

บทที่ 4

การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและการปรับปรุงกระบวนการ

4.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)

การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในโครงการซิกซ์ซิกมา จะเป็นการนำข้อมูล ณ ปัจจุบันที่เป็นอยู่จริงมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาสภาพการการเป็นอยู่ เพื่อวิเคราะห์ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นน่าจะเกิดมาจากส่วนกระบวนการไหน หรือเครื่องจักรตัวไหน โดยในส่วนของ การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหานี้เน้นทางด้านแบล็คเบลท์ได้ออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงการไว้ดังต่อไปนี้

4.1.1 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA)

4.1.2 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

4.1.1 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA)

การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบนี้ดำเนินการตามหลักการของสถาบัน AIAG (Lange, Leggett, and Baker, 2001) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ แต่ในโครงการซิกซ์ซิกมาโครงการนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแผ่นวงจรรวม ซึ่งคะแนนต่าง ๆ ในแต่ละส่วนของ FMEA จะเป็นการลงคะแนนความคิดเห็นเหมือนกับการลงคะแนนในตาราง C&E Matrix ซึ่งจะนำทีมโดยแบล็คเบลท์เป็นผู้นำเสนอให้ทางทีมลงความคิดเห็นว่ายอมรับหรือไม่กับคะแนนที่ได้ตัดสินใจ ส่วนคะแนนที่ได้ลงความเห็นในแต่ละช่องจะนำมาจากสถาบัน AIAG (Kevin A. Lange et al, 2001) ซึ่งเป็นสถาบันที่ได้ออกแบบมาตรฐานของ FMEA ไว้ แต่เพื่อความเหมาะสมจึงจะนำตารางของ AIAG มาเป็นแนวทางในการให้คะแนน เนื่องจากตัวผลิตภัณฑ์ระหว่างอุตสาหกรรมยานยนต์กับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีลักษณะของชิ้นส่วน และจำนวนส่วนประกอบที่แตกต่างกัน โดยรายละเอียดของคะแนนในส่วนต่าง ๆ จะเป็นดังตารางที่ 4.1 , 4.2 และ 4.3 โดยที่ในตารางที่ 4.4 จะเป็นตัวอย่างตารางแบบประเมินผลใน FMEA

ตารางที่ 4.1
ผลกระทบของเสียที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการ

ผลกระทบ	ผลกระทบที่เกิดกับลูกค้าผู้ใช้งาน	ผลกระทบที่เกิดกับโรงงานผลิต	ระดับ คะแนน
อันตรายโดยปราศจากการเตือน	ผลกระทบจากของเสียเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า และต้องมีกฎหมายรองรับ	ผลกระทบจากของเสียมีโอกาสส่งผลให้พนักงานในโรงงานได้รับอันตรายมาก โดยไม่มีเตือนและต้องมีกฎหมายรองรับ	10
อันตรายแต่มีการเตือน	ผลกระทบจากของเสียเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานโดยมีการเตือนล่วงหน้า และต้องมีกฎหมายรองรับ	ผลกระทบจากของเสียมีโอกาสส่งผลให้พนักงานในโรงงานได้รับอันตรายมาก โดยไม่มีเตือนและต้องมีกฎหมายรองรับ	9
สูงมาก	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ทำงานไม่ได้	ผลกระทบจากของเสียทำให้สายการผลิตทำงานไม่ได้	8
สูง	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ลดคุณสมบัติการทำงานหลักของผลิตภัณฑ์ลดลง	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้สายการผลิตต้องมีการซ่อมผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 30 นาที ถึง 60 นาที	7
ปานกลาง	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้คุณสมบัติการทำงานหลักไม่สะดวกหรือทำงานติด ๆ ขัด ๆ	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้สายการผลิตต้องมีการซ่อมผลิตภัณฑ์เป็นเวลาน้อยกว่า 30 นาที	6
ต่ำ	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติการทำงานลดลงโดยไม่กระทบต่อคุณสมบัติการทำงานหลักของผลิตภัณฑ์	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้สายการผลิตต้องส่งผลิตภัณฑ์ไปซ่อมแต่ไม่ถึงกับส่งไปซ่อมในแผนกซ่อมแซม	5
ต่ำมาก	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถประกอบได้อย่างสมบูรณ์แต่สามารถใช้งานได้ โดยมีส่วนของรอยของเสียมากกว่า 75%	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้สายการผลิตมีการปรับปรุงโดยที่ผลิตภัณฑ์ไม่ต้องการการซ่อมแซม	4
น้อย	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถประกอบได้อย่างสมบูรณ์แต่สามารถใช้งานได้ โดยมีส่วนของรอยของเสียน้อยกว่า 50%	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้สายการผลิตต้องมีการปรับปรุงโดยผลิตภัณฑ์ไม่ต้องการการซ่อมแซม	3
เล็กน้อย	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถประกอบได้อย่างสมบูรณ์แต่สามารถใช้งานได้ โดยมีส่วนของรอยของเสียน้อยกว่า 25%	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้สายการผลิตต้องมีการปรับปรุงโดยผลิตภัณฑ์ไม่ต้องการการซ่อมแซม	2
ไม่มี	ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	1

ตารางที่ 4.2
โอกาสการเกิดผลกระทบ

ความเป็นไปได้	อัตราส่วนการเกิดของเสีย	ระดับคะแนน
สูงมาก	มากกว่า 100 ใน 1000 ชิ้น	10
	50 ต่อ 1000 ชิ้น	9
สูง	20 ต่อ 1000 ชิ้น	8
	10 ต่อ 1000 ชิ้น	7
ปานกลาง	5 ต่อ 1000 ชิ้น	6
	2 ต่อ 1000 ชิ้น	5
ต่ำ	1 ต่อ 1000 ชิ้น	4
	0.5 ต่อ 1000 ชิ้น	3
ต่ำมาก	0.1 ต่อ 1000 ชิ้น	2
	น้อยกว่า 0.01 ต่อ 1000 ชิ้น	1

ตารางที่ 4.3
การป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้

การป้องกัน	ทฤษฎีการตรวจสอบ	ระดับคะแนน
เป็นไปไม่ได้	ตรวจด้วยสายตา	10
ป้องกันได้น้อยมาก	ตรวจด้วยสายตา	9
ป้องกันได้น้อย	ตรวจด้วยสายตา	8
ป้องกันได้ต่ำมาก	ตรวจด้วยสายตา	7
ป้องกันได้ต่ำ	ตรวจด้วยสายตาและเครื่องมือวัด	6
ป้องกันได้ปานกลาง	ตรวจด้วยเครื่องมือวัด	5
ป้องกันได้ปานกลาง-สูง	ตรวจด้วยเครื่องมือวัดและเครื่องมือป้องกันความผิดพลาด	4
ป้องกันได้สูง	ตรวจด้วยเครื่องมือวัดและเครื่องมือป้องกันความผิดพลาด	3
ป้องกันได้สูงมาก	ตรวจด้วยเครื่องมือวัดและเครื่องมือป้องกันความผิดพลาด	2
ป้องกันได้แน่นอน	ตรวจด้วยเครื่องมือป้องกันความผิดพลาด	1

ตารางที่ 4.4
ตัวอย่างแบบประเมิน FMEA

กระบวนการ	ความเป็นไปได้ในการเกิดของเสีย	ผลกระทบจากความ เป็นไปได้ในการเกิดของเสีย	ผ.	สาเหตุของความเป็นไปได้ในการเกิดของเสีย	อ.	กระบวนการปัจจุบันในการป้องกัน	กระบวนการปัจจุบันในการตรวจจับ	ต.	ผลรวม RPN	ข้อเสนอแนะในการแก้ไขและป้องกัน	ผลของคะแนนจากการปรับปรุง			
											การแก้ไขปรับปรุง	ผ.	อ.	ต.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14

จากตารางที่ 4.4 ตารางตัวอย่าง FMEA จะได้อธิบายตามตัวเลขดังต่อไปนี้

1. กระบวนการ เป็นส่วนของการในกระบวนการที่อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายหรือของเสีย
2. ความเป็นไปได้ในการเกิดของเสีย เป็นส่วนการพิจารณาว่าอาการของเสียที่คาดว่าจะเกิดขึ้นนั้นจะเป็นในลักษณะอาการอย่างไร
3. ผลกระทบจากความเป็นไปได้ในการเกิดของเสีย เป็นส่วนที่จะต้องอธิบายผลกระทบ ถ้าหากผลิตภัณฑ์เกิดของเสียขึ้นจะส่งผลอย่างไรต่อไป
4. ผ. เป็นช่องสำหรับลงระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น ซึ่งจะใช้มาตรฐานตามแนวทางในตารางที่ 4.1 ตารางผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการ
5. สาเหตุของความเป็นไปได้ในการเกิดของเสีย จะต้องลงสาเหตุที่คาดว่าจะป็นต้นเหตุของการเกิดของเสีย ซึ่งสาเหตุของการเกิดของเสียนี้นั้นอาจจะมีมากกว่า 1 สาเหตุก็เป็นไปได้
6. อ. เป็นช่องสำหรับลงระดับคะแนนโอกาสที่ทำให้เกิดผลกระทบโดยใช้มาตรฐานตามแนวทางในตารางที่ 4.2 ตารางโอกาสการเกิดผลกระทบ
7. กระบวนการปัจจุบันในการป้องกัน จะเป็นการอธิบายถึงการป้องกันในปัจจุบันที่ใช้อยู่
8. กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน จะเป็นกระบวนการที่ใช้ในการตรวจสอบผลกระทบของเสียที่เกิดขึ้น
9. ต.เป็นช่องสำหรับลงระดับคะแนนการตรวจสอบที่สามารถตรวจจับได้ โดยจะใช้มาตรฐานในการตรวจสอบตามแนวทางในตารางที่ 4.3 การป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นได้
10. ผลรวม RPN(Risk Priority Number) จะเป็นคะแนนรวมของการคูณระหว่าง ผ. X อ. X ต. ซึ่งจะออกมาเป็นระดับคะแนนรวมของความสำคัญที่จะต้องแก้ไขปัญหานั้น ๆ เป็นอันดับแรก
11. ข้อเสนอแนะในการแก้ไขและป้องกัน จะเป็นการบอกแนวทางในแก้หาทางแก้ไข และป้องกันไม่ให้ผลกระทบเกิดขึ้นอีก
12. การแก้ไขปรับปรุง ลงบันทึกหัวข้อที่ได้ทำการแก้ไขปรับปรุง ที่นำไปใช้งานจริง

13. ผลการลงคะแนนหลังจากได้ผ่านการปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว ซึ่งอาจจะส่งผลให้
คะแนนลดลง

14. ผลรวมคะแนน RPN ในส่วนของการแก้ไขการปรับปรุง ซึ่งทางที่ถูกต้องและการ
ปรับปรุงลดผลกระทบที่ทำให้เกิดของเสียได้จริงควรจะต้องมีค่าน้อยลง
จากการศึกษาในงานวิจัยนี้ทางทีมซิกซ์ซิกซ์มาก็ได้ประชุมร่วมกันซึ่งนำโดยแบล็ค

เบลท์โดยโดยกระบวนการที่สนใจคือส่วนของกระบวนการปาดตะกั่ว และกระบวนการหลอม
ละลาย

ตารางที่ 4.5

แบบประเมิน FMEA กระบวนการปาดตะกั่ว

กระบวนการ	ความเป็นไปได้ในการเกิดของเสีย	ผลกระทบจากความ เป็นไปได้ในการเกิดของ เสีย	ผ.	สาเหตุของความเป็นไปได้ ในการเกิดของเสีย	อ.	กระบวนการปัจจุบันในการ ป้องกัน	กระบวนการปัจจุบันใน การตรวจจับ	ต.	ผลรวม RPN	ข้อเสนอแนะในการแก้ไข และป้องกัน
กระบวนการปาด ตะกั่ว	การปาดตะกั่วไม่ ตรงกับพื้นที่ที่ ต้องการ	เกิดขึ้นงานวางไม่ตรง ตำแหน่ง มีการเลื่อน ออกไปจากตำแหน่งที่ ต้องการ	5	การปรับตั้งค่าของเครื่อง ปาดตะกั่วในส่วนของแกน X และแกน Y	6	มีการระบุค่าของ X และค่า ของ Y ที่จะต้องปรับตั้ง สำหรับเครื่องปาดตะกั่วใน เอกสารการทำงานประจำ ผลิตภัณฑ์	ตรวจสอบทุก ๆ รอบ การทำความสะอาด ซึ่ง จะตรวจสอบทุก 7 แผ่นวงจรหลังจากปาด ตะกั่วเหลวลงบน แผ่นวงจรแล้ว	4	120	ทำการระบุค่าปรับตั้งลงใน เอกสารการทำงานทุก ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการผลิต
	การปาดตะกั่ว เหลวไม่เพียงพอ ต่อความต้องการ ของผลิตภัณฑ์	ชิ้นงานจะเป็นของเสียใน ส่วนของตะกั่วไม่เพียงพอ หรือน้อยเกินไป และ เกิดปัญหา Dewetting	4	เกิดจากการปรับตั้งของ เครื่องปาดตะกั่วเหลว ซึ่ง ทำให้การปาดตะกั่วเหลว นั้นมีปริมาณตะกั่วบน แผ่นวงจรน้อยเกินไป	4	มีการระบุค่าการปรับตั้งใน ส่วนของ squeegee pressure และ squeegee speed ลงในเอกสารการ ทำงานของผลิตภัณฑ์	มีการตรวจสอบ แผ่นวงจรพร้อมตะกั่ว เหลวไปวัดค่าความสูง ของตะกั่วเหลวทุก ๆ 2 ชั่วโมงระหว่างการผลิต	5	80	ทำการออกแบบหาค่าการ ปรับตั้งที่ดีที่สุดที่จะส่งผล ให้ความสูงของตะกั่วเหลว ไม่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์
	การปาดตะกั่ว เหลวมากเกินไป ความต้องการของ แผ่นวงจร	ชิ้นงานจะมีตะกั่วเหลวที่ สูงเกินความต้องการ และทำให้ตะกั่ว short เข้าหากัน	7	เกิดจากการปรับตั้งของ เครื่องปาดตะกั่วเหลว ซึ่ง ทำให้การปาดตะกั่วเหลว นั้นมีปริมาณตะกั่วบน แผ่นวงจรมากเกินไป	3	มีการระบุค่าการปรับตั้งใน ส่วนของ squeegee pressure และ squeegee speed ลงในเอกสารการ ทำงานของผลิตภัณฑ์	มีการตรวจสอบ แผ่นวงจรพร้อมตะกั่ว เหลวไปวัดค่าความสูง ของตะกั่วเหลวทุก ๆ 2 ชั่วโมงระหว่างการผลิต	4	84	ทำการออกแบบหาค่าการ ปรับตั้งที่ดีที่สุดที่จะส่งผล ให้ความสูงของตะกั่วเหลว ไม่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.6

แบบประเมิน FMEA กระบวนการหลอมละลาย

กระบวนการ	ความเป็นไปได้ในการเกิดของเสีย	ผลกระทบจากความ เป็นไปได้ในการเกิดของ เสีย	ผ.	สาเหตุของความเป็นไปได้ ในการเกิดของเสีย	อ.	กระบวนการปัจจุบันในการ ป้องกัน	กระบวนการปัจจุบันใน การตรวจจับ	ต.	ผลรวม RPN	ข้อเสนอแนะในการแก้ไข และป้องกัน
กระบวนการ หลอมละลาย	ตะกั่วไม่ยอม หลอมละลาย	เกิดอาการของเสีย dewetting ซึ่งตะกั่ว หลอมละลายไม่สมบูรณ์ ทำให้ไม่ได้มาตรฐาน ตามที่ลูกค้าต้องการ	4	การปรับตั้งค่าของเครื่อง หลอมละลาย	4	การระบุในเอกสารการปรับตั้ง เครื่องหลอมละลาย สำหรับ การปรับตั้งค่าต่าง ๆ โดยระบุ เป็นขอบเขต	ตรวจสอบหลังจาก ปล่อยแผ่นวงจรเข้า เครื่องหลอมละลาย และวัดอุณหภูมิภายใน โดยเครื่องมือวัด	6	96	หาค่าการปรับตั้งที่ดีที่สุด ในการปรับตั้งค่าของ เครื่องหลอมละลายโดยไม่ ส่งผลให้เกิดปัญหาของเสีย
	ตะกั่วดำ หรือไหม้	ทำให้ของเสียไม่สามารถ ทำงานได้	7	การปรับตั้งของเครื่อง หลอมละลาย	4	การระบุในเอกสารการปรับตั้ง เครื่องหลอมละลาย สำหรับ การปรับตั้งค่าต่าง ๆ โดยระบุ เป็นขอบเขต	ตรวจสอบหลังจาก ปล่อยแผ่นวงจรเข้า เครื่องหลอมละลาย และวัดอุณหภูมิภายใน โดยเครื่องมือวัด	6	168	หาค่าการปรับตั้งที่ดีที่สุด ในการปรับตั้งค่าของ เครื่องหลอมละลายโดยไม่ ส่งผลให้เกิดปัญหาของเสีย

จากตารางที่ 4.5 FMEA กระบวนการปาดตะกั่ว ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะต้องนำมาพิจารณาเพื่อหาทางแก้ไข และวิเคราะห์หาทางปรับปรุง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่า กระบวนการปาดตะกั่วเหลวนั้น ในส่วนของการที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดอาการ misalignment ซึ่งเป็นหนึ่งในของเสียที่จะต้องทำการปรับปรุงมีค่าคะแนน RPN ที่ค่อนข้างสูงถึง 120 ซึ่งผลจากการลงความเห็นของสมาชิกทีมซิกซิกม่านั้น มีความเห็นตรงกันว่าจะต้องให้ทีมซิกซิกมำนำไปปรับปรุง และเมื่อมีการปรับปรุงแล้วถึงจะได้มาพิจารณาผลกระทบกันอีกทีในส่วนของการป้องกันและแก้ไข เพื่อตรวจสอบว่าค่า RPN นั้นลดลงจากที่ได้ลงคะแนนความเห็นไว้หรือไม่ ถ้าหากคะแนน RPN ไม่ลดลงก็หมายความว่า การป้องกันและแก้ไขทำมาไม่ถูกวิธี

จากตารางที่ 4.6 FMEA กระบวนการหลอมละลาย ซึ่งเป็นอีกหนึ่งกระบวนการจากผลของตาราง C&E Matrix ซึ่งจะต้องนำมาพิจารณากระบวนการ FMEA ด้วยเช่นกัน เพื่อระบุหาความเป็นไปได้ในการเกิดของเสีย จากในตารางที่ 4.6 ก็พบว่าความคิดเห็นของสมาชิกทีมซิกซิกมำ จะลงความเห็นไปในส่วนของอาการของเสีย dewetting ซึ่งคาดว่าจะสาเหตุของเสียที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการ ดังนั้นสมาชิกทีมซิกซิกมำลงความเห็นว่าจะนำกระบวนการไปทำการทดลองเพื่อหาค่าการปรับตั้งที่ดีที่สุดสำหรับเครื่องหลอมละลายที่ไม่ส่งผลให้เกิดปัญหาของเสีย dewetting หรือลดปัญหาของเสียลง และเมื่อได้แนวทางที่แก้ไขที่แน่นอนแล้วจึงจะกลับมาพิจารณาในส่วนของการป้องกันและแก้ไข เพื่อดูค่า RPN ว่าลดลงหรือไม่อย่างไร

จากการวิเคราะห์ FMEA ของกระบวนการทางซิกซิกมำแล้ว พบว่าอย่างไรก็ตาม กระบวนการปาดตะกั่วเหลว และกระบวนการหลอมละลาย เป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดของเสีย ดังนั้น การทำการทดลองในส่วนของการปรับปรุงแก้ไข จึงจำเป็นจะต้องทำทั้งสองกระบวนการนี้ โดยก่อนที่จะสามารถดำเนินการปรับปรุงแก้ไขได้นั้น เครื่องจักรที่จะสามารถนำมาปรับปรุงแก้ไขได้ จะต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์ก่อน เพื่อให้แน่ใจว่าของเสียที่เกิดขึ้น และผลจากการทดลองไม่ได้เป็นผลกระทบมาจากปัญหาภายในตัวเครื่องจักรเอง โดยกระบวนการทดสอบความสามารถของเครื่องจักรนั้นจะทำการตรวจสอบโดยเน้นความเที่ยงตรงของเครื่องจักรในการทำงาน ดังจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

4.1.2 วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการนี้นั้น จะเป็นการตรวจสอบค่าความสามารถของเครื่องจักรที่ทำการผลิตทั้งกระบวนการ โดยจะแยกเครื่องจักรที่จะทำการตรวจสอบความสามารถของกระบวนการเป็นดังต่อไปนี้

4.1.2.1 เครื่องปาดตะกั่ว

4.1.2.2 เครื่องหยิบและวางชิ้นงาน

4.1.2.3 เครื่องหลอมละลาย

เครื่องจักรทั้งสามชนิดเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการ SMT ดังนั้นการตรวจวัดค่าความสามารถของเครื่องจักรจึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบก่อน ถึงจะสามารถนำเครื่องจักรเหล่านี้มาใช้ในการทดลองได้ โดยการตรวจวัดความสามารถของเครื่องจักรจะใช้ตามหลักการ $\pm 3\sigma$ ซึ่งจะใช้ค่า C_p และ ค่า C_{pk} ในการพิจารณาถึงความสามารถของกระบวนการ โดยที่

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

$USL - LSL$ = ความผันแปรที่ยอมให้เกิดขึ้น

6σ = ความผันแปรโดยธรรมชาติของกระบวนการ

และค่าที่นำมาพิจารณาอีกค่าคือ C_{pk}

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \mu}{6\sigma}, \frac{\mu - LSL}{6\sigma} \right\}$$

โดยที่ค่า C_p ยิ่งมากและมีค่าเท่ากับค่า C_{pk} แสดงว่ากระบวนการมีความเที่ยงตรงและมีเสถียรภาพ แต่ถ้าค่า C_{pk} น้อยกว่า ค่า C_p แสดงว่าระบบมีการเลื่อนออกจากจุดศูนย์กลาง โดยที่ระบบจะค่าของ C_{pk} ที่ควรจะเป็นไม่ควรต่ำกว่า 1.33 ระบบถึงจะเชื่อถือได้ว่าเครื่องจักร หรือ กระบวนการนั้น ๆ มีความสามารถเพียงพอที่จะใช้ทำการผลิตได้ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2547)

4.1.2.1 การตรวจสอบความสามารถของเครื่องปาดตะกั่ว

เครื่องปาดตะกั่วนั้นจะทำหน้าที่ในการปาดตะกั่วเหลวลงบนแผ่นวงจร ซึ่งผลของตะกั่วเหลวนั้นจะแสดงถึงประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดยในการทดสอบความสามารถของกระบวนการของเครื่องปาดตะกั่ว นั้น จะทำโดยการปาดตะกั่วเหลวลงบนแผ่นวงจรต้นแบบ และทำการวัดค่าความสูงของตะกั่วเหลว โดยใช้การออกแบบดังต่อไปนี้

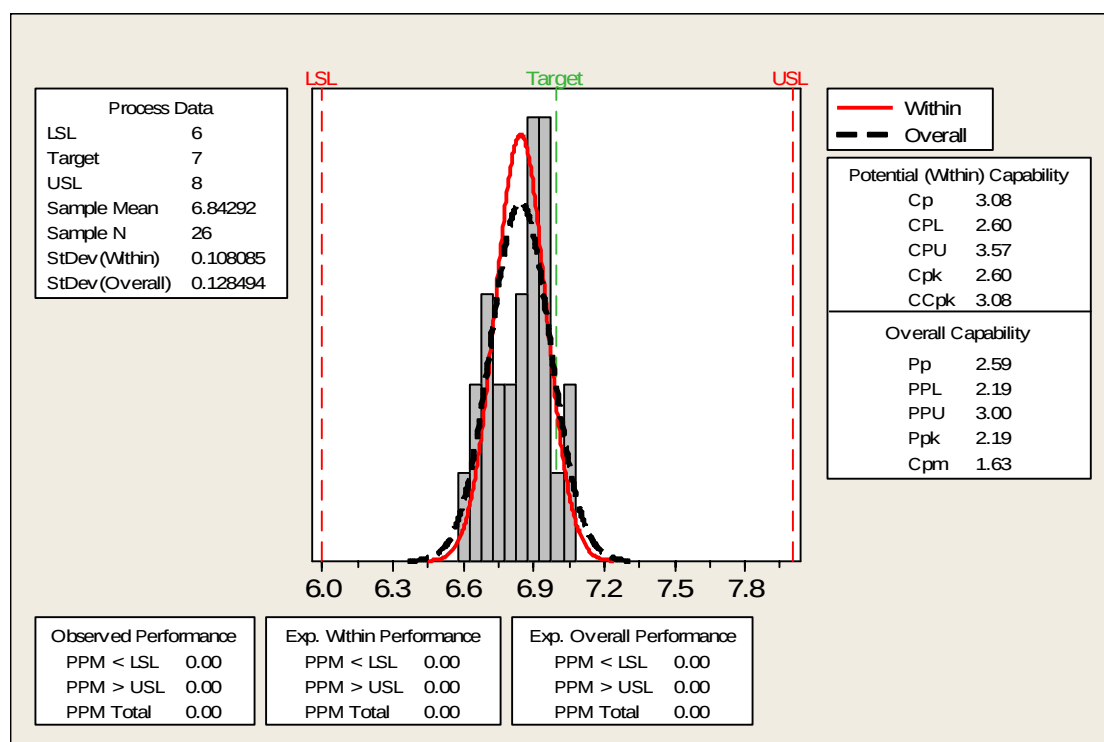
1. ใช้จำนวนทั้งหมด 26 ครั้งในการปาดตะกั่วเหลวลงบนแผ่นวงจร
2. แต่ละครั้งจะเป็นการหาค่าเฉลี่ยบนแผ่นวงจรแต่ละจุดที่ทำการตรวจวัด

3. ตั้งค่าปรับตั้งคงที่ตลอดการทดสอบ โดยใช้ค่าแรงดันของโบสกีวี 7 kgf

(KilogramForce) และความเร็วที่ 25 มิลลิเมตร ต่อ วินาที

ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7 และผลการวิเคราะห์ผลของเครื่องปาดตะกั่วแสดงดังภาพที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถของเครื่องปาดตะกั่ว

จากผลการทดสอบความสามารถของเครื่องปาดตะกั่ว จากขอบเขตที่กำหนดคือ 6 ถึง 8 mil สำหรับความสูงของตะกั่วเหลว พบว่าเครื่องปาดตะกั่วสามารถทำได้ในขอบเขตที่กำหนด โดยไม่มีส่วนใดออกนอกขอบเขตเลย และแม้ว่าค่า C_p และ C_{pk} จะแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ระหว่าง 3.08 และ 2.60 อาจจะเป็นผลมาจากความผันแปรภายในกระบวนการ แต่ก็สามารถยอมรับได้ที่ ค่า C_{pk} มากกว่า 1.33 (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2547)



ภาพที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถของเครื่องปาดตะกั่ว

ตารางที่ 4.7
ผลการวัดความสามารถเครื่องปาดตะกั่ว

ครั้งที่	จุดที่ทำการตรวจวัด					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
1	6.500	6.400	7.000	7.500	7.000	6.880
2	7.400	6.700	6.700	7.000	6.900	6.940
3	6.900	6.600	6.500	6.700	6.700	6.680
4	7.400	6.900	6.600	6.600	5.900	6.680
5	7.200	6.900	6.900	6.800	7.100	6.980
6	6.700	7.000	6.600	6.800	7.100	6.840
7	6.700	6.900	6.600	6.500	6.980	6.736
8	7.000	6.700	6.700	7.000	6.800	6.840
9	6.600	7.000	6.900	7.100	6.600	6.840
10	6.800	7.000	6.600	7.500	6.800	6.940
11	6.900	7.000	7.200	7.000	6.700	6.960
12	6.600	7.200	7.100	6.700	7.000	6.920
13	6.800	6.600	7.200	6.800	6.400	6.760
14	6.700	6.700	7.100	7.000	6.900	6.880
15	6.600	6.700	6.400	6.700	6.800	6.640
16	6.900	6.800	7.000	6.200	6.700	6.720
17	6.400	6.700	7.000	6.900	6.000	6.600
18	6.500	6.900	6.700	6.600	6.600	6.660
19	6.800	6.900	6.800	6.800	6.700	6.800
20	6.700	7.000	7.500	7.100	7.000	7.060
21	6.900	6.800	6.700	6.800	6.900	6.820
22	7.200	7.000	6.600	6.700	7.000	6.900
23	7.000	6.700	6.900	7.000	7.100	6.940
24	7.200	7.000	7.000	6.900	7.200	7.060
25	6.900	7.000	7.100	6.700	6.700	6.880
26	7.000	6.800	7.000	7.100	6.900	6.960

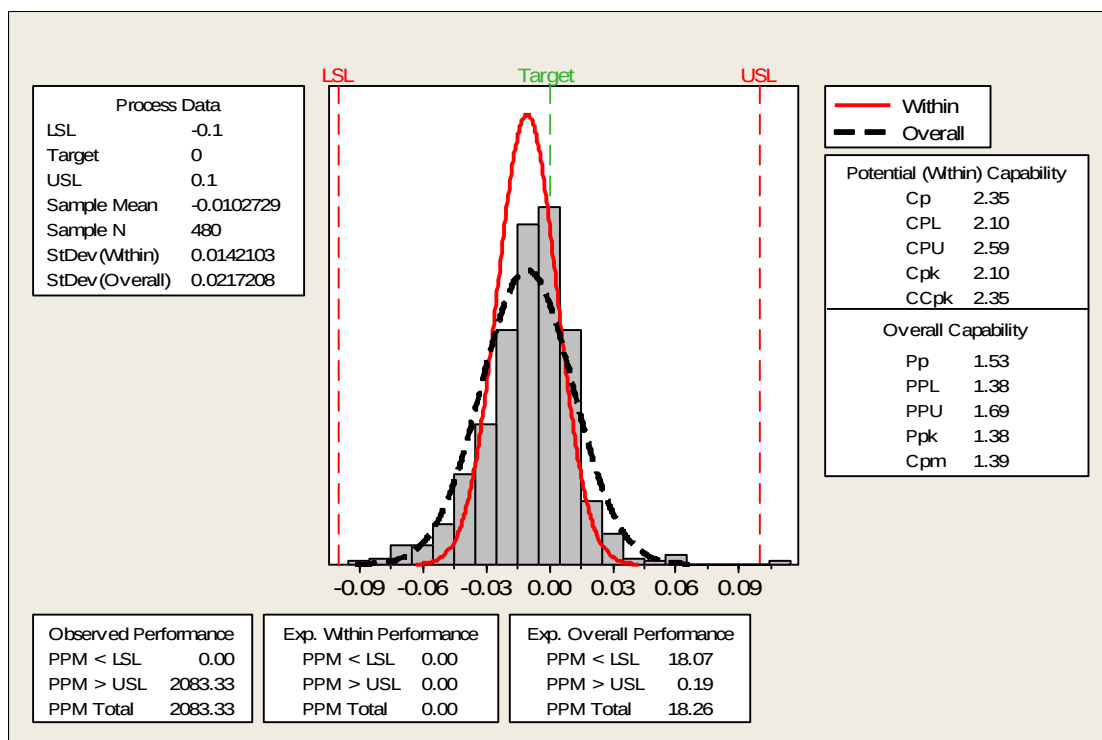
ในส่วนของการศึกษาความสามารถของเครื่องปาดตะกั่วสามารถสรุปได้ว่าเครื่องปาดตะกั่วมีความสามารถเพียงพอที่จะใช้ในการทำงาน มีความเที่ยงตรงสม่ำเสมอในการทำงาน ซึ่งก็สามารถใช้เครื่องปาดตะกั่วในการทำการทดลองได้ต่อไป

4.1.2.2 การตรวจสอบความสามารถของเครื่องหยิบและวางชิ้นงาน

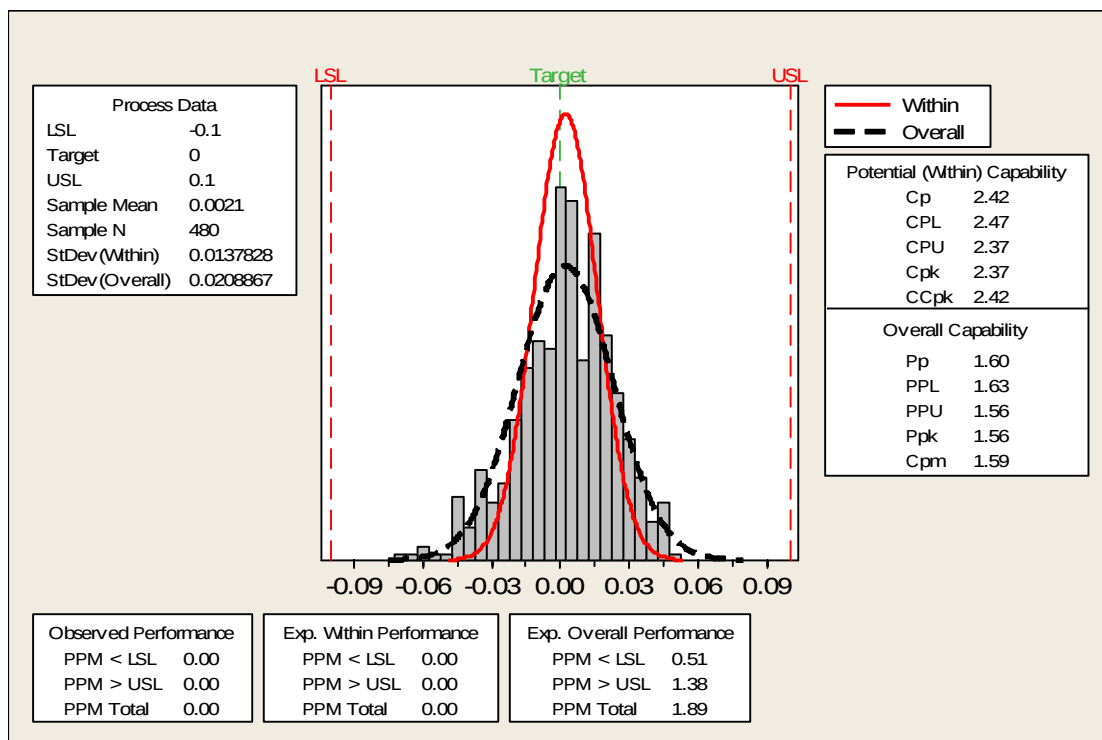
เครื่องหยิบและวางชิ้นงานนั้น เป็นเครื่องจักรที่ทำการหยิบอุปกรณ์ต่าง ๆ มาวางลงบนแผ่นวงจรที่มีตะกั่วเหลวที่ได้ทำการปาดตะกั่วเหลวเรียบร้อยแล้ว เครื่องหยิบและวางชิ้นงานนั้นจะเป็นเครื่องที่จะต้องมีความแม่นยำในการหยิบและวางชิ้นงาน โดยการทำงานของเครื่องหยิบและวางชิ้นงานจะทำตามโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้ โดยการมองตำแหน่งบนแผ่นวงจรของแต่ละพื้นที่การวางเป็นแกน X และแกน Y รวมทั้งองศาในการวาง ดังนั้นการตรวจสอบความสามารถของกระบวนการหยิบและวางของเครื่องจักรนั้น จึงทำการใช้ชิ้นงานที่เป็นมาตรฐานพร้อมทั้งแผ่นวงจรที่เป็นมาตรฐานที่ได้ออกแบบมาสำหรับการตรวจสอบค่าความสามารถของเครื่องจักรโดยตรง โดยจะทำการหยิบและวางชิ้นงานบนแผ่นวงจร แล้วนำไปวัดหาค่าที่แต่ละชิ้นงานได้วางห่างจากจุดศูนย์กลางไปกี่มิลลิเมตร และเอียงไปจากตำแหน่งที่ต้องการกี่องศา สำหรับการเตรียมการตรวจวัดความสามารถของเครื่องหยิบและวางชิ้นงานนี้ จะใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1. ชิ้นงานจำนวน 480 ชิ้น
2. แผ่นวงจรสำเร็จรูปสำหรับการวางชิ้นงานตรวจสอบ
3. เครื่องหยิบและวางชิ้นงาน

การหยิบและวางชิ้นงานนั้นเครื่องหยิบและวางชิ้นงานจะทำการตรวจวัดชิ้นงานที่ได้วางลงไปโดยจะมีขอบเขตของแกน X และ แกน Y เป็น ± 0.1 มิลลิเมตร และองศาในการวางเป็น ± 3 องศา ซึ่งจะเป็นของเขต โดยผลในการวัดจะเป็นดัง ภาคผนวก ก และผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม minitab จะเป็นดังต่อไปนี้



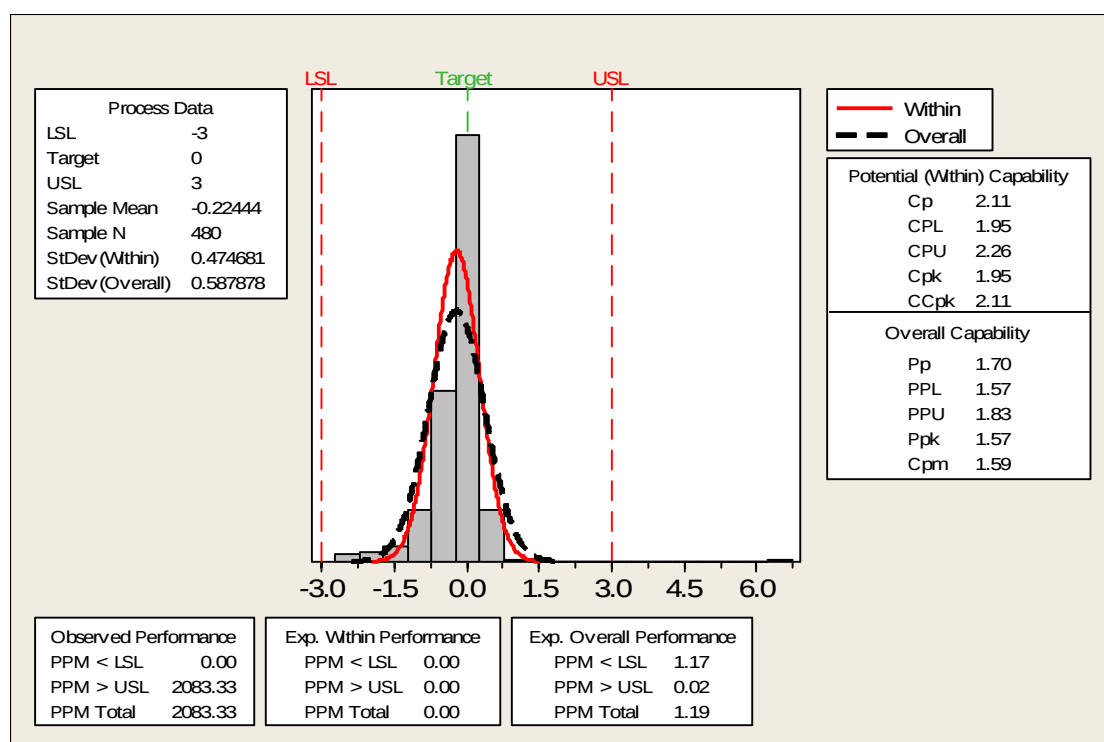
ภาพที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของเครื่องหยิบและวางอุปกรณ์ทางแกน X



ภาพที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของเครื่องหยิบและวางอุปกรณ์ทางแกน Y

จากภาพที่ 4.2 เป็นการวิเคราะห์ค่าความสามารถของเครื่องหยิบและวางอุปกรณ์ โดยที่ เป็นการวัดความคลาดเคลื่อนในทางแกน X สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถของเครื่องหยิบและวางชิ้นงาน ส่งผลให้ค่า C_p และ C_{pk} ต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งค่า C_{pk} ได้มากกว่า 1.33 ก็สามารถยอมรับได้ว่าเครื่องจักรสามารถใช้ในการทดสอบได้ในทางการ X ซึ่งมีความสามารถเพียงพอในการใช้งานหยิบและวางชิ้นงานในทางแกน X โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องจักร หรือแก้ไขซ่อมแซมส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักร

จากภาพที่ 4.3 เป็นการวิเคราะห์ค่าความสามารถของเครื่องหยิบและวางอุปกรณ์ โดยที่ เป็นการวัดความคลาดเคลื่อนในทางแกน Y สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถของเครื่องหยิบและวางชิ้นงาน ส่งผลให้ค่า C_p และ C_{pk} ต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งค่า C_{pk} ได้มากกว่า 1.33 ก็สามารถยอมรับได้ว่าเครื่องจักรสามารถใช้ในการทดสอบได้ ในทางการ Y ซึ่งมีความสามารถเพียงพอในการใช้งานหยิบและวางชิ้นงานในทางแกน Y โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องจักร หรือแก้ไขซ่อมแซมส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักร



ภาพที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของเครื่องหยิบและวางอุปกรณ์ขององศาการวาง

จากภาพที่ 4.4 เป็นการวิเคราะห์ค่าความสามารถของเครื่องหีบและวางอุปกรณ์ โดยที่ เป็นการวัดความคลาดเคลื่อนในทางองศาการวางของชิ้นงาน

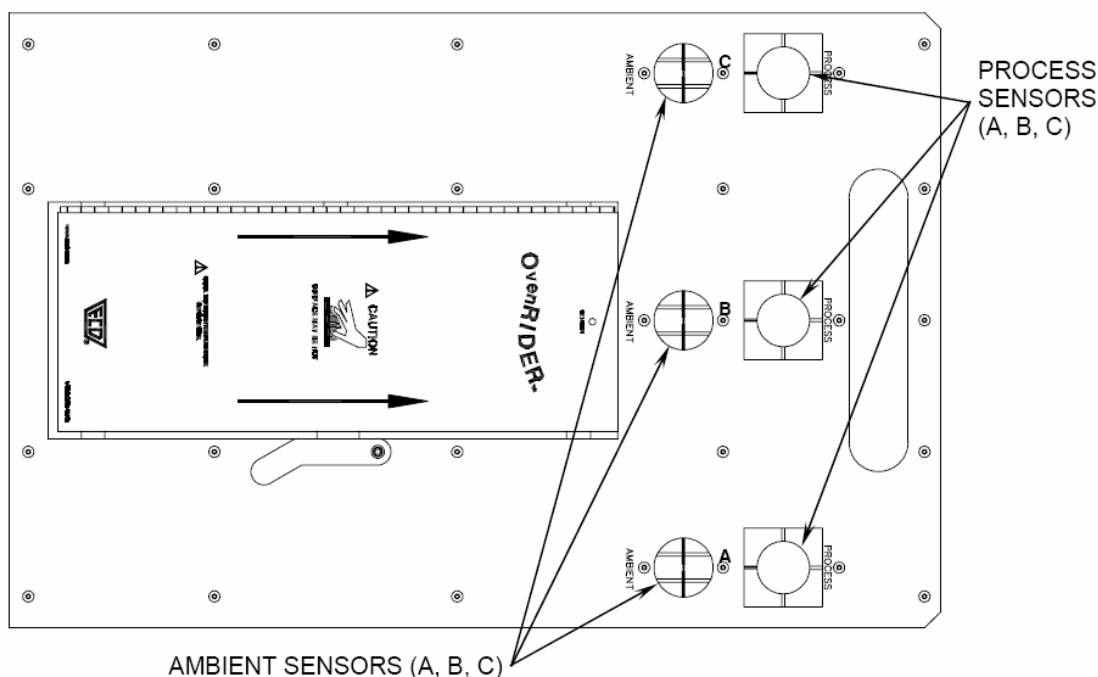
สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถของเครื่องหีบและวางชิ้นงาน ส่งผลให้ค่า C_p และ C_{pk} ต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งค่า C_{pk} ได้มากกว่า 1.33 ก็สามารถยอมรับได้ว่าเครื่องจักรสามารถใช้ในการทดสอบได้ทางองศาการวางมีความสามารถเพียงพอในการใช้งานหีบและวางชิ้นงานโดยองศาการวางที่คลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งที่ได้ทำการวางเป็นค่าที่ยอมรับได้ โดยที่ไม่ต้องทำการซ่อมแซมหรือดัดแปลงเครื่องจักร

สรุปผลของการทดสอบความสามารถของเครื่องจักรหีบและวางชิ้นงาน แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการหีบและวางชิ้นงานได้เป็นผลอย่างดี และสามารถที่จะใช้เครื่องจักรชนิดนี้ในการทดสอบและทดลองต่าง ๆ ได้ โดยที่ค่าที่ออกมาเป็นค่าคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ไม่ได้มาจากเครื่องจักรหีบและวางเครื่องนี้อย่างแน่นอน

4.1.2.3 การตรวจสอบความสามารถของเครื่องหลอมละลาย

เครื่องหลอมละลายจะเป็นเครื่องจักรที่ทำการหลอมละลายระหว่างชิ้นงาน แผ่นวงจร และตะกั่วเหลวให้หลอมละลายติดกัน ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องใช้อุณหภูมิในการหลอมละลาย โดยอุปกรณ์ที่ใช้วัดจะมีดังต่อไปนี้

1. เครื่องหลอมละลายชนิด 8 แผ่นความร้อน
2. อุปกรณ์การวัด ECD ดังภาพที่ 4.5 เครื่องมือวัดอุณหภูมิภายในเครื่องหลอมละลาย



ภาพที่ 4.5 เครื่องมือวัดอุณหภูมิภายในเครื่องหลอมละลาย

สำหรับการวัดอุณหภูมิในเครื่องหลอมละลายนั้น จะเป็นการทดสอบความสามารถของเครื่องหลอมละลาย โดยการทดสอบค่าความสามารถของเครื่องหลอมละลายจะทำได้เพียงปีละ 1 ครั้ง เนื่องจากการหยุดสายการผลิต ซึ่งเป็นต้นทุนค่อนข้างสูงในการตรวจสอบแต่ละครั้ง และอุปกรณ์ที่ใช้ก็ต้องเป็นชนิดพิเศษ สำหรับวิธีการตรวจสอบความสามารถของเครื่องหลอมละลายจะเป็นดังต่อไปนี้

1. ตั้งค่าของเครื่องหลอมละลายโดยกำหนดให้เป็นดังต่อไปนี้

แผ่นความร้อนที่ 1 = 150 องศาเซลเซียส

แผ่นความร้อนที่ 2 = 180 องศาเซลเซียส

แผ่นความร้อนที่ 3 = 200 องศาเซลเซียส

แผ่นความร้อนที่ 4 = 250 องศาเซลเซียส

แผ่นความร้อนที่ 5 = 280 องศาเซลเซียส

แผ่นความร้อนที่ 6 = 280 องศาเซลเซียส

แผ่นความร้อนที่ 7 = 300 องศาเซลเซียส

แผ่นความร้อนที่ 8 = 300 องศาเซลเซียส

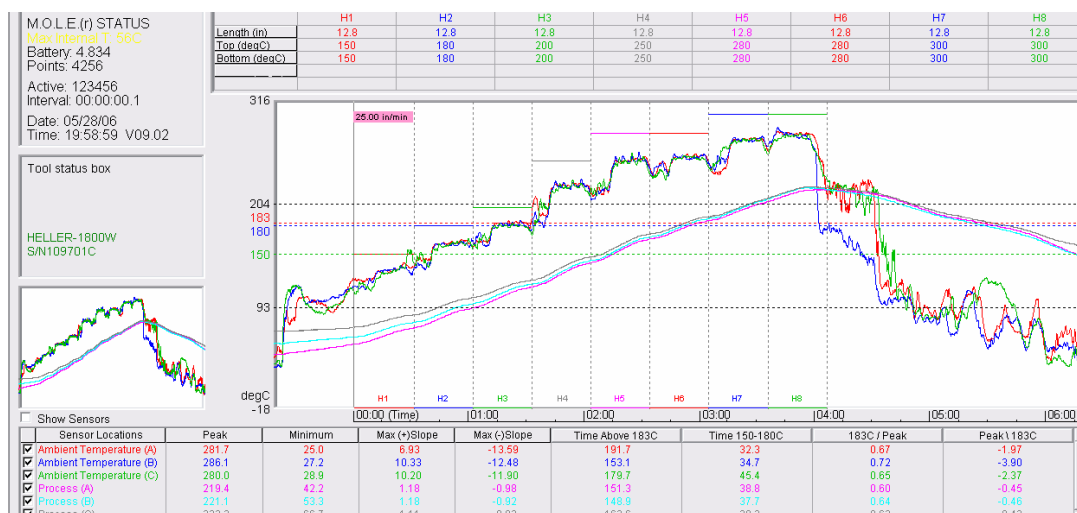
2. กำหนดจุดวัดบน ECD ด้วยกันทั้งหมด 6 จุดวัด โดยแบ่งเป็น

วัดกระบวนการ คือ จากภาพที่ 4.5 จุดวัดที่เป็นตำแหน่งการวัดกระบวนการ (PROCESS SENSORS) จะเป็นการวัดอุณหภูมิที่เสมือนมีมวลบนแผ่นวงจรจริง ซึ่งอุณหภูมิที่วัดได้จะมีส่วนที่ลดลงจากอุณหภูมิที่ได้รับจากแผ่นความร้อน เนื่องจากตัวมวลบนแผ่นวงจรจะดูดซับความร้อนบางส่วน ทำให้ตัว ECD วัดค่าอุณหภูมิจริงที่ตัวมวลได้รับ

วัดบรรยากาศ คือ จากภาพที่ 4.5 จุดวัดที่เป็นตำแหน่งการวัดบรรยากาศ (AMBIENT SENSORS) เป็นตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิที่เสมือนในการวัดบรรยากาศภายในเครื่อง หลอมละลาย ซึ่งการวัดส่วนของบรรยากาศนี้จะเป็นการวัดที่ไม่มีมวลเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยที่การวัดจะได้อุณหภูมิที่สูงกว่าการวัดที่เป็นมวล

สำหรับการวัดและคำนวณค่าความสามารถของเครื่องหลอมละลายนั้นจะใช้โปรแกรมของเครื่องมือวัด ECD เป็นเครื่องคำนวณโดยจะคำนวณแยกเป็นแต่ละแผ่นวงจรความร้อน โจนกราฟที่ได้หลังจากการทดสอบค่าความสามารถของกระบวนการจะเป็นดังภาพที่ 4.6

การวัดจะทำทั้งหมด 5 ครั้งแล้วจึงนำแต่ละส่วนของแต่ละแผ่นวงจรความร้อนมาพิจารณาค่าความสามารถของเครื่องวัดอุณหภูมิ โดยผลการวัดและวิเคราะห์เป็นดังภาพที่จะแสดงดังใน ภาคผนวก ข และผลการวิเคราะห์เป็นดังตารางที่ 4.8 – 4.15



ภาพที่ 4.6 ผลการวัดอุณหภูมิภายในเครื่องหลอมละลาย

ตารางที่ 4.8

ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถผ่านความร้อนที่ 1

วิธีการวัด	ค่า Cp ช่องการวัด			ค่า Cpk ช่องการวัด		
	A	B	C	A	B	C
กระบวนการ	1.00	1.01	0.99	1.00	1.00	0.99
บรรยากาศ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ตารางที่ 4.9

ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถผ่านความร้อนที่ 2

วิธีการวัด	ค่า Cp ช่องการวัด			ค่า Cpk ช่องการวัด		
	A	B	C	A	B	C
กระบวนการ	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00
บรรยากาศ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ตารางที่ 4.10

ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถผ่านความร้อนที่ 3

วิธีการวัด	ค่า Cp ช่องการวัด			ค่า Cpk ช่องการวัด		
	A	B	C	A	B	C
กระบวนการ	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00
บรรยากาศ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ตารางที่ 4.11

ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถผ่านความร้อนที่ 4

วิธีการวัด	ค่า Cp ช่องการวัด			ค่า Cpk ช่องการวัด		
	A	B	C	A	B	C
กระบวนการ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
บรรยากาศ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ตารางที่ 4.12

ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถผ่านความร้อนที่ 5

วิธีการวัด	ค่า Cp ช่องการวัด			ค่า Cpk ช่องการวัด		
	A	B	C	A	B	C
กระบวนการ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
บรรยากาศ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ตารางที่ 4.13

ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถผ่านความร้อนที่ 6

วิธีการวัด	ค่า Cp ช่องการวัด			ค่า Cpk ช่องการวัด		
	A	B	C	A	B	C
กระบวนการ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
บรรยากาศ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ตารางที่ 4.14

ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถผ่านความร้อนที่ 7

วิธีการวัด	ค่า Cp ช่องการวัด			ค่า Cpk ช่องการวัด		
	A	B	C	A	B	C
กระบวนการ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
บรรยากาศ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ตารางที่ 4.15

ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถผ่านความร้อนที่ 8

วิธีการวัด	ค่า Cp ช่องการวัด			ค่า Cpk ช่องการวัด		
	A	B	C	A	B	C
กระบวนการ	1.01	1.00	1.01	1.00	1.00	1.01
บรรยากาศ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

สรุปผลการวัดค่าความสามารถของเครื่องหลอมละลาย จากตารางผลการวิเคราะห์ แผ่นความร้อนทั้ง 8 แผ่น ตั้งแต่ตารางที่ 4.8 ถึง 4.15 พบว่าค่าของ Cp และ Cpk แต่ละช่องของการวัด ทั้งการวัดแบบกระบวนการ และการวัดบรรยากาศ พบว่าค่าจะอยู่ที่ 1.00 ซึ่งทั้งค่า Cp และ Cpk แม้ว่าจะน้อยกว่าที่กำหนดคือ Cpk 1.33 แต่ทั้งค่าของ Cp และ Cpk มีค่าที่เท่ากัน นั้นแสดงว่าเครื่องหลอมละลายไม่มีการเคลื่อนไปจากตำแหน่งศูนย์กลาง ซึ่งถือได้ว่าค่าของเครื่องหลอมละลายนั้นมีความสามารถเพียงพอ และดีพอที่จะนำไปใช้ในกระบวนการ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2547) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เครื่องหลอมละลายที่จะใช้ในการทำโครงการชกชชกมาโครงการนี้นั้นไม่จำเป็นต้องมีการซ่อมแซม หรือแก้ไขปรับปรุงในส่วนหนึ่งของเครื่องจักร แต่เพียงแต่ต้องการค่าการปรับตั้งที่เหมาะสมที่จะทำให้โครงการชกชชกมาโครงการนี้ประสบความสำเร็จ

สรุปการวิเคราะห์การหาค่าความสามารถของเครื่องจักร จากการทดสอบหาค่าความสามารถของเครื่องจักรในสายการผลิตแบบ SMT พบว่าเครื่องจักรทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในการผลิตมีความสามารถในระดับที่ยอมรับได้ โดยที่ไม่ต้องมีการซ่อมแซมหรือแก้ไขในส่วนหนึ่งของเครื่องจักรที่มีผลจากการสึกหล่อของชิ้นส่วนภายในเครื่องจักรเอง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เครื่องปาดตะกั่ว เครื่องหยิบและวางชิ้นงาน และเครื่องหลอมละลาย สามารถที่จะนำไปใช้ในกระบวนการถัดไปได้ในส่วนของการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

4.2 การปรับปรุงและควบคุมกระบวนการปาดตะกั่ว (Improve and Control Phase)

การปรับปรุงกระบวนการ เป็นขั้นตอนของการปรับปรุงในสายการผลิต ซึ่งการปรับปรุงในสายการผลิตที่จะทำการปรับปรุงนั้นจะมีการทดลองทางด้านต่าง ๆ ในการปรับปรุงกระบวนการนั้นจะมีการทำได้ด้วยกันหลายรูปแบบ ซึ่งการปรับปรุงจะต้องใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) ซึ่งในโครงการซิกซิกม่าโครงการนี้ ได้สรุปที่จะปรับปรุงกระบวนการในสายการผลิตของ SMT โดยกระบวนการที่จะทำการปรับปรุงในส่วนของขั้นตอนการปรับปรุงนั้นจะมีด้วยกัน 2 กระบวนการ คือ กระบวนการปาดตะกั่ว และ กระบวนการหลอมละลาย ซึ่งการปรับปรุงในส่วนของบริษัท 4 นี้จะเป็นการปรับปรุงในส่วนของการปาดตะกั่วแล้วดูผลการควบคุม ซึ่งเมื่อได้ผลการควบคุมแล้วจึงนำผลที่ได้รับไปปรับปรุงกระบวนการหลอมละลายต่อไป

การปรับปรุงกระบวนการปาดตะกั่ว จากตารางที่ 4.5 FMEA กระบวนการปาดตะกั่ว ได้สรุปไว้ว่า ในส่วนของความเสี่ยงที่เกิดขึ้นนั้นควรจะต้องทำการปรับตั้งค่าที่ดีที่สุด เพื่อเหมาะสมและสามารถทำให้จำนวนของเสียในกระบวนการลดลง โดยในส่วนนี้จะโยงปัญหาไปถึงประเภทของของเสียหลักคือ misalignment หรือการที่ชิ้นงานที่วางบนแผ่นวงจรไม่ตรงตามตำแหน่งที่ต้องการ มีการเลื่อนของชิ้นงานออกไปเกินกว่าที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นการออกแบบการทดลองจึงจะต้องพิจารณาส่วนของเครื่องปาดตะกั่ว ซึ่งจากตารางที่ 4.5 ก็พบว่าค่า RPN ที่สูงที่สุดที่ 120 คะแนนนั้นจะเป็นส่วนของการปาดตะกั่วไม่ตรงกับพื้นที่ที่ต้องการ ซึ่งจะส่งผลให้ชิ้นงานไม่สามารถวางได้ตรงตามตำแหน่งที่ต้องการ ดังนั้นกระบวนการปาดตะกั่วเหลวจะมีการกำหนดค่าการออกแบบการทดลองไว้ดังต่อไปนี้

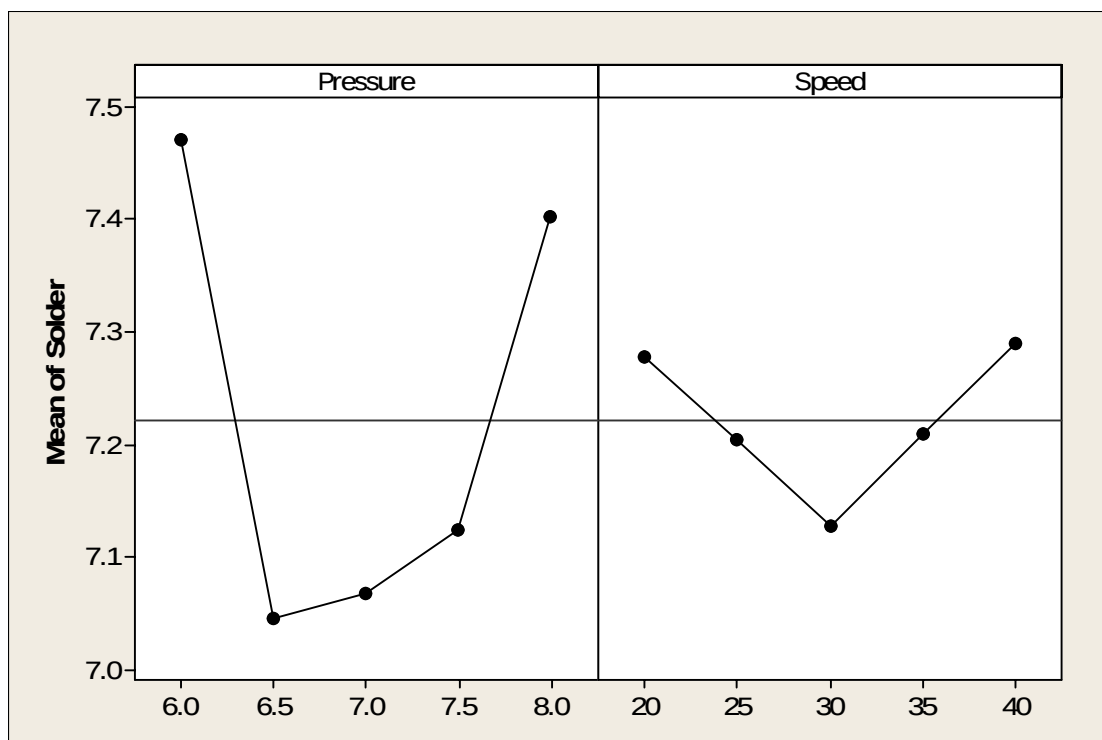
การกำหนดค่าการออกแบบการทดลองสำหรับเครื่องปาดตะกั่วเหลว เนื่องจากงานวิจัยของ Kumar et al. (2005) ได้มีการทดลองเกี่ยวกับการปรับตั้งค่าปรับตั้งของเครื่องปาดตะกั่ว ซึ่งจากผลการทดลองของ Kumar ได้แสดงให้เห็นถึงค่าปรับตั้งที่สำคัญ 2 ค่าของเครื่องปาดตะกั่วคือ 1.แรงดันของไบสควีจี (Squeegee Pressure) 2.ความเร็วของไบสควีจี (Squeegee speed) ซึ่งในโครงการซิกซิกม่าโครงการนี้จะได้นำผลจากงานวิจัยของ Kumar มาทำการทดลองหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการปรับตั้งเครื่องปาดตะกั่ว ดังนั้นเครื่องปาดตะกั่วจะได้กำหนดค่าปรับตั้งสำหรับการทดลองดังต่อไปนี้ 1. แรงดันของไบสควีจี โดยจะกำหนดให้เป็น 5 ระดับดังต่อไปนี้ 6, 6.5, 7, 7.5 ,8 kgf ซึ่งที่ได้กำหนดเป็น 5 ระดับเนื่องจากการมีฐานฐานในเบื้องต้นว่าการทดลองและผลลัพธ์ที่ได้อาจจะไม่ได้เป็นเส้นตรง และอาจจะต้องทำการวิเคราะห์แบบ

Surface Response แทน 2. ความเร็วของโนสกีวีจี้ โดยจะกำหนดให้เป็น 5 ระดับดังต่อไปนี้ 20, 25, 30, 35, 40 มิลลิเมตร ต่อ วินาที โดยจะเป็นการสอดคล้องกันกับระดับของแรงดันโนสกีวีจี้

จากการตั้งค่าตัวแปรเข้า เป็น 2 ตัวแปร และผลลัพธ์ที่จะได้จากการปรับตั้งค่าจะเป็น ความสูงของตะกั่วเหลว โดยในการทดลองจะมุ่งไปหาค่าการปรับตั้งค่าความสูงของตะกั่วเหลวที่ น้อยที่สุด เนื่องจากจะนำค่าการปรับตั้งที่ได้ไปใช้ในการควบคุมกระบวนการ และวัดผลได้ (Yield) ของกระบวนการ ตารางการทดลองและผลการทดลองจึงออกมาเป็นดังตารางที่ 4.16 ผลการทดลองของเครื่องปาดตะกั่วเหลว

ตารางที่ 4.16
ผลการทดลองของเครื่องปาดตะกั่ว

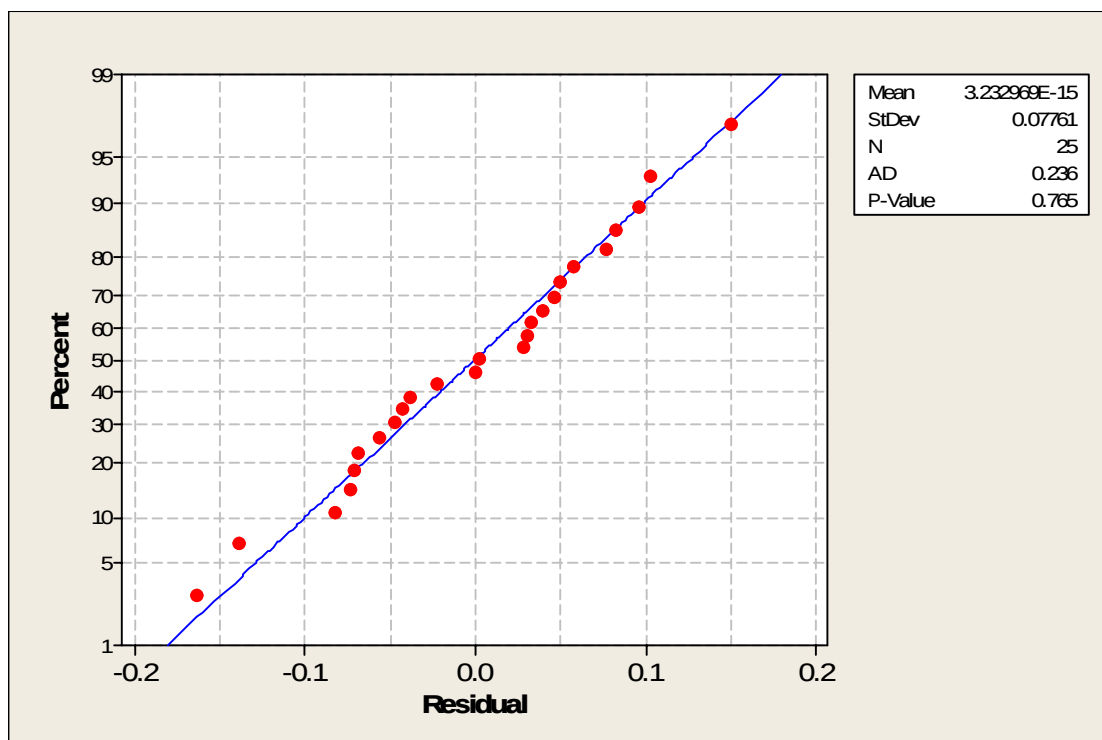
ลำดับที่	แรงดันสกีวีจี้ (kgf)	ความเร็วสกีวีจี้ (mm/second)	ความสูงตะกั่วเหลว (mils)	ลำดับที่	แรงดันสกีวีจี้ (kgf)	ความเร็วสกีวีจี้ (mm/second)	ความสูงตะกั่วเหลว (mils)
1	6	20	7.62	14	7	35	7.09
2	6	25	7.59	15	7	40	7.12
3	6	30	7.3	16	7.5	20	7.22
4	6	35	7.4	17	7.5	25	6.92
5	6	40	7.44	18	7.5	30	7
6	6.5	20	7.06	19	7.5	35	7.16
7	6.5	25	7.07	20	7.5	40	7.32
8	6.5	30	6.99	21	8	20	7.38
9	6.5	35	7.02	22	8	25	7.42
10	6.5	40	7.09	23	8	30	7.35
11	7	20	7.11	24	8	35	7.38
12	7	25	7.02	25	8	40	7.48
13	7	30	7				



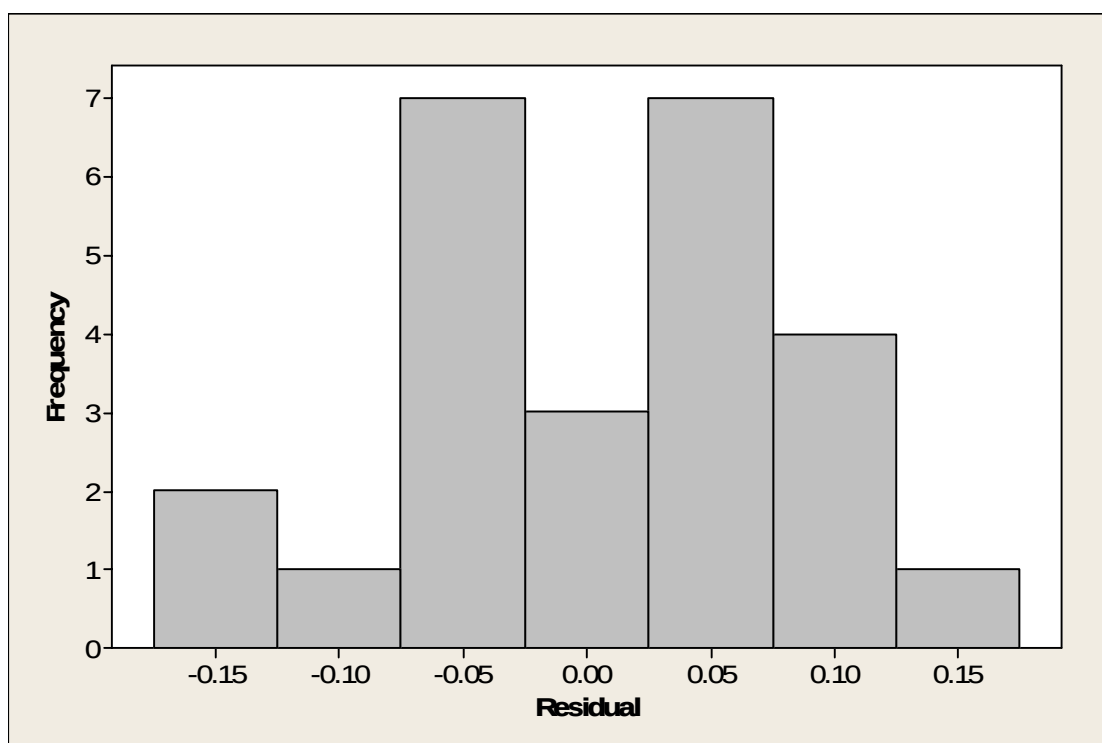
ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของผลกระทบหลักของกระบวนการปาดตะกั่ว

จากผลการทดลองที่ 4.16 นั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ในส่วนของผลกระทบหลัก (Main Effect) จะเป็นผลดังภาพที่ 4.7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลของความสูงของตะกั่วเหลวไม่เป็นความสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับแรงดันสกรูว์และความเร็วสกรูว์ ดังนั้นการวิเคราะห์ในส่วนต่อไปจะต้องเป็นการวิเคราะห์แบบ Response Surface ต่อไป

การวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไปเป็นการวิเคราะห์ถึงการกระจายตัวของ Residual เนื่องจากถ้าการกระจายตัวของ Residual เป็นการกระจายตัวแบบปกติแล้ว ผลจากการทดลองที่ได้รับสามารถนำไปใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสมการต่อไปได้ แต่ถ้าหากการกระจายตัวของ Residual ไม่เป็นการกระจายตัวแบบปกติแล้ว จะต้องทำการทดลองใหม่ หรือทำการทดลองเพิ่มจากผลการทดลองเดิม (Douglas C. Montgomery and George C. Runger, 2003) ผลการตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติเป็นดังภาพที่ 4.8 ซึ่งแสดงให้เห็นค่าของ P-Value ที่ 0.765 ซึ่งเป็นผลที่ยอมรับได้ว่าการกระจายตัวของ Residual เป็นการกระจายตัวแบบปกติ และเมื่อพิจารณาต่อในการกราฟโดยแสดงเป็นภาพ Histogram ดังภาพที่ 4.9 พบว่าไม่มีแนวโน้มหรือการกระจายตัวที่ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลการทดลองที่นำมาขึ้นสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไปได้



ภาพที่ 4.8 ผลการกระจายตัวแบบปกติของ Residual



ภาพที่ 4.9 การกระจายตัวของ Residual แสดงเป็น Histogram

Response Surface Regression: Solder versus Pressure, Speed

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for Solder

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	29.8975	2.18843	13.662	0.000
Pressure	-5.9856	0.59368	-10.082	0.000
Speed	-0.1311	0.03505	-3.740	0.001
Pressure*Pressure	0.4109	0.04170	9.852	0.000
Speed*Speed	0.0013	0.00042	3.193	0.005
Pressure*Speed	0.0074	0.00349	2.121	0.047

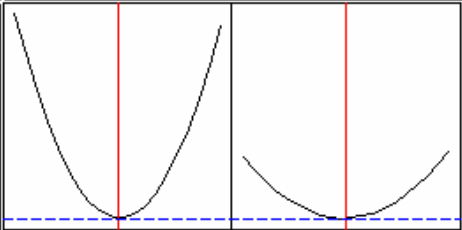
S = 0.08723 R-Sq = 85.5% R-Sq(adj) = 81.7%

ภาพที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลอง

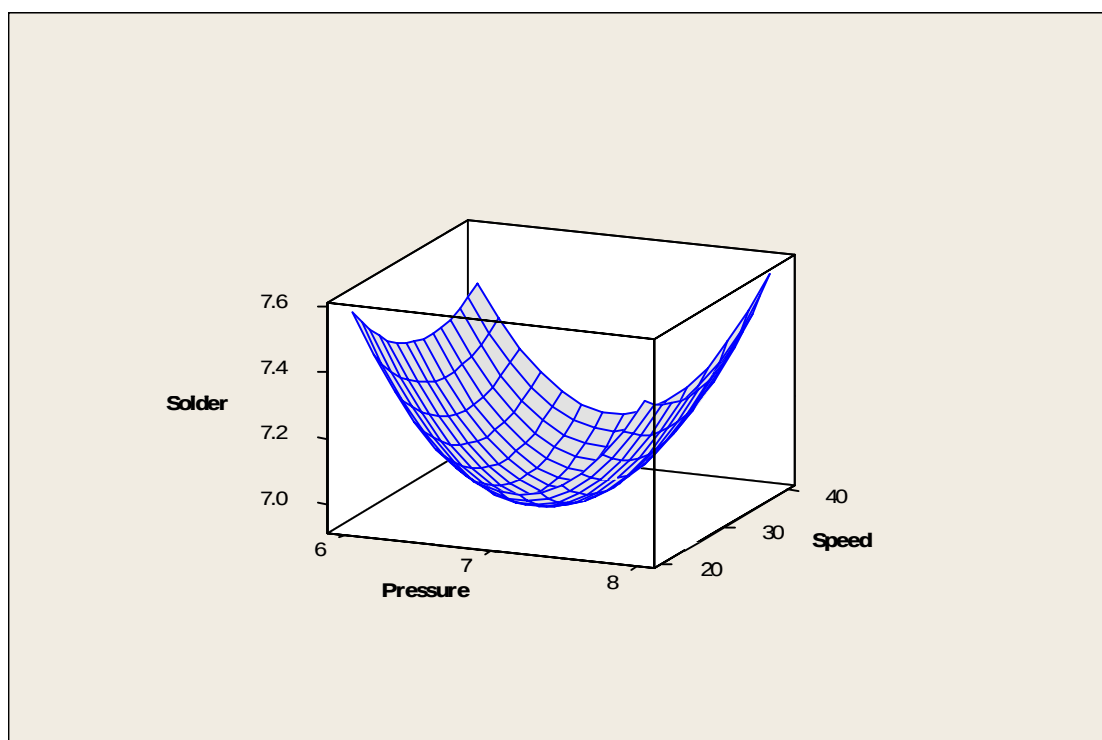
การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความสูงตะกั่วเหลว จะเป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยตัวไหนมีผลต่อความสูงตะกั่วเหลว ซึ่งผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม minitab จะเป็นดังภาพที่ 4.10 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสูงของตะกั่วเหลว จะพิจารณาจากค่า P-Value ที่น้อยกว่า 0.05 ซึ่งพบว่าทุกปัจจัยที่แสดงในภาพที่ 4.10 มีผลกระทบต่อค่าความสูงของตะกั่วเหลว โดยเมื่อพิจารณาค่าของ R-Square มีค่าสูงถึง 85.5% จึงสามารถจะเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{ความสูงของตะกั่วเหลว} = & 29.8975 - 5.9856 \times \text{แรงดันสกรูวีจี (Pressure)} - 0.1311 \times \text{ความเร็ว} \\ & \text{สกรูวีจี (Speed)} + 0.4109 \times \text{แรงดันสกรูวีจี}^2 + 0.0013 \times \text{ความเร็วสกรูวีจี}^2 + \text{แรงดันสกรูวีจี} \times \\ & \text{ความเร็วสกรูวีจี} \end{aligned}$$

จากสมการเมื่อนำมาหาค่าวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม minitab เพื่อหาค่าความสูงของตะกั่วที่ต่ำที่สุดดังภาพที่ 4.11 จะพบว่าค่าการปรับตั้งที่เหมาะสมที่สุดเพื่อจะส่งผลให้ความสูงของตะกั่วเหลวต่ำที่สุดจะเป็นค่าแรงดันสกรูวีจีที่ 7 kgf และความเร็วสกรูวีจีที่ 30 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยค่าของความสูงของตะกั่วเหลวที่ได้จะเป็นค่าที่ 6.9500 mil ซึ่งจะใช้ค่าการปรับตั้งในการควบคุมต่อไป ในส่วนของการควบคุมกระบวนการปาดตะกั่ว

Optimal D 1.0000	Hi Cur Lo	Pressure 8.0 [7.0] 6.0	Speed 40.0 [30.0] 20.0
Solder Minimum $y = 6.9500$ $d = 1.0000$			

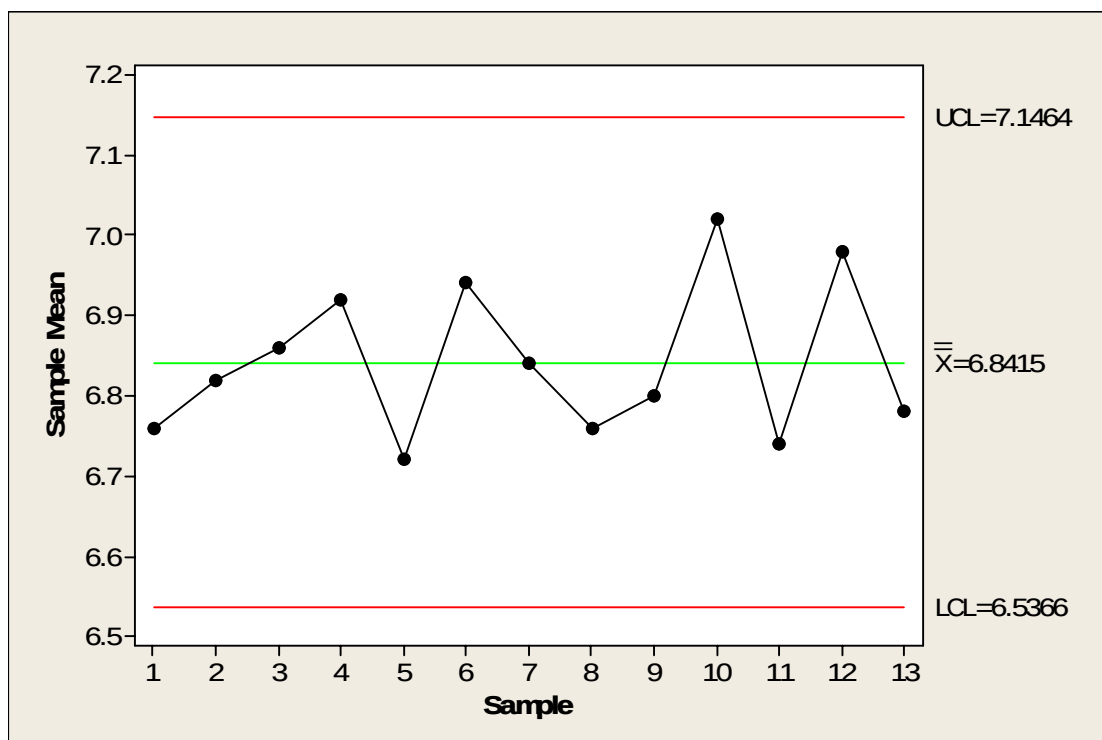
ภาพที่ 4.11 ผลการปรับตั้งค่าที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องปาดตะกั่ว



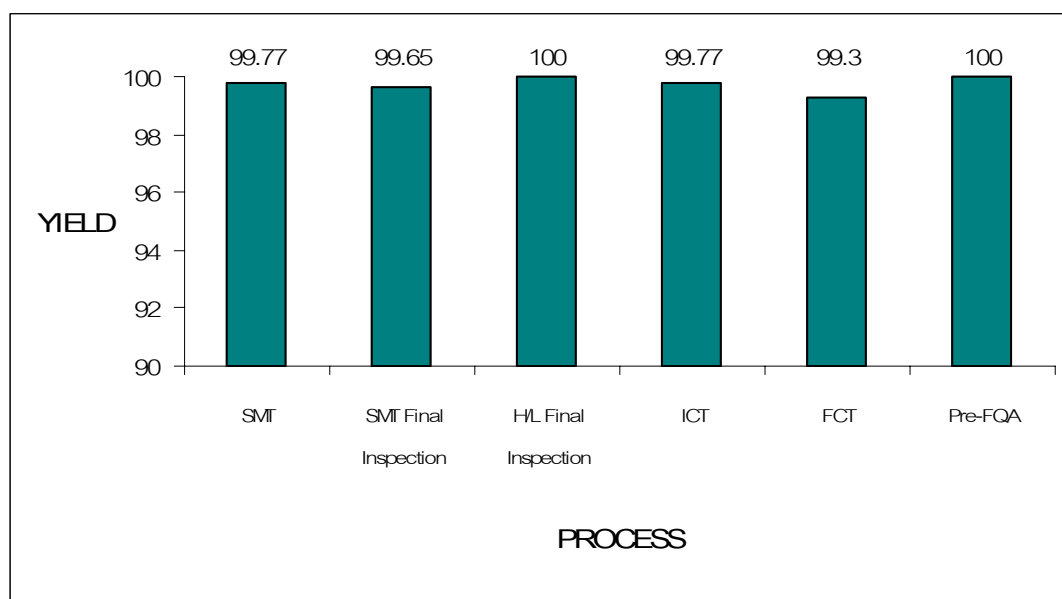
ภาพที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์แบบ Response Surface

การควบคุมกระบวนการ จะเป็นช่วงเวลาของการนำผลการทดลองที่ได้จากขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการมาใช้ควบคุมในสายการผลิตจริง เพื่อสังเกตและติดตามผลที่ได้ว่าเป็นไปตามที่ทำการทดลองหรือไม่อย่างไร โดยในโครงการนี้ผลจากการปรับปรุงกระบวนการในส่วนขอขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการปาดตะกั่ว เป็นการหาค่าที่ดีที่สุดในการปรับตั้งค่าของเครื่องปาดตะกั่ว ซึ่งเมื่อทำการปรับตั้งแล้วจะได้ค่าความสูงของตะกั่วเหลวที่ต่ำที่สุด ซึ่งเป็นการประหยัดต้นทุนในส่วนของการใช้ตะกั่วเหลวบนแผ่นวงจรของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการควบคุมกระบวนการตลอดระยะเวลา 1 เดือนสำหรับผลิตภัณฑ์ A ซึ่งมีการผลิตเป็นจำนวน 861 ชิ้น ดังนั้นจะพิจารณาถึงกระบวนการโดยดูจากแผนภูมิควบคุมในส่วนของเครื่องปาดตะกั่วก่อน

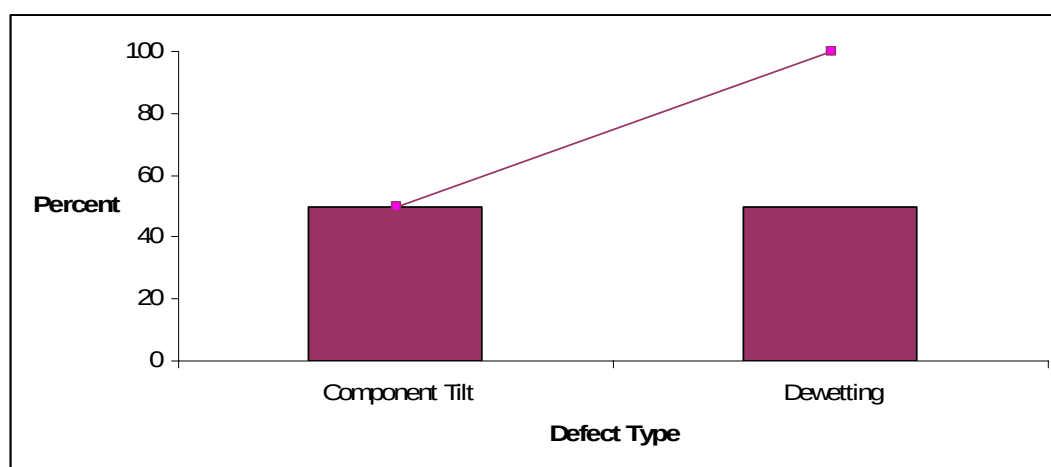
จากภาพที่ 4.13 พบว่าความสูงเฉลี่ยของตะกั่วเหลวจะอยู่ที่ 6.8415 mils โดยที่เป้าหมายจากการวิเคราะห์ในขั้นตอนการปรับปรุงจะอยู่ที่ 6.9500 mil ซึ่งถือว่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นที่ยอมรับได้สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมาย แสดงให้เห็นว่าค่าของตัวแปรที่ปรับตั้งสำหรับเครื่องปาดตะกั่วมีผลทำให้สามารถควบคุมความสูงของตะกั่วเหลวได้ที่ระดับ 7 mils และเมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมของเครื่องปาดตะกั่วเหลวแล้วก็จะไปพิจารณาส่วนของผลได้(Yield) เป็นส่วนต่อไปว่าการควบคุมที่เกิดขึ้นในส่วนนี้นั้นจะส่งผลให้มี Yield ดีขึ้นจริงหรือไม่ ซึ่งผลของผลได้(Yield) ที่ได้จากการควบคุมเป็นดังภาพที่ 4.14 และ ประเภทของของเสีย เป็นดังภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.13 แผนภูมิควบคุมความสูงตะกั่วเหลวช่วงการควบคุม



ภาพที่ 4.14 ผลได้ของกระบวนการผลิตแผ่นวงจรรวมของผลิตภัณฑ์ A



ภาพที่ 4.15 ประเภทของของเสียของผลิตภัณฑ์ A

จากภาพที่ 4.14 พบว่าในส่วนของผลได้(Yield) SMT มีการปรับขึ้นเป็น 99.77% ซึ่งมีของเสียเพียง 2 ชิ้นจาก 861 ชิ้น โดยแบ่งของเสียเป็นดังภาพที่ 4.15 คือ component tilt และ dewetting ตามลำดับ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการควบคุมกระบวนการที่ได้ผลลัพธ์จากกระบวนการปรับปรุงในส่วนเครื่องปาดตะกั่วเหลวมีผลทำให้จำนวนของของเสียลดลง ซึ่งเมื่อพิจารณาในส่วน FMEA อีกครั้งจะเป็นดังตารางที่ 4.17 จะพบว่าค่า RPN จะลดลงในส่วนของการแก้ไขปรับปรุง

ตารางที่ 4.17

แบบประเมิน FMEA กระบวนการปาดตะกั่วหลังการปรับปรุง

กระบวนการ	ความเป็นไปได้ในการเกิดของเสีย	ผลกระทบจากความเสียหาย	ผ.	สาเหตุของความเป็นไปได้ในการเกิดของเสีย	อ.	กระบวนการปัจจุบันในการป้องกัน	กระบวนการปัจจุบันในการตรวจจับ	ต.	ผลรวม RPN	ข้อเสนอแนะในการแก้ไขและป้องกัน	ผลของคะแนนจากการปรับปรุง				
											การแก้ไขปรับปรุง	ผ.	อ.	ต.	ผลรวมคะแนน RPN
กระบวนการปาดตะกั่ว	การปาดตะกั่วไม่ตรงกับพื้นที่ที่ต้องการ	เกิดขึ้นงานวางไม่ตรงตำแหน่ง มีการเลื่อนออกไปจากตำแหน่งที่ต้องการ	5	การปรับตั้งค่าของเครื่องปาดตะกั่วในส่วนของแกน X และแกน Y	6	มีการระบุค่าของ X และค่าของ Y ที่จะต้องปรับตั้งสำหรับเครื่องปาดตะกั่วในเอกสารการทำงานประจำผลิตภัณฑ์	ตรวจสอบทุก ๆ รอบการทำงานความสะอาด ซึ่งจะตรวจสอบทุก 7 แผ่นวงจรหลังจากปาดตะกั่วเหลวลงบนแผ่นวงจรแล้ว	4	120	ทำการระบุค่าปรับตั้งลงในเอกสารการทำงานทุกผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการผลิต	ควบคุมการปรับตั้งของเครื่องปาดตะกั่วที่แรงดัน 7 kgf และความเร็ว 30 mm/sec	5	1	5	25
	การปาดตะกั่วเหลวไม่เพียงพอต่อความต้องการของผลิตภัณฑ์	ชิ้นงานจะเป็นของเสียในส่วนของตะกั่วไม่เพียงพอหรือน้อยเกินไป และเกิดปัญหา Dewetting	4	เกิดจากการปรับตั้งของเครื่องปาดตะกั่วเหลว ซึ่งทำให้การปาดตะกั่วเหลวนั้นมีปริมาณตะกั่วบนแผ่นวงจรน้อยเกินไป	4	มีการระบุค่าการปรับตั้งในส่วนของ squeegee pressure และ squeegee speed ลงในเอกสารการทำงานของผลิตภัณฑ์	มีการตรวจสอบนำแผ่นวงจรพร้อมตะกั่วเหลวไปวัดค่าความสูงของตะกั่วเหลวทุก ๆ 2 ชั่วโมงระหว่างการผลิต	5	80	ทำการออกแบบหาค่าการปรับตั้งที่ดีที่สุดที่จะส่งผลให้ความสูงของตะกั่วเหลวไม่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์	ควบคุมการปรับตั้งของเครื่องปาดตะกั่วที่แรงดัน 7 kgf และความเร็ว 30 mm/sec	4	1	5	20
	การปาดตะกั่วเหลวมากเกินไปจนความต้องการของแผ่นวงจร	ชิ้นงานจะมีตะกั่วเหลวที่สูงเกินความต้องการและทำให้ตะกั่ว short เข้าหากัน	7	เกิดจากการปรับตั้งของเครื่องปาดตะกั่วเหลว ซึ่งทำให้การปาดตะกั่วเหลวนั้นมีปริมาณตะกั่วบนแผ่นวงจรมากเกินไป	3	มีการระบุค่าการปรับตั้งในส่วนของ squeegee pressure และ squeegee speed ลงในเอกสารการทำงานของผลิตภัณฑ์	มีการตรวจสอบนำแผ่นวงจรพร้อมตะกั่วเหลวไปวัดค่าความสูงของตะกั่วเหลวทุก ๆ 2 ชั่วโมงระหว่างการผลิต	4	84	ทำการออกแบบหาค่าการปรับตั้งที่ดีที่สุดที่จะส่งผลให้ความสูงของตะกั่วเหลวไม่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์	ควบคุมการปรับตั้งของเครื่องปาดตะกั่วที่แรงดัน 7 kgf และความเร็ว 30 mm/sec	7	1	5	35

สรุปส่วนของการปรับปรุงกระบวนการปาดตะกั่ว สามารถสรุปได้ว่าการปรับตั้งค่าของเครื่องปาดตะกั่วเพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุด ที่จะให้ความสูงของตะกั่วเหลวต่ำที่สุด จะต้องปรับตั้งที่แรงดันของสกรูวีจี 7 kgf และ ความเร็วของสกรูวีจีที่ 30 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งจะได้ค่าความสูงของตะกั่วเหลวที่ 6.8145 mils และเป็นเหตุให้สามารถลดปริมาณของเสียที่เป็นปัญหาหลักคือ misalignment และ dewetting ลงได้ และเมื่อคำนวณในส่วนของการปรับปรุงที่เพิ่มขึ้นมา จาก Yield ที่ 97.00% จะพบว่าปรับปรุงขึ้นมาเป็น 99.77% ซึ่งเมื่อคิดตามโครงการซิกซิกม่าที่ต้องการ Yield ที่ 99.10% จะพบว่าปรับปรุงที่ได้ทำมาสามารถประสบความสำเร็จได้ตามเป้าหมายของโครงการ ดังนั้นผลจากการควบคุมนี้จะเป็นผลที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงส่วนของเครื่องหลอมละลายต่อไป

4.3 การปรับปรุงและควบคุมกระบวนการหลอมละลาย (Improve and Control Phase)

เนื่องจากผลการวิเคราะห์ในบทที่ 4 ในส่วนของตารางที่ 4.6 FMEA กระบวนการหลอมละลาย พบว่าปัญหาที่ก่อให้เกิดของเสียมี 2 อาการหลักคือ ตะกั่วไม่หลอมละลาย (dewetting) และตะกั่วดำ หรือไหม้ซึ่งค่าของคะแนน RPN จะสูงอยู่ที่ 168 และจากการวิเคราะห์โดยทีมซิกซิกม่าลงความเห็นว่าต้องมีการปรับปรุงเครื่องหลอมละลาย ในการปรับตั้งค่าต่าง ๆ สำหรับการปรับตั้งค่าต่าง ๆ ในเครื่องหลอมละลายนั้นจะมีสองส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นส่วนของช่วง Preheat zone ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ในระหว่างอุณหภูมิ 110 ถึง 150 องศาเซลเซียส โดยช่วงเวลาที่ใช้อยู่ในช่วงนี้จะเป็นเวลาที่ 60 – 240 วินาที และส่วนที่สองเป็นส่วนของ Reflow zone ซึ่งเป็นช่วงของการหลอมละลายโดยที่จะอยู่ระหว่างอุณหภูมิ 183 – 183 องศาเซลเซียส โดยจะใช้ช่วงเวลาระหว่าง 30 – 90 วินาที ดังนั้นการออกแบบการทดลองจึงจะต้องใช้ส่วนประกอบสองส่วนในการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างช่วง preheat zone และ reflow zone ว่ามีผลต่อผลิตภัณฑ์โดยตรงหรือไม่ กับผลได้ (Yield) ของกระบวนการ

4.4.1 การออกแบบการทดลองเครื่องหลอมละลาย

ผลของกระบวนการออกแบบการทดลองคือ ผลได้ของผลิตภัณฑ์ โดยปัจจัยสำหรับการออกแบบการทดลองจะเป็นช่วงของ preheat zone และ reflow zone แบ่งเป็น 2 ระดับโดยตารางการออกแบบการทดลองจะออกมาดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตาราง 4.18
แบบแผนการทดลองเครื่องหลอมละลาย

Preheat zone	Reflow zone
100	80
70	80
100	40
70	40

ตารางที่ 4.19
ผลการทดลองเครื่องหลอมละลาย

Preheat zone	Reflow zone	ผลได้ (Yield)
100	80	100%
70	80	100%
100	40	100%
70	40	100%

สำหรับการทดลองเครื่องหลอมละลายนั้นจะส่งผลให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาใน preheat zone และ reflow zone ว่าส่งผลต่อผลได้ของผลิตภัณฑ์หรือไม่ โดยช่วงเวลาที่กำหนดในการทดลองนั้นจะเป็นดังตารางที่ 4.18 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดลองจะเป็นชุดละ 200 ชิ้น ซึ่งผลของการทดลองออกมาเป็นดังตารางที่ 4.19 และระหว่างช่วงการทดลองเครื่องหลอมละลายนี้ จะควบคุมการปรับตั้งของเครื่องปาดตะกั่วที่กำหนดไว้ที่ แรงดันสกรูจีที่ 7 kgf และความเร็วของใบสกรูจีที่ 30 มิลลิเมตรต่อวินาที

จากตารางที่ 4.19 ผลการทดลองเครื่องหลอมละลายพบว่า ผลิตภัณฑ์ A มีผลได้ของกระบวนการที่ 100% ทุกแผนการทดลอง ซึ่งจากผลการทดลองที่ออกมาในลักษณะเช่นนี้ จะแสดงให้เห็นว่า ทั้ง Preheat zone และ Reflow zone ไม่ได้มีผลกระทบต่อผลได้ของกระบวนการ ซึ่งผลการปรับปรุงในส่วน of เครื่องปาดตะกั่วได้ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ A ดีขึ้นอยู่ก่อนหน้าแล้ว ดังนั้นเมื่อควบคุมกระบวนการปาดตะกั่วได้ ผลได้ของผลิตภัณฑ์ A จึงมีผลที่ดี ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการปรับตั้งของเครื่องหลอมละลาย สามารถปรับตั้งได้ตามของเขตของตะกั่วเหลว เนื่องจากไม่

ว่าจะปรับตั้งช่วงของ preheat zone หรือ reflow zone อย่างไรก็ตาม ตะกั่วเหลวก็ยังสามารถหลอมละลายได้

4.4 การส่งมอบผลการปรับปรุงสู่กระบวนการผลิต

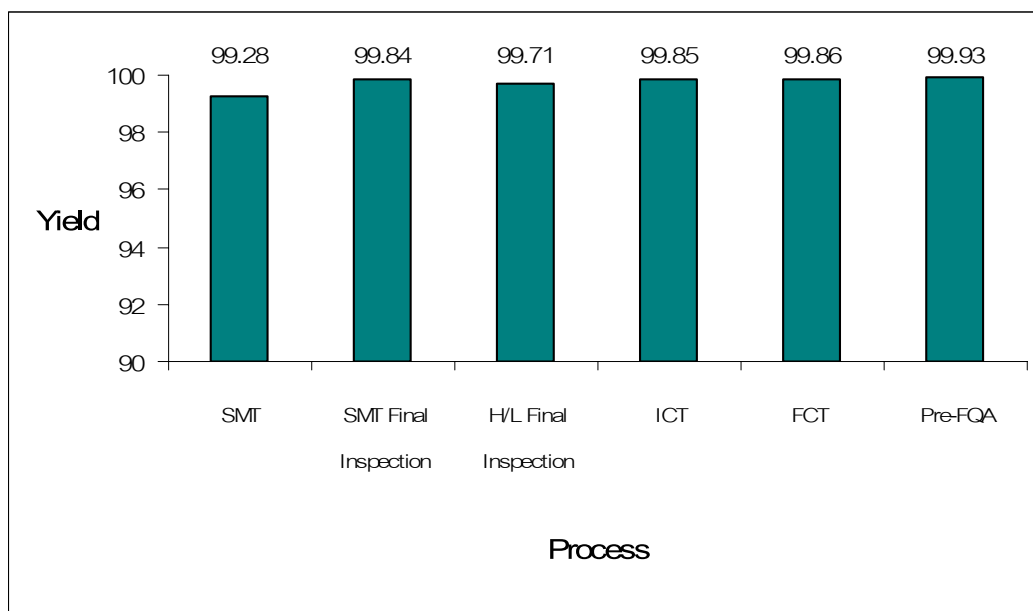
สำหรับผลการปรับปรุงกระบวนการ SMT ในผลิตภัณฑ์ A ซึ่งเป็นโครงการชิคชิคมาที่ต้องการปรับปรุงให้สายการผลิต SMT มีการพัฒนาผลได้ของกระบวนการให้ได้ตามเป้าหมายของโครงการ ดังนั้นทีมชิคชิคมาจึงได้ทำแผนการปรับปรุงและการทดลองเพื่อหาวิธีการปรับปรุงที่เหมาะสมของกระบวนการ SMT ตลอดทั้งกระบวนการ และผลลัพธ์ที่ได้จากโครงการชิคชิคมาโครงการนี้นั้นประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือ ผลได้ของกระบวนการ SMT สำหรับผลิตภัณฑ์ A ที่ 99.10% แต่โครงการ ชิคชิคมาของโครงการสามารถทำให้ผลได้ของกระบวนการปรับปรุงขึ้นมาเป็น 99.77% ดังนั้นการถ่ายทอดแบบแผนการปรับปรุงซึ่งคือการปรับตั้งเครื่องปาดตะกั่ว ได้กำหนดไว้ในเอกสารการทำงานของผลิตภัณฑ์ A ซึ่งมีวิศวกรกระบวนการเป็นผู้รับมอบข้อมูลผลการสำเร็จและนำไปแก้ไขปรับปรุง โดยวิศวกรกระบวนการได้แก้ไขการปรับปรุงสำหรับโครงการชิคชิคมาโครงการนี้ในการกำหนดค่าการปรับตั้งเครื่องปาดตะกั่วไว้ในเอกสารการทำงานของผลิตภัณฑ์ A โดยการกำหนดค่าแรงดั่งสกรูวีที่ 7 kgf และความเร็วสกรูวีที่ 30 มิลลิเมตรต่อวินาที เป็นค่ากำหนดแน่นอน ส่วนของการกำหนดค่าของกระบวนการหลอมละลาย ก็สามารถปรับตั้งได้ตามขอบเขตของตะกั่วเหลว สามารถปรับตั้งได้อย่างอิสระตามข้อกำหนดเดิม

4.5 การติดตามผลการควบคุมกระบวนการ

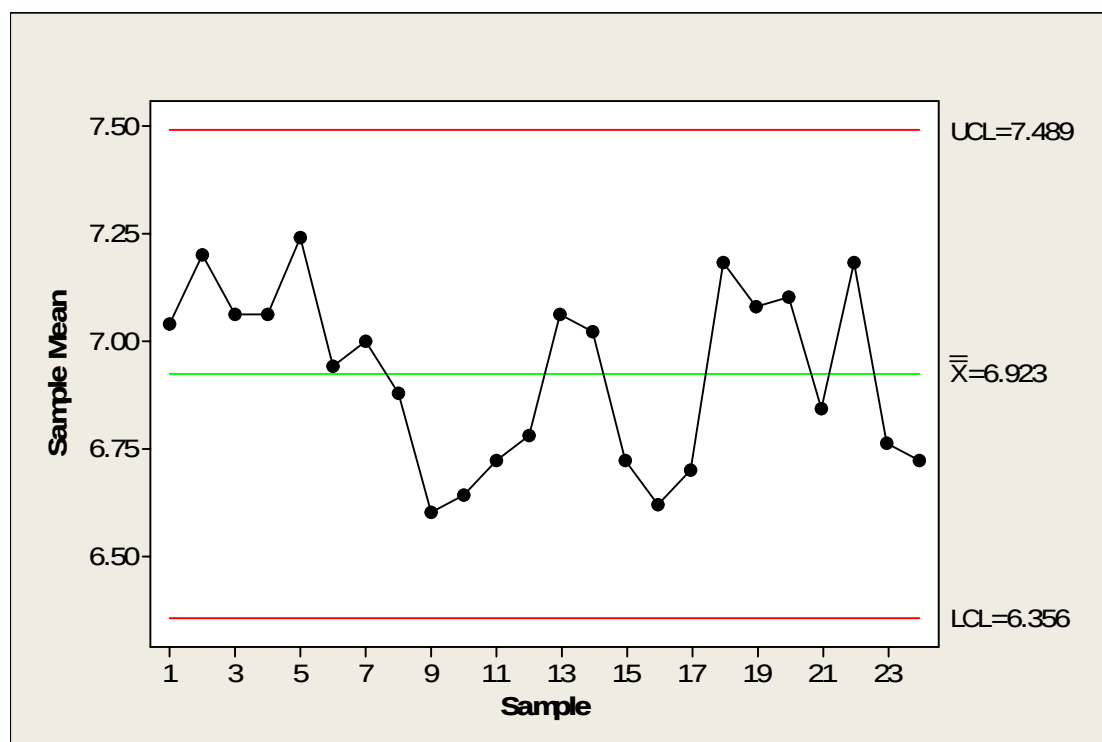
จากผลการส่งมอบให้ควบคุมกระบวนการในสายการผลิต SMT ของผลิตภัณฑ์ A จะดำเนินการติดตามผลการปรับปรุงเป็นระยะเวลา 1 เดือนหลังจากส่งมอบให้กับวิศวกรกระบวนการ ซึ่งผลการติดตามผลเป็นดังภาพที่ 4.16 พบว่าผลการติดตามผลได้ของกระบวนการพบว่ากระบวนการ SMT มีผลได้ที่ 99.28% ซึ่งก็ยังเป็นผลที่ยังได้ตามเป้าหมายที่ 99.10% ดังนั้นการปรับปรุงกระบวนการที่ได้ควบคุมลงไปได้เป็นผลสำเร็จอย่างดี

สำหรับผลการควบคุมกระบวนการก็ยังมีส่วนของผลความสูงของตะกั่วเหลว ซึ่งได้แสดงดังภาพที่ 4.16 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลการควบคุมตะกั่วเหลวได้ผลที่ค่าเฉลี่ย 6.923 mil ซึ่งเป็นผลที่ใกล้เคียงกับที่พยากรณ์ไว้ที่ 6.950 mil ดังนั้นผลการปรับปรุงและติดตามผลของโครงการ

ซิกซ์ซิกมาโครงการนี้จึงได้ผลสรุปเป็นที่สำเร็จในการปรับปรุงกระบวนการ SMT โดยกระบวนการทางซิกซ์ซิกมา



ภาพที่ 4.16 ผลได้ของกระบวนการหลังการปรับปรุง



ภาพที่ 4.17 แผนการควบคุมความสูงของตะกั่วเหลว