



การลดเสียงรบกวนการเบรกจากผ้าเบรกด้วยเทคนิคการเสริมชั้นความหน่วง  
BRAKE NOISE REDUTION USING BRAKE PAD WITH DAMPING LAYER TECHNIQUE

กุลยศ สุวันทโรจน์  
ศุภชัย หลีกคำ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



การลดเสียงรบกวนการเบรกจากผ้าเบรกด้วยเทคนิคการเสริมชั้นความหน่วง  
BRAKE NOISE REDUTION USING BRAKE PAD WITH DAMPING LAYER TECHNIQUE

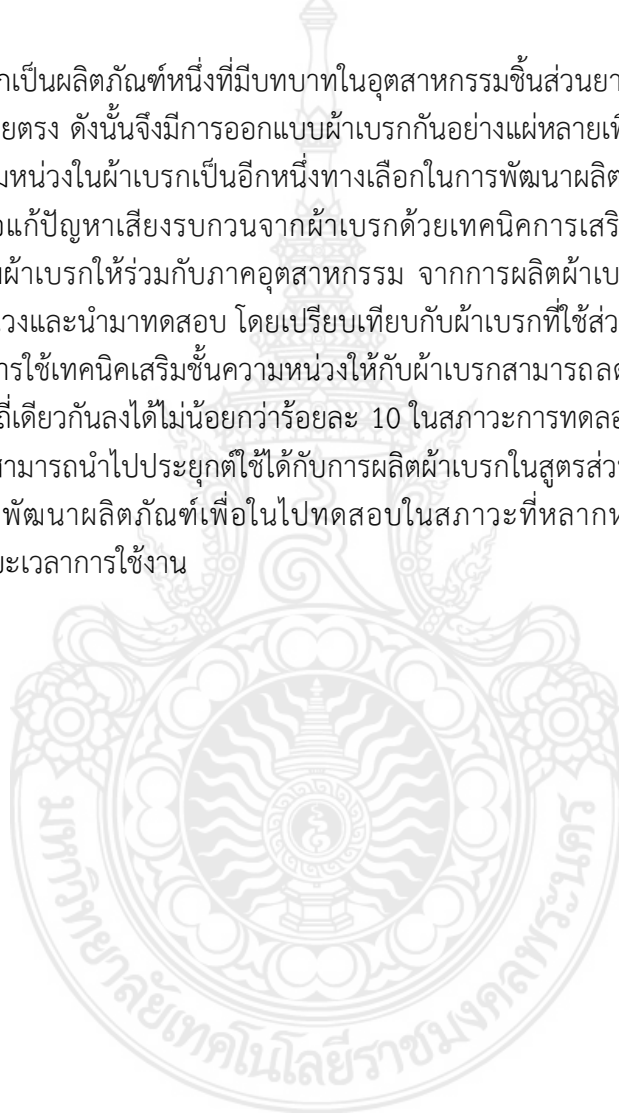
กุลยศ สุวันทโรจน์  
ศุภชัย หลีกคำ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การลดเสียงรบกวนการเบรกจากผ้าเบรกด้วยเทคนิคการเสริมชั้นความหน่วง  
ผู้วิจัย : นายกุลยศ สุวันทโรจน์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร  
นายศุภชัย หลักคำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร  
พ.ศ. : 2561

### บทคัดย่อ

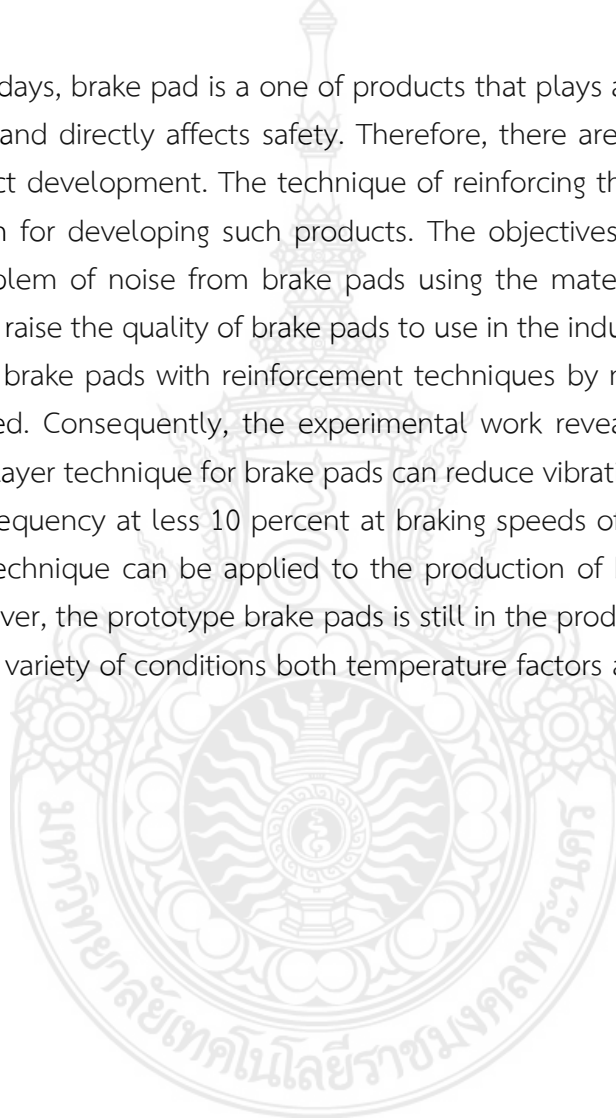
ผ้าเบรกเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีบทบาทในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์และส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยโดยตรง ดังนั้นจึงมีการออกแบบผ้าเบรกกันอย่างแพร่หลายเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ เทคนิคการเสริมชั้นความหน่วงในผ้าเบรกเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังกล่าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาเสียงรบกวนจากผ้าเบรกด้วยเทคนิคการเสริมชั้นวัสดุความหน่วง และยกระดับคุณภาพผ้าเบรกให้ร่วมกับภาคอุตสาหกรรม จากการผลิตผ้าเบรกต้นแบบด้วยเทคนิคการเสริมชั้นความหน่วงและนำมาทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับผ้าเบรกที่ใช้ส่วนผสมของวัสดุพิเศษผสมเดียวกันพบว่า การใช้เทคนิคเสริมชั้นความหน่วงให้กับผ้าเบรกสามารถลดการสั่นสะเทือน และเสียงรบกวน ณ ความถี่เดียวกันลงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ในสภาวะการทดลองที่ความเร็ว 50, 100 และ 130 km/h โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการผลิตผ้าเบรกในสูตรส่วนผสมเดียวกัน ทั้งนี้เทคนิคยังอยู่ในช่วงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อไปทดสอบในสภาวะที่หลากหลายมากขึ้น ทั้งปัจจัยด้านอุณหภูมิ และระยะเวลาการใช้งาน



Title : Brake noise reduction using brake pad with damping layer technique  
Researcher : Mr. Kullayot Suwantaraj, Faculty of Engineering, RMUTP  
Mr. Supachai Lakkam, Faculty of Engineering, RMUTP  
Year : 2018

### ABSTRACT

Nowadays, brake pad is a one of products that plays a role in the automotive parts industry and directly affects safety. Therefore, there are many designs of brake pad for product development. The technique of reinforcing the layer in brake pads is another option for developing such products. The objectives of this research are to solve the problem of noise from brake pads using the material layer reinforcement technique and raise the quality of brake pads to use in the industrial sector. As a result, the prototype brake pads with reinforcement techniques by means of damping layer were performed. Consequently, the experimental work reveals that the brake pads with damping layer technique for brake pads can reduce vibration and also brake noise at the same frequency at less 10 percent at braking speeds of 50, 100 and 130 km/h. Besides, this technique can be applied to the production of brake pads in the same formula. However, the prototype brake pads is still in the product development phase for testing in a variety of conditions both temperature factors and usage period.



### กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยการสนับสนุนทุนการวิจัยจากงบประมาณประจำปีงบประมาณ 2561 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณผู้ที่มีความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้

คณะผู้วิจัย



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานและกรอบแนวคิดของการวิจัย	2
1.4 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	4
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 เสียง	7
2.2 เสียงจากการเบรก	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	11
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	11
3.2 การพัฒนาเครื่องทดสอบไดนาโมมิเตอร์แบบเพลลาเดียว	12
3.2.1 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับแรงบิด	12
3.2.2 การสร้างอุโมงค์ระบายความร้อน	12
3.3 การทดสอบเสียงรบกวนจากการห้ามล้อ	13
3.3.1 สภาวะการทดสอบ	14
3.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ	16
บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล	25
4.1 ผลการทดสอบการเบรกของผ้าเบรกแบบปรกติ	25

4.2 ผลการทดสอบการเบรกของผ้าเบรกแบบเสริมชั้นความหน่วง	27
4.3 การเปรียบเทียบเสียงรบกวนจากการเบรก	28
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	30
5.1 สรุปผลการทดลอง	30
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	30
5.3 ข้อเสนอแนะ	30
บรรณานุกรม	31
ประวัติผู้วิจัย	33



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ส่วนประกอบของผ้าเบรกแต่ละชนิด	13
3.2 รายการทดสอบมาตรฐาน JIS D441144	15
4.1 เสียงรบกวนและความถี่จากการเบรกของผ้าเบรกแบบปรกติ	26
4.2 เสียงรบกวนและความถี่จากการเบรกของผ้าเบรกแบบเสริมชั้นความหน่วง	28
4.3 การเปรียบเทียบการสั่นสะเทือนจากการเบรก	28
4.4 การเปรียบเทียบเสียงรบกวนจากการเบรก	29





## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แนวทางการออกแบบผ้าเบรก	2
1.2 เครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบเพลลาเดี่ยว	3
1.3 ลักษณะการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิ	3
1.4 ตำแหน่งการติดตั้งไมโครโฟน	5
2.1 การเปรียบเทียบระหว่างความดันของเสียงและระดับเสียง	9
2.2 การแบ่งประเภทการสั่นสะเทือนและเสียงจากการเบรก	10
2.3 การสั่นพ้องของระบบเบรก	10
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	11
3.2 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับแรงบิด	12
3.3 อุโมงค์ลมระบายความร้อน	13
3.4 ผ้าเบรก A, A+, B และ C	14
3.5 ลักษณะการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิ	14
3.6 ความเร็วลมในอุโมงค์	15
3.7 การตรวจวัดความหนาของผ้าเบรก	16
3.8 การตรวจวัดความหนาของจานเบรก	16
3.9 ตำแหน่งการติดตั้งไมโครโฟน	17
3.10 เครื่องวัดเสียง	17
3.11 อุปกรณ์เทียบระดับเสียง	18
3.12 ฟองน้ำกันลม	18
3.13 ขาดังไมโครโฟนวัดเสียง	19
3.14 อุปกรณ์บันทึกข้อมูล	19
3.15 โปรแกรมบันทึกข้อมูล Kyowa DCS-100A	20
3.16 ปีมเบรก	21
3.17 การติดตั้งชุดทดสอบ	21
3.18 การติดตั้งไมโครโฟนวัดเสียง	22
3.19 การเปิดเครื่องทดสอบจานเบรก	22
3.20 การปิดเครื่องทดสอบจานเบรก	23
3.21 การปล่อยตุ้มน้ำหนักเบรก	23
3.22 เครื่องวัดการสั่นสะเทือน	24
3.23 การบันทึกข้อมูล	24
4.1 การเบรกของผ้าเบรกแบบปรกติที่ความเร็ว 50 km/h	25
4.2 การเบรกของผ้าเบรกแบบปรกติที่ความเร็ว 100 km/h	26
4.3 การเบรกของผ้าเบรกแบบปรกติที่ความเร็ว 130 km/h	26

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.4	การเบรกของผ้าเบรกแบบเสริมชั้นความหน่วงที่ความเร็ว 50 km/h	27
4.5	การเบรกของผ้าเบรกแบบเสริมชั้นความหน่วงที่ความเร็ว 50 km/h	27
4.6	การเบรกของผ้าเบรกแบบเสริมชั้นความหน่วงที่ความเร็ว 50 km/h	28



## บทที่ 1

### บทนำ

งานวิจัยบทนี้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์การวิจัย ขอบเขตของการศึกษาประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ได้มีการเติบโตและเข้ามามีบทบาทอย่างมากในประเทศไทย รถยนต์ที่ผลิตจากประเทศไทยในปี 2553 ทั้งตลาดภายในประเทศและตลาดส่งออกขยายตัวสูง ทำให้ยอดจำหน่ายรวมสูงถึง 1.7 ล้านคัน ซึ่งดูจากยอดการจำหน่าย ประเทศไทยถือเป็นฐานผลิตรถยนต์ใหญ่ที่สุดในอาเซียน ขณะเดียวกัน ประเทศไทยยังขาดองค์ความรู้และการวิจัยเทคโนโลยีพื้นฐาน ซึ่งถือว่าเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยานยนต์ภายในประเทศ ให้นำไปสู่ความมั่นคงและความแข็งแกร่งในตลาดการแข่งขันอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ในภูมิภาคอาเซียน ดังนั้น ผ้าเบรกซึ่งเป็นวัสดุความเสียดทานถือเป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีบทบาทในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ และเป็นชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการผลิตทั้งในและต่างประเทศเป็นจำนวนมาก สำหรับสัดส่วนการตลาดนั้น ผ้าเบรกที่ถูกผลิตจากผู้ประกอบการต่างชาติยังคงได้รับความไว้วางใจจากโรงงานผู้ประกอบรถยนต์ให้เป็นชิ้นส่วนมาตรฐาน ดังนั้นผ้าเบรกที่ผลิตจากผู้ประกอบการภายในประเทศ ทั้งขนาดกลางและขนาดย่อม ยังคงมีส่วนแบ่งการตลาดได้เพียงการบริการอะไหล่หลังการขาย(After market) เนื่องจากสาเหตุด้านคุณภาพที่ถูกสะท้อนจากความเชื่อมั่นของผู้บริโภค โดยสาเหตุหลักมาจากการขาดองค์ความรู้จากการวิจัย และเครื่องมือเครื่องจักรที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ

จากปัญหาดังกล่าว เสี่ยงรบกวนจากการเบรก เป็นอีกปัญหาหนึ่งที่สามารถสังเกตจากผู้ใช้รถยนต์ได้อย่างชัดเจนตามท้องถนน ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นกับกลุ่มผู้ใช้งานเชิงพาณิชย์ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้ผ้าเบรกราคาถูก และมีคุณภาพต่ำ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมนั่นเอง ส่งผลกระทบต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมและมลพิษทางเสียง ยิ่งไปกว่านั้นปรากฏการดังกล่าว ยังนำไปสู่การทำงานของอุปกรณ์ที่ผิดปกติ ทำให้อายุการใช้งานของชิ้นส่วนยานยนต์อื่นๆ สั้นตามไปด้วย ซึ่งปัญหาเหล่านี้มีสาเหตุมาจากการขาดองค์ความรู้จากการวิจัย และเครื่องมือเครื่องจักรที่จะนำมาใช้ในการทดสอบของผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมในประเทศนั่นเอง ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการค้นคว้าในด้านการศึกษาวิจัยและพัฒนา เพื่อศึกษาองค์ความรู้ที่จะนำไปสู่การยกระดับผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการในประเทศ จึงทำให้เกิดโครงการวิจัยเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ผ้าเบรกซึ่งเป็นวัสดุผสม

ด้วยเหตุผลข้างต้นจึงทำให้เกิดการคิดค้นและออกแบบแนวทางการทดสอบและเครื่องทดสอบที่สามารถจำลองสภาวะการใช้งาน เพื่อตรวจวัดเสียงรบกวนที่ภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่างๆ นอกจากนี้ยังมีความจำเป็นที่จะต้องร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรม โดยโครงการวิจัยนี้จะศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการลดเสียงรบกวน และนำข้อมูลที่ได้ส่งไปยังผู้ผลิตเพื่อทำการปรับปรุงและผลิตผ้าเบรกขึ้นมาใหม่ และนำกลับมาทดสอบอีกครั้ง เพื่อยืนยันการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยจะคำนึงถึงปัจจัยพื้นฐานในการใช้งานของผ้าเบรกในสภาวะที่แตกต่างกันมาเป็นสภาวะในการทดสอบ ผลที่ได้รับจากโครงการสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาและนำไปสู่ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อีกทั้งยังช่วยการส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ในด้านการวิจัยให้กับประเทศ ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ประเทศไทยจะได้รับ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

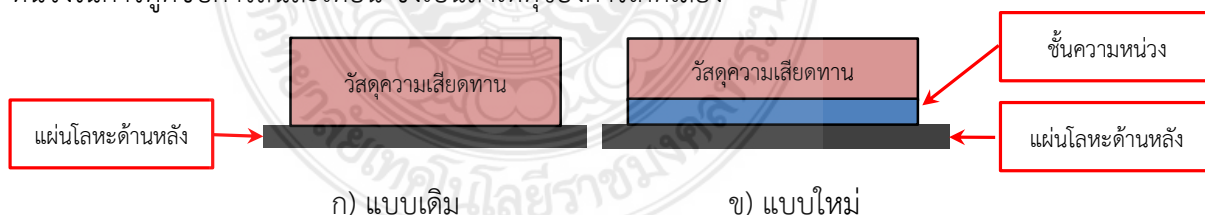
- 1.2.1 เพื่อพิสูจน์การแก้ปัญหาเสียงรบกวนจากผ้าเบรกด้วยเทคนิคการเสริมชั้นวัสดุความหน่วง
- 1.2.2 เพื่อยกระดับคุณภาพผ้าเบรกให้ร่วมกับภาคอุตสาหกรรม

## 1.3 สมมติฐานและกรอบแนวคิดของการวิจัย

จากการร่วมมือด้านการวิจัยและระดมความคิดระหว่างนักวิจัยทางมหาวิทยาลัย (หน่วยงานหลัก) และนักวิจัยภาคอุตสาหกรรม (หน่วยงานสนับสนุน) ได้มีข้อสรุปตรงกัน โดยแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบออกเป็น 2 ส่วนคือ การผลิตชิ้นงาน และการทดสอบ

### 1.3.1 แนวคิดการออกแบบและผลิตผ้าเบรก

การออกแบบและผลิตผ้าเบรกนี้จะถูกดำเนินงานโดยบริษัท คอมแพ็คอินเตอร์เนชั่นแนล (1994) จำกัด ซึ่งเป็นหน่วยงานสนับสนุน ที่มีความพร้อมทางด้านการผลิต โดยมีแนวคิดที่จะผลิตผ้าเบรกจากเดิมที่ผ้าเบรกมีเพียงวัสดุความเสียดทานเพียงอย่างเดียว จะถูกปรับเปลี่ยนให้มีการเพิ่มชั้นวัสดุความเสียดทานที่มีส่วนผสมของวัสดุที่มีคุณสมบัติความหน่วงสูง ดังรูปที่ 1.1 เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงในการดูดซับการสั่นสะเทือน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดเสียง

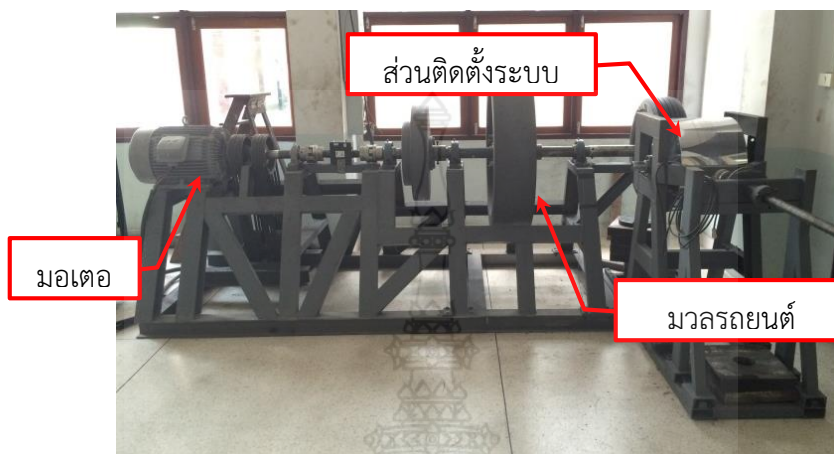


รูปที่ 1.1 แนวทางการออกแบบผ้าเบรก

### 1.3.2 แนวทางการทดสอบ

คณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะศึกษาการลดเสียงรบกวนการเบรกจากผ้าเบรกด้วยเทคนิคการเสริมชั้นวัสดุความเสียดทานแบบมีความหน่วง ด้วยการจำลองสภาวะการใช้งานบนเครื่องทดสอบแบบไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดี่ยว (Single Dynamometer) ที่มีใช้อยู่ในสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ดังรูปที่ 1.2 อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวจำเป็นต้องสร้างอุโมงค์ลมเพิ่มเติม เพื่อสร้างความเร็วลมสำหรับการระบายความร้อนของ

ระบบเบรก ซึ่งเป็นสภาวะการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ JASO C 406 และนำมาเป็นแนวทางในการทดสอบ ณ สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



รูปที่ 1.2 เครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบเพลลาเดี่ยว

สำหรับสภาวะการทดสอบ มาตรฐาน JASO C 406 จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบ โดยมีรายละเอียดพอสังเขปดังต่อไปนี้

#### 1.3.2.1 สภาพชุดอุปกรณ์การทดสอบ

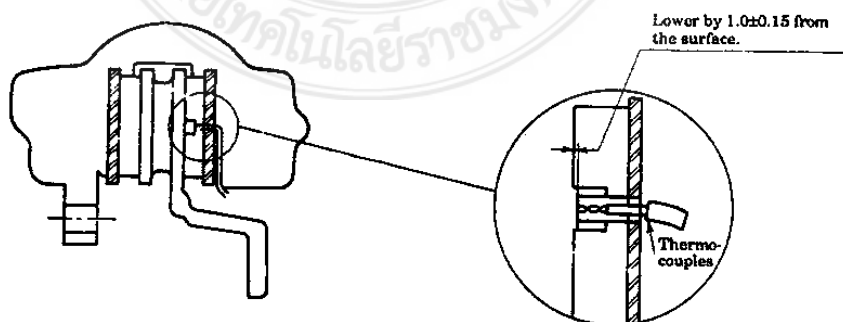
สำหรับการทดสอบการเบรกบนเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดียวนั้นมีข้อกำหนดดังนี้

##### 1) ผ้าเบรกและจานเบรก

สภาพผ้าเบรกและจานเบรกเป็นวัสดุใหม่ ซึ่งไม่เคยผ่านการใช้งาน และมีขนาดมิติที่เท่ากันในทุกครั้งของการทดสอบ

##### 2) อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ

สำหรับการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมินั้น ทำโดยการฝังตัวตรวจจับอุณหภูมิไว้บริเวณตำแหน่งกลางของผ้าเบรก และให้ปลายของตัวตรวจจับอุณหภูมิอยู่ห่างจากผิวผ้าเบรก 1 มิลลิเมตร [4] ดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 ลักษณะการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิ

### 3) ระบบระบายความร้อน

การระบายความร้อนใช้การไหลของอากาศที่อุณหภูมิห้อง และมีอัตราการไหลคงที่เท่ากับ 11 เมตรต่อวินาที

#### 1.3.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

##### 1) การเตรียมการทดสอบ

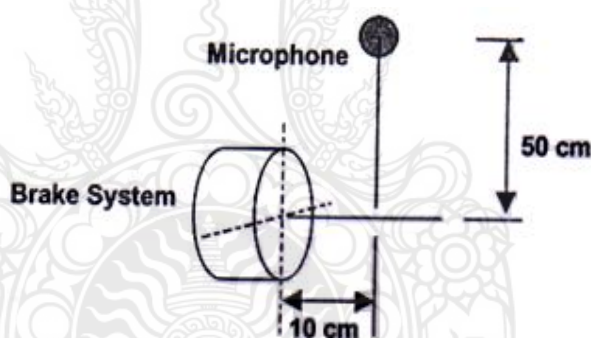
ทำการตรวจวัดความเรียบของสภาพผิวชิ้นทดสอบทั้งผ้าเบรกและจานเบรก โดยตรวจสอบการสึกหรอของผ้าเบรก 6 ถึง 8 จุดโดยประมาณ จานเบรกอยู่ในสภาพที่สะอาดและไม่มี การคดงอ และการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

##### 2) รายการทดสอบ

รายการทดสอบอ้างอิงจาก JIS D 4411 และนำมาปรับเข้ากับการทดสอบทดสอบ

##### 3) การตรวจวัดเสียง

สำหรับการตรวจวัดระดับความดังของเสียงรบกวนจะเอาอาศัยมาตรฐาน SAE : J2521 เป็นแนวทางในการทดสอบ ซึ่งกำหนดให้ตำแหน่งการติดตั้งไมโครโฟนต้องอยู่ห่างจาก แหล่งกำเนิดเสียงไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร ในแนวระนาบ และอยู่สูงไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 ตำแหน่งการติดตั้งไมโครโฟน

## 1.4 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

จากการสำรวจวรรณกรรมเกี่ยวกับการศึกษาเสียงที่เกิดขึ้นจากการเบรก สามารถแบ่งตามวิธีดำเนินการศึกษาได้ดังนี้

### 1.4.1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ(Experimental works)

สำหรับการแก้ไขปัญหเสียงรบกวนจากการเบรก ยังสามารถจำแนกได้เป็น 2 วิธี คือ การแก้ไขเชิงรุก และเชิงรับ ดังนี้

สำหรับการแก้ไขเชิงรุก Eriksson M และคณะ (2000) ได้ทำการบำบัดผิวของจานเบรกเป็นบางพื้นที่ เพื่อทำการศึกษาการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นระหว่างการเสียดสีของผ้าเบรกและจานเบรกดังกล่าว ซึ่งผลการศึกษาพบว่าวิธีดังกล่าวสามารถกำจัดการสั่นสะเทือนแบบในระนาบ ซึ่งเป็นสาเหตุ

ของเสียงแบบ High frequency squeal ได้ อย่างไรก็ตามเสียงดังกล่าวอาจเกิดขึ้นอีกครั้งเมื่อมีที่สึกหรือจากการใช้งาน

นอกจากนี้ Fieldhouse J. D. และคณะ (2000) ได้นำเสนอวิธีการสร้างสมดุลในกับระบบกลไกการเบรก เนื่องจากเสียงรบกวนจากการเบรกเกิดจากการสั่นสะเทือน การเสริมกลไกแบบเยื้องศูนย์กลางระหว่างลูกสูบและผ้าเบรก จะช่วยสร้างเสถียรภาพแก่อุปกรณ์ของระบบเบรก และกำจัดเสียงรบกวนในที่สุด

ในขณะที่ Heppes P. และคณะ (2000) ได้ลดการเกิดเสียงแหลมจากการเบรกด้วยวิธีการเสริมแผ่นชิมระหว่างลูกสูบและผ้าเบรก และใช้เทคนิคการเจาะรูตามความโค้งงอของลูกสูบเป็นบางช่วง เพื่อปรับแรงกดที่เกิดขึ้นบนผ้าเบรก อย่างไรก็ตาม วิธีดังกล่าวยังมีความซับซ้อนและยากต่อกระบวนการผลิต

สำหรับการแก้ไขเชิงรับ การเสริมวัสดุตัวหน่วงเข้ากับระบบเบรกถูกเสนอโดย Triches M. และคณะ (2004) วัสดุดังกล่าวสามารถแก้ไขปัญหาเสียง Low frequency squeal ได้ อย่างไรก็ตามตามวิธีดังกล่าวทำให้เกิดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการผลิตเพิ่มขึ้น

คล้ายกันกับ Zheng H. และคณะ (2004) ที่ได้นำเสนอขนาดที่เหมาะสมของวัสดุความหน่วง ที่มีลักษณะยึดติดเข้ากับด้านหลังของผ้าเบรก วิธีดังกล่าวถูกนำมาใช้แก้ปัญหเสียงเบรกกันอย่างแพร่หลายในระยะแรกๆ แต่เนื่องจากวัสดุดังกล่าวมีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิ ทำให้มีอายุการใช้งานที่ไม่ยาวนานนัก

#### 1.4.2 การศึกษาด้วยการคำนวณเชิงตัวเลข (Analytical and numerical methods)

Shin K. และคณะ (2002) ได้เสนอแบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์การสั่นสะเทือนของระบบเบรก ซึ่งสามารถกระตุ้นการสั่นสะเทือนได้ด้วยตัวเองโดยอาศัยหลักการ การเกิดความเสียดทานแบบแห้งเมื่อเกิดการเคลื่อนที่ อย่างไรก็ตาม แบบจำลองดังกล่าวสามารถจำลองพฤติกรรมของการสั่นสะเทือนได้แค่แบบนอกระบบเท่านั้น

หลังจากนั้น Ouyang H. และคณะ (1999) ได้ทำการปรับปรุงโดยการสร้างแบบจำลองที่สามารถศึกษาพฤติกรรมของการสั่นสะเทือนทั้งแบบในระนาบ และนอกระนาบ โดยอาศัยสมการการสั่นพ้องแบบคู่ควบ ซึ่งการสั่นสะเทือนทั้งสองแนวจะมีผลกระทบซึ่งกันและกัน

ต่อมา การศึกษาด้วยแบบจำลองที่ซับซ้อนขึ้นถูกคิดค้นโดย Flint J. และคณะ (2000) โดยการสร้างแบบจำลองในส่วนของคาลิปเปอร์, ลูกสูบ, ผ้าเบรก และจานเบรก ซึ่งสามารถคำนวณการสั่นสะเทือนที่ซับซ้อน และต่อเนื่องได้ อย่างไรก็ตาม แบบจำลองดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในแง่ของประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่ในแต่ละชิ้นส่วน และค่าความหน่วงของชิ้นส่วนที่มีการสัมผัสกัน ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ขณะคำนวณ

นอกจากนี้ Liu P. และคณะ (2007) ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ABAQUS version 6.4 ใน การศึกษาการสั่นพ้องของระบบเบรก ด้วยหลักการแบบไม่เชิงเส้น ซึ่งตัวแปรต่างๆจะถูกปรับเปลี่ยน ไปตามสภาวะที่เกิดขึ้นขณะทำการจำลอง

ในขณะที่ Nack W. V. และคณะ (1999) ได้เสนอแบบจำลองแบบไม่เชิงเส้น โดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป MSC/NASTRAN โดยกำหนดสมการค่าความยืดหยุ่นระหว่างผ้าเบรกและจาน เบรก ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนความตึง และความเร็วได้ของระบบได้

นอกจากนี้ การศึกษาคุณสมบัติ tribological เพื่อหาความเชื่อมโยงกับการสั่นสะเทือน ถูกศึกษาโดย El-Butch A. M. A. (2000). ซึ่งพบว่าคุณสมบัติของวัสดุความเสียดทานมีผลกระทบต่อ ค่าความตึง, ความเร็ว และอุณหภูมิในการไถล ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดเสียงได้

### 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. สภาวะการทดสอบตามมาตรฐาน JASO C406
2. จำลองการทดสอบในกรณีรถยนต์ขนาดไม่เกิน 3 ตัน
3. ทดสอบการเบรกเปรียบเทียบระหว่างผ้าเบรกแบบปรกติและแบบเสริมชั้นความหน่วง

### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. แก้ไขปัญหาเสียงรบกวนจากการเบรก
2. ยกระดับคุณภาพผ้าเบรกที่ผลิตภายในประเทศซึ่งส่งผลดีต่อความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์
3. ส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือด้านการวิจัยและพัฒนาระหว่างหน่วยงานของรัฐและเอกชน
4. สร้างศูนย์กลางการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมยานยนต์



## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 เสียง

เสียง คือ คลื่นที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุสั่นสะเทือน ก็จะทำให้เกิดการอัดตัว และขยายตัวของคลื่นเสียง และถูกส่งผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ ไปยังหู แต่เสียงสามารถเดินทางผ่านสสารในสถานะก๊าซ ของเหลว และของแข็งก็ได้ แต่ไม่สามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้

##### 2.1.1 ความดันของเสียง (Sound pressure)

เสียงคือแรงที่เกิดจากคลื่นเสียงกระทำบนพื้นที่รับเสียงหนึ่งหน่วย โดยหน่วยความดันเสียง SI Unit คือ  $\text{Newton/m}^2$  และ  $\text{N/m}^2$  เมื่อความดันของเสียงเพิ่มขึ้น จะทำให้เสียงที่มนุษย์ได้ยินมากขึ้นแต่เนื่องจากความดันเสียงของมนุษย์ได้ยินอยู่นั้น อยู่ในช่วง  $20 \mu\text{Pa}$  ถึง  $200 \text{ Pa}$  ที่ความถี่  $1,000 \text{ Hz}$  ซึ่งมีช่วงที่กว้างมาก ดังนั้นจึงมีการใช้ค่า ระดับความดันของเสียง (Sound Pressure Level : SPL) มาใช้ในการวัดความดังของเสียง โดยระดับความดันของเสียงเป็นอัตราส่วนใน Logarithmic Scale ของความดันเสียง (Sound pressure) ใดๆ กับค่าความดันเสียงอ้างอิง (Reference sound pressure) ค่าอัตราส่วนใน Logarithmic scale นี้แสดงให้เห็นถึงความดังของเสียงหรือระดับเสียง (Sound level)

Desibels (dB) เป็นหน่วยที่ไม่มีหน่วย (Dimensionless Unit) ที่ใช้ในการวัดค่าของความดังของเสียง หรือระดับความดังของเสียง (Sound Pressure Unit : SPL หรือ  $L_p$ ) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$SPL \text{ or } L_p = 20 \log \left( \frac{P}{P_0} \right) \quad (1)$$

โดย SPL หรือ  $L_p$  = ระดับความดังของเสียง Sound Level (dB)

$P$  = ค่าความดันเสียง (Pa)

$P_0$  = ความดันเสียงอ้างอิง มีค่าเท่ากับ  $20 \mu\text{Pa}$

ซึ่งความดันเสียงอ้างอิง (Reference Sound Pressure) นี้คือค่าความดันเสียงต่ำสุดที่หู มนุษย์หนุ่มสาวจะเริ่มได้ยินเสียง หรือที่เรียกว่าธรณีประตูของการได้ยินเสียง (Threshold of Hearing) ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $20 \mu\text{Pa}$  (หรือเท่ากับ  $2 \times 10^{-5} \text{m}^2$ ) ที่ความถี่ 1,000 Hz และสามารถแปลงระดับความดังของเสียง dB ให้เป็น dB(A) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$W_A = 10 \text{Log} \left[ \frac{1.562339f^4}{(f^2 + 107.65265^2)(f^2 + 737.86223^2)} \right] + 10 \text{Log} \left[ \frac{2.242881 \times 10^{16} f^4}{(f^2 + 20.598997^2)(f^2 + 12194.22^2)^2} \right] \quad (2)$$

โดย  $W_A$  = น้ำหนักที่จะนำมาใช้ (dB)

$f$  = ความถี่ (Hz)

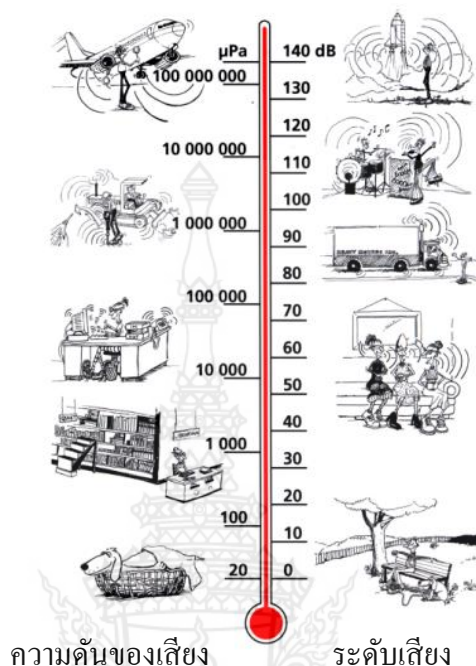
หมายเหตุ นำน้ำหนัก  $W_A$  ที่ได้จากการคำนวณ มาบวกกับค่าความดังของเสียงที่เป็น dB ก็จะได้ค่าความดังของเสียงที่เป็น dB(A)

### 2.1.2 เสียงรบกวน

โดยทั่วไปแล้วเสียงที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมและชุมชนมักมีผลกระทบรบกวนกิจกรรมในชีวิตประจำวันทั้งในโรงเรียน ที่ทำงาน และที่บ้าน หรือแม้กระทั่งในเวลาพักผ่อน เสียงที่ดังเกินไปจะก่อให้เกิดความเครียดขัดจังหวะการสนทนาและส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตที่ดีด้วยเสียงเหล่านี้จึงถือได้ว่าเป็นเสียงรบกวนที่ไม่พึงประสงค์ เสียงรบกวนจึงนับได้ว่าเป็นมลภาวะประเภทหนึ่งและเป็นอันตรายต่อสุขภาพรวมถึงการได้ยินด้วย ซึ่งแท้ที่จริงแล้วถือว่าเป็นมลภาวะทางเสียงที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมและมีผลต่อการรับฟังทางโสตประสาทของเราได้มากที่สุด ย่านความดันเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินจะอยู่ในช่วงระหว่าง ถึง  $20 \mu\text{Pa}$  ( $20 \times 10^{-6}$ ) ถึง  $100 \text{ Pa}$  ซึ่งน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับความดันสถิตหรือความดันบรรยากาศที่  $10^5 \text{ Pa}$  ที่ความดันเสียง  $20 \mu\text{Pa}$  คือระดับต่ำสุดของการได้ยิน(Threshold of hearing) ซึ่งค่านี้ได้จากค่าเฉลี่ยของความสามารถของการได้ยินของมนุษย์ และที่ความดันเสียงประมาณ  $100 \text{ Pa}$  เป็นเสียงที่ดังมากที่ทำให้เกิดความเจ็บปวด จึงเรียกว่า ระดับของความเจ็บปวด (Threshold of pain)

จากอัตราส่วนค่าความดันเสียงทั้ง 2 ระดับมีค่ามากกว่าล้านเท่า การนำสเกลความดันเสียงในลักษณะเชิงเส้นไปใช้ในการวัดความดันเสียง จึงเป็นสเกลที่กว้างมากและไม่สะดวกในการใช้ และจากการที่หูตอบสนองความดันเสียงในเชิงลอการิทึม (Logarithmic) มากกว่าที่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นจึงเหมาะสมกว่าที่จะแสดงค่าตัวแปรทางเสียง ในลักษณะอัตราส่วนลอการิทึมของค่าที่ถูกอ้างอิง อัตราส่วนลอการิทึมมีหน่วยเป็น เดซิเบล (decibel, dB) ประโยชน์ของการใช้ค่า dB จะเห็น

ชัดเจนขึ้นในรูปที่ 2.1 ซึ่งสเกลเชิงเส้นที่มีสเกลกว้างมากได้ถูกแปรเป็นสเกลที่เริ่มจาก 0 dB (ที่ระดับต่ำสุดของการได้ยิน  $20\mu\text{Pa}$ ) ถึง 130 dB (ที่ระดับของสภาวะความเจ็บปวด 100 Pa)

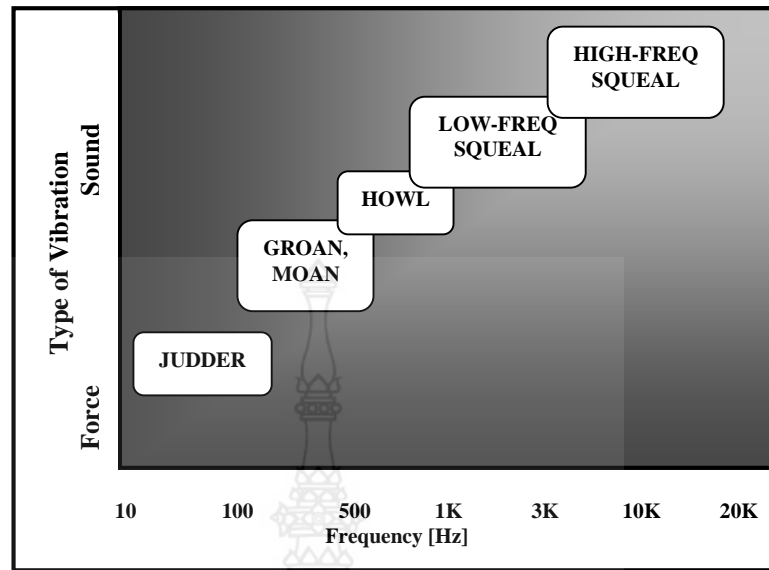


รูปที่ 2.1 การเปรียบเทียบระหว่างความดันของเสียงและระดับเสียง

## 2.2 เสียงจากการเบรก

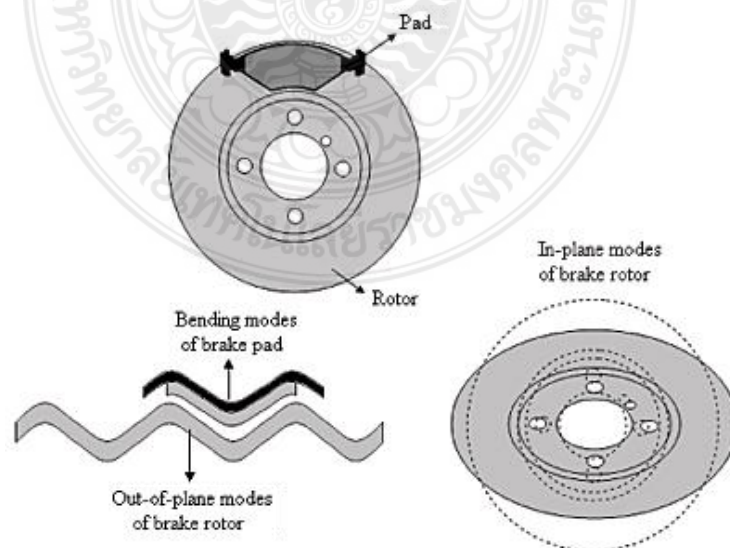
ปรากฏการณ์นี้มีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับความถี่ที่เกิดขึ้นซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

- 1) Judder คือปรากฏการณ์ที่ความถี่ต่ำน้อยกว่า 100 Hz ซึ่งมักอยู่ในรูปการสั่นสะเทือน อาทิเช่น การสั่นสะเทือนจากการลดความเร็วด้วยการเบรก หรืออาจมาจากระบบรองรับ
- 2) Groan and moan เป็นปรากฏการณ์ที่ย่านความถี่ช่วงระหว่าง 100 ถึง 500 Hz ปรากฏการณ์นี้อาจมีมากกว่าหนึ่งความถี่บริสุทธิ์ และเป็นอิสระจากความเร็วของล้อ, อุณหภูมิ และความดัน
- 3) Howl เป็นปรากฏการณ์ที่ย่านความถี่ช่วงระหว่าง 500 Hz ถึง 1 kHz และมีคุณสมบัติคล้ายกับ Groan and moan
- 4) Squeal เป็นปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนช่วงระหว่าง 1 kHz ถึง 20 kHz และถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ Low frequency squeal (1 kHz ถึง 7 kHz) และ High frequency squeal (7 kHz ถึง 20 kHz) ซึ่งการสั่นแบบดังกล่าวเกิดจากการสั่นพ้องอย่างรุนแรงของระบบเบรก



รูปที่ 2.2 การแบ่งประเภทการสั่นสะเทือนและเสียงจากการเบรก Wallaschek J. และคณะ (1999)

นอกจากนี้ปรากฏการณ์การสั่นพ้องแบบ Squeal ยังพบที่มาของการเกิดเสียงได้อีก โดยการสั่นแบบ Low frequency squeal จะเกิดจากการสั่นพ้องแบบนอกระนาบ ระหว่างจานเบรกและการตัดตัวของผ้าเบรก ในขณะที่ High frequency squeal จะเกิดจากการสั่นพ้องแบบในระนาบระหว่างจานเบรกและผ้าเบรก ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งในกรณีนี้มักพบว่าจานเบรกจะมีคุณสมบัติค่าความแข็งเกรงสูงมากกว่ากรณีแรก จึงส่งผลให้เกิดการสะท้อนตัวกับอุปกรณ์อื่นๆจนเกิดการสั่นพ้อง ซึ่งเสียงที่เกิดจะมีลักษณะเสียงสูง



รูปที่ 2.3 การสั่นพ้องของระบบเบรก Triches M. และคณะ (2004)

### บทที่ 3

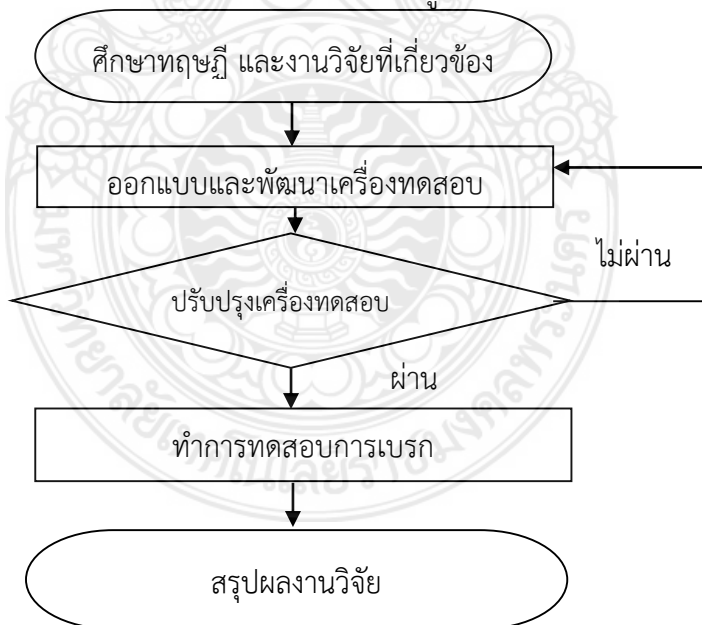
#### วิธีดำเนินการวิจัย

##### 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การจัดทำโครงการครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องทดสอบความสามารถการเบรกสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งในขั้นตอนการดำเนินโครงการ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ก่อนการพัฒนาเครื่องทดสอบดังกล่าว และลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการพัฒนา โดยผู้จัดทำโครงการมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) ออกแบบและพัฒนาเครื่องทดสอบ
- 3) ปรับปรุงเครื่องทดสอบการเบรก
- 4) ทดสอบการเบรก
- 5) สรุปผลงานวิจัย

จากขั้นตอนการดำเนินงานดังกล่าวสามารถแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

### 3.2 การพัฒนาเครื่องทดสอบไดนาโมมิเตอร์แบบเพลลาเดี่ยว

#### 3.2.1 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับแรงบิด

จากการค้นคว้าข้อมูลของมอเตอร์ซึ่งค่า  $W_p$  ของมอเตอร์เท่ากับ 30 kw และรอบความเร็วสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 18.54 rps

สูตรคำนวณหาแรงบิด

$$W_p = 2\pi nT$$

$$T = \frac{W_p}{2\pi n}$$

$$T = \frac{30,000 \text{ W}}{2 \times \pi \times 18.54 \text{ rps}}$$

$$T = 257.66 \text{ N.m}$$



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแรงบิด

#### 3.2.2 การสร้างอุโมงค์ระบายความร้อน

คำนวณหาอัตราไหล และความเร็วเฉลี่ยในอุโมงค์ระบายความร้อน ค่า  $Q$  ได้จาก

$$Q = AV$$

หาค่า  $V$  ได้จากการวัดความเร็วลม และขนาดของอุโมงค์ลม

$$A = 0.65 \times 0.65 \text{ m}^2$$

$$V = 11.2 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } Q &= 0.4225 \text{ m}^2 \times 11.2 \text{ m/s} \\ Q &= 4.732 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$



รูปที่ 3.3 อุโมงค์ลมระบายความร้อน

### 3.3 การทดสอบเสียงรบกวนจากการห้ามล้อ

ในการทดสอบชิ้นงานจะทำการทดลองจากตัวอย่างผ้าเบรก 4 ชนิด คือ A, A+, B และ C ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยแต่ละชนิดจะมีส่วนประกอบของวัสดุต่างกันออกไป ดังแสดงตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของผ้าเบรกแต่ละชนิด

ส่วนประกอบ	ชนิด A (%)	ชนิด A+ (%)	ชนิด B (%)	ชนิด C (%)
ไฟเบอร์	13.5	13.5	12.5	33.0
ผงโลหะ	8.0	8.0	5.5	25.0
สารหล่อลื่น	17.5	17.5	27.0	22.5
อื่นๆ	61.0	61.0	22.0	19.5
ชั้นความหน่วง	ไม่มี	มี	ไม่มี	ไม่มี



รูปที่ 3.4 ผ้าเบรก A, A+, B และ C

### 3.3.1 สภาวะการทดสอบ

สำหรับสภาวะการทดสอบ มาตรฐาน JASO C 406 จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบ โดยมีรายละเอียดพอสังเขปดังต่อไปนี้

#### (.1สภาพชุดอุปกรณ์การทดสอบ

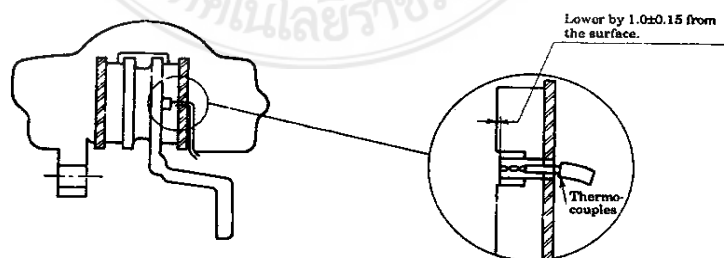
สำหรับการทดสอบการเบรกบนเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดียวนั้นมีข้อกำหนดดังนี้

#### 1.1) ผ้าเบรกและจานเบรก

สภาพผ้าเบรกและจานเบรกเป็นวัสดุใหม่ ซึ่งไม่เคยผ่านการใช้งาน และมีขนาดมิติที่เท่ากันในทุกครั้งของการทดสอบ

#### 1.2) อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ

สำหรับการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมินั้น ทำโดยการฝังตัวตรวจจับอุณหภูมิไว้บริเวณตำแหน่งกลางของผ้าเบรก และให้ปลายของตัวตรวจจับอุณหภูมิอยู่ห่างจากผิวผ้าเบรก 1 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ลักษณะการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิ



## 1.3) ระบบระบายความร้อน

การระบายความร้อนใช้การไหลของอากาศที่อุณหภูมิห้อง และมีอัตราการไหลคงที่เท่ากับ 11 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 3.6 ความเร็วลมในอุโมงค์

## 2.) สภาวะเงื่อนไขการทดสอบ

สภาวะเงื่อนไขการทดสอบ อ้างอิงจากตารางรายการทดสอบมาตรฐาน JIS D4411 และนำมาปรับเข้ากับการทดสอบทดสอบ ดังแสดงไว้ตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายการทดสอบมาตรฐาน JIS D4411

Test Conditions Vehicle Class		Initial Speed (km/h)			Initial Temperature (°C)	Braking Pressure (MPa)	Repetitions	Remarks
		50	100	130				
Test Items & Sequence								
a	Initial Measurement				-	-	-	Measurement of pad thickness
b	Burnish		65		80	3.5	200	
c	Effective Test	50	100	130	no less 80 ±10	no less 1±0.02	6 or more at each test	
d	Final Measurement and Inspection				-	-	-	Inspect brake pad thickness

### 3.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

#### 1.) การเตรียมการทดสอบ

ทำการตรวจวัดความหนาของผ้าเบรกและจานเบรก โดยตรวจสอบความหนาของผ้าเบรก 6 ถึง 8 จุดโดยประมาณ จานเบรกอยู่ในสภาพที่สะอาดและไม่มีการคดงอ และการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง



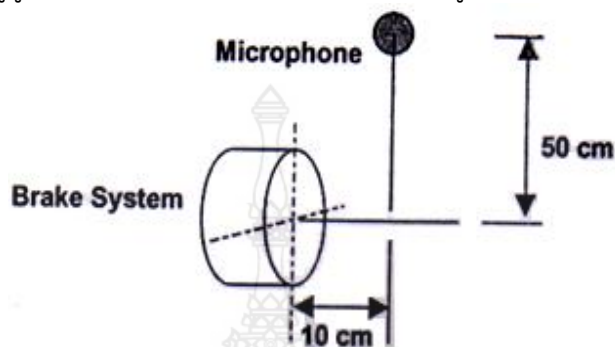
รูปที่ 3.7 การตรวจวัดความหนาของผ้าเบรก



รูปที่ 3.8 การตรวจวัดความหนาของจานเบรก

## 2.) การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้วัดเสียง

สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์วัดเสียงจะเอาอาศัยมาตรฐาน SAE : J2521 เป็นแนวทางในการทดสอบ ซึ่งกำหนดให้ตำแหน่งการติดตั้งไมโครโฟนต้องอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร ในแนวระนาบ และอยู่สูงไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งการติดตั้งไมโครโฟน

## 2.1) เครื่องวัดเสียง (Sound Level Meter)

เครื่องวัดเสียงเป็นเครื่องมือพื้นฐานในการวัดระดับเสียง สามารถวัดระดับเสียงได้ตั้งแต่ 40 – 140 เดซิเบล โดยทั่วไปผู้ผลิตจะผลิตเครื่องวัดเสียงที่สามารถวัดระดับเสียงได้ 3 ข่าย (Weighting Networks) คือ A, B และ C ข่ายที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ ข่าย A เพราะเป็นข่ายตอบสนองต่อ เสียงคล้ายคลึงกับหูคนมากที่สุด หน่วยวัดของเสียงที่วัดด้วยข่าย A คือ เดซิเบลเอ (dBA) เครื่องวัดเสียงที่ใช้ในการประเมินระดับเสียงในสถานประกอบการ ตามกฎหมายอย่างน้อยต้องสอดคล้องกับมาตรฐาน IEC 651 Type 2 (International Electrotechnical Commission 651 Type 2) ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 เครื่องวัดเสียง (Sound Level Meter)

## 2.2) อุปกรณ์เทียบระดับเสียง (Noise Calibrator)

อุปกรณ์เทียบระดับเสียงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องวัดเสียง ซึ่งผู้ตรวจวัดต้องปฏิบัติตามวิธีการที่ระบุในคู่มือการใช้งานของ บริษัทผู้ผลิต ก่อนการใช้งานทุกครั้ง อุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องวัดเสียง



รูปที่ 3.11 อุปกรณ์เทียบระดับเสียง (Noise Calibrator)

## 2.3) ฟองน้ำกันลม (Wind Screen)

กระแสมแรงมีผลทำให้การวัดระดับเสียงเกิดความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ดังนั้นขณะตรวจวัดระดับเสียงในบริเวณที่มีลมพัด เช่น ใกล้กับพัดลม ต้องสวมฟองน้ำกันลมที่ไมโครโฟนทุกครั้งและ ตลอดเวลาการตรวจวัด ฟองน้ำนี้นอกจากจะป้องกันกระแสมแล้วยังสามารถป้องกันฝุ่น หรือ ละอองน้ำมันหรือสารเคมีอื่นไม่ให้เกิดความเสียหายต่อไมโครโฟนของเครื่องวัดระดับเสียงได้ด้วย



รูปที่ 3.12 ฟองน้ำกันลม (Wind Screen)

## 2.4) ขาตั้ง (Tripod)

มีลักษณะเป็นแบบเดียวกับขาตั้งกล้องถ่ายรูป สำหรับใช้ในกรณีเครื่องวัดเสียงมีขนาดใหญ่ หรือ ต้องใช้ระยะเวลานานในการตรวจวัดแต่ละจุด



รูปที่ 3.13 ขาตั้งไมโครโฟนวัดเสียง

## 3.) อุปกรณ์ที่เก็บค่า

### 3.1) ตัวเก็บข้อมูล Kyowa EDX 10A

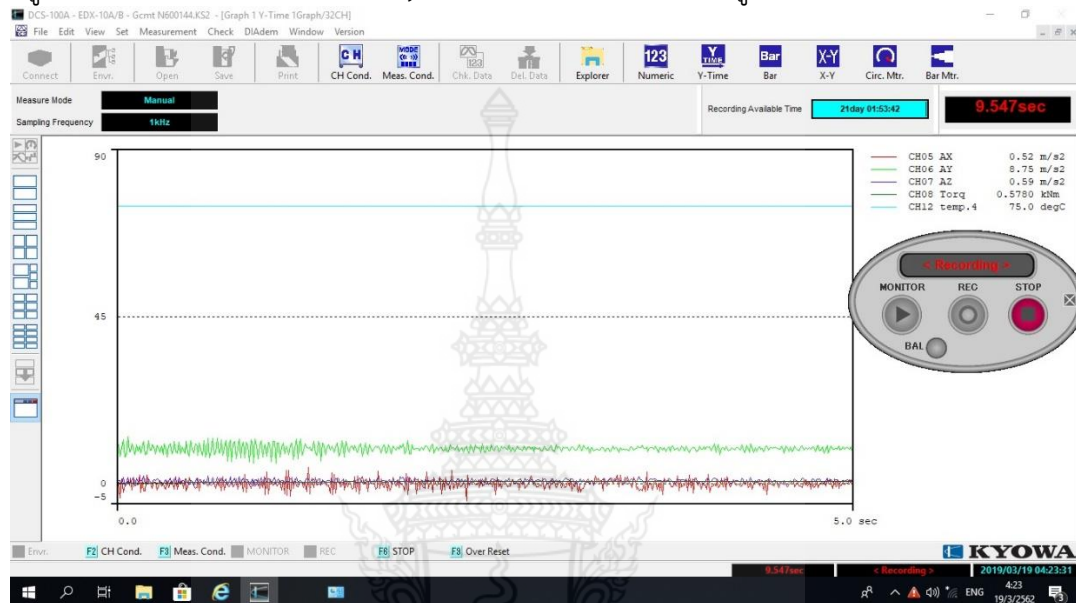
ตัวเก็บข้อมูล ทำหน้าที่ช่วยเก็บผลข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือนของผ้าเบรก เปลี่ยนเป็นข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ซอฟต์แวร์นำข้อมูลไปคำนวณผลต่อ โดยสัญญาณที่ออกจากตัวเก็บข้อมูลจะเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 อุปกรณ์บันทึกข้อมูล

### 3.2) โปรแกรม Kyowa DCS-100A

โปรแกรมบันทึกข้อมูลทำหน้าที่นำข้อมูลผ่านการวิเคราะห์จากตัวเก็บข้อมูลมาแสดงผลและจัดเก็บผลให้ผู้ทดสอบ โดยผู้ทดสอบสามารถอ่านค่าการทดสอบต่าง ๆ และการเก็บข้อมูลสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม Kyowa DCS-100A ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 โปรแกรมบันทึกข้อมูล Kyowa DCS-100A

### 4.) วิธีการทดสอบ

การทดสอบจานเบรกที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันของผ้าเบรกจะทำการทดสอบจากทั้งหมด 2 แบบ คือ ผ้าเบรกแบบธรรมดา และ ผ้าเบรกแบบเสริมชั้นความหน่วง โดยการปล่อยก้อนมวล (load) เพื่อกดขึ้นส่วนกลไกของแม่ปั๊มเบรก (Master cylinder) ที่ใช้ในการทดสอบที่ความดัน 3.5 MPa ซึ่งจะทำให้เกิดความดันที่ใช้ในการเบรก โดยจะทำตามเงื่อนไข และสภาวะการทดสอบที่อุณหภูมิ 80 °C ความเร็วเริ่มต้นในการเบรก 50, 100, และ 130 km/hr แรงเบรก ณ ตำแหน่งแม่ปั๊ม 1,805.457 N ความเร็วกลม 11 m/s ซึ่งอ้างอิงมาตรฐาน JASO C406



รูปที่ 3.16 ปัมเปอเรก

#### 4.1) การติดตั้งผ้าเบรกและจานเบรก

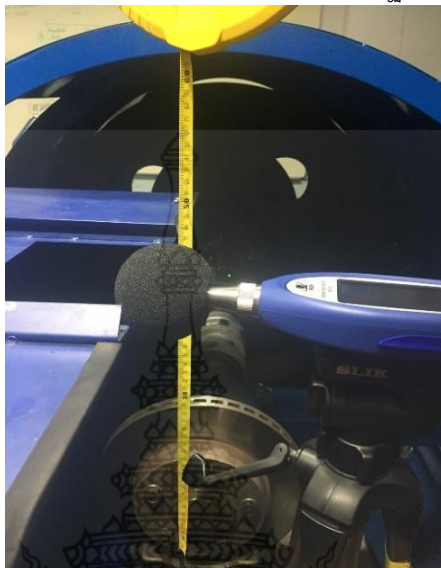
การนำผ้าเบรกแต่ละชนิดเข้าไปติดตั้งภายในอุโมงค์ลม เพื่อวางตำแหน่งของชุดทดสอบให้เหมาะสมโดยให้ทิศทางการไหลของกระแสลมขนานไปกับผิวผ้าเบรกและจานเบรก และจัดให้ตำแหน่งของระบบเบรกอยู่กึ่งกลางหน้าตัดของส่วนที่ทำการทดสอบในอุโมงค์ลม ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การติดตั้งชุดทดสอบ

#### 4.2) ติดตั้งอุปกรณ์วัดเสียง

การติดตั้งไมโครโฟนวัดเสียง สูงกว่าระบบเบรก 50 cm และห่างจากระบบเบรก 10 cm ตามรูปที่ 3.18 เป็นการติดตั้งไมโครโฟนวัดเสียงตามมาตรฐาน SAE : J 2521



รูปที่ 3.18 การติดตั้งไมโครโฟนวัดเสียง

#### 4.3) การเปิดเครื่องทดสอบงานเบรก

การเปิดเครื่องทดสอบงานเบรกเพื่อควบคุมความเร็วรอบพัดลมให้คงที่ และควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เท่ากับความเร็วรอบของงานเบรกเท่ากับ 7.13 RPS. เทียบเท่าความเร็วของรถยนต์ที่รัศมีทำการของล้อรถยนต์เท่ากับ 50 km/hr โดยความเร็วลมในอุโมงค์อยู่ที่ 11 m/s ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 การเปิดเครื่องทดสอบงานเบรก



#### 4.4) การปิดเครื่องทดสอบงานเบรก

การปิดเครื่องทดสอบงานเบรกทำได้โดยการกดสวิทช์หยุดการทำงานของมอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์หยุดหมุนโดยล้อช่วยแรงจะยังสามารถหมุนไปด้วยแรงของโมเมนต์ตัม ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การปิดเครื่องทดสอบงานเบรก

#### 4.5) การห้ามเพลลา

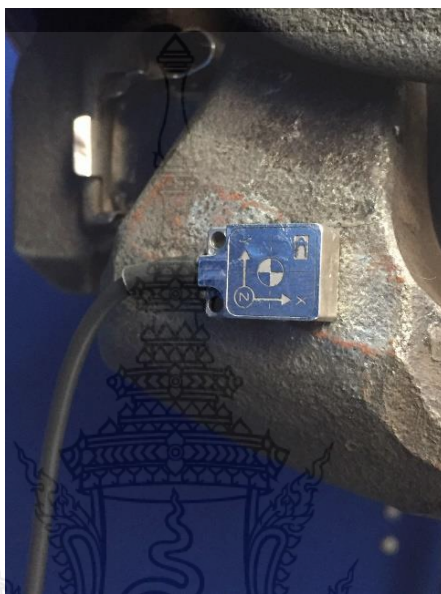
การห้ามเพลลาสามารถทำได้โดยการปล่อยก้อนมวลเพื่อกดขึ้นส่วนกลไกของแม่ปั๊มเบรกที่ใช้ในการทดสอบที่มีมวล 50 kg ซึ่งจะทำให้เกิดความดันที่ใช้ในการเบรก ตามเงื่อนไขในการห้ามเพลลา ดังแสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การปล่อยตุ้มน้ำหนักเบรก

#### 4.6) การเก็บข้อมูลความสั่นสะเทือน

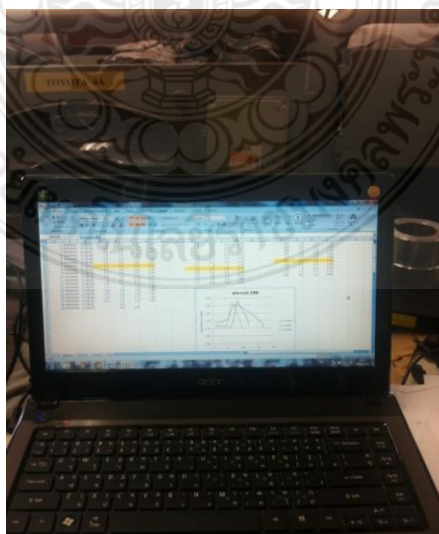
การเก็บข้อมูลค่าความสั่นสะเทือนสามารถทำได้โดยใช้ที่ตรวจจับการสั่นสะเทือน (Vibration Sensor) โดยที่ตรวจจับการสั่นสะเทือนสามารถวัดค่าการสั่นสะเทือนออกเป็น 3 แกน คือ แกน x, y, และ z และส่งข้อมูลเพื่อประมวลผลผ่านตัวเก็บข้อมูล Kyowa EDX 10A ไปยังแสดงข้อมูล หน้าจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.22 เครื่องวัดการสั่นสะเทือน

#### 4.7) บันทึกข้อมูลกับเครื่องคอมพิวเตอร์

การเก็บข้อมูลจากไมโครโฟนวัดเสียงทำได้โดยบันทึกข้อมูลจากไมโครโฟนวัดเสียงไปยังคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 การบันทึกข้อมูล

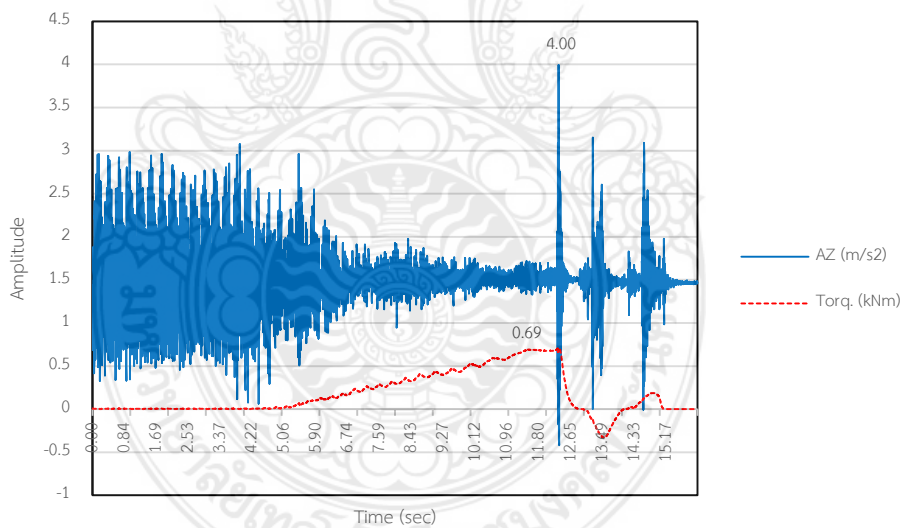
## บทที่ 4

### ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

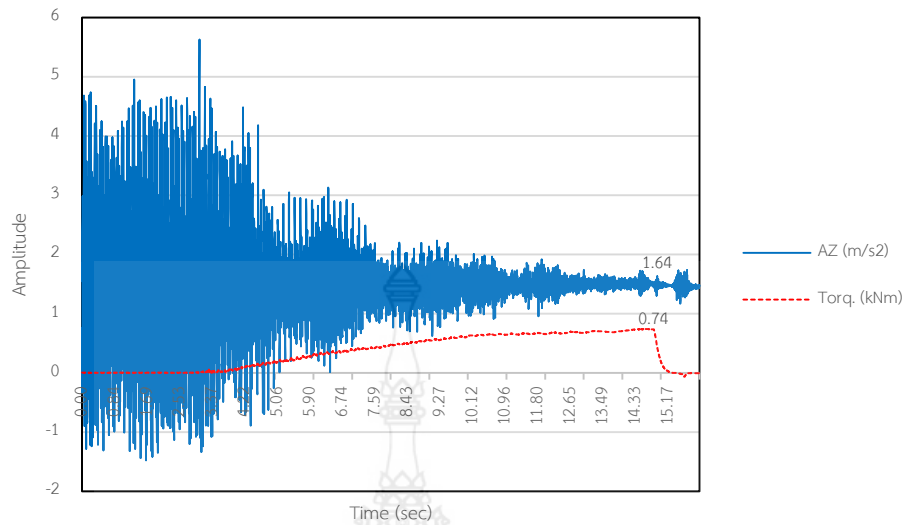
บทนี้จะนำเสนอผลการศึกษา โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบการเบรกเปรียบเทียบระหว่างผ้าเบรกแบบปรกติและแบบเสริมชั้นความหน่วง

#### 4.1 ผลการทดสอบการเบรกของผ้าเบรกแบบปรกติ

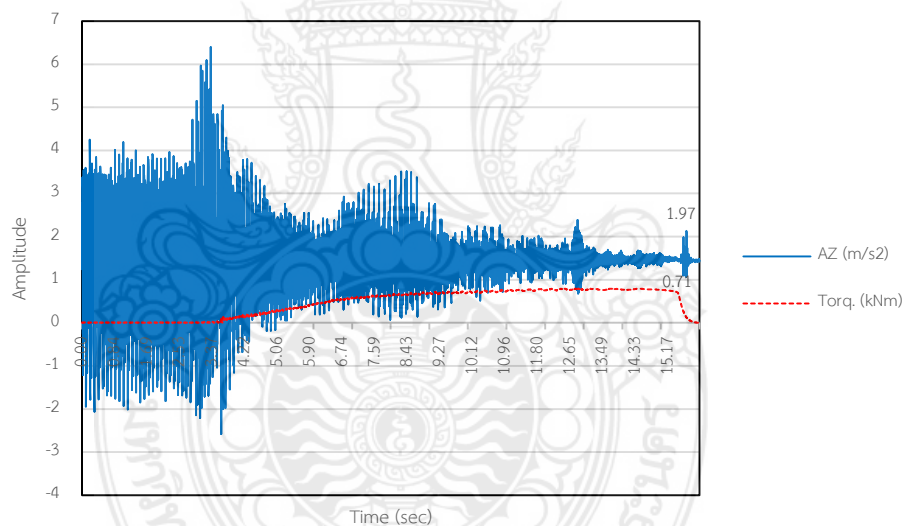
ผลการทดสอบการเบรกของผ้าเบรกแบบปรกติ โดยใช้ค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการเบรกเป็นตัวชี้วัด และนำอัตราเร่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือน ณ ช่วงเวลาดังกล่าวไปทำการแปลงข้อมูลจากโดเมนเวลาเป็นโดเมนความถี่ เพื่อหาค่าเสียงรบกวนที่เกิดขึ้น ณ ความถี่เดียวกัน ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นจากการเบรกช่วงเวลาดังกล่าว โดยผลการบันทึกอัตราการสั่นสะเทือนจากการเบรกที่ความเร็ว 50 100 และ 130 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถูกแสดงดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.3



รูปที่ 4.1 การเบรกของผ้าเบรกแบบปรกติที่ความเร็ว 50 km/h



รูปที่ 4.2 การเบรกของผ้าเบรกแบบปรกติที่ความเร็ว 100 km/h



รูปที่ 4.3 การเบรกของผ้าเบรกแบบปรกติที่ความเร็ว 130 km/h

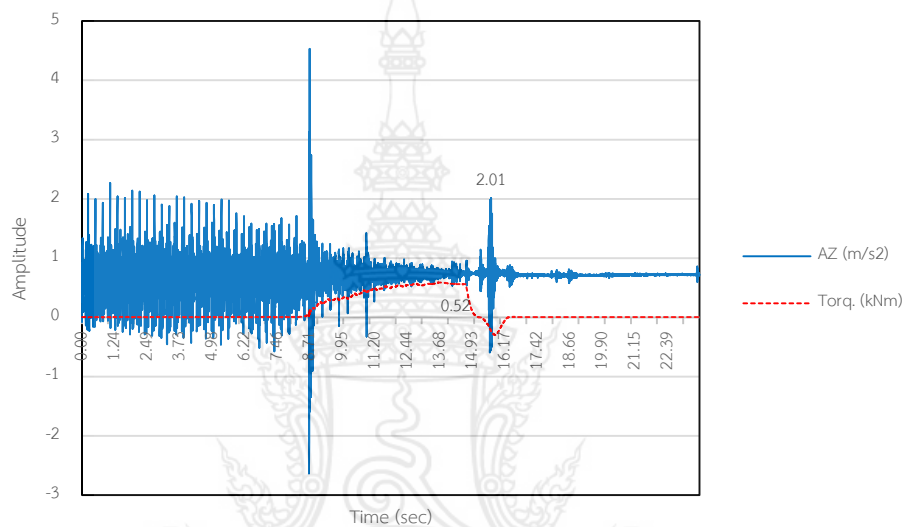
จากข้อมูลการสั่นสะเทือนดังกล่าวนำไปสู่การตรวจสอบเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นขณะเบรก โดยอาศัยการตรวจสอบเสียงรบกวนที่ความถี่เดียวกันกับการสั่นสะเทือน เสียงรบกวนและความถี่ที่เกิดจากการเบรกที่ความเร็ว 50 100 และ 130 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถูกแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เสียงรบกวนและความถี่จากการเบรกของผ้าเบรกแบบปรกติ

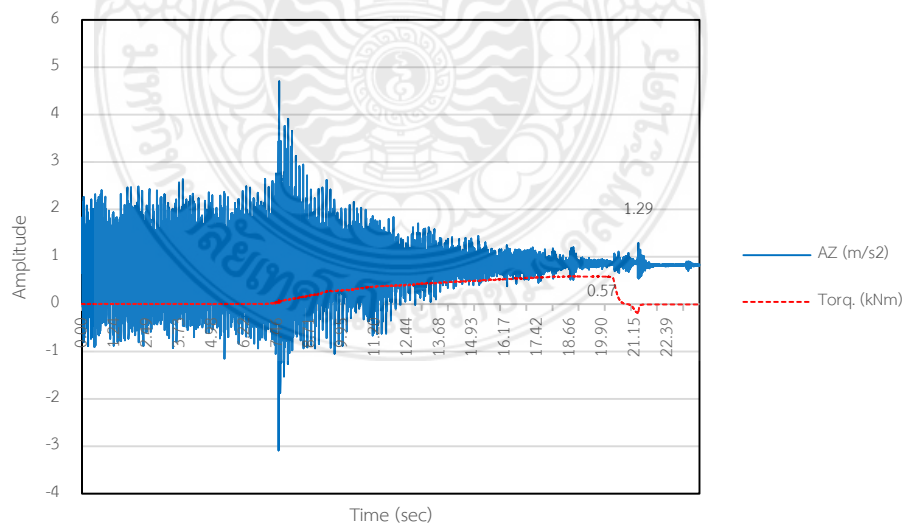
ความเร็ว(km/h)	เสียงรบกวน(dB A)	ความถี่(Hz)
50	53	345
100	59	562
130	69	697

## 4.2 ผลการทดสอบการเบรกของผ้าเบรกแบบเสริมชั้นความหน่วง

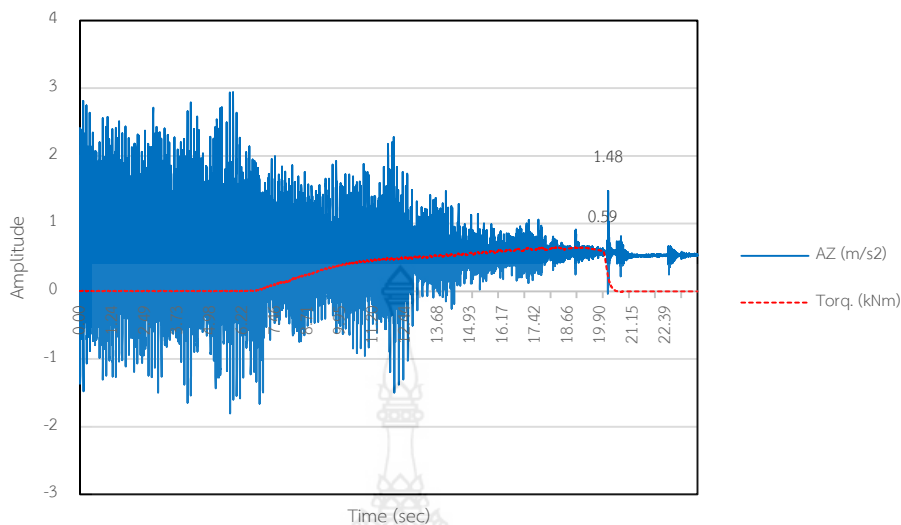
จากความร่วมมือระหว่างนักวิจัยทางมหาวิทยาลัย(หน่วยงานหลัก)และนักวิจัยภาคอุตสาหกรรม(หน่วยงานสนับสนุน) ผ้าเบรกส่วนที่มีของวัตถุดิบผสมเดียวกันและเพิ่มชั้นวัสดุที่มีคุณสมบัติความหน่วงสูงได้ถูกพัฒนาและผลิตขึ้นโดยบริษัท คอมแพ็คอินเตอร์เนชันแนล (1994) จำกัด ซึ่งเป็นหน่วยงานสนับสนุน และนำมาทำการทดสอบเสียงรบกวนจากการเบรกในสภาวะเดียวกัน โดยผลการบันทึกอัตราการสั่นสะเทือนจากการเบรกที่ความเร็ว 50 100 และ 130 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถูกแสดงดังรูปที่ 4.4 ถึง 4.6



รูปที่ 4.4 การเบรกของผ้าเบรกแบบเสริมชั้นความหน่วงที่ความเร็ว 50 km/h



รูปที่ 4.5 การเบรกของผ้าเบรกแบบเสริมชั้นความหน่วงที่ความเร็ว 100 km/h



รูปที่ 4.6 การเบรกของผ้าเบรกแบบเสริมชั้นความหน่วงที่ความเร็ว 130 km/h

จากข้อมูลการสั่นสะเทือนดังกล่าวนำไปสู่การตรวจสอบเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นขณะเบรก โดยอาศัยการตรวจสอบเสียงรบกวนที่ความถี่เดียวกันกับการสั่นสะเทือน เสียงรบกวนและความถี่ที่เกิดจากการเบรกที่ความเร็ว 50 100 และ 130 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถูกแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เสียงรบกวนและความถี่จากการเบรกของผ้าเบรกแบบเสริมชั้นความหน่วง

ความเร็ว(km/h)	เสียงรบกวน(dB A)	ความถี่(Hz)
50	61	2360
100	60	2710
130	62	2712

#### 4.3 การเปรียบเทียบเสียงรบกวนจากการเบรก

จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบทั้งการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นระหว่างห้ามล้อ และเสียงรบกวน ความถี่เดียวกันระหว่างผ้าเบรกแบบปกติ (ชนิด A) และผ้าเบรกแบบเสริมชั้นความหน่วง (ชนิด A+) พบว่าเทคนิคการเสริมชั้นความหน่วงสามารถลดการสั่นสะเทือน และเสียงรบกวนลงได้ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบการสั่นสะเทือนจากการเบรก

ผ้าเบรก	A	A+
ความเร็ว(km/h)	การสั่นสะเทือน( $m/s^2$ )	การสั่นสะเทือน( $m/s^2$ )
50	4.00	2.01
100	1.64	1.29
130	1.97	1.48

**ตารางที่ 4.4** การเปรียบเทียบเสียงรบกวนจากการเบรก

ผ้าเบรก	A		A+	
ความเร็ว (km/h)	เสียงรบกวน(dB A)	ความถี่(Hz)	เสียงรบกวน(dB A)	ความถี่(Hz)
50	70	2360	61	2360
100	73	2710	60	2710
130	71	2712	62	2712



## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลศึกษา การทดสอบ จากการกำหนดปัญหาของงานวิจัย ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงระดับผลสำเร็จของการดำเนินงาน

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า การใช้เทคนิคเสริมชั้นความหน่วงให้กับผ้าเบรกสามารถลดการสั่นสะเทือน และเสียงรบกวน ณ ความถี่เดียวกันลงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ในสภาวะการทดลองที่ความเร็ว 50, 100 และ 130 km/h โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการผลิตผ้าเบรกในสูตรส่วนผสมเดียวกัน ทั้งนี้เทคนิคยังอยู่ในช่วงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อไปทดสอบในสภาวะที่หลากหลายมากขึ้น ทั้งปัจจัยด้านอุณหภูมิ และระยะเวลาการใช้งาน

#### 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.3.1 การสร้างสภาวะการทดสอบด้านความร้อนที่ใช้ในการทดสอบมีข้อจำกัดในการสร้างอุณหภูมิ ณ ที่ความเร็วรอบของการทดสอบ

5.3.2 เนื่องจากมีความจำเป็นต้องวัดอุณหภูมิหลายจุดในเวลาเดียวกัน ความแม่นยำของเครื่องมือวัดจึงผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ได้จากการทดลองสูง

#### 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ควรคำนึงถึงสภาวะก่อนบันทึกข้อมูลการทดสอบ และรักษาสภาวะการทดสอบให้คงที่ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำของค่าที่ได้จากการทดสอบ

5.4.2 ควรใช้อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิที่มีความแม่นยำ และตอบสนองค่าที่เปลี่ยนแปลงได้ดี ณ ที่ความเร็วรอบของการทดสอบ

5.4.3 ควรใช้เครื่องมือวัดที่มีหลักการทำงานแบบเดียวกัน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจากการทดสอบ



## บรรณานุกรม

- Brake linings and pads for automobiles, JIS D 4411: 1993
- El-Butch, A. M. A. (2000). Evaluation of friction materials' tribological properties and their effect on the dynamic response of disc-brake systems. International Conference on Brakes 2000 Automotive Braking-Technologies for the 21th Century. pp. 51-60.
- Eriksson M., Bergman P., Jacobson S. (2000). A study of inhibition of disc-brake squeal. International Conference on Brakes 2000 Automotive Braking-Technologies for the 21th Century. pp. 29-37.
- Fieldhouse J. D. (2000). A study of the interface pressure distribution between pad and rotor, the co-efficient of friction and caliper mounting geometry with regard to brake noise. International Conference on Brakes 2000 Automotive Braking-Technologies for the 21th Century. pp. 3-18.
- Flint J. (2000). Modelling of high frequency disc-brake squeal. International Conference on Brakes 2000 Automotive Braking-Technologies for the 21th Century. pp. 39-50.
- Heppes P. (2000). Brake squeal reduction by the design of the interface caliper-friction pads-brake shoe holder. International Conference on Brakes 2000 Automotive Braking-Technologies for the 21th Century. pp. 29-38.
- JASO C406: 2000. Passenger car - Braking device - Dynamometer test procedures
- Liu P., Zheng H., Cai C., Wang Y.Y., Lu C., Ang K.H., and Liu G.R. (2007). Analysis of disc brake squeal using the complex eigenvalue method. Applied Acoustics. 68. pp. 603-615.
- Nack, W. V. (1999). Brake squeal analysis by finite elements and comparisons to dyno results. ASME Design Engineering Technical Conference. pp. 12-15.
- Ouyang H., Mottershead J.E., Cartmell M.P. and Brookfield D.J. (1999). Friction-induced vibration of an elastic slider on a vibrating disc. International Journal of Mechanical Sciences. 41. pp. 325-336.
- Passenger car – Braking device – Dynamometer test procedures, Japanese Automobile Standard, JASO C406: 2000

SAE : J2521, Disc brake dynamometer squeal noise matrix.

Shin K., Brennan M.J., Oh J. E., and Harris C.J. (2002). Analysis of disk brake noise using a two-degree-of-freedom model. *Journal of Sound and Vibration*. 254. pp. 837–848

Triches M., Gerges Jr. S. N. Y. and Jordan R. (2004). Reduction of squeal noise from disc brake systems using constrained layer damping. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*. 26. pp. 476-498.

Wallaschek J., Hach K. H. and Mody P. (1999). A survey of the present state of friction in the analytical and numerical investigation of brake noise generation. *Proceedings of the ASME Vibration Conference*. pp.12-15.

Zhen H., Cai C. and Tan. X. M. (2004). Optimization of partial constrained layer damping treatment for vibrational energy minimization of vibrating beams. *Computers and Structures*. 82. pp. 2493-2507.



ประวัติผู้วิจัย



**หัวหน้าโครงการ**

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายกุลยศ สุวันทโรจน์  
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Kullayot Suwantaraj
2. หมายเลขประจำตัวประชาชน 3 8101 00152 36 5
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 7
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถ10800 พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ.  
โทรศัพท์: 02-9132424 ต่อ 138  
โทรสาร: 02-9132424 ต่อ 138  
E-mail : ellipse\_b@hotmail.com

## 5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	วศม..	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2546	ไทย
ปริญญาตรี	วศบ..	วิศวกรรมเครื่องกล (เกียรตินิยมอันดับสอง)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2541	ไทย

## 6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

การเผาไหม้ขยะชุมชน  
การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานและอาคาร  
การผลิตไบโอดีเซลชุมชน  
สิ่งประดิษฐ์ทางการเกษตร

## 7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :

- การออกแบบงานเบรกเชิงการสะสมความร้อนเพื่อความปลอดภัย

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1. ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	2549	การประชุมวิชาการ เครือข่ายวิศวกรรม เครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย

2.เครื่องสับต้นข้าวโพด	2551	การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยรังสิต	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
3. เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด		รอกการเผยแพร่	สกว	ผู้ร่วมวิจัย
4.เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน	2555	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 22 ฉบับที่ 2	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
5. การศึกษาลักษณะทางกายภาพจานเบรกที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถการเบรก	2556	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่23 ฉบับที่ 2	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
6. Study of heat transfer on front- and back-vented brake discs	2013	Songklanakarin J. Sci. Technol. 35(6)	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -



**ผู้ร่วมโครงการ**

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายศุภชัย หลักคำ  
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Supachai Lakkam
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1201 01788 03 1
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก  
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 Sirindhorn International Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2552	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล (เกียรตินิยมอันดับสอง)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2549	ไทย

## 6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ ระบุสาขาวิชาการ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- เทคนิคการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computation and Simulation Techniques)
- เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน (Energy Technology and Management)

## 7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการวิจัย : -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : -

- เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน

- การศึกษาปัจจัยการออกแบบท่อพักไอเสียเพื่อลดเสียงรบกวนและรักษาสมรรถนะของเครื่องยนต์

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
------------	------------	------------	----------	---------

1. ผลกระทบและประสิทธิภาพผ้าเบรกเชิงเสีียงรบกวน และสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	พ.ศ.2552	Industry Subcontracting Exhibition of Thailand 2009	บริษัท คอมแพ็ค อินเทอร์เน็ต จำกัด (1994)	นักวิจัย
2. Investigation of Brake Noise Parameters Using Single Dynamometer	Apr.2009	The 5 <sup>th</sup> International Conference on Automotive Engineering ICAE-5	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	นักวิจัย/ ผู้นำเสนอ
3. Econo Power Car	Jun.2010	The 2 <sup>nd</sup> 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	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 ปีที่ฉบับที่ 22	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
9. การทดสอบการอัดตัวของวัสดุผสมภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่างๆ	พ.ศ.2556	KKU Research Journal Vol.18, No.2	มทร.พระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
10. การศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน	พ.ศ.2556	วารสารวิจัย มช.	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
11. การศึกษาลักษณะทางกายภาพงานเบรกที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถการเบรก	พ.ศ.2556	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย

12. Study of heat transfer on front- and back-vented brake discs	2013	Songklanakarin J. Sci. Technol. 35(6)	ม. เทคโนโลยีราช มงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
--	------	---------------------------------------	----------------------------	--------------

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -

