# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ค |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ง |
| กิตติกรรมประกาศ | จ |
| สารบัญ | ฉ |
| สารบัญรูปภาพ | ฌ |
| สารบัญตาราง | ฎ |
| รายการสัญลักษณ์ | ฐ |
| **บทที่ 1 บทนำ** | **1** |
| 1.1 หลักการและเหตุผล | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา | 1 |
| 1.3 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา | 2 |
| 1.4 ขอบเขตของการศึกษา | 3 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา | 3 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับงานโครงการ** | 4 |
| 2.1 แนวคิดเบื้องต้นของระบบการเชื่อมด้วยความเสียดทาน | 4 |
| 2.2 ทฤษฎีกลศาสตร์ของไหล | 4 |
| 2.3 ระบบไฮดรอลิกส์ | 5 |
| 2.4 พื้นฐานของคลัทซ์ | 9 |
| 2.5 พื้นฐานการทำงานของแบริ่ง | 11 |
| 2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมด้วยความเสียดทาน | 16 |
| 2.7 ความสัมพันธ์พื้นฐานของตัวแปรที่มีผลต่อการเชื่อมด้วยความเสียดทาน | 21 |
| 2.8 การเผื่อความยาวสำหรับการเชื่อมด้วยความเสียดทาน | 21 |
| 2.9 การทดสอบโลหะ | 23 |
| 2.10 การปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะโดยการเปลี่ยนโครงสร้างจุลภาค | 24 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| **บทที่ 3 วิธีการออกแบบเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน** | **25** |
| 3.1 แนวคิดและเงื่อนไขในการออกแบบ | 25 |
| 3.2 การออกแบบระบบขับเคลื่อนชิ้นงาน | 26 |
| 3.3 การออกแบบระบบอัดชิ้นงาน | 29 |
| 3.4 การสร้างเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน | 30 |
| 3.5 ผลของการทำงานของเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน | 47 |
| 3.6 ข้อมูลเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน | 49 |
| **บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน** | **50** |
| 4.1แนวคิดในการทดสอบชิ้นงานที่เชื่อมด้วยความเสียดทาน | 50 |
| 4.2 การจำแนกกระบวนการเชื่อมด้วยความเสียดทาน | 50 |
| 4.3 การเตรียมชิ้นงานเพื่อทำการทดสอบ | 55 |
| 4.4 การทดสอบความแข็งแรงและตรวจโครงสร้างเกรนของชิ้นงาน | 56 |
| 4.5 ผลการตรวจโครงสร้างเกรนของรอยเชื่อม | 59 |
| 4.6 ผลการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นทดสอบ | 61 |
| 4.7 วิเคราะห์ผลของความแข็งแรงของรอยเชื่อม | 64 |
| **บทที่ 5 สรุปผลเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน** | **68** |
| 5.1 สรุปข้อมูล และผลการทอดลองเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน | 68 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 68 |
| **ภาคผนวก** | **70** |
| ภาคผนวก ก แบบเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน | 71 |
| แบบสามมิติเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน | 71 |
| แบบแยกชิ้นส่วนเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน | 72 |
| แบบแสดงส่วนประกอบของเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน | 73 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | |
|---|---|
| แบบแท่นเลื่อนหัวจับ | 74 |
| แบบกระบอกไฮดรอลิกส์ | 75 |
| แบบหัวจับชิ้นงาน | 76 |
| แบบแท่น H –BEAM | 77 |
| แบบแท่นยึดแบริ่ง | 78 |
| แบบแท่นยึดกระบอกไฮดรอลิกส์ | 79 |
| แบบแท่นยึดรางเลื่อน | 80 |
| แบบเพลาประคองแท่นเลื่อน | 81 |
| แบบปลอกยึดเพลาประคอง | 82 |
| แบบบ่ารับ Taper bearing | 83 |
| แบบเพลา | 84 |
| แบบวงจรระบบไฮดรอลิกส์ | 85 |
| แบบถังพักน้ำมันไฮดรอลิกส์ | 86 |
| **บรรณานุกรม** | **87** |

# สารบัญรูปภาพ


| | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 2.1 แผ่นกดคลัทซ์ (pressure plate) | 10 |
| รูปที่ 2.2 แผ่นคลัทซ์ | 11 |
| รูปที่ 2.3 แสดงแบริ่งที่รับแรงในแรงรัศมี | 12 |
| รูปที่ 2.4 แบริ่งของกระดุมล้อรถ | 13 |
| รูปที่ 2.5 ภาพตัดของบอลแบริ่ง | 13 |
| รูปที่ 2.6 ภาพตัดของโรลเรอร์แบริ่ง | 14 |
| รูปที่ 2.7 โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง | 14 |
| รูปที่ 2.8 เทปเปอร์โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง | 15 |
| รูปที่ 2.9 ลักษณะทางเรขาคณิตของแบบจำลอง ของชิ้นงานเพื่อทดสอบการเชื่อมแบบ FWS | 16 |
| รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และเวลาในการเชื่อมที่ความเร็วรอบในการเชื่อมชิ้นงานที่ 400RPM | 17 |
| รูปที่ 2.11แสดงลักษณะการวางอุปกรณ์ในการอ้างอิงการเชื่อม ด้วยความเสียดทาน | 19 |
| รูปที่ 2.12 แสดงแบบจำลองของชิ้นงาน | 19 |
| รูปที่ 2.13 แสดงแบบจำลองของชิ้นงานในช่วง Heating phase | 20 |
| รูปที่ 2.14 แสดงแบบจำลองของชิ้นงานในช่วง Forging phase | 20 |
| รูปที่ 3.1 อินเวอร์เตอร์ LGรุ่น008ic5-1 | 26 |
| รูปที่ 3.2 แสดงหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ LGรุ่น008ic5-1 | 27 |
| รูปที่ 3.3 แสดงการต่อชุดควบคุมระบบคลัทซ์ | 28 |
| รูปที่ 3.4 แสดงการออกแบบเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานด้วยโปรแกรม Solid Edge | 30 |

# สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.5 แสดงเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานที่พร้อมจะทดสอบชิ้นงาน 31
รูปที่ 3.6 แสดงเพลาขับหมุนชิ้นงาน 32
รูปที่ 3.7 แสดงหัวจับชิ้นงานชนิด 3 จับ และแผ่นเหล็ก Sliding 33
รูปที่ 3.8 แสดงเพลาประคองแผ่นเหล็ก Sliding 34
รูปที่ 3.9 แสดงแผ่นเหล็กประกอบ Bearing 35
รูปที่ 3.10 แสดงตัว Stopper 35
รูปที่ 3.11 แสดงแผ่นเหล็กยึดเพลาประคอง 36
รูปที่ 3.12 แสดง Ball Bearing 36
รูปที่ 3.13 แสดง Taper Bearing 37
รูปที่ 3.14 แสดงPulley ติดตั้งกับเพลาขับหมุนชิ้นงาน 37
รูปที่ 3.15 แสดงPulley ติดตั้งกับมอเตอร์ 38
รูปที่ 3.16 แสดงสายพานชนิด V Belt 38
รูปที่ 3.17 แสดงมอเตอร์ 3 เฟส 3 แรงม้า 39
รูปที่ 3.18 แสดงแท่นคอนกรีต 39
รูปที่ 3.19 แสดงถังพักน้ำมันไฮดรอลิกส์ 40
รูปที่ 3.20 แสดงปั๊มไฮดรอลิกส์กำลังขับ 160 Bar 41
รูปที่ 3.21 แสดงชุดควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของกระบอกไฮดรอลิกส์ ชนิดไป – กลับ 41
รูปที่ 3.22 แสดงเกจวัดความดันน้ำมันไฮดรอลิกส์ 42
รูปที่ 3.23 แสดงข้อต่อและสายน้ำมันไฮดรอลิกส์ 42
รูปที่ 3.24 แสดงกระบอกไฮดรอลิกส์ 43
รูปที่ 3.25 แสดงมอเตอร์ขับปั๊มไฮดรอลิกส์ 43
รูปที่ 3.26 แสดงข้อต่อเพลามอเตอร์กับเพลาปั๊มไฮดรอลิกส์ 44
รูปที่ 3.27 แสดงสวิตซ์เปิด – ปิดระบบขับหมุนชิ้นงานและระบบอัดชิ้นงาน 44
รูปที่ 3.28 แสดงควบคุมความเร็วมอเตอร์ของระบบขับหมุนชิ้นงาน 45

# สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.29 แสดงผลการเชื่อมเหล็กเพลาด้วยเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน 46
รูปที่ 3.30 แสดงผลการเชื่อมเหล็กเพลาขนาด ½ นิ้ว ด้วยเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน 47
รูปที่ 3.31 แสดงผลการเชื่อมเหล็กเพลาขนาด 5/8 นิ้ว ด้วยเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน 48
รูปที่ 4.1 แสดงการยึดชิ้นงานที่ต้องการเชื่อมเข้ากับหัวจับชิ้นงานทั้งสองข้าง 51
รูปที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่บริเวณใกล้ผิวสัมผัสของชิ้นงาน ในกระบวนการอุ่นชิ้นงาน(Preheat phase) 52
รูปที่ 4.3 แสดงการเริ่มของกระบวนการให้ความร้อนชิ้นงาน (Heating phase) 53
รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะการอัดชิ้นงานในกระบวนการกดอัดชิ้นงาน (Forging phase) 53
รูปที่4.5 แสดงชิ้นงานที่เริ่มเย็นตัวอุณหภูมิห้อง 54
รูปที่4.6 แสดงชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชื่อมด้วยความเสียดทาน 54
รูปที่ 4.7 แสดงชิ้นวานที่ผ่าเพื่อเตรียมทำเรือนหุ้มเรซิ่น 55
รูปที่ 4.8 แสดงชิ้นงานที่ผ่านการทำเรือนหุ้มแล้ว 56
รูปที่ 4.9 แสดงเครื่องวัดความแข็งชนิด Micro Hardness Test ของ Multitoyo 56
รูปที่ 4.10 แสดงการวัดเส้นทแยงมุมในแนวราบของรอยกดจากเครื่อง Micro Hardness 57
รูปที่ 4.11 แสงการวัดเส้นทแยงมุมในแนวดิ่งของรอยกดจากเครื่อง Micro Hardness 58
รูปที่ 4.12 แสดงตัวอย่างของการอ่านค่าความแข็งจากเครื่อง Micro Hardness 58
รูปที่ 4.13 แสดงภาพบริเวณรอยเชื่อมที่กำลังขยาย 50 เท่า 59

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงการภาคเรียนที่ 1/2549 2
ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินโครงการภาคเรียนที่ 2/2549 2
ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 17
ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัสดุ
ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ 18
ตารางที่ 4.1 แสดงขนาดของเกรนที่ระยะที่ห่างจากรอยเชื่อมระยะต่างๆ 60
ตารางที่ 4.2 แสดงรายละเอียดของการทดสอบหาเวลาในการให้ความร้อนที่เหมาะสม 61
ตารางที่ 4.3 แสดงรายละเอียดของการทดสอบหาความเร็วรอบในการเชื่อมที่เหมาะสม 61
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวัดความแข็ง(HV) ของชิ้นงานทดสอบที่ระยะห่าง 62
จากรอยเชื่อมต่างๆกัน
ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวัดความแข็ง(HV) ของชิ้นงานทดสอบ 63
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงตลอดช่วง Heat effect zone 65
ของแต่ละเงื่อนไขของการเชื่อม ที่ความเร็วรอบ 1800RPM ความดัน 50 bar
ตารางที่4.7 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงตลอดช่วง Heat effect zone 66
ของแต่ละเงื่อนไขของการเชื่อม ที่ความเร็วรอบ 1800RPM ความดัน 50 bar

# รายการสัญลักษณ์

| | | | |
|---|---|---|---|
| T | = | Torque | [N.m] |
| F | = | Force | [N] |
| P | = | Pressure | [kPa] |
| $\mu$ | = | Friction coefficient | [-] |
| n | = | Rotating speed | [rpm] |
| A | = | Area | [$m^2$] |
| f | = | frequency | [Hz] |
| P | = | Polar of motor | [-] |