




การศึกษาลักษณะทางกายภาพจานเบรกที่มีผลกระทบต่อระยะทางการเบรก
(A Study of Physical Disc Brake Effected to Braking Distance)

นายพะหลา สีแดง
นายชนาคาร ยิ้มกล้า
นายจักรพันธ์ แจ่มจันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2554

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาลักษณะทางกายภาพงานเบรกที่มีผลกระทบต่อระยะทางการเบรก
โดย นายพะหลา สีแดง นายชนาकर ยิ้มกล้า และนายจักรพันธ์ แจ่มจันทร์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ศุภชัย หลักคำ
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2554

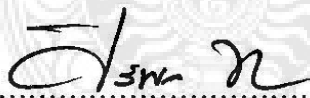
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

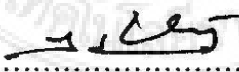

..... หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ฤทธิทอง)

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์กุลยศ สุวันทโรจน์)


..... กรรมการ
(ว่าที่เรือดริทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี)


..... กรรมการ
(อาจารย์ศิริพล ทองอ่อน)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ศุภชัย หลักคำ)

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาลักษณะทางกายภาพจานเบรกที่มีผลกระทบ ต่อระยะทางการเบรก
โดย	นายพะหลา สีแดง นายธนากร ยิ้มกล้า และนายจักรพันธ์ แจ่มจันทร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ศุภชัย หล้าคำ
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

จานเบรกเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีบทบาทในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ และส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยโดยตรง จากผลกระทบต่อความปลอดภัยดังกล่าวจึงทำให้เกิดโครงการเครื่องทดสอบความสามารถในการเบรกเพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพจานเบรกที่มีผลกระทบต่อระยะทางการเบรก และเป็นทางเลือกในการทดสอบจานเบรก

จากเหตุผลข้างต้น คณะผู้จัดทำโครงการจึงคิดค้นและออกแบบสร้างเครื่องทดสอบความสามารถเบรกแบบไดนาโมมิเตอร์ขนาดไม่เกิน 10 แรงม้า และ โมเมนต์ความเฉื่อยไม่เกิน 9.70 kg.m^2 ซึ่งอ้างอิงการทดสอบอุณหภูมิตามมาตรฐาน JASO T204:2001 มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน โดยมุ่งเน้นไปที่การทดสอบจานเบรกที่มีลักษณะที่แตกต่างกันทางกายภาพ 3 ชนิดคือ จานตัน จานเซาะร่อง และจานเจาะรู ในสภาวะอุณหภูมิปกติของจานเบรก (60°C ถึง 80°C) และในสภาวะอุณหภูมิสูง (มากกว่า 100°C) โดยใช้แรงเบรก ณ ตำแหน่งแม่ปั๊มเบรกที่แตกต่างกันระหว่าง 9.81 N ถึง 34.33 N มาทำการทดสอบ

จากผลการทดสอบของจานเบรกทั้ง 3 ชนิด ที่ได้จากเครื่องทดสอบความสามารถจานเบรก สะท้อนให้เห็นว่า ที่ อุณหภูมิปกติ จานตัน จานเซาะร่อง และจานเจาะรูสร้างความสามารถในการเบรกเฉลี่ยได้ 17.76, 21.80 และ 19.00 m/s^2 ต่อพื้นที่ผิวสัมผัสจานเบรก 1 m^2 ตามลำดับ ในขณะที่ ณ อุณหภูมิสูง จานตัน จานเซาะร่อง และจานเจาะรูมีความสามารถในการเบรกเฉลี่ยได้ 14.41, 18.06 และ 18.93 m/s^2 ต่อพื้นที่ผิวสัมผัสจานเบรก 1 m^2 ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าจานเบรกชนิดเซาะร่องมีความสามารถในการเบรกสูงสุด โดยแตกต่างจากจานเบรกชนิดตัน 22.74 % ในสภาวะอุณหภูมิปกติ ในทางตรงกันข้ามสภาวะอุณหภูมิสูง จานเบรกชนิดเจาะรูมีความสามารถในการเบรกสูงสุด โดยแตกต่างจากจานเบรกชนิดตัน 25.32 %

Project Title	A Study of Physical Disc Brake Effect to Braking Distance
By	Mr. Pahla Seedang. Mr. Tanakarn Yimkram and Mr. Jackkapan chamchan
Project Advisor	Mr. Supachai Lakkam
Department	Mechanical Engineering
Academic Year	2011

Abstract

A disc brake is one of important auto parts for motorbike cycle industry which effected directly to life safety. As the result, this project aims to test the performance of the disc brake in order to study the physical disc brake that effects to braking distance and to be an alternative for testing the brake disc.

The braking performance tester was designed and created in the single dynamometer which was not over 10 Hp and the moments of inertia was not over 9.70 kg. m². Referring to testing state of JASO T204:2001 standard, this tester focused on testing the 3 different types of disc brake i.e. normal type, grooving type, and perforated type. The tested temperature was at normal state of the brake disc temperature (60^o C - 80^o C) and at high state (more than 100^o C). The braking force from 9.81 N to 34.33 N at master cylinder was tested.

The result revealed that at normal temperature, the braking performance of the three disc brakes (normal type, grooving type, and perforated type) was at 17.76, 21.80 and 19.00 m / s² per 1 m² of contact surface areas respectively. However, the brake performance at high temperature was at 14.41, 18.06 and 18.93 m / s² per 1 m² of contact surface areas respectively. This meant that the most efficient disc brake at normal temperature was grooving type of disc brake which was 22.74% different from normal type of disc brake. Nevertheless; the perforated type of disc brake was the most performance disc brake at high temperature which was different from normal type of disc brake at 25.32%

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ โดยได้รับการสนับสนุนและได้รับคำปรึกษาจากอาจารย์ศุภชัย หลักคำ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ โดยให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้ ตลอดจนควบคุมการทำโครงการจนประสบความสำเร็จด้วยดี คณะผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ที่กรุณาตรวจสอบความถูกต้องของโครงการรวมทั้งบุคคลที่ปรากฏตามรายการอ้างอิงที่ผู้ทำโครงการใช้อ้างอิง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านรวมทั้งเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้ความสะดวกต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการทำโครงการ

ประ โยชน์และคุณก่าอันพึงมีจากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ทำโครงการขอมอบเป็นกัตติคุณตราบูชาแต่ บิดา มารดา ครูอาจารย์ ตลอดผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายพะหลา	สีแดง
นายชนาคาร	ยิ้มกล้า
นายจักรพันธ์	แจ่มจันทร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย

ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

จ

กิตติกรรมประกาศ

ฉ

สารบัญ

ช

สารบัญตาราง

ฐ

สารบัญรูป

ฎ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ฏ

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.3 ขอบเขตของโครงการ	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 ทฤษฎีทั่วไปเกี่ยวกับมอเตอร์	4
2.3 การหาคำลังเบรก (Brake power)	5
2.4 การหาขนาดของมอเตอร์	6
2.5 การหาโมเมนต์ความเฉื่อย	6
2.6 การหาโมเมนต์ความเฉื่อยของมวล	6
2.7 การหาแรงบิด	6
2.8 โมเมนต์ตัดและแรงเหวี่ยงของคาน	7
2.9 ทฤษฎีเกี่ยวกับเฟลา	7
2.10 อัตราไหลและความเร็วเฉลี่ย	11
3. การออกแบบและการคำนวณ	12

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	12
3.2 คำนึงว่าข้อมูลและการออกแบบ	14
4. วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ	21
4.1 การเตรียมทดสอบ	21
4.2 วิธีการทดสอบ	23
4.3 ผลการทดสอบ	28
5. สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	39
5.1 สรุปผลการทดสอบ	39
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ	40
5.3 ข้อเสนอแนะ	40
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้เครื่องทดสอบ	
ภาคผนวก ข แบบเครื่องทดสอบ	
ประวัติผู้จัดทำโครงการ	

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ขนาดของเพลตามมาตรฐาน ISO/R775-1969	8
2.2	มาตรฐานของวัสดุที่ใช้ทำเพลระหว่ามาตรฐาน JIS	9
2.3	ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ	11
4.1	รูปแบบของจานเบรก	23
4.2	สภาวะและเงื่อนไขการทดสอบ	24
4.3	การเปรียบเทียบความสามารถจานเบรกชนิดต่างๆ	38



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 เครื่องทดสอบไดนาโมมิเตอร์	2
2.1 การทำงานของไดนาโมมิเตอร์	5
2.2 ระบบการรองรับของคานแบบง่าย	7
2.3 แรงกระจายสม่ำเสมอ	7
2.4 เพลายู่ภายใต้แรงต่างๆ	10
3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	13
3.2 แบบมาตรฐานชุดทดสอบความสามารถการเบรก	14
3.3 เครื่องทดสอบความสามารถการเบรก	14
3.4 โครงสร้างเครื่องทดสอบ	15
3.5 การกระจายสัดส่วนภาวะถ่ายโอนระหว่างทำการเบรก	15
3.6 ก้อนมวลล้อช่วยแรง (ก) ขนาด 35.1 kg (ข) ขนาด 100 kg	17
3.7 แสดงแรงและโมเมนต์คัตที่กระทำต่อเพล	18
3.8 แสดงการวัดความเร็วลม	19
4.1 รูปเครื่องทดสอบ	21
4.2 ชุดอินเวอร์เตอร์	22
4.3 ก้อนมวล	22
4.4 การปล่อยค้อนน้ำหนัก	24
4.5 การติดตั้งชุดทดสอบ	25
4.6 ปุ่มกดสวิตช์สตาร์ท	25
4.7 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิงานเบรก	26
4.8 ปุ่มกดสวิตช์หยุดการทำงานของมอเตอร์	26
4.9 การปล่อยค้อนน้ำหนักเบรก	27
4.10 การบันทึกข้อมูล	27
4.11 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของงานเบรกแต่ละชนิดที่มวล 1 kg	28
4.12 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของงานเบรกแต่ละชนิดที่มวล 1.2 kg	29
4.13 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของงานเบรกแต่ละชนิดที่มวล 2.3 kg	30
4.14 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของงานเบรกแต่ละชนิดที่มวล 2.8 kg	31
4.15 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของงานเบรกแต่ละชนิดที่มวล 3.5 kg	32

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16 กราฟผลการทดสอบของงานเบรกแต่ละชนิดที่มีมวล 1 kg ที่อุณหภูมิ ≥ 100	33
4.17 กราฟผลการทดสอบของงานเบรกแต่ละชนิดที่มีมวล 1.2 kg ที่อุณหภูมิ ≥ 100	34
4.18 กราฟผลการทดสอบของงานเบรกแต่ละชนิดที่มีมวล 2.3 kg ที่อุณหภูมิ ≥ 100	35
4.19 กราฟผลการทดสอบของงานเบรกแต่ละชนิดที่มีมวล 2.8 kg ที่อุณหภูมิ ≥ 100	36
4.20 กราฟผลการทดสอบของงานเบรกแต่ละชนิดที่มีมวล 3.5 kg ที่อุณหภูมิ ≥ 100	37



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
JIS	Japanese Industrial Standards	-
SFD	Shearing force diagrams	-
BMD	Bending moment diagrams	-
P_b	กำลังเบรก	kW
N	รอบการหมุนของเพลาช้อเหวี่ยง	rev/min
T_c	แรงบิดของเครื่องยนต์	N-m
P	กำลังของมอเตอร์	kW
T	แรงบิด	N – m
N	ความเร็วรอบ	rpm
I	โมเมนต์ความเฉื่อย	$kg.m^2$
m_v	มวลรถ	kg
r	รัศมีล้อ	m
k	สัดส่วนภาวะถ่ายโอนระหว่างทำการเบรก	%
I_{zz}	การหาโมเมนต์ความเฉื่อยของมวล	$kg.m^2$
m	มวล	kg
R^2	รัศมีล้อช่วยแรง	m^2
τ	ความเค้นเฉือน	MN/m^2
α	ความเร่งเชิงมุม	rad/s^2
d^3	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก	mm
M	โมเมนต์ดัด	N – m
C_m	ตัวประกอบความถี่เนื่องจากการดัด	-
C_t	ตัวประกอบความถี่เนื่องจากการบิด	-
Q	อัตราไหล	m^3/s
V	ความเร็วเฉลี่ยของการไหล	m/s
A	พื้นที่หน้าตัด	m^2

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
F_r	แรงเบรกสูงสุดที่ล้อหน้า	N
R_r	แรงปฏิกิริยาที่ล้อหน้า	N
R_r	แรงปฏิกิริยาที่ล้อหลัง	N
a	ความหน่วงในการเบรก	m/s^2
g	แรงโน้มถ่วง	m/s^2
L	ความยาวของล้อ	m
L_a	ระยะทางจากล้อหน้าถึงจุดศูนย์กลางถ่วง	m
L_b	ระยะทางจากล้อหลังถึงจุดศูนย์กลางถ่วง	m

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์ได้มีการเติบโตและเข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจภายในประเทศไทย ซึ่งงานเบรกก็เป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีบทบาทในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ โดยส่วนหนึ่งจะถูกนำเข้าจากต่างประเทศเป็นหลัก ด้วยเหตุผลทางด้านวัสดุศาสตร์และเครื่องมือการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่มีความพร้อมมากกว่าภายในประเทศ อย่างไรก็ตามทั้งทางรัฐบาลและภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศยังคงมีความพยายามอย่างมาก เพื่อที่จะทำการปรับสัดส่วนการผลิตชิ้นส่วนจักรยานยนต์ทั้งด้านการลงทุนและใช้ทรัพยากรภายในประเทศในการผลิตชิ้นส่วนจักรยานยนต์ให้มากขึ้นซึ่งรวมถึงงานเบรกนี้ด้วย โดยปัจจุบันได้มีผู้ผลิตหลายรายทำการออกแบบเพื่อแข่งขันและพัฒนาเชิงความสามารถกันอย่างกว้างขวาง ทั้งการออกแบบที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างออกไป รวมถึงการนำวัสดุภายในประเทศมาเป็นวัตถุดิบในการผลิต

แต่เนื่องจากงานเบรกเป็นชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยซึ่งมีผลต่ออัตราการเกิดอุบัติเหตุ และอาจทำให้เกิดความเสียหายอย่างใหญ่หลวงทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สินได้หากงานเบรกที่ผลิตออกมามีมาตรฐานยังไม่เพียงพอ โดยส่วนหนึ่งของปัญหาที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุนั้นมีสาเหตุมาจากความไม่พร้อมอุปกรณ์ หรือการทำงานบกพร่อง หรืออุปกรณ์ในระบบเบรกมีความสามารถไม่เพียงพอที่จะตอบสนองต่อความต้องการในขณะการใช้งานนั้น เช่น การแตกร้าวของงานเบรก อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของวัสดุ จึงส่งผลต่อความเชื่อมั่นของทั้งผู้บริโภคและผู้ผลิตในการออกแบบทั้งทางด้านลักษณะทางกายภาพและด้านคุณภาพของวัสดุภายในประเทศที่นำมาเป็นวัตถุดิบ



รูปที่ 1.1 เครื่องทดสอบไดนาโมมิเตอร์ [1]

จากปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการค้นคว้าในด้านการตรวจสอบผลกระทบต่างๆของงานเบรกที่ได้ทำการออกแบบและผลิตออกมา แต่กลับพบว่าขั้นตอนกระบวนการทดสอบเฉพาะด้านสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนจักรยานยนต์ภายในประเทศยังไม่ชัดเจนพอ อีกทั้งการทดสอบส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปทดสอบยังต่างประเทศซึ่งส่งผลให้มีต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น มากไปกว่านั้นด้วยสาเหตุของราคาเครื่องทดสอบที่ส่งผลให้เกิดความขาดแคลนด้านเครื่องมือการทดสอบสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนจักรยานยนต์ภายในประเทศ ซึ่งไม่เพียงพอที่จะเอื้ออำนวยต่อการใช้พัฒนางานเบรกรถจักรยานยนต์ในอนาคต จึงทำให้เกิดโครงการเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาและปรับปรุงงานเบรก

ดังนั้นการทดสอบเพื่อให้ได้ความถูกต้องจำเป็นต้องจำลองสภาวะการใช้งานจริง โดยมีความเป็นไปได้ที่จะทำการทดสอบบนเครื่องไดนาโมมิเตอร์ที่ได้รับการออกแบบขึ้นใหม่เพื่อให้ตรงตามความต้องการในการใช้งานในอนาคต โดยผู้จัดทำโครงการได้มีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องทดสอบความสามารถการเบรกและศึกษาลักษณะทางกายภาพงานเบรกที่มีผลกระทบต่อระยะทางการเบรก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อสร้างเครื่องทดสอบความสามารถการเบรกแบบไดนาโมมิเตอร์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของงานเบรกที่มีผลกระทบต่อความสามารถการเบรก

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 สร้างเครื่องทดสอบสามารถการเบรกขนาดไม่เกิน 10 แรงม้า
- 1.3.2 ทดสอบงานเบรกของรถจักรยานยนต์ที่มีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันไม่ต่ำกว่า 3 กรณี
- 1.3.3 ขั้นตอนการทดสอบอ้างอิงอุณหภูมิตามมาตรฐาน JASO T204:2001 [2]
- 1.3.4 ศึกษาผลกระทบของ อุณหภูมิ, ความดัน และความเร็ว ที่มีผลกระทบต่อการทำงานเบรก

1.4 ประโยชน์ที่ได้จากโครงการ

- 1.4.1 ได้เครื่องทดสอบความสามารถการเบรกสำหรับอุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์
- 1.4.2 ทราบปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะทางการเบรกของงานเบรกแต่ละกรณี
- 1.4.3 สามารถนำงานเบรกแต่ละประเภทไปใช้งานได้ตามความเหมาะสม
- 1.4.4 ส่งเสริมให้เกิดการคิดค้นและพัฒนาจนนำไปสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักทางทฤษฎีและหลักการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องทดสอบความสามารถการเบรก และหลักการทำงานของเครื่องทดสอบ ซึ่งในการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบนั้นชิ้นส่วนที่ออกแบบและนำมาประกอบเป็นชุดประกอบ การออกแบบชิ้นส่วนให้ใช้งานได้ดีนั้น ประการแรกจะต้องมีการรวบรวมข้อมูลทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและแนวคิดพื้นฐานที่นำมาใช้ออกแบบ เพราะชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมีขนาดที่เป็นมาตรฐานหรืออาจมีวางขายอยู่ตามท้องตลาดแต่ก็มีบางชิ้นส่วนที่ไม่สามารถหาซื้อได้นอกจากจะออกแบบและสร้างขึ้นมาก่อนที่จะทำการสร้างชิ้นส่วนเหล่านั้นได้จะต้องมีการออกแบบรูปร่างขนาด และวัสดุที่จะนำมาใช้ก่อนแล้วจึงนำคำนวณตามหลักทางทฤษฎีต่างๆที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมมาซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

2.2 มอเตอร์

2.2.1 มอเตอร์

มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ ต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น บีม พัดลม คอมเพรสเซอร์ สายพานลำเลียง เป็นต้น มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม และเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงาน ไฟฟ้าในสัดส่วนที่สูงมาก การเรียนรู้ให้เข้าใจถึงประสิทธิภาพ ตลอดจนการเลือกใช้งานมอเตอร์ให้ เหมาะสมและถูกต้อง [3]

2.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motors)

เป็นมอเตอร์ ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีข้อดีคือ มีความเร็วรอบคงที่ และตัวหมุน (Rotor) ส่วนมากเป็นชนิดกรงกระรอก (Squirrel cage) ไม่มีขดลวดพันอยู่จึงไม่มีอันตรายจากประกายไฟฟ้าที่แปร่งถ่านและคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) เหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไม่สามารถนำไปใช้ได้

2.2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Motor)

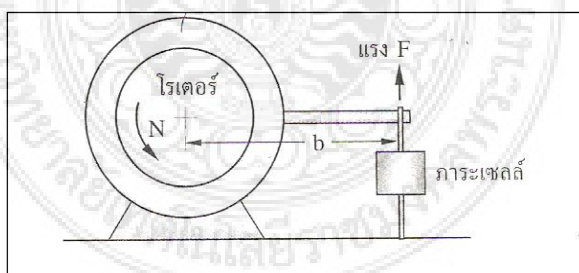
เมื่อมีกระแสไหลผ่านเข้าไปในมอเตอร์กระแสจะแบ่งออกไป 2 ทาง คือ ส่วนที่หนึ่งจะผ่านเข้าไปที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นและอีกส่วนหนึ่งจะผ่านแปลงถ่านคาร์บอนและผ่านคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นเช่นกัน ซึ่งทั้งสองสนามจะเกิดขึ้นขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กแล้วจะไม่มี การตัดกัน จะมีแต่การหักล้างและการเสริมกัน ซึ่งทำให้เกิดแรงบิดในอาร์มาเจอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์หมุนซึ่งในการหมุนนั้นจะเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming's left hand rule)

2.2.4 ขั้นตอนการหาขนาดของมอเตอร์

ภาระของมอเตอร์หมายถึงจำนวนกำลัง (P) ที่มอเตอร์ตัวนั้นจะต้องสามารถให้ต้นกำลังได้ กล่าวคือมอเตอร์จะต้องสามารถให้กำลังขับที่เพียงพอกับงาน เรียกว่า “กำลังเพลลา” ข้อนี้เป็นส่วนสำคัญประการแรก แต่แท้จริงความสามารถประการสอง ในการขับภาระนั้นคือ ทอร์ก (Torque) และกำลัง (Power) ดังสมการ (2.2)

2.3 กำลังเบรก (Brake power)

กำลังเบรกเป็นกำลังที่วัดได้ที่เพลลาข้อเหวี่ยง ซึ่งเป็นกำลังที่นำไปใช้งาน การวัดกำลังเบรกจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่าไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด โดยจะวัดออกมา ในรูปของแรงบิดและรอบการหมุนของเครื่องยนต์



รูปที่ 2.1 การทำงานของไดนาโมมิเตอร์ [4]

$$P_b = \frac{2\pi T_c}{60} \quad (2.1)$$

เมื่อ $P_b =$ กำลังเบรก kW

N	=	รอบการหมุนของเพลาคือเหวี่ยง	rev/min
T_c	=	แรงบิดของเครื่องยนต์	N-m

2.4 การหาขนาดของมอเตอร์

	P	=	$\frac{2\pi \times T \times N}{60}$	(2.2)
เมื่อ	P	=	กำลังของมอเตอร์	kW
	T	=	แรงบิด	N-m
	N	=	ความเร็วรอบ	rpm

2.5 การหาโมเมนต์ความเฉื่อย

	I	=	$m_v r^2 k$	(2.3)
เมื่อ	I	=	โมเมนต์ความเฉื่อย	kg.m ²
	m_v	=	มวลรถ	kg
	r	=	รัศมีล้อ	m
	k	=	สัดส่วนภาวะถ่วงไอนระหว่างทำการเบรก %	

2.6 การหาโมเมนต์ความเฉื่อยของมวล

	I_{zz}	=	$\frac{1}{2} mR^2$	(2.4)
	m	=	มวล	kg
	R^2	=	รัศมี	m ²

2.7 การหาแรงบิด

	T	=	$I\alpha$	(2.5)
เมื่อ	I	=	โมเมนต์ความเฉื่อย	kg.m ²
	α	=	ความเร่งเชิงมุม	rad/s ²

2.8 โมเมนต์ดัดและแรงเฉือนของคาน (Bending moment and shearing force) [5]

การพิจารณาท่อน โลหะ ซึ่งอยู่ภายใต้ความเค้นดึง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน ซึ่งมีค่าคงที่ตลอดภาคตัด แต่ถ้าท่อนโลหะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคานอยู่ภายใต้แรงที่กระทำในแนวตั้ง ความเค้นที่เกิดขึ้นจะมีทั้งความเค้นดึง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน แต่มีค่าไม่คงที่ตลอดภาคตัดอันหนึ่ง

2.8.1 ชนิดของแรงที่กระทำบนคาน มีระบบใหญ่ ๆ 2 ระบบดังนี้

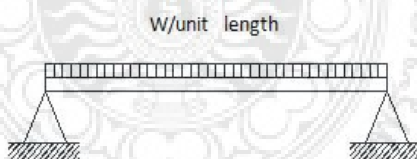
ก. Simple beam เป็นระบบการรองรับของคานแบบง่ายนั่นคือคานมีคัมมิต หรือลูกกลิ้งรองรับอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ระบบการรองรับของคานแบบง่าย [5]

ข. แรงกระจายบนคาน

แรงกระจายสม่ำเสมอ Uniformly Distributed Load เขียนย่อว่า UDL อาจเขียนแทนแรงได้ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แรงกระจายสม่ำเสมอ [5]

2.9 เพลลา

เพลลาเป็นส่วนที่มีชื่ออยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง ขณะใช้งานเพลลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่าง ๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร

ทำให้เกิดการล้าได้ เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ เปลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง [5]

2.9.1 วัสดุเพลา

ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลา นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลาดำเนินรับเป็นหลัก วัสดุที่ใช้ทำเพลาทัวไปคือ เหล็กกล้าละมุน (Mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานเป็นพิเศษ มักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 3140, 1347, 4150, 4340 เป็นต้น เปลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 mm มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อนอย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกลงที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนชนิดอื่น [5]

2.9.2 หลักพิจารณาในการออกแบบเพลา

การคำนวณหาขนาดเพลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ นั่นคือ เปลาจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนมีผลให้เฟืองและแบร็ริงที่รองรับเพลายู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น ขนาดมาตรฐานของเพลา ดังตารางที่ 2.1 และตารางมาตรฐานของวัสดุที่ใช้ทำเพลา ดังตาราง ที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ขนาดของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775-1969 [5]

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	320
14	55	100	190	340
18	60	110	200	360
20	65	120	220	380

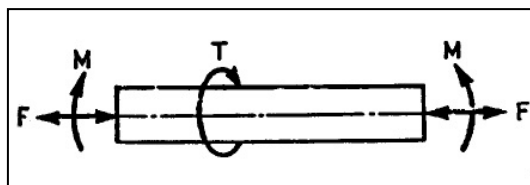
ตารางที่ 2.2 มาตรฐานของวัสดุที่ใช้ทำเพลาระหว่างมาตรฐาน JIS ในประเทศอื่นๆ [5]

เหล็กผสมโครเมียม- โมลิบดีนัม	SMCM 1	AISI 4337
	SMCM 2	BS 830 M 31
	SMCM 7	AISI 8645, BS En 100 D
	SMCM 8	AISI 4340, BS 817 M 40, 816 M 40
	SMCM 22	AISI 4315
	SMCM 23	AISI 4320 BS En 325
	SMCM 25	BS En 39 B
เหล็กผสมโครเมียม	SCr 3	AISI 4130, DIN 34 Cr Mo 4
	SCr 4	AISI 5140, BS 350 A 40
	SCr 5	AISI 5145
	SCr 21	AISI 5110
	SCr 22	AISI 5125
เหล็กผสมโครเมียม- โมลิบดีนัม	SCM 2	AISI 4130, DIN 34 Cr Mo 4
	SCM 3	AISI 4130, BS 708 A 37, DIN 34 Cr Mo 4
	SCM 4	AISI 4140
	SCM 5	AISI

2.9.3 การออกแบบเพลตามโค้ดของ ASME

ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด (Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) แม้ว่าเวลาจะล่วงเลยมานานแล้วก็ตามวิธีการออกแบบเพลตามโค้ดของ (ASME) ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความล้าหนานแน่นที่เกิดขึ้นบนเพล ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static design method) ในการหาสมการสำหรับออกแบบเพลให้พิจารณาเพล ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เพลายู่ภายใต้แรงต่างๆ [5]

เพลาส່วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักรทั้งนั้นเพราะเพลามนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลาก็เกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิติศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้ามาเกี่ยวข้องด้วย

เพลาส່วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักรทั้งนี้เพราะเพลามนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลาก็เกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าเป็นส่วนใหญ่

สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิติศาสตร์ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย อีกทั้งในการหาขนาดของเพลาสสามารถหาได้จากทฤษฎีความเค้นเนื้องสูงสุดโดยแสดงดังสมการที่ (2.6)

หาขนาดของเพล

$$d^3 = \left(\frac{16}{\pi \tau} \right) \times \left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.6)$$

โดยที่ $\tau = 55 \text{ MN/m}^2$ สำหรับเพลเหล็กที่ไม่มีร่องลึ

$\tau = 41 \text{ MN/m}^2$ สำหรับเพลเหล็กที่มีร่องลึ

$C_m =$ ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

$C_t =$ ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ถ้ากำหนดวัสดุของเพลที่บอกถึงหมายเลขของโลหะ หรือส่วนผสมของโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเนื้องใช้งาน โดยเลือกใช้น้อยมากคำนวณคือ $\tau_d = 0.3 \sigma_y$ หรือ $\tau_d = 0.18 \sigma_u$ และถ้าเพลามีร่องลึให้ลดค่าความเค้นเนื้องใช้งานโดยใช้เพียง 75% ของค่าที่ได้

ตารางที่ 2.3 ค่าตัวประกอบความถี่สามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ [5]

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลายู่นึง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 – 2.0	1.0 – 2.0
เพลามุน :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0 – 3.0	1.5 – 3.0

2.10 อัตราไหลและความเร็วเฉลี่ย [6]

อัตราไหล (Flow rate) ของของไหล คือปริมาตรของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่กำหนดในหนึ่งหน่วยเวลา หน่วยของอัตราไหลจึงเป็นหน่วยของปริมาตรต่อหน่วยเวลา นั่นคือลูกบาศก์เมตรต่อวินาที m^3/s และใช้สัญลักษณ์แทนค่าอัตราไหลว่า Q

ความเร็วเฉลี่ย (Mean velocity) บนหน้าตัดที่กำหนดคือ ค่าอัตราไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดหารด้วยพื้นที่หน้าตัด ถ้าให้ V เป็นความเร็วเฉลี่ย Q เป็นอัตราไหล และ A เป็นพื้นที่หน้าตัด ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 Q &= AV & (2.7) \\
 \text{โดยที่} \quad Q &= \text{อัตราไหล} & m^3/s \\
 V &= \text{จากการวัดความเร็วลม} & m/s \\
 A &= \text{ได้จากพื้นที่หน้าตัด} & m^2
 \end{aligned}$$

บทที่ 3

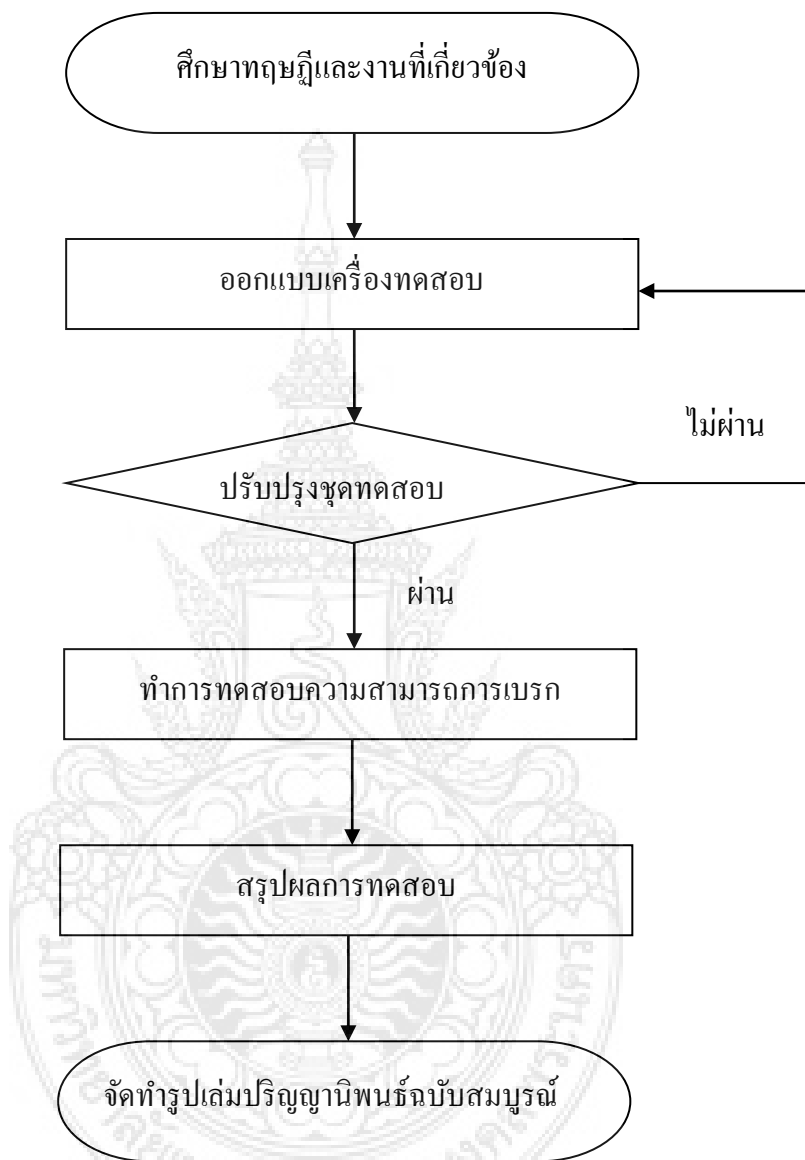
การออกแบบและการคำนวณ

การจัดทำโครงการครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อจัดสร้างเครื่องทดสอบความสามารถงานเบรกสำหรับอุตสาหกรรมจักรยานยนต์ ซึ่งในขั้นตอนการดำเนินโครงการเพื่อให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและมีประสิทธิภาพนั้นจะต้องมีการศึกษาข้อมูลต่างๆ การวิเคราะห์ก่อนการสร้างชิ้นงานขึ้นมา เพื่อเป็นการทดสอบว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ที่จะสร้างตัวเครื่องขึ้นมาให้ได้อย่างที่ต้องการ ถ้าหากมีการคำนวณทางทฤษฎีแล้วว่ามีความเป็นไปได้ จึงลงมือปฏิบัติเพื่อป้องกันความสิ้นเปลืองวัสดุ และอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการสร้าง โดยผู้จัดทำโครงการมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

จากขั้นตอนการดำเนินงานจะทราบได้ว่าในการสร้างเครื่องทดสอบความสามารถงานเบรกสำหรับอุตสาหกรรมจักรยานยนต์นั้นมีลำดับขั้นตอนในการทำงานและนำขั้นตอนการทำงานมาเขียนแผนภูมิรูปภาพได้ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง
- 3.1.2 ออกแบบชุดทดสอบ
- 3.1.3 จัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์ และปรับปรุงชุดทดสอบ เช่น ชุดทดสอบงานเบรก เป็นต้น
ปรับตั้งเครื่องมือการทดสอบ
- 3.1.4 ทำการทดสอบความสามารถการเบรก
- 3.1.5 สรุปผลการทดสอบ
- 3.1.6 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

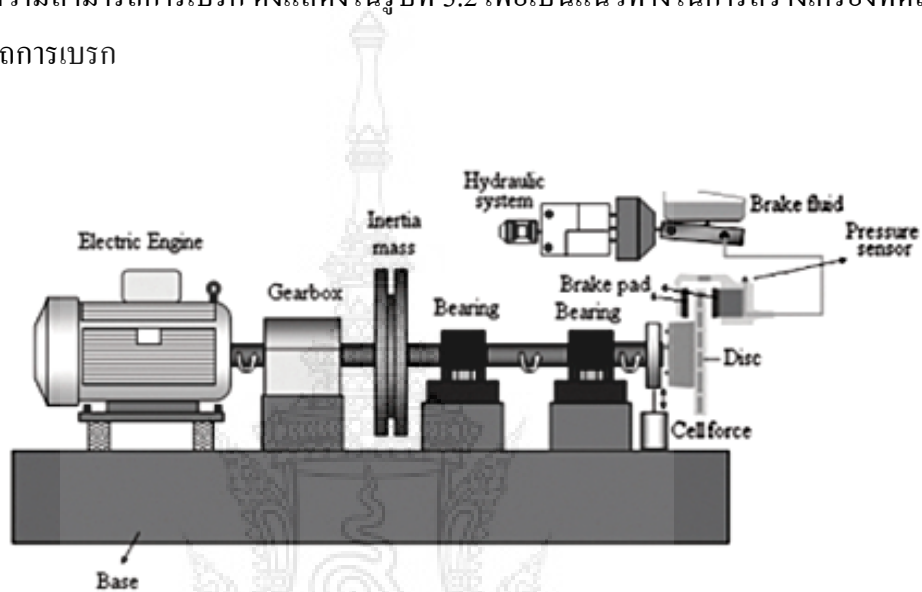


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 คั่นคว้าข้อมูลและการออกแบบ

คั่นคว้าข้อมูลถึงรูปแบบต่างๆ ที่จะมีการสร้างขึ้นมาถึงลักษณะทางกายภาพมีลักษณะอย่างไร เหมาะสมที่จะนำมาสร้างเครื่องทดสอบได้หรือไม่

โดยเครื่องทดสอบที่จะสร้างขึ้นมานั้น ทางกลุ่มผู้จัดทำโครงการจะยึดหลักตามแบบมาตรฐาน ชุดทดสอบความสามารถการเบรก ดังแสดงในรูปที่ 3.2 เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องทดสอบ ความสามารถการเบรก



รูปที่ 3.2 แบบมาตรฐานชุดทดสอบความสามารถการเบรก [7]



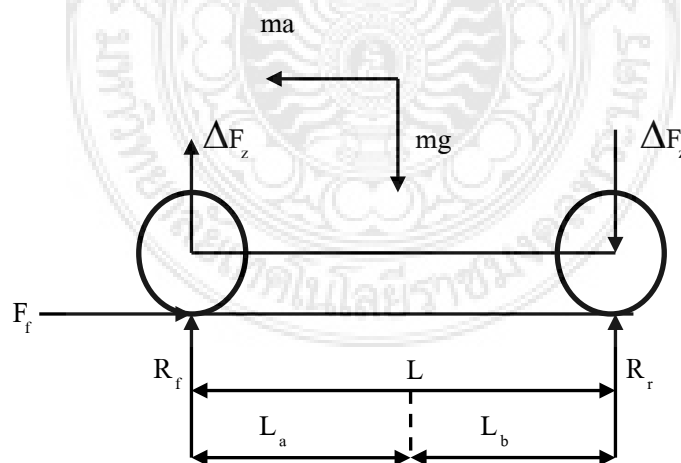
รูปที่ 3.3 เครื่องทดสอบความสามารถการเบรก



รูปที่ 3.4 โครงสร้างเครื่องทดสอบ

3.2.1 การหาโมเมนต์ความเฉื่อย

สัดส่วนภาวะถ่วงไอนระหว่างทำการเบรกและการกดเบรกหน้าประมาณ 70-80 % และหลังประมาณ 20-30 % ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การกระจายสัดส่วนภาวะถ่วงไอนระหว่างทำการเบรก

กำหนดให้

F_f	=	แรงเบรกสูงสุดที่ล้อหน้า	N
R_f	=	แรงปฏิกิริยาที่ล้อหน้า	N
R_r	=	แรงปฏิกิริยาที่ล้อหลัง	N
a	=	ความหน่วงในการเบรก	m/s^2
g	=	แรงโน้มถ่วง	m/s^2
m	=	มวล	kg
L	=	ความยาวของล้อ	m
L_a	=	ระยะทางจากล้อหน้าถึงจุดศูนย์กลางถ่วง	m
L_b	=	ระยะทางจากล้อหลังถึงจุดศูนย์กลางถ่วง	m

จากสมการที่ (2.3)

$$I = m_v r^2 k$$

กำหนด	m_v	=	มวลรถรวมคนขับ 1 คนเท่ากับ 150	kg
	r	=	รัศมีล้อเท่ากับ 0.30	m
	k	=	สัดส่วนภาวะถ่วงโอนระหว่างทำการเบรกเท่ากับ 70%	

แทนค่า

$$I = (150)(0.30)^2 (0.7)$$

$$= 9.45 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

3.2.2 การหาแรงบิด

จากสมการที่ (2.5)

$$T = I\alpha$$

แทนค่า

$$= (9.45 \text{ kg} \cdot \text{m}^2)(1500 \text{ rpm}) \left(\frac{2\pi}{3600} \right)$$

$$= 24.74 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3.2.3 การหาค่าขนาดมอเตอร์

จากสมการที่ (2.2)

$$P = \frac{2\pi TN}{60}$$

แทนค่า

$$P = \frac{(2 \times \pi \times 24.74 \times 1500)}{60}$$

$$= 3886.15 \text{ W}$$

$$\begin{aligned}
 1 \text{ hp} &= 746 \text{ W} \\
 &= \frac{3886.15 \text{ W}}{746 \text{ W}} \\
 &= 5.20 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

3.2.4 การหาโมเมนต์ความเฉื่อยของมวล

มวลมีทั้งหมด 3 ก้อน มวลก้อนที่ 1 มีมวลรวมที่ 35.1 kg มีรัศมีเท่ากับ 0.20 m และมวลก้อนที่ 2 และ 3 มีมวลรวม 200 kg มีรัศมีเท่ากับ 0.30 ดังแสดงในรูปที่ 3.6



(ก) ขนาด 35.1 kg 1 ก้อน

(ข) ขนาด 200 kg 2 ก้อน

รูปที่ 3.6 ก้อนมวลล้อช่วยแรง (ก) ขนาด 35.1 kg (ข) ขนาด 200 kg

หาโมเมนต์ความเฉื่อยของมวล 2 ก้อนจะได้

จากสมการที่ (2.4)

$$I_{zz} = \frac{1}{2} mR^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{แทนค่า} \quad I_{zz} &= \frac{1}{2} (200)(0.30)^2 \\
 &= 9 \text{ kg.m}^2
 \end{aligned}$$

โมเมนต์ความเฉื่อยของมวลก้อนที่ 1 จะได้

$$\begin{aligned}
 \text{แทนค่า} \quad I_{zz} &= \frac{1}{2} (35.1)(0.20)^2 \\
 &= 0.70 \text{ kg.m}^2
 \end{aligned}$$

รวมค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของมวลทั้ง 3 ก้อนเท่ากับ 9.70 kg.m^2

3.2.5 การคำนวณหาขนาดเพลลา

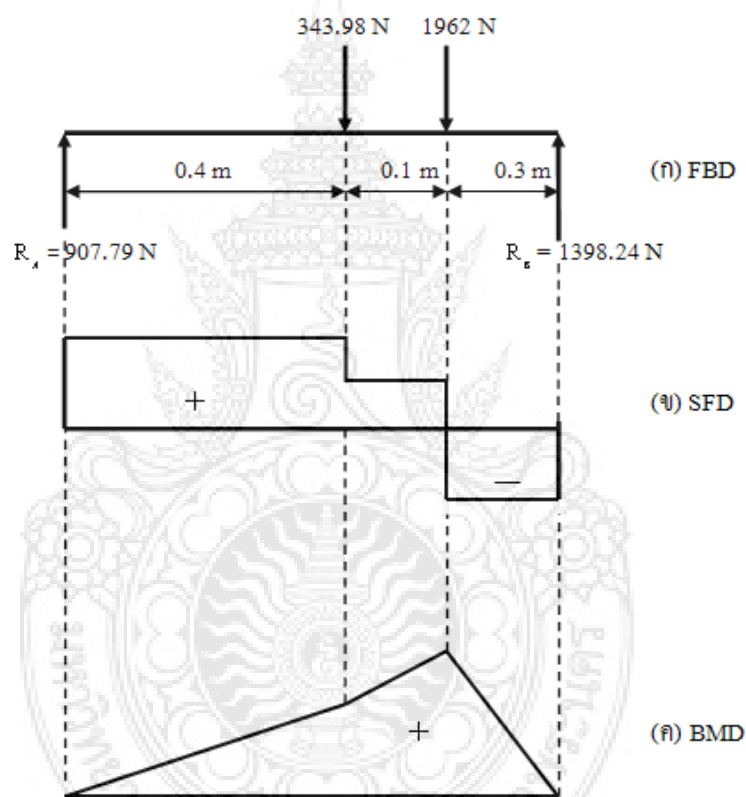
วัสดุที่เลือกใช้ทำเพลลาเป็นเหล็ก

เนื่องจากโค้ดของ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่าเพลลาที่มีร่องลึ้มซึ่งมีอยู่ใช้งานธรรมดาทั่วไป ควรจะมีความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

$$\tau = 41 \text{ MN/m}^2$$

ล้อช่วยแรงก้อนที่ 1 มีมวล 35.1 kg

ล้อช่วยแรงก้อนที่ 2 และ 3 มีมวลรวมเท่ากับ 200 kg



รูปที่ 3.7 แสดงแรงและโมเมนต์ค้ดัดที่กระทำต่อเพลลา

จากรูปที่ 3.7 คำนวณหาแรงปฏิกิริยา R_A , R_B

$$\sum M_A = (343.98 \times 0.40) + (1962 \times 0.50) - (R_B \times 0.8) = 0$$

$$R_B = \frac{(343.98 \times 0.40) + (1962 \times 0.50)}{0.80} = 1398.24 \text{ N}$$

$$\sum M_B = (R_A \times 0.80) - (343.98 \times 0.40) + (1962 \times 0.30) = 0$$

$$R_A = \frac{(343.98 \times 0.40) + (1962 \times 0.3)}{0.80} = 907.74 \text{ N}$$

ฉะนั้น โมเมนต์ดัดที่ A และ B คือ

$$M_A = 907.79 \times 0.40 = 363.11 \text{ N.m}$$

$$M_B = 1398.24 \times 0.30 = 419.47 \text{ N.m}$$

ดังนั้น โมเมนต์ดัดสูงสุดเกิดที่จุด A

จากตารางที่ 2.3 $C_m = 2.0$, $C_t = 2.0$

จากสมการที่ (2.6)

$$d^3 = \left(\frac{16}{\pi \tau} \right) \times \left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$d^3 = \left(\frac{16}{\pi \times 41 \times 10^6} \right) \times \left[(2 \times 26.38)^2 + (2 \times 419.47)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$d = 0.0470 \text{ m}$$

$$= 47.07 \text{ mm}$$

หมายเหตุ เผลอที่มีขายในท้องตลาดนั้นมีขนาดใกล้เคียงกันคือ 47.07 mm. หรือ 50 mm ซึ่งสามารถ ใช้แทนกันได้



รูปที่ 3.8 แสดงการวัดความเร็วลม

3.2.6 อัตราไหลและความเร็วเฉลี่ย

หาค่า Q ได้จาก สมการที่ (2.7)

$$Q = AV$$

หาค่า V ได้จากการวัดความเร็วลมตั้งรูปที่ 3.8 และขนาดของอุโมงค์ลม

$$A = 0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$$

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

แทนค่า $Q = 0.25 \times 11.2$

$$Q = 2.8 \text{ m}^3/\text{s}$$



บทที่ 4

วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ

ในการทำโครงการครั้งนี้หลังจากทำการออกแบบและการสร้างเครื่องทดสอบความสามารถการเบรก จะต้องมีการทดสอบหาระยะทางการเบรกเพื่อทำการประเมิน กลุ่มผู้จัดทำได้ทำการทดสอบและได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบตามขั้นตอนต่างๆดังต่อไปนี้

4.1 การเตรียมการทดสอบ

4.2 วิธีการทดสอบ

4.3 ผลการทดสอบ

4.1 การเตรียมการทดสอบ

4.1.1 การเตรียมชุดทดสอบจานเบรก

1) การเตรียมเครื่องทดสอบ

ทำการตรวจเช็คสภาพเครื่องทดสอบจานเบรก เช่น มอเตอร์ 3 เฟส 20 hp และชุดอุปกรณ์ปรับความเร็ว 20 hp ให้พร้อมใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 เครื่องทดสอบจานเบรก



รูปที่ 4.2 ชุดอินเวอร์เตอร์

2).การเตรียมก้อนมวล

นำก้อนมวลแต่ละขนาดมาชั่งน้ำหนักเพื่อทดสอบหาแรงเบรกที่สามารถทำการทดสอบได้ตามเงื่อนไขที่ถูกกำหนดโดยการทดสอบเริ่มที่มวล 1 kg ถึง 3.5 kg ดังแสดงในรูปที่ 4.3




รูปที่ 4.3 ก้อนมวล

4.1.2 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

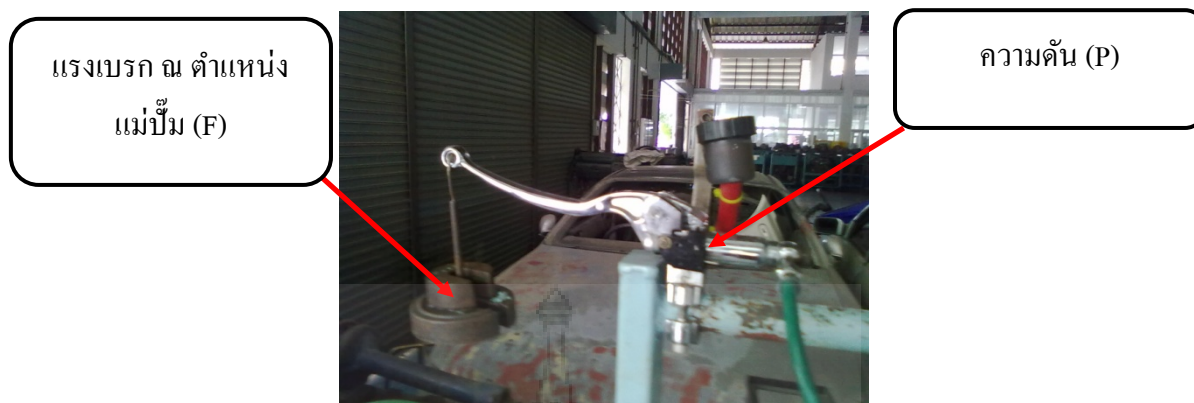
เตรียมจานเบรกแต่ละชนิดโดยนำชิ้นงานทดสอบคือจานเบรก ที่มีลักษณะแตกต่างกัน ได้แก่ จานตัน จานเซาะร่อง และจานเจาะรู ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รูปแบบของจานเบรก

ชนิดจาน	รูปแบบ	พื้นที่ผิวสัมผัส (m^2)
จานตัน		0.034
จานเซาะร่อง		0.030
จานเจาะรู		0.032

4.2 วิธีการทดสอบ

การทดสอบชิ้นงานที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันของจานเบรกจะทำการทดสอบจากจานเบรกทั้งหมด 3 ชนิดจาน คือจานตัน จานเซาะร่อง และจานเจาะรู โดยการปล่อยก้อนมวลเพื่อกดชิ้นส่วนกลไกของแม่ปั๊มเบรกที่ใช้ในการทดสอบที่น้ำหนัก 1 ถึง 3.5 kg ซึ่งจะทำให้เกิดความดันที่ใช้ในการเบรก ดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยจานเบรกจะทำการทดสอบตามเงื่อนไขและสภาวะการทดสอบ ดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.4 การปล่อยตุ้มน้ำหนัก

ตารางที่ 4.2 สภาวะและเงื่อนไขการทดสอบ

มวล (kg)	แรงเบรก ณ ตำแหน่ง แม่ปั๊ม (N)	ความดันที่ ใช้ในการ เบรก (Pa)	อุณหภูมิ (°C)		ความเร็ว (km/hr)	ความเร็ว ลม (m/s)
			ปกติ	สูง		
1	9.81	58.86	60-80	≥ 100	100	11
1.2	11.77	70.62				
2.3	22.56	135.36				
2.8	27.46	146.76				
3.5	34.33	205.8				

4.2.1 การติดตั้งงานเบรก

การนำงานเบรกแต่ละชนิดเข้าไปติดตั้งภายในอุโมงค์ลม วางตำแหน่งของชุดทดสอบให้เหมาะสม โดยให้ทิศทางการไหลของกระแสลมขนานไปกับผิวงานเบรกและจัดให้ตำแหน่งของงานเบรกอยู่กึ่งกลางหน้าตัดของส่วนที่ทำการทดสอบในอุโมงค์ลม ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การติดตั้งชุดทดสอบ

4.2.2.เปิดเครื่องทดสอบงานเบรก

การเปิดเครื่องทดสอบงานเบรกเพื่อควบคุมความเร็วรอบพัลลัมให้คงที่และความเร็วของมอเตอร์ให้เทียบเท่าความเร็วรัศมีทำการของล้อรถจักรยานยนต์เท่ากับ 100 km/hr หรือเท่ากับความเร็วรอบของงานเบรก คือ 886 rpm โดยความเร็วในอุโมงค์อยู่ที่ 11 m/s ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ปุ่มกดสวิตช์สตาร์ท

4.2.3. ปรับตั้งอุณหภูมิตามค่าที่กำหนดตามการทดสอบ

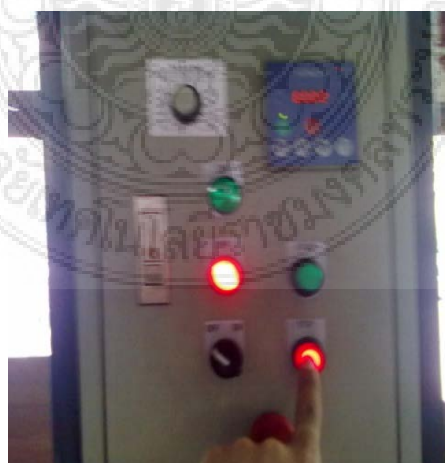
การทดสอบงานเบรกแต่ละชนิด สามารถเปลี่ยนระดับอุณหภูมิก่อนการทดสอบได้ 60°C ถึง 80°C สำหรับการทดสอบแบบช่วงอุณหภูมิปกติและมากกว่า 100°C ขึ้นไปสำหรับการทดสอบแบบช่วงอุณหภูมิสูงเพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ถูกกำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิงานเบรก

4.2.4. ปิดเครื่องทดสอบงานเบรก

การปิดเครื่องทดสอบงานเบรกทำได้โดยการกดสวิตช์หยุดการทำงานของมอเตอร์เพื่อทำให้มอเตอร์หยุดหมุน โดยล้อช่วยแรงจะยังสามารถหมุนไปได้ด้วยแรงของโมเมนต์ดัม ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ปุ่มกดสวิตช์หยุดการทำงานของมอเตอร์

4.2.5.การห้ามเพลลา

การห้ามเพลลาสามารถทำได้โดยการปล่อยก้อนมวลเพื่อกดชิ้นส่วนกลไกของแม่ปั๊มเบรกที่ใช้ในการทดสอบที่น้ำหนัก 1 kg ถึง 3.5 kg ซึ่งจะก่อให้เกิดความดันที่ใช้ในการเบรก ตามเงื่อนไขในการห้ามเพลลา ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การปล่อยตุ้มน้ำหนักเบรก

4.2.6.บันทึกข้อมูลกับเครื่องคอมพิวเตอร์

การเก็บข้อมูลจากเครื่องวัดความเร็วรอบของเพลลาทำได้โดยบันทึกข้อมูลจากเครื่องวัดความเร็วของเพลลาไปยังคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การบันทึกข้อมูล

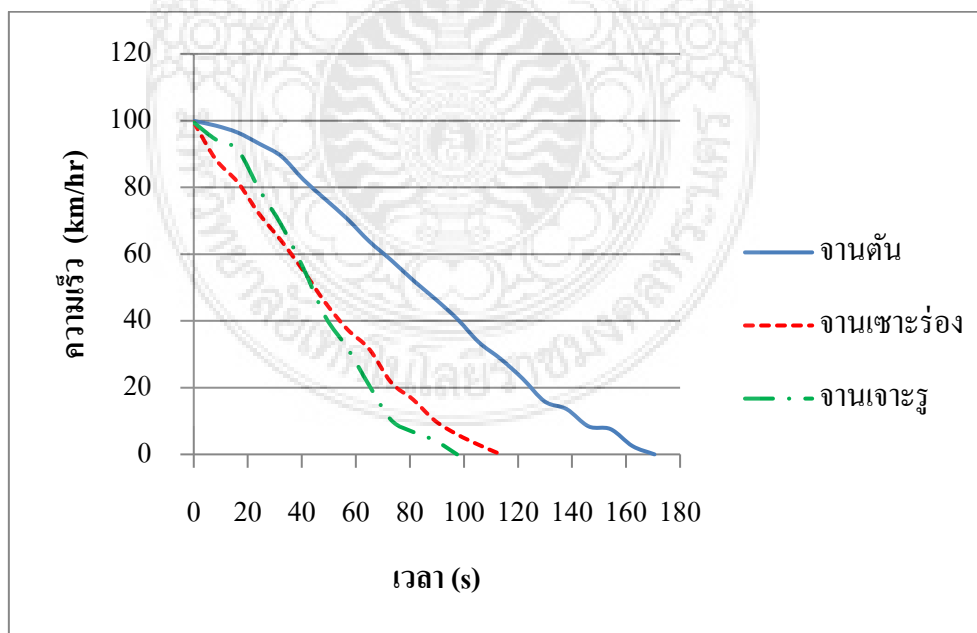
4.3 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบชิ้นงานที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันทั้งหมด 3 ชนิด คือ งานตัน งานเซาะร่อง และงานเจาะรู โดยแต่ละส่วนมีเงื่อนไขในการทดสอบที่เหมือนกัน คือที่อุณหภูมิผิวงานเบรกเริ่มต้นตั้งแต่ 60°C ถึง 80°C สำหรับการทดสอบแบบช่วงอุณหภูมิปกติ และมากกว่า 100°C ขึ้นไป

4.3.1.ผลการทดสอบที่อุณหภูมิปกติ

1) การทดสอบที่มวล 1 kg

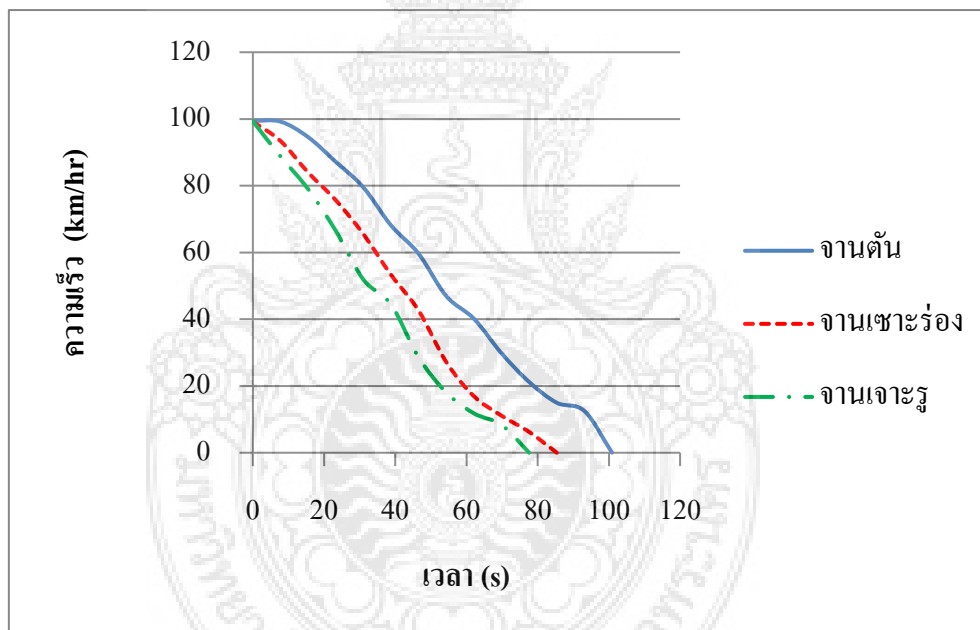
การทดสอบที่มวล 1 kg ซึ่งเทียบเท่าแรงเบรก ณ แม่ปัมเท่ากับ 9.81 N โดยทำการเปรียบเทียบงานเบรกทั้ง 3 ชนิด จากความเร็วเริ่มต้นที่ 100 km/hr พบว่า งานเบรกชนิดตันสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้น้อยที่สุดคือ 0.16 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลาจนถึงหยุดนิ่งเป็นเวลา 170 s ในขณะที่งานเบรกชนิดเซาะร่องสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้ในระดับปานกลางที่ 0.24 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลาจนถึงจุดหยุดนิ่งเป็นเวลา 113 s คิดเป็นความแตกต่างเทียบกับงานเบรกชนิดตันเท่ากับ 34 % และงานเบรกชนิดเจาะรูสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้มากที่สุดที่ 0.28 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลาจนถึงจุดหยุดนิ่งเป็นเวลา 97 s คิดเป็นความแตกต่างเทียบกับงานเบรกชนิดตันเท่ากับ 42 % อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการลดความเร็วที่ได้จากการห้ามเพลาจากงานเบรกทั้ง 3 มีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของงานเบรกแต่ละชนิดที่มวล 1 kg

2) การทดสอบที่มวล 1.2 kg

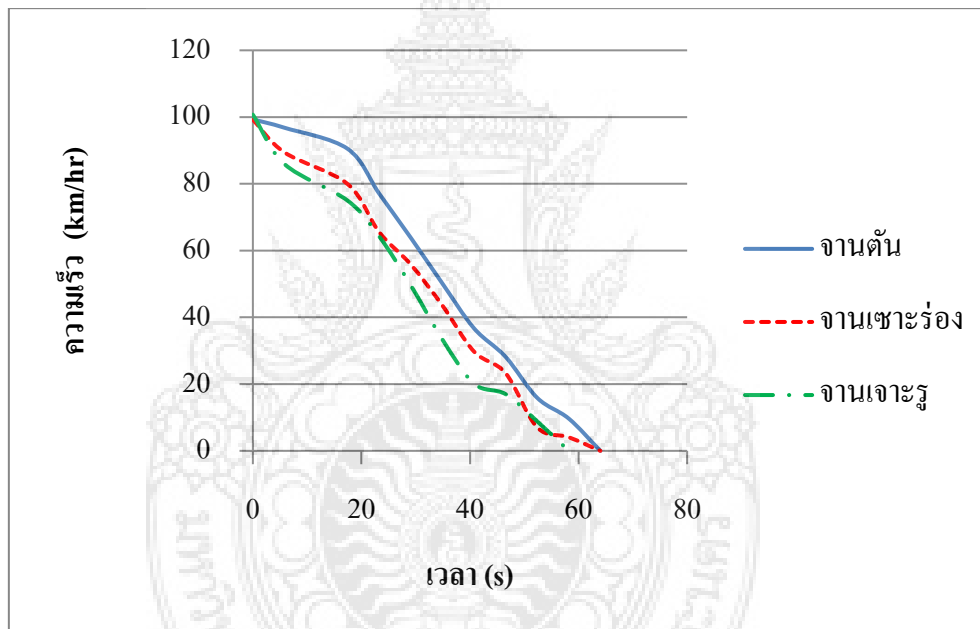
การทดสอบที่มวล 1.2 kg ซึ่งเทียบเท่าแรงเบรก ณ แม่ปัมเท่ากับ 11.77 N โดยทำการเปรียบเทียบจานเบรกทั้ง 3 ชนิด จากความเร็วเริ่มต้นที่ 100 km/hr พบว่า จานเบรกชนิดต้นสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้น้อยที่สุดคือ 0.27 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามพลาดจนถึงหยุดนิ่งเป็นเวลา 100 s ในขณะที่จานเบรกชนิดเซาะร่องสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยในระดับปานกลางได้ที่ 0.29 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามพลาดจนถึงจุดหยุดนิ่งเป็นเวลา 93 s คิดเป็นความแตกต่างเทียบกับจานเบรกชนิดต้นเท่ากับ 7 % และจานเบรกชนิดเจาะรูสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้มากที่สุดที่ 0.32 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามพลาดจนถึงจุดหยุดนิ่งเป็นเวลา 85 s คิดเป็นความแตกต่างเทียบกับจานเบรกชนิดต้น 15 % อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการลดความเร็วที่ได้จากการห้ามพลาดจากจานเบรกทั้ง 3 มีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของจานเบรกแต่ละชนิดที่มวล 1.2 kg

3) การทดสอบที่มีมวล 2.3 kg

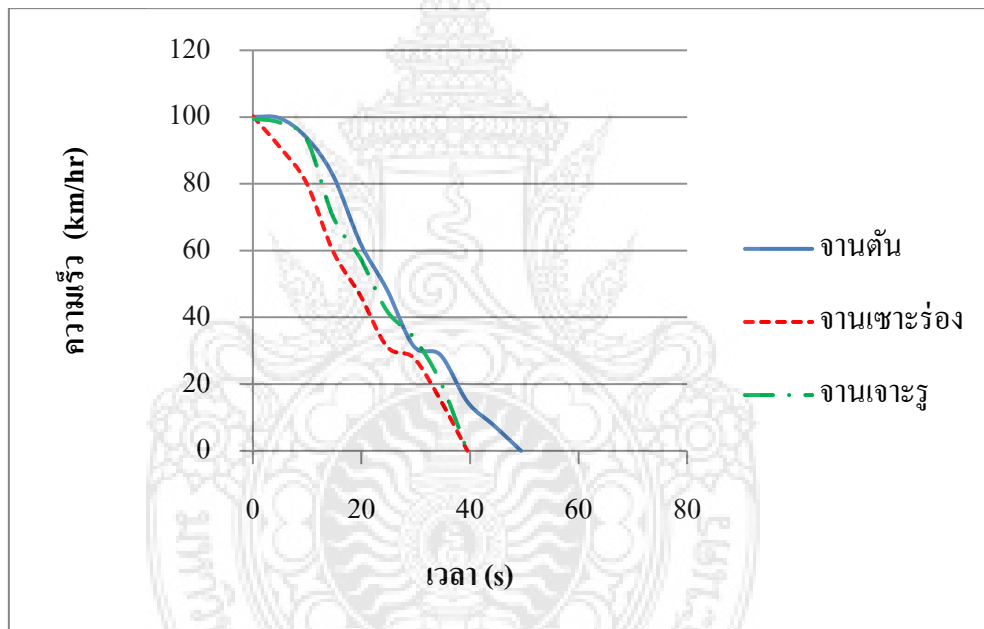
การทดสอบที่มีมวล 2.3 kg ซึ่งเทียบเท่าแรงเบรก ณ แม่ปัมเท่ากับ 22.56 N โดยทำการเปรียบเทียบจานเบรกทั้ง 3 ชนิด จากความเร็วเริ่มต้นที่ 100 km/hr พบว่า ในขณะที่จานเบรกชนิดตัน และชนิดเซาะร่อง สร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้เท่ากันคือ 0.43 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลา คือ เวลา 64 s แต่จานเบรกชนิดเซาะร่องจะมีพฤติกรรมการตอบสนองต่อการห้ามเพลาที่เร็วกว่าจานเบรกชนิดตัน ในขณะที่จานเบรกชนิดเจาะรูสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้ที่ 0.47 m/s^2 ใช้เวลาในการห้ามเพลาจนถึงหยุดนิ่งเป็นเวลา 58 s คิดเป็นความแตกต่างเทียบกับจานเบรกชนิดตันเท่ากับ 9% อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการลดความเร็วที่ได้จากการห้ามเพลาจากจานเบรกทั้ง 3 มีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของจานเบรกแต่ละชนิดที่มีมวล 2.3 kg

4) การทดสอบที่มวล 2.8 kg

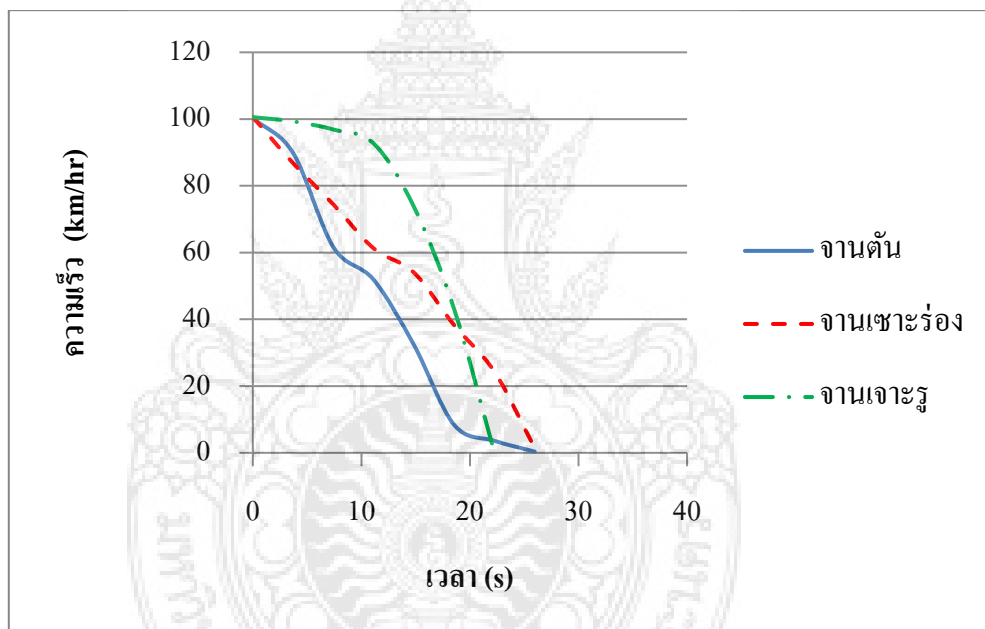
การทดสอบที่มวล 2.8 kg ซึ่งเทียบเท่าแรงเบรก ณ แม่ปัมเท่ากับ 27.46 N โดยทำการเปรียบเทียบจานเบรกทั้ง 3 ชนิด จากความเร็วเริ่มต้นที่ 100 km/hr พบว่า จานเบรกชนิดต้นสร้างอัตราหน่วงได้เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.56 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลาจนถึงหยุดนิ่งเป็นเวลา 49 s ในขณะที่จานเบรกชนิดเซาะร่องและชนิดเจาะรูสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้เท่ากันที่ 0.71 m/s^2 ใช้เวลาในการห้ามเพลาคือ 39 s คิดเป็นความแตกต่างเทียบกับจานเบรกชนิดต้นเท่ากับ 20 % แต่จานเบรกชนิดเซาะร่องจะมีพฤติกรรมการตอบสนองต่อการห้ามเพลาที่เร็วกว่าจานเบรกชนิดเจาะรู อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการลดความเร็วที่ได้จากการห้ามเพลาจากจานเบรกทั้ง 3 มีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของจานเบรกแต่ละชนิดที่มวล 2.8 kg

4) การทดสอบที่มีมวล 3.5 kg

การทดสอบที่มีมวล 3.5 kg ซึ่งเทียบเท่าแรงเบรก ณ แม่ปั๊มเท่ากับ 34.33 N โดยทำการเปรียบเทียบจานเบรกทั้ง 3 ชนิด จากความเร็วเริ่มต้นที่ 100 km/hr พบว่า จานเบรกชนิดตันและเซาะร่องสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้เท่ากันที่ 1.06 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลา คือ 26 s แต่จานเบรกชนิดตันจะมีพฤติกรรมตอบสนองต่อการห้ามเพลาที่เร็วกว่าจานเบรกชนิดเซาะร่อง ในขณะที่จานเบรกชนิดเจาะรูสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้ที่ 1.26 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลาจนถึงหยุดนิ่งเป็นเวลา 22 s คิดเป็นความแตกต่างเทียบกับจานเบรกชนิดตันเท่ากับ 15 % อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมลดความเร็วที่ได้จากการห้ามเพลาจากจานเบรกทั้ง 3 มีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.15

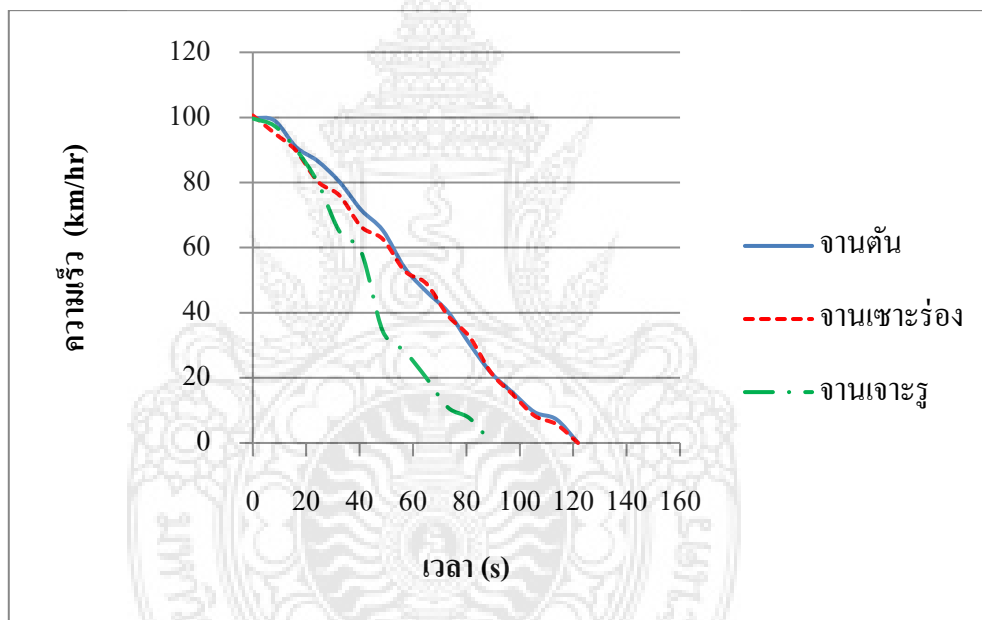


รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของจานเบรกแต่ละชนิดที่มีมวล 3.5 kg

4.3.2.ผลการทดสอบที่อุณหภูมิสูง

1) การทดสอบที่มวล 1 kg

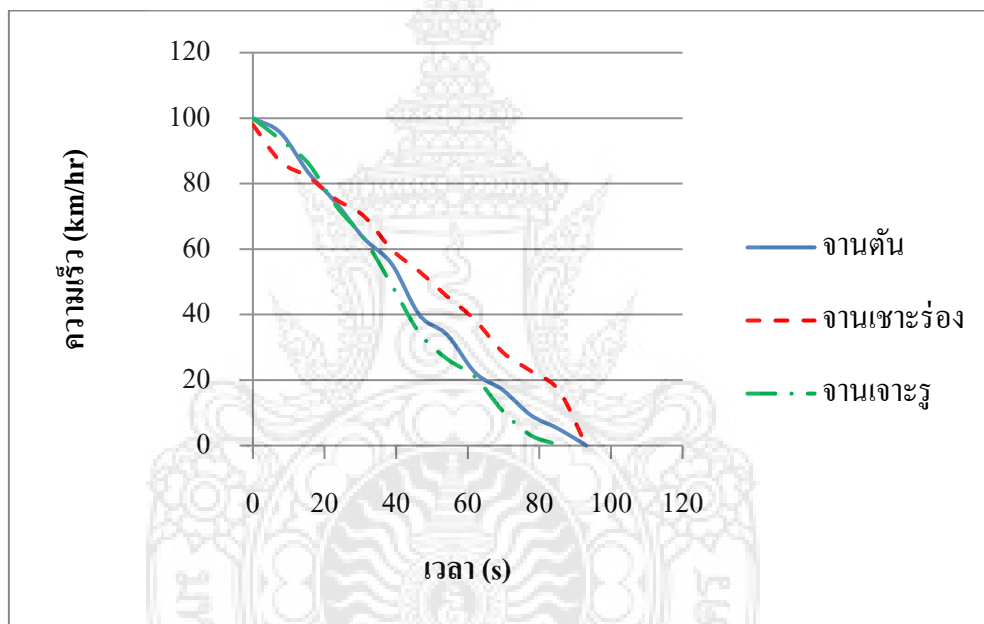
การทดสอบที่มวล 1 kg ซึ่งเทียบเท่าแรงเบรก ณ แม่ปัมเท่ากับ 9.81 N โดยทำการเปรียบเทียบจานเบรกทั้ง 3 ชนิด จากความเร็วเริ่มต้นที่ 100 km/hr พบว่า จานเบรกชนิดตันและชนิดเซาะร่องสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้เท่ากับ 0.22 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลา คือ 121 s โดยจานเบรกชนิดเซาะร่องมีพฤติกรรมการตอบสนองต่อการห้ามเพลาเร็วกว่าจานตัน และจานเบรกชนิดเจาะรูสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้ที่ 0.31 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลาจนถึงหยุดนิ่งเป็นเวลา 89 s คิดเป็นความแตกต่างเทียบกับจานเบรกชนิดตันเท่ากับ 26 % อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการลดความเร็วที่ได้จากการห้ามเพลาจากจานเบรกทั้ง 3 มีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของจานเบรกแต่ละชนิดที่มวล 1 kg ที่อุณหภูมิ ≥ 100

2) การทดสอบที่มีมวล 1.2 kg

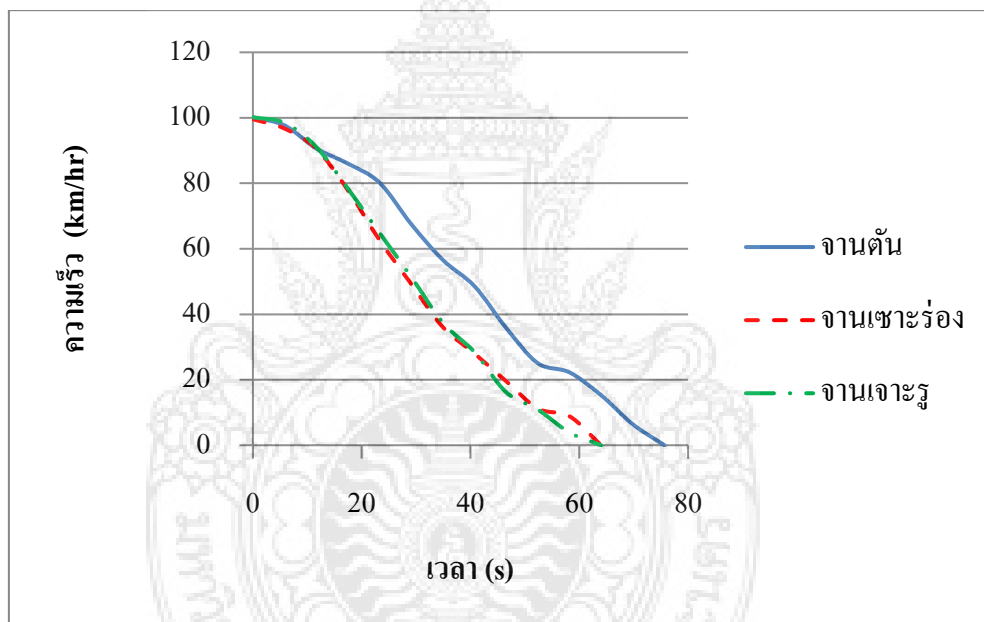
การทดสอบที่มีมวล 1.2 kg ซึ่งเทียบเท่าแรงเบรก ณ แม่ปัมเท่ากับ 11.77 N โดยทำการเปรียบเทียบจานเบรกทั้ง 3 ชนิด จากความเร็วเริ่มต้นที่ 100 km/hr พบว่า จานเบรกชนิดตันและชนิดเซาะร่องสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้เท่ากับ 0.29 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลา คือ 93 s แต่จานเบรกชนิดตันมีพฤติกรรมตอบสนองต่อการห้ามเพลาเร็วกว่าจานเซาะร่อง ในขณะที่จานเบรกชนิดเจาะรูสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้ที่ 0.32 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลาจนถึงหยุดนิ่งเป็นเวลา 85 s คิดเป็นความแตกต่างเทียบกับจานเบรกชนิดตันเท่ากับ 9 % อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการลดความเร็วที่ได้จากการห้ามเพลาจากจานเบรกทั้ง 3 มีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของจานเบรกแต่ละชนิดที่มีมวล 1.2 kg ที่อุณหภูมิ ≥ 100

3) การทดสอบที่มวล 2.3 kg

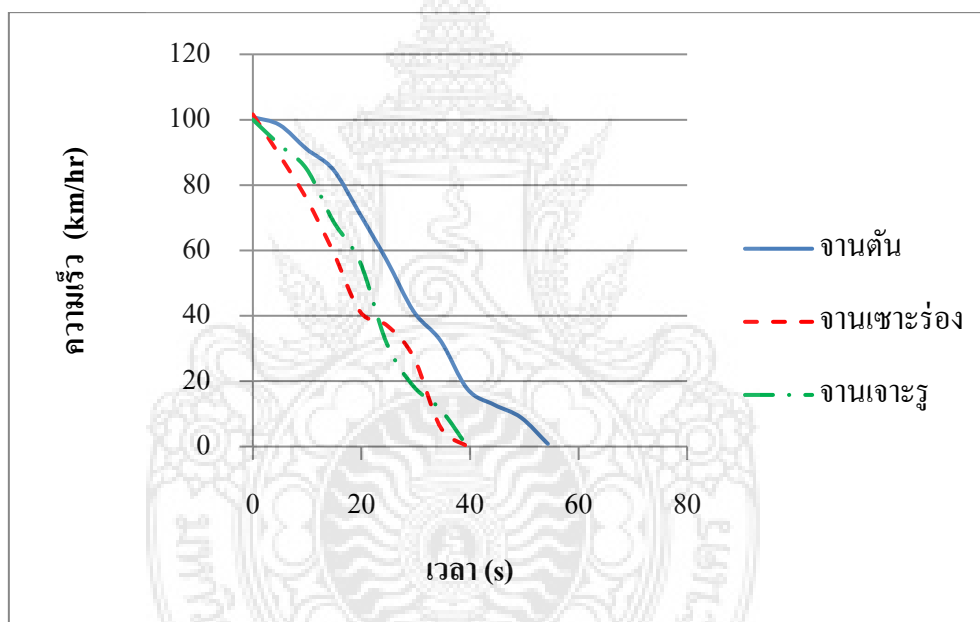
การทดสอบที่มวล 2.3 kg ซึ่งเทียบเท่าแรงเบรก ณ แม่ปัมเท่ากับ 22.56 N โดยทำการเปรียบเทียบจานเบรกทั้ง 3 ชนิด จากความเร็วเริ่มต้นที่ 100 km/hr พบว่า จานเบรกชนิดต้นสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้น้อยที่สุดคือ 0.37 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลาจนถึงหยุดนิ่งเป็นเวลา 75 s ในขณะที่จานเบรกชนิดเซาะร่องและชนิดเจาะรูสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้เท่ากันที่ 0.43 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลาคือ 64 s คิดเป็นความแตกต่างเทียบกับจานเบรกชนิดต้นเท่ากับ 20 % แต่จานเบรกชนิดเซาะร่องมีพฤติกรรมการตอบสนองต่อการห้ามเพลาเร็วกว่าจานเจาะรู อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการลดความเร็วที่ได้จากการห้ามเพลาจากจานเบรกทั้ง 3 มีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของจานเบรกแต่ละชนิดที่มวล 2.3 kg ที่อุณหภูมิ ≥ 100

4) การทดสอบที่มวล 2.8 kg

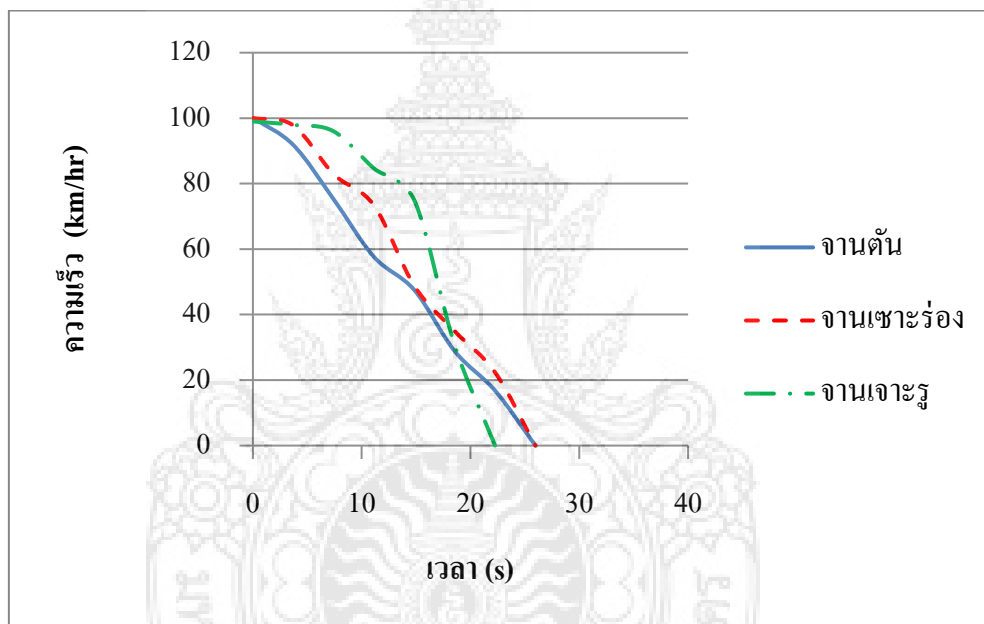
การทดสอบที่มวล 2.8 kg ซึ่งเทียบเท่าแรงเบรก ณ แม่ปัมเท่ากับ 27.46 N โดยทำการเปรียบเทียบจานเบรกทั้ง 3 ชนิด จากความเร็วเริ่มต้นที่ 100 km/hr พบว่า จานเบรกชนิดต้นสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้น้อยที่สุดคือ 0.51 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลาจนถึงหยุดนิ่งเป็นเวลา 54 s ในขณะที่จานเบรกชนิดเซาะร่องและชนิดเจาะรูสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้ที่ 0.71 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลาคือ 39 s คิดเป็นความแตกต่างเทียบกับจานเบรกชนิดต้นเท่ากับ 28 % โดยจานเบรกชนิดเซาะร่องมีพฤติกรรมการตอบสนองต่อการห้ามเพลาเร็วกว่าจานเจาะรู อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการลดความเร็วที่ได้จากการห้ามเพลาจากจานเบรกทั้ง 3 มีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของจานเบรกแต่ละชนิดที่มวล 2.8 kg ที่อุณหภูมิ ≥ 100

5) การทดสอบที่มวล 3.5 kg

การทดสอบที่มวล 3.5 kg ซึ่งเทียบเท่าแรงเบรก ณ แม่ปัมเท่ากับ 34.33 N โดยทำการเปรียบเทียบจานเบรกทั้ง 3 ชนิด จากความเร็วเริ่มต้นที่ 100 km/hr พบว่า จานเบรกชนิดตันและชนิดเซาะร่องสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้เท่ากับ 1.06 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลา คือ 26 s แต่จานเบรกชนิดตันมีพฤติกรรมตอบสนองต่อการห้ามเพลาเร็วกว่าจานเซาะร่อง ในขณะที่จานเบรกชนิดเจาะรูสร้างอัตราหน่วงเฉลี่ยได้ที่ 1.26 m/s^2 โดยใช้เวลาในการห้ามเพลาจนถึงหยุดนิ่งเป็นเวลา 22 s คิดเป็นความแตกต่างเทียบกับจานเบรกชนิดตันเท่ากับ 15 % อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการลดความเร็วที่ได้จากการห้ามเพลาจากจานเบรกทั้ง 3 มีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของจานเบรกแต่ละชนิดที่มวล 3.5 kg ที่อุณหภูมิ ≥ 100

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบความสามารถงานเบรกชนิดต่างๆ

งานเบรก	พื้นที่ ผิวสัมผัส (m^2)	อัตราหน่วยเฉลี่ย (m/s^2)		ความสามารถการเบรกเฉลี่ย ต่อ $\left(\frac{m/s^2}{m^2}\right)$	
		อุณหภูมิปกติ	อุณหภูมิสูง	อุณหภูมิปกติ	อุณหภูมิสูง
งานตัน	0.034	0.604	0.490	17.76	14.41
งานเซาะร่อง	0.030	0.654	0.542	21.80	18.06
งานเจาะรู	0.032	0.608	0.606	19.00	18.93

จากตารางที่ 4.3 พบว่าพฤติกรรมของงานเบรกชนิดตัน งานเซาะร่อง และงานเจาะรูที่ผิวสัมผัส 0.034 0.030 และ 0.032 m^2 ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ณ อุณหภูมิปกติงานตัน งานเซาะร่อง และงานเจาะรู สร้างความสามารถการเบรกเฉลี่ยได้ 17.76, 21.80 และ 19.00 m/s^2 ต่อพื้นที่ผิวสัมผัสงานเบรก 1 m^2 ตามลำดับ ในขณะที่ ณ อุณหภูมิสูง งานตัน งานเซาะร่อง และงานเจาะรูสร้างความสามารถในการเบรกเฉลี่ยได้ 14.41, 18.06 และ 18.93 m/s^2 ต่อพื้นที่ผิวสัมผัสงานเบรก 1 m^2 ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่างานเบรกชนิดเซาะร่องสร้างความสามารถการเบรกสูงสุดโดยแตกต่างจากงานเบรกชนิดตัน 22.74 % ณ สภาวะอุณหภูมิปกติ ในทางตรงกันข้ามสภาวะอุณหภูมิสูง งานเบรกชนิดเจาะรูสร้างความสามารถในการเบรกสูงสุดโดยแตกต่างจากงานเบรกชนิดตัน 25.32 %

บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

บทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการศึกษารวมถึงผลการทดสอบ ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะ ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงระดับผลความสำเร็จของการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการทดสอบ

โครงการนี้ได้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องทดสอบความสามารถการเบรกแบบไดนาโม มิเตอร์ขนาดไม่เกิน 10 แรงม้า และ โมเมนต์ความเฉื่อยไม่เกิน 9.70 kg.m^2 เพื่อใช้เป็นทางเลือกสำหรับการทดสอบในภาคอุตสาหกรรม โดยอ้างอิงสภาวะการทดสอบอุณหภูมิตามมาตรฐาน JASO T204:2001 ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขการทดสอบงานเบรกมาประยุกต์ใช้กับการทดสอบ อีกทั้งนี้ยังมุ่งเน้นไปที่การศึกษา ลักษณะทางกายภาพงานเบรกที่มีผลกระทบต่อระยะทางการเบรก

นอกจากนี้ยังมีความต้องการที่จะศึกษาลักษณะทางกายภาพงานเบรกที่ส่งผลกระทบต่อระยะทางการเบรก โดยทำการทดสอบความสามารถของงานเบรกทั้ง 3 ชนิดคือ งานตัน งานเซาะร่องและงานเจาะรู ในสภาวะอุณหภูมิปกติ (60°C ถึง 80°C) และอุณหภูมิสูง (มากกว่า 100°C) โดยใช้แรงเบรก ณ ตำแหน่งแม่ปั๊มเบรกที่แตกต่างกันระหว่าง 9.81 N ถึง 34.33 N ซึ่งพบว่า ณ อุณหภูมิปกติงานตัน งานเซาะร่อง และเจาะรู สร้างความสามารถในการเบรกเฉลี่ยได้ 17.76, 21.80 และ 19.00 m/s^2 ต่อพื้นที่ผิวสัมผัสงานเบรก 1 m^2 ตามลำดับ ในขณะที่ ณ อุณหภูมิสูง งานตัน งานเซาะร่อง และเจาะรูสร้างความสามารถในการเบรกเฉลี่ยได้ 14.41, 18.06 และ 18.93 m/s^2 ต่อพื้นที่ผิวสัมผัสงานเบรก 1 m^2 ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่างานเบรกชนิดเซาะร่องสร้างความสามารถในการเบรกสูงสุด โดยแตกต่างจากงานเบรกชนิดตัน 22.74 % ณ สภาวะอุณหภูมิปกติ ในทางตรงกันข้ามสภาวะอุณหภูมิสูง งานเบรกชนิดเจาะรูสร้างความสามารถในการเบรกสูงสุด โดยแตกต่างจากงานเบรกชนิดตัน 25.32 %

นอกเหนือจากปัจจัยด้านอุณหภูมียังพบว่าความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพของงานเบรกจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการเบรกได้เด่นชัดในสภาวะการให้แรงเบรกลดลง ณ ตำแหน่งแม่ปั๊ม (การชะลอ

หรือลดความเร็ว) ทั้งการเบรกอุณหภูมิปกติและอุณหภูมิสูง ในทางตรงกันข้ามพฤติกรรมเหล่านี้ได้หายไป ในสภาวะการให้แรงเบรกมาก ณ ตำแหน่งแม่ปั๊ม (การเบรกแบบกะทันหัน) ทั้งการเบรกอุณหภูมิปกติและอุณหภูมิสูง

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ

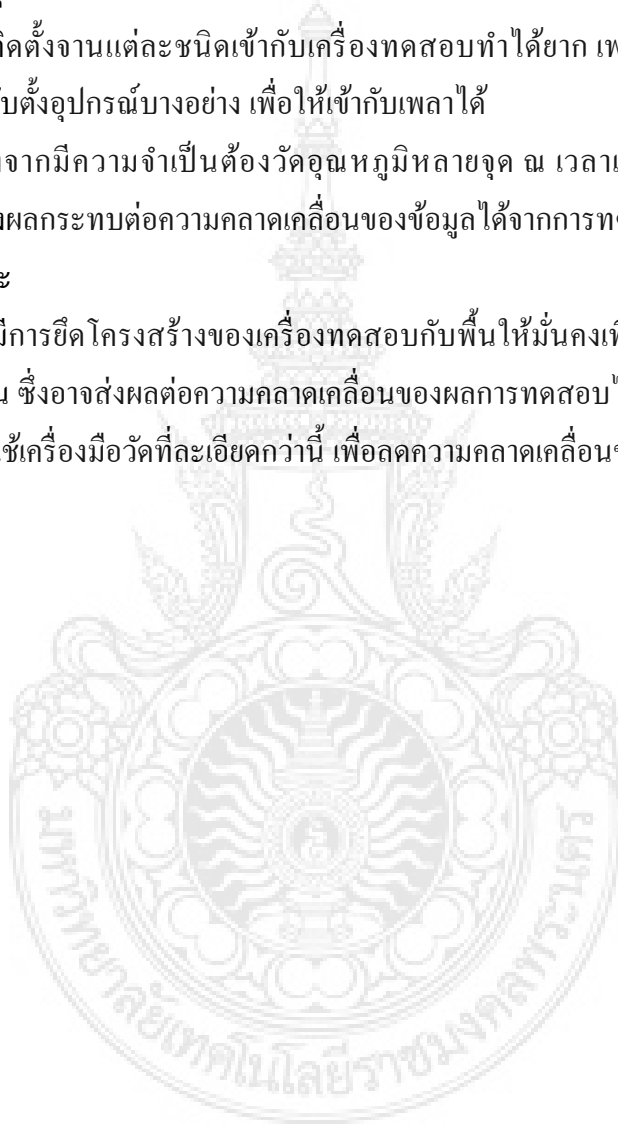
5.2.1 การติดตั้งงานแต่ละชนิดเข้ากับเครื่องทดสอบทำได้ยาก เพราะมีพื้นที่ในการติดตั้งที่จำกัดและต้องปรับตั้งอุปกรณ์บางอย่าง เพื่อให้เข้ากับเพลลาได้

5.2.2 เนื่องจากมีความจำเป็นต้องวัดอุณหภูมิหลายจุด ณ เวลาเดียวกันความแม่นยำของเครื่องมือวัดจึงส่งผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนของข้อมูลได้จากการทดสอบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

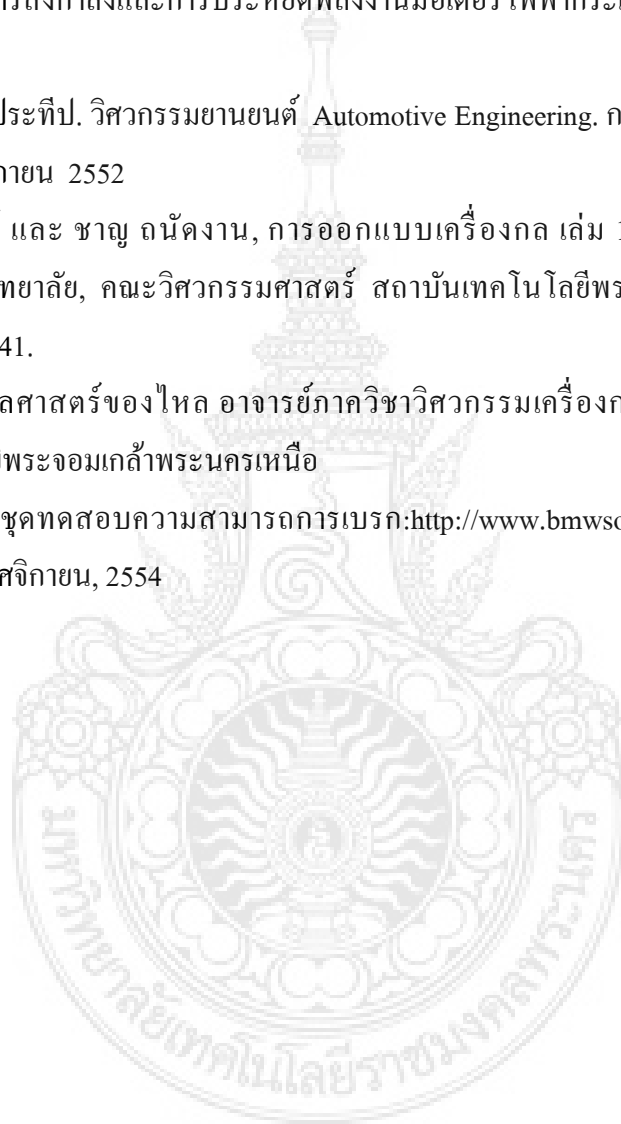
5.3.1 ควรมีการยึดโครงสร้างของเครื่องทดสอบกับพื้นให้มั่นคงเพื่อป้องกันการสั่นสะเทือนขณะเครื่องทำงาน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนของผลการทดสอบได้

5.3.2 ควรใช้เครื่องมือวัดที่ละเอียดกว่านี้ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล จากการทดสอบ



บรรณานุกรม

- [1] ศูนย์วิจัยและทดสอบชิ้นส่วนเบรกแหล่งที่มา:<http://www.bangkokbiznews.com/home/detail/it/technology> ค้นเมื่อ วันที่ 29 พฤศจิกายน, 2553
- [2] Motorcycles – Braking device – Dynamometer test procedures, Japanese Automobile standard, JASO T204:2001
- [3] ถาวร อมตกิตต์, การส่งกำลังและการประหยัดพลังงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ.กรุงเทพมหานคร, เอ็มแอนด์อี, 2545
- [4] ชีระยุทธ สุวรรณประทีป. วิศวกรรมยานยนต์ Automotive Engineering. กรุงเทพฯ, วิทยาพัฒนา. พิมพ์ครั้งที่ 9 พฤศจิกายน 2552
- [5] วรวิทย์ อิงภากรณ์ และ ชาญ อดังงาน, การออกแบบเครื่องกล เล่ม 1. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิมพ์ครั้งที่ 10, 2541.
- [6] ชาญ อดังงาน, กลศาสตร์ของไหล อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [7] รูปแบบมาตรฐานชุดทดสอบความสามารถการเบรก:<http://www.bmwsociety.com/archives/58.asp> ค้นเมื่อ วันที่ 5 พฤศจิกายน, 2554



ภาคผนวก

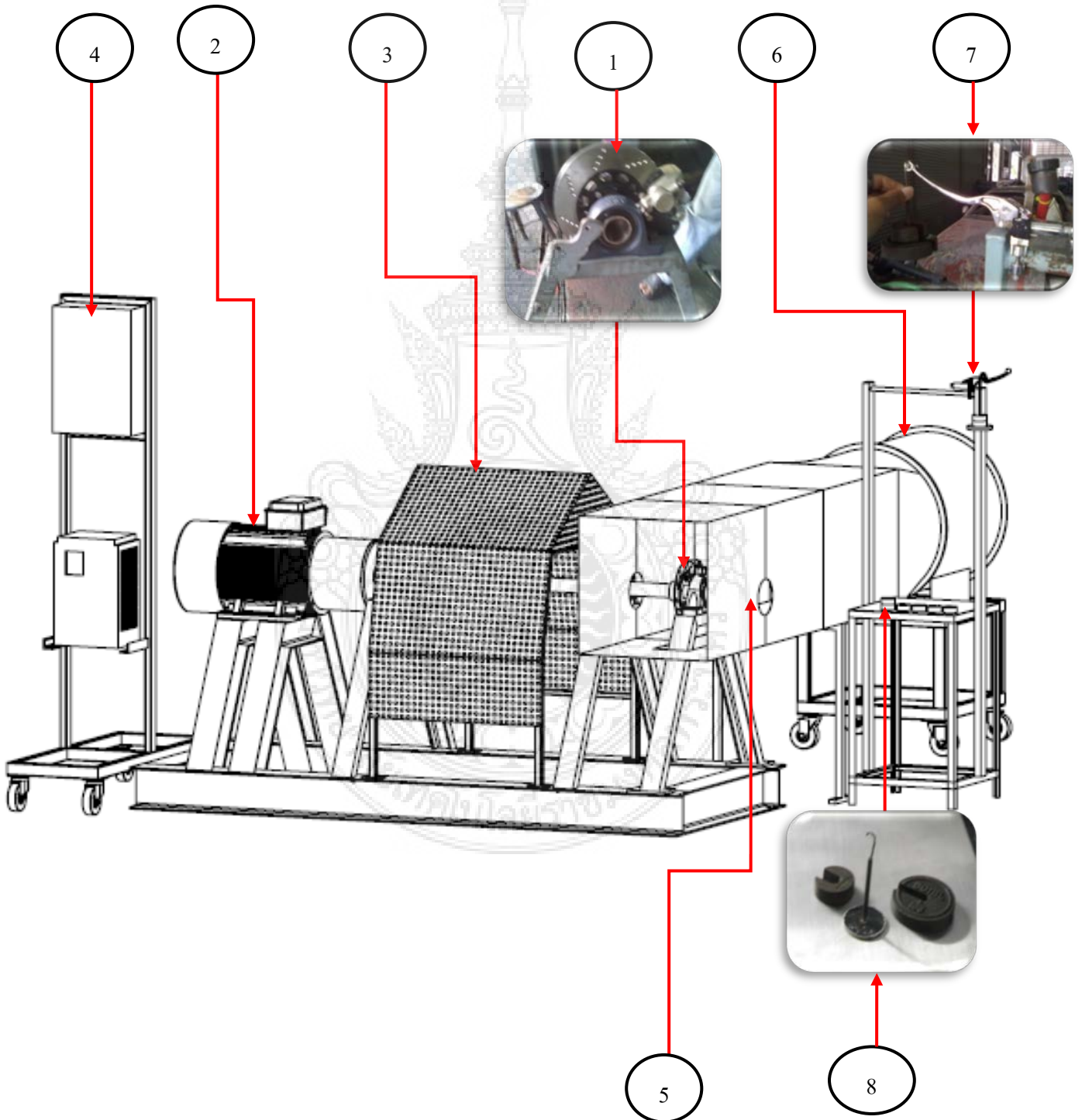


ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้งานเครื่อง



คู่มือการใช้งานเครื่อง

ส่วนประกอบ



ภาคผนวก ข
แบบเครื่องทดสอบ



อธิบายตำแหน่งต่าง ๆ ของชุดทดสอบ

หมายเลข	ส่วนประกอบ
1	จานเบรก
2	มอเตอร์ขับเคลื่อนจานเบรก
3	ฝาครอบล้อช่วยแรง
4	ผู้ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ขับเคลื่อน จานเบรกและมอเตอร์พัฒนา
5	อุโมงค์ลม
6	ชุดมอเตอร์พัฒนา
7	แม่ปั๊มเบรก
8	ก้อนมวล

วิธีการใช้งาน

- 1 ติดตั้งจานเบรกเข้ากับเพลาลแล้วใส่ล้อต้อคให้เรียบร้อย
- 2 ติดตั้งปั้มเบรกเข้ากับจานเบรกแล้วใส่ล้อต้อคให้เรียบร้อย
- 3 นำชุดคู่มือลงมาประกอบสวมเข้ากับชุดจานเบรกแล้วยึดสลักให้แน่น
- 4 ติดตั้งเครื่องวัดรอบกับขาตั้งแล้วยิงสัญญาณไปที่เพลาล
- 5 ต่อสายสัญญาณของเครื่องวัดความเร็วรอบเข้ากับคอมพิวเตอร์
- 6 ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรดเข้ากับขาตั้งแล้วยิงสัญญาณไปที่จานเบรก
- 7 เสียบปลั๊กเปิดเครื่องทดสอบ และคอมพิวเตอร์
- 8 วัดอุณหภูมิที่จานเบรก แล้วทำการเบรก
- 9 เมื่อทำการทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ปิดสวิทซ์ OFF ที่เครื่องทดสอบ

ข้อควรระวังในการใช้งาน

- 1 ก่อนการใช้งานเครื่องทดสอบควรตรวจสอบอุปกรณ์ ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
- 2 ห้ามเล่นกันระหว่างการทดสอบเพราะอาจทำให้เกิดอันตรายได้
- 3 ในขณะที่เครื่องกำลังทำงานจานเบรกมีความร้อนไม่ควรเข้าใกล้
- 4 เมื่อเดินเครื่องทดสอบควรอยู่ใกล้สวิทซ์ควบคุม เพราะเกิดปัญหาสามารถกดปุ่มหยุดฉุกเฉิน (Emergency stop) การทำงานได้โดยทันที

การบำรุงรักษา

- 1 ทำความสะอาดและชโลมน้ำมันบางๆ ที่ส่วนต่างๆ ของเครื่องทดสอบเพื่อป้องกันสนิม
- 2 ทำความสะอาดตัวเครื่องด้วยผ้าสะอาดทุกครั้งหลังใช้งานเสร็จเพื่อป้องกันฝุ่นละออง

ประวัติผู้จัดทำโครงการ



ประวัติผู้จัดทำโครงการ



ชื่อ-สกุล

พะหลา สีแดง

วัน-เดือน-ปีเกิด

16 มิถุนายน 2531

ที่อยู่

16 หมู่ 12 ต. บุ่งคำ

อ.เลิงนกทา จ.ยโสธร 35120

ประวัติการศึกษา

ปวช.

สาขาช่างยนต์

วิทยาลัยเทคนิคอำนาจเจริญ พ.ศ. 2549

ปวส.

สาขาช่างยนต์

โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม พ.ศ. 2551

วศบ.

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2554

โทรศัพท์

08-7376-8671

E-mail address

pahla0873768671@hotmail.com



ประวัติผู้จัดทำโครงการ



ชื่อ-สกุล

ธนาคาร ยิ้มกล้า

วัน-เดือน-ปีเกิด

12 กุมภาพันธ์ 2532

ที่อยู่

4 ต. ตาคลี

อ.ตาคลี จ. นครสวรรค์ 60140

ประวัติการศึกษา

ม. 6

อังกฤษ ไทย สังคม

โรงเรียนตาคลีประชาสรรค์ พ.ศ. 2549

ปวส.

สาขาช่างยนต์

วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ พ.ศ. 2551

วศบ.

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2554

โทรศัพท์

08-4104-4630

E-mail address

kong_1202@hotmail.com



ประวัติผู้จัดทำโครงการ



ชื่อ-สกุล

จักรพันธ์ แจ่มจันทร์

วัน-เดือน-ปีเกิด

30 ตุลาคม 2531

ที่อยู่

308 ซอยประชาราษฎร์ 38/1 ถนนประชาราษฎร์ 1
แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

ปวช.

สาขาช่างยนต์

โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ. พ.ศ. 2549

ปวส.

สาขาช่างยนต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2551

วศบ.

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2554

โทรศัพท์

08-6667-6650

E-mail address

jakapan001@hotmail.com

