บทที่ 3 การศึกษาสภาพของปัญหาในปัจจุบัน

3.1 ข้อมูลของสถานประกอบการที่เข้าร่วมโครงการ

ชื่อบริษัท : ซีเอชโอโตพาร์ต จำกัด

วันที่ก่อตั้ง : มกราคม พ.ศ. 2517

ผลิตภัณฑ์หลัก : แม่พิมพ์ ชิ้นส่วนงานปั้ม ตัวถังรถยนต์รถบรรทุก หม้อน้ำรถยนต์รถบรรทุก หม้อน้ำ เครื่องจักรกลการเกษตร และอื่นๆ

พนักงาน : 561 คน และพนักงานรายวัน 736 คน

กำลังการผลิตต่อเดือน : แม่พิมพ์ 30 ชุด ชิ้นส่วนงานปั้ม 4,300,000 ชิ้น หม้อน้ำรถยนต์รถบรรทุกและเครื่องจักรกลเกษตร 18,000 ชุด และถังน้ำมันรถบรรทุก 1,500 ชุด

พื้นที่โรงงาน : 61,600 ตารางเมตร

วันทำงาน : 6 วันต่อสัปดาห์ (24 ชั่วโมงต่อวัน โดย 1 วันแบ่งเป็น 2 กะ กะละ 8 ชั่วโมง)

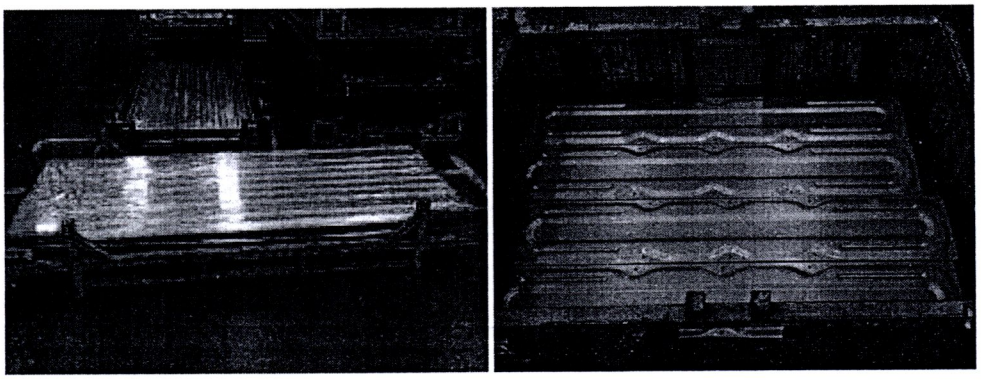
สัดส่วนการขาย : TOYOTA 70%, HINO 20%, GM 2%, AAT 2%, NISSAN UD 0.1%, อื่นๆ5.9%

3.2 ผลิตภัณฑ์ของบริษัท ซีเอชโอโตพาร์ต จำกัด

ปัจจุบันบริษัท ซีเอชโอโตพาร์ต จำกัด นั้นมีผลิตภัณฑ์หลายรูปแบบ ซึ่งการแบ่งผลิตภัณฑ์นั้นจะแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

3.2.1 ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนงานปั้ม

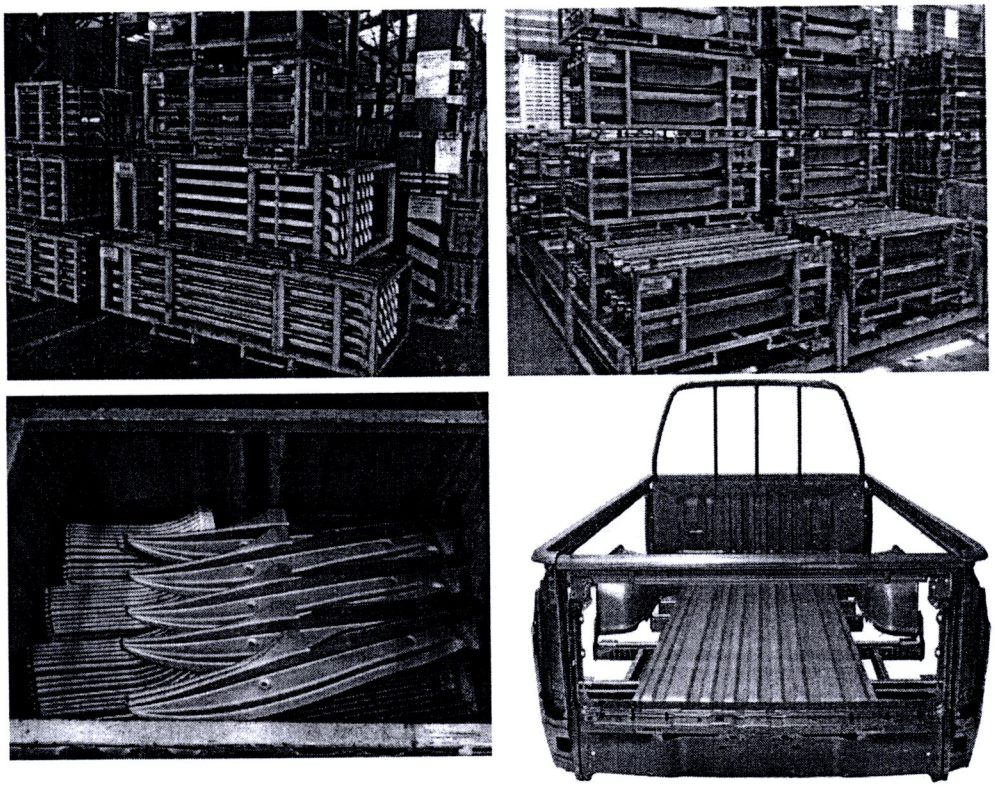
ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่ผ่านกระบวนการปั้มเพื่อขึ้นรูปให้ได้ขนาดตามที่ต้องการดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ชิ้นงานปั้ม

3.2.2 ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนตัวถังรถยนต์รถบรรทุก

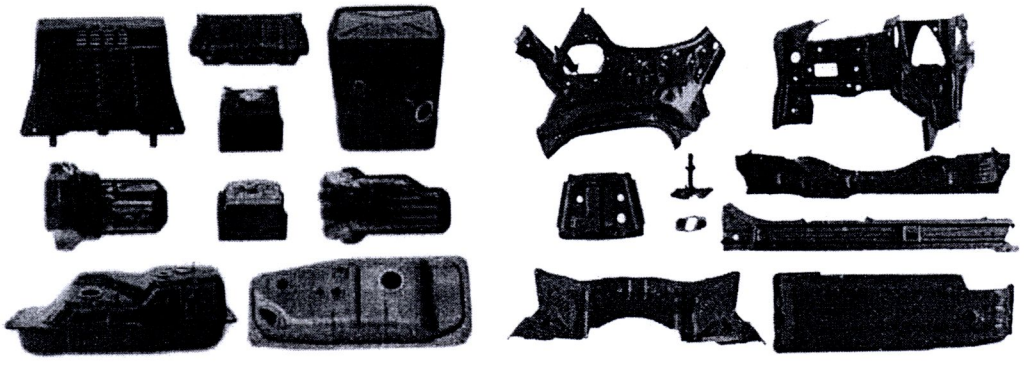
ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่มีการประกอบกันตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไป ด้วยวิธีการเชื่อมแบบต่างๆ เช่น การเชื่อมความต้านทานแบบจุด การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ชิ้นงานตัวถังรถยนต์รถบรรทุก

3.2.3 ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนตัวถังรถยนต์รถบรรทุกและมีการทำสี EDP

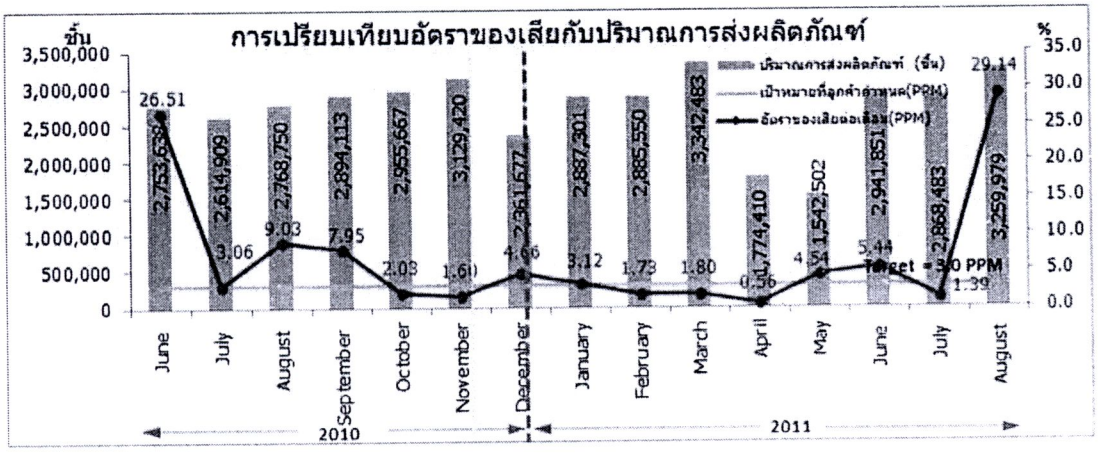
ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่มีการประกอบกันตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไป ด้วยวิธีการเชื่อมแบบต่างๆ เช่น การเชื่อมความต้านทานแบบจุด การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม เสร็จแล้วผ่านกระบวนการทำสี EDP (Electro Deposition Paint) ที่ชิ้นงานแล้วทำการส่งชิ้นงานให้กับลูกค้า ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ชิ้นงานตัวถังรถยนต์รถบรรทุกที่ทำสี EDP

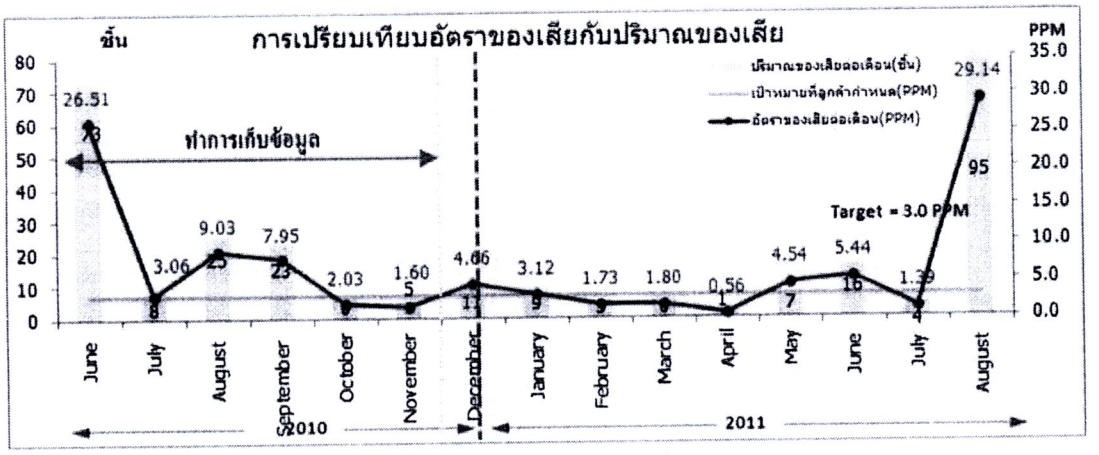
3.3 สภาพปัญหาปัจจุบัน

จากการเก็บรวบรวมรายงานข้อเรียกร้องการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องจากลูกค้าตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 นั้นจะพบว่าในเดือนมิถุนายนนั้นมีปริมาณการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องมากที่สุดคือ 26.51 PPM ในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคมและพฤศจิกายนนั้นจะมีปริมาณของการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องเท่ากับ 3.06, 9.03, 7.95, 2.30 และ 1.60 PPM ซึ่งเรียงตามลำดับข้อมูล ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 อัตราการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องจากข้อเรียกร้องของลูกค้าเทียบกับปริมาณการส่งผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้าตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554

จากอัตราการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่บกพร่องดังกล่าวนั้นสามารถดูปริมาณการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องได้จากรายงานการเรียกร้องให้มีการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องของลูกค้าในแต่ละเดือนที่ลูกค้าสรุปออกมาเป็นรายงาน ซึ่งในเดือนมิถุนายนมีการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่บกพร่องทั้งหมด 73 ชิ้น เป็นจำนวน 26.51 PPM เดือนกรกฎาคมมีแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่บกพร่องทั้งหมด 8 ชิ้น เป็นจำนวน 3.06 PPM เดือนสิงหาคมมีแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่บกพร่องทั้งหมด 25 ชิ้น เป็นจำนวน 9.03 PPM เดือนกันยายนมีการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่บกพร่องทั้งหมด 23 ชิ้น เป็นจำนวน 7.95 PPM เดือนตุลาคมมีการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่บกพร่องทั้งหมด 6 ชิ้น เป็นจำนวน 2.03 PPM และในเดือนพฤศจิกายนมีการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่บกพร่องทั้งหมด 5 ชิ้น เป็นจำนวน 1.60 PPM ซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ปริมาณการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่บกพร่องตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554

3.4 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์จากข้อเรียกร้องของลูกค้าเพื่อระบุสภาพปัญหา

ทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของชิ้นงานที่ได้มาจากข้อเรียกร้องของลูกค้า ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 ดังรูปที่ 3.5 โดยแบ่งประเภทของชิ้นงานที่ลูกค้ามีข้อเรียกร้องให้มีการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องได้เป็น 3 ประเภท คือ ประเภทที่หนึ่งเป็นชิ้นงานที่มีรูปร่างลักษณะภายนอก (Appearance) ไม่ตรงตามมาตรฐานของลูกค้า เช่น ลักษณะผิวภายนอกของชิ้นงานมีการบุบ ยุบ ย่น รอยขูด การแตกร้าว และการมีสนิมที่ผิวของชิ้นงาน ซึ่งปัญหาดังกล่าวนั้นสามารถนำชิ้นงานใหม่เข้าไปแลกเปลี่ยน และนำชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องนั้นมาทำการซ่อมแซมด้วยการตกแต่งผิวโดยการขัดละเอียด และถ้าไม่สามารถทำการแก้ไขได้จะทำการกำจัดชิ้นงานที่มีข้อบกพร่อง ประเภทที่สองเป็นชิ้นงานที่มีข้อบกพร่อง โดยเกิดจากความผิดพลาดของพนักงาน ซึ่งอาจจะไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน เช่น ปัญหาการบรรจุจำนวนชิ้นงานน้อยกว่าหรือมากกว่ามาตรฐานกำหนดไว้หรือบรรจุชิ้นงานต่างชนิดกันลงในภาชนะบรรจุเดียวกัน ไม่ได้ทำการเชื่อมน็อตติดกับชิ้นงานตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งปัญหาดังกล่าวนั้นสามารถนำชิ้นงานใหม่เข้าไปแลกเปลี่ยน และนำชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องนั้นมาทำการแก้ไขใหม่ โดยการบรรจุชิ้นงานให้ครบจำนวนตามมาตรฐาน หรือทำการเชื่อมน็อตเพิ่มเติมให้เท่ากับมาตรฐานที่กำหนด ถ้าไม่สามารถทำการแก้ไขได้จะทำการกำจัดชิ้นงานดังกล่าวให้เป็นของเสีย และประเภทที่สาม เป็นข้อบกพร่องของชิ้นงานที่มีผลต่อการประกอบชิ้นงานของลูกค้า ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ ถ้าหลุดไปในสายการประกอบของลูกค้า จะทำให้ลูกค้าไม่สามารถประกอบชิ้นงานได้หรือจะต้องหยุดสายการผลิตเพื่อรอชิ้นงานมาทำการแลกเปลี่ยน รวมถึงการนำชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องออกจากสายการผลิตเพื่อรอทำการแก้ไข ซึ่งจะมีผลกระทบต่อลูกค้า ดังนั้น

ผู้ทำการวิจัยจึงทำการศึกษาข้อบกพร่องของชิ้นงานที่ส่งผลกระทบต่อสายการประกอบของลูกค้า ซึ่งในกรณีที่ผู้ผลิตไม่สามารถส่งชิ้นงานให้กับลูกค้าได้ทันเวลาทำให้สายการประกอบของลูกค้าหยุดนั้น ทางผู้ผลิตต้องชดใช้ค่าเสียหายให้กับลูกค้าตามที่ได้ตกลงกันไว้

ประเภทของข้อบกพร่อง	ปัญหาของข้อบกพร่อง	ปริมาณชิ้นงานบกพร่อง
ลักษณะ รูปร่าง (Appearance)	บุบ ยุบ (Part Dent)	44
	สนิม (Part Rust)	20
	ผิวชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (Surface Part Ng)	10
	ย่น ยับ (Part Wrinkle)	5
	เม็ดโลหะฝังที่ผิว (Appearance Was Metal Seed)	2
	แตกร้าว (Crack)	3
	การซ่อมรอยบุบ ยุบไม่ได้มาตรฐาน (Dent Poor Repair)	2
	ขอบชิ้นงานมีรอยบาก ร่อง (Flange Was Nick)	2
	รูเสียรูป (Hole Deform)	2
	ชิ้นส่วนเพิ่มความแข็งแรงเสียรูป (Bkt. Deform)	1
	ขอบงานที่พับเสียรูป (Hemming Deform)	1
	ครีบ (Part Burr)	1
	รอยบาก ร่อง (Part Nick)	1
	รอยขีดข่วน (Scratch)	1
ความผิดพลาดของพนักงาน (Human Error)	บรรจุชิ้นงานผิดมาตรฐาน (Mis-Packing)	10
	ไม่มีน็อตเชื่อม (Missing Nut Weld)	6
	บรรจุชิ้นงานปนกัน (Mixed Packing)	3
	บรรจุชิ้นงานผิดข้าง (Mis-Sing Bkt)	1
	ไม่ได้เชื่อมชิ้นงาน (Missing Spot)	1
	บรรจุชิ้นงานสั้นกว่ามาตรฐาน (Shortage Packing)	1

รูปที่ 3.6 (a) ประเภทของชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องจากข้อเรียกร้องของลูกค้าในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553

ประเภทของข้อบกพร่อง	ปัญหาของข้อบกพร่อง	ปริมาณชิ้นงานบกพร่อง
การประกอบ (Asssembly)	รอยเชื่อมของชิ้นงานหลุด (Spot Separation)	4
	รูเยื้อง (Hole Off Set)	4
	ชิ้นงานไม่สามารถเข้า jig ประกอบได้ (Can Not Set Part On Jig)	4
	น๊อตเชื่อมหลุด (Nut Weld Separate)	3
	ชิ้นงานขนาดไม่ได้ตามมาตรฐาน (Part Miss -Spec)	2
	Bolt ประกอบไม่ได้ (?? Bolt ?????(?????????))	1
	ขอบของชิ้นงานขนาดไม่ได้มาตรฐาน (Hook S/A Wrong Side)	1
	น๊อตเชื่อมผิดขนาด (Nut Weld Wrong Spect)	1
	การไม่ได้เจาะรูที่ใช้ประกอบ (Punch Holes Not Incompletely)	1
	เชื่อมน๊อตซ้อนกัน (Spot Double Nut)	1
	เชื่อมน๊อตผิดตำแหน่ง (Spot Nut Weld Wrong Side)	1

รูปที่ 3.6 (b) ประเภทของชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องจากข้อเรียกร้องของลูกค้าในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553

จากปัญหาข้อบกพร่องของชิ้นงานที่มีผลต่อสายการประกอบของลูกค้านั้น ถ้าเป็นชิ้นงานที่ลูกค้าไม่สามารถทำการประกอบได้ ลูกค้าจะทำการแจ้งกับเจ้าหน้าที่แผนกตรวจสอบคุณภาพของบริษัท ซึ่งจะมีพนักงานของแผนกตรวจสอบคุณภาพประจำอยู่ที่บริษัทของลูกค้าเพื่อทำการแก้ไขชิ้นงานที่สามารถซ่อมแซมแก้ไขชิ้นงานได้ ถ้าไม่สามารถซ่อมแซมชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องได้จะทำการแลกเปลี่ยนชิ้นงานใหม่เข้าไปแทนชิ้นงานที่มีข้อบกพร่อง ซึ่งทางลูกค้าจะมีการสรุปปัญหาข้อเรียกร้องของการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องในแต่ละเดือน โดยทำการออกเป็นรายงานผ่านแผนกตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งมีเป้าหมายในการควบคุมปริมาณข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นต้องไม่เกิน 3 PPM ในแต่ละเดือน ดังนั้นทางผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในสายการประกอบของลูกค้า โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากรายงานข้อเรียกร้องให้มีการแลกเปลี่ยนชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องในระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 นั้นจะพบว่าปัญหาข้อบกพร่องของชิ้นงานมีดังต่อไปนี้

1. ปัญหารอยเชื่อมของชิ้นงานหลุด (Spot Separation) มีจำนวน 4 ชิ้น
2. ปัญหารูเยื้อง (Hole offset) มีจำนวน 4 ชิ้น
3. ปัญหาชิ้นงานไม่สามารถเข้า jig ประกอบได้ มีจำนวน 4 ชิ้น
4. ปัญหาน๊อตเชื่อมหลุด (Nuts weld separate) มีจำนวน 3 ชิ้น
5. ปัญหาชิ้นงานขนาดไม่ได้ตามมาตรฐาน มีจำนวน 2 ชิ้น
6. ปัญหาของ Bolt ในการประกอบ มีจำนวน 1 ชิ้น
7. ปัญหาของขอบของชิ้นงานขนาดไม่ได้มาตรฐาน มีจำนวน 1 ชิ้น
8. ปัญหาของน๊อตเชื่อมผิดขนาด มีจำนวน 1 ชิ้น
9. ปัญหาของการไม่ได้เจาะรูที่ใช้ประกอบ มีจำนวน 1 ชิ้น
10. ปัญหาการเชื่อมน๊อตซ้อนกัน มีจำนวน 1 ชิ้น
11. ปัญหาการเชื่อมน๊อตผิดตำแหน่ง มีจำนวน 1 ชิ้น

ในการหาปัญหาข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลกระทบต่อสายการประกอบของลูกค้ามากที่สุดนั้น ทางผู้วิจัยได้นำการของการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis : FMEA) มาใช้ในการพิจารณาถึงปัญหาที่มีความเสียหายกับทางลูกค้าและกับทางบริษัทมากที่สุด เมื่อทำการพิจารณาการควบคุมของกระบวนการผลิตที่สามารถป้องกันการส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องหลุดไปถึงมือของลูกค้า ซึ่งในปัจจุบันทางบริษัท ซีเอชโอโตพาร์ต จำกัด นั้นจะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างมาทำการตรวจสอบและจะเน้นไปในทางตรวจจับชิ้นงานมากกว่าการป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องหลุดไปถึงมือของลูกค้า ซึ่งการคำนวณคะแนนนั้นจะนำการตรวจจับ (Detection : D) ที่ลูกค้ามาใช้เนื่องจากการประกอบนั้นจะมีการใช้ Jig ช่วยในการประกอบโดยสามารถตรวจจับชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องได้ และนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการคำนวณ และในการคำนวณตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) นั้นจะพิจารณาถึงความรุนแรงของผลกระทบ (Severity : S) และโอกาสการเกิดขึ้น (Occurrence : O) ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์ลักษณะปัญหาของชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ที่มีผลต่อสายการประกอบของลูกค้า

ลักษณะของปัญหา	ความรุนแรง (Severity : S)	โอกาสการเกิดขึ้น (Occurrence : O)	การตรวจจับ (Detection : D)	ความสำคัญของความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN)
1.รอยเชื่อมของชิ้นงานหลุด (Spot Separation)	5	10	2	100
2.รูเยื้อง (Hole offset)	4	10	2	80
3.ชิ้นงานไม่สามารถเข้า jig ประกอบได้	4	10	2	80
4.น๊อตเชื่อมหลุด (Nut weld separate)	7	10	3	210
5.ชิ้นงานขนาดไม่ได้ตามมาตรฐาน	4	10	2	80
6.Bolt ประกอบไม่ได้	4	9	2	72
7.ขอบของชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน	4	9	2	72
8.น๊อตเชื่อมผิดขนาด	2	9	2	36
9.การไม่ได้เจาะรูที่ใช้ประกอบ	5	9	2	90
10.เชื่อมน๊อตซ้อนกัน	3	9	2	54
11.เชื่อมน๊อตผิดตำแหน่ง	3	9	2	54

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การประเมินอัตราความรุนแรง (Severity : S) ของผลกระทบ

ผลกระทบ	เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบต่อลูกค้า	เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบต่อการผลิต / ประกอบ	ระดับ
อันตรายร้ายแรงโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มสูงความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัย, การทำงานของสายการผลิต และ/หรือไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐโดยไม่มีการเตือน	อาจทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักรหรือการประกอบ) โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
อันตรายร้ายแรงแต่มีการเตือนล่วงหน้า	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการทำงานของสายการผลิต และ/หรือไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐโดยมีการเตือน	อาจทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักรหรือการประกอบ) โดยมีการเตือนล่วงหน้า	9
สูงมาก	ความบกพร่องซึ่งทำให้สายการผลิต/ส่วนประกอบไม่สามารถใช้งานได้ (สูญเสียความสามารถในการทำงานตามจุดประสงค์พื้นฐาน)	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 100% อาจจะต้องมีการกำจัดทิ้ง หรือทำให้ต้องเสียเวลาซ่อมมากกว่า 1 ชั่วโมง	8
สูง	ความบกพร่องซึ่งทำให้สายการผลิต/ส่วนประกอบมีสมรรถนะการทำงานที่ลดลง แต่ยังใช้งานได้ทำให้ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก	ทำให้สายการผลิตหยุดบางส่วน ผลิตภัณฑ์อาจจะต้องผ่านการตรวจสอบแบบคัดเลือก (Sorting) และอาจมีผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) ได้รับการกำจัดทิ้ง หรือเสียเวลาในการซ่อม ½ - 1 ชั่วโมง	7
ปานกลาง	ความบกพร่องซึ่งทำให้สายการผลิต/ส่วนประกอบทำงานได้ แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับความสะดวกสบายไม่สามารถใช้ได้ ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	ทำให้สายการผลิตถูกหยุดบางส่วน ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า100%) อาจจะต้องได้รับการกำจัดทิ้ง (Scrap) โดยไม่มีการคัดเลือก หรือเสียเวลาในการซ่อมน้อยว่า ½ ชั่วโมง	6
ต่ำ	ความบกพร่องซึ่งทำให้สายการผลิต/ส่วนประกอบทำงานได้ แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับความสะดวกสบายมีสมรรถนะการทำงานที่ลดลง แต่ใช้งานได้	ทำให้สายการผลิตถูกหยุดบางส่วน ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด(100%) อาจต้องได้รับการนำมาทำใหม่ (Rework) ไม่สามารถซ่อมได้	5
ต่ำมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี การตกแต่ง เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนใหญ่(มากกว่า 75%) สังเกตได้	ทำให้สายการผลิตหยุด บางส่วน ผลิตภัณฑ์อาจถูกคัดแยกและบางส่วน (น้อยกว่า100%)ผลิตภัณฑ์อาจถูกทิ้ง	4

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การประเมินอัตราความรุนแรง (Severity : S) ของผลกระทบ (ต่อ)

ผลกระทบ	เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบต่อลูกค้า	เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบต่อการผลิต / ประกอบ	ระดับ
		(Scrap) ผลิตภัณฑ์บางส่วนน้อยกว่า 100% อาจต้องได้รับการนำมาทำใหม่ (Rework)	
เล็กน้อย	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี การตกแต่ง เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนใหญ่(มากกว่า 50%) สังเกตได้	ทำให้สายการผลิตถูกหยุด บางส่วน (น้อยกว่า100%) อาจต้องได้รับการนำมาทำใหม่ (Rework)	3
เล็กน้อยมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี การตกแต่ง เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 25%) สังเกตได้	ทำให้สายการผลิตถูกหยุด บางส่วน (น้อยกว่า100%) อาจถูกทำใหม่ในกระบวนการแต่อยู่ใน Line การผลิต	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	มีความสะดวกสบายในการผลิต หรือผู้ปฏิบัติงานเล็กน้อย หรือไม่มีผลกระทบ	1

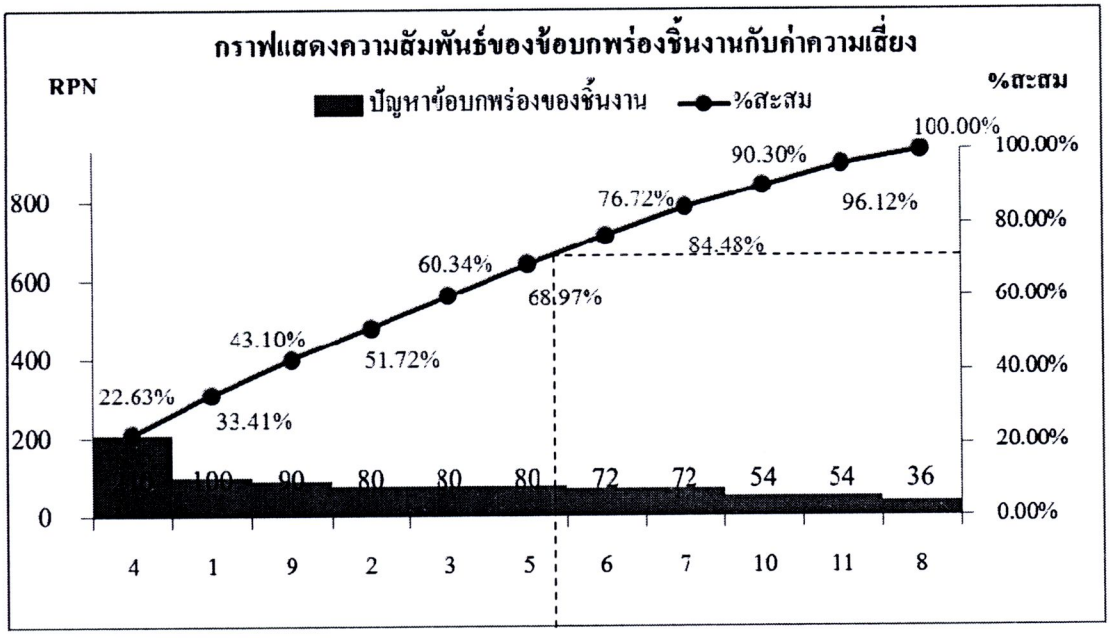
ตารางที่ 3.3 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ที่จะเกิดปัญหา (Occurrence : O)

โอกาสในการเกิดขึ้นของสาเหตุหนึ่งๆ	อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (ppm)	P_{pk}	ระดับ
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	$\geq$ 100,000 (หรือ 10%)	< 0.55	10
	50,000 (หรือ 5%)	≥ 0.55	9
สูง : เกิดข้อบกพร่องบ่อย	20,000 (หรือ 2%)	≥ 0.78	8
	10,000 (หรือ 1%)	≥ 0.86	7
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	5,000 (หรือ 0.5%)	≥ 0.94	6
	2,000 (หรือ 0.2%)	≥ 1.00	5
	1,000 (หรือ 0.1%)	≥ 1.10	4
ต่ำ : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	500	≥ 1.20	3
	100	≥ 1.30	2
ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเลย	≤ 10	≥ 1.67	1

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบปัญหา (Detection : D) ของระบบควบคุม โดยมองการตรวจจับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องที่หลุดไปที่ลูกค้า

Detection (D)	
ความเป็นไปได้	คะแนน
พบหลังการขายที่ผู้ซื้อรถยนต์ (User)	10
ก่อนจัดส่งสินค้าที่ขายให้กับตัวแทนจำหน่าย (Dealer)	8
พบในสายการผลิตทำให้ลูกค้าต้องหยุดสายการผลิตเพื่อทำการแก้ไขมากกว่า 1 ชั่วโมง	5
พบในสายการผลิตของลูกค้า มีการแลกเปลี่ยนชิ้นงานใหม่ หรือทำการแก้ไขใช้เวลา ½ - 1 ชั่วโมง	3
พบในสายการผลิตของลูกค้าเมื่อทำการเตรียมชิ้นงานเพื่อทำการประกอบ	2

จากตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์ลักษณะปัญหาของชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ที่มีผลต่อสายการประกอบลูกค้า นั้นจะพบว่าปัญหาน๊อตเชื่อมหลุด (Nuts Weld Separate) มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 210 คะแนน รองลงมาเป็นปัญหารอยเชื่อมของชิ้นงานหลุด (Spot Separation) มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 100 คะแนน ต่อมาเป็นปัญหาการไม่ได้เจาะรูที่ใช้ประกอบ มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 90 คะแนน ต่อมาเป็นปัญหารูเยื้อง (Hole offset) มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 80 คะแนน ต่อมาเป็นปัญหาชิ้นงานไม่สามารถเข้า Jig ประกอบได้ มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 80 คะแนน ต่อมาเป็นปัญหาชิ้นงานขนาดไม่ได้ตามมาตรฐาน มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 80 คะแนน ต่อมาเป็นปัญหาของ Bolt ไม่สามารถใช้ได้ในการประกอบ มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 72 คะแนน ต่อมาเป็นปัญหาขอบของชิ้นงานขนาดไม่ได้มาตรฐาน มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 72 คะแนน ต่อมาเป็นปัญหาการเชื่อมน๊อตซ้อนกัน มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 54 คะแนน ต่อมาเป็นปัญหาการเชื่อมน๊อตผิดตำแหน่ง มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 54 คะแนน และปัญหาน๊อตเชื่อมผิดขนาด มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 36 คะแนน



รูปที่ 3.7 แผนภาพพาเรโตของผลคะแนนของค่าความเสี่ยงในการเลือกลักษณะของปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสายการประกอบของลูกค้า

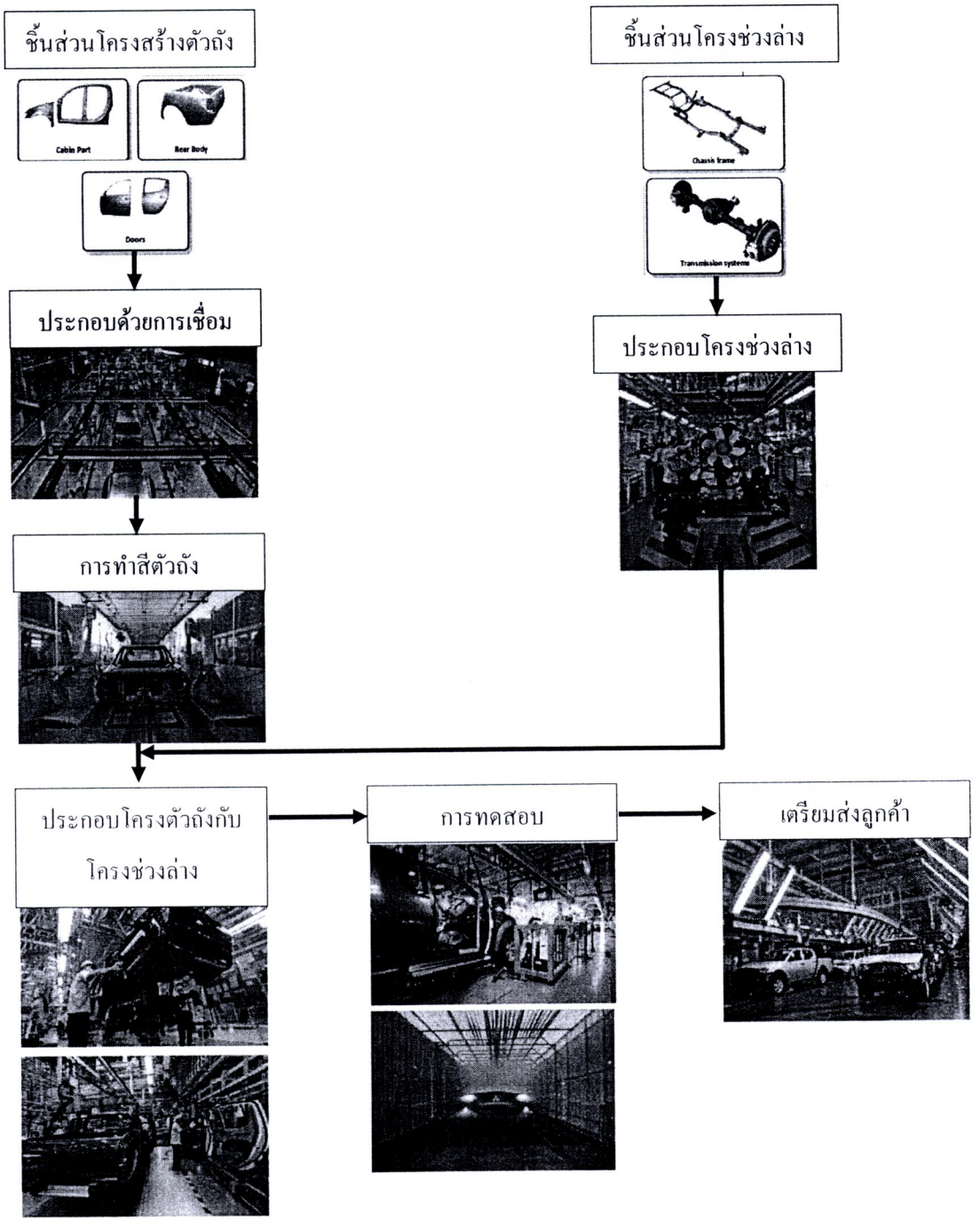
หมายเหตุ 4 หมายถึง น๊อตเชื่อมหลุด (Nuts weld separate)
1 หมายถึง รอยเชื่อมของชิ้นงานหลุด (Spot Separation)
9 หมายถึง ไม่ได้เจาะรูที่ชิ้นงานเพื่อใช้ประกอบ
2 หมายถึง รูเยื้อง (Hole offset)
3 หมายถึง ชิ้นงานไม่สามารถเข้า jig ประกอบได้
5 หมายถึง ชิ้นงานขนาดไม่ได้ตามมาตรฐาน
6 หมายถึง Bolt ไม่สามารถใช้ในการประกอบได้
7 หมายถึง ขอบของชิ้นงานขนาดไม่ได้มาตรฐาน
10 หมายถึง เชื่อมน๊อตซ้อนกัน
11 หมายถึง เชื่อมน๊อตผิดตำแหน่ง
8 หมายถึง น๊อตเชื่อมผิดขนาด

หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ด้วยหลักการของพาเรโตดังรูปที่ 3.7 จะพบว่าคะแนนหรือตัวเลขของลำดับความสำคัญของความเสี่ยงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยใช้หลักการของพาเรโตที่ 70 : 30 ซึ่ง 70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณคะแนนทั้งหมดของคะแนนหรือตัวเลขของลำดับความสำคัญของความเสี่ยงมาจากปัจจัยที่สำคัญมากที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์บกพร่อง อีก 30 เปอร์เซ็นต์ของคะแนน

ทั้งหมดของคะแนนหรือตัวเลขของลำดับความสำคัญของความเสี่ยงนั้นนั้นมีความสำคัญน้อยที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์บกพร่อง ซึ่งจากแผนภาพพาเรโตนั้นปัญหาที่มีความสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสายการประกอบของลูกค้า ซึ่งปัญหาที่ต้องนำมาวิเคราะห์เพื่อทำการแก้ไขนั้นมีอยู่ 6 หัวข้อตามหลักพาเรโต คือ ปัญหาน๊อตเชื่อมหลุด (Nut Weld Separate) มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 210 คะแนน รองลงมาเป็นปัญหารอยเชื่อมของชิ้นงานหลุด (Spot Separation) มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 100 คะแนน ต่อมาเป็นปัญหาไม่ได้เจาะรูที่ชิ้นงานเพื่อใช้ประกอบมีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 90 คะแนน ต่อมาเป็นปัญหารูเยื้อง (Hole offset) มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 80 คะแนน ต่อมาเป็นปัญหาชิ้นงานไม่สามารถเข้า jig ประกอบได้มีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 80 คะแนน และปัญหาชิ้นงานขนาดไม่ได้ตามมาตรฐานมีค่าของความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) เท่ากับ 80 คะแนน ซึ่งทางบริษัทมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นโดยทำการแก้ไขปัญหาที่มีค่าความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 100 คะแนนขึ้นไป เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาที่มีผลกระทบต่อสายการประกอบของลูกค้าซ้ำ และเพิ่มความเชื่อมั่นในคุณภาพของชิ้นงานและทำให้ลูกค้าพึงพอใจในมาตรฐานของกระบวนการผลิตและควบคุมคุณภาพของบริษัท ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเลือกทำการศึกษาปัญหาน๊อตเชื่อมหลุด (Nuts Weld Separate) ด้วยวิธีการเชื่อมความต้านทานแบบจุด และสามารถนำแนวทางที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาของรอยเชื่อมของชิ้นงานหลุด (Spot Separation) ได้

ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการประกอบของลูกค้าเพื่อทำการระบุตำแหน่งที่เกิดปัญหาในกระบวนการผลิตและผลกระทบที่เกิดขึ้น ซึ่งกระบวนการผลิตประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

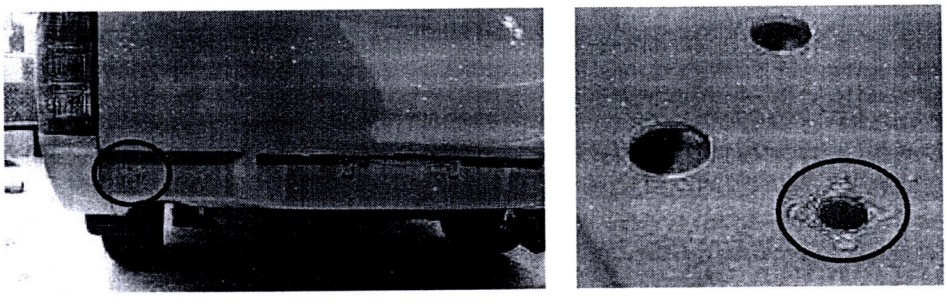
1. ขั้นตอนการประกอบแผ่นเหล็กรูปแบบต่างๆที่กำหนดไว้ ให้เป็นโครงสร้างตัวถัง (White Body) ซึ่งในขั้นตอนการเชื่อมนั้นจะใช้หุ่นยนต์มาช่วยทำการประกอบ
2. เตรียมผิวโครงสร้างตัวถัง (White Body) แล้วทำการทำสีโดยจะถูกชุบลงไปในบ่อสีป้องกันสนิม EDP แล้วทำการอบแห้ง ต่อจากนั้นทำการพ่นสี
3. ขั้นตอนประกอบโครงช่วงล่าง (Chassis) โดยมีการประกอบระบบกันสะเทือน, ระบบเบรกทั้งด้านหน้าและด้านหลัง, ปีกนกต่างๆ, ชุดเกียร์และเครื่องยนต์บนโครงช่วงล่าง
4. ขั้นตอนการประกอบโครงสร้างตัวถัง (White Body) กับโครงช่วงล่าง (Chassis) ให้ยึดเข้าติดกันแล้วทำการประกอบชิ้นส่วนที่อยู่ภายในตัวรถ และทำการประกอบประตูและกระจก ทำการขันน๊อตตามมาตาฐานที่ได้กำหนดไว้
5. การทดสอบรถยนต์ตามข้อบังคับของกฎหมาย เช่น ค่าปริมาณไอเสีย, ระบบเบรก, ทดสอบรอยรั่วซึม ซึ่งเมื่อทำการทดสอบผ่านตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้จะทำการเตรียมชิ้นงานส่งลูกค้า ซึ่งกระบวนการผลิตดังกล่าวดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 กระบวนการผลิตรถยนต์ของลูกค้า

จากรูปที่ 3.8 กระบวนการผลิตรถยนต์ของลูกค้า จะพบว่าผลิตภัณฑ์ของบริษัทที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตของลูกค้านั้นจะมีอยู่ที่กระบวนการผลิตในส่วนของการประกอบโครงสร้างตัวถัง (White body) ซึ่งในกระบวนการผลิตของลูกค้านั้นจะพบผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องอยู่ในกระบวนการประกอบโดยพบได้จากการวางชิ้นงานบนอุปกรณ์ช่วยจับยึดชิ้นงาน (Jig) และใช้อุปกรณ์ในการตรวจสอบ เช่น Go-No Go เกจ นั้นจะสามารถพบผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องในส่วนของการประกอบ

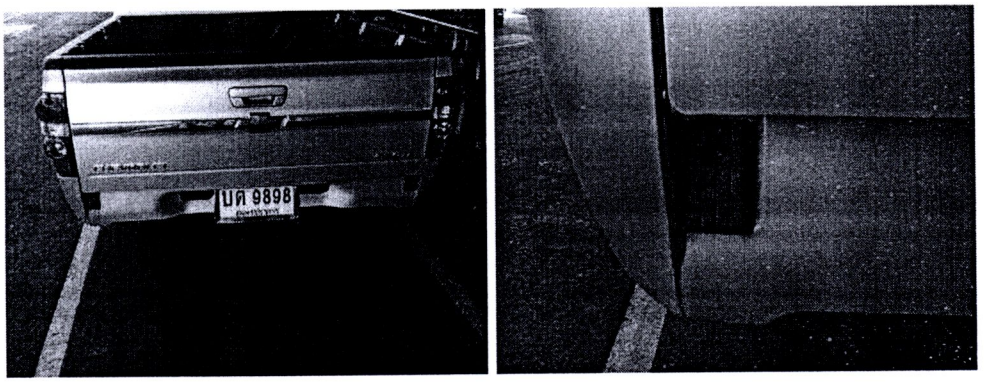
และพบผลิตภัณฑ์บกพร่องที่การประกอบโครงตัวถัง (White body) กับโครงช่วงล่าง (Chassis) ให้ยึดติดกันแล้วทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เช่น กระจก ประตู หน้าต่าง ยางกันแทกและซีลกันรั่ว ซึ่งลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นที่ได้นำมาศึกษาเป็นชิ้นงานที่ยึดกับเข็มขัดนิรภัยโดยมีการเชื่อมกับน๊อตขนาด M8x1.25 ซึ่งจะทำการประกอบในส่วนของโครงสร้างตัวถัง (White body) ซึ่งพบข้อเรียกร้องจากลูกค้า 1 ชิ้น โดยข้อบกพร่องของชิ้นงานดังกล่าวสามารถทำการแก้ไขโดยนำชิ้นงานใหม่ไปทำการแลกเปลี่ยนเนื่องจากพบปัญหาขณะทำการประกอบชิ้นงานที่อุปกรณ์ช่วยจับยึด (jig) ก่อนทำการประกอบให้ติดกับโครงสร้างตัวถัง และข้อบกพร่องอีกประเภทนั้นพบที่ขั้นตอนของกระบวนการประกอบโครงตัวถังกับโครงช่วงล่าง เนื่องจากต้องมีการประกอบยางกันกระแทกที่ชิ้นงานของคานกันชนหลัง แต่ไม่สามารถประกอบได้เพราะน๊อตเชื่อมขนาด M5x0.8 หลุดออกจากชิ้นงานคานกันชนหลัง ซึ่งมีข้อเรียกร้องจากลูกค้า 2 ชิ้น ทำให้ลูกค้าต้องหยุดสายการประกอบแล้วนำชิ้นงานที่เป็นปัญหาออกมาทำการแก้ไข ทำให้ต้องเสียเวลารอการแก้ไข สามารถดูตัวอย่างชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องดังรูปที่ 3.9 ซึ่งทางพนักงานของแผนกควบคุมคุณภาพของบริษัทจะต้องเข้าไปดำเนินการแก้ไขผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องโดยนำน๊อตเชื่อมขนาด M5x0.8 ไปเชื่อมติดแทนที่ชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องน๊อตเชื่อมหลุด ซึ่งชิ้นงานที่ต้องรอการแก้ไขนั้นได้ผ่านกระบวนการทำสีแล้วการซ่อมแซมแก้ไขต้องใช้ความระมัดระวังไม่ให้สะเก็ดไฟจากการเชื่อมไปสัมผัสกับผิวชิ้นงานที่ทำสีแล้ว และส่วนของสายการประกอบของลูกค้าที่หยุดรอเพื่อทำแก้ไขนั้นเป็นกระบวนการสุดท้าย ก่อนที่จะส่งผลิตภัณฑ์ออกจากสายการประกอบเข้าไปทดสอบในส่วนต่างๆ ซึ่งทำให้ลูกค้ามีการเรียกร้องให้ทางแผนกควบคุมคุณภาพมีการตรวจสอบชิ้นงานก่อนส่งเข้ามาในสายการผลิตของลูกค้าซึ่งทำให้ต้องเสียเวลาในการตรวจสอบทั้งในส่วนคลังสินค้าของบริษัทผู้ผลิต และคลังสินค้าของลูกค้า



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องที่ลูกค้านำออกมาจากสายการผลิตเพื่อรอการแก้ไข

เมื่อเกิดปัญหาของน๊อตเชื่อมหลุดต้องทำการตรวจสอบชิ้นงานที่อยู่ในคลังสินค้าของลูกค้าและคลังสินค้าภายในบริษัทเพื่อเป็นการยืนยันคุณภาพของชิ้นงานที่ส่งเข้าไปถึงลูกค้าว่าจะไม่มีปัญหาเรื่องน๊อตเชื่อมหลุดอีก ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ได้มีการตรวจสอบชิ้นงานคานกันชนหลังในคลังสินค้าของลูกค้า ซึ่งมีการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 90 ชิ้น พบชิ้นงานที่เป็นปัญหาของน๊อตเชื่อมหลุดทั้งหมด 10

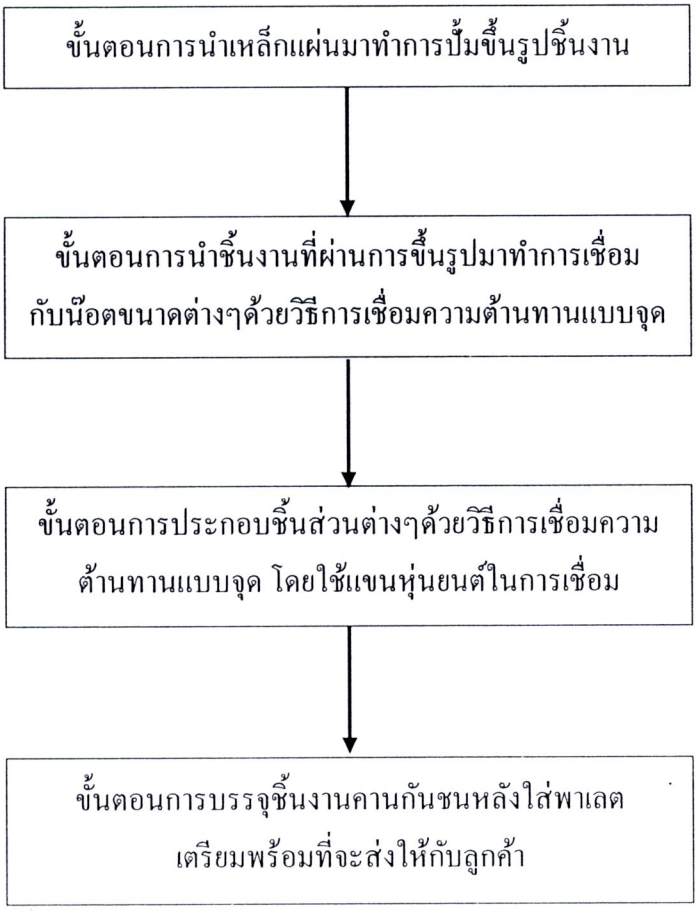
ชิ้น และทำการตรวจสอบชิ้นงานที่อยู่ภายในคลังสินค้าของบริษัททั้งหมด 130 ชิ้น นั้นไม่พบชิ้นงานที่มีปัญหาของน็อตเชื่อมหลุด โดยชิ้นงานคานกันชนหลังที่มีปัญหาน็อตเชื่อมหลุดนั้นทำการแก้ไขโดยนำน็อตเชื่อมตัวใหม่มาเชื่อมแทนที่น็อตที่มีข้อบกพร่องแล้วหลุดออกไปเสร็จแล้ว ลูกค้าจะทำการประกอบชิ้นส่วนยางกันกระแทกกับสกรูหัวจมให้ยึดติดกับชิ้นส่วนคานกันชนหลังรถกระบะดังรูปที่ 3.10 ส่วนกรณีพบชิ้นงานคานกันชนหลังที่มีปัญหาน็อตเชื่อมหลุดนั้นในคลังสินค้าของลูกค้านั้นสามารถนำชิ้นงานใหม่ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วเข้าไปแลกเปลี่ยนกับชิ้นงานที่มีปัญหากับลูกค้า เพื่อนำชิ้นงานที่มีปัญหากับมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และทำการแก้ไขหรือซ่อมแซมชิ้นงาน โดยการเชื่อมน็อตขนาด M5x0.8 ตัวใหม่แทนน็อตเชื่อมที่หลุดออก แล้วทำการส่งชิ้นส่วนของคานกันชนหลังให้กับลูกค้า



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างชิ้นงานคานกันชนหลังที่ไม่มีข้อบกพร่องประเภทน็อตเชื่อมหลุด

3.5 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนคานกันชนหลังรถกระบะ

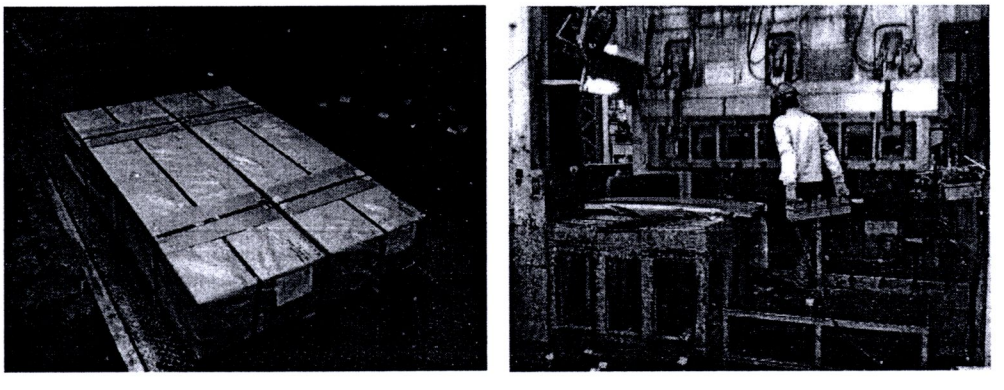
กระบวนการผลิตชิ้นส่วนคานกันชนหลังรถกระบะ ซึ่งเริ่มต้นจากการนำเหล็กแผ่น (Sheet Metal) มาทำการขึ้นรูปด้วยวิธีการปั๊ม (Press Method) เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานให้ได้รูปร่างตามที่ลูกค้าต้องการ ต่อจากนั้นนำชิ้นงานขึ้นรูปดังกล่าวมาทำการประกอบกับชิ้นส่วนต่างๆด้วยวิธีการเชื่อมความต้านทานแบบจุด เมื่อทำการประกอบชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้วตามข้อกำหนดของลูกค้า จะทำการบรรจุชิ้นงานลงในพาเลตแล้วเตรียมการส่งให้ลูกค้าต่อไป ซึ่งกระบวนการผลิตชิ้นส่วนตัวถังรถยนต์รถกระบะนั้นจะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังรูปที่ 3.11 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนคานกันชนหลังดังนี้



รูปที่ 3.11 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์คานกันชนหลัง

3.5.1 ขั้นตอนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน

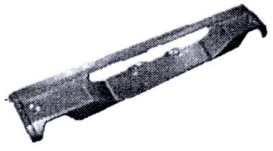
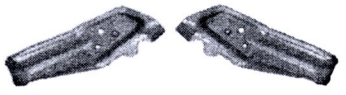
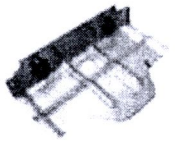
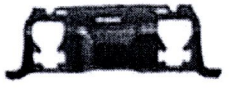
เป็นขั้นตอนที่เริ่มจากการนำเหล็กแผ่นมาทำการขึ้นรูปชิ้นงานโดยใช้แรงกดจากเครื่องปั๊มดังรูปที่ 3.12



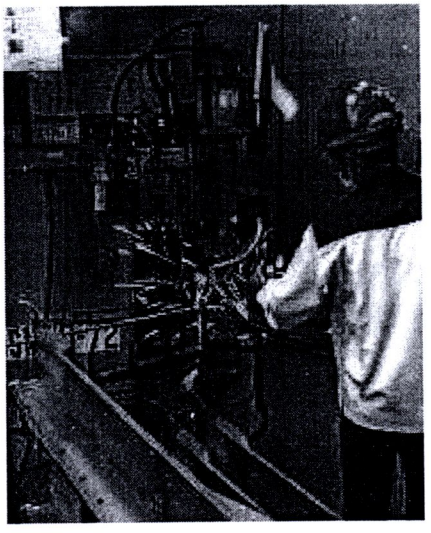
รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการนำเหล็กแผ่นมาทำการปั๊มขึ้นรูป

3.5.2 ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วน

นำชิ้นงานที่ขึ้นรูปเสร็จแล้วมาทำการเชื่อมกับน๊อตเชื่อมขนาดต่างๆ โดยมีชิ้นงานอยู่ 4 ชิ้นที่ทำการเชื่อมกับน๊อตเชื่อม คือ ชิ้นส่วนคานกันชนด้านหลัง (Sill Rear Cross) หมายเลข 65251-0K010 ทำการเชื่อมกับน๊อตขนาด M8x1.25 ซึ่งใช้น๊อต 2 ตัว, ชิ้นส่วนแผ่นรองรับน้ำหนักเพิ่มความแข็งแรง (Bracket Tail Gate Rubber RH/LH) หมายเลข 65267/68-0K020 ซึ่งใช้น๊อตขนาด M5x0.8 ซึ่งใช้น๊อตข้างละ 1 ตัว, ชิ้นส่วนแผ่นเพิ่มความแข็งแรง(Retainer Tail Gate Female) หมายเลข 65577-0K010 ซึ่งจะต้องเชื่อมกับน๊อต 2 ตัว โดยใช้น๊อตขนาด M8x1.25 และมีชิ้นส่วน 2 ชิ้น และชิ้นงานที่ไม่มีการเชื่อมน๊อตที่ชิ้นส่วน คือ ชิ้นส่วนแผ่นเพิ่มความแข็งแรง (Bracket Rear License Plate No.1) หมายเลข 75121-0K010 ชิ้นส่วนคานเพิ่มความแข็งแรง (Sill Cross No.10) หมายเลข 65251-0K010 ดังรูปที่ 3.13 และรูปที่ 3.14

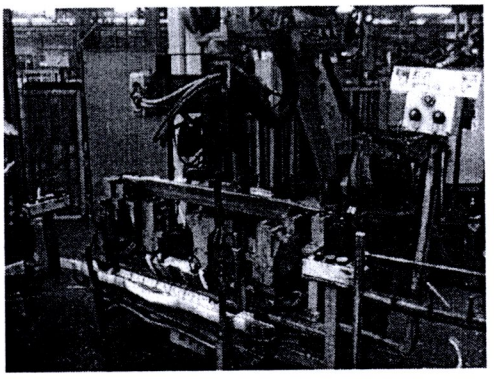
รูปชิ้นส่วน	Part Name& Part Number ชื่อชิ้นส่วนและหมายเลข	ปริมาณ (ชิ้น)	น๊อตเชื่อม	
			ชนิด	ปริมาณ (ชิ้น)
	Sill Rear Cross 65251-0K010	1	M8x1.25	2
	Bracket Tail Gate Rubber RH/LH 65267/68-0K020	1/1	M5x0.8	1/1
	Retainer Tail Gate Female 65577-0K010	2	M8x1.25	4
	Bracket Rear License Plate No.1 75121-0K010	1	-	-
	Sill Cross No.10 65251-0K010	1	-	-

รูปที่ 3.13 ชิ้นส่วนต่างๆของผลิตภัณฑ์คานกันชนหลัง



รูปที่ 3.14 กระบวนการเชื่อมน๊อตขนาดต่างๆให้ยึดติดกับชิ้นส่วนต่างๆของผลิตภัณฑ์คานกันชนหลัง

ต่อจากนั้นนำชิ้นส่วนต่างๆที่ทำการเชื่อมน๊อตเรียบร้อยแล้วมาทำการเชื่อมประกอบให้เป็นชิ้นงานเดียวกันโดยวิธีการเชื่อมความต้านทานแบบจุด โดยใช้แขนหุ่นยนต์ทำการเชื่อมประกอบชิ้นงานดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การประกอบชิ้นส่วนต่างๆโดยใช้แขนหุ่นยนต์ทำการประกอบ

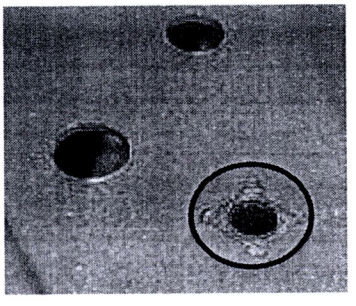
3.5.3 ขั้นตอนการบรรจุชิ้นงาน

ชิ้นส่วนที่ประกอบเป็นชิ้นงานคานกันชนหลังรถกระบะที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว จะทำการบรรจุใส่พาเลตเพื่อเตรียมจัดส่งให้ลูกค้า ดังในรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 ชิ้นส่วนคานกันชนหลังรถกระบะที่ผ่านการบรรจุใส่พาเลตเพื่อเตรียมจัดส่งให้กับลูกค้า

3.6 การบ่งชี้ลักษณะผลิตภัณฑ์บกพร่อง

ปัญหาผลิตภัณฑ์บกพร่องประเภทน๊อตเชื่อมหลุดของผลิตภัณฑ์คานกันชนหลังนั้นจะมีลักษณะรอยเชื่อมของน๊อตติดอยู่กับชิ้นส่วนแผ่นรองรับน้ำหนักเพิ่มความแข็งแรง ชื่อชิ้นงาน Bracket Tail Gate Rubber RH/LH หมายเลข 65267/68-0K020 ซึ่งใช้น๊อตขนาด M5x0.8 ซึ่งใช้น๊อตข้างละ 1 ตัว โดยจะมีรอยของการหลอมละลายของน๊อตเชื่อมติดอยู่ แต่น๊อตเชื่อมนั้นหลุดออกจากชิ้นงานดังรูปที่ 3.17

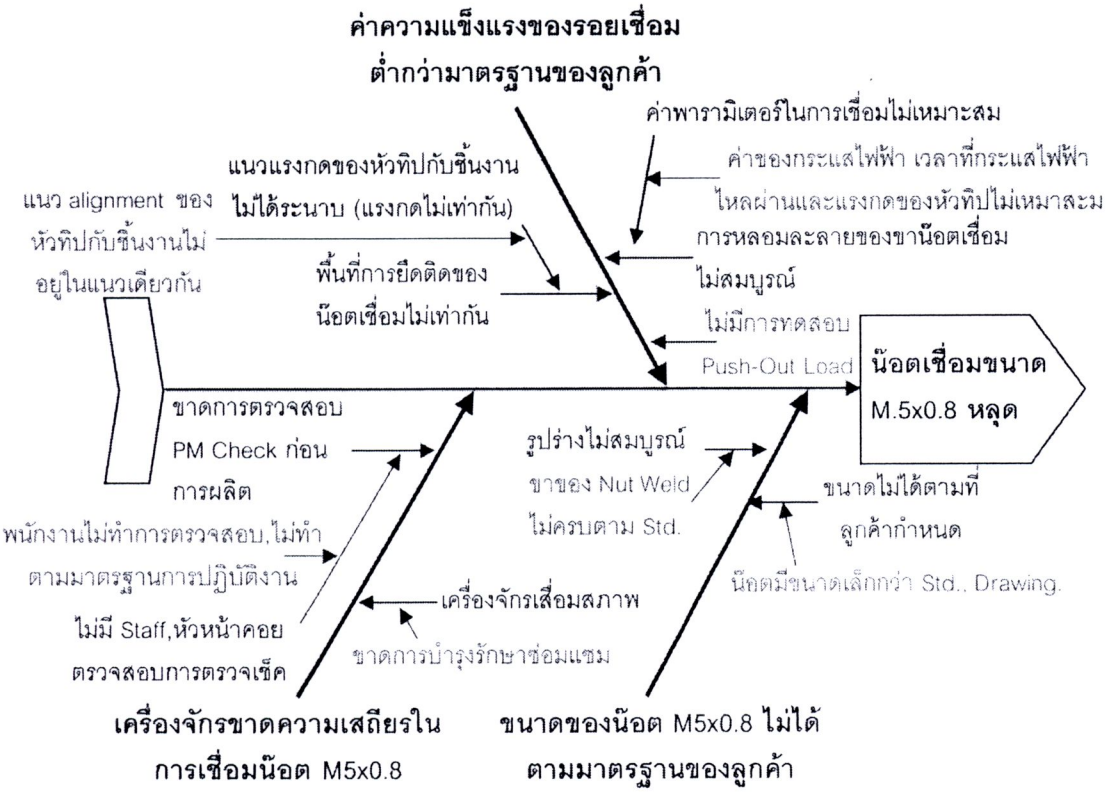


รูปที่ 3.17 ลักษณะน๊อตเชื่อมขนาด M5x0.8 หลุดของชิ้นงานคานกันชนหลังรถกระบะ

3.7 วิเคราะห์สาเหตุของการเกิดปัญหาข้อบกพร่องประเภทน๊อตเชื่อมหลุดในผลิตภัณฑ์คานกันชนหลัง

จากปัญหาดังกล่าวต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน๊อตเชื่อมหลุด ซึ่งจะต้องทำการดูลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นจริงที่ลูกค้ารอการแก้ไขดังรูปที่ 3.17 ซึ่งลักษณะการเชื่อมความต้านทานแบบจุดของน๊อตเชื่อมนั้นจะมีรอยหลอมละลายของน๊อตติดกับชิ้นส่วนแผ่นรองรับน้ำหนักเพิ่มความแข็งแรง เมื่อเข้าใจถึงลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วต้องหาสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดการหลุดของ

น๊อตเชื่อม ซึ่งต้องมีการเข้าไปดูสถานที่ที่ทำการผลิตจริง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และสภาพแวดล้อมการทำงานที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งเป็นไปตามหลักการของ 3 จริง หลังจากนั้นต้องมีการประชุมกันเพื่อหาสาเหตุที่เกิดขึ้น โดยต้องมีการจัดประชุมและเชิญผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดตั้งแต่พนักงานปฏิบัติงาน หัวหน้าหน่วย ผู้ช่วยหัวหน้าแผนก และหัวหน้าแผนก เพื่อมาทำการระดมสมองแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ในการหาสาเหตุที่ส่งผลทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทน๊อตเชื่อมหลุดหลังจากผ่านกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุด ซึ่งสามารถเขียนแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ดังรูปที่ 3.18



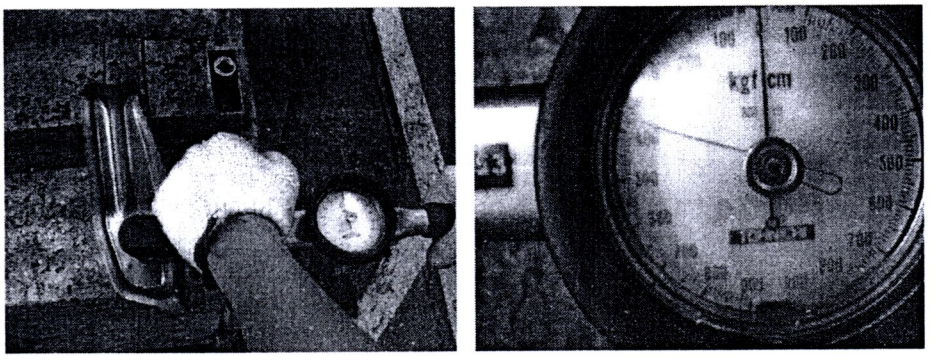
รูปที่ 3.18 แผนภาพก้างปลาของความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลของปัญหา

จากรูปที่ 3.18 นั้นจะพบว่าสาเหตุที่ส่งผลต่อการเกิดการหลุดของน๊อตเชื่อมมีดังนี้

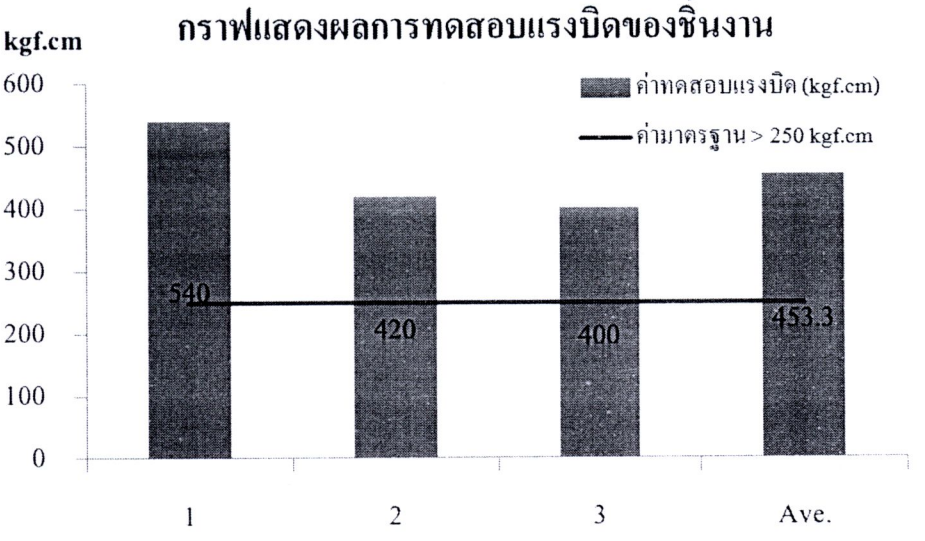
1. ค่าความแข็งแรงของรอยเชื่อมนั้นต่ำกว่ามาตรฐานของลูกค้า

ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิธีการตรวจสอบค่าความแข็งแรงของรอยเชื่อมระหว่างน๊อตกับชิ้นงานนั้น พบว่ามีการทดสอบด้วยแรงบิด (Breakaway Torque) เพียงอย่างเดียว ดังนั้นทางผู้วิจัยได้สุ่มตัวอย่างจากกระบวนการผลิตเพื่อทำการทดสอบค่าความแข็งแรงของรอยเชื่อมด้วยแรงบิดดังกล่าวพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 453.3 kgf.cm ซึ่งมีค่ามากกว่ามาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดซึ่งต้องมีค่าแรงบิดมากกว่า 22.6 N.m หรือเท่ากับ 230.46 kgf.cm ดังรูปที่ 3.19 และรูปที่ 3.20

Thread size	M4	M5	M6	M8	M10	M12
Breakaway torque (N'm)	19.6 min.	22.6 min.	29.4 min.	39.2 min.	58.8 min.	78.5 min.



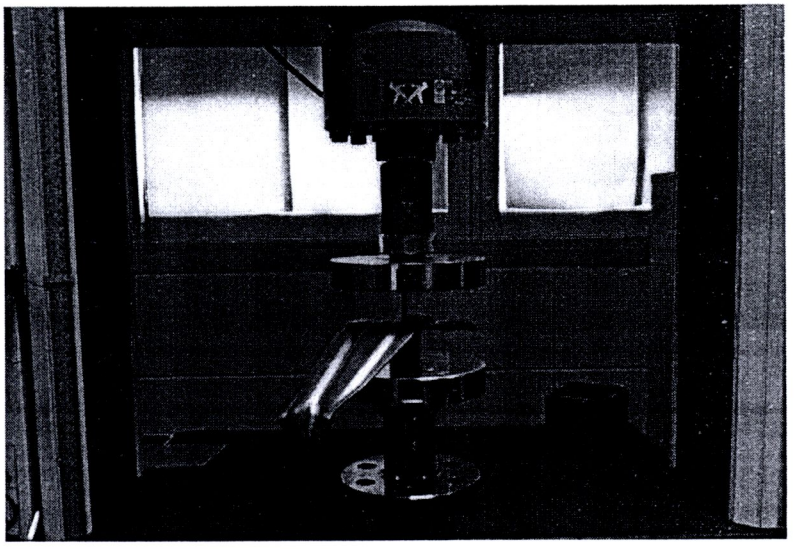
รูปที่ 3.19 มาตรฐานการทดสอบน๊อตเชื่อมขนาดต่างๆด้วยแรงบิดของลูกค้าตามมาตรฐาน TSB1503G



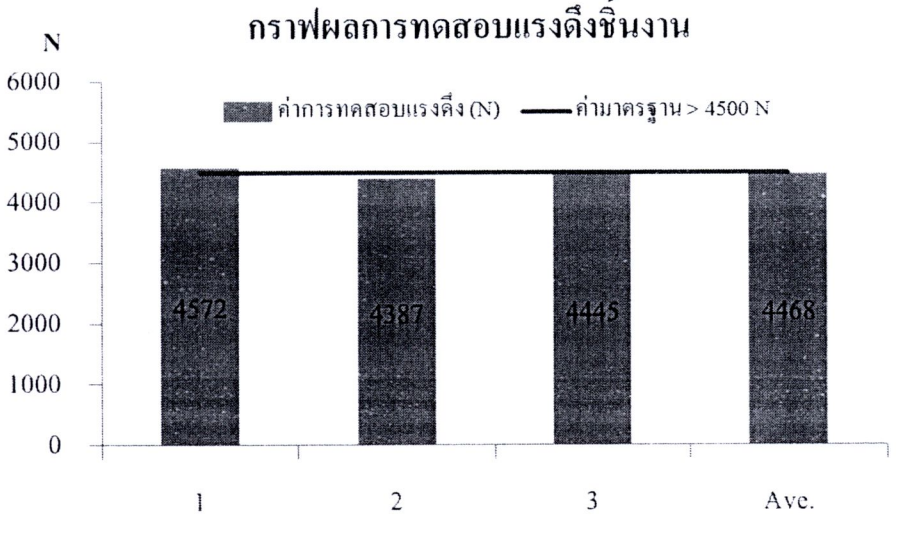
รูปที่ 3.20 ผลการทดสอบน๊อตขนาด M5x0.8 ด้วยแรงบิด (Breakaway Torque)

แต่ในการทดสอบค่าความแข็งแรงของรอยเชื่อมน๊อตนั้นยังมีวิธีการทดสอบด้วยแรงดึง (Push-Out Load Testing) ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษามาตรฐานการทดสอบด้วยแรงดึงในการทดสอบน๊อตจากลูกค้ารายอื่น แล้วนำมาตรฐานการทดสอบดังกล่าวมาใช้ในการตรวจสอบค่าความแข็งแรงรอยเชื่อม ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการสุ่มตัวอย่างชิ้นงานมาทำการทดสอบนั้นพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4,468.0 นิวตัน (N) ซึ่งมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดซึ่งต้องมีค่าแรงดึงมากกว่า 4,500 นิวตัน (N) ดังรูปที่ 3.21 และรูปที่ 3.22 โดยค่าพารามิเตอร์ในปัจจุบันที่ใช้ในกระบวนการผลิตใช้ค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับ 11 kA เวลาในการปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเท่ากับ 7 Cycles และค่าแรงกดของหัวทิปเท่ากับ 6 kN

WELD FASTENER SIZE		MINIMUM PUSH-OUT LOAD	
METRIC (mm)	ENGLISH SIZES	[N]	[Lbs]
4	# 8	4,000	899
5	# 10	4,500	1011
6	1/4	5,000	1124
8	5/16	5,500	1236
-	3/8	7,000	1574
10	-	7,000	1574
-	7/16	7,800	1753
12	1/2	9,000	2023

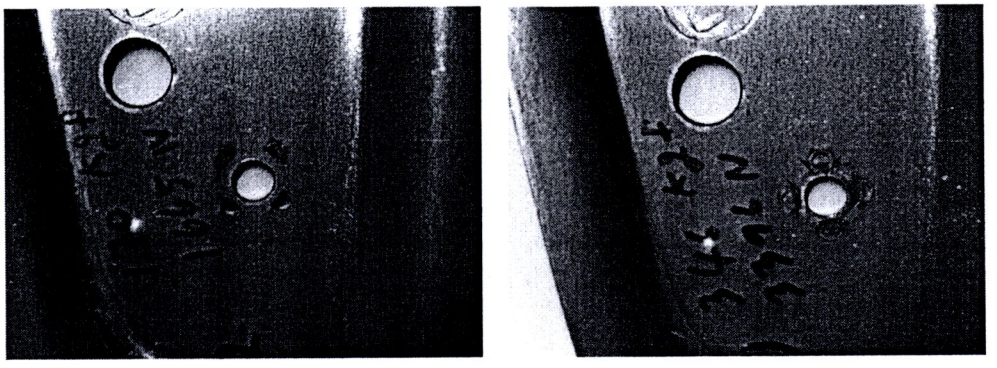


รูปที่ 3.21 มาตรฐานการทดสอบน๊อตเชื่อมขนาดต่างๆด้วยแรงดึงของลูกค้าตามมาตรฐาน GM6435M

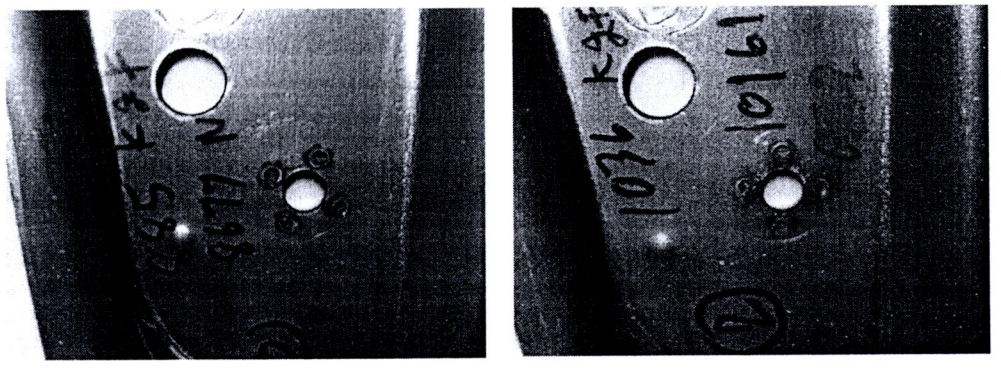


รูปที่ 3.22 ผลการทดสอบน๊อตขนาด M5x0.8 ด้วยแรงดึง (Push-Out Load Testing)

จากการทดสอบด้วยแรงบิดและแรงดึงเพื่อดูความแข็งแรงของรอยเชื่อมระหว่างน็อตเชื่อมกับชิ้นงาน นั้นอาจจะเกิดจากพื้นที่การยึดติดของน็อตเชื่อมหรือรอยซึมลึกที่ได้จากการเชื่อมนั้นไม่เท่ากันในแต่จุดของน็อตเชื่อม ซึ่งอาจจะเกิดได้จากแนวแรงกดของหัวทิปไม่ได้ระนาบส่งผลให้แรงกดที่กระทำกับน็อตเชื่อมบนชิ้นงานนั้นมีแรงกดไม่เท่ากันหรืออาจเกิดจากแนว alignment ของหัวทิปกับชิ้นงานไม่อยู่ในแนวเดียวกัน ดังนั้นทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลักษณะรอยเชื่อมของชิ้นงานที่ไม่ผ่านมาตรฐานการทดสอบด้วยแรงดึงดังรูปที่ 3.23 และทำการเปรียบเทียบกับรอยเชื่อมที่ผ่านมาตรฐานการทดสอบด้วยแรงดึงดังรูปที่ 3.24 โดยต้องมีค่าการทดสอบด้วยแรงดึงต้องมากกว่า 4,500 นิวตัน



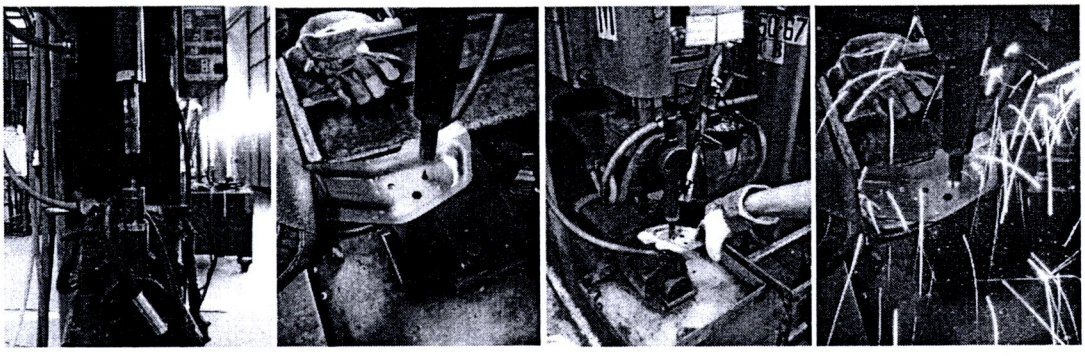
รูปที่ 3.23 ลักษณะรอยเชื่อมของชิ้นงานที่ไม่ผ่านมาตรฐานการทดสอบด้วยแรงดึง



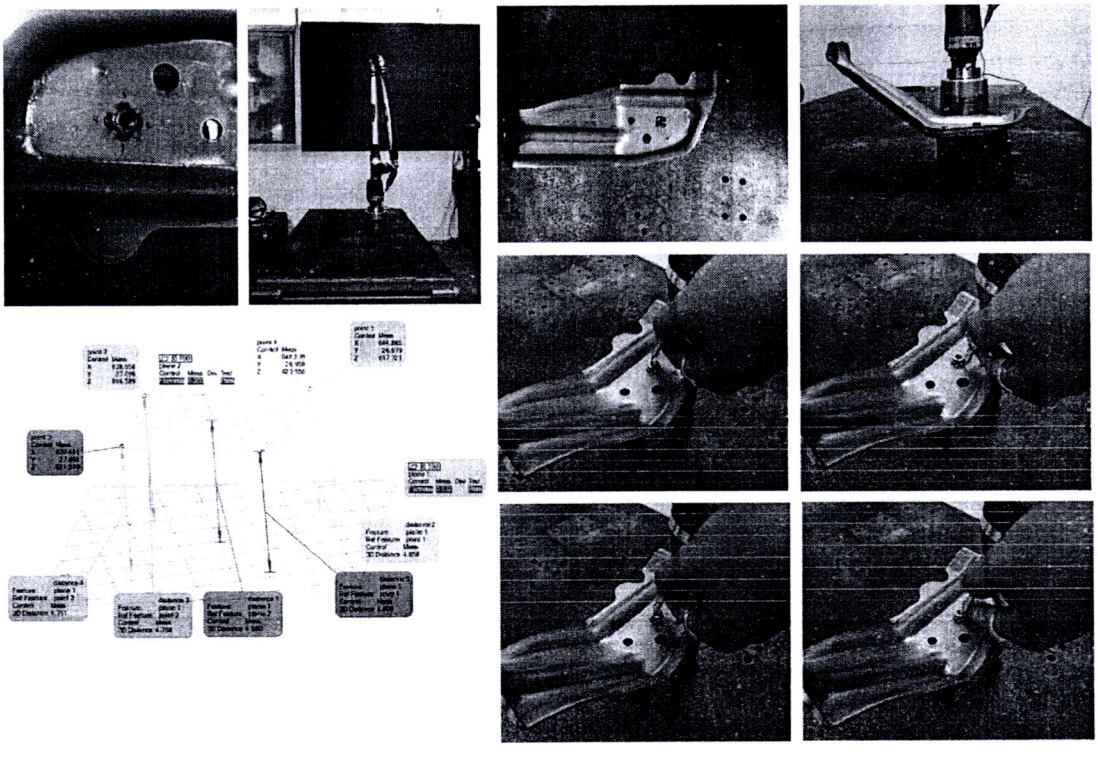
รูปที่ 3.24 ลักษณะรอยเชื่อมของชิ้นงานที่ผ่านมาตรฐานการทดสอบด้วยแรงดึง

จากรูปที่ 3.23 ทางผู้วิจัยพบว่าลักษณะของรอยเชื่อมที่มีค่าของการทดสอบด้วยแรงดึงไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของลูกค้านั้นมีลักษณะรอยเชื่อมที่มีพื้นที่การหลอมละลายขนาดเล็กและมีการซึมลึกของรอยเชื่อมน้อยทำให้ผลการทดสอบความแข็งแรงของรอยเชื่อมของน็อตนั้นมีค่าของการทดสอบด้วยแรงดึงน้อยกว่ามาตรฐานและเมื่อทำการเปรียบเทียบกับลักษณะของรอยเชื่อมที่มีค่าของการทดสอบด้วยแรงดึงผ่านมาตรฐานของลูกค้าดังรูปที่ 3.24 นั้นมีลักษณะของรอยเชื่อมที่มีพื้นที่การหลอมละลายขนาดใหญ่กว่า และมีการซึมลึกของรอยเชื่อมที่ดีกว่า ดังนั้นทางผู้วิจัยต้องการตรวจสอบการหลอม

ละลายและการซึมลึกของรอยเชื่อมในแต่ละตำแหน่งของน๊อตเชื่อมว่ามีการซึมลึกที่ใกล้เคียงกัน โดยทำการเก็บตัวอย่างชิ้นงานจากกระบวนการเชื่อมน๊อต M5x0.8 กับชิ้นส่วนเพื่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์คานกันชนหลังดังรูปที่ 3.25 และทำการตรวจสอบการซึมลึกของแนวเชื่อมโดยทำการกำหนดตำแหน่งในแต่ละมุมของน๊อตซึ่งมีทั้งหมด 4 จุดเพื่อดูความสูงของน๊อตในแต่ละตำแหน่งของรอยเชื่อมของน๊อตแล้วทำการตรวจสอบขนาดความสูงของน๊อตหลังผ่านกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุดในแต่ละจุดที่กำหนดไว้ด้วยเครื่องมือวัด CMM ซึ่งกำหนดค่าความเรียบของผิวหรือระนาบของน๊อตต้องมีค่าไม่เกิน 0.1 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.25 กระบวนการเชื่อมน๊อต M5x0.8 กับชิ้นส่วนเพื่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์คานกันชนหลัง



รูปที่ 3.26 การกำหนดตำแหน่งในแต่ละมุมของน๊อตและทำการวัดความสูงของน๊อต

ซึ่งในการตรวจสอบความสูงของน๊อตหลังผ่านกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุด ทางผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐานไว้ดังนี้

H_0 : ความสูงของน๊อตหลังผ่านกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุดในตำแหน่งที่ 1 ถึง 4 ไม่มีความแตกต่างกัน

H_1 : ความสูงของน๊อตหลังผ่านกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุดในตำแหน่งที่ 1 ถึง 4 มีความแตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งคู่

ตารางที่ 3.5 ผลการทดลองของการวัดความสูงของน๊อตหลังทำการเชื่อมความต้านทานแบบจุด

ลำดับที่	ค่าความสูงของน๊อตตำแหน่งที่ (มิลลิเมตร)			
	1	2	3	4
1	28.052	28.104	28.073	28.045
2	27.881	27.976	27.984	27.906
3	27.585	27.745	27.687	27.505
4	28.042	28.051	27.981	27.951
5	28.142	28.151	28.082	28.056
6	27.831	27.994	27.928	27.796
7	26.873	27.184	27.476	27.167
8	28.156	28.149	28.080	28.079
9	27.932	28.026	28.003	27.930
10	27.936	28.026	27.962	27.877
11	28.083	28.156	28.138	28.094
12	28.151	28.181	28.134	28.060
13	28.156	28.149	28.080	28.079
14	28.197	28.214	28.131	28.096
15	28.037	28.073	28.018	27.983
16	27.911	27.981	27.990	27.943
17	28.156	28.149	28.080	28.079
18	27.859	27.907	27.968	27.933
19	27.314	27.436	27.447	27.313
20	27.836	27.849	27.782	27.776
21	27.691	27.751	27.712	27.658

ตารางที่ 3.5 ผลการทดลองของการวัดความสูงของน๊อตหลังทำการเชื่อมความต้านทานแบบจุด (ต่อ)

ลำดับที่	ค่าความสูงของน๊อตตำแหน่งที่ (มิลลิเมตร)			
	1	2	3	4
22	26.856	27.101	26.963	26.675
23	27.107	27.255	27.292	27.128
24	27.982	27.949	27.887	27.909
25	27.649	27.718	27.644	27.559
26	27.992	28.056	28.001	27.972
27	27.981	28.000	27.921	27.895
28	27.982	27.997	27.951	27.937
29	28.044	27.960	28.039	27.951
30	27.981	27.945	27.870	27.912
31	25.941	26.038	26.047	25.953
32	25.943	26.012	26.048	25.965
33	26.033	26.071	26.019	25.972
34	25.939	26.050	26.042	25.934
35	25.996	26.035	25.979	25.982
36	26.127	26.172	26.141	26.094
37	26.325	26.343	26.469	26.461
38	26.898	26.989	26.973	26.856
39	26.967	27.040	26.961	26.901
40	26.645	26.677	26.734	26.690
41	26.979	26.958	27.096	27.061
42	26.868	26.856	26.893	26.891
43	27.022	27.105	27.055	26.969
44	26.356	26.463	26.626	26.583
45	26.968	26.957	26.884	26.901
46	26.799	26.884	26.856	26.775
47	26.962	26.985	26.909	26.869
48	26.898	26.961	26.876	26.799

จากตารางที่ 3.5 ได้นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 3.27

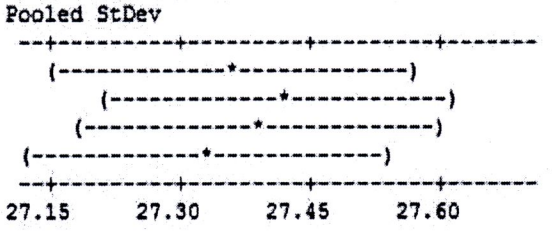
One-way ANOVA: Point1, Point2, Point3, Point4

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0.195	0.065	0.12	0.947
Error	188	100.128	0.533		
Total	191	100.324			

S = 0.7298 R-Sq = 0.19% R-Sq(adj) = 0.00%

Level	N	Mean	StDev
Point1	48	27.355	0.749
Point2	48	27.413	0.733
Point3	48	27.394	0.712
Point4	48	27.332	0.724

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



Pooled StDev = 0.730

รูปที่ 3.27 ผล One-way ANOVA ของค่าที่วัดได้จากความสูงของน๊อตตำแหน่งที่ 1 ถึง 4

จากรูปที่ 3.27 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.947 สูงกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 หมายความว่าความสูงของน๊อตหลังผ่านการเชื่อมความต้านทานแบบจุดของตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าพื้นที่หลอมละลายของรอยเชื่อมและรอยซึมลึกของรอยเชื่อมของตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 4 ของน๊อตเชื่อมที่ผ่านการเชื่อมความต้านทานแบบจุดนั้นมีความใกล้เคียงกัน และในกระบวนการผลิตนั้นมีมาตรฐานการทำงานที่มีการควบคุมการใช้งานของหัวทิปและมีการเปลี่ยนหัวทิปตามระยะเวลาการใช้งาน จากปัจจัยการหลอมละลายของน๊อตเชื่อมไม่สมบูรณ์นั้นเกี่ยวข้องกับพื้นที่การหลอมละลายและการซึมลึกของรอยเชื่อมของน๊อตเชื่อม ซึ่งเกิดจากการตั้งค่าพารามิเตอร์ของกระแสไฟฟ้า ระยะเวลาในการเชื่อมและแรงกดของหัวทิปที่ใช้ในการเชื่อมความต้านทานแบบจุดนั้นมีค่าไม่เหมาะสม เนื่องมาจากการขาดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง

2. เครื่องจักรขาดความเสถียรในการเชื่อมน๊อต M5x0.8 มีการแกว่งของกระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อม ซึ่งอาจเกิดจากเครื่องจักรเสื่อมสภาพอันเกิดมาจากการใช้งานเป็นเวลานาน ซึ่งทำให้อุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องจักรเกิดการสึกหรอ อาจจะเกิดปัญหามาจากการขาดการซ่อมแซมบำรุงรักษาที่ดีพอ ซึ่งโดยปกตินั้นจะมีแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำปี และยังมีการตรวจสอบจากฝ่ายบำรุงรักษาโดยการตรวจสอบ 1 ครั้งต่อกะ แต่อาจจะไม่มีผู้รับผิดชอบหรือหัวหน้างานคอยตรวจสอบการตรวจเช็คทำให้พนักงานใช้เครื่องในการผลิตเนื่องจากขาดความรู้ความเข้าใจ และไม่เห็นถึง

ความสำคัญของการปฏิบัติงานตามมาตรฐานการทำงาน ดังนั้นต้องกำหนดให้หัวหน้าฝ่ายประกอบต้องมีการตรวจสอบการตรวจเช็คของเครื่องจักรก่อนการผลิต และมีการอบรมพนักงานให้ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงาน โดยเมื่อพบเครื่องจักรที่ไม่สามารถใช้งานได้ต้องทำการแจ้งกับหัวหน้าที่รับผิดชอบ เพื่อรอทำการแก้ไขข้อบกพร่องให้เรียบร้อยก่อนนำไปใช้ในการผลิต

3. **ขนาดของน๊อต M5x0.8 ไม่ได้ตามมาตรฐานของลูกค้า** อาจเกิดขึ้นเนื่องจากน๊อตเชื่อมนั้นเป็นวัตถุดิบที่สั่งซื้อมาจากภายนอก โดยอาจจะเกิดจากรูปร่างของน๊อตเชื่อมไม่สมบูรณ์ ขาของน๊อตเชื่อมไม่ครบอาจจะมีผลกระทบต่อการยึดติดกับชิ้นงาน และขนาดของน๊อตเชื่อมนั้นไม่ได้ตามที่ลูกค้ากำหนดตามแบบหรือ Drawing โดยอาจจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่าที่กำหนด ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบน๊อตเชื่อมก่อนนำมาใช้ ซึ่งทางบริษัทมีระบบการตรวจสอบชิ้นงาน (QC) ที่สั่งซื้อจากภายนอกก่อนนำมาใช้งาน

4. **สภาพแวดล้อม** ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้อาจจะเกิดจากกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมความต้านทานแบบจุด บางครั้งเกิดไฟฟ้าดับหรือไฟตกซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ แรงดันลมและค่าอัตราการไหลของน้ำที่ใช้ในการระบายความร้อน ซึ่งมีการควบคุมที่แหล่งกำเนิด โดยควบคุมแรงดันลมอยู่ที่ 0.7 MPa และอัตราการไหลของน้ำอยู่ที่ 200 ลิตรต่อนาที ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทางผู้วิจัยไม่สามารถทำการควบคุมได้ เนื่องจากเป็นการวางระบบการผลิตของบริษัท จากสาเหตุดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นจะพบว่าสามารถแก้ไขและทำการควบคุมปัจจัยต่างๆที่อาจส่งผลกระทบได้ แต่ในส่วนของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตั้งเครื่องเชื่อมความต้านทานแบบจุดนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งจะมีผลกระทบโดยตรงต่อการหลุดของน๊อตเชื่อม ดังนั้นจึงนำค่าพารามิเตอร์ของการเชื่อมความต้านทานแบบจุด ซึ่งได้แก่ กระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อม ระยะเวลาที่ใช้เชื่อม และแรงกดของหัวทิปที่ใช้ในการเชื่อมมาทำการทดลองและวิเคราะห์เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด

3.8 การกำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response)

จากปัญหาข้อบกพร่องประเภทน๊อตเชื่อมหลุดของผลิตภัณฑ์คานกันชนหลัง ทางผู้วิจัยได้เพิ่มการทดสอบด้วยแรงดึงเพื่อทดสอบความแข็งแรงของรอยเชื่อมของน๊อต M5x0.8 ควบคู่ไปกับการทดสอบด้วยแรงบิดตามมาตรฐานของลูกค้า โดยการนำมาตรฐานของลูกค้ารายอื่นมาทำการกำหนดมาตรฐานการทดสอบโดยมีค่าการทดสอบด้วยแรงดึง (Push-Out Load Testing) ต้องมีค่ามากกว่า 4,500 นิวตัน (N) ซึ่งต้องมีการทดสอบทุกครั้งก่อนทำการผลิตอย่างน้อย 1 ชิ้น และเมื่อมีการปรับตั้งหรือมีการเปลี่ยนแปลงค่าของพารามิเตอร์ในการเชื่อมทุกครั้ง โดยจัดทำมาตรฐานและกำหนดในเอกสารการควบคุมกระบวนการการผลิต

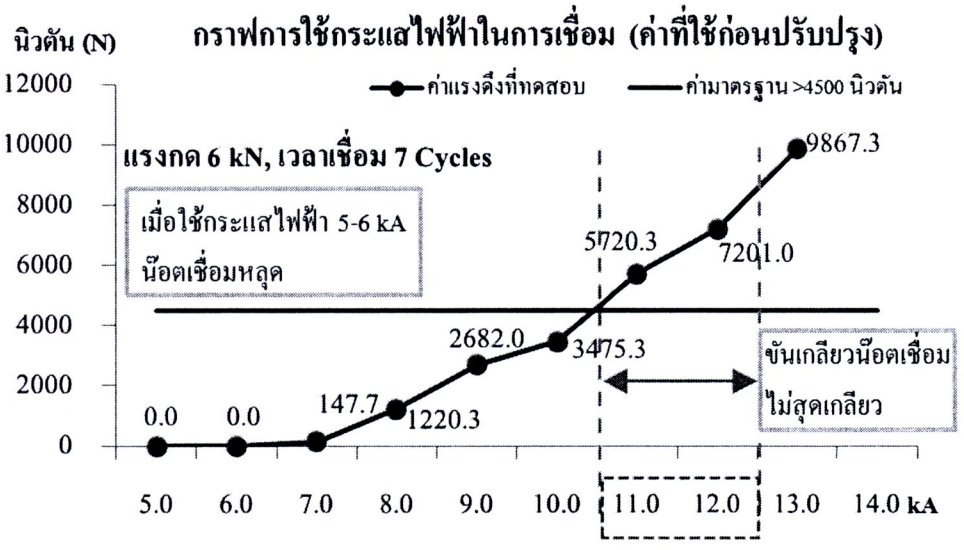
3.9 การตั้งเป้าหมายในการลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องประเภทน๊อตเชื่อมหลุดในผลิตภัณฑ์คานกันชนหลัง

ทางผู้วิจัยได้ตั้งเป้าหมายในการลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องประเภทน๊อตเชื่อมหลุดในผลิตภัณฑ์คานกันชนหลังที่มีข้อเรียกร้องจากลูกค้า โดยมีผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องอยู่จำนวน 2 ชิ้นหรือคิดเป็นร้อยละ 0.0011 ของจำนวนชิ้นงานทั้งหมด ซึ่งทางผู้วิจัยตั้งเป้าหมายของผลิตภัณฑ์บกพร่องประเภทน๊อตเชื่อมหลุดให้ลดลงเหลือศูนย์ชิ้น (Zero Defect) โดยทางผู้วิจัยต้องการไม่ให้เกิดข้อบกพร่องประเภทน๊อตเชื่อมหลุดในผลิตภัณฑ์คานกันชนหลังนั้นหลุดไปที่ลูกค้า

3.10 การกำหนดระดับของปัจจัยในการทดลอง

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการเชื่อมชิ้นส่วนเพิ่มความแข็งแรงของ Bracket, Tail Gate Rubber Bumper ซึ่งเป็นเหล็กแผ่นรีดเย็น SCGA 270C - 45/45 มีความหนา 2.3 มิลลิเมตรทำการเชื่อมกับน๊อตเชื่อมขนาด M.5x0.8 ด้วยวิธีการเชื่อมความต้านทานแบบจุดในผลิตภัณฑ์คานกันชนหลัง ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้า 11.0 กิโลแอมแปร์ (kA) เวลาในการเชื่อม 7 ไซเคิล (Cycles) และแรงกดของหัวทิปที่ใช้เท่ากับ 6 กิโลนิวตัน (kN) ดังนั้นทางผู้วิจัยต้องทำการทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ของกระแสไฟฟ้า เวลาในการเชื่อมและแรงกดของหัวทิปแล้วจะต้องทำการทดสอบแรงบิด (Breakaway Torque) ของน๊อตขนาด M5 เพื่อดูการยึดติดกับชิ้นงาน โดยต้องมีค่าทดสอบแรงบิดต้องไม่น้อยกว่า 22.6 N.m หรือ 230.46 kgf.cm และการทดสอบแรงดึง (Minimum Push-Out Load) ที่ทำให้น๊อตหลุดต้องมีค่าของแรงดึงไม่น้อยกว่า 4,500 นิวตัน (N) ซึ่งการทดสอบนี้จะมีการปรับค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวของเครื่องจักรและจะทำการทดสอบจนกว่าจะผ่านตามข้อกำหนดของลูกค้า โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของกระแสไฟฟ้า เวลาที่ใช้ในการเชื่อม และแรงกดของหัวทิป ผู้ที่ทำการปรับนั้นจะเป็นช่างเทคนิคฝ่ายบำรุงรักษา จะทำการปรับค่าพารามิเตอร์โดยอาศัยประสบการณ์และข้อมูลการปรับค่าพารามิเตอร์ย้อนหลัง ซึ่งไม่มีรูปแบบที่ชัดเจนในการกำหนดช่วงของการตั้งค่าพารามิเตอร์ ดังนั้นทางผู้วิจัยเริ่มทำการทดลองในแต่ละปัจจัย โดยเริ่มต้นนำค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการผลิตในปัจจุบันมาทำการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม ซึ่งทำการตั้งค่าแรงกดของหัวทิปเท่ากับ 6.0 kN และใช้เวลาในการเชื่อมหรือเวลาที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านชิ้นงานเท่ากับ 7 cycles โดยทำการทดลองหาช่วงกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สามารถใช้ในการเชื่อมน๊อตด้วยความต้านทานแบบจุด ซึ่งทางผู้วิจัยต้องการค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมด้วยวิธีการทดสอบด้วยแรงดึงนั้นต้องมีค่าของแรงดึงที่ได้จากการทดสอบต้องมากกว่า 4,500 นิวตัน และได้กำหนดค่าความปลอดภัย (factor of safety) เท่ากับ 2.0 ซึ่งจะทำการเลือกระดับปัจจัยที่มีค่าของแรงดึงที่มากกว่าหรือเท่ากับ 9,000 นิวตัน เพื่อนำค่าของระดับปัจจัยดังกล่าวมาทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต

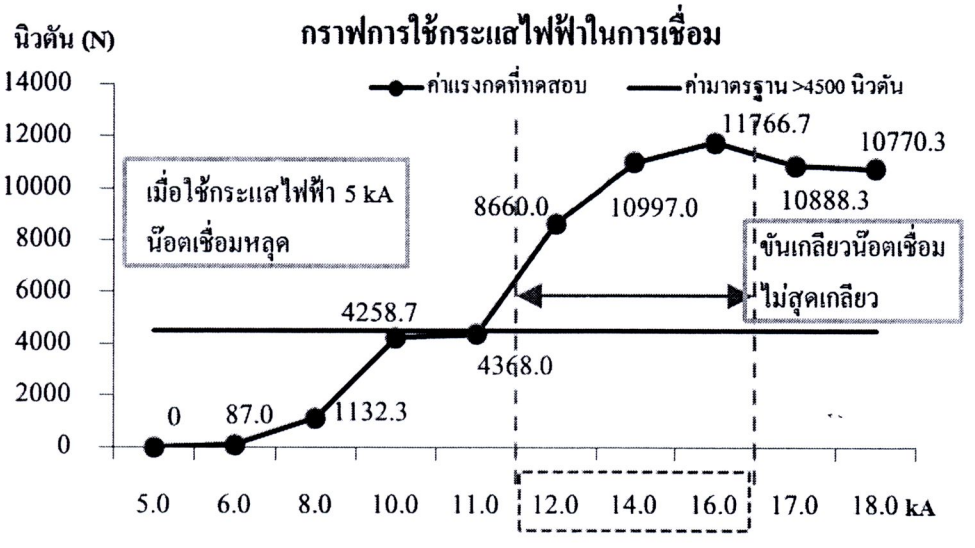
ทำการตั้งค่าของพารามิเตอร์ของแรงกดของหัวทิปเท่ากับ 6.0 kN และเวลาในการเชื่อมหรือเวลาที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านชิ้นงานเท่ากับ 7 cycles โดยทำการทดลองหาช่วงกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สามารถใช้ในการเชื่อมน็อตด้วยความต้านทานแบบจุด ดังรูปที่ 3.28 นั้นจะพบว่าเมื่อตั้งกระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมเท่ากับ 5 kA และ 6 kA นั้นไม่สามารถเชื่อมน็อตให้ติดกับชิ้นงานได้ และเมื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้าเป็น 7 kA 8 kA 9 kA และ 10 kA ตามลำดับจะพบว่าค่าของการทดสอบน็อตด้วยแรงดึงนั้นจะมีค่าต่ำกว่า 4,500 N ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของลูกค้า และเมื่อเพิ่มค่าของกระแสไฟฟ้าเป็น 11 kA และ 12 kA นั้นสามารถใช้ในการเชื่อมน็อตได้โดยมีค่าของการทดสอบแรงดึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานของลูกค้า แต่มีค่าของการทดสอบด้วยแรงดึงนั้นต่ำกว่าค่าความปลอดภัยที่กำหนดไว้เท่ากับ 2.0 หรือค่าของแรงดึงที่มากกว่าหรือเท่ากับ 9,000 นิวตัน แต่ถ้าใช้กระแสไฟฟ้าเพิ่มเป็น 13 kA และ 14 kA นั้นไม่สามารถใช้ในการเชื่อมได้เนื่องจากเมื่อทำการขัน Bolt เข้าไปจะพบว่าไม่สามารถขันเกลียวเข้าไปได้ เนื่องจากน็อตมีการละลายจึงทำให้เกลียวของน็อตนั้นได้รับความเสียหายและน็อตมีการยุบตัวไปด้วย



รูปที่ 3.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับค่าทดสอบแรงดึง ซึ่งใช้แรงกดของหัวทิปเท่ากับ 6 kN และใช้เวลาในการเชื่อม 7 cycles

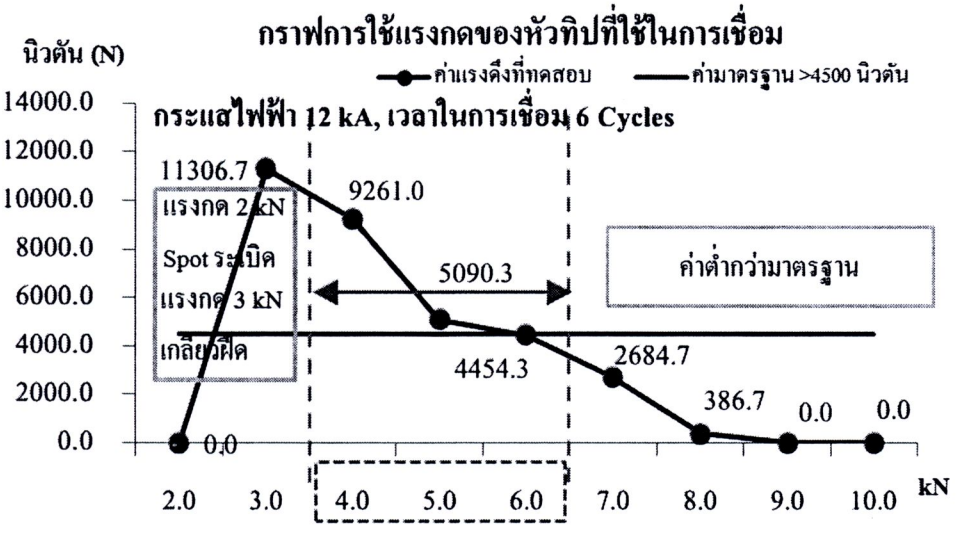
ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้นำค่าพารามิเตอร์ของการเชื่อมน็อตขนาด M4x0.7 มาทำการทดลอง ซึ่งน็อตมีขนาดเล็กกว่า โดยตั้งการใช้แรงกดของหัวทิปเท่ากับ 4.0 kN และใช้เวลาในการเชื่อมหรือเวลาที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านชิ้นงานเท่ากับ 6 cycles โดยทำการทดลองหาช่วงกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สามารถใช้ในการเชื่อมน็อตด้วยความต้านทานแบบจุด ดังรูปที่ 3.29 ซึ่งจะพบว่าถ้าใช้กระแสไฟฟ้าที่ 5 kA นั้นไม่สามารถเชื่อมน็อตให้ติดกับชิ้นงานได้ และเมื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้าเป็น 6 kA 8 kA 10 kA และ 11 kA ตามลำดับจะพบว่าค่าของการทดสอบน็อตด้วยแรงดึงนั้นจะมีค่าต่ำกว่า 4,500 N ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์

มาตรฐานของลูกค้า และเมื่อเพิ่มค่าของกระแสไฟฟ้าเป็น 12 kA 14 kA และ 16 kA นั้นสามารถใช้ในการเชื่อมน็อตได้โดยมีค่าของการทดสอบแรงดึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานของลูกค้าและมีค่าใกล้เคียงกับค่าความปลอดภัยที่ได้กำหนดไว้ แต่ถ้าใช้กระแสไฟฟ้าเพิ่มเป็น 17 kA และ 18 kA นั้นไม่สามารถใช้ในการเชื่อมได้เนื่องจากเมื่อทำการขัน Bolt เข้าไปจะพบว่าไม่สามารถขันเกลียวเข้าไปได้ เนื่องจากน็อตมีการละลายจึงทำให้เกลียวของน็อตนั้นได้รับความเสียหายไปด้วย



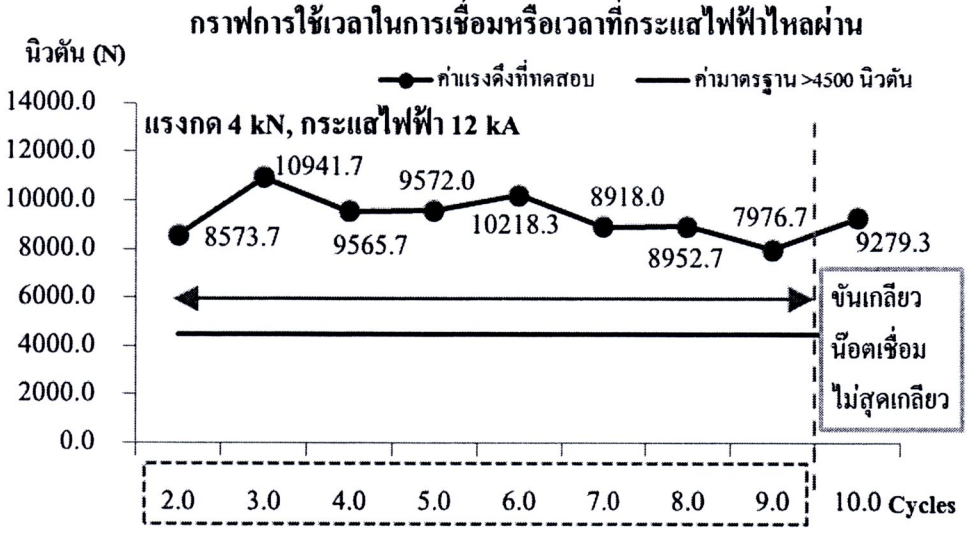
รูปที่ 3.29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับค่าทดสอบแรงดึง ซึ่งใช้แรงกดของหัวทิปเท่ากับ 4 kN และใช้เวลาในการเชื่อม 6 cycles

เมื่อทำการทดลองหาช่วงของการใช้ของกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมได้แล้ว ทางผู้วิจัยได้นำค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมน้อยที่สุดมาทำการทดลองเพื่อหาระดับแรงกดของหัวทิปที่เหมาะสม ซึ่งได้มีการทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ โดยตั้งค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมเท่ากับ 12 kA และใช้เวลาในการเชื่อมเท่ากับ 6 Cycles ซึ่งผลจากการทดลองจะพบว่าในช่วงการใช้แรงกดของหัวทิปเท่ากับ 2 kN และ 3 kN นั้นแรงกดไม่เพียงพอทำให้เกิดช่องว่างระหว่างน็อตเชื่อมกับชิ้นงาน เมื่อทำการเชื่อมน็อตด้วยการเชื่อมความต้านทานแบบจุดทำให้เกิดการระเบิดและทำให้เกลียวน็อตหลอมละลายไม่สามารถนำมาใช้งานได้ แต่เมื่อตั้งค่าแรงกดของหัวทิปอยู่ที่ค่าระหว่าง 4.0 kN ถึง 6.0 kN นั้นเกลียวของน็อตสามารถนำมาใช้งานได้ โดยที่ค่าของการทดสอบด้วยแรงดึงนั้นมีค่ามากกว่า 4,500 นิวตัน เมื่อเพิ่มแรงกดของหัวทิปเป็น 7.0 kN นั้นทำการทดสอบการยึดติดของน็อตด้วยแรงดึง ซึ่งค่าของการทดสอบด้วยแรงดึงมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานตามที่ลูกค้ากำหนด โดยมีค่าน้อยกว่า 4,500 นิวตัน ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่ลูกค้ากำหนดดังรูปที่ 3.30



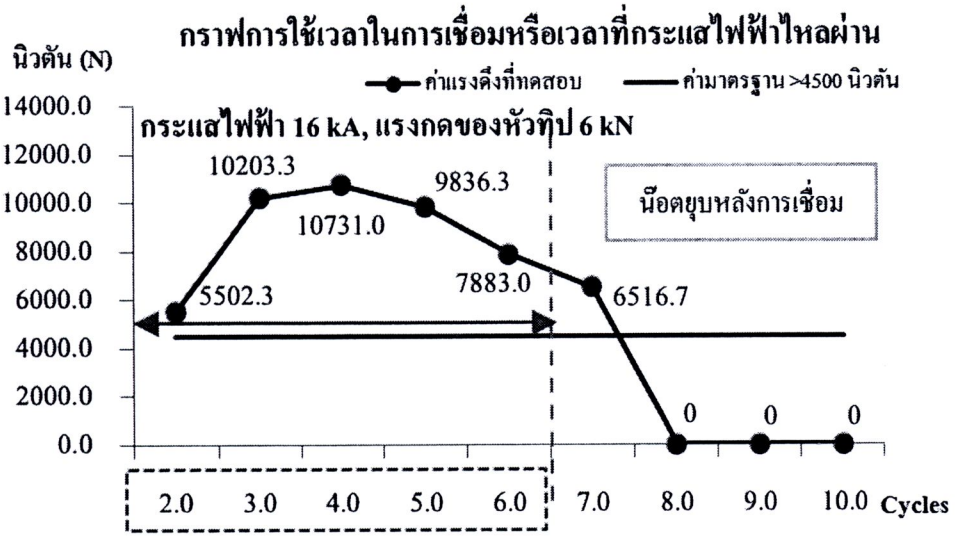
รูปที่ 3.30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดของหัวทิปกับค่าทดสอบแรงดึงซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 12 kA และใช้เวลาในการเชื่อม 6 cycles

ต่อจากนั้นทำการทดลองเพื่อหาเวลาในการเชื่อมหรือเวลาที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านน๊อตเชื่อมให้ยึดติดกับชิ้นงาน โดยทางผู้วิจัยได้ตั้งค่าของแรงกดของหัวทิปเท่ากับ 4 kN ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าในการเชื่อมเท่ากับ 12 kA ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้เวลาในการปล่อยกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมเท่ากับ 1 Cycle นั้นไม่สามารถเชื่อมน๊อตให้ติดกับชิ้นงานได้ แต่เมื่อเพิ่มเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานเป็น 2 Cycles ถึง 9 Cycles นั้นสามารถทำให้น๊อตเชื่อมติดกับชิ้นงาน โดยมีค่าการทดสอบด้วยแรงดึงนั้นมีค่ามากกว่า 4,500 นิวตัน ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำที่ลูกค้าได้กำหนดไว้ ผลการทดสอบด้วยแรงดึงนั้นมีค่าของแรงดึงที่ได้จากการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับค่าความปลอดภัยที่กำหนดไว้เท่ากับ 2.0 หรือค่าของแรงดึงที่มากกว่าหรือเท่ากับ 9,000 นิวตัน แต่เมื่อเพิ่มเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานเป็น 10 Cycles นั้นทำให้เกลียวของน๊อตเชื่อมเกิดการหลอมละลายและเสียรูปซึ่งไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งสามารถดูผลการทดสอบความแข็งแรงของการยึดติดของน๊อตเชื่อมขนาด M5x0.8 ดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเชื่อมกับค่าทดสอบแรงดึง ซึ่งใช้แรงกดของหัวทิปเท่ากับ 4 kN และใช้กระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 12 kA

เมื่อได้ระดับปัจจัยของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองโดยได้ค่าของกระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมอยู่ในช่วง 12 kA ถึง 16 kA ค่าแรงกดของหัวทิปอยู่ในช่วง 4 kN ถึง 6 kN และเวลาที่ใช้ในการเชื่อมหรือเวลาที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านชิ้นงานอยู่ในช่วง 2 Cycles ถึง 9 Cycles ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยนำปัจจัยที่มีค่ามากที่สุดของค่าพารามิเตอร์มาใช้ในการทดลอง โดยตั้งค่าของกระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมเท่ากับ 16 kA ค่าแรงกดของหัวทิปเท่ากับ 6 kN และทำการปรับเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงาน ซึ่งผลจากการทดลองนั้นถ้าปรับเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานเท่ากับ 1 Cycle จะทำให้น็อตเชื่อมไม่ติดกับชิ้นงาน แต่ถ้าปรับค่าของเวลาที่กระแสไฟฟ้าผ่านชิ้นงานให้อยู่ในช่วง 2 Cycles ถึง 6 Cycles นั้นจะทำให้น็อตเชื่อมยึดติดกับชิ้นงานซึ่งผลการทดสอบความแข็งแรงของการยึดติดของรอยเชื่อมระหว่างน็อตกับชิ้นงานด้วยแรงดึงนั้นมีค่ามากกว่า 4,500 นิวตัน ซึ่งมากกว่ามาตรฐานของลูกค้า แต่เมื่อเพิ่มเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานตั้งแต่ 7 Cycles ทำให้น็อตเชื่อมหลอมละลายและยุบตัว ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้งานได้ดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเชื่อมกับค่าทดสอบแรงดึง ซึ่งใช้แรงกดของหัวทิปเท่ากับ 6 kN และใช้กระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 16 kA

จากการปรับค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวทางผู้วิจัยจะได้ระดับปัจจัยที่สามารถใช้เป็นตัวกำหนดระดับของปัจจัยในการทดลอง โดยการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมอยู่ในช่วง 12 kA ถึง 16 kA เวลาในการเชื่อมหรือเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานอยู่ในช่วง 2 Cycles ถึง 6 Cycles และแรงกดของหัวทิปที่ใช้ในการเชื่อมอยู่ในช่วง 4 kN ถึง 6 kN ซึ่งทำการสรุประดับของปัจจัยในการทดลองดังตารางที่ 3.6 เพื่อใช้ในการดำเนินการทดลองต่อไป

ตารางที่ 3.6 ระดับของปัจจัยในการทดลอง

ปัจจัยป้อนเข้า	หน่วยควบคุม	ระดับของปัจจัยในการทดลอง (Level)		ระดับของปัจจัยในปัจจุบัน
		LOW	HIGH	
1.กระแสไฟฟ้า	กิโลแอมแปร์ (kA)	12.0	16.0	11
2.ระยะเวลาเชื่อม	ไซเคิล (Cycles)	2.0	6.0	7
3.แรงกดของหัวทิป	นิวตัน (N)	4,000	6,000	6,000

จากตารางที่ 3.6 แสดงค่าระดับ LOW กับ HIGH ของปัจจัยที่ป้อนเข้า ซึ่งประกอบไปด้วยกระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อม ระยะเวลาในการเชื่อม แรงกดของหัวทิปที่ใช้ในการเชื่อมความต้านทานแบบจุดของผลิตภัณฑ์คานกันชนหลัง