

บทที่ 4

การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

4.1 บทนำ

หลังจากขั้นตอนการนิยามปัญหาเพื่อกำหนดแนวทางต่าง ๆ ในการแก้ไขปัญหาแล้ว ในขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหานี้ จะเป็นขั้นตอนเพื่อศึกษาถึงแหล่งที่มาที่เป็นสาเหตุของปัญหาด้วยการใช้เครื่องมือทางสถิติต่างๆ ช่วยในการศึกษาโดยจะเริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับรายละเอียดของกระบวนการ การผลิตในทุกๆ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา และทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อที่จะประกันความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวัดก่อนทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปัญหา

จากนั้นจะทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อที่จะลดขอบเขตของแหล่งที่มาของปัญหาที่ทำการพิจารณาและนำผลลัพธ์จากการทดลองดังกล่าวมาศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วยการระดมความคิดเห็นจากกลุ่มสมาชิกที่ได้คัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้ความชำนาญ และปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตที่พิจารณา และทำการคัดเลือกปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่าจะมีผลกระทบในลำดับต้นๆ ต่อกระบวนการผลิตดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป

4.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR & R)

ระบบการวัดเป็นเสมือนกลไกในการควบคุมผลิตภัณฑ์ และกระบวนการเพื่อเป็นการประกันคุณภาพสู่ลูกค้า กระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลักๆ คือ เครื่องมือวัดพนักงานวัดซึ่งมีสาเหตุมาจากทักษะ ความชำนาญและระดับการฝึกฝน วิธีการวัด ชิ้นงานที่วัดสิ่งแวดล้อมในการวัดที่มีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้น และธรรมชาติ เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบมีความไม่เท่ากันจึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบความแม่นยำของเครื่องมือวัดมีความสำคัญมากเนื่องจากการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพ หรือป้องกันปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องมีความมั่นใจในความเสถียรของเครื่องมือวัดซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัดเพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรออกเป็นชิ้นงาน (Part – to Part Variation) พนักงาน (Appraiser Variation) ความผันแปรรวม (Interaction Variation)

ในกระบวนการผลิตแผงวงจรปรับเพิ่มลดไฟหน้าปัดแสดงผลสำหรับรถยนต์ เครื่องมือวัดสำหรับหาจุดเสียบบนแผงวงจร คือวิธีการตรวจสอบด้วยตาเปล่าผ่านกล้องกำลังขยาย 10 เท่า ดังนั้น จึงได้มีการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดนี้

4.2.1 ออกแบบการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ

(Measurement System Analysis of Attribute Data) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- เลือกสิ่งตัวอย่างในกระบวนการผลิต 20 ชิ้น ซึ่งสิ่งตัวอย่างเหล่านั้นจะต้องประกอบไปด้วยสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี และ ไม่ดีในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน
- ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างที่ถูกเลือกในกระบวนการผลิตทั้ง 20 ชิ้น โดย วิศวกรฝ่ายพัฒนากระบวนการผลิต วิศวกรฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ และ พนักงานฝ่ายฝึกอบรม
- เลือกพนักงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบ จำนวน 3 คน โดยพนักงานทุกคนต้องได้รับการฝึกอบรมและมีทักษะเป็นอย่างดี
- ทำการศึกษาพนักงานทีละคน โดยให้ทำการตรวจวัดชิ้นงานที่ได้เตรียมไว้ และที่สำคัญการวัดสิ่งตัวอย่างจะต้องเป็นแบบสุ่ม และให้พนักงานประเมินผลสิ่งตัวอย่างนั้น ๆ ว่า ผ่านหรือไม่ผ่าน ทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจวัดลงในฟอร์ม ในการตรวจวัดของพนักงานแต่ละคน จะต้องทำซ้ำ 2 ซ้ำ พร้อมทั้งบันทึกผลลัพธ์ลงในแบบฟอร์ม ทำเช่นเดียวกันนี้กับพนักงานทุกคน
- บันทึกค่าลงในแบบฟอร์มเพื่อทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด ซึ่งการวิเคราะห์จะประกอบไปด้วยดัชนีต่าง ๆ ต่อไปนี้

$$\% \text{ รีพีทะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\% \text{ ประสิทธิภาพการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมด} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบได้เหมือนและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\% \text{ ประสิทธิภาพการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมด เมื่อเทียบกับมาตรฐาน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้ถูกต้องเทียบ มาตรฐาน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

4.2.2 เกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัด

เกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัดด้วยวิธีการของการตรวจสอบด้วยตาเปล่า ผ่านกล้องกำลังขยาย 10 เท่า ซึ่งอ้างอิงจากเกณฑ์ที่ใช้ในบริษัทกรณีศึกษา

ตารางที่ 4.1

เกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัด

ดัชนี	เกณฑ์ในการยอมรับ
% ไร้ฟิฟทะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน	90%
% ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมด	90%
% ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมดเมื่อเทียบมาตรฐาน	90%

4.2.3 ผลลัพธ์ของการตรวจวัด

จากการศึกษาประเมินกระบวนการตรวจสอบด้วยตาเปล่าผ่านกล้องกำลังขยาย 10 เท่า ของพนักงานตรวจสอบได้ผลเป็นที่ยอมรับได้ โดยมีค่าดัชนีทุกค่าวัดประเมินเท่ากับ 95% ซึ่งเกินเกณฑ์ที่โรงงานกำหนดที่อย่างน้อย 90%

- % ไร้ฟิฟทะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน ได้เท่ากับ 95%
- % ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมด ได้เท่ากับ 95%
- % ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมดเมื่อเทียบกับมาตรฐาน ได้เท่ากับ 95%

ดังนั้นปัญหาจากการพบของเสียในการตรวจสอบ จึงไม่ได้เกิดจากการตรวจสอบผิดพลาด แต่เป็นปัญหาแท้จริงที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตประกอบแผงวงจร ที่ทีมงานจะทำการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตต่อไป

4.2.4 ตารางแสดงผลพัทธ์ของการตรวจประเมินกระบวนการวัดด้วยตาเปล่า

ตารางที่ 4.2

ผลการประเมินกระบวนการตรวจสอบด้วยตาเปล่าผ่านกล้องขยาย 10 เท่า

Gage Repeatability & Reproducibility Capability Study for Attribute Data													
Gage Number :	FQA process inspection			Project Number :	LT1614-14-30051			Date :	Jun 23' 2008				
Characteristic :	FQA process			Prepared By :	Wara S.			Attribute legend ⁷ :	1 = pass 0 = fail				
No. of Operators :	3			Trials :	2			Samples :	20				
Attribute GR&R checksheet													
Reference		Operator A			Operator B			Operator C			Operators agree within each other	Operators agree with Standard	
Sample Number	Standard	1st Trial	2nd Trial	3rd Trial	1st Trial	2nd Trial	3rd Trial	1st Trial	2nd Trial	3rd Trial			
1	pass	pass	pass		pass	pass		pass	pass		Y	Y	
2	pass	pass	pass		pass	pass		pass	pass		Y	Y	
3	fail	fail	fail		fail	fail		fail	fail		Y	Y	
4	fail	fail	fail		fail	fail		fail	fail		Y	Y	
5	pass	pass	pass		pass	pass		pass	pass		Y	Y	
6	pass	pass	pass		pass	pass		pass	pass		Y	Y	
7	pass	pass	pass		pass	pass		pass	pass		Y	Y	
8	fail	fail	fail		fail	fail		fail	fail		Y	Y	
9	fail	fail	fail		fail	fail		fail	fail		Y	Y	
10	pass	pass	pass		pass	pass		pass	pass		Y	Y	
11	fail	fail	fail		fail	fail		fail	fail		Y	Y	
12	fail	pass	pass		pass	fail		pass	fail		N	N	
13	pass	pass	pass		pass	pass		pass	pass		Y	Y	
14	pass	pass	pass		pass	pass		pass	pass		Y	Y	
15	pass	pass	pass		pass	pass		pass	pass		Y	Y	
16	pass	pass	pass		pass	pass		pass	pass		Y	Y	
17	pass	pass	pass		pass	pass		pass	pass		Y	Y	
18	pass	pass	pass		pass	pass		pass	pass		Y	Y	
19	fail	fail	fail		fail	fail		fail	fail		Y	Y	
20	fail	fail	fail		fail	fail		fail	fail		Y	Y	
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
% Within operators ¹		100%			95%			95%					
% Each operator VS Standard ²		95%			95%			95%					
% Probability of Failing ³ (5% or less)		0%			0%			0%					
% Probability of Missing ⁴ (1% or less)		5%			3%			3%					
% Between operators ⁵ (95% or more effective)											95%		
% All operators VS Standard ⁶ (95% or more effective)											95%		

4.3 การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการระดมความคิดจากสมาชิกในทีม เพื่อค้นหาสาเหตุที่มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุด ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้คือ

4.3.1. ทำการศึกษาขั้นตอนของกระบวนการผลิตแผงวงจรปรับเพิ่มลดไฟแสดงผลหน้าปัดของรถยนต์ในทุกๆ ส่วนการผลิตอย่างละเอียด

4.3.2. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะอาการที่ถูกตรวจพบในกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายของทางฝ่ายประกันคุณภาพ เพื่อดูแนวโน้มของเสียจะมาจากกระบวนการใดเป็นหลัก ดังภาพที่ 4.1

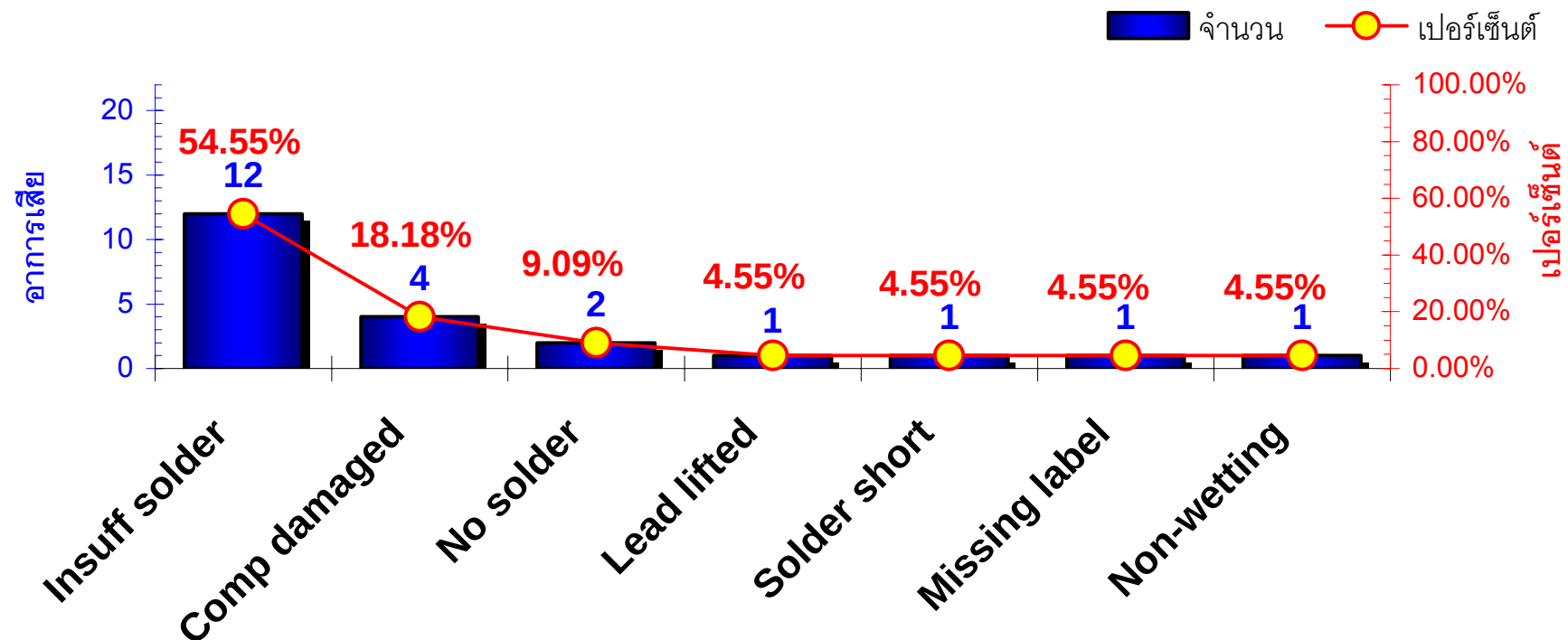
4.3.3. สรุปขั้นตอนทั้งหมดทั้งกระบวนการหลัก และกระบวนการย่อยในแต่ละกระบวนการเหล่านั้น เพื่อระบุความเกี่ยวข้องและความเป็นไปได้ที่ทำให้ผลกระทบในแต่ละประเภทของปัญหาทั้งหมดที่พบ จากรูป 4.1

4.3.4. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาใส่ลงในตาราง Cause and Effect Matrix ในที่นี้กำหนดให้อัตราความสำคัญเท่ากับ 10 และให้กลุ่มสมาชิกทำการลงคะแนนความสำคัญให้กับทุกสาเหตุกับแต่ละกระบวนการย่อย ว่ามีความสัมพันธ์กันระดับใด จะให้คะแนนในช่วง 1 ถึง 10 คะแนน โดยพิจารณาความสัมพันธ์ว่าหากมีมากให้คะแนนสูง หากมีน้อยให้คะแนนต่ำ สมาชิกในทีมจะช่วยกันให้คะแนนจนครบทุกสาเหตุ

4.3.5. ผู้วิจัยรวบรวมคะแนน พร้อมทั้งทำการคุณค่าคะแนนของแต่ละสาเหตุ กับผลการลงคะแนนความสัมพันธ์ เพื่อหากระบวนการใดที่มีแนวโน้มก่อให้เกิดปัญหา และควรพิจารณาถึงปัจจัยภายในกระบวนการนั้นๆ ว่าควรปรับปรุงแก้ไขมากที่สุด

4.3.6. ทำการสรุปผลคะแนนในตาราง Cause and Effect Matrix ดังแสดงในภาพที่ 4.2 เพื่อจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ หาว่ากระบวนการที่เป็นแนวโน้มให้เกิดปัญหาอาการเสียต่างๆมากที่สุด

ลักษณะอาการเสียที่ตรวจพบในการตรวจสอบขั้นสุดท้าย



ภาพที่ 4.1

แผนภูมิแสดงลักษณะอาการเสียที่พบในการตรวจสอบขั้นสุดท้าย

		1	2	3	4	5	6	7	8		
		Insufficient solder	Component damaged	No solder	Lead lifted	Solder short	Non-wetting	Missing label	Other		
Weigh of selection		54.5	18.2	9.0	4.5	4.5	4.5	4.5	1		
Process Step	Detailed process									Total	
Prepare in-direct material	Prepare label	0	0	0	0	0	0	1	0	5	5
	Arrange manually loading component	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Screen printing	Prepare solder paste	0	0	0	0	0	0	0	0	0	798
	Load PCB to loading machine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Setup screen printing parameter	5	0	5	0	5	5	0	0	363	
	Load solder paste to stencil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Lunch screen printing machine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Load and snap PCB to stencil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Squeegee print the solder paste via stencil to PCB	3	0	3	0	3	3	0	0	218	
	Unload PCB	3	0	3	0	3	3	0	0	218	
	Transfer PCB to next station	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chip shooter	Load component to feeder	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109
	Setup chip shooter machine parameter	0	3	0	0	0	0	0	0	55	
	Lunch machine program	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Nozzle move component chip to PCB	0	3	0	0	0	0	0	0	55	
	Transfer PCB to next station	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pick & Place	Load component to feeder	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
	Setup chip shooter machine parameter	0	3	0	0	0	0	0	0	55	
	Lunch machine program	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Nozzle move IC chip to PCB	0	1	0	0	0	0	0	0	18	
	Transfer PCB to next station	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Reflow oven	Setup profile parameter	1	0	1	0	3	3	0	0	91	145
	Apply heat to transform solder paste melt to solder joint	1	0	0	0	0	0	0	0	55	
	Transfer PCB to next station	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Post oven inspection	Visual inspection after Reflow	1	1	1	1	1	1	0	0	95	131
	Paste label to completed PCBA	0	0	0	0	0	0	8	0	36	
	Send defective board to rework	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Operator keep good PCBA to cart, then send to next station	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

ภาพที่ 4.2

ตารางแสดงเหตุและผล Cause & Effect Matrix ของกระบวนการผลิตประกอบแผงวงจร

จากการพิจารณาตารางแสดงเหตุและผล Cause & Effect Matrix ทำให้สรุปได้ว่า กระบวนการ ปรีนক্রิมตะกั่วในส่วนกระบวนการผลิตประกอบแผงวงจรปรับเพิ่มลดไฟแสดงผล หน้าปัดของรถยนต์นี้เป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหาของเสีย ที่ถูกตรวจพบในขั้นตอนตรวจสอบขั้นสุดท้ายมากที่สุด

4.4 สรุปการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนการวัดกำหนดสาเหตุของปัญหาคือ กระบวนการตรวจสอบในขั้นตอนสุดท้ายที่ระบุว่าปัญหาเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ ผลการประเมินระบบการวัดเป็นไปตามเกณฑ์ที่บริษัทตั้งไว้ และทีมงานได้ระดมความคิด หากกระบวนการใดในกระบวนการผลิตทั้งหมดที่น่าจะเป็นสาเหตุก่อให้เกิดปัญหา หรือทำให้เกิดของเสียขึ้น โดยสามารถสรุปเห็นพ้องกันจากตารางแสดงเหตุและผลว่า กระบวนการปรีนক্রิมตะกั่วเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหา และจะทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีนัยสำคัญภายในกระบวนการปรีนক্রิมตะกั่วที่เหมาะสม ควรทำการปรับปรุงแก้ไข และควบคุมต่อไป

บทที่ 5

การวิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา

5.1. บทนำ

ขั้นตอนการวิเคราะห์นี้มีความสำคัญอย่างมาก เพื่อดันให้พบสาเหตุและปัจจัยภายในกระบวนการ ที่แท้จริงที่ก่อให้เกิดปัญหา โดยจะต้องนำตารางแสดงเหตุและผลที่ได้ทำการประเมินกระบวนการทั้งหมดจากผู้เชี่ยวชาญ และอ้างอิงข้อมูลการลักษณะที่ก่อให้เกิดปัญหาจากในอดีต จนสามารถทำการระบุได้แล้วว่าสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหามาจากกระบวนการใด มาทำการวิเคราะห์ต่อไป ด้วยการวิเคราะห์อาการขาดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis - FMEA) แล้วจะเลือกปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาโดยเรียงลำดับจากเหตุที่มีความเป็นไปได้สูงกว่า หรือมีความร้ายแรงมากกว่า เพื่อทำการแก้ไข ปรับปรุงแต่ละปัญหาก่อนหลังตามลำดับต่อไป แต่ทั้งนี้เหตุที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดอาจจะไม่จำเป็นต้องเป็นปัจจัยที่แท้จริงของปัญหาก็ได้ ดังนั้นการวิเคราะห์โดยอาศัยสารสนเทศที่ได้จากการทดลองจะลดโอกาสผิดพลาดได้ การตัดสินใจที่อาศัยหลักการของสถิติวิศวกรรมหรือหลักการอนุมานทางสถิติ โดยดำเนินการทดลองเพื่อหาข้อมูลสนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ การตั้งสมมุติฐาน และการทดสอบสมมุติฐาน จะเป็นการยืนยันว่าปัจจัยที่ส่งผลหรือปัจจัยที่สาเหตุที่สงสัยนั้นคือสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาหรือความบกพร่องด้านคุณภาพได้อย่างไร นอกจากนี้เมื่อมีการยืนยันว่าปัจจัยภายในกระบวนการเหล่านั้นมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ก็ยังสามารถสรุปได้ต่อไปว่าแต่ละปัจจัยดังกล่าวมีผลกระทบมากน้อยเพียงใด

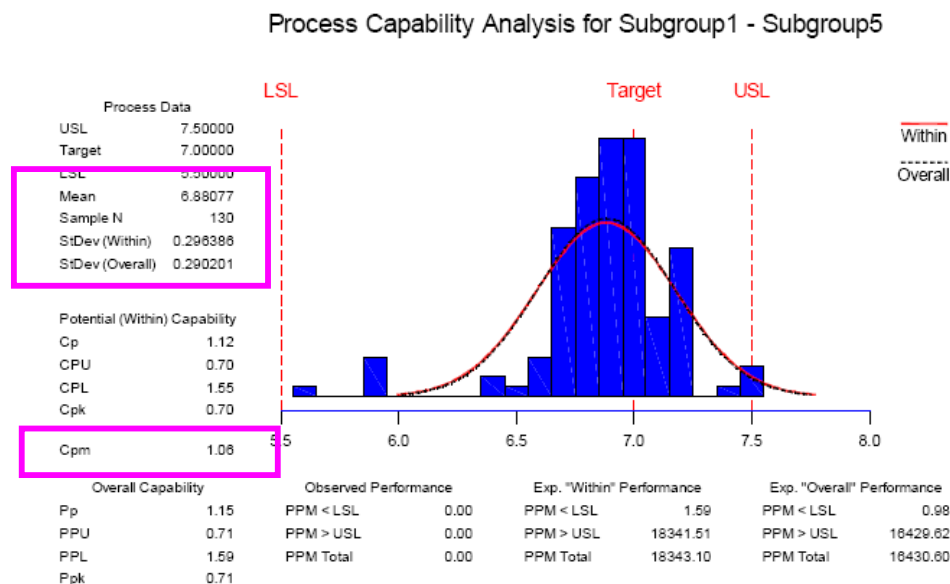
การแก้ไขด้วยการลองผิดลองถูกโดยไม่ได้ทำการทดลอง หรือทดสอบด้วยวิธีการเก็บข้อมูล และพิสูจน์ข้อมูลอย่างถูกต้องเป็นวิธีการที่ไม่ได้ทำการแก้ปัญหอย่างแท้จริง ปัญหาเหล่านี้อาจดีขึ้นชั่วคราวแต่ก็ กลับเกิดขึ้นอีกภายหลัง นั่นก็หมายความว่าปัญหาไม่ได้มีการแก้ไขอย่างจริงจัง ในการจะกำจัดสาเหตุของปัญหานั้นได้ทำการยึดหลักกำจัดสาเหตุหลักๆ หรือควบคุมปัจจัยหลักๆ ให้หมดก่อน แล้วทำการติดตามผลของปัญหาต่อไป ซึ่งเป็นไปได้ที่ข้อบกพร่องหรืออาการขาดข้องอาจจะหมดไปหรือดีขึ้นจนถึงระดับที่น่าพอใจ

ดังนั้นในขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา จึงเป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์ปัญหา เมื่อไม่แน่ใจว่าปัจจัยใดบ้างในกระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพนี้ จึงสมควรทำการเก็บรวบรวมข้อมูลมาทดสอบสมมุติฐาน เพื่อยืนยันได้อย่างแน่ชัดว่าปัจจัยเหล่านั้นเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหาคุณภาพหรือไม่ หรือหากว่าทางทีมผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคมีความเข้าใจในกระบวนการเป็นอย่างดี มีความมั่นใจโดยอาศัยลักษณะข้อมูลเชิงกายภาพหรือข้อมูลเชิงเทคนิค จนเชื่อได้ว่าปัจจัยใดที่สามารถก่อให้เกิดปัญหา ก็สามารถไปทำการออกแบบการทดลองได้ต่อไป

5.2. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

เนื่องจากความสูงต่ำของ PAD บนแผ่น PCB มีความแตกต่างกันอยู่ประมาณ 2 mil เหตุนี้ครีมตะกั่วที่ปาดลงบนแผ่น PCB จึงมีความหนาแตกต่างกันด้วยเช่นกัน โดยสเปคจึงกำหนดให้ความสูงหรือความหนาของครีมตะกั่วบน PAD ของแผ่น PCB นั้นอยู่ที่ $LSL = 5.5 \text{ mil}$ และ $USL = 7.5 \text{ mil}$

แต่พบว่า โดยเฉลี่ยแล้ว PAD ของแผ่น PCB มีความสูงอยู่ที่ค่าหนึ่งซึ่งเบี่ยงไปทางค่าสูง ไม่ได้อยู่ตรงกลางสเปค ดังนั้นสเปคของความหนาครีมตะกั่วที่ต้องการจึงอยู่ที่ $Target = 7 \text{ mil}$ (ไม่ได้อยู่ตรงกลางสเปคด้วยเช่นกัน) เมื่อเป็นลักษณะนี้การใช้ดัชนีวัดความสามารถเชิงสมรรถนะด้วยค่ากลาง Cpk จึงไม่เหมาะสม ทางทีมปรับปรุงพัฒนาโครงการจึงเลือกใช้ดัชนีวัดความสามารถเชิงสมรรถนะด้วยค่าเป้าหมาย Cpm แทน ดังแสดงในภาพที่ 5.1 พบว่ากระบวนการที่สนใจมีกระบวนการผลิตที่อยู่ในสภาวะควบคุมในระดับหนึ่ง เนื่องจากไม่มีค่าเฉลี่ยเข้าใกล้ $Target$ แต่ยังมีค่าความผันแปรสูงที่ 0.3 และปัจจุบันกระบวนการนี้มีค่า Cpm อยู่ที่เพียง 1.08 เท่านั้น ซึ่งน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเป้าหมายของบริษัทที่ให้ Cpk และ Cpm ต้องมากกว่า 1.33



ภาพที่ 5.1

ความสามารถของกระบวนการปรีนครีมตะกั่ว

5.3. การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA)

หลังจากที่ได้พิจารณาแล้วว่ากระบวนการใดก่อให้เกิดปัญหาด้วย Cause & Effect Matrix ต่อไปคือการวิเคราะห์หลังเลิกไปในกระบวนการนั้นว่าปัจจัยที่สำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาคืออะไร ในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยทั้งหมดในกระบวนการนั้นมาทำการวิเคราะห์ลักษณะของอาการขัดข้อง และผลกระทบด้วยการ ประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ดังแสดงในตารางที่ 5.1 เพื่อที่จะศึกษาถึงลักษณะของอาการขัดข้องและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของปัจจัยต่างๆเหล่านี้ พร้อมกับพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วย เพื่อที่จะกลั่นกรองให้เหลือแต่ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปัญหาที่ทำการศึกษาอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นทำการใช้ผังพาเรโตเพื่อจัดลำดับความสำคัญ ดังรูป 5.2 ก่อนที่จะนำไปออกแบบทดลองในขั้นตอนถัดไป

การคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณค่าพารามิเตอร์ 3 ตัวคือ O x S x D เมื่อ

O = Occurrence คือระดับความถี่ของการเกิดปัญหาความล้มเหลวหรือความผิดพลาด
เกณฑ์การให้คะแนนคือ 1 – 10 โดย 1 คือ ความถี่น้อยที่สุดของการเกิดความล้มเหลวหรือความ
ผิดพลาด และ 10 คือความถี่มากที่สุดของการเกิดปัญหาความล้มเหลวหรือความผิดพลาด

S = Severity คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นเกณฑ์การให้คะแนน
คือ 1 – 10 โดย 1 คือความรุนแรงน้อยที่สุดของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้น และ 10 คือความรุนแรง
มากที่สุดของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาเกิดขึ้น

D = Detecting คือระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงานหรือ
ผลิตภัณฑ์ไปให้ลูกค้าหรือกระบวนการถัดไป เกณฑ์การให้คะแนนคือ 1 – 10 โดย 1 คือความสามารถ
ในการตรวจจับปัญหาที่ดีที่สุด และ 10 คือความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่แย่ที่สุด

ค่า O, S และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับความ
เสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1 ซึ่งมาจาก $1 \times 1 \times 1$ หมายความว่าความถี่ของการ
เกิดปัญหานี้มีน้อยมากและความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกัน ซึ่งสามารถ
ตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์ ในขณะที่ค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของการ
เกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1,000 ซึ่งมาจาก $10 \times 10 \times 10$ หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้
มีมากและความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีมากรวมถึงความสามารถในการตรวจจับ
ปัญหามีต่ำ

ตารางที่ 5.1

การวิเคราะห์ FMEA สำหรับกระบวนการปรีนคีมตะกั่ว

FMEA สำหรับกระบวนการ

Process name: กระบวนการปรีนคีมตะกั่ว

Product: LT1624-14-30051

FMEA Committee: PQE, TE, Production, PE, NPE

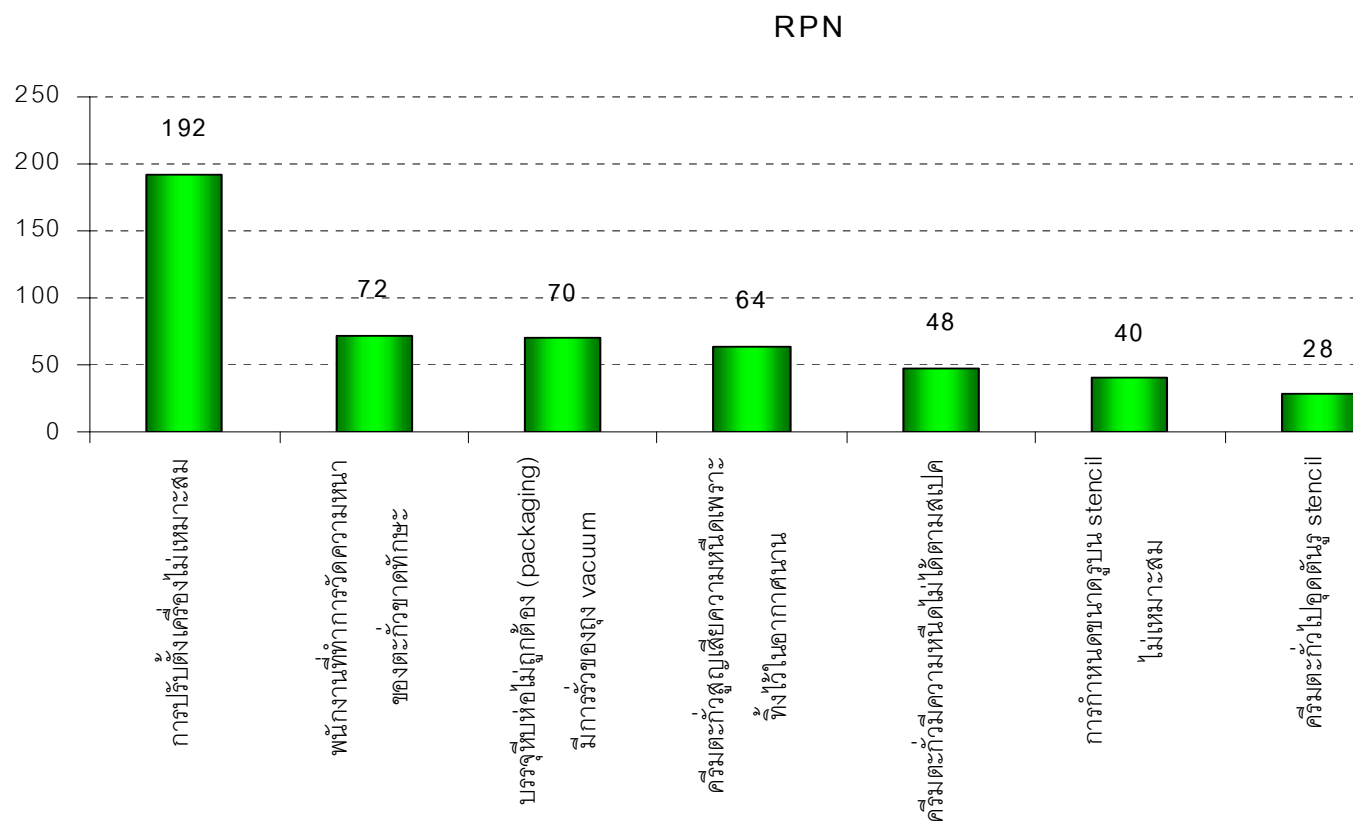
FMEA no#: LT16241430051

Process Function Requirement	Potential Failure Mode	Ser	Potential cause	Occ	Current Control	Det	RPN	Corrective Action	Ser	Occ	Det	RPN
อายุของแผ่น PCB	เกิดข้อบกพร่อง solder void, insufficient solder	7	มีคราบสกปรกบน PAD จากการเกิด oxidation	2	มีการควบคุมการจ่าย วัตถุดิบตามหลัก First- In-First-Out (FIFO) เพื่อควบคุมอายุวัตถุดิบ ไม่เกิน 1 เดือน	1	14					
			บรรจุหีบห่อไม่ถูกต้อง (packaging) มีการ รั่วของถุง vacuum	5	มีการตรวจสอบ packaging ทั้งวัตถุดิบ และ good-part return	2	70					

Process Function Requirement	Potential Failure Mode	Ser	Potential cause	Occ	Current Control	Det	RPN	Corrective Action	Ser	Occ	Det	RPN
การปรับตั้ง parameter เครื่องบัดกรี ตะกั่ว	เกิดข้อบกพร่อง insufficient solder, misalignment, solder short, no solder	8	การปรับตั้งเครื่องไม่ เหมาะสม เช่นการ ปรับตั้งแรงกดและ ความเร็วของใบปาด squeegee, การตั้ง ระยะประกบของแผ่น stencil และ PCB, การตั้งระยะหยุด และ หน่วงเวลาของ stencil	6	มีการวัดความหนาของ ครีmtreeกั่ว โดยทำการ สุ่มวัด 2 ชั่วโมงต่อ 5 จุด เพื่อดูว่าความหนาของ ครีmtreeกั่วอยู่ในการ ควบคุม (SC)	4	192	ให้ทีมดำเนินการ วางแผนและ ออกแบบการ ทดลองเพื่อ ปรับปรุงการ ปรับตั้งเครื่องบัดกรี ครีmtreeกั่ว				
การออกแบบรูบน แผ่น stencil	เกิดข้อบกพร่อง solder short, insufficient solder	8	การกำหนดขนาดรูบน stencil ไม่เหมาะสม	3	ทาง NPE จะทำการ ศึกษาแผ่น PCB แปล่า ทั้งมีการกำหนดขนาดรู ตาม DFM อีกด้วย	2	40					

Process Function Requirement	Potential Failure Mode	Ser	Potential cause	Occ	Current Control	Det	RPN	Corrective Action	Ser	Occ	Det	RPN
ความหนืดของ ครีมตะกั่ว (SC)	เกิดข้อบกพร่อง tomb stone, solder short, non wetting	8	ครีมตะกั่วสูญเสีย ความหนืดเพราะทิ้งไว้ ในอากาศนาน	4	มีเอกสารควบคุมการ เปิดใช้งานครีมตะกั่วแต่ ละกระป๋อง ต้องใช้ให้ หมดภายใน 1 วัน ห้าม ทิ้งค้างคืนหลังจากเปิด ใช้ และในระหว่างหยุด พักภายในกะทำงาน ต้องเก็บครีมตะกั่วที่ค้าง บน stencil คืน	2	64					
			ครีมตะกั่วมีความ หนืดไม่ได้ตามสเปค	2	มีการสุ่มตรวจความ หนืดของครีมตะกั่วทุกๆ lot ที่รับเข้ามา	3	48					

Process Function Requirement	Potential Failure Mode	Ser	Potential cause	Occ	Current Control	Det	RPN	Corrective Action	Ser	Occ	Det	RPN
ความสะอาดของ แผ่น stencil	เกิดข้อบกพร่อง insufficient solder	7	ครีมตะกั่วไปอุดตันรู stencil	4	มีการทำความสะอาด ทุกๆการปาด 20 ครั้ง	1	28					
การตรวจสอบ ข้อบกพร่องของ จากการปิ้งครีม ตะกั่ว	เกิดการ Faulty rejects หรือ False reject	6	พนักงานที่ทำการวัด ความหนาของตะกั่ว ขาดทักษะ	4	มีการอบรมวิธีการวัด ความหนาของครีม ตะกั่ว และทำการ ประเมินด้วย GR&R อย่างสม่ำเสมอ	3	72					



ภาพที่ 5.2

แผนภูมิแท่งเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ จากการวิเคราะห์กระบวนการปรีนครีมตะกั่วด้วย FMEA

5.4. สรุปการวิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา

ค่าดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการปริ้นครีมีตะกั่ว Cpm อยู่ที่ 1.08 เท่านั้น ซึ่งน้อยกว่าเป้าหมายที่บริษัทตั้งไว้ที่มากกว่า 1.33 และ ผลลัพธ์จากการนำค่า RPN จัดลำดับความสำคัญโดยใช้แผนภูมิแท่งในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ พบว่า ปัจจัยที่สำคัญที่มีแนวโน้มกับผลกระทบต่อการเกิดของเสียที่พบในกระบวนการตรวจสอบขั้นตอนสุดท้ายมากที่สุด คือ ปัจจัยในการปรับตั้งเครื่องปริ้นครีมีตะกั่ว ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรหรือ parameter ที่สำคัญดังนี้

- ความเร็วของใบปาดครีมีตะกั่ว (Squeegee speed)
- แรงกดของใบปาดครีมีตะกั่ว (Squeegee force)
- ระยะประกระหว่างแผ่น PCB และ stencil (Snap-off)
- ช่วงหน่วงเวลาในต่อน stencil แยกจากแผ่น PCB (Down delay)
- ระยะหยุดของ stencil (Down stop)

ทีมงานพิจารณาตามค่าความเสี่ยงของปัจจัยในการปรับตั้งเครื่องปริ้นตะกั่ว พบว่าค่า RPN มากกว่า 100 คือสูงถึง 192 ทั้งลูกค้ายังระบุอีกว่าความหนาของครีมีตะกั่วเป็น SC (Special Characteristic) ที่ต้องให้ความสำคัญ และควบคุมเป็นพิเศษ ดังนั้น ทีมงานจึงจะนำเอาตัวแปรทั้งหมดนี้ไปวิเคราะห์ระดับความมีนัยสำคัญ ความมีอิทธิพลร่วมซึ่งกันและกัน เพื่อหาวิธีการปรับตั้งเครื่องปริ้นครีมีตะกั่วที่ดีที่สุด ในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการโดยวิธีการออกแบบการทดลองต่อไป โดยมีเป้าหมายอยู่ที่ต้องปรับปรุงกระบวนการให้ได้ Cpm มากกว่า 1.33

บทที่ 6

การปรับปรุงกระบวนการ

6.1. บทนำ

หลังจากการทำการวิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาในบทที่ผ่านมา เมื่อได้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะของเสียแล้ว นำปัจจัยดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์โดยแตกออกเพื่อพิจารณาตัวแปรหรือ parameter ที่คาดว่าจะส่งผลไปทำการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง หาค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง เพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับตัวแปรเหล่านั้นที่จะส่งผลให้ดัชนีความสามารถของกระบวนการได้ค่าสูงกว่าเดิม

6.2. ตัวแปรนำเข้า (Input variable)

ตัวแปรนำเข้าที่มีผลต่อปัจจัยการปรับตั้งเครื่องปริ้นครีมตะกั่ว เพื่อให้ได้ค่าความหนาของครีมตะกั่วตามต้องการนั้น มีทั้ง ตัวแปรที่ควบคุมได้ และตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ ดังนี้

■ ตัวแปรที่ควบคุมได้ (Controllable variable)

ตัวแปรทั้งหลายที่เครื่องปริ้นครีมตะกั่วสามารถกำหนดหรือมีให้ใช้งานเครื่องนั้น กำหนดระดับตามต้องการได้ เป็นตัวแปรที่ผู้ดำเนินการทดลองปรับตั้งได้ตามต้องการ ได้แก่

- ความเร็วของใบปาดครีมตะกั่ว (Squeegee speed)
- แรงกดของใบปาดครีมตะกั่ว (Squeegee force)
- ระยะประจบระหว่างแผ่น PCB และ stencil (Snap-off)
- ช่วงหน่วงเวลาในตอน stencil แยกจากแผ่น PCB (Down delay)
- ระยะหยุดของ stencil (Down stop)

■ ตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ (Noise variable)

ตัวแปรทั้งหลายที่นอกเหนือจากการควบคุมของผู้ดำเนินการทดลอง แต่อาจถูกควบคุมโดยผู้อื่น หรือเป็นสภาวะแวดล้อมในการทำงานที่มีอยู่จริง ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้

- แหล่งที่มาหรือแต่ละผู้ผลิตครีmtree
- อายุการใช้งานของแผ่น stencil
- อายุการใช้งานของแผ่นปาดครีmtree squeegee
- พนักงานแต่ละคนที่ทำงานควบคุมเครื่องปรีนครีmtree
- ความหนาของ PCB
- อุณหภูมิที่พื้นที่ทำงาน
- ความชื้นที่พื้นที่ทำงาน

6.3. ตัวแปรตอบสนอง (Response variable)

ค่าตัวแปรตอบสนองคือ ค่าเฉลี่ย ของความหนาครีmtree จากการวัด 10 จุดตัวอย่าง (solder paste thickness)

6.4. การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองสำหรับการทดลองนี้จะใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกซ์ันนอลแฟคโทเรียล ที่ Resolution V เพื่อลดหน่วยการทดลอง ลงจากเดิมครึ่งหนึ่ง เนื่องจากมีตัวแปรนำเข้าถึง 5 ตัวแปร จะทำให้เกิด Treatment combination = $2^5 = 32$ run และหากทำ replication ด้วยจะทำให้เกิด Treatment combination มากมาย = $32 \times 2 = 64$ run

6.4.1. การทำใหม่ (Replication)

การทำใหม่ หมายถึงการที่ Treatment combination หนึ่งจะถูกทำการทดลองมากกว่า 1 ครั้ง ซึ่งการทำใหม่นี้จะช่วยให้สามารถประมาณค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลองได้ เนื่องจากไม่มีการทดลองใดที่จะให้ผลคงเดิม การทำซ้ำทำให้ขนาดของความคลาดเคลื่อนลดลงได้

6.4.2. การทำซ้ำ (Repetition)

ในการออกแบบการทดลองแบบทำใหม่ (replication) จะต้องมีการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่สำหรับทุกตัวอย่างข้อมูล โดยวิธีการดังกล่าวจะทำให้ข้อมูลมีความผันแปรระหว่างการปรับเปลี่ยน (between setup variation) แต่ยังคงความผันแปรภายในการปรับเปลี่ยน (within setup variation)

การออกแบบการทดลองแบบการทำซ้ำ (repetition) จะเก็บข้อมูลจำนวนหลายตัวอย่างในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรของแต่ละ Treatment หรือสภาวะการทดลอง วิธีการนี้จะทำให้ข้อมูลมีความผันแปรภายในการปรับเปลี่ยนรวมอยู่ด้วย และทำให้มีการประมาณความผันแปรระยะสั้นที่ได้ หากทำเพียงออกแบบการทดลองแบบทำซ้ำจะช่วยลดจำนวนการปรับหรือตั้งค่าตัวแปรให้น้อยลง ซึ่งจะทำให้มีความเหมาะสมในการทำการทดลองได้จริงในอุตสาหกรรม

แต่การออกแบบการทดลองที่ดีควรมีการผสมผสานทั้งการทำซ้ำและการทำใหม่ เพื่อประมาณความผันแปรในระยะสั้นและระยะยาว ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จะมีการออกแบบการทดลองทั้งทำซ้ำและทำใหม่ โดยจะทำการทดลอง 2 replication และ 10 repetition

สรุปการออกแบบการทดลองเป็นแบบแฟร็กชันนอลแฟคโทเรียลที่ 2^{5-1}_V ซึ่งทำให้ลดหนอยทดลองลงจากเดิมที่ 32 run เป็น 16 run แต่ว่าทางทีมต้องการให้การทดลองมีการประมาณค่าความผันแปรทั้งในระยะสั้น และระยะยาวเข้าไปด้วย จึงทำการทดลองที่ 10 repetition และ 2 replication ได้การทดลองทั้งหมด = $16 \times 2 = 32$ run

6.4.3. การสุ่ม (Randomize)

เป็นหลักสำคัญในการใช้หลักการทางสถิติในการออกแบบการทดลอง โดยการสุ่มจะหมายถึง การจัดสรรหน่วยการทดลองลำดับการทดลองให้เป็นไปโดยสุ่ม ซึ่งทำให้ผลการทดลองตรงกับข้อ กำหนดทางสถิติที่ว่าค่าสังเกตจากการทดลองต้องมีความเป็นอิสระต่อกัน และการสุ่มยังสามารถที่จะเจี่ยบอกความผันแปรภายนอกที่ไม่ได้เกิดจากสาเหตุโดยธรรมชาติออกไปได้ ทำให้การวิเคราะห์ผลจากการทดลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

6.5. ออกแบบประเมินความแม่นยำการวัดความหนาคริมตะกั่ว

เนื่องจากค่าตอบสนองที่สนใจ คือ ความหนาของคริมตะกั่ว ซึ่งได้มาจากวัดความหนาด้วยเครื่อง LSM ดังนั้นเพื่อให้ผลการออกแบบการทดลองแม่นยำ จึงทำการวิเคราะห์ระบบการวัดก่อน เป็น

การยืนยันว่าระบบการวัดมีความแม่นยำเพียงพอ โดยขั้นตอนของการวิเคราะห์ความแม่นยำการวัดความหนาของความตะกั่วนี้ อ้างอิงมาจากการปฏิบัติจริงของโรงงาน ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- คัดเลือกพนักงานที่มีทักษะและได้รับการฝึกอบรมมากเป็นอย่างดี จำนวนทั้งสิ้น 3 คน
- คัดเลือกชิ้นงานในกระบวนการผลิตแบบสุ่ม จำนวนทั้งสิ้น 10 ชิ้น
- ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดให้มั่นใจว่าเครื่องมือวัดความหนาครีมตะกั่ว เครื่อง LSM ว่างมีความเที่ยงตรง โดยอ้างอิงจากผลการสอบเทียบ
- ทำการวัดค่าของชิ้นงานจนครบทุกชิ้น และวัดซ้ำอีก 2 ครั้ง ด้วยวิธีการเดียวกัน
 - บันทึกค่าลงในตารางบันทึกผล
 - ป้อนค่าที่บันทึกได้ลงใน MINITAB และหาค่าของ GR&R

เกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัด

เกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัดด้วยวิธีการของการ Variable GR&R ซึ่งอ้างอิงจากเกณฑ์ที่ใช้ในบริษัทกรณีศึกษา

ตารางที่ 6.1

เกณฑ์ในการยอมรับสำหรับระบบการวัดด้วย Variable GR&R

ดัชนี	เกณฑ์ในการยอมรับ
% Total Gage R&R	น้อยกว่า 30%
ตัวเลขระดับในการจำแนกประเภท	มากกว่าหรือเท่ากับ 5

6.6. สรุปผลการประเมินความแม่นยำการวัดความหนาครีมตะกั่ว

ผลวิเคราะห์การประเมินความผันแปรของการวัดความหนาครีมตะกั่วด้วยเครื่อง LSM แสดงดังรูป 6.1 และ ภาพที่ 6.2 โดยเกณฑ์ของโรงงานสำหรับการประเมินความแม่นยำของระบบการวัดด้วยเทคนิค Variable GR&R จะต้องได้น้อยกว่า 30% จึงจะยอมรับได้ และจากภาพที่ 6.1 แสดงให้เห็นค่า Total Gage R&R คือ 23.88% ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์โรงงานกำหนด ทั้งค่าตัวเลขระดับในการ

จำแนกประเภทเท่ากับ 5 จึงสรุปได้ว่าการวัดความหนาครีมีตะกั่วสามารถยอมรับได้ และสามารถดำเนินการออกแบบการทดลองต่อไปได้

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	19.6690	2.18544	89.8128	0.000
Operator	2	0.0776	0.03878	1.5936	0.231
Part * Operator	18	0.4380	0.02433	2.7375	0.002
Repeatability	60	0.5333	0.00889		
Total	89	20.7179			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

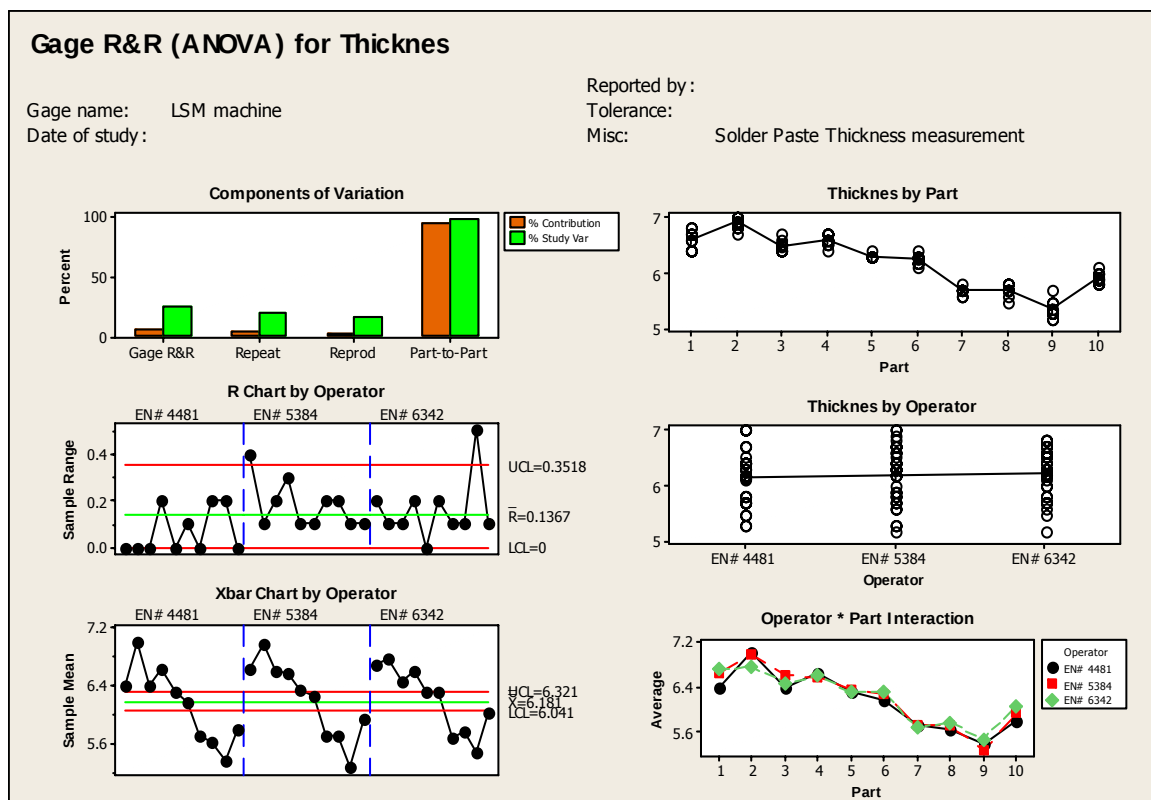
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.014519	5.70
Repeatability	0.008889	3.49
Reproducibility	0.005630	2.21
Operator	0.000481	0.19
Operator*Part	0.005148	2.02
Part-To-Part	0.240123	94.30
Total Variation	0.254642	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.120493	0.72296	23.88
Repeatability	0.094281	0.56569	18.68
Reproducibility	0.075031	0.45019	14.87
Operator	0.021943	0.13166	4.35
Operator*Part	0.071751	0.43050	14.22
Part-To-Part	0.490024	2.94014	97.11
Total Variation	0.504621	3.02772	100.00

Number of Distinct Categories = 5

ภาพที่ 6.1

ผลวิเคราะห์และประเมินการวัดความหนาครีมีตะกั่วด้วยเครื่อง LSM โดยใช้ Variable GR&R



ภาพที่ 6.2

กราฟแสดงผลวิเคราะห์และประเมินการวัดความหนาครีมีตะกั่วด้วย Variable GR&R

6.7. การคัดเลือกตัวแปรนำเข้า และระดับของตัวแปรนำเข้า

ทีมงานคัดเลือกตัวแปรนำเข้าในเบื้องต้นสำหรับการดำเนินการทดลอง คือตัวแปรที่ควบคุมได้ทั้ง 5 ตัวแปร เนื่องจากเป็นเหล่าตัวแปรสามารถเปลี่ยนแปลงระดับได้ตามต้องการ ทีมงานต้องการปรับแต่งระดับของตัวแปรควบคุมได้ทั้ง 5 ตัวแปรนี้เป็นพื้นฐาน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ในขณะที่เหล่าตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ ซึ่งรบกวนอยู่การทดลองอยู่แล้วนั้นจะส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์น้อยที่สุดเช่นกัน

อย่างไรก็ตามทีมงานต้องการศึกษาว่าตัวแปรควบคุมไม่ได้ตัวใดที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อผลลัพธ์หรือตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ เพื่อจำแนกตัวแปรนั้นออกเป็นตัวแปรบล็อก (Blocking) สำหรับออกแบบการทดลอง ทีมงานจึงทำการทดลอง และทดสอบสมมติฐาน ดังต่อไปนี้

6.7.1 การวิเคราะห์สมมติฐานแหล่งที่มาของครีมีตะกั่วมีผลความหนาครีมีตะกั่ว

เนื่องจากครีมีตะกั่วที่ใช้มาจาก 2 ผู้ผลิตหลักจึงทำการเก็บข้อมูลความหนาของครีมีตะกั่วเมื่อใช้ครีมีตะกั่วแต่ละผู้ผลิต 30 ข้อมูล แล้วทดสอบสมมติฐาน โดยในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าความหนาครีมีตะกั่วในการใช้ผู้ผลิต A และผู้ผลิต B ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบ คือ $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ และ $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

โดยกำหนดให้ σ_1^2 แทนค่าความแปรปรวนของความหนาครีมีตะกั่วของผู้ผลิต A และ σ_2^2 แทนค่าความแปรปรวนของผู้ผลิต B

Test for Equal Variances: Vendor A, Vendor B

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

	N	Lower	StDev	Upper
Vendor A	30	0.407132	0.527453	0.741891
Vendor B	30	0.405455	0.525280	0.738835

F-Test (Normal Distribution)

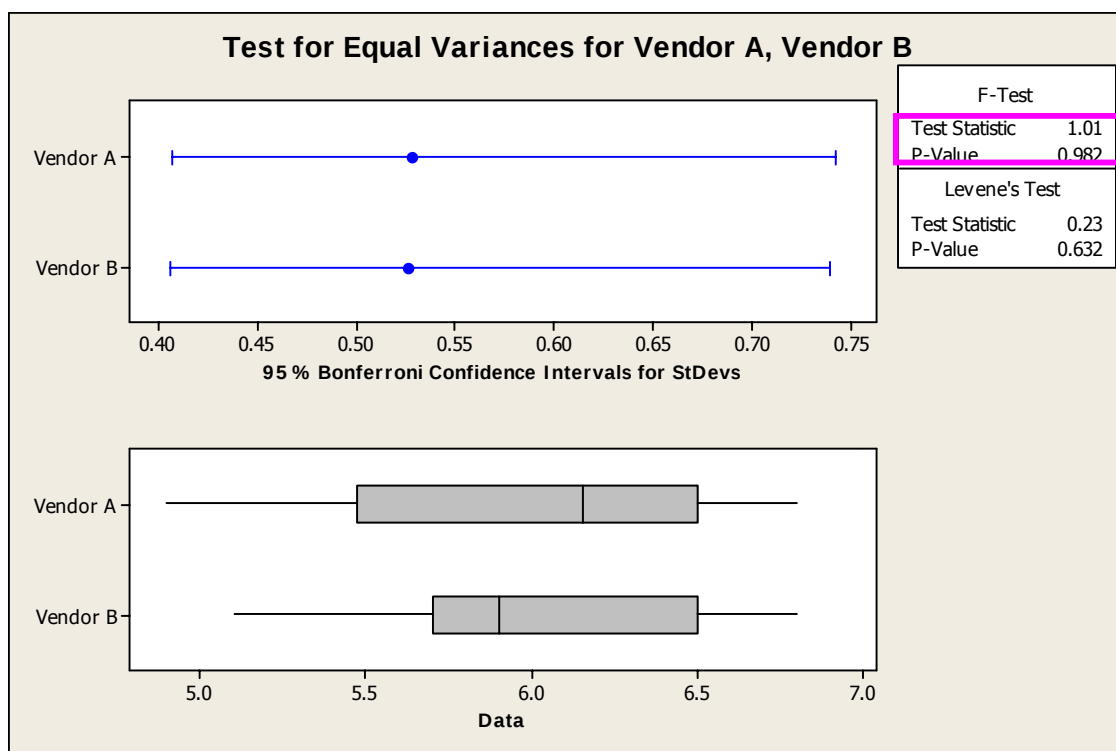
Test statistic = 1.01, **p-value = 0.982**

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 0.23, p-value = 0.632

ภาพที่ 6.3

ผลลัพธ์ของการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวน
ที่เกิดจากผู้ผลิต A และ B สำหรับความหนาครีมีตะกั่ว



ภาพที่ 6.4

กราฟแสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวน
ที่เกิดจากผู้ผลิต A และ B สำหรับความหนาครีมตะกั่ว

จากผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของความหนาครีมตะกั่วที่เกิดจากการใช้วัตถุดิบ คือ ครีมตะกั่วของผู้ผลิต A และ B ดังแสดงในภาพที่ 6.3 และ 6.4 พบว่า ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า แหล่งของวัตถุดิบไม่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของความหนาครีมตะกั่ว ที่ความเชื่อมั่น 95%

ขั้นต่อไปคือ การทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของความหนาครีมตะกั่วที่เกิดจากการใช้ครีมตะกั่วของผู้ผลิต A และ B โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็น ดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ และ $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของความหนาครีมตะกั่วจากผู้ผลิต A และ μ_2 แทนค่าเฉลี่ยความหนาครีมตะกั่วของผู้ผลิต B ดังแสดงในภาพที่ 6.5 และ 6.6

Two-Sample T-Test and CI: Vendor A, Vendor B

Two-sample T for Vendor A vs Vendor B

	N	Mean	StDev	SE Mean
Vendor A	30	6.020	0.527	0.096
Vendor B	30	5.983	0.525	0.096

Difference = μ (Vendor A) - μ (Vendor B)

Estimate for difference: 0.037

95% CI for difference: (-0.235, 0.309)

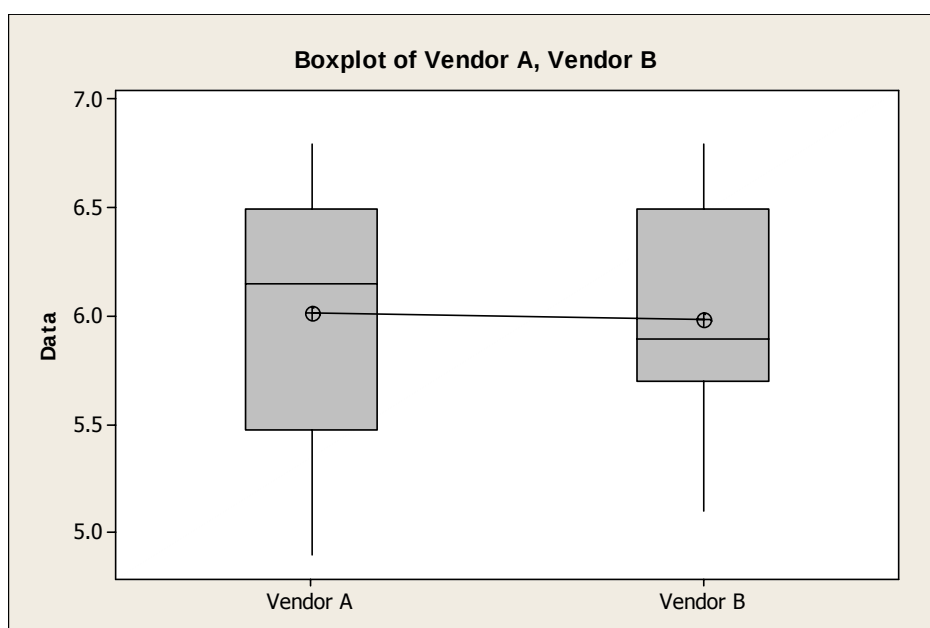
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.27

P-Value = 0.788 DF = 58

Both use Pooled StDev = 0.5264

ภาพที่ 6.5

ผลลัพธ์ของการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยความหนาครีมตะกั่วที่เกิดจากผู้ผลิต A และ B



ภาพที่ 6.6

กราฟแสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยความหนาครีมตะกั่วที่เกิดจากผู้ผลิต A และ B

จากผลการทดสอบสมมติฐานในภาพที่ 6.5 และ 6.6 พบว่าค่า P-Value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าความหนาครีมตะกั่วที่เกิดจากการใช้ครีมตะกั่วจากผู้ผลิตทั้งสองราย มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และไม่จำเป็นต้องกำหนดให้เป็นตัวแปรบล็อก

6.7.2 การวิเคราะห์สมมติฐานพนักงานทำงานแต่ละกะมีผลความหนาครีมตะกั่ว

เนื่องจากฝ่ายผลิตมีการแบ่งกะทำงาน เป็น 2 กะทำงาน คือ เช้า และ เย็น ทีมงานจึงทำการเก็บข้อมูลความหนาของครีมตะกั่วของแต่ละกะทำงานจำนวน 30 ข้อมูล แล้วทดสอบสมมติฐาน โดยในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าความหนาครีมตะกั่วจากกะทำงานช่วงเช้าและกะทำงานช่วงเย็น ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ และ $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

Test for Equal Variances: Morning, Evening

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

	N	Lower	StDev	Upper
Morning	30	0.425370	0.551080	0.775124
Evening	30	0.481714	0.624076	0.877796

F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 0.78, **p-value = 0.507**

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 0.59, p-value = 0.446

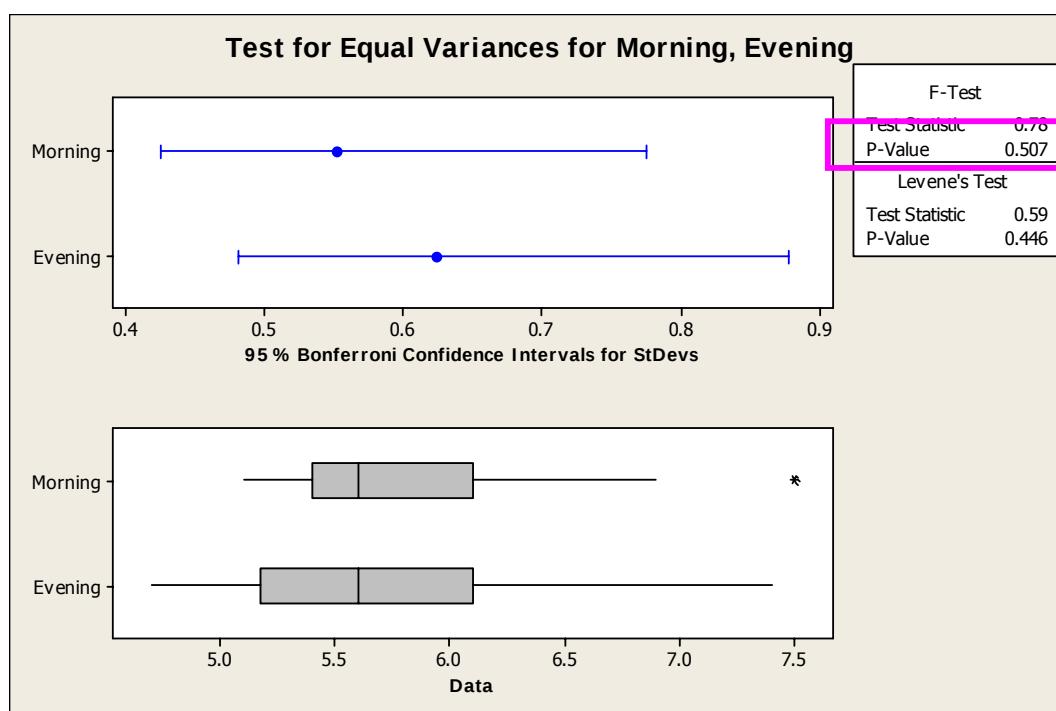
ภาพที่ 6.7

ผลลัพธ์ของการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวน

ที่เกิดจากพนักงานกะทำงานเช้าและเย็นสำหรับความหนาครีมตะกั่ว

โดยกำหนดให้ σ_1^2 แทนค่าความแปรปรวนของความหนาครีมตะกั่วของกะทำงานช่วงเช้า

และ σ_2^2 แทนค่าความแปรปรวนของกะทำงานช่วงเย็น



ภาพที่ 6.8

กราฟผลของการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวน
ที่เกิดจากพนักงานกะทำงานเช้าและเย็นสำหรับความหนาครีมีตะกั่ว

จากผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของความหนาครีมีตะกั่วที่เกิดจากการแต่ละกะทำงาน คือ กะทำงานเช้าและเย็น ดังแสดงในภาพที่ 6.7 และ 6.8 พบว่า ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า กะการทำงานไม่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของค่าความหนาครีมีตะกั่ว ที่ความเชื่อมั่น 95%

ขั้นต่อไปคือการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของความหนาครีมีตะกั่วที่เกิดจากกะทำงานช่วงเช้า และกะทำงานช่วงเย็น โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้ สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ และ $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของความหนาครีมีตะกั่วกะทำงานช่วงเช้า

และ μ_2 แทนค่าเฉลี่ยความหนาครีมีตะกั่วของกะทำงานช่วงเย็น

ดังแสดงในภาพที่ 6.9 และ 6.10

Two-Sample T-Test and CI: Morning, Evening

Two-sample T for Morning vs Evening

	N	Mean	StDev	SE Mean
Morning	30	5.790	0.551	0.10
Evening	30	5.613	0.624	0.11

Difference = μ (Morning) - μ (Evening)

Estimate for difference: 0.177

95% CI for difference: (-0.128, 0.481)

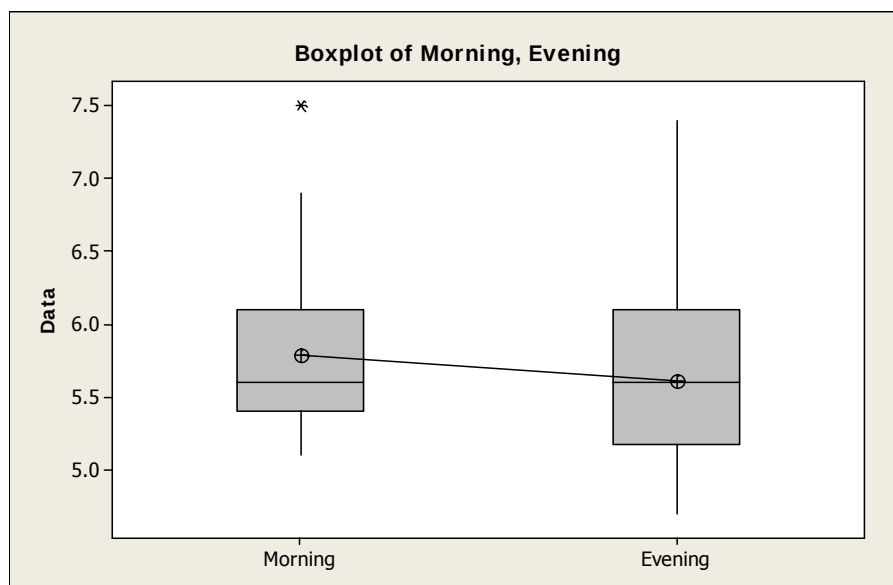
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1.16

P-Value = 0.250 DF = 58

Both use Pooled StDev = 0.5887

ภาพที่ 6.9

ผลลัพธ์ของการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยความหนาของครีมตะกั่วที่เกิดจากพนักงานกะทำงานเช้าและเย็น



ภาพที่ 6.10

กราฟแสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยความหนาของครีมตะกั่วที่เกิดจากพนักงานกะทำงานเช้าและเย็น

จากผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยความหนาครีมตะกั่วที่เกิดจากการแต่ละกะทำงาน คือ กะทำงานเช้าและเย็น ดังแสดงในภาพที่ 6.9 และ 6.10 พบว่า ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า กะการทำงานไม่มีผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยความหนาครีมตะกั่ว ที่ความเชื่อมั่น 95% และไม่จำเป็นต้องกำหนดเป็นตัวแปรบล็อก

ผลการทดสอบสมมุติฐานของตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ทั้ง 2 ตัวแปร คือ แหล่งที่มาของครีมตะกั่ว กับ พนักงานทำงานในแต่ละกะทำงาน จึงไม่ส่งผลกระทบต่อโดยตรง หรือเป็นอิทธิพลหลักของค่าความหนาครีมตะกั่ว ไม่จำเป็นต้อง Blocking 2 ตัวแปรนี้ ส่วนตัวแปรควบคุมไม่ได้ตัวอื่นๆ ได้แก่ อายุการใช้งานของแผ่น stencil, อายุการใช้งานของแผ่นปาดครีมตะกั่ว squeegee, ความหนาของ PCB, อุณหภูมิที่พื้นที่ทำงาน และ ความชื้นที่พื้นที่ทำงาน ล้วนเนื่องจากเป็นค่าต่อเนื่องจึงไม่สามารถทำเป็น Blocking ได้เช่นกัน ทีมงานจึงปล่อยให้เป็นตัวแปรรบกวนในกระบวนการระหว่างดำเนินการทดลอง โดยจะเฉลี่ยตัวแปรรบกวนเหล่านี้ลงไปในทุกๆ หน่วยการทดลอง ด้วยวิธีการสุ่มการทดลอง

ดังนั้นตัวแปรนำเข้าที่นำมาศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการปรีนครีมตะกั่วประกอบไปด้วยตัวแปรควบคุมได้ทั้ง 5 ตัวแปร คือ ความเร็วของใบปาดครีมตะกั่ว (Squeegee speed), แรงกดของใบปาดครีมตะกั่ว (Squeegee force), ระยะประกำระหว่างแผ่น PCB และ stencil (Snap-off), ช่วงหน่วงเวลาในตอน stencil แยกจากแผ่น PCB (Down delay), ระยะหยุดของ stencil (Down stop)

การกำหนดระดับของแต่ละตัวแปรนั้น จะพิจารณาจากสเปคของเครื่องปรีนครีมตะกั่วที่สามารถทำได้ อ้างอิงร่วมกับสเปคของวัสดุที่ใช้งานร่วมต่างๆ เช่น ระดับแรงกดของใบปาด squeegee ที่จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายขึ้นบนแผ่น stencil หรือระดับความเร็วในการปาดที่ จะไม่ทำให้อายุการใช้งานของใบปาด squeegee สิ้นลง โดยไม่ต้องทำการทดลองเกินระดับใช้งานปกติ จนเป็นการทดลองแบบทำลาย หรือทำให้อายุการใช้งานของวัสดุเหล่านั้นสั้นลง

เมื่ออ้างอิงจากสเปคของวัสดุ สเปคของวัตถุดิบ และสเปคของตัวเครื่องปรีนตะกั่วเองแล้ว จึงกำหนดให้ระดับของตัวแปรที่ต่ำ (-) กับ สูง (+) ตัวแปรละ 2 ระดับ ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2
แสดงตัวแปรนำเข้าที่จะไปทำการทดลอง

ลำดับ	ตัวแปรนำเข้า	ระดับ		หน่วย
		(-)	(+)	
1	Squeegee speed	20	30	mm/sec
2	Squeegee force	3	9	kgf
3	Snap-off	1	5	mm
4	Down delay	0	8	sec
5	Down stop	1.50	3.00	mm

6.8. ขั้นตอนทดลองและผลการทดลอง

การสุ่มลำดับการทดลองในการทดลองนี้จะกระทำโดยโปรแกรม MINITAB ซึ่งกำหนดพร้อมกับการสร้างตารางการออกแบบ (Design Matrix) โดยสังเกตลำดับการทดลองได้จาก RunOrder ของตาราง รวมทั้งสิ้น 32 การทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 6.3

กำหนดให้

- A แทนตัวแปร Squeegee speed
- B แทนตัวแปร Squeegee force
- C แทนตัวแปร Snap-off
- D แทนตัวแปร Down delay
- E แทนตัวแปร Down stop

ตารางที่ 6.3

แสดงตารางการทดลองและผลการทดลอง

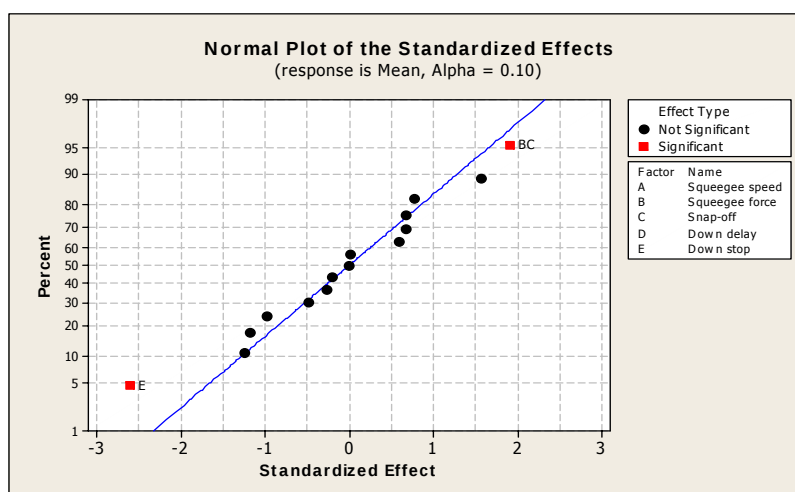
Experiment Order		Input variable					Response variable (solder paste thickness)										ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
StdOrder	RunOrder	Squeegee speed	Squeegee force	Snap-off	Down delay	Down stop	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
9	1	30	3	1	8	3.00	9.3	8.0	7.4	8.1	7.0	7.8	9.0	9.4	8.8	7.9	8.27	0.81520
16	2	30	9	5	0	1.50	9.7	9.2	9.9	9.8	6.9	7.0	7.3	7.1	7.1	7.1	8.11	1.34119
25	3	30	9	5	8	3.00	7.2	7.2	8.9	7.5	6.9	7.0	7.6	7.6	8.0	7.4	7.53	0.57937
22	4	20	9	5	8	1.50	8.2	7.1	8.1	8.3	7.4	6.6	8.3	7.9	8.4	8.3	7.86	0.61680
11	5	20	9	5	0	3.00	7.3	7.0	7.5	8.1	7.2	7.2	7.5	7.5	7.2	7.4	7.39	0.29981
8	6	30	3	1	0	1.50	8.5	7.1	9.3	8.7	7.1	8.3	8.2	8.2	9.0	8.3	8.27	0.71344
20	7	30	3	5	0	3.00	7.4	7.3	7.2	8.4	7.4	7.2	7.5	7.6	7.6	7.4	7.50	0.34641
12	8	20	3	1	8	1.50	9.4	8.1	9.6	9.7	7.9	8.1	8.1	8.1	8.5	8.1	8.56	0.71368
13	9	20	3	5	8	3.00	7.2	7.1	7.4	7.3	7.4	7.0	7.2	7.2	7.1	7.3	7.22	0.13166
3	10	20	3	1	0	3.00	7.2	7.4	7.2	7.2	7.2	6.9	7.1	7.1	6.9	6.9	7.11	0.16633

Experiment Order		Input variable					Response variable (solder paste thickness)										ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
StdOrder	RunOrder	Squeegee speed	Squeegee force	Snap-off	Down delay	Down stop	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
15	11	20	9	1	8	3.00	7.5	7.2	7.0	7.3	7.1	7.0	6.9	7.0	7.1	7.0	7.11	0.179196
14	12	30	9	1	8	1.50	7.0	7.1	7.4	7.4	7.0	7.3	7.4	7.3	7.0	7.4	7.23	0.182878
6	13	20	3	5	0	1.50	8.3	7.5	8.4	8.5	7.3	7.2	8.2	9.0	9.3	8.3	8.20	0.691215
5	14	30	3	5	8	1.50	7.4	7.4	7.2	7.4	7.0	7.8	8.2	7.2	7.8	8.0	7.54	0.389301
30	15	20	9	1	0	1.50	8.0	6.6	7.4	8.1	6.6	7.2	7.4	7.0	8.4	8.0	7.47	0.636047
31	16	30	9	1	0	3.00	6.9	7.1	7.5	8.0	7.3	7.4	7.2	8.5	8.1	7.5	7.55	0.499444
4	17	20	9	1	8	3.00	6.9	7.2	7.3	8.0	6.7	6.9	7.3	7.4	7.0	6.9	7.16	0.371782
7	18	20	9	5	0	3.00	7.3	7.2	7.3	7.2	7.1	6.9	7.1	7.3	7.4	7.5	7.23	0.170294
24	19	30	3	5	8	1.50	7.2	7.3	7.2	8.0	7.8	7.8	7.3	7.3	7.1	7.3	7.43	0.312872
1	20	20	9	5	8	1.50	7.2	7.9	6.9	7.4	7.3	7.6	7.4	7.5	7.5	7.8	7.45	0.287711
17	21	30	9	5	8	3.00	7.5	7.6	7.8	7.5	7.3	7.0	7.2	7.3	7.3	7.5	7.40	0.226078

Experiment Order		Input variable					Response variable (solder paste thickness)										ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
StdOrder	RunOrder	Squeegee speed	Squeegee force	Snap-off	Down delay	Down stop	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
26	22	30	3	1	8	3.00	6.9	6.7	7.0	7.4	7.3	6.6	6.9	7.3	7.3	8.0	7.14	0.408792
23	23	20	3	5	8	3.00	7.5	7.5	7.3	7.3	7.3	7.3	7.2	7.5	7.3	7.5	7.37	0.115950
27	24	20	9	1	0	1.50	7.8	8.1	7.4	7.6	7.3	7.6	8.3	7.3	7.3	8.3	7.70	0.405518
28	25	20	3	1	0	3.00	7.2	7.2	7.0	7.2	7.3	6.9	6.9	7.0	6.9	7.0	7.06	0.150555
18	26	30	3	5	0	3.00	7.0	7.3	7.5	7.1	7.0	7.3	7.9	7.3	7.2	8.3	7.39	0.414863
10	27	30	9	1	0	3.00	7.9	7.2	7.4	7.4	7.3	6.7	6.7	7.0	6.8	7.0	7.14	0.377712
19	28	30	3	1	0	1.50	7.2	7.0	7.1	8.3	7.1	7.3	8.7	8.3	8.0	8.1	7.71	0.631489
29	29	30	9	1	8	1.50	7.4	6.9	6.9	7.8	7.1	7.1	7.4	7.5	7.2	7.5	7.28	0.289828
21	30	20	3	5	0	1.50	6.6	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.4	7.2	7.0	7.3	7.02	0.244040
32	31	30	9	5	0	1.50	7.0	7.2	7.0	8.5	7.9	7.5	7.3	7.0	7.2	8.0	7.46	0.512510
2	32	20	3	1	8	1.50	8.0	7.8	7.6	8.1	7.5	8.2	8.3	7.9	6.6	7.9	7.79	0.486370

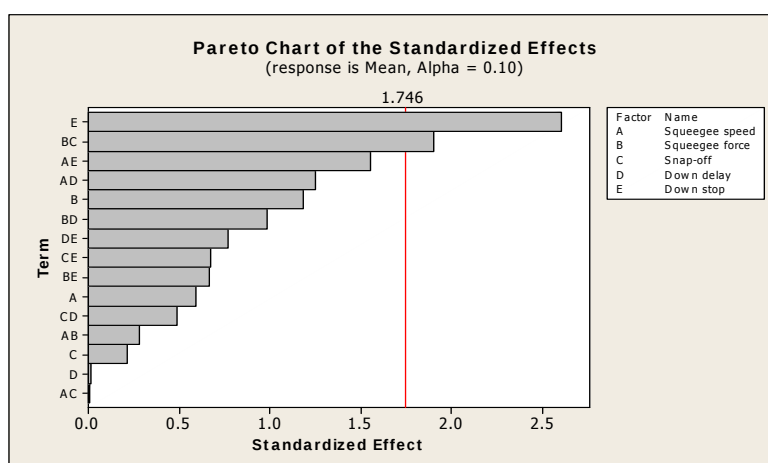
6.9. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ผลการทดลองของการออกแบบการทดลองเบื้องต้น ด้วย MINITAB สามารถแสดงผลของตัวแปรนำเข้า และอิทธิพลร่วมระหว่างตัวแปรนำเข้า (interaction) ที่มีนัยสำคัญออกมาในรูปของ Normal Probability Plot และแผนภูมิพาเรโต แสดงในภาพที่ 6.11 และ 6.12 ตามลำดับ



ภาพที่ 6.11

กราฟ Normal Probability Plot แสดงตัวแปรนำเข้าและอิทธิพลร่วมที่มีนัยสำคัญ



ภาพที่ 6.12

แผนภูมิพาเรโต แสดงตัวแปรนำเข้าและปฏิสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญ

แต่การทดลองแบบแฟกซ์ันนอลแฟคโทเรียลด้วย Resolution V จะเกิด Alias Structure ขึ้น ซึ่งเป็นการคอนฟาวด์กันระหว่างตัวแปรหลักกับ 4-way interaction และ 2-way interaction กับ 3-way interaction ดังภาพที่ 6.13

Alias Structure	
I	+ ABCDE
A	+ BCDE
B	+ ACDE
C	+ ABDE
D	+ ABCE
E	+ ABCD
AB	+ CDE
AC	+ BDE
AD	+ BCE
AE	+ BCD
BC	+ ADE
BD	+ ACE
BE	+ ACD
CD	+ ABE
CE	+ ABD
DE	+ ABC

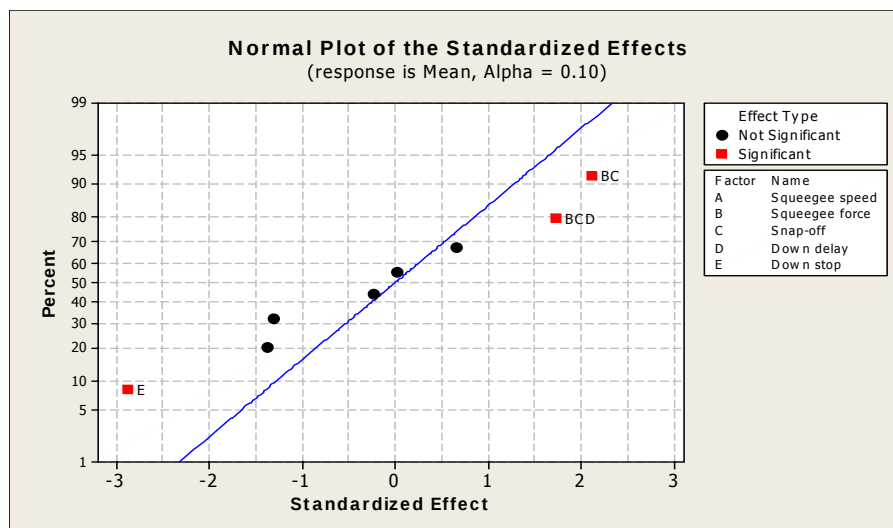
ภาพที่ 6.13

การเกิดคอนฟาวด์กันระหว่าง 2-way interaction กับ 3-way interaction

ผลการวิเคราะห์เบื้องต้น และเมื่อพิจารณาร่วมกับ Alias Structure และข้อมูลในทางเทคนิคจากผู้มีประสบการณ์ในกระบวนการปรีนครีมตะกั่ว พบว่า Down stop ซึ่งเป็นระยะหยุดของแผ่น stencil เมื่อเริ่มทำการปาดครีมตะกั่วนั้นมีผลต่อความหนาของครีมตะกั่ว ส่วนอิทธิพลร่วมของ Squeegee force และระยะประกบ Snap-off ก็เป็นไปได้จริง (เทอม interaction BC)

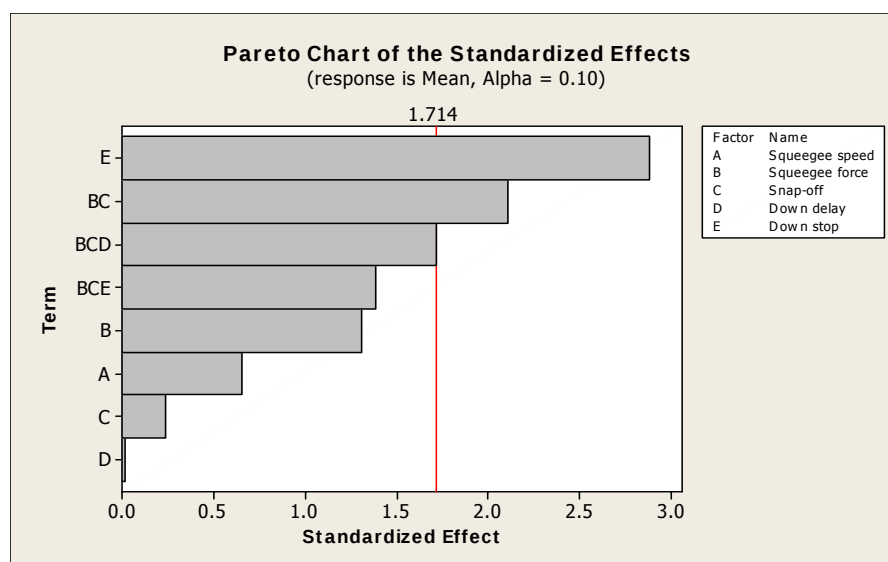
จากข้อมูลวิเคราะห์เบื้องต้นนี้ การเกิดอิทธิพลร่วมระหว่าง Squeegee speed กับ Down delay (เทอม interaction AD) และ Squeegee speed กับ Down stop (เทอม interaction AE) จึงไม่เหมาะสม จะทำการพิจารณาตัวแปรแฝงของทั้งสอง 2-way interaction ด้วย 3-way interaction คือ

เทอม interaction BCE แทน AD และ BCD แทน AE พร้อมทั้งทำการลดรูป Model ใหม่ ได้ผลวิเคราะห์ดังรูป 6.14 และ 6.15



ภาพที่ 6.14

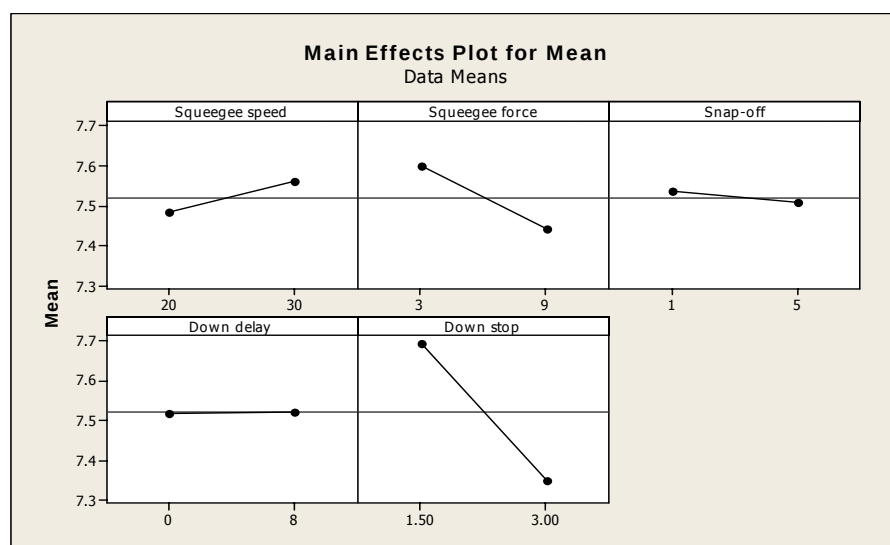
การเกิดคอนฟาวด์กันระหว่าง 2-way interaction กับ 3-way interaction



ภาพที่ 6.15

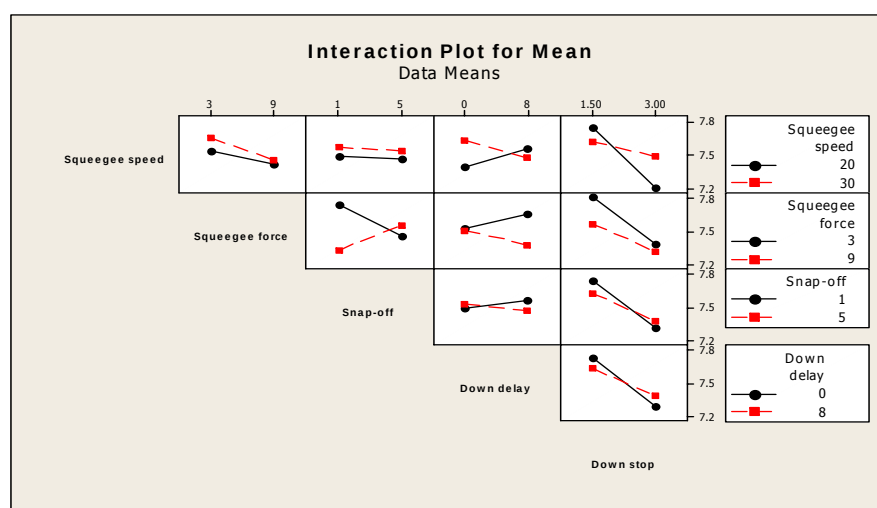
แสดงการเกิดคอนฟาวด์กันระหว่าง 2-way interaction กับ 3-way interaction

โปรแกรม MINITAB ยังสามารถแสดงผลของการออกแบบการทดลองของผลหลักของตัวแปรนำเข้าที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง ดังแสดงในภาพที่ 6.16 กับผลของอิทธิพลร่วมของตัวแปรนำเข้าที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองดังแสดงในภาพที่ 6.17



ภาพที่ 6.16

ผลหลักของตัวแปรนำเข้าที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง



ภาพที่ 6.17

อิทธิพลร่วมของตัวแปรนำเข้าที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

Factorial Fit: Mean versus Squeegee speed, Squeegee force, ...

Estimated Effects and Coefficients for Mean (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		7.5203	0.05980	125.77	0.000
Squeegee speed	0.0781	0.0391	0.05980	0.65	0.520
Squeegee force	-0.1569	-0.0784	0.05980	-1.31	0.203
Snap-off	-0.0281	-0.0141	0.05980	-0.24	0.816
Down delay	0.0019	0.0009	0.05980	0.02	0.988
Down stop	-0.3444	-0.1722	0.05980	-2.88	0.008
Squeegee force*Snap-off	0.2519	0.1259	0.05980	2.11	0.046
Squeegee force*Snap-off*Down delay	0.2056	0.1028	0.05980	1.72	0.099
Squeegee force*Snap-off*Down stop	-0.1656	-0.0828	0.05980	-1.38	0.179

S = 0.338259

PRESS = 5.09415

R-Sq = 46.27%

R-Sq(pred) = 0.00%

R-Sq(adj) = 27.58%

Analysis of Variance for Mean (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	5	1.2008	1.2008	0.24016	2.10	0.102
2-Way Interactions	1	0.5075	0.5075	0.50753	4.44	0.046
3-Way Interactions	2	0.5577	0.5577	0.27885	2.44	0.110
Residual Error	23	2.6316	2.6316	0.11442		
Lack of Fit	7	0.3896	0.3896	0.05566	0.40	0.890
Pure Error	16	2.2421	2.2421	0.14013		
Total	31	4.8977				

Estimated Coefficients for Mean using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	8.46197
Squeegee speed	0.0078125
Squeegee force	-0.0891146
Snap-off	-0.132969
Down delay	0.0063928
Down stop	-0.269670
Squeegee force*Snap-off	0.0173473
Squeegee force*Snap-off*Down delay	-3.42134E-04
Squeegee force*Snap-off*Down stop	0.00222701

ภาพที่ 6.18

ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง

จากผลการทดลองที่มีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย ตัวแปรหลัก (Main Effect) คือ Down stop คือ ระยะหยุดของแผ่น stencil ส่วนอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) คือ Squeegee force กับ Snap-off และ Squeegee force กับ Snap-off กับ Down delay

ซึ่งจากภาพที่ 6.17 แสดงอิทธิพลร่วมจะเห็นว่า Down Delay จะมีอิทธิพลร่วมแบบผกผันกับ Squeegee speed, Squeegee force และ Snap-off ต่อความหนาของครีmtreeกั่ว

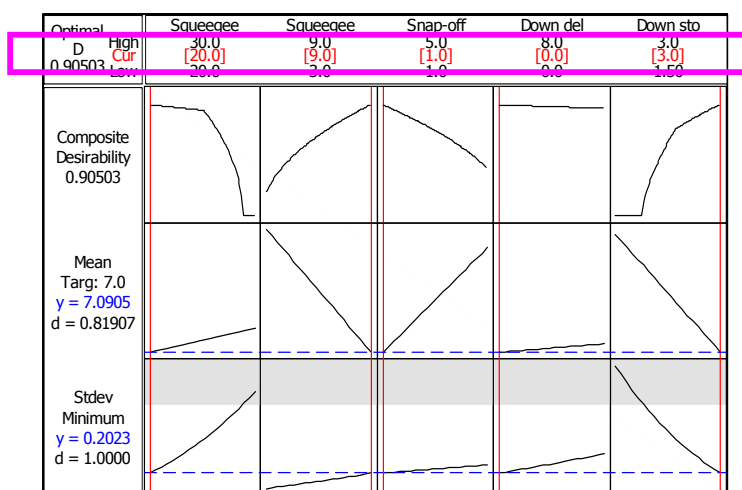
ผลจากภาพที่ 6.18 นี้ พบว่า ค่า P-Value ของ Lack-of-Fit เท่ากับ 0.890 ซึ่งมากกว่า 0.1 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบของการทดลองมีความเหมาะสมกับข้อมูล และจากค่า P-Value ของแต่ละตัวแปรนำเข้า พบว่ามีตัวแปรนำเข้าที่มีนัยสำคัญ คือมีค่า P-Value น้อยกว่า alpha 0.1 (มีระดับความเชื่อมั่นที่ 90%) สามารถนำมาเขียนสมการถดถอย โดยที่มีค่า R-square อยู่ที่ 46.27% ได้ดังนี้

$$Y = 8.46197 - 0.27 * \text{Down stop} + 0.017 * \text{Squeegee force} * \text{Snap-off} - 0.0003 * \text{Squeegee force} * \text{Snap-off} * \text{Down delay}$$

ค่า Y คือ ความหนาเฉลี่ยของครีmtreeกั่ว ซึ่งสามารถนำสมการถดถอยนี้ไปทำการจำลองแบบหาระดับที่เหมาะสมของการปรับค่าตัวแปรนำเข้า เพื่อให้ค่าความหนาครีmtreeกั่วที่ดีที่สุดได้

6.10. ค่าเงื่อนไขของปัจจัยที่เหมาะสมจากการทดลอง

จากตัวแบบถดถอยข้างต้น สามารถพยากรณ์หาระดับที่เหมาะสมของการปรับค่าตัวแปรนำเข้าที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ค่าความหนาครีmtreeกั่วที่ดีที่สุด (ต้องการความหนาที่ 7.0mil) และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด ซึ่งผลจากการวิเคราะห์แสดงได้ดังภาพที่ 6.19



ภาพที่ 6.19

ผลการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมของตัวแปรนำเข้าทั้งหมด

จากภาพที่ 6.19 สามารถสรุประดับตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมได้ดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4
แสดงปัจจัยและการกำหนดค่าที่เหมาะสมของระดับ

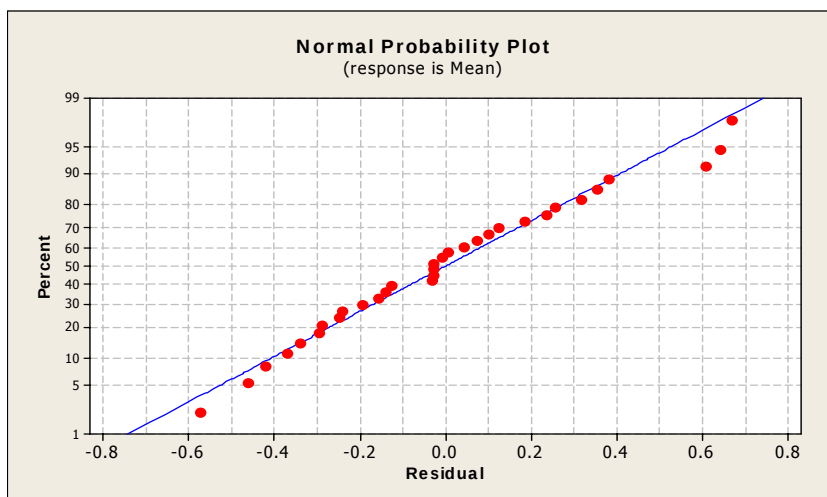
ตัวแปร	ค่าปัจจุบันที่ใช้อยู่	ค่าที่เหมาะสม
ความเร็วของใบปาดครีมีตะกั่ว (Squeegee speed)	20 mm/ sec	20 mm/ sec
แรงกดของใบปาดครีมีตะกั่ว (Squeegee force)	5 kgf	9 kgf
ระยะประกบระหว่างแผ่น PCB และ stencil (Snap-off)	1.5 mm	1 mm
ช่วงหน่วงเวลาในตอน stencil แยกจากแผ่น PCB (Down delay)	0 sec	0 sec
ระยะหยุดของ stencil (Down stop)	2 mm	3 mm

6.11. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ในการออกแบบการทดลองนั้น จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่สำคัญ คือ NID ($0, \sigma^2$) จึงต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) ว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของ NID ($0, \sigma^2$) หรือไม่ โดยการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองประกอบด้วยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ภายใต้เงื่อนไขอย่างน้อย 2 ประการคือ ผลตกค้างเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติและข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ สรุปผลของการออกแบบการทดลอง ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.12 การทดสอบสมมติฐานของความเป็นปกติ (Normality)

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นปกติ (Normality Assumption) สามารถตรวจสอบด้วยการกระจายของค่าผลตกค้างของค่าตัวแปรตอบสนอง ค่าเฉลี่ยของความหนาของครีมีตะกั่ว กราฟการกระจายของทั้ง 2 ค่าได้เป็นเส้นตรง นั่นคือ ข้อมูลเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ ดังภาพที่ 6.20

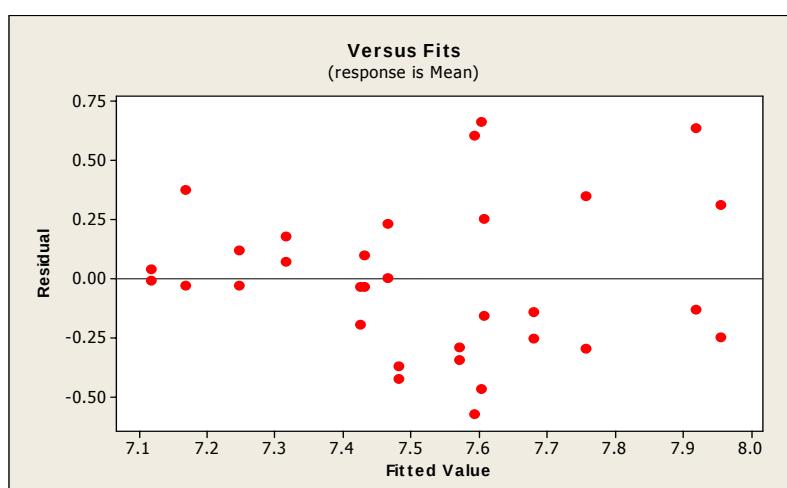


ภาพที่ 6.20

กราฟการกระจายของผลตกค้างของค่าเฉลี่ยความหนาครีมตะกั่ว

6.13 ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability)

ตรวจสอบโดยการสร้างแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลตกค้างกับค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย แสดงดังภาพที่ 6.21 ซึ่งแผนภาพการกระจายไม่ควรมีลักษณะที่เป็นแนวโน้ม ควรที่จะจะมีการกระจายตัว เป็นรูปแบบที่ไม่แน่นอน



ภาพที่ 6.21

แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลตกค้างและค่าที่ถูกฟิต

จากกราฟสังเกตได้ว่าค่าผลตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปแบบ ดังนั้นสรุปได้ว่าข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

สรุปผลจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบของตัวแปรตอบสนอง ค่าเฉลี่ยความหนาครีมตะกั่วที่ทดลองนี้ พบว่า ข้อมูลมีสมมติฐานตรงตามข้อกำหนดทั้ง 2 ข้อ คือ มีการกระจายเป็นแบบปกติ และมีความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขของการออกแบบการทดลองที่ว่า $NID(0, \sigma^2)$

4.14 สรุปขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ

ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการนี้ เป็นการนำตัวแปรนำเข้าจากขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยที่ก่อให้เกิดของเสียมาทำการทดลอง โดยปัจจัยสำคัญคือ การปรับตั้งเครื่องปรีนครีมตะกั่วที่ไม่เหมาะสม ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรหรือ parameter 5 ตัวแปรด้วยกัน หลังจากทำการหาระดับของแต่ละตัวแปรที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่อง โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบแฟร็กชันนอลแฟคโทเรียลที่ 2^{5-1}_V ที่มีการทำใหม่ 2 ครั้ง และทำซ้ำ 10 ครั้ง สามารถสรุปผลลัพธ์ของขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการได้ว่ามีตัวแปรที่มีนัยสำคัญ ที่ส่งผลต่อค่าความหนาของครีมตะกั่ว และสามารถกำหนดระดับที่เหมาะสมสำหรับแต่ละตัวแปรในการปรับตั้งเครื่องปรีนครีมตะกั่วได้ หลังจากนั้นจะทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลและทำการควบคุมตัวแปร ตรวจสอบผลลัพธ์ของการปรับเปลี่ยนระดับตัวแปร พร้อมทั้งตรวจสอบจำนวนของเสียที่พบในขั้นตอนการควบคุมต่อไป

บทที่ 7

การควบคุมกระบวนการ

7.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบเพื่อยืนยันผล จนมาถึงขั้นตอนสุดท้ายในวิธีการซิกซ์ ซิกม่า คือการควบคุมกระบวนการที่จะกล่าวในบทนี้ เพื่อจุดประสงค์ในการควบคุมกระบวนการปรีนครีม ตะกั่ว และตรวจสอบความหนาของครีมตะกั่ว รวมถึงตรวจสอบปริมาณของเสียที่กระบวนการ ตรวจสอบขั้นตอนสุดท้ายด้วย โดยการนำความรู้และเครื่องมือเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการมาประยุกต์ใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้คือ

7.2 แผนการควบคุม

เมื่อได้ตัวแปรนำเข้าที่มีนัยสำคัญในการควบคุมเครื่องปรีนครีมตะกั่ว ได้แก่ แรงกดของใบ ปาดครีมตะกั่ว (Squeegee force), ระยะประกบระหว่างแผ่น PCB และ stencil (Snap-off) และ ระยะหยุดของ stencil (Down stop) ทีมงานจึงทำการระบุกำหนดค่า แล้วเพิ่มเข้าไปในเอกสารควบคุม อย่างเป็นทางการ ดังภาพที่ 7.1 แสดงแผนการควบคุม

Part Number / Revision			LXM1614E-14-30051 / LT1614E1430051		Key Contact		Chiwarut Ch		Customer Eng. Approval / Date (If Req'd)				N/A			
Part Name / Description:			ASM (B) CCFL INVERTER - DUAL DIRECT DRIVE, 12V INPUT PHILIPS, DIGITAL DIMMING		Core Team		Pawat P, Chiwarut Ch, Surapong S, Jadet P, Thirapote V, Chatasom P, Noppadon E				Customer Quality Approval / Date (If Req'd)				N/A	
SSCI / Plant:			Sanmina-SCI Systems (Thailand), Plt 546		SSCI Approval / Date		N/A				Other Approval / Date				N/A	
Part / Process No.	Process / Operation Flow	Process Name / Operation Description	M/C Device, Tools	Characteristic			Special Char. Class	Methods					Reaction Plan			
				No.	Product	Process		Product / Process / Specification / Tolerance	Evaluation Measurement Technique	Sample Size	Sample Freq.	Control Method				
1		Material Receiveing			Valid PO#, INV#, P/N, Qty, Packing				Visual Check	100%	Every lot	-	DOC 50001			
2		Incoming Quality Assurance (IQA)	CMM, Vernier LCR Meter or other specified equipment Malcom Viscometer		P/N:, Description, AVL.			Refer procedures/ QIs	Visual Check	100%	Every pack	IQA Form	DOC 10012 and Relevant QI			
					Date Code Verification			Refer procedures/ QIs	Visual Check	100%	Every pack	"	DOC 10012			
					Visual , Dimension check , Safety Doc.			Refer procedures/ QIs	-	Refer QI	Every Lot	"	DOC 10012 and Relevant QI			
								Mfg / Customer Specification	-	Refer QI	Every lot	"	DOC 10012 and Relevant QI			
					Solder Paste Viscosity			Mfg Specification	-	Refer QI, PI	Every lot	"	QI-1018			
					Attached PTS /PTS label			components	-	-	-	PTS Label	TI-2804			
3		Material Review Board (MRB)			Non-Conforming Material Review			Mfg. / Customer Specification	-	-	Daily	MQR Form	DOC10022			
4		Material Storage & Issue	Thermo Hygro Meter / Thermo & Humidity Data Logger			Material Kitting		First In / First Out (FIFO)	Visual Check	-	-	Color Code Label	DOC 50002			
					Temperature / Humidity		20C-26C / 40-60% RH	Hygro-Thermograph, Datalocker	See reference doc.	See reference doc.	Record Graph	Doc20026				
5		PCB Baking	Chamber		Date Code on PCB			Refer Procedure or PI	Visual Check	Refer PI	Every lot	Record Sheet	PI-2107			
		PCB Preparation			Label Information/ Attached Location			Process Instruction	Visual Check	100%	Every board		PI-4820A			
					Visual Inspection			IPC-A-610	Visual Check	100%	Every board		PI-4820A			

Part Number / Revision			LXM1614E-14-30051 / LT1614E1430051		Key Contact		Chiwarut Ch		Customer Eng. Approval / Date (If Req'd)			N/A			
Part Name / Description:			ASM (B) CCFL INVERTER - DUAL DIRECT DRIVE, 12V INPUT PHILIPS, DIGITAL DIMMING		Core Team		Pawat P, Chiwarut Ch, Surapong S, Jadet P, Thirapote V, Chatasom P, Noppadon E			Customer Quality Approval / Date (If Req'd)			N/A		
SSCI / Plant:			Sanmina-SCI Systems (Thailand), Plt 546		SSCI Approval / Date			N/A			Other Approval / Date			N/A	
Part / Process No.	Process	Operation Flow	Process Name / Operation Description	M/C Device, Tools	Characteristic			Special Char. Class	Methods					Reaction Plan	
					No.	Product	Process		Product / Process / Specification / Tolerance	Evaluation Measurement Technique	Sample Size	Sample Freq.	Control Method		
6			Solder Paste Printing	Solder Paste screen priting machine			M/C Program control Printing Parameter		Process Instruction	Check BOM / Picking List	1 time	Every Setup	Setup Record	PI-2153	
									Process Instruction	Visual Check	1 time	Every Setup	Check Sheet	PI-4820D	
									Process Instruction	Visual Check	Refer PI	Refer PI	Solder Paste Label	PI-3264, PI-4820A	
									1 day after open	Visual Check	1 time	Before use	Expired Label	PI-2228	
									In-Procee audit Procedure	Control Chart	Refer Procedure	Refer Procedure	X-bar R Chart	DOC 10006	
7			Mis-print board Cleaning (Off Line)				Immerse Cleaner Chemical		Refer PI	-	100%	clean bds	-	PI-2113	
									No solder paste residue	Visual Check	100%	clean bds	-	PI-2113, PI-4820A	
8			Auto Pick & Place	Chip / IC Placement Machine		Moisture Sensitive Device	Program and loading list setup Correct Part Loading PTS label scanning		Floor Life / MSD Level	Visual Check	100%	Every MSD	HIC / MSD Label	PI-2133	
									BOM / DWG/ Loading list	Veri-feed System	100%	Part load	Feeder List / Record Sheet	PI-2137, PI-3316	
									BOM / DWG	Veri-feed System	100%	Part load	Feeder List / Record Sheet	PI-3316, PI-3319	
				Bar Code Scanner					PTS part list / PI	PTS Systems	100%	Part load	PTS Part List / PTS Label	PI-3322	
9			Before Oven				Placement Defect Location CN1, CN2, CN3, C29, T1, T2 Placement Defect Missing Component Properly Mounting		IPC-A-610 / Process Instruction	Visual Check	See reference doc.	See reference doc.		PI-4820A	
									IPC-A-610	Visual Check	See reference doc.	See reference doc.		PI-4820A	
									BOM & DWG / Process Instruction	Visual Check	See reference doc.	See reference doc.		PI-4820A	
									Process Instruction	Visual Check	See reference doc.	See reference doc.		PI-4820A	

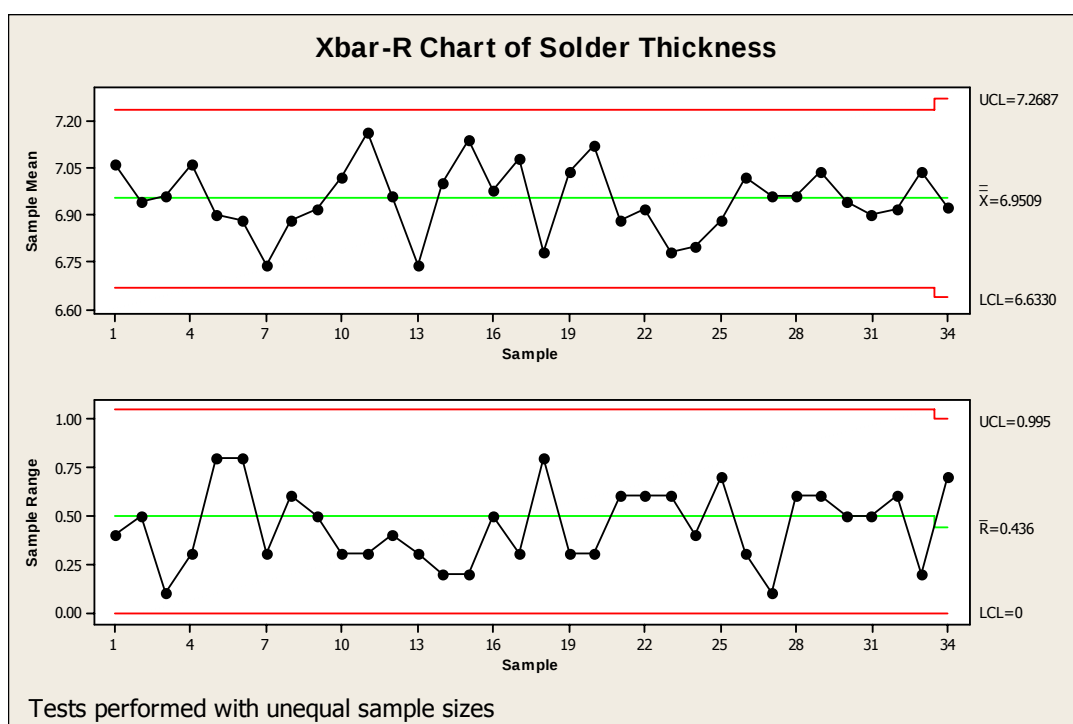
Part Number / Revision			LXM1614E-14-30051 / LT1614E1430051		Key Contact			Chiwirut Ch			Customer Eng. Approval / Date (If Req'd)			N/A	
Part Name / Description:			ASM (B) CCFL INVERTER - DUAL DIRECT DRIVE, 12V INPUT PHILIPS, DIGITAL DIMMING		Core Team			Pawat P, Chiwarut Ch, Surapong S, Jadet P, Thirapote V, Chatasom P, Noppadon E			Customer Quality Approval / Date (If Req'd)			N/A	
SSCI / Plant:			Sanmina-SCI Systems (Thailand), P1t 546		SSCI Approval / Date			N/A			Other Approval / Date			N/A	
Part / Process No.	Process / Operation Flow	Process Name / Operation Description	M/C Device, Tools	Characteristic			Special Char. Class	Methods					Reaction Plan		
				No.	Product	Process		Product / Process / Specification / Tolerance	Evaluation Measurement Technique	Sample Size	Sample Freq.	Control Method			
10		Reflow Soldering	Reflow oven			Reflow Oven Parameter		Setup Parameter	Visual Check	Refer PI	Refer PI	Check Sheet	PI-2223		
			Mole Profier			Profile Graph		Solder Paste Specification	Mole Profiler	1 time	Daily or convert	Profile Graph	PI-2223		
			Software Name			Setup Parameter		Visual Check	1 time	Refer PI	Check Sheet	PI-2223			
			Board Loading Direction			Process Instruction		Visual Check	100%	Every Bds	-	PI-4820A			
11		Post Oven Inspection	Magnifier Glass / Inspection Template		PCBA Visual Inspection			IPC-A-610 latest Rev.	Magnifier Glass	100%	Every lot	Record Sheet	PI-2112, PI-4820A		
			Magnifier Glass					IPC-A-610 / Process Instruction	Visual Check	100%	Every bds.	Record Sheet	PI-4820A		
			Inspection Template					BOM / Drawing	Template Inspection	Refer PI	Refer PI	Record Sheet	PI-2112, PI-4820A		
			Inspection Template					Process Instruction	Visual Check	100%	Every lot	-	PI-2112, PI-4820A		
			Barcode Scanner					Scan PTS	Process Instruction	Scan PTS Label	100%	Ref. PI	PTS Systems	Doc30013	
			Barcode Scanner / Data Collector					Scan SFDC	Max 3 times scan	Scan label / Defective Chart	100%	Every bds	SFDC System	TI-2365 , Doc30013	
			Magnifier Glass/ Microscope / Inspection Template					In process Audit	LCL-UCL	Visual Check	Refer Procedure	Refer Procedure	C Chart	Doc. 10006	
12		Off line Rework	Thermo Meter					Refer Procedure / PI	Thermo Meter	1 time	Shiftly	Record Sheet	PI-2141 , PI-2117 ,Doc20021		
			Rework Material check					BOM / Assembly Drawing	Visual Check	Ref. PI	Ref. PI	-	PI-2141 , PI-2117 ,Doc20021		
			Rework at Defective Locations.					Refer Procedure / PI	Visual Check	100%	Every bds	-	PI-2141 , PI-2117 ,Doc20021		
			Visual Inspection					IPC-A-610 Lastest Revision	Visual Check	100%	Every bds	-	PI-4820A		
			Magnifier Glass / Inspection Template					Scan SFDC		Max 3 times scan	Scan label / Defective Chart	100%	Every bds	SFDC System	TI-2365 , Doc30013
			Barcode Scanner / Data Collector												

ภาพที่ 7.1

แผนการควบคุม (Control Plan)

7.3 แผนภูมิควบคุมกระบวนการ

ทำการตรวจสอบความหนาของครีมีตะกั่ว หลังจากออกเอกสารแผนการควบคุมเรียบร้อยแล้ว เพื่อศึกษาความมีเสถียรภาพของกระบวนการบัดกรีครีมีตะกั่ว หลังจากปรับตั้ง parameter ใหม่ ภายในระยะ 1 เดือนต่อมา พบว่ากระบวนการอยู่ในความควบคุม ดังภาพที่ 7.2

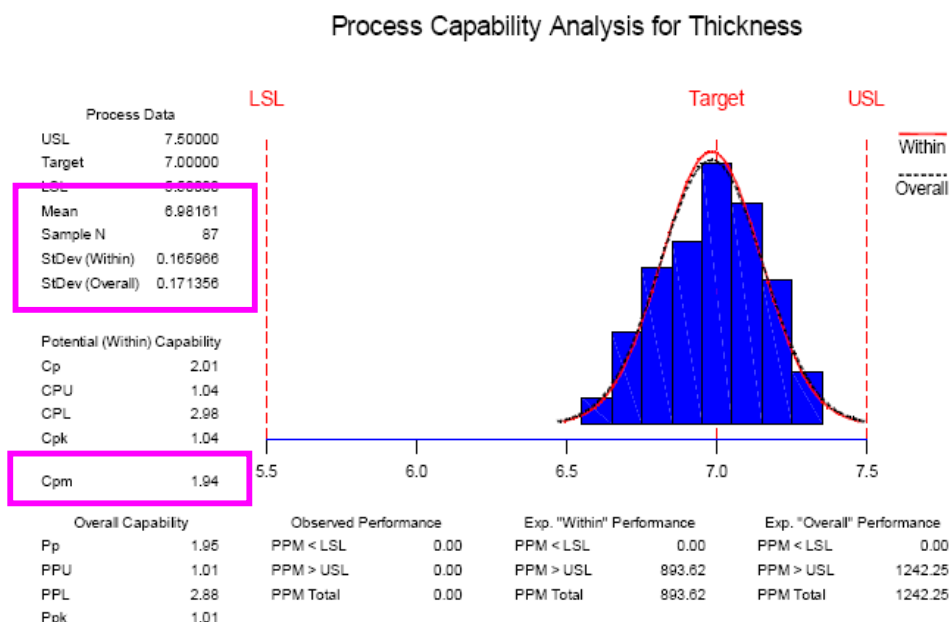


ภาพที่ 7.2

แผนภูมิควบคุมกระบวนการ Xbar & R Chart

7.4 วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการหลังจากปรับปรุง

ทำการศึกษาความสามารถของกระบวนการบัดกรีครีมีตะกั่ว หลังจากปรับตั้ง parameter ของเครื่องบัดกรีครีมีตะกั่วตามผลการควบคุม โดยเก็บข้อมูลความหนาครีมีตะกั่วจำนวน 1 ล็อตการผลิต จำนวน 87 บอร์ด ผลปรากฏว่าได้ Cpm อยู่ที่ 1.94 ดังภาพที่ 7.3



ภาพที่ 7.3

ความสามารถของกระบวนการปรีนครีมตะกั่วหลังการปรับตั้ง parameter ใหม่

จะเห็นว่าค่าความหนาของครีมตะกั่วหลังการปรับปรุง เมื่อทำการปรับตั้งค่า parameter ของเครื่องปรีนใหม่ตามผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบการทดลอง ทำให้ได้ค่าความหนาเฉลี่ยของครีมตะกั่วอยู่ที่ 6.98 mils ซึ่งก่อนค่าปรับปรุงนั้นค่าความหนาครีมตะกั่วเฉลี่ยอยู่ที่ 6.88 mils (พิจารณาจากภาพที่ 5.1 ประกอบ) ซึ่งถือว่าดีขึ้นจากเดิม เข้าใกล้ค่าเป้าหมายที่ 7.0 mils ถึง 99.71% และประเด็นสำคัญคือ กระบวนการปรีนครีมตะกั่วมีความสม่ำเสมอ โดยความหนาครีมตะกั่วของทุกๆ จุดมีความหนาเฉลี่ยเท่ากันมากขึ้นกว่าเดิม หลังการปรับปรุงกระบวนการมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความหนาครีมตะกั่วลดลงที่ 0.171 ซึ่งก่อนการปรับปรุงนั้นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.290 ถือว่าดีขึ้นจากเดิมถึง 41% (พิจารณาจากภาพที่ 5.1 ประกอบ)

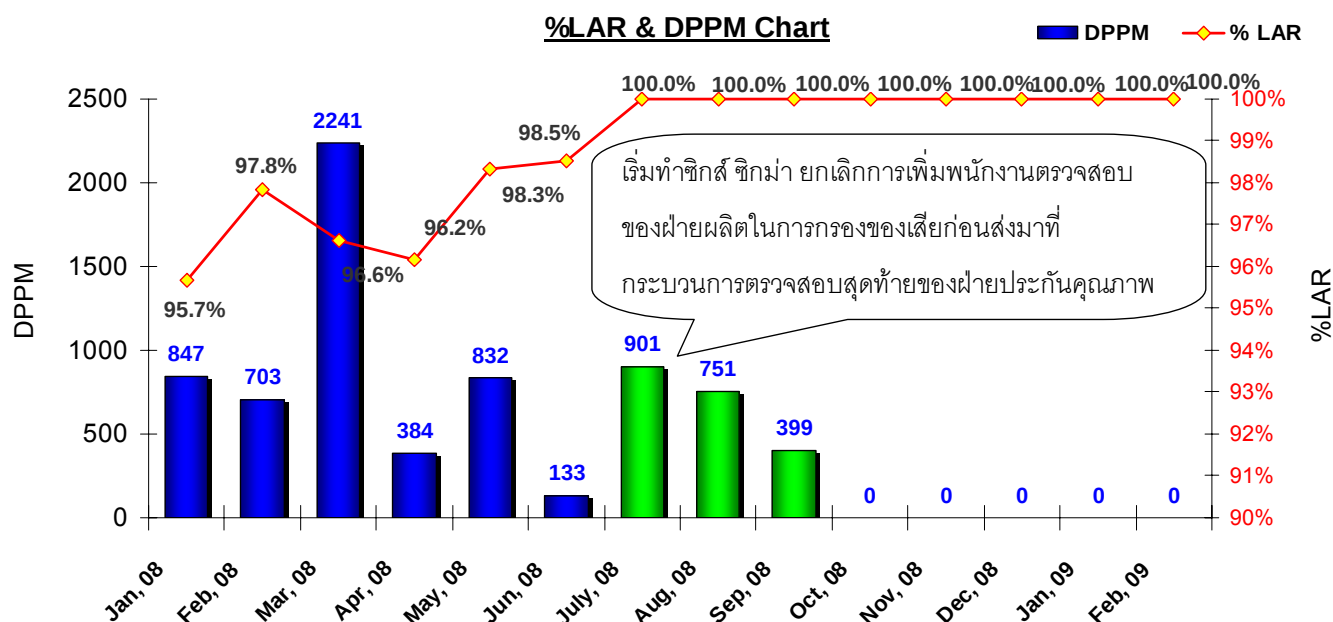
และทีมงานได้ขอให้พนักงานตรวจสอบทั่วทั้งบอร์ดอย่างละเอียดทั้ง 87 บอร์ดตัวอย่าง ซึ่งก็ไม่พบจุดบกพร่อง หรือของเสียเลย (DPPM = 0) ดังนั้นสามารถสรุปผลการทดสอบยืนยันได้ว่า การปรับตั้ง parameter ของเครื่องปรีนครีมตะกั่วใหม่นี้ ทำให้ความสามารถของกระบวนการปรีนครีมตะกั่วเข้าเป้าตามที่บริษัทตั้งเป้าหมายไว้ และทำให้ปริมาณของเสียลดลงได้ในข้างต้น แต่อย่างไรก็ตาม

ตามทางที่ทีมงานจะทำการติดตามตรวจสอบผลในระยะเวลาไปอีกอย่างน้อยอีก 1 เดือน เพื่อยืนยันผล การปรับปรุงระยะยาวในขั้นตอนต่อไป

7.5 กราฟปริมาณของเสีย

เมื่อทำการศึกษาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นก่อนและหลังทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาด้วย วิธีการปรับปรุงคุณภาพแบบซิกซ์ ซิกม่า พบว่าปริมาณของเสียมีการลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ ของเสียก่อนทำการปรับปรุง ซึ่งวิธีการลดข้อบกพร่องที่จะต้องจัดทำเป็นมาตรฐาน คือ การจัดทำ วิธีการทำงานให้เป็นเอกสาร เพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติงานที่สามารถอ้างอิงได้ และมีการจัดฝึกอบรม พนักงานให้รู้ถึงวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง

จากการนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหแบบซิกซ์ ซิกม่า ปริมาณของเสียหลังทำการ ปรับปรุงสามารถแสดงได้ตามแผนภูมิแท่งภาพที่ 7.4



ภาพที่ 7.4

ปริมาณของเสีย (DPPM) และ %LAR ก่อนและหลังทำการปรับปรุง

7.6 สรุปการควบคุมกระบวนการ

จากการหาทดลองหาค่าระดับของ parameter ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการปั่นครีม ตะกั่วมาทำการควบคุม โดยการออกเอกสารควบคุม ทั้งแผนการควบคุม (Control Plan) แผนการปฏิบัติงาน (Process Instruction) เพื่อให้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง เมื่อพิจารณาความสามารถของกระบวนการปั่นครีมตะกั่ว ว่าสามารถให้ความหนาของครีมตะกั่วตามต้องการและสม่ำเสมอ พบว่าหลังจากปรับปรุงได้ Cpm เท่ากับ 1.94 เมื่อพิจารณาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น พบว่าปริมาณของเสียลดลงจากเดิม ในเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2551 มีปริมาณของเสียของผลิตภัณฑ์แผงวงจรปรับเพิ่มลดไฟหน้าปัดแสดงผลสำหรับของรถยนต์รุ่น LT1614-14-30051 ที่เกิดขึ้น เท่ากับ 856 DPPM (Baseline) และหากเปรียบเทียบกับค่าของเสียหลังทำการปรับปรุง ในเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน 2551 เท่ากับ 0 DPPM (ดีกว่าเป้าหมายที่ถูกกำหนดไว้ที่ 200 DPPM) นั้นหมายความว่าปริมาณของเสียลดลงจากเดิมประมาณถึงกว่า 800 DPPM

บทที่ 8

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 บทนำ

จากงานการวิจัยดังกล่าว ซึ่งได้เสนอแนะแนวทางในการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีทางซิกซ์ซิกม่าทั้ง 5 ขั้นตอนนั้นคือ ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define Phase), ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase), ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา (Analysis Phase), ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase), และขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control phase) เพื่อใช้ในการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสียอันเนื่องมากระบวนการ ปรี้นครีมตะกั่ว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการประกอบแผงวงจรปรับเพิ่มลดไฟหน้าปัดแสดงผลสำหรับรถยนต์

ผลจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต สามารถที่จะลดปริมาณของเสียเนื่องจากการประกอบแผงวงจรให้เหลือ 0 DPPM (ซึ่งสูงกว่าที่ลูกค้าตั้งเป้าไว้ที่ 200 DPPM) จากปริมาณการผลิตตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2551 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2552

โดยมีรายละเอียดดังบทสรุปผลการวิจัยในแต่ละขั้นตอนตามแนวทางซิกซ์ซิกม่าดังนี้คือ

8.2 บทสรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหานี้ เป็นขั้นตอนแรกที่จะวิเคราะห์เพื่อกลั่นกรอง ถึงแหล่งที่มาของความผันแปรในกระบวนการผลิตประกอบแผงวงจรปรับเพิ่มลดไฟหน้าปัดแสดงผลสำหรับรถยนต์รุ่น LT1614-14-30051 โดยเครื่องมือที่นำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและหลักการทางสถิติที่นำมาใช้มีดังนี้คือ

- แผนภาพกระบวนการผลิต
- การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด
- การวิเคราะห์ปัญหาด้วย Cause and Effect Matrix

เมื่อได้ศึกษากระบวนการประกอบแผงวงจรทั้งหมดแล้ว เพื่อประกันว่าข้อมูลจากการทดลองที่นำมาทำการวิเคราะห์มีความถูกต้อง จึงจำเป็นต้องศึกษาความแม่นยำของระบบการวัดที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบของเสีย เนื่องจากลักษณะอาการเสียต้องใช้การตรวจสอบด้วยสายตา และดุลยพินิจของพนักงานตรวจสอบ จึงให้ใช้วิธีการของการตรวจสอบด้วยตาเปล่าผ่านกล้องกำลังขยายสูง 10 เท่า พร้อมหลังจากได้ศึกษาความแม่นยำของระบบการวัดพบว่า พนักงานทุกคนมีความสามารถในการตรวจสอบ โดยมีเปอร์เซ็นต์รีพีทเทเบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ (%Appraiser Score) เปอร์เซนต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (%Attribute score) เปอร์เซนต์ประสิทธิผลด้านรีพีทเทเบิลิตี้ของการตรวจสอบ (%Attribute Screen Effect Score) และประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบมีค่าเท่ากับ 95% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นสรุปว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับอยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้

จากนั้นได้ทำการระดมความคิดจากสมาชิกทีมงานเพื่อแจกแจงกระบวนการในการผลิตประกอบแผงวงจรปรับเพิ่มลดไฟหน้าปัดแสดงผลสำหรับรถยนต์ ซึ่งจากการระดมความคิดโดยใช้ Cause and Effect Matrix ช่วยในการพิจารณากระบวนการทั้งหมด ทั้งกระบวนการประกอบแผงวงจร กระบวนการทดสอบ กระบวนการตรวจสอบของทั้งฝ่ายผลิต และกระบวนการตรวจสอบขั้นตอนสุดท้ายโดยฝ่ายประกันคุณภาพ พบว่ากระบวนการที่สำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหา คือ กระบวนการปรีนক্রิมตะกั่ว

8.3 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหานี้จะวิเคราะห์หาสาเหตุ หรือปัจจัยใดที่ก่อให้เกิดปัญหาจากการคัดเลือกในขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ซึ่งหลักการทางสถิติที่นำมาใช้เพื่อทำการตัดสินใจว่าปัจจัยใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาหรือไม่ คือ

- การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ
- การวิเคราะห์ลักษณะอาการขัดข้องและผลกระทบ FMEA

ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการปรีนক্রิมตะกั่วได้ Cpm อยู่ที่ 1.06 เท่านั้น ซึ่งจำเป็นต้องทำการปรับปรุง โดยพิจารณาควบคู่ไปกับผลการวิเคราะห์ลักษณะอาการขัดข้องและผลกระทบ FMEA ซึ่งแสดงว่ามีตัวแปรนำเข้าที่เครื่องปรีนক্রิมตะกั่วที่สำคัญ ได้แก่

- ความเร็วของใบปาดครีมีตะกั่ว (Squeegee speed)
- แรงกดของใบปาดครีมีตะกั่ว (Squeegee force)
- ระยะประกบระหว่างแผ่น PCB และ stencil (Snap-off)
- ช่วงหน่วงเวลาในตอน stencil แยกจากแผ่น PCB (Down delay)
- ระยะหยุดของ stencil (Down stop)

สมควรทำการศึกษาระดับความมีนัยสำคัญ ความมีอิทธิพลร่วมซึ่งกันและกัน เพื่อหาวิธีการปรับตั้งเครื่องปริ้นครีมีตะกั่วที่ดีที่สุด แล้วทำการปรับตั้งเพื่อให้ได้ผลของความหนาครีมีตะกั่วที่ดีตามค่าที่เป้าหมายที่บริษัทกำหนด คือโดยเฉลี่ยที่ความหนา 7.0 mil และ Cpm ที่ 1.33 เป็นอย่างน้อย

8.4 บทสรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมของความหนาของครีมีตะกั่ว เมื่อตัวแปรควบคุมที่เครื่องปริ้นครีมีตะกั่วเปลี่ยนไปในสภาวะค่าต่างๆ โดยพิจารณาสภาวะของตัวแปรทั้งห้าตัวพร้อมกันด้วยหลักการทางสถิติที่นำมาใช้คือการออกแบบการทดลองเป็นแบบแฟรคชันนอลแฟคโทเรียล Resolution V แล้ววิเคราะห์ผลจากการทดลอง เพื่อการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการปริ้นครีมีตะกั่วพบว่าตัวแปรที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อความหนาครีมีตะกั่ว คือ คือ ระยะหยุดของแผ่น stencil (Down Stop) ส่วนอิทธิพลร่วมที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อความหนาครีมีตะกั่ว คือ Squeegee force กับ Snap-off และ Squeegee force กับ Snap-off กับ Down delay

จากนั้นจึงทำการหาระดับที่เหมาะสมในการใช้ปรับตั้งค่าตัวแปรเหล่านั้น โดยใช้โปรแกรม MINITAB ทำให้หาค่าที่เหมาะสมได้

8.5 บทสรุปขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ

พิจารณาลักษณะของปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหา คือ ความหนาของครีมีตะกั่ว แล้วจึงทำการควบคุมโดยการจัดทำให้เป็นมาตรฐานด้วยการออกแผนการควบคุม (Control Plan) และวิธีการทำงาน (Process Instruction) อย่างเป็นทางการ พร้อมกันนี้ยังทำการตรวจสอบความมีเสถียรภาพ

และความสามารถในการควบคุมกระบวนการด้วย Control Chart หรือ แผนภูมิควบคุม โดยกำหนดให้มีการสุ่มตรวจสอบความหนาของครีมตะกั่วด้วย Xbar & R Chart อย่างสม่ำเสมอ เมื่อวัดความสามารถของกระบวนการ Cpm หลังจากปรับตั้งค่าระดับของตัวแปรในการควบคุมเครื่องปั้นครีมตะกั่วใหม่ ได้ค่า Cpm เพิ่มขึ้นเป็น 1.94

ผลจากการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ ทั้งควบคุมมาเป็นระยะเวลานาน ทำให้ปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จากเดิมที่กว่า 800 DPPM จนเหลือ 0 DPPM ที่กระบวนการตรวจสอบในขั้นตอนสุดท้ายของฝ่ายประกันคุณภาพ โดยไม่ได้ไปเพิ่มจำนวนพนักงานตรวจสอบของทางฝ่ายผลิต และยังคง yield ของกระบวนการตรวจสอบของฝ่ายผลิตไว้ที่เฉลี่ย 98% ซึ่งการปรับปรุงในครั้งนี้สามารถทำได้เกินเป้าหมายที่ถูกค่าคาดหวังด้วย ยังผลให้ลูกค้าพึงพอใจเป็นอย่างมากด้วยเช่นกัน

8.6 ข้อจำกัดในงานวิจัย

เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองจะใช้วัตถุดิบคุณภาพเดียวกันกับการผลิตงานจริง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องควบคุมจำนวนงานที่นำมาใช้ในการทดลอง เพื่อควบคุมค่าใช้จ่ายในการทดลองให้มีค่าต่ำที่สุด

8.7 ข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดปริมาณของเสียโดยการประยุกต์วิธีการซิกซ์ซิกม่านั้น สามารถที่ปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้นได้อย่างรวดเร็วหากมีการจัดตั้งทีมงานให้มาทำการปรับปรุงแบบเต็มเวลา อาจไม่ต้องใช้เวลายาวนานถึง 4 - 5 เดือนต่อ 1 โครงการพัฒนา

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. *การวิเคราะห์ระบบการวัด*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. *สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. *การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2544.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. *FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2551.
- ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา. *การออกแบบ และวิเคราะห์การทดลอง*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ท้อป. 2551.
- ภัทรา आयुวัฒน์. *การลดของเสียที่เกิดจากค่าการรับน้ำหนักดของชุดหัวอ่านสำเร็จไม่ได้ตามข้อกำหนดในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546
- ศิริวดี เอื้ออัญชิต. *การลดการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับคอมพิวเตอร์โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546
- เบรย์ฟีกี ทริม ฟอร์เรส ดับบลิว. *คู่มือปฏิบัติ Six Sigma เพื่อสร้างความเป็นเลิศในองค์กร*. แปลและเรียบเรียงโดย ดร.ณัฐพันธุ์ เขจรนันท์และคณะ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: เอ็กซเปอร์เน็ท, 2545

ภาษาอังกฤษ

- Anderson, V.L., and R.A. Mclean. *Design of Experiments: a Realistic Approach*. New York: Dekker, 1974.

- Automotive Industry Action Group (AIAG). *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. 2nd printing. Michigan. USA. 1995.
- Automotive Industry Action Group (AIAG). *Statistical Process Control (SPC)*. 2nd printing. Michigan. USA. 1995
- Automotive Industry Action Group (AIAG). *Measurement System Analysis (MSA)*. 2nd printing. Michigan. USA. 1995
- Bowker, A.H., and G.J. Lieberman. *Engineering Statistic*. 2nd edition. Prentice – Hall, Engleweed Cliffs. N.J. ,1972
- Daniel, C. *Applications of Statistics to Industrial Experimentation*. New York: Wiley, 1976.
- Ducan, A.J. *Quality Control and Industrial Statistics*. 5th edition. Richard D. Irwin. Homewood, Ill. 1986
- Forrest, W. Breyfogle III. *Implementing Six Sigma Smarter Solutions Using Statistical Methods*. USA : John Wiley & sons,1999.
- Forrest, W. Breyfogle III. *Managing Six sigma*. USA : John Wiley & sons,1999.
- Hines, W.W., and D.C. Montgomery. *Probability and Statistics in Engineering and Management Science*. 3rd edition. New York: Wiley, 1990
- Juran J.M. *Juran's Quality Control Handbook*. 4th edition. Singapore: McGraw-Hill. 1988.
- Jiju Antony and David preece. *Understanding, Managing and Implementing Quality: frameworks, techniques and case*. Taylor & Francis Group
- Ka Yin , V.M. Rao Tummala. *A quality control and improvement system based on the total control methodology*, TCM. 1996
- Montgomery, D.C. *Design and Analysis of Experiment*. 4th edition. USA. : John Wiley and Sons, 1997.
- Montgomery, D.C. *Introduction to Statistical Quality Control*. USA. : John Wiley and Sons, 1994.
- Montgomery, D.C., and Runger, G.C. *Applied Statistic and Probability for Engineers*. USA. : John Wiley and Sons, 1994.

Motorola; *Teaming for Excellence Handbook*. 1999.

Perez-Wilson, Mario; *Six Sigma Strategies: Creating Excellence in the Workplace Quality Digest*; Dec. 1997.

Pyzdek, Thomas; *Complete Guide to the CQE*; 1996.