สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาถึงประสิทธิภาพของผ้าเบรกจากการทำลวดลาย

Study on brake efficiency from figure design on brake pads

T061877

นาย กัปตัน จตุรงคสัมฤทธิ์
นาย ณัฐพล นาคภิบาล
นาย เดโช ธนโชคจินดา

เลขหมู่.........
เลขทะเบียน 61877
วัน,เดือน,ปี 24 ม.ค. 2549
ว.
ส.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาถึงประสิทธิภาพของผ้าเบรกจากการทำลวดลาย

Study on brake efficiency from figure design on brake pads

นาย กัปตัน จตุรงคสัมฤทธิ์

นาย ณัฐพล นาคภิบาล

นาย เดโช ธนโชคจินดา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาถึงประสิทธิภาพของผ้าเบรกจากการทำลวดลาย

Study on Brake Efficiency from Figure Design on Brake Pads

ผู้จัดทำ

1. นายกัปตัน จตุรงคสัมฤทธิ์ รหัสประจำตัว 44010640
2. นายณัฐพล นาคภิบาล รหัสประจำตัว 44010698
3. นายเดโช ธนโชคจินดา รหัสประจำตัว 44010707

__________________________________อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาถึงประสิทธิภาพของผ้าเบรกจากการทำลวดลาย

นาย กัปตัน จตุรงคสัมฤทธิ์ รหัสประจำตัว 44010640
นาย ณัฐพล นาคภิบาล รหัสประจำตัว 44010698
นาย เดโช ธนโชคจินดา รหัสประจำตัว 44010707
ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

ระบบเบรกเป็นระบบที่มีความสำคัญระบบหนึ่งของรถยนต์ สำหรับหน่วงและหยุดการเคลื่อนที่ของรถยนต์ ประสิทธิภาพของการเบรกสามารถเพิ่มขึ้นได้โดย การเพิ่มความดันของน้ำมันเบรกทำให้มีแรงกดผ้าเบรกเพิ่มขึ้น การเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของผ้าเบรกเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของผ้าเบรกกับจานเบรกให้มากขึ้น และการเพิ่มแรงเสียดทาน เมื่อผ้าเบรกทำงานที่ความร้อนสูงทำให้เกิดเศษผ้าเบรกหลุดออกมาแทรกอยู่ระหว่างผิวสัมผัสของผ้าเบรกและจานเบรกทำให้แรงเสียดทานลดน้อยลง ประสิทธิภาพผ้าเบรกจึงลดลง การทำลวดลายบนผ้าเบรกเพื่อเป็นช่องทางให้เศษผ้าเบรกหลุดออกจากผ้าเบรกได้มากขึ้น จากการทดลองในโครงงานนี้ ผลการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าลวดลายบนผ้าเบรกจะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเบรกอย่างเห็นได้ชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on Brake Efficiency from Figure Design on Brake Pads

Kaptan Jaturongkasumrit
Natthapol Narkpiban
Decho Tanachokjinda
Assist. Prof. Tawatchai Narkpipat Adviser

ABSTRACT

Brake system is an important system of vehicle for slow down and stop moving part. Efficiency of brake can be increased by increasing of brake fluid oil to take more force at brake pads, increasing of brake pad's surface area and increasing of friction force. When brake pad work, it produce brake pad's particle between metal surface and brake pads which make lower both friction force and efficiency . Figured on brake pads can solve this problem. From this experiment shows figured design on brake pads that can remove particle out of brake contact . More efficiency and heat transfer could be clearly seen by experiment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการเรียนวิชา Project ซึ่งนับว่าเป็นโอกาสอันดีที่ทำให้นักศึกษาได้นำความรู้ในภาคทฤษฎีมาทำการปฏิบัติการ เป็นการเพิ่มพูนความรู้ และประสบการณ์ให้แก่นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการทำโครงงานนี้

และข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมาในทุกๆด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นาย กัปตัน จตุรงคสัมฤทธิ์
นาย ณัฐพล นาคภิบาล
นาย เดโช ธนโชคจินดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 สมมุติฐานที่ตั้งไว้	1
1.4 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
บทที่ 2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเบรกรถยนต์	3
2.1 เบรกรถยนต์	3
2.2 ตัวห้ามล้อความฝืด	3
2.3 ประโยชน์ของความฝืดในการเบรก	4
2.4 คุณสมบัติของผ้าเบรก	6
2.5 ช่วงเบรกปรับตัว	7
2.6 แบบของดิสก์เบรก	7
2.7 ชนิดของผ้าเบรก	11
บทที่ 3 เครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก	12
3.1 หลักการทำงานของเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก	12
3.2 อุปกรณ์หลักๆที่ใช้ในเครื่องทดสอบผ้าเบรกประกอบด้วย	12
3.3 การออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ	13
3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องทดสอบ	20
3.5 ภาพเครื่อง	21
บทที่ 4 การออกแบบลวดลาย	22
4.1 การทำงานของลวดลายในการระบายผงเบรก	22
4.2 การออกแบบลวดลายบนผ้าเบรก	22
4.3 ลวดลายที่ออกแบบสำหรับการทดลอง	23
4.4 การเลือกใช้วัสดุ	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
บทที่ 5 วิธีการทดลอง	26
5.1 การวัดประสิทธิภาพผ้าเบรก	26
5.2 การทดลองและวิธีการทดลอง	26
5.3 ความเร็วรอบที่ทดสอบ	27
บทที่ 6 ผลการทดลอง	28
6.1 ผ้าเบรกที่ทำการทดสอบ	28
6.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการเบรกของผ้าเบรกแบบต่างๆ	29
6.3 การทดลองหามุมเอียงที่เหมาะสมสำหรับการทำลวดลายบนผ้าเบรก	47
บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	51
7.1 การวิเคราะห์จากกราฟแสดงผลการทดลอง	51
7.2 สรุปผลการทดลอง	69
7.3 การนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์และพัฒนาต่อไป	70
7.4 ข้อเสนอแนะและวิจารณ์	70
บรรณานุกรม	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
3-1 แสดงแรงบิดของมอเตอร์ที่แต่ละความเร็วรอบของจานเบรก	13
3-2 แสดงการเลือกขนาดมู่เล่โดยเทียบความเร็วรอบที่ทำการทดสอบ	13
4-1 แสดงขนาดพื้นที่ผิวสัมผัสของผ้าเบรกที่ทำการออกแบบลวดลาย	22
5-1 แสดงสภาวะความเร็วรอบและความดันน้ำมันเบรกที่ทำการทดสอบ	27
6-1 แสดงรายละเอียดผ้าเบรกที่ทำการทดสอบ	28
6-2 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm และความดันน้ำมันเบรก 2 kg/cm^2	30
6-3 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm และความดันน้ำมันเบรก2.5 kg/cm^2	31
6-4 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก1.4 kg/cm^2	33
6-5 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.6 kg/cm^2	35
6-6 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2	37
6-7 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm^2	39
6-8 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2	41
6-9 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.2 kg/cm^2	43
6-10 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1266 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2	45
6-11 แสดงผลการทดลองหามุมเอียงที่เหมาะสม ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดัน 1.4 kg/cm^2	47
6-12 แสดงผลการทดลองหามุมเอียงที่เหมาะสม ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดัน 1.6 kg/cm^2	48
6-13 แสดงผลการทดลองหามุมเอียงที่เหมาะสม ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm และความดัน 1 kg/cm^2	49
6-14 แสดงผลการทดลองหามุมเอียงที่เหมาะสม ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm และความดัน 1.4 kg/cm^2	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้าที่
2-1 แสดงเบรกดิสก์แบบก้ามปูเบรกยึดแน่น	8
2-2 แสดงเบรกดิสก์แบบก้านปูเบรกเลื่อน	8
3-1 การทำงานของเครื่อง	12
3-2 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด	18
3-3 แสดงเครื่องวัดความเร็วรอบ	18
3-4 แสดงเครื่องวัดจำนวนรอบ	19
3-5 แสดงเครื่องวัตต์มิเตอร์	19
3-6 แสดงการทำงานของระบบดิสก์เบรกแบบก้ามปูเบรกลอยตัว	20
3-7 แสดงภาพเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก	21
3-8 แสดงภาพเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก	21
4-1 แสดงตัวอย่างการทำลวดลายบนผ้าเบรก	22
4-2 แสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ของฝุ่นผงออกตามลวดลาย โดยแรงเสียดทานและแรงเฉื่อยของอากาศ	23
4-3 แสดงรูปแบบลายตั้งฉากตรง 4ขีด ขนาดจริง	23
4-4 แสดงรูปแบบลายเอียงทำมุม 30องศา ขนาดจริง	23
4-5 แสดงรูปแบบลายเอียงทำมุม 45องศา ขนาดจริง	24
4-6 แสดงรูปแบบลายเอียงทำมุม 60องศา ขนาดจริง	24
4-7 แสดงรูปแบบลายทำมุมโค้งตรงกลาง ขนาดจริง	24
4-8 แสดงรูปแบบลายทำมุมแหลมตรงกลาง ขนาดจริง	24
4-9 แสดงรูปแบบลายตาราง ขนาดจริง	24
4-10 แสดงรูปแบบผ้าเบรกไม่ทำลาย โดยมีพื้นที่สัมผัสเท่ากับผ้าเบรกที่ทำลวดลาย ขนาดจริง	24
4-11 แสดงผ้าเบรกมาตรฐานสำหรับทำการทดสอบ	25
7-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและกำลัง (ที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm , ความดัน 2 kg/cm^2)	51
7-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm และความดันน้ำมันเบรก 2.5 kg/cm^2	52
7-3กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm^2	52
7-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.6 kg/cm^2	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ หน้าที่

7-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบ 873.4rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2 53

7-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบ 873.4rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm^2 54

7-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2 54

7-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.2 kg/cm^2 55

7-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบ 1266 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2 55

7-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและกำลัง ของผ้าเบรกลวดลายเอียงแบบ30,45,60องศา (ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm,ความดัน1.4 kg/cm^2) 56

7-11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและกำลัง ของผ้าเบรกลวดลายเอียงแบบ30,45,60องศา (ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm,ความดัน1.6 kg/cm^2) 57

7-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและกำลัง ของผ้าเบรกลวดลายเอียง แบบ30,45,60องศา (ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm,ความดัน1 kg/cm^2) 57

7-13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและกำลัง ของผ้าเบรกลวดลายเอียงแบบ30,45,60องศา (ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm,ความดัน1.4 kg/cm^2) 58

7-14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm และความดันน้ำมันเบรก 2 kg/cm^2 59

7-15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm และความดันน้ำมันเบรก 2.5 kg/cm^2 59

7-16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm^2 60

7-17กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.6 kg/cm^2 60

7-18กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2 61

7-19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm^2 61

7-20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ หน้าที่

7-21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.2 kg/cm^2 62
7-22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 1266 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2 63
7-23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm และความดันน้ำมันเบรก 2 kg/cm^2 64
7-24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm และความดันน้ำมันเบรก 2.5 kg/cm^2 64
7-25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm^2 65
7-26กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.6 kg/cm^2 65
7-27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2 66
7-28กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm^2 66
7-29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2 67
7-30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.2 kg/cm^2 67
7-31กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 1266 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2 68
7-32 กราฟแสดงค่าความหน่วงทดสอบโดยใช้ล้อช่วยแรง 69
7-33 แสดงเศษผงเบรกที่อยู่ในร่องผ้าเบรก 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เมื่อผ้าเบรกทำงานที่ความร้อนสูง จะทำให้เกิดเศษผ้าเบรกหลุดออกมาแทรกอยู่ระหว่างผิวสัมผัสของผ้าเบรกและจานเบรกทำให้เกิดการลื่นไถล ส่งผลให้แรงเสียดทานลดน้อยลง ประสิทธิภาพผ้าเบรกจึงลดลง โครงงานนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของผ้าเบรกจากการทำลวดลายบนหน้าสัมผัสผ้าเบรกเพื่อทำหน้าที่เป็นช่องทางให้เศษผงผ้าเบรก สามารถหลุดออกจากผิวสัมผัสระหว่างผ้าเบรกกับจานเบรกได้มากขึ้น ทำให้ผ้าเบรกสามารถสร้างแรงเสียดทานได้มากขึ้น และจากพื้นที่ผิวที่เพิ่มขึ้นคาดว่าจะช่วยระบายความร้อนได้มากขึ้น ซึ่งมีผลให้ประสิทธิภาพเบรกสูงขึ้นด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาถึงประสิทธิภาพของผ้าเบรกจากการทำลวดลาย

1.2.2 วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

1.2.3 เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์และพัฒนาต่อไป

1.3 สมมุติฐานที่ตั้งไว้

1.3.1 จากการที่ลวดลายบนผ้าเบรกช่วยลดปริมาณเศษผงที่ผิวผ้าเบรกลง ทำให้ลดการลื่นไถลระหว่างผิวสัมผัสของผ้าเบรกกับจานเบรก ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการเบรกเพิ่มขึ้นส่วนหนึ่ง

1.3.2 สามารถระบายความร้อนได้มากขึ้น จากพื้นที่ผิวในร่องของผ้าเบรกซึ่งทำหน้าที่เสมือนครีบระบายความร้อน

1.3.3 ใช้แรงในการเบรกน้อยลง

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1.4.1 ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรกที่ใช้ในการทดสอบ

14.2 ออกแบบลวดลายและทำผ้าเบรกที่มีลวดลายที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ

1.4.3 ทำการทดสอบเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผ้าเบรกจากการทำลวดลาย

1.4.4 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในโครงงานนี้จะทำการออกแบบและสร้างผ้าเบรกที่มีลวดลายสำหรับทดสอบและสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก เริ่มแรกเราจะศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆแล้วทำการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก จากนั้นจึงออกแบบลักษณะของลวดลายต่างๆแล้วพิจารณาเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลวดลายที่เหมาะสมไปใช้เป็นแบบสร้างชิ้นงานทดสอบ โดยการควบคุมพื้นที่ จากนั้นนำผ้าเบรกที่มีลวดลายต่างๆและแบบไม่มีลวดลายไปทดสอบกับเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาหาประสิทธิภาพของผ้าเบรกจากการทำลวดลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบเบรก

2.1 เบรกรถยนต์

อุปกรณ์เครื่องมือการเบรก เป็นระบบที่สำคัญที่สุดอันดับแรกระบบหนึ่งของยานล้อเลื่อน เพราะเกี่ยวกับความปลอดภัยของชีวิตของผู้ใช้ยานยนต์นั้นและผู้ร่วมใช้ถนนหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง ในสมัยโบราณการประดิษฐ์เบรกของยานล้อเลื่อนต่าง ๆ ใช้หลักการง่าย ๆ โดยการกดก้านเบรกลงบนล้อเพื่อให้ล้อหยุดหมุนเท่านั้น

แต่ปัจจุบันรถยนต์ใช้ล้อสูบลม บรรทุกส่งของจำนวนมาก ๆ ไประยะทางไกล ๆ และแล่นด้วยความเร็วสูง ๆ ด้วยเหตุนี้ ระบบเบรกของรถยนต์ซึ่งได้รับการออกแบบและพัฒนาให้มีความเหมาะสมกับงานทุกอย่างจึงมีความสลับซับซ้อนปรับปรุงอย่างถูกต้อง การหยุดล้อก็ต้องจัดสร้างล้อพิเศษขึ้นเป็นอุปกรณ์สำหรับสำหรับเบรกที่มีความทนทานกับการรับภาระเบรกด้วย

อุปกรณ์เครื่องมือการเบรกของยานล้อเลื่อนต่าง ๆ หรือระบบเบรกของรถยนต์มีหน้าที่ 3 อย่างดังนี้

1. ลดความเร็วของรถให้ลดลง หรือรักษาความเร็วของรถยนต์ให้คงที่ ขณะรถแล่นลงจากเขาหรือทางลาดชัน
2. ทำให้รถหยุดนิ่ง
3. ยึดรถให้อยู่กับที่ ในกรณีที่รถจอดอยู่บนทางลาดชันขณะที่คนขับไม่อยู่ที่นั่น

2.2 ตัวห้ามล้อความฝืด (Friction Brakers)

โดยปรกติตัวรถยนต์จะติดตั้งตัวห้ามล้อความฝืดเป็นเบรกดรัม (drum brake) และเบรกดิสก์ (disc brake) แรงหรือกำลังที่ใช้กระทำให้เบรกทำงานจะส่งผ่านอุปกรณ์ส่งถ่ายพลังงานจากแหล่งกำเนิดไปกดให้ผ้าเบรกเข้าไปปะทะถูกดรัมหรือดิสก์ ซึ่งยึดติดแน่นเป็นอันเดียวหมุนไปกับล้อรถ และพลังงานจลน์ก็จะเปลี่ยนเป็นความร้อนขึ้น

เบรกดรัม เป็นตัวห้ามล้อที่ทำหน้าที่หยุดล้อในการเบรกรถ ดรัมเบรกมีรูปร่างเป็นรูปกระบอกกลมสั้น ๆ ก้ามเบรกสองตัวยึดอยู่ภายในดรัมเบรกและทำงานโดยถ่างออกตามทิศทางการเคลื่อนที่ของรถยนต์ อัดตัวถูกับผิวด้านในแนวเส้นรอบวง

เบรกดิสก์ เป็นระบบพิเศษมีรูปร่างเป็นจานกลมที่มีผิวเรียบทั้งสองข้าง ผ้าเบรกทำงานเป็นมุมฉากกับดิสก์เบรกและทิศทางการเคลื่อนที่ของรถ บีบตัวเข้าทั้งสองข้างบนผิวเรียบของดิสก์เบรกเหมือนกับการบีบปากกาจับงาน

การกดก้ามเบรก (brake shoes) หรือแผ่นเบรก (brake pads) ให้ถูอัดกับหน้าสัมผัสกับตัวห้ามล้อแบบดรัมเบรก หรือดิสก์เบรก เพื่อหยุดการหมุนของล้อเป็นการเบรกรถที่ต้องการได้รับการควบคุมการทำงานอย่างถูกต้อง และใช้วัสดุที่มีความฝืดเป็นพิเศษ พร้อมกันนั้นระหว่างล้อกับผิวของถนนก็ต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความฝืดเพียงพอด้วย ดังนั้นการเบรกที่ดี ผ้าเบรก ดรัมเบรก หรือดิสก์เบรก ยางรถและผิวถนนจะต้องทำงานร่วมกันอย่างเหมาะสม

2.3 ประโยชน์ของความฝืดในการเบรก

ความฝืดเป็นวิธีธรรมชาติที่หน่วงการเคลื่อนที่ เป็นปฏิกิริยาธรรมชาติที่กระทำต่อแรง (น้ำหนัก) ของเคหะวัตถุหนึ่งบนอีกอันหนึ่ง ความฝืดกระทำบนผิวของมันที่จะต้านการเคลื่อนที่บนวัตถุอันอื่นและเปลี่ยนพลังงานการเคลื่อนที่เป็นพลังงานความร้อน ตัวอย่างเช่น ด้วยความฝืดระหว่างเท้าและพื้นถนนเราสามารถเดินได้ และผลจากความฝืดนี้เองเบรกก็สามารถหยุดรถได้ เบรกควบคุมการหมุนของล้อขณะที่รถยนต์มีความเร็ว เปลี่ยนให้เป็นพลังงานจลน์ของรถไปเป็นความร้อน ความร้อนนั้นก็แผ่ออกไปสู่อากาศรอบ ๆ โดยเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ ด้วยเหตุนี้การหล่อเย็นจึงต้องมีอยู่ด้วยแม้ในขณะที่เบรกเสร็จสิ้นการทำงานแล้ว

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความฝืด ในที่นี้คือความฝืดระหว่างผ้าเบรกกับผิวสัมผัสของดรัมและดิสก์ และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของผ้าเบรก

2.3.1 แรง (force)

เป็นปัจจัยอันแรก แรงกระทำต่อผิวความฝืดทั้งสองให้จับกันในทิศทางตั้งฉากกับผิวสัมผัสและทำให้เกิดการต้านทานการเคลื่อนที่ระหว่างกัน จำนวนทั้งหมดของแรงรวมจะกระจายไปทั่วบนผิวสัมผัสมากขึ้นไม่มีผลต่อความฝืดที่จะเพิ่มขึ้น แต่แรงกดและความร้อนบนแต่ละตารางพื้นที่ของผิวสัมผัส ก็จะลดลงเป็นสัดส่วนกลับกัน ดังเช่น ผู้หญิงที่สวมรองเท้าส้นแหลมทำให้เกิดรอยกดบนพื้น ในขณะที่เท้าช้างจะไม่ทำให้เกิดรอยกดขึ้นเลยแต่รองเท้าส้นแหลมจะเกิดการสึกหรอเร็วกว่า และการจับเพลาที่หมุนอยู่ด้วยแรงของมือทั้งสองข้าง ให้เพลาหมุนช้าลงจะง่ายกว่าจับเพียงมือเดียว ด้วยเหตุนี้ผ้าเบรกต้องมีพื้นที่ผิวสัมผัสทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่จะสัมผัสกับดรัมหรือดิสก์ ให้เหมาะกับแรงกดที่กดลงบนผ้าเบรก โดยให้มีการระบายความร้อนมากกว่าและอายุการใช้งานนานที่สุด

2.3.2 สัมประสิทธิ์ความฝืด (Coefficient of Friction)

เป็นปัจจัยอันดับที่สอง ด้วยเหตุการณ์ธรรมชาติหรือคุณภาพของวัสดุ ทำให้เกิดผิวสัมผัสที่มีความฝืดระหว่างผิวสัมผัสที่เรียบทั้งสองที่ถูสัมผัสกัน จำนวนความต้านทานการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับความฝืดระหว่างกันว่าจะมากหรือน้อย สัมประสิทธิ์ความฝืดหรือสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสามารถอธิบายเป็นอัตราส่วนของแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปบนผิวหารด้วยน้ำหนักของวัตถุหรือแรงตั้งฉากกับผิวสัมผัส ที่กดให้ผิวสัมผัสติดกัน ดังตัวอย่างแรงดึง 45 นิวตัน ลากให้วัตถุหนัก 100 นิวตัน เลื่อนไปบนผิวราบด้วยความเร็วคงที่ อัตราส่วนของแรงลากกับน้ำหนักคือสัมประสิทธิ์ความฝืดเท่ากับ 0.45 คือแรง 45 นิวตันหารด้วยน้ำหนัก 100 นิวตัน

ความฝืดของผ้าเบรก

ถ้าเบรกทำงานมีสัมประสิทธิ์ความฝืดสูงเกินไป ก็จะเกิดการถูผ้าเบรกและดรัมหรือดิสก์สึกหรอเร็ว ด้วยเหตุนี้การผลิตผ้าเบรกของรถยนต์จึงมีการจำกัด และแบ่งเกรดค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดของผ้าเบรกออกเป็นขั้น ๆ คือ ต่ำ, กลาง, กลางค่อนข้างสูงและสูง โดยมีช่วงของสัมประสิทธิ์ความฝืดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความฝืดต่ำ	0.25 - 0.30
ความฝืดปานกลาง	0.30 - 0.35
ความฝืดปานกลางค่อนข้างสูง	0.35 - 0.40
ความฝืดสูง	0.40 - 0.45

การเลือกค่าของคุณสมบัติทางความฝืดเป็นสิ่งสำคัญประกอบขึ้นด้วยความแตกต่างในการออกแบบเบรกที่ขึ้นกับ น้ำหนักรถ ขนาดล้อ และความต้องการในประสิทธิภาพเบรกและความปลอดภัยในการหยุดรถด้วยจำนวนแรงที่ให้ในการเบรกน้อยที่สุด

2.3.3 ความร้อน

ความฝืดและความร้อนเป็นตัวทำให้เกิดการสึกหรอ ขึ้นที่ผิวสัมผัสของเบรก การสัมผัสที่ดีเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ผิวสัมผัสกระจายความดันไปทั่วพร้อมกับกระจายความร้อนออกไปมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

ในขณะที่ทำการเบรกความเร็วและน้ำหนักของรถเป็นปัจจัยต่อการเบรก ซึ่งหมายถึงจำนวนพลังงานที่จะต้องเปลี่ยนเป็นความร้อนและความร้อนนี้ดูดซึมเข้าดรัมและดิสก์ และแผ่ออกไปสู่อากาศรอบ ๆ ความเร็วของรถยนต์ที่ลดลงเป็นพลังงานที่เปลี่ยนเป็นความร้อนและรถยนต์จะหยุดเมื่อพลังงานทั้งหมดของการเคลื่อนที่ได้เปลี่ยนไปเป็นความร้อนหมดแล้ว ดรัมเบรก หรือ ดิสก์เบรกจะร้อนขึ้นเนื่องจากการรับความร้อนจากการเบรกและความร้อนจะลดลงเมื่อแผ่กระจายความร้อนออกไป

2.3.4 ผลจากน้ำหนักของรถที่มีผลต่อการเบรก

1. น้ำหนัก ถ้าน้ำหนักของรถเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าพลังงานของการเคลื่อนที่ที่จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนจะเป็นสองเท่าด้วย

2. ผลที่เกิดจากความเร็วที่สูงกว่าจะมีต่อการเบรกผลมากกว่าผลที่เกิดจากน้ำหนัก เมื่อความเร็วของรถยนต์เพิ่มขึ้น 2 เท่า พลังงานของการเคลื่อนที่จะเกิดขึ้น 4 เท่า ผลที่ตามมาคือ ถ้าความเร็วเพิ่มขึ้นสองเท่า การเบรกจะต้องดูดซึมและแผ่กระจายความร้อนเป็น 4 เท่า และถ้าน้ำหนักของรถยนต์เพิ่มขึ้นอีก 2 เท่า การเบรกจะต้องดูดซึมและแผ่กระจายความร้อนเป็น 4 เท่า และจากน้ำหนักของรถยนต์เพิ่มขึ้นอีก 2 เท่า การเบรกจะต้องดูดซึมและแผ่กระจายความร้อนจะเพิ่มขึ้นเป็น 8 เท่า

2.3.5 ความสามารถทั้งหมดของการเบรก

ความสามารถในการหยุดรถขณะที่รถยนต์รับภาระของน้ำหนักทั้งหมดที่ความเร็วต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับหลายสิ่ง คือ

1. จำนวนพื้นที่ของผิวหน้าผ้าเบรก
2. รัศมีของดรัมเบรกหรือดิสก์เบรก
3. รัศมีหมุนของล้อและยาง
4. สัมประสิทธิ์ความฝืดระหว่างดรัมเบรกหรือดิสก์เบรก กับผ้าเบรกซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ขึ้นกับสภาพความสึกหรอ ผลของความชื้น ความสกปรก และความร้อน
5. สัมประสิทธิ์ความฝืดระหว่างยางกับผิวถนนซึ่งเปลี่ยนแปลงไปกับผิวหน้าของดอกยาง ผิวหน้าถนนและสภาพของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การปรับตั้งแก้ไขหน้าสัมผัสที่สัมผัสกันระหว่างผ้าเบรกกับดรัมเบรกหรือดิสก์เบรกที่ถูกต้อง หรือการปรับศูนย์ก้ามเบรกและการตั้งเบรก
7. การควบคุมแรงที่กระทำบนผ้าเบรกให้กดบนดรัมเบรกหรือดิสก์เบรก
8. การออกแบบติดตั้งก้ามเบรกหมายถึงแบบของตัวห้ามล้อ

2.4 คุณสมบัติของผ้าเบรก

ผ้าเบรกที่ใช้อย่างเหมาะสมกับเบรกดรัมในระบบเบรกไฮดรอลิก เป็นผ้าเบรกที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดสูงหรือกลาง-สูง ส่วนผ้าเบรกที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดต่ำใช้ในรถบรรทุก รถบัส และรถพ่วง ซึ่งรถเหล่านี้ใช้ระบบเบรกกำลังหรือเบรกลม การใช้ผ้าเบรกที่มีความฝืดสูงเกินไปเป็นผลให้เกิดเบรกล้อตายอย่างรุนแรง ด้วยคันเหยียบเบรกที่มีความไวสูง ผ้าเบรกที่มีความฝืดต่ำเกินไปเป็นผลให้ทำการหยุดรถยากขึ้นเพราะว่าคันเบรกแข็งทื่อ

คุณสมบัติอื่น ๆ ของผ้าเบรกนอกจากค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดที่เหมาะสม ก็ยังมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อรับแรงกดไม่บวมหรือขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน มีการเปลี่ยนแปลงน้อยต่อสภาพการที่เปียกหรือเฉอะแฉะ เป็นอิสระจากรอยขีดข่วนของดรัม เงียบและไม่มีกลิ่นและเสียงขณะเบรก และมีอายุการใช้งานยาวนานด้วยการสึกหรอที่เหมาะสมในช่วงความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเบรก

การร้อนจัดของผ้าเบรกเป็นการเร่งการสึกหรอของตัวผ้าเบรก ความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นเหตุจากความฝืดของผิวที่สัมผัสกัน การสัมผัสต้องกระจายไปทั่วบนผิวสัมผัสของผ้าเบรกและดรัมเบรกเพื่อควบคุมความดันและความร้อนที่เกิดขึ้น และช่วยในการกระจายความร้อนให้ถ่ายเทออกไปด้วย จากเหตุผลดังกล่าวรถที่รับภาระงานหนักและรถโดยสารจึงนิยมใช้ล้อและดรัมเบรกขนาดเล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับความกว้างของผ้าเบรกที่ใช้เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสที่จำเป็นที่ต้องใช้งานให้มากขึ้น เพื่อให้ตัวห้ามล้อมีแรงกระตุ้นก้ามเบรกเพิ่มมากขึ้น ระบบเบรกก็จะมีกำลังในการหยุดรถที่บรรทุกน้ำหนักเกินหรือ รถที่มีสภาพการเบรกอย่างรุนแรงได้ดี และสิ่งที่สำคัญอีกประการคือเมื่อช่างซ่อมเบรกประกอบผ้าเบรกที่ไม่เรียบหรือมีผิวสัมผัสเป็นจุด สาเหตุเหล่านี้ทำให้เพิ่มต้องความกดดันสัมผัสที่เป็นจุด มากขึ้น เกิดความร้อนสูงขึ้นทำให้ผ้าเบรกร้อนจัด การร้อนจัดเป็นผลให้ผ้าเบรก ได้รับเสียหายและมีคุณภาพต่ำลงหรือผ้าเบรกเสื่อม (lining fade) เมื่อความฝืดลดลงจะทำให้การเหยียบคันเบรกแข็งมากหรือเบรกทื่อ และต้องใช้ระยะทางในการเบรกยาวขึ้น การหยุดรถทันทีทันใดด้วยความตกใจขณะที่รถวิ่งด้วยความเร็วสูงมาก ๆ นั้นทำให้ผ้าเบรกบางลงและเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าผ้าเบรกมีคุณสมบัติคืนตัวได้ ตัวผ้าเบรกก็จะสามารถใช้เบรกได้ดีเป็นปกติธรรมดาในเวลาที่จะใช้เบรกในครั้งต่อไปได้อีก อย่างไรก็ตามถ้าผ้าเบรกเกิดร้อนจัดติดต่อกันอยู่เรื่อย ๆ ในที่สุดผ้าเบรกก็จะเลยจุดคืนคุณสมบัติ แล้วก็จะกลายเป็นการเสื่อมสภาพอย่างถาวร ผ้าเบรกที่ไหม้เกรียมจากการร้อนจัดจะมีผิวหน้าเป็นเงามันแข็งเหมือนแก้วหรือผิวหน้ามีรอยแตก เป็นผ้าเบรกที่เสื่อมสภาพจะทำให้เกิดเสียงดังขณะเบรกด้วย

อย่างไรก็ตามผ้าเบรกที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดก็ยังมีความต้องการหรือความจำเป็นที่จะต้องได้รับการประกอบติดตั้งให้ได้ศูนย์เที่ยงตรง และการตั้งเบรกในตอนแรกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ช่วงเบรกปรับตัว (brake-in)

ผ้าเบรกที่เปลี่ยนใหม่ซึ่งต้องผ่านการเจียระไนให้เรียบและได้ฉาก ดังนั้นผิวหน้าที่มีความฝืดของผ้าเบรกที่โค้งเข้ากับดรัมต้องผ่านการเบรกปรับตัว (brake-in) เพื่อให้ผ้าเบรกปรับตำแหน่งสัมผัสเข้ากับดรัมอย่างมีประสิทธิภาพ ภายในระยะทางประมาณ 400 กม. บางครั้งจะเกิดการไหม้ (burn-in) บนผิวหน้าผ้าเบรกที่เจียระไนมาใหม่ ๆ จนผิวเป็นมันลื่นแล้วแนบสนิทเข้ากับดรัมหลังจากใช้ไปช่วงเวลาหนึ่ง เพราะเมื่อติดตั้งผ้าเบรกได้ดีเรียบร้อยแล้วจะมีจุดสัมผัสบางจุดที่สูงกว่าที่อื่น ซึ่งจะให้ก้ามเบรกดีดตัวหนีออกจากดรัมและเวลาเบรกก็มีเสียงดัง แต่ไม่นานเมื่อเลยช่วงเบรกปรับตัวไปแล้วจุดสัมผัสก็นี้จะสึกหรอออกไปเอง

2.6 แบบของดิสก์เบรก

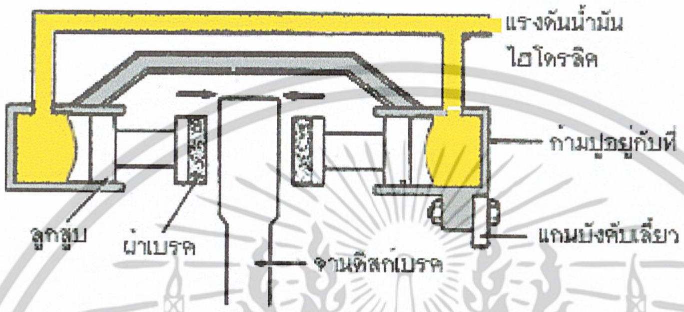
เบรกดิสก์ ประกอบด้วย จานเหล็กหล่อหนาซึ่งหมุนไปกับล้อของรถเรียกว่า ดิสก์ (disce) หรือดิสก์เบรก (brake discs) ส่วนหนึ่งของดิสก์เบรกจะครอบโดย ก้ามปูเบรก (caliper) ซึ่งติดตั้งกระบอกสูบและลูกสูบท่อทางเดินน้ำมันเบรกของระบบไฮดรอลิก และตัวเบรกหรือ แผ่นเบรก (brake pads) เพื่อกดปะทะกับดิสก์ให้รถหยุดหรือชะลอความเร็วลง เพราะว่าแผ่นเบรกสัมผัสกับดิสก์เป็นมุมตั้งฉากกันขณะเบรกแผ่นเบรกจะเคลื่อนที่เข้าบีบกับดิสก์ แต่การหมุนของดิสก์จะเหวี่ยงให้แผ่นเบรกถอยตัวออกมา ผลที่ติดตามมาก็คือ ระบบเบรกดิสก์แผ่นเบรกไม่มีแรงกระตุ้นตัวเอง หรือกำลังงัด และแผ่นเบรกถอยกลับเองโดยไม่ต้องมีสปริงดันตัวแผ่นเบรกออก หรือจะพูดว่าเบรกดิสก์เป็นระยะตั้งเบรกอัตโนมัติ ดังนั้นเบรกดิสก์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจึงไม่ต้องมีการตั้งเบรกหมือนกับเบรกดรัม เพราะเมื่อยกเลิกการเบรกแรงกระตุ้นที่กระทำต่อผ้าเบรกเพียงแต่คลายตัวลงโดยที่ระยะฟรีผ้าเบรกเกือบจะเป็นศูนย์ และถ้าดิสก์เบรกหมุนสะบัดหรือสั่นเกินกว่าธรรมดา 0.5-1.2 มม. แผ่นเบรกก็ได้รับการเหวี่ยงให้ถอยออกจากดิสก์เบรกไกลกว่าการทำงานในสภาพที่ดีได้เนื่องจากผ้าเบรกดิสก์ไม่มีแรงกระตุ้นตัวเอง จึงต้องการแรงกระตุ้นที่กระทำต่อแผ่นเบรกมากกว่าดรัมเบรกที่มีความสามารถเบรกเท่ากัน ดังนั้นรถส่วนมากที่ใช้เบรกดิสก์จะต่อเชื่อมกับอุปกรณ์เบรกกำลังแบบช่วยเสริมการเบรก เพื่อช่วยเพิ่มแรงกดกระตุ้นแผ่นเบรกให้มากขึ้น

โดยที่เพียงส่วนหนึ่งของดิสก์เบรกครอบอยู่ด้วยก้ามปูเบรก ดิสก์เบรกจึงได้รับการหล่อเย็นด้วยอากาศได้ง่าย และในการเบรกที่เปียกน้ำหรือถูกสิ่งสกปรก จะได้รับการปั่นหรือเหวี่ยงออกอย่างเร็ว ด้วยแผ่นหลังซึ่งบางครั้งเรียกว่า กระบังน้ำ อันเป็นตัวป้องกันหน้าสัมผัสด้านในของดิสก์ที่ไม่ได้ครอบอยู่โดยก้ามปูเบรกกระบอกสูบและลูกสูบจะมียางกันฝุ่นเปื้อนเป็นตัวป้องกันฝุ่นและความชื้นที่จะเข้าไปได้

เนื่องจากแผ่นเบรกของเบรกดิสก์ไม่มีแรงกระตุ้นตัวเองและกำลังงัดตัว จึงต้องการแรงกดที่กระตุ้นให้แผ่นเบรกอัดเข้ากับดิสก์มากขึ้น จึงต้องการกระบอกเบรกไฮดรอลิกที่มีขนาดโตกว่า และต้องการลดเนื้อที่การติดตั้งให้น้อยลง การออกแบบระบบขับเลี้ยวของล้อหน้าที่ได้รับการพัฒนาสามารถติดตั้งระบบเบรกเข้าไปกับระบบเบรกหยุดรถในระบบเบรกดิสก์ และง่ายต่อการซ่อมปรับปรุง ด้วยเหตุที่กล่าวมาหลายประการข้างต้น เบรกดิสก์จึงได้รับการพัฒนาออกแบบสร้างให้ก้ามปูเบรกมีหลายแบบดังนี้

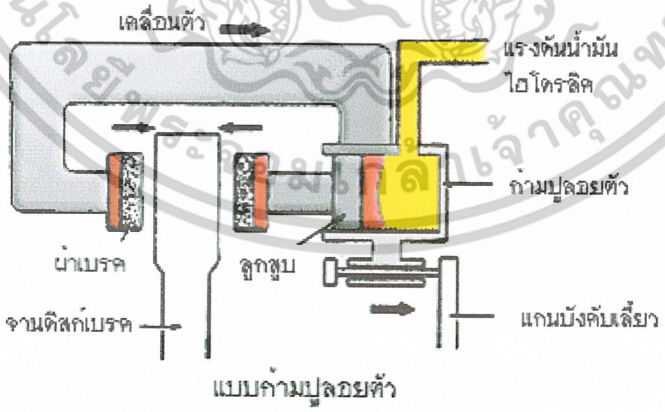
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 เบรกดิสก์แบบก้ามปูเบรกยึดแน่น (Fixed Caliper Type) ก้ามปูเบรกของเบรกดิสก์แบบนี้ออกแบบให้ยึดติดแน่นตายตัวกับตัวยึดก้ามปูเบรก (anchor plate) วางคร่อมอยู่ระหว่างดิสก์ มีกระบอกเบรกติดตั้งทั้งสองข้างของดิสก์เบรกข้างละตัวหรือมากกว่า เมื่อเหยียบเบรกน้ำมันเบรกในระบบเบรกไฮดรอลิกมีความดันเกิดขึ้นจากแรงเหยียบเบรกที่กระทำต่อลูกสูบแม่ปั้มเบรก ด้วยความดันของน้ำมันเบรกนี้จะไปกระทำให้ลูกสูบในกระบอกเบรกดันแผ่นเบรกเข้าทั้งสองข้างของดิสก์พร้อม ๆ กันโดยเคลื่อนที่ผ่านระยะฟรีผ้าเบรกกดให้แผ่นเบรกเข้าประทะกับดิสก์ที่หมุนอยู่ด้วยแรงที่เท่ากัน



รูป2-1 แสดงเบรกดิสก์แบบก้ามปูเบรกยึดแน่น

2.6.2 เบรกดิสก์แบบก้ามปูเบรกเลื่อน (Sliding Caliper Type) เบรกดิสก์แบบนี้มีกระบอกเบรกติดตั้งอยู่ด้านในของดิสก์เพียงด้านเดียว ลูกสูบจะมีแรงกระทำต่อแผ่นเบรกโดยตรง ทำให้แผ่นเบรกตัวในเดินเข้าไปประทะกับดิสก์ พร้อมกันนั้นทางด้านหลังของกระบอกเบรกจะดันให้ก้ามปูเบรกเลื่อนตัวถอยเข้าทางด้านในของตัวรถด้วยในทิศทางตรงข้ามกับลูกสูบ บีบให้แผ่นเบรกด้านนอกอีกแผ่นหนึ่งกดเข้ากับดิสก์ด้านนั้น ผ้าเบรกจึงกดเข้ากับดิสก์ทั้งสองข้างด้วยแรงที่เท่ากัน แต่ด้วยแรงกระทำของลูกสูบกระบอกเบรกเพียงข้างเดียวเท่านั้น



รูป2-2 แสดงเบรกดิสก์แบบก้านปูเบรกเลื่อน

ชิ้นส่วนสำคัญของชุดก้ามปูเบรกเลื่อนคือ กระบอกเบรก ก้ามปูเบรก และรางเลื่อนก้ามปูเบรก (caliper retainer) ซึ่งเป็นตัวที่ยึดชุดก้ามเบรกทั้งหมด ให้ติดกับตัวยึดก้ามปูเบรก (anchor plate) และมีร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งสองข้างเพื่อเป็นรางเลื่อนของก้ามปู แรงเบรกที่ทำให้เกิดแรงบิดจะรับโดยรางเลื่อนก้ามปูเบรก ส่วนก้ามปูเบรกจะรับเพียงแรงบีบแผ่นเบรกที่กระทำต่อดิสก์เท่านั้น

ข้อดีของเบรกดิสก์แบบนี้คือ

1. ลดพื้นที่การติดตั้ง
2. ทำให้มุมเอียงสลักล้อ (king pin inclination) หรือ (steering offset) มีขนาดมุมเล็กหรือเป็นลบ
3. ไม่จำเป็นต้องใช้สกรูที่ทนแรงดึงสูง
4. ในการซ่อมกระทำได้ง่ายเพราะสามารถถอดแยกอุปกรณ์เบรกไฮดรอลิกออกต่างหากได้
5. ความร้อนมีผลต่อน้ำมันเบรกน้อย เพราะมีหน้าสัมผัสเพียงด้านเดียว

ก้ามปูเบรกเลื่อนบางแบบใช้ รางเลื่อนเทปล่อน (teflon slider) เป็นตัวรองระหว่างก้ามปูเบรก เพื่อส่งเสริมคุณสมบัติของรางเลื่อนให้ดียิ่งขึ้น เมื่อทำการซ่อมกระบอกเบรกทุกครั้งต้องเปลี่ยนลางเลื่อนเทปล่อน ซึ่งติดมากับชุดอะไหล่ด้วยเสมอ รางเลื่อนเทปล่อนนี้ไม่สามารถที่จะใส่เข้าไปในร่องของก้ามปูเบรกแบบรางเลื่อน ที่ไม่ใช้ชุดของมันได้ ระหว่างการประกอบต้องใส่รางเลื่อนเข้าไปในร่องของมันก่อนที่จะประกอบก้ามปูเบรกเข้ากับรางเลื่อนก้ามปูเบรก

2.6.3 เบรกดิสก์แบบก้ามปูเบรกลอย (Floting Caliper Type) เป็นแบบที่ได้รับการพัฒนาให้ก้าวไกลกว่าเบรกดิสก์แบบอื่น ๆ โดยออกแบบด้วยการเอาข้อดีของเบรกดิสก์แบบก้ามปูเบรกยึดแน่นและแบบก้ามปูเบรกเลื่อนมารวมกัน เบรกดิสก์แบบนี้ใช้เนื้อที่ติดตั้งน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกเบรก ทำให้สามารถออกแบบคานหน้าที่มีมุมเอียงสลักล้อเป็นลบได้โดยไม่ต้องใช้กระทะล้อที่มีความโค้งมาก ๆ ก้ามปูเบรกลอยประกอบชิ้นส่วนน้อยโดยมีสองส่วนประกอบหลัก คือ ก้ามปูเบรกและชิ้นส่วนปรับศูนย์ก้ามปูเบรก (caliper aligning parts)

ชิ้นส่วนปรับศูนย์ก้ามปูเบรก มีใช้อยู่ 2 แบบ ดังนี้

1. แบบรางเลื่อนก้ามปูเบรก (Caliper Retainer)

โดยทำเป็นรางเลื่อน (slider) ให้ก้ามปูเบรกเลื่อนไปมา ปรับศูนย์ให้ตรงกับดิสก์ขณะทำการเบรก ซึ่งมีลักษณ์และรูปร่าง แบบเดียวกับรางเลื่อนก้ามปูเบรกของเบรกดิสก์แบบก้ามปูเบรกเลื่อน

2. แบบสลักหน้า (Guide Pins)

การลอยตัวเพื่อปรับศูนย์ของก้ามปูเบรกให้สัมพันธ์กับดิสก์ขณะที่ทำการเบรก โดยทำหูใส่สลักนำที่ก้ามปูเบรกทั้งด้านนอกและด้านในที่หัวท้ายข้างละ 2 หู พร้อมมีบูชยางหรือปลอกรองรับอยู่ ส่วนสลัก นำสอดอยู่ในบูชของหูที่ก้ามปูเบรกโดยมีเกลียวขันยึดอยู่กับตัวเลื่อนก้ามเบรก (caliper retainer)

เบรกดิสก์แบบก้ามปูเบรกลอยบางครั้งเรียกว่า เบรกดิสก์แบบกำปั้น (first – type disc brake) เพราะการทำงานเหมือนกับการกำมือบีบสิ่งของ เมื่อลูกสูบของกระบอกเบรกที่ติดตั้งอยู่ในก้ามปูเบรกได้รับความดันจากน้ำมันเบรกจะเคลื่อนที่ออกมาดันแผ่นเบรกตัวในให้ปะทะกับดิสก์แล้วก้ามปูเบรกจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลอยตัวไปในทิศทางตรงข้ามกับลูกสูบบีบให้แผ่นเบรกตัวนอกบีบดิสก์ร่วมกับแผ่นเบรกตัวในเป็นสัญลักษณ์การทำงานแบบเดียวกับเบรกดิสก์แบบเลื่อน

2.6.4 เบรกดิสก์แบบก้ามปูเบรกแกว่ง (Swinging – Caliper Disc Brake) ออกแบบเพื่อใช้กับงานเล็ก ๆ เช่น มอเตอร์ไซค์ มีกระบอกเบรกตัวเดียว น้ำหนักน้อยและขนาดเล็ก ตัวเสื้อก้ามปูเบรกทำด้วยอะลูมิเนียมผสมยึดติดกับตัวยึดก้ามปูเบรกโดยมีจุดหมุนแขวนไว้บนแกนนำที่มีแบริ่งหรือบูชรองรับอยู่ ทำให้สามารถแกว่งตัวเสื่อก้ามปูเบรก เพื่อปรับศูนย์ของก้ามปูเบรกและแผ่นเบรกให้ร่วมศูนย์การทำงานของดิสก์เมื่อทำการเบรก เมื่อเบรกลูกสูบจะดันให้ผ้าเบรกตัวที่ติดกับลูกสูบเข้าปะทะกับดิสก์ แล้วดันกลับให้กระบอกเบรกถอยหลังแกว่งให้ก้ามปูเบรกถอยกลับไปในทิศทางตรงข้ามกับลูกสูบ ก้ามปูเบรกจะบีบให้แผ่นเบรกอีกด้านหนึ่งบีบดิสก์ด้วยแรงที่เท่ากันทั้งสองข้าง แผ่นของเบรกดิสก์แบบนี้เมื่อทำการเปลี่ยนใหม่ต้องเปลี่ยนพร้อมกันทั้งสองตัวเสมอ อีกอย่างหนึ่งเมื่อเบรกทุกครั้งก้ามปูจะแกว่งตัวเพื่อปรับตำแหน่งโดยมีจุดหมุนที่แกนนำ ดังนั้นการประกอบแกนนำทุกครั้งต้องมีการหล่อลื่นอย่างดี และต้องดูแลบำรุงรักษาไม่ให้แกนนำเป็นสนิมจับตัวกันได้

ดิสก์เบรกสามารถกลึงปรับผิวหน้าสัมผัสให้เรียบใหม่ได้ แต่การกลึงสามารถทำได้เพียงความหนาของดิสก์ให้อยู่ในพิกัดที่กำหนดของผู้ผลิต การกลึงเนื้อโลหะของจานเบรกออกมากเกินไปทำให้เกิดเกิดอันตรายจากการเบรกเมื่อจานเบรกมีขนาดบางเกินไป ทำให้แผ่นเบรกและลูกสูบออกห่างจากเสื้อก้ามปูเบรกมากเกินไปทำให้เกิดความล่าช้าจากการเบรก

การร้อนจัดของดิสก์เบรกทำให้ความหนาของดิสก์เบรกขยายตัวหนาขึ้น แต่แผ่นผ้าเบรกก็จะปรับตัวถอยกลับมากขึ้นด้วย จึงไม่มีผลกับระยะฟรีที่ผ้าเบรกเปลี่ยนไปและระยะเบรกก็เหมือนเดิม แต่ดิสก์เบรกขาดการหล่อเย็นอย่างเพียงพอ และไม่หดตัวกลับคืนสภาพเดิมก่อนที่จะเบรกครั้งต่อไป จึงทำให้ระยะเหยียบเบรกไม่เท่ากันทุกครั้งเหมือนกับเวลาปรกติธรรมดา แต่อย่างไรก็ตามการร้อนจัดของดิสก์เบรกจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดของผ้าเบรกลดลง และเสื่อมคุณภาพและทำให้เบรกทื่อ

ตัวคาลิปเปอร์หรือเสื้อ ทำจากเหล็กกล้าหล่อหรืออะลูมิเนียมผสมโดยทำเป็นรูปตัวU และกระบอกสูบอยู่ด้านใดด้านหนึ่ง (คาลิปเปอร์แบบหัวลอย) บนหัวคาลิเปอร์จะมีหูยึดสี่แห่งสำหรับสลักเลื่อน ร่องซีลของลูกสูบในกระบอกสูบ หัวไล่ลม และช่องเกลียวสำหรับก้ามปูเบรก หัวคาลิปเปอร์จะห่อหุ้มลูกสูบและแผ่นเบรกอยู่ทั้งสองอัน

ลูกสูบ ทำจากเหล็กกล้า ผ่านการเจียระไนจนมีขนาดเหมาะสมและชุบแข็งเพื่อให้มีความต้านทานการสึกหรอ ปลายเปิดของลูกสูบมีร่องสำหรับซีลกันฝุ่น ลูกสูบใส่อยู่ในกระบอกสูบภายในตัวคาลิปเปอร์ และเป็นจุดยึดสำหรับแผ่นเบรกส่วนใน

เมื่อผู้ขับขี่เหยียบเบรก ลูกสูบจะเปลี่ยนความดันไฮดรอลิกจากแม่ปั๊มเบรกเป็นแรงกระทำต่อแผ่นเบรกส่วนใน และดึงให้แผ่นเบรกส่วนนอกดันเข้ากับดิสก์

แผ่นเบรก เกิดจากการนำผ้าเบรกยึดติดกับแผ่นเหล็กกล้าโดยใช้น้ำยาพิเศษ ผ้าเบรกที่ใช้มีความเสียดทานสูง ทนความร้อนได้ดี ระบายความร้อนได้ดีและต้านทานการสึกหรอ ส่วนประกอบสำคัญคือแอสเบสตอส โลหะอ่อน และเรซิน แผ่นเบรกมีรูปทรงเหมาะสมกับความโค้งของดิสก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ชนิดของผ้าเบรก

1. ASBESTOS เป็นผ้าเบรกยุคเก่าทำจากวัสดุประเภท แร่ใยหิน (Asbestos) เป็นหลัก ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันและอบขึ้นรูปด้วยความร้อน ให้แรงเสียดทานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำๆและยังทนต่ออุณหภูมิสูงได้อีกด้วย แต่ต้องเลิกใช้ไปเพราะเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจอย่างมาก

2. ORGANIC ผ้าเบรกแบบนี้เป็นเนื้อมาตรฐานที่ติดมากับรถที่มาจากโรงงานประกอบรถยนต์ทั่วๆไป มีส่วนผสมรวมกันอยู่ในนั้นประมาณ 17 ตัว อาจจะมีส่วนผสมอื่นๆ แตกต่างกันออกไป เช่น อาจจะผสมยางไม้ที่ไม่ละลายน้ำ หรือสารผสมของยาง จึงมีราคาแพงแต่คุณภาพสูงกว่าผ้าเบรกแบบแอสเบสทอส มีข้อดีคือค่อนข้างที่จะมีฝุ่นผงของผ้าเบรกน้อยและไม่ต้องทำการ RUN IN ในปัจจุบันมีการนำวัสดุจาก สารประกอบทางเคมีของไฟเบอร์ (Aramid Fiber) มาใช้อย่างแพร่หลาย ส่วนใหญ่จะมีระดับความฝืดอยู่ที่ประมาณ0.30-0.45

3. SEMI-METALLIC ผ้าเบรกชนิดนี้ทำจากสารอินทรีย์ (Organic) เช่นกัน แต่จะนำมาผสมกับผงโลหะเผา (Sinter Metal) ผสมคลุกเคล้ากัน อย่างเช่น เหล็ก, ทองแดง บางแบบอาจใช้ผงกราไฟต์และสารเพิ่มความฝืดอื่นๆ ผ้าเบรกชนิดนี้มี ลักษณะเด่นตรงที่ มีความปลอดภัยสูงมากต่อระบบทางเดินหายใจ และมีความสามารถทนต่อการใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ดี มีการคายความร้อนได้เร็ว แต่ยังมีข้อจำกัดในด้านการควบคุมไม่ให้เกิดเสียงดังและฝุ่นดำ เหมาะสำหรับรถที่บรรทุกหนัก หรือใช้ความเร็วสูง ให้ค่าระดับความฝืดอยู่ที่ประมาณตั้งแต่ 0.40-0.55

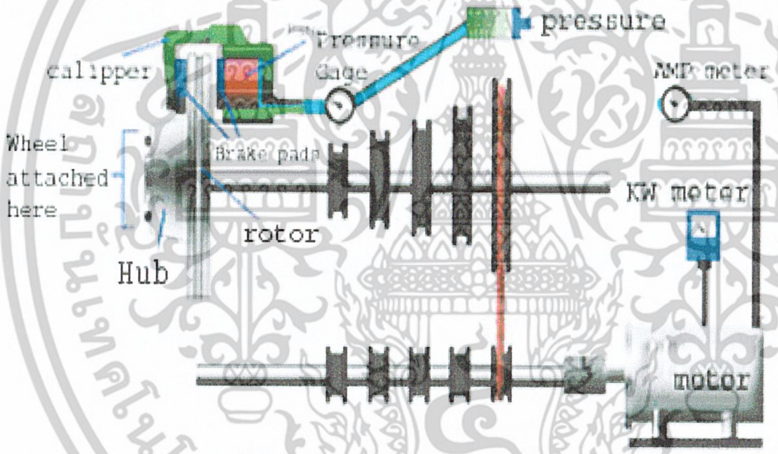
4.ผ้าเบรก เนื้อโลหะเซรามิค คาร์บอน (Ceramic Carbon Metal) จัดเป็นผ้าเบรกชนิด Hi-Performance นิยมใช้กับรถแข่งทั่วไป และรถยนต์สมรรถนะสูง โดยมีส่วนผสมของเซรามิค คาร์บอน และโลหะซึ่งโลหะที่นิยมใช้ได้แก่ ทองแดง, ไทเทเนียม หรืออื่นๆ ข้อดีของผ้าเบรกแบบนี้ คือจะให้ประสิทธิภาพการเบรกที่สูงมากในทุกๆ ด้าน และยังให้ค่า Coefficient of Friction สูงสม่ำเสมอคงที่ เพราะสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้ นอกจากนั้นผ้าเบรกยังมีการระบายความร้อนได้ดีอีกด้วย ส่วนค่าระดับความฝืดอยู่ที่ประมาณตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก

3.1 หลักการทำงานของเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก

เครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรกจะมีมอเตอร์เป็นต้นกำลังส่งกำลังผ่านเพลาขับมายังมู่เล่ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวทดความเร็วรอบเพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการ จากเพลาขับจะส่งกำลังที่ผ่านการทดรอบมายังเพลายึดจานเบรกและล้อช่วยแรง ที่เพลาด้านหนึ่งจะมีล้อช่วยแรงอยู่ทำหน้าที่เป็นตัวสะสมพลังงานแทนมวลของรถที่วิ่งจริงและที่ปลายอีกด้านหนึ่งจะมีจานเบรกและชุดคาลิปเปอร์ยึดติดกับเพลาอยู่ ภายในคาลิปเปอร์จะเป็นที่สำหรับใส่ผ้าเบรกที่จะทำการทดสอบทั้ง 2 ด้าน ที่มอเตอร์ได้ติดตั้งเครื่องกิโลวัตต์มิเตอร์เพื่อวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้งาน มีการติด Pressure gage ในสายน้ำมันเบรกเพื่อทำการวัดค่าแรงดันที่ใช้ในการกดเบรก ส่วนขั้นตอนการทดสอบโดยเครื่องทดสอบจะกล่าวต่อไป



รูปที่3-1 แสดงการทำงานของเครื่อง

3.2 อุปกรณ์หลักๆที่ใช้ในเครื่องทดสอบผ้าเบรกประกอบด้วย

-มอเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวต้นกำลังในการขับเคลื่อนให้เพลาและชุดจานเบรกหมุน

-ชุดมู่เล่ ทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนความเร็วรอบเพื่อให้เพลาและจานเบรกหมุนด้วยความเร็วรอบตามที่ต้องการ

-ล้อช่วยแรง ทำหน้าที่เป็นตัวสะสมพลังงานให้แก่เครื่องทดสอบผ้าเบรก

-ชุดเพลาและจานเบรก ทำหน้าที่เป็นตัวส่งกำลังจากมอเตอร์และจับยึดจานเบรก

-ชุดคาลิปเปอร์และไฮดรอลิกเบรก ทำหน้าที่เป็นตัวส่งแรงกดเพื่อให้จานเบรกชะลอหรือหยุดหมุน

-เครื่องวัดความเร็วรอบ ทำหน้าที่เป็นตัววัดความเร็วรอบของเพลาและจานเบรก

-เครื่องวัดอุณหภูมิ ทำหน้าที่เป็นตัววัดอุณหภูมิของผ้าเบรก

-ชุดPressure gage ทำหน้าที่เป็นตัววัดแรงดันเบรกที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ฐานโครงเครื่อง ทำหน้าที่เป็นตัวรองรับอุปกรณ์ต่างๆ
-กิโลวัตต์มิเตอร์
-เครื่องวัดจำนวนรอบ

3.3 การออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ

3.3.1 มอเตอร์

มอเตอร์ที่ใช้มีขนาด 0.75 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1410 rpm ใช้ไฟ3เฟส โดยให้แรงบิดจากมอเตอร์ดังนี้

คำนวณแรงบิดของมอเตอร์จาก $750 = \frac{2\pi}{60} \times \omega \times T$

เมื่อ ω คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์

T คือ แรงบิดของมอเตอร์

ที่ความเร็วรอบ 1208.57 rpm $750 = \frac{2\pi}{60} \times 1208.57 \times T$

$T = 6$ N.m

ที่ความเร็วรอบ 1057.5 rpm $750 = \frac{2\pi}{60} \times 1057.5 \times T$

$T = 6.77$ N.m

ที่ความเร็วรอบ 846 rpm $750 = \frac{2\pi}{60} \times 846 \times T$

$T = 8.46$ N.m

ที่ความเร็วรอบ 624.28 rpm $750 = \frac{2\pi}{60} \times 624.28 \times T$

$T = 11.85$ N.m

ที่ความเร็วรอบ 423 rpm $750 = \frac{2\pi}{60} \times 423 \times T$

$T = 16.93$ N.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วรอบของจานเบรก (rpm)	แรงบิดของมอเตอร์ (N.m)
1208.57	6
1057.5	6.77
846	8.46
624.28	11.85
423	16.93

ตารางที่3-1 แสดงแรงบิดของมอเตอร์ที่แต่ละความเร็วรอบของจานเบรก

3.3.2 มู่เล่

เลือกขนาดมู่เล่มาตรฐานตามท้องตลาดให้ใกล้เคียงกับขนาดมู่เล่ที่ได้จากการเทียบกับรอบความเร็วที่ต้องการทดสอบ

คำนวณหาความเร็วของรถยนต์ $v = \omega r$

เมื่อ v คือ ความเร็วเชิงเส้นของล้อรถ

ω คือ ความเร็วเชิงมุมของล้อรถ

r คือ รัศมีของล้อรถ

ที่ความเร็วรอบ 1208.57 rpm $\frac{1208.57 \times 2\pi}{60} \times 0.254 = 32.145 m/s = 115.72 km/hr$

ที่ความเร็วรอบ 1057.5 rpm $\frac{1057.5 \times 2\pi}{60} \times 0.254 = 28.125 m/s = 101.25 km/hr$

ที่ความเร็วรอบ 846 rpm $\frac{846 \times 2\pi}{60} \times 0.254 = 22.9 m/s = 81 km/hr$

ที่ความเร็วรอบ 624.28 rpm $\frac{624.28 \times 2\pi}{60} \times 0.254 = 16.6 m/s = 59.76 km/hr$

ที่ความเร็วรอบ 433 rpm $\frac{433 \times 2\pi}{60} \times 0.254 = 11.25 m/s = 40 km/hr$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดมู่เล่ (นิ้ว)	rpm	KM/hr
3.5	1208.57	115.72
4	1057.5	101.25
5	846	81
7	624.28	59.76
10	423	40

ตารางที่3-2 แสดงการเลือกขนาดมู่เล่โดยเทียบความเร็วรอบที่ทำการทดสอบ

3.3.3 ล้อช่วยแรง

เลือกใช้ล้อช่วยแรงขนาดน้ำหนัก 50 กิโลกรัม เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เมตร การคำนวณพลังงานจลน์จากการหมุนของล้อช่วยแรงที่ความเร็วรอบที่ 873.4 rpm

พลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่เชิงมุม $= \frac{1}{2}I\omega^2$

$$= \frac{1}{2}(\frac{md^2}{8})\omega^2$$

$$= \frac{1}{2}(\frac{50\times0.4^2}{8})(\frac{873.4\times2\pi}{60})^2$$

= 4178 J

ถ้ารถวิ่งด้วยความเร็ว 81 km/hr หรือ 22.5 m/s

พลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่เชิงเส้น = พลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่เชิงมุม

$$\frac{1}{2}mv^2 = 4178$$

$$\frac{1}{2}m(22.5)^2 = 4178$$

$$m = 16.5 \text{ kg}$$

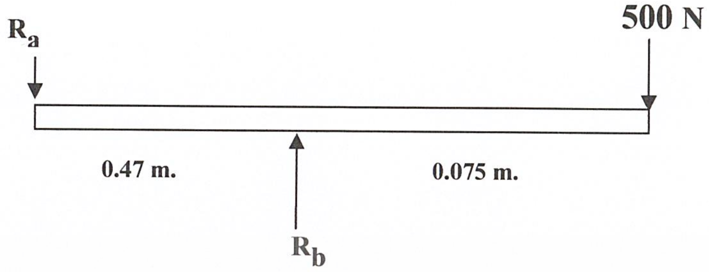
ล้อช่วยแรงที่เราเลือกใช้ขาด 50 kg จะสามารถเทียบได้กับรถขนาด 16.5 kg วิ่งด้วยความเร็ว 81 km/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ชุดเพลา

การคำนวณขนาดเพลา

FBD

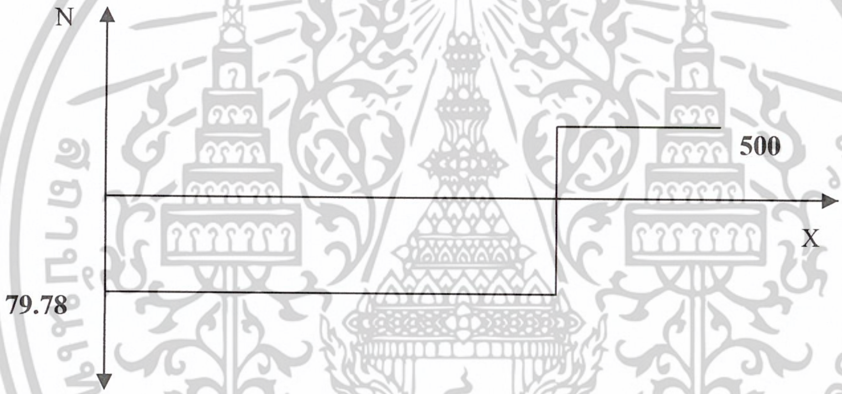


$$R_b\,(0.47) = 500\,(0.545)$$

$$R_b = 579.78\text{ N}$$

$$R_a = 79.78\text{ N}$$

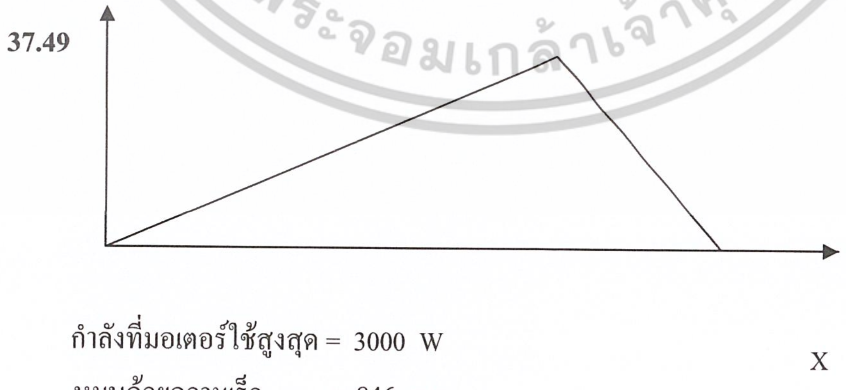
shear



การคำนวณหา moment

$$\text{Moment} = 500\,(0.075) = 37.49\ \text{N.m.}$$

moment



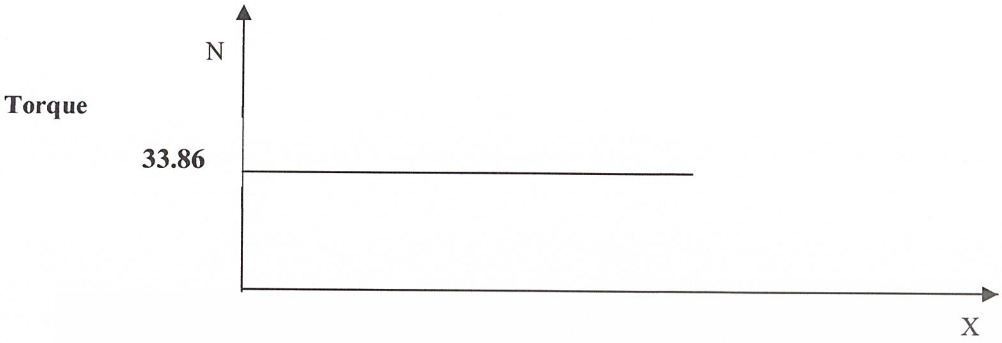
กำลังที่มอเตอร์ใช้สูงสุด = 3000 W

หมุนด้วยความเร็ว = 846 rpm

$$3000 = (2\pi/60)(846)\,T$$

$$\therefore\quad T = 33.86\ \text{N.m.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เนื่องจาก shear force มีผลต่อการเสียหายของเพลาน้อยมากจึงไม่นำมาคิด จะนำมาคิดเฉพาะ moment และ torque เท่านั้น

$$\frac{J}{C} = \frac{\left(\sqrt{M^2+T^2}\right)_{max}}{\tau_{all}}$$

กำหนดให้เป็นเพลาทรงกลม $J = \frac{1}{2}\pi c^4$

จากตารางคุณสมบัติ $\tau_{yield} = 145$ MPa

กำหนดให้ safety factor = 2.5

$$\tau_{all} = \frac{\tau_{yield}}{\text{safety factor}}$$

$$\therefore \tau_{all} = 58 \text{ MPa}$$

จะได้

$$C^3 = \frac{2\left(\sqrt{M^2+T^2}\right)_{max}}{\tau_{all}\,\pi}$$

$$C^3 = \frac{2\left(\sqrt{37.49^2+33.86^2}\right)_{max}}{58\times10^6\ \pi}$$

$$C = 0.82 \text{ cm.}$$

เพราะฉะนั้นจะต้องใช้เพลาส่งกำลังขนาดรัศมีอย่างน้อย 0.82 cm. หรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.64 cm. ดังนั้นเลือกเพลาสำเร็จตามท้องตลาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 cm. หรือ 1นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

61877

3.3.4 เครื่องมือวัดต่างๆ

3.3.4.1 เครื่องวัดอุณหภูมิ ใช้ เครื่องอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ ในการวัดอุณหภูมิ

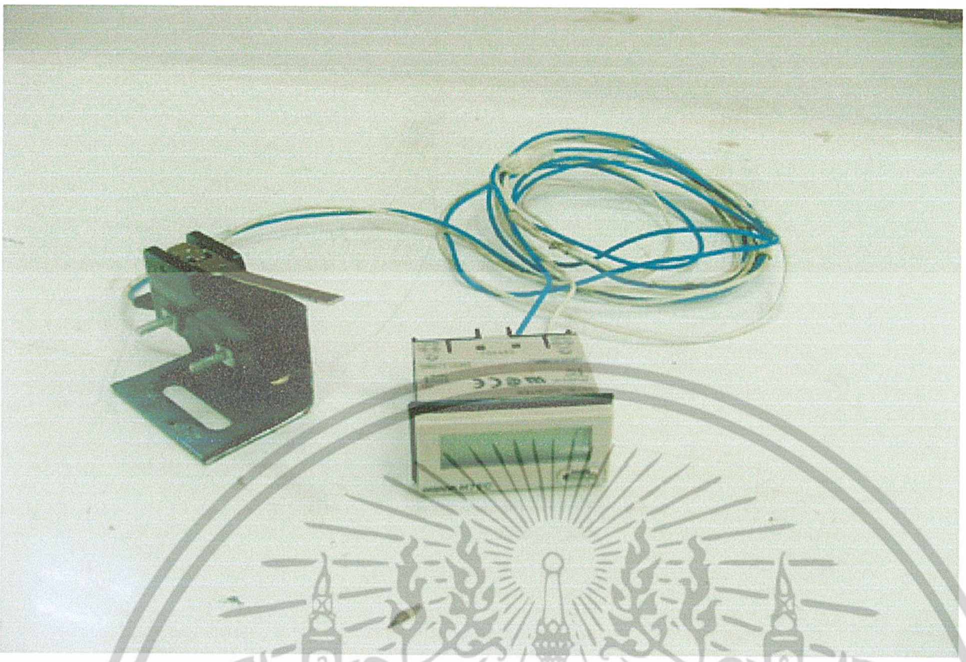
รูปที่3-2 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด

3.3.4.2 เครื่องวัดความเร็วรอบ

รูปที่3-3 แสดงเครื่องวัดความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.3 เครื่องวัดความเร็วรอบ



รูปที่3-4 แสดงเครื่องวัดจำนวนรอบ

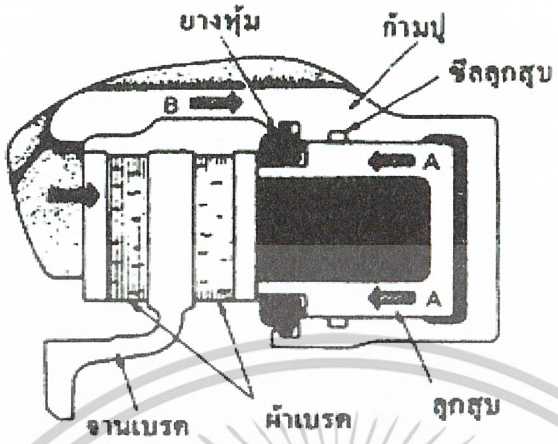
3.3.4.4 วัตต์มิเตอร์

รูปที่3-5 แสดงเครื่องวัตต์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 ก้ามปูระบบเบรก

ใช้ระบบเบรกดิสเบรกเบบก้ามปูเบรกลอยตัว



รูปที่3-6 แสดงการทำงานของระบบดิสเบรกแบบก้ามปูเบรกลอยตัว

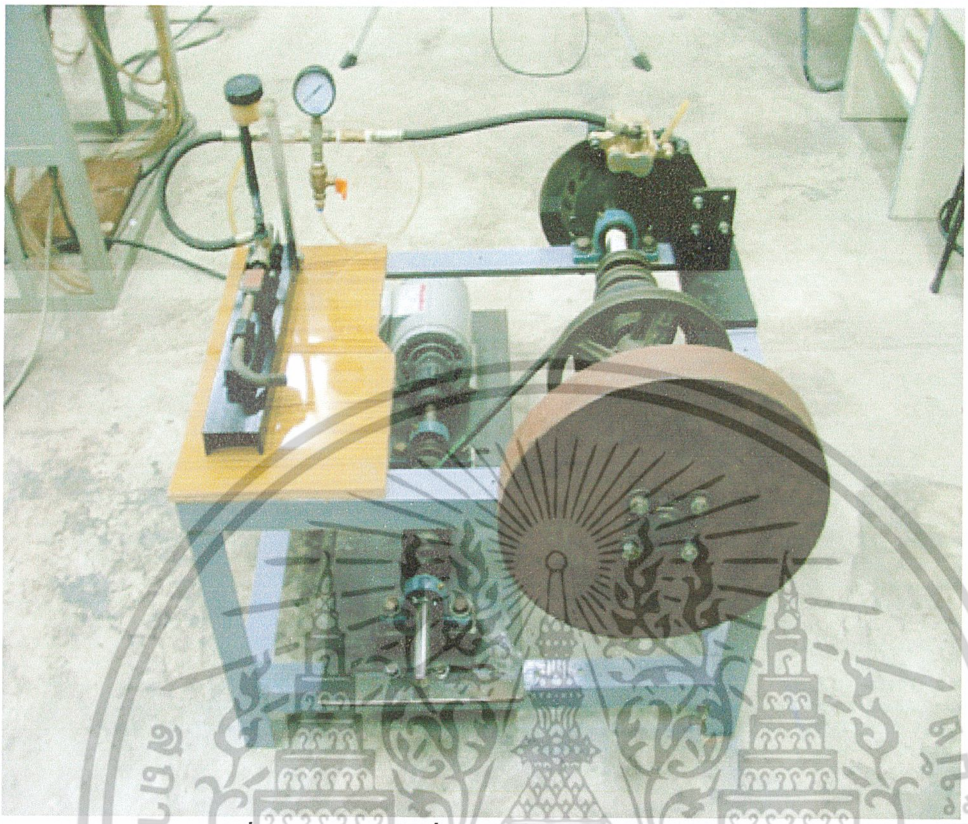
3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องทดสอบ

1. มอเตอร์	1	ตัว
2. เพลาขับ	2	เพลา
3. ยอยยาง	1	ชุด
4. มู่เล่	10	ตัว
5. สายพาน	1	เส้น
6. หน้าแปลน	2	ตัว
7. จานเบรก	1	จาน
8. คาลิปเปอร์	1	ตัว
9. ระบบไฮดรอลิกพร้อมลูกสูบ	1	ชุด
10. ล้อช่วยแรง	1	ตัว
11. Pressure gage	1	ตัว
12. เครื่องวัดอุณหภูมิ	1	เครื่อง
13. เครื่องวัดความเร็วรอบ	1	เครื่อง
14. กิโลวัตต์มิเตอร์	1	ตัว
15. ฐานเครื่อง	1	ชุด
16. นาฬิกาจับเวลา	1	เรือน
17. เครื่องวัดจำนวนรอบ	1	เครื่อง

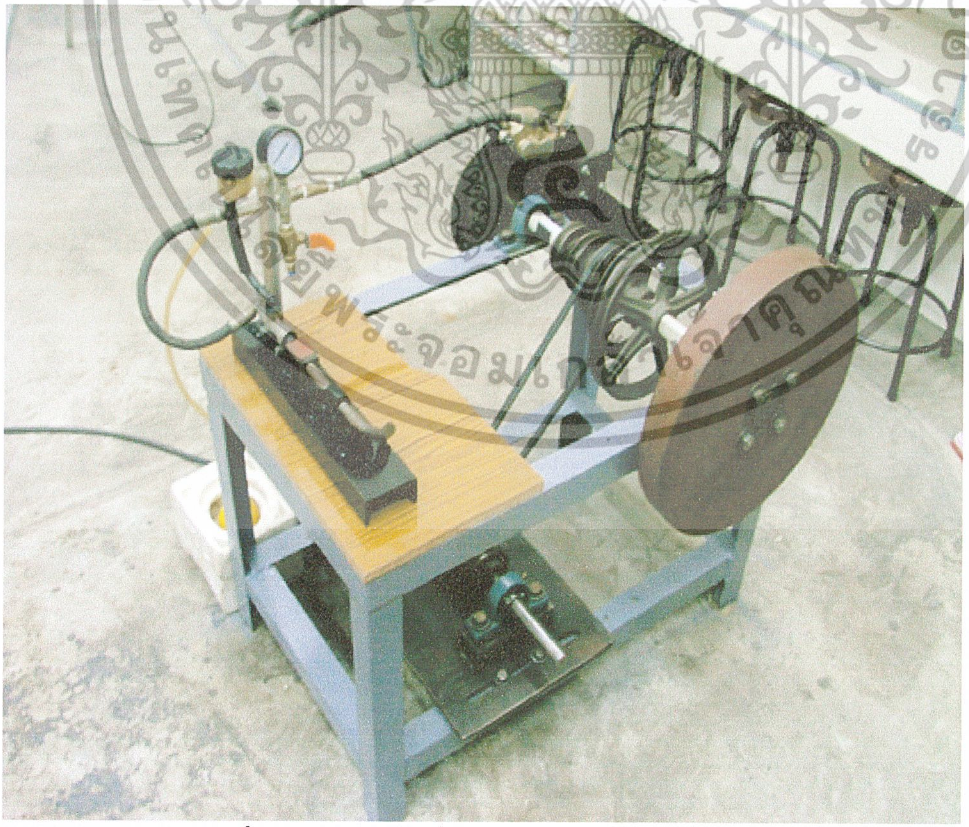
18.อุปกรณ์ต่างๆ เช่น สายไฟ,น้ำมันเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ภาพเครื่องทดสอบ



รูปที่3-7 แสดงภาพเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก



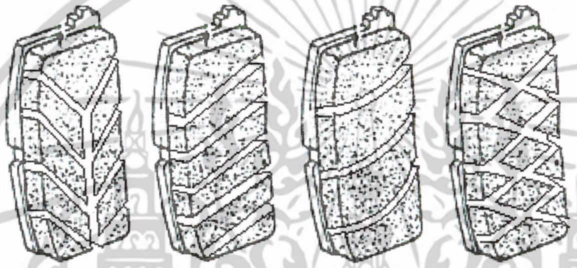
รูปที่3-8 แสดงภาพเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4
การออกแบบลวดลายบนผ้าเบรก

4.1 การทำงานของลวดลายในการระบายผงเบรก

ฝุ่นผงที่เกิดจากการสึกหรอของผ้าเบรกเนื่องจากการเสียดสีกันระหว่างผิวสัมผัสของผ้าเบรกกับจานเบรก จะรวมตัวกันเป็นก้อนลักษณะทรงกลมและถูกแรงเสียดทานนำพาให้เคลื่อนที่ไปสู่ร่องลวดลายของผ้าร่วมกับอาศัยแรงเฉื่อยของอากาศ และการขยายตัวของอากาศเนื่องจากความร้อนที่จะวิ่งตามร่องของผ้าเบรกนำพาก้อนฝุ่นผงให้เคลื่อนที่ตามร่องของลวดลายออกไป



รูปที่ 4-1 แสดงตัวอย่างการทำลวดลายบนผ้าเบรก

4.2 การออกแบบลวดลายบนผ้าเบรก

ออกแบบลวดลายโดยกำหนดเงื่อนไขข้อควรพิจารณาในการออกแบบดังต่อไปนี้

4.2.1 ออกแบบลวดลายในรูปแบบต่างๆให้อยู่ในแนวขวางกับการเคลื่อนที่ของเศษผงเบรก เพื่อให้เศษผ้าเบรกมีลักษณะการเคลื่อนที่เข้าสู่ร่องที่ทำไว้และถูกระบายออกไป

4.2.2 ให้พื้นที่ผิวหน้าสัมผัสของผ้าเบรกเท่ากันทุกชุดการทดลอง เพื่อสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพเบรกในเงื่อนไขของพื้นที่ผิวสัมผัสเท่ากัน

กำหนดขนาดพื้นที่ผิวสัมผัสให้มีขนาดดังนี้	
1. ขนาดพื้นที่ผิวสัมผัสของผ้าเบรกขนาดมาตรฐาน	43.20 cm^2
2. พื้นที่ที่ใช้ในการทำลวดลายบนผ้าเบรก เทียบเป็น 24.25%ของขนาดผ้าเบรกขนาดมาตรฐาน	10.48 cm^2
3. พื้นที่ผิวสัมผัสของผ้าเบรกที่ทำลวดลาย	33.52 cm^2

ตารางที่ 4-1 แสดงขนาดพื้นที่ผิวสัมผัสของผ้าเบรกที่ทำการออกแบบลวดลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ลวดลายไม่ขัดขวางการทำงานของผ้าเบรก

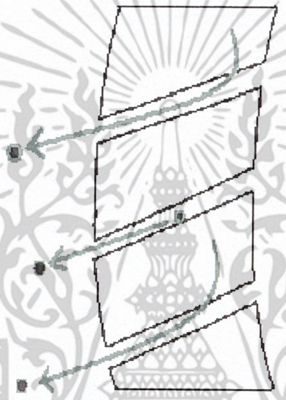
4.2.4 ลวดลายสอดคล้องกับทฤษฎีและหลักการที่นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ

4.2.4.1 ทฤษฎีแรงเสียดทาน

เมื่อผ้าเบรกแนบชิดกับจานเบรกจะเกิดแรงเสียดทานขึ้น ซึ่งช่วยในการนำเศษฝุ่นกลิ้งตามผิวผ้าเบรกลงสู่ร่องลวดลาย

4.2.4.2 ทฤษฎีการไหลของอากาศร้อน

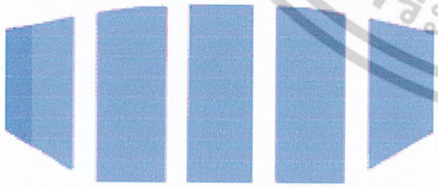
อากาศที่วิ่งผ่านผ้าเบรกขณะก่อนผ้าเบรกแนบชิดยังคงวิ่งอยู่ในร่องถึงแม้ผ้าเบรกแนบชิดกับจานเบรกแล้ว เมื่ออากาศเคลื่อน ที่ออกจากร่องยังคงมีแรงเฉื่อยและการขยายตัวจากการมีอุณหภูมิสูงขึ้นช่วยนำเศษฝุ่นออกไปตามร่องของลวดลาย

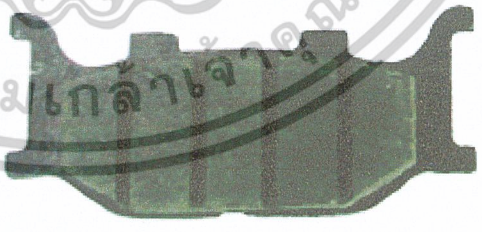


รูปที่4-2 แสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ของฝุ่นผงออกตามลวดลาย โดยแรงเสียดทานและแรงเฉื่อยของอากาศ

4.3 ลวดลายที่ออกแบบสำหรับการทดลอง

รูปแบบลวดลายที่ออกแบบสำหรับการทดสอบแสดงดังรูป

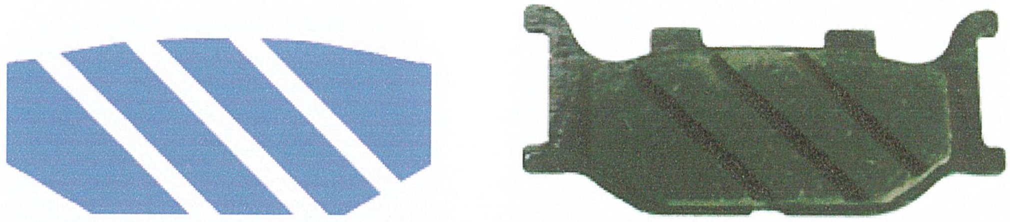




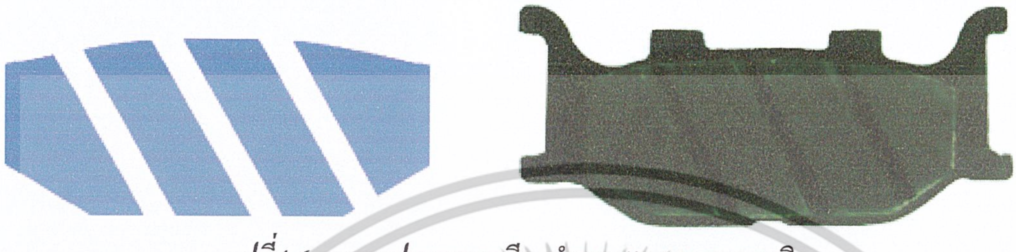
รูปที่4-3 แสดงรูปแบบลายตั้งฉากตรง 4ขีด ขนาดจริง

รูปที่4-4 แสดงรูปแบบลายเอียงทำมุม 30องศา ขนาดจริง

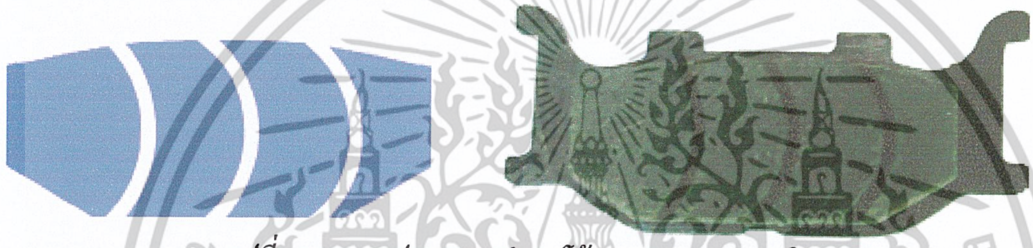
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4-5 แสดงรูปแบบลายเอียงทำมุม 45องศา ขนาดจริง



รูปที่4-6 แสดงรูปแบบลายเอียงทำมุม 60องศา ขนาดจริง



รูปที่4-7 แสดงรูปแบบลายทำมุมโค้งตรงกลาง ขนาดจริง

รูปที่4-8 แสดงรูปแบบลายทำมุมแหลมตรงกลาง ขนาดจริง

รูปที่4-9 แสดงรูปแบบลายตาราง ขนาดจริง

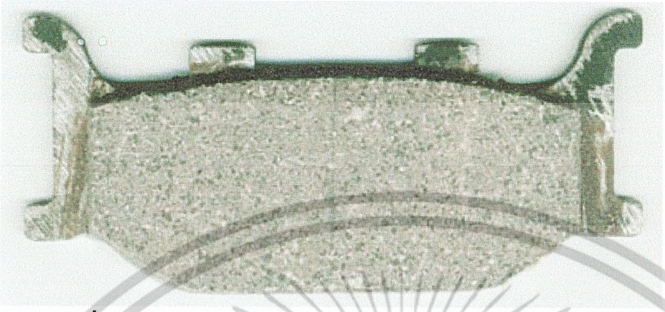
รูปที่4-10 แสดงรูปแบบผ้าเบรกไม่ทำลาย

โดยมีพื้นที่สัมผัสเท่ากับผ้าเบรกที่ทำลวดลาย ขนาดจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การเลือกใช้วัสดุ

เมื่อได้ลวดลายตามที่ต้องการแล้วดังรูป เราก็จะเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่ใช้ในการทำผ้าเบรกสำหรับการทดสอบ ในการศึกษาโครงงานนี้ได้เลือกวัสดุประเภท ORGANIC ซึ่งเป็นชนิดวัสดุเดียวกับผ้าเบรกที่ติดมากับรถที่มาจากโรงงานประกอบรถยนต์ มีระดับความฝืดอยู่ที่ประมาณ 0.30-0.45



รูปที่4-11 แสดงผ้าเบรกมาตรฐานสำหรับทำการทดสอบ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก

5.1 การวัดประสิทธิภาพผ้าเบรก

การวัดประสิทธิภาพผ้าเบรกโดยเครื่องทดสอบสามารถพิจารณาประสิทธิภาพผ้าเบรกได้จาก

1. วัดกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จากวัตต์มิเตอร์

โดยผ้าเบรกที่มีประสิทธิภาพดีจะให้ความฝืดมากซึ่งทำให้มอเตอร์ใช้กำลังไฟฟ้าในการหมุนขับจานเบรกมาก

2. คำนวณค่าความหน่วง

โดยคำนวณค่าความหน่วงจากจำนวนรอบและเวลาที่ใช้ในการหยุดจานเบรกที่หมุนโดยพลังงานที่สะสมไว้ในล้อช่วยแรง ซึ่งผ้าเบรกที่มีประสิทธิภาพดีจะให้ค่าความหน่วงในการเบรกมาก สามารถคำนวณค่าความหน่วงได้จากสูตร

$$\theta = \omega t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

α คือ ความหน่วงเชิงมุม

θ คือ จำนวนรอบที่หมุนขณะเบรก

ω คือ ความเร็วรอบเริ่มต้น

t คือ เวลาที่ใช้ในการเบรก

5.2 การทดลองและวิธีการทดลอง

5.2.1การทดลองที่1

เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการเบรก มีวิธีการทดลองดังนี้

1.นำผ้าเบรกที่ทำการทดสอบ ประกอบกับก้ามปูของเครื่องทดสอบ

2.ปรับสายพานใส่มู่เล่ที่รอบที่ต้องการทดสอบ พร้อมเลื่อนปรับสายพานให้ตึง

3.เดินเครื่องทดสอบให้จานเบรกหมุน

4.ใส่แรงกดผ้าเบรกให้จับจานเบรก ที่แรงดันน้ำมันเบรกที่กำหนดค่าไว้

5.เบรกจนกระทั่งอุณหภูมิของผ้าเบรกถึงค่าที่กำหนด แล้วจดค่าวัตต์ที่ได้จากวัตต์มิเตอร์ ค่าความเร็วรอบ และเวลา

6.หยุดเครื่องทดสอบ ปล่อยแรงดันน้ำมันเบรกแล้วทดสอบใหม่ โดยเปลี่ยนค่าแรงดันจนครบทุกความดันที่จะทำการทดลอง

7.หลังจากนั้นและเปลี่ยนมู่เล่รอบทดสอบ พร้อมเลื่อนปรับสายพานให้ตึงทดสอบเช่นเดิม จนครบทุกความเร็วรอบ พร้อมบันทึกค่าวัตต์ ความเร็วรอบและเวลา

8.หลังจากนั้น เปลี่ยนชนิดผ้าเบรกทดสอบ แล้วทำการทดสอบวิธีการเดิม จนครบทุกลวดลาย

9.สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การทดลองที่2

เพื่อหาค่าความหน่วง

1.ใส่ล้อช่วยกำลังกับเครื่องทดสอบ

2.ปรับสายพานใส่มู่เล่ที่รอบ873.4 rpm พร้อมเลื่อนปรับสายพานให้ตึง

3.เดินเครื่องทดสอบให้จานเบรกหมุนจนความเร็วรอบคงที่

4.ปิดสวิทซ์มอเตอร์ พร้อมใส่แรงกดผ้าเบรกให้จับจานเบรก ที่แรงดันน้ำมันเบรกที่กำหนดค่าไว้

5.บักทึกเวลาที่ใช้ในการเบรกและจำนวนรอบที่หมุนตั้งแต่เริ่มเบรกจนจานเบรกหยุดหมุน

6.หยุดเครื่องทดสอบ ปล่อยแรงดันน้ำมันเบรกแล้วทดสอบใหม่โดยเปลี่ยนค่าแรงดัน จนครบทุกความดันที่จะทำการทดลอง

7.หลังจากนั้น เปลี่ยนชนิดผ้าเบรกทดสอบ แล้วทำการทดสอบวิธีการเดิม จนครบทุกลวดลาย

8.สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.3 ความเร็วรอบที่ทดสอบ

ความเร็วรอบจริงจากการทดรอบโดยมู่เล่

ขนาดมู่เล่ (นิ้ว)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความดันน้ำมันเบรก (kg/cm^2)
10	433.5	2,2.5
7	630.6	1.4,1.6
5	873.4	1,1.4
4	1103	1,1.2
3.5	1266	1

ตารางที่5-1 แสดงสภาวะรอบความเร็วและความดันน้ำมันเบรกที่ทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ผลการทดสอบ

6.1 ผ้าเบรกที่ทำการทดสอบ

แบบ	ลักษณะรูปแบบของลวดลาย	รูปร่าง	พื้นที่ผิวสัมผัส (cm²)
1	ไม่มีลวดลาย แบบขนาดมาตรฐาน		43.20
2	ไม่มีลวดลาย แบบพื้นทีสัมผัสเท่าผ้าเบรกมีลวดลาย		33.52
3	ลายตั้งฉากตรง 4ขีด		33.52
4	ลายรูปแบบตาราง		33.52
5	ลายรูปแบบทำมุมโค้งตรงกลาง		33.52
6	ลายรูปแบบทำมุมแหลมตรงกลาง		33.52
7	ลายรูปแบบเอียง45องศา		33.52

ตารางที่ 6-1 แสดงรายละเอียดผ้าเบรกที่ทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการเบรกของผ้าเบรกแบบต่างๆ

ตารางแสดงข้อมูลต่างๆที่บันทึกค่าจากการทดลองมีดังนี้

6.2.1 ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 433.5 rpmและความดันน้ำมันเบรก 2 kg/cm²

รูปแบบลวดลาย	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบ (rpm)	กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ (kW)	เวลา (sec)
แบบที่1	50	396.2	1.4	0.00
	60	397	1.55	13.50
	70	396.2	1.8	28.44
	80	392.9	1.85	46.13
	90	390.3	1.88	65.37
	100	387.2	1.9	79.25
แบบที่2	50	403.9	1.3	0.00
	60	403.4	1.3	21.00
	70	403.5	1.3	39.43
	80	402	1.32	65.31
	90	399.7	1.4	90.94
	100	397.3	1.45	113.56
แบบที่3	50	397.2	1.42	0.00
	60	398.2	1.45	13.31
	70	398	1.45	29.25
	80	396.7	1.49	47.50
	90	394.8	1.52	67.38
	100	392.7	1.6	85.93
แบบที่4	50	398	1.35	0.00
	60	395.3	1.45	14.75
	70	392.5	1.65	33.25
	80	390.4	1.75	52.56
	90	386.7	1.87	73.69
	100	384.3	1.87	86.88
แบบที่5	50	397.3	1.48	0.00
	60	397.5	1.48	12.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	70	395.4	1.5	29.38
	80	392.5	1.65	45.94
	90	389.3	1.7	62.81
	100	386.8	1.78	79.38
แบบที่6	50	398	1.48	0.00
	60	398.3	1.48	13.63
	70	396.8	1.55	29.40
	80	394.3	1.6	48.00
	90	391.7	1.7	64.68
	100	388.4	1.75	81.11
แบบที่7	50	397.2	1.62	0.00
	60	393.6	1.72	13.25
	70	391.1	1.78	29.75
	80	388.6	1.85	45.38
	90	385.8	1.9	60.38
	100	384.3	1.9	77.09

ตารางที่6-2 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 433.5 rpmและความดันน้ำมันเบรก 2 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2 ตารางผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 433.5 rpmและความดันน้ำมันเบรก 2.5 kg/cm²

รูปแบบลวดลาย	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบ (rpm)	กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ (kW)	เวลา (sec)
แบบที่1	50	382.2	1.9	0.00
	60	374.2	2.15	14.63
	70	369.4	2.25	25.44
	80	370.1	2.25	38.27
	90	369.1	2.25	51.58
	100	367.1	2.25	61.31
แบบที่2	50	384.5	1.8	0.00
	60	381.2	1.9	14.56
	70	380.8	1.9	28.75
	80	382.2	1.89	46.00
	90	382	1.88	60.69
	100	382.5	1.85	78.88
แบบที่3	50	390.2	1.7	0.00
	60	385.4	1.85	11.56
	70	377.8	2	22.88
	80	374.6	2.1	35.94
	90	372.5	2.15	49.50
	100	370.7	2.2	62.25
แบบที่4	50	384.3	2	0.00
	60	378.5	2.2	11.44
	70	373.2	2.3	22.63
	80	365.3	2.45	38.19
	90	362.2	2.6	52.25
	100	359.3	2.6	66.06
แบบที่5	50	387	1.75	0.00
	60	385.5	1.85	13.15
	70	377.1	2.1	22.88
	80	373.1	2.25	36.25
	90	369	2.3	48.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	100	367.7	2.3	60.63
แบบที่6	50	387.2	1.85	0.00
	60	381.9	2.01	10.56
	70	373.9	2.2	23.38
	80	369.2	2.3	36.31
	90	366.3	2.35	47.64
	100	365.1	2.35	71.18
แบบที่7	50	387.1	2	0.00
	60	380.2	2.2	11.69
	70	375.1	2.4	23.75
	80	370.7	2.55	35.31
	90	366.9	2.6	46.63
	100	367.9	2.6	58.38

ตารางที่6-3 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 433.5 rpmและความดันน้ำมันเบรก 2.5 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.3 ตารางผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 630.6 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm²

รูปแบบลวดลาย	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบ (rpm)	กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ (kW)	เวลา (sec)
แบบที่1	50	566.4	1.67	0.00
	60	557.1	1.9	13.53
	70	543.1	2.17	31.28
	80	539	2.23	49.76
	90	541	2.19	66.92
	100	538.8	2.19	87.43
แบบที่2	50	579.1	1.45	0.00
	60	572.3	1.6	11.50
	70	565.7	1.7	35.13
	80	566.2	1.7	59.63
	90	565.5	1.7	81.77
	100	563.3	1.73	97.67
แบบที่3	50	579.2	1.36	0.00
	60	573.4	1.5	12.73
	70	569.73	1.7	27.89
	80	564.3	1.81	44.10
	90	560	1.9	58.34
	100	555.6	2	74.11
แบบที่4	50	576.2	1.55	0.00
	60	566.8	1.73	14.63
	70	560.8	1.85	30.25
	80	555.2	1.95	48.25
	90	552	2	63.31
	100	546.3	2.1	80.31
แบบที่5	50	581.5	1.4	0.00
	60	575.6	1.5	12.75
	70	564.7	1.73	32.56
	80	552.6	1.95	47.36
	90	545.7	2.12	64.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	100	543.2	2.2	77.19
แบบที่6	50	581.9	1.4	0.00
	60	575.5	1.55	11.75
	70	563.5	1.75	31.44
	80	558	1.85	50.25
	90	552.7	1.95	72.38
	100	548	2.01	87.50
แบบที่7	50	567.6	1.75	0.00
	60	555.1	1.95	11.94
	70	546.7	2.1	26.89
	80	539	2.25	43.30
	90	533.9	2.32	53.88
	100	538.4	2.23	69.38

ตารางที่6-4 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 630.6 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.4 ตารางผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 630.6 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1.6 kg/cm²

รูปแบบลวดลาย	อุณหภูมิ	ความเร็วรอบ	กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้	เวลา
	(°C)	(rpm)	(kW)	(sec)
แบบที่1	50	565.3	1.7	0.00
	60	562	1.75	11.23
	70	558	1.8	27.23
	80	551.7	1.95	42.48
	90	543.6	2.1	56.50
	100	536.7	2.2	70.93
แบบที่2	50	581.7	1.45	0.00
	60	581.3	1.48	12.63
	70	578.5	1.55	29.50
	80	572.4	1.66	43.00
	90	568.1	1.72	59.00
	100	566.7	1.78	74.81
แบบที่3	50	576.1	1.6	0.00
	60	571.2	1.7	12.88
	70	566.9	1.78	25.27
	80	560.8	1.9	44.00
	90	558.4	1.95	57.16
	100	555.8	2	73.64
แบบที่4	50	561.2	1.82	0.00
	60	553.5	1.92	12.38
	70	549	2.02	26.13
	80	544.3	2.1	41.93
	90	540.3	2.1	57.63
	100	536.7	2.18	74.06
แบบที่5	50	578.7	1.6	0.00
	60	567	1.65	13.75
	70	559.3	1.81	27.94
	80	549.9	2.05	44.31
	90	542.1	2.1	59.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	100	538	2.18	74.13
แบบที่6	50	567.9	1.65	0.00
	60	560.8	1.8	13.00
	70	548.8	2	32.69
	80	545.5	2.1	44.25
	90	540.5	2.15	59.81
	100	536.1	2.2	72.83
แบบที่7	50	567.6	1.9	0.00
	60	546.2	2.2	13.25
	70	528.2	2.4	26.44
	80	515.4	2.6	39.69
	90	507.8	2.68	54.88
	100	512.2	2.55	66.44

ตารางที่6-5 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 630.6 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1.6 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.5 ตารางผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 873.4 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm²

รูปแบบลวดลาย	อุณหภูมิ	ความเร็วรอบ	กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้	เวลา
	(°C)	(rpm)	(kW)	(sec)
แบบที่1	50	811.5	1.2	0.00
	60	808.5	1.3	13.73
	70	802.2	1.7	34.85
	80	792.1	2	57.78
	90	786.6	2.03	82.66
	100	774.6	2.09	113.91
แบบที่2	50	808.5	1.32	0.00
	60	802.9	1.38	15.56
	70	798.3	1.45	32.25
	80	800.2	1.4	71.44
	90	800.9	1.4	108.88
	100	799.4	1.4	132.75
แบบที่3	50	816.4	1.2	0.00
	60	807.6	1.35	16.44
	70	796	1.48	37.63
	80	791.1	1.52	60.63
	90	787.3	1.57	84.45
	100	784.5	1.6	111.00
แบบที่4	50	805.4	1.35	0.00
	60	795.9	1.45	15.78
	70	790.2	1.52	40.95
	80	789.4	1.53	64.33
	90	786.9	1.55	89.83
	100	783.6	1.61	118.24
แบบที่5	50	805.1	1.28	0.00
	60	797.1	1.31	16.19
	70	786.2	1.49	41.94
	80	786.2	1.65	66.31
	90	783.9	1.79	92.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	100	764.5	1.9	124.50
แบบที่6	50	818.8	1.22	0.00
	60	810.7	1.35	13.83
	70	799.9	1.45	38.31
	80	793.8	1.55	66.94
	90	785.4	1.65	94.25
	100	770.7	1.85	125.63
แบบที่7	50	799.9	1.46	0.00
	60	789.9	1.56	12.56
	70	779.5	1.75	31.75
	80	771.1	1.81	52.13
	90	759.6	1.95	73.69
	100	745.8	2.12	103.23

ตารางที่6-6 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 873.4 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.6 ตารางผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 873.4 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm²

รูปแบบลวดลาย	อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	ความเร็วรอบ (rpm)	กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ (kW)	เวลา (sec)
แบบที่1	50	781.2	1.9	0.00
	60	766.4	2.1	10.78
	70	748.5	2.35	26.51
	80	719.2	2.55	36.33
	90	710.8	2.65	51.63
	100	714.4	2.62	60.24
แบบที่2	50	764.7	2	0.00
	60	744.8	2.3	11.31
	70	738.7	2.3	24.25
	80	747.8	2.2	46.94
	90	752.9	2.1	65.56
	100	751.4	2.1	85.88
แบบที่3	50	774.9	1.8	0.00
	60	758.8	2	9.63
	70	734.7	2.28	21.52
	80	730.4	2.3	37.63
	90	723.6	2.35	53.58
	100	712.4	2.45	68.92
แบบที่4	50	766.2	1.95	0.00
	60	749.9	2.15	9.63
	70	739.5	2.25	22.94
	80	739.1	2.25	40.25
	90	729.5	2.28	55.69
	100	723.6	2.35	64.94
แบบที่5	50	771.5	1.8	0.00
	60	759.5	1.9	10.00
	70	734.9	2.1	26.63
	80	724.6	2.3	44.81
	90	720.7	2.5	63.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	100	724.4	2.75	83.29
แบบที่6	50	769.3	1.9	0.00
	60	752.9	2.1	11.88
	70	737.3	2.28	26.81
	80	728.8	2.38	39.63
	90	702.3	2.6	59.19
	100	685.2	2.7	78.50
แบบที่7	50	757.3	2.05	0.00
	60	739.9	2.2	9.31
	70	706.8	2.5	24.00
	80	683	2.8	32.00
	90	652.7	3.1	47.00
	100		เครื่องมือไม่สามารถวัดได้	

ตารางที่6-7 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 873.4 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.7 ตารางผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1103 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm²

รูปแบบลวดลาย	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบ (rpm)	กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ (kW)	เวลา (sec)
แบบที่1	50	980.6	1.8	0.00
	60	970.0	1.92	11.18
	70	957.5	2	28.38
	80	949.6	2.05	43.63
	90	944.5	2.1	60.75
	100	934.2	2.15	77.88
แบบที่2	50	1005	1.5	0.00
	60	999.2	1.55	12.94
	70	988.1	1.65	32.45
	80	989.2	1.65	56.56
	90	983.4	1.69	84.13
	100	972.1	1.78	114.50
แบบที่3	50	1015	1.38	0.00
	60	1009	1.45	12.81
	70	996	1.65	31.62
	80	985.1	1.72	47.76
	90	987.6	1.72	68.33
	100	979.7	1.82	86.50
แบบที่4	50	985.8	1.7	0.00
	60	976.9	1.75	11.44
	70	974.6	1.79	29.13
	80	972.7	1.8	46.31
	90	966.4	1.85	65.69
	100	954.2	1.95	85.98
แบบที่5	50	989.4	1.6	0.00
	60	983.9	1.7	9.75
	70	969.2	1.8	31.38
	80	959.2	1.9	46.63
	90	952.7	1.95	66.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	100	937.1	2.1	82.06
แบบที่6	50	1010	1.4	0.00
	60	1007	1.45	12.25
	70	995.1	1.6	35.56
	80	993.4	1.6	52.25
	90	994.5	1.6	72.38
	100	990.7	1.6	100.69
แบบที่7	50	951.2	2.05	0.00
	60	941.9	2.1	10.88
	70	938.3	2.16	25.31
	80	935.6	2.16	40.25
	90	924.4	2.26	56.75
	100	904.2	2.4	69.13

ตารางที่6-8 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1103 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.8 ตารางผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1103 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1.2 kg/cm²

รูปแบบลวดลาย	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบ (rpm)	กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ (kW)	เวลา (sec)
แบบที่1	50	947.7	2.1	0.00
	60	929.7	2.3	9.13
	70	901.2	2.5	21.56
	80	884.1	2.55	35.94
	90	875.2	2.6	53.88
	100	871	2.65	75.88
แบบที่2	50	958.6	2.1	0.00
	60	942.8	2.25	10.24
	70	948.1	2.15	27.63
	80	950.3	2.08	44.56
	90	946	2.1	46.50
	100	928.1	2.15	86.38
แบบที่3	50	974.9	1.95	0.00
	60	968.3	2.05	9.81
	70	939.0	2.2	24.38
	80	933.4	2.25	41.44
	90	926.3	2.3	57.56
	100	914.7	2.55	81.38
แบบที่4	50	940.3	2.1	0.00
	60	928.5	2.2	9.19
	70	918.2	2.3	27.75
	80	904.5	2.4	40.38
	90	877.5	2.6	55.25
	100	859.4	2.7	71.71
แบบที่5	50	956.6	2	0.00
	60	944.8	2.1	8.25
	70	929	2.2	20.31
	80	912.5	2.3	37.38
	90	895.8	2.5	54.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	100	882.8	2.9	78.94
แบบที่6	50	966.4	1.98	0.00
	60	941	2.2	9.69
	70	923.6	2.35	25.31
	80	925.6	2.35	42.25
	90	907.3	2.4	56.75
	100	893.8	2.5	77.38
แบบที่7	50	944.2	2.15	0.00
	60	925	2.35	7.81
	70	907.5	2.45	16.38
	80	875.3	2.65	30.44
	90	843.7	3.1	46.56
	100		เครื่องมือไม่สามรถวัดได้	

ตารางที่6-9 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1103 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1.2 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.9 ตารางผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1266 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm²

รูปแบบลวดลาย	อุณหภูมิ	ความเร็วรอบ	กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้	เวลา
	(°C)	(rpm)	(kW)	(sec)
แบบที่1	50	1097	2.1	0.00
	60	1091	2.12	9.88
	70	1087	2.15	31.13
	80	1082	2.15	47.75
	90			
	100			
แบบที่2	50	1123	1.86	0.00
	60	1119	1.9	14.00
	70	1133	1.75	33.20
	80	1132	1.65	71.00
	90			
	100			
แบบที่3	50	1127	1.86	0.00
	60	1116	1.96	9.88
	70	1114	1.96	22.31
	80	1104	2.05	47.44
	90			
	100			
แบบที่4	50	1110	1.9	0.00
	60	1105	1.98	11.01
	70	1102	1.92	26.81
	80	1105	1.92	48.67
	90			
	100			
แบบที่5	50	1087	2.2	0.00
	60	1078	2.25	12.50
	70	1067	2.3	29.19
	80	1066	2.3	45.63
	90			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	100			
แบบที่6	50	1137	1.7	0.00
	60	1121	1.85	12.63
	70	1105	1.95	33.69
	80	1105	1.9	53.00
	90			
	100			
แบบที่7	50	1041	2.5	0.00
	60	1026	2.6	11.88
	70	1014	2.65	23.31
	80	1014	2.6	36.75
	90			
	100			

ตารางที่6-10 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1266 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 การทดลองหามุมเอียงที่เหมาะสมสำหรับการทำลวดลายบนผ้าเบรก

จากการทดลองข้างต้นเราพบว่ารูปแบบที่ให้ความฝืดมากที่สุดคือรูปแบบเอียง จากนั้นเราจึงนำรูปแบบเอียงมาทำเป็นรูปแบบมุมเอียงต่างๆเพื่อหารูปแบบลวดลายที่เหมาะสม โดยทำการทดสอบโดยใช้ผ้าเบรกทีมีลายทำมุมเอียง 30,40และ60 องศาในการทดสอบ ซึ่งข้อมูลค่าต่างๆที่ได้จากการทดลองแสดงเป็นตารางดังนี้

6.3.1 ตารางผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 630.6 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm²

รูปแบบลวดลาย	อุณหภูมิ	ความเร็วรอบ	กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้	เวลา
	(°C)	(rpm)	(kW)	(sec)
30 องศา	50	572.1	1.62	0.00
	60	562.9	1.81	11.38
	70	646	2.15	25.69
	80	532.8	2.35	39.25
	90	524.8	2.46	53.44
	100	522.5	2.46	66.63
45 องศา	50	580.3	1.4	0.00
	60	573.2	1.6	12.75
	70	555.2	1.93	29.56
	80	545.2	2.12	46.38
	90	537.1	2.28	60.50
	100	527.6	2.39	74.19
60 องศา	50	586.8	1.33	0.00
	60	578	1.5	13.44
	70	565.5	1.77	30.50
	80	556.3	1.9	48.50
	90	550.1	2.02	65.81
	100	543.4	2.15	121.75

ตารางที่6-11 แสดงผลการทดลองหามุมเอียงที่เหมาะสม

ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpmและความดัน 1.4 kg/cm²

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.2 ตารางผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 630.6 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1.6 kg/cm²

รูปแบบลวดลาย	อุณหภูมิ	ความเร็วรอบ	กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้	เวลา
	(°C)	(rpm)	(kW)	(sec)
30 องศา	50	562.9	1.8	0.00
	60	549.2	2	10.63
	70	529.7	2.4	22.38
	80	515	2.65	34.88
	90	501.5	2.8	46.38
	100	495.9	2.8	60.00
45 องศา	50	577.3	1.52	0.00
	60	570.2	1.7	9.81
	70	549.7	2.1	26.19
	80	531.3	2.37	41.38
	90	518.7	2.55	56.25
	100	509.2	2.7	70.00
60 องศา	50	580.8	1.48	0.00
	60	572.2	1.65	11.88
	70	555.8	1.95	26.94
	80	544.6	2.18	41.81
	90	534.3	2.33	54.69
	100	528.8	2.45	69.84

***ตารางที่6-12** แสดงผลการทดลองหามุมเอียงที่เหมาะสม*

ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpmและความดัน 1.6 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.3 ตารางผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 873.4 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm²

รูปแบบลวดลาย	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบ (rpm)	กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ (kW)	เวลา (sec)
30 องศา	50	798.6	1.24	0.00
	60	784.2	1.35	9.95
	70	760.2	1.55	25.00
	80	746.1	1.68	39.94
	90	739.6	1.85	56.19
	100	748.5	2.15	73.06
45 องศา	50	826.1	1.19	0.00
	60	819	1.29	14.80
	70	810	1.4	37.92
	80	802.3	1.52	63.42
	90	794.8	1.66	88.30
	100	775.1	1.95	116.17
60 องศา	50	821.4	1.15	0.00
	60	812.5	1.3	12.56
	70	801.5	1.45	35.56
	80	800	1.5	55.25
	90	792.1	1.6	82.00
	100	771	1.85	105.13

***ตารางที่6-13** แสดงผลการทดลองหามุมเอียงที่เหมาะสม*

ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpmและความดัน 1 kg/cm²

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.4 ตารางผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 873.4 rpmและความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm²

รูปแบบลวดลาย	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบ (rpm)	กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ (kW)	เวลา (sec)
30 องศา	50	758.6	2	0.00
	60	730.9	2.3	8.63
	70	696.8	2.45	18.38
	80	665.3	3.1	30.88
	90		ไม่สามารถใช้เครื่องวัดได้	
	100			
45 องศา	50	785.4	1.82	0.00
	60	768.6	2	9.13
	70	750.1	2.23	22.88
	80	736.6	2.35	37.81
	90	717.7	2.65	54.88
	100	692.2	2.98	71.63
60 องศา	50	798.3	1.58	0.00
	60	787.2	1.75	9.56
	70	768.1	2.01	22.88
	80	763.6	2.1	38.25
	90	759.2	2.15	53.44
	100	743.6	2.4	73.33

ตารางที่6-14 แสดงผลการทดลองหามุมเอียงที่เหมาะสม

ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpmและความดัน 1.4 kg/cm²

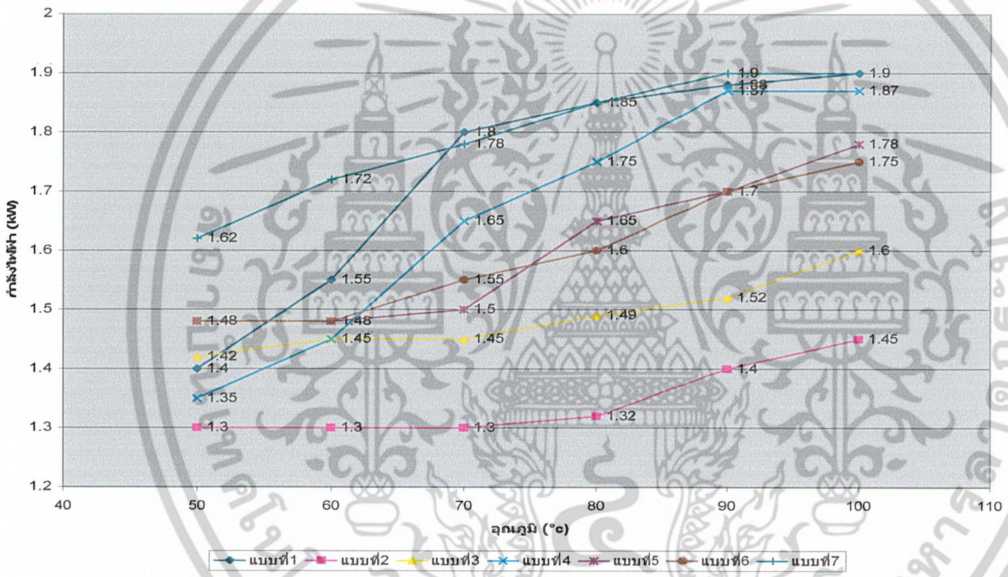
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

7.1 การวิเคราะห์จากกราฟแสดงผลการทดลอง

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามารถสรุปเป็นกราฟข้อมูลได้ดังนี้

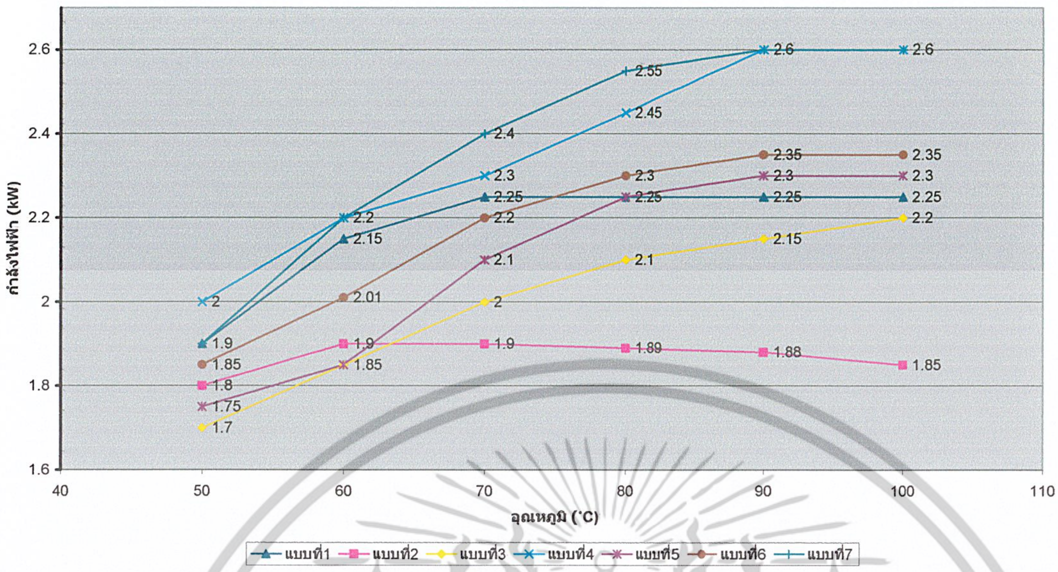
7.1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับอุณหภูมิ



รูปที่7-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและกำลัง
(ที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm , ความดัน 2 kg/cm^2)

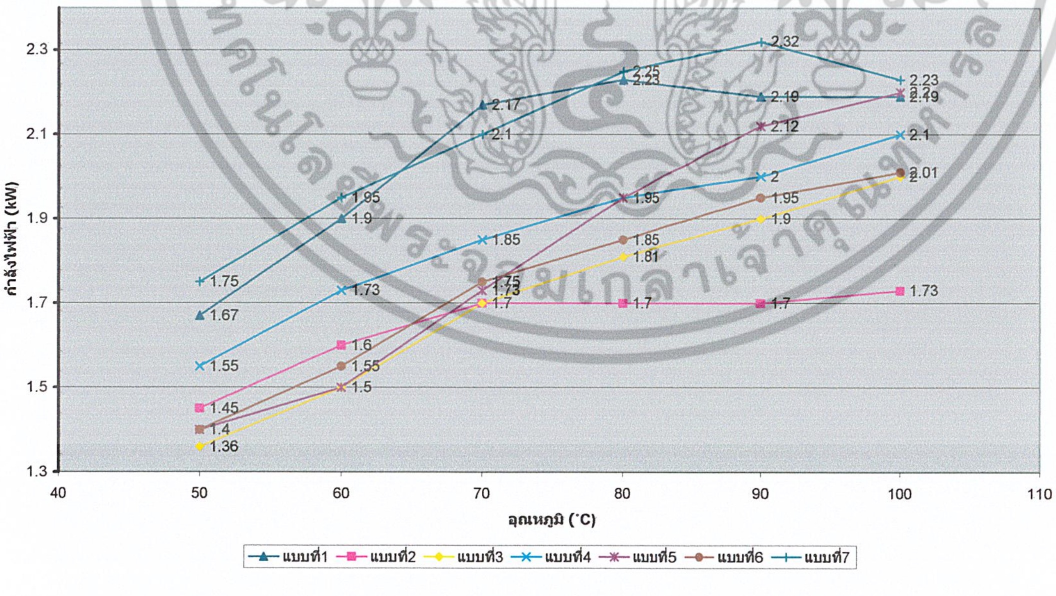
จากกราฟจะสังเกตได้ว่าผ้าเบรกที่มีลวดลายทุกรูปแบบจะมีความฝืดมากกว่าผ้าเบรกที่ไม่มีลวดลายในขณะที่มีพื้นที่หน้าสัมผัสเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่7-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า

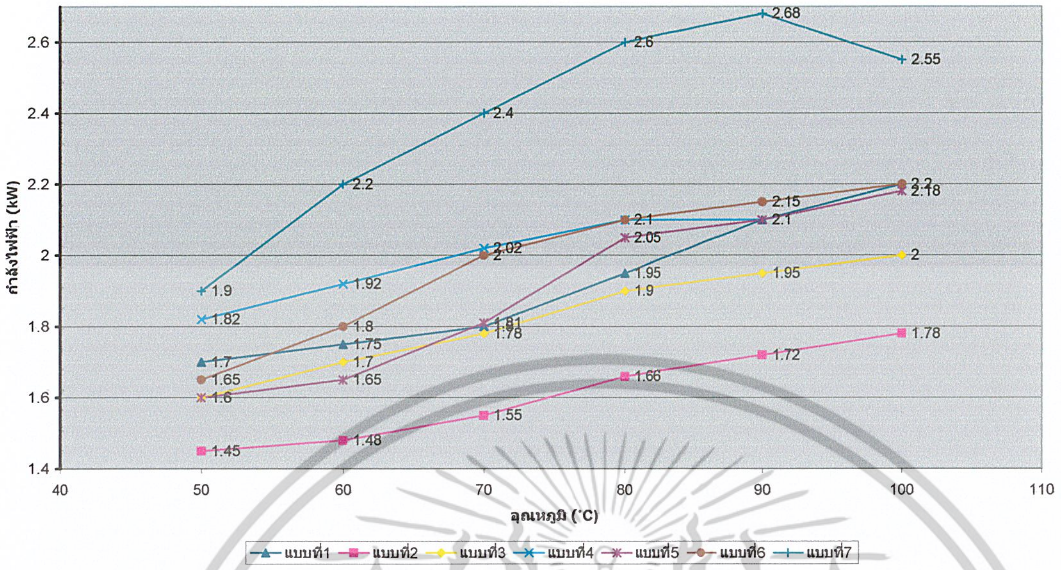
ที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm และความดันน้ำมันเบรก 2.5 kg/cm²



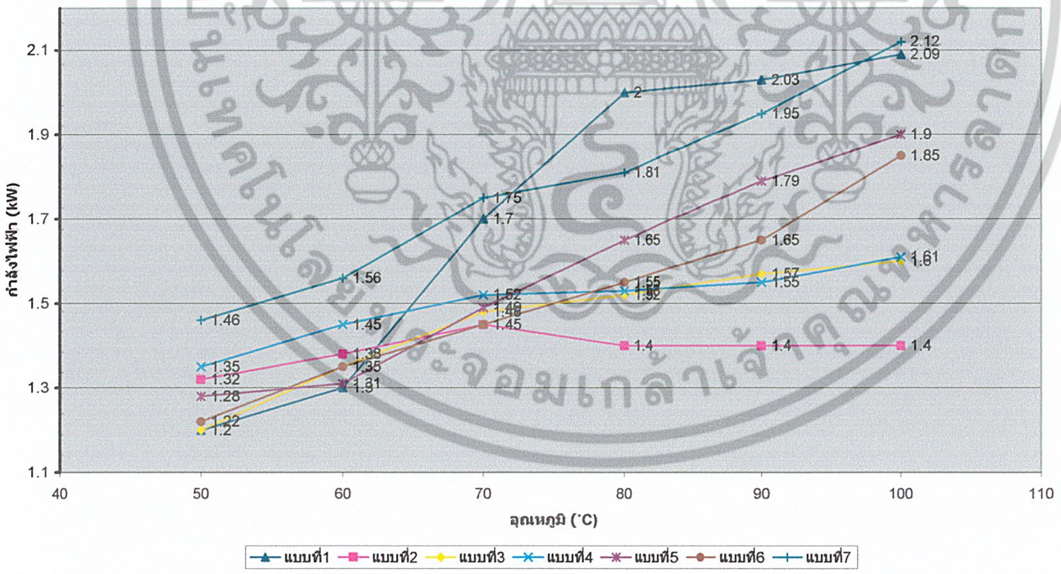
รูปที่7-3กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า

ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm²

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



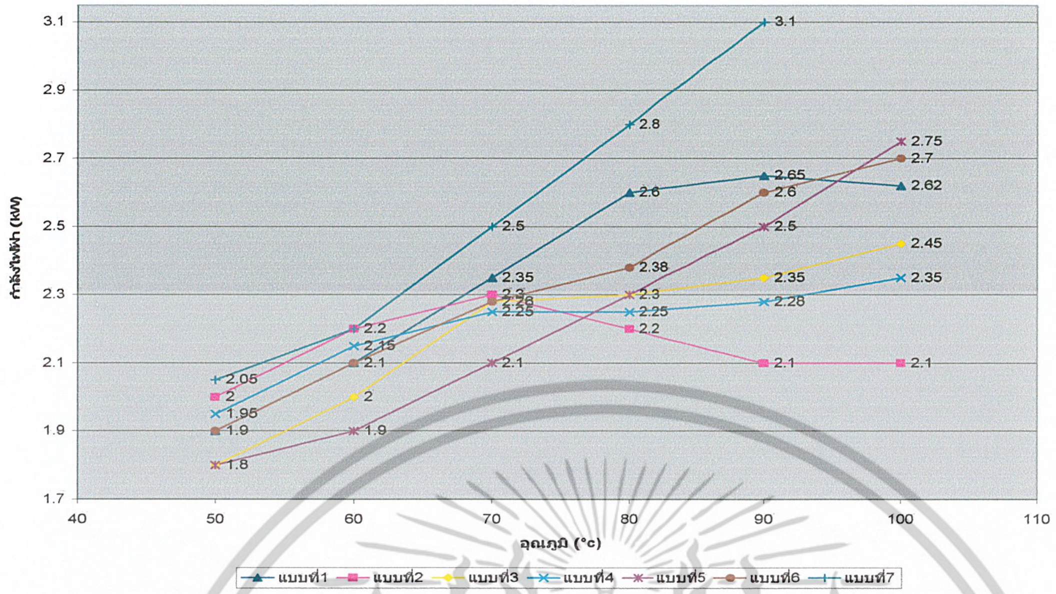
รูปที่7-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.6 kg/cm^2



รูปที่7-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบ 873.4rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2

จากกราฟข้างต้นจะสังเกตได้ว่ากราฟรูปแบบเอียงจะให้ความฝืดในการเบรกมากที่สุดเมื่อเทียบกับผ้าเบรกลวดลายอื่นๆ

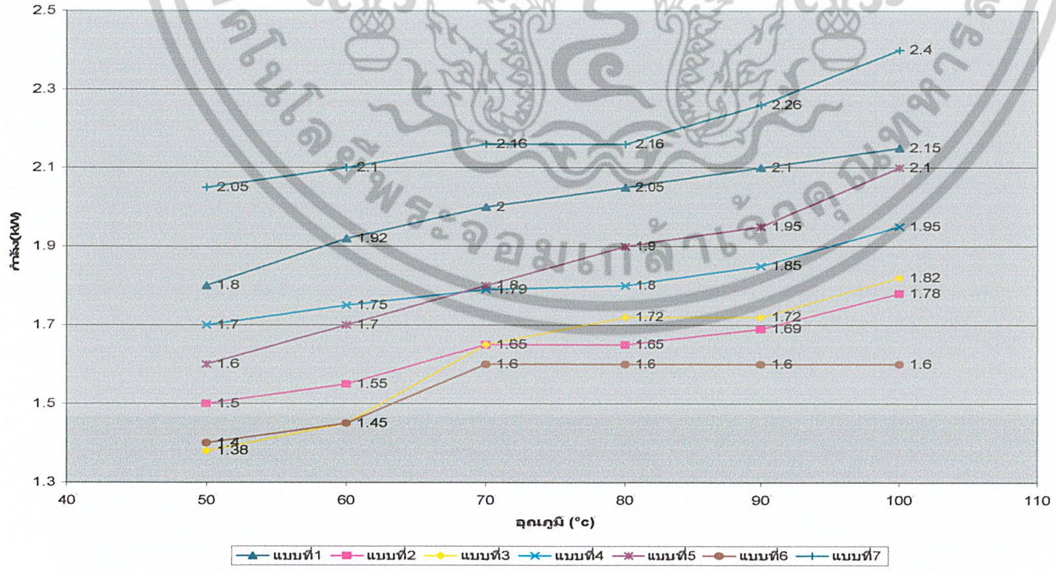
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่7-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า

ที่ความเร็วรอบ 873.4rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm^2

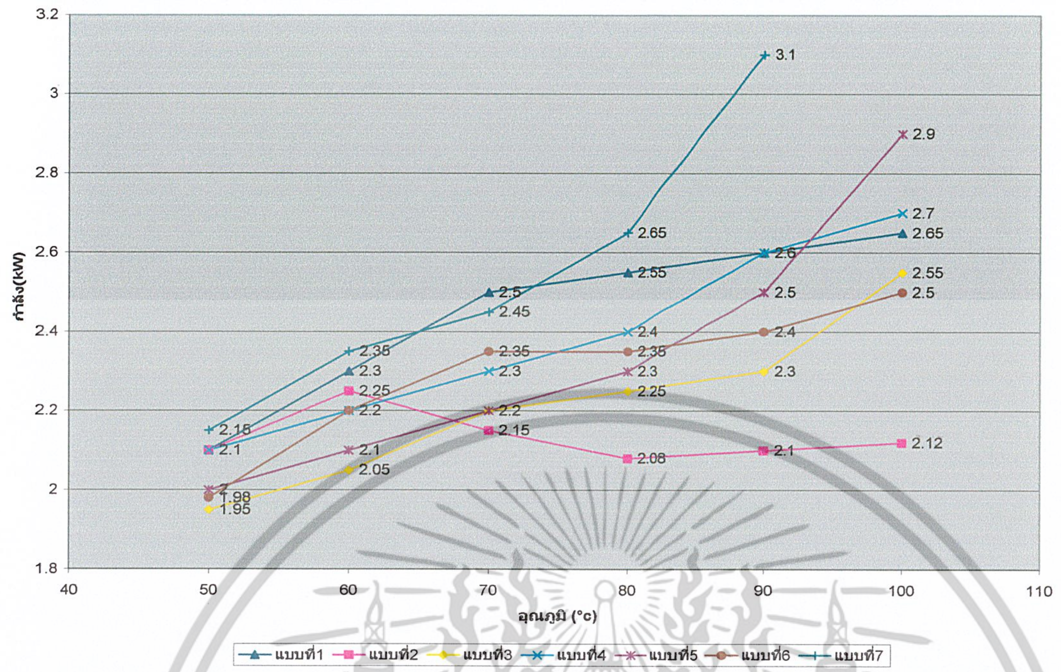
จากกราฟข้างต้นจะสังเกตได้ว่าผ้าเบรกที่ไม่มีลวดลายจะเริ่มลื่นไถลที่อุณหภูมิต่ำกว่าผ้าเบรกแบบมีลวดลาย



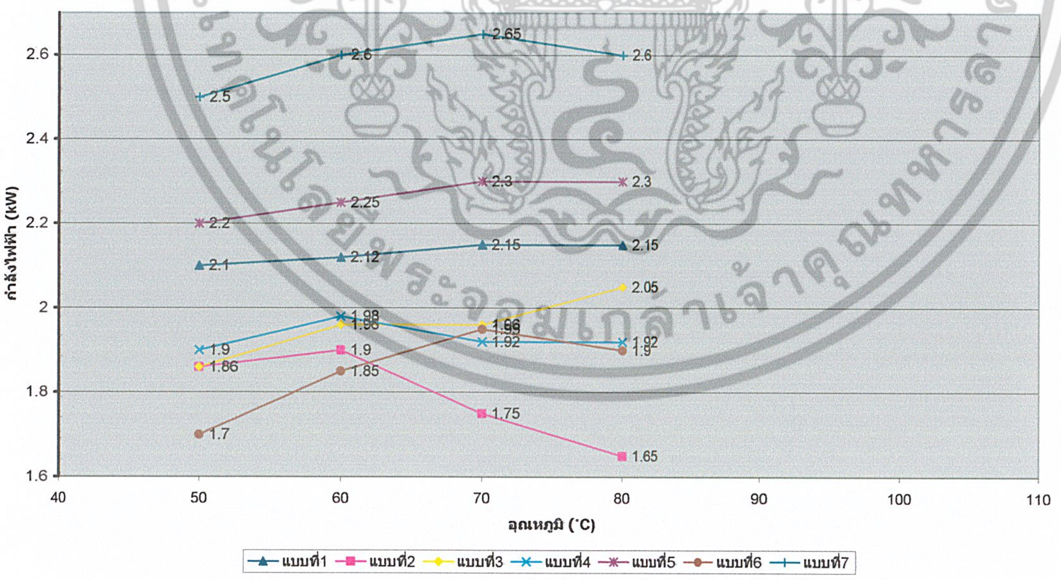
รูปที่7-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า

ที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่7-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.2 kg/cm^2



รูปที่7-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบ 1266 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟข้างต้นจะสังเกตได้ว่าผ้าเบรกที่มีลวดลายแบบเอียงจะมีความฝืดในการเบรกมากกว่าผ้าเบรกที่ไม่มีลวดลายขนาดมาตรฐานซึ่งมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า

จากผลการทดลองได้แสดงแนวโน้มดังนี้

1.ผ้าเบรกที่มีลวดลายจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าผ้าเบรกทีไม่มีลายที่มีผิวสัมผัสเท่ากัน

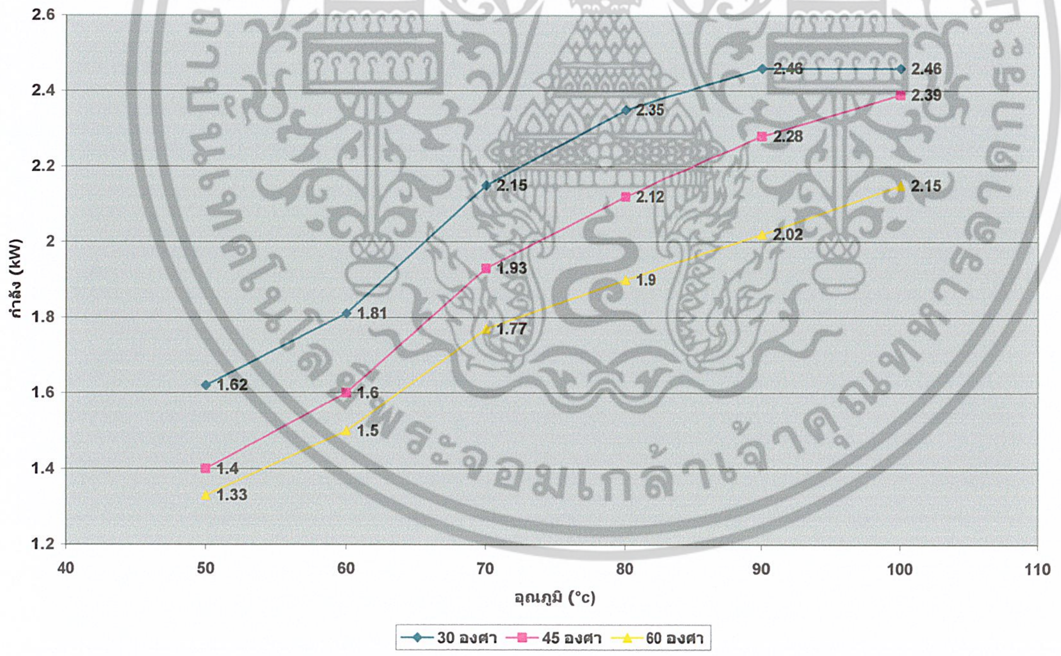
2.ที่อุณหภูมิสูงผ้าเบรกที่มีลวดลายจะสามารถทำงานได้ดีกว่าผ้าเบรกที่ไม่มีลวดลาย

3.จากการทดสอบพบว่าผ้าเบรกที่มีรูปแบบลายเอียงจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับรูปแบบลวดลายอื่นๆ

4.ผ้าเบรกที่ไม่มีลวดลายจะเริ่มลื่นไถลที่อุณหภูมิต่ำกว่าผ้าเบรกแบบมีลวดลาย

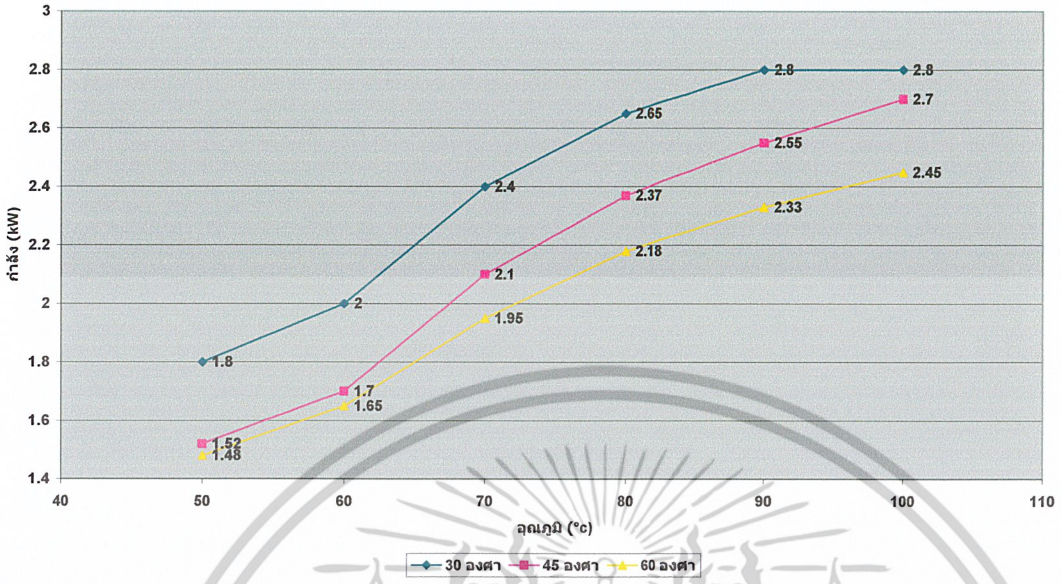
5.ที่ความดันเบรกสูงและอุณหภูมิสูงจะสามารถสังเกตความแตกต่างของความฝืดระหว่างผ้าเบรกไม่มีลายแบบขนาดเดิมกับผ้าเบรกที่มีลวดลายได้อย่างชัดเจน

7.1.2 การหามุมเอียงที่เหมาะสมสำหรับผ้าเบรกรูปแบบเอียง



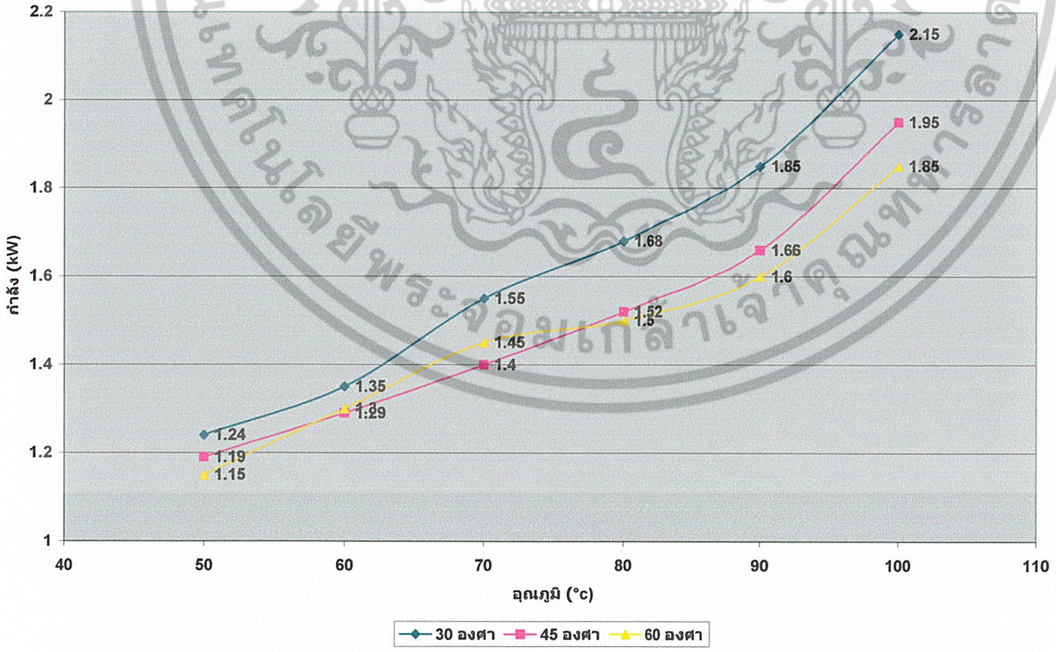
รูปที่7-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและกำลังของผ้าเบรกลวดลายเอียงแบบ30,45,60องศา (ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm,ความดัน1.4 kg/cm²)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่7-11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและกำลังของผ้าเบรกลวดลายเอียงแบบ30,45,60องศา

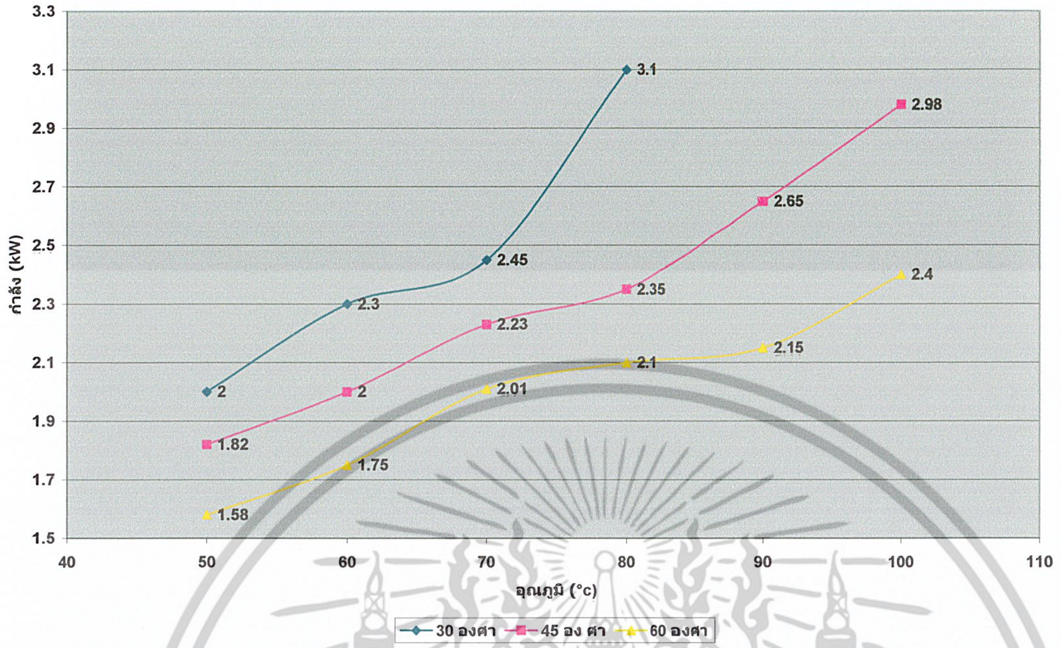
(ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm,ความดัน1.6 kg/cm²)



รูปที่7-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและกำลังของผ้าเบรกลวดลายเอียง แบบ30,45,60องศา

(ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm,ความดัน1 kg/cm²)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



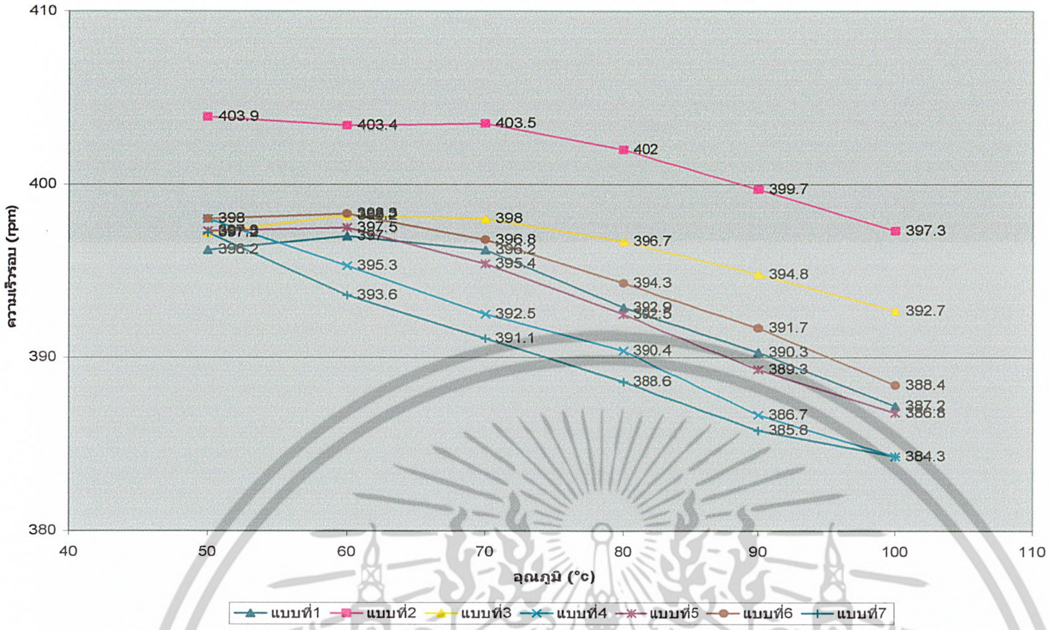
รูปที่7-13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและกำลังของผ้าเบรกลวดลายเอียงแบบ30,45,60องศา (ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm,ความดัน1.4 kg/cm^2)

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับอุณหภูมิของผ้าเบรกลายมุมเอียงต่างๆได้แสดงแนวโน้มดังนี้

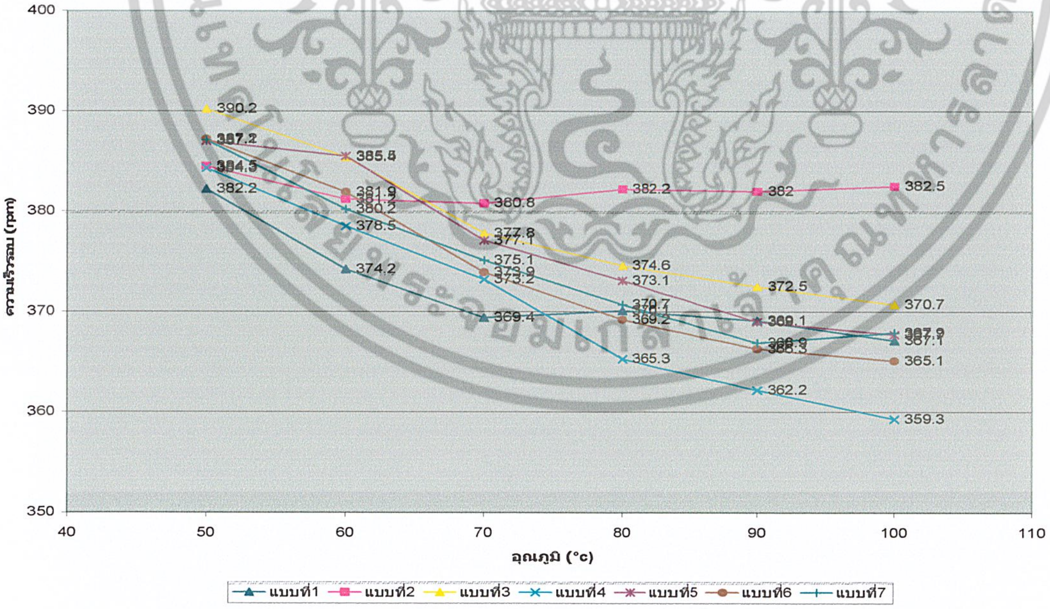
1. มุมเอียง30องศาเป็นมุมที่เหมาะสมสำหรับการทำลวดลาย โดยให้ค่าความฝืดมากที่สุด
2. ความฝืดของผ้าเบรกจะน้อยลงเมื่อผ้าเบรกมีลวดลายเอียงทำมุมองศามากขึ้นจาก 30,45,60 องศาตามลำดับ
3. มุมเอียงของลายผ้าเบรกมีผลให้ลมที่วิ่งผ่านร่องต่างกัน
4. จากผลการทดลองลาย30องศา น่าจะมีลมวิ่งผ่านร่องมากสุด ทำให้สามารถระบายเศษผงได้เร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ

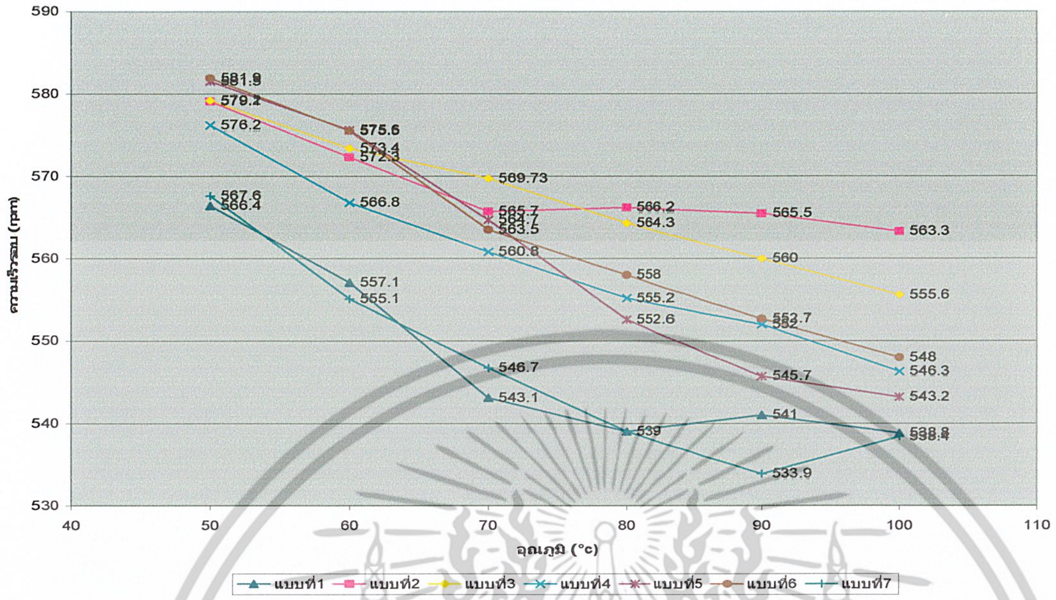


รูปที่7-14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm และความดันน้ำมันเบรก 2 kg/cm^2



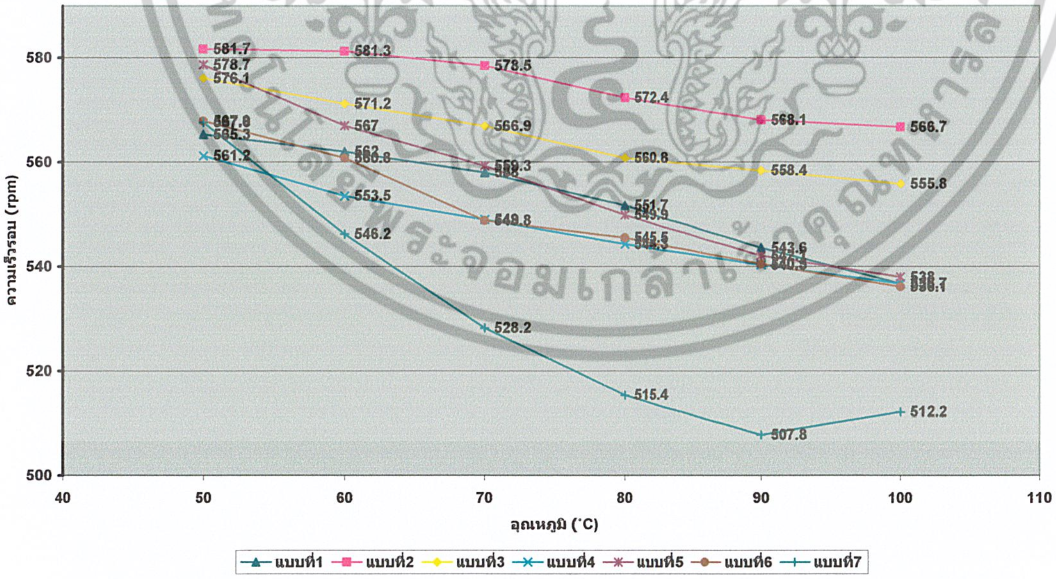
รูปที่7-15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm และความดันน้ำมันเบรก 2.5 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่7-16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ

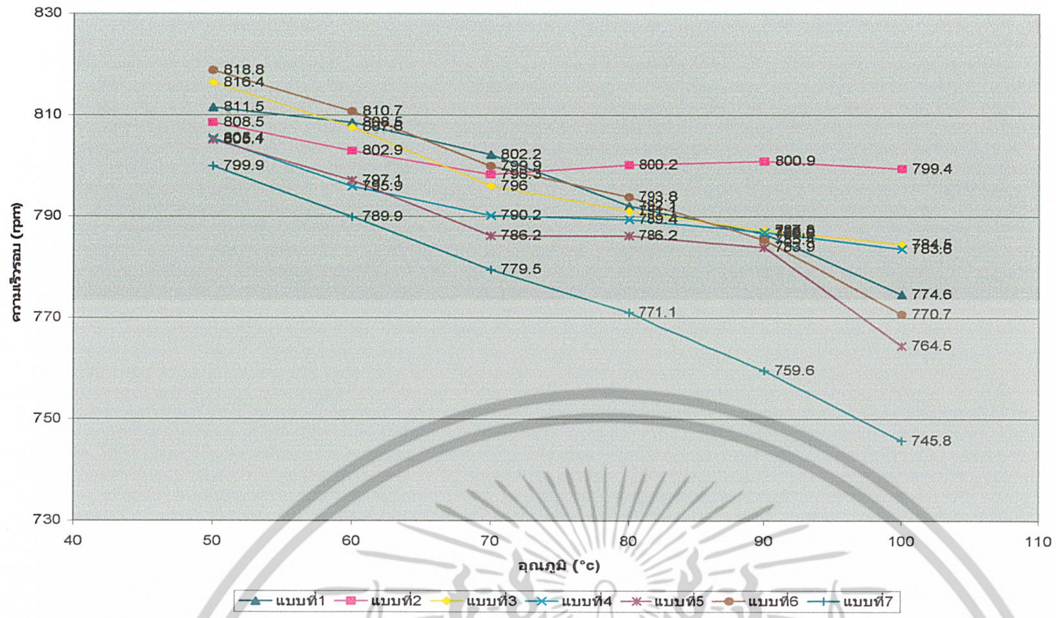
ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm^2



รูปที่7-17กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ

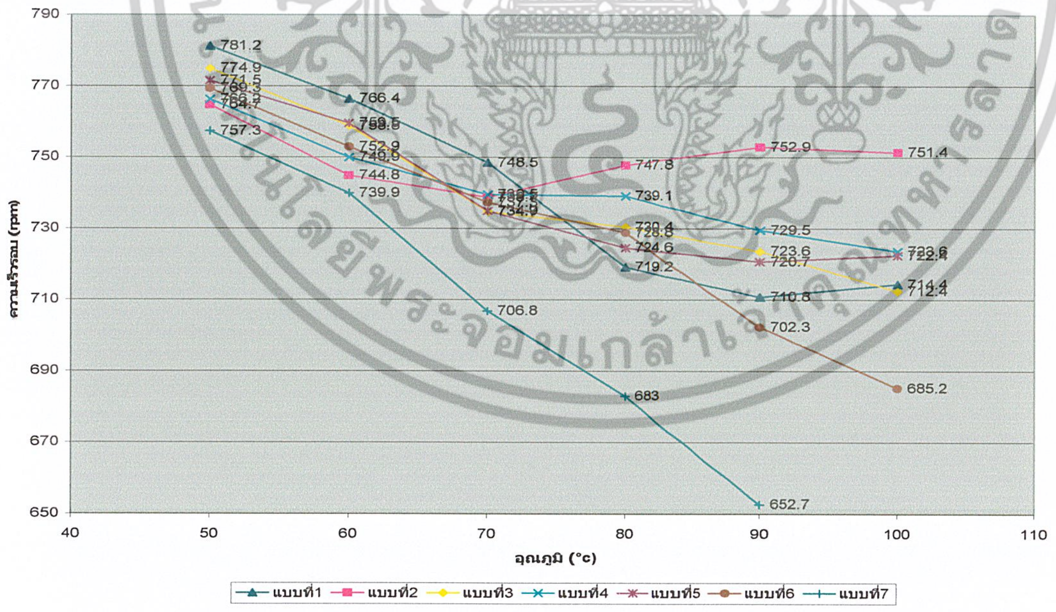
ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.6 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่7-1 8กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ

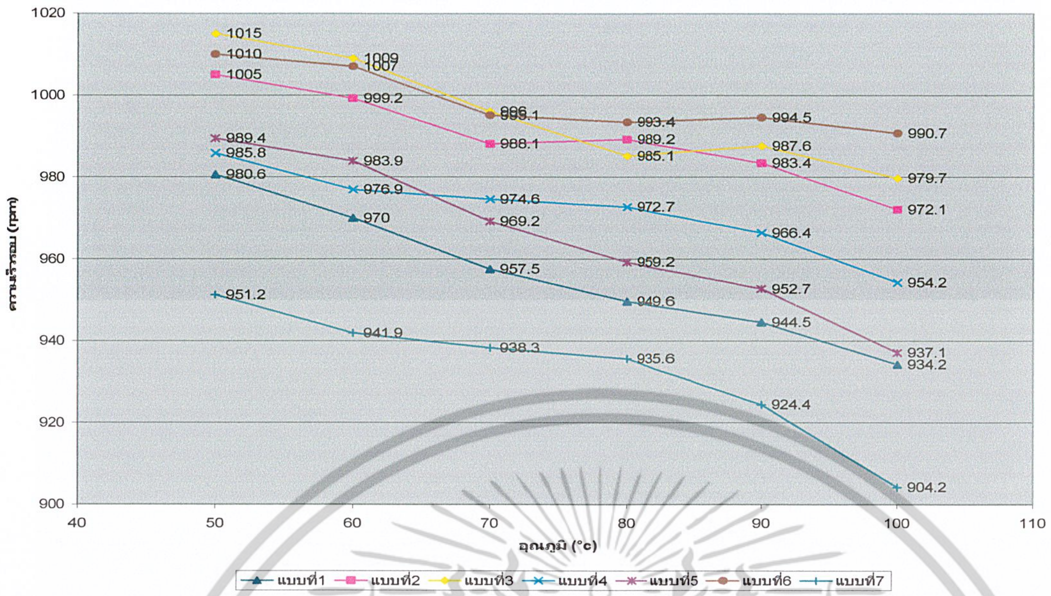
ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm²



รูปที่7-19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ

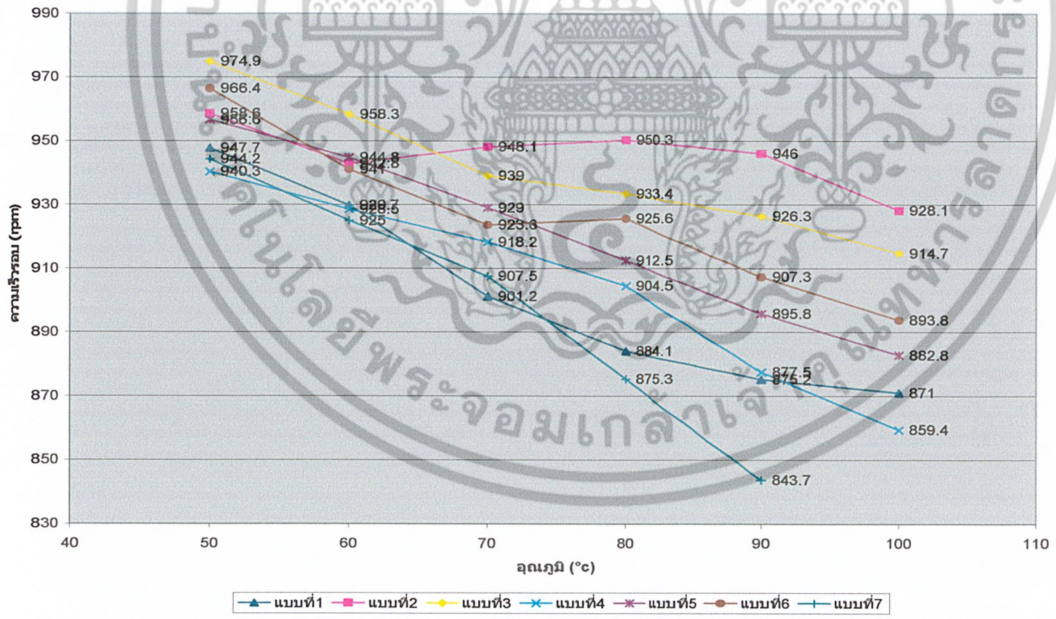
ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm²

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่7-20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ

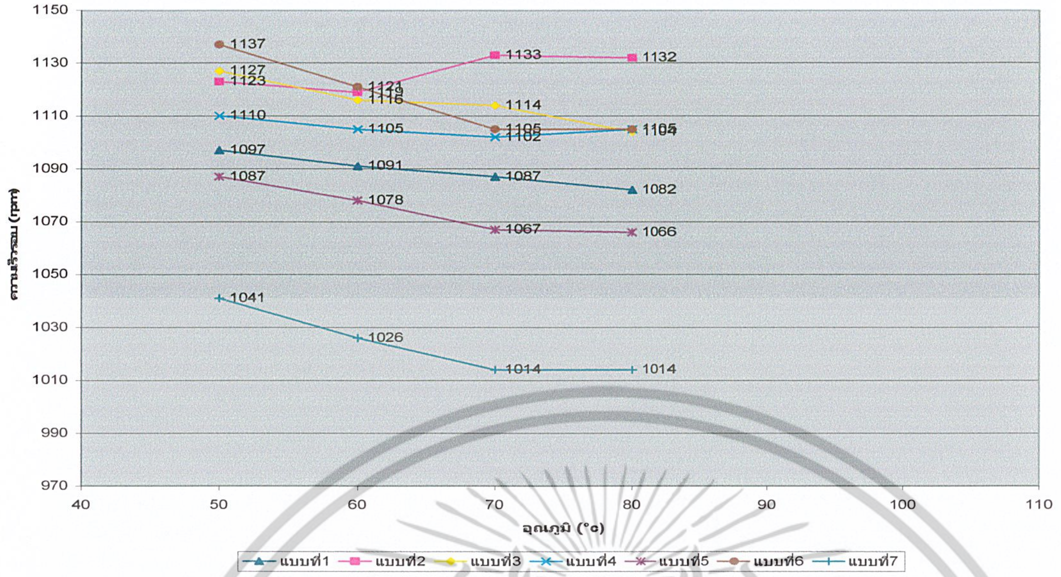
ที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm²



รูปที่7-21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ

ที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.2 kg/cm²

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



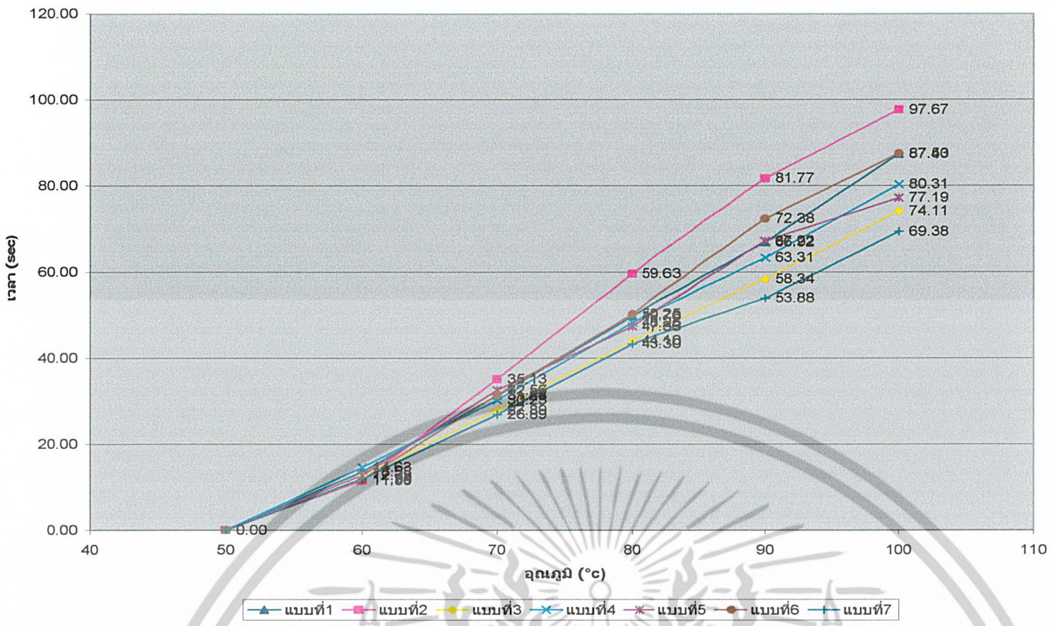
รูปที่7-22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 1266 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2

ข้อมูลของกราฟนี้แสดงถึงความแตกต่างของความ เร็วรอบที่เปลี่ยนแปลงไปในรอบการทำงานของผ้าเบรกลายต่างๆ ซึ่งจากผลการทดลองได้แสดงแนวโน้มใกล้เคียงกับกราฟอุณหภูมิกับกำลังไฟฟ้าซึ่งให้ข้อสรุปว่า

1.ความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้าแปรผกผันกัน

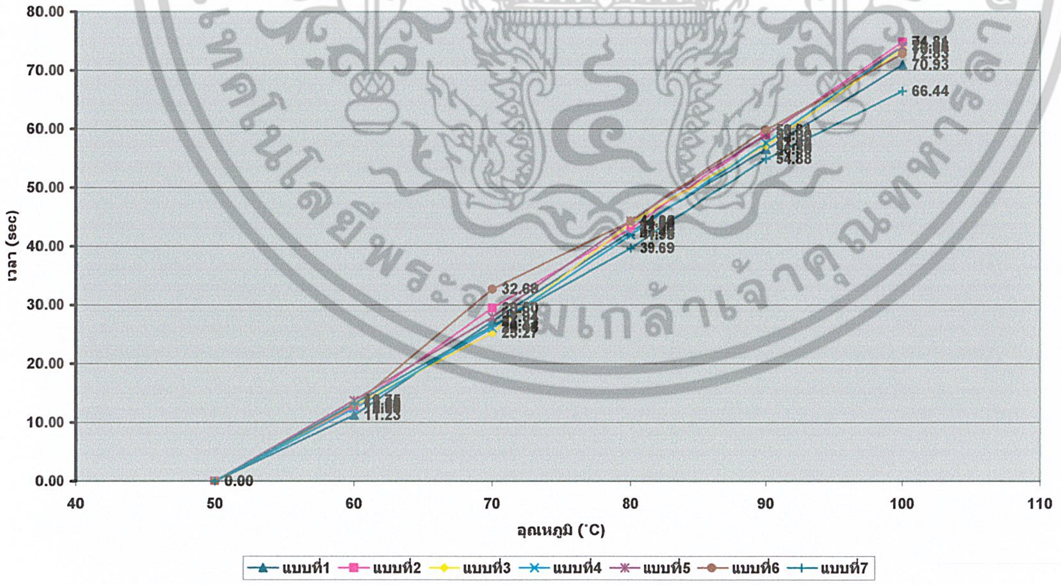
2.ผ้าเบรกที่มีลวดลายให้ความฝืดที่มากกว่าผ้าเบรกที่พื้นผิวสัมผัสเท่ากันแต่ไม่มีลายอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่7-25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm^2

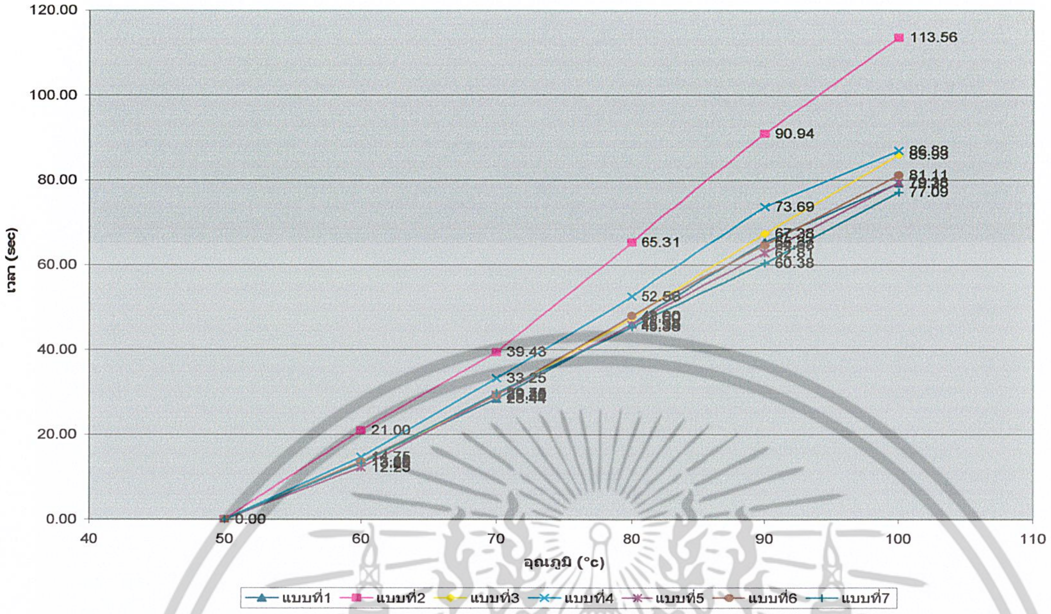


รูปที่7-26กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

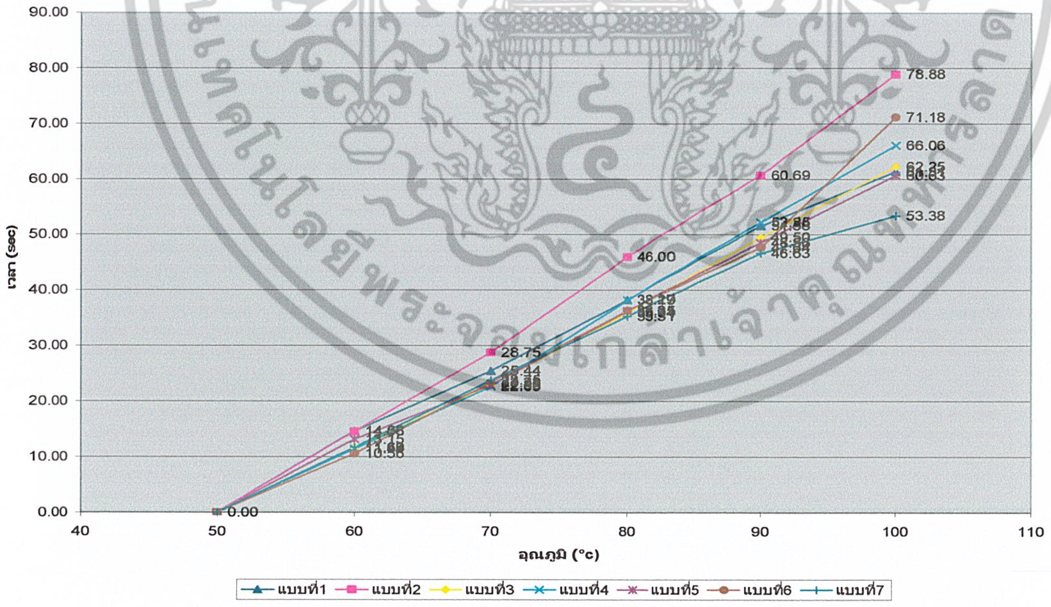
ที่ความเร็วรอบ 630.6 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.6 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิ

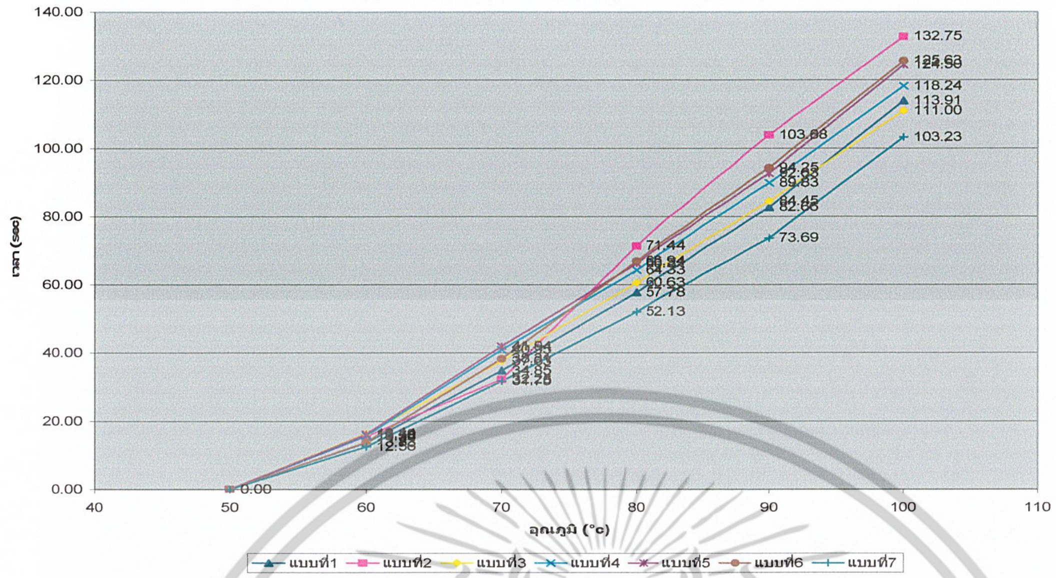


รูปที่7-23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm และความดันน้ำมันเบรก 2 kg/cm^2

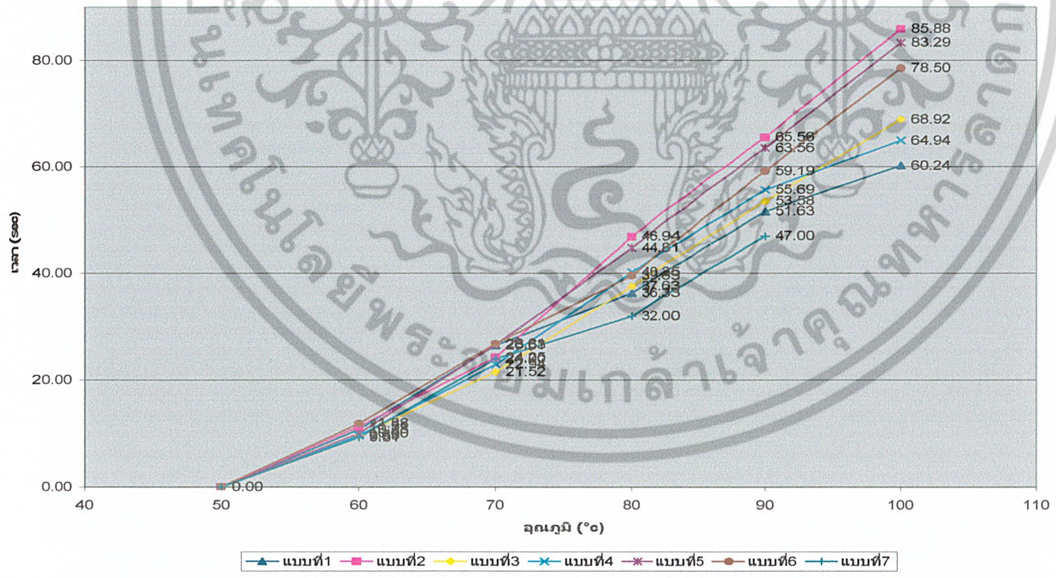


รูปที่7-24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 433.5 rpm และความดันน้ำมันเบรก 2.5 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

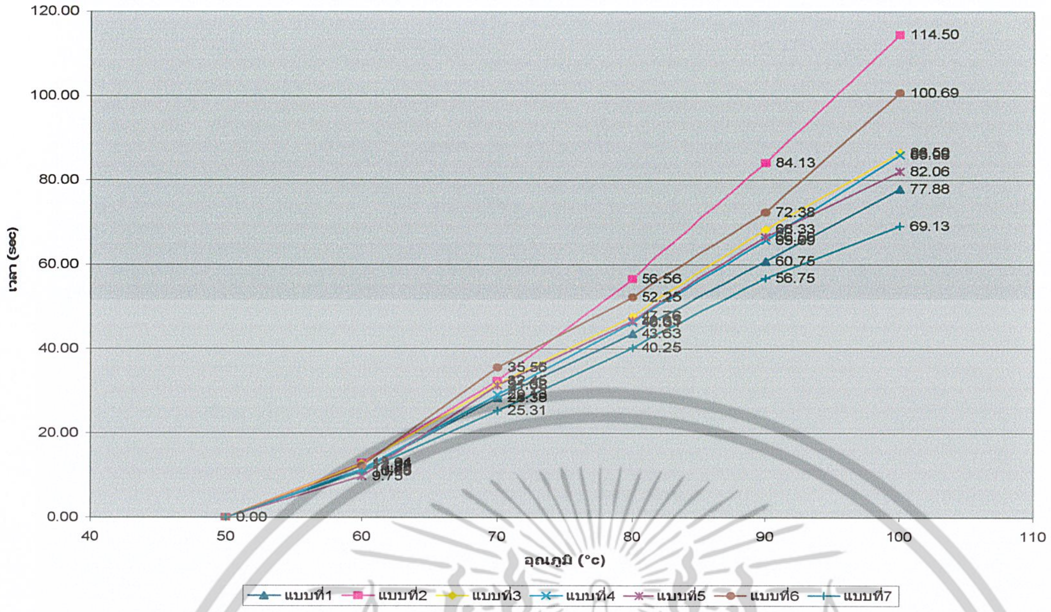


รูปที่7-27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา
ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm^2



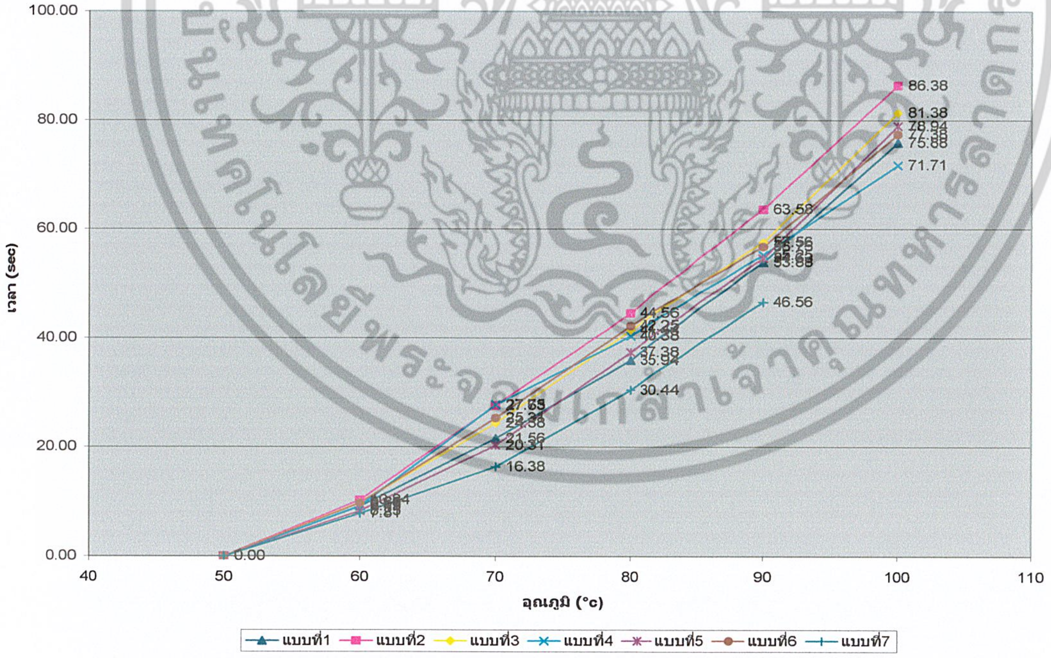
รูปที่7-28กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา
ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.4 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่7-29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

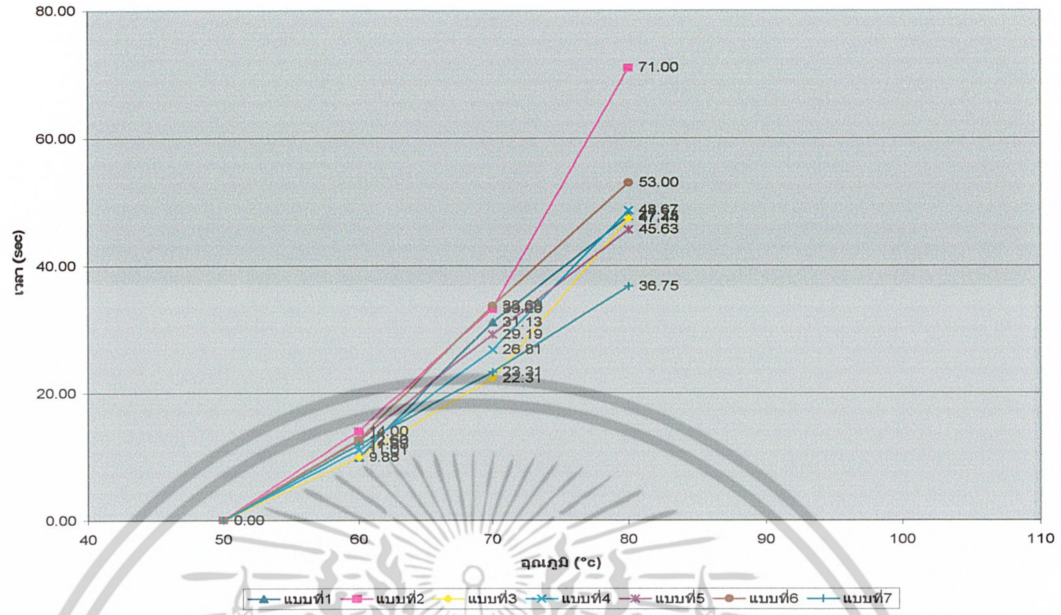
ที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm²



รูปที่7-30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

ที่ความเร็วรอบ 1103 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1.2 kg/cm²

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



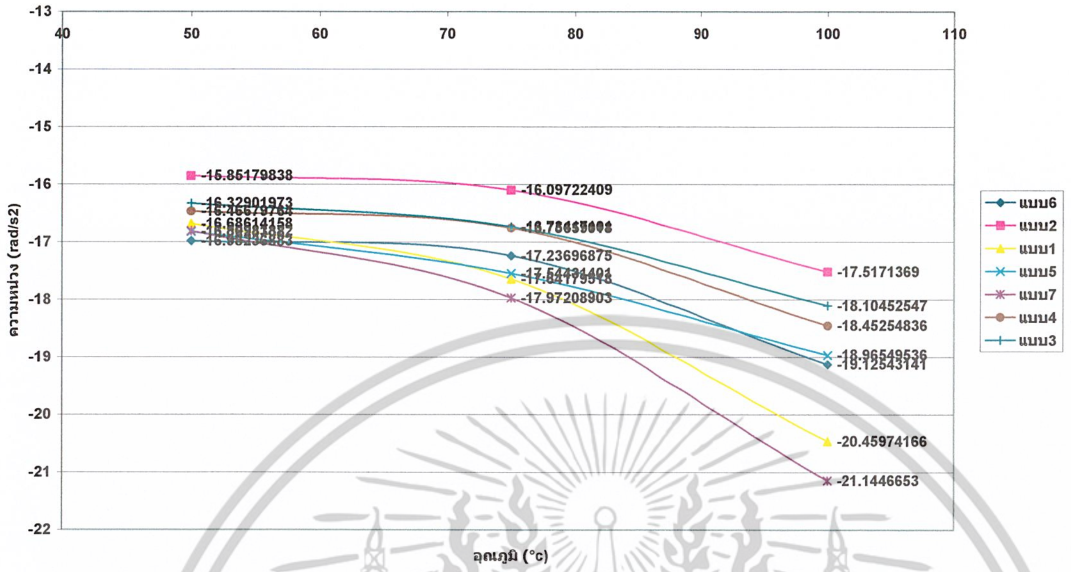
รูปที่7-31กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

ที่ความเร็วรอบ 1266 rpm และความดันน้ำมันเบรก 1 kg/cm²

ข้อมูลของกราฟนี้แสดงถึงความความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเบรกกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในแต่ละรอบการทำงานของผ้าเบรกลายต่างๆ ซึ่งจากผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่า ผ้าเบรกที่มีความฝืดมากจะใช้เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ น้อยกว่าผ้าเบรกที่พื้นผิวสัมผัสเท่ากันแต่ไม่มีลวดลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับอุณหภูมิ



รูปที่7-32 กราฟแสดงค่าความหน่วงทดสอบโดยใช้ล้อช่วยแรง

จากการทดสอบความหน่วงโดยการใช้ล้อช่วยแรงได้ผลออกมามีแนวโน้มใกล้เคียงกับผลการทดสอบความเสียดทานโดยใช้กำลังจากมอเตอร์โดย

1. ผ้าเบรกลายเอียงจะมีความหน่วงสูงสุดหรือมีแรงเสียดทานมากสุด
2. ผ้าเบรกแบบควบคุมพื้นที่จะมีความหน่วงน้อยสุดหรือมีแรงเสียดทานน้อยสุด

7.2 สรุปผลการทดลอง

1. ผ้าเบรกที่มีลวดลายรูปแบบต่างๆเมื่อได้ทำการทดลองแล้วจะให้ค่าความฝืดมากกว่าผ้าเบรกที่ไม่มีลวดลาย ในขณะที่พื้นผิวสัมผัสเท่ากัน ซึ่งแสดงว่าผ้าเบรกที่มีการทำลวดลายจะให้ประสิทธิภาพในการเบรกที่ดีกว่าผ้าเบรกที่ไม่ได้ทำลวดลายเมื่อมีพื้นที่ผิวสัมผัสเท่ากัน

2. จากการทดลองพบว่าผ้าเบรกที่มีการทำลวดลายรูปแบบมุมเอียงจะมีประสิทธิภาพในการเบรกสูงกว่าผ้าเบรกลวดลายอื่นๆและผ้าเบรกที่มีมุมเอียง30องศาจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับผ้าเบรกลายมุมเอียงต่างๆที่ทำการทดลอง

3. ผ้าเบรกแบบลายมุมเอียง30องศาจะสามารถทำงานที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่าผ้าเบรกที่ไม่มีลายอย่างชัดเจน แสดงว่าการทำเบรกแบบลวดลายมุมเอียงมีการระบายความร้อนที่ดีกว่าแบบอื่น

4. เมื่อได้ทำการเบรกเป็นระยะเวลานานมากขึ้นเรื่อยๆผ้าเบรกที่มีลวดลายจะสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงกว่าผ้าเบรกที่ไม่มีลวดลาย ผ้าเบรกที่ไม่มีลวดลายจะเริ่มลื่นไถลที่อุณหภูมิต่ำกว่าผ้าเบรกแบบมีลวดลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ที่ความดันแรงเบรกสูงและอุณหภูมิสูงจะสามารถสังเกตความความแตกต่างของความฝืดระหว่างผ้าเบรกที่ไม่มีลวดลายแบบขนาดเดิมกับผ้าเบรกที่มีลวดลายได้อย่างชัดเจนว่าผ้าเบรกที่มีลวดลายมีประ สิทธิภาพที่ดีกว่า ถึงแม้ว่าจะมีพื้นที่สัมผัสของการเบรกน้อยกว่าก็ตาม

รูปที่7-33 แสดงเศษผงเบรกที่อยู่ในร่องผ้าเบรก

7.3 การนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์และพัฒนาต่อไป

1. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพผ้าเบรกให้มากขึ้น โดยการทำลวดลายที่เหมาะสมเพื่อช่วยระบายเศษผงบนหน้าสัมผัส
2. สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบลวดลายบนผ้าเบรกที่เหมาะสมกับผ้าเบรกชนิดและขนาดต่างๆ
3. เพื่อการพัฒนาผ้าเบรกในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษาและการพัฒนาผ้าเบรกต่อไปในอนาคต

7.4 ข้อเสนอแนะและวิจารณ์

1.ควรใช้วัตต์มิเตอร์แบบดิจิตอลเพื่อที่สามารถอ่านค่าได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น

2.ควรใช้เครื่องวัดค่าโดยอัตโนมัติเพื่อลดความผิดพลาดจากการวัดค่าโดยบุคคล

3.เพื่อให้ได้ค่าผลการทดลองที่มีความละเอียดสูงขึ้นควรใช้เครื่องมือวัดที่มีความสามารถในการวัดค่าที่มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ถ้าต้องการทดสอบผ้าเบรกที่มีขนาดใหญ่ขึ้นก็ควรใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่และอุปกรณ์วัดที่มีช่วงการวัดกว้างขึ้นเพียงพอด้วย

5.ระบบเบรกที่ใช้ถ้าสามารถใช้แบบระบบถ่วงน้ำหนักแทนระบบแบบการใช้แรงดันน้ำมันเบรก ซึ่งจะให้แรงกดผ้าเบรกที่คงที่และแม่นยำมากกว่า

6.ถ้าสามารถใช้ล้อช่วยแรงที่มีขนาดใหญ่มากขึ้นก็จะสามารถทดสอบให้เห็นผลการทดลองที่ชัดเจนและใกล้เคียงสภาวะจริงมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ ชาญ ถนัดงาม " การออกแบบเครื่องจักกลเล่ม 1 " สำนักพิมพ์ซีเอ็ด

[2] ณรงค์ ตันชีวะวงค์ " เทคนิคยานยนต์ เล่ม2 เบรกไฮดรอลิก " สำนักพิมพ์ สสท.

[3] "วิศวกรรมยานยนต์" (Automotive engineering) รศ. ธีรยุทธ สุวรรณประทีป สำนักพิมพ์ วิทยพัฒน์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้