สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
ลำดับสัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขต	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 งบประมาณที่ใช้	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ใบมีดจอบหมุนพรวนดิน	4
2.2สเตรนเกจ เครื่องมือวัดแรงและโมเมนต์	8
บทที่ 3 การออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลองและเครื่องมือวัด	
3.1 การออกแบบและการรสร้างชุดทดลองกระบะทรายแห้ง	16
3.2 ลักษณะของ DEOR ที่ใช้ในการทดลอง	25
บทที่ 4 การสอบเทียบเครื่องมือวัดและการทดลอง	
4.1 ระบบเก็บข้อมูล	27
4.2 วิธีการสอบเทียบ DEOR	28
4.3 Proximity switch	**36**
4.4 การปรับตั้งรอบหมุนของใบมีด	**37**
4.5 ลักษณะของใบมีดที่ใช้ในการทดลอง	**38**
4.6 องศาการหมุนของใบมีดที่ตัดดิน	**41**

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.7 การออกแบบการทดลอง	**41**
4.8 วิธีการทดลอง	**41**
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	
5.1 การตรวจพินิจลักษณะแรงต้านทานลัพธ์ที่มีผลต่อการสึกรอของใบมีด	45
5.2 ผลการทดลอง	46
5.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง	60
บทที่ 6 บทสรุป และข้อเสนอแนะ	
6.1 บทสรุป	65
6.2 ปัญหาที่พบในการทำการ ทดลอง	65
6.3 ข้อเสนอแนะ	65
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก แบบ (Drawing)	68
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน	101

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงาน	2
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และความเร็วรอบ	37
4.2 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ และ ลักษณะของแรงที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน ทั้ง 2 แบบ	40
4.3 ข้อมูลจำเพาะของใบมีดจอบหมุนทั้งสองรูปแบบ	40
4.4 องศาของการหมุนของใบมีดที่ตัดดิน	41

สารบัญรูปภาพ

รูป	หน้า
2.1 ลักษณะของใบมีดชนิดตัวเอล	4
2.2 ลักษณะของใบมีดแบบผสม	5
2.3 ลักษณะของใบมีดแบบผสม	5
2.4 ลักษณะการเคลื่อนที่ของใบมีด	6
2.5 เตรนเกจที่มีโครงสร้างเป็นโลหะ schematic (ก.) และ actual (ข.)	8
2.6 ลักษณะของ EOR	9
2.7 ลักษณะการเสียรูปของ EOR เนื่องจากแรง และ โมเมนต์	9
2.8 แสดงลักษณะของ Double Extended Octagonal Ring (DEOR)	10
2.9. (ก.) แสดงทิศทางของแรงกด F_p ที่มีความเครียดมากที่สุดกระทำกับ DEOR (ข.) แสดงทิศทางของแรงเฉือน F_i ที่มีความเครียดมากที่สุดกระทำกับ DEOR (ค.) แสดงทิศทางของแรงด้านข้าง F_sที่มีความเครียดมากที่สุดกระทำกับ DEOR	11
2.10 แสดงลักษณะของ Double Extended Octagonal Ring (DEOR)	11
2.11 แสดงวงจรการติดสเตรนเกจ	12
2.12 วงจรบริดจ์แบบใช้สเตรนเกจ 4 ตัว	13
2.13 วงจร Wheatstone bridge	14
3.1 ชุดต้นกำลัง	16
3.2 มอเตอร์ขับเคลื่อนรถ	18
3.3 ชุดเพลาขับเคลื่อนตัวรถ	18
3.4 การเคลื่อนที่ของตัวรถ	18
3.5 มอเตอร์ขับชุดใบมีด	20
3.6 ชุดสเตอร์ทดรอบชุดขับใบมีด	20
3.7 ชุดเพลาขับใบมีด	21
3.8 กระบะบรรจุทราย	21
3.9 ลางเลื่อนถังบรรจุทราย	22
3.10 ตัวรถขับใบมีด	22
3.11 ลูกกลิ้งดันสายพาน	23
3.12 ชุดตึงโซ่	23

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
3.13 แสดงการทำงานของชุดตึงโซ่	24
3.14 สเตอร์สำหรับ Proximity switch	24
3.15 ลักษณะของ DEOR	25
3.16 แสดงวงจรการติดสเตรนเกจของ DEOR ที่ใช้ในการทดลอง	25
3.17 ตำแหน่งการติดสเตรนเกจ	26
4.1 ระบบการเก็บข้อมูล	27
4.2 แสดงการสอบเทียบ DEOR	28
4.3 การสอบเทียบแรงกระทำในแนวระดับ	29
4.4 ผลการสอบเทียบแรงกระทำในแนวระดับโดยการเพิ่มน้ำหนักและลดน้ำหนัก	29
4.5 การสอบเทียบแรงกระทำในแนวระดับ	30
4.6 ผลของแรงกระทำในแนวระดับต่อแรงกระทำด้านข้างและแรงในแนวดิ่ง	30
4.7 แรงในแนวระดับที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนพรวนดินที่องศาต่างๆ	31
4.8 การสอบเทียบแรงกระทำในแนวดิ่ง	31
4.9 ผลการสอบเทียบแรงกระทำในแนวดิ่งโดยการเพิ่มน้ำหนักและลดน้ำหนัก	32
4.10 การสอบเทียบแรงกระทำในแนวดิ่ง	32
4.11 แรงในแนวดิ่งที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนพรวนดินที่องศาต่างๆ	33
4.12 การสอบเทียบแรงกระทำด้านข้าง	33
4.13 ผลการสอบเทียบแรงกระทำด้านข้างโดยการเพิ่มน้ำหนักและลดน้ำหนัก	34
4.14 การสอบเทียบแรงกระทำด้านข้าง	34
4.15 ผลของแรงกระทำด้านข้างต่อแรงกระทำในแนวดิ่งและแรงในแนวระดับ	35
4.16 แรงด้านข้างที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนพรวนดินที่องศาต่างๆ	36
4.17 การติดตั้ง Proximity switch	36
4.18 การปรับตั้งรอบหมุนของใบมีด	37
4.19 ลักษณะของใบมีดชนิดตัวแอล	38
4.20 ลักษณะของใบมีดแบบผสม	39
4.21 การติดใบมีดกับ DEOR	41
4.22 การปรับระยะความลึกของใบมีด	42
4.23 การปรับระดับทรายในกระบะให้เรียบสม่ำเสมอ	42

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.24 การปรับตั้งตำแหน่งศูนย์องศาโดยให้ปลายลึกสุดของใบมีดให้ตรงกับศูนย์กลางของเพลาใน แนวระดับ	**43**
4.25 อุปกรณ์วัดองศาการหมุนของใบมีด	43
4.26 ตั้งรอบของใบมีดให้มีความเร็วรอบตามที่กำหนดโดยใช้ Inverter	43
4.27 จับเวลาจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้าย	44
5.1 ลักษณะการสึกหรอของใบมีดแบบผสม (Mixed-blade)	45
5.2 ลักษณะการสึกหรอของใบมีดแบบตัวแอล (L-blade)	45
5.3 แสดงแรงกระทำในแนวระดับ และแรงกระทำด้านข้าง ที่มากระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบตัวแอล	46
5.4 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำแนวระดับที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอลที่ความลึกของใบมีดเท่ากับ 5 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 50 , 60 และ 70 รอบต่อนาที	46
5.5 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในแนวระดับที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอลที่ความลึกของใบมีดเท่ากับ 7 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 50 , 60 และ 70 รอบต่อนาที	47
5.6 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในแนวระดับที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอลที่ความลึกของใบมีดเท่ากับ 9 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 50 , 60 และ 70 รอบต่อนาที	47
5.7 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในแนวระดับที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอลที่ความเร็วรอบของใบมีดเท่ากับ 50 รอบต่อนาที ที่ความลึกในการตัดทรายของใบมีด 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร	48
5.8 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในแนวระดับที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอลที่ความเร็ว รอบของใบมีดเท่ากับ 60 รอบต่อนาที ที่ความลึกในการตัดดินของใบมีด 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร	49
5.9 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในแนวระดับที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอลที่ความเร็วรอบของใบมีดเท่ากับ 70 รอบต่อนาที ที่ความลึกในการตัดดินของใบมีด 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร	**49**

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
5.10 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอล ที่ความลึกของใบมีด เท่ากับ 5 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 50 , 60 และ 70 รอบต่อนาที	50
5.11 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอล ที่ความลึกเท่ากับ 7 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 50 , 60 และ 70 รอบต่อนาที	51
5.12 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอลที่ ความลึกของใบมีด เท่ากับ 9 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 50 , 60 และ 70 รอบต่อนาที	51
5.13 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอลที่ ความเร็วรอบของใบมีดเท่ากับ 50 รอบต่อนาที ที่ความลึกในการตัดทราย ของใบมีด 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร	52
5.14 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอลที่ ความเร็วรอบของใบมีดเท่ากับ 60 รอบต่อนาที ที่ความลึกในการตัดทราย ของใบมีด 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร	52
5.15 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอลที่ ความเร็วรอบของใบมีดเท่ากับ 70 รอบต่อนาที ที่ความลึกในการตัดทราย ของใบมีด 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร	53
5.16 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในแนวระดับที่กระทำกับใบมีดแบบผสมที่ ความลึกของใบมีด 5 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 50 , 60 และ 70 รอบต่อนาที	54
5.17 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในแนวระดับที่กระทำกับใบมีดแบบผสมที่ ความลึกของใบมีด 7 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 50 , 60 และ 70 รอบต่อนาที	54
5.18 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในแนวระดับที่กระทำกับใบมีดแบบผสมที่ ความลึกของใบมีด 9 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 50 , 60 และ 70 รอบต่อนาที	55
5.19 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในแนวระดับที่กระทำกับใบมีดแบบผสมที่ ความเร็วรอบของใบมีด 50 รอบต่อนาที ที่ความลึกในการตัดดินของ ใบมีด 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร	55

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
5.20 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในแนวระดับที่กระทำกับใบมีดแบบผสมที่ความเร็วรอบของใบมีด 60 รอบต่อนาที ที่ความลึกในการตัดดินของใบมีด 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร	56
5.21 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในแนวระดับที่กระทำกับใบมีดแบบผสมที่ความเร็วรอบของใบมีดเท่ากับ 70 รอบต่อนาที ที่ความลึกในการตัดดินของใบมีด 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร	56
5.22 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบผสมที่ความลึกของใบมีดเท่ากับ 5 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 50 , 60 และ 70 รอบต่อนาที	57
5.23 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบผสมที่ความลึกของใบมีดเท่ากับ 7 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 50 , 60 และ 70 รอบต่อนาที	57
5.24 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบผสมที่ความลึกของใบมีดเท่ากับ 9 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 50 , 60 และ 70 รอบต่อนาที	58
5.25 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบผสมที่ความเร็วรอบของใบมีดเท่ากับ 50 รอบต่อนาที ที่ความลึกในการตัดดินของใบมีด 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร	58
5.26 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบผสมที่ความเร็วรอบของใบมีดเท่ากับ 60 รอบต่อนาที ที่ความลึกในการตัดดินของใบมีด 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร	59
5.27 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบผสมที่ความเร็วรอบของใบมีดเท่ากับ 70 รอบต่อนาที ที่ความลึกในการตัดดินของใบมีด 5 , 7 และ 9 เซนติเมตร	59
5.28 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอล (L-shaped blade) ที่ความเร็วรอบต่างกัน	60
5.29 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในด้านข้างที่กระทำกับใบมีดแบบตัวแอล (L-shaped blade) ที่ความลึกต่างกัน	61

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
5.30 แสดงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของใบมีดกับระยะความลึกของใบมีดแบบตัวแอล (L-shaped blade)	61
5.31 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในแนวระดับและแรงกระทำด้านข้างของ ใบมีดแบบผสม (Mixed blade) ที่ความเร็วรอบต่างกัน	62
5.32 แสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำในแนวระดับและแรงกระทำด้านข้างของใบมีดแบบผสม (Mixed blade) ที่ความลึกต่างกัน	63
5.33 แสดงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของใบมีดกับระยะความลึกของใบมีดแบบผสม (Mixed blade)	63

ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
d	ระยะความลึกของใบมีดในกระบะทราย	mm
F_H	แรงกระทำด้านข้าง	N
F_s	แรงกระทำด้านข้าง	N
I	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R	Amp ; A
l	ระยะจากจุดหมุนถึงเพลาใบมีด	mm
n	ความเร็วรอบหมุนของเพลาใบมีด	rpm
R	รัศมีของใบมีด	m
R	ความต้านทานของโลหะ	Ohm ; Ω
t	เวลา	s
v	ความเร็วในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของเพลาใบมีด	m/s
V	ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด 2 จุด	Volt ; V
ΔV	แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อมีโมเมนต์ดัดมากระทำต่อสเตรนเกจ	Volt ; V
ω	ความเร็วเชิงมุมของเพลาใบมีด	rad/s
X_2	ค่าที่อ่านได้จาก DEOR	Strain
X_0	ค่าที่อ่านได้จาก DEOR	Strain
Z	จำนวนใบมีดบนหนึ่งระนาบของเพลาใบมีด	ใบ
ξ	อัตราส่วนระหว่างความเร็วรอบหมุนต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของเพลา ใบมีด	rpm.s/m
	สตรนเกจที่มีความเครียดเป็นบวก (ยืด)	
	สตรนเกจที่มีความเครียดเป็นลบ (หด)	