การวางแผนการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ในสายการประกอบตัวถังรถบรรทุก

นาย เดชรัตน์ สัมฤทธิ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539
ISBN 974-636-427-8
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17061763

PREDICTIVE MAINTENANCE PLANNING IN A BODY ASSEMBLY LINE OF COMMERCIAL VEHICLES

DETCHARAT SUMRIT

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Industrial Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1996

ISBN 974-636-427-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวางการแผนบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ในสายการประกอบตัวถังรถบรรทุก
โดย	นาย เดชรัตน์ สัมฤทธิ์
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานพ เรี่ยวเดชะ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จรูญ มหิทธาฟองกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานพ เรี่ยวเดชะ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญ บุญดีสกุลโชค)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเวช ชาญสง่าเวช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

เดชรัตน์ สัมฤทธิ์ : การวางแผนการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ในสายการประกอบตัวถังรถบรรทุก (PREDICTIVE MAINTENANCE PLANNING IN A BODY ASSEMBLY LINE OF COMMERCIAL VEHICLES) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผ.ศ.ดร. มานพ เรียวเดชะ , 181 หน้า
ISBN 974-636-427-8

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ ของสายการประกอบตัวถังรถบรรทุก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์อายุการใช้งานและภาระงานที่เหมาะสมของเครื่องจักรปีนเชื่อม ซึ่งเป็นเครื่องจักรหลักที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถบรรทุก ผลของการพยากรณ์ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการซ่อมบำรุงและเปลี่ยนทดแทนเครื่องจักร และอุปกรณ์เพื่อลดปัญหาการหยุดสายการผลิตและลดปัญหาคุณภาพตัวถังด้านความแข็งแรงของจุดเชื่อมและด้านคุณภาพผิว ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา เฉพาะในอุปกรณ์หัวเชื่อมอิเลคโทรด และอุปกรณ์สายเคเบิ้ล Kickless ของปีนเชื่อม

ในการวิจัยอุปกรณ์หัวเชื่อมอิเลคโทรด ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน จุดเชื่อมกับค่าความแข็งแรงของจุดเชื่อม พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาอายุการใช้งานและภาระงานที่เหมาะสมของหัวเชื่อมอิเลคโทรด และจากการนำผลการพยากรณ์ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างแผนการบำรุงรักษา และนำไปทดลองปฏิบัติเป็นระยะเวลา 8 เดือน จากการทำการเก็บข้อมูล พบว่า การหยุดสายการผลิตเนื่องจากความบกพร่องของอุปกรณ์หัวเชื่อมอิเลคโทรด ลดลงเฉลี่ยจาก 569 นาทีต่อเดือน เหลือ 190 นาทีต่อเดือน , ภาระงาน ในการซ่อมตัวถังที่ความแข็งแรงของจุดเชื่อมไม่แข็งแรง ลดลงเฉลี่ยจาก 130 คันต่อเดือน เหลือ 51 คันต่อเดือน ภาระงานในการซ่อมผิวตัวถังเนื่องจากคุณภาพผิว ลดลงเฉลี่ยจาก 312 คันต่อเดือน เหลือ 126 คันต่อเดือน และต้นทุนการผลิตในการใช้เปลี่ยนทดแทนหัวเชื่อมอิเลคโทรด ลดลงประมาณ 23.95 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 234,310 บาทต่อเดือน

การวิจัยอุปกรณ์สายเคเบิ้ล Kickless ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเสื่อมสภาพ ของสายเคเบิ้ล Kickless ออกตามประเภทของสายเคเบิ้ล Kickless ทุกประเภท ที่ใช้ในขบวนการเชื่อมตัวถัง จากการศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของสายเคเบิ้ล Kickless ในแต่ละกลุ่ม พบว่า ความต้านทานภายในเป็นพารามิเตอร์ที่สามารถวัดความเสื่อมสภาพของสายเคเบิ้ล Kickless ในแต่ละกลุ่ม ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับความต้านทานภายในที่เปลี่ยนแปลงพบว่า สามารถพยากรณ์จำนวนจุดเชื่อมที่เหมาะสมสำหรับสายเคเบิ้ล Kickless ในแต่ละกลุ่มการทดลอง และสามารถนำผลพยากรณ์ไปวางแผนบำรุงรักษาเพื่อเปลี่ยนทดแทนสายเคเบิ้ล Kickless และได้กำหนดจุดเชื่อมให้เหมาะสมกับสายเคเบิ้ล Kickless แต่ละประเภท

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C616513 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: SPOT WELDING GUN
DETCHARAT SUMRIT : PREDICTIVE MAINTENANCE PLANNING
IN A BODY ASSEMBLY LINE OF COMMERCIAL VEHICLES.
THESIS ADVISOR : ASSIST.PROF. MANOP REODECHA, Ph.D
181 pp. ISBN 974-636-427-8

This research applies predictive maintenance planning to an assembly line of bodies of commercial vehicles. The objective of the research is to predict suitable life and work load of spot welding guns which are one of the most important machines in the body assembly process. The prediction is applied in maintenance planning and in establishing a replacement policy of welding parts. The plan and the policy will reduce line stoppages and improve weld qualities in terms of strength and surface. This research studies tip electrodes and Kickless cables of spot welding guns.

A relation between the number of spot weld points done by a tip electrode and their shear strength is determined by statistical method. It can be concluded that the number of spot weld points and their shear strength has a linear relation. An equation is determined for predicting the life and the suitable work load of spot welding guns. The prediction has been used for maintenance planning months. The results show significant improvements. Line stoppage due to defects of tip electrodes decreases from 569 minutes/month to 190 minutes/month. The number of white body defects due to inadequate shear strength is decreased from 130 units/month to 51 units/month. The number of white body defects due to surface quality problem is decreased from 312 units/month to 126 units/month. The total costs of tip electrode replacements is decreased by 23.95% or 234,310 bath/month.

In the study on kickless cables experiments has been carried on all the types of kickless cables to study their behavior. It can be concluded that electrical resistance affects deterioration of the cables. Experiments to determine relationships between the number of welds done and the change in electrical resistance indicate that the resistance change can be used to predict the suitable number of spot welding points effectively. The suitable number of welds before replacement of each kind of cable is determined in the study.

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานพ เรี่ยวเดชะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญ บุญดีสกุลโชค กรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเวช ชาญสง่าเวช กรรมการ รวมทั้ง รองศาสตราจารย์ จรูญ มหิทธาฟองกุล ประธานกรรมการ ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไข และปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

งานวิจัยนี้ได้รับความช่วยเหลืออย่างดีจาก คุณ อำนาจ เสตสุวรรณ ประโยชน์และส่วนดีของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะสามารถเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจทุกท่าน และจะสามารถเป็นพื้นฐานแนวทางในการศึกษาต่อไป

นาย เดชรัตน์ สัมฤทธิ์

พฤษภาคม 2540

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ช
สารบัญรูป..... ด
บทที่ 1 บทนำ..... 1
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 7
บทที่ 3 การศึกษาสภาพทั่วไปและสภาพการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา..... 18
บทที่ 4 ระเบียบวิธีการวิจัย..... 23
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 64
รายการอ้างอิง..... 67
ภาคผนวก ก รายละเอียดการทำงานในสายการประกอบตัวถังรถบรรทุก..... 69
ภาคผนวก ข การทดสอบการทนต่อแรงดึงของรอย Spot..... 87
ภาคผนวก ค การหาจำนวนซ้ำจาก OC Curve..... 94
ภาคผนวก ง การหาจำนวนจุดเชื่อมของหัวอิเลคโทรด.....106
ภาคผนวก จ การทดสอบความน่าเชื่อถือของคุณภาพจุดเชื่อม.....134
ภาคผนวก ฉ แสดงการติดตั้งระบบเชื่อม Step up.....143
ภาคผนวก ช การประมวลผลทางสถิติ.....151
ประวัติผู้เขียน.....181

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1. แสดงการแบ่งกลุ่มการทดลองแยกตามประเภทของ
ขบวนการประกอบตัวถัง....29
4.2. แสดงข้อมูลของค่า Shear strength....33
4.3. แสดงค่าการทดสอบ Shear Strength ของจุดเชื่อมตำแหน่งต่าง ๆ
ของกลุ่มที่ 1 เมื่อใช้กระแสไฟ 9.4 กิโลแอมป์....34
4.4 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์เพื่อหาจำนวนจุดเชื่อมในการใช้งาน
ของหัวเชื่อมอิเลคโทรด ของกลุ่มที่ 1 เหล็กหนา 0.8 มม. กับ เหล็กหนา
0.8 มม. ขนาดหัวเชื่อมอิเลคโทรดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม....36
4.5 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์เพื่อหาจำนวนจุดเชื่อมในการใช้งาน
ของหัวเชื่อมอิเลคโทรด ของกลุ่มที่ 1 เหล็กหนา 0.8 มม. กับ เหล็กหนา
1.0 มม. ขนาดหัวเชื่อมอิเลคโทรดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม....40
4.6 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์เพื่อหาจำนวนจุดเชื่อมในการใช้งาน
ของหัวเชื่อมอิเลคโทรด ของกลุ่มที่ 1 เหล็กหนา 1.0 มม. กับ เหล็กหนา
1.0 มม. ขนาดหัวเชื่อมอิเลคโทรดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม....44
4.7 แสดงการสรุปผลการพยากรณ์หาจำนวนจุดเชื่อมเมื่อเพิ่มกระแสไฟใน
แต่ละขั้น....48
4.8 แสดงจำนวนรอยเชื่อมภายหลังปรับค่าเผื่อ (Safety factor)
ในแต่ละรอบลง 10%....49
4.9 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนการใช้หัวเชื่อมอิเลคโทรด และค่าใช้จ่าย
ก่อนการปรับปรุง และภายหลังปรับปรุง....50.
4.10 แสดงค่าความต้านทานของสายเคเบิ้ล KICKLESS....57
4.11 แสดงค่าเฉลี่ยของความต้านทานของสายเคเบิ้ล KICKLESS....57
ข.1 แสดงขนาดของชิ้นงานที่จะใช้ทดสอบ....88
ข.2 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ.... 91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.3 แสดงค่ามาตรฐานแรงดึงในการทดสอบ 93
ค.1 แสดงข้อมูลของค่า Shear strength ของชิ้นงานทดสอบ
ของกลุ่มการทดลองที่ 1 94
ค.2 แสดงการคำนวณหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมของกลุ่มการทดลองที่ 1
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % 94
ค.3 แสดงข้อมูลของค่า Shear strength ของชิ้นงานทดสอบ
ของกลุ่มการทดลองที่ 2 95
ค.4 แสดงการคำนวณหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมของกลุ่มการทดลองที่ 2
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % 95
ค.5 แสดงข้อมูลของค่า Shear strength ของชิ้นงานทดสอบ
ของกลุ่มการทดลองที่ 3 97
ค.6 แสดงการคำนวณหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมของกลุ่มการทดลองที่ 3
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % 97
ค.7 แสดงผลการทดสอบหาจุดเชื่อมหลังจากเพิ่มกระแสไฟ
แลทดสอบจุดเชื่อมด้วยวิธี CHISEL 99
ค.8 แสดงขนาดหัวเชื่อมที่สึกออกไปเมื่อใช้เชื่อมชิ้นงานไปแล้ว 500 จุด
โดยใช้ไฟ 9.4 KA 100
ค.9 แสดงขนาดหัวเชื่อมที่สึกออกไปเมื่อใช้เชื่อมชิ้นงานไปแล้ว 1200 จุด
โดยใช้ไฟ 10.2 KA 101
ค.10 แสดงขนาดหัวเชื่อมที่สึกออกไปเมื่อใช้เชื่อมชิ้นงานไปแล้ว 400 จุด
โดยใช้ไฟ 9.6 KA 102
ค.11 แสดงขนาดหัวเชื่อมที่สึกออกไปเมื่อใช้เชื่อมชิ้นงานไปแล้ว 650 จุด
โดยใช้ไฟ 10.8 KA 102
ค.12 แสดงขนาดหัวเชื่อมที่สึกออกไปเมื่อใช้เชื่อมชิ้นงานไปแล้ว 350 จุด
โดยใช้ไฟ 9.7 KA 103

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ค.13 แสดงขนาดหัวเชื่อมที่สึกออกไปเมื่อใช้เชื่อมชิ้นงานไปแล้ว 650 จุด โดยใช้ไฟ 11.0 KA 104
ค.14 แสดงการเพิ่มกระแสไฟเชื่อมแต่ละขั้นในชิ้นงานแต่ละกลุ่ม 104
ค.15 แสดงข้อมูลของความต้านทานของสายเคเบิ้ล KICKLESS 105
ค.16 แสดงการคำนวณหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมของสายเคเบิ้ล KICKLESS ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % 105
ง.1 แสดงค่าการทดสอบ Shear Strength ของจุดของกลุ่มการทดลองที่ 1 เมื่อใช้ไฟ 9.4 กิโลแอมป์ 106
ง.2 แสดงค่าการทดสอบ Shear Strength ของจุดของกลุ่มการทดลองที่ 1 เมื่อใช้ไฟ 10.2 กิโลแอมป์ 107
ง.3 แสดงค่าการทดสอบ Shear Strength ของจุดของกลุ่มการทดลองที่ 1 เมื่อใช้ไฟ 10.9 กิโลแอมป์ 108
ง.4 แสดงค่าการทดสอบ Shear Strength ของจุดของกลุ่มการทดลองที่ 2 เมื่อใช้ไฟ 9.6 กิโลแอมป์ 109
ง.5 แสดงค่าการทดสอบ Shear Strength ของจุดของกลุ่มการทดลองที่ 2 เมื่อใช้ไฟ 10.8 กิโลแอมป์ 110
ง.6 แสดงค่าการทดสอบ Shear Strength ของจุดของกลุ่มการทดลองที่ 2 เมื่อใช้ไฟ 11.6 กิโลแอมป์ 111
ง.7 แสดงค่าการทดสอบ Shear Strength ของจุดของกลุ่มการทดลองที่ 3 เมื่อใช้ไฟ 9.7 กิโลแอมป์ 112
ง.8 แสดงค่าการทดสอบ Shear Strength ของจุดของกลุ่มการทดลองที่ 3 เมื่อใช้ไฟ 11.0 กิโลแอมป์ 113
ง.9 แสดงค่าการทดสอบ Shear Strength ของจุดของกลุ่มการทดลองที่ 3 เมื่อใช้ไฟ 12.0 กิโลแอมป์ 114

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง.10 แสดงผลการทดสอบค่าสถิติของสมการถดถอยซึ่งใช้พยากรณ์
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับค่า Shear strength
ของกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 9.4 กิโลแอมป์ 116
ง.11 แสดงการวิเคราะห์ความเชื่อถือของสมการถดถอย
ของกลุ่มการทดลองที่ 1 เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 9.4 กิโลแอมป์.....117
ง.12 แสดงผลการทดสอบค่าสถิติของสมการถดถอยซึ่งใช้พยากรณ์
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับค่า Shear strength
ของกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 10.2 กิโลแอมป์.....118
ง.13 แสดงการวิเคราะห์ความเชื่อถือของสมการถดถอย
ของกลุ่มการทดลองที่ 1 เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 10.2 กิโลแอมป์.....119
ง.14 แสดงผลการทดสอบค่าสถิติของสมการถดถอยซึ่งใช้พยากรณ์
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับค่า Shear strength
ของกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 10.9 กิโลแอมป์ 120
ง.15 แสดงการวิเคราะห์ความเชื่อถือของสมการถดถอย
ของกลุ่มการทดลองที่ 1เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 10.9 กิโลแอมป์.....121
ง.16 แสดงผลการทดสอบค่าสถิติของสมการถดถอยซึ่งใช้พยากรณ์
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับค่า Shear strength
ของกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 9.6 กิโลแอมป์ 122
ง.17 แสดงการวิเคราะห์ความเชื่อถือของสมการถดถอย
ของกลุ่มการทดลองที่ 1เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 9.6 กิโลแอมป์.....123
ง.18 แสดงผลการทดสอบค่าสถิติของสมการถดถอยซึ่งใช้พยากรณ์
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับค่า Shear strength
ของกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 10.8 กิโลแอมป์.....124

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง.19 แสดงการวิเคราะห์ความเชื่อถือของสมการถดถอย
ของกลุ่มการทดลองที่ 2เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 9.6 กิโลแอมป์.....125
ง.20 แสดงผลการทดสอบค่าสถิติของสมการถดถอยซึ่งใช้พยากรณ์
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับค่า Shear strength
ของกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 11.6 กิโลแอมป์.....126
ง.21 แสดงการวิเคราะห์ความเชื่อถือของสมการถดถอย
ของกลุ่มการทดลองที่ 2เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 11.6 กิโลแอมป์.....127
ง.22 แสดงผลการทดสอบค่าสถิติของสมการถดถอยซึ่งใช้พยากรณ์
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับค่า Shear strength
ของกลุ่มทดลองที่ 3 เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 9.7 กิโลแอมป์.....128
ง.23 แสดงการวิเคราะห์ความเชื่อถือของสมการถดถอย
ของกลุ่มการทดลองที่ 3เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 9.7 กิโลแอมป์.....129
ง.24 แสดงผลการทดสอบค่าสถิติของสมการถดถอยซึ่งใช้พยากรณ์
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับค่า Shear strength
ของกลุ่มทดลองที่ 3 เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 11.0 กิโลแอมป์ 130
ง.25 แสดงการวิเคราะห์ความเชื่อถือของสมการถดถอย
ของกลุ่มการทดลองที่ 3เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 11.0 กิโลแอมป์.....131
ง.26 แสดงผลการทดสอบค่าสถิติของสมการถดถอยซึ่งใช้พยากรณ์
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับค่า Shear strength
ของกลุ่มทดลองที่ 3 เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 12.0 กิโลแอมป์.....132
ง.27 แสดงการวิเคราะห์ความเชื่อถือของสมการถดถอย
ของกลุ่มการทดลองที่ 3เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 12.0 กิโลแอมป์.....133
จ.1 แสดงค่าการทดสอบ Shear streagth ของจุดเชื่อมที่ 589.....134
จ.2 แสดงค่าการทดสอบ Shear streagth ของจุดเชื่อมที่ 621.....134
จ.3 แสดงค่าการทดสอบ Shear streagth ของจุดเชื่อมที่ 770.....135

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ.4 แสดงค่าการทดสอบ Shear streagth ของจุดเชื่อมที่ 813.....135
จ.5 แสดงค่าการทดสอบ Shear streagth ของจุดเชื่อมที่ 847.....136
จ.6 แสดงค่าการทดสอบ Shear streagth ของจุดเชื่อมที่ 895.....136
จ.7 แสดงค่าการทดสอบ Shear streagth ของจุดเชื่อมที่ 324.....137
จ.8 แสดงค่าการทดสอบ Shear streagth ของจุดเชื่อมที่ 342.....137
จ.9 แสดงค่าการทดสอบ Shear streagth ของจุดเชื่อมที่ 676.....138
ฉ.1 แสดงผลการติดตั้งระบบเชื่อม Step up ให้สถานีการผลิต
ของกลุ่มชิ้นงานเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร กับ 0.8 มิลลิเมตร
หัวเชื่อมอิเลคโตรด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร.....143
ฉ.2 แสดงผลการติดตั้งระบบเชื่อม Step up ให้สถานีการผลิต
ของกลุ่มชิ้นงานเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร กับ 1.0 มิลลิเมตร
หัวเชื่อมอิเลคโตรด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร.....146
ฉ.3 แสดงผลการติดตั้งระบบเชื่อม Step up ให้สถานีการผลิต
ของกลุ่มชิ้นงานเหล็กหนา 1.0 มิลลิเมตร กับ 1.0 มิลลิเมตร
หัวเชื่อมอิเลคโตรด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร.....149
ช.1 แสดงข้อมูลการวัดความต้านทานที่เสื่อมสภาพของกลุ่มทดลองที่ 1
สายเคเบิ้ล KICKLESS ชนิด U TYPE ความยาว 2.0 เมตร.....152
ช.2 แสดงการทดสอบภาวะรูปสนิทของการกระจายความถี่ของข้อมูล
ค่าความต้านทานที่เสื่อมสภาพของสายเคเบิ้ล KICKLESS
ชนิด U TYPE ความยาว 2.0 เมตร.....154
ช.3 แสดงข้อมูลการวัดความต้านทานที่เสื่อมสภาพของกลุ่มทดลองที่ 2
สายเคเบิ้ล KICKLESS ชนิด U TYPE ความยาว 2.2 เมตร.....155
ช.4 แสดงการทดสอบภาวะรูปสนิทของการกระจายความถี่ของข้อมูล
ค่าความต้านทานที่เสื่อมสภาพของสายเคเบิ้ล KICKLESS
ชนิด U TYPE ความยาว 2.2 เมตร.....156

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ช.5 แสดงข้อมูลการวัดความต้านทานที่เสื่อมสภาพของกลุ่มทดลองที่ 3
สายเคเบิ้ล KICKLESS ชนิด STRAIGHT TYPE ความยาว 2.0 เมตร.....159
ช.6 แสดงการทดสอบภาวะรูปสนิทของการกระจายความถีของข้อมูล
ค่าความต้านทานที่เสื่อมสภาพของสายเคเบิ้ล KICKLESS
ชนิด STRAIGHT TYPE ความยาว 2.0 เมตร.....162
ช.7 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการจำแนกทางเดียว
ของความต้านทานที่เสื่อมสภาพของสายเคเบิ้ล KICKLESS
ของกลุ่มการทดลองทั้ง 3 กลุ่ม.....163
ช.8 แสดงการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความต้านทานที่เสื่อมสภาพ
ของสายเคเบิ้ล KICKLESS โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี
Turkey comparision.....164
ช.9 แสดงผลการทดลองวัดค่าความต้านทานที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนจุดเชื่อม
ในแต่ละรอบของการเปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรด ในระบบการเชื่อมแบบ
Step up ของกลุ่มการทดลองที่ 1.....164
ช.10 แสดงผลการทดลองวัดค่าความต้านทานที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนจุดเชื่อม
ในแต่ละรอบของการเปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรด ในระบบการเชื่อมแบบ
Step up ของกลุ่มการทดลองที่ 2.....167
ช.11 แสดงผลการทดลองวัดค่าความต้านทานที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนจุดเชื่อม
ในแต่ละรอบของการเปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรด ในระบบการเชื่อมแบบ
Step up ของกลุ่มการทดลองที่ 3.....170
ช.12 แสดงระยะเวลาในการเปลี่ยนทดแทน KICKLESS CABLE ชนิด U TYPE
ความยาว 2.0 เมตร ตามปีนเชื่อมในกระบวนการ.....173
ช.13 แสดงระยะเวลาในการเปลี่ยนทดแทน KICKLESS CABLE ชนิด U TYPE
ความยาว 2.2 เมตร ตามปีนเชื่อมในกระบวนการ.....176

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 แสดงการเปรียบเทียบอุปสงค์ความต้องการรถบรรทุก 1 ตัน ในตลาดและจำนวนการผลิตรวมของรถบรรทุก 1 ตัน....2
1.2 แสดงสถิติเปรียบเทียบการหยุดสายการผลิตของขบวนการผลิต รถบรรทุกของโรงงานกรณีตัวอย่างศึกษา....4
3.1 แสดงยอดผลิตและยอดขายรวมของโรงงานกรณีศึกษาตัวอย่าง....20
3.2 ผังโครงสร้างองค์กรของบริษัท....21
3.3 รูปแสดงขบวนการผลิตรถบรรทุก....22
4.1 แสดงข้อมูลสาเหตุของปัณหาการหยุดสายการผลิตรถบรรทุกในปี 2537....24
4.2 แสดงการแยกสาเหตุในการหยุดสายการผลิตตัวถังรถบรรทุก....25
4.3 แสดงข้อมูลการเสียและการชำรุดของปืนเชื่อม....26
4.4 แสดงหัวเชื่อมอิเลคโทรดที่สึกกร่อน....27
4.5 แสดงการตะไบหัวเชื่อมอิเลคโทรดของปืนเชื่อม....27
4.6 แสดงการติดตั้งหัวเชื่อมอิเลคโทรดของปืนเชื่อม....27
4.7 แสดงการซ่อมผิวตัวถังที่จุดเชื่อมเป็นหนาม....28
4.8 แสดงรูปแผ่นเหล็กและการวางตำแหน่งเชื่อม....30
4.9 แสดงรูปแผ่นเหล็กที่เขียนตำแหน่งรอยเชื่อมไว้ 31
4.10 แสดงการทดสอบชิ้นงานทดลองบนเครื่องทดสอบ Tension shear test....32
4.11 แสดงค่าการทดสอบ Shear strength ของรอยเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็ก หนา 0.8 มิลลิเมตร กับแผ่นเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร เมื่อใช้ไฟ 9.4 กิโลแอมป์....37
4.12 แสดงค่าการทดสอบ Shear strength ของรอยเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็ก หนา 0.8 มิลลิเมตร กับแผ่นเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร เมื่อใช้ไฟ 10.2 กิโลแอมป์....38

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.13 แสดงค่าการทดสอบ Shear strength ของจุดเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็ก หนา 0.8 มิลลิเมตร กับแผ่นเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร เมื่อใช้ไฟ 10.9 กิโลแอมป์.....39

4.14 แสดงค่าการทดสอบ Shear strength ของจุดเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็ก หนา 1.0 มิลลิเมตร กับแผ่นเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร เมื่อใช้ไฟ 9.6 กิโลแอมป์..... 41

4.15 แสดงค่าการทดสอบ Shear strength ของจุดเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็ก หนา 1.0 มิลลิเมตร กับแผ่นเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร เมื่อใช้ไฟ 10.8 กิโลแอมป์..... 42

4.16 แสดงค่าการทดสอบ Shear strength ของจุดเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็ก หนา 0.8 มิลลิเมตร กับแผ่นเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร เมื่อใช้ไฟ 11.6 กิโลแอมป์..... 43

4.17 แสดงค่าการทดสอบ Shear strength ของจุดเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็ก หนา 1.0 มิลลิเมตร กับแผ่นเหล็กหนา 1.0 มิลลิเมตร เมื่อใช้ไฟ 9.7 กิโลแอมป์.....45

4.18 แสดงค่าการทดสอบ Shear strength ของจุดเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็ก หนา 1.0 มิลลิเมตร กับแผ่นเหล็กหนา 1.0 มิลลิเมตร เมื่อใช้ไฟ 11.0 กิโลแอมป์...46

4.19 แสดงค่าการทดสอบ Shear strength ของจุดเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็ก หนา 1.0 มิลลิเมตร กับแผ่นเหล็กหนา 1.0 มิลลิเมตร เมื่อใช้ไฟ 12 กิโลแอมป์.....47

4.20 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่หยุดสายการผลิตเนื่องจากความแข็งแรงของจุดเชื่อมไม่เป็นไปตามข้อกำหนด.....51

4.21 แสดงการซ่อมตัวถังเนื่องจากความแข็งแรงของจุดเชื่อมไม่เป็นไปตามคุณภาพที่กำหนด.....52

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับความต้านทาน ที่เปลี่ยนแปลงของสายเคเบิ้ล KICKLESS ชนิด U TYPE ความยาว 2.2 เมตร....62
4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับความต้านทาน ที่เปลี่ยนแปลงของสายเคเบิ้ล KICKLESS ชนิด STRAIGHT TYPE ความยาว 2.0 เมตร....63
ก.1 แสดงผังกระบวนการเชื่อมประกอบตัวถังของสายการประกอบหัวเก๋ง....70
ก.2 แสดงผังกระบวนการเชื่อมประกอบตัวถังของสายการประกอบกระบะท้าย.... 71
ก.3 ภาพแสดงการประกอบหัวเก๋งรถกระบะในขบวนการ Main Body....72
ก.4 ภาพแสดงการเชื่อม CO_2 ของสายการประกอบตัวถัง (หัวเก๋ง).... 72.
ก.5 ภาพแสดงการประกอบตัวถังของสายการประกอบตัวถังกระบะท้าย ในขบวนการ BIG GUN.... 73
ก.6 ภาพแสดงการประกอบฝาท้ายของสายการประกอบตัวถังกระบะท้าย.... 73
ก.7 แสดงอุปกรณ์ชุดปืนเชื่อมความต้านทาน....74
ก.8 แสดงการหลอมเหลวของโลหะ ซึ่งเกิดจากขบวนการ Spot Welding แสดง ให้เห็นภาพตัดของการเกิด Nudget Diameter....75
ก.9 แสดงการกระจายอุณหภูมิของการหลอมเหลวของขบวนการ Resistance Welding.... 75
ก.10 แสดงการวัดกระแสเชื่อม.... 78
ก.11 แสดงการวัดแรงกดของตัวอิเลคโทรด.... 78
ก.12 แสดงหัวเชื่อมอิเลคโทรดที่เสื่อมสภาพ.... 79
ก.13 แสดงหัวอิเลคโทรดของเครื่องเชื่อมจุด.... 80
ก.14 แสดงการปรับหัวอิเลคโทรดใหม่.... 80
ก.15 แสดงวิธีตรวจสอบปลายอิเลคโทรด.... 80
ก.16 แสดงท่อหล่อน้ำเย็นหัวอิเลคโทรด.... 82

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก.17 แสดงเครื่องมือที่ใช้ตอกอัดเพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของการเชื่อม..... 83
ก.18 แสดงการตอกลิ่มที่จุดเชื่อมด้วยวิธีต่าง ๆ 84
ก.19 แสดงการวัดค่าความโตของจุดเชื่อม 85
ข.1 ภาพแสดงการเตรียมชิ้นงานแบบ two - plate Lap Joint..... 87
ข.2 ภาพแสดงการเตรียมชิ้นงานแบบ three - plate Lap Joint..... 88
ข.3 การเตรียมชิ้นงาน For Plate Thickness Under 5 มิลลิเมตร..... 89
ข.4 แสดงการเตรียมชิ้นงานแบบ For Plate Thickness..... 89
ข.5 แสดงอุปกรณ์ช่วยจับยึดชิ้นงานบนเครื่องทดสอบ Tensile Test..... 90
ข.6 แสดงการทดสอบแบบ U - type tensile test..... 90
ข.7 แสดงการทดสอบค่า Shear strength ของจุดเชื่อมแผ่นเหล็กหนา
0.8 มิลลิเมตร กับ 0.8 มิลลิเมตร บนเครื่องทดสอบแรงดึง..... 92
ข.8 แสดงการทดสอบค่า Shear strength ของจุดเชื่อมแผ่นเหล็กหนา
0.8 มิลลิเมตร กับ 1.0 มิลลิเมตร บนเครื่องทดสอบแรงดึง..... 92
ค.1 oc curve สำหรับ Fixed effects Model analysis of Variance
(Montgomery,1984)..... 96

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย