

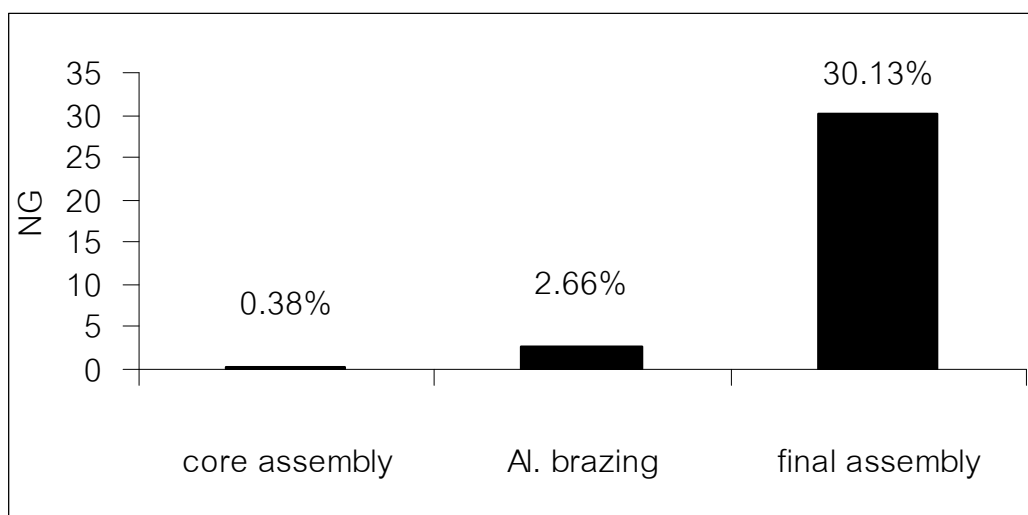
บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ขั้นตอนการระบุปัญหา (Define phase)

จากการศึกษาสายการผลิตอินเตอร์คูลเลอร์ พบว่ามีของเสียเกิดขึ้นจากสายการผลิตทั้ง 3 ส่วน แต่มีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยข้อมูลจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วน แสดงดังภาพที่ 4.1

ข้อมูลระหว่างวันที่ 4 มกราคม ถึงวันที่ 31 สิงหาคม 2550

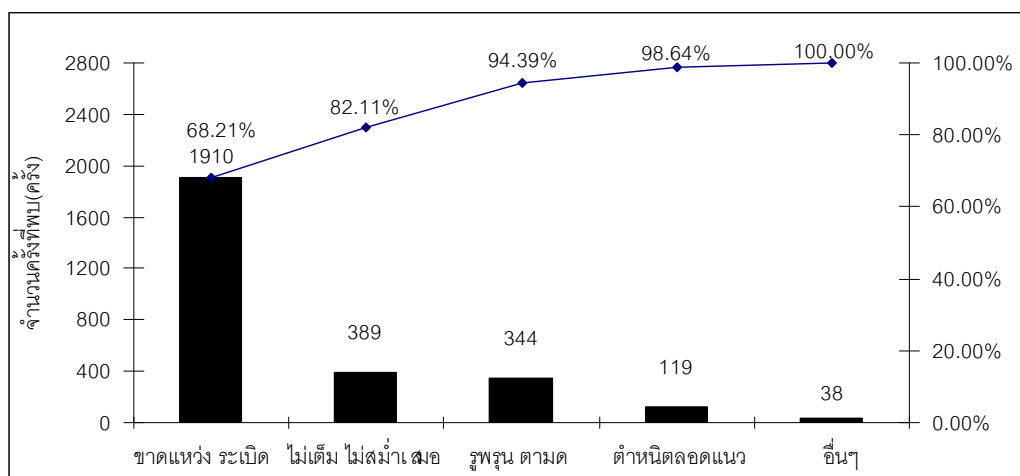


ภาพที่ 4.1 แสดงจำนวน (%) ของเสียในส่วนต่าง ๆ ของสายการผลิตอินเตอร์คูลเลอร์

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นว่าจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่เกิดจากส่วนของการประกอบชิ้นสุดท้าย (Final assembly) ของเสียที่พบในส่วนอื่นมีจำนวนน้อยมาก จึงเลือกส่วนการประกอบชิ้นสุดท้ายมาทำการแก้ปัญหา และจากการเก็บข้อมูลของเสียในส่วนการประกอบชิ้นสุดท้าย พบว่าของเสียเกือบทั้งหมดเกิดจากกระบวนการเชื่อมมิกซ์ (MIG Welding) เมื่อนำจำนวนของเสียมาสร้างแผนภาพพาเรโตจำแนกตามลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น จะได้ดังภาพที่ 4.2

จากแผนภาพพาเรโต พบว่าลักษณะข้อบกพร่องของรอยเชื่อมที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ รอยเชื่อมระเบิด ขาดแหวน ซึ่งพบเป็นจำนวน 68.21% ของข้อบกพร่องทั้งหมด รองลงมา คือ แนวเชื่อมไม่เต็ม ไม่สม่ำเสมอจำนวน 13.90% รุพารูตาม 12.28% ตำหนิตลอดแนว 4.25% และข้อบกพร่องอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาจำนวน 1.36% เมื่อทำการเก็บข้อมูลต่อไปเพื่อทราบถึงตำแหน่งในการเกิดข้อบกพร่อง โดยแยกวิเคราะห์ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของแท่งค์ ผลแสดงดังภาพที่ 4.4

โดยข้อบกพร่องรอยเชื่อมระเบิด ขาดแหวน ถูกกำหนดให้เป็น KPOVs ของการศึกษานี้ และจะนำไปทำการระดมสมอง (Brain Storming) เพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ต่อไป

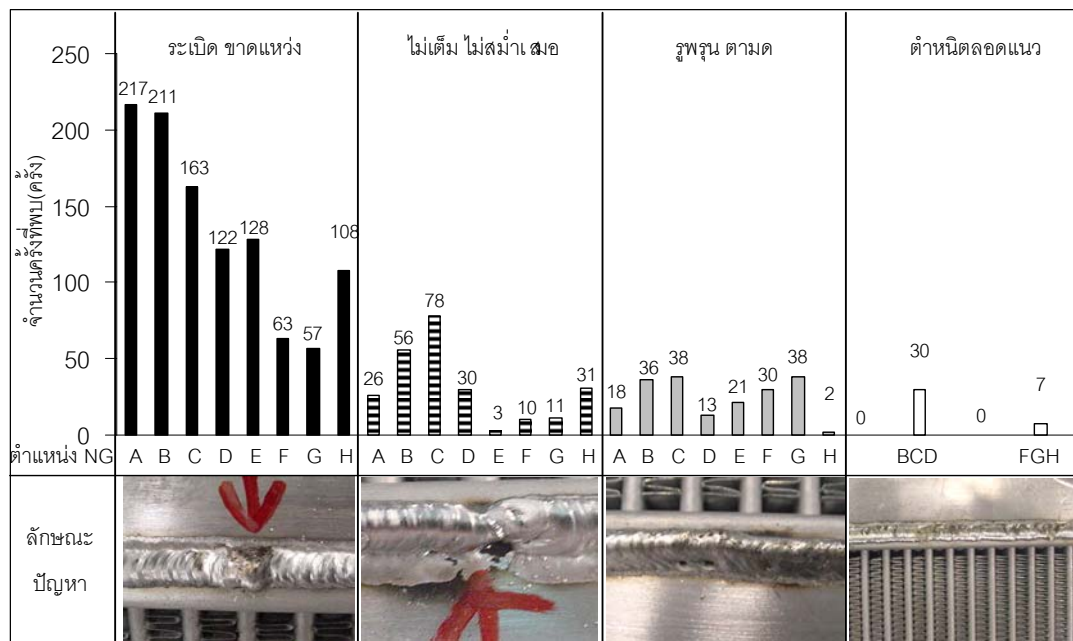


ภาพที่ 4.2 จำนวนของเสียที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมมิกซ์ (MIG Welding) แยกตามข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

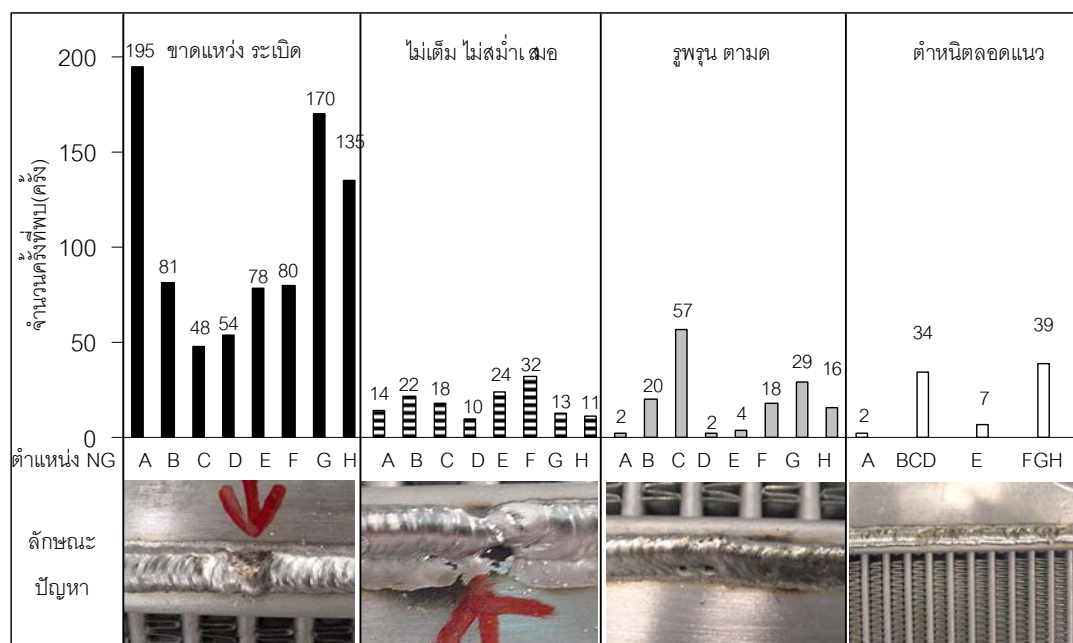


ภาพที่ 4.3 แสดงทิศทางการเริ่มต้น-สิ้นสุดการเชื่อม และการกำหนดตำแหน่งที่เกิดของเสียของแท่งค์ทั้งสองด้าน

แท้งค์ด้านขวา



แท้งค์ด้านซ้าย



ภาพที่ 4.4 จำนวนข้อบกพร่องประเภทต่าง ๆ แยกตามตำแหน่งที่เกิดปัญหา

4.2 ขั้นตอนการวัด (Measure phase)

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด จากการทดลอง เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบวัดในปัจจุบัน โดยใช้พนักงานตรวจสอบคุณภาพ 2 คน ทำการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานจำนวน 30 ชิ้น ตรวจสอบชิ้นละ 2 ครั้ง ผลการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระบบการวัด

หมายเลข ชิ้นงาน	คุณภาพ แท้จริง (อ้างอิง ตาราง3.2)	พนักงานคนที่ 1						ตัดสินใจ เหมือนกัน ทั้ง 2 ครั้ง	เหมือนกัน และถูกต้อง	พนักงานคนที่ 2						ตัดสินใจ เหมือนกัน ทั้ง 2 ครั้ง	เหมือนกัน และถูกต้อง	ทุกคน	เหมือนกัน และ ถูกต้อง ทุกคน
		ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2					ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2						
		OK/NG	OK/NG	OK/NG	OK/NG	OK/NG	OK/NG			OK/NG	OK/NG	OK/NG	OK/NG	OK/NG	OK/NG				
1	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
2	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
3	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
4	NG	NG	X	√	NG	√	√	N	N	NG	X	√	NG	√	√	N	N	Y	N
5	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
6	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
7	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
8	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
9	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
10	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
11	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
12	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
13	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
14	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
15	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
16	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
17	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
18	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
19	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
20	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
21	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
22	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
23	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
24	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	X	√	N	N	N	N
25	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
26	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
27	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
28	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	N	N	N
29	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
30	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 นำมาประเมินด้วยดัชนีต่าง ๆ ได้ผลลัพธ์ ดังนี้

$$\% \text{ ไร้ฟิฟะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \times 100\%$$

$$\% \text{ ไร้ฟิฟะบิลิตี้ของพนักงานคนที่ 1} = (29/30) \times 100 \% = 96.67 \%$$

$$\% \text{ ไร้ฟิฟะบิลิตี้ของพนักงานคนที่ 2} = (28/30) \times 100 \% = 93.33 \%$$

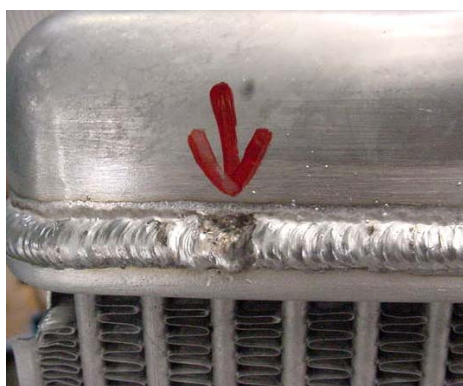
$$\% \text{ ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้เหมือนและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \times 100\%$$

$$\% \text{ ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 1} = (29/30) \times 100 \% = 96.67 \%$$

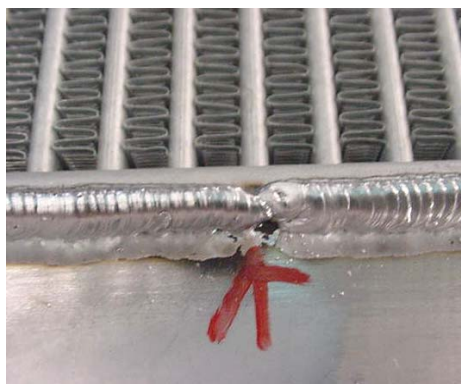
$$\% \text{ ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 2} = (27/30) \times 100 \% = 90 \%$$

จากการเปรียบเทียบ % ไร้ฟิฟะบิลิตี้ และ % ความไม่ไบอัส พบว่าความสามารถในการตัดสินใจคุณภาพของแนวเชื่อมระหว่างแท่งกับแผ่นปิดหัวท้าย ของพนักงานทั้ง 2 คน อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ โดยเฉพาะพนักงานคนที่ 1 สามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำกว่าพนักงานคนที่ 2 เนื่องจากมีประสบการณ์ในการทำงานตำแหน่งเชื่อมมานานกว่า แต่ยังมีปัญหาที่พบอยู่บ้างในเรื่องการแยกแยะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ซึ่งพบ 2 กรณี ดังนี้

1) ในกรณีข้อบกพร่องมีลักษณะก้ำกึ่งระหว่างรอยเชื่อมระเบิด ขาดแหวน กับรอยเชื่อมไม่สม่ำเสมอ ดังภาพที่ 4.5



(ก)

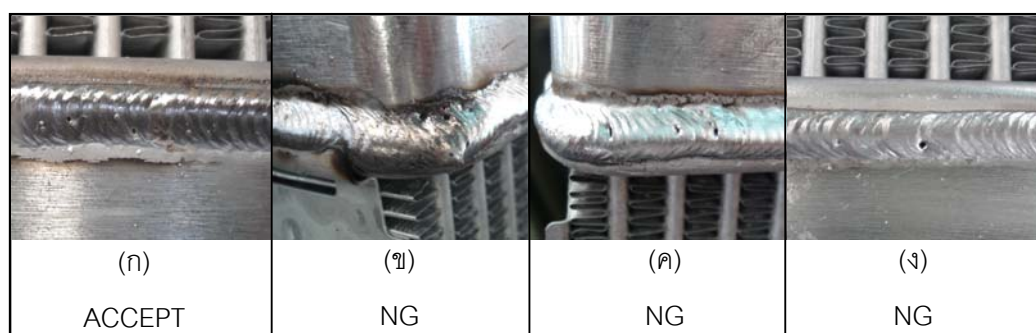


(ข)

ภาพที่ 4.5 ลักษณะข้อบกพร่องจากรอยเชื่อมระเบิด ขาดแหวน (ก) และรอยเชื่อมไม่สม่ำเสมอ (ข)

จะเห็นว่าข้อบกพร่องดังกล่าวมีลักษณะใกล้เคียงกัน ยากต่อการตัดสินใจ และพบว่าพนักงานทั้ง 2 คน ตัดสินใจผิดพลาดเหมือนกัน จากผลการทดลองคือ ชิ้นงานชิ้นที่ 8 และพนักงานคนที่ 2 ตัดสินใจผิดพลาดอีกครั้งสำหรับชิ้นงานที่ 24 ในกรณีเดียวกัน

2) ในกรณีข้อบกพร่องเกิดตามดเพียง 1 ตำแหน่ง ซึ่งจะทำให้เกิดการตัดสินใจกำกวมระหว่างการตัดสินใจให้เป็นชิ้นงานมีคุณภาพหรือชิ้นงานเสียต้องซ่อม เนื่องจากในการทำงานปัจจุบันบางกรณีเกิดตามด สามารถปล่อยผ่านไปกระบวนการต่อไปได้ โดยไม่ต้องเชื่อมซ่อม แต่จะมีการซ่อมสีให้รอยเชื่อมดูดีเท่านั้น ดังภาพ 4.6



ภาพที่ 4.6 ลักษณะการเกิดตามด กรณีที่ยอมรับได้ (Accept) และกรณีชิ้นงานเสีย (NG) ต้องซ่อม

จากภาพที่ 4.6 (ก) ตามดขนาดเล็กเพียง 1-2 จุด และระยะการเกิดอยู่ห่างกัน สามารถปล่อยผ่านไปยังกระบวนการต่อไปได้ (ข) เกิดตามดมากกว่า 2 จุดขึ้นไปในบริเวณเดียวกัน (ค) เกิดตามดมากกว่า 2 จุดขึ้นไปอย่างต่อเนื่อง (ง) เกิดตามดขนาดมากกว่า 0.5 มิลลิเมตร ถึงแม้จะเกิดเพียงจุดเดียว

จะเห็นว่าปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในการตัดสินใจของพนักงาน คือ เรื่องการแยกแยะหรือระบุปัญหาที่มีลักษณะกำกวม ส่วนเรื่องการระบุตำแหน่งงานเสียนั้นพนักงานทั้ง 2 คน สามารถระบุได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากในฟอร์มบันทึกการตรวจเช็คชิ้นงานประจำวัน มีการแสดงรูปทิศทางการเริ่มต้นและสิ้นสุดการเชื่อมพร้อมระบุตำแหน่งต่าง ๆ ไว้อย่างชัดเจน ดังภาพที่ 4.3

เมื่อทำการประเมินค่า %ประสิทธิผลทางด้านรีฟิตทะบิลิตี้ เท่ากับ

$$\% \text{ ประสิทธิภาพด้านรีฟิตทะบิลิตี้} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \times 100\%$$

$$\% \text{ ประสิทธิภาพทางด้านรีพีทะบิลิตี้} = (28/30) * 100 \% = 93.33 \%$$

และ%ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตัดสินใจของพนักงาน เท่ากับ

$$\% \text{ ประสิทธิภาพด้านไบอัส} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \times 100\%$$

$$\% \text{ ประสิทธิภาพด้านไบอัส} = (27/30) * 100 \% = 90 \%$$

จากผลการประเมินยังพบความผันแปรในกระบวนการวัดอยู่เล็กน้อย เนื่องจากความสามารถของพนักงาน และขั้นตอนการตัดสินใจที่ค่อนข้างซับซ้อน ต้องตัดสินใจหลายครั้ง จึงอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการฝึกอบรมพนักงานทั้ง 2 คนเสียใหม่ในมาตรฐานเดียวกันในเรื่องต่อไปนี้

1) จัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน ขั้นตอนการตัดสินใจ มาตรฐานงานที่มีคุณภาพ (OK) / งานเสีย (NG) และงานที่ยอมรับได้ (Accept) รวมทั้งความแตกต่างของข้อบกพร่องที่มีลักษณะกำกวมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำงานและตัดสินใจของพนักงาน พร้อมทั้งอบรมมาตรฐานดังกล่าว

2) แก้ไขฟอร์มบันทึกการตรวจเช็คชิ้นงานประจำวันของพนักงาน ให้มีรูปประกอบรายละเอียดลักษณะข้อบกพร่อง เพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจแต่ละครั้ง และอบรมการใช้แบบฟอร์มอย่างถูกวิธี

3) เฝ้าติดตามการปฏิบัติงานของพนักงานอย่างใกล้ชิด จนมั่นใจได้ว่าพนักงานสามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง

หลังจากได้ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงระบบการวัดแล้ว เมื่อทำการประเมินระบบการวัดอีกครั้งได้ผล ดังตารางที่ 4.2 พบว่า % รีพีทะบิลิตี้ และ % ความไม่ไบอัสของพนักงานทั้ง 2 คนมีค่าเท่ากับ 100% ส่งผลให้ค่า % ประสิทธิภาพทางด้านรีพีทะบิลิตี้ และ % ประสิทธิภาพด้านไบอัสของระบบการวัดมีค่าเท่ากับ 100% ด้วย ดังนั้นระบบการวัดจึงมีขีดความสามารถเพียงพอและมีความพร้อมที่จะนำไปวัดผลกระบวนการที่จะทำการศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบระบบการวัดภายหลังการแก้ไขและปรับปรุงระบบการวัด

หมายเลข ชิ้นงาน	คุณภาพ แท้จริง (อ้างอิง ตาราง 3.2)	พนักงานคนที 1						ตัดสินใจ เหมือนกัน	เหมือนกัน และถูกต้อง	พนักงานคนที 2						ตัดสินใจ เหมือนกัน	เหมือนกัน และถูกต้อง	เหมือนกัน ทุกคน	เหมือนกัน และ ถูกต้อง ทุกคน
		ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2					ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2						
		OK/NG	OK/NG	ด้านหนึ่ง NG	OK/NG	OK/NG	ด้านหนึ่ง NG			OK/NG	OK/NG	ด้านหนึ่ง NG	OK/NG	OK/NG	ด้านหนึ่ง NG				
1	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
2	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
3	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
4	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
5	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
6	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
7	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
8	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
9	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
10	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
11	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
12	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
13	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
14	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
15	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
16	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
17	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
18	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
19	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
20	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
21	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
22	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
23	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
24	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
25	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y
26	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
27	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
28	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
29	NG	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	NG	√	√	NG	√	√	Y	Y	Y	Y
30	OK	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	OK	-	-	OK	-	-	Y	Y	Y	Y

% รีพีทหะบิลิตี้ของพนักงานคนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 100 %

% รีพีทหะบิลิตี้ของพนักงานคนที่ 2 มีค่าเท่ากับ 100 %

% ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 100 %

% ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 2 มีค่าเท่ากับ 100 %

% ประสิทธิภาพทางด้านรีพีทหะบิลิตี้ มีค่าเท่ากับ 100 %

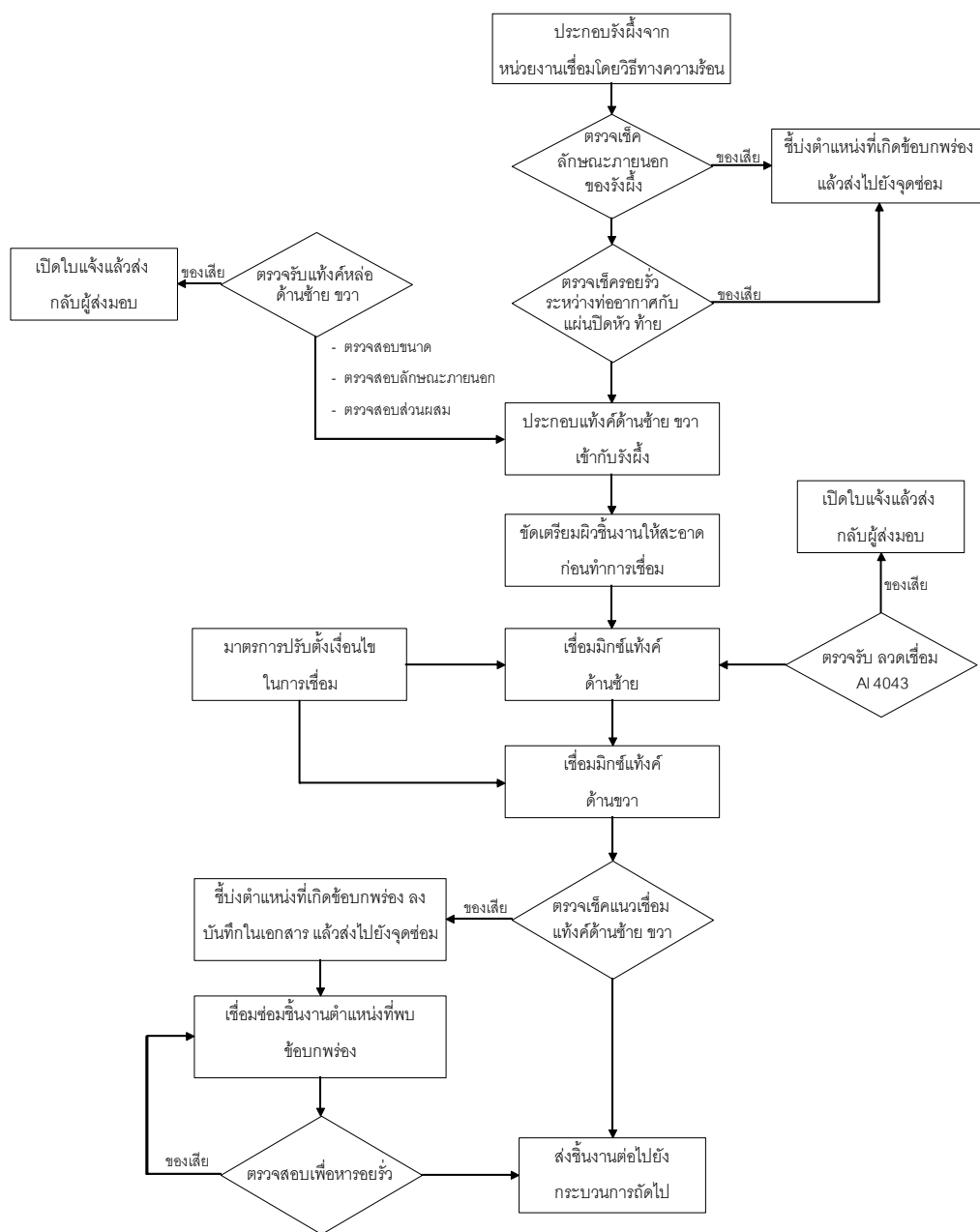
% ประสิทธิภาพทางด้าน ไบอัส มีค่าเท่ากับ 100 %

แม้ว่าในการศึกษาครั้งนี้ จะได้ทำการแก้ไขและปรับปรุงระบบการวัดเรียบร้อยแล้ว แต่รับรองไม่ได้ว่าระบบการวัดจะมีความสามารถเช่นนี้ตลอดไป ดังนั้นหลังจากการแก้ไขปรับปรุง ควรมีการควบคุมโดยจัดทำเป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานในกระบวนการนี้ ทำการอบรม และ ทดสอบพนักงานตามระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อคงความสามารถของระบบการวัดไว้

จากการศึกษากระบวนการ พบว่าความผันแปรที่อาจเกิดขึ้นได้มีเพียงความผันแปร ระหว่างพนักงาน 2 คนนี้เท่านั้น เนื่องจากกระบวนการดังกล่าวไม่มีการทำงานเป็นกะ มีเพียงการทำงานในเวลาปกติและล่วงเวลาในบางครั้ง แต่ทุกวันจะการทำงานเหลื่อมเวลาในตอนพัก กลางวัน ซึ่งใช้พนักงานงาน 2 คนนี้เท่านั้น รวมทั้งในเวลาปกติพนักงานคนที่ 1 จะเป็นผู้ปฏิบัติงาน เป็นหลัก พนักงานคนที่ 2 จะสลับเปลี่ยนมาปฏิบัติงานแค่ในช่วงเหลื่อมเวลา ดังนั้นการแก้ไข ปรับปรุงที่เสนอไปข้างต้นเพียงพอแล้ว ที่จะนำมลดความผันแปรที่อาจเกิดขึ้นได้ในระบบการวัด และทุกครั้งที่มีพนักงานใหม่เข้ามาปฏิบัติงานในกระบวนการนี้ ต้องมีการฝึกอบรม ทดสอบ และ ฝึติดิตตามการปฏิบัติงาน จนมั่นใจได้ว่าสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้อง

4.2.2 ผลการดำเนินงานในขั้นตอนการวัด

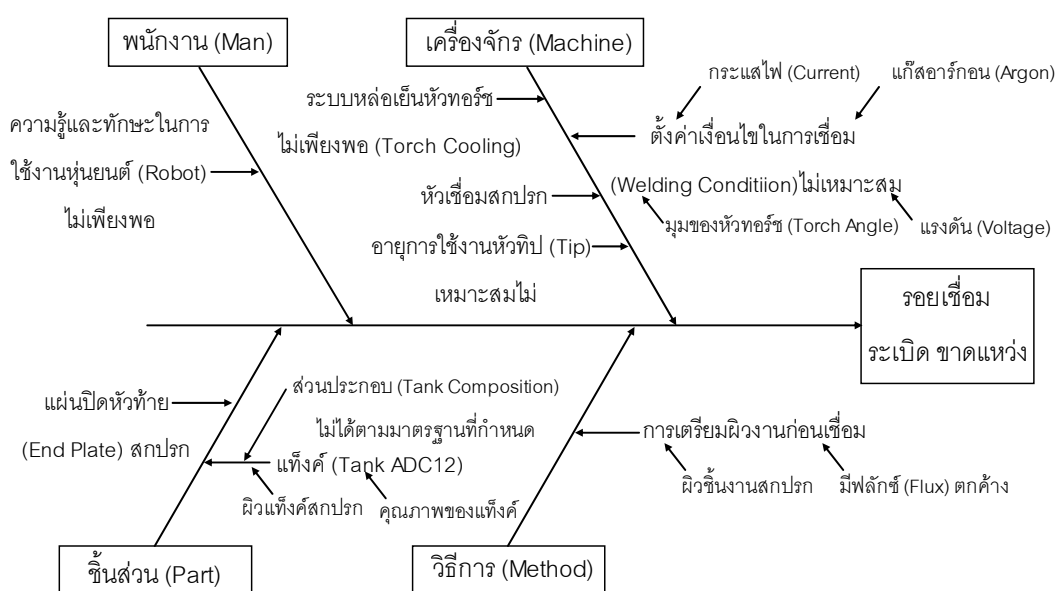
1) แผนที่กระบวนการ (Process Mapping) แผนที่กระบวนการมีประโยชน์อย่างมาก โดยสามารถแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของงานแต่ละงานในกระบวนการ และแสดงให้เห็นถึงงาน ในกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Non Value Added) ซึ่งแผนที่กระบวนการเชื่อมมิกซ์ ระหว่างแท่งกับแผ่นปิดหัวท้าย แสดงได้ดังภาพ 4.7



ภาพที่ 4.7 แผนที่กระบวนการเชื่อมมิกซ์ของอินเทอร์เน็ตคูเลอร์

2) แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ในการศึกษากำหนดตัวแปรตอบสนองที่สนใจ (KPOVs) จากขั้นตอนการระบุปัญหา คือ จำนวนของเสียในกระบวนการเชื่อมมิกซ์ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการระดมสมอง เพื่อค้นหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดออกมา จะทำให้ทราบว่าตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการมีอะไรบ้าง กำหนดให้เป็น KPIVs

ในขั้นตอนการระดมสมองนี้ ใช้การระดมสมองจากวิศวกรผู้มีความรู้ในกระบวนการเชื่อมมิกซ์ ซึ่งในการเสนอความคิดเห็นนี้จะไม่จำกัดปริมาณและคุณภาพของความคิด เพื่อป้องกันการหลุดรอดของสาเหตุที่อาจมีผลกระทบต่อปัญหา ข้อมูลจากการทดลองในอดีต สุดท้ายจะนำความคิดเห็นที่ได้มาจัดกลุ่มเป็นหมวดหมู่ ด้วยแผนภาพสาเหตุและผล เพื่อให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และแก้ปัญหา โดยจะจำแนกประเภทของปัญหาเป็น 4 ประเภท ตามหลักการ 4M ดังภาพที่ 4.8

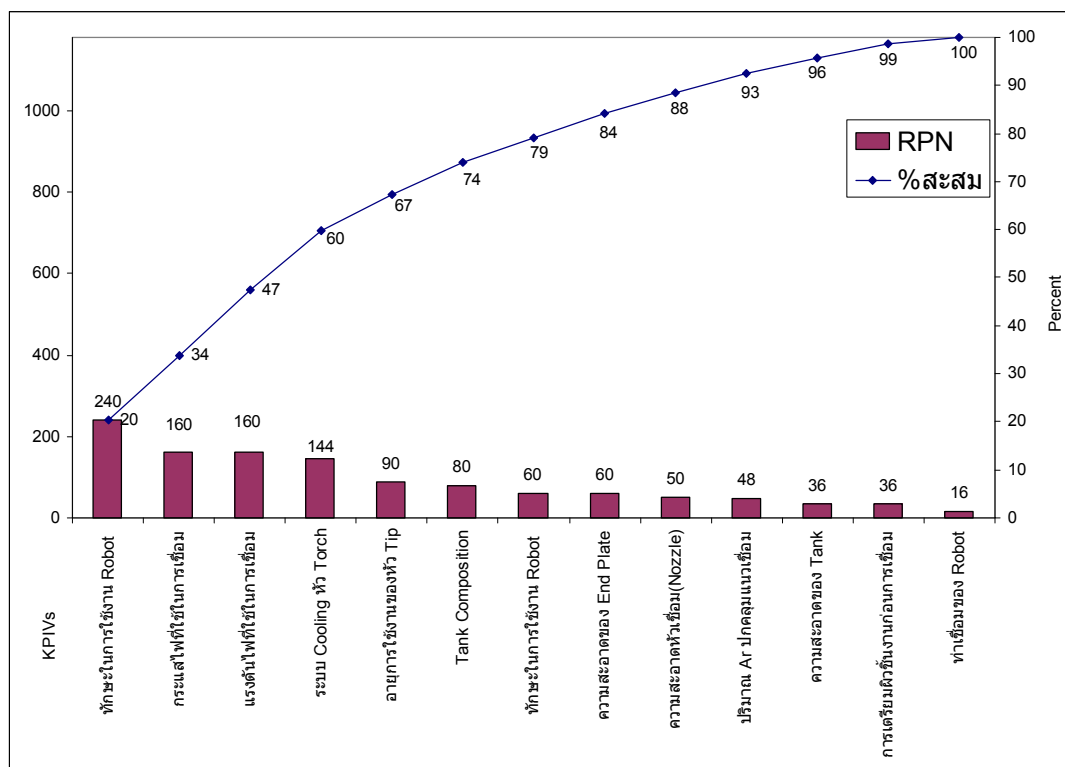


ภาพที่ 4.8 แผนภาพสาเหตุและผล

3) การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) นำปัจจัยทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการที่ศึกษา โดยแปลงความผิดพลาดนั้น ๆ ให้อยู่ในรูปของสาเหตุ ซึ่ง FMEA จะเป็นการคิดอย่างเป็นระบบและมีการคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความรุนแรง (Severity : S) ของผลกระทบ (Potential Effect of Failure) อัตราการเกิด (Occurrence : O) ของอาการของปัญหา เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ (Potential Cause Effect of Failure) และความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (Detection : D) ของวิธีการควบคุม (Current Process Control) หลังจากทำการประเมินแล้ว นำระดับคะแนนของแต่ละปัจจัย มาคำนวณตัวเลขแสดงลำดับความเสี่ยง (Risk

Priority Number : RPN) โดยการคำนวณจาก $RPN = S \times O \times D$ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และจากภาพที่ 4.9 แสดงแผนภาพพาเรโตของตัวเลขแสดงลำดับความเสี่ยงของแต่ละปัจจัยพบว่า มีเพียง 4 ปัจจัยเท่านั้น ที่ถูกเลือกใช้สำหรับการทดลอง คือ

- คุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอ หรือข้อบกพร่องของแท่งคัลดูมินัมหล่อ
- กระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อม
- แรงดันไฟที่ใช้ในการเชื่อม
- ระบบหล่อเย็นหัวtorch



ภาพที่ 4.9 แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยของปัญหาของเสียในกระบวนการเชื่อมมิกซ์คัลดูมินัมหล่อ

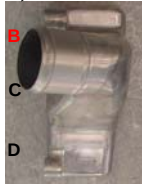
ตารางที่ 4.3 แสดงการให้คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix)

Process Function Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect (s) of Failure	Severity	Class	Potential Cause (s) Mechanism (s) of Failure	Occur	Current Controls		Detect	R.P.N
							Prevention	Detection		
1.ทักษะของพนักงานในการใช้งาน Robot	- ปรับตั้ง Condition ในการเชื่อมไม่เหมาะสม - ใช้กระแสในการเชื่อมสูงหรือต่ำเกินไป	- รอยเชื่อมระเบิดบงต้นแห่งหรือตลอดแนวเชื่อม	10		- ขาดความรู้ความชำนาญในการใช้งาน Robot	3	-Training พนักงานในเรื่องการปรับตั้งและการใช้งาน Robot	-จัดทำฟอร์มในการเช็ค condition ทุกครั้งก่อนการทำงาน	2	60
2.กระแสไฟ			10		- ปรับตั้งค่าผิดพลาด/ไม่เหมาะสม	4		-ตรวจเช็คตาม Condition Std.	4	160
3.ปริมาณ Ar ปกติลุ่มแนวเชื่อม	- ปริมาณ Ar มากหรือน้อยเกินไป		4		- ปรับตั้งค่าผิดพลาด/ไม่เหมาะสม	3	-	-ตรวจเช็คตาม Condition Std.	4	48
4.ท่าเชื่อมของ Robot	- มุมและระยะห่างของหัวเชื่อมไม่เหมาะสม		4		- ปรับตั้งค่าผิดพลาด/ไม่เหมาะสม	2	-ตั้งโปรแกรมสำหรับแต่ละรุ่น	-ตรวจเช็คตาม Condition Std.	2	16
5.แรงดัน	- แรงดันในการเชื่อมสูงหรือต่ำเกินไป		10		- ปรับตั้งค่าผิดพลาด/ไม่เหมาะสม	4	-	-ตรวจเช็คตาม Condition Std.	4	160
6.ความสะอาดหัวเชื่อม (Nozzle)	- สะเก็ดเชื่อมอุดตันทำให้การไหลของ Ar ไม่สม่ำเสมอ		5		- ไม่ได้ทำความสะอาดหัวเชื่อม	5	-กำหนดให้ทำความสะอาดทุกๆ 10 ชิ้น	-	2	50
7.อายุการใช้งานหัว Tip	- เส้นผ่านศูนย์กลางของ Tip ทำให้การ feed ของลวดไม่สม่ำเสมอ		5		- ไม่มีการเปลี่ยนตามระยะเวลาที่เหมาะสม	3	-	-	6	90
8.ระบบ Cooling หัว Torch	- ระบบ Cooling ไม่เพียงพอ		9		- ไม่ได้ตรวจสอบระบบ Cooling ในระหว่างการทำงาน	4	-	-ตรวจเช็คก่อนเริ่มทำงาน	4	144
9.ความสะอาด End Plate	- มีคราบสกปรกจากกระบวนการ Brazing		4		- Flux ตกค้าง	5	-ขัดสีชิ้นงานก่อนทำการเชื่อม	-	3	60
10.คุณภาพของ Cast Tank	- คุณภาพของ Tank ไม่สม่ำเสมอ		10		- ความบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการ Die casting	4	-	-	6	240
11. Tank composition	- Composition ไม่ได้ตามค่ามาตรฐานที่กำหนด		10		- ความบกพร่องในการผลิตของ Supplier	2	-Supplier ส่ง Certification มาพร้อมกับ Tank ทุกครั้ง	-	4	80
12.ความสะอาด Tank	- สิ่งสกปรกปนเปื้อนที่ผิว Tank		4		- การควบคุมความสะอาดไม่เพียงพอ	3	-กำหนดให้ Supplier ขัด Tank และบรรจุตาม Package Std.	-	3	36
13.การเตรียมผิวชิ้นงานก่อนการเชื่อม	- การเตรียมผิวชิ้นงานไม่สะอาดเพียงพอ		4		- พนักงานไม่ทำตามมาตรฐานที่กำหนด	3		-พนักงานเช็คความสะอาดชิ้นงานก่อนเชื่อมตาม Limit sample	3	36

4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze phase)

4.3.1 การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากข้อบกพร่องของแท็งค์อลูมิเนียมหล่อ

ตารางที่ 4.4 แสดงตำแหน่งงานเสียจากปัญหาแนวเชื่อมระเบิด ขาดแหวน

ตำแหน่ง NG	แท็งค์ด้านขวา (R-Tank)			แท็งค์ด้านซ้าย (L-Tank)		
						
	จำนวนครั้งที่พบ NG (ครั้ง)	%	ลำดับ	จำนวนครั้งที่พบ NG (ครั้ง)	%	ลำดับ
A	325	26.60	2	431	25.38	1
B	333	27.25	1	357	21.02	2
C	161	13.18	3	169	9.95	5
D	86	7.04	6	95	5.59	7
E	99	8.10	5	123	7.24	6
F	42	3.44	8	64	3.77	8
G	59	4.83	7	179	10.54	4
H	117	9.57	4	280	16.49	3
Total	1222	100.00		1698	100.00	

จากตารางที่ 4.4 ทำให้ทราบถึงจำนวนของเสียของแท็งค์ทั้ง 2 ด้าน และจำนวนของเสียแต่ละตำแหน่ง จะเห็นว่า พบตำแหน่งของเสียในแท็งค์ด้านซ้าย ถึง 58 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนของเสียทั้งหมดของปัญหา ซึ่งตำแหน่งที่พบมากที่สุดของ คือ A B H และ G ตามลำดับ ส่วนในแท็งค์ด้านขวามพบ 42 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนของเสียทั้งหมด ตำแหน่งที่พบมากที่สุด คือ B A C และ H ตามลำดับ ผลดังกล่าวทำให้ทราบว่า ของเสียของแท็งค์ทั้ง 2 ด้าน เป็นตำแหน่งที่ใกล้เคียงกัน และอาจมาจากสาเหตุที่คล้ายคลึงกัน จากผลดังกล่าวเป็นการเก็บข้อมูลในระยะเวลา 6 เดือน และเมื่อทราบตำแหน่งของปัญหาแล้วนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

จากการสุ่มชิ้นงานในล็อตเดียวกันมาทำการตัด เพื่อดูลักษณะภายในแท่งคับริเวณที่เกิดข้อบกพร่อง ผลแสดงดังรูปที่ 4.10

แท่งคัด้านขวา

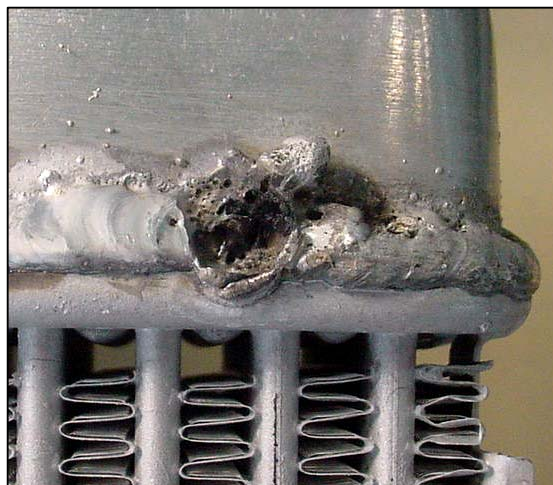


แท่งคัด้านซ้าย



ภาพที่ 4.10 ลักษณะรูพรุน (Porosity) ภายในแท่งคัด้านขวาและแท่งคัด้านซ้าย
ที่กำลังขยาย 50 เท่า

จากภาพจะเห็นว่า พบรูพรุน (Porosity) จำนวนมากที่ตำแหน่ง A และ B ของแท่งคั ทั้ง 2 ด้าน ซึ่งจากข้อมูลเป็นตำแหน่งที่พบข้อบกพร่องของแนวเชื่อมมากที่สุด โดยเฉพาะแท่งคัด้าน ซ้ายจะพบรูพรุนจำนวนมากและมีขนาดใหญ่อยู่บริเวณขอบแท่งคั เมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งที่พบข้อบกพร่องน้อยครั้ง ก็จะมีรูพรุนน้อยเช่นกัน จากผลการทดลองนี้คณะทำงานจึงสรุปว่า ข้อบกพร่องของแท่งคัที่พบ และส่งผลกระทบต่อรอยเชื่อมระเบิด คือรูพรุน (Porosity) และจากการเก็บข้อมูลของฝ่ายคุณภาพ ยังพบปัญหาคราบสกปรกที่รอยระเบิดในการใช้แท่งคับางล็อต ดังภาพที่ 4.11 ซึ่งส่งผลให้การซ่อมทำได้ยาก



ภาพที่ 4.11 ปัญหาرابสกปรกที่พบในรอยเชื่อม

จากการเข้าไปตรวจสอบกระบวนการหล่อแท้งค์ (Die Casting) ของผู้ส่งมอบ พบว่า น้ำอลูมิเนียมในบ่อหลอมมีสิ่งปนเปื้อน จากการสอบถาม ทำให้ทราบว่าในกระบวนการหลอมน้ำ อลูมิเนียมมีการใช้วัตถุดิบ (Raw Material : Ingot) จากผู้ผลิต 2 ราย ทำให้เกิดความแตกต่างกันในเรื่องของการควบคุมคุณภาพ

จากการศึกษาข้อมูลและทำการทดลองดังกล่าว ทำให้ทราบว่าข้อบกพร่องของแท้งค์ อลูมิเนียมหล่อ ซึ่งเกิดจากการควบคุมคุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดข้อเสียในกระบวนการเชื่อมมิกซ์ ซึ่งจะนำไปพิจารณาต่อในขั้นตอนการปรับปรุง

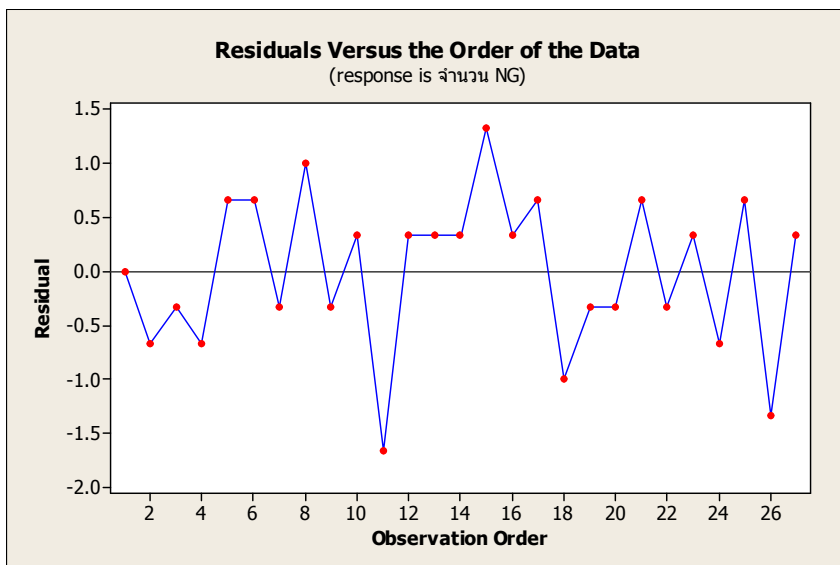
4.3.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยมีผลต่อการเชื่อมมิกซ์

การออกแบบการทดลอง โดยใช้การทดลองเชิงแฟคทอเรียล ทดสอบ 2 ปัจจัย คือ กระแสและแรงดัน ปัจจัยละ 3 ระดับ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการเก็บข้อมูลในการออกแบบการทดลอง

ลำดับการทดลอง	ปัจจัยที่ศึกษา		ตัวแปรตอบสนอง จำนวนของเสีย
	กระแส(แอมแปร์)	แรงดัน(โวลต์)	
1	75	20	10
2	70	10	6
3	65	20	8
4	65	10	7
5	65	15	8
6	70	15	7
7	70	15	6
8	75	20	11
9	70	20	7
10	70	10	7
11	75	15	8
12	75	10	10
13	75	15	10
14	70	10	7
15	75	15	11
16	65	10	8
17	65	20	9
18	75	20	9
19	70	20	7
20	65	20	8
21	65	15	8
22	70	15	6
23	75	10	10
24	75	10	9
25	70	20	8
26	65	15	6
27	65	10	8

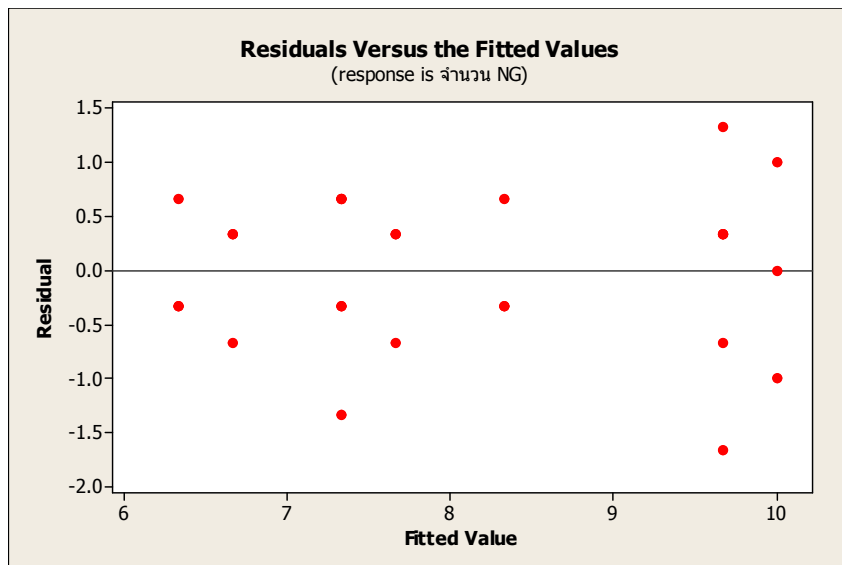
1) การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล เป็นการตรวจสอบข้อมูลว่ามีความเป็นอิสระซึ่งกันและกันหรือไม่ จากภาพที่ 4.12 พิจารณาค่าส่วนตกค้าง กับลำดับเวลาของการเก็บข้อมูลนี้ ไม่พบว่าคุณค่าส่วนตกค้างมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงเป็นรอบ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระเพียงพอที่จะทำการวิเคราะห์ต่อไป



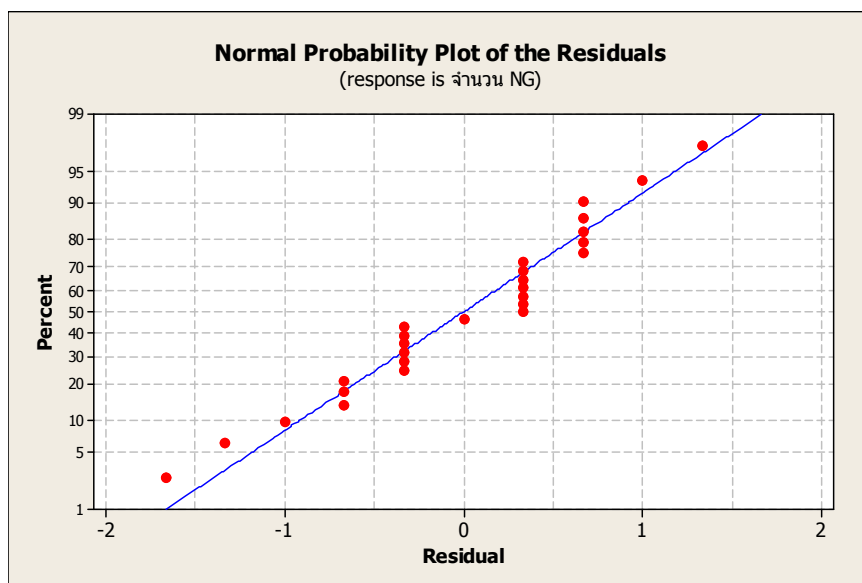
ภาพที่ 4.12 แผนภูมิระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับเวลาของการเก็บข้อมูลในการทดลองเบื้องต้น สำหรับจำนวนงานเสียในกระบวนการเชื่อมมิกซ์

2) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน เป็นการทดสอบความสม่ำเสมอของการกระจายของข้อมูล จากภาพที่ 4.13 พิจารณาค่าส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกพิดนี้ ไม่พบว่าคุณค่าส่วนตกค้างมีรูปแบบหรือโครงสร้างใด ๆ และมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการข้อมูลมีความแปรปรวนคงตัวเพียงพอที่จะทำการวิเคราะห์ต่อไป

3) การตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) หรือไม่ จากภาพที่ 4.14 พิจารณาค่าส่วนตกค้างกับค่าความน่าจะเป็นสะสม พบว่าคุณค่าส่วนตกค้างมีการเรียงตัวตามแนวตั้ง แต่ทั้งหมดยังคงมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงที่ยังพอยอมรับได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ



ภาพที่ 4.13 แผนภูมิระหว่างค่าส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิตในการทดลองสำหรับจำนวนของเสียใน
กระบวนการเชื่อมมิกซ์



ภาพที่ 4.14 แผนภูมิของค่าส่วนตกค้างกับความน่าจะเป็นสะสมในการทดลองสำหรับจำนวนของ
เสียในกระบวนการเชื่อมมิกซ์

โดยกำหนดสมมุติฐานเพื่อทดสอบแต่ละปัจจัย ดังนี้

- กระแสที่ใช้ในการเชื่อม

H_0 : จำนวนของเสียที่กระแสค่าต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกัน

H_1 : จำนวนของเสียที่กระแสค่าต่างกัน มีความแตกต่างกัน

- แรงดันที่ใช้ในการเชื่อม

H_0 : จำนวนของเสียที่แรงดันค่าต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกัน

H_1 : จำนวนของเสียที่แรงดันค่าต่างกัน มีความแตกต่างกัน

- อิทธิพลร่วมระหว่างกระแสและแรงดันที่ใช้ในการเชื่อม

H_0 : กระแสและแรงดัน ไม่ส่งผลกระทบร่วมกันต่อจำนวนของเสีย

H_1 : กระแสและแรงดัน ส่งผลกระทบร่วมกันต่อจำนวนของเสีย

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในการทดลองสำหรับค่ากระแสและค่าแรงดันที่ใช้ในการเชื่อม

General Linear Model: จำนวน NG versus กระแส, แรงดัน

Factor	Type	Levels	Values
กระแส	fixed	3	65, 70, 75
แรงดัน	fixed	3	10, 15, 20

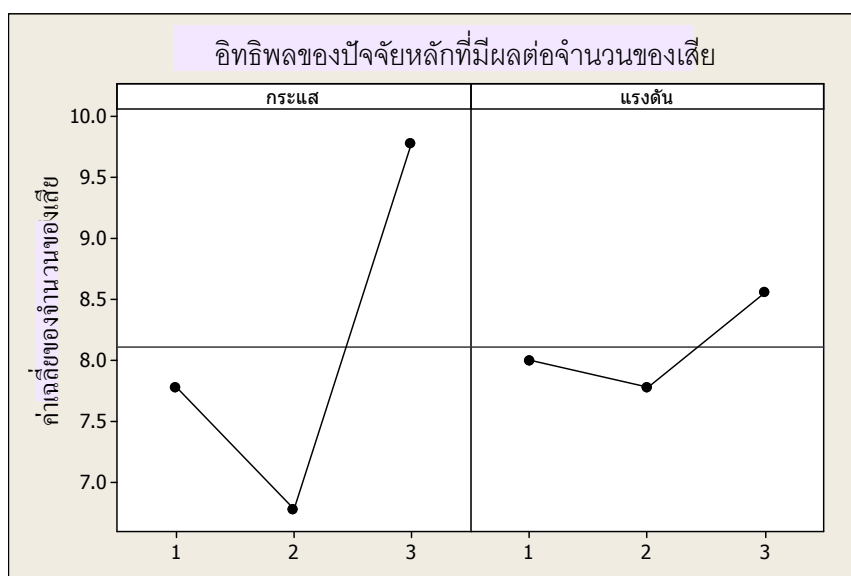
Analysis of Variance for จำนวน NG, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
กระแส	2	42.0000	42.0000	21.0000	28.35	0.000
แรงดัน	2	2.8889	2.8889	1.4444	1.95	0.171
กระแส*แรงดัน	4	0.4444	0.4444	0.1111	0.15	0.961
Error	18	13.3333	13.3333	0.7407		
Total	26	58.6667				

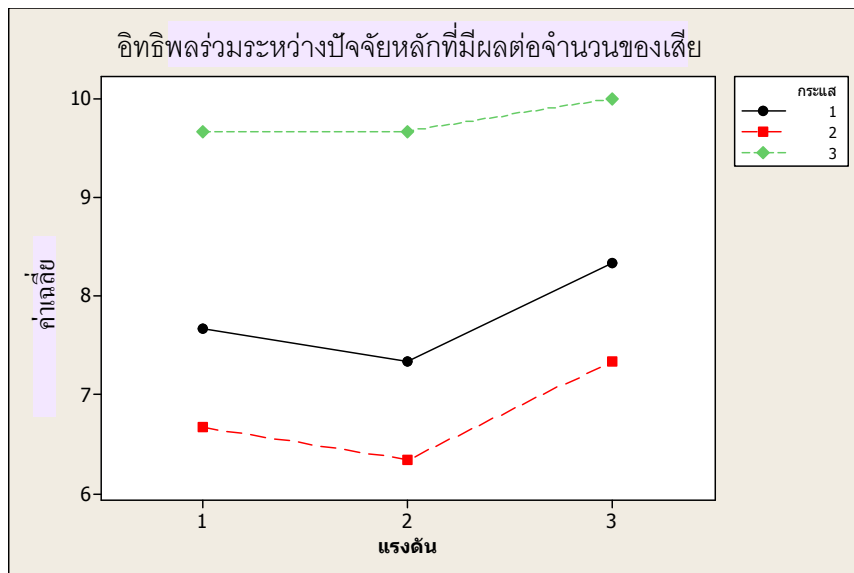
S = 0.860663 R-Sq = 77.27% R-Sq(adj) = 67.17%

ในการทดลองนี้ได้กำหนดให้ค่า α มีค่าเท่ากับ 0.05 จากผลการทดลองและวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อพิจารณาค่า P-Value พบว่ากระแสมีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 น้อยกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า กระแสเป็นปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนของเสียจากกระบวนการเชื่อมมิกซ์ ส่วนค่าแรงดันมีค่า P-Value เท่ากับ 0.171 มากกว่าค่า α จึงสรุปได้ว่าแรงดันไม่มีผลต่อจำนวนของเสียจากกระบวนการเชื่อมมิกซ์ และในกรณีของอิทธิพลร่วมระหว่างกระแสและแรงดันที่ใช้ในการเชื่อม พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.961 มากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า กระแสและแรงดันที่ใช้ในการเชื่อม ไม่ส่งผลกระทบร่วมกันต่อจำนวนของเสียในกระบวนการเชื่อมมิกซ์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในภาพที่ 4.16

4) การวิเคราะห์ระดับของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนงานของเสีย ในกระบวนการเชื่อมมิกซ์



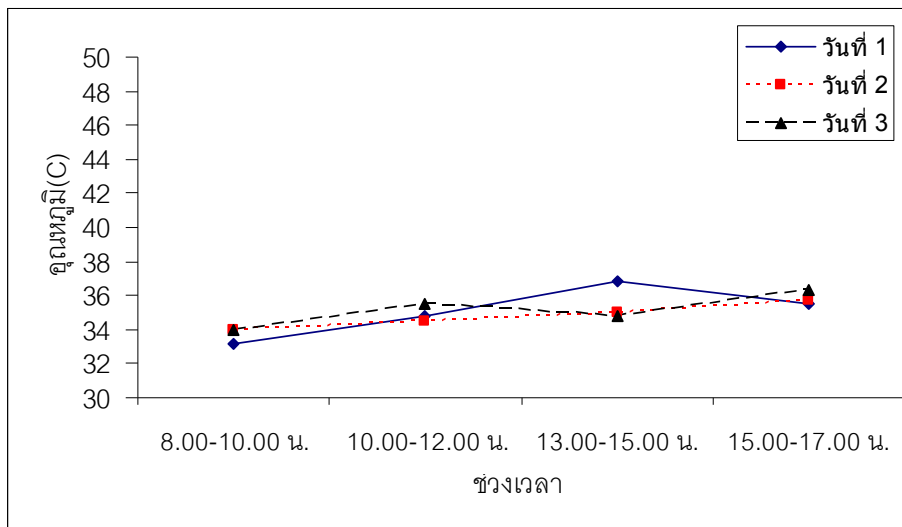
ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับของแต่ละปัจจัยหลักต่อจำนวนของเสีย



ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอันตรกิริยาต่อจำนวนของเสีย

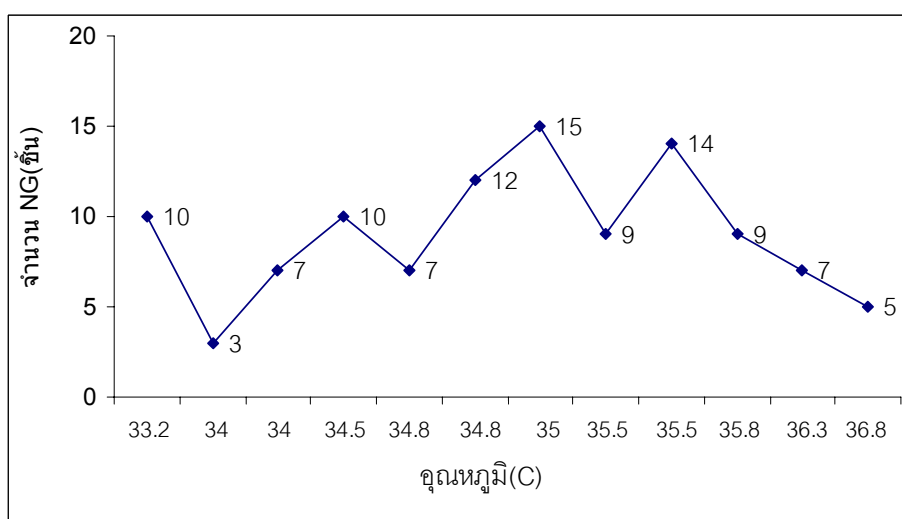
จากการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่ให้ค่าจำนวนของเสียต่ำที่สุด พบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อจำนวนของเสียคือ กระแสที่ใช้ในการเชื่อม และจากภาพที่ 4.15 จะเห็นว่า ที่ค่ากระแสในการเชื่อมเท่ากับ 65 แอมแปร์ (ระดับที่ 1) จะมีค่าเฉลี่ยของจำนวนการเกิดของเสียที่ 7.8 ที่ค่ากระแสในการเชื่อมเท่ากับ 70 แอมแปร์ (ระดับที่ 2) จะมีค่าเฉลี่ยของจำนวนการเกิดของเสียที่ 6.7 และที่ค่ากระแสในการเชื่อมเท่ากับ 75 (ระดับที่ 3) จะมีค่าเฉลี่ยของจำนวนการเกิดของเสียที่ 9.7 ดังนั้นค่ากระแสที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำไปทำการทดลองต่อโดยใช้สภาวะที่ได้จากการออกแบบการทดลอง เทียบกับสภาวะปกติที่ทำในกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง คือ ค่ากระแสเท่ากับ 70 แอมแปร์

4.3.3 การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากระบบหล่อเย็นหัวเทอร์ซ



ภาพที่ 4.17 แผนภาพแสดงอุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนไปที่ช่วงเวลาต่าง ๆ

จากการวัดอุณหภูมิ พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลา ของทั้ง 3 วัน ภายใต้อากาศในห้องในการใช้งานหุ่นยนต์คงที่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะขึ้นกับสภาวะอากาศภายนอกมากกว่า จะเห็นว่าความแตกต่างของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส ไม่ได้ส่งผลต่อจำนวนงานเสียในกระบวนการเชื่อมมิกซ์ ดังแสดงในภาพที่ 4.17

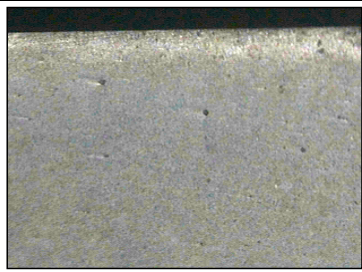
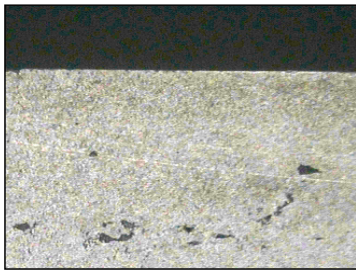
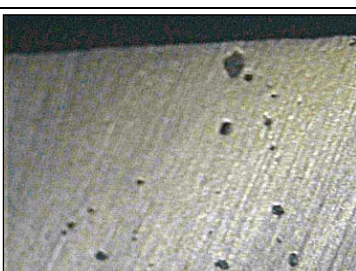
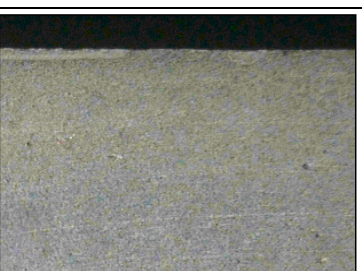


ภาพที่ 4.18 แผนภาพแสดงอุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนไปที่ช่วงเวลาต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.18 จะเห็นว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ไม่ได้ส่งผลให้จำนวนของเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงเป็นรอบ จากกราฟจึงตัดสินใจได้ว่า อุณหภูมิน้ำในการหล่อเย็นหัวเทอร์ซ ไม่ส่งผลต่อจำนวนงานเสียในกระบวนการเชื่อมมิกซ์ นั่นหมายความว่าระบบการหล่อเย็นปัจจุบันมีประสิทธิภาพเพียงพอแล้วในการเชื่อมที่สภาวะการทำงานปกติ

4.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase)

หลังจากการปรับปรุงเสร็จสิ้น ได้ทำการสุ่มแท่งคีมถ่ายภาพตัดขวาง (Cross Section) อีกครั้งเพื่อตรวจสอบคุณภาพของงานหล่อโดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า เพื่อทำการเปรียบเทียบจำนวนรูพรุนที่ขอบแท่งคีมกับแท่งคีมก่อนการปรับปรุง ซึ่งผลแสดงดังภาพที่ 4.19 จะเห็นว่า Tank หลังการปรับปรุงมีจำนวนรูพรุนที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด และขนาดรูพรุนที่ยังคงมีอยู่ในแท่งคีม หลังการปรับปรุงก็มีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับขนาดก่อนการปรับปรุง ซึ่งทางคณะทำงานลงความเห็นว่าจะสามารถลดปัญหารอยเชื่อมระเบิด ขาดแห่วงได้ หลังจากถ่ายภาพตัดขวางแล้วทดลองนำแท่งคีมหลังการปรับปรุงไปทำการเชื่อมมิกซ์ที่กระแสที่ดีที่สุดตามการทดลอง เพื่อเก็บข้อมูลจำนวนของเสียเปรียบเทียบกับค่าเงื่อนไขก่อนการปรับปรุง

แท่งดี	ตำแหน่ง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
แท่งด้านขวา	A		
	B		
แท่งด้านซ้าย	A		
	B		

ภาพที่ 4.19 เปรียบเทียบรูพรุน (Porosity) ก่อนและหลังการปรับปรุง ที่กำลังขยาย 50 เท่า

4.4.1 ผลหลังการปรับปรุงคุณภาพของแท่งดี และกระแสน้ำใช้ในกระบวนการเชื่อมมิกซ์

1) จำนวนข้อบกพร่องลดลง โดยดูได้จากผลการเปรียบเทียบจำนวนของเสียจากกระบวนการเชื่อมมิกซ์ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์ของเสียในกระบวนการเชื่อมมิกซ์ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง

เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%)	
ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
40	23
37	22
37	22
36	28
43	19
44	22
38	20
38	19
46	21
48	20
41	21
40	18
38	24
52	17
49	21
35	19
39	22
47	26
42	21
36	22
52	20
39	23
45	19

จากตารางเป็นการนำเปอร์เซ็นต์ของเสียเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นเดือนล่าสุดก่อนการปรับปรุงมาเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของเสียเดือนมกราคมหลังการปรับปรุง

โดยกำหนดให้ : μ_1 คือ จำนวนของเสียโดยเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง

μ_2 คือ จำนวนของเสียโดยเฉลี่ยหลังการปรับปรุง

ดังนั้น สมมุติฐานที่ใช้ในการทดลอง คือ

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 > 0$$

Two-Sample T-Test and CI: กระแส 73 แอมแปร์, กระแส 70 แอมแปร์

Two-sample T for กระแส 73 แอมแปร์ vs กระแส 70 แอมแปร์

	N	Mean	StDev	SE Mean
กระแส 73 แอมแปร์	23	41.83	5.16	1.1
กระแส 70 แอมแปร์	23	21.26	2.51	0.52

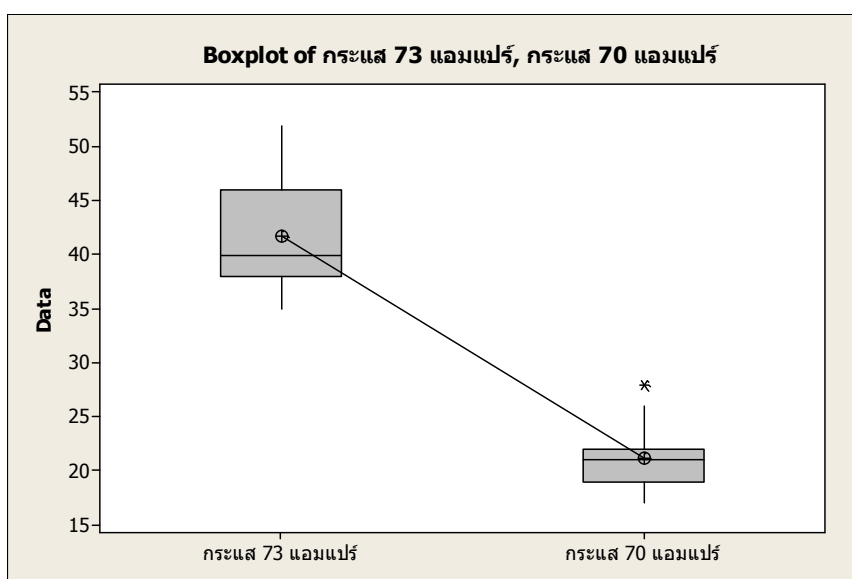
Difference = mu (กระแส 73 แอมแปร์) - mu (กระแส 70 แอมแปร์)

Estimate for difference: 20.5652

95% upper bound for difference: 18.5374

T-Test of difference = 0 (vs >): T-Value = 17.20 P-Value = 0.000 DF = 31

ในการทดลองนี้ได้กำหนดให้ค่า α มีค่าเท่ากับ 0.05 จากการนำค่าที่ได้จากการทดสอบไปทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 14 จะได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.000 น้อยกว่าค่า α ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 จึงสรุปได้ว่า จำนวนของเสียก่อนการปรับปรุงมีค่ามากกว่าจำนวนของเสียหลังการปรับปรุงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของสัดส่วนการเกิดของเสียก่อนการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 41% ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยของสัดส่วนการเกิดของเสียหลังการปรับปรุงที่มีค่าเท่ากับ 21%



ภาพที่ 4.20 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเสียก่อนการปรับปรุงกับหลังการปรับปรุง

2) ลดเวลาในการซ่อมชิ้นงานเสีย เนื่องจากกรณีที่เกิดแนวเชื่อมบกพร่องจากกระบวนการเชื่อมมิกซ์ จะมีกระบวนการ (Process) ที่เพิ่มขึ้น 2 กระบวนการ คือ การเชื่อมซ่อม (Repair) และการทดสอบ (Leak Test) เพื่อยืนยันผลการซ่อม ซึ่งในการซ่อมชิ้นงาน 1 ชิ้น ใช้เวลาดังนี้

เวลาที่ใช้ในการเชื่อมซ่อมชิ้นงาน	=	10 นาที/ ชิ้น
เวลาที่ใช้ในการทดสอบชิ้นงาน	=	5 นาที/ ชิ้น
ดังนั้น เวลาทั้งหมดที่สูญเสียไปกับการซ่อมชิ้นงาน	=	15 นาที/ ชิ้น

จากข้อมูลจำนวนของเสียในข้อ 1) สามารถนำมาคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการซ่อม ได้ดังตารางที่ 4.7 จะเห็นว่า หลังจากการปรับปรุงสามารถลดเวลาในการซ่อมชิ้นงานเสีย จึงทำให้สามารถลดจำนวนพนักงานที่ใช้ซ่อมชิ้นงานลงจาก 2 คน/วัน เหลือเพียง 1 คน/วัน

ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ของเสียในกระบวนการเชื่อมมิกซ์ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง

จากจำนวนการผลิต 150 ชิ้น/ วัน	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
เปอร์เซ็นต์ของเสียโดยเฉลี่ย	41%	21%
จำนวนชิ้นงานเสีย/ วัน	62 ชิ้น	32 ชิ้น
เวลาที่ใช้ในการซ่อม	$62 \times 15 = 930$ นาที	$32 \times 15 = 480$ นาที
พนักงานที่ใช้ในการซ่อม	2 Man/ day	1 Man/ day

3) ข้อร้องเรียนจากลูกค้าลดลง จากการเก็บข้อมูลพบว่า เปอร์เซ็นต์ข้อร้องเรียนจากลูกค้าก่อนการปรับปรุง (พฤศจิกายน 2006 - พฤศจิกายน 2007) เท่ากับ 0.027 % แต่หลังจากการปรับปรุง (ธันวาคม 2007-มีนาคม 2008) ยังไม่พบว่ามีข้อร้องเรียน

ตารางที่ 4.8 ข้อร้องเรียนจากลูกค้าตั้งแต่เริ่มมีการผลิตจนถึงปัจจุบัน (ปี 2006-2008)

ปี	2006	2007	2008	รวมทั้งหมด
จำนวนยอดขาย (ชิ้น)	4,220	28,399	10,800	43,419
จำนวนข้อร้องเรียน (ชิ้น)	2	6	0	8
เปอร์เซ็นต์ข้อร้องเรียน	0.047%	0.021%	0.000%	0.018%

ซึ่งในเรื่องของข้อร้องเรียน อาจไม่สามารถเห็นผลได้ชัดเจนในทันทีภายหลังการปรับปรุง เนื่องจากต้องใช้เวลาระยะยาวในการวัดผล แต่ที่เห็นได้ชัดคือ ข้อร้องเรียนที่ผ่านมาทั้งหมด เกิดจากสาเหตุรอยเชื่อมซ่อมไม่สมบูรณ์ ดังนั้น หลังการปรับปรุงเมื่อจำนวนของเสียลดลง จำนวนชิ้นงานซ่อมก็ย่อมลดลงด้วยจึงมั่นใจได้ว่า ชิ้นงานที่แนวเชื่อมไม่สมบูรณ์จะส่งไปยังลูกค้าน้อยลง และจะส่งผลให้ข้อร้องเรียนลดลงในอนาคตอย่างแน่นอน

4.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control phase)

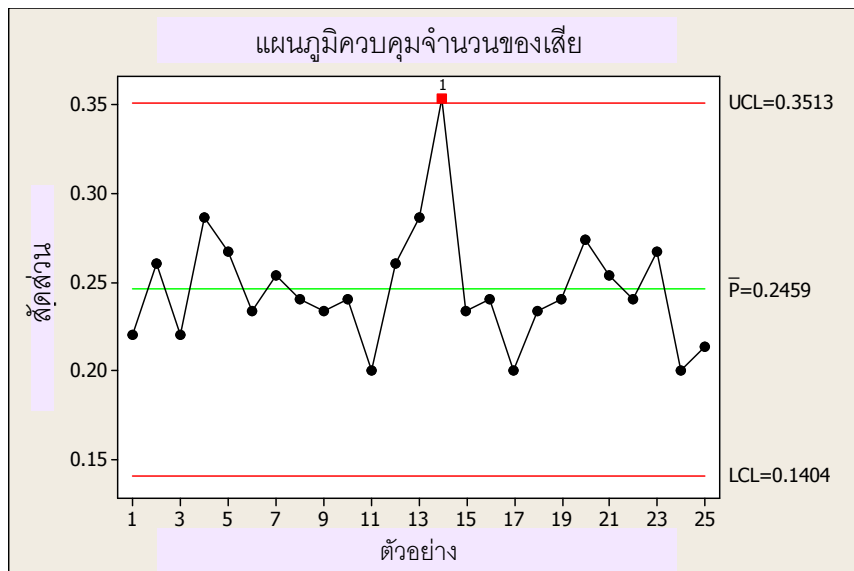
เพื่อเป็นการยืนยันว่าปัจจัยที่ได้ทำการปรับปรุงไปนั้น ส่งผลให้จำนวนของเสียในกระบวนการเชื่อมมีกึ่งลดลงจริง จึงนำข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพรอยเชื่อมประจำวัน ตั้งแต่วันที่ 1-29 กุมภาพันธ์ 2551 รวมเป็นเวลา 25 วัน ไปบันทึกค่าลงในแผนภูมิควบคุม (P-chart) ดังแสดงในภาพที่ 4.21 เพื่อใช้เป็นขอบเขตควบคุม (Control Limit) สัดส่วนจำนวนของเสียในกระบวนการเชื่อมมีกึ่งต่อไป โดยสามารถคำนวณค่าขอบเขตควบคุมบน (Upper Control Limit : UCL) และขอบเขตควบคุมล่าง (Lower Control Limit : LCL) ได้ดังนี้

$$\text{จาก} \quad UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$\text{เมื่อ} \quad \bar{p} = 0.2459 \text{ และ } n = 150$$

$$\text{จะได้} \quad UCL = 0.2459 + 3\sqrt{\frac{0.2459(1-0.2459)}{150}} = 0.3513$$

$$\text{และ} \quad LCL = 0.2459 - 3\sqrt{\frac{0.2459(1-0.2459)}{150}} = 0.1404$$



ภาพที่ 4.21 แผนภูมิควบคุม (P-chart) ของกระบวนการเชื่อมมิกซ์อลูมิเนียมหล่อ
รุ่น TD-Canter ในเดือนกุมภาพันธ์ 2551

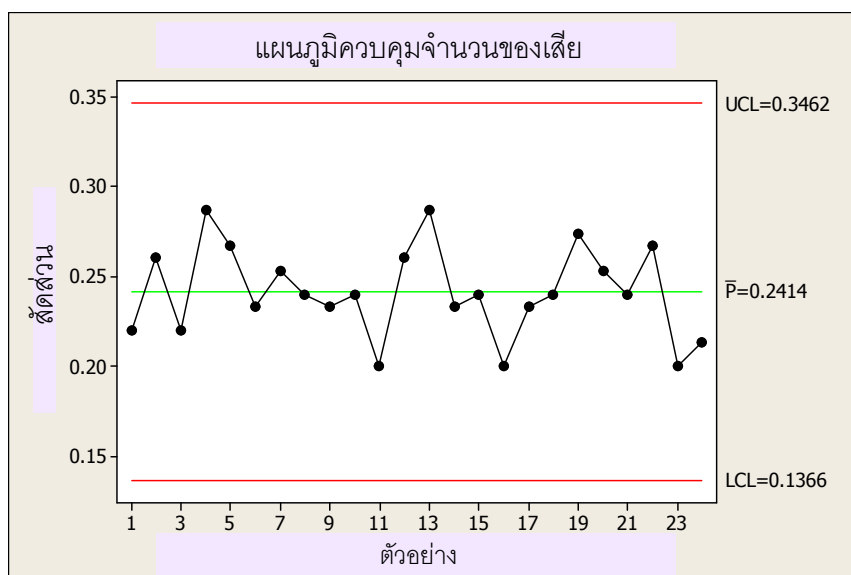
จากภาพที่ 4.18 พบว่าค่าเฉลี่ยของสัดส่วนจำนวนของเสียอยู่ที่ 24 % มีค่าขอบเขตควบคุมบนอยู่ที่ 35 % และขอบเขตควบคุมล่างอยู่ที่ 14% และยังพบว่าจำนวนของเสียในวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2551 (จุดลำดับที่ 14) อยู่เหนือขอบเขตการควบคุม (Over Control Limit) จากการเข้าไปตรวจสอบหาสาเหตุของความผิดปกติที่หน้างานภายในวันดังกล่าว เนื่องจากได้รับแจ้งจากพนักงานที่ประจำกระบวนการเชื่อมมิกซ์ พบว่าเกิดจากการอุดตันของท่อน้ำหล่อเย็นหัวทอร์ช ทำให้เมื่อเชื่อมติดต่อกันเป็นเวลานานจะเกิดความร้อนสูงที่บริเวณชุดของหัวทอร์ช ส่งผลให้ลวดเชื่อมสقط ลักษณะของปัญหา คือ รอยเชื่อมขาดแหว่งไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นจึงได้ตัดข้อมูลจุดนั้นออก และสร้างแผนภูมิควบคุม (P-chart) สำหรับใช้เป็นตัวกำหนดขอบเขตควบคุมใหม่ดังภาพที่ 4.22 โดยสามารถคำนวณค่าขอบเขตควบคุมบนและขอบเขตควบคุมล่างได้ดังนี้

$$\text{จาก} \quad UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$\text{เมื่อ} \quad \bar{p} = 0.2414 \text{ และ } n = 150$$

จะได้
$$UCL = 0.2414 + 3\sqrt{\frac{0.2414(1-0.2414)}{150}} = 0.3462$$

และ
$$LCL = 0.2414 - 3\sqrt{\frac{0.2414(1-0.2414)}{150}} = 0.1366$$



ภาพที่ 4.22 แผนภูมิควบคุม P-chart ของกระบวนการเชื่อมมิกซ์อลูมิเนียมหล่อ
รุ่น TD-Canter หลังจากตัดจุดที่อยู่นอกเหนือขอบเขตการควบคุมออก

จากภาพที่ 4.22 หลังจากตัดจุดที่อยู่นอกเหนือขอบเขตการควบคุมออก พบว่า
ค่าเฉลี่ยของจำนวนของเสียอยู่ที่ 24% มีค่าขอบเขตควบคุมบนอยู่ที่ 34% และขอบเขตควบคุมล่าง
อยู่ที่ 13% จึงนำค่าที่ได้นี้ไปกำหนดเป็นขอบเขตควบคุมในกระบวนการทำงานจริงต่อไป