้แสดงภาพตำแหน่งการวัดอุณหภูมิต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.22

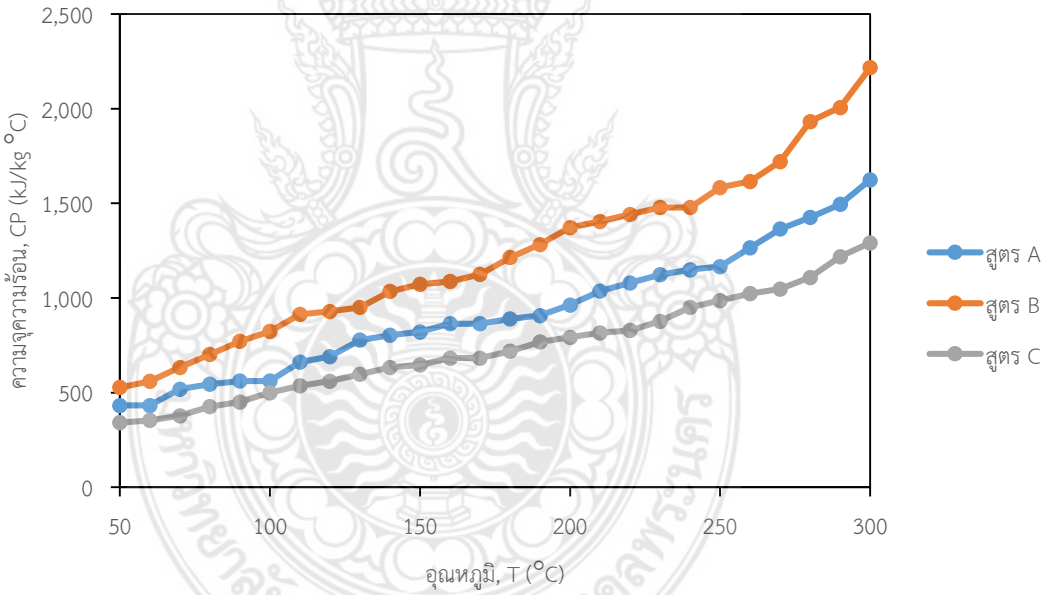


รูปที่ 3.22 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ

บทที่ 4
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการทดสอบค่าความจุความร้อน

จากขั้นตอนการดำเนินโครงงานดังกล่าว นำไปสู่การทดสอบผ้าเบรกทั้ง 3 ชนิด ภายใต้สภาวะการทดสอบที่มีการเพิ่มอุณหภูมิจาก 50 ถึง 300 °C (Climb up) ที่ความดัน 5 MPa ซึ่งเป็นความดันที่มีการใช้งานบ่อยครั้งตามพฤติกรรมการขับขี้ โดยใช้ผ้าเบรกที่มีส่วนผสมที่แตกต่างกันไปดังแสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งในแต่ละชนิดจะทำการทดสอบตามสภาวะดังแสดงในตารางที่ 3.2 โดยมีผลการทดสอบดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่าความจุความร้อนของผ้าเบรกทั้ง 3 ชนิด

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าค่าความจุความร้อนแปรผันตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ใช้งาน และมีการเพิ่มขึ้นลักษณะค่อนข้างเป็นเชิงเส้น และมีพฤติกรรมความไม่เป็นเชิงเส้นเพิ่มมากขึ้นในช่วงการใช้งานที่มีอุณหภูมิสูง นอกจากนี้ส่วนผสมของวัสดุความเสียดทานเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความจุความร้อนอย่างมาก จากผลการทดสอบพบว่าผ้าเบรกที่มีส่วนผสมของทองแดงหรือโลหะปริมาณมากจะส่งผลให้ค่าความจุความร้อนต่ำและการเพิ่มขึ้นของค่าความจุความร้อนค่อนข้างไม่คงที่ ในขณะที่ผ้าเบรกที่มีส่วนผสมของเส้นใยและสารเติมเต็มปริมาณมากจะส่งผลให้ค่าความจุความร้อนสูงและมีการเพิ่มขึ้นของค่าความจุความร้อนอย่างมีสเถียรภาพ ซึ่งค่าความจุความร้อนแปรผันตามกับ

อุณหภูมิใช้งาน นอกจากนี้ สารหล่อลื่นที่มีอยู่ในผ้าเบรกจะช่วยให้ค่าความจุความร้อนสูงขึ้นและมีเสถียรภาพในสภาวะอุณหภูมิที่หลากหลาย

จากการตั้งข้อสังเกตในประเด็นความสเถียรของค่าความจุความร้อนพบว่ามีความเป็นไปได้สูงที่ส่วนผสมสารเติมเต็มในผ้าเบรกจะส่งผลกระทบต่อความมีสเถียรของค่าความจุความร้อน ความมีสเถียรของค่าความจุความร้อนจะช่วยรักษาระดับอุณหภูมิระหว่างการใช้งานให้ค่อนข่างคงที่และไม่เปลี่ยนแปลงในเวลาอันสั้น ซึ่งส่งผลต่อการหลุดร่อนระหว่างวัสดุความเสียดทานและแผ่นเหล็กรองผ้าเบรกและเป็นปัญหาด้านคุณสมบัติทางความร้อนของผ้าเบรกที่ผู้ผลิตผ้าเบรกประสบอยู่ในปัจจุบัน

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาค่าความจุความร้อนที่เกิดจากวัสดุผสม เพื่อใช้เป็นทางเลือกสำหรับการทดสอบวัสดุผ้าเบรกในภาคอุตสาหกรรม อีกทั้งเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมค่าการนำความร้อนของผ้าเบรก โดยอาศัยสภาวะการทดสอบตามมาตรฐาน JIS D 4311 ซึ่งเป็นมาตรฐานเกี่ยวกับการทดสอบชิ้นส่วนผ้าเบรกรถยนต์ที่ทดสอบภายใต้การควบคุมความดันและอุณหภูมิ โดยยังมุ่งเน้นไปที่การพิจารณาค่าความจุความร้อนของผ้าเบรกที่มีความแตกต่างของส่วนผสม

จากวัตถุประสงค์ของโครงการที่ต้องการศึกษาพฤติกรรมของค่าความจุความร้อนพบว่า ค่าความจุความร้อนแปรผันตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการใช้งานค่อนข้างเป็นเชิงเส้น และส่วนผสมของวัสดุความเสียดทานเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อค่าความจุความร้อน เนื่องจากวัสดุส่วนใหญ่ที่ใช้ผลิตผ้าเบรกเป็นวัสดุผสม และยังพบว่าผ้าเบรกที่มี ส่วนผสมของเหล็กและทองแดงในสัดส่วนที่สูงจะมีค่าความจุวามร้อนต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าเบรกที่มีส่วนผสมของเหล็กและทองแดงน้อยกว่า ในทางตรงกันข้ามผ้าเบรกที่ประกอบด้วยไฟเบอร์และสารเติมเต็มปริมาณมากจะส่งผลให้ค่าความจุความร้อนมีค่าเพิ่มมากขึ้นและมีเสถียรภาพในสภาวะอุณหภูมิที่หลากหลาย ซึ่งค่าความจุความร้อนแปรผันตามกับอุณหภูมิใช้งาน นอกจากนี้ สารหล่อลื่นที่มีอยู่ในผ้าเบรกจะช่วยให้ค่าความจุความร้อนสูงขึ้นและมีเสถียรภาพในสภาวะอุณหภูมิที่หลากหลาย

ความมีสเถียรของค่าความจุความร้อนจะช่วยรักษาระดับอุณหภูมิระหว่างการใช้งานให้ค่อนข่างคงที่และไม่เปลี่ยนแปลงในเวลาอันสั้น ซึ่งส่งผลต่อการหลุดร่อนระหว่างวัสดุความเสียดทานและแผ่นเหล็กรองผ้าเบรกและเป็นปัญหาด้านคุณสมบัติทางความร้อนของผ้าเบรกที่ผู้ผลิตผ้าเบรกประสบอยู่ในปัจจุบัน

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงงาน

- การติดตั้งอุปกรณ์หัวกดผ้าเบรกจะติดตั้งยากเกิดจากเมื่อเหล็กได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัวส่งผลไปยังชุดจับยึดที่ไม่สามารถประกอบเข้าด้วยได้ง่ายจึงต้องขยายรูใหม่ทำให้เสียเวลาในการทดลองเพิ่มขึ้น
- ในการทดลองแต่ละครั้งต้องใช้เวลาทดลองเป็นเวลานานเนื่องจากเป็นการปล่อยให้พาความร้อนเป็นแบบอิสระภายใต้กล่องควบคุม

- ในการทดลองเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นต้องควบคุมแรงดันที่กดผ้าเบรก เนื่องจากแผ่นชุดให้ความร้อนด้านล่างเป็นเหล็กได้รับความร้อนเกิดการขยายตัวส่งผลให้แรงกดเพิ่ม จะทำให้ค่าไม่อยู่ในขอบเขตที่กำหนด

5.3 ข้อเสนอแนะ

- การเจาะรูของผ้าเบรกควรเจาะให้ได้ขนาดเท่ากับขนาดของตัวส่งถ่ายอุณหภูมิ (Thermo couple) เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิที่อาจเกิดขึ้นในช่องว่างภายใน
- การเตรียมชิ้นงานทดสอบจะเกิดฝุ่นจากการตัดผ้าเบรก ควรมีการสวมอุปกรณ์ป้องกันเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน เช่น ถุงมือหนังกันความร้อน ผ้ากันเปื้อน ผ้าปิดจมูก และสวมแว่นตานิรภัยเป็นต้น

บรรณานุกรม

ประเสริฐ เทียนนิมิตร, วิวัฒน์ ภัททิยธนี, ปานเพชร ชินินทร. (2547) ทฤษฎีและคำนวณเทอร์โมไดนามิกส์. ซีเอ็ดยูเคชั่น: กรุงเทพฯ

พฤทธ์ โมกไธสงนายสุชาครีย์ กันภัย ,นายโฆษิต เชื่อมใจ ,อมรศักดิ์ โพธิ์แก้ว ,. (2554) เครื่องทดสอบพฤติกรรมความเสียดทานของผ้าเบรก. ปริณญานิพนธ์สาขาวิสวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

สมพงษ์ ใจดี. (2539) ฟิสิกส์มหาวิทยาลัยเล่ม 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

ศูนย์วิจัยและทดสอบชิ้นส่วนเบรกแหล่งที่มา.:http:/www.bangkokbiznews.com /home/ detail/ it /technology ค้นเมื่อ วันที่ 29 พฤศจิกายน, 2553

Bergman, T.L., Lavine, A.S., Incropera,F.P. and DeWitt D.P. (2007) Fundamentals of Heat and Mass Transfer. Wiley Asia Student Sixth Edition Printed in Asia.

Ertan, R. and Yavuz, N. (2010) An experimental study on the effects of manufacturing parameters on the tribological properties of brake lining materials, Wear: 1524-1532.

JIS D4413: 2005 Automotive Parts-Brake Linings and Disc Brake Pads-Compressibility Test Procedure.

Lakkam, S. and Suwantaroj, K. (2012) A Study of Friction Coefficient of Brake Pads Using Alternative Testing Method, The Journal of KMUTNB., 22(2): 315–324.(in Thai)

Lara-Curzio, E., Bowers, D. and Ferber, M.K. (1996) The interlaminar tensile and shear behavior of a unidirectional C---C composite. pp. 226-232.

Mongkonlerdmanee, S., Boonmee, P. and Lakkam, S. (2013) Influence of Volume Fraction from Brake Linings to the Flexibility Behavior and Internal Energy, KKU Research Journal, Vol.18, No.2, pp. 297 – 310.(in Thai)

Naik, N.K. (2008) VenkateswaraRaoKavala, High strain rate behavior of woven fabric composites under compressive loading, Materials Science and Engineering: 301-311.

Scieszka, S.F. (1980) Tribological phenomena in steel-composite brake material friction pairs, Wear. pp. 367-378.

Shojaei, A., Fahimian, M. and Derakhshandeh. B. (2007) Thermally conductive rubber-based composite friction materials for railroad brakes – Thermal conduction characteristics, Composites Science and Technology. pp. 2665-2674.

ประวัติผู้วิจัย

<u>หัวหน้าโครงการ</u>

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ผศ.ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย
   (ภาษาอังกฤษ) Asst.Prof.Phupoom Puangcharoenchai
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 7706 00130 75 2
3. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการที่เป็นปัจจุบัน
   ตำแหน่งบริหาร - ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์
   เงินเดือน 27,000.- เวลาการทำวิจัย 20ชม./สัปดาห์
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
   สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
   โทรศัพท์: 02-9132424 ต่อ 138
   โทรสาร: 02-9132424 ต่อ 138
   E-mail: Phupoom7778@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2542	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	2538	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ ระบุสาขาวิชาการ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา)
   - เทคนิคการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computation and Simulation Techniques)
   - เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน (Energy Technology and Management)
   - เทคโนโลยีอุณหภาพ (Thermal Technology)
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

   7.1 ผู้อำนวยแผนงานวิจัย : -

   7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :
   - การออกแบบหัวฉีดไอน้ำลดความดัน
   - การจำลองการถ่ายโอนความร้อนในขดท่อทำความเย็นโดยระเบียบวิธีไนต์เอลิเมนต์
   - การนำน้ำคอนเดนเซตมาใช้ระบายความร้อนให้กับแผงคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศ

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ลำดับ	ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1	1การออกแบบหัวฉีดไอน้ำลดความดัน.	พ.ศ.2548	การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่1	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
2	2.การจำลองการถ่ายโอนความร้อนในขดท่อทำความเย็นโดยระเบียบวิธีไนต์เอลิเมนต์	พ.ศ.2548	การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่19	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
3	3.การนำน้ำคอนเดนเซตมาใช้ระบายความร้อนให้กับแผงคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศ		รอการเผยแพร่	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
4	4.การศึกษาพฤติกรรมค่าการนำความร้อนแบบไม่เชิงเส้นของวัสดุความเสียดทาน		รอการเผยแพร่	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
5	การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายโอนความร้อน และการสั่นสะเทือนของจานเบรกแบบตรง/แบบกลับที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถการเบรก		รอการเผยแพร่	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ

1.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : -

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายศุภชัย หลักคำ
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Supachai Lakkam
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1201 01788 03 1
3. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน
ตำแหน่งบริหาร - ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์(พนักงานมหาวิทยาลัย)
เงินเดือน 25,000.- เวลาการทำวิจัย20ชม./สัปดาห์
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์:02-9132424 ต่อ 138
โทรสาร:02-9132424 ต่อ 138
E-mail: bus_supachai@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	M.Sc.	Automotive Engineering	The SirindhornInternational Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2552	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล (เกียรตินิยมอันดับสอง)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2549	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
- เทคนิคการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computation and Simulation Techniques)
- เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน (Energy Technology and Management)

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยแผนงานวิจัย : -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : -

- เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน
- การศึกษาปัจจัยการออกแบบท่อพักไอเสียเพื่อลดเสียงรบกวนและรักษาสมรรถนะของเครื่องยนต์

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ลำดับ	ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1	ผลกระทบและประสิทธิภาพผ้าเบรกเชิงเสียงรบกวน และสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	พ.ศ.2552	Industry Subcontracting Exhibition of Thailand 2009	บริษัท คอมแพ็คอินเตอร์เนชั่นแนล ((1994 จำกัดและ Industrial Technology Assistance Program (iTAP)	นักวิจัย
2	Investigation of Brake Noise Parameters Using Single Dynamometer	Apr.2009	The 5th International Conference on Automotive Engineering ICAE-5	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	นักวิจัย/ผู้นำเสนอ
3	Econo Power Car	Jun.2010	The 2nd RMUTP International Conference : Green Technology and Productivity	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย/ผู้นำเสนอ
4	Analysis of Clutch Materials behaviour : Comparison between Coefficient of Friction Testing and Full Size Testing	Jun.2012	World Academe of Science, Engineering and Technology 66, 2012	EXEDY Friction Material Co. LTD	ผู้ช่วยวิจัย
5	Study and Trend of Development for Electric Railway and Related Industries in Thailand (Phase 2)		รอเผยแพร่	Industrial Technology Assistance Program (iTAP)	ผู้ร่วมวิจัย
6	โครงการศึกษาเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ เพื่อจัดทำร่างกฎกระทรวงเฉพาะด้านประสิทธิภาพพลังงาน ตาม พ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2550	พ.ศ.2555	RMUTP Research Journal, Vol.6, No.2,	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	ผู้ร่วมวิจัย
7	Design and Development of Bus structure for single and double deck		รอเผยแพร่	กรมขนส่งทางบก	ผู้ช่วยวิจัย
8	เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน	พ.ศ.2555	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ฉบับที่2 22	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ

9	การทดสอบการอัดตัวของวัสดุผสมภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่างๆ	พ.ศ.2556	KKU Research Journal Vol.18, No.2	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
10	การออกแบบจานเบรกเชิงการสะสมความร้อนเพื่อความปลอดภัย	2013	Songklanakarin J. Sci. Technol. (6) 35, 681-671, Nov. - Dec. 2013	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
11	การศึกษาปัจจัยของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน	พ.ศ.2556	วารสารวิจัย มข. ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 ประจำเดือน พฤษภาคม – มิถุนายน 2556	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
12	การศึกษาลักษณะทางกายภาพของจานเบรกรถจักยานยนต์ที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเบรก	พ.ศ.2556	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 พ.ค. - ส.ค. 2556	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
13	การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์จากกากผักตบชวา	พ.ศ.2557	วารสารวิจัย มทร.ตะวันออก ปีที่ ธันวาคม - กรกฎาคม 2 ฉบับที่ 7 2557	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
14	การศึกษาปัจจัยการออกแบบท่อพักไอเสียเพื่อลดเสียงรบกวนและรักษาสมรรถนะของเครื่องยนต์	พ.ศ.2557	วารสารวิจัย มทร.อีสาน ปีที่ 8 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2557	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
15	การศึกษาพฤติกรรมค่าการนำความร้อนแบบไม่เชิงเส้นของวัสดุความเสียดทาน	พ.ศ.2558	วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 38 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน 2558	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
16	การศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการลดมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของหัวรถจักรเพื่อความคุ้มค่าต่อการลงทุน	พ.ศ.2559	วารสารวิจัย มทร.ตะวันออก ปีที่9 ฉบับที่1 มกราคม - มิถุนายน 2559	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ 2558	ผู้ร่วมวิจัย
17	การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายโอนความร้อน และการสั่นสะเทือนของจานเบรกแบบตรง/แบบกลับที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถการเบรก		รอการเผยแพร่	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -