บทที่ 4
ระเบียบวิธีการวิจัย

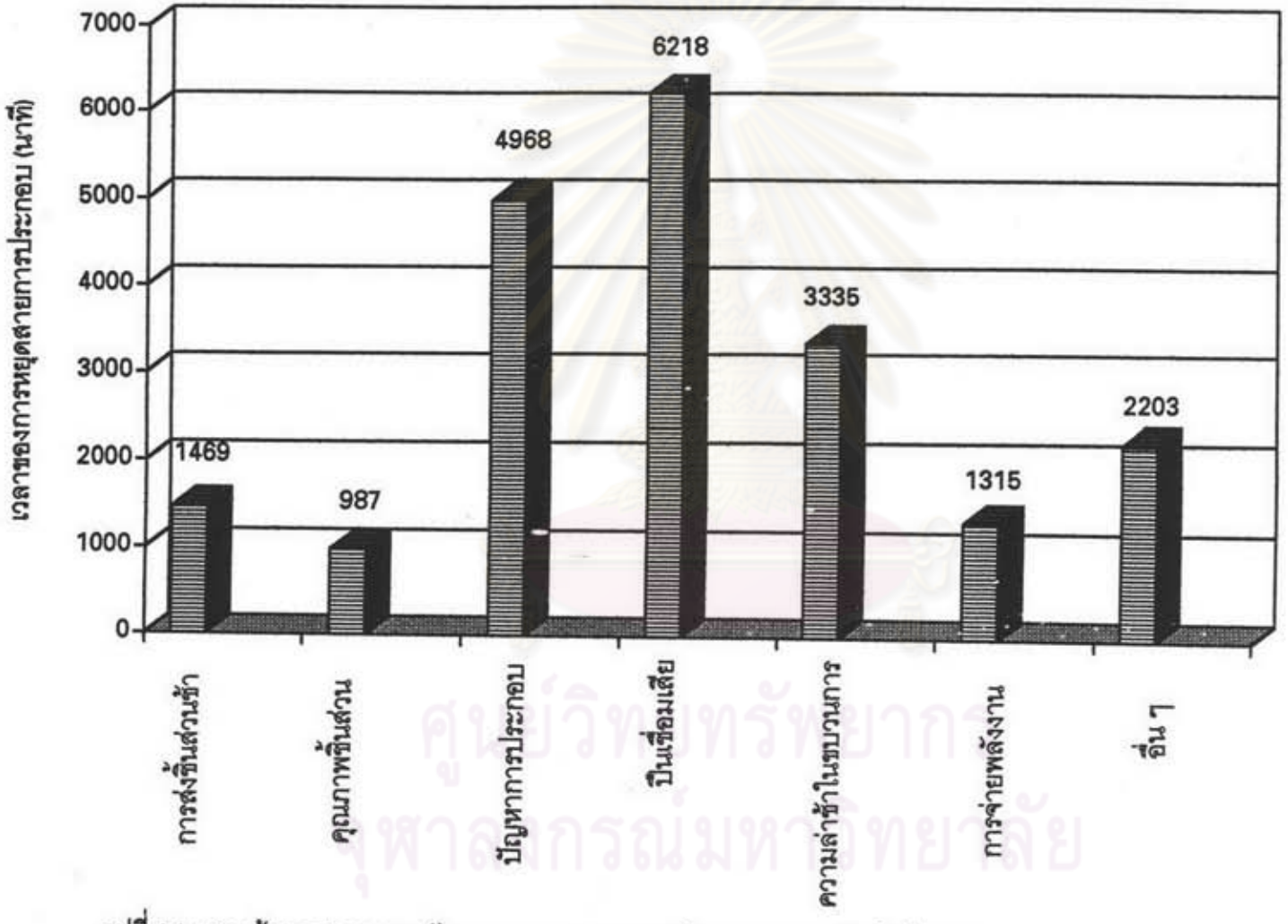
4.1 การสำรวจสภาพปัญหาในสายการประกอบตัวถังรถบรรทุก

ผู้วิจัยได้เข้าไปสำรวจสภาพปัญหา ของสายการผลิตตัวถังรถบรรทุกของโรงงานกรณีศึกษาตัวอย่าง และได้ทำการรวบรวมข้อมูลปัญหาด้านการหยุดสายการผลิต (Stop Line) และการสูญเสียเวลาในการผลิต ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในขบวนการ (Process delay) พบว่าสาเหตุหลักของปัญหาดังกล่าวเกิดจาก เครื่องจักรปืนเชื่อม (รายละเอียดการแยกสาเหตุของปัญหาการหยุดสายการผลิตและความล่าช้าในขบวนการ แสดงในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2) และ จากการศึกษาอุปกรณ์ และองค์ประกอบต่างๆ ของปืนเชื่อม พบว่าอุปกรณ์ที่เป็นสาเหตุสำคัญซึ่งทำให้เกิดปัญหามากที่สุดได้แก่ อุปกรณ์หัวเชื่อมอิเลคโทรด และอุปกรณ์สายเคเบิ้ล KICKLESS (รายละเอียดการรวบรวมข้อมูลการเสียและการชำรุดของอุปกรณ์ปืนเชื่อม แสดงในรูปที่ 4.3)

ดังนั้น จากข้อมูลสภาพปัญหาจึงเป็นมูลเหตุจูงใจ ให้ผู้วิจัยมุ่งที่จะเข้าไปศึกษา เพื่อจะเข้าไปปรับปรุง และพัฒนาระบบการบำรุงรักษา และการเปลี่ยนทดแทนที่เหมาะสมของอุปกรณ์หัวเชื่อมอิเลคโตรด และอุปกรณ์สายเคเบิ้ล KICKLESS เพื่อแก้ปัญหาการชำรุด และการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ทั้งสอง จนเป็นเหตุให้เกิดการหยุดสายการผลิต และเสียเวลาในขบวนการผลิตในการซ่อมแซมและทดแทนชิ้นส่วนอุปกรณ์ ระหว่างการผลิต

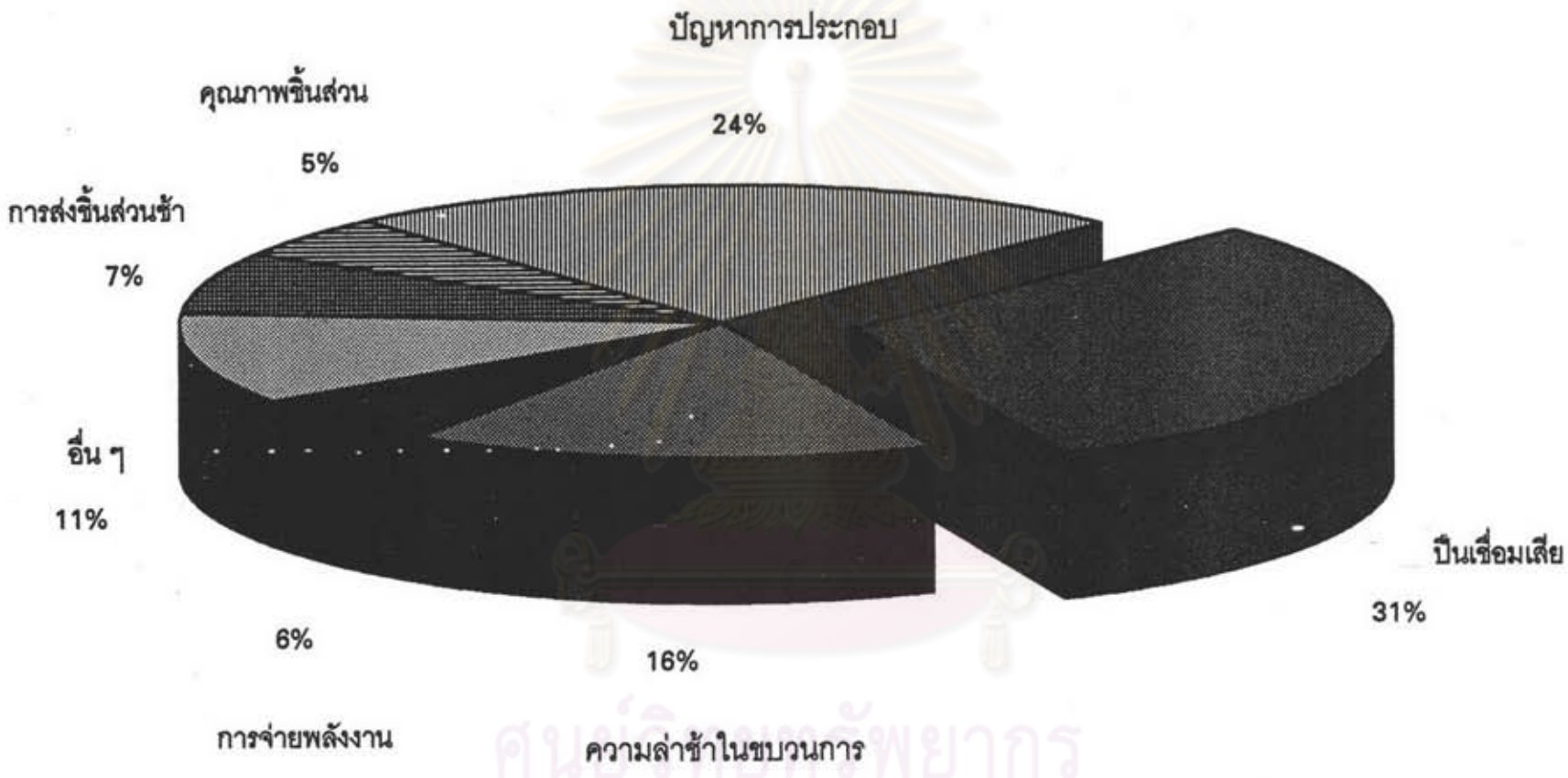
4.2 สภาพและความเป็นมาของปัญหาหัวเชื่อมอิเลคโตรด

จากการศึกษาระบบและวิธีการเชื่อมตัวถัง ของสายการประกอบตัวถังรถบรรทุกของโรงงานกรณีศึกษาตัวอย่าง พบว่า ระบบและกรรมวิธีการเชื่อมชิ้นส่วนตัวถังเข้าด้วยกัน ยังใช้ระบบการเชื่อมโดยการจ่ายไฟฟ้าจากหม้อแปลงเชื่อม (Welding Transformer) ด้วยปริมาณกระแสคงที่ ซึ่งพบว่า เมื่อพนักงานที่ทำการเชื่อมในสถานีการผลิตต่าง ๆ เชื่อมชิ้นส่วนตัวถังไประยะหนึ่ง หัวเชื่อมอิเลคโตรดของปืนเชื่อมจะค่อย ๆ สึกกร่อน (แสดงในรูปที่ 4.4) จนกระทั่งไม่สามารถเชื่อมชิ้นส่วนตัวถังติด หรือเชื่อมติดแต่ความแข็งแรงของจุดเชื่อมจะไม่ได้มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งในสายการประกอบตัวถังจะมีพนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ ทำการสุ่มเช็คความแข็งแรงของจุดเชื่อม ด้วยวิธีการใช้สิ่วสะกัด (Chisel) เช็คความแข็งแรง (รายละเอียดของการทดสอบความแข็งแรงของจุดเชื่อมดังแสดงในภาคผนวก ก.)



รูปที่ 4.1 แสดงข้อมูลสาเหตุของปัญหาการหยุดสายการผลิตรถบรรทุก 1 ตัน ในปี 2537

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 แสดงการแยกสาเหตุในการหยุดสายการผลิตของสายการผลิตตัวถังรถบรรทุก 1 ตัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งในวิธีการแก้ปัญหาในปัจจุบันของสายการประกอบตัวถัง จะกำหนดมาตรฐานของการทำงานให้แก่พนักงานทุก ๆ สถานีการผลิต โดยกำหนดให้พนักงานต้องทำการตะไบหัวเชื่อมอิเลคโทรด ตามที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งพบว่า วิธีการแก้ปัญหาปัจจุบันของสายการประกอบตัวถังมีจุดอ่อน ดังต่อไปนี้

1. พนักงานเสียเวลาในการตะไบหัวเชื่อมอิเลคโทรด ซึ่งทำให้เกิดเวลาสูญเสียในการผลิต เพราะต้องซ่อมหัวเชื่อมอิเลคโทรดตลอดเวลา (แสดงในรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6)

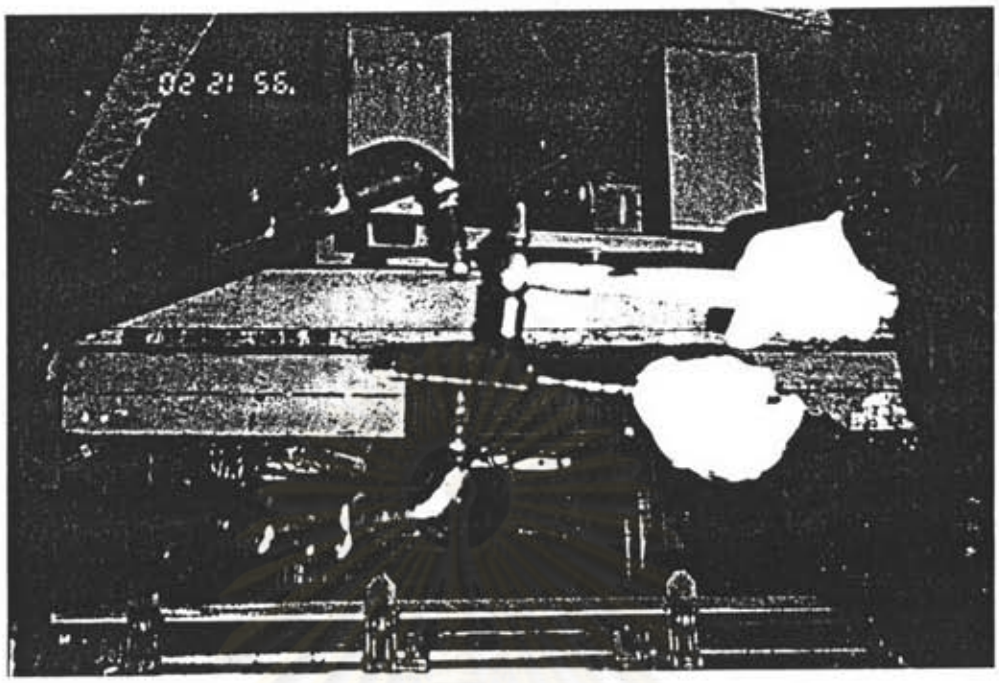
2. อายุการใช้งานหัวเชื่อมอิเลคโทรดจะสั้นลง จำเป็นต้องเปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรดบ่อยครั้งขึ้น ทำให้เกิดการสิ้นเปลือง และเพิ่มต้นทุนการผลิต และพนักงานไม่ทราบเวลาที่เหมาะสมในการเปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรด

3. พนักงานมักจะลืมตะไบหัวเชื่อมอิเลคโทรด ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งจะส่งผลถึงคุณภาพความแข็งแรงของจุดเชื่อม ซึ่งงานระหว่างขบวนการผลิตที่ความแข็งแรงของจุดเชื่อมไม่แข็งแรงต้องทำการซ่อมแซมโดยการเชื่อม CO_2 จึงทำให้เกิดการเสียเวลาและต้นทุนส่วนเพิ่ม ในการซ่อมแซมผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

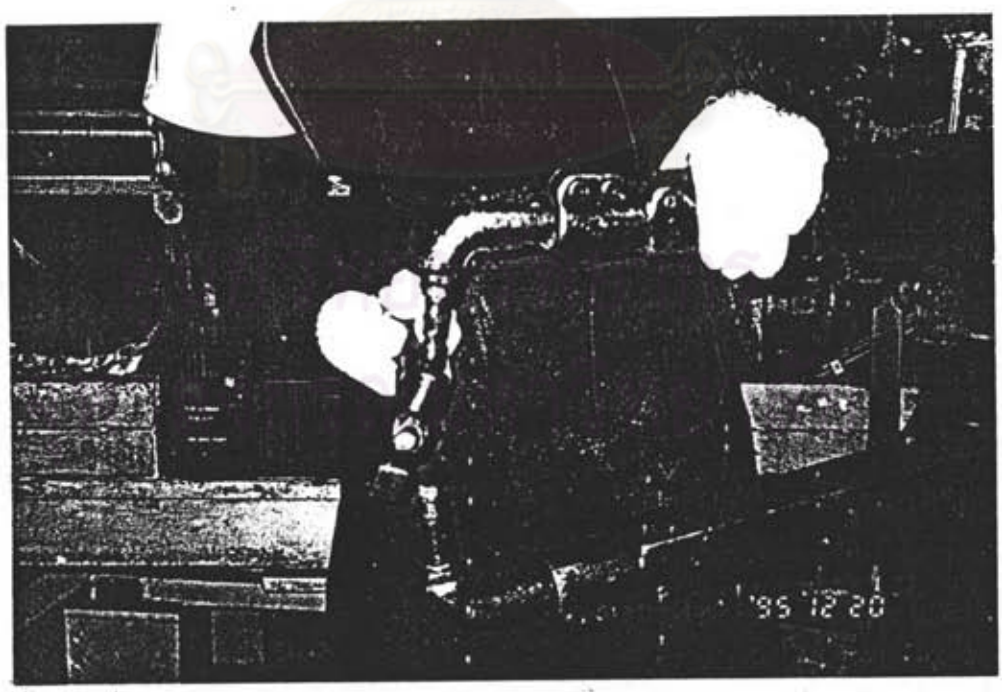
4. การที่ค่าความหนาแน่นของกระแส (อัตรส่วนระหว่างปริมาณกระแสต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวเชื่อมอิเลคโทรด) ไม่เหมาะสมจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพผิวของจุดเชื่อม ซึ่งพบว่าจุดเชื่อมจะมีผิวเป็นหนาม (Spatter) ซึ่งต้องเสียเวลา และแรงงานในการซ่อมและเจียรแต่ง (ดังรูปที่ 4.7)

5. มีผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้า ในกรณีที่ตัวถังที่จุดเชื่อมไม่แข็งแรงหลุดจากการตรวจสอบคุณภาพและนำไปประกอบเป็นรถบรรทุกเมื่อส่งมอบให้ลูกค้าจะเกิดปัญหาคุณภาพภายหลังการขาย

ดังนั้น เพื่อที่จะแก้ปัญหาที่เกิดจากอุปกรณ์หัวเชื่อมอิเลคโทรดของเครื่องจักรปืนเชื่อมข้างต้น โรงงานกรณีศึกษาได้มีนโยบายนำเอาระบบการเชื่อมความต้านทานแบบ Step up เข้ามาใช้ในสายการผลิตตัวถังรถบรรทุก เพื่อทดแทนระบบการเชื่อมตัวถังแบบเดิม โดยในระบบการเชื่อมความต้านทานแบบ Step up นี้จะมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงเชื่อมมายังหัวเชื่อมอิเลคโทรดเพิ่มขึ้นตามภาวะการสึกกร่อน ของอุปกรณ์หัวเชื่อมอิเลคโทรดของปืนเชื่อม โดยจะมีการควบคุมการจ่ายกระแสจากหม้อแปลงเชื่อมเพิ่มขึ้นเป็นรอบ (Step up) แบบอัตโนมัติ โดยในแต่ละรอบของการเพิ่มกระแสจะถูกควบคุมโดยอุปกรณ์อิเลคโทรนิค ซึ่งการนำระบบนี้มาใช้นั้น มีความต้องการระบบการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ เป็นระบบสนับสนุนในการติดตั้ง เพื่อที่จะสามารถทำนายอายุการใช้งานของอุปกรณ์หัวเชื่อมอิเลคโทรดที่เหมาะสม และนำไปสร้างแผน



รูปที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนตะไบหัวเชื่อมอิเลคโทรดของปืนเชื่อม



รูปที่ 4.6 แสดงการติดตั้งหัวเชื่อมอิเลคโทรดของปืนเชื่อม

การเปลี่ยนทดแทนหัวเชื่อมอิเลคโทรดของปืนเชื่อม ก่อนที่จะส่งผลต่อปัญหาในด้านต่าง ๆ ต่อสายการผลิตตัวถังรถบรรทุก ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในระบบการเชื่อมความต้านทานแบบ Step up และทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างภาระงานของหัวเชื่อมอิเลคโทรดกับค่าความแข็งแรงของจุดเชื่อมเพื่อใช้ในการพยากรณ์ภาระงานที่เหมาะสมก่อนการเปลี่ยนทดแทนหัวเชื่อมอิเลคโทรด ในระบบความต้านทานแบบ Step up

4.2.1 วิธีการวิจัย

4.2.1.1 การควบคุมพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการทดลอง จากการศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อขบวนการการเชื่อมความต้านทานแบบจุด (Spot welding) พบว่า มีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องอยู่ 3 พารามิเตอร์ ได้แก่

- กระแสไฟฟ้า (Electric current) ที่ส่งจากหม้อแปลงเชื่อมมายังหัวเชื่อมอิเลคโทรด
- เวลาในการเชื่อม (Welding time) คือเวลาที่หัวเชื่อมอิเลคโทรดใช้ในการเชื่อมชิ้นส่วนตัวถัง ให้จุดเชื่อมหลอมละลายติดกัน
- ความดันในการเชื่อม (Pressure) คือแรงกดของหัวเชื่อมอิเลคโทรดกระทำต่อชิ้นส่วนตัวถังในขณะเชื่อม

ซึ่งในการทดลอง เวลาในการเชื่อมและความดันในการเชื่อมเป็นพารามิเตอร์ที่ถูกควบคุมให้คงที่ โดยจะถูกควบคุมโดยแรงดันลมที่ส่งผ่านตัวควบคุมแรงดัน (Regulator valve) ซึ่งจะควบคุมให้เวลาในการเชื่อมและความดันในการเชื่อมคงที่ตลอดเวลา

4.2.1.2 กลุ่มทดลอง จากการศึกษาวัตถุดิบและการทำงานในสายการประกอบตัวถังรถบรรทุกพบว่า มีการใช้เหล็กแผ่นมาปั้มขึ้นรูป โดยมีความหนาของเหล็กแผ่น 2 ขนาดคือ ขนาดหนา 0.8 มิลลิเมตร และหนา 1.0 มิลลิเมตร สำหรับหัวเชื่อมอิเลคโทรดที่ใช้ในสายการประกอบนี้มีอยู่ 2 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และ 8 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังนั้นในการทดลองนี้จะทำการทดลองเชื่อมชิ้นงาน 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 เชื่อมชิ้นงานหนา 0.8 มิลลิเมตร กับชิ้นงานหนา 0.8 มิลลิเมตร โดยใช้หัวเชื่อมอิเลคโทรดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร โดยใช้กระแสไฟฟ้าเริ่มต้น 9.4 กิโลแอมแปร์ และต่อจากนั้นเพิ่มกระแสไฟขึ้นอีก 2 ขั้น เป็น 10.2 กิโลแอมแปร์ และ 10.9 กิโลแอมแปร์ ตามลำดับ (ดูรายละเอียดการหากระแสไฟที่ต้องเพิ่มในแต่ละขั้นในภาคผนวก ค.2.)

กลุ่มที่ 2 เชื่อมชิ้นงานหนา 1.0 มิลลิเมตร กับชิ้นงานหนา 0.8 มิลลิเมตร โดยใช้หัวเชื่อมอิเลคโทรดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร โดยใช้กระแสไฟเริ่มต้น 9.6 กิโล

แอมแปร์ และเพิ่มกระแสไฟอีก 2 ขั้น เป็น 10.8 กิโลแอมแปร์ และ 11.6 กิโลแอมแปร์ (ดูรายละเอียดการหากระแสไฟที่ต้องเพิ่มในแต่ละขั้นในภาคผนวก ค.2.)

กลุ่มที่ 3 เชื่อมชิ้นงานหนา 1.0 มิลลิเมตร กับชิ้นงานหนา 1.0 มิลลิเมตร โดยใช้หัวเชื่อมอิเลคโทรดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร โดยใช้กระแสไฟเริ่มต้น 9.7 กิโลแอมแปร์ และเพิ่มกระแสไฟอีก 2 ขั้น เป็น 11.0 กิโลแอมแปร์ และ 12.0 กิโลแอมแปร์ (ดูรายละเอียดการหากระแสไฟที่ต้องเพิ่มในแต่ละขั้นในภาคผนวก ค.2.)

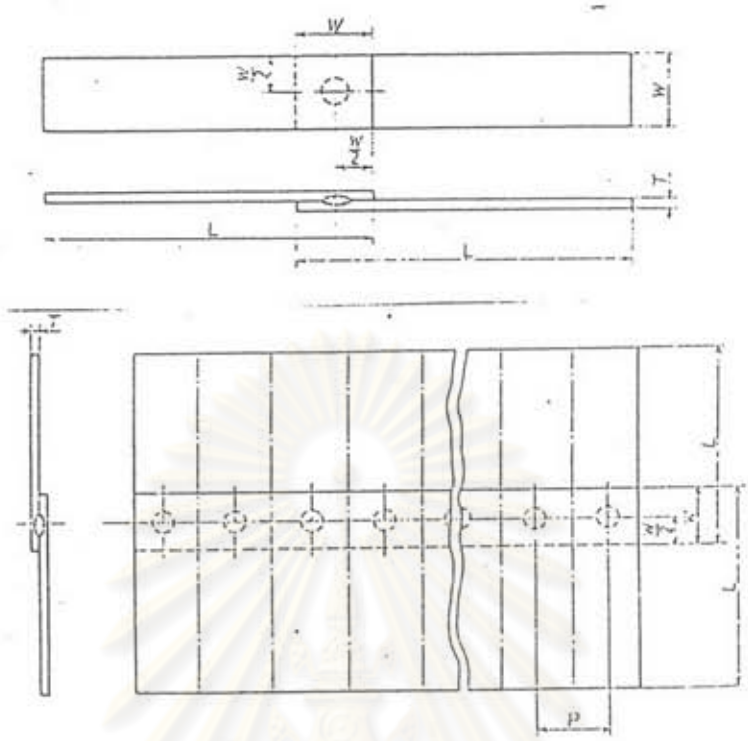
ตารางที่ 4.1 แสดงการแบ่งกลุ่มการทดลองแยกตามประเภทของขบวนการประกอบตัวถัง

กลุ่ม	ความหนาชิ้นงาน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวเชื่อมอิเลคโทรด(มม.)	กำลังหม้อแปลงเชื่อม (กิโลโวลท์)	ขนาดกระแสไฟ (กิโลแอมแปร์)
1	เหล็กหนา 0.8 มม.กับเหล็กหนา 0.8 มม.	6	12	9.4
2	เหล็กหนา 0.8 มม.กับเหล็กหนา 1.0 มม.	6	13.5	9.6
3	เหล็กหนา 1.0 มม.กับเหล็กหนา 1.0 มม.	8	14	9.7

4.2.1.3 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ การวิจัยครั้งนี้จะทำการทดลองในห้องทดลอง เพื่อใช้ผลการทดลองไปวางแผนในการซ่อมบำรุงในสายการผลิตจริง ดังนั้นจึงต้องเตรียมชิ้นงานเพื่อใช้ทดลอง เชื่อมด้วยปืนเชื่อมแบบ Spot ตามมาตรฐาน JIS เพื่อนำชิ้นงานที่เชื่อมไปทดสอบหาความแข็งแรงของจุดเชื่อม ด้วยการทดสอบการทนต่อแรงดึงเฉือน (Tension shear test) โดยเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบของกลุ่มทดสอบทั้ง 3 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1

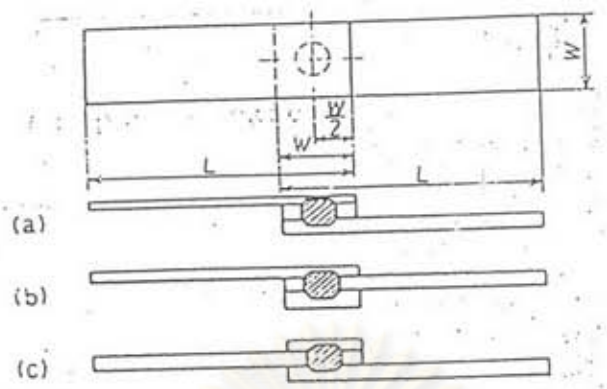
1). เตรียมชิ้นงานสำหรับเชื่อม เพื่อนำไปทดสอบการทนต่อแรงดึงเฉือน โดยตัดแผ่นเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร ขนาด 30 มิลลิเมตร x 100มิลลิเมตร เพื่อใช้เชื่อมชิ้นงานในตำแหน่งที่กำหนดไว้ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)



รูปที่ 4.8 แสดงรูปแผ่นเหล็กและการวางตำแหน่งเชื่อม

2) เตรียมชิ้นงานสำหรับการเชื่อม เพื่อหาอัตราการสึกของหัวเชื่อมอิเลคโทรด โดยตัดแผ่นเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร ขนาด 100 มิลลิเมตร x 600 มิลลิเมตร และเขียนตำแหน่งจุดเชื่อม ลงบนแผ่นเหล็กที่เตรียมไว้ เป็นจุดเชื่อมที่ 1,2,3,.....,600 (ดูภาคผนวก ข.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 แสดงรูปแผ่นเหล็กที่เขียนตำแหน่งจุดเชื่อมไว้

กลุ่มที่ 2

1) เตรียมชิ้นงานโดยตัดแผ่นเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร ขนาด 30 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร และแผ่นเหล็กหนา 1.0 มิลลิเมตร ขนาด 30 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร และเตรียมจุดเชื่อม ตามรูปที่ 4.1 (รายละเอียดชิ้นงานดูในภาคผนวก ข)

2) เตรียมชิ้นงานสำหรับการเชื่อม เพื่อหาอัตราการสึกของหัวเชื่อม โดยตัดแผ่นเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร ขนาด 100 มิลลิเมตร x 600 มิลลิเมตร และขนาดความหนา 1.0 มิลลิเมตร ขนาด 100 มิลลิเมตร x 600 มิลลิเมตร เขียนตำแหน่งจุดเชื่อมลงไป ตามรูปที่ 4.2 (รายละเอียดชิ้นงานดูในภาคผนวก ข)

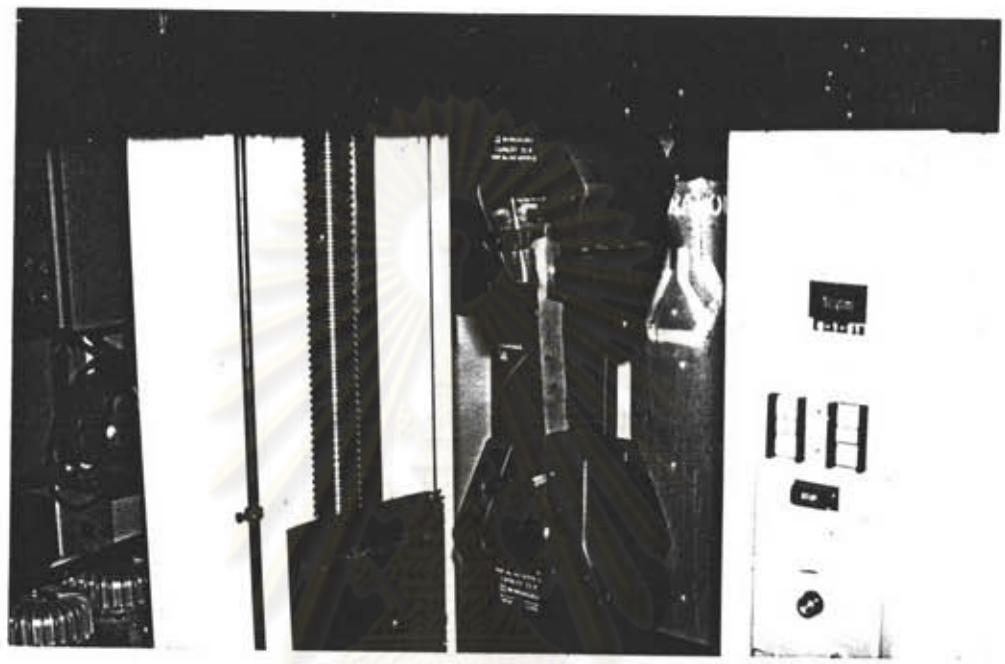
กลุ่มที่ 3

1) เตรียมชิ้นงานโดยตัดแผ่นเหล็กหนา 1.0 มิลลิเมตร ขนาด 30 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร และเตรียมจุดเชื่อมตามรูปที่ 4.1

2) เตรียมชิ้นงานสำหรับการเชื่อม เพื่อหาอัตราการสึกของหัวเชื่อม โดยตัดแผ่นเหล็กหนา 1.0 มิลลิเมตร ขนาด 100 มิลลิเมตร x 600 มิลลิเมตร เขียนตำแหน่งจุดเชื่อมลงไป ตามรูปที่ 4.2 (รายละเอียดชิ้นงานดูในภาคผนวก ข)

4.2.1.4 จำนวนซ้ำของการทดลอง ทำการทดลองเชื่อมชิ้นงาน โดยใช้ชิ้นงานในกลุ่มที่ 1 เหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร จำนวน 12 ชิ้น นำมาเชื่อมด้วยปืนเชื่อมแบบ spot โดยใช้หัวเชื่อมอิเลคโทรดขนาด 6 มิลลิเมตร โดยใช้ไฟเชื่อม 9.4 กิโลแอมป์ และนำชิ้นงานที่ได้ไป

ทดสอบการทนต่อแรงดึงเฉือน (Tension shear test) (ดังแสดงในรูปที่ 4.10) ได้ผลการทดสอบแรงดึง ดังแสดงในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.10 แสดงการทดสอบชิ้นงานทดลองบนเครื่องทดสอบ Tension shear test)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลของค่า Shear strength ของชิ้นงานทดสอบ

จุดเชื่อมที่	Shear strength (Kgf).
1	1020
2	1031
3	994
4	1011
5	982
6	1034

จากข้อมูลที่ได้นำไปหาจำนวนซ้ำจาก OC curve ได้จำนวนซ้ำ = 3 ค่า (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค.1.)

4.2.1.5 วิธีการทดลอง นำชิ้นงานที่เตรียมไว้ในหัวข้อ 4.2.1.3 ไปทำการเชื่อมตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในหัวข้อ 4.2.1.4

กลุ่มที่ 1

ขั้นที่ 1 กระแสไฟ 9.4 กิโลแอมป์

ทำการเชื่อมชิ้นงานที่เตรียมไว้ โดยเชื่อมบนชิ้นงานที่เตรียมไว้ในข้อที่ 2 ยกเว้นตำแหน่งที่ 1,51,101,151,201,251,301,351,401,451,501,551 และ 601 ให้ย้ายปืนเชื่อมไปเชื่อมบนชิ้นงานที่เตรียมไว้ในข้อที่ 1 เพื่อนำชิ้นงานไปทดสอบหาค่า shear strength นำค่า shear strength จากชิ้นงานทดสอบบันทึกในตารางที่ 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการทดสอบ shear strength ของจุดเชื่อมตำแหน่งต่าง ๆ ของกลุ่มที่ 1 เมื่อใช้กระแสไฟ 9.4 กิโลแอมป์

จุดเชื่อมที่	shear strength (Kgf)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	1160	1020	940	1040
51	980	1020	1100	1033
101	1020	985	980	995
151	895	860	930	895
201	989	970	1020	993
251	920	970	955	948
301	870	835	880	862
351	850	928	908	895
401	880	780	800	820
451	820	775	782	792
501	845	844	794	828
551	720	800	650	723
601	711	740	708	720

ทำการทดลองใหม่ โดยเปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรดเป็นชุดใหม่ ทดลองเชื่อมซ้ำเหมือนเดิม โดยใช้หัวเชื่อมอิเลคโตรดใหม่ 2 ชุด

นำผลการทดลองที่ได้ ไปหาจำนวนจุดเชื่อมสูงสุด ที่ยังให้จุดเชื่อมที่แข็งแรงตามมาตรฐาน โดยใช้วิธีทางสถิติ โดยการสร้างสมการถดถอย (Regression equation) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนจุดเชื่อมที่ได้กับค่า shear strength เพื่อใช้สมการถดถอยที่สร้างได้พยากรณ์จำนวนจุดเชื่อม ที่หัวเชื่อมอิเลคโตรดสามารถเชื่อมได้ ในการเพิ่มกระแสในรอบที่ 1

เมื่อได้ค่าจำนวนจุดเชื่อมสูงสุดที่ยอมรับได้ แล้วนำหัวเชื่อมอิเลคโตรดที่เชื่อมค้างไว้มาเชื่อมต่อไป ให้ได้จำนวนจุดเชื่อมตามที่พยากรณ์ไว้ได้ โดยใช้หัวเชื่อมอิเลคโทรดทั้ง 3 ชุด

ขั้นที่ 2 กระแสไฟ 10.2 กิโลแอมป์

ทำการเชื่อมชิ้นงานที่เตรียมไว้ โดยเริ่มนับตำแหน่งการเชื่อมใหม่เป็น 1,2,3,.... เลือกจุดเชื่อมที่ 1,51,101,151,201,251,301,351,401,451,501,551 และ 601 ไปเชื่อมบนชิ้นงานที่เตรียมไปทดสอบหา shear strength และบันทึกในตารางข้อมูล

ทำการทดลองใหม่โดยใช้หัวเชื่อมอิเลคโทรดอีก 2 ชุดที่ค้างอยู่

นำผลการทดลองที่ได้ไปพยากรณ์หาจำนวนจุดเชื่อมสูงสุด โดยวิธีทางสถิติ โดยการสร้างสมการถดถอย (Regression equation) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนจุดเชื่อมที่ได้กับค่า shear strength เพื่อใช้สมการถดถอยที่สร้างได้พยากรณ์จำนวนจุดเชื่อม ที่หัวเชื่อมอิเลคโทรดสามารถเชื่อมได้ ในการเพิ่มกระแสในรอบที่ 2

เมื่อได้ค่าจำนวนจุดเชื่อมสูงสุดที่ยอมรับได้แล้ว ให้นำหัวเชื่อมอิเลคโทรด ที่เชื่อมค้างไว้ไปเชื่อมต่อ ให้ได้จำนวนจุดเชื่อมที่พยากรณ์ไว้ได้ โดยใช้หัวเชื่อมอิเลคโทรดทั้ง 3 ชุด

ขั้นที่ 3 กระแสไฟ 10.9 กิโลแอมป์

ทำการเชื่อมชิ้นงานที่เตรียมไว้ โดยเริ่มนับตำแหน่งการเชื่อมใหม่เป็น 1,2,3,....เลือกจุดเชื่อมที่ 1,51,101,151,201,251,301,351,401,451,501,551 และ 601 ไปหาค่า shear strength

ทำการทดลองใหม่ โดยใช้หัวเชื่อมอิเลคโทรดอีก 2 ชุดที่ค้างอยู่

นำผลการทดลองที่ได้ไปพยากรณ์หาจำนวนจุดเชื่อมสูงสุด โดยวิธีทางสถิติ โดยการสร้างสมการถดถอย (Regression equation) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนจุดเชื่อมที่ได้กับค่า shear strength เพื่อใช้สมการถดถอยที่สร้างได้พยากรณ์จำนวนจุดเชื่อม ที่หัวเชื่อมอิเลคโทรดสามารถเชื่อมได้ ในการเพิ่มกระแสในรอบที่ 3 (ดูการคำนวณในภาคผนวก ง)

<u>กลุ่มที่ 2</u>

ทำการทดลองด้วยวิธีเดียวกับในกลุ่มที่ 1 โดยการใช้ขนาดกระแสไฟเป็น 3 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 กระแสไฟ 9.10 กิโลแอมป์

ขั้นที่ 2 กระแสไฟ 10.8 กิโลแอมป์

ขั้นที่ 3 กระแสไฟ 11.6 กิโลแอมป์

I 17061763

กลุ่มที่ 3

ทำการทดลองด้วยวิธีเดียวกับในกลุ่มที่ 1 โดยการใช้ขนาดกระแสไฟเป็น 3 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 กระแสไฟ 9.7 กิโลแอมป์
ขั้นที่ 2 กระแสไฟ 11.0 กิโลแอมป์
ขั้นที่ 3 กระแสไฟ 12.0 กิโลแอมป์

4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปผลวิเคราะห์การพยากรณ์เพื่อหาจำนวนจุดเชื่อมในการใช้งานของหัวเชื่อมอิเลคโตรด ในแต่ละกลุ่มการทดลองได้ดังแสดงในตารางที่ 4.4,4.5 และ 4.6

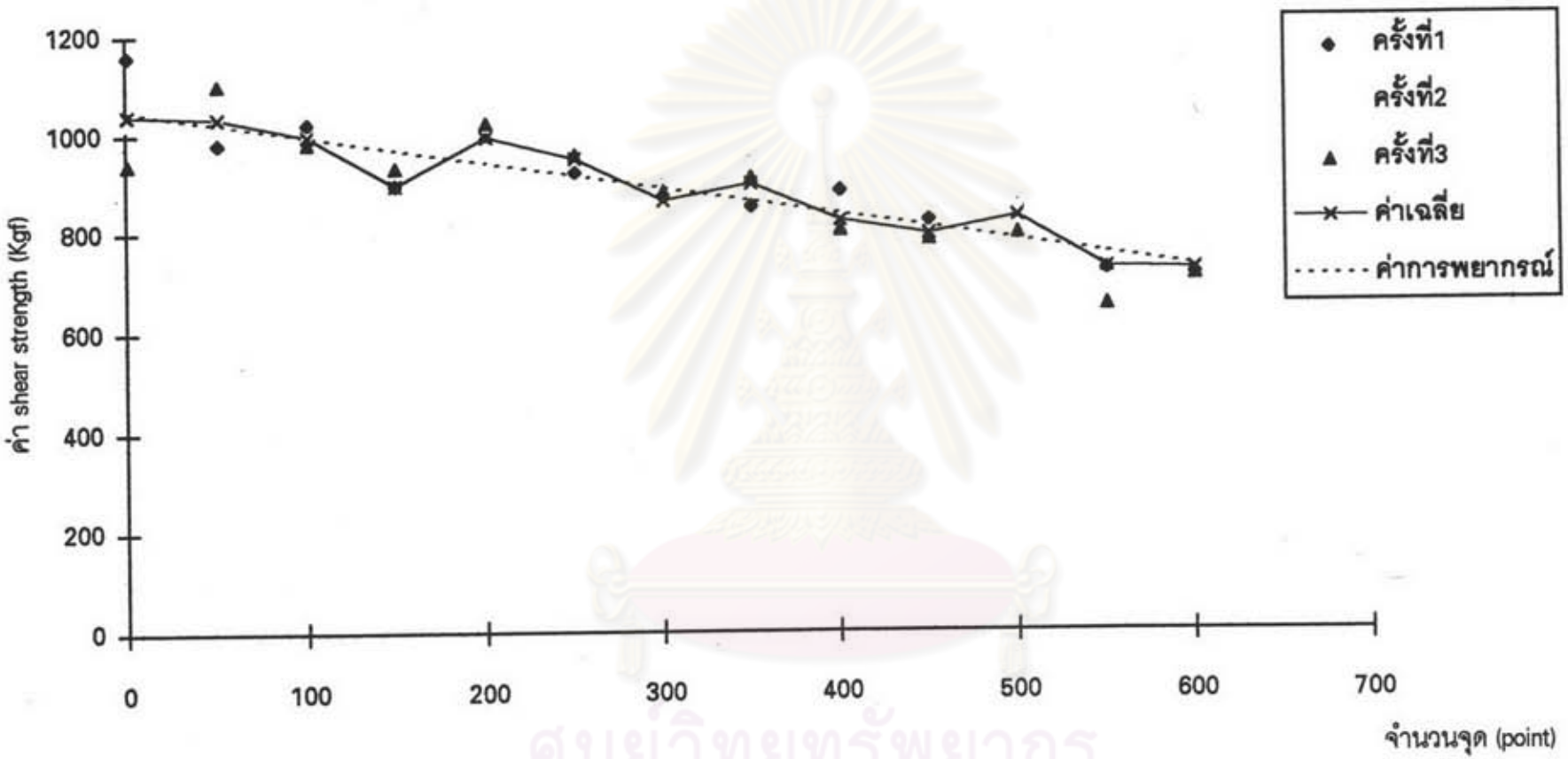
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์เพื่อหาจำนวนจุดเชื่อมในการใช้งานของหัวเชื่อมอิเลคโตรด ของกลุ่มที่ 1 เหล็กหนา 0.8 มม. กับเหล็กหนา 0.8 มม. ขนาดหัวเชื่อมอิเลคโตรดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.

รอบที่	กระแสไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลแอมป์)	สมการถดถอยที่ใช้ในการพยากรณ์	ค่า shear strength มาตรฐานต่ำสุด (Kgf)	จำนวนจุดเชื่อมที่พยากรณ์ได้ (จุด)
1	9.4	Y = 1048.29-0.5325x	740	654
2	10.2	Y = 1144.4-0.389x	740	856
3	10.9	Y = 1159.19-0.2935x	740	942

เมื่อ X คือ จำนวนจุดเชื่อม

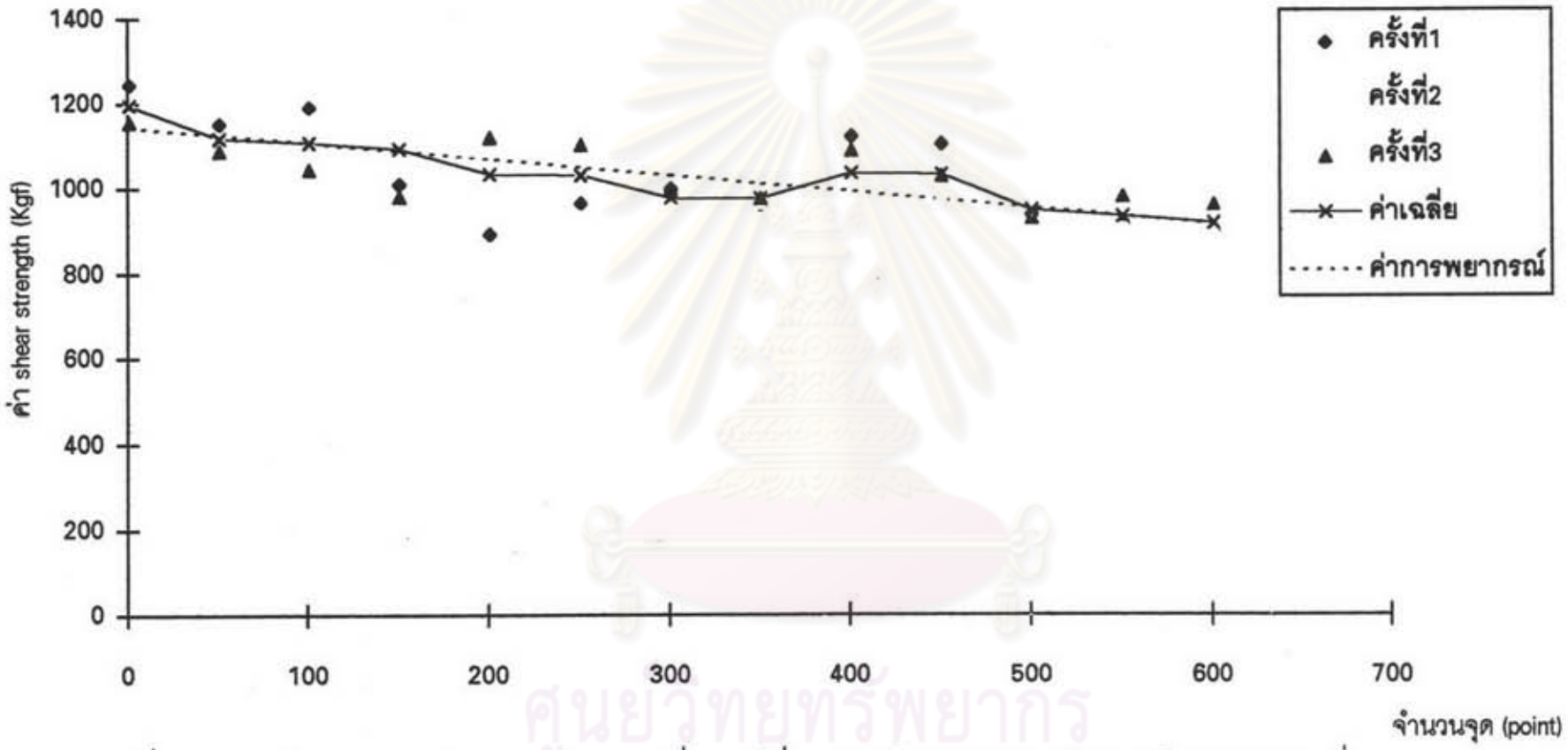
Y คือ ค่า shear strength (Kgf)

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมและค่า Shear strength ของกลุ่มการทดลองที่ 1 ในแต่ละรอบของการเพิ่มกระแสแสดงในรูปที่ 4.11,4.12 และรูปที่ 4.13 ตามลำดับ



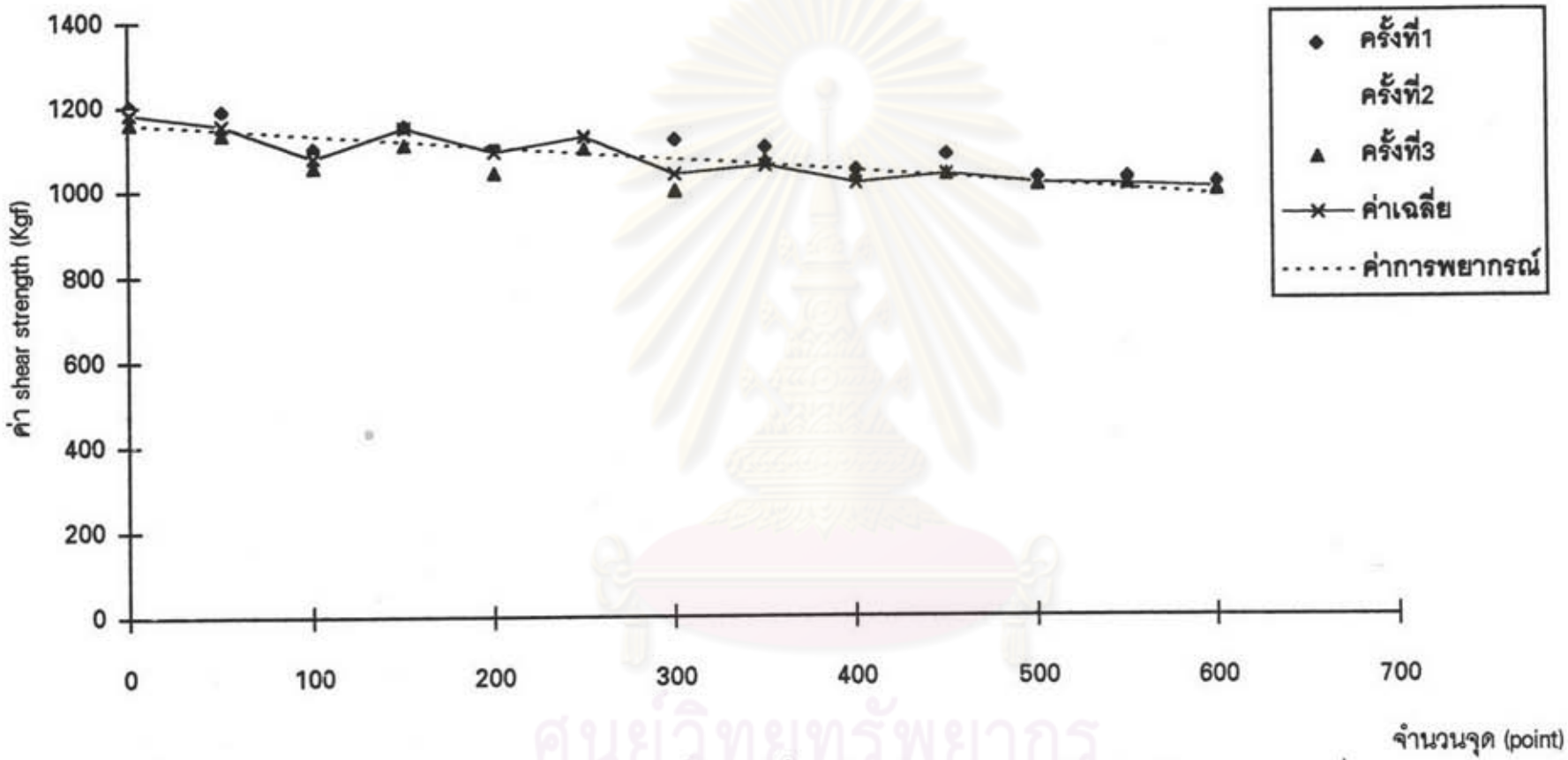
รูปที่ 4.11 แสดงค่าการทดสอบ shear strength ของรอยเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็กหนา 0.8 มม. กับแผ่นเหล็กหนา 0.8 มม. เมื่อใช้ไฟ 9.4 กิโลแอมป์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.12 แสดงค่าการทดสอบ shear strength ของรอยเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็กหนา 0.8 มม. กับแผ่นเหล็กหนา 0.8 มม. เมื่อใช้ไฟ 10.2 กิโลแอมป์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 แสดงค่าการทดสอบ shear strength ของรอยเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็กหนา 0.8 มม. กับแผ่นเหล็กหนา 0.8 มม. เมื่อใช้ไฟ 10.9 กิโลแอมป์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ เพื่อหาจำนวนจุดเชื่อมในการใช้งานของหัวเชื่อมอิเลคโตรดของกลุ่มที่ 2 เหล็กหนา 0.8 มม. กับเหล็กหนา.0 มม. ขนาดหัวเชื่อมอิเลคโทรดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.

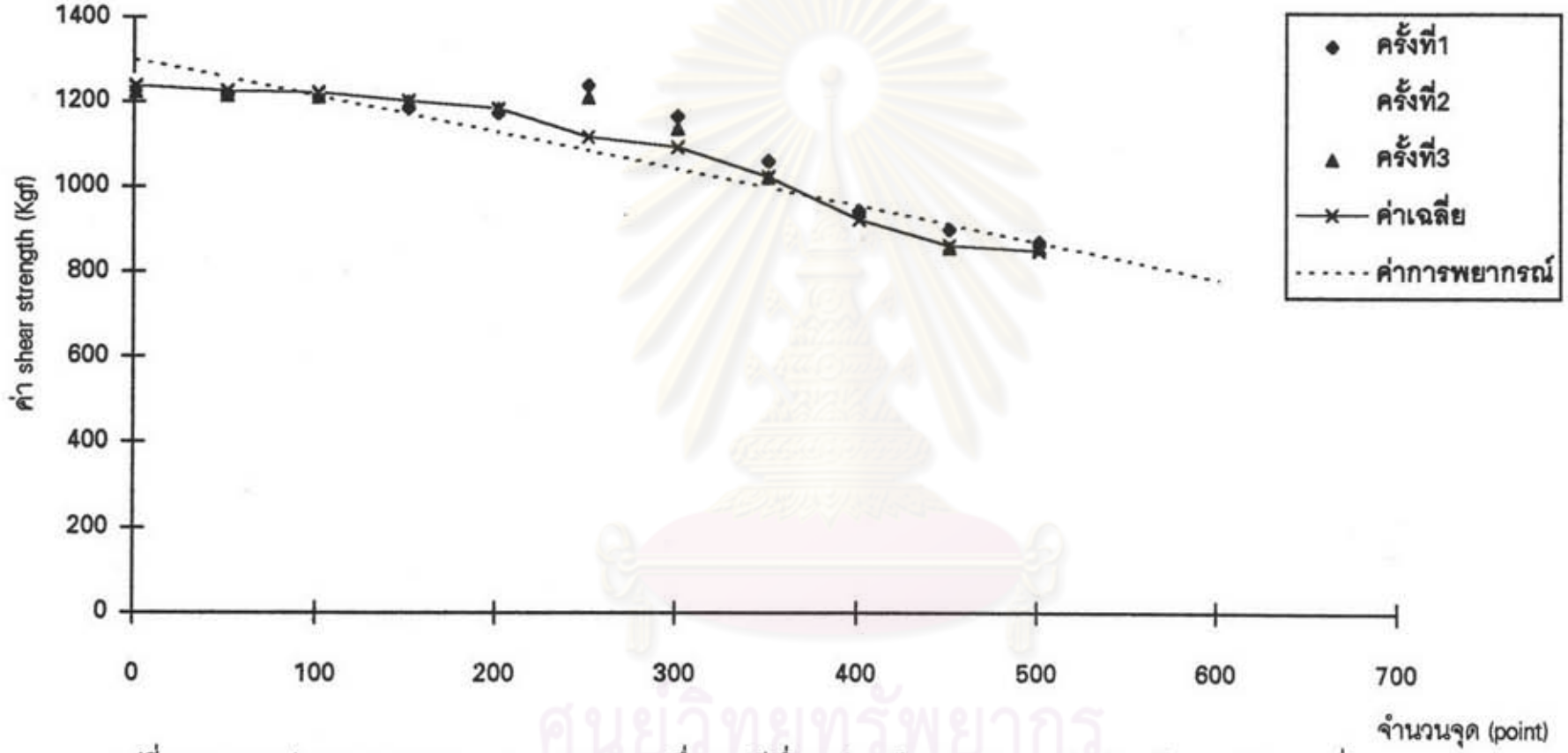
รอบที่	กระแสไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลแอมป์)	สมการถดถอยที่ใช้ในการพยากรณ์	ค่า shear strength มาตรฐานต่ำสุด (Kgf)	จำนวนจุดเชื่อมที่พยากรณ์ได้ (จุด)
1	9.6	Y = 1301.46-0.867X	880	538
2	10.8	Y = 1346.24-0.593X	880	824
3	11.6	Y = 1380.26-0.556X	880	890

เมื่อ X คือ จำนวนจุดเชื่อม

Y คือ ค่า shear strength (Kgf)

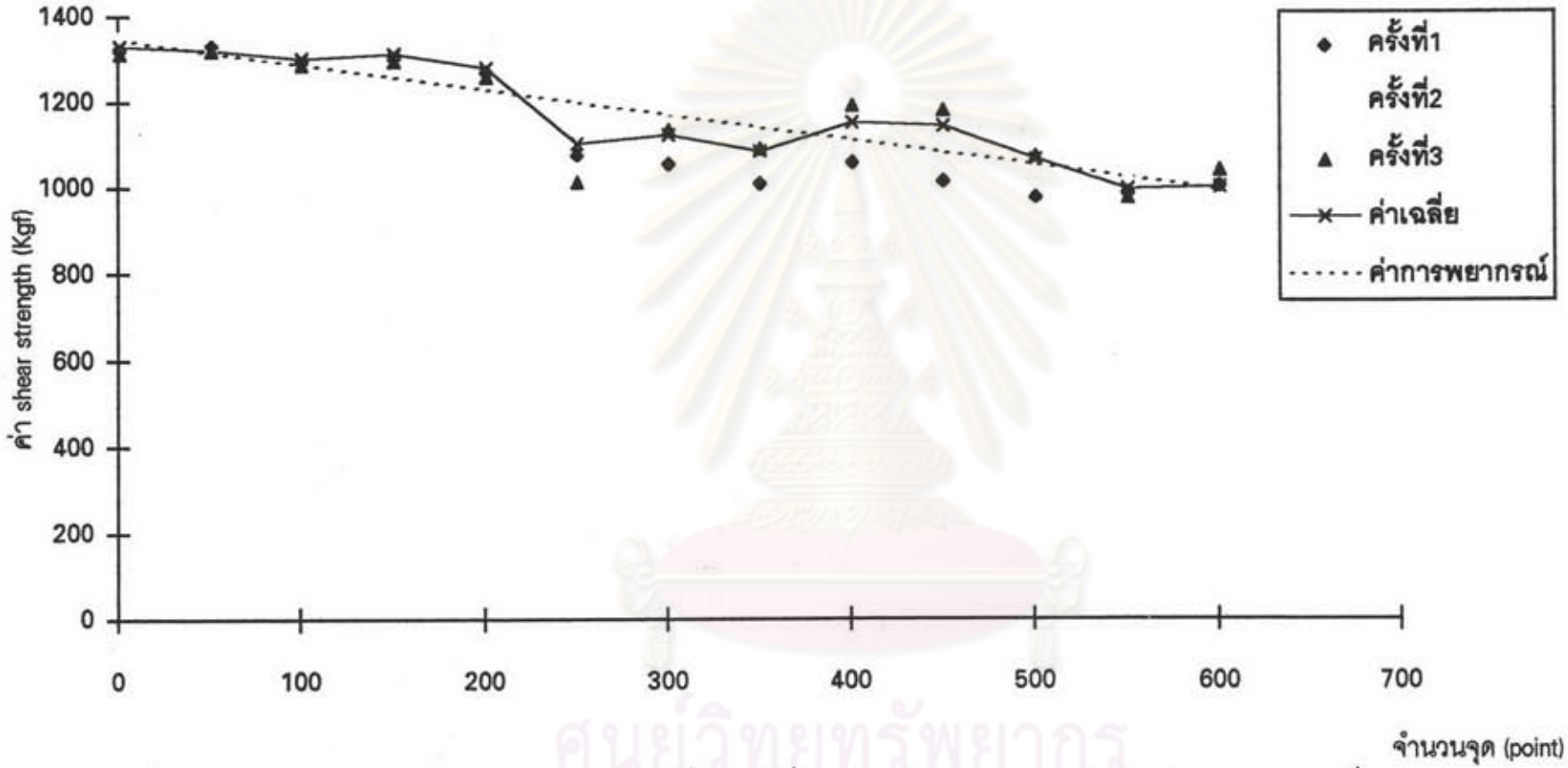
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมและค่า Shear strength ของกลุ่มการทดลองที่ 2 ในแต่ละรอบของการเพิ่มกระแสแสดงในรูปที่ 4.14,4.15 และรูปที่ 4.16 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



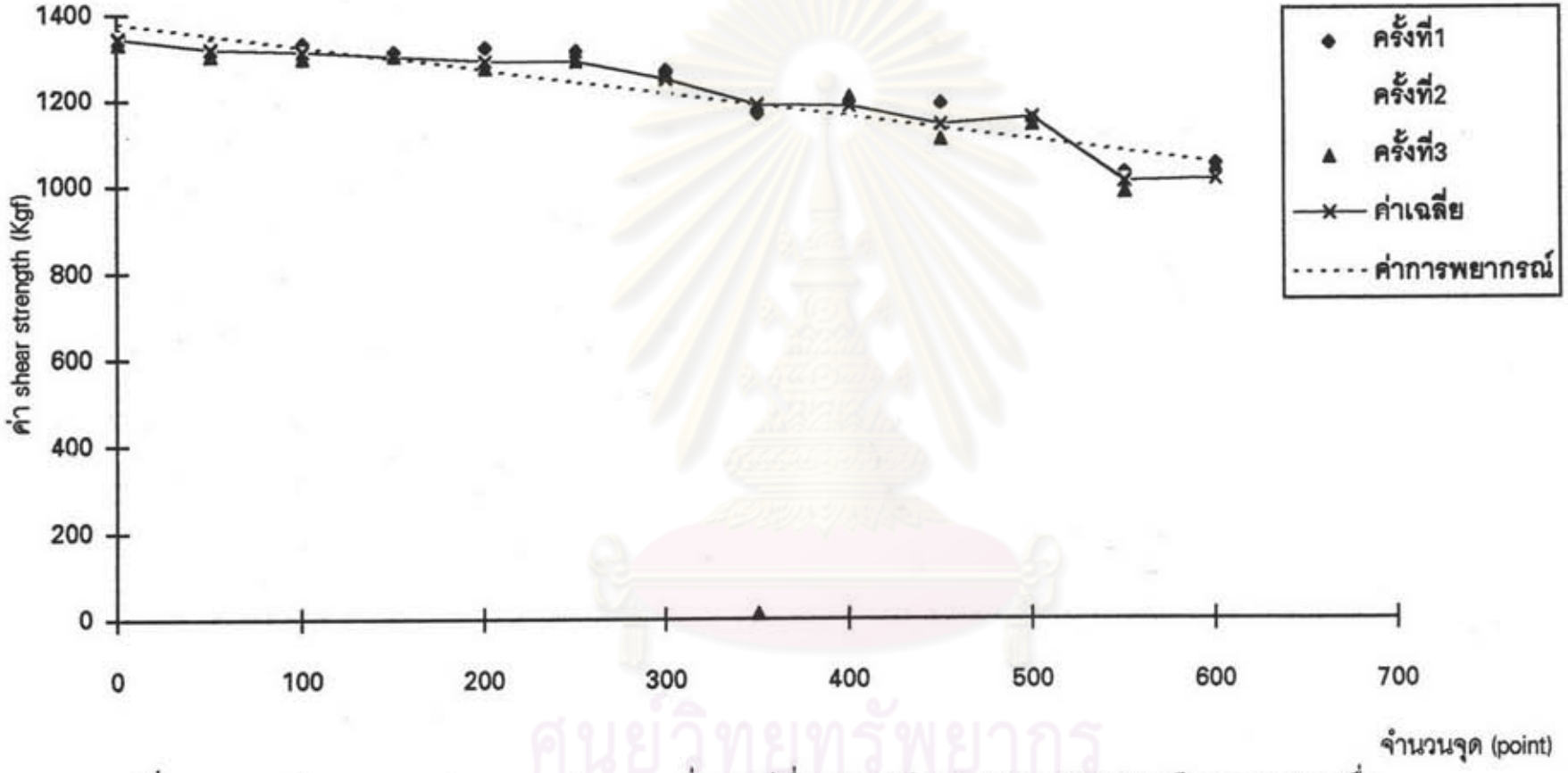
รูปที่ 4.14 แสดงค่าการทดสอบ shear strength ของรอยเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็กหนา 1.0 มม. กับแผ่นเหล็กหนา 0.8 มม. เมื่อใช้ไฟ 9.6 กิโลแอมป์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.15 แสดงค่าการทดสอบ shear strength ของรอยเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็กหนา 1.0 มม. กับแผ่นเหล็กหนา 0.8 มม. เมื่อใช้ไฟ 10.8 กิโลแอมป์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.16 แสดงค่าการทดสอบ shear strength ของรอยเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็กหนา 1.0 มม. กับแผ่นเหล็กหนา 0.8 มม. เมื่อใช้ไฟ 11.6 กิโลแอมป์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ เพื่อหาจำนวนจุดเชื่อมในการใช้งานของหัวเชื่อมอิเลคโทรดของกลุ่มที่ 3 เหล็กหนา 1.0 มม. กับเหล็กหนา 1.0 มม. ขนาดหัวเชื่อมอิเลคโทรดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม.

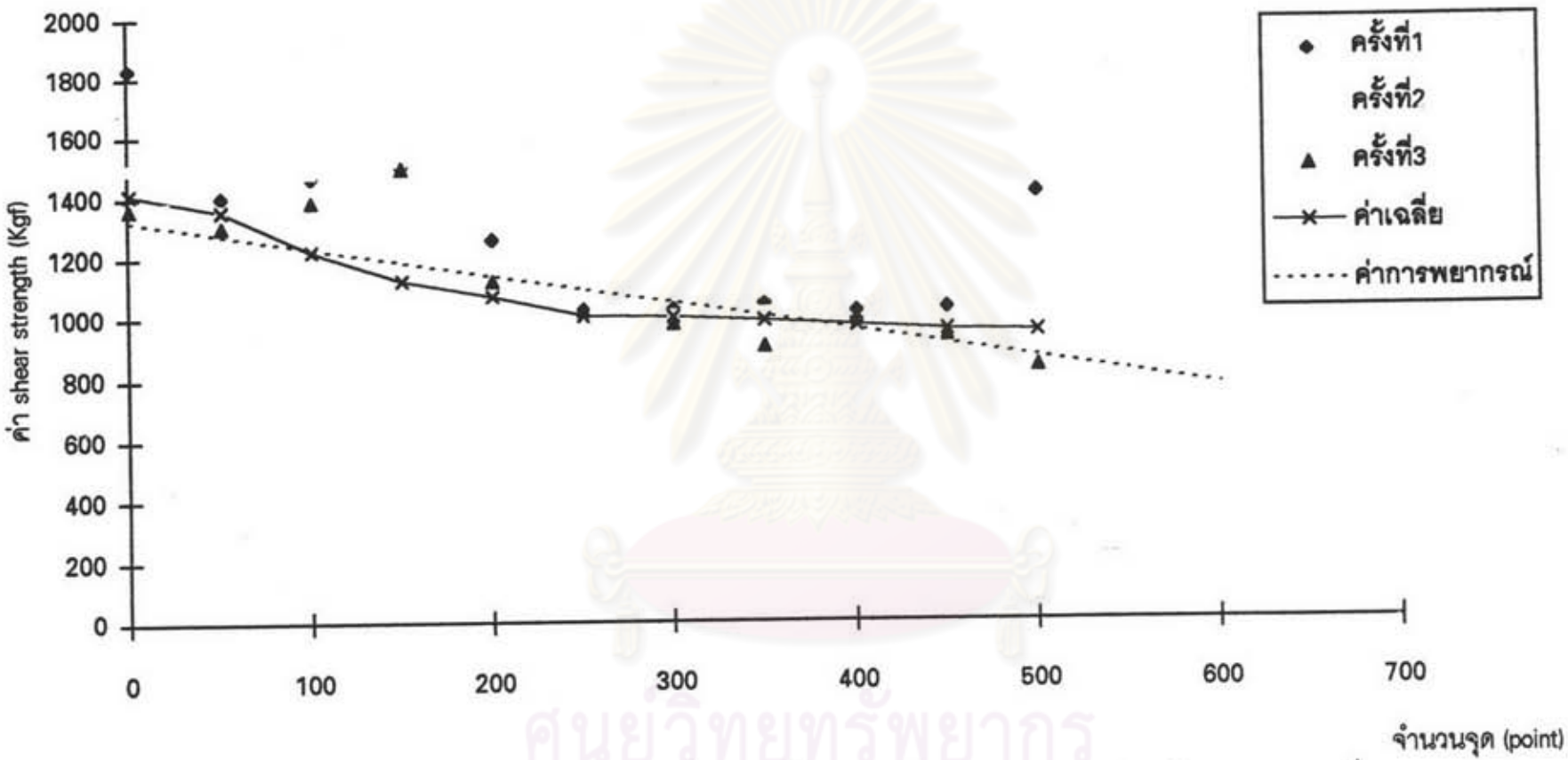
รอบที่	กระแสไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลแอมป์)	สมการถดถอยที่ใช้ในการพยากรณ์	ค่า shear strength มาตรฐานต่ำสุด (Kgf)	จำนวนจุดเชื่อมที่พยากรณ์ได้ (จุด)
1	9.7	Y = 1324.28-0.923X	1044	360
2	11.0	Y = 1528.95-0.745 X	1044	751
3	12.0	Y = 1598.64-0.646X	1044	924

เมื่อ X คือ จำนวนจุดเชื่อม

Y คือ ค่า shear strength (Kgf)

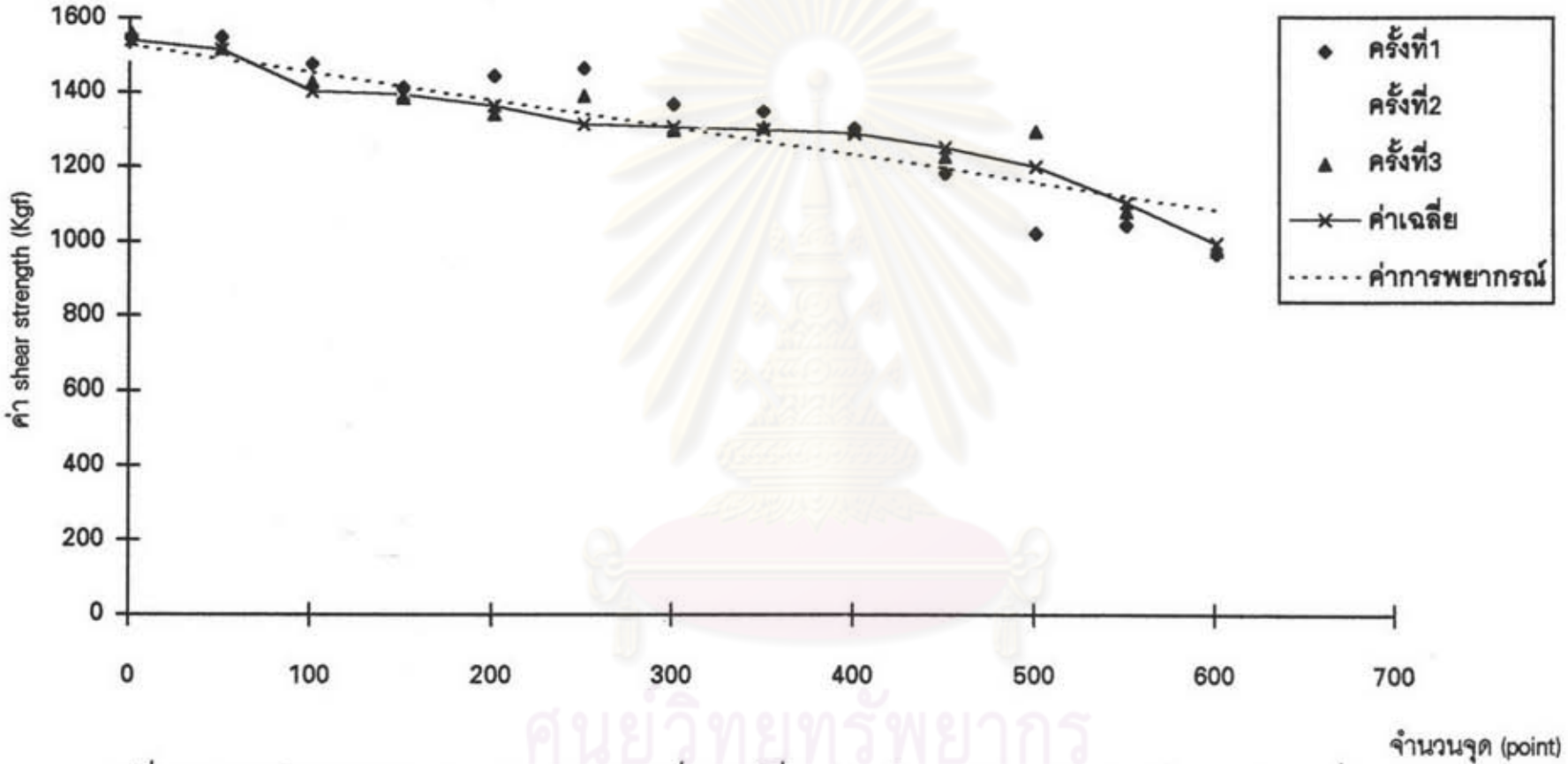
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมและค่า Shear strength ของกลุ่มการทดลองที่ 3 ในแต่ละรอบของการเพิ่มกระแสแสดงในรูปที่ 4.17,4.18 และรูปที่ 4.19 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



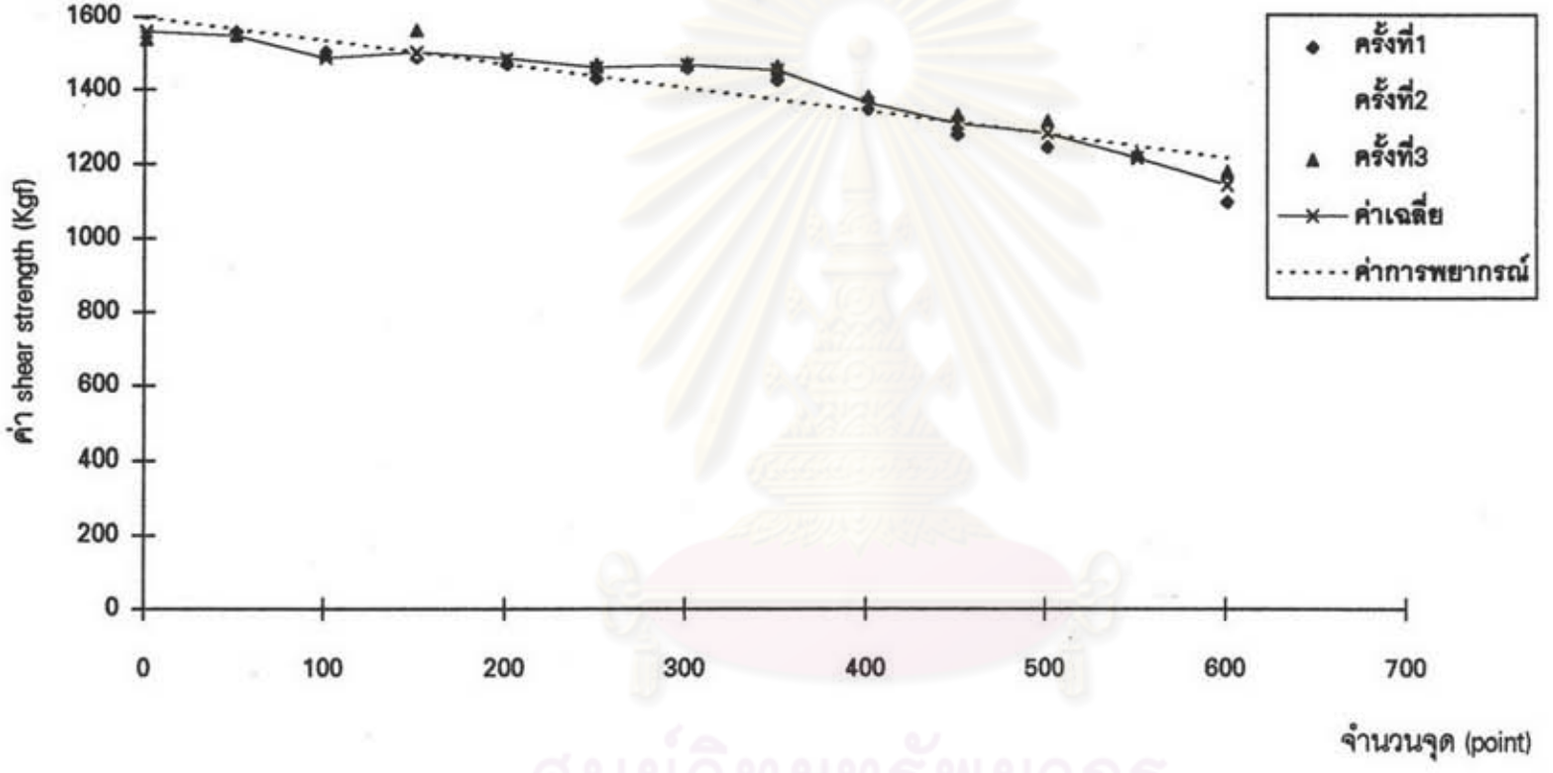
รูปที่ 4.17 แสดงค่าการทดสอบ shear strength ของรอยเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็กหนา 1.0 มม. กับแผ่นเหล็กหนา 1.0 มม. เมื่อใช้ไฟ 9.7 กิโลแอมป์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.18 แสดงค่าการทดสอบ shear strength ของรอยเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็กหนา 1.0 มม. กับแผ่นเหล็กหนา 1.0 มม. เมื่อใช้ไฟ 11.0 กิโลแอมป์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.19 แสดงค่าการทดสอบ shear strength ของรอยเชื่อมกรณีเชื่อมแผ่นเหล็กหนา 1.0มม.กับแผ่นเหล็กหนา 1.0 มม. เมื่อใช้ไฟ 12.0 KA

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3. การนำผลการพยากรณ์ไปประยุกต์ใช้ในสายการผลิตตัวถัง

ผู้วิจัยได้จัดทำแผนโครงร่าง (Proposal Plan) เพื่อเสนอต่อผู้บริหารที่เกี่ยวข้องของโรงงานกรณีศึกษาตัวอย่าง เพื่อขออนุมัติในการนำผลพยากรณ์ ไปทดลองประยุกต์ใช้ ในสายการผลิตตัวถัง เมื่อได้รับอนุมัติ ได้ดำเนินการทดลองโดยร่วมมือกับวิศวกรฝ่ายบำรุงรักษาของสายการผลิตตัวถัง เปลี่ยนแปลงระบบการเชื่อมตัวถังแบบเดิมที่หม้อแปลงเชื่อมจ่ายกระแสไฟฟ้า ปริมาณคงที่มายังหัวเชื่อมอิเลคโทรด มาเป็นระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เป็นรอบแบบอัตโนมัติจำนวน 2 รอบ โดยทำการติดตั้งเครื่องนับจุดเชื่อม (Counter) ให้แก่ปืนเชื่อม และควบคุมการเพิ่มกระแสไฟฟ้าที่ส่งจากหม้อแปลงเชื่อม มายังหัวเชื่อมอิเลคโทรด แต่ละรอบให้เป็นไปตามจำนวนจุดเชื่อมที่เชื่อมได้ในผลการพยากรณ์ (ตารางที่ 4.7) และในรอบสุดท้ายของการเพิ่มกระแสไฟฟ้าในการเชื่อม ได้ติดตั้งระบบสัญญาณเสียงและสัญญาณไฟฟ้าเตือน เพื่อให้พนักงานทราบล่วงหน้า เพื่อเตรียมเปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรด และตัดการจ่ายไฟฟ้าจากหม้อแปลงเชื่อม มายังหัวเชื่อมอิเลคโทรดโดยอัตโนมัติ เพื่อให้พนักงานประจำปืนเชื่อมทำการเปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรด

โดยในการทดลอง ได้ทดลองนำผลพยากรณ์ไปประยุกต์ใช้ในสายการประกอบตัวถังรถบรรทุก จำนวน 71 สถานีการผลิต จำนวนปืนเชื่อมที่ติดตั้ง 98 ตัว (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ฉ)

ตารางที่ 4.7 แสดงการสรุปผลการพยากรณ์หาจำนวนจุดเชื่อมเมื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้าในแต่ละขั้น

กลุ่มที่	ความหนาชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวเชื่อม (มิลลิเมตร)	จำนวนจุดเชื่อมต่อกระแสไฟ (KA)		
			ขั้นที่ 1	ขั้นที่2	ขั้นที่3
1	เหล็กหนา 0.8 มม.กับ เหล็กหนา 0.8 มม.	6	654จุด 9.4 KA.	856จุด 10.2 KA	942จุด 10.9KA
2	เหล็กหนา 0.8 มม.กับ เหล็กหนา 1.0 มม.	6	538จุด 9.6 KA	824จุด 10.8 KA	890จุด 11.6 KA
3	เหล็กหนา 1.0 มม.กับ เหล็กหนา 1.0 มม.	8	360จุด 9.7 KA	751จุด 11.0 KA	924จุด 12.0 KA

แต่เนื่องจากค่าที่ได้จากตารางที่ 4.7 เป็นค่าพยากรณ์จากการทดลอง ดังนั้นเมื่อมาติดตั้งกับสถานีการเชื่อมจะตั้งค่าเมื่อ (Safety factor) โดยลดจำนวนจุดเชื่อมที่เชื่อมได้ในแต่ละรอบลง 10 % ดังแสดงในตารางที่ 4.8

(รายละเอียดในการหาค่า Safety factor แสดงในภาคผนวก จ)

ตารางที่ 4.8 แสดงจำนวนจุดเชื่อมภายหลังปรับค่าเผื่อ (Safety factor) ในแต่ละรอบลง 10%

กลุ่มที่	ความหนาชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวเชื่อม (มิลลิเมตร)	จำนวนจุดเชื่อมต่อกระแสไฟ (KA)		
			ขั้นที่ 1	ขั้นที่2	ขั้นที่3
1	เหล็กหนา 0.8 มม.กับ เหล็กหนา 0.8 มม.	6	588จุด 9.4 KA.	770จุด 10.2 KA	847จุด 10.9KA
2	เหล็กหนา 0.8 มม.กับ เหล็กหนา 1.0 มม.	6	484จุด 9.6 KA	741จุด 10.8 KA	801จุด 11.6 KA
3	เหล็กหนา 1.0 มม.กับ เหล็กหนา 1.0 มม.	8	324จุด 9.7 KA	675จุด 11.0 KA	831จุด 12.0 KA

4.2.4 การวัดผลและประโยชน์ที่ได้รับในการนำผลวิจัยไปประยุกต์ใช้ในสายการผลิตตัวถังรถบรรทุก

ผู้วิจัยได้ทำการวัดผลการนำผลการวิจัย ไปทดลองประยุกต์ใช้ในสายการผลิตตัวถังรถบรรทุก ของโรงงานกรณีศึกษาตัวอย่าง พบว่าได้รับประโยชน์ภายหลังการนำผลการวิจัย ไปทดลองประยุกต์ใช้ในสายการประกอบจริง ดังต่อไปนี้

1). สามารถนำผลการพยากรณ์ ไปวางแผนการบำรุงรักษา เพื่อกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสม ในการเปลี่ยนทดแทนหัวเชื่อมอิเลคโทรด ได้แน่นอนและแม่นยำ (รายละเอียดการกำหนดระยะเวลาการเปลี่ยนทดแทนหัวเชื่อมอิเลคโตรดในแต่ละปีนเชื่อม ดังแสดงในภาคผนวก ฉ)

2). ลดขั้นตอนการตะไบแต่ง เพื่อซ่อมบำรุงสภาพพื้นที่หน้าตัดของหัวเชื่อมอิเลคโทรด หลังจากการนำผลการพยากรณ์ ไปควบคุมการเพิ่มกระแสไฟฟ้า จากหม้อแปลงเชื่อม

มายังหัวเชื่อมอิเลคโทรด พนักงานที่ทำการเชื่อมตัวถังในสถานีการผลิตต่าง ๆ จะไม่ต้องตะไบหัวเชื่อมอิเลคโทรด ทำให้สามารถประหยัดเวลาในการซ่อมบำรุง โดยจากการศึกษาสภาพก่อนการปรับปรุง พบว่า พนักงานต้องเสียเวลาเฉลี่ยในการตะไบหัวเชื่อมอิเลคโทรดต่อ 1 ครั้ง ประมาณ 2 นาที และจะมีการตะไบหัวเชื่อมประมาณ 6 ครั้ง ก่อนที่จะเปลี่ยนหัวเชื่อมใหม่ ดังนั้น สามารถประหยัดเวลาในการบำรุงรักษาได้เท่ากับ 12 นาที ต่อ 1 ปืนเชื่อม

3). สามารถลดจำนวนการใช้หัวเชื่อมอิเลคโทรดต่อเดือนลงได้ ทำให้สามารถประหยัดต้นทุนการใช้หัวเชื่อมอิเลคโตรดต่อเดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนการใช้หัวเชื่อมอิเลคโทรด และค่าใช้จ่าย ก่อนการปรับปรุง และภายหลังการปรับปรุง

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวเชื่อมอิเลคโทรด (มิลลิเมตร)	ราคาต่อหน่วย (บาท)	จำนวนการใช้ก่อนการปรับปรุงเฉลี่ยต่อเดือน (หัว)	จำนวนการใช้ภายหลังการปรับปรุงเฉลี่ยต่อเดือน (หัว)	จำนวนการใช้ที่ลดลงต่อเดือน (หัว)	จำนวนต้นทุนที่ประหยัดได้ต่อเดือน (บาท)
6	75	7129	5995	1134	850,050
8	85	5218	3462	1756	149,260
รวม					234,310

หมายเหตุ : จากตารางที่ 4.9 ทำการคำนวน ณ จำนวนการผลิต 9,000 คัน ต่อเดือน

4). ลดเวลาที่ใช้ในการหยุดสายการผลิต เนื่องจากความแข็งแรงของจุดเชื่อมไม่เป็นไปตามคุณภาพที่กำหนด ก่อนการปรับปรุง เวลาที่หยุดสายการผลิตเฉลี่ย 569 นาทีต่อเดือน (เก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน พฤษภาคม - ธันวาคม 2538) หลังการปรับปรุงเวลาที่หยุดสายการผลิตเฉลี่ย 190 นาทีต่อเดือน (เก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน มกราคม - สิงหาคม 2539) รายละเอียดเวลาที่หยุดสายการผลิต เนื่องมาจากความแข็งแรงของตัวถังไม่เป็นไปตามคุณภาพ ดังแสดงในรูปที่ 4.20

5). ลดภาระงานในการซ่อมแซมตัวถัง ที่ความแข็งแรงของจุดเชื่อมไม่เป็นไปตามคุณภาพที่กำหนด โดยการซ่อม CO_2 เชื่อม ก่อนการปรับปรุงจำนวนตัวถังที่ซ่อมเชื่อม CO_2 เฉลี่ยประมาณ 130 คัน (ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน พฤษภาคม - ธันวาคม 2538) หลังการปรับปรุง

จำนวนที่ซ่อมเชื่อม CO_2 เฉลี่ยประมาณ 51 คัน (ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน มกราคม - เดือน สิงหาคม 2539) ดังรูปที่ 4.21

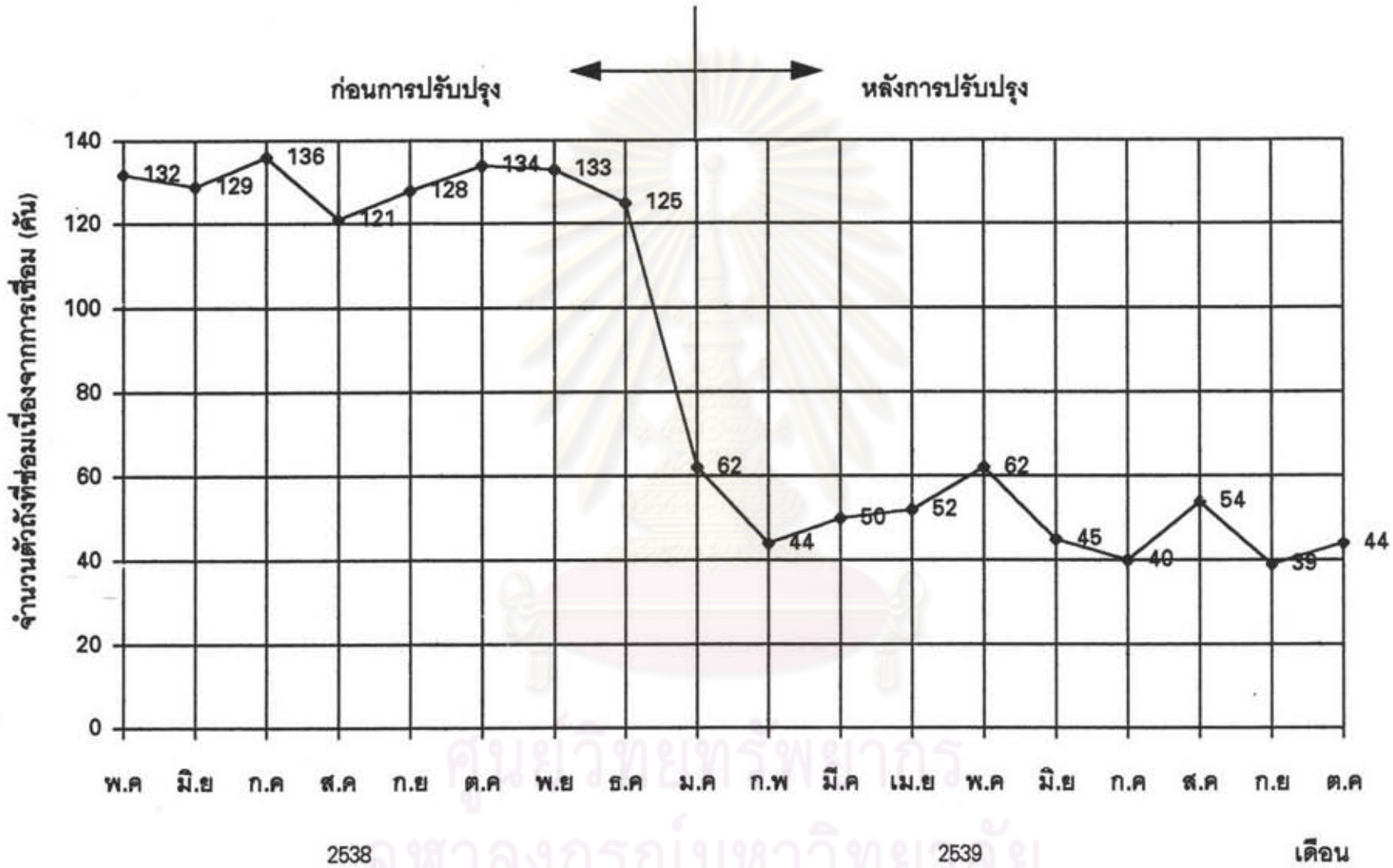
6). ลดภาระงานในการซ่อมแซมผิวตัวถัง เนื่องจาก การสึกกร่อนของหัวเชื่อมอิเลคโทรด ทำให้เกิดคุณภาพผิวเป็นหนาม (Spatter) เนื่องจากการเชื่อม โดยการเจียรผิวที่เป็นหนาม จาก ก่อนการปรับปรุง จำนวนตัวถังที่ซ่อมโดยการเจียรผิวตัวถังเฉลี่ยประมาณ 312 คัน (เก็บข้อมูล ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม - ธันวาคม 2538) หลังการปรับปรุง จำนวนตัวถังที่ซ่อมโดยการเจียร ผิวตัวถังเฉลี่ยประมาณ 126 คัน (เก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน มกราคม - สิงหาคม 2539) ดังรูปที่ 4.22

4.3 สภาพและความเป็นมาของปัญหาสายเคเบิ้ล KICKLESS

จากการศึกษารวบรวมข้อมูลการหยุดสายการผลิตและเวลาที่เสียไป ในความล่าช้าที่เกิด ขึ้น ในขบวนการผลิตตัวถังรถบรรทุก ที่มีสาเหตุเกิดจาก ปืนเชื่อม (GUN SPOT) พบว่าการเสีย และการเสื่อมสภาพของสายเคเบิ้ล KICKLESS เป็นอุปกรณ์ของปืนเชื่อม ที่ทำให้เกิดการหยุด สายการผลิต และเกิดความล่าช้าในขบวนการเป็นอันดับสองรองจากอุปกรณ์หัวเชื่อมอิเลคโทรด (ดังแสดงในรูปที่ 4.2)

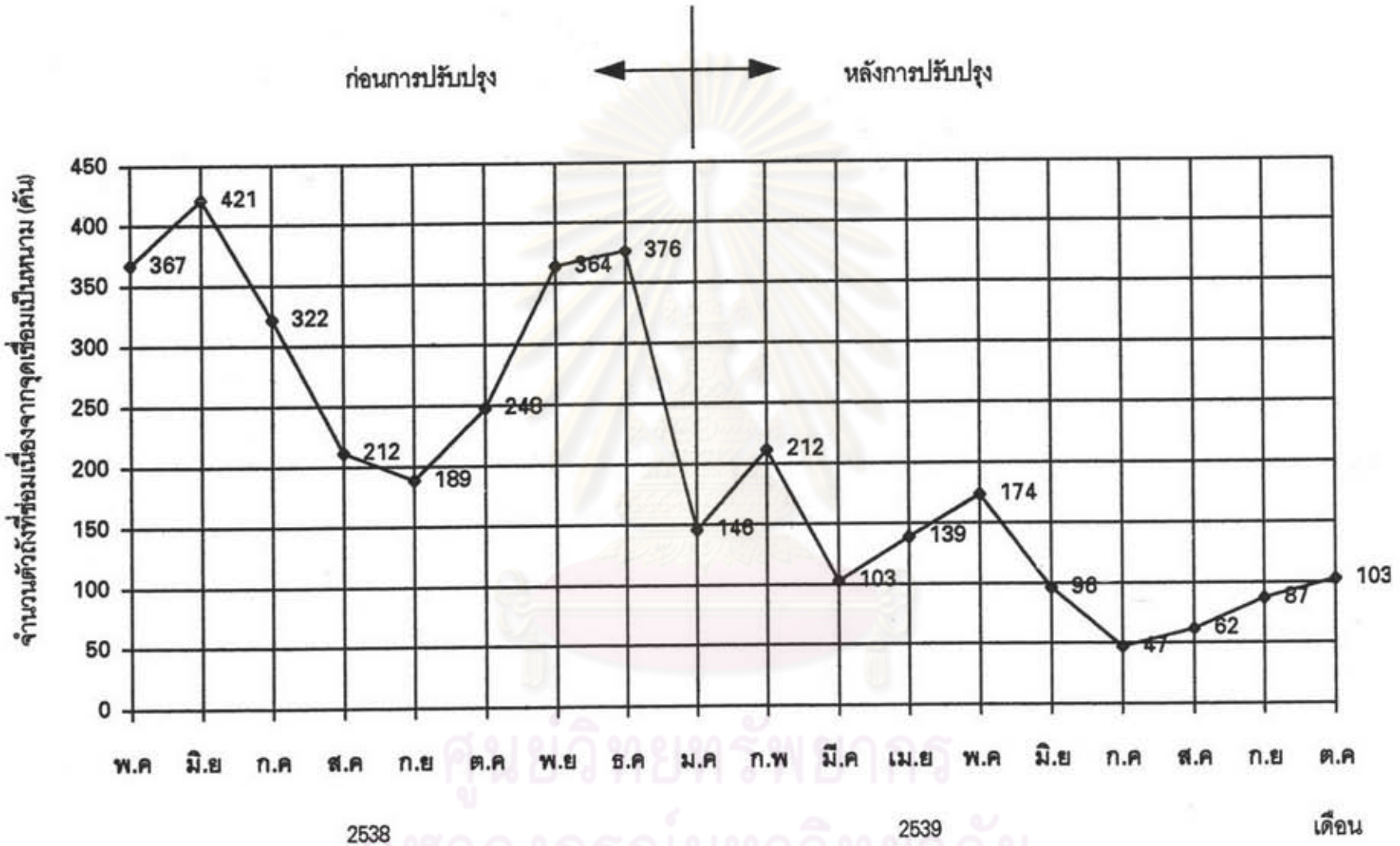
โดยพบว่าระบบและแผนการบำรุงรักษาในปัจจุบันของอุปกรณ์สายเคเบิ้ล KICKLESS ของสายการผลิตตัวถังรถบรรทุก จะกำหนดการตรวจสอบเฉพาะความเสื่อมสภาพภายนอก (Visual Check) เช่น การตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำหล่อเย็น, การตรวจสอบสภาพของปลอก ฉนวนหุ้มสายไฟ เป็นต้น โดยกำหนดความถี่ของการตรวจสอบไว้ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ในกรณีที่ เกิดความเสียหายที่มองเห็น การเปลี่ยนทดแทนอุปกรณ์ของสายเคเบิ้ล KICKLESS จะใช้วิจา รณญาณของช่างซ่อมบำรุง ในกรณีที่ไม่มีความเสียหายปรากฏให้เห็น จะใช้แผนการบำรุงรักษา เปลี่ยนทดแทนตามเวลา (Fixed Time Replacement) โดยกำหนดเวลาการเปลี่ยนสายเคเบิ้ล KICKLESS ใหม่ หลังจากมีการใช้งาน 14 วันทำงาน สำหรับปืนเชื่อมทุกตัวในขบวนการผลิตตัว ถัง จากการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยพบว่า ในกรณีที่ไม่มีความเสียหายภายนอกปรากฏให้เห็น จะ เกิดเหตุการณ์ได้ใน 2 ลักษณะ คือ

ลักษณะที่ 1 สายเคเบิ้ล KICKLESS ของปืนเชื่อมในบางขบวนการมีการเสื่อมสภาพไป ก่อนการเปลี่ยนทดแทนตามแผนที่กำหนดไว้ จึงทำให้เกิดปัญหาหยุดสายการผลิต และเสียเวลา เปลี่ยนทดแทนสายเคเบิ้ล KICKLESS ใหม่ทดแทนระหว่างการผลิต



รูปที่ 4.21 แสดงการซ่อมตัวถังเนื่องจากความแข็งแรงของจุดเชื่อมไม่เป็นไปตามคุณภาพที่กำหนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.22 แสดงสถิติการซ่อมผิวตัวถังเนื่องจากจุดเชื่อมเป็นหนามก่อนและหลังการปรับปรุง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 สภาพและความเป็นมาของปัญหาสายเคเบิ้ล KICKLESS

จากการศึกษารวบรวมข้อมูลการหยุดสายการผลิตและเวลาที่เสียไป ในความล่าช้าที่เกิดขึ้น ในขบวนการผลิตตัวถังรถบรรทุก ที่มีสาเหตุเกิดจาก ปืนเชื่อม (GUN SPOT) พบว่าการเสียและการเสื่อมสภาพของสายเคเบิ้ล KICKLESS เป็นอุปกรณ์ของปืนเชื่อม ที่ทำให้เกิดการหยุดสายการผลิต และเกิดความล่าช้าในขบวนการเป็นอันดับสองรองจากอุปกรณ์หัวเชื่อมอิเลคโทรด (ดังแสดงในรูปที่ 4.2)

โดยพบว่าระบบและแผนการบำรุงรักษาในปัจจุบันของอุปกรณ์สายเคเบิ้ล KICKLESS ของสายการผลิตตัวถังรถบรรทุก จะกำหนดการตรวจสอบเฉพาะความเสื่อมสภาพภายนอก (Visual Check) เช่น การตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำหล่อเย็น, การตรวจสอบสภาพของปลอกฉนวนหุ้มสายไฟ เป็นต้น โดยกำหนดความถี่ของการตรวจสอบไว้ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ในกรณีที่เกิดความเสียหายที่มองเห็น การเปลี่ยนทดแทนอุปกรณ์ของสายเคเบิ้ล KICKLESS จะใช้วิจารณญาณของช่างซ่อมบำรุง ในกรณีที่ไม่มีความเสียหายปรากฏให้เห็น จะใช้แผนการบำรุงรักษาเปลี่ยนทดแทนตามเวลา (Fixed Time Replacement) โดยกำหนดเวลาการเปลี่ยนสายเคเบิ้ล KICKLESS ใหม่ หลังจากมีการใช้งาน 14 วันทำงาน สำหรับปืนเชื่อมทุกตัวในขบวนการผลิตตัวถัง จากการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยพบว่า ในกรณีที่ไม่มีความเสียหายภายนอกปรากฏให้เห็น จะเกิดเหตุการณ์ได้ใน 2 ลักษณะ คือ

ลักษณะที่ 1 สายเคเบิ้ล KICKLESS ของปืนเชื่อมในบางขบวนการมีการเสื่อมสภาพไปก่อนการเปลี่ยนทดแทนตามแผนที่กำหนดไว้ จึงทำให้เกิดปัญหาหยุดสายการผลิต และเสียเวลาเปลี่ยนทดแทนสายเคเบิ้ล KICKLESS ใหม่ทดแทนระหว่างการผลิต

ลักษณะที่ 2 สายเคเบิ้ล KICKLESS ของปืนเชื่อมในบางขบวนการ การเปลี่ยนทดแทนตามแผนที่กำหนดไว้เร็วกว่าอายุการใช้งานจริงของเคเบิ้ล KICKLESS ซึ่งทำให้เกิดการสิ้นเปลืองต้นทุน และการสูญเปล่าในขบวนการ

ดังนั้นจากการศึกษาข้อมูลสภาพปัญหาเบื้องต้น และจุดอ่อนของระบบการบำรุงรักษาในปัจจุบัน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการเสื่อมสภาพของสายเคเบิ้ล KICKLESS และศึกษาตัวแปรพารามิเตอร์ ซึ่งมีความสัมพันธ์และบ่งบอกการเสื่อมสภาพของสายเคเบิ้ล KICKLESS เพื่อใช้ในการพยากรณ์อายุการใช้งานที่เหมาะสมของสายเคเบิ้ล KICKLESS

4.4 วิธีการวิจัยเพื่อศึกษาการเสื่อมสภาพของสายเคเบิ้ล KICKLESS

4.4.1 การควบคุมพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาพารามิเตอร์ในขบวนการประกอบเชื่อมตัวถังรถบรรทุก พบว่า พารามิเตอร์ที่ส่งผลทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของสายเคเบิ้ล KICKLESS มีดังต่อไปนี้

1.กระแสไฟฟ้า (Electrical current) ปริมาณกระแสและความถี่ของการจ่ายกระแสไฟฟ้า จากหม้อแปลงเชื่อมส่งผ่านสายเคเบิ้ล KICKLESS จะทำให้สายไฟฟ้าที่อยู่ภายในสาย เคเบิ้ล KICKLESS เกิดความร้อนและค่อย ๆ เสื่อมสภาพ จนr.ระทั่งคุณสมบัติในการเป็นตัวนำไฟฟ้าลดลง หรือมีความต้านทานภายในสูงขึ้นเป็นไปตามความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์ม

$$I \propto 1/R$$

เมื่อ I คือกระแสไฟฟ้า และ R คือความต้านทานภายใน เมื่อความต้านทานภายในของสายไฟภายในสายเคเบิ้ล KICKLESS เพิ่มมากขึ้นจนถึงจุดหนึ่งจะทำให้ กระแสไฟฟ้าที่จ่ายจากหม้อแปลงเชื่อม ไม่สามารถส่งผ่านสายเคเบิ้ล KICKLESS ได้ ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถเชื่อมชิ้นส่วนตัวถังได้ ซึ่งจะถือว่า สายเคเบิ้ล KICKLESS เสื่อมสภาพในการใช้งาน

2.คุณภาพของน้ำหล่อเย็น ในระบบระบายความร้อนในสายการประกอบตัวถังรถบรรทุก จะมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำหล่อเย็น ให้แก่ อุปกรณ์ของปืนเชื่อม ดังนั้นภายในสายเคเบิ้ล KICKLESS จะมีน้ำหล่อเย็นไหลเวียน เพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าแรงสูง จากหม้อแปลงเชื่อมผ่านสายเคเบิ้ล KICKLESS จากการศึกษาพบว่า คุณภาพของน้ำหล่อเย็นเป็นน้ำบาดาล ถูกนำไปใช้ในระบบระบายความร้อนจะทำให้ เกิดคราบหินปูน ซึ่งเรียกว่าตะกรันไปเกาะตามผนังภายในของสายเคเบิ้ล KICKLESS ทำให้สมรรถนะของการระบายความร้อนต่ำลง จึงเกิดความร้อนสะสมในระหว่างการใช้งานขึ้นภายในสายเคเบิ้ล KICKLESS จนทำให้สายไฟฟ้าภายในค่อย ๆ เสื่อมสภาพ

3.ลักษณะการพลิกปืนเชื่อมเพื่อเชื่อมชิ้นงาน เนื่องจากในการเชื่อมชิ้นส่วนตัวถังพนักงานที่ประจำสถานีการผลิต จะต้องมีการพลิกปืนเชื่อมไปมาเพื่อเชื่อมชิ้นส่วนตัวถังที่ถูกจับยึดอยู่บน JIG การพลิกปืนเชื่อมไปมา จะทำให้สายไฟฟ้าที่อยู่ภายในสายเคเบิ้ล KICKLESS บิดตัวและเกิดการขาดได้ ซึ่งทำให้การส่งกระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงเชื่อมผ่านสายเคเบิ้ล KICKLESS ไม่ได้ ซึ่งเป็นการเสื่อมสภาพของสายเคเบิ้ล KICKLESS

การวิจัยครั้งนี้จะเก็บข้อมูลในสายการผลิตจริง จึงมีข้อจำกัดในการควบคุมพารามิเตอร์ต่าง ๆ แต่เนื่องจากการทำงานจะเป็นรอบการทำงานสั้น ๆ และทำซ้ำเช่นนั้น เช่นการเชื่อมชิ้นส่วน Dash panel ซึ่งมีจุดเชื่อมชิ้นละ 30 จุด ในกรณีนี้ทำการเชื่อมชิ้นงานในแต่ละรอบจะซ้ำกัน

จึงกล่าวได้ว่ามีการควบคุมพารามิเตอร์ของลักษณะการพลิกปืนเชื่อม ส่วนพารามิเตอร์คุณภาพของน้ำหล่อเย็นในการทดลองครั้งนี้ควบคุมโดย ทำการตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพของน้ำหล่อเย็นเป็นระยะ ๆ เพื่อควบคุมไม่ให้พารามิเตอร์นี้มีผลต่อการทดลอง

4.4.2 กลุ่มทดลอง จากการศึกษาประเภททั้งหมดของสายเคเบิ้ล KICKLESS ที่ใช้ในสายการประกอบตัวถังรถบรรทุกพบว่า สามารถแยกประเภททั้งหมดได้ 3 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ KICKLESS CABLE ชนิด U TYPE ความยาว 2.00 เมตร ใช้กับงาน SPOT GUN ที่ใช้เชื่อมเหล็กหนา 0.8 กับ 0.8 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวเชื่อมอิเลคโทรด 6.0 มิลลิเมตร กำลังหม้อแปลงเชื่อม 12.0 กิโลโวลท์ สภาวะการเชื่อมโดยการเพิ่มกระแสไฟฟ้า 3 ขั้นคือ 9.4 กิโลแอมป์, 10.2 กิโลแอมป์ และ10.9 กิโลแอมป์

2. กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ KICKLESS CABLE ชนิด U TYPE ความยาว 2.20 เมตร ใช้กับงาน SPOT GUN ที่ใช้เชื่อมเหล็กหนา 0.8 กับ 1.0 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวเชื่อมอิเลคโทรด 6.0 มิลลิเมตร กำลังหม้อแปลงเชื่อม 13.5 กิโลโวลท์ สภาวะการเชื่อมโดยการเพิ่มกระแสไฟฟ้า 3 ขั้นคือ 9.6 กิโลแอมป์, 10.8 กิโลแอมป์ และ11.6 กิโลแอมป์

3. กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ KICKLESS CABLE ชนิด STRAIGHT TYPE ความยาว 2.00 เมตร ใช้กับงาน SPOT GUN ที่ใช้เชื่อมเหล็กหนา 1.0 กับ 1.0 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวเชื่อมอิเลคโทรด 8.0 มิลลิเมตร กำลังหม้อแปลงเชื่อม 14.0 กิโลโวลท์ สภาวะการเชื่อมโดยการเพิ่มกระแสไฟฟ้า 3 ขั้นคือ 9.7 กิโลแอมป์, 11.0 กิโลแอมป์ และ12.0 กิโลแอมป์

4.4.3 จำนวนซ้ำของการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการทดลองวัดค่าความต้านทานของสายเคเบิ้ล KICKLESS ของกลุ่มการทดลองที่ 1 โดยเก็บข้อมูลทุกรอบที่เชื่อมชิ้นงานไปแล้ว 2027 จุด (โดยวัดขณะที่ต้องเปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรด) ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความต้านทานของสายเคเบิ้ล KICKLESS

จำนวนจุดเชื่อม	ค่าความต้านทาน (มิลลิโอห์ม)
รอบที่ 1	249
รอบที่ 2	250
รอบที่ 3	251
รอบที่ 4	250
รอบที่ 5	255
รอบที่ 6	256
รอบที่ 7	257
รอบที่ 8	258

จากข้อมูลที่ได้นำไปหาจำนวนซ้ำจาก OC CURVE ได้จำนวนการทดลองซ้ำ = 3 ค่า (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค.2)

4.4.4 วิธีการทดลอง

ผู้วิจัยได้วางลำดับขั้นตอนการทดลอง สำหรับ KICKLESS CABLE ไว้ดังนี้

1. ทำการวัดค่าความต้านทานของสายเคเบิ้ล KICKLESS ในแต่ละกลุ่มที่ปลดจากการใช้งานเนื่องจากเกิดการ BREAK DOWN ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยของความต้านทานของสายเคเบิ้ล KICKLESS ที่เสื่อมสภาพในแต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่	ชนิดของสายเคเบิ้ล KICKLESS	ค่าเฉลี่ยของความต้านทาน (ไมโครโอห์ม)	ค่าต่ำสุดของความต้านทานที่อยู่ในช่วงความเชื่อมั่น 95 %
1	U TYPE ยาว 2.0 เมตร	659.69	599
2	U TYPE ยาว 2.20 เมตร	663.34	590
3	STRAIGHT TYPE ยาว 2.0 เมตร	660.13	590

รายละเอียดของข้อมูลในแต่ละกลุ่ม แสดงในภาคผนวกที่ ช.1,ช.2, และ ช.3 และการทดสอบค่าสถิติ แสดงในภาคผนวก ช รูปที่ ช.1,ช.2 และ ช.3 และในตารางที่ ช.1,ช.2 และ ช.3 ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสายเคเบิ้ล KICKLESS ที่เสื่อมสภาพ สรุปได้ว่าความต้านทานเฉลี่ยของทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (รายละะเอียดการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแสดงในภาคผนวก ช และ ตารางที่ ช.4)

2. ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมที่เพิ่มขึ้น กับความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละกลุ่มการทดลองดังต่อไปนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1

1.เชื่อมชิ้นงานขนาดความหนา 0.8 มิลลิเมตรกับ 0.8 มิลลิเมตร โดยหัวเชื่อมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และสายเคเบิ้ล KICKLESS ชนิด U TYPE ความยาว 2.0 เมตร โดยใช้กระแสไฟเชื่อมในรอบที่ 1 9.4 กิโลแอมป์ จำนวนจุด 654 จุด ใช้กระแสไฟเชื่อมในรอบที่ 2 10.2 กิโลแอมป์ จำนวนจุด 856 จุด ใช้กระแสไฟเชื่อมในรอบที่ 3 10.9 กิโลแอมป์ จำนวนจุด 942 จุด วัดความต้านทานสายเคเบิ้ล KICKLESS โดยการเก็บข้อมูลซ้ำโดยใช้สายเคเบิ้ล 3 เส้น

2.เปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรดใหม่ และกลับไปเชื่อมชิ้นงานโดยใช้สภาวะการเชื่อมเหมือนข้อ 1 วัดค่าความต้านทานทุกครั้งที่เปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรดใหม่จนกระทั่งความต้านทานเป็น 599 ไมโครโอห์ม (ดังแสดงในภาคผนวก ช ในตารางที่ ช.9) แสดงในรูปที่ 4.23

กลุ่มการทดลองที่ 2

1.เชื่อมชิ้นงานขนาดความหนา 0.8 มิลลิเมตรกับ 1.0มิลลิเมตร โดยหัวเชื่อมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และสายเคเบิ้ล KICKLESS ชนิด U TYPE ความยาว 2.20 เมตร โดยใช้กระแสไฟเชื่อมในรอบที่ 1 9.6 กิโลแอมป์ จำนวนจุด 360 จุด ใช้กระแสไฟเชื่อมในรอบที่ 2 10.8 กิโลแอมป์ จำนวนจุด 751 จุด ใช้กระแสไฟเชื่อมในรอบที่ 3 11.6 กิโลแอมป์ จำนวนจุด 942 จุด วัดความต้านทานสายเคเบิ้ล KICKLESS โดยการเก็บข้อมูลซ้ำโดยใช้สายเคเบิ้ล 3 เส้น

2.เปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรดใหม่ และกลับไปเชื่อมชิ้นงานโดยใช้สภาวะการเชื่อมเหมือนข้อ 1 วัดค่าความต้านทานทุกครั้งที่เปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรดใหม่จนกระทั่งความต้านทานเป็น 590 ไมโครโอห์ม (ดังแสดงในภาคผนวก ช ในตารางที่ ช.10) แสดงในรูปที่ 4.24

กลุ่มการทดลองที่ 3

1.เชื่อมชิ้นงานขนาดความหนา 1.0 มิลลิเมตรกับ 1.0มิลลิเมตร โดยหัวเชื่อมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.0 มิลลิเมตร และสายเคเบิ้ล KICKLESS ชนิด STRAIGHT TYPE ความยาว 2.0 เมตร โดยใช้กระแสไฟเชื่อมในรอบที่ 1 9.7 กิโลแอมป์ จำนวนจุด 538 จุด ใช้กระแสไฟเชื่อมในรอบที่ 2 11.0 กิโลแอมป์ จำนวนจุด 824 จุด ใช้กระแสไฟเชื่อมในรอบที่ 3 12.0 กิโลแอมป์ จำนวนจุด 890 จุด วัดความต้านทานสายเคเบิ้ล KICKLESS โดยการเก็บข้อมูลซ้ำโดยใช้สายเคเบิ้ล 3 เส้น

2.เปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรดใหม่ และกลับไปเชื่อมชิ้นงานโดยใช้สภาวะการเชื่อมเหมือนข้อ 1 วัดค่าความต้านทานทุกครั้งที่เปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรดใหม่จนกระทั่งความต้านทานเป็น 590 ไมโครโอห์ม (ดังแสดงในภาคผนวก ช ในตารางที่ ช.10) แสดงในรูปที่ 4.25

4.4.5 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองสรุปผลวิเคราะห์เพื่อหาจำนวนจุดเชื่อมที่เหมาะสมกับความต้านทานของสายเคเบิ้ล KICKLESS ในแต่ละกลุ่มการทดลอง โดยให้สัมพันธ์กับการเปลี่ยนหัวเชื่อมอิเลคโทรด แสดงไว้ในตารางที่ 4.12

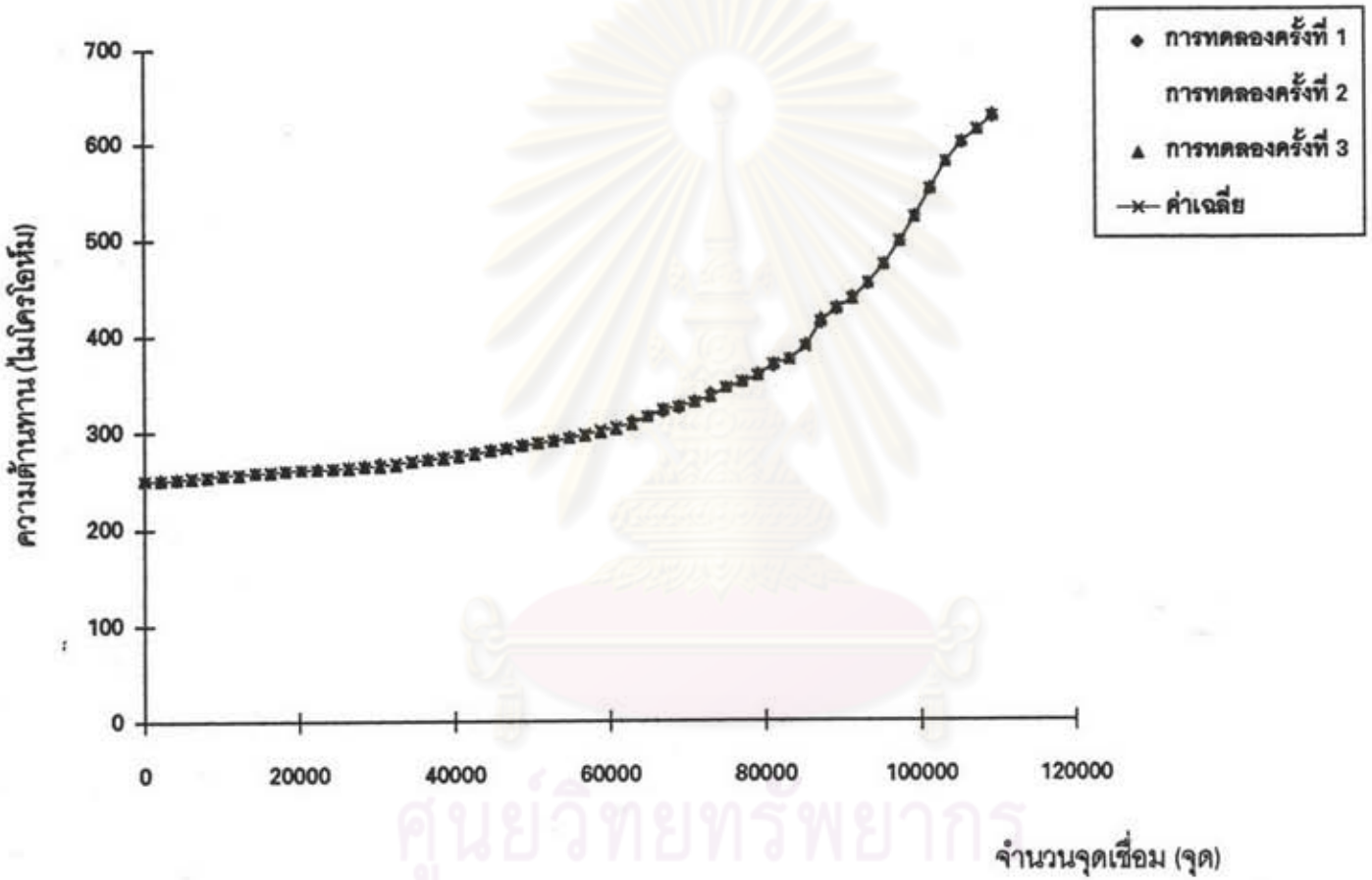
ตารางที่ 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของจำนวนจุดเชื่อมกับความต้านทานของสายเคเบิ้ล KICKLESS

ชนิดของสายเคเบิ้ล KICKLESS	เชื่อมชิ้นงานหนา (มม)	ค่าความต้านทานสูงสุดที่ยอมรับได้ (ไมโครโอห์ม)	จำนวนจุดเชื่อมที่พยากรณ์ได้ (จุด)
กลุ่มที่ 1	0.8 มมกับ 0.8 มม	599	105,404
กลุ่มที่ 2	08 มม.กับ 1.0 มม	590	103,785
กลุ่มที่ 3	1.0 มม กับ 1.0 มม	590	114,852

4.4.6 การนำเอาผลพยากรณ์ไปใช้

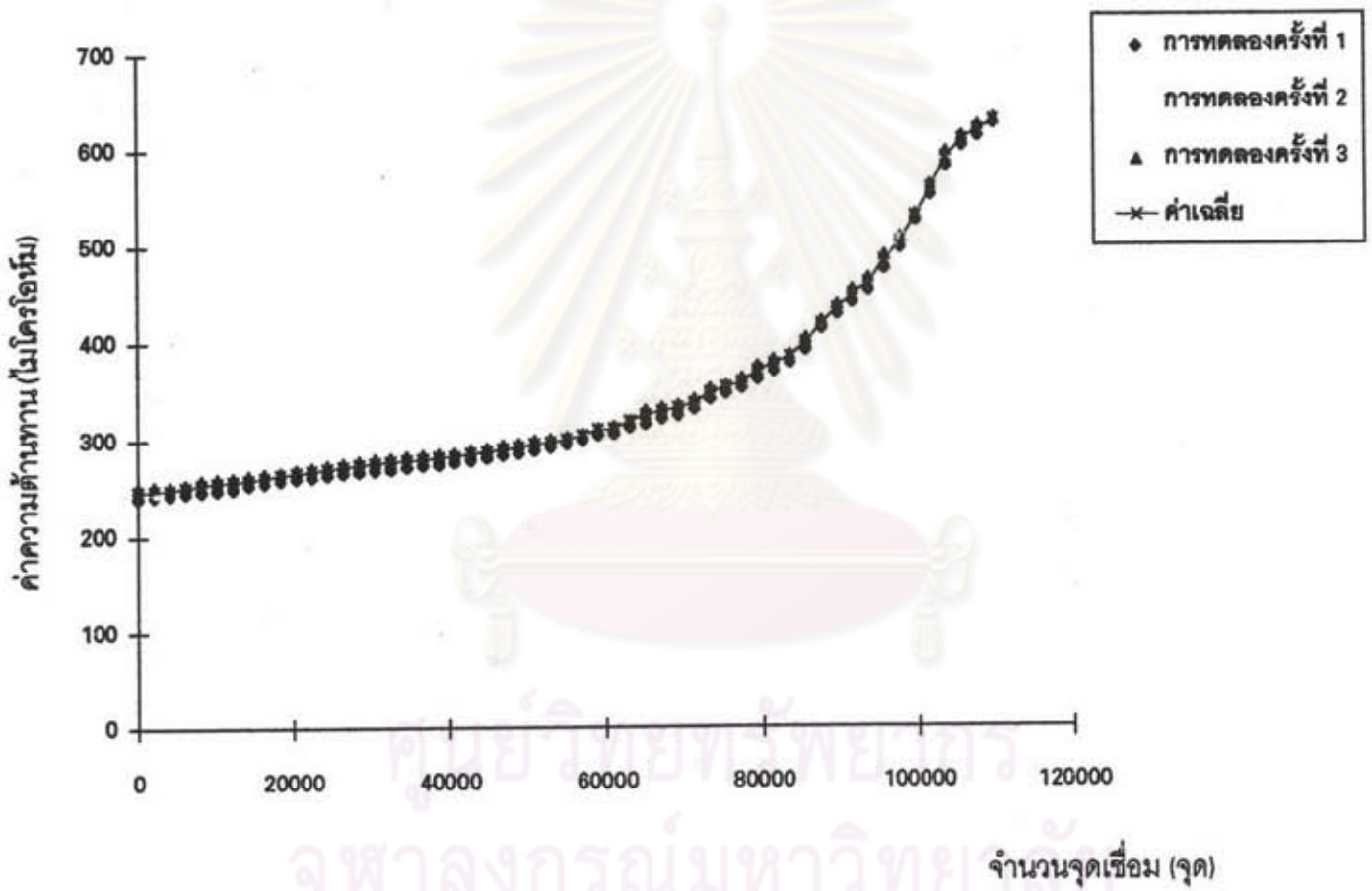
ผู้วิจัยได้นำผลการพยากรณ์ไปสร้างแผนการบำรุงรักษาเพื่อเปลี่ยนทดแทนสายเคเบิ้ล KICKLESS ในแต่ละปีนเชื่อมของขบวนการประกอบตัวถังรถบรรทุก (ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข) และเสนอแนะให้มีการเปลี่ยนแผนการซ่อมบำรุง ในการเปลี่ยนทดแทน สายเคเบิ้ล KICKLESS ในสายการประกอบตัวถังรถบรรทุก จากการเปลี่ยนทดแทนตามเวลาที่ วางไว้ทุก 14 วัน ให้เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ เพื่อลดปัญหาการหยุดสายการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



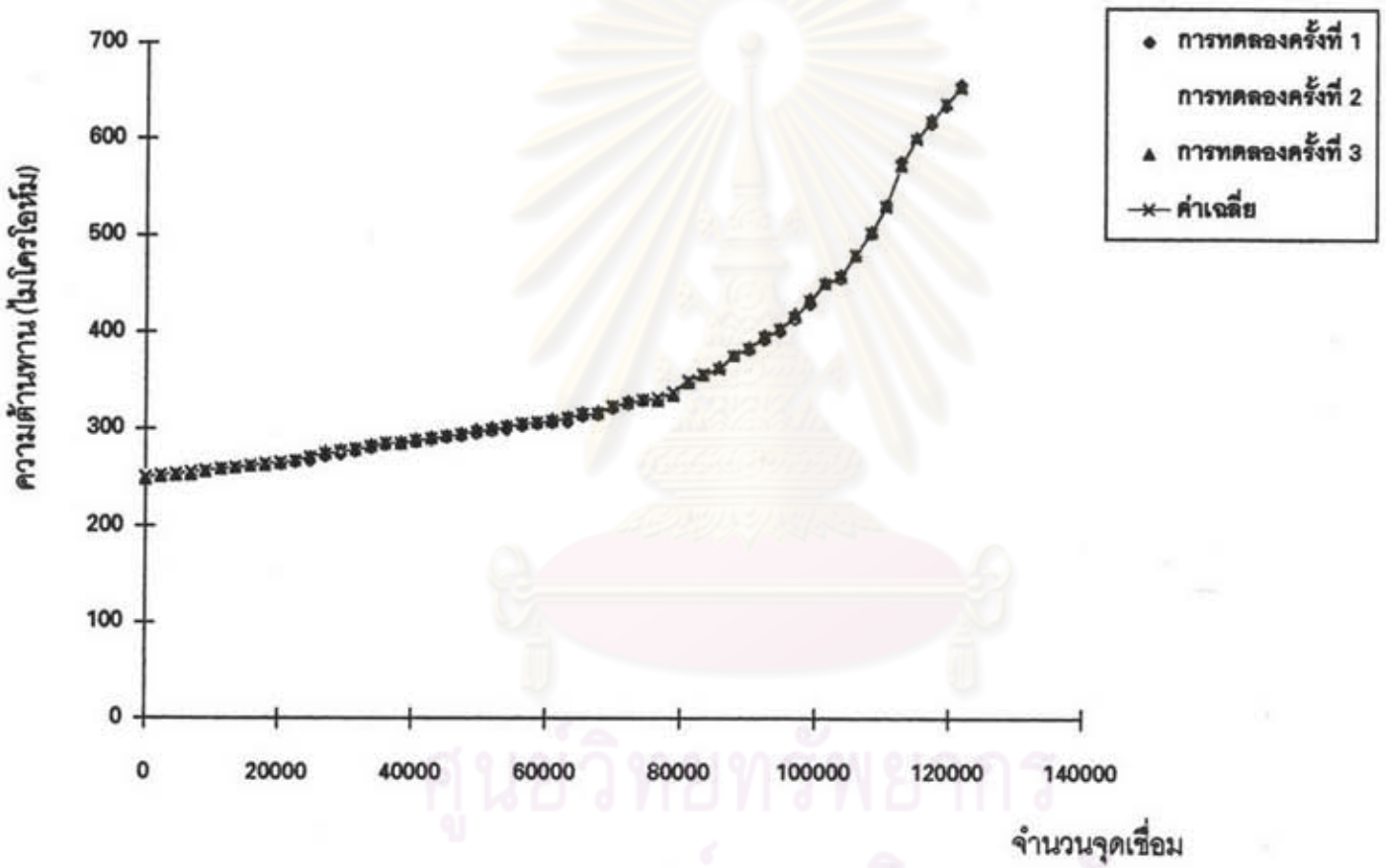
รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงของสายเคเบิ้ล KICKLESS ชนิก U TYPE ความยาว 2.0 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงของสายเคเบิ้ล KICKLESS ชนิด U TYPE ความยาว 2.2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุดเชื่อมกับความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงของสายเคเบิ้ล KICKLESS ชนิด Steaight type ความยาว 2.0 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย