บทที่ 4
ผลการดำเนินการศึกษาวิจัย

4.1 การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

ในขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหานี้ จะเป็นขั้นตอนเพื่อศึกษาถึงแหล่งที่มาที่เป็นสาเหตุของปัญหาด้วยการใช้เครื่องมือทางสถิติต่างๆ เข้ามาช่วยในการศึกษา โดยจะเริ่มศึกษาเกี่ยวกับข้อกำหนดจำเพาะของผลิตภัณฑ์และมาตรฐานการตรวจวัด ศึกษารายละเอียดของกระบวนการผลิตในทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์รุ่นที่ทำการศึกษา จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อจะเป็นการประกันความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวัดก่อนทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปัญหา จากนั้นศึกษาถึงปัจจัยอินพุตของแต่ละกระบวนการย่อยด้วยแผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagrams) ด้วยการระดมความคิดจากกลุ่มสมาชิกที่ได้คัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ และปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต และแจกแจงสาเหตุและผลกระทบของข้อพกพร่อง (Cause and Effect Matrix) ด้วยการให้คะแนนจากสมาชิกในกลุ่มโดยไม่มีการต่อต้านความคิดเห็นของคนอื่น และคัดเลือกปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่าน่าจะมีผลกระทบเบื้องต้นกับการบวนการผลิตดังกล่าว และทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

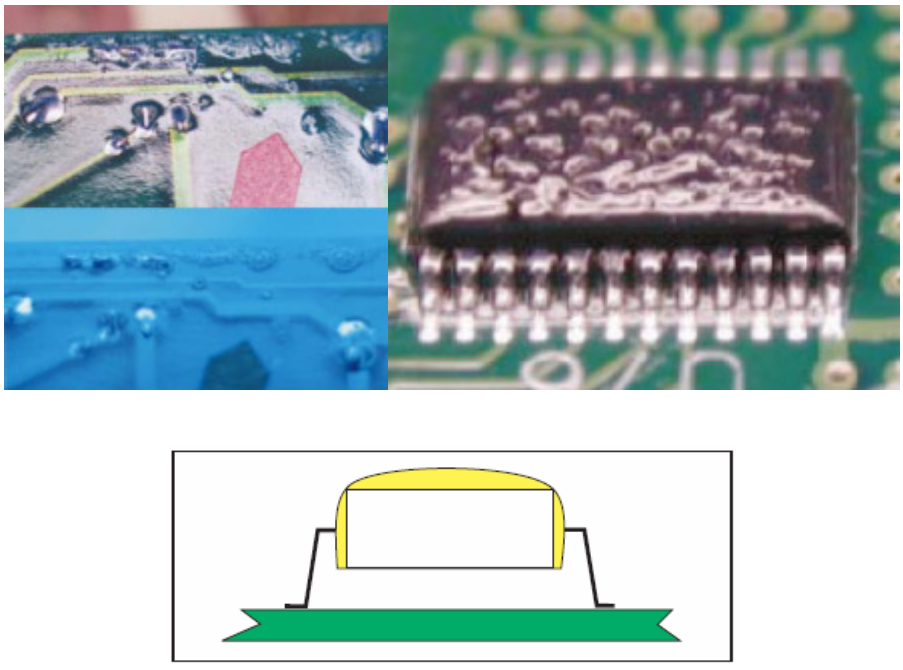
4.1.1 ข้อกำหนดจำเพาะของผลิตภัณฑ์และมาตรฐานการตรวจวัด

4.1.1.1 ข้อกำหนดจำเพาะของผลิตภัณฑ์ (Product specification) ข้อกำหนดจำเพาะของผลิตภัณฑ์รุ่นกรณีศึกษานี้ ลูกค้าของบริษัทกรณีศึกษาเป็นผู้กำหนดมาให้ทั้งหมด บริษัทกรณีศึกษาเป็นเพียงผู้ผลิตให้ได้ตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดมาเท่านั้น ซึ่งลูกค้าได้กำหนดไว้คือ

1. ชนิดของน้ำยาที่ใช้เคลือบ คือ อะคริลิก (Acrylic) ยี่ห้อ Humiseal เบอร์ 1B73 และให้ใช้คู่กับทินเนอร์ ยี่ห้อ Humiseal เบอร์ Thinner73 นำมาผสมให้ความหนืด (Viscosity) ลดลง เพื่อให้เหมาะสมกับวิธีการเคลือบแต่ละประเภท เช่น เคลือบโดยการพ่นด้วยมือ (Manual spray) เคลือบโดยการพ่นด้วยเครื่อง (Machine Spray) เคลือบด้วยการใช้แปรงทา (Bush Painting) เป็นต้น
2. ความหนาของการเคลือบ (Coating thickness) คือ 40 ถึง 55 ไมครอน
3. การอบ (Baking) ให้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. เคลือบครอบคลุมทุกพื้นที่ที่กำหนดให้บนบอร์ด และไม่เคลือบในพื้นที่ห้ามเคลือบ เช่น คอนเนคเตอร์ (Connector) สวิทช์ (Switch) เป็นต้น

4.1.1.2 มาตรฐานทั่วไปของการเคลือบและการตรวจวัด (มาตรฐานคุณภาพ IPC-A-610D) การเคลือบควรจะเป็นสีโปร่งใส สม่ำเสมอและติดอย่างเหนียวแน่น และครอบคลุมบอร์ดและส่วนประกอบอย่างสม่ำเสมอ ความสม่ำเสมอของการเคลือบขึ้นอยู่กับวิธีการเคลือบและอาจมีผลต่อลักษณะที่มองเห็นและมุมที่ครอบคลุม การเคลือบด้วยการจุ่มอาจมีการหยดหรือไหลมารวมกันที่ขอบบอร์ด ซึ่งอาจจะเกิดจำนวนฟองอากาศเล็กๆ ได้ แต่จะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานหรือความน่าเชื่อถือของสารเคลือบผิว

1. เป้าหมายของการเคลือบ (Coating target)
   1) ไม่มีฟองอากาศ
   2) ไม่หลุดร่อน
   3) ไม่เปียกชื้น ไม่มีรอยย่น ไม่ลอกร่อน ไม่แตกร้าว ไม่เป็นผิวเปลือกส้ม
   4) ได้ความหนา (Coating Thickness) ตามข้อกำหนด 40 ถึง 55 ไมครอน
   5) ผ่านการอบอย่างสมบูรณ์ด้วยอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด
   6) ไม่มีวัตถุภายนอกเกาะติด
   7) สีไม่ซีดจางหรือโปร่งใส
2. การยอมรับได้ของการเคลือบ (Coating acceptable)



รูปที่ 4.1 แสดงการเคลือบที่ยอมรับได้ (Coating acceptable)

1) แห้งเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenous)

2) เคลือบให้ครบทุกพื้นที่ ที่ต้องการให้เคลือบ

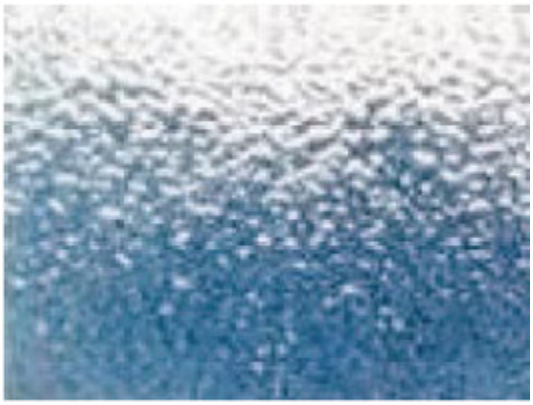
3) ไม่เคลือบในพื้นที่ห้ามเคลือบ

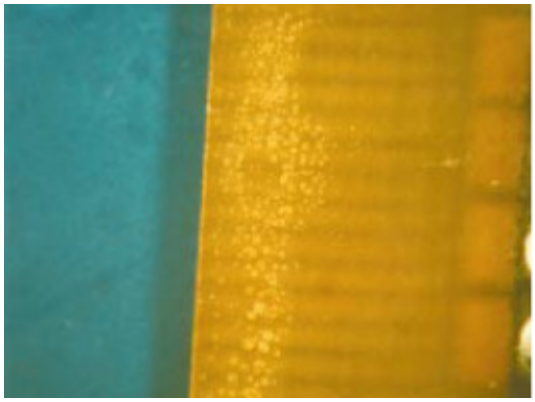
4) ไม่มีเชื่อมกันของพื้นที่ใกล้กันที่เกิดจากฟองอากาศ (Bubbles) ร้าว (Cracks) เป็นรอยคลื่น (Ripples) การร่อนหลุด (Loss of adhesion) เป็นตาปลา (Fisheyes) และผิวเปลือกส้ม (Orange peel).

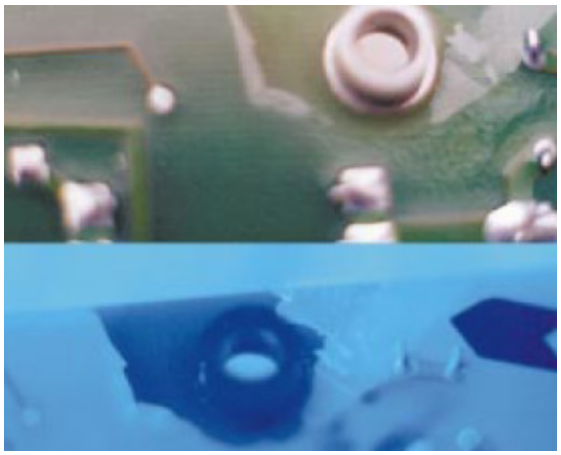
5) เคลือบบางแต่ครอบคลุมอุปกรณ์ทั้งหมด

6) มีวัตถุภายนอกที่ไม่ขัดต่อข้อกำหนดขั้นต่ำทางไฟฟ้าของช่องห่างระหว่างอุปกรณ์ พื้นที่ตัวนำ ผิวตัวนำ

3. ข้อบกพร่อง (Defect)







รูปที่ 4.2 แสดงข้อบกพร่อง (Defect) การเคลือบที่ยอมรับไม่ได้

1) การเคลือบไม่แห้ง

2) เคลือบในพื้นที่ ที่ไม่ต้องการ

3) ไม่เคลือบ ในพื้นที่ให้เคลือบ

4) มีเชื่อมกันของพื้นที่ใกล้กันที่เกิดจาก ฟองอากาศ (Bubbles) ร้าว (Cracks) เป็นรอยคลื่น (Ripples) การร่อนหลุด (Loss of adhesion) เป็นตาปลา (Fisheyes) และผิวเปลือกส้ม (Orange peel).

5) มีวัตถุภายนอกเชื่อมต่อพื้นที่ตัวนำหรือผิวตัวนำ วงจรไฟฟ้าเปิดหรือละเมิดข้อกำหนดขั้นต่ำทางไฟฟ้าของช่องห่างระหว่าง อุปกรณ์ พื้นที่ตัวนำ ผิวตัวนำ

6) สีซีดจางหรือไม่โปร่งใส

7) เคลือบเป็นเส้นด้ายเข้าในคอนเนคเตอร์

4.1.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการตรวจวัด ระบบการวัดเป็นเสมือนกลไกในการควบคุมผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต เพื่อเป็นการประกันคุณภาพสู่ลูกค้า กระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลักๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงาน วิธีการวัด ซึ่งสาเหตุมาจากทักษะความชำนาญและระดับการฝึกฝน ชิ้นงานที่วัด สิ่งแวดล้อมในการวัด ที่มีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้น และธรรมชาติ เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบมีความไม่เท่ากัน จึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด การวิเคราะห์ระบบความแม่นยำของเครื่องมือวัดมีความสำคัญมากเนื่องจากการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพ หรือการป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องมีความมั่นใจในความเสถียรของเครื่องมือวัด ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัดเพื่อทำการแยกแหล่งของความผันแปรออกเป็นชิ้นงาน (Part – to Part Variation) พนักงาน (Appraiser Variation) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation)

ในกระบวนการเคลือบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยน้ำยาอะคริลิกเพื่อป้องกันความชื้นนี้ เครื่องมือวัดสำหรับหาจุดบกพร่องบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วย วิธีการตรวจสอบด้วยตาเปล่าและผ่านกล้องขยาย 3 เท่า และวิธีการตรวจสอบด้วยตาเปล่าใต้แสงอัลตร้าไวโอเลต ซึ่งอ้างอิงจากเกณฑ์ที่ใช้ในบริษัทกรณีศึกษา ดังนั้นจึงได้มีการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดเหล่านี้

4.1.2.1 ออกแบบการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลนับมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เลือกสิ่งตัวอย่างในกระบวนการผลิต 30 ชิ้น ซึ่งสิ่งตัวอย่างเหล่านั้นจะต้องประกอบไปด้วยสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี และไม่ดีในสัดส่วนที่เท่ากัน

2. ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างที่ถูกเลือกในกระบวนการผลิตทั้ง 30 ชิ้น โดยวิศวกรฝ่ายพัฒนากระบวนการผลิต วิศวกรฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ และเจ้าหน้าที่ฝ่ายฝึกอบรม

3. เลือกพนักงานที่มีทักษะและผ่านการฝึกอบรมเป็นอย่างดี จำนวน 3 คน

4. ทำการศึกษาพนักงานทีละคน โดยให้ทำการตรวจวัดชิ้นงานที่ได้เตรียมไว้และที่สำคัญการวัดสิ่งตัวอย่างจะต้องเป็นแบบสุ่ม และให้พนักงานประเมินผลสิ่งตัวอย่างนั้นๆ ว่าผ่านหรือไม่ผ่าน แล้วทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจวัดลงในฟอร์ม ในการตรวจวัดของพนักงานแต่ละคน จะต้องทำซ้ำ 2 ซ้ำ พร้อมทั้งบันทึกผลลัพธ์ลงในแบบฟอร์ม ทำเช่นเดียวกันนี้กับพนักงานทั้ง 3 คน

5. จากนั้นนำผลการตรวจวัดไปทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด ซึ่งการวิเคราะห์จะประกอบไปด้วยดัชนีต่างๆ ต่อไปนี้

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

$$\%\ \text{ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมด} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบได้เหมือนถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\%\ \text{ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมด เมื่อเทียบกับมาตรฐาน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้ถูกต้องเทียบมาตรฐาน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

ตารางที่ 4.1 แสดงเกณฑ์การยอมรับในระบบการวัด

ดัชนี	เกณฑ์ในการยอมรับ
% รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน	90%
% ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมด	90%
% ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมดเมื่อกับมาตรฐาน	90%

4.1.2.2 ผลลัพธ์การตรวจสอบด้วยตาเปล่าและผ่านกล้องขยาย 3 เท่า ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการประเมินกระบวนการตรวจสอบด้วยตาเปล่าและผ่านกล้องขยาย 3 เท่า

Gage Repeatability & Reproducibility Capability Study for Attribute Data

สถานีตรวจวัด: PFQA Process Inspection ผลิตภัณฑ์รุ่น: XXE17XXXACC วันที่: April 4, 2011

วิธีการตรวจ: 3X Visual Inspection ผู้จัดเตรียม: Suna K. Attribute Legend: P (Pass) = 1, F (Fail) = 0

จำนวนพนักงาน: 3 จำนวนครั้งตรวจวัด: 2 ตัวอย่างชิ้นงาน: 30

Attribute G R&R Check list

อ้างอิง		พนักงาน A			พนักงาน B			พนักงาน C			ผลตรวจตรงกันของพนักงาน	ผลตรวจตรงกับมาตรฐาน
ตัวอย่างชิ้นงาน	มาตรฐาน	ตรวจครั้งที่1	ตรวจครั้งที่2	ตรวจครั้งที่3	ตรวจครั้งที่1	ตรวจครั้งที่2	ตรวจครั้งที่3	ตรวจครั้งที่1	ตรวจครั้งที่2	ตรวจครั้งที่3		
1	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
2	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
3	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
4	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
5	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
6	F	F	F		P	P		F	F		N	N
7	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
8	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
9	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
10	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
11	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
12	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
13	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
14	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
15	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
16	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
17	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
18	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
19	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
20	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
21	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
22	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
23	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
24	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
25	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
26	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
27	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
28	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
29	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
30	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y

% รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ :	100%	100%	100%
% ประสิทธิผลการตรวจสอบเทียบกับมาตรฐาน:	100%	97%	100%

% ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมด (90% หรือมากกว่า): 97%

% ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมดเทียบกับมาตรฐาน (90% หรือมากกว่า): 97%

การตรวจสอบด้วยตาผ่านกล้องขยาย 3 เท่า มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจดูว่ามีจุดพกพร่องบนบอร์ดหรือไม่ เช่น ฟองอากาศ (Bubbles) ร้าว (Cracks) เป็นรอยคลื่น (Ripples) การร่อนหลุด (Loss of adhesion) เป็นตาปลา (Fisheyes) ผิวเปลือกส้ม (Orange peel) และเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenous) เป็นต้น จากผลการศึกษาการประเมินกระบวนการตรวจสอบด้วยตาเปล่าและผ่านกล้องขยาย 3 เท่า ของพนักงานทุกคน ตรวจสอบได้ผลเป็นที่ยอมรับได้ โดยมีค่าดัชนีของผลการวัดประเมินทุกคนผ่านตามเกณฑ์ ซึ่งเกินเกณฑ์ที่โรงงานกำหนดอย่างน้อยที่ 90%

1. เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน ได้เท่ากับ 100%
2. เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมด ได้เท่ากับ 97%
3. เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมดเมื่อเทียบกับมาตรฐาน ได้เท่ากับ 97%

ดังนั้นปัญหาจากการตรวจพบของเสียในการตรวจสอบด้วยตาผ่านกล้องขยาย 3 เท่า จึงไม่ได้เกิดจากการตรวจสอบที่ผิดพลาด แต่เป็นปัญหาที่แท้จริงที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตในกระบวนการเคลือบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยน้ำยาอะคริลิกเพื่อป้องกันความชื้น ทีมงานจะได้วิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตต่อไป

4.1.2.3 ผลลัพธ์การตรวจสอบด้วยตาเปล่าใต้แสงอัลตร้าไวโอเลตแบคไลต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบด้วยตาเปล่าใต้แสงอัลตร้าไวโอเลตแบคไลต์นี้ ก็เพื่อตรวจดูว่าบอร์ดที่ผ่านการเคลือบเรียบร้อยแล้วนั้น ได้เคลือบอย่างสมบูรณ์ครบถ้วนทุกพื้นที่หรือทุกจุดตามที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งจากผลการศึกษาการประเมินกระบวนการตรวจสอบด้วยตาเปล่าใต้แสงอัลตร้าไวโอเลตแบคไลต์ของพนักงาน 3 คน ตรวจสอบ ได้ผลเป็นที่ยอมรับได้ โดยมีค่าดัชนีของผลการวัดประเมินทุกคนผ่านตามเกณฑ์ ซึ่งเกณฑ์ที่โรงงานกำหนดอย่างน้อยที่ 90%

1. เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน ได้เท่ากับ 100%
2. เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมด ได้เท่ากับ 100%
3. เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมดเมื่อเทียบกับมาตรฐาน ได้เท่ากับ 97%

ดังนั้นจากการตรวจพบของเสียในการตรวจสอบด้วยตาเปล่าใต้แสงอัลตร้าไวโอเลตแบคไลต์ จึงไม่ได้เกิดจากการตรวจสอบที่ผิดพลาด แต่เป็นปัญหาที่แท้จริงที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตในกระบวนการเคลือบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยน้ำยาอะคริลิกเพื่อป้องกันความชื้น ทีมงานจะได้วิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตต่อไป

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการประเมินกระบวนการตรวจสอบด้วยตาเปล่าใต้แสงอัลตร้าไวโอเลต แบคไลต์

Gage Repeatability & Reproducibility Capability Study for Attribute Data

สถานีตรวจวัด: PFQA Process Inspection ผลิตภัณฑ์รุ่น: XXE17XXXACC วันที่: April 4, 2011

วิธีการตรวจ: UV Backlight Inspection ผู้จัดเตรียม: Suna K.

Attribute Legend: P (Pass) = 1, F (Fail) = 0

จำนวนพนักงาน: 3 จำนวนครั้งตรวจ: 2 ตัวอย่างชิ้นงาน: 30

Attribute G R&R Check list

อ้างอิง		พนักงาน A			พนักงาน B			พนักงาน C			ผลตรวจตรงกันของพนักงาน	ผลตรวจตรงกับมาตรฐาน
ตัวอย่างชิ้นงาน	มาตรฐาน	ตรวจครั้งที่1	ตรวจครั้งที่2	ตรวจครั้งที่3	ตรวจครั้งที่1	ตรวจครั้งที่2	ตรวจครั้งที่3	ตรวจครั้งที่1	ตรวจครั้งที่2	ตรวจครั้งที่3		
1	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
2	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
3	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
4	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
5	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
6	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
7	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
8	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
9	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
10	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
11	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
12	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
13	F	P	P		P	P		P	P		Y	N
14	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
15	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
16	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
17	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
18	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
19	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
20	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
21	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
22	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
23	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
24	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
25	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
26	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y
27	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
28	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
29	F	F	F		F	F		F	F		Y	Y
30	P	P	P		P	P		P	P		Y	Y

% รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ :	100%	100%	100%
% ประสิทธิผลการตรวจสอบเทียบกับมาตรฐาน:	97%	97%	97%

% ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมด (90% หรือมากกว่า): 100%

% ประสิทธิผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งหมดเทียบกับมาตรฐาน (90% หรือมากกว่า): 97%

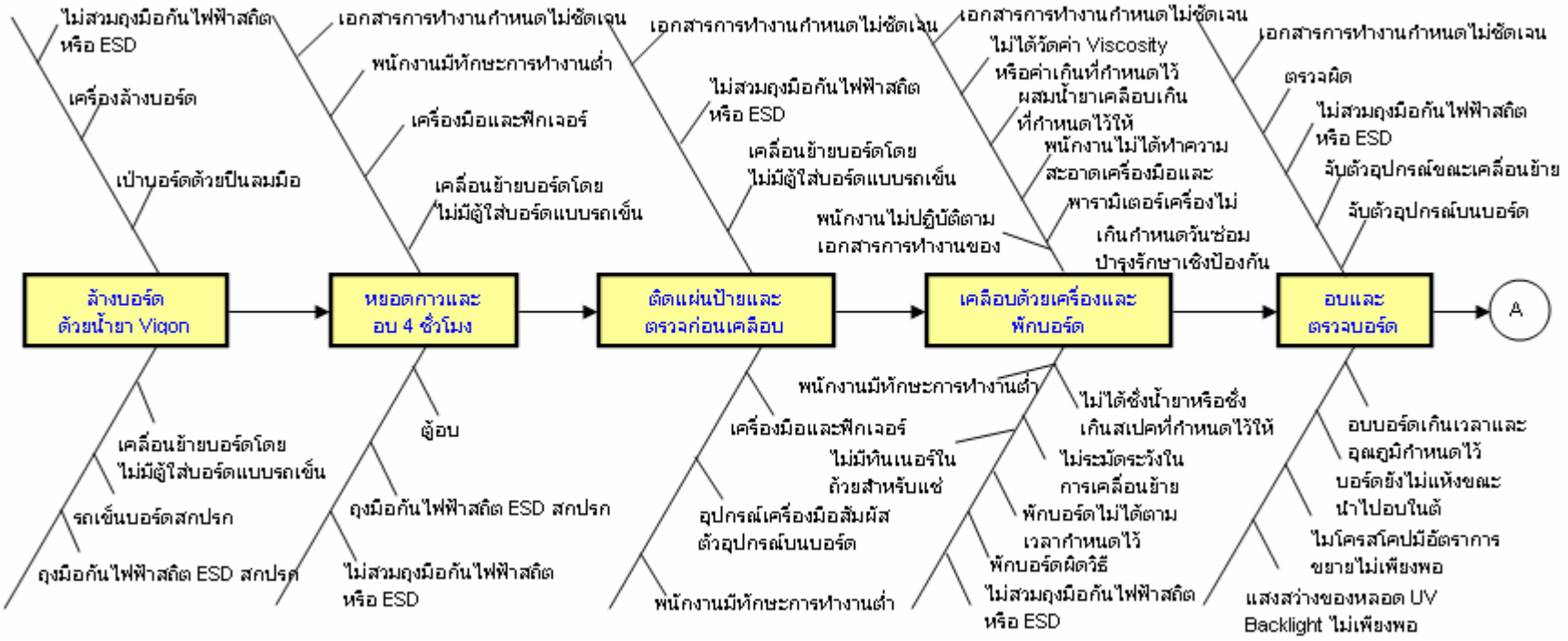
4.1.3 หาปัจจัยอินพุตของแต่ละกระบวนการย่อยด้วยแผนภูมิก้างปลา ในขั้นตอนนี้จะเป็นการระดมความคิดจากสมาชิกในทีม เพื่อค้นหาปัจจัยอินพุตของกระบวนการเคลือบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยน้ำยาอะคริลิกเพื่อป้องกันความชื้น และกระบวนการที่เกี่ยวข้อง ด้วยการใช้แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagrams) โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้คือ

4.1.3.1 ทำการศึกษาขั้นตอนของกระบวนการเคลือบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยน้ำยาอะคริลิกเพื่อป้องกันความชื้นและกระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน

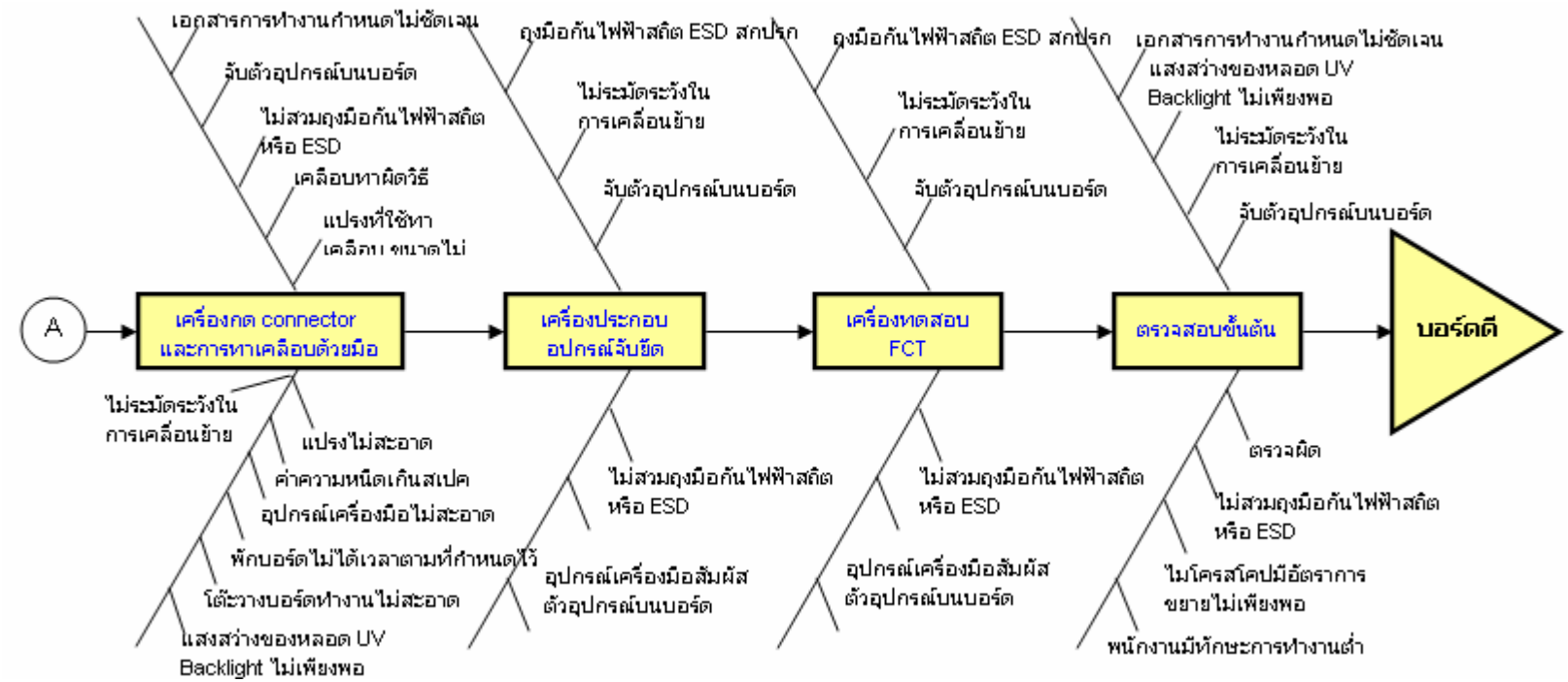
4.1.3.2 ให้สมาชิกในทีมช่วยกันแสดงความคิดเห็นและเสนอแนะปัจจัยอินพุตของแต่ละกระบวนการย่อย โดยใช้หลักการ 4M คือ Man, Machine, Material and Method

4.1.3.3 ในการแสดงความคิดเห็นและเสนอแนะของสมาชิกในทีมนั้นมีข้อตกลงกันว่าเปิดโอกาสให้สมาชิกทุกคนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอย่างเต็มที่ โดยจะไม่มีการวิจารณ์แนวความคิดของสมาชิกในทีม

4.1.3.4 สรุปผลการแสดงความคิดเห็นและเสนอแนะปัจจัยอินพุตของกระบวนการเคลือบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยน้ำยาอะคริลิกเพื่อป้องกันความชื้นและกระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน ของสมาชิกในทีมแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagrams) แสดงถึงปัจจัยอินพุตของแต่ละกระบวนการย่อย (1 of 2)


A
เครื่องกด connector และการทาเคลือบด้วยมือ
เครื่องประกอบ อุปกรณ์จับยึด
เครื่องทดสอบ FCT
ตรวจสอบขั้นต้น
บอร์ดดี
เอกสารการทำงานกำหนดไม่ชัดเจน
จับตัวอุปกรณ์บนบอร์ด
ไม่สวมถุงมือกันไฟฟ้าสถิต หรือ ESD
เคลือบทาผิดวิธี
แปรงที่ใช้ทา
ถุงมือกันไฟฟ้าสถิต ESD สกปรก
ไม่ระมัดระวังใน การเคลื่อนย้าย
จับตัวอุปกรณ์บนบอร์ด
ถุงมือกันไฟฟ้าสถิต ESD สกปรก
ไม่ระมัดระวังใน การเคลื่อนย้าย
จับตัวอุปกรณ์บนบอร์ด
เอกสารการทำงานกำหนดไม่ชัดเจน
แสงสว่างของหลอด UV Backlight ไม่เพียงพอ
ไม่ระมัดระวังใน การเคลื่อนย้าย
จับตัวอุปกรณ์บนบอร์ด
ไม่ระมัดระวังใน การเคลื่อนย้าย
แปรงไม่สะอาด
ค่าความหนืดเกินสเปค
อุปกรณ์เครื่องมือไม่สะอาด
พักบอร์ดไม่ได้เวลาตามที่กำหนดไว้
โต๊ะวางบอร์ดทำงานไม่สะอาด
แสงสว่างของหลอด UV Backlight ไม่เพียงพอ
ไม่สวมถุงมือกันไฟฟ้าสถิต หรือ ESD
อุปกรณ์เครื่องมือสัมผัส ตัวอุปกรณ์บนบอร์ด
ไม่สวมถุงมือกันไฟฟ้าสถิต หรือ ESD
อุปกรณ์เครื่องมือสัมผัส ตัวอุปกรณ์บนบอร์ด
ตรวจผิด
ไม่สวมถุงมือกันไฟฟ้าสถิต หรือ ESD
ไมโครสโคปมีอัตราการ ขยายไม่เพียงพอ
พนักงานมีทักษะการทำงานต่ำ

รูปที่ 4.3 (ต่อ)

4.1.4 แจกแจงสาเหตุและผลกระทบของข้อพกพร่อง (Cause and Effect Matrix) เมื่อได้ปัจจัยอินพุตของกระบวนการเคลือบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยน้ำยาอะคริลิกเพื่อป้องกันความชื้นและกระบวนการที่เกี่ยวข้อง จากการแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของสมาชิกในทีม ด้วยการใช้แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagrams) แล้ว ในขั้นตอนต่อไปนี้จะเป็นการระดมความคิดจากสมาชิกในทีมเพื่อค้นหาสาเหตุที่มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุด ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้คือ

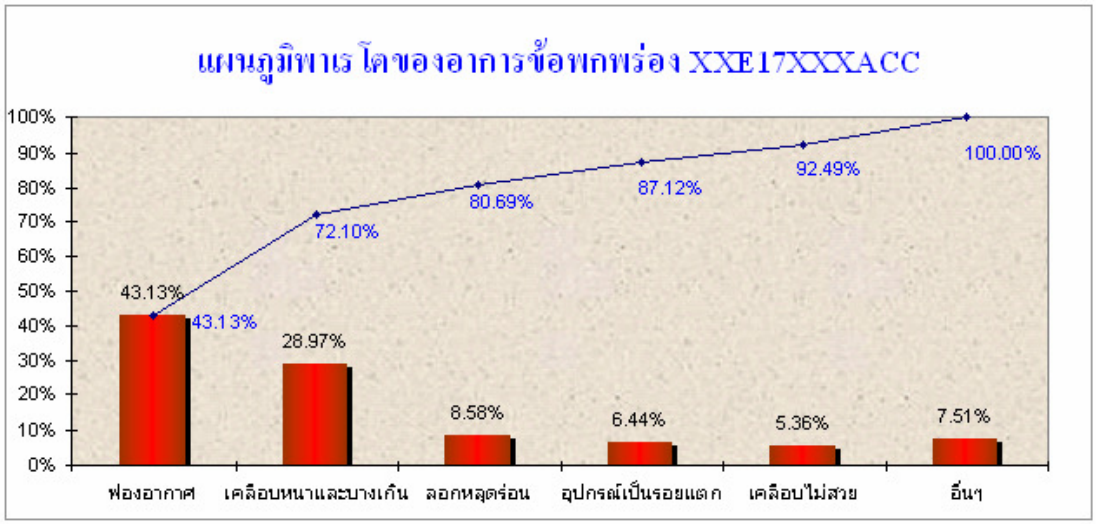
4.1.4.1 รวบรวบข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะอาการที่ถูกตรวจพบในกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายของทางฝ่ายประกันคุณภาพ เพื่อดูแนวโน้มของเสียจะมาจากกระบวนการใดเป็นหลัก ดังรูปที่ 4.4

4.1.4.2 สรุปขั้นตอนทั้งหมดทั้งกระบวนการหลักและกระบวนการที่เกี่ยวข้อง เพื่อระบุความเกี่ยวข้องและความเป็นไปได้ที่ทำให้ผลกระทบในแต่ละประเภทของปัญหาทั้งหมดที่พบจากรูปที่ 4.4

4.1.4.3 นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาใส่ลงในตารางสาเหตุและผลกระทบ ในที่นี้กำหนดให้อัตราความสำคัญเท่ากับ 10 และให้กลุ่มสมาชิกทำการลงคะแนนความสำคัญให้กับทุกสาเหตุ ในแต่ละกระบวนการว่ามีความสัมพันธ์กันระดับใด โดยให้คะแนนในช่วง 1 ถึง 10 คะแนน โดยพิจารณาความสัมพันธ์ว่าหากมีมากให้คะแนนสูง หากมีน้อยให้คะแนนต่ำ สมาชิกในทีมจะช่วยกันให้คะแนนจนครบทุกสาเหตุ

4.1.4.4 ผู้วิจัยรวบรวมคะแนนพร้อมทั้งทำการคูณค่าน้ำหนักของแต่ละสาเหตุกับผลการลงคะแนนความสัมพันธ์ เพื่อหากระบวนการใดที่มีแนวโน้มก่อให้เกิดปัญหา และควรพิจารณาปัจจัยภายในกระบวนการนั้นๆ ว่าควรปรับปรุงแก้ไขมากที่สุด

4.1.4.5 ทำการสรุปผลคะแนนในตารางสาเหตุและผลกระทบ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 เพื่อจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการที่เป็นแนวโน้มให้เกิดปัญหาอาการเสียต่างๆ มากที่สุด



รูปที่ 4.4 แสดงแผนภูมิพาเรโตแสดงอาการข้อบกพร่องที่ถูกตรวจพบในกระบวนการตรวจสอบก่อนขั้นตอนสุดท้าย

ตารางที่ 4.4 แสดงเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ของกระบวนการเคลือบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยน้ำยาอะคริลิกเพื่อป้องกันความชื้นและกระบวนการที่เกี่ยวข้อง

			1	2	3	4	5		
			ฟองอากาศ	เคลือบหนาและบางเกิน	ลอกหลุดร่อน	อุปกรณ์เป็นรอยแตก	เคลือบไม่สวย		
		ลำดับของน้ำหนัก	**43.13**	**28.97**	**8.58**	**6.44**	**5.36**		
	ขั้นตอนกระบวนการ	**กระบวนการอินพุต**						**รวม**	**คะแนนรวม**
1	ล้างบอร์ดด้วยน้ำยา Vigon	เครื่องล้างบอร์ด	0	0	4	0	2	45	160
		เป่าบอร์ดด้วยปืนลมมือ	0	0	2	0	2	28	
		ไม่สวมถุงมือกันไฟฟ้าสถิตหรือ ESD	0	0	4	0	3	50	
		เคลื่อนย้ายบอร์ดโดยไม่มีผู้ใส่บอร์ดแบบรถเข็น	0	0	3	0	2	36	
2	หยอดกาวและอบ 4 ชั่วโมง	เคลื่อนย้ายบอร์ดโดยไม่มีผู้ใส่บอร์ดแบบรถเข็น	0	0	2	2	2	41	144
		ไม่สวมถุงมือกันไฟฟ้าสถิต	0	0	4	0	3	50	
		ตู้อบ	0	0	2	0	0	17	
		เครื่องมือและฟิกเจอร์	0	0	0	2	2	24	
		เอกสารการทำงานกำหนดไม่ชัดเจน	0	0	0	0	0	0	
		พนักงานมีทักษะการทำงานต่ำ	0	0	0	1	1	12	
3	ติดแผ่นป้ายและตรวจก่อนเคลือบ	ไม่สวมถุงมือกันไฟฟ้าสถิต	0	0	4	0	2	45	133
		เครื่องมือและฟิกเจอร์	0	0	0	2	2	24	
		เคลื่อนย้ายบอร์ดโดยไม่มีผู้ใส่บอร์ดแบบรถเข็น	0	0	2	2	2	41	
		เอกสารการทำงานกำหนดไม่ชัดเจน	0	0	0	0	0	0	
		พนักงานมีทักษะการทำงานต่ำ	0	0	0	2	2	24	

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

	ขั้นตอนกระบวนการ	กระบวนการอินพุต						รวม	คะแนนรวม
4	เคลือบด้วยเครื่องและพักบอร์ด	เอกสารการทำงานกำหนดไม่ชัดเจน	2	4	2	0	0	219	6,118
		ผสมน้ำยาเคลือบเกินที่กำหนดไว้ให้	10	8	2	0	2	691	
		ไม่ได้วัดค่า Viscosity หรือได้ค่าเกินที่กำหนดไว้	10	10	5	0	2	775	
		พนักงานไม่ได้ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์	3	5	5	2	2	341	
		พารามิเตอร์เครื่องไม่เหมาะสม	10	8	2	2	2	704	
		ไม่ได้ชั่งน้ำยาหรือชั่งเกินสเปคที่กำหนดไว้ให้	8	10	3	0	0	660	
		ไม่ระมัดระวังในการเคลื่อนย้ายบอร์ด	5	6	5	3	2	462	
		พักบอร์ดไม่ได้ตามเวลากำหนดไว้	5	5	5	0	0	403	
		พักบอร์ดผิดวิธี	2	6	5	3	2	333	
		ไม่สวมถุงมือกันไฟฟ้าสถิต	0	4	5	0	2	170	
		เกินกำหนดวันซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM)	3	5	0	0	0	274	
		พนักงานมีทักษะการทำงานต่ำ	2	2	2	2	2	185	
		พนักงานไม่ปฏิบัติตามเอกสารการทำงานของเครื่อง	5	5	5	2	2	427	
		ไม่มีทินเนอร์ในถ้วยสำหรับแช่หัวฉีด	5	8	3	0	0	473	
5	อบและตรวจบอร์ด	เอกสารการทำงานกำหนดไม่ชัดเจน	2	1	1	0	0	124	878
		อบบอร์ดเกินเวลาและอุณหภูมิกำหนดไว้	2	0	1	0	0	95	
		ไมโครสโคปมีอัตราการขยายไม่เพียงพอ	3	0	1	0	0	138	
		บอร์ดยังไม่แห้งขณะนำไปอบในตู้	3	0	1	0	2	149	
		จับตัวอุปกรณ์ขณะเคลื่อนย้ายบอร์ด	0	1	2	1	2	63	
		ไม่สวมถุงมือกันไฟฟ้าสถิต	0	1	2	0	2	57	
		แสงสว่างของหลอด UV Backlight ไม่เพียงพอ	2	0	2	0	0	103	
		ตรวจผิด	1	0	1	0	1	57	
		พนักงานมีทักษะการทำงานต่ำ	1	1	1	1	1	92	
6	เครื่องกด connector และการทาเคลือบด้วยมือ	เอกสารการทำงานกำหนดไม่ชัดเจน	1	1	1	0	2	91	973
		จับตัวอุปกรณ์ขณะเคลื่อนย้ายบอร์ด	0	1	2	1	2	63	
		ไม่สวมถุงมือกันไฟฟ้าสถิต	0	2	2	0	3	91	
		เคลือบทาผิดวิธี	2	2	1	1	2	170	
		แปรงที่ใช้ทาเคลือบ ขนาดไม่เหมาะสม	1	1	1	0	2	91	
		แปรงไม่สะอาด	1	1	1	0	2	91	
		ค่าความหนืดเกินสเปค	2	1	1	0	2	135	
		อุปกรณ์เครื่องมือไม่สะอาด	1	1	1	0	2	91	
		พักบอร์ดไม่ได้เวลาตามที่กำหนดไว้	1	0	1	1	0	58	
		โต๊ะวางบอร์ดทำงานไม่สะอาด	0	0	2	0	2	28	
		แสงสว่างของหลอด UV Backlight ไม่เพียงพอ	0	0	2	1	1	29	
		ไม่ระมัดระวังในการเคลื่อนย้ายบอร์ด	0	0	1	3	1	33	
7	เครื่องประกอบอุปกรณ์จับยึด	จับตัวอุปกรณ์ขณะเคลื่อนย้ายบอร์ด	0	0	3	1	2	43	151
		ไม่สวมถุงมือกันไฟฟ้าสถิต	0	0	2	0	2	28	
		อุปกรณ์เครื่องมือสัมผัสตัวอุปกรณ์บนบอร์ด	0	0	2	4	1	48	
		ไม่ระมัดระวังในการเคลื่อนย้ายบอร์ด	0	0	1	2	2	32	
8	เครื่องทดสอบ FCT	จับตัวอุปกรณ์ขณะเคลื่อนย้ายบอร์ด	0	0	2	0	2	28	136
		ไม่สวมถุงมือกันไฟฟ้าสถิต	0	0	2	0	2	28	
		อุปกรณ์เครื่องมือสัมผัสตัวอุปกรณ์บนบอร์ด	0	0	2	4	1	48	
		ไม่ระมัดระวังในการเคลื่อนย้ายบอร์ด	0	0	1	2	2	32	
9	ตรวจสอบขั้นต้น Pre-FQA	เอกสารการทำงานกำหนดไม่ชัดเจน	1	1	2	0	1	95	785
		ไม่สวมถุงมือกันไฟฟ้าสถิต	0	0	2	0	2	28	
		จับตัวอุปกรณ์ขณะเคลื่อนย้ายบอร์ด	0	0	2	2	2	41	
		ตรวจผิด	2	1	2	1	2	150	
		แสงสว่างของหลอด UV Backlight ไม่เพียงพอ	2	2	0	0	1	150	
		ไมโครสโคปมีอัตราการขยายไม่เพียงพอ	3	2	0	0	1	193	
		พนักงานมีทักษะการทำงานต่ำ	1	2	2	1	1	130	

จากตารางแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ผู้วิจัยพิจารณากระบวนการที่มีผลคะแนนมากสุด ถือว่าเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญที่มีแนวโน้มที่ก่อให้เกิดของเสีย ซึ่งจากตารางแสดงเหตุและผล พบว่ากระบวนการเคลือบด้วยเครื่องแล้วพักบอร์ด (Coating Machine Top, Bottom and Stacking) เป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหาของเสียที่ถูกตรวจพบในขั้นตอนตรวจสอบก่อนขั้นสุดท้ายมากที่สุด

4.1.5 สรุปผลการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ในขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหานี้ ได้เริ่มจากการอธิบายถึงข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ โดยที่ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์นั้นถูกกำหนดมาจากลูกค้าของบริษัทกรณีศึกษา และข้อกำหนดมาตรฐานคุณภาพ IPC-A-610D จากนั้นได้ทำการประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำของกระบวนการตรวจสอบคุณภาพในขั้นตอนสุดท้าย ที่ระบุว่ามีปัญหาเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งได้ประเมินด้วยกัน 2 วิธี คือ การตรวจสอบด้วยตาเปล่าและผ่านกล้อง 3 เท่า และการตรวจสอบด้วยตาเปล่าใต้แสงอัลตร้าไวโอเลตแบคไลต์ ผลการประเมินพบว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้เป็นไปตามเกณฑ์ที่บริษัทตั้งไว้ และทีมงานได้ระดมความคิดหากระบวนการใดในกระบวนการผลิตทั้งหมดที่น่าจะเป็นสาเหตุก่อให้เกิดปัญหาหรือทำให้เกิดของเสียขึ้น โดยใช้เครื่องมือแผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) และตารางแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) และสามารถสรุปเห็นพร้องกันว่ากระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหาคือ กระบวนการเคลือบด้วยเครื่องแล้วพักบอร์ด ซึ่งจะทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีนัยสำคัญภายในกระบวนการและทำการปรับปรุงแก้ไขและควบคุมต่อไป

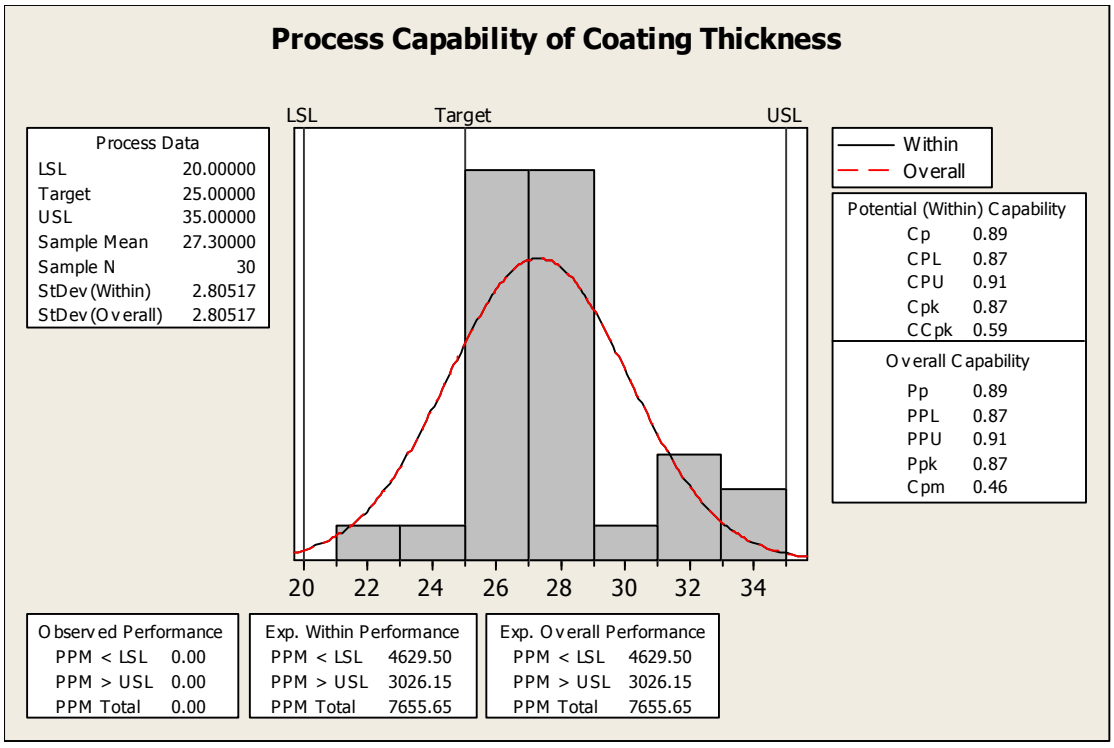
4.2 วิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา (Analysis Phase)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis Phase) นี้ มีความสำคัญอย่างมากเพื่อค้นให้พบสาเหตุและปัจจัยภายในกระบวนการที่แท้จริงที่ก่อให้ของปัญหา จากขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) นั้น สามารถสรุปได้เบื้องต้นถึงแนวโน้มของกระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหาคือ กระบวนการเคลือบด้วยเครื่องแล้วพักบอร์ด ดังนั้นเพื่อให้สามารถระบุสาเหตุของปัญหาชัดเจนมากขึ้น ในขั้นตอนการวิเคราะห์นี้จึงจะเริ่มจากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการปัจจุบัน (Process Capability) จากนั้นนำกระบวนการเคลือบด้วยเครื่องแล้วพักบอร์ดที่ได้จากขั้นตอนการวัด (Measure Phase) มาแจกแจงในตารางสาเหตุและผลกระทบในกระบวนการย่อยอีกที แล้วนำตารางแสดงเหตุและผลที่ได้ทำการประเมินกระบวนการย่อยทั้งหมดจากทีมงานและผู้เชี่ยวชาญ อีกทั้งอ้างอิงข้อมูลลักษณะที่ก่อให้เกิดปัญหาจากในอดีตจนสามารถทำการระบุได้ว่าสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหามาจากกระบวนการย่อยใด มาทำการวิเคราะห์ต่อด้วยการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis - FMEA) แล้วเลือกปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา

โดยเรียงลำดับจากเหตุที่มีความเป็นไปได้สูงกว่าหรือมีความร้ายแรงมากกว่า เพื่อทำการแก้ไขปรับปรุงแต่ละปัญหาก่อนหลังตามลำดับต่อไป แต่ทั้งนี้เหตุที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดอาจจะไม่จำเป็นต้องเป็นปัจจัยที่แท้จริงของปัญหาก็ได้ ดังนั้นการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาโดยอาศัยการทดลองจะลดโอกาสผิดพลาดได้ การตัดสินใจที่อาศัยหลักการของสถิติวิศวกรรมหรือหลักการอนุมานทางสถิติ โดยดำเนินการทดลองเพื่อหาข้อมูลสนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ การตั้งสมมุติฐานและการทดสอบสมมุติฐาน จะเป็นการยืนยันว่าปัจจัยที่ส่งผลหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่สงสัยนั้นคือสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาหรือความบกพร่องด้านคุณภาพได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้เมื่อมีการยืนยันว่าปัจจัยภายในกระบวนการเหล่านั้นมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แล้ว ก็ยังสามารถสรุปได้ต่อไปว่าแต่ละปัจจัยดังกล่าวมีผลกระทบมากน้อยเพียงใด

ดังนั้นในขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาจึงเป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์ปัญหา เมื่อไม่แน่ใจว่าปัจจัยใดบ้างในกระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพจึงสมควรทำการเก็บรวบรวมข้อมูลมาให้ได้มากที่สุด เพื่อทดสอบสมมุติฐาน เพื่อยืนยันได้อย่างแน่ชัดว่าปัจจัยเหล่านั้นเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหาคุณภาพหรือไม่ และเมื่อแน่ใจแล้วว่าปัจจัยใดที่ก่อให้เกิดปัญหาและจำเป็นต้องทำการปรับปรุง ก็สามารถไปทำการออกแบบการทดลองได้ต่อไป

4.2.1 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการปัจจุบัน (Process Capability) จะใช้ความหนาของการเคลือบในการประเมินความสามารถของกระบวนการเคลือบ เนื่องจากความหนาจะส่งผลถึงข้อบกพร่อง (Defect) ต่างๆ เช่น ถ้าหนาเกินไปจะเป็นฟองอากาศ (Bubble) แห้งช้า ไหลเข้าในพื้นที่ห้ามเคลือบ ถ้าบางเกิน (หนาน้อยเกิน) จะทำให้ลอกหลุดร่อน (Peeling) เคลือบไม่เต็มเป็นต้น ดังนั้นเราจึงให้พนักงานประจำเครื่องเก็บข้อมูลความหนาของการเคลือบเท่าที่มีลงบันทึกไว้มาทำการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 4.5

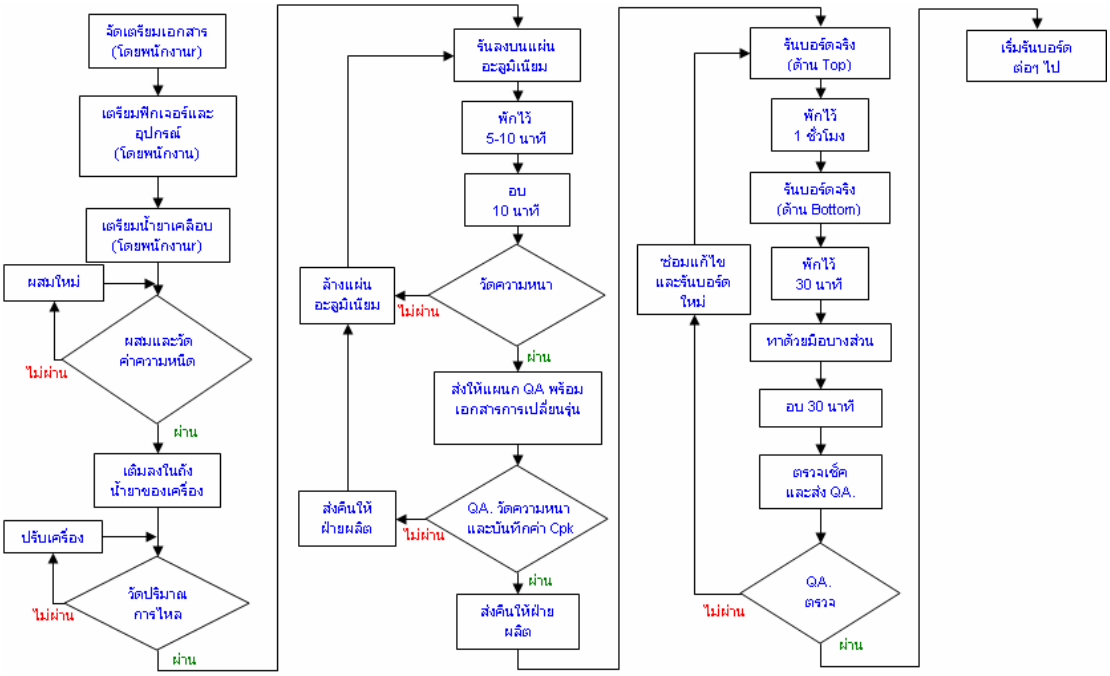


รูปที่ 4.5 แสดงความสามารถของกระบวนการเคลือบปัจจุบัน (Process Capability)

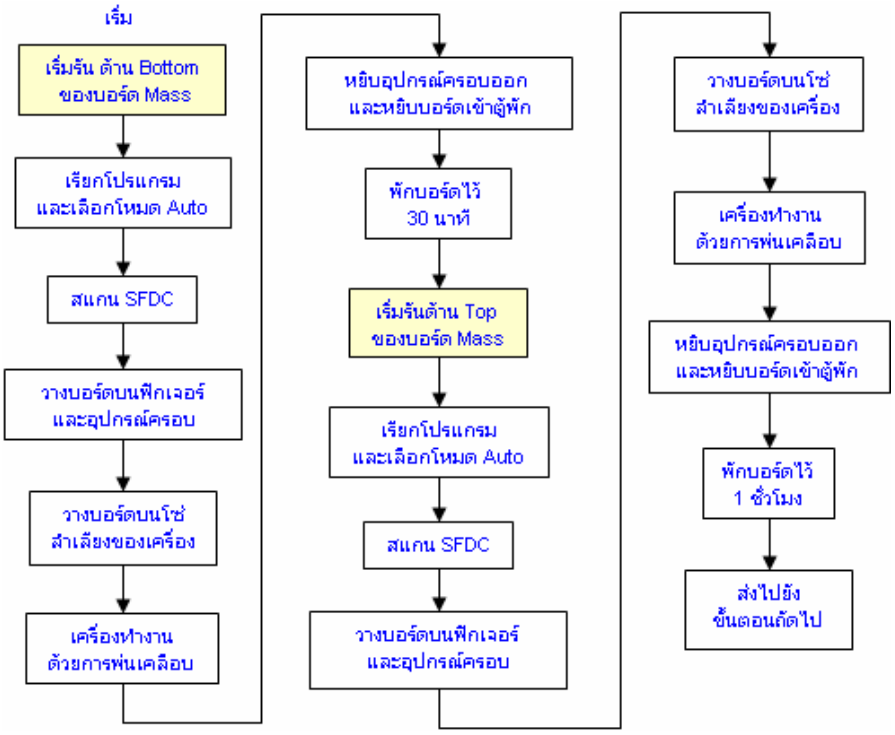
พบว่าความสามารถของกระบวนการเคลือบด้วยเครื่องในปัจจุบันมีค่า Cpk เท่ากับ 0.87 ซึ่งถือว่าต่ำกว่าเกณฑ์ของทางบริษัทกรณีศึกษากำหนด คือมากกว่าหรือเท่ากับ 1.33 จากรูปที่ 4.5 ยังพบว่าค่าความหนามีความแปรปรวนสูง มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 2.8 ดังนั้นเราจะได้หาวิธีการปรับปรุงในขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) ต่อไป

4.2.2 แจกแจงสาเหตุและผลกระทบของข้อพกพร่อง ในกระบวนการย่อยของกระบวนการเคลือบด้วยเครื่องแล้วพักบอร์ด ทำการศึกษาถึงรายละเอียดโดยเริ่มจากการเขียนการไหลของขั้นตอนการทำงาน (Process Flow) ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 เพื่อหาปัจจัยอินพุตของแต่ละกระบวนการย่อย จากนั้นรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาใส่ลงในตารางสาเหตุและผลกระทบ และให้กลุ่มสมาชิกทำการลงคะแนนให้กับทุกสาเหตุในแต่ละกระบวนการย่อย ว่ามีความสัมพันธ์กันระดับใด แล้วทำการสรุปผลคะแนนในตารางสาเหตุและผลกระทบดังแสดงในตารางที่ 4.5 เพื่อจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการย่อยที่เป็นแนวโน้มให้เกิดปัญหาของอาการเสียต่างๆ

4.2.2.1 การไหลของขั้นตอนการทำงาน (Process Flow) ในกระบวนการย่อยของการเคลือบด้วยเครื่องแล้วพักบอร์ด



รูปที่ 4.6 แสดงการไหลของขั้นตอนการเปลี่ยนรุ่นในกระบวนการเคลือบด้วยเครื่องแล้วพักบอร์ด



รูปที่ 4.7 แสดงการไหลของกระบวนการเคลือบด้วยเครื่องแล้วพักบอร์ด

4.2.2.2 ตารางแสดงเหตุและผลกระทบของกระบวนการเคลือบด้วยเครื่องแล้วพักบอร์ด

ตารางที่ 4.5 แสดงเหตุและผลกระทบของกระบวนการเคลือบด้วยเครื่องแล้วพักบอร์ด

			1	2	3	4	5		
			ฟองอากาศ	เคลือบหนาและบางเกินมาตรฐาน	ลอกหลุดร่อน	อุปกรณ์เป็นรอยแตก	เคลือบไม่สม่ำเสมอ		
		สำดับของน้ำหนัก	43.13	28.97	8.58	6.44	5.36		
	ขั้นตอนกระบวนการ	กระบวนการอินพุต						รวม	คะแนนรวม
1	เรียกโปรแกรมและเลือกโหมด Auto	เอกสารการทำงานไม่ชัดเจน	1	2	0	0	0	101	359
		เลือกปรแกรมผิด	3	3	2	3	1	258	
2	สแกน SFDC	หยิบบอร์ด	0	2	2	1	1	87	105
		สแกนบอร์ด	0	0	0	2	1	18	
3	วางบอร์ดบนฟิกเจอร์และอุปกรณ์ครอบ	เอกสารการทำงานไม่ชัดเจน	0	0	0	2	0	13	130
		ฟิกเจอร์และอุปกรณ์	0	0	0	3	2	30	
		หยิบบอร์ด	0	2	2	1	1	87	
4	วางบอร์ดบนโซ่ลำเลียงของเครื่อง	เอกสารการทำงานไม่ชัดเจน	0	0	0	2	1	18	61
		ฟิกเจอร์และอุปกรณ์	0	0	0	3	2	30	
		เซนเซอร์ตรวจจับบอร์ด	0	0	0	2	0	13	
5	เครื่องพ่นเคลือบโดยอัตโนมัติ	เอกสารการทำงานไม่ชัดเจน	1	1	1	1	0	87	3,465
		ความสะอาดของบอร์ด	2	2	8	0	3	15	
		พารามิเตอร์ของโปรแกรม	8	8	3	3	3	638	
		อัตราการไหลของน้ำยาเคลือบ	8	10	2	0	2	663	
		ความหนืดของน้ำยาเคลือบ	10	5	2	0	2	604	
		หัวสเปรย์	3	3	0	3	2	246	
		แรงดันลมในถังน้ำยา	3	8	0	0	1	367	
		แรงดันลมสเปรย์	3	3	2	0	2	244	
		หินเนอร์ในถ้วยแช่หัวสเปรย์	0	4	0	0	0	116	
		ฟิกเจอร์และอุปกรณ์	1	2	2	4	2	155	
		อัตราส่วนผสมของน้ำยาเคลือบ	5	3	2	0	2	330	
6	หยิบอุปกรณ์ครอบออก และหยิบบอร์ดเข้าสู่พัก	เอกสารการทำงานไม่ชัดเจน	0	0	2	1	1	29	288
		วิธีหยิบบอร์ด	2	3	3	1	2	216	
		วิธีหยิบบอร์ดออกจากฟิกเจอร์	0	0	3	1	2	43	
7	พักบอร์ดไว้	เอกสารการทำงานไม่ชัดเจน	2	2	0	1	1	156	355
		วิธีพักบอร์ดไว้	3	3	2	2	2	12	
		เวลาที่พักบอร์ดไว้	3	2	0	0	0	187	

จากตารางแสดงเหตุและผลกระทบ (Cause and Effect Matrix) กระบวนย่อยของกระบวนการเคลือบด้วยเครื่องแล้วพักบอร์ด ผู้วิจัยพิจารณากระบวนการย่อยที่มีผลคะแนนมากที่สุด ถือว่าเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญที่มีแนวโน้มที่ก่อให้เกิดของเสีย ซึ่งจากตารางแสดงเหตุและผลกระทบ พบว่าขั้นตอนการใช้เครื่องจักรเคลือบเป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดปัญหาของเสียที่ถูกตรวจพบในขั้นตอนตรวจสอบขั้นสุดท้ายมากที่สุด

4.2.3 วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA: Failure Mode & Effect Analysis) หลังจากที่ได้พิจารณาแล้วว่าขั้นตอนใดก่อให้เกิดปัญหาด้วยตารางแสดงเหตุและผลกระทบ (Cause & Effect Matrix) ในขั้นตอนต่อไปคือ การวิเคราะห์ลงลึกไปในขั้นตอนนั้นว่า ปัจจัยที่สำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาคืออะไร โดยทำการวิเคราะห์ลักษณะของอาการขัดข้องและผลกระทบด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ดังแสดงในตารางที่ 4.6 เพื่อที่จะศึกษาถึงลักษณะของอาการขัดข้องและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ พร้อมกับพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วย เพื่อที่จะกลั่นกรองให้เหลือแต่ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปัญหาที่ทำการศึกษา จากนั้นทำการใช้แผนภูมิพาเรโตเพื่อจัดลำดับความสำคัญดังรูปที่ 4.8 ก่อนที่จะนำไปออกแบบทดลองในขั้นตอนถัดไป

การคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณค่าพารามิเตอร์ 3 ตัวคือ S x O x D เมื่อ

S = Severity คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาขึ้นเกณฑ์การให้คะแนนคือ 1 – 10 โดย 1 คือความรุนแรงน้อยที่สุดของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาขึ้น และ 10 คือความรุนแรงมากที่สุดของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาเกิดขึ้น

O = Occurrence คือ ระดับความถี่ของการเกิดปัญหาความล้มเหลวหรือความผิดพลาด เกณฑ์การให้คะแนนคือ 1–10 โดย 1 คือความถี่น้อยที่สุดของการเกิดความล้มเหลวหรือความผิดพลาด และ 10 คือความถี่มากที่สุดของการเกิดปัญหาความล้มเหลวหรือความผิดพลาด

D = Detecting คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงานไปให้ลูกค้าหรือกระบวนการถัดไป เกณฑ์การให้คะแนนคือ 1–10 โดย 1 คือความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่ดีที่สุด และ 10 คือความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่แย่ที่สุด

ค่า S, O และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1 ซึ่งมาจาก 1x1x1 หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมากและความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกัน ซึ่งสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์ ในขณะที่ค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1,000 ซึ่งมาจาก 10x10x10 หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมากและความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีมาก รวมถึงความสามารถในการตรวจจับปัญหามีต่ำ

ตารางที่ 4.6 แสดง FMEA กระบวนการเคลือบด้วยการใช้เครื่องจักรเคลือบ

Process Name : Conformal Coating Process

Product : XXE17XXXACC

FMEA Committee : Suna_K. (Eq.), Somboon_A.(PE), Smarn_P.(QE), Kittipong_S.(PD), Wana_K.(Sr.Tech), Surapong_B.(Tech), Arun_B.(Tech)

FMEA No.# : XXE17XXXACC

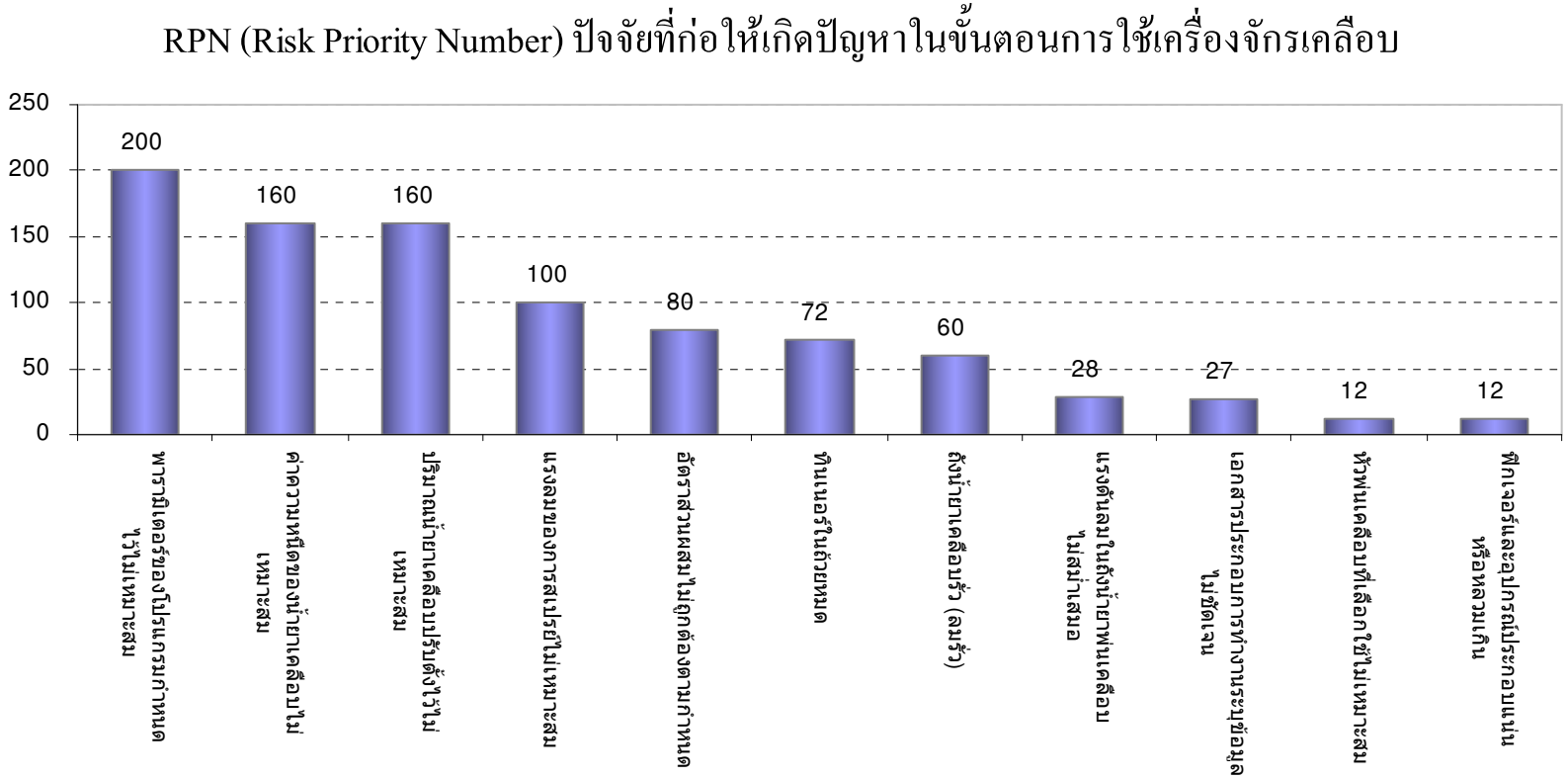
Process Function	Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Process Controls	Detect	RPN	Recommended Action(s)	Action Results			
											Sev	Occ	Det	RPN
กระบวนการเคลือบด้วยการใช้เครื่องจักรเคลือบอัตโนมัติ	เอกสารประกอบการทำงาน	เอกสารประกอบการทำงานระบุข้อมูลไม่ชัดเจน	เคลือบในพื้นที่ต้องห้าม, เคลือบหนาเกิน, มีฟองอากาศ, เคลือบบางเกิน	3	- เอกสารประกอบการทำงานไม่ได้ปรับปรุงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เคลือบใหม่ - เอกสารประกอบการทำงานไม่ได้ระบุค่าความหนืด (Viscosity) - เอกสารประกอบการทำงานไม่ได้ระบุวิธีการโหลดและทิศทางการโหลดบอร์ดเข้าเครื่อง	3	- ระบุลูกศรทิศทางการโหลดบอร์ดเข้าเครื่องลงในเอกสารประกอบการทำงานและระบุลงบน Fixture. - กำหนดให้มีการตรวจเช็คก่อนโหลดบอร์ดเข้าเครื่องเสมอ	3	27					
	พารามิเตอร์ของโปรแกรม	พารามิเตอร์ของโปรแกรมกำหนดไว้ไม่เหมาะสม	เคลือบในพื้นที่ต้องห้าม, เคลือบหนาเกิน, มีฟองอากาศ, เคลือบบางเกิน	8	- ความเร็วของการเคลือบไม่เหมาะสม - ระยะห่างของหัวพ่นเคลือบไม่เหมาะสม - รอบการพ่นเคลือบซ้ำไม่เหมาะสม - แรงดันลมสเปรย์ไม่เหมาะสม - ปริมาณน้ำยาเคลือบไม่เหมาะสม - ความหนืดไม่เหมาะสม	5	- ปรับจูนพารามิเตอร์ของโปรแกรมและทดลองพ่นเคลือบกับบอร์ดสำรอง - ล็อคพารามิเตอร์ไว้ไม่ให้มีการปรับตั้งเปลี่ยนแปลงด้วยการตั้งรหัสผ่านไว้	5	200	ควรมีการปรับจูนพารามิเตอร์ของโปรแกรมใหม่อีกครั้ง และกำหนดให้เป็นพารามิเตอร์สำหรับให้ช่างเทคนิคอ้างอิงในการปรับตั้งค่า				

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

Process Function	Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Process Controls	Detect	RPN	Recommended Action(s)	Action Results			
											Sev	Occ	Det	RPN
กระบวนการเคลือบด้วยการใช้เครื่องจักรเคลือบอัตโนมัติ	ปริมาณน้ำยาเคลือบ (ตรวจเช็คด้วยการชั่งน้ำหนัก)	ปริมาณน้ำยาเคลือบปรับตั้งไว้ไม่เหมาะสม	ทำให้เกิดฟองอากาศ, เคลือบหนาเกิน, เคลือบบางเกิน หรือปริมาณน้ำยาเคลือบมากเกิน, ปริมาณน้ำยาเคลือบน้อยเกิน	8	- หัวสเปรย์อุดตันขณะพ่นเคลือบ - การปรับวาล์วเปิด-ปิดน้ำยาเคลือบไม่สม่ำเสมอ - แรงดันในถังน้ำยาเคลือบไม่สม่ำเสมอ - ความหนืดไม่สม่ำเสมอ	5	- กำหนดให้พนักงานตรวจเช็คและเติมทินเนอร์ในถ้วยทินเนอร์เพื่อป้องกันหัวพ่นอุดตัน - กำหนดให้ช่างเทคนิคตรวจเช็คปริมาณน้ำยาเคลือบด้วยการชั่งน้ำหนัก ทุกครั้งที่เปลี่ยนรุ่น	4	160					
	ความหนืดของน้ำยาเคลือบ (Viscosity)	ค่าความหนืดของน้ำยาเคลือบไม่เหมาะสม	เคลือบในพื้นที่ต้องห้าม, เกิดเป็นเส้นใยแมงมุม (Cobweb defect), เกิดฟองอากาศ (Bubble defect), เคลือบหนาเกินหรือบางเกิน, ปริมาณน้ำยาเคลือบมากเกินหรือน้อยเกิน	8	- ลักษณะรูปร่างบอร์ดที่ใช้เคลือบ - อุณหภูมิและความชื้นภายในสถานที่ทำงาน - อัตราส่วนผสมไม่เหมาะสม	4	- กำหนดให้พนักงานตรวจเช็คค่าความหนืด (Viscosity) ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนรุ่นผลิต - กำหนดให้พนักงานตรวจเช็คถังน้ำยาเคลือบ ด้วยวิธีการบำรุงรักษาด้วยตัวเอง (Self Maintainance)	5	160	ปรับจูนหาค่าความหนืด (Viscosity) ใหม่ให้เหมาะสม				
	ชนิดของหัวพ่นเคลือบ (Nozzle type)	หัวพ่นเคลือบที่เลือกใช้ไม่เหมาะสม	ทำให้เกิดฟองอากาศ, เคลือบหนาเกิน, เคลือบบางเกิน หรือปริมาณน้ำยาเคลือบมากเกิน, ปริมาณน้ำยาเคลือบน้อยเกิน	3	ไม่มีการกำหนดหรือควบคุมการเลือกใช้ชนิดของหัวพ่นเคลือบ	2	กำหนดชนิดของหัวพ่นเคลือบไว้ในโปรแกรม	2	12					
	แรงดันลมในถังน้ำยาพ่นเคลือบ (Material tank)	แรงดันลมในถังน้ำยาพ่นเคลือบไม่สม่ำเสมอ	ทำให้เกิดฟองอากาศ, เคลือบหนาเกิน, เคลือบบางเกิน หรือปริมาณน้ำยาเคลือบมากเกิน, ปริมาณน้ำยาเคลือบน้อยเกิน	7	- แรงดันลมตกขณะใช้งาน - ไม่ได้ระบุแรงดันลมในเอกสารประกอบการทำงาน	2	กำหนดให้ตั้งค่าแรงดันลมไว้ที่ 10 psi.	2	28					

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

Process Function	Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Process Controls	Detect	RPN	Recommended Action(s)	Action Results			
											Sev	Occ	Det	RPN
กระบวนการเคลือบด้วยการใช้เครื่องจักรเคลือบอัตโนมัติ	ถังน้ำยาเคลือบ	ถังน้ำยาเคลือบรั่ว (ลมรั่ว)	น้ำยาเคลือบออกไม่สม่ำเสมอ ปริมาณน้ำยาเคลือบน้อยเกิน	5	- ถังน้ำยาเคลือบปิดไม่สนิท - สายแรงดันลมเข้าต่อไม่แน่น	4	กำหนดให้พนักงานตรวจเช็คถังน้ำยาเคลือบทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนรุ่นผลิต	3	60					
	แรงดันลมของการสเปรย์	แรงลมของการสเปรย์ไม่เหมาะสม	ทำให้เกิดฟองอากาศ, เคลือบหนาเกิน, เคลือบบางเกิน หรือปริมาณน้ำยาเคลือบมากเกิน, ปริมาณน้ำยาเคลือบน้อยเกิน	5	แรงดันลมสูงเกิน หรือต่ำเกิน	4	กำหนดให้ตั้งค่าแรงดันลมไว้ที่ 10 psi.	5	100	ปรับจูนหาค่าแรงดันลมให้เหมาะสม				
	ทินเนอร์ในถ้วยทำความสะอาดหัวสเปรย์อัตโนมัติ	ทินเนอร์ในถ้วยหมด	เคลือบหนาเกินหรือบางเกิน, ปริมาณน้ำยาเคลือบมากหรือน้อยเกิน	4	พนักงานไม่ได้เติมทินเนอร์ก่อนปฏิบัติงาน	3	กำหนดให้พนักงานตรวจเช็คและเติมทินเนอร์	6	72	แก้ไขเอกสาร Self Maintaintance โดยเพิ่มหัวข้อตรวจเช็คทินเนอร์ก่อนปฏิบัติงาน				
	ฟิกเจอร์และอุปกรณ์ประกอบ (Fixture and tooling)	ฟิกเจอร์และอุปกรณ์ประกอบแน่นหรือหลวมเกิน	เคลือบในพื้นที่ต้องห้าม, เคลือบไม่ครอบคุมพื้นที่ ที่ต้องการ	3	- ขณะออกแบบ มีรายละเอียดและข้อมูลของบอร์ดน้อย - อ้างอิงข้อมูลจากไฟล์ Gerber เพียงอย่างเดียว	2	ออกแบบตามบอร์ดตัวอย่างของลูกค้า	2	12					
	อัตราส่วนผสมของน้ำยาเคลือบ	อัตราส่วนผสมไม่ถูกต้องตามกำหนด	เคลือบในพื้นที่ต้องห้าม, เกิดเป็นเส้นใยแมงมุม (Cobweb defect), เกิดฟองอากาศ (Bubble defect), เคลือบหนาเกินหรือบางเกิน, ปริมาณน้ำยาเคลือบมากเกินหรือน้อยเกิน	5	พนักงานไม่เข้าใจชัดเจนหรือจำอัตราส่วนผสมผิด	4	ทำการทดลองหาค่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมและกำหนดค่าอัตราส่วนผสมลงในเอกสารประกอบการปฏิบัติงาน	4	80					



รูปที่ 4.8 แสดงแผนภูมิพาเรโตเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ จากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ในขั้นตอนการใช้เครื่องจักรเคลือบ

4.2.4 สรุปการวิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา จากการพิจารณากระบวนการขั้นตอนการใช้เครื่องจักรเคลือบ มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีแนวโน้มกับผลกระทบต่อการเกิดของเสียที่พบในกระบวนการตรวจสอบขั้นตอนสุดท้าย โดยเริ่มต้นการวิเคราะห์ด้วยการใช้ตารางสาเหตุและผลกระทบ (Cause and Effect Matrix) พบว่าขั้นตอนการใช้เครื่องจักรเคลือบเป็นขั้นตอนที่มีนัยสำคัญที่มีแนวโน้มก่อให้เกิดปัญหาของเสียที่ถูกตรวจพบในขั้นตอนตรวจสอบขั้นสุดท้ายมากที่สุด จากนั้นนำขั้นตอนดังกล่าวนี้มาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis - FMEA) โดยการนำค่า RPN (Risk Priority Number) มาจัดลำดับความสำคัญจากเหตุที่มีความร้ายแรงมากกว่าหรือมีความเป็นไปได้สูงกว่าด้วยแผนภูมิแท่ง ซึ่งทีมงานได้พิจารณาจากค่า RPN ที่มากกว่า 100 ขึ้นไป พบว่าปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาของเสียที่พบในกระบวนการตรวจสอบขั้นตอนสุดท้าย คือ

1. พารามิเตอร์ของโปรแกรมกำหนดไว้ไม่เหมาะสมประกอบด้วยตัวแปรที่สำคัญคือ
   1) ความเร็วของการเคลือบ (Coating Speed)
   2) ระยะระหว่างหัวพ่นกับบอร์ด (Z-Position)
   3) แรงดันลมปรับสเปรย์ (Atomize Air Pressure)
   4) จำนวนรอบที่พ่นเคลือบ (Coating Layer)
   5) ปริมาณน้ำยาเคลือบ (Material Volume)
   6) ความหนืดของน้ำยาเคลือบ (Material Viscosity)
2. ปริมาณน้ำยาเคลือบ (Volume) ไม่สม่ำเสมอประกอบด้วยตัวแปรที่สำคัญคือ
   1) หัวสเปรย์อุดตัน
   2) แรงดันลมในถังน้ำยาเคลือบไม่สม่ำเสมอ
   3) วาล์วปรับปริมาณน้ำยาเคลือบปรับไม่สม่ำเสมอ
   4) ความหนืดไม่สม่ำเสมอ
3. ความหนืด (Viscosity) ของน้ำยาเคลือบไม่เหมาะสมประกอบด้วยตัวแปรที่สำคัญคือ
   1) อัตราส่วนผสมของน้ำยาเคลือบอะคริลิกกับทินเนอร์
   2) อุณหภูมิและความชื้นภายในสถานที่ทำงาน
   3) รูปร่างลักษณะบอร์ดที่ใช้เคลือบ

ดังนั้นทีมงานจะได้นำปัจจัยทั้งหมดเหล่านี้ไปวิเคราะห์ระดับความมีนัยสำคัญ ความมีอิทธิพลร่วมซึ่งกันและกัน เพื่อหาวิธีการปรับปรุงในขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) โดยวิธีการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดและปรับปรุงแก้ไขต่อไป