

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาถึงประสิทธิภาพของผ้าเบรคคริมจากการทำลวดลาย

## Study on Brake Efficiency from Figure Design on Drum Brake Pads

นาย ชีรเสฏฐ์ เรืองนวกิจ  
นาย บุทธชัย กริแสง  
นาย วรวิทย์ ตระกูลวีระบุทร

อาจารย์ที่ปรึกษา  
ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์

รฟ.  
ร 1577  
75.89

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....**62772**  
วัน,เดือน,ปี..2.2.ส.ค. 2549

b. 1163053x  
i.....

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาถึงประสิทธิภาพของผ้าเบรคครัมจากการทำลวดลาย

Study on Brake Efficiency from Figure Design on Drum Brake Pads

ผู้จัดทำ

1. นายธีรเสถียร เรืองนวกิจ รหัสประจำตัว 45010525
2. นายยุทธชัย กริแสง รหัสประจำตัว 45010619
3. นายวรวิทย์ ตระกูลวีระยุทธ รหัสประจำตัว 45010674



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ชวชัย นาคพิพัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การศึกษาดังประสิทธิภาพของผ้าเบรกจากการทำลวดลาย

นายธีรเสฏฐ์ เรืองนวกิจ	45010525
นายยุทธชัย กริแสง	45010619
นายวรวิทย์ ตระกูลวีระบุุทธ	45010674
ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548	

### บทคัดย่อ

ความปลอดภัยจากระบบเบรก เป็นสิ่งที่จำเป็นลำดับต้น ๆ ของการขับขี่ยานพาหนะ สิ่งที่จะพิจารณาศึกษาจากการทำลวดลายบนผ้าเบรกเมื่อผ้าเบรกทำงาน จะทำให้เกิดเศษผ้าเบรกหลุดออกมาแทรกอยู่ระหว่างผิวสัมผัสของผ้าเบรก และดรัมเบรกซึ่งทำให้เกิดการสิ้นเปลือง ส่งผลให้แรงเสียดทานน้อยลง รวมทั้งอาการเบรกสั่นเมื่อผ้าเบรกเปียกน้ำ ประสิทธิภาพของผ้าเบรกจึงลดลง และถ้าความร้อนที่ผ้าเบรกสูงอาจทำให้ผ้าเบรกไหม้ได้ โครงการนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของผ้าเบรก จากการทำลวดลายบนหน้าสัมผัสเบรก เพื่อทำหน้าที่เป็นช่องทางให้เศษผงผ้าเบรกสามารถออกจากผิวสัมผัสระหว่างผ้าเบรกกับดรัมเบรกได้มากขึ้น และลดอุณหภูมิของการเบรกจากพื้นที่ผิวที่ลดลง โดยการทำร่องบนผ้าเบรกจะช่วยระบายความร้อนได้ และเมื่อทดลองในสภาวะที่เปียกน้ำ อาการตอบสนองของการเบรคดีขึ้น ซึ่งช่วยทำให้ประสิทธิภาพการเบรกสูงขึ้นได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะลวดลายเฉียง

**Study on Brake Efficiency from Figure Design on Brake Pads**

Teeraset Raungnavakit

Yuttachai Kreesaeng

Worravit Tragunveerayut

Assist. Prof. Tawatchai Nakpipat

Adviser

**ABSTRACT**

Safety of brake system is first of all necessary for driving vehicle. Considering from studying on brake pads figuring when brake pad operating, it become fragment get loose and insert between surface of brake pad and drum brake which cause by make lower friction force. Including, slip brake when the brake pad is wet. It make lower efficiency. And if the higher temperature on brake pad, it may be burned. This project is studying on brake efficiency from figure design on brake pads in order to remove fragment out of brake contact and decrease temperature of braking. By increasing of gap from brake pad figuring expect to reduce thermal ventilation and when test in moisture condition, braking is better. Obvious, it can be higher efficiency. Epecially, the oblique figure.

### กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลายฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์ รัชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก ทั้งขอขอบคุณ พี่มณฑา เทียมเมือง ช่างเทคนิคประจำโรงปฏิบัติการ ที่คอยให้คำแนะนำต่าง ๆ และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องแต่ไม่สามารถลงนามที่นี่ได้หมดทุกคน

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 สมมุติฐานที่ตั้งไว้	1
1.4 ขอบเขตของโครงการ	1
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบเบรก	3
2.1 หน้าที่ของเบรก	3
2.2 การพัฒนาระบบเบรก	3
2.3 เบรกแบบต่างๆ	4
2.4 หลักการเกี่ยวกับเบรก	6
2.5 ชนิดของดรัมเบรก	9
2.6 ผ้าเบรก	15
บทที่ 3 การออกแบบเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก	19
3.1 หลักการทำงานของเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก	19
3.2 อุปกรณ์หลักๆที่ใช้ในเครื่องทดสอบผ้าเบรกประกอบด้วย	19
3.3 การออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ	20
3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องทดสอบ	29
3.5 ภาพเครื่องทดสอบ	30
บทที่ 4 การออกแบบลวดลายผ้าเบรก	31
4.1 การทำงานของลวดลายในการระบายผงเบรก	31
4.2 การออกแบบลวดลายผ้าเบรก	31
4.3 ลวดลายที่ออกแบบสำหรับการทดลอง	32
4.4 การเลือกใช้วัสดุ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
บทที่ 5 การทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก	35
5.1 การวัดประสิทธิภาพของผ้าเบรก	35
5.2 การทดลองและวิธีการทดลอง	35
5.3 ความเร็วรอบที่ทดสอบ	36
บทที่ 6 ผลการทดลอง	37
6.1 ผ้าเบรกที่ทำการทดสอบ	37
6.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการเบรกของผ้าเบรกแบบต่างๆ	40
บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	78
7.1 การทดลองที่ 1 ทดลองที่สภาวะปกติ	78
7.2 การทดลองที่ 2 ทดลองที่สภาวะเปียกน้ำ	112
7.3 สรุปผลการทดลอง	124
7.4 การนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์และพัฒนาต่อไป	125
7.5 ข้อเสนอแนะและวิจารณ์	125
บรรณานุกรม	126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
3-1 แสดงแรงบิดของมอเตอร์ที่แต่ละความเร็วรอบของครีမ်เบรก	21
3-2 แสดงการเลือกขนาดมูเล่โดยเทียบความเร็วรอบที่ทำการทดสอบ	22
4-1 แสดงพื้นที่ผิวสัมผัสของผ้าเบรกที่ทำการออกแบบลวดลาย	31
5-1 แสดงสภาวะความเร็วรอบของมูเล่ที่ทำการทดสอบ	36
6-1 แสดงรายละเอียดของผ้าเบรกที่ทำการทดสอบครั้งที่ 1	37
6-2 แสดงรายละเอียดของผ้าเบรกที่ทำการทดสอบครั้งที่ 2	38
6-3 แสดงรายละเอียดของผ้าเบรกที่ทำการทดสอบครั้งที่ 3	38
6-4 แสดงรายละเอียดของผ้าเบรกที่ทำการทดสอบครั้งที่ 4	39
6-5 แสดงรายละเอียดของผ้าเบรกที่ทำการทดสอบครั้งที่ 5	39
6-6 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm การทดสอบเพื่อหาลวดลายที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	41
6-7 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 620 rpm การทดสอบเพื่อหาลวดลายที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	42
6-8 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm การทดสอบเพื่อหาลวดลายที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	43
6-9 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1103 rpm การทดสอบเพื่อหาลวดลายที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	44
6-10 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1260 rpm การทดสอบเพื่อหาลวดลายที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	46
6-11 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	47
6-12 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 620 rpm การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	47
6-13 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	48
6-14 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1103 rpm การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	49
6-15 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1260 rpm การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	50
6-16 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>ตารางที่</b>	<b>หน้าที่</b>
การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	51
6-17 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 620 rpm	
การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	52
6-18 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm	
การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	52
6-19 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1103 rpm	
การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	53
6-20 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1260 rpm	
การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	54
6-21 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm	
การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	55
6-22 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 620 rpm	
การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	55
6-23 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm	
การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	56
6-24 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1103 rpm	
การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	56
6-25 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1260 rpm	
การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม,ค่ากำลังไฟฟ้า	57
6-26 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm	
การทดสอบเพื่อหาวัสดุที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	58
6-27 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 620 rpm	
การทดสอบเพื่อหาวัสดุที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	59
6-28 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm	
การทดสอบเพื่อหาวัสดุที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	60
6-29 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1105 rpm	
การทดสอบเพื่อหาวัสดุที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	61
6-30 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1253 rpm	
การทดสอบเพื่อหาวัสดุที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	62
6-31 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm	
การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	63
6-32 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 620 rpm	
การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>ตารางที่</b>	<b>หน้าที่</b>
6-33 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	65
6-34 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1105 rpm การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	65
6-35 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1253 rpm การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	66
6-36 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	67
6-37 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 620 rpm การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	67
6-38 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	68
6-39 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1105 rpm การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	69
6-40 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1253 rpm การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	69
6-41 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	70
6-42 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 620 rpm การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	71
6-43 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	71
6-44 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1105 rpm การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	72
6-45 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1253 rpm การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม,ค่าความหน่วง	72
6-46 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm การทดลองที่สภาวะมีน้ำ,ค่าความหน่วง	73
6-47 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 620 rpm การทดลองที่สภาวะมีน้ำ,ค่าความหน่วง	74
6-48 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm การทดลองที่สภาวะมีน้ำ,ค่าความหน่วง	75
6-49 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1105 rpm	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่	หน้าที่
การทดลองที่สภาวะมีน้ำ,ค่าความหน่วง	76
6-50 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1253 rpm	
การทดลองที่สภาวะมีน้ำ,ค่าความหน่วง	77



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปลูกภาพ

รูปที่	หน้าที่
2-1 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของคูโอเซอร์โวครัมเบรก	9
2-2 แสดงแรงในการเบรกที่เพิ่มขึ้นจากปฏิกิริยา Servo Action	10
2-3 ยูนิเซอร์โวครัมเบรก มีลูกสูบทางเดียว	11
2-4 แสดงชุดเบรกที่มีก้านเบรคนำสองตัว (Two-Leading Shoes) อยู่ในชุดเดียวกัน	12
2-5 แสดงชุดเบรกที่มีก้านเบรคนำสองตัว (Two-Leading Shoes) ใช้กระบอบเบรกซึ่งมีลูกสูบสองทางจำนวนสองชุด	12
2-6 แสดงชุดเบรกที่มีก้านเบรคนำสองตัว (Two-Leading Shoes) กระบอบเบรก ทั้งสองชุดเป็นกระบอบเบรกซึ่งมีลูกสูบสองทาง และมีตัวปรับเบรกอัตโนมัติ	13
3-1 แสดงการทำงานของเครื่อง	19
3-2 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด	26
3-3 แสดงเครื่องวัดความเร็วรอบ	26
3-4 แสดงเครื่องวัดจำนวนรอบ	27
3-5 แสดงวัดดีมีเตอร์	27
3-6 แสดงตาชั่งสปริง	28
3-7 แสดงระบบของครัมเบรกแบบ Leading and Trailing	28
3-8 แสดงระบบของครัมเบรก Leading and Trailing	29
3-9 แสดงภาพเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก	30
3-10 แสดงภาพเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก	30
4-1 แสดงรูปแบบการทำลวดลายบนผ้าเบรก	31
4-1 แสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ของฝุ่นออกตามลวดลาย โดยแรงเสียดทานและแรงเฉื่อยของอากาศ	32
4-3 แสดงรูปแบบไม่มีลายของผ้าเบรกจริง	32
4-4 แสดงรูปแบบลายเอียง 60 องศาของผ้าเบรกจริง	33
4-5 แสดงรูปแบบลายเอียง ของผ้าเบรกจริง	33
4-6 แสดงรูปแบบลายกากบาท ของผ้าเบรกจริง	33
4-7 แสดงรูปแบบลายโค้ง ของผ้าเบรกจริง	33
4-8 แสดงผ้าเบรกมาตรฐานสำหรับการทดสอบ	34
7-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า (ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ), การทดสอบเพื่อหาลวดลายที่เหมาะสม	78
7-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>รูปที่</b>	<b>หน้าที่</b>
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	79
7-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	79
7-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	80
7-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	80
7-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	81
7-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	81
7-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	82
7-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	82
7-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	83
7-11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	83
7-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	84
7-13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	84
7-14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	85
7-15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	85
7-16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	86
7-17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	86
7-18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้าที่
( ที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	87
7-19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	87
7-20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ) ,การทดสอบเพื่อหาผลลวดลายที่เหมาะสม	88
7-21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	89
7-22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	89
7-23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	90
7-24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	90
7-25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	91
7-26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	91
7-27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	92
7-28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	92
7-29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	93
7-30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	93
7-31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	94
7-32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	94
7-33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	95
7-34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>รูปที่</b>	<b>หน้าที่</b>
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	95
7-35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	96
7-36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	97
7-37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	97
7-38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	98
7-39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	98
7-40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ) ,การทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม	99
7-41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	100
7-42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ) ,การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	100
7-43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm ) ,การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	101
7-44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	101
7-45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ) ,การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	102
7-46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	102
7-47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ) ,การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	103
7-48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm ) ,การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	103
7-49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	104
7-50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>รูปที่</b>	<b>หน้าที่</b>
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ),การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	104
7-51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ),การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	105
7-52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ),การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	105
7-53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm ),การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	106
7-54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ),การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	106
7-55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ),การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	107
7-56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ),การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	108
7-57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ),การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	108
7-58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm ),การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	109
7-59 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ),การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	109
7-60 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ),การทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสม	110
7-61 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ),การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	111
7-62 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ),การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	111
7-63 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm ),การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	112
7-64 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ),การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	112
7-65 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ),การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	113
7-66 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้าที่
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	113
7-67 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	114
7-68 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	114
7-69 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	115
7-70 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	115
7-71 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	116
7-72 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	116
7-73 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	117
7-74 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	117
7-75 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	118
7-76 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	119
7-77 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	119
7-78 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	120
7-79 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	120
7-80 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ) ,การทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม	121
7-81 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	
( ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm ) ,ทดลองที่สภาวะมีน้ำ	122
7-82 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้าที่
( ที่ความเร็วรอบ 620 rpm ) ,ทดลองที่สภาวะมีน้ำ	122
7-83 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก ( ที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm ) ,ทดลองที่สภาวะมีน้ำ	123
7-84 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก ( ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm ) ,ทดลองที่สภาวะมีน้ำ	123
7-85 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก ( ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm ) ,ทดลองที่สภาวะมีน้ำ	124



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันการเดินทางเป็นสิ่งจำเป็น และควบคู่กับมนุษย์ในการดำเนินชีวิตประจำวัน ซึ่งต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของการขับขี่ยานพาหนะเป็นที่สุด กล่าวได้ว่าความปลอดภัยจากระบบเบรกเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเป็นลำดับต้นของการขับขี่พาหนะ

ในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ การหยุดในกรณีต่าง ๆ เป็นสิ่งที่จำเป็นที่สุด เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน อุบัติเหตุมักเกิดขึ้นมากในฤดูฝน ทำให้ถนนลื่นหรือมีน้ำท่วมขัง ซึ่งจุดนี้มักเป็นจุดอ่อนของระบบเบรก โดยเฉพาะครัมเบรก เนื่องจากครัมเบรกจะไม่มีการรีดน้ำออกเหมือนดิस्कเบรก การทำงานของผ้าเบรกของครัมเบรก จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษา และถ้าปรับปรุงโดยการทำลวดลายบนผ้าเบรก อาจทำให้การเบรกมีประสิทธิภาพดีขึ้น มีการระบายความร้อน การระบายของเศษผงผ้าเบรก อันมีผลทำให้ความปลอดภัยเพิ่มขึ้น อุบัติเหตุบนท้องถนนลดลง

### 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษาถึงประสิทธิภาพของผ้าเบรกที่เปลี่ยนแปลงไปจากการทำลวดลาย
- 1.2.2 วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลที่ได้ จากการทดลองกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้
- 1.2.3 เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์และพัฒนาต่อไป

### 1.3 สมมุติฐานที่ตั้งไว้

- 1.3.1 จากการที่ลวดลายบนผ้าเบรกช่วยลดปริมาณเศษผงที่ผิวลดลง ทำให้ลดการสั่นไถลระหว่างผิวสัมผัสของผ้าเบรกกับครัมเบรกส่งผลให้ประสิทธิภาพของการเบรกเพิ่มขึ้นส่วนหนึ่ง
- 1.3.2 สามารถระบายความร้อน ได้มากขึ้น จากพื้นที่ผิวในร่องของผ้าเบรกที่เพิ่มขึ้นซึ่งทำหน้าที่คล้ายกับตัวระบายความร้อน
- 1.3.3 สามารถระบายน้ำได้เร็วขึ้น จากพื้นที่ผิวในร่องของผ้าเบรกที่เพิ่มขึ้นซึ่งทำหน้าที่คล้ายทางออกของน้ำ

### 1.4 ขอบเขตโครงการ

- 1.4.1 ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรกที่ใช้ในการทดสอบ
- 1.4.2 ออกแบบลวดลาย และทำผ้าเบรกที่มีลวดลายที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ
- 1.4.3 ทำการทดสอบเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของผ้าเบรกจากการทำลวดลาย เพื่อวัตถุประสงค์ตามสมมุติฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4.4 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

### 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในโครงการนี้จะทำการออกแบบลวดลายบนผ้าเบรคสำหรับการทดสอบ และสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรค โดยจะศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ในการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรค จากนั้นจึงออกแบบของลวดลายต่าง ๆ แล้วพิจารณาเลือกลวดลายที่เหมาะสมไปใช้เป็นแบบในการสร้างชิ้นงานทดสอบ โดยการควบคุมพื้นที่ของผ้าเบรค จากนั้นนำผ้าเบรคที่มีลวดลายตามทีออกแบบ และแบบเดิมที่ไม่มีลวดลายไปทดสอบกับเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรค เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผ้าเบรคจากการทำลวดลาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบเบรก

### 2.1 หน้าที่ของเบรก

ระบบเบรกในรถยนต์ประกอบด้วยระบบเบรกหลัก (Service Brake) และเบรกมือ (Parking Brake) ทำหน้าที่ลดความเร็วของรถยนต์ขณะที่รถแล่น และทำหน้าที่บังคับให้รถหยุดตามต้องการ ส่วนเบรกมือ ทำหน้าที่ป้องกันรถเลื่อน หรือเคลื่อนที่ เมื่อจอดรถไว้

เบรกหลัก ทำงานโดย ใช้เท้าเหยียบลงบนขาเหยียบเบรก เบรกที่ดีต้องสามารถหยุดรถได้อย่างรวดเร็ว โดยที่รถไม่เสียการทรงตัวในทุกสภาพการทำงาน เช่น ขนาด น้ำหนัก และความเร็วของรถ ตลอดจนสภาพถนน นอกจากนี้เบรกที่ดียังต้องมีความทนทาน สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นระยะเวลานานอีกด้วย

เบรกมือ บางทีทำงาน โดยใช้คันบังคับด้วยมือ เช่น ที่มีใช้อยู่ในรถยนต์นั่งหรือรถบรรทุกขนาดเล็ก บางทีเบรกมืออาจทำงาน โดยใช้เท้าเหยียบที่คันบังคับก็ได้

ระบบเบรกรุ่นใหม่มีความทนทานมาก และสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทุกสภาพไม่ว่าจะเป็นการ ใช้งานตามปกติหรือใช้งานหนัก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วระบบเบรกที่ใช้ในยานยนต์ปัจจุบันนี้มีความทนทาน และปลอดภัยสูงมาก ทั้งนี้เพื่อขจัดปัญหา และข้อขัดข้องต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในทุกกรณีขณะใช้รถ

### 2.2 การพัฒนาระบบเบรก

#### 2.2.1 เบรก รุ่นแรก ๆ

เบรกถูกประดิษฐ์ขึ้นพร้อม ๆ กับยานล้อเลื่อนเบรกมีเก่าเป็นแบบแผ่นความฝืด ซึ่งจะกดลงบนขอบล้อเมื่อต้องการเบรก การบังคับทำได้โดยผู้ขับขี่จะ โยกคัน โยกมือ ไปที่ตำแหน่งเบรก หรือตำแหน่งกดระหว่างแผ่นความฝืดกับกับขอบนอกของครีมนขอบล้อ

ต่อมาเมื่อสภาพถนนถูกพัฒนาให้ดีขึ้น และมีการนำเอายางเติมลมมาใช้กับรถยนต์ ซึ่งมีแรงม้าและความเร็วสูงทำให้ระบบเบรกต้องพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น มีการออกแบบเบรกมีลักษณะเป็นเข็มขัดรัดที่ขอบนอกของครีมน

เข็มขัดที่ทำหน้าที่รัดครีมน หรือครีมนเบรกนี้ ด้านในทำด้วยวัสดุที่มีความฝืดมาก เช่นหนังหรือเส้นใยที่ถักขึ้นจากวัสดุอื่น ๆ เข็มขัดจะถูกยึดอยู่กับโครงรถ และเมื่อเหยียบเบรกหรือดึงคันเหยียบเบรก ระบบกลไกที่ออกแบบไว้ ก็จะทำให้เข็มขัดดังกล่าวรัดที่ขอบนอกของครีมน ทำให้ชะลอความเร็วหรือจอดนิ่งได้ แม้ว่าประสิทธิภาพการทำงานของเบรกแบบเข็มขัดนี้จะดีกว่าแบบแผ่นความฝืด แต่ก็มีป्ल่อยตามต้องการกลไกต่าง ๆ ซึ่งใช้ในระบบเบรกแบบนี้ ช่วยให้เกิดการเปรียบเทียบกับเชิงกล และเพิ่มแรง

ประสิทธิภาพในการทำงานจำกัดอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากฝุ่นผง ทราย และความชื้น ซึ่งสามารถเข้าไปในระบบเบรกได้ง่าย เบรกชนิดนี้จะใช้กับล้อหลังของรถ

### 2.2.2 ก้ามเบรกอยู่ด้านในเบ่งตัวออก (Drum Brake)

เพื่อขจัดปัญหาเรื่องสิ่งสกปรก และความชื้นเข้ามาในระบบเบรก จึงมีการพัฒนาเบรกชนิดใหม่ ขึ้น เป็นเบรกแบบมีก้ามเบรก (Brake Shoe) ประกอบกันอยู่ภายในครัม โดยยึดอยู่กับแผ่นประกบหลัง (Backing Plate) ส่วนปลายอีกข้างหนึ่ง ของก้ามเบรกสัมผัสกับลูกเบี้ยว (Cam) เมื่อเหยียบเบรก จะมีกลไกบังคับให้ลูกเบี้ยวเตะปลายก้ามเบรก ทำให้ก้ามเบรกทั้งสองถ่างออกไปสัมผัสกับด้านในของครัม ผลของความฝืดระหว่างก้ามเบรก และครัมทำให้รถหยุด หรือลดความเร็วลง

สปริงดึงกลับ (Return Spring) ซึ่งยึดอยู่กับก้ามเบรกทั้งสอง จึงดึงก้ามเบรกให้พ้นจากการสัมผัสกับครัม เมื่อปล่อยเบรกแล้ว

เบรกชนิดนี้สมัยแรก ๆ ใช้กับล้อหลังเท่านั้น ต่อมาอีกไม่นาน ก็ถูกนำมาใช้ล้อหน้า และล้อหลัง ของรถยนต์ ในสมัยแรก ๆ ระบบเบรกแบบนี้ใช้กลไกบังคับการทำงาน ซึ่งผลเสียของระบบกลไกก็คือ ไม่สามารถ ทำให้แรงเบรกในทุกล้อของรถยนต์เท่ากันได้ ทั้งนี้เนื่องจากการกักร้อน และ โกงงอของชิ้นส่วนต่าง ๆ ในระบบกลไก โดยเฉพาะขณะทำงานในสภาพอากาศที่เลวร้าย เช่น ทำงานท่ามกลางหิมะ และ น้ำแข็งในฤดูหนาว ประสิทธิภาพการทำงานของเบรกจะต่ำมาก การใช้ระบบกลไกบังคับการทำงาน ของเบรกชนิดนี้ใช้กันอย่างแพร่หลาย ส่วนการพัฒนาเบรกชนิดนี้ โดยการนำเอาระบบไฮดรอลิกมาบังคับ

### 2.2.3 ดิสก์เบรกหรือจานเบรก (Disc Brakes)

เบรกชนิดนี้เริ่มมีใช้ในรถยนต์เมื่อปลายทศวรรษ 1940 และราว ๆ ต้นทศวรรษที่ 1970 ก็นิยมนำเอาดิสก์เบรกมาใช้แทนครัมเบรกที่ล้อหน้าทั้งสองของรถยนต์ ดิสก์เบรกแบบคาลิเปอร์มีแผ่นผ้าเบรกแผ่นเล็ก ๆ ใต้งานเบรกทั้งสองด้านขณะที่เบรก ดิสก์เบรกแบบนี้บางทีเรียก Spot Brake เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างกับดิสก์เบรกแบบอื่นซึ่งใช้แผ่นผ้าเบรกเป็นแผ่นกลม มีขนาดเท่าเนื้อที่ทั้งหมดของจานเบรก

รถยนต์ที่ผลิตออกมาจำหน่ายซึ่งใช้ดิสก์เบรกเบรกเป็นแบบคาลิเปอร์รุ่นแรกคือ Chrysler Supersport ส่วนรถยนต์ซึ่งใช้แผ่นผ้าเบรกเป็นแผ่นกลม มีขนาดเท่างานเบรกคือ Chrysler Imperial

ในเครื่องบินขนาดใหญ่ จะใช้ดิสเบรกที่มีลักษณะเป็นแผ่นจานหลายแผ่นซ้อนกันเพื่อเพิ่มเนื้อที่ในการเบรก เรียกว่าดิสก์เบรกแบบหลายแผ่น

### 2.2.4 เบรกไฮดรอลิก (Hydraulic Brakes)

การใช้ระบบกลไกบังคับการทำงาน ของเบรกชนิดต่าง ๆ มีข้อเสียหลายประการ เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเบรคน้อยลง การพัฒนาระบบไฮดรอลิก ในเวลาต่อมาช่วยให้ปัญหาของระบบกลไกถูกขจัดไป รถยนต์รุ่นแรกที่ใช้ไฮดรอลิกทั้ง 4 ล้อก็ถูกผลิตขึ้น โดย Chrysler เบรกไฮดรอลิกรุ่นแรกยังเป็นระบบเดี่ยว (Single Hydraulic)

## 2.3 เบรกแบบต่าง ๆ

### 2.3.1 ครัมเบรก (Drum Brakes)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้บเบรคครั้งแรกถูกนำมาใช้กับล้อหลังเท่านั้น ต่อมาจึงนำมาใช้กับทั้ง 4 ล้อในรถยนต์นั่งทั่วไป จนกระทั่งถึงปลายทศวรรษที่ 1960 จึงถูกนำกลับไปใช้งานเฉพาะล้อหลังอีกครั้งหนึ่ง และใช้อยู่จนถึงทุกวันนี้ ส่วนเบรคล้อหน้าในปัจจุบันอาจเป็นดิสเบรคก็ได้

### 2.3.2 เพาเวอร์เบรคหรือเบรคกำลัง (Power Brakes)

ในปี ค.ศ. 1972 Mack Trucks คิดค้นระบบช่วยในการเบรค (Brake Booster) ซึ่งทำงานโดยสูญญากาศ ซึ่งภายในมีลูกสูบกั้นกลางระหว่างด้านที่เป็นสูญญากาศกับอีกด้านหนึ่งซึ่งมีความดันเท่ากับ ความดันบรรยากาศ เมื่อต่อก้านลูกสูบของหม้อสูญญากาศกับก้านกระทุ้งของแม่ปั้มเบรค จะช่วยลดแรงที่ใช้เหยียบเบรคของคนขับลงได้อย่างมาก

### 2.3.3 เบรคพ่วง (RV Trailer Brakes)

เบรคพ่วงแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ แบบแรกใช้ Hydraulic Drum Brake ซึ่งจะทำงานโดยแม่ปั้มเบรคซึ่งติดตั้งอยู่ที่หัวรถพ่วง เมื่อเราเบรคหัวรถลากแรงเฉื่อยของรถพ่วง ก็จะไปกระแทกให้แม่ปั้มเบรคที่หัวรถพ่วงทำงาน ทำให้รถพ่วงถูกเบรคพร้อมกันไปด้วย เบรคแบบนี้เรียกว่าเซิร์จเบรค (Surge Brakes)

เบรคพ่วงอีกแบบหนึ่งคือ เบรคไฟฟ้า แบบนี้ใช้ครั้บเบรคที่รถพ่วง ซึ่งทำงานโดยอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า อำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการเบรคจะมากหรือน้อยขึ้นกับกระแสไฟฟ้า ซึ่งถูกควบคุมที่ขาเหยียบเบรคของหัวรถลาก

การควบคุมกระแสที่ใช้ในการเบรคนั้น นอกจากใช้การควบคุมที่ขาเหยียบเบรคแล้ว ยังมีวิธีควบคุมโดยใช้ตุ้มเหยียบแบบนาฬิกา เมื่อหัวรถลากถูกเบรคลูกตุ้มนี้จะถูกเหวี่ยงไปข้างหน้ามากหรือน้อย ขึ้นกับแรงเบรค การเคลื่อนที่ของลูกตุ้มในลักษณะนี้ไดโอดจปรับค่าของกระแสไฟฟ้า ที่จะส่งไปเบรครถพ่วงได้อย่างเหมาะสม เป็นการควบคุมกระแสไฟฟ้าแบบอิเล็กทรอนิกส์

### 2.3.4 เบรคโดยการป้อนกระแสไฟฟ้ากลับ (Regenerative Braking)

ในรถไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ซึ่งใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่นั้น เมื่อผู้ขับขี่ต้องการที่จะลดความเร็วของรถลง ก็เพียงแต่ลดคันเร่งขึ้น เป็นการสลับสายหัวต่อไฟฟ้าระหว่างแบตเตอรี่กับมอเตอร์ ทำให้มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนรถนั้นเปลี่ยนลักษณะการทำงานจากมอเตอร์มาเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โม่เมนตัมของรถ ซึ่งเกิดขึ้นขณะที่รถเคลื่อนที่ไป ก็จะไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า(ซึ่งทำหน้าที่เป็นมอเตอร์)เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะส่งกระแสไฟฟ้าเข้าประจุแบตเตอรี่ ซึ่งในการใช้พลังงานจลน์ของรถในการขับเคลื่อนทำให้ความเร็วของรถลดลง

### 2.3.5 ระบบป้องกันล้อตายหรือแอนตี้ล็อก (Antilock System)

ระบบเบรคแบบป้องกันล้อตาย (Antilock) บางทีเรียกว่า ระบบป้องกันการลื่นไถล ระบบแบบนี้จะไม่ทำให้เบรคจับแน่นจนล้อตายไม่ว่าจะเหยียบเบรคแรงเท่าใดก็ตาม การที่เบรคแรง ๆ ในขณะเลี้ยว และการที่เบรคจับล้อติดตายเช่นนี้ แตร่ลยังลื่นไถลต่อไป เราถือว่าเบรคไม่มีประสิทธิภาพเพราะเบรคที่มีประสิทธิภาพ ต้องทำให้รถหยุดการเคลื่อนที่ได้ในเวลา และระยะทางที่จำกัด ระบบเบรคแบบนี้จะทำให้รถหยุดได้รวดเร็วโดยล้อรถไม่ติดตาย

เบรกระบบแอนตี้สเกด (Antiskid) ซึ่งใช้สัญญาณจากช่วยทำงาน ใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานภายนอก เช่น สัญญาณจาก ไฮดรอลิก หรือไฟฟ้ามาควบคุมกำลังคั้นของน้ำมันที่ใช้เบรแต่ละล้อ ให้มีกำลังคั้นแตกต่างกันตามความเหมาะสม โดยรับสัญญาณจากตัวส่งสัญญาณความเร็วที่ล้อแต่ละล้อของรถยนต์

เบรกระบบแอนตี้ล็อกรุ่นใหม่ ๆ จะใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมทั้ง 4 ล้อ ตัวส่งสัญญาณความเร็วที่ล้อแต่ละล้อจะส่งสัญญาณให้คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะเปรียบเทียบความเร็วของล้อแต่ละล้อขณะเบร และสั่งให้ลดกำลังคั้นของน้ำมันเบรที่ใช้เบรล้อใดล้อหนึ่ง ซึ่งมีความเร็วลดลงเกือบติดตาย แต่ขณะที่ยังเคลื่อนไปด้วยความเร็วปกติ กำลังคั้นของไฮดรอลิกก็ยังคงมีอยู่เต็มที่ พร้อมทั้งทำหน้าที่เบรรถอยู่เสมอ

### 2.3.6 เบรกลม (Air Brakes)

เบรกลม ใช้กับรถขนาดใหญ่ และรถที่ใช้บนทางหลวง การทำงานของเบรใช้อากาศอัดตัว เป็นตัวควบคุมการทำงานตามหลักการนิวแมติกส์ ข้อดีของเบรกลม คือแม้ว่าจะมีการรั่วของลมเพียงเล็กน้อยก็ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเบรลดลง เบรกลมต้องมีปั๊มลม ซึ่งขับโดยเครื่องยนต์ และต้องมีถังเก็บลมเพื่อให้มีลมใช้งานขณะเบรอยู่เสมอ

## 2.4 หลักการเกี่ยวกับเบร

### 2.4.1 แรง (Force)

แรงกระทำต่อผิวสัมผัสทั้งสองจับกันในทิศทางตั้งฉากกับผิวสัมผัส และทำให้เกิดการต้านทานการเคลื่อนที่ระหว่างกัน จำนวนของแรงรวมจะกระจายไปที่บนผิวสัมผัสมากขึ้น ไม่มีผลต่อความฝืดที่จะเพิ่มขึ้น แต่แรงกด และความร้อนบนแต่ละตารางพื้นที่ของผิวสัมผัส ก็จะลดลงเป็นสัดส่วนกลับกัน ดังนั้นผ้าเบรต้องมีพื้นที่ผิวสัมผัสทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่จะสัมผัสกับครัมหรือดิสก์ ให้เหมาะสมกับแรงที่ตกลงบนผ้าเบร โดยให้มีการระบายความร้อนมากกว่า และอายุการใช้งานนานที่สุด

### 2.4.2 พลังงานจลน์ (Kinetic Energy)

พลังงานจลน์ คือพลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ ทันทีที่รถเคลื่อนที่ก็จะเกิดพลังงานจลน์ขึ้น พลังงานจลน์ที่เกิดในรถ สามารถแบ่งได้เป็นสองส่วนใหญ่ ๆ ส่วนที่หนึ่ง คือพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นเมื่อรถทั้งคันเคลื่อนที่ไป พลังงานจลน์ส่วนที่สองก็คือ พลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ หรือการหมุนของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์ เช่น เฟลาข้อเหวี่ยง เฟืองต่าง ๆ ในระบบส่งกำลัง

พลังงานจลน์จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วของรถ รถที่มีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมาก พลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นขณะที่รถเคลื่อนที่จะมีมากกว่ารถขนาดเล็ก เนื่องจากเบรทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์มาเป็นพลังงานความร้อน ดังนั้นรถที่มีน้ำหนักมากจึงต้องการเบรที่สามารถรับพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในการเบรแต่ละครั้งได้

### 2.4.3 อุณหภูมิของการเบร (Brake Temperatures)

ขณะที่ทำการเบร พลังงานจลน์ในการเคลื่อนที่ของรถจะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งดิสก์ หรือครัมของระบบเบร จะเป็นตัวรับพลังงานความร้อนนี้ไว้เป็นผลให้ ดิสก์ หรือครัมมีอุณหภูมิสูงขึ้น ปกติแล้วเมื่อเราเหยียบเบรบริเวณร้อนจัดในตอนแรกคือ ผิวสัมผัสระหว่างผ้าเบรกับ ดิสก์ หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดรัม หลังจากนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นนี้ จะส่งถ่ายเข้าสู่เนื้อในวัสดุเป็นการกระจายความร้อนไปทั่วทั้งชิ้นส่วน อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของ ดิสก์ หรือดรัม ในการเบรกแต่ละครั้งจะมีค่าระหว่าง 200 องศา ถึง 275 องศาฟาเรนไฮต์(95 องศา ถึง 135 องศา)ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด และน้ำหนักของรถ

สิ่งต่าง ๆ ที่มีผลต่ออุณหภูมิของเบรกมีดังนี้

1. เหยียบเบรกบ่อย
2. รถมีความเร็วสูง และน้ำหนักมาก
3. เหยียบเบรกทันทีทันใด
4. ขนาดของดิสก์ หรือดรัมไม่เหมาะสมทำให้ไม่สามารถรับ และส่งถ่ายพลังงานความร้อนได้ดี
5. คนขับใช้วิธีแตะคันเหยียบเบรกอยู่ตลอดเวลา เมื่อต้องการลดความเร็วของรถ
6. ปรับเบรกไม่ถูกต้อง

การเบรกขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงทำให้อุณหภูมิที่เบรกสูงขึ้นมา ดังนั้นถ้าเบรกไม่มีเวลาถ่ายเทความร้อนอย่างเพียงพอ การเบรกครั้งต่อไปก็ยิ่งทำให้เบรกมีอุณหภูมิสูงขึ้นมา จนความร้อนนั้นอาจทำความเสียหายให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเบรก เช่น ดิสก์ หรือดรัม อาจบิดเบี้ยว แตกร้าว ผิวสัมผัสที่ดิสก์ หรือดรัม มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเนื้อวัสดุที่ผิวสัมผัสเช่นนี้ อาจทำให้สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของวัสดุลดลง และขนาดของดิสก์ และดรัม มีผลต่ออุณหภูมิเบรกเช่นกัน ถ้าใช้ ดิสก์ หรือดรัม มีขนาดใหญ่ก็จะทำให้อุณหภูมิในการเบรกลดลงได้ แต่ขนาดของ ดิสก์ และดรัมนี้ไม่สามารถออกแบบให้ใหญ่เกินไปได้ เพราะเนื้อที่จำกัด

#### 2.4.4 ความเสียดทาน (Friction)

ความเสียดทานคือ ความต้านทานการเคลื่อนที่ ที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุสองสิ่งเสียดสีกัน ความเสียดทานนี้ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ Static Friction และ Dynamic Friction

Static Friction มีอยู่ระหว่างผิววัตถุทั้งสองที่สัมผัสกัน ส่วน Dynamic Friction คือความต้านทานการเคลื่อนที่ขณะวัตถุเคลื่อนที่เสียดสีกันไป

ความเสียดทานทั้งสองชนิดดังกล่าว มีความสำคัญมากต่อหลักการทำงานของระบบเบรก ระบบเบรกที่ดีค่าของ Dynamic Friction ที่ผิวสัมผัสระหว่างผ้าเบรกกับ ดิสก์ หรือดรัม ในขณะเบรกจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงในขณะเบรกและในขณะเดียวกันค่าของ Static Friction ระหว่างล้อรถกับพื้นถนนก็ควรจะมีอยู่เท่ากับเมื่อขณะที่ยอดรถอยู่นิ่ง ๆ บนถนน

สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Coefficient of Friction) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 จะเป็นตัวเลขที่บอกค่าความเสียดทานของวัสดุแต่ละชนิด วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำ จะมีค่าความเสียดทาน หรือแรงต้านทานการเคลื่อนที่น้อย

โดยทั่วไปสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของวัสดุที่ใช้ทำเบรก จะมีค่าประมาณ 0.3 ถึง 0.5 ดังกล่าวมาแล้ว ผลของการเบรกที่ดีจะต้องรักษาสภาพการเกาะตัวระหว่างรถยนต์กับพื้นถนนให้คืออยู่ตลอดเวลา นั่นคือระหว่างล้อรถกับพื้นถนนควรมี Static Friction คงที่ขณะเบรก อย่างไรก็ตาม

สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของผิวถนน มีผลต่อประสิทธิภาพในการเบรกอย่างมาก การเบรกบนถนนขึ้นหรือเต็มไปด้วยน้ำแข็ง กรวด ทราย จะใช้ระยะทางในการเบรกมากกว่าการเบรกบนถนนแห้ง

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างยางกับผิวถนนอยู่ระหว่าง 0.1 ถึงเกินกว่า 1 (เมื่อใช้ยางหน้ากว้างสำหรับรถแข่งบางชนิด) ถ้าถนนแห้ง และยางนุ่มกว่าปกติเล็กน้อย

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อรถกับพื้นถนนเรียกว่า Rolling Friction รถที่มี Rolling Friction ต่ำ แสดงว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานมีค่าสูง รถจะเกาะถนนดี

#### 2.4.5 ความเฉื่อย (Inertia)

วัตถุเมื่ออยู่นิ่ง ๆ กับที่ ก็มีคุณสมบัติของความเฉื่อยคือ พยายามอยู่ที่ตำแหน่งเดิมไม่เคลื่อนที่ไปไหน ส่วนวัตถุที่เคลื่อนที่ที่มีคุณสมบัติของความเฉื่อยคือ มันจะพยายามรักษาสภาพการเคลื่อนที่ของมันไว้ตลอดไป นอกเสียจากมีแรงภายนอกมากระทำ

#### 2.4.6 อัตราเร่ง และอัตราหน่วง (Acceleration and Deceleration)

แรงดึงดูดของโลกที่ผิวโลก เรามีค่าเท่ากับ 1 Gravity ส่วนในอากาศซึ่งวัตถุอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก จะมีแรงดึงดูดเท่ากับศูนย์

สมมติว่า มีรถคันหนึ่งวิ่งไปตามถนนด้วยความเร็ว 60 ไมล์/ชั่วโมง แล้วดับเครื่องปล่อยให้รถวิ่งไปโดยไม่เหยียบเบรก ผลของความเฉื่อยจะพยายามทำให้วิ่งต่อด้วยความเร็ว 60 ไมล์/ชั่วโมง เท่าเดิม แต่เนื่องจากมีแรงต้านการเคลื่อนที่จากภายนอก เช่น Rolling Resistance ระหว่างล้อกับถนน ความเสียดในระบบส่งกำลัง และ Air Drag แรงต้านทานเหล่านี้จะทำให้รถดังกล่าวมีความเร็วลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งรถหยุด ซึ่งแรงเฉื่อยจะกระทำกับคน และสิ่งของต่าง ๆ เคลื่อนที่ไปข้างหลัง แต่ขณะที่รถลดความเร็วลงแรงเฉื่อยจะทำให้คน และสิ่งของดังกล่าวเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ค่าของแรงต้านการเคลื่อนที่ของรถปัจจุบันมีค่าประมาณ 0.2 Gravity - 0.8 Gravity

#### 2.4.7 สิ่งต่าง ๆ ที่จำกัดสมรรถนะของเบรก (Factor Limiting Brake Performance)

สิ่งต่าง ๆ ที่จำกัดสมรรถนะของเบรกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. เหตุผลในการออกแบบ
2. การบำรุงรักษา
3. ธรรมชาติของวัสดุ และสิ่งแวดล้อม
4. เวลาที่คนขับใช้ในการตัดสินใจเหยียบเบรก

สำหรับเหตุผลในการออกแบบ (Design Factors) นั้นเจ้าของรถไม่สามารถแก้ไข หรือช่วยอะไรได้มากนักในเรื่องต่าง ๆ ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้คือ

1. การเลือกชนิดของเบรกมาใช้กับรถยนต์
2. การกำหนดขนาดของเบรก และอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ขนาดของ ดิสก์ และครัม ล้อ ยาง ผ้าเบรก ผ้าเบรก พื้นผิวที่ผ้าเบรกสัมผัส
3. ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของวัสดุที่เลือกใช้ในระบบเบรก
4. การเฉลี่ยน้ำหนักของรถที่ล้อหน้า และล้อหลัง

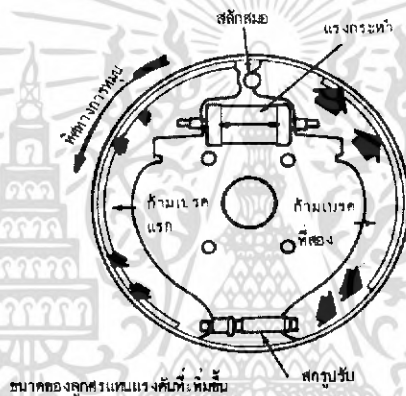
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การออกแบบใช้แรงคั้นของน้ำมันเบรกดันก้ามเบรกออกไปสัมผัสกับครัมเมื่อเหยียบเบรก และจะมีสปริงดึงก้ามเบรกกลับเมื่อปล่อยเบรก

เมื่อเราเหยียบเบรกขณะที่รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ก้ามเบรกทั้งสองจะถูกดันออกไปสัมผัสกับครัม ความเสียดทานระหว่างผ้าเบรกกับครัมจะทำให้ก้ามเบรกตัวหน้าพยายามหมุนไปตามทิศทางการหมุนของล้อ เป็นผลให้ปลายบนของก้ามเบรกตัวหน้าเคลื่อนที่ห่างออกจากสมอ เป็นการเพิ่มแรงกดระหว่างก้ามเบรกกับครัม

นอกจากนี้ ผลจากการที่ก้ามเบรกตัวหน้าพยายามที่จะหมุนไปตามล้อเช่นนี้ ทำให้ตอนล่างของก้ามเบรกไปยันที่ตัวปรับเบรก และปลายของก้ามเบรกที่สอง ทำให้ก้ามเบรกตัวที่สองกดกับครัมแน่นยิ่งขึ้น ลักษณะนี้เรียกว่าเซอร์โวแอคชั่น (Servo-Action) การเกิดเซอร์โวแอคชั่น เช่นนี้จึงต้องทำให้ผ้าเบรกหลังยาวกว่าผ้าเบรกตัวหน้า ดังรูป

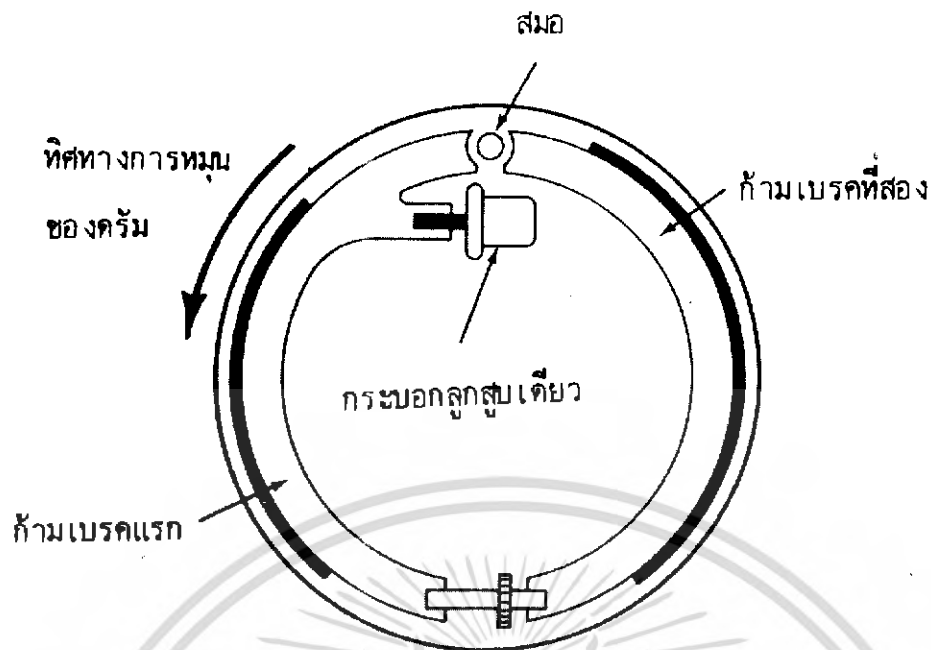


รูปที่ 2-2 แสดงแรงในการเบรกที่เพิ่มขึ้นจากปฏิกิริยา Servo Action

การเกิดพลังงานจากตัวเอง และเซอร์โวแอคชั่นในการเบรก ขณะที่รถหยุดหลังก็เกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันนี้ แต่มีทิศทางตรงข้ามกันคือ ปลายบนของก้ามเบรกตัวที่สองจะขยับออกจากสมอ ปลายล่างจะไปยันตัวปรับเบรก และยื่นปลายล่างของก้ามเบรกตัวหน้า เป็นการทำให้ก้ามเบรกตัวหน้ากดแน่นกับครัม ส่วนปลายบนของก้ามเบรกตัวหน้าขณะนี้จะไปยันอยู่กับสมอ

### 2.5.2 ยูนิเซอร์โวดรัมเบรก (Uni-Servo Drum Brake)

ที่เรียกว่ายูนิเซอร์โวดรัมเบรก เพราะว่าเบรกแบบนี้ใช้กระบอกเบรกซึ่งมีเพียงลูกสูบทางเดียว เมื่อเป็นเช่นนี้เป็นผลให้เกิดเซอร์โวแอคชั่น เฉพาะในการเบรกขณะที่รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเท่านั้น ดังรูป



รูปที่ 2-3 ยูนิเซอร์โวครั้มเบรก มีลูกสูบทางเดียว

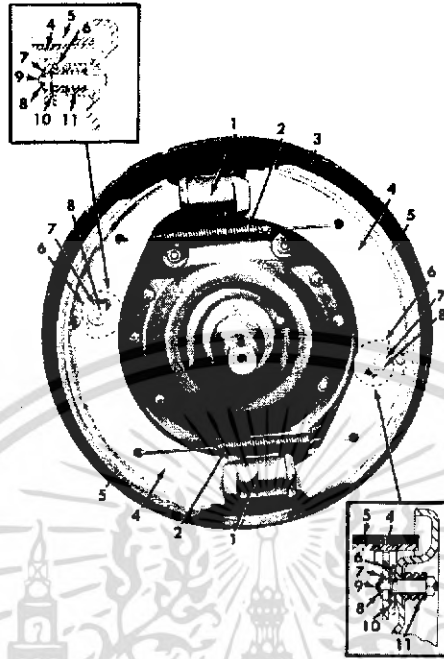
ยูนิเซอร์โวครั้มเบรก เหมือนกับคูโอเซอร์โวครั้มเบรกทุกอย่างยกเว้นใช้กระบอกเบรกมีลูกสูบทางเดียว เมื่อเหยียบเบรกขณะที่รถเดินหน้า ก้ามเบรกตัวหน้าจะถูกลูกสูบดันออกไปสัมผัสกับครัม ทำให้เกิดพลังงานจากตัวเอง ปลายล่างของก้ามเบรกตัวหลังกับครัม เรียกว่าเซอร์โวแอกชั่น เหมือนกับที่เกิดกับคูโอเซอร์โวครั้มเบรก แต่ในการเบรกขณะที่รถถอยหลังจะไม่มีพลังงานจากตัวเอง และเซอร์โวแอกชั่นดังกล่าว

### 2.5.3 นันเซอร์โวครั้มเบรก (Non-Servo Drum Brake)

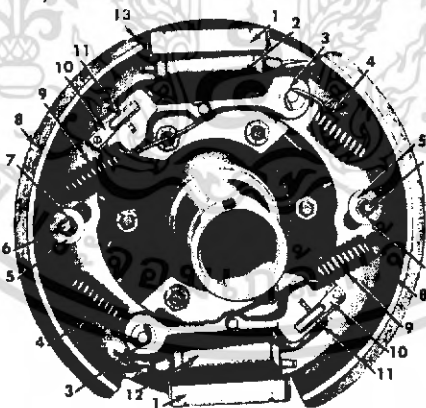
การออกแบบเบรกในลักษณะนี้จะเกิดพลังงานจากตัวเอง ที่ก้ามเบรกตัวหน้าเพียงตัวเดียว เมื่อเหยียบเบรกในขณะที่รถวิ่งไปข้างหน้า และจะเกิดพลังงานจากตัวเอง ที่ก้ามเบรกตัวหลังเพียงตัวเดียว เมื่อเหยียบเบรกในขณะที่รถถอย และเนื่องจากจุดหมุนหรือสโมซึ่งยึดก้ามเบรกทั้งสองอยู่แยกกันเป็นอิสระจึงไม่เกิดเซอร์โวแอกชั่น

การออกแบบนันเซอร์โวครั้มเบรกนี้ ยังมีแบบต่าง ๆ กันอีกหลายแบบ รวมทั้งการออกแบบเบรกที่เป็นนันเซอร์โวมีก้ามเบรคนำสองตัวในชุดเบรกเดียวกันด้วย

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1. กระบอกเบรค      | 7. แหวนนำกำเบรค    |
| 2. สปริง           | 8. เหวหน้ารูปตัว C |
| 3. แผ่นหลัง        | 9. สลักปรับลูกเบรค |
| 4. กำเบรค          | 10. เหวหลังเสียง   |
| 5. ฝาเบรค          | 11. สปริง          |
| 6. ลูกเบรคปรับเบรค |                    |



รูปที่ 2-4 แสดงชุดเบรคที่มีกำเบรคนำสองตัว (Two-Leading Shoes) อยู่ในชุดเดียวกัน

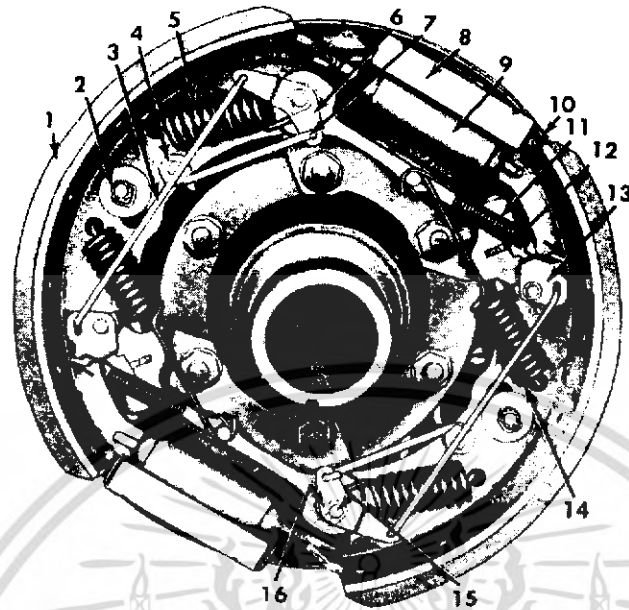


- |                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| 1. แผ่นกันความชื้น | 8. กำเบรค             |
| 2. กระบอกเบรคคน    | 9. สปริง              |
| 3. สลักสวม         | 10. สปริงค็อค         |
| 4. สปริง           | 11. สลักปรับ          |
| 5. แหวนนำ          | 12. กระบอกเบรคตัวล่าง |
| 6. น็อตค้ำ         | 13. แผ่นหลัง          |
| 7. ลวดล็อคน็อต     |                       |

รูปที่ 2-5 แสดงชุดเบรคที่มีกำเบรคนำสองตัว (Two-Leading Shoes)

**ใช้กระบอกเบรคซึ่งมีลูกสูบสองทางจำนวนสองชุด**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- |                      |                  |
|----------------------|------------------|
| 1. ก้ามเบรค          | 9. กระบอกเบรค    |
| 2. น็อตยึด           | 10. แผ่นหลัง     |
| 3. ลวดดึง            | 11. สปริงปรับ    |
| 4. ลูกเบยว           | 12. ล้อปรับ      |
| 5. สปริง             | 13. แขนล้อปรับ   |
| 6. แขนตัวปรับ        | 14. สปริง        |
| 7. ลวดดึง            | 15. สลักสมอ      |
| 8. ตัวครอบกระบอกเบรค | 16. แหวนรูปตัว C |

**รูปที่ 2-6 แสดงชุดเบรคที่มีก้ามเบรคนำสองตัว (Two-Leading Shoes) กระบอกเบรคทั้งสองชุดเป็นกระบอกเบรคซึ่งมีลูกสูบสองทาง และมีตัวปรับเบรคอัตโนมัติ**

#### 2.5.4 Twin Leading Shoe Brake

ฝักเบรคแบบนี้จะมีลูกเบี้ยว (Cam) 2 ตัว ทำหน้าที่ดันผ้าเบรคให้ทำงานพร้อมกันภายในครัม (Drum) อันเดียว จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้เบรคแบบนี้มีกำลังในการเบรคมากกว่าแบบ Trailing Shoe Brake และการสึกหรอของผ้าเบรคจะสึกหรอในลักษณะเดียวกันทั้งคู่ ข้อดีของเบรคแบบนี้อีกประการหนึ่ง คือ บนถนนที่ชันและลื่น ขณะที่เบรค ผ้าเบรคจะเปลี่ยนอาการเบรคเป็นแบบ Trailing Shoe Brake

หลักการทำงาน เมื่อกดสายเบรค กลไกของเบรคจะไปหมุนลูกเบี้ยวให้ตะกวางฝักเบรคดันผ้าเบรค ไปสัมผัสกับครัมของล้อซึ่งกำลังหมุน แรงที่เกิดขึ้นจากการทำงานของฝักเบรคทั้งสอง จะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กับแรงในการเคลื่อนที่ของครัม

การทำงานของฝักเบรคซึ่งมีการทำงานในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของครัม และเป็นการเสริมแรงให้กับฝักเบรคทั้งคู่จึงเรียกว่า "Twin Leading Shoe Brake" และความฝืด (Friction) ที่เกิดขึ้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมากซึ่งมีผลมาจากการทำงานที่ได้รับกำลังงานจากการเบรกมากแต่ออกแรงน้อย ผลอันนี้บางครั้งจึงเรียกว่า เบรกแบบ "Servo-Effect"

### 2.5.5 Leading and Trailing Shoe Brake

ฝักเบรกแบบนี้จะมีลูกเบี้ยว (Cam) เพียงตัวเดียว ทำหน้าที่ดันผ้าเบรกให้ทำงาน ภายในครัม (Drum) และโดยความเป็นจริงแล้วในการทำงานของฝักเบรกทั้ง 2 จะไม่พร้อมกัน อันหนึ่งจะทำในลักษณะ Leading Shoe ซึ่งทำงานก่อนและอีกอันหนึ่งทำงานในลักษณะของ Trailing Shoe ซึ่งทำงานทีหลัง ดังนั้นจึงมีค่ากำลังเบรคน้อยกว่าแบบแรก แต่ยังมีนิยมใช้กันอยู่เพราะโครงสร้างง่ายและสะดวกในการบริการ

เมื่อกดสายเบรก กลไกของเบรกจะไปหมุนลูกเบี้ยวให้ตะกวางฝักเบรกดันผ้าเบรก ไปสัมผัสกับครัมของล้อซึ่งกำลังหมุน แรงที่เกิดขึ้นจากการทำงานของฝักเบรก จะเกิดขึ้นจากการทำงาน 2 ลักษณะ ฝักเบรกอันหนึ่งซึ่งทำงานตามทิศทางการหมุนของครัมจะเรียกว่า Leading Shoe ดังที่กล่าวแล้วหากพิจารณาการเตะของลูกเบี้ยวจะเห็นว่าผ้าเบรกทั้งคู่จะทำางานพร้อมกัน แต่ความจริงหาเป็นเช่นนั้นไม่ ทั้งนี้เพราะว่าฝักเบรกที่ทำงานในทิศทางเดียวกับการหมุนซึ่งมีแรงเสริมที่จะเกิดการท่งานเร็ว ส่วนฝักเบรกที่ทำงานในทิศทางตรงข้ามกับการหมุน จะเกิดแรงต้านพยายามที่จะเหวี่ยงฝักเบรกออก ดังนั้นแล้วจึงทำให้ฝักเบรกดังกล่าวนี้ทำงานช้ากว่า คือ จีบทีหลังฝักเบรกอันที่ทำงานก่อนก็เลยถูกเรียก Leading Shoe และอันที่ทำงานทีหลังเรียกว่า Trailing Shoe แรงที่ได้รับจะน้อยกว่าแบบ Twin Leading Shoe

และก็เช่นเดียวกันกับแบบแรกในกรณีที่จักรยานยนต์ขึ้นที่ลาดชัน ล้อที่เคลื่อนที่ขึ้น พยายามที่จะหมุนย้อนทิศทางอยู่แล้ว เมื่อเกิดการเบรกฝักเบรกที่เป็น Leading จะกลายเป็น Trailing ทำให้แรงสวนทางกันและได้ความหนืดเพิ่มขึ้น ส่วนฝักเบรกที่เป็น Trailing ก็จะกลายเป็น Leading ทำให้เกิดการเสริมแรง และได้ความฝืดเพิ่มขึ้นเช่นกันจากเหตุผลดังกล่าวเบรกแบบนี้ซึ่งบางครั้งจะเรียก ว่าแบบ "Single Leading" จึงนิยมใช้กับล้อหน้าของจักรยานยนต์

### 2.5.6 Trailing Shoe Brake

หลักการท่งานจะคล้าย ๆ กับแบบ Twin Leading Shoe Brake เมื่อกดสายเบรก กลไกของเบรกจะไปหมุนลูกเบี้ยวให้ตะกวางฝักเบรกดันผ้าเบรก ไปสัมผัสกับครัมของล้อซึ่งกำลังหมุน แต่แรงที่เกิดขึ้นจากการทำงานของฝักเบรกทั้งสอง จะเป็นไปในทิศทางตรงข้าม กับแรงในการเคลื่อนที่ของครัม เบรกแบบ Trailing Shoe Brake นั้นจะให้กำลังน้อยกว่า และมีประสิทธิภาพน้อยกว่าแบบ Twin Leading Shoe Brake

## 2.6 ผ้าเบรก

เป็นอุปกรณ์สร้างแรงเสียดทานกดเข้ากับดิสก์ หรือดรัมเบรก โดยมีพื้นฐานคือ เนื้อวัสดุของตัวดิสก์หรือดรัมเบรกต้องแข็งเพื่อไม่ให้สึกหรอมาก แต่ต้องมีผิวที่ไม่ลื่น ส่วนผ้าเบรกต้องมีเนื้อนุ่มกว่าตัวดิสก์หรือดรัม เพื่อให้มีแรงเสียดทานสูงหรือสึกหรอมากกว่า เพราะเปลี่ยนได้ง่าย โดยมีการผลิตขึ้นจากวัสดุผสมหลายอย่าง และอาจผสมกับโลหะเนื้อนุ่ม เพื่อให้เบรกในช่วงความเร็วสูงได้ดี ในอดีตใช้แร่ใยหิน แอสเบสตอสเป็นวัสดุหลักของผ้าเบรก เมื่อผ้าเบรกสึกจะเป็นผงสีขาวไม่เกาะกระทะล้อแต่สร้างมลพิษในอากาศ ทำลายระบบหายใจของสิ่งมีชีวิต ปัจจุบันจึงหันมาใช้แกรไฟต์คาร์บอนแทน เมื่อผ้าเบรกสึกจะมีผงสีดำออกมาเกาะเป็นคราบ ดูสกปรก แต่ไม่อันตราย

ผ้าเบรกมีหลายระดับ ประสิทธิภาพและความแข็ง ด้วยหลักการง่าย ๆ คือ ยิ่งนุ่มยิ่งสร้างแรงเสียดทานได้ง่าย แต่ไม่ทนความร้อนอาจลื่น หรือไหม้ในการเบรกบ่อย ๆ หรือเบรกในช่วงความเร็วสูง และยิ่งแข็งยิ่งทนร้อน เบรกดีในช่วงความเร็วสูง แต่ต้องการการอุ่นให้ร้อนก่อน หรือเบรกช่วงความเร็วต่ำไม่ค่อยอยู่ จึงต้องเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะการขับและสมรรถนะของรถยนต์

ผ้าเบรกเป็นอุปกรณ์หนึ่ง ถ้าเดิมใช้งานแล้วไม่พึงพอใจก็สามารถเลือกให้แตกต่างจาก ผ้าเบรกมาตรฐานเดิมได้ เพราะผู้ผลิตรถยนต์ไม่จำเป็นต้องผลิตทุกชิ้นส่วนขึ้นเอง สามารถหาผู้ผลิตชิ้นส่วนเฉพาะรายย่อย (SUPPLIER) ผลิตชิ้นส่วนส่งให้ในราคาถูกได้ เพราะมีปริมาณการผลิตสูง เมื่อมีการผลิตส่งให้ผู้ผลิตรถยนต์ ก็อาจจะผลิตอะไหล่ ที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน หรือเหนือกว่า ติตราบรรจุก่อเป็นสินค้าอิสระของตนเอง เพื่อจำหน่ายกับผู้ใช้ทั่วไปด้วย ผู้ผลิตผ้าเบรกที่เชี่ยวชาญและมีผ้าเบรกหลายรุ่นให้เลือก เช่น FERODO, BENDIX, ABEX, AKEBONO, METALIX, REBESTOS ฯลฯ

### 2.6.1 ชนิดของผ้าเบรกแบ่งตามเกรดมาตรฐาน

มีหลายระดับ แบ่งตามการทนความร้อน เพราะการสร้างแรงเสียดทานในการเบรก ต้องมีความร้อนเกิดขึ้นเมื่อผ้าเบรกร้อนเกินขีดจำกัดประสิทธิภาพจะลดลง ลื่นหรือไหม้ การเลือกต้องขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและสมรรถนะของรถยนต์ แบ่งเป็นดังนี้

1. เกรดมาตรฐาน S-STANDARD ใช้กับรถยนต์ทั่วไป ยกเว้นรถยนต์สมรรถนะสูงหรือรถสปอร์ต ส่วนผสมของเนื้อผ้าเบรก สร้างความฝืดได้ง่าย สามารถลดความเร็วได้ทันที ไม่ต้องการการอุ่นผ้าเบรกให้ร้อนก่อน ทำงานได้ดีเฉพาะช่วงความเร็วต่ำ-ปานกลาง และมีความร้อนสะสมไม่สูงนัก เมื่อมีการเบรกอย่างต่อเนื่อง อาจลื่นหรือไหม้ได้ง่าย เมื่อต้องเบรกบ่อย ๆ หรือเบรกในช่วงความเร็วสูงอย่างรวดเร็ว สาเหตุที่รถยนต์ทั่วไปถูกกำหนดให้ใช้ผ้าเบรกเกรด S เนื่องจากโรงงานผู้ผลิต เพราะส่วนใหญ่ยังต้องมีการใช้งานในเมืองหรือมีการใช้ ความเร็วไม่จัดจ้านนัก แม้จะขับเร็วบ้างหรือกระทะเบรกแรง ๆ บ้าง แต่ก็ไม่บ่อย จึงถือว่าเพียงพอในระดับหนึ่ง
2. เกรดกลาง M-MEDIAM-METAL รองรับการเบรกในช่วงความเร็วปานกลาง-สูงได้ดี เพิ่มความทนทานต่อความร้อนโดยตรง และความร้อนสะสมในการเบรกสูงเกินกว่าผ้าเบรกเกรด S แต่ยังคงประสิทธิภาพการใช้งาน ช่วงความเร็วต่ำ-ปานกลางได้ดี เพราะเนื้อผ้าเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังไม่แข็งเกินไป ส่วนมากจะมีส่วนผสม ของโลหะอ่อน หรือวัสดุที่สามารถสร้างแรงเสียดทานเมื่อมีความร้อนสูงได้ดี เนื้อของผ้าเบรก อาจเป็นสีเงาจากผงโลหะที่ผสมอยู่ รถยนต์ทั่วไป ถ้าผู้ขับเท้าขวาหนัก แม้ไม่ได้ตกแต่ง เครื่องยนต์ หรือเครื่องยนต์มีพลังแรงสักหน่อย ก็สามารถเลือกใช้ผ้าเบรกเกรด M แทนเกรด S ได้ เพราะยังสามารถรองรับการใช้งานได้ทุกรูปแบบและทุกช่วงความเร็ว โดยอาจมีจุดด้อย ด้านประสิทธิภาพการเบรกในช่วงที่ผ้าเบรกยังเย็นอยู่ใน 2-3 ครั้งแรก และมีราคาแพงกว่า ผ้าเบรกเกรด S เพียง 20-30 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

3. เกรดกึ่งแข่ง R-RACING เป็นผ้าเบรกเกรดพิเศษ ซึ่งถูกผลิตเพื่อรองรับรถยนต์สมรรถนะสูง จัดจ้าน- รดแข่ง เหมาะกับการใช้ความเร็วสูง หรือมีความร้อนสะสมที่ผ้าเบรกจากการเบรกถี่ ๆ เนื้อของผ้าเบรกเกรดนี้มักมีการผสมผงโลหะไว้มากบางรุ่นเกือบจะเป็นโลหะอ่อน เช่น เป็นทองแดงผสมเกือบทั้งชิ้น การใช้งานในเมืองด้วยความเร็วต่ำ จำเป็นต้องมี การอุ่นผ้าเบรกเกรด R ให้ร้อนก่อน และเบรกหยุดได้ระยะทางยาวกว่าผ้าเบรกเนื้อนิ่มเกรด S-M ส่วนในช่วงความเร็วสูง ร้อนแค่ไหนก็สิ้นหรือไหม้ยาก ผ้าเบรกเกรดนี้ ไม่ค่อยเหมาะ กับรถยนต์ที่ใช้งานทั่วไป ยกเว้นพวกรถสปอร์ต หรือรถยนต์ที่มีสมรรถนะสูงจัดจ้านจริง ๆ เพราะไม่เหมาะกับการใช้งานด้วยความเร็วต่ำ ซึ่งสิ้นกว่าผ้าเบรกเกรด S อีกทั้งยังมีราคาแพงกว่าผ้าเบรกเกรด S-M ไม่น้อยกว่า 3-5 เท่าด้วย

## 2.6.2 ชนิดของผ้าเบรกแบ่งตามวัสดุที่นำมาทำผ้าเบรก

วัสดุที่นำมาทำผ้าเบรกแบ่งเป็น 4 ประเภทคือ

1. อโลหะ (Organic Material) มีส่วนผสมของใยหิน (Asbestos) ยางประสาน ( Bonding Resins) และวัสดุผสมเพื่อปรับความฝืด (Friction Modifiers) ซึ่งบางทีอาจเป็นพวกแก้ว และไฟเบอร์สังเคราะห์ (Synthetic Fibers) ทั้งนี้แล้วแต่การนำไปใช้งาน
2. กึ่งโลหะ (Semimetallic Material) มีส่วนผสมของใยหินยางประสาน และวัสดุผสมเพื่อปรับความฝืด ได้แก่ ผงโลหะละเอียดมาก ๆ และยังมีเส้นใยเล็ก ๆ ของทองแดงหรือเหล็ก รวมอยู่ด้วย
3. โลหะ (Metallic Material) เนื้อวัสดุเป็นผงโลหะอัดเข้าด้วยกันเป็นชิ้น ๆ
4. วัสดุไม่ใช่ใยหิน (Nonasbestos Material) ไม่มีส่วนผสมของใยหิน แต่มีส่วนผสมของเส้นใยสังเคราะห์ต่าง ๆ เช่น เอรามิด (Aramid) หรือบางทีเรียกว่า เคปลาร์ (Kevlar)

## 2.6.3 ชนิดผ้าเบรกแบ่งตามลักษณะของความแข็ง

1. ผ้าเบรกเนื้อนิ่ม ทำด้วยวัสดุอย่างธรรมดา
2. ผ้าเบรกเนื้อแข็งปานกลาง ทำด้วยวัสดุอย่างนุ่มอัดขึ้นรูป
3. ผ้าเบรกเนื้อแข็ง ทำด้วยวัสดุอย่างแน่น วัสดุอัดแบบโลหะ หรือวัสดุอื่นที่คล้ายคลึงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.4 คุณสมบัติของผ้าเบรก

วัสดุที่จะนำมาเป็นผ้าเบรกได้สมควรีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงพอเหมาะ วัสดุที่มีประสิทธิ์ความเสียดทานสูงมากเกินไปก็ไม่เหมาะสมที่จะนำมาทำผ้าเบรก
2. ค่าประสิทธิ์ความเสียดทาน จะต้องไม่เปลี่ยนแปลงในขณะที่ผ้าเบรก และครีมีอุณหภูมิสูงขึ้น
3. ผ้าเบรกต้องไม่สึกหรือเร็วเกินควร และไม่ทำให้จานเบรก หรือครีมีสึกหรือเร็ว
4. ผ้าเบรกต้องทนความร้อนได้สูงกว่า 500 องศาฟาเรนไฮท์ (260 องศาเซลเซียส) โดยไม่ชำรุดเสียหาย
5. ผ้าเบรกที่ดีไม่ควรทำให้เกิดเสียงใด ๆ ขณะเบรก

### 2.6.5 ปัญหาต่าง ๆ ของผ้าเบรก

#### การสึกหรอ (Wear)

ผ้าเบรกที่สึกหรอจะมีลักษณะเอียงเป็นเทเปอร์ (Taper) ตามปกติแล้วเราไม่สามารถทราบอัตราการสึกหรอของผ้าเบรกได้ เนื่องจากอิทธิพลส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับการสึกหรอของผ้าเบรกมาจากนิสัยของคนขับด้วย การใช้ความเร็วสูงบริเวณใกล้ ๆ สัญญาณไฟจราจรหรือไม่ชะลอความเร็วของรถก่อนเบรก ทำให้การสึกหรอของผ้าเบรกมีสูงมาก

#### ร้อนจัด (Over Heating)

มีสาเหตุมาจากการใช้เบรกอย่างรวดเร็ว และรุนแรงติด ๆ กันหลายครั้ง และจะเป็นผลให้เกิดอาการเบรกไม่จับด้วย(ผ้าเบรกสูญเสียประสิทธิ์ความเสียดทาน)ผ้าเบรกอาจมีลักษณะแข็งเป็นเงา ย่น หรือแตกร้าวเนื่องจากความร้อน หรือบางทีในกรณีที่ร้ายแรงกว่านั้น ผ้าเบรกอาจหลุดเป็นชิ้น ๆ ออกมาจากก้านเบรก ทำให้ล้อรถติดตามได้ ผ้าเบรกที่แข็งเป็นเงาหรือแตกร้าวต้องเปลี่ยนใหม่

#### สกปรก (Contamination)

ผ้าเบรกอาจจะเปรอะเปรื้อนได้เนื่องจากมีน้ำมันหล่อลื่นจากเพลารั่วผ่านซีลกันน้ำมันเข้ามาในเบรก ผ้าเบรกที่สกปรกในลักษณะนี้ต้องเปลี่ยนใหม่ มิเช่นนั้นจะเกิดปัญหาต่าง ๆ มากมาย เช่นจะทำให้ล้อติดตาย ผิด และล้อกระตุกขณะเบรก ไม่ควรใช้มือเปื้อนจับผ้าเบรก เพราะจะทำให้ผ้าเบรกสกปรก และมีปัญหาขณะเบรก

#### เสียงดัง (Noise)

เสียงเอี๊ยดขณะเบรกเกิดจากผ้าเบรกสึกหรอ ผ้าเบรกแข็งเป็นเงา ผ้าเบรกสกปรก หรือประกอบผ้าเบรกเข้ากับก้านเบรกไม่ดี ผ้าเบรกที่มีลักษณะดังกล่าวทั้งหมดนี้ต้องเปลี่ยนใหม่

### ผ้าเบรกเปียกน้ำ

ในฤดูฝนบนพื้นถนนอาจมีน้ำท่วมขัง ซึ่งจะทำให้ผ้าเบรกเปียกน้ำ จะเป็นผลให้เกิดการลื่นไถลระหว่างผิวสัมผัสของผ้าเบรกทำให้เกิดอาการเบรกไม่อยู่ ผ้าเบรกที่เปียกน้ำต้องรีดน้ำออกก่อน โดยการขย้ำเบรกหลาย ๆ ครั้งเพื่อให้ผ้าเบรกอยู่ในสภาวะปกติ



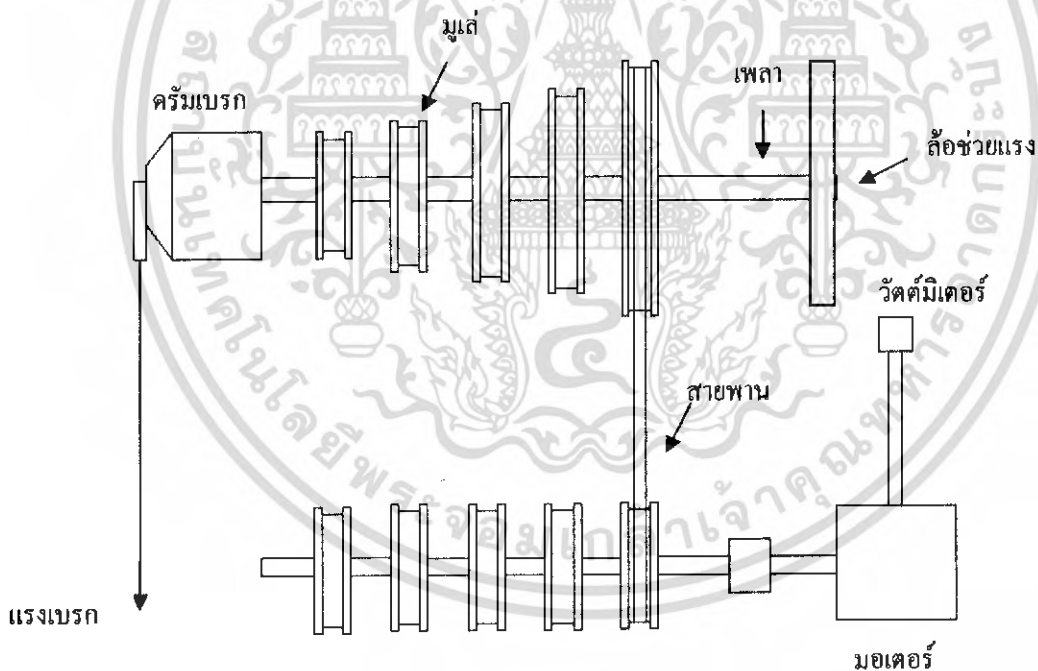
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การออกแบบเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก

#### 3.1 หลักการทำงานของเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก

เครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรกจะมีมอเตอร์เป็นต้นกำลังส่งกำลังผ่านเพลาขับมายังมู่เล่ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัววัดความเร็วรอบเพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการ โดยเครื่องทดสอบนี้จะมีมู่เล่อยู่ 5 ขนาดด้วยกัน จากเพลาขับจะส่งกำลังที่ผ่านการทดรอบมายังเพลาขับเคลื่อนเบรกและล้อช่วยแรง ที่เพลาด้านหนึ่งจะมีล้อช่วยแรงอยู่ทำหน้าที่เป็นตัวสะสมพลังงานแทนมวลของรถที่วิ่งจริงและอีกปลายด้านหนึ่งจะมีชุดขับเคลื่อนเบรก ในการเบรกจะใช้แรงจากค้อนน้ำหนักคิงสายเบรกทำให้ลูกเบี้ยวหมุนไปปลั๊กกันเบรกให้ขยายออกทำให้ผ้าเบรกสัมผัสกับตัวขับเคลื่อนเบรกเกิดแรงเสียดทานทำให้ขับเคลื่อนเบรกหยุดหมุนได้ ที่มอเตอร์ได้ติดตั้งเครื่องวัดกิโลวัตต์เพื่อวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้งานและมีการติดตั้งตาชั่งสปริงที่สายเบรกเพื่อทำการวัดค่าน้ำหนักที่กดเบรก ส่วนขั้นตอนการทดสอบโดยเครื่องทดสอบจะกล่าวต่อไป



รูปที่ 3-1 แสดงการทำงานของเครื่อง

#### 3.2 อุปกรณ์หลักๆที่ใช้ในเครื่องทดสอบผ้าเบรกประกอบด้วย

- มอเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวต้นกำลังในการขับเคลื่อนให้เพลาและชุดงานเบรกหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชุดมู่เล่ ทำหน้าที่เปลี่ยนความเร็วรอบเพื่อให้เพลาและงานเบรกหมุนด้วยความเร็วรอบที่ต้องการ โดยชุดทดสอบนี้จะมีมู่เล่อยู่ 5 ขนาด
- ล้อช่วยแรง ทำหน้าที่เป็นตัวสะสมพลังงานให้แก่เครื่องทดสอบ
- ชุดเพลาและครีမ်เบรก ทำหน้าที่เป็นตัวส่งกำลังจากมอเตอร์และจับยึดครีမ်เบรก
- เครื่องวัดความเร็วรอบ ทำหน้าที่เป็นตัววัดความเร็วรอบของเพลาและครีမ်เบรก
- เครื่องวัดอุณหภูมิ ทำหน้าที่เป็นตัววัดอุณหภูมิของผ้าเบรก
- คาซังสปริง ทำหน้าที่เป็นตัววัดน้ำหนักที่กดเบรก
- ฐานโครงเครื่อง ทำหน้าที่เป็นตัวรองรับอุปกรณ์ต่างๆ
- กิโลวัตต์มิเตอร์
- เครื่องวัดจำนวนรอบ

### 3.3 การออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ

การออกแบบชิ้นส่วนที่นำมาสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก ชิ้นส่วนหลัก ๆ ที่นำมาคำนวณออกแบบในการสร้าง ได้แก่ มอเตอร์ มู่เล่ ล้อช่วยแรง และชุดเพลา

#### 3.3.1 มอเตอร์

มอเตอร์ที่ใช้มีขนาด 0.75 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1410 rpm ไซไฟ 3 เฟส โดยให้แรงบิดจากมอเตอร์ดังนี้

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

เมื่อ  $\omega$  คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์

$T$  คือ แรงบิดของมอเตอร์

$$\text{ที่ความเร็วรอบ 1260.2 rpm} \quad 750 = \frac{2\pi}{60} \times 1260 \times T$$

$$T = 5.684 \text{ N.m}$$

$$\text{ที่ความเร็วรอบ 1103.3 rpm} \quad 750 = \frac{2\pi}{60} \times 1103.3 \times T$$

$$T = 6.493 \text{ N.m}$$

$$\text{ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm} \quad 750 = \frac{2\pi}{60} \times 873.4 \times T$$

$$T = 8.2 \text{ N.m}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความเร็วรอบ 624.28 rpm

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

$$T = 11.472 \text{ N.m}$$

ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm

$$750 = \frac{2\pi}{60} \times 425.5 \times T$$

$$T = 16.832 \text{ N.m}$$

ความเร็วรอบของครัมเบรก (rpm)	แรงบิดมอเตอร์ (N.m)
1260.2	5.684
1103.3	6.493
873.4	8.2
624.3	11.472
425.5	16.832

ตารางที่ 3-1 แสดงแรงบิดของมอเตอร์ที่แต่ละความเร็วรอบของครัมเบรก

### 3.3.2 มุม

เลือกขนาดมุมมาตรฐานตามท้องตลาดให้ใกล้เคียงกัน ขนาดมุมที่ได้จากการเปรียบเทียบกับรอบความเร็วที่ต้องการทดสอบ

$$\text{คำนวณหาความเร็วของรถ } v = \omega r$$

เมื่อ  $v$  คือ ความเร็วเชิงเส้นของรถ

$\omega$  คือ ความเร็วเชิงมุมของล้อรถ

$r$  คือ รัศมีของล้อรถ

$$\text{ที่ความเร็วรอบ } 1260.2 \text{ rpm} \quad \frac{2\pi}{60} \times 1260.2 \times 0.254 = 33.52 \text{ m/s} = 120.67 \text{ km/hr}$$

$$\text{ที่ความเร็วรอบ } 1103.3 \text{ rpm} \quad \frac{2\pi}{60} \times 1103.3 \times 0.254 = 29.35 \text{ m/s} = 105.65 \text{ km/hr}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{ที่ความเร็วรอบ } 873.4 \text{ rpm} & \quad \frac{2\pi}{60} \times 873.4 \times 0.254 & = 23.23 \text{ m/s} = 83.63 \text{ km/hr} \\ \text{ที่ความเร็วรอบ } 624.28 \text{ rpm} & \quad \frac{2\pi}{60} \times 624.28 \times 0.254 & = 16.61 \text{ m/s} = 59.78 \text{ km/hr} \\ \text{ที่ความเร็วรอบ } 425.5 \text{ rpm} & \quad \frac{2\pi}{60} \times 425.5 \times 0.254 & = 11.32 \text{ m/s} = 40.74 \text{ km/hr} \end{aligned}$$

ขนาดมูเต้	rpm	km/hr
3.5	1260.2	120.67
4	1103.3	105.65
5	873.4	83.63
7	624.28	59.78
10	425.5	40.74

ตารางที่ 3-2 แสดงการเลือกขนาดมูเต้โดยเทียบความเร็วรอบที่ทำการทดสอบ

### 3.3.3 ข้อช่วยแรง

เลือกใช้ข้อช่วยแรงขนาดน้ำหนัก 50 กิโลกรัม เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เมตร การคำนวณพลังงานจลน์จากการหมุนของข้อช่วยแรงที่ความเร็วรอบต่างๆ

$$\begin{aligned} \text{พลังงานจลน์การเคลื่อนที่เชิงมุม} & = \frac{1}{2} I \omega^2 \\ & = \frac{1}{2} \left( \frac{md^2}{8} \right) \omega^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ที่ความเร็วรอบ } 1260.2 \text{ rpm} & = \frac{1}{2} \left( \frac{50 \times 0.4^2}{8} \right) \left( \frac{1260.2 \times 2\pi}{60} \right)^2 \\ & = 8707.75 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ที่ความเร็วรอบ } 1103.3 \text{ rpm} & = \frac{1}{2} \left( \frac{50 \times 0.4^2}{8} \right) \left( \frac{1103.3 \times 2\pi}{60} \right)^2 \\ & = 6674.43 \text{ J} \end{aligned}$$

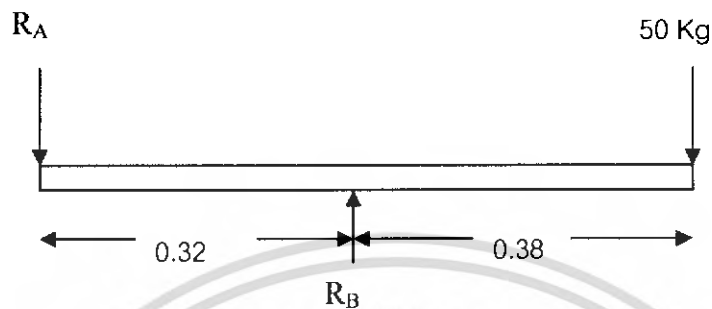
$$\begin{aligned} \text{ที่ความเร็วรอบ } 873.4 \text{ rpm} & = \frac{1}{2} \left( \frac{50 \times 0.4^2}{8} \right) \left( \frac{873.4 \times 2\pi}{60} \right)^2 \\ & = 4182.67 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ที่ความเร็วรอบ } 624.3 \text{ rpm} & = \frac{1}{2} \left( \frac{50 \times 0.4^2}{8} \right) \left( \frac{624.3 \times 2\pi}{60} \right)^2 \\ & = 2137.04 \text{ J} \end{aligned}$$

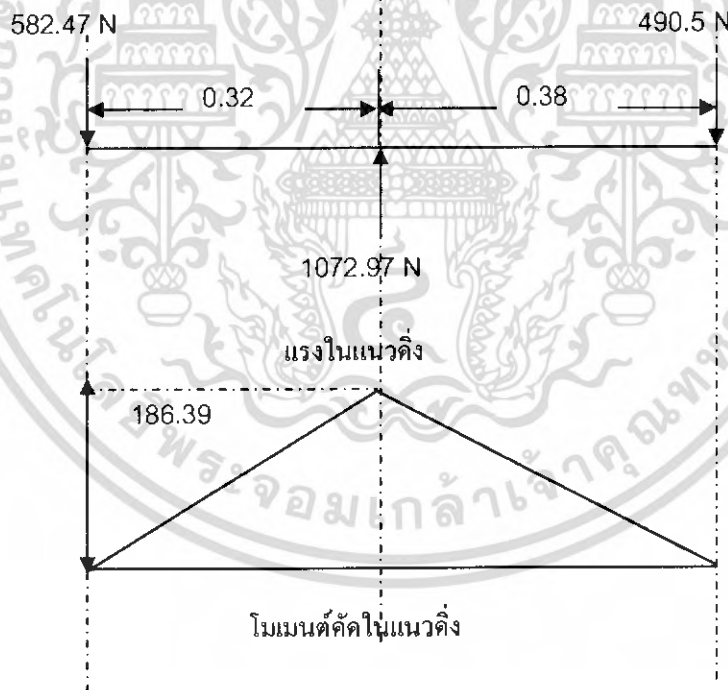
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 \text{ที่ความเร็วรอบ } 425.5 \text{ rpm} &= \frac{1}{2} \left( \frac{50 \times 0.4^2}{8} \right) \left( \frac{425.5 \times 2\pi}{60} \right)^2 \\
 &= 992.72 \text{ J}
 \end{aligned}$$

### 3.3.4 จุดเพลา



ทำการวิเคราะห์แรงและ โมเมนต์ :



$$\text{น้ำหนักของล้อยายพาน} = 50 \times 9.81 = 490.5 \text{ N}$$

หาแรงปฏิกิริยาที่จุด A และ B ในแนวดิ่งจากรูป

รวมโมเมนต์ที่ปลาย A ;

$$\sum M_A = 0$$

$$0 = 490.5(0.38+0.32) - R_B(0.32)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 R_B &= 1072.96875 \text{ N} \\
 \sum F_Y &= 0 \\
 R_A &= R_B - R_C \\
 &= 1072.96875 - 490.5 \\
 &= 582.46875 \text{ N}
 \end{aligned}$$

โมเมนต์คัตแนวตั้งที่จุด B ;

$$\begin{aligned}
 M_{BV} &= 582.46875(0.32) \\
 &= 186.39 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นโมเมนต์คัตสูงสุดมีค่าเท่ากับ 186.39 N.m

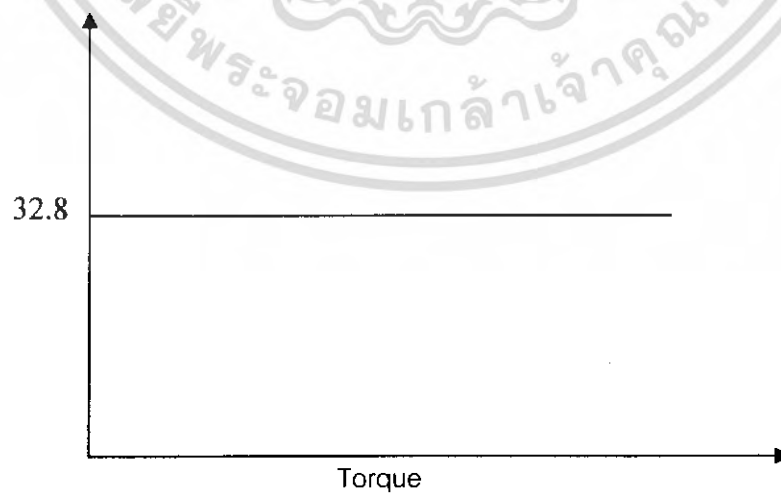
คำนวณโมเมนต์บิดเนื่องจากการส่งกำลังจากสายพาน

กำลังที่มอเตอร์ใช้สูงสุดคือ = 3000 W

หมุนด้วยความเร็ว = 873.4 rpm

$$P = \frac{2\pi NT}{60};$$

$$T = \frac{60(3000)}{2\pi(873.4)} = 32.8 \text{ N.m}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางในหนังสือการออกแบบเครื่องจักรกล 1

$$\begin{aligned} \text{เพลานูนมีตัวประกอบความล้า} \quad C_M &= 1.5 \\ C_t &= 1.0 \end{aligned}$$

และเพลที่ใช้ในการทดลองมีร่องลึ้ม จากสูตร

$$\tau_d = (0.75)(0.18) \sigma_u$$

เลือกใช้เหล็ก AISI C1137 จากตาราง ข.3 ในหนังสือการออกแบบเครื่องจักรกล 1

$$\begin{aligned} \sigma_u &= \frac{87+158}{2} \\ &= 122.5 \text{ ksi} \\ &= 844.64 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_d &= (0.75)(0.18)(844.64) \\ &= 114.0264 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

จากสมการคำนวณหาเพลาค้น ;

$$\begin{aligned} C^3 &= \frac{2((C_t T)^2 + (C_M M_B)^2)^{\frac{1}{2}}}{\tau_d \Pi} \\ &= \frac{2[((1.0)(32.8))^2 + ((1.5)(186.39))^2]^{\frac{1}{2}}}{(114.0264)\pi} \\ C &= 0.01162 \text{ m} = 1.16 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$D = 2.32 \text{ cm}$$

เพราะฉะนั้นจะต้องใช้เพลาส่งกำลังขนาดรัศมีอย่างน้อย 1.16 cm หรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.32 cm. ดังนั้นเลือกเพลาส่งกำลังตามท้องตลาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 cm. หรือ 1 นิ้ว

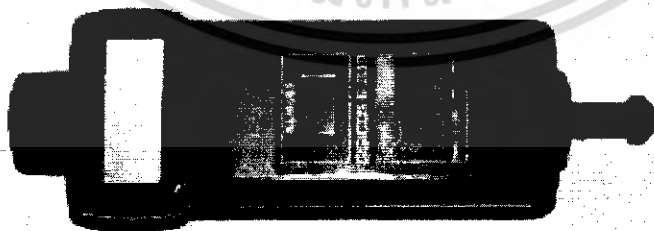
### 3.3.5 เครื่องมือวัดต่างๆ

#### 3.3.5.1 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ใช้อินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ ในการวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3-2 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด

#### 3.3.5.2 เครื่องวัดความเร็วรอบ



รูปที่ 3-3 แสดงเครื่องวัดความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.5.3 เครื่องวัดความจํานวนรอบ



รูปที่ 3-4 แสดงเครื่องวัดจํานวนรอบ

### 3.3.5.3 วัดคํมีเตอร์



รูปที่ 3-5 แสดงวัดคํมีเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

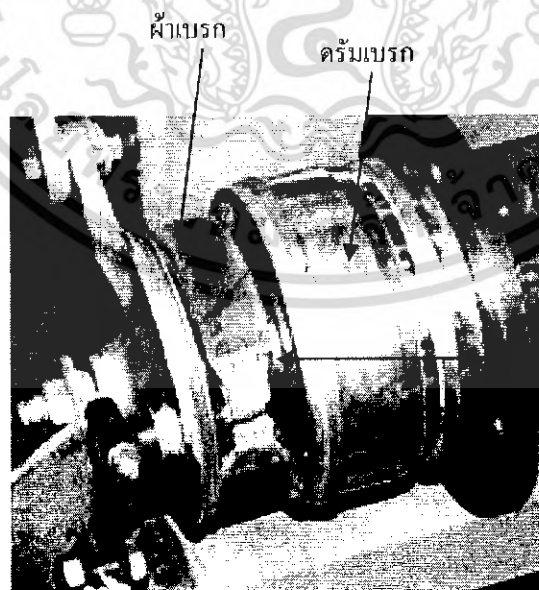
### 3.3.5.4 ตาชั่งสปริง



รูปที่ 3-6 แสดงตาชั่งสปริง

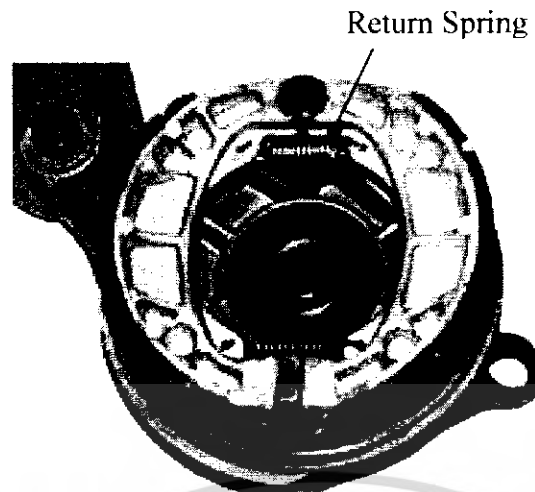
### 3.3.5.5 ระบบครัมเบรก

ใช้ครัมเบรกแบบ Leading and Trailing



รูปที่ 3-7 แสดงระบบของครัมเบรกแบบ *Leading and Trailing*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



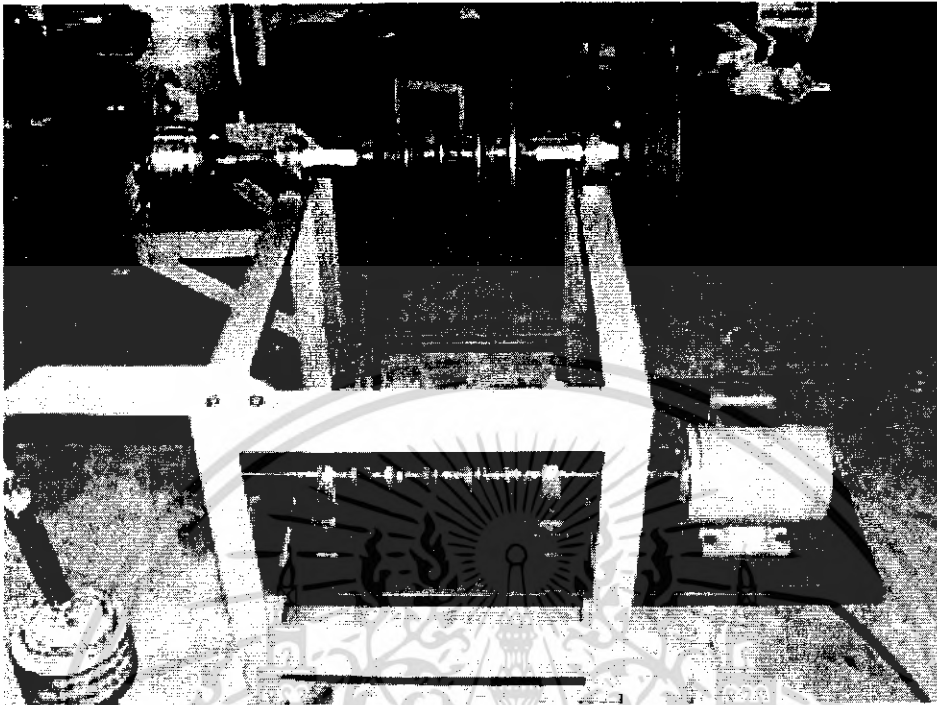
รูปที่ 3-3 แสดงระบบของครัมเบรก *Leading and Trailing*

### 3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องทดสอบ

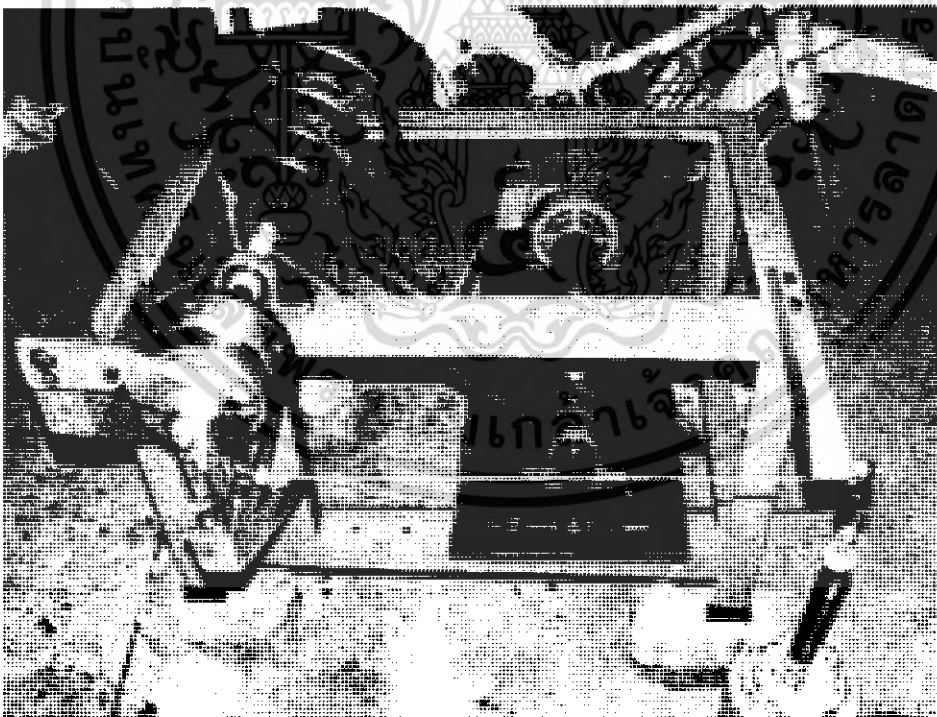
1. มอเตอร์	1	ตัว
2. เฟลาขับ	2	เฟลา
3. มูเล่	10	ตัว
4. สายพาน	2	เส้น
5. ครัมเบรก	1	ชุด
6. ล้อช่วยแรง	1	ตัว
7. แม่แรงไฮดรอลิก	1	ตัว
8. ตาชั่งสปริง	1	ตัว
9. ชุดค้ำน้ำหนัก	1	ชุด
10. เครื่องวัดอุณหภูมิ	1	เครื่อง
11. เครื่องวัดความเร็วรอบ	1	เครื่อง
12. เครื่องวัดจำนวนรอบ	1	เครื่อง
13. กิโลวัตต์มิเตอร์	1	เครื่อง
14. นาฬิกาจับเวลา	1	เรือน
15. ฐานโครงเครื่อง	1	ชุด
16. อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น สายไฟ เบรกเกอร์ นี้อต		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ภาพเครื่องทดสอบ



รูปที่ 3-9 แสดงภาพเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก



รูปที่ 3-10 แสดงภาพเครื่องทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การออกแบบลวดลายผ้าเบรก

#### 4.1 การทำงานของอวดลายในการระบายผงเบรก

ฝุ่นผงที่เกิดจากการสึกหรอของผ้าเบรกเนื่องจากการเสียดสีกันระหว่างผิวสัมผัสของผ้าเบรกกับดรัมเบรก จะรวมตัวกันเป็นก้อนลักษณะทรงกลมและถูกนำพาให้เคลื่อนที่ไปสู่ร่องลวดลายของผ้าเบรกกับอาศัยแรงเฉื่อยของอากาศ และการขยายตัวของอากาศเนื่องจากความร้อนที่จะวิ่งตามร่องของผ้าเบรกนำพาก้อนฝุ่นผงให้เคลื่อนที่ตามร่องของลวดลายออกไป



รูปที่ 4-1 แสดงรูปแบบการทำอวดลายบนผ้าเบรก

#### 4.2 การออกแบบลวดลายผ้าเบรก

ออกแบบลวดลาย โดยกำหนดเงื่อนไขข้อควรพิจารณาในการออกแบบดังต่อไปนี้

##### 4.2.1 ออกแบบลวดลายในรูปแบบต่างๆ ให้อยู่ในแนวขวางกับการเคลื่อนที่ของเศษผงผ้าเบรก

เพื่อให้เศษผ้าเบรกมีลักษณะการเคลื่อนที่เข้าสู่ร่องที่ทำไว้และถูกระบายออกไป

##### 4.2.2 ให้พื้นที่ผิวหน้าสัมผัสของผ้าเบรกเท่ากันทุกชุดการทดลอง เพื่อสามารถเปรียบเทียบความ

แตกต่างของประสิทธิภาพผ้าเบรกในเงื่อนไขของพื้นที่ผิวสัมผัสเท่ากัน

กำหนดพื้นที่ผิวสัมผัสให้มีขนาดดังนี้	
1. ขนาดของพื้นที่ผิวสัมผัสขนาดมาตรฐาน	26.25 cm <sup>2</sup>
2. พื้นที่ที่ใช้ในการทำลวดลายบนผ้าเบรกเทียบเป็น 13.71 % ของขนาดผ้าเบรกมาตรฐาน	3.6 cm <sup>2</sup>
3. พื้นที่ผิวสัมผัสของผ้าเบรกที่ทำลวดลาย	22.65 cm <sup>2</sup>

ตารางที่ 4-1 แสดงพื้นที่ผิวสัมผัสของผ้าเบรกที่ทำการออกแบบลวดลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3 ควบคุมไม่ให้ขัดขวางการทำงานของผ้าเบรก

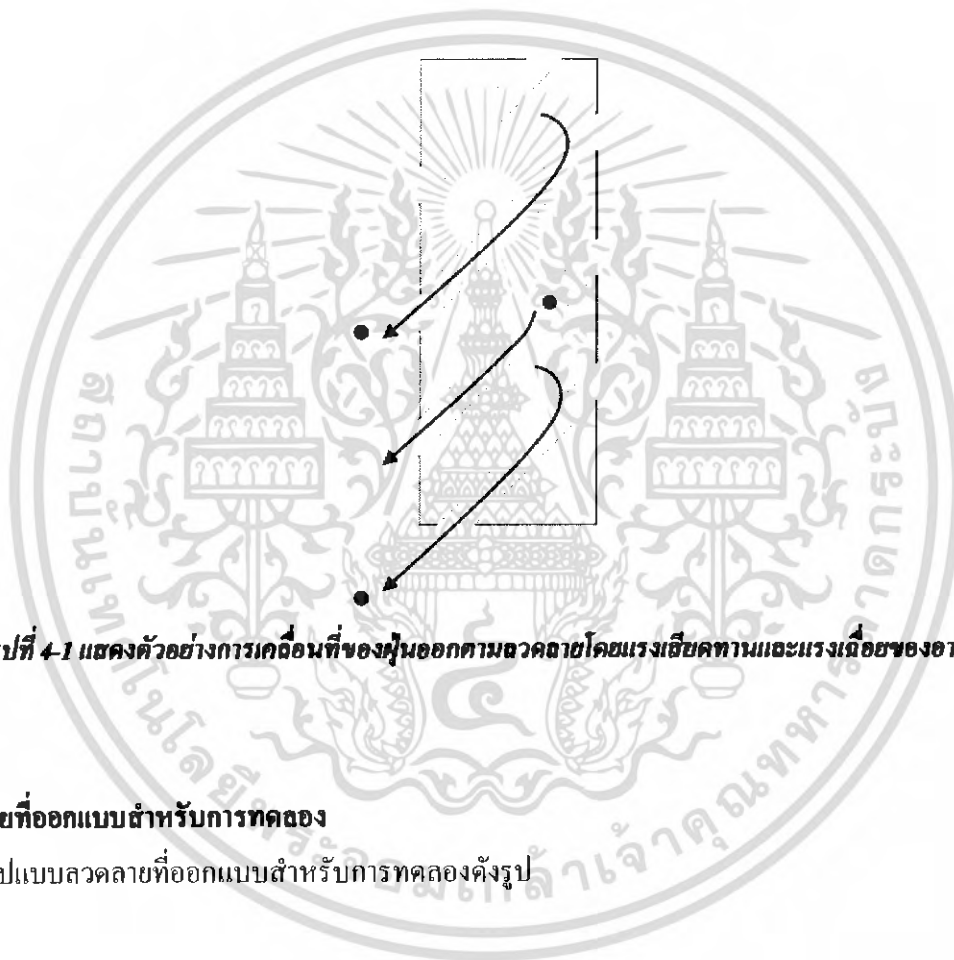
#### 4.2.4 ควบคุมสอดคล้องกับทฤษฎีและหลักการที่นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ

##### 4.2.4.1 ทฤษฎีแรงเสียดทาน

เมื่อผ้าเบรกแนบชิดกับจานเบรกจะเกิดแรงเสียดทานขึ้น ซึ่งช่วยในการนำเศษฝุ่นกลิ้งตามผิวผ้าเบรกลงสู่ร่องลวดลาย

##### 4.2.4.2 ทฤษฎีการไหลของอากาศร้อน

อากาศที่วิ่งผ่านผ้าเบรกขณะก่อนผ้าเบรกแนบชิดยังคงวิ่งอยู่ในร่องถึงแม้ผ้าเบรกแนบชิดกับดรัมเบรกแล้ว เมื่ออากาศเคลื่อนที่ออกจากร่องยังคงมีแรงเฉื่อยและการขยายตัวจากการมีอุณหภูมิสูงขึ้นช่วยนำเศษฝุ่นออกไปตามร่องของลวดลาย



รูปที่ 4-1 แสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ของฝุ่นออกจากวงล้อโดยแรงเสียดทานและแรงเฉื่อยของอากาศ

#### 4.3 ลวดลายที่ออกแบบสำหรับการทดลอง

รูปแบบลวดลายที่ออกแบบสำหรับการทดลองดังรูป



รูปที่ 4-3 แสดงรูปแบบไม่มีลายของผ้าเบรกจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4-4 แสดงรูปแบบลายเอียง 60 องศาของผ้าเบรกรวง**



**รูปที่ 4-5 แสดงรูปแบบลายเอียง ของผ้าเบรกรวง**



**รูปที่ 4-6 แสดงรูปแบบลายกากบาท ของผ้าเบรกรวง**

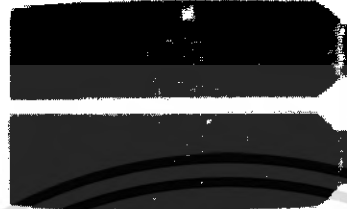


**รูปที่ 4-7 แสดงรูปแบบลายโค้ง ของผ้าเบรกรวง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 การเลือกใช้วัสดุ

เมื่อทำการออกแบบลวดลายได้ตามที่ต้องการแล้ว เราก็เลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่ใช้ในการทำผ้าเบรกสำหรับการทดสอบ ในปริญญานิพนธ์นี้ได้เลือกวัสดุประเภทแกรไฟต์คาร์บอน ซึ่งเป็นผ้าเบรกชนิดเดียวกับผ้าเบรกที่ใช้ในรถจักรยานยนต์ที่มาจากโรงงานประกอบรถจักรยานยนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### การทดสอบประสิทธิภาพผ้าเบรก

#### 5.1 การวัดประสิทธิภาพของผ้าเบรก

การวัดประสิทธิภาพของผ้าเบรกจากเครื่องทดสอบสามารถพิจารณาประสิทธิภาพผ้าเบรกได้จาก

##### 1. ค่ากำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จากวัตต์มิเตอร์

โดยผ้าเบรกที่มีประสิทธิภาพที่ดี จะให้ความฝืดมากกว่า ซึ่งมีผลทำให้มอเตอร์ต้องใช้กำลังไฟฟ้าในการหมุนขับเคลื่อนเบรกมากขึ้น

##### 2. จำนวนจากค่าความหน่วง

โดยสามารถคำนวณค่าความหน่วงจากจำนวนรอบ และเวลาที่ใช้ในการหยุดครัมเบรกที่หมุน โดยอาศัยพลังงานที่สะสมไว้ในล้อช่วยแรง(Fly Wheel) ซึ่งผ้าเบรกที่มีประสิทธิภาพดีจะให้ค่าความหน่วงในการเบรกมาก โดยค่าความหน่วงสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\theta = \omega t + 0.5\alpha t^2$$

$\alpha$  คือ ค่าความหน่วงเชิงมุม

$\theta$  คือ จำนวนรอบที่หมุนขณะเบรก

$\omega$  คือ ความเร็วรอบเริ่มต้น

$t$  คือ เวลาที่ใช้ในการเบรก

#### 5.2 การทดลองและวิธีการทดลอง

##### 5.2.1 การทดลองที่ 1 (สภาวะปกติ)

เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ที่ใช้ในการเบรก มีวิธีการทดลองดังนี้

1. นำผ้าเบรกที่ทำการทดสอบ ประกอบเข้ากับชุดครัมเบรก
2. ปรับสายพานใส่ล้อรอบที่ต้องการทดสอบ พร้อมเดินเครื่องทดสอบให้ชุดครัมเบรกหมุน
3. ค่อย ๆ ใส่แรงกดผ้าเบรกให้สัมผัสกับครัมเบรก โดยทำการบันทึกค่าจากความเร็วรอบที่

ต้องการ

4. ทำการวัดค่ากำลังไฟฟ้าจากวัตต์มิเตอร์ ค่าอุณหภูมิ และเวลาของแต่ละอุณหภูมิ
5. หยุดเครื่องทดสอบแล้วทำการทดสอบใหม่ โดยเปลี่ยนความเร็วรอบจนครบทุกความเร็วรอบ พร้อมบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า อุณหภูมิ และเวลา
6. หลังจากนั้นเปลี่ยนผ้าเบรกที่ใช้ในการทดสอบ แล้วทำการทดลองวิธีเดิมจนครบทุกสาย
7. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การทดลองที่ 2 (สภาวะปกติ)

เพื่อหาค่าความหน่วง

1. ใส่อุปกรณ์ช่วยแรง (Fly Wheel) กับเครื่องทดสอบ
2. ปรับสายพานใส่งูเล่รอบที่ต้องการทดสอบ
3. เดินเครื่องทดสอบให้ครีมนเบรกหมุนจนความเร็วรอบคงที่
4. ปิดสวิตช์มอเตอร์ พร้อมกับใส่แรงกดผ้าเบรกให้สัมผัสครีมนเบรกที่แรงกดจากตุ้มน้ำหนักที่

กำหนดค่าไว้

5. บันทึกเวลาที่ใช้ในการเบรก และจำนวนรอบที่หมุนตั้งแต่เริ่มเบรก จนเบรกหยุดหมุน
6. หยุดเครื่องทดสอบ แล้วทดสอบใหม่ โดยเปลี่ยนแรงกดเบรกจากตุ้มน้ำหนักจนครบตาม

น้ำหนักที่จะทำการทดลอง

7. เปลี่ยนความเร็วรอบจนครบทุกความเร็วรอบที่ต้องการทดสอบ
8. หลังจากนั้นเปลี่ยนผ้าเบรกทดสอบ แล้วทำการทดสอบวิธีเดิมจนครบทุกสาย
9. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

## การทดลองที่ 3 (ในสภาวะเปียกน้ำ)

เพื่อหาค่าความหน่วง

1. โดยนำลวดลายที่ดีที่สุดที่ได้ทดลองจากการทดลองที่ 1 และ 2 มาทำการทดลองโดยหาค่าความหน่วง เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับสภาวะปกติ

2. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

## 5.3 ความเร็วรอบที่ทดสอบ

ความเร็วรอบจริงที่เกิดจากการทดลองโดยมูเต่

ขนาดมูเล่ (นิ้ว)	ความเร็วรอบ (rpm)
10	434
7	629
5	873
4	1103
3.5	1261

ตารางที่ 5-1 แสดงสภาวะความเร็วรอบของมูเต่ที่ทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ ๘






### ผลการทดสอบ

#### 6.1 ผ้าเบรกที่ทำการทดลอง

ลายผ้าเบรกที่ทำการทดลองมีดังนี้

##### 6.1.1 การทดลองครั้งที่ 1

ทำการทดลองเพื่อหาลายผ้าเบรกที่ดีที่สุด




แบบ	ลักษณะรูปแบบของลวดลาย	รูปร่าง	พื้นที่ผิวสัมผัส ( $\text{cm}^2$ )
1	ไม่มีลวดลาย แบบขนาดมาตรฐาน		26.25
2	ลายรูปแบบเฉียง 45 องศา		22.65
3	ลายรูปกากบาท		22.65
4	ลายรูปแบบทำมุมโค้งตรงกลาง		22.65
5	ลายรูปแบบทำมุมเอียงตรงกลาง		22.65

**ตารางที่ 6-1 แสดงรายละเอียดของผ้าเบรกที่ทำการทดสอบครั้งที่ 1**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.1.2 การทดลองครั้งที่ 2

ทำการทดลองเพื่อหามุมเอียงที่ดีที่สุด

แบบ	ลักษณะรูปแบบของลวดลาย	รูปร่าง	พื้นที่ผิวสัมผัส ( $\text{cm}^2$ )
1	ลายรูปแบบเอียง 30 องศา		22.65
2	ลายรูปแบบเอียง 45 องศา		22.65
3	ลายรูปแบบเอียง 60 องศา		22.65

ตารางที่ 6-2 แสดงรายละเอียดของผ้าเบรกที่ทำการทดสอบครั้งที่ 2

### 6.1.3 การทดลองที่ 3

ทำการทดลองเพื่อหาความกว้างที่ดีที่สุด



แบบ	ลักษณะรูปแบบของลวดลาย	รูปร่าง	พื้นที่ผิวสัมผัส ( $\text{cm}^2$ )
1	ลายเอียงมีความกว้างร่อง 0.225 เซ็นติเมตร		22.65
2	ลายเอียงมีความกว้างร่อง 0.281 เซ็นติเมตร		22.65
3	ลายเอียงมีความกว้างร่อง 0.375 เซ็นติเมตร		22.65

ตารางที่ 6-3 แสดงรายละเอียดของผ้าเบรกที่ทำการทดสอบครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 6.1.4 การทดลองที่ 4

ทำการทดลองเพื่อหาความลึกที่ดีที่สุด

แบบ	ลักษณะรูปแบบของลวดลาย	รูปร่าง	พื้นที่ผิวสัมผัส ( $\text{cm}^2$ )
1	ลายเฉียงมีความลึกร่อง 3 มิลลิเมตร		22.65
2	ลายเฉียงมีความลึกร่อง 1.5 มิลลิเมตร		22.65

ตารางที่ 6-4 แสดงรายละเอียดของผ้าเบรกที่ทำการทดสอบครั้งที่ 4

#### 6.1.5 การทดลองที่ 5

ทำการทดลองในสภาวะผ้าเบรกเปียกน้ำ

แบบ	ลักษณะรูปแบบของลวดลาย	รูปร่าง	พื้นที่ผิวสัมผัส ( $\text{cm}^2$ )
1	ลายเฉียงมีความกว้างร่อง 0.225 เซ็นติเมตร		22.65
2	ลายเฉียงมีความกว้างร่อง 0.281 เซ็นติเมตร		22.65
3	ลายเฉียงมีความกว้างร่อง 0.375 เซ็นติเมตร		22.65
4	ไม่มีลวดลาย แบบขนาดมาตรฐาน		26.25

ตารางที่ 6-5 แสดงรายละเอียดของผ้าเบรกที่ทำการทดสอบครั้งที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการเบรกของผ้าเบรกต่างๆ

ตารางแสดงข้อมูลต่างๆที่บันทึกค่าจากการทดลองมีดังนี้

### 6.2.1 การทดลองที่ 1 เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการเบรก

#### 6.2.1.1 ผลการทดสอบเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมจากเวลาที่ออกแบบไว้

##### 1) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ไม่มีลาย	410	0.256	31	2.35	0
	400	0.360	35.1	2.95	24
	390	0.439	40.3	3.5	41
	380	0.513	44.7	4.35	57
	370	0.567	48.9	4.95	72
	360	0.631	53.2	5.3	84
	350	0.675	56.8	5.65	92
ลายเฉียง	410	0.260	34.5	2.25	0
	400	0.377	36.1	2.9	16
	390	0.456	38.5	3.2	32
	380	0.530	41	3.95	45
	370	0.588	43.6	4.5	56
	360	0.633	47.1	4.95	68
	350	0.687	49.8	5.25	77
ลายลูกศร	410	0.259	31.9	2.3	0
	400	0.375	34.4	2.95	26
	390	0.453	37.2	3.5	42
	380	0.515	41.7	4	56
	370	0.580	45.6	4.55	68
	360	0.631	49.1	5.1	79
	350	0.684	51.9	5.6	89
ลายโค้ง	410	0.248	34	2.4	0
	400	0.357	36.4	3.2	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	390	0.437	39.4	3.6	51
	380	0.506	41.1	4.45	72
	370	0.562	45.2	5.05	87
	360	0.614	47.7	5.5	101
	350	0.648	51.5	6	113
ลายกากบาท	410	0.245	31.7	2.45	0
	400	0.355	34.3	3.2	32
	390	0.436	37.1	3.9	60
	380	0.503	39.9	4.6	77
	370	0.556	43	5.1	95
	360	0.606	45.8	5.55	109
	350	0.643	49	6.05	119

ตารางที่ 6-6 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm

2.) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ไม่มีลาย	600	0.273	31.9	1.8	0
	575	0.516	36.8	2.73	34
	550	0.728	43.6	3.6	56
	525	0.908	53.4	4.43	79
	500	1.073	62.2	5.55	96
	475	1.212	69.2	5.9	108
	450	1.306	74.8	6.33	119
ลายเฉียง	600	0.293	27.5	1.76	0
	575	0.549	30.1	2.43	24
	550	0.734	34.9	3.27	43
	525	0.918	39	4.2	57
	500	1.077	42.8	5.25	67
	475	1.219	46.1	5.5	74
	450	1.335	49.1	6.1	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายลูกศร	600	0.283	23.5	1.8	0
	575	0.547	28.2	2.73	31
	550	0.73	34.2	3.53	51
	525	0.91	41.6	4.33	69
	500	1.076	48.7	5.53	83
	475	1.213	55.6	5.76	94
	450	1.324	62.8	6.25	105
ลายโค้ง	600	0.267	29.3	1.83	0
	575	0.514	33.1	2.8	40
	550	0.715	38.1	3.76	65
	525	0.905	43	4.8	86
	500	1.059	49.1	5.63	97
	475	1.21	54.1	6.1	111
	450	1.304	60.7	6.35	122
ลายกากบาท	600	0.25	31.8	1.9	0
	575	0.507	38.6	2.83	39
	550	0.714	45.1	3.93	67
	525	0.897	51.6	4.9	95
	500	1.053	56.7	5.75	118
	475	1.207	63.3	6.15	130
	450	1.3	69.1	6.4	141

ตารางที่ 6-7 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm

3) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ไม่มีลาย	800	0.178	27.6	1.4	0
	750	0.551	31.8	2.67	22
	700	0.843	37.8	3.37	38
	650	1.067	42.7	4.2	48
	600	1.249	47.1	5.07	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	550	1.414	48.9	5.67	65
ลายเฉียง	800	0.259	28.4	1.37	0
	750	0.627	30.6	2.36	12
	700	0.903	35.6	3.07	24
	650	1.121	39.8	3.7	33
	600	1.306	42.9	4.4	42
	550	1.463	44.7	4.8	48
ลายลูกศร	800	0.259	28.2	1.37	0
	750	0.627	30.9	2.37	9
	700	0.903	35.6	3.27	23
	650	1.121	40.5	4.13	38
	600	1.306	44	4.9	48
	550	1.463	46.4	5.33	55
ลายโค้ง	800	0.177	29.7	1.43	0
	750	0.547	35.2	2.76	19
	700	0.837	42.6	4.33	38
	650	1.068	52.1	5.35	57
	600	1.247	60.5	5.8	72
	550	1.404	63.2	6	81
ลายกากบาท	800	0.146	29.3	1.47	0
	750	0.53	36.9	2.8	23
	700	0.812	45.2	4.4	42
	650	1.037	51.1	5.63	54
	600	1.21	56.4	6.1	63
	550	1.376	61.3	6.37	68

ตารางที่ 6-8 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm

4) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1103 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ไม่มีลาย	1050	0.375	27.4	1.53	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	1000	0.652	30.9	2.2	21
	950	0.908	37.7	2.76	41
	900	1.062	43.2	3.33	54
	850	1.21	48.3	4	66
	800	1.357	53.3	4.4	74
ลายเฉียง	1050	0.432	26.8	1.37	0
	1000	0.726	28.8	2.07	11
	950	0.981	31.9	2.53	24
	900	1.146	36.5	3.2	36
	850	1.285	39	3.7	44
	800	1.416	41	4.2	51
ลายลูกศร	1050	0.393	26.1	1.43	0
	1000	0.677	29.6	2.13	18
	950	0.937	34.4	2.63	30
	900	1.098	39.1	3.23	42
	850	1.249	42.5	3.8	52
	800	1.376	44.9	4.2	58
ลายโค้ง	1050	0.367	28.9	1.6	0
	1000	0.637	35.6	2.36	28
	950	0.857	44.6	2.87	50
	900	1.051	48.9	3.47	64
	850	1.192	52.5	4.17	73
	800	1.34	59.8	4.57	83
ลายกากบาท	1050	0.341	25.1	1.67	0
	1000	0.611	30.4	2.63	26
	950	0.827	36.2	3.37	48
	900	1.025	41.5	4.07	64
	850	1.175	46.5	4.57	86
	800	1.318	49.9	5.23	94

ตารางที่ 6-9 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1103 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1260 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ไม่มีลาย	1200	0.344	27.1	1.55	0
	1150	0.647	29.5	2.2	17
	1100	0.841	33.2	2.6	33
	1050	1.019	36.3	3.2	45
	1000	1.209	39.9	3.95	54
	950	1.367	43.8	4.03	64
	900	1.442	45.5	4.3	74
ลายเฉียง	1200	0.415	27.6	1.45	0
	1150	0.699	29.7	2.05	12
	1100	0.894	31.9	2.45	24
	1050	1.089	35.5	2.9	35
	1000	1.258	37.7	3.45	41
	950	1.406	40	3.6	47
	900	1.541	41.9	4.1	53
ลายลูกศร	1200	0.367	25.3	1.5	0
	1150	0.665	27.7	2.15	13
	1100	0.887	32	2.45	27
	1050	1.052	37.3	3.15	41
	1000	1.215	40.2	3.65	50
	950	1.385	44.5	3.95	59
	900	1.508	49.8	4.15	69
ลายโค้ง	1200	0.343	25.7	1.6	0
	1150	0.605	30.1	2.3	23
	1100	0.856	35.5	2.75	43
	1050	1.007	37.4	3.3	59
	1000	1.175	40.6	3.98	73
	950	1.337	44.5	4.15	83
	900	1.438	49.6	4.35	92
ลายกากบาท	1200	0.315	26	1.6	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	1150	0.569	29.8	2.3	20
	1100	0.787	37	2.85	39
	1050	0.939	43.8	3.4	53
	1000	1.119	46.7	4.05	63
	950	1.268	50.7	4.2	69
	900	1.406	55.5	4.4	78

ตารางที่ 6-10 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1260 rpm

### 6.2.1.2 ผลการทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสมของลวดลายเอียง

#### 1) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ลายเอียง 45 องศา	410	0.267	35.9	2.20	0
	400	0.382	37.9	2.80	14
	390	0.462	39.4	3.40	27
	380	0.537	40.3	3.85	39
	370	0.598	42.8	4.35	50
	360	0.647	45.9	4.80	57
	350	0.699	48.2	5.15	64
ลายเอียง 30 องศา	410	0.260	34.5	2.25	0
	400	0.377	36.1	2.90	14
	390	0.456	38.5	3.50	26
	380	0.530	41	3.95	38
	370	0.588	43.6	4.50	50
	360	0.633	47.1	4.95	57
	350	0.687	49.8	5.25	65
ลายเอียง 60 องศา	410	0.255	34.5	2.25	0
	400	0.369	36.9	2.90	16
	390	0.450	39.1	3.60	31
	380	0.515	44.7	4.00	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	370	0.575	46.8	4.55	54
	360	0.627	49.6	5.00	63
	350	0.681	51.8	5.30	71

**ตารางที่ 6-11 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm**

2.) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ลายเอียง 45 องศา	600	0.301	27.1	1.70	0
	575	0.556	29.5	2.40	17
	550	0.742	33.2	3.22	33
	525	0.922	36.3	4.15	45
	500	1.087	39.9	5.12	54
	475	1.232	43.8	5.45	64
	450	1.351	49.9	6.02	74
ลายเอียง 30 องศา	600	0.293	27.5	1.76	0
	575	0.549	30.1	2.43	24
	550	0.734	34.9	3.27	43
	525	0.918	39.0	4.20	57
	500	1.077	42.8	5.25	67
	475	1.219	46.1	5.50	74
	450	1.335	49.1	6.10	81
ลายเอียง 60 องศา	600	0.285	25.8	1.80	0
	575	0.548	30.3	2.50	23
	550	0.725	35.5	3.37	43
	525	0.912	37.6	4.30	59
	500	1.076	40.7	5.40	73
	475	1.215	44.7	5.70	83
	450	1.327	49.9	6.20	92

**ตารางที่ 6-12 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ลายเอียง 45 องศา	850	0.219	28.1	1.37	0
	800	0.605	30.9	2.32	11
	750	0.897	36.0	3.02	33
	700	1.148	40.7	3.75	41
	650	1.339	44.1	4.32	48
	600	1.489	46.5	4.70	54
ลายเอียง 30 องศา	850	0.215	28.4	1.37	0
	800	0.593	30.6	2.36	12
	750	0.871	35.6	3.07	24
	700	1.121	39.8	3.70	33
	650	1.306	42.9	4.40	42
	600	1.463	44.7	4.80	48
ลายเอียง 60 องศา	850	0.184	27.3	1.37	0
	800	0.584	31.1	2.37	20
	750	0.859	36.1	3.17	38
	700	1.087	41.0	3.82	50
	650	1.265	47.1	4.55	60
	600	1.429	52.1	4.95	68

ตารางที่ 6-13 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm

## 4) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1103 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ลายเอียง 45 องศา	1050	0.418	27.0	1.37	0
	1000	0.745	28.9	2.02	10
	950	1.054	32.3	2.45	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	900	1.190	35.4	3.15	38
	850	1.376	38.6	3.65	47
	800	1.477	40.5	4.15	55
ลายเอียง 30 องศา	1050	0.413	26.8	1.37	0
	1000	0.726	28.8	2.07	11
	950	1.022	31.9	2.53	24
	900	1.161	36.5	3.20	36
	850	1.328	39.0	3.70	44
	800	1.416	41.0	4.20	51
ลายเอียง 60 องศา	1050	0.398	27.1	1.42	0
	1000	0.697	30.7	2.10	14
	950	0.931	37.2	2.55	29
	900	1.099	42.8	3.20	42
	850	1.261	47.5	3.75	53
	800	1.397	52.8	4.25	63

ตารางที่ 6-14 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1103 rpm

5) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1260 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ลายเอียง 45 องศา	1200	0.415	27.1	1.40	0
	1150	0.711	30.2	2.00	12
	1100	0.915	32.4	2.40	23
	1050	1.101	34.9	2.75	33
	1000	1.296	37.4	3.40	40
	950	1.429	39.6	3.55	46
	900	1.582	41.5	4.00	52
ลายเอียง 30 องศา	1200	0.398	27.6	1.45	0
	1150	0.682	29.7	2.05	12
	1100	0.894	31.9	2.45	24
	1050	1.098	35.5	2.90	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	1000	1.264	37.7	3.45	41
	950	1.406	40.0	3.60	47
	900	1.541	41.9	4.10	53
ลายเอียง 60 องศา	1200	0.363	26.2	1.45	0
	1150	0.675	29.8	2.10	13
	1100	0.887	35.2	2.5	27
	1050	1.052	41.7	2.9	40
	1000	1.236	45.2	3.5	51
	950	1.397	48.3	3.7	60
	900	1.501	53.4	4.15	68

ตารางที่ 6-15 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1260 rpm

### 6.2.1.3 ผลการทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสมของลวดลายบนผ้าเบรค

#### 1) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ความกว้าง 0.225 cm.	410	0.258	27.6	2.30	0
	400	0.375	29.2	2.95	16
	390	0.448	31.4	3.50	31
	380	0.515	34.3	3.95	43
	370	0.580	37.6	4.55	54
	360	0.631	40.2	4.95	63
	350	0.684	42.9	5.35	71
ความกว้าง 0.281 cm.	410	0.277	27.9	2.20	0
	400	0.382	29.9	2.80	14
	390	0.462	31.4	3.40	26
	380	0.537	32.3	3.85	38
	370	0.598	34.8	4.35	50
	360	0.647	37.9	4.80	57
	350	0.699	40.2	5.15	65
ความกว้าง	410	0.246	27.6	2.30	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.375 cm.	400	0.355	29.8	3.00	16
	390	0.436	32.2	3.55	32
	380	0.503	37.7	4.10	47
	370	0.563	39.9	4.65	60
	360	0.622	42.6	5.15	71
	350	0.657	44.9	5.50	80

ตารางที่ 6-16 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm

2.) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ความกว้าง 0.225 cm.	600	0.283	27.5	1.80	0
	575	0.529	30.3	2.70	24
	550	0.730	35.1	3.50	43
	525	0.901	39.5	4.30	57
	500	1.065	43.2	5.25	67
	475	1.213	46.7	5.80	74
	450	1.324	52.3	6.25	81
ความกว้าง 0.281 cm.	600	0.301	27.1	1.70	0
	575	0.556	29.5	2.40	26
	550	0.742	33.2	3.20	46
	525	0.922	36.3	4.15	61
	500	1.087	39.9	5.00	72
	475	1.232	43.8	5.45	80
	450	1.351	49.9	6.00	86
ความกว้าง 0.375 cm.	600	0.257	27.8	1.80	0
	575	0.505	30.3	2.70	27
	550	0.702	37.5	3.60	47
	525	0.885	39.6	4.40	64
	500	1.056	42.7	5.40	79
	475	1.205	48.7	5.95	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	450	1.305	55.9	6.40	93
--	-----	-------	------	------	----

ตารางที่ 6-17 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm

3) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ความกว้าง 0.225 cm.	850	0.210	28.2	1.40	0
	800	0.589	30.9	2.40	11
	750	0.867	35.6	3.20	19
	700	1.122	40.5	3.90	40
	650	1.281	44	4.50	45
	600	1.449	46.4	5.00	52
ความกว้าง 0.281 cm.	850	0.219	28.4	1.40	0
	800	0.605	30.6	2.35	12
	750	0.897	35.6	3.00	24
	700	1.148	39.8	3.75	33
	650	1.339	42.9	4.30	42
	600	1.489	44.7	4.70	48
ความกว้าง 0.375 cm.	850	0.143	27.1	1.50	0
	800	0.532	31.6	2.50	13
	750	0.811	36.2	3.30	25
	700	1.037	39.8	4.00	36
	650	1.212	42.9	4.70	45
	600	1.377	47.1	5.10	56

ตารางที่ 6-18 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm

4) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1103 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ความกว้าง	1050	0.389	27.5	1.45	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.225 cm.	1000	0.677	28.5	2.15	10
	950	0.960	30.2	2.60	18
	900	1.136	32.0	3.25	37
	850	1.284	33.5	3.80	43
	800	1.411	35.1	4.20	50
ความกว้าง 0.281 cm.	1050	0.440	26.8	1.40	0
	1000	0.745	28.8	2.00	10
	950	1.000	31.9	2.45	22
	900	1.190	33.5	3.15	38
	850	1.340	36.0	3.65	47
	800	1.477	38.0	4.15	55
ความกว้าง 0.375 cm.	1050	0.341	27.8	1.50	0
	1000	0.611	29.4	2.25	14
	950	0.900	31.8	2.70	24
	900	1.087	35.4	3.35	38
	850	1.217	37.3	3.85	50
	800	1.340	38.9	4.30	59

ตารางที่ 6-19 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1103 rpm

5) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1260 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ความกว้าง 0.225 cm.	1200	0.370	27.7	1.50	0
	1150	0.658	29.6	2.15	11
	1100	0.888	31.7	2.45	19
	1050	1.074	33.9	2.85	29
	1000	1.251	36.6	3.40	38
	950	1.385	38.3	3.75	42
	900	1.524	39.5	4.15	50
ความกว้าง	1200	0.415	27.1	1.40	0
	1150	0.711	30.2	2.00	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.281 cm	1100	0.915	32.4	2.40	23
	1050	1.101	34.9	2.75	33
	1000	1.296	37.4	3.25	40
	950	1.429	39.6	3.55	46
	900	1.582	41.5	4.00	52
ความกว้าง 0.375 cm.	1200	0.315	27.7	1.55	0
	1150	0.569	29.4	2.15	14
	1100	0.787	32.0	2.50	24
	1050	0.981	35.4	2.95	35
	1000	1.160	39.6	3.50	46
	950	1.307	41.5	3.90	51
	900	1.440	43.8	4.25	59

ตารางที่ 6-20 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1260 rpm

#### 6.2.1.4 ผลการทดสอบหาความลึกที่เหมาะสม

##### 1) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ความลึก 1.5mm.	410	0.277	27.9	2.20	0
	400	0.382	29.9	2.80	14
	390	0.462	31.4	3.40	26
	380	0.537	32.3	3.85	38
	370	0.598	34.8	4.35	50
	360	0.647	37.9	4.80	57
	350	0.699	40.2	5.15	65
ความลึก 3mm.	410	0.280	26.8	2.20	0
	400	0.384	28.9	2.75	15
	390	0.466	31.7	3.40	27
	380	0.541	35.8	3.85	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	370	0.600	36.7	4.40	52
	360	0.645	39.3	4.80	59
	350	0.698	41.7	5.10	68

ตารางที่ 6-21 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm

2) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ความลึก 1.5mm.	600	0.301	27.1	1.70	0
	575	0.556	29.5	2.40	26
	550	0.742	33.2	3.20	46
	525	0.922	36.3	4.15	61
	500	1.087	39.9	5.00	72
	475	1.232	43.8	5.45	80
	450	1.351	49.9	6.00	86
ความลึก 3mm.	600	0.298	26.9	1.70	0
	575	0.549	29.1	2.40	24
	550	0.739	32.4	3.25	44
	525	0.921	35.1	4.15	58
	500	1.088	37.6	5.00	67
	475	1.232	42.8	5.50	75
	450	1.354	47.7	6.05	81

ตารางที่ 6-22 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 620 rpm

3) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความลึก 1.5mm.	800	0.219	28.4	1.40	0
	750	0.605	30.6	2.35	12
	700	0.897	35.6	3.00	24
	650	1.148	39.8	3.75	33
	600	1.339	42.9	4.30	42
	550	1.489	44.7	4.70	48
ความลึก 3mm	800	0.220	27.9	1.40	0
	750	0.607	31.8	2.35	14
	700	0.900	36.4	3.05	25
	650	1.145	40.5	3.80	37
	600	1.336	43.5	4.35	49
	550	1.490	45.7	4.70	56

ตารางที่ 6-23 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm

4) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1103 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ความลึก 1.5mm.	1050	0.440	26.8	1.40	0
	1000	0.745	28.8	2.00	10
	950	1.000	31.9	2.45	22
	900	1.190	33.5	3.15	38
	850	1.340	36.0	3.65	47
	800	1.477	38.0	4.15	55
ความลึก 3mm	1050	0.438	27.8	1.40	0
	1000	0.740	30.0	2.05	13
	950	0.997	32.4	2.55	26
	900	1.185	34.9	3.20	37
	850	1.339	37.1	3.70	46
	800	1.476	40.0	4.20	54

ตารางที่ 6-24 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1103 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1260 rpm

รูปแบบลวดลาย	ความเร็วรอบ	กิโลวัตต์	อุณหภูมิ	แรงกด	เวลา
	(rpm)	(KW)	(°c)	(Kg)	(s)
ความลึก 1.5mm.	1200	0.415	27.1	1.40	0
	1150	0.711	30.2	2.00	12
	1100	0.915	32.4	2.40	23
	1050	1.101	34.9	2.75	33
	1000	1.296	37.4	3.25	40
	950	1.429	39.6	3.55	46
	900	1.582	41.5	4.00	52
ความลึก 3mm	1200	0.414	27.2	1.40	0
	1150	0.712	29.8	2.00	12
	1100	0.917	32.9	2.40	22
	1050	1.105	35.0	2.75	32
	1000	1.302	37.1	3.20	38
	950	1.435	39.5	3.50	44
	900	1.599	40.9	3.95	49

ตารางที่ 6-25 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1260 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.2.2 การทดลองที่ 2 เพื่อหาค่าความหน่วง

### 6.2.2.1. ผลการทดสอบเพื่อหาลวดลายที่เหมาะสมจากลวดลายที่ออกแบบไว้

1) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm = 44.558 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ไม่มีลาย	2	42.5	8.795	-13.665
	3	25	3.44	-21.681
	4	17	2.391	-31.324
	5	14.5	1.893	-38.984
	6	10	1.706	-45.365
ลายเฉียง	2	22	4.659	-17.101
	3	15	3.164	-25.169
	4	12.5	2.258	-34.563
	5	8.5	1.793	-44.414
	6	7	1.664	-48.499
ลายลูกศร	2	31	5.774	-13.574
	3	20.5	3.215	-23.752
	4	14.5	2.456	-31.477
	5	8	1.988	-40.595
	6	7.5	1.724	-46.645
ลายโค้ง	2	33	5.911	-13.187
	3	23.5	5.785	-21.042
	4	18	2.378	-31.109
	5	9.5	2.01	-39.633
	6	7.5	1.807	-44.723
ลายกากบาท	2	25.5	6.81	-11.986
	3	15.5	3.875	-20.933
	4	12.5	2.865	-27.672
	5	9.5	2.19	-36.731
	6	9	1.92	-41.532

ตารางที่ 6-26 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm = 64.926 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ไม่มีลาย	2	52	8.949	-13.212
	3	31	5.649	-21.044
	4	22.5	4.082	-29.11
	5	15	3.434	-35.269
	6	13.5	2.842	-42.348
ลายเฉียง	2	42.5	7.599	-15.616
	3	29	5.085	-23.293
	4	20	3.577	-33.176
	5	15.5	2.756	-43.035
	6	13	2.59	-46.26
ลายลูกศร	2	47	9.713	-12.373
	3	31	5.682	-20.933
	4	22.5	4.011	-29.577
	5	13	3.117	-38.983
	6	11	2.729	-44.628
ลายโค้ง	2	49	9.934	-12.078
	3	36.5	5.787	-20.259
	4	23.5	4.197	-28.271
	5	18.5	3.329	-35.667
	6	14	2.809	-42.678
ลายกากบาท	2	53	10.615	-11.292
	3	32	6.47	-18.541
	4	23	4.825	-24.936
	5	19.5	3.677	-32.43
	6	16.5	2.868	-41.264

ตารางที่ 6-27 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 620 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm = 90.813 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ไม่มีลาย	2	93.5	14.147	-11.883
	3	57	8.545	-19.694
	4	38.5	6.06	-27.875
	5	30	4.816	-34.393
	6	24.5	4.012	-42.226
ลายเฉียง	2	90.5	11.433	-14.501
	3	54.5	6.921	-23.967
	4	36.5	5.217	-32.132
	5	27.5	4.217	-39.977
	6	23.5	3.785	-44.705
ลายลูกศร	2	89.5	13.619	-12.371
	3	52.5	8.125	-20.763
	4	35	5.765	-29.399
	5	26.5	4.538	-37.449
	6	22	3.903	-43.647
ลายโค้ง	2	104.5	15.8	-10.658
	3	61.5	9.355	-18.009
	4	45.5	7.105	-23.76
	5	34.5	5.504	-30.721
	6	27.5	4.302	-39.247
ลายกากบาท	2	93.5	15.465	-10.962
	3	56.5	9.129	-18.54
	4	41	6.263	-26.909
	5	30.5	4.747	-35.554
	6	25.5	3.971	-42.504

ตารางที่ 6-28 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1105 rpm = 115.715 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ไม่มีลาย	2	146.5	18.505	-11.6507
	3	92.5	11.53	-18.6804
	4	66.5	8.051	-26.6936
	5	55.5	6.459	-33.1699
	6	42	5.212	-41.3111
ลายเฉียง	2	140	14.972	-14.208
	3	74.5	9.399	-22.936
	4	51	6.765	-31.981
	5	41.5	5.663	-38.279
	6	34.5	4.878	-44.549
ลายลูกศร	2	162	17.433	-12.209
	3	81	10.452	-20.659
	4	57	7.347	-29.388
	5	46	5.874	-36.733
	6	38	5.069	-42.698
ลายโค้ง	2	179	19.645	-10.853
	3	93	12.402	-17.4514
	4	66.5	8.302	-25.9467
	5	50	6.313	-34.150
	6	43.5	5.056	-42.37
ลายกากบาท	2	171.5	27.074	-8.080
	3	100	14.519	-14.991
	4	66.5	9.306	-23.333
	5	55.5	7.286	-29.673
	6	38.5	6.037	-36.223

ตารางที่ 6-29 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1105 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1253 rpm = 131.214 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ไม่มีลาย	2	234	22.534	-10.724
	3	138.5	13.375	-18.072
	4	96	9.732	-24.938
	5	76.5	7.735	-31.37
	6	63.5	6.523	-37.246
ลายเฉียง	2	229	18.414	-12.901
	3	153	10.903	-21.495
	4	93	7.922	-30.163
	5	74.5	6.633	-36.177
	6	50	5.738	-42.698
ลายลูกศร	2	225	20.019	-11.986
	3	121.5	11.83	-20.447
	4	87	8.635	-28.058
	5	69	6.904	-35.116
	6	51.5	5.898	-41.533
ลายโค้ง	2	241.5	24.567	-9.882
	3	142.5	14.415	-16.834
	4	95.5	10.095	-24.122
	5	77	7.972	-30.496
	6	63	6.261	-38.7
ลายกากบาท	2	270.5	30.809	-7.948
	3	160.5	15.775	-15.346
	4	112.5	10.655	-22.648
	5	88.5	8.29	-29.08
	6	70.5	6.793	-35.577

ตารางที่ 6-30 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1253 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.2.2.2 ผลการทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสมของลวดลาย

1) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm = 44.558 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ลายเอียง 30°	2	20.5	4.902	-16.473
	3	16.5	3.212	-24.546
	4	12	2.337	-33.738
	5	8.5	1.858	-43.039
	6	7.5	1.703	-47.157
ลายเอียง 45°	2	22	4.659	-17.101
	3	15	3.164	-25.169
	4	12.5	2.258	-34.563
	5	8.5	1.793	-44.414
	6	7	1.664	-48.499
ลายเอียง 60°	2	19	5.71	-14.442
	3	12.5	3.576	-22.965
	4	9.5	2.523	-32.337
	5	8.5	1.977	-40.727
	6	7.5	1.782	-45.285

ตารางที่ 6-31 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm

2) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm = 64.926 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ลายเอียง 30°	2	48	7.702	-15.241
	3	30.5	5.09	-23.157
	4	21.5	3.175	-36.633

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	5	17.5	2.766	-42.371
	6	13.5	2.644	-45.25
ลายเฉียง 45°	2	42.5	7.599	-15.616
	3	29	5.085	-23.293
	4	20	3.577	-33.176
	5	15.5	2.756	-43.035
	6	13	2.59	-46.26
ลายเฉียง 60°	2	52	9.258	-12.813
	3	31	5.486	-21.61
	4	22.5	3.924	-30.169
	5	19.5	3.084	-38.005
	6	13.5	2.724	-44.031

ตารางที่ 6-32 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 620 rpm

3) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm = 90.813 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	(kg)	(rpm)	(s)	(rad/s <sup>2</sup> )
ลายเฉียง 30°	2	88	11.865	-14.058
	3	49.5	7.448	-22.601
	4	37	5.328	-31.482
	5	30.5	4.28	-39.106
	6	25	3.828	-44.035
ลายเฉียง 45°	2	90.5	11.433	-14.501
	3	54.5	6.921	-23.967
	4	36.5	5.217	-32.132
	5	27.5	4.217	-39.977
	6	23.5	3.785	-44.705
ลายเฉียง 60°	2	99	14.403	-11.656
	3	63	8.471	-19.685
	4	46	5.531	-29.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	5	37	4.342	-37.905
	6	31.5	3.828	-43.147

ตารางที่ 6-33 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm

4) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1105 rpm = 115.715 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ลายเฉียง 30°	2	161.5	15.738	-13.401
	3	98.5	9.798	-21.568
	4	72	6.771	-31.039
	5	62	5.593	-37.415
	6	50.5	4.862	-43.327
ลายเฉียง 45°	2	140	14.972	-14.208
	3	74.5	9.399	-22.936
	4	51	6.765	-31.981
	5	41.5	5.663	-38.279
	6	34.5	4.878	-44.544
ลายเฉียง 60°	2	138.5	19.559	-11.108
	3	81	12.774	-17.125
	4	55	7.907	-27.51
	5	51.5	6.004	-35.689
	6	42.5	5.168	-41.599

ตารางที่ 6-34 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1105 rpm

5) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1253 rpm = 131.214 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
เฉียง 30°	2	203.5	20.031	-12.087
	3	113.5	12.125	-20.099

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	4	78	7.495	-32.237
	5	64.5	6.841	-35.605
	6	53	5.909	-41.376
เฉียง 45°	2	229	18.414	-12.901
	3	153	10.903	-21.495
	4	93	7.922	-30.163
	5	74.5	6.633	-36.177
	6	50	5.738	-42.698
เฉียง 60°	2	230.5	21.969	-10.99
	3	167.5	14.151	-16.872
	4	107.5	9.658	-24.867
	5	88.5	7.237	-32.882
	6	66.5	5.868	-40.859

ตารางที่ 6-35 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1253 rpm

### 6.2.2.3 ผลการทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสมของลวดลายบนผ้าเบรค

1) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm = 44.558 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ความกว้าง 0.225 cm.	2	21	5.017	-16.094
	3	14	3.38	-23.914
	4	10.5	2.481	-32.5077
	5	8.5	1.849	-43.224
	6	6.5	1.738	-46.971
ความกว้าง 0.281 cm.	2	22	4.659	-17.101
	3	15	3.164	-25.169
	4	12.5	2.258	-34.563
	5	8.5	1.793	-44.414
	6	7	1.664	-48.499

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความกว้าง 0.375 cm.	2	23.5	5.468	-14.726
	3	18	3.589	-22.036
	4	10.5	2.378	-33.762
	5	8	1.903	-42.411
	6	7	1.873	-43.588

**ตารางที่ 6-36 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm**

2) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm = 64.926 rad/s

รูปแบบสวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	(kg)	(rpm)	(s)	(rad/s <sup>2</sup> )
ความกว้าง 0.225 cm.	2	33	8.427	-14.479
	3	23	5.358	-22.632
	4	17	3.848	-31.449
	5	15.5	2.806	-42.339
	6	14	2.626	-45.388
ความกว้าง 0.281 cm.	2	42.5	7.599	-15.616
	3	29	5.085	-23.293
	4	20	3.577	-33.176
	5	15.5	2.756	-43.035
	6	13	2.59	-46.26
ความกว้าง 0.375 cm.	2	37.5	8.644	-14.018
	3	26	5.73	-21.078
	4	20	4.05	-29.626
	5	15.5	3.129	-38.333
	6	12.5	2.859	-42.360

**ตารางที่ 6-37 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 620 rpm**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm = 90.813 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ความกว้าง 0.225 cm.	2	76.5	12.134	-13.929
	3	55.5	7.811	-21.433
	4	41.5	5.529	-30.134
	5	36	4.166	-39.448
	6	28.5	3.838	-43.453
ความกว้าง 0.281 cm.	2	90.5	11.433	-14.501
	3	54.5	6.921	-23.967
	4	36.5	5.217	-32.132
	5	27.5	4.217	-39.977
	6	23.5	3.785	-44.705
ความกว้าง 0.375 cm.	2	82	12.625	-13.357
	3	56	8.896	-19.001
	4	42.5	5.933	-28.198
	5	40.5	4.49	-36.433
	6	32.5	4.119	-40.263

ตารางที่ 6-38 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm

4) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1105 rpm = 115.715 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ความกว้าง 0.225 cm.	2	130	15.796	-13.609
	3	80.5	10.285	-20.979
	4	58.5	7.175	-29.982
	5	53.5	5.464	-38.771
	6	43	4.947	-43.267
ความกว้าง	2	140	14.972	-14.208

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.281 cm.	3	74.5	9.399	-22.936
	4	51	6.765	-31.981
	5	41.5	5.663	-38.278
	6	34.5	4.878	-44.543
ความกว้าง 0.375 cm.	2	102	17.694	-12.428
	3	79	11.659	-18.6876
	4	60.5	7.878	-27.4271
	5	46.5	6.125	-35.305
	6	41.5	5.557	-38.958

ตารางที่ 6-39 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1105 rpm

5) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1253 rpm = 131.214 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	(kg)	(rpm)	(s)	(rad/s <sup>2</sup> )
ความกว้าง 0.225 cm.	2	241.5	21.252	-11.279
	3	133.5	12.019	-19.987
	4	89	8.567	-28.207
	5	68	6.573	-36.777
	6	56	5.944	-40.980
ความกว้าง 0.281 cm.	2	229	18.414	-12.901
	3	153	10.903	-21.495
	4	93	7.922	-30.163
	5	74.5	6.633	-36.177
	6	50	5.738	-42.698
ความกว้าง 0.375 cm.	2	250	20.928	-11.398
	3	131.5	13.421	-18.093
	4	96	8.668	-27.720
	5	67.5	6.974	-34.853
	6	57.5	6.256	-39.01

ตารางที่ 6-40 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1253 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.2.2.4 ผลการทดสอบหาความถี่ที่เหมาะสม

1) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm = 44.558 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ความถี่ 1.5 mm.	2	22	4.659	-17.101
	3	15	3.164	-25.169
	4	12.5	2.258	-34.563
	5	8.5	1.793	-44.414
	6	7	1.664	-48.499
ความถี่ 3 mm.	2	28.5	4.54	-16.863
	3	19.5	3.085	-24.789
	4	15	2.214	-34.131
	5	9	1.747	-45.113
	6	8	1.657	-47.954

ตารางที่ 6-41 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm

2) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm = 64.926 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ความถี่ 1.5 mm.	2	42.5	7.599	-15.616
	3	29	5.085	-23.293
	4	20	3.577	-33.176
	5	15.5	2.756	-43.035
	6	13	2.59	-46.26
ความถี่ 3 mm.	2	48	7.705	-15.236
	3	32	5.107	-22.972
	4	21.5	3.553	-33.141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	5	16	2.772	-42.68
	6	14	2.471	-47.965

ตารางที่ 6-42 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm

3) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm = 90.813 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ความลึก 1.5 mm.	2	90.5	11.433	-14.501
	3	54.5	6.921	-23.967
	4	36.5	5.217	-32.132
	5	27.5	4.217	-39.977
	6	23.5	3.785	-44.705
ความลึก 3 mm.	2	91.5	11.463	-14.452
	3	56.5	7.129	-23.254
	4	38	5.191	-32.168
	5	29	4.301	-39.093
	6	23	3.834	-44.243

ตารางที่ 6-43 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm

4) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1105 rpm = 115.715 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ความลึก 1.5 mm.	2	140	14.972	-14.208
	3	74.5	9.399	-22.936
	4	51	6.765	-31.981
	5	41.5	5.663	-38.279
	6	34.5	4.878	-44.544
ความลึก 3 mm.	2	149.5	15.456	-13.722

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	3	89	9.067	-23.359
	4	58	6.78	-31.611
	5	47.5	5.713	-37.599
	6	38	4.923	-43.874

ตารางที่ 6-44 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1105 rpm

5) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1253 rpm = 131.214 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ความลึก 1.5 mm.	2	229	18.414	-12.901
	3	153	10.903	-21.495
	4	93	7.922	-30.163
	5	74.5	6.633	-36.177
	6	50	5.738	-42.698
ความลึก 3 mm.	2	231	19.482	-12.253
	3	144.5	11.408	-20.783
	4	92.5	8.082	-29.638
	5	73	6.754	-35.655
	6	55	5.865	-41.547

ตารางที่ 6-45 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1253 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.2.2 การทดลองที่ 3 เพื่อหาค่าความหน่วง ( การทดลองที่สภาวะมีน้ำ )

1) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm = 44.558 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.225 cm.	2	37	12.79	-6.5152
	3	29	11.21	-7.4881
	4	25	9.08	-9.2081
	5	18	5.4	-15.2683
	6	14	4.02	-20.4355
	ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.281 cm.	2	35	11.56
3		27	9.61	-8.5234
4		20	6.68	-12.4443
5		18	4.96	-16.5032
6		15	4	-20.404
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.375 cm.		2	38	13.14
	3	32	11.29	-7.3912
	4	22	8.14	-10.2838
	5	20	7.4	-11.3122
	6	16	4.59	-17.8963
	ไม่มีลาย	2	42	14.52
3		31	11.46	-7.3042
4		25	9.21	-9.0865
5		23	8.92	-9.4124
6		18	4.62	-17.6025

ตารางที่ 6-46 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm = 64.926 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.225 cm.	2	104	20.06	-5.9562
	3	87	17.12	-6.9911
	4	64	13.28	-9.0522
	5	57	11.09	-10.782
	6	49	8.94	-13.2984
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.281 cm.	2	108	20.88	-5.7235
	3	74	15	-7.999
	4	58	10.99	-10.855
	5	47	8.85	-13.4723
	6	41	7.5	-15.8555
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.375 cm.	2	106	20.45	-5.8472
	3	84	16.03	-7.4467
	4	61	12.87	-9.3529
	5	52	10.12	-11.8157
	6	47	9.68	-12.4112
ไม่มีลาย	2	112	21.63	-5.5245
	3	96	18.12	-6.5814
	4	69	14.14	-8.4931
	5	62	12.96	-9.2811
	6	54	10.38	-11.5074

ตารางที่ 6-47 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 620 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm = 90.813 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.225 cm.	2	228	31.22	-5.3497
	3	167	22.81	-7.306
	4	124	15.89	-10.4479
	5	102	13.74	-12.1382
	6	88	11.94	-13.977
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.281 cm.	2	219	29.5	-5.631
	3	159	20.68	-8.0391
	4	108	14.25	-11.6819
	5	88	11.28	-17.7184
	6	67	9.09	-18.3591
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.375 cm.	2	254	34.78	-4.8021
	3	182	23.49	-7.0723
	4	144	19.39	-8.6009
	5	126	16.14	-10.2857
	6	103	13.69	-12.1678
ไม่มีลาย	2	269	35.17	-4.7293
	3	187	23.27	-7.1477
	4	152	20.47	-8.1472
	5	122	15.63	-10.6215
	6	98	13.02	-12.7935

ตารางที่ 6-48 แสดงผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1105 rpm = 115.715 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	(kg)	(rpm)	(s)	(rad/s <sup>2</sup> )
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.225 cm.	2	306	34.35	-6.493
	3	279	31.19	-7.14856
	4	192	20.34	-10.9132
	5	145	15.78	-14.0986
	6	116	12.88	-17.3013
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.281 cm.	2	335	39.13	-5.7176
	3	251	26.09	-8.4942
	4	178	18.84	-11.7812
	5	127	13.65	-16.2817
	6	103	10.62	-20.8528
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.375 cm.	2	395	43.23	-4.9037
	3	256	26.54	-7.9931
	4	176	18.64	-11.4026
	5	159	17.3	-12.3129
	6	109	11.24	-18.8643
ไม่มีลาย	2	408	44.66	-4.9839
	3	247	28.5	-7.8428
	4	173	18.22	-12.1769
	5	171	17.53	-12.6266
	6	119	13.19	-17.8923

ตารางที่ 6-49 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1105 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1253 rpm = 131.214 rad/s

รูปแบบลวดลาย	น้ำหนัก	จำนวนรอบ	เวลา	ความหน่วง
	( kg )	( rpm )	( s )	( rad/s <sup>2</sup> )
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.225 cm.	2	370	35.5	-6.8051
	3	337	31.53	-7.6451
	4	233	22.15	-10.8979
	5	172	16.78	-14.4176
	6	133	15.56	-15.7668
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.281 cm.	2	365	35.02	-6.8984
	3	280	26.88	-8.9878
	4	173	16.53	-14.6095
	5	162	15.22	-15.8436
	6	139	12.69	-18.9535
ลายเฉียง 45 องศา ความกว้าง 0.375 cm.	2	402	38.42	-6.2858
	3	328	32.09	-7.5408
	4	227	21.69	-11.134
	5	212	20.06	-12.0284
	6	154	14.25	-16.8999
ไม่มีลาย	2	362	37.61	-6.4233
	3	314	29.94	-8.0645
	4	228	21.29	-11.3203
	5	202	17.44	-13.7192
	6	150	13.39	-17.293

ตารางที่ 6-50 แสดงผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1253 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

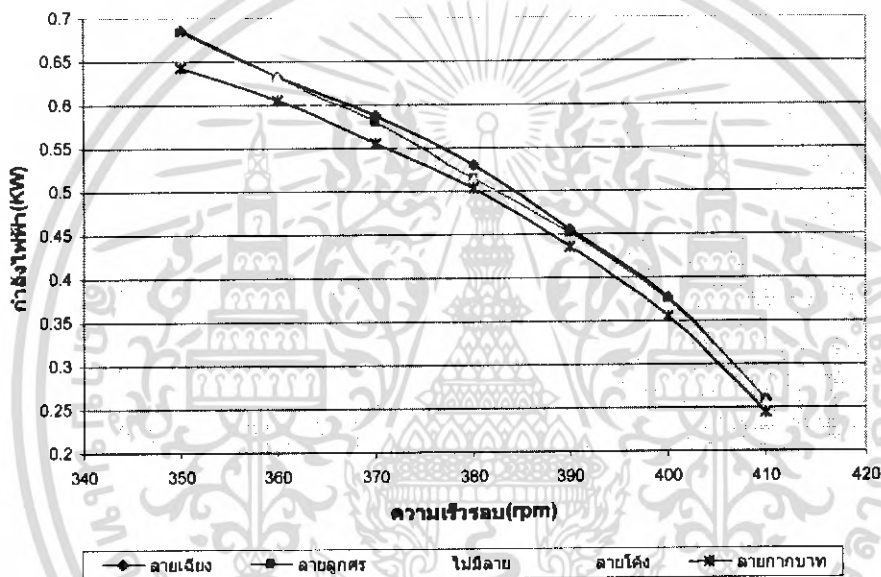
## บทที่ 7

### สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 7.1 การทดลองที่ 1 ทดลองที่สภาวะปกติ

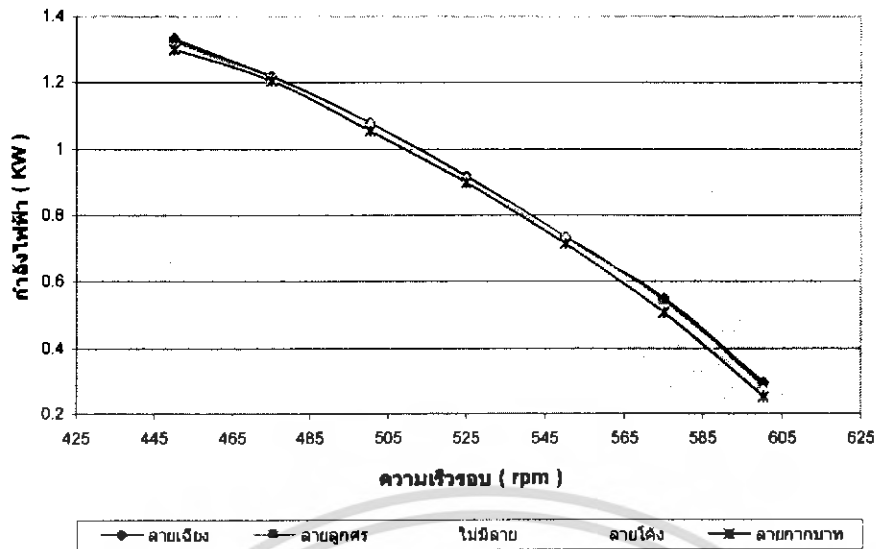
##### 7.1.1 ผลการทดสอบเพื่อหาวัสดุที่เหมาะสมจากวัสดุที่ออกแบบไว้

##### 1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า

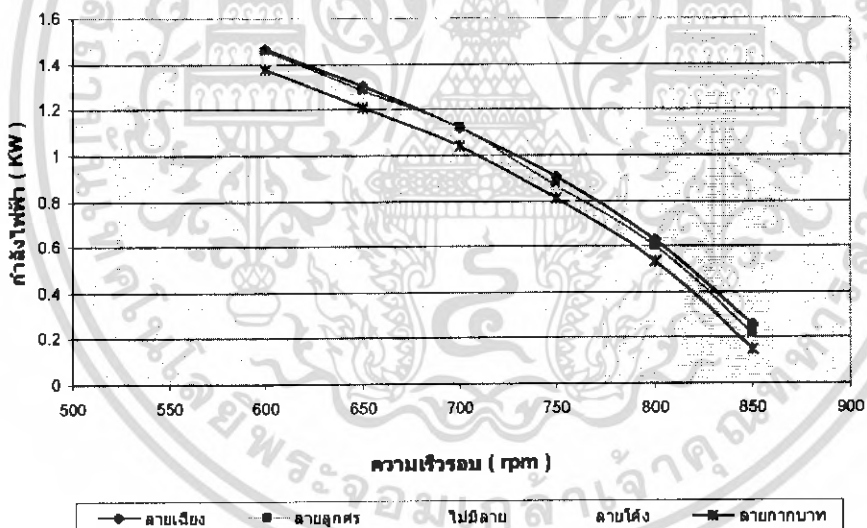


รูปที่ 7-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

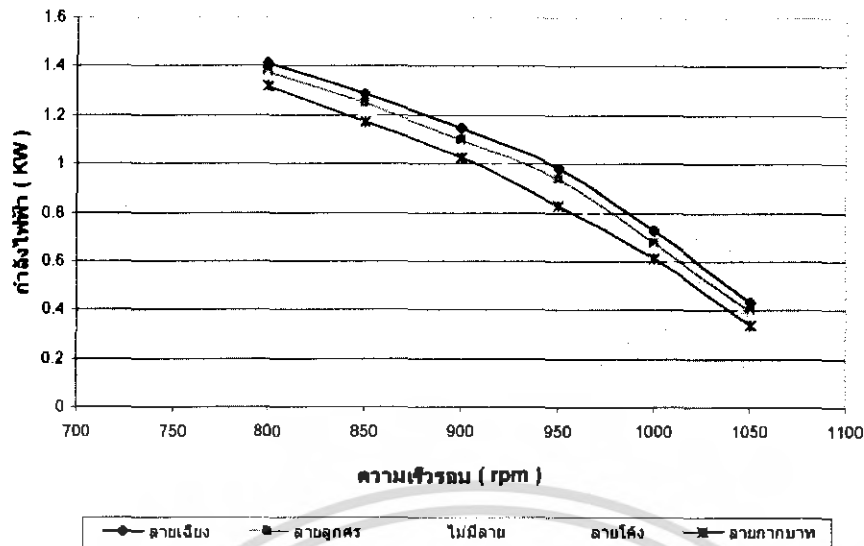


รูปที่ 7-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

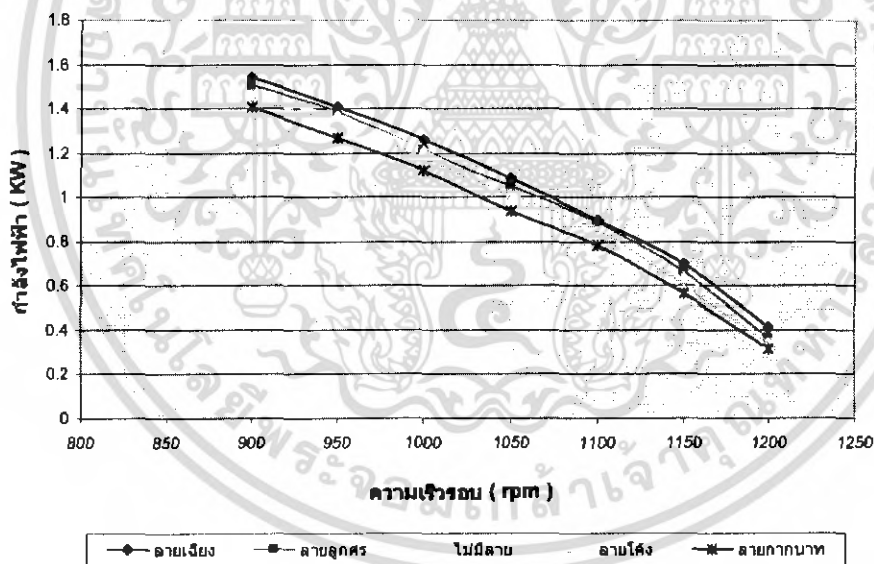


รูปที่ 7-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

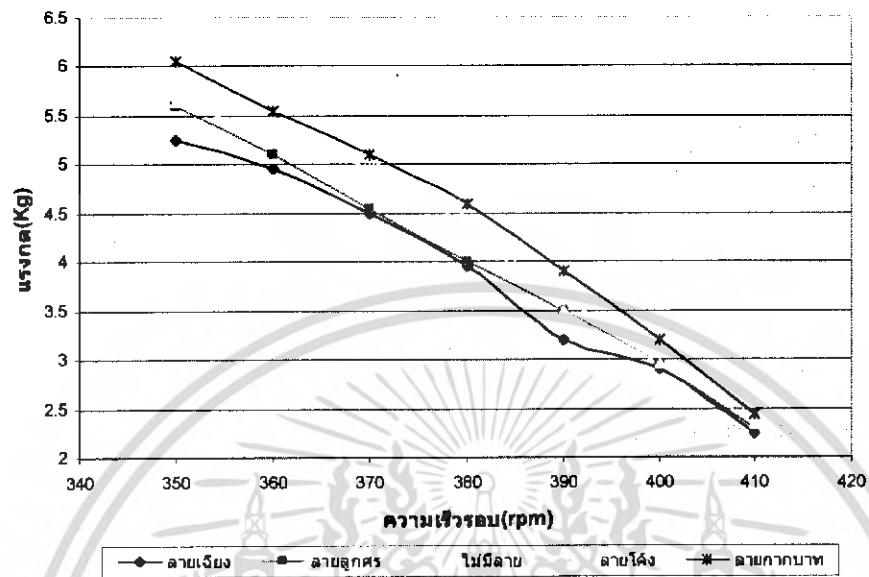


รูปที่ 7-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

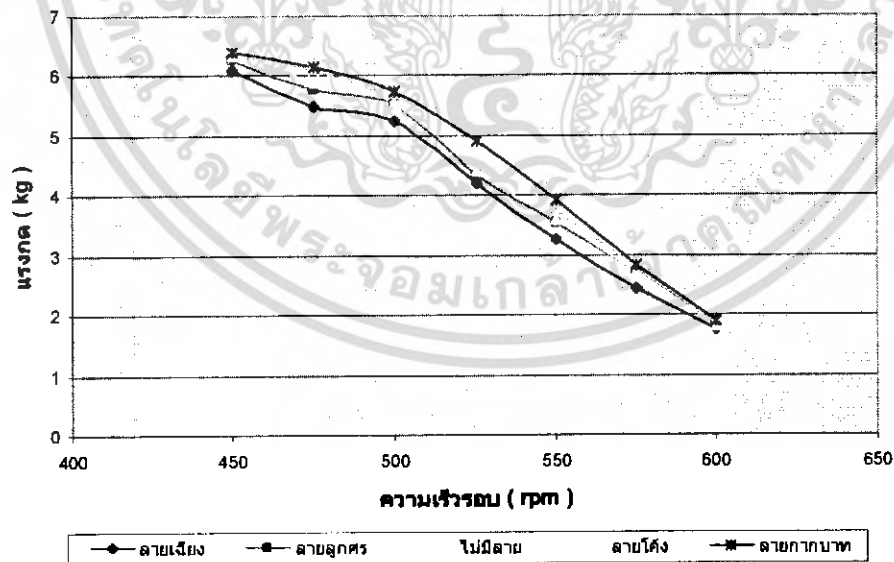
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่าง ๆ จะสังเกตได้ว่า ผ้าเบรกที่มีลวดลายแบบเฉียงจะมีกำลังไฟฟ้ามากกว่าผ้าเบรกที่มีลวดลายแบบอื่น ๆ ที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสเท่ากัน และมากกว่าผ้าเบรกที่ไม่มีลวดลายขนาดมาตรฐานที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า ซึ่งเป็นผลทำให้มีความฝืดมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด

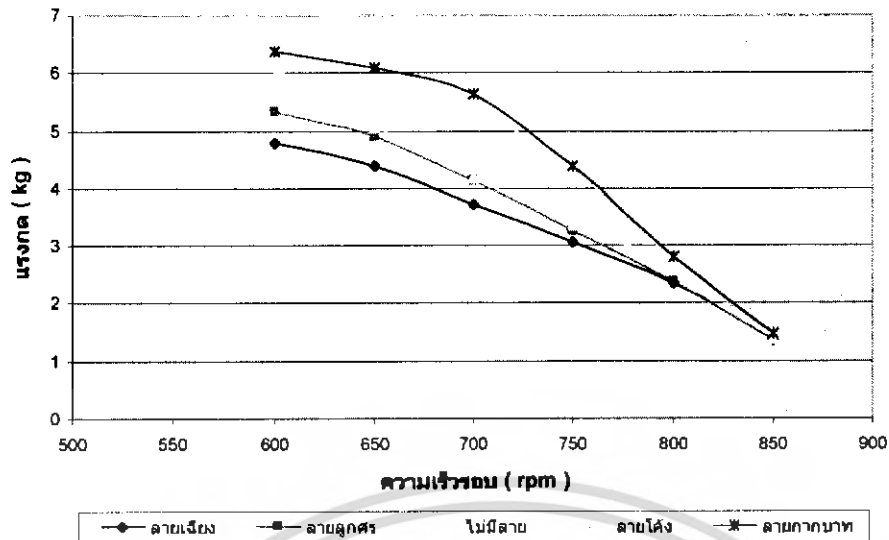


รูปที่ 7-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

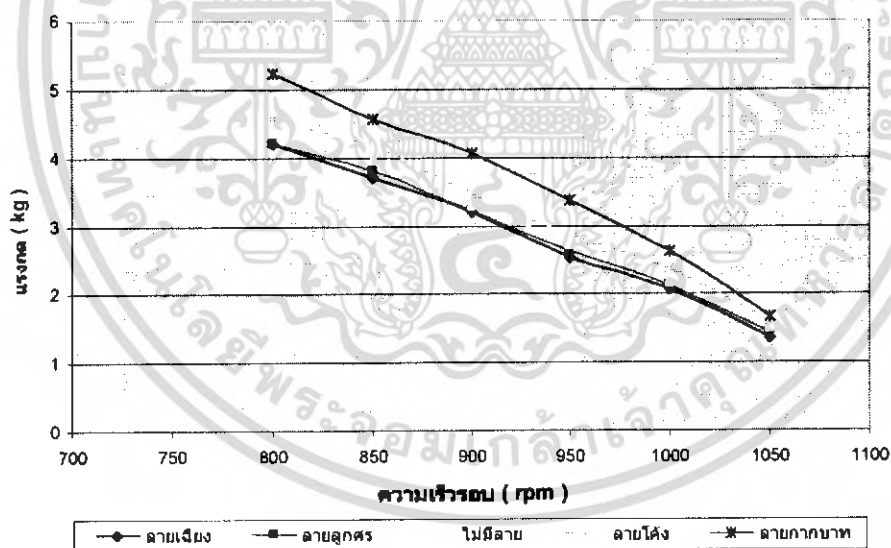


รูปที่ 7-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

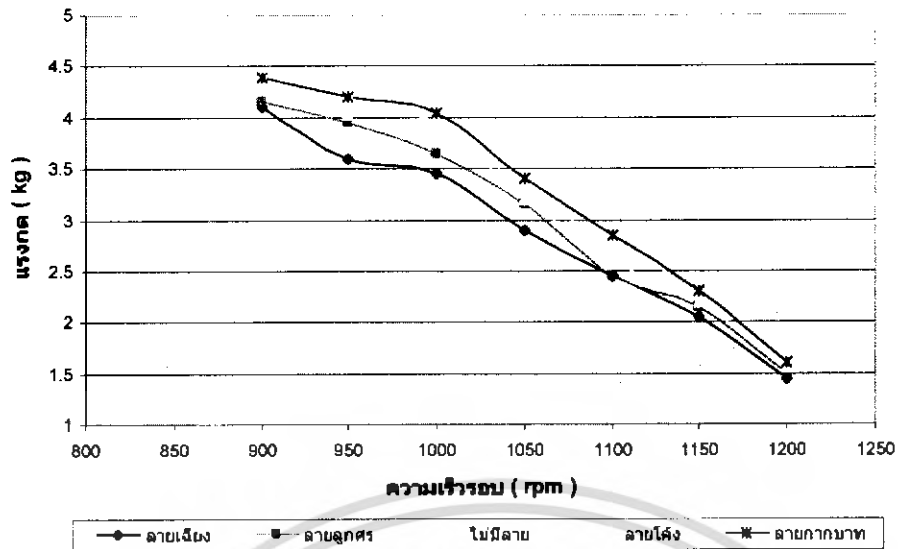


รูปที่ 7-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm)



รูปที่ 7-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

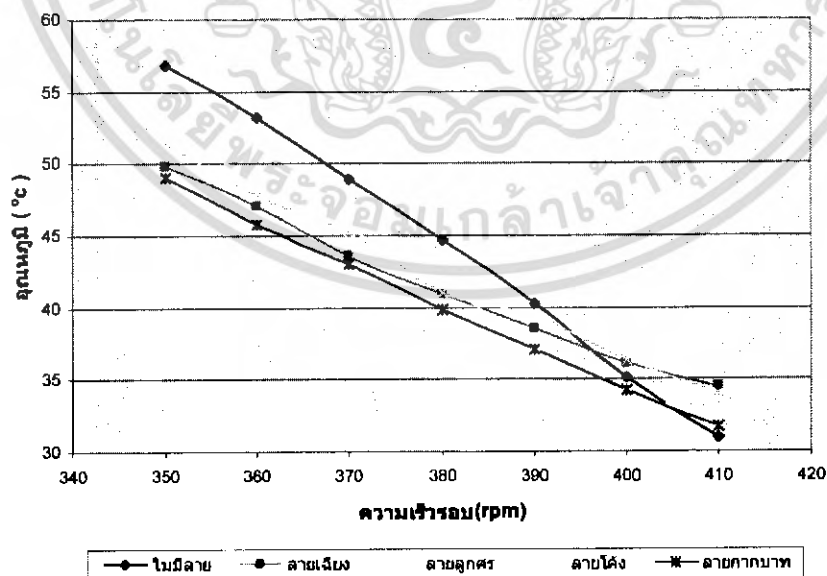
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

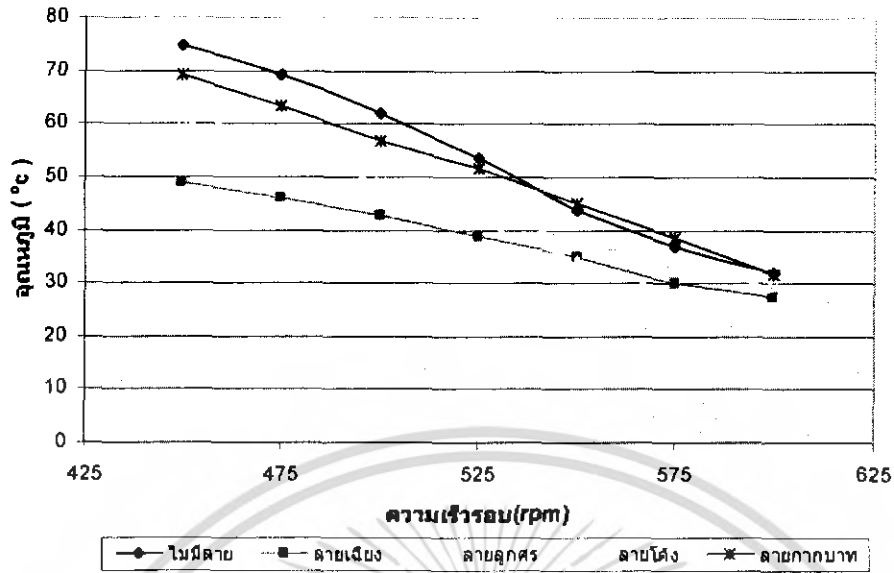
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกดที่ความเร็วรอบต่าง ๆ จะสังเกตได้ว่า ผ้าเบรกที่มีลวดลายแบบเฉียงจะใช้แรงกคน้อยกว่าผ้าเบรกที่มีลวดลายแบบอื่น ๆ ที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสเท่ากัน และมากกว่าผ้าเบรกที่ไม่มีลวดลายขนาดมาตรฐานที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า ซึ่งเป็นผลทำให้มีความฝืดมากกว่า

### 3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ

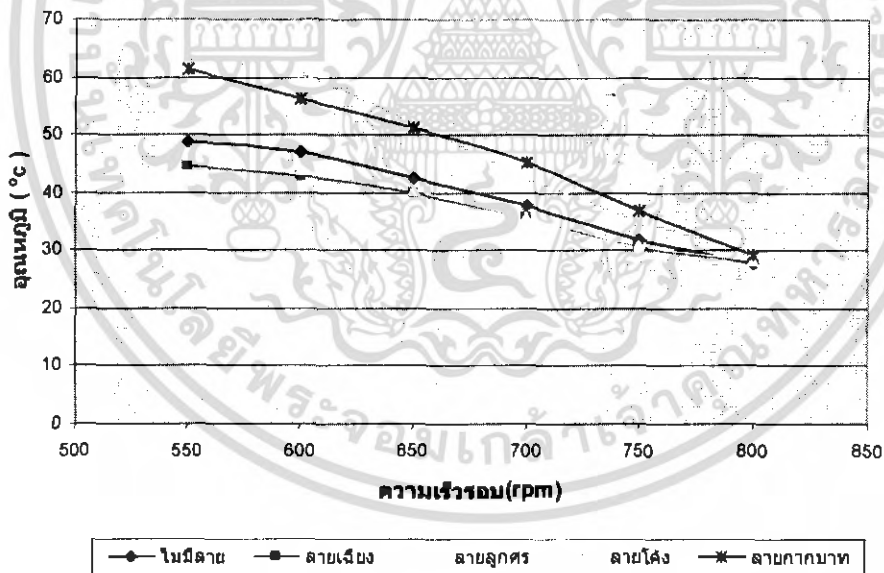


รูปที่ 7-11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

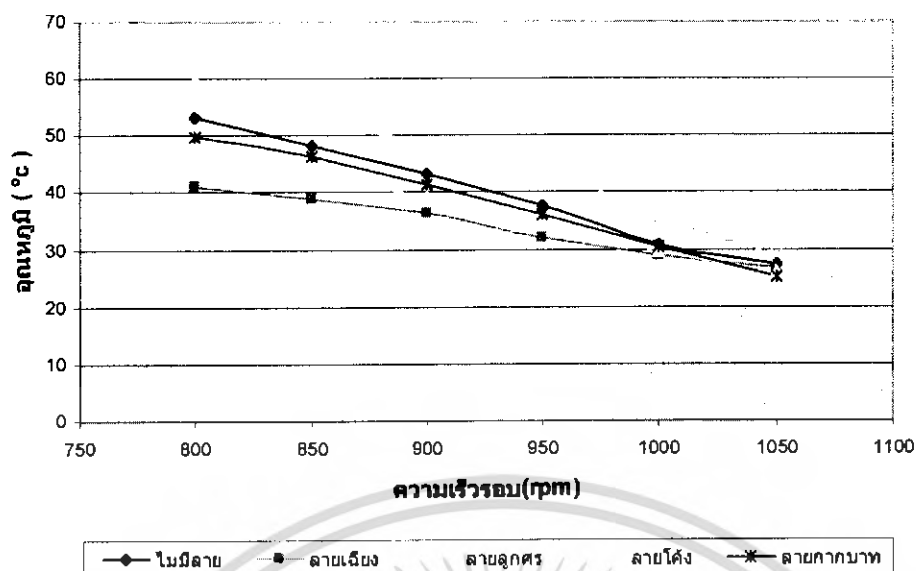


รูปที่ 7-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

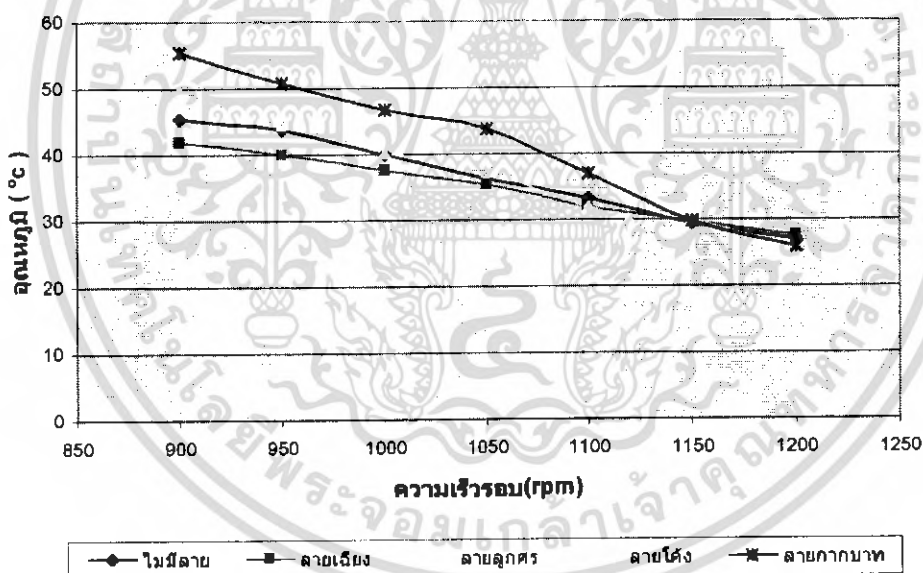


รูปที่ 7-13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7-14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

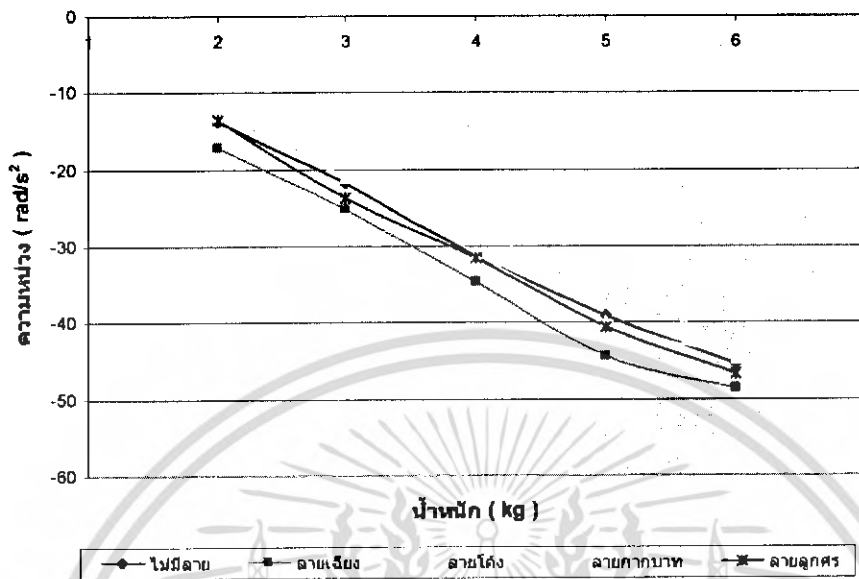


รูปที่ 7-15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

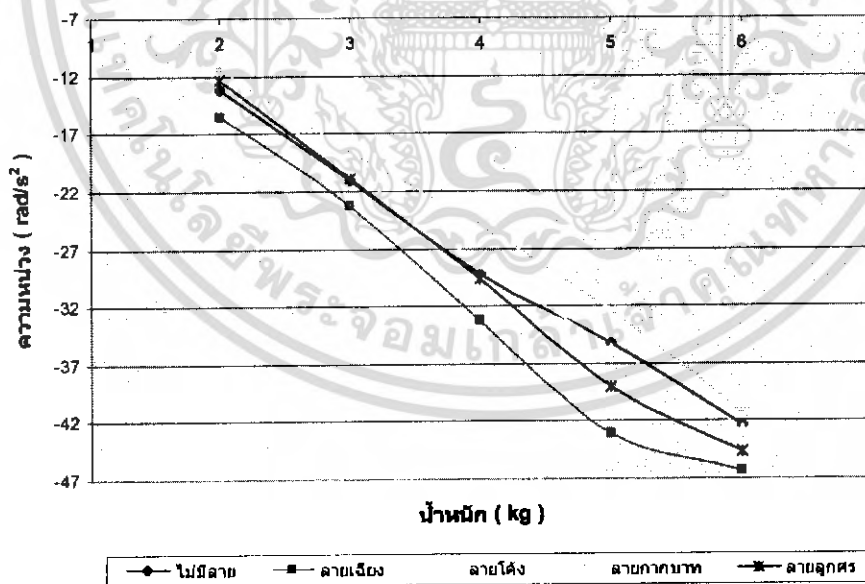
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิที่ความเร็วรอบต่าง ๆ จะสังเกตได้ว่า ผ้าเบรกที่มีลวดลายแบบเฉียงจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าผ้าเบรกที่มีลวดลายแบบอื่น ๆ ที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสเท่ากัน และมากกว่าผ้าเบรกที่ไม่มีลวดลายขนาดมาตรฐานที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า ซึ่งเป็นผลทำให้มีการระบายความร้อนดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความหน่วง

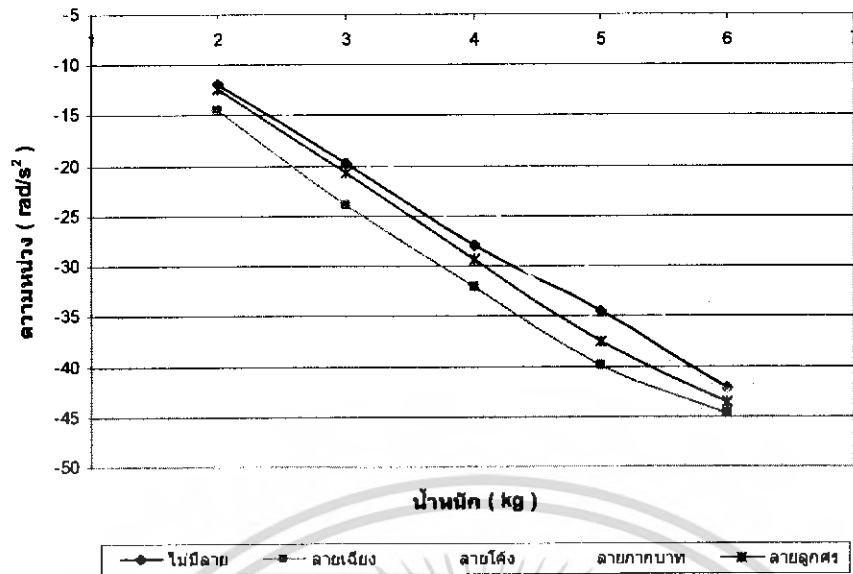


รูปที่ 7-16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

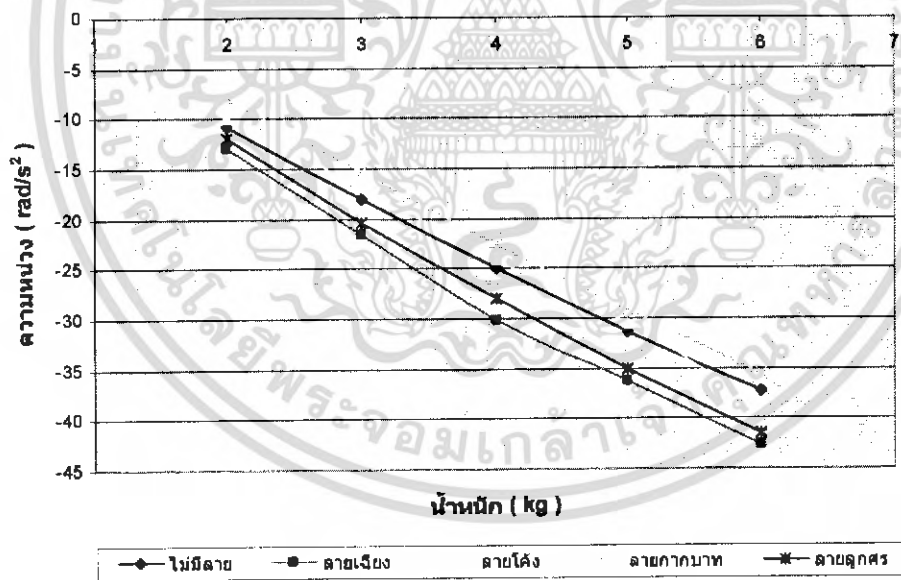


รูปที่ 7-17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

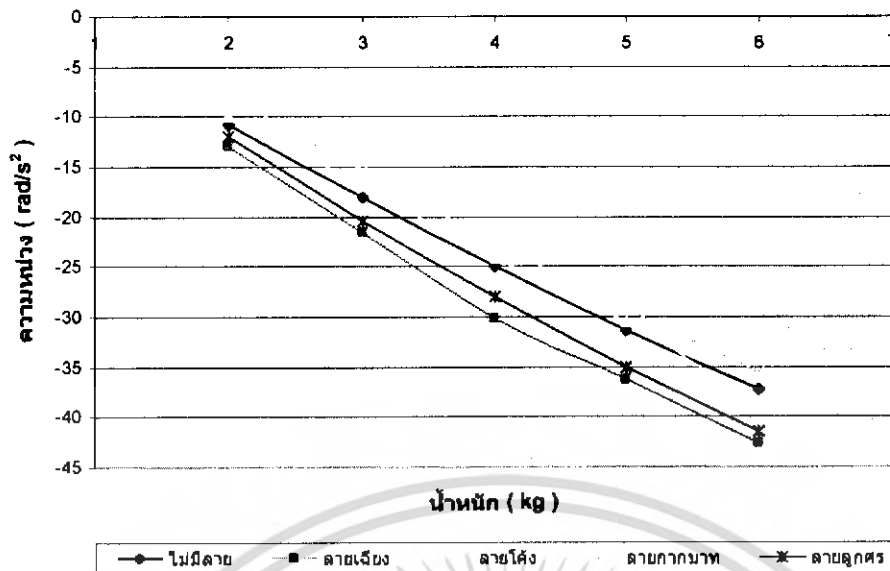


รูปที่ 7-18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm)



รูปที่ 7-19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



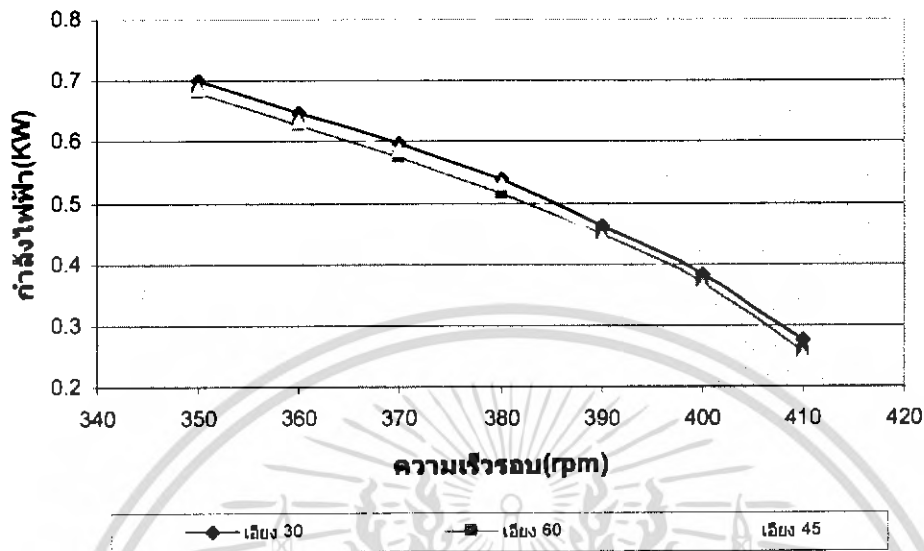
รูปที่ 7-20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

จากการทดลองความหน่วง โดยการใช้ล้อช่วยแรง เพื่อหาผลลวดลายต่าง ๆ ในสภาวะปกติ มีแนวโน้มของการทดลองดังนี้

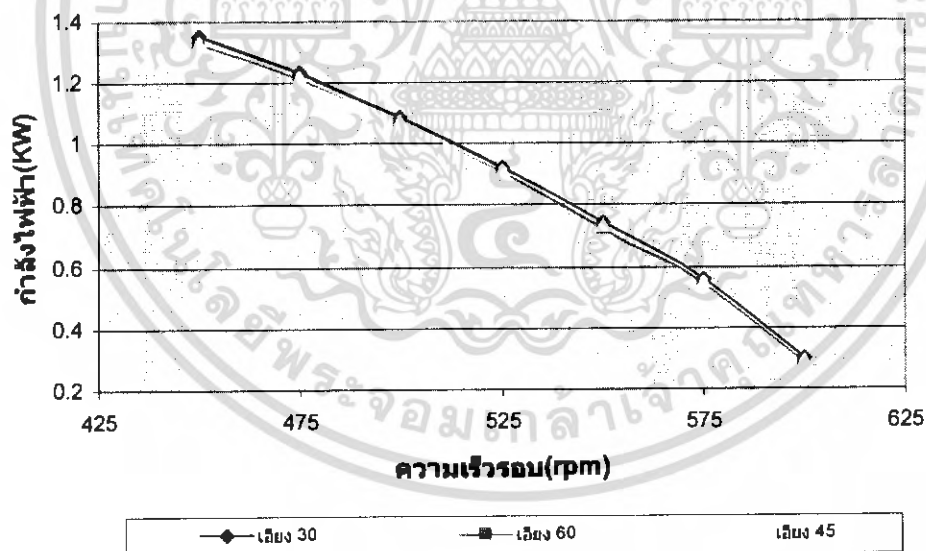
1. ผ้าเบรกลายเฉียง จะมีความหน่วงสูงสุด หรือแรงเสียดทานมากที่สุด
2. ผ้าเบรกลายกากบาท จะมีความหน่วงน้อยสุด เมื่อเปรียบเทียบกับลายอื่น ๆ แสดงว่าลายกากบาทมีแรงเสียดทานน้อยสุด

## 7.1.2 ผลการทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสมของลวดลายเอียง

### 1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า

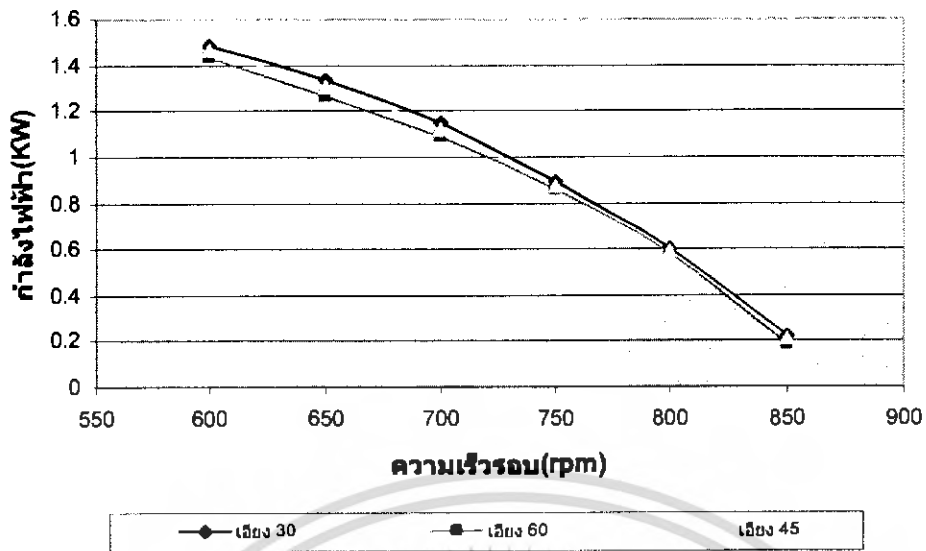


รูปที่ 7-21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

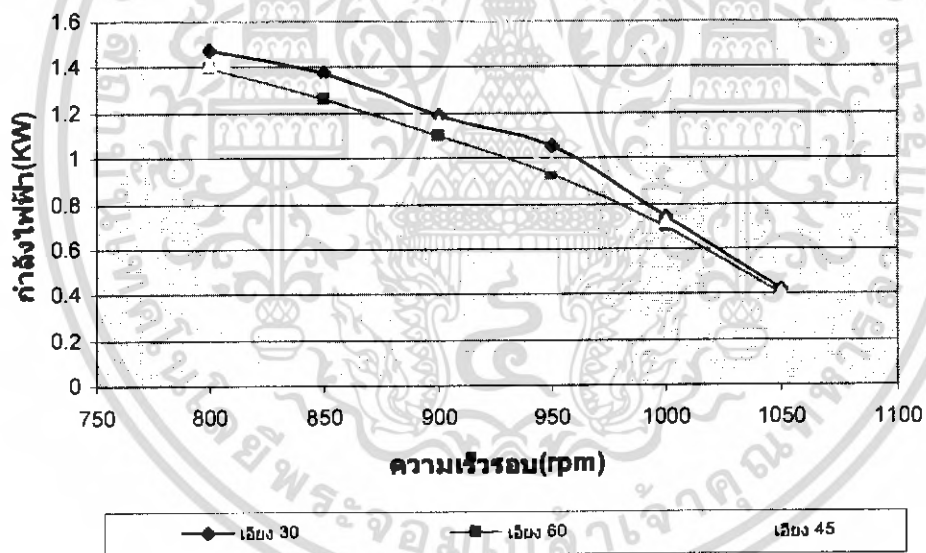


รูปที่ 7-22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

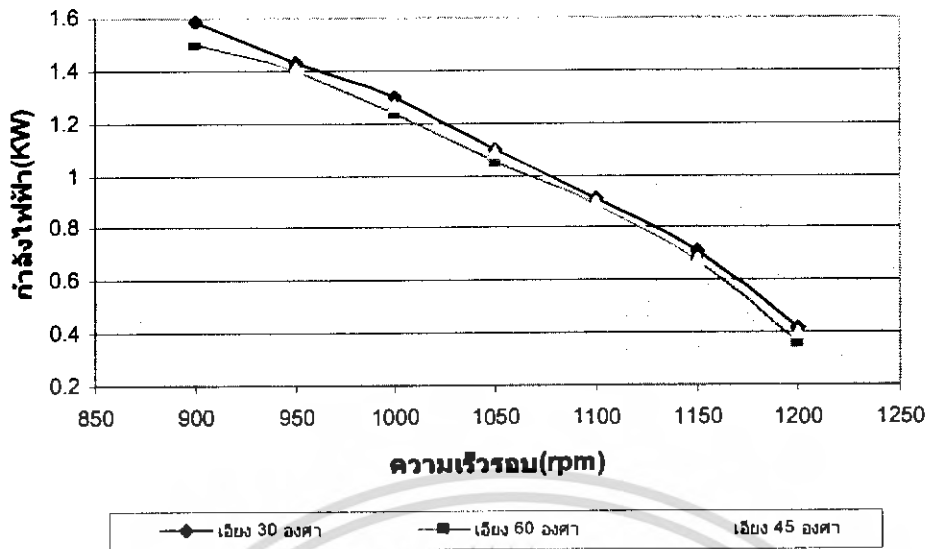


รูปที่ 7-23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm)



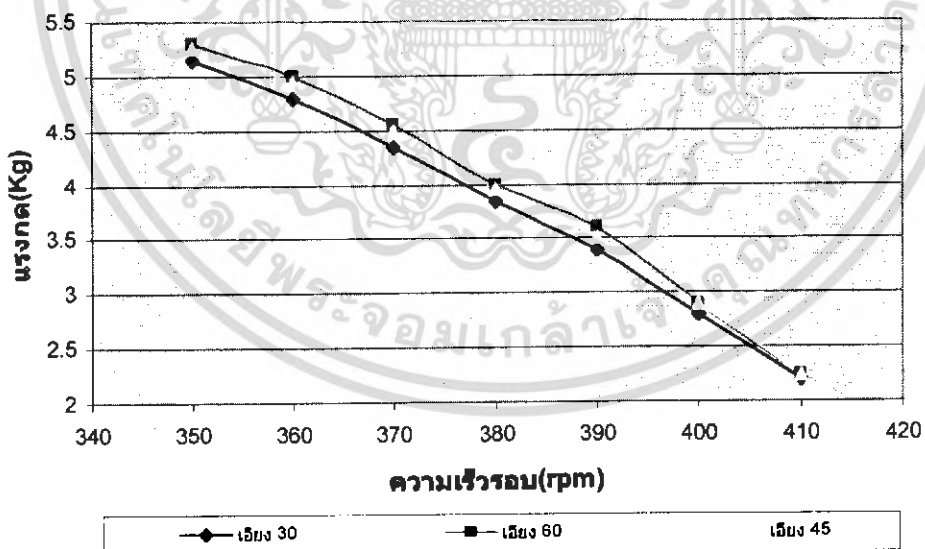
รูปที่ 7-24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



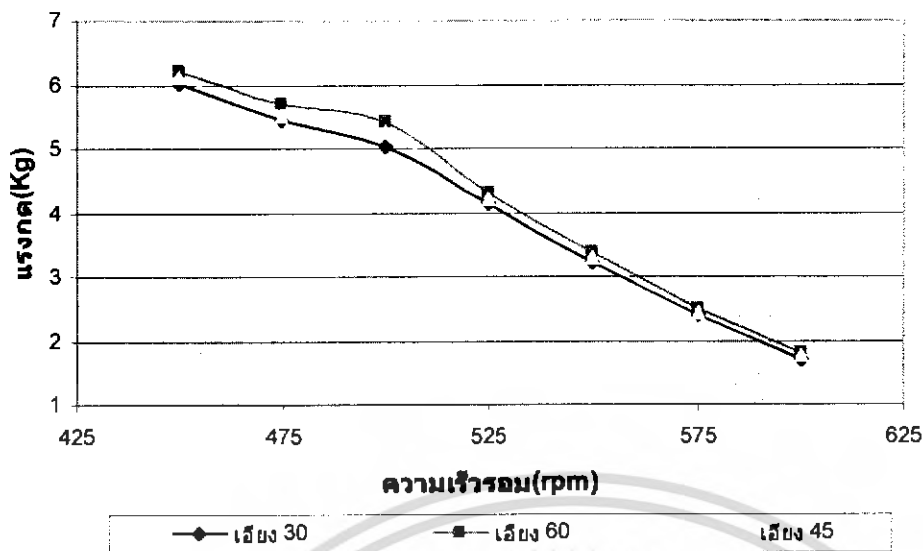
รูปที่ 7-25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด

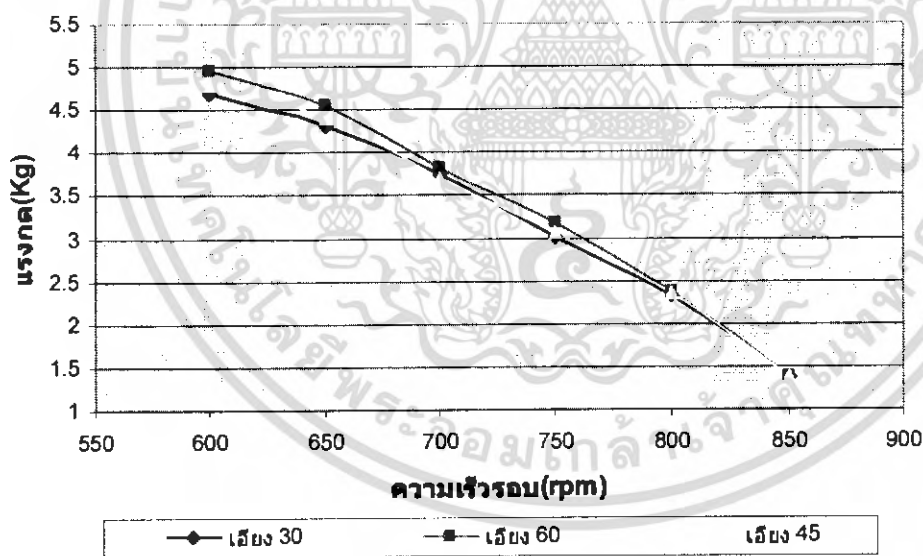


รูปที่ 7-26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

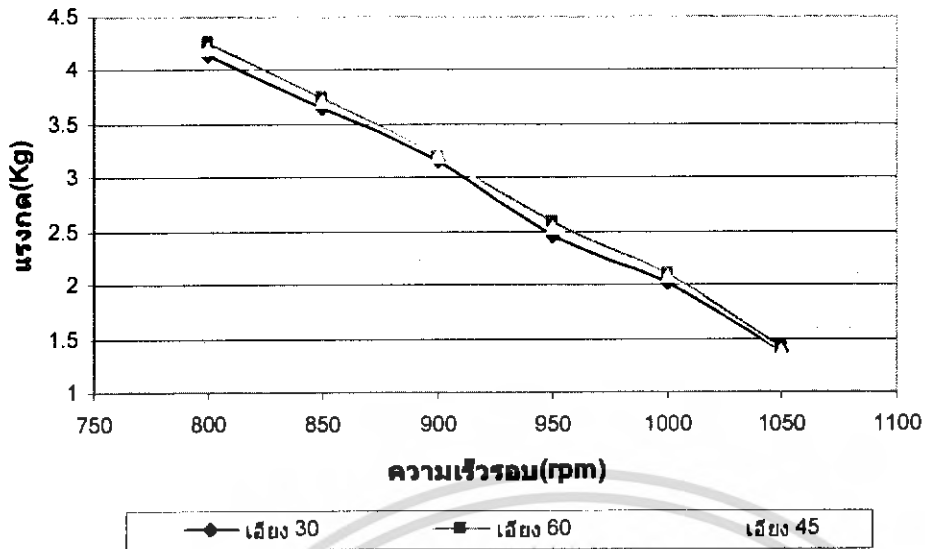


รูปที่ 7-27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

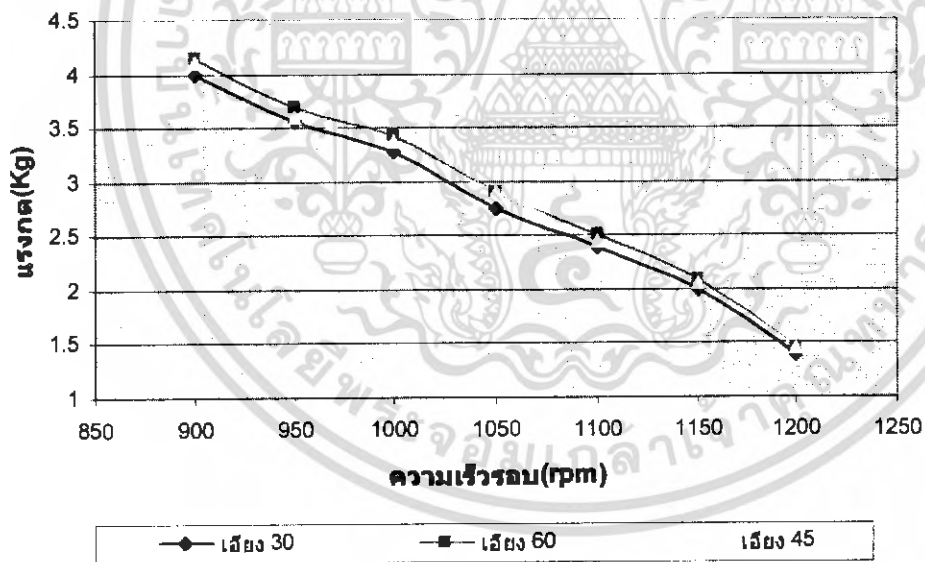


รูปที่ 7-28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



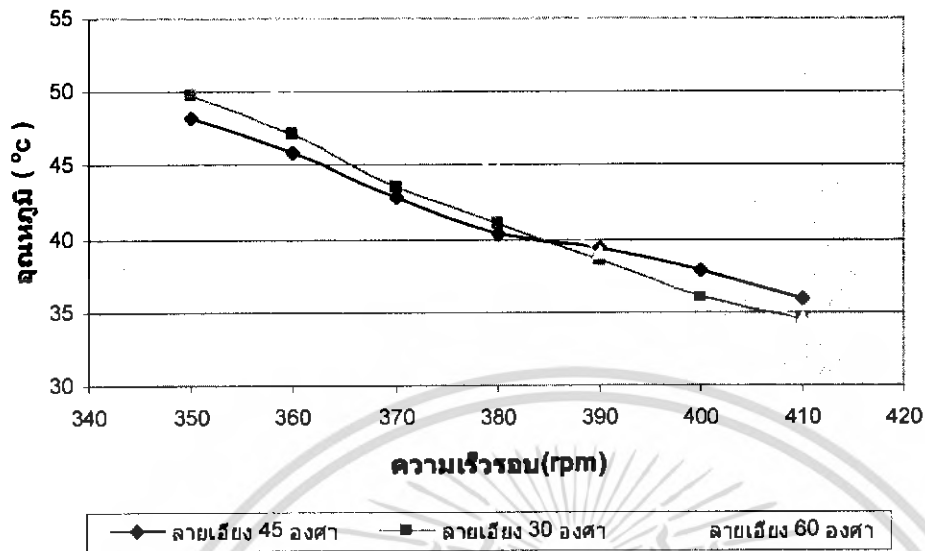
รูปที่ 7-29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)



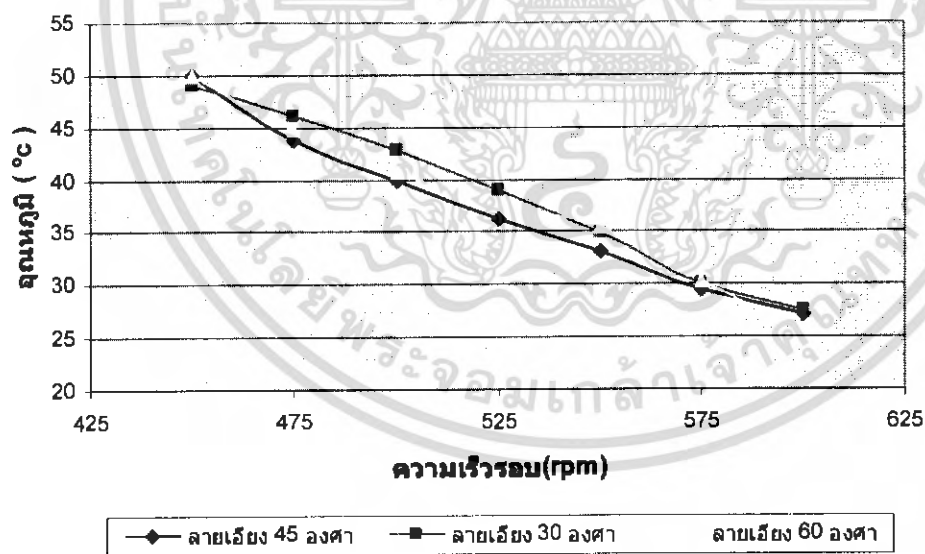
รูปที่ 7-30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ

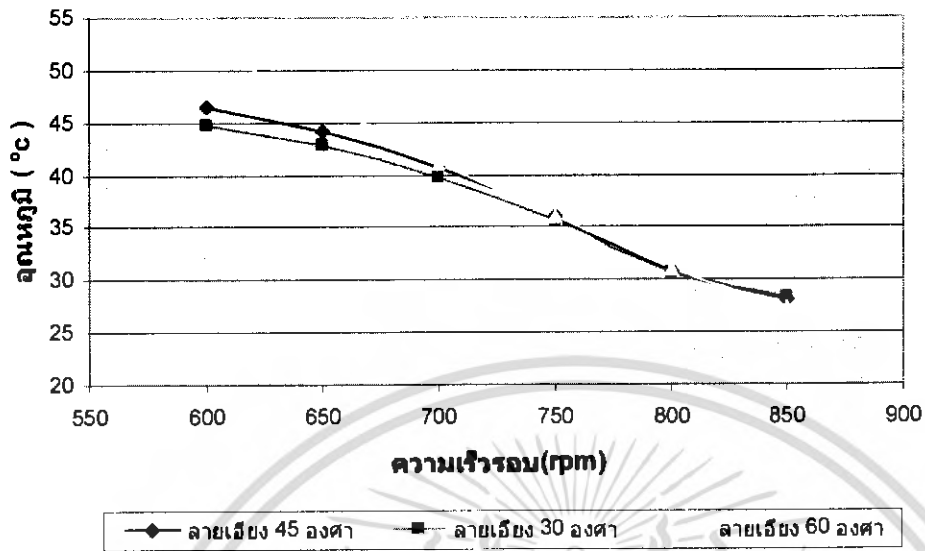


รูปที่ 7-31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

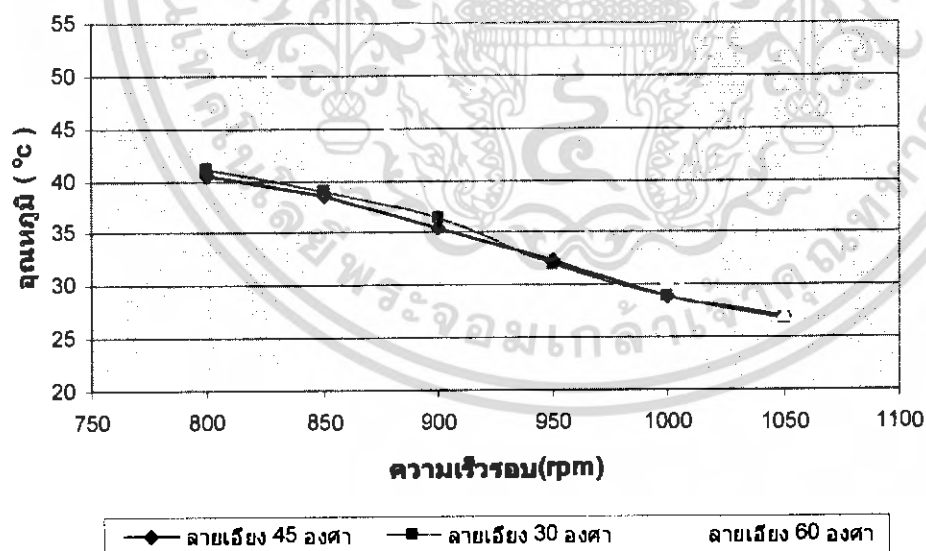


รูปที่ 7-32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

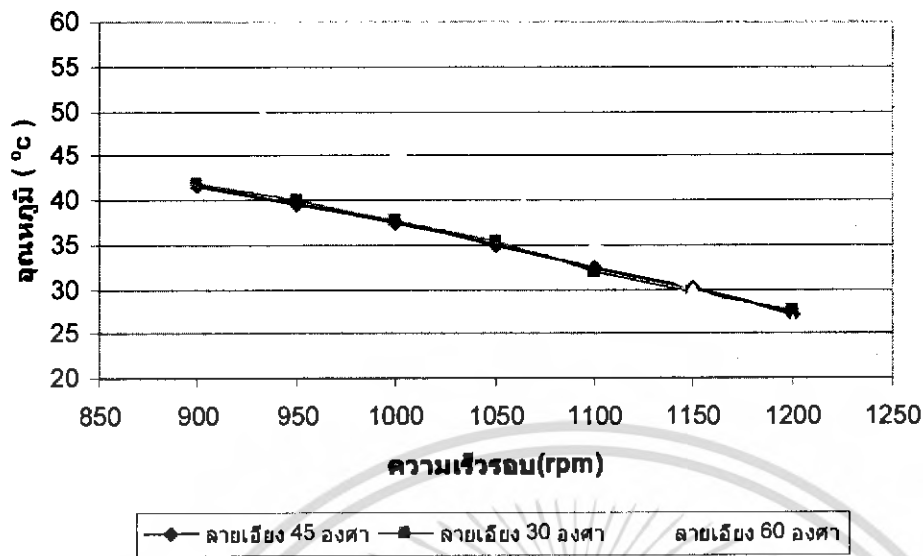


รูปที่ 7-33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm)



รูปที่ 7-34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

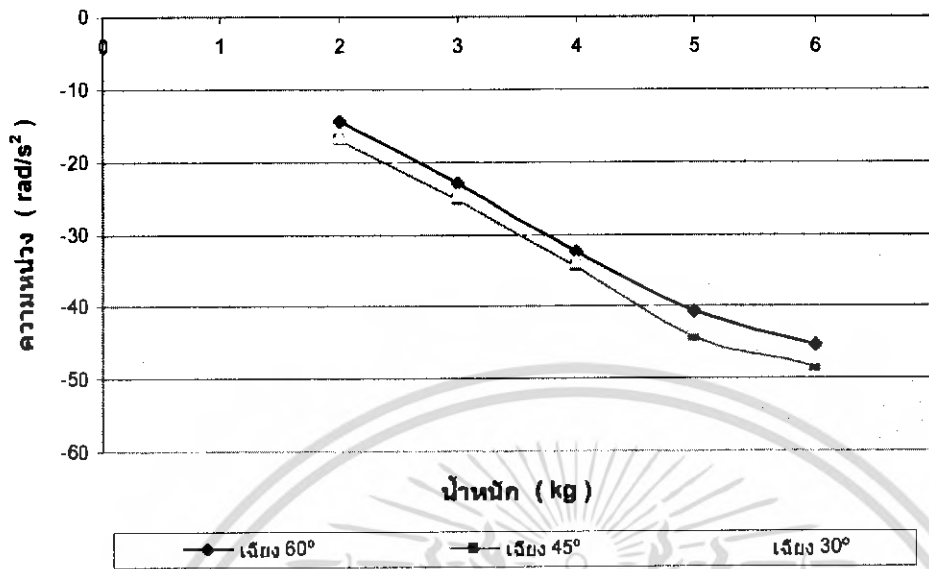


**รูปที่ 7-35** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วยกกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วยก 1260 rpm)

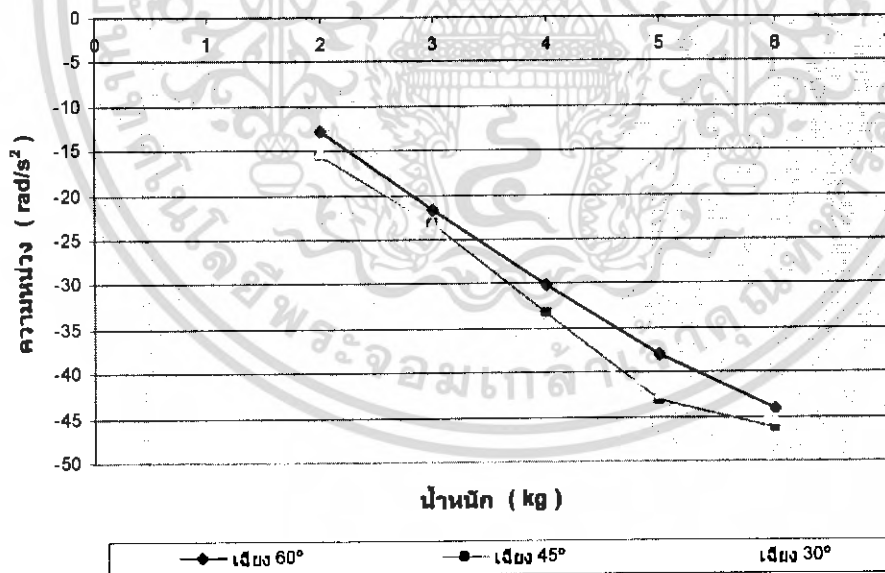
จากการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จากมอเตอร์เพื่อหาขนาดมุมเย็บของลายเย็บแนวโน้มของการทดลองดังนี้

1. จากผลการทดลองจะสังเกตได้ว่ามุมเย็บ 45 องศาเหมาะสมสำหรับการทำลวดลาย โดยให้ค่าความถี่มากที่สุด
2. จากผลการทดลองจะสังเกตว่ามุมเย็บของผ้าเบรก มีผลให้การระบายเศษผงผ้าเบรกออกจากผิวสัมผัสต่างกัน
3. จากการทดลองลวดลายมุมเย็บ 45 องศา มีการระบายเศษผงผ้าเบรกออกจากผิวสัมผัสดีที่สุด และการระบายความร้อนดีสุด

4) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความหน่วง

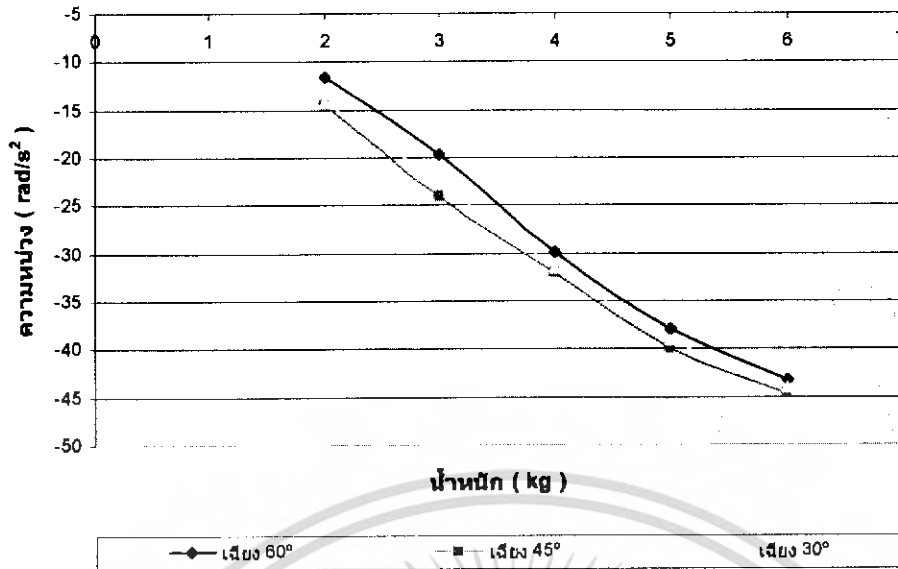


รูปที่ 7-36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

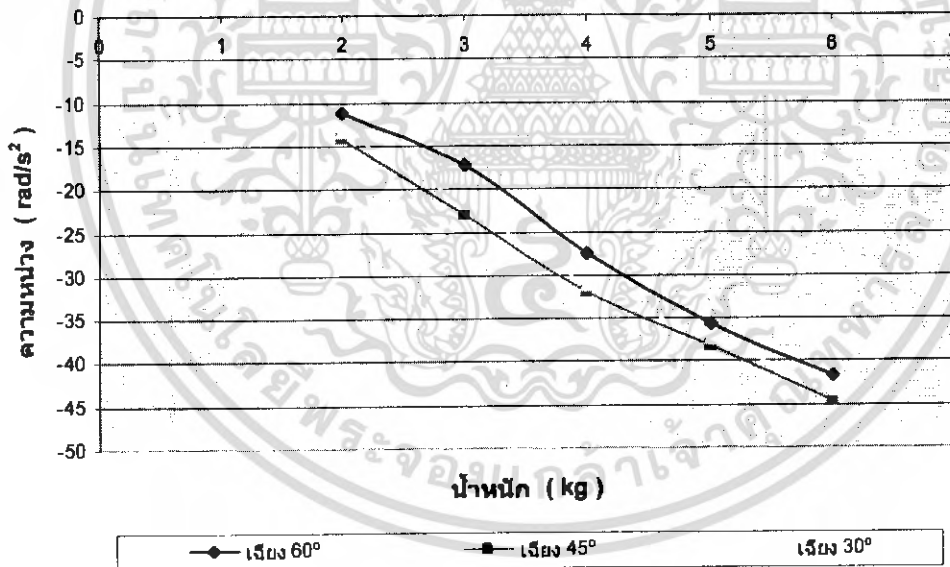


รูปที่ 7-37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

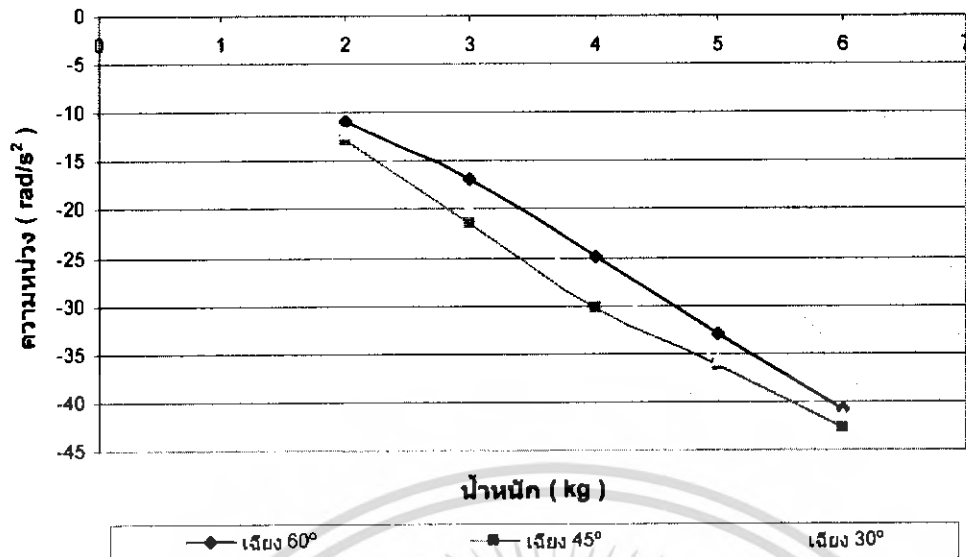


รูปที่ 7-38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm)



รูปที่ 7-39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



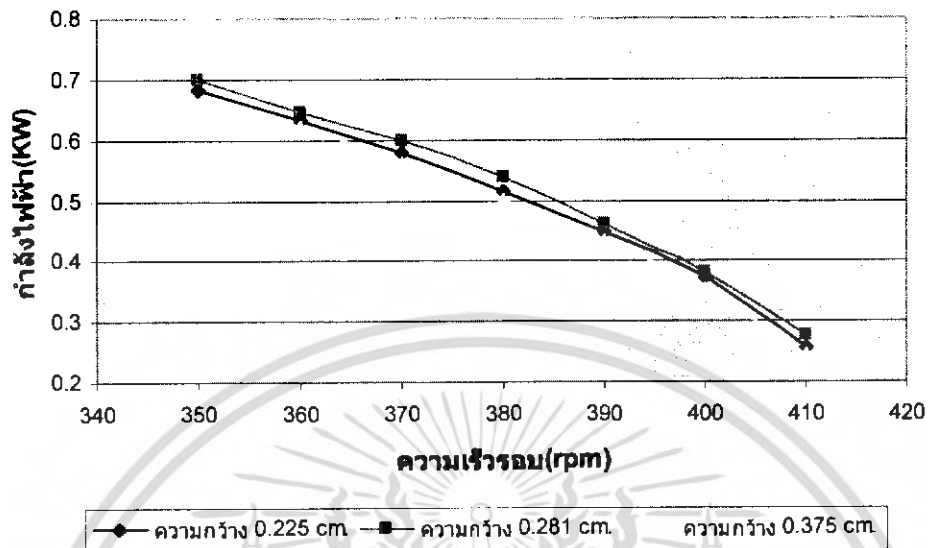
รูปที่ 7-40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

จากการทดลองความหน่วง โดยการใช้ล้อช่วยแรง เพื่อหาขนาดมุมเอียงของสายเคเบิล  
แนวโน้มของการทดลองดังนี้

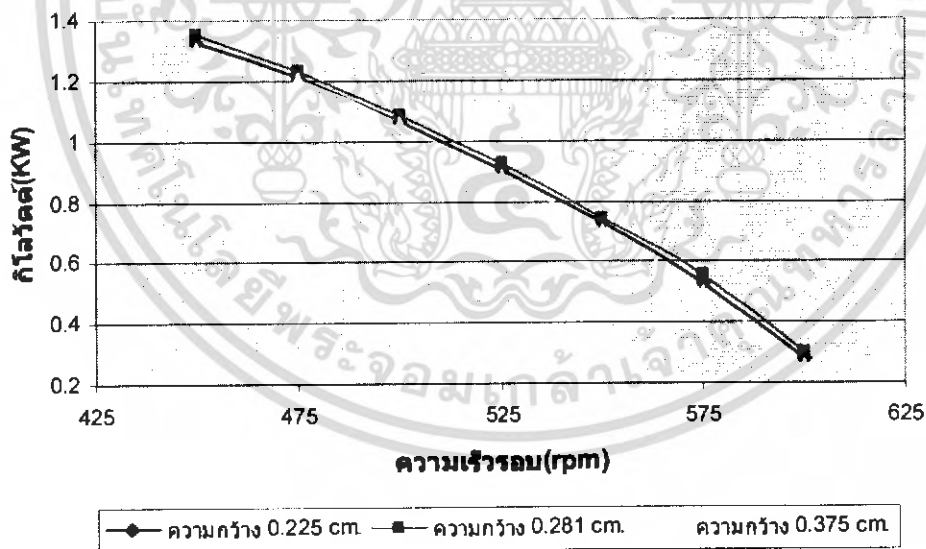
1. ผ้าเบรกลายเคเบิลมุมเอียง 30 องศา และ ผ้าเบรกลายเคเบิลมุมเอียง 45 องศา มีความหน่วงใกล้เคียงกัน แต่แนวโน้มของกราฟ ผ้าเบรกลายเคเบิลมุมเอียง 45 องศาจะมีความหน่วงสูงสุดหรือแรงเสียดทานมากที่สุด
2. ผ้าเบรกลายเคเบิลมุมเอียง 60 องศา จะมีความหน่วงต่ำสุด หรือแรงเสียดทานน้อยสุด

### 7.1.3 ผลการทดสอบหาความกว้างที่เหมาะสมของลวดลายบนผ้าเบรก

1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า

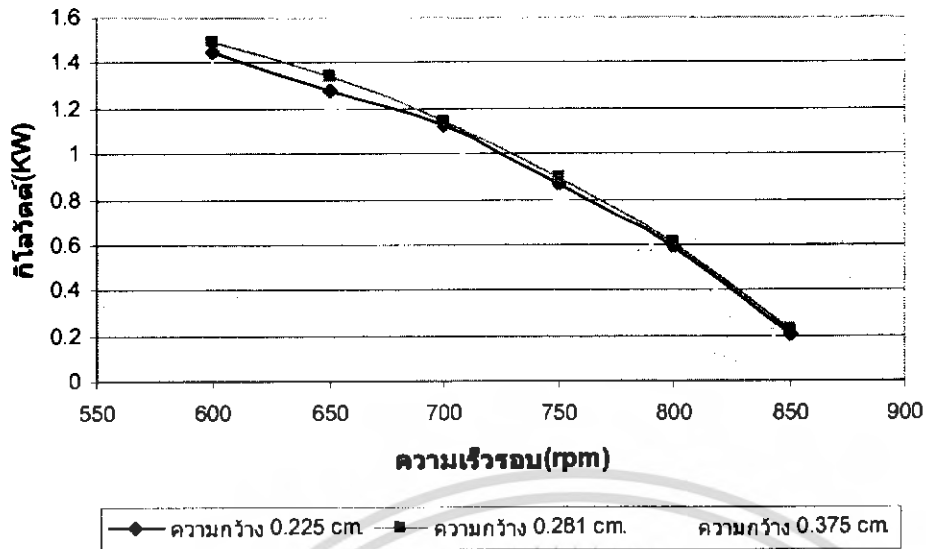


รูปที่ 7-41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

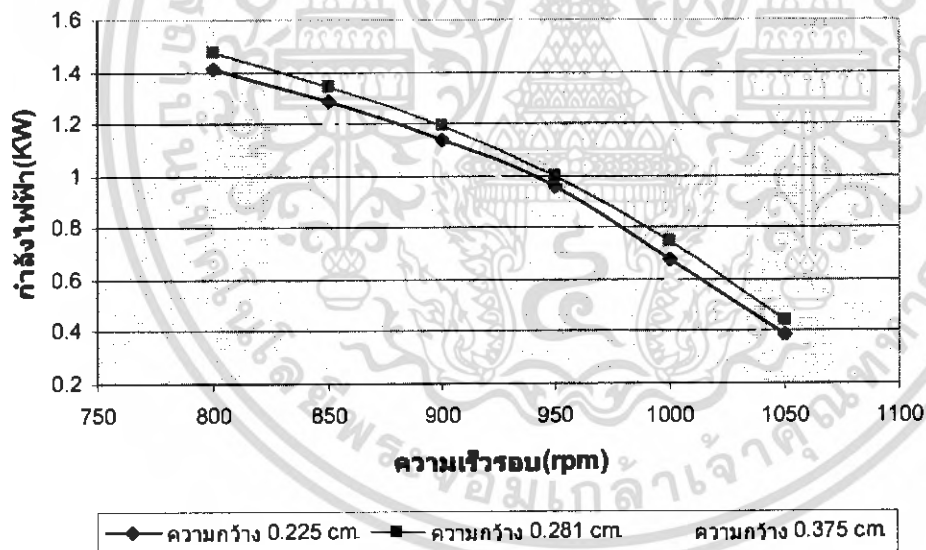


รูปที่ 7-42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

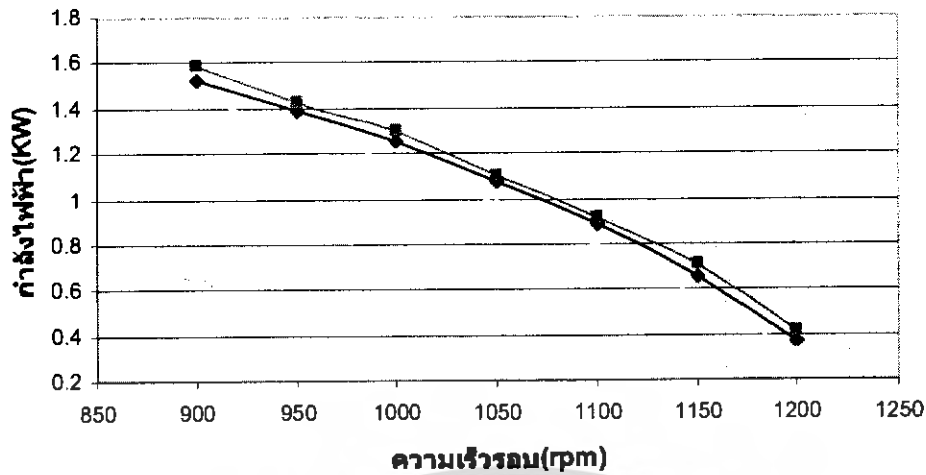


รูปที่ 7-43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm)



รูปที่ 7-44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

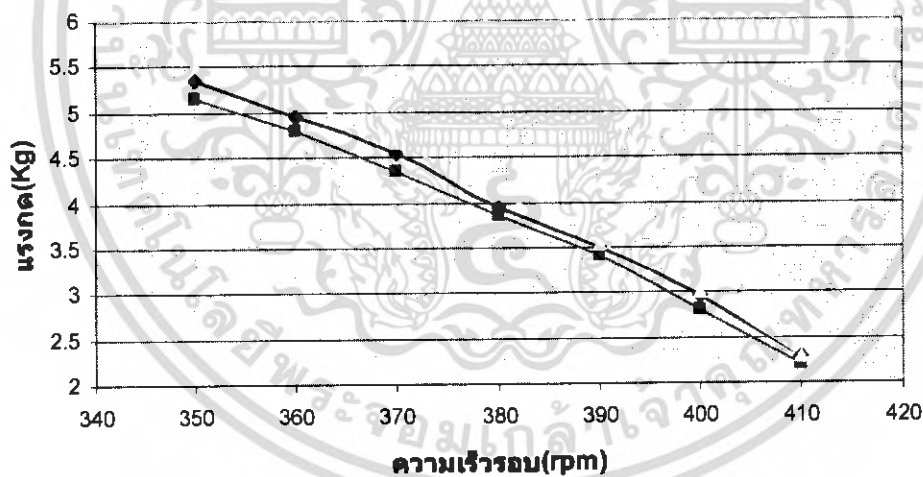
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



—●— ความกว้าง 0.225 cm. —■— ความกว้าง 0.281 cm. —▲— ความกว้าง 0.375 cm.

รูปที่ 7-45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

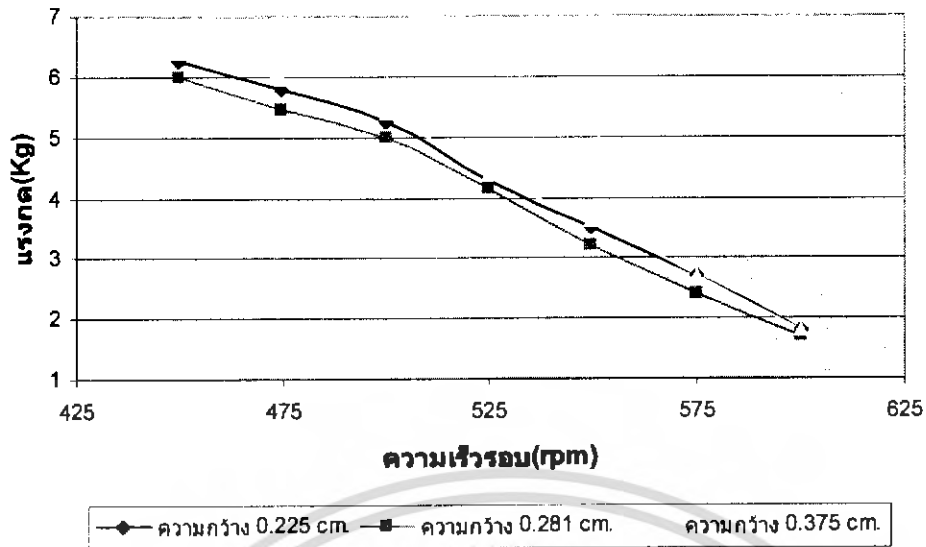
2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด



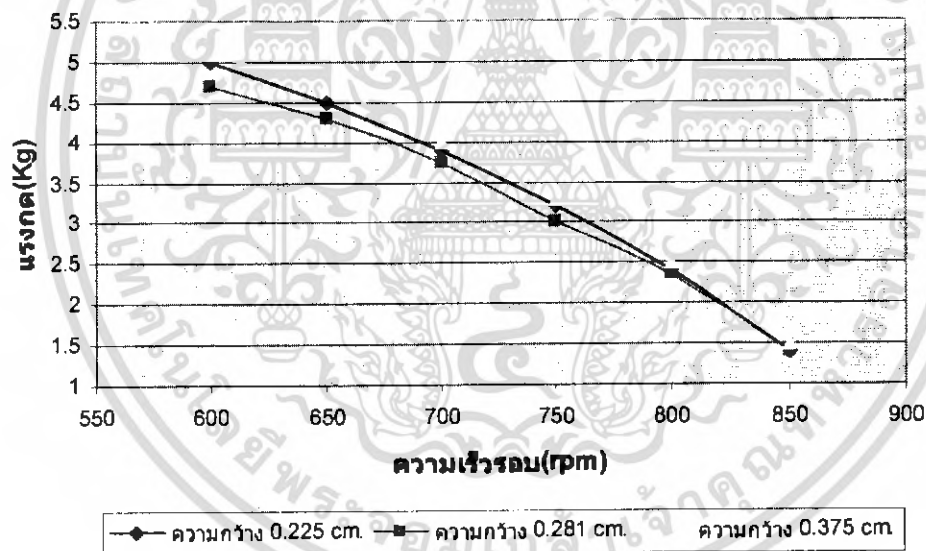
—●— ความกว้าง 0.225 cm. —■— ความกว้าง 0.281 cm. —▲— ความกว้าง 0.375 cm.

รูปที่ 7-46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

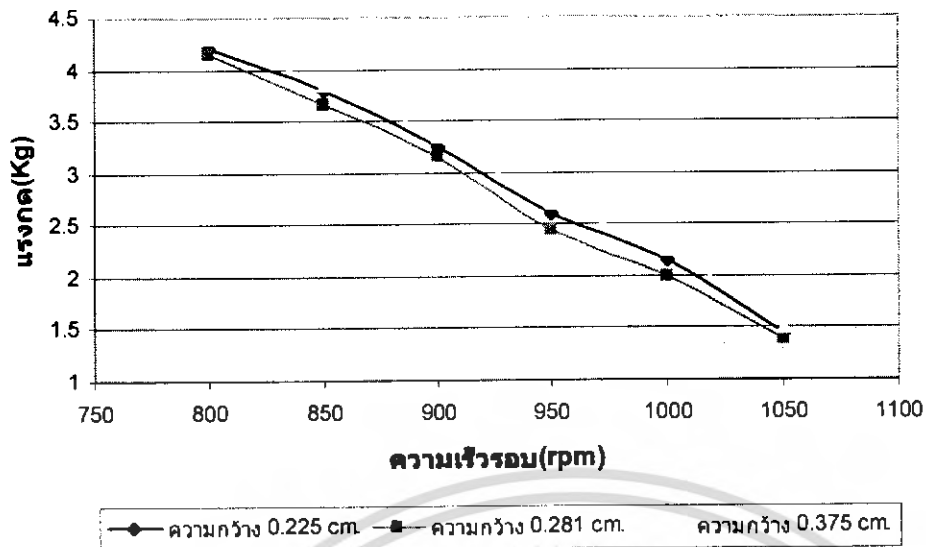


รูปที่ 7-47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

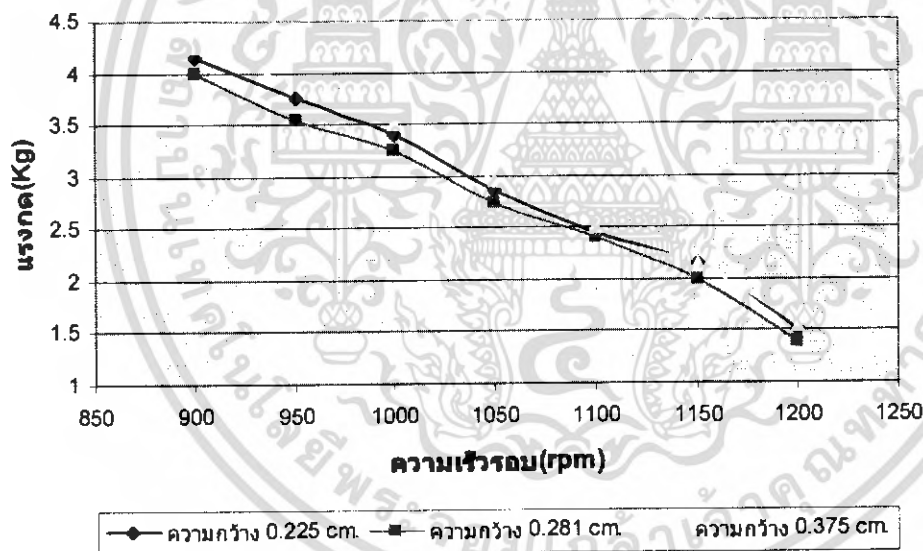


รูปที่ 7-48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



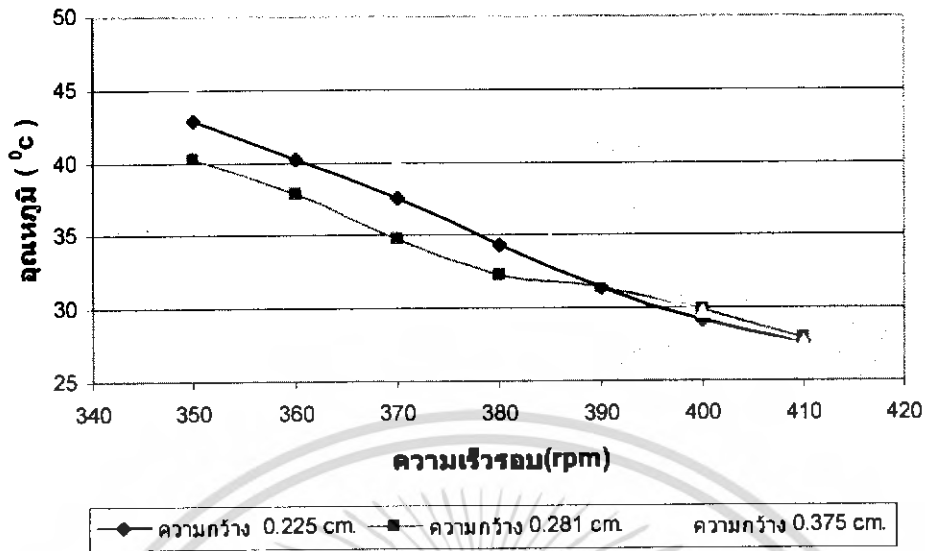
รูปที่ 7-49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)



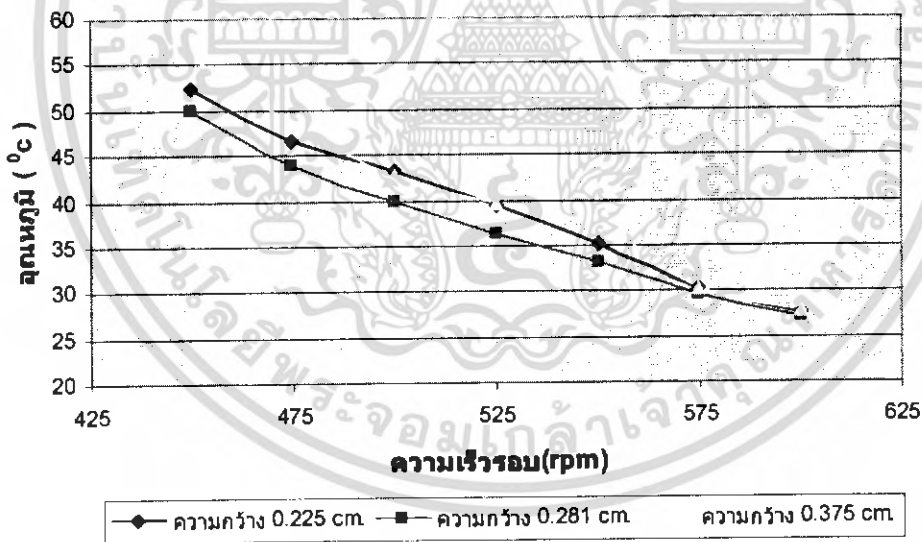
รูปที่ 7-50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ

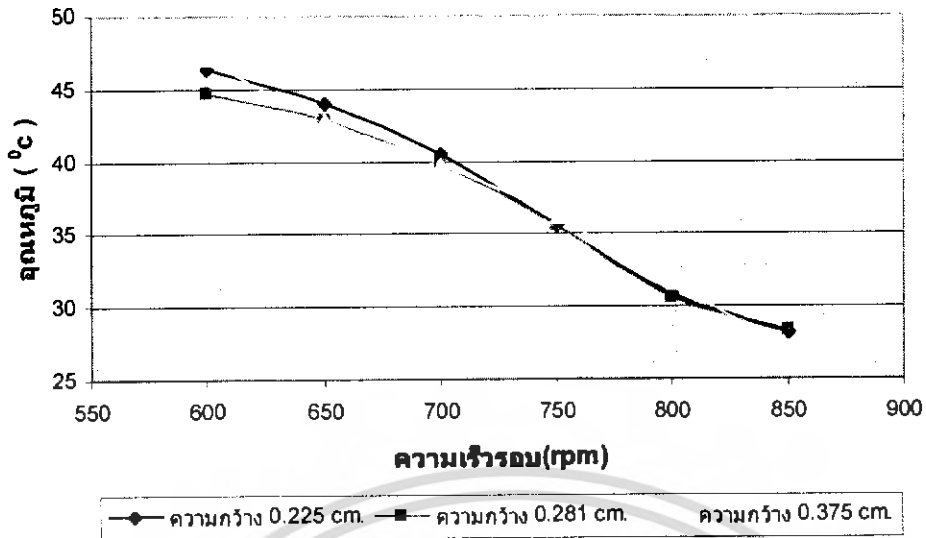


รูปที่ 7-51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

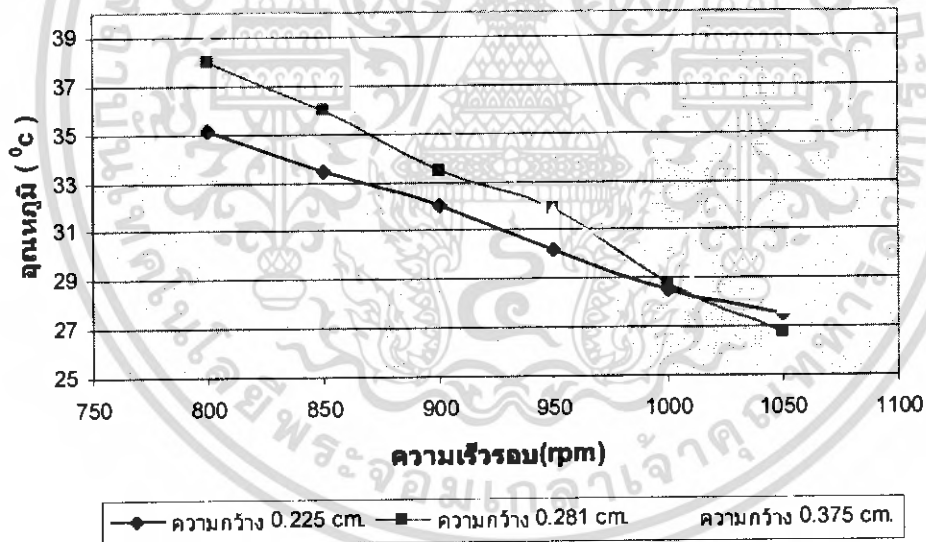


รูปที่ 7-52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

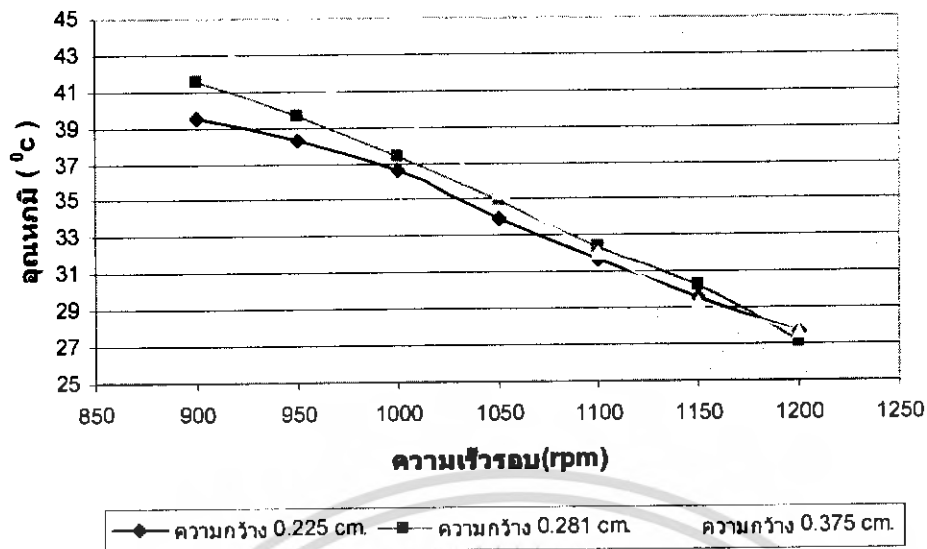


รูปที่ 7-53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm)



รูปที่ 7-54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

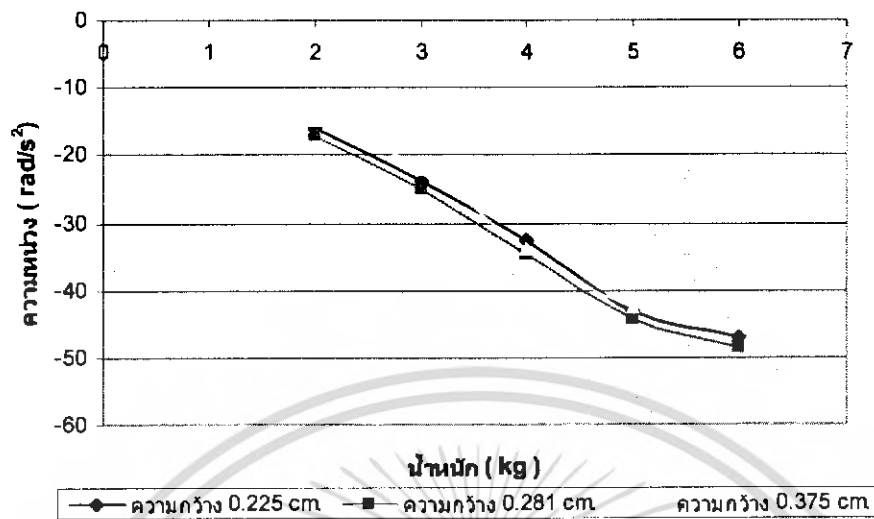


รูปที่ 7-55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

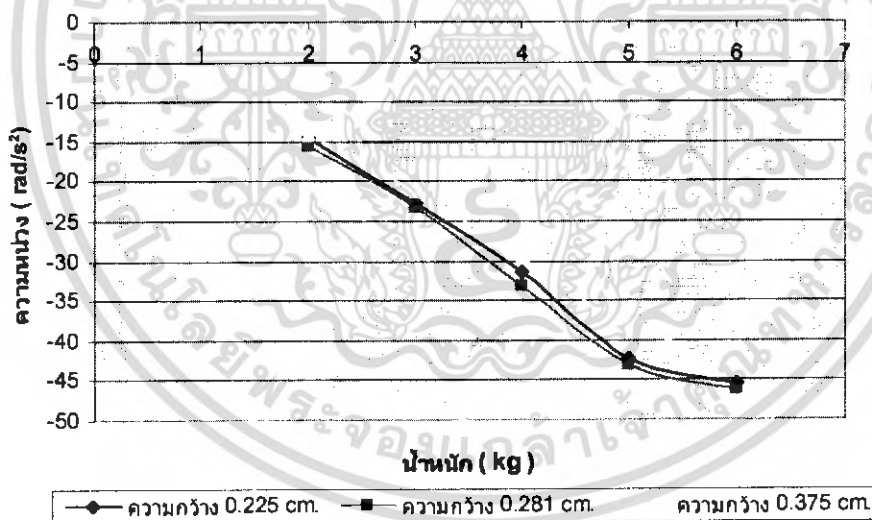
จากการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จากมอเตอร์ เพื่อหาขนาดความกว้างของลายเฉียง  
แนวโน้มของการทดลองดังนี้

1. จากผลการทดลองจะสังเกตได้ว่าความกว้างร่องขนาดกลางเหมาะสมที่สุดสำหรับการทำลวดลาย โดยให้ค่าความฝืดมากที่สุด
2. จากผลการทดลองความกว้างร่องขนาดกลาง มีการระบายเศษผงผ้าเบรคออกจากผิวสัมผัสดีสุด และการระบายความร้อนดีสุด

## 4) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความหน่วง

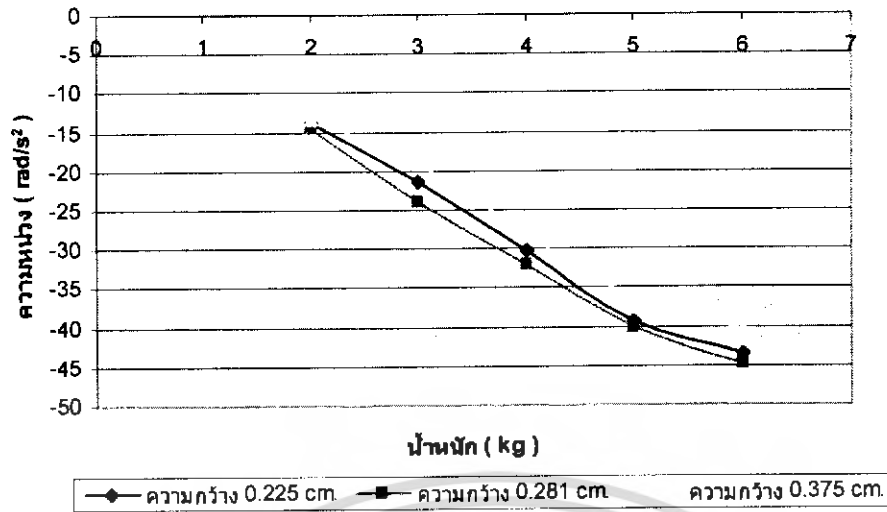


รูปที่ 7-56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

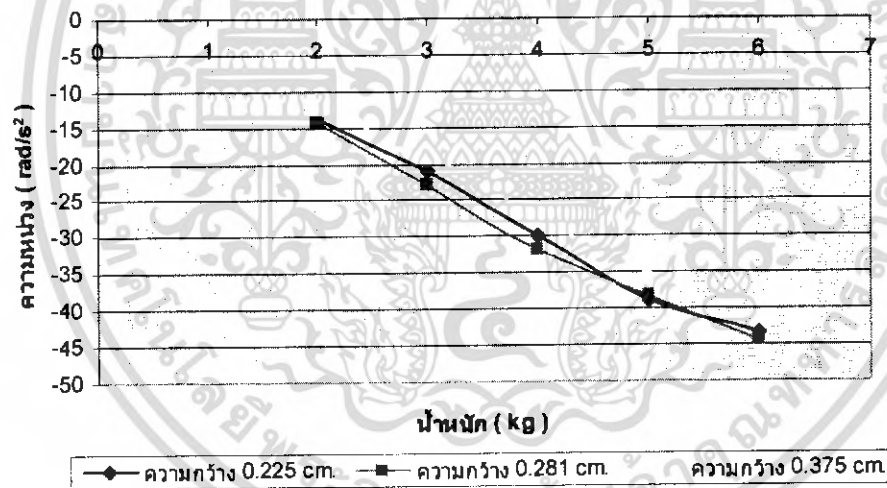


รูปที่ 7-57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

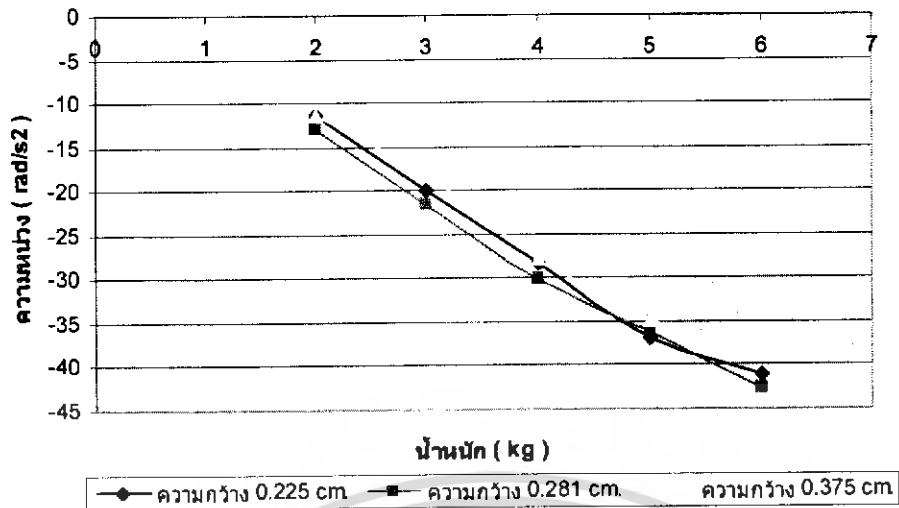


รูปที่ 7-58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm)



รูปที่ 7-59 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7-60 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก

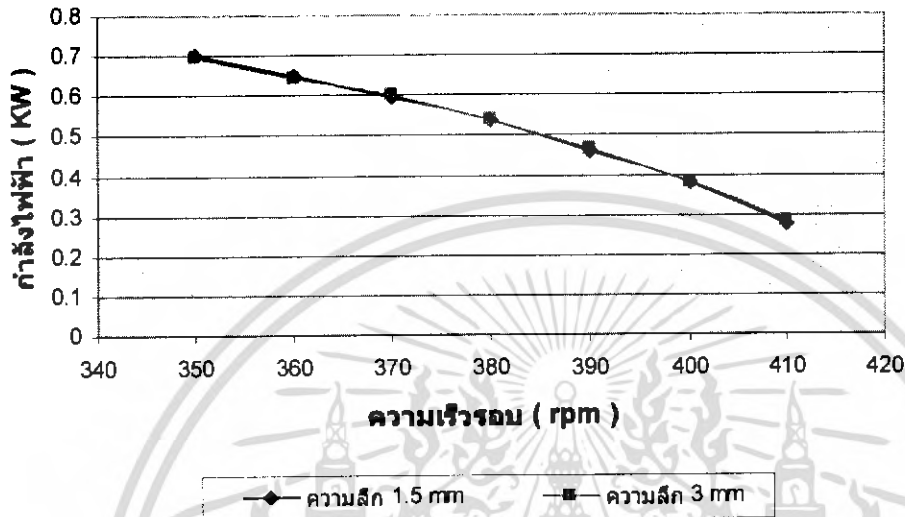
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

จากการทดลองความหน่วง โดยการใช้ล้อช่วยแรง เพื่อหาขนาดของความกว้างร่อง มีแนวโน้มของการทดลองดังนี้

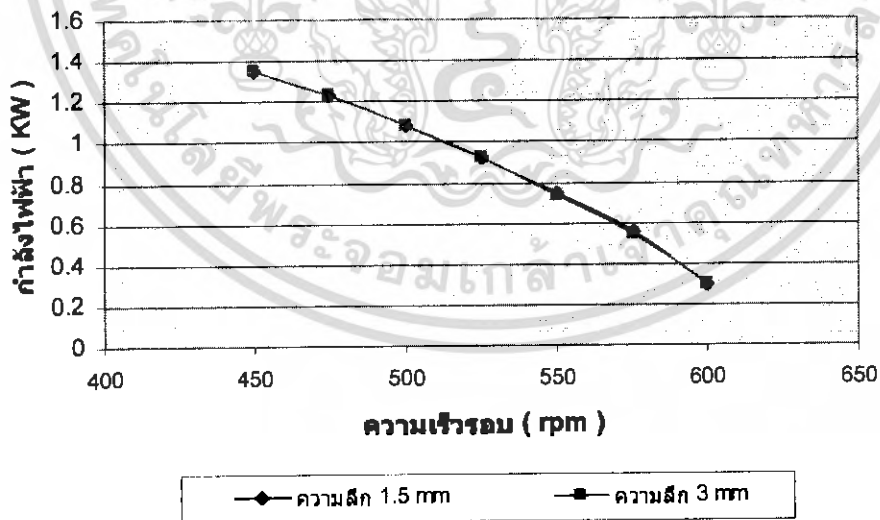
1. ผ้าเบรกลายเฉียงมุมเอียง 45 องศา แบบความกว้างร่องปานกลาง จะมีความหน่วงมากที่สุด หรือแรงเสียดทานมากที่สุด
2. ผ้าเบรกลายเฉียงมุมเอียง 45 องศา แบบความกว้างร่องมาก จะมีความหน่วงน้อยสุด หรือแรงเสียดทานน้อยสุด

### 7.1.4 ผลการทดสอบหาความลึกที่เหมาะสมของลวดลายเอียง

1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า

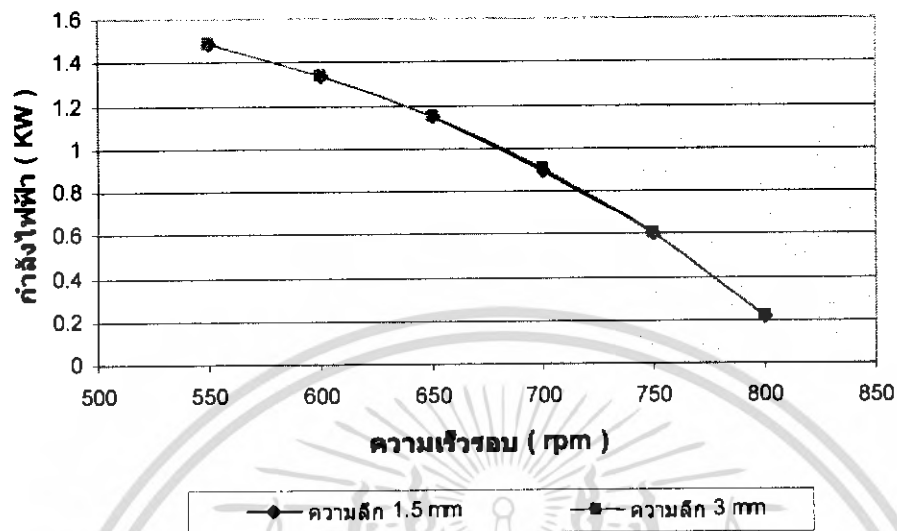


รูปที่ 7-61 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

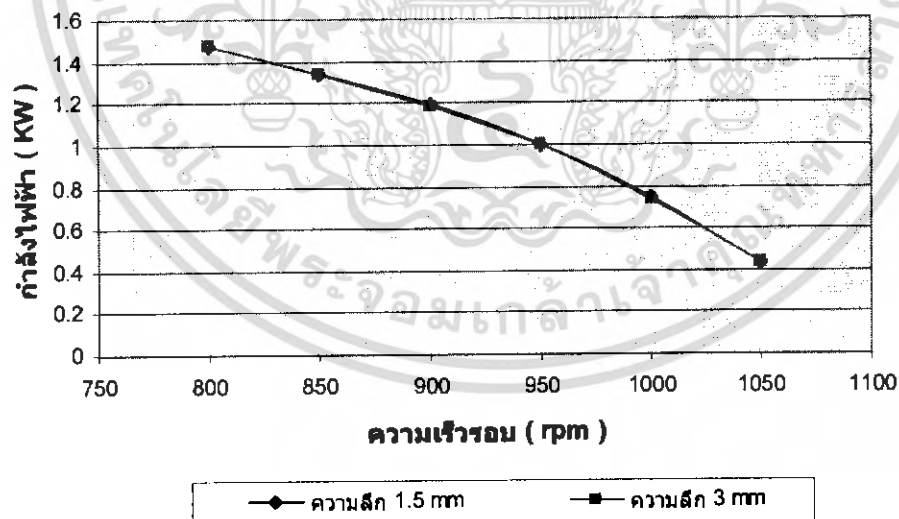


รูปที่ 7-62 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

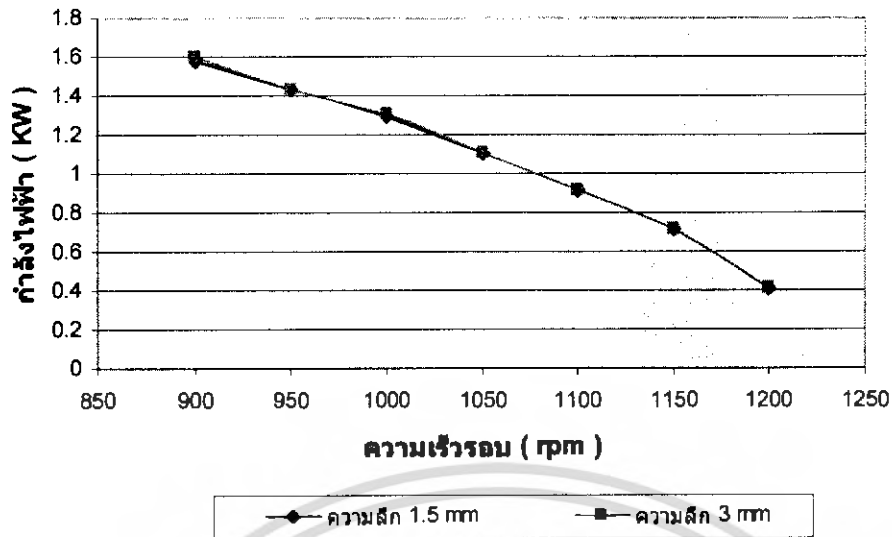


รูปที่ 7-63 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm)



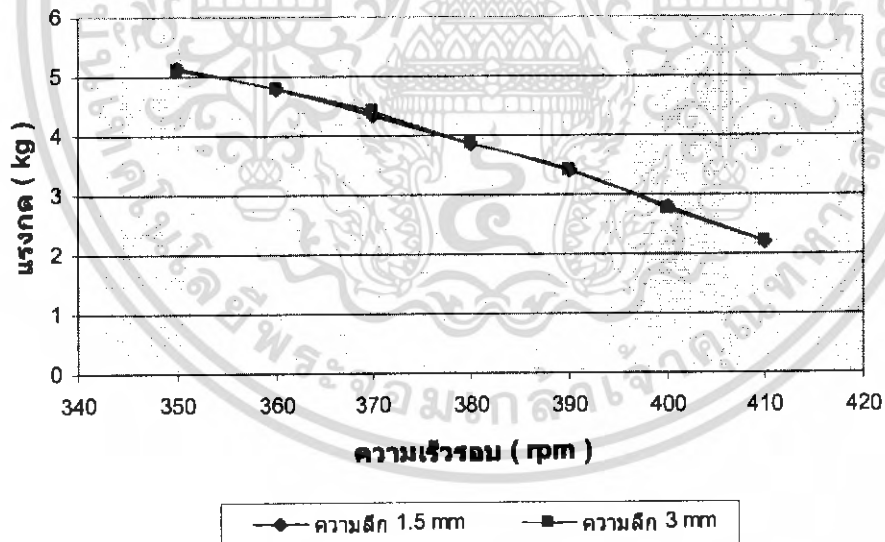
รูปที่ 7-64 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



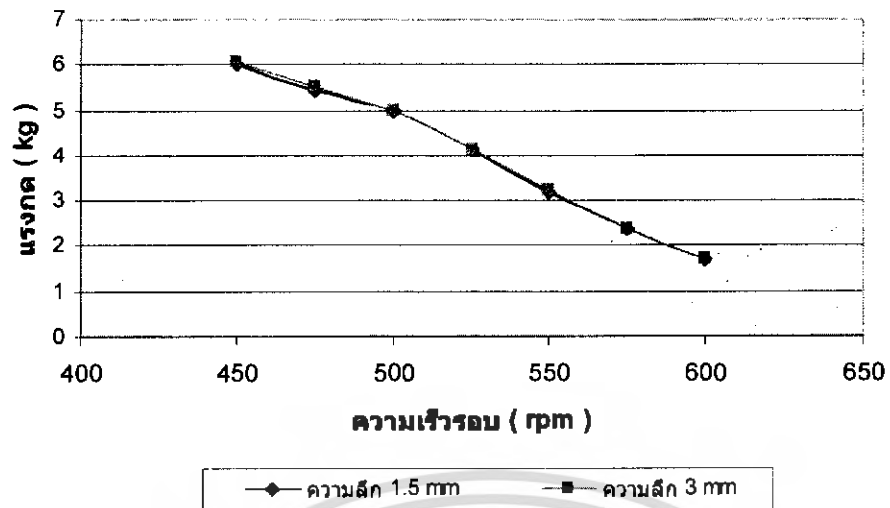
รูปที่ 7-65 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้า  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด

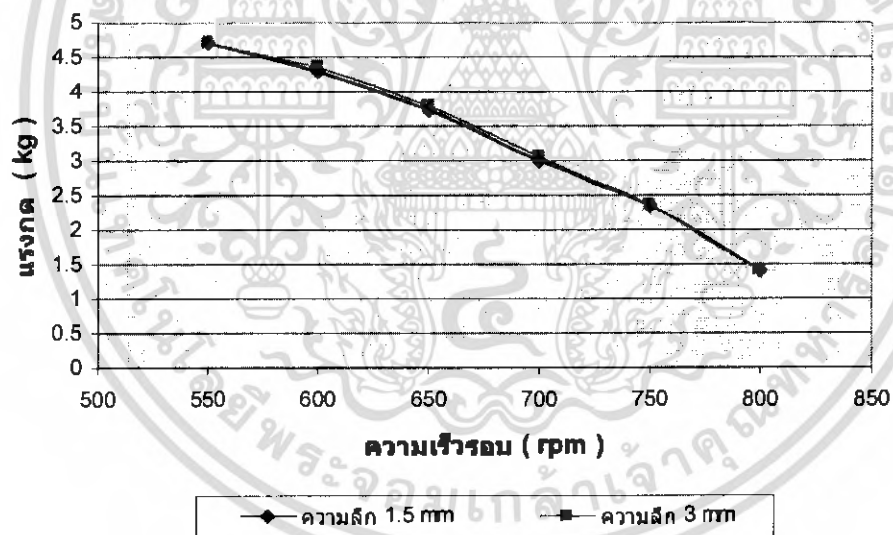


รูปที่ 7-66 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

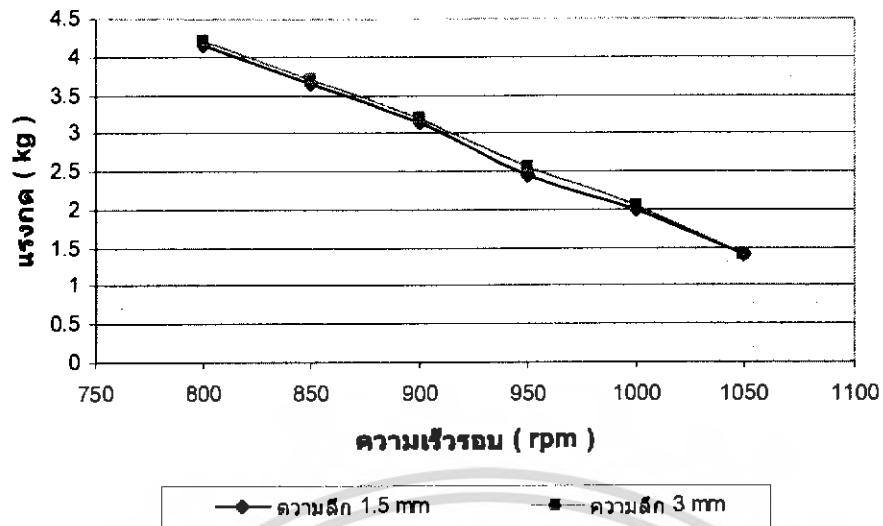


รูปที่ 7-67 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

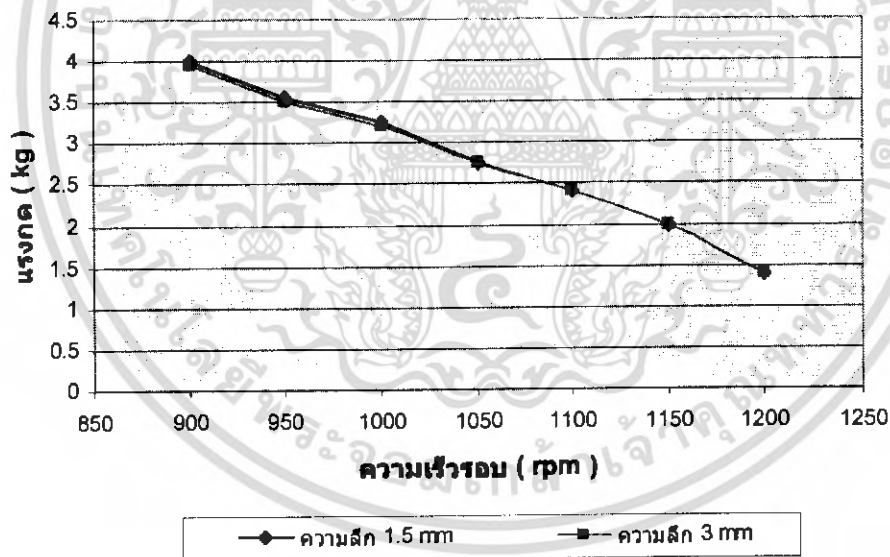


รูปที่ 7-68 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



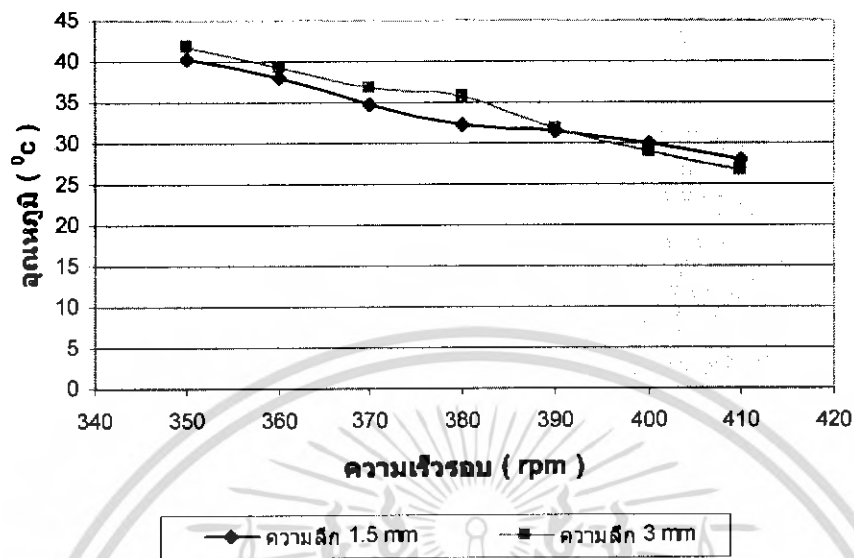
รูปที่ 7-69 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)



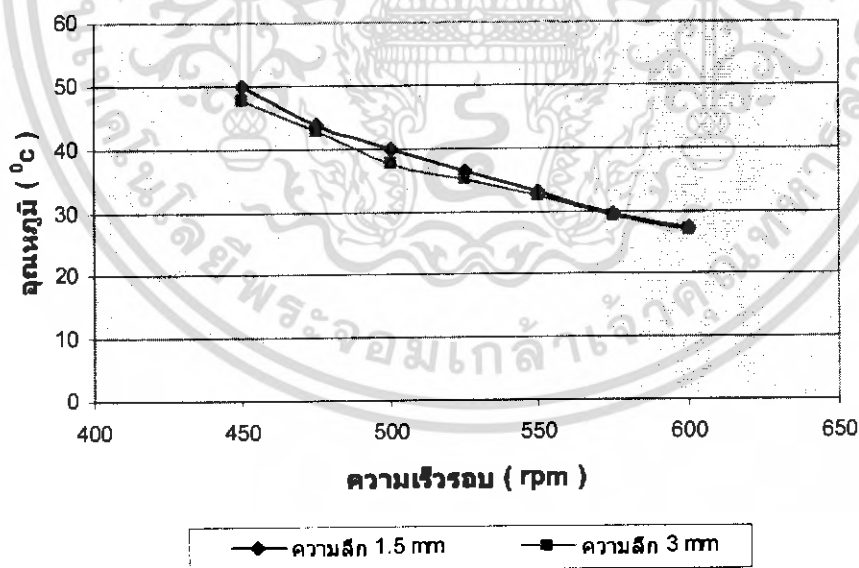
รูปที่ 7-70 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงกด  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ

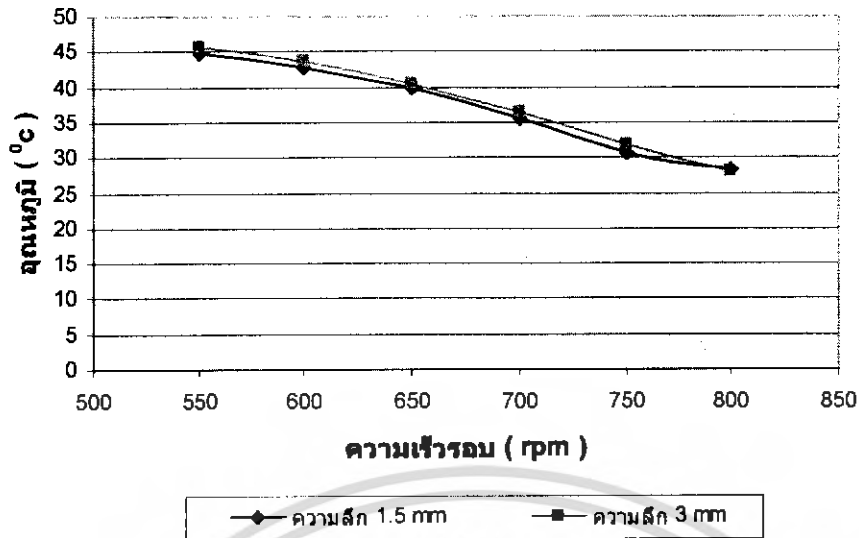


รูปที่ 7-71 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

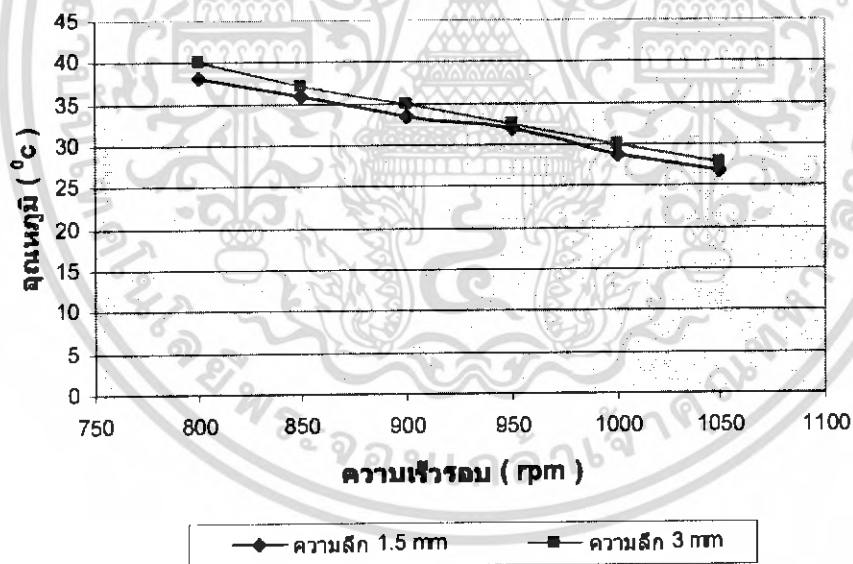


รูปที่ 7-72 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

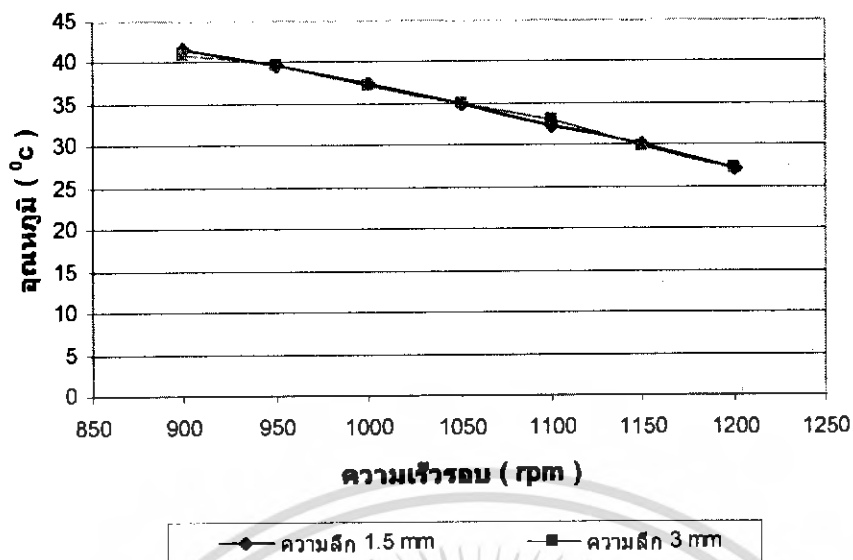


รูปที่ 7-73 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 873.4 rpm)



รูปที่ 7-74 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

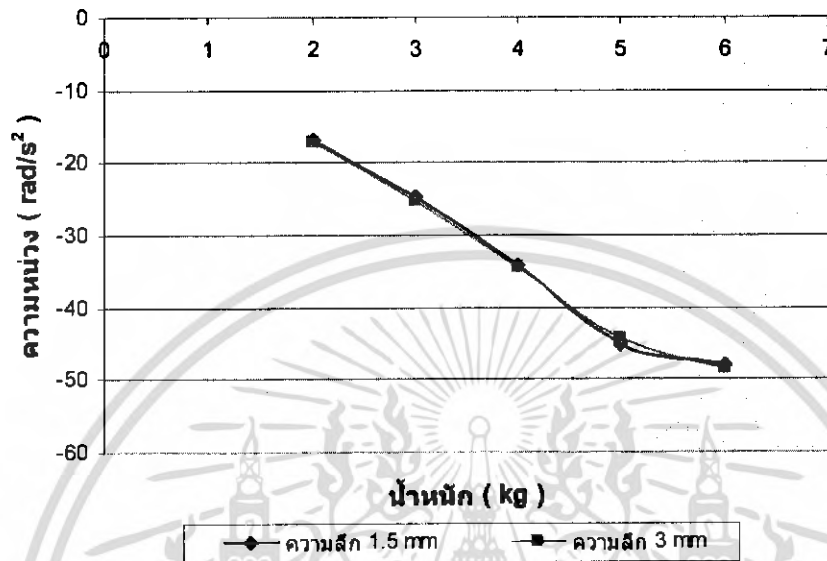


รูปที่ 7-75 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับอุณหภูมิ  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

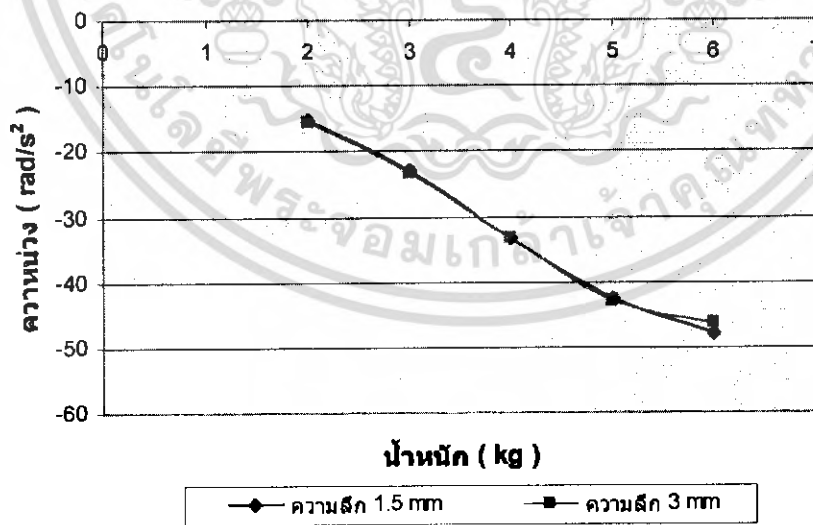
จากการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จากมอเตอร์ เพื่อหาขนาดความลึกของลายเฉียงแนวโน้มของการทดลองดังนี้

1. จากผลการทดลองจะสังเกตว่าที่ความลึกต่างกันจะให้ค่าต่าง ๆ ใกล้เคียงกันมาก
2. ความลึกของร่องผ้าเบรก แทบจะไม่มีผลต่อการระบายเศษผงผ้าเบรกออกจากผิวสัมผัส และการระบายความร้อน

4) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความหน่วง

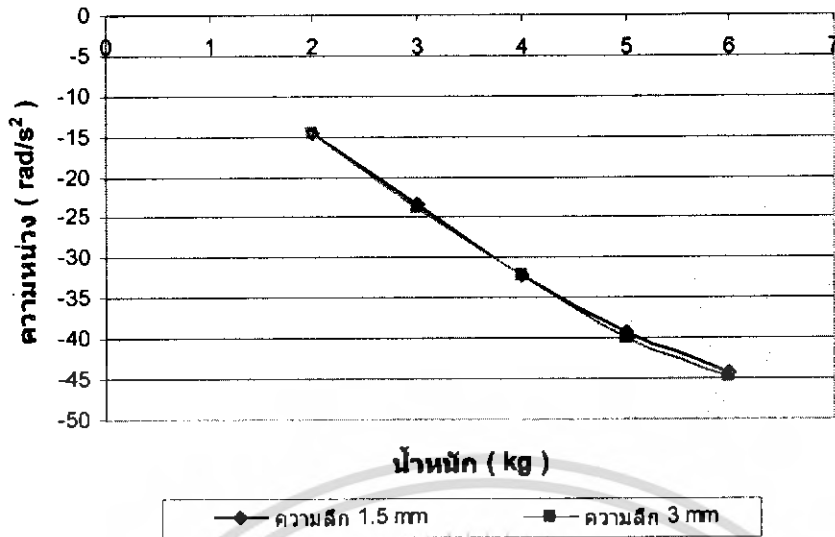


รูปที่ 7-76 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

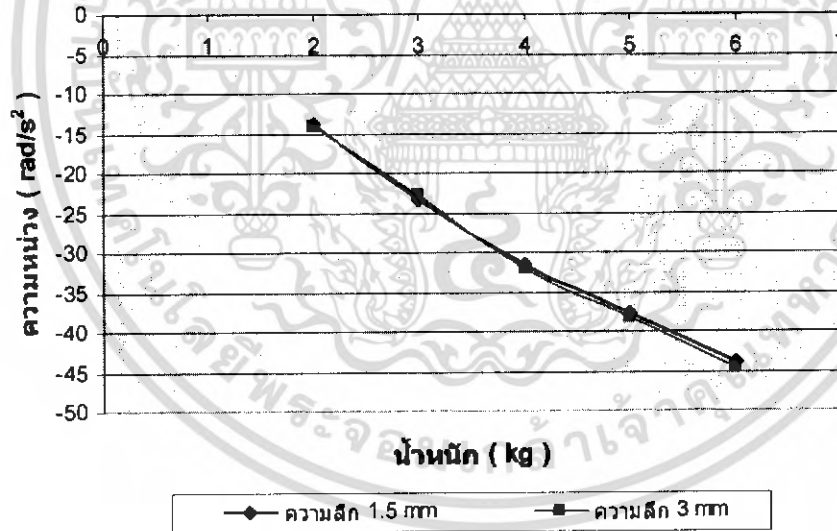


รูปที่ 7-77 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

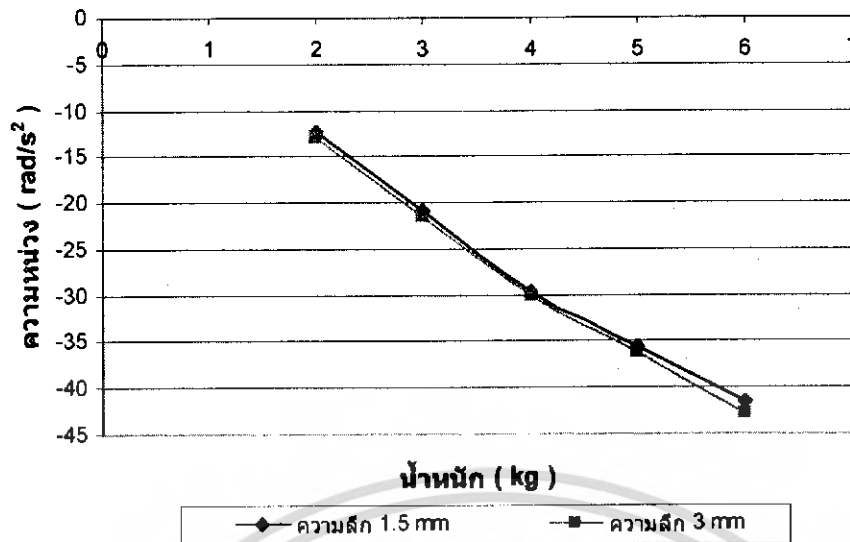


รูปที่ 7-78 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm)



รูปที่ 7-79 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

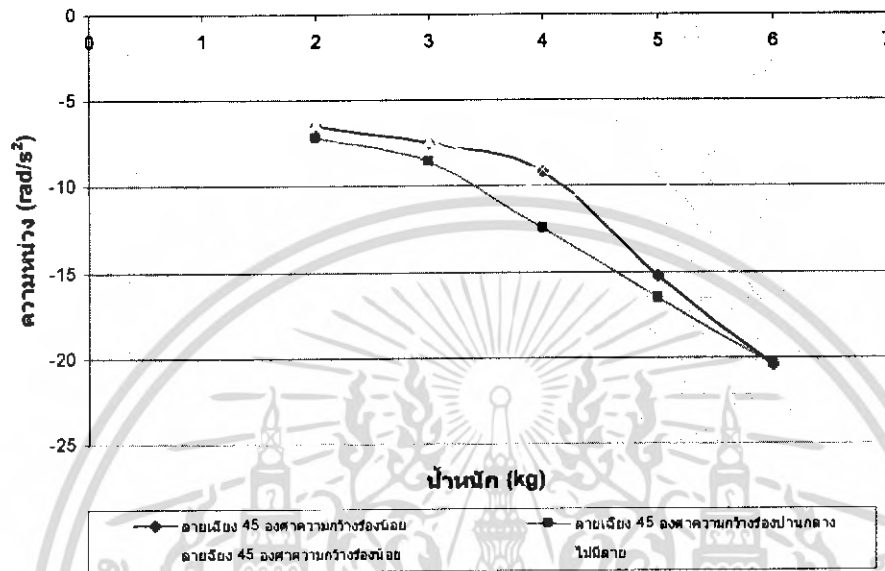


รูปที่ 7-80 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความถี่กับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

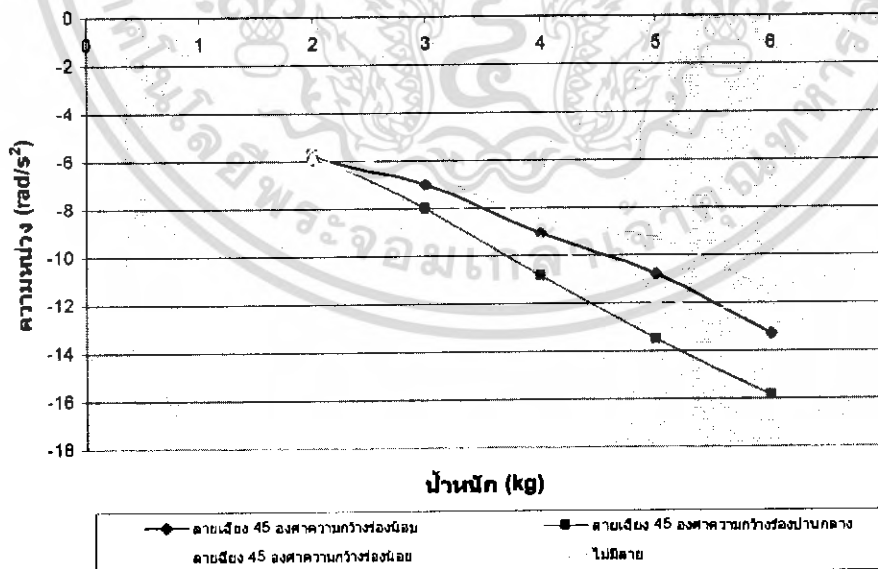
จากการทดลองความถี่ โดยการใช้ล้อช่วยแรง เพื่อหาความถี่ของสายเบรก มีแนวโน้มของการทดลองดังคือ ความถี่ของความถี่ทั้งสองค่า มีแนวโน้มใกล้เคียงกันมาก หรือ ความถี่ของสายเบรกแทบไม่มีผลต่อความถี่

## 7.2 การทดลองที่ 2 ทดลองที่สภาวะมีน้ำ

1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความหน่วง

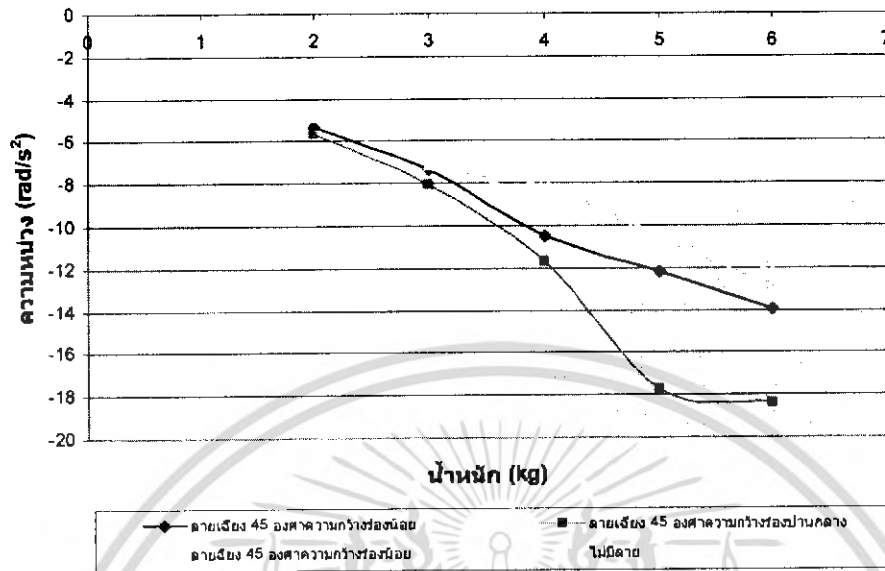


รูปที่ 7-81 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความหน่วง  
(ที่ความเร็วรอบ 425.5 rpm)

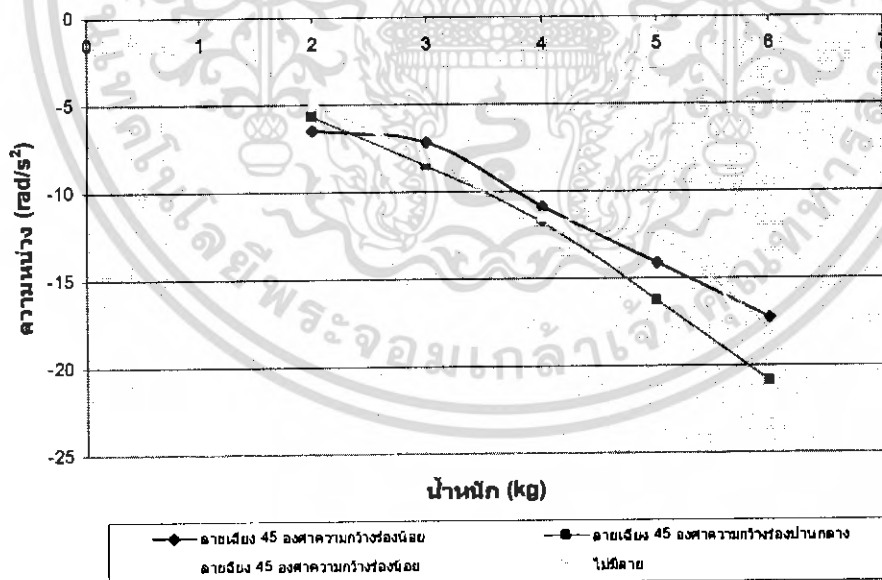


รูปที่ 7-82 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความหน่วง  
(ที่ความเร็วรอบ 620 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

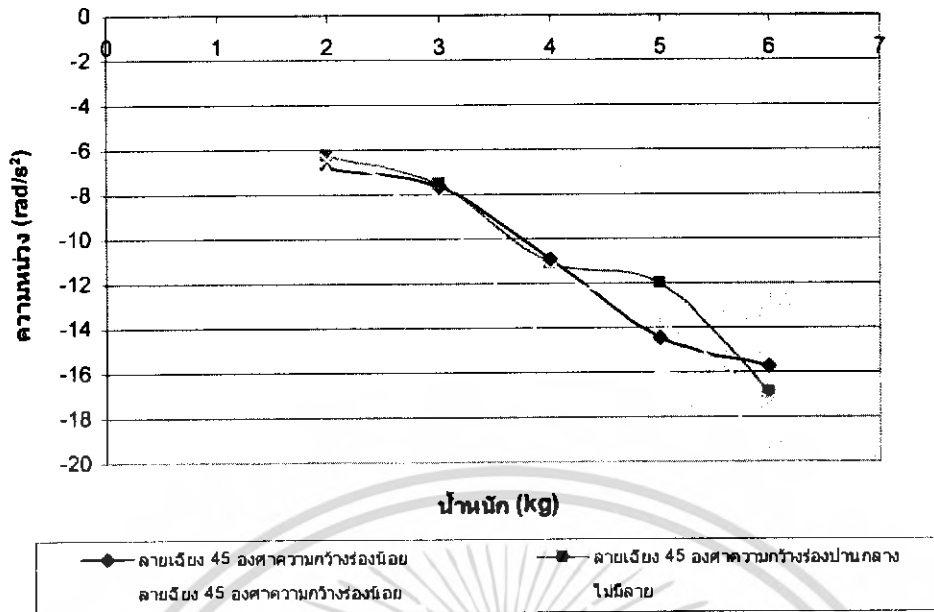


รูปที่ 7-83 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 867.2 rpm)



รูปที่ 7-84 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก  
(ที่ความเร็วรอบ 1105 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 7-85 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหน่วงกับน้ำหนัก**  
(ที่ความเร็วรอบ 1260 rpm)

จากการทดลองความหน่วง โดยการใช้ล้อช่วยแรง ในสภาวะที่ผ้าเบรกเปียกน้ำ มีแนวโน้มของการทดลองดังนี้

1. ผ้าเบรกลายเฉียงมุมเอียง 45 องศา แบบความกว้างร่องปานกลาง จะมีความหน่วงมากที่สุด หรือแรงเสียดทานมากที่สุด แสดงว่ามีการระบายน้ำออกได้ดีที่สุด
2. ผ้าเบรกลายเฉียงมุมเอียง 45 องศา แบบความกว้างร่องน้อย และผ้าเบรกแบบไม่มีลวดลายจะให้ความหน่วงใกล้เคียงกัน ซึ่งจะให้ความหน่วงน้อยที่สุด แสดงว่ามีการระบายน้ำออกไม่ดี

### 7.3 สรุปผลการทดลอง

1. ผ้าเบรกลายเฉียง เมื่อทำการทดลองแล้วจะมีค่าความฝืดมากกว่าผ้าเบรกชนิดอื่นที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสเท่ากัน และมากกว่าแบบไม่มีลวดลายมาตรฐานที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า ซึ่งแสดงว่าผ้าเบรกลายเฉียงจะมีประสิทธิภาพในการเบรกที่ดี
2. จากการทดลองพบว่าผ้าเบรกลายเฉียงมุมเอียง 45 องศา จะมีประสิทธิภาพในการเบรกสูงกว่าผ้าเบรกลายเฉียงมุมเอียงอื่น ๆ และผ้าเบรกลายเฉียงมุมเอียง 45 องศาแบบความกว้างร่องปานกลางจะมีประสิทธิภาพในการเบรกสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าเบรกลายเฉียงมุมเอียง 45 องศาแบบความกว้างร่องขนาดอื่น ๆ
3. จากการทดลองในการหามุมเอียง ผ้าเบรกจะมีประสิทธิภาพมากสุดในช่วงประมาณ 45 องศา และประสิทธิภาพจะค่อย ๆ ลดลง เมื่อมุมเอียงมากกว่า 45 องศา และน้อยกว่า 45 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผ้าเบรกลายเฉียดงมูมเอียง 45 องศาแบบความกว้างร่องปานกลาง มีการระบายเศษผงผ้าเบรก และมีการระบายความร้อนได้ดี

5. ผ้าเบรกที่มีการทำลวดลายเฉียดงมูมเอียง 45 องศาความกว้างร่องปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับ ผ้าเบรกที่ไม่มีการทำลวดลายมีประสิทธิภาพดีขึ้น 16.22 เปอร์เซ็นต์

6. ความสึกของร่องผ้าเบรก แทบจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการเบรก

7. ในสภาวะที่ผ้าเบรกเปียกน้ำ ผ้าเบรกลายเฉียดงมูมเอียง 45 องศาความกว้างร่องปานกลาง และ ความกว้างร่องมาก มีการระบายน้ำออกได้ดี แต่แนวโน้มจากการทดลอง พบว่าผ้าเบรกลายเฉียดงมูมเอียง 45 องศาความกว้างร่องปานกลาง จะระบายน้ำได้ดีกว่า

#### 7.4 การนำผลศึกษาไปใช้ประโยชน์และพัฒนาต่อไป

1. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพผ้าเบรกให้มากขึ้น โดยการทำลวดลายที่เหมาะสมเพื่อช่วยระบาย เศษผงบนหน้าสัมผัส
2. สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบลวดลายบนผ้าเบรกที่เหมาะสมกับผ้าเบรกชนิดและ ขนาดต่าง ๆ
3. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผ้าเบรกปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษา และการพัฒนาผ้าเบรกต่อไปในอนาคต

#### 7.5 ข้อเสนอแนะและวิจารณ์

1. ควรใช้เครื่องมือวัดอัตโนมัติเพื่อลดความผิดพลาดจากการวัดค่าโดยบุคคล
2. เพื่อให้ค่าผลการทดลองที่มีความละเอียดสูงขึ้นควรใช้เครื่องมือวัดที่มีความสามารถในการวัด ค่าที่มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บรรณานุกรม

- [1] จ่านง ถนอม, “ระบบเบรกรถยนต์”, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ
- [2] ศ.ดร. วรวิทย์ อึ้งภารกรณ์ และ รศ. ชาญ ถนังงาน, “การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1”, บริษัทซีเอ็ด ยูเทค จำกัด
- [3] รศ. ชีรยุทธ สุวรรณทีป, “วิศวกรรมยานยนต์”, กรุงเทพฯ: วิทพัฒนา
- [4] Frank C. Deratol, “Automotive Brake”, MC Graw Hill
- [5] Jack Erjavec, “Automotive Technology”, Thomson Delmar Learning



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้