บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วิเคราะห์ปัญหาเบื้องต้นของการโค้งงอของแผงวงจรแบบอ่อน

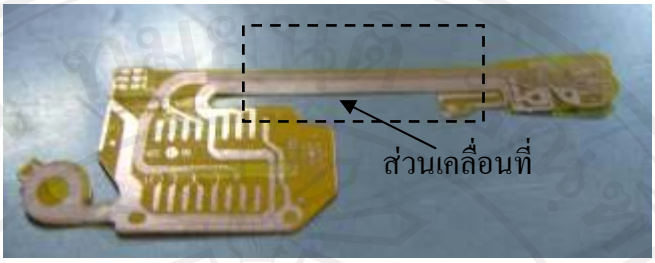
แผงวงจรแบบอ่อน(Flex Circuit Board) คือส่วนประกอบมีหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณและกระไฟฟ้าไปยังชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิคส์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ เป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งของแผงวงจรแบบแข็ง (Printed Circuit Board) โดยนำไปใช้กับอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์เกือบทุกประเภท ที่ต้องการส่วนแผงวงจรแบบเคลื่อนที่ได้ เช่น หัวฉีดหมึกของเครื่องพิมพ์แบบหมึกพ่น (Ink Jet Printer) และในส่วนของผลิตภัณฑ์ศึกษาวิจัยได้เลือกผลิตภัณฑ์แผลวงจรแบบอ่อนที่เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์คอมพิวเตอร์หัวอ่านฮาร์ดดิสก์เป็นผลิตภัณฑ์วิจัย แผงวงจรแบบอ่อนทำหน้าที่ขับแขนหัวอ่านให้เคลื่อนที่ดังรูป 3.1 ไปยังจุดที่ต้องการบนผิวหน้าของจานเก็บข้อมูล (Disc Surface Scan)

รูปที่ 3.1 แสดงหน้าที่ของแผงวงจรแบบอ่อนในผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์
(บริษัทวิจัย, 2007)

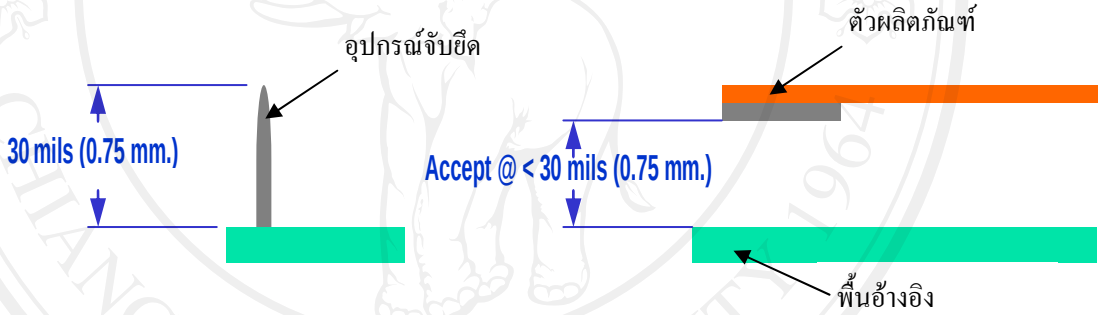
ผลิตภัณฑ์ WDC แสดงในรูปที่ 3.2 เป็นผลิตภัณฑ์ที่บริษัทได้รับการสั่งซื้อจากบริษัท Western Digital ซึ่งเจอปัญญาการโค้งงอของผลิตภัณฑ์เมื่อวางบนอุปกรณ์ช่วยจับยึดในการประกอบกับชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิคส์อื่นๆ ทำให้ไม่สามารถทำการประกอบได้ โดยปัญหาที่พบคือเมื่อวางงานบนอุปกรณ์จับยึดซึ่งใช้สลักความสุง 0.75 มม. เป็นตัวจับยึด งานได้หลุดออกจากสลักยึด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทางบริษัทจึงได้นำความสูงของสลักยึดงานมาเป็นข้อกำหนดการยอมรับการโค้งงอของผลิตภัณฑ์ WDC ส่วนเคลื่อนที่ (Dynamic Area) สามารถโค้งงอได้ไม่เกิน 0.75 มม. ดังแสดงในรูป 3.3



รูปที่ 3.2 แสดงผลิตภัณฑ์ WDC ที่เกิดปัญหาการโค้งงอ (บริษัทวิจัย, 2007)



รูปที่ 3.3 แสดงความโค้งงอของส่วนเคลื่อนที่ยอมรับได้ (บริษัทวิจัย, 2007)

ในการวิเคราะห์ได้นำตัวอย่างงานของบริษัท มาเปรียบเทียบกับงานของบริษัทอื่นดังแสดงในรูปที่ 3.4 พบว่าผลิตภัณฑ์ของบริษัทมีความโค้งงอของส่วนเคลื่อนที่มากกว่าบริษัทอื่น ทางบริษัทได้ทำการกำหนดค่าความโค้งงอของส่วนเคลื่อนที่โดยกำหนดจากความสูงของสลักยึดงาน

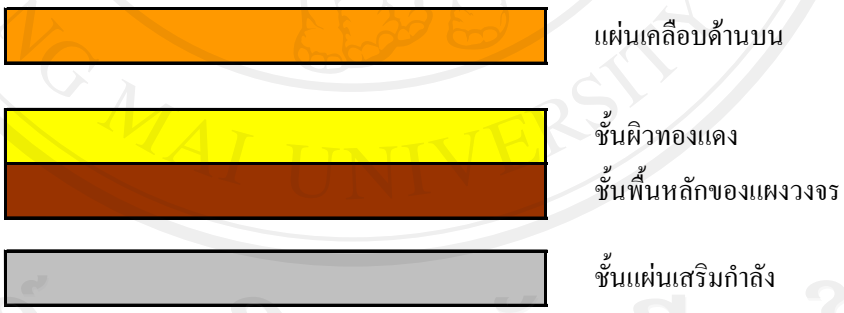
รูปที่ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบความโค้งงอกับบริษัทอื่น (บริษัทวิจัย, 2007)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

งานวิจัยนี้เลือกวิธีการวิเคราะห์และควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อความโค้งงอของแผงวงจรแบบอ่อน โดยอาศัยวิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) ร่วมกับวิธีการกรองปัจจัยโดยใช้ขั้นตอนของซิกส์ซิกม่า (Six Sigma) จากนั้นจึงทำการออกแบบและทำการทดลองร่วมกับแนวคิดทางซิกส์ ซิกม่า ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น การวิเคราะห์หากระบวนการที่มีความเป็นไปได้ทั้งหมด โดยวิเคราะห์หากระบวนการผลิตหลัก กระบวนการที่มีความเป็นไปได้ทั้งหมด การวิเคราะห์หาขั้นตอนการผลิตย่อย ที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของการดึงลอกอย่างมีนัยสำคัญจากกระบวนการผลิตหลัก การวิเคราะห์หาตัวแปรหลักในกระบวนการผลิต จากขั้นตอนการผลิตย่อยที่มีผลต่อค่าความดโค้งงอ การวิเคราะห์หาตัวแปรหลักที่มีผลต่อค่าความโค้งงอของส่วนเคลื่อนที่ และการจัดทำแผนควบคุมตัวแปรหลักในกระบวนการผลิต

3.2 วิเคราะห์ปัจจัยเบื้องต้นที่มีผลต่อความโค้งงอจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อน WDC

ในการวิจัยหากระบวนการผลิตที่มีผลต่อความโค้งงอวิเคราะห์จากโครงสร้างการผลิตของผลิตภัณฑ์ WDC ซึ่งจะประกอบไปด้วยโครงสร้าง 4 ชั้นดังแสดงในรูป 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงชั้นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ WDC (บริษัทวิจัย, 2007)

ในการวิเคราะห์กระบวนการขั้นตอนการผลิตหลักจะใช้วิธีการระดมความคิดจาก พนักงานที่ทำงานในกระบวนการนั้น วิศวกร และผู้เชี่ยวชาญ มาทำการระดมความคิดหาปัจจัยที่มีโอกาศทำให้เกิดการโค้งงอของผลิตภัณฑ์

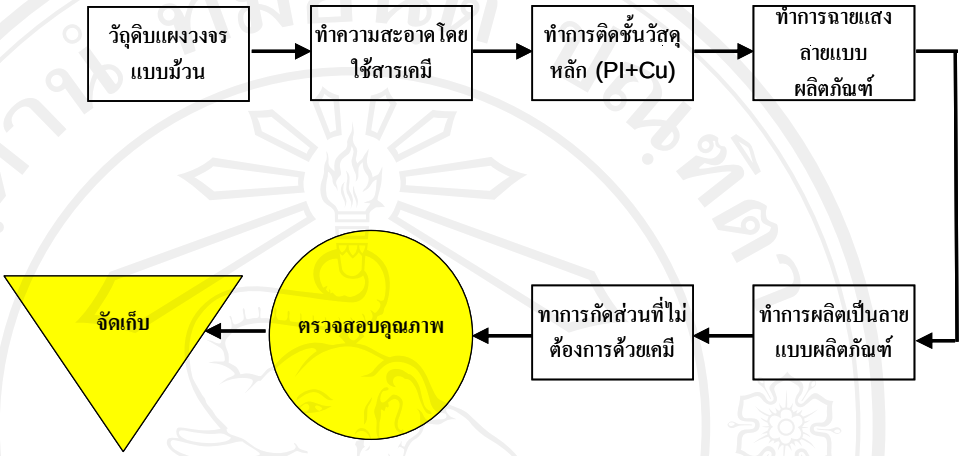
3.2.1 กระบวนการผลิตแผงวงจรแบบอ่อน

โดยภาพรวมแล้วจะประกอบไปด้วยกระบวนการผลิตอยู่หลายกระบวนการ สามารถแบ่งออกเป็น 3 สายการผลิตใหญ่ๆ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.1.1 กระบวนการผลิตชั้นวัสดุหลัก

กระบวนการผลิตชั้นวัสดุหลักจะทำการผลิตที่โรงงาน ITL3 ซึ่งแสดงในแผนภูมิการผลิตที่ 3.1



แผนภูมิ 3.1 แสดงสายการผลิตชั้นวัสดุหลักผลิตภัณฑ์ WDC (บริษัทวิจัย, 2007)

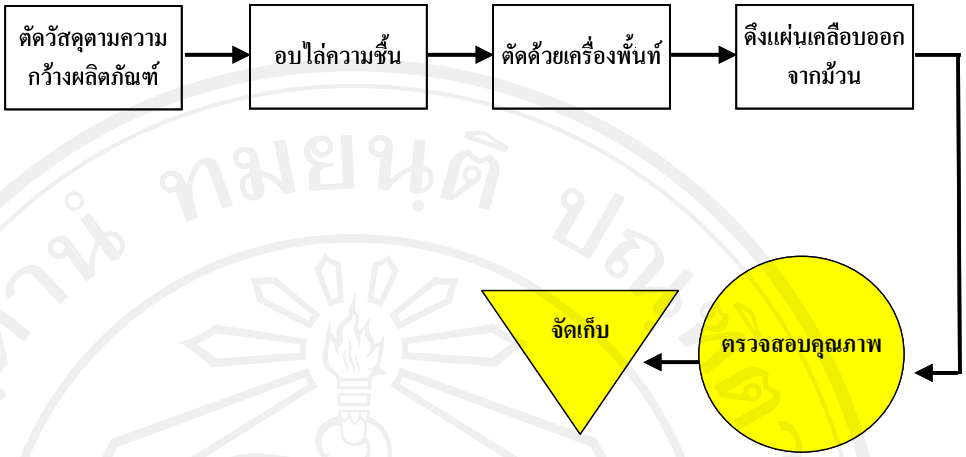
กระบวนการผลิตวัสดุหลักจะประกอบไปด้วยกระบวนการผลิตต่างๆที่เกี่ยวข้องและมีความสำคัญดังนี้

1. การตัดแผ่นงานจากม้วน (Slitting)
2. การทำความสะอาดโดยใช้สารเคมี (Chemical Clean)
3. การติดชั้นวัสดุหลักกับแผ่นทองแดง (Base Material Lamination)
4. การสร้างต้นแบบลายวงจรผลิตภัณฑ์โดยการฉายแสง (Expose)
5. การขึ้นลายวงจรด้วยสารเคมี (Develop)
6. การกัดส่วนที่ไม่ต้องการทิ้ง (Strip Etch)

3.1.1.2 กระบวนการผลิตแผ่นเคลือบด้านบน (Cover Film)

จุดประสงค์หลักของกระบวนการผลิตนี้ก็เพื่อที่จะทำการผลิตแผ่นเคลือบด้านบนของผลิตภัณฑ์ซึ่งทำหน้าที่กำหนดจุดเชื่อมต่อบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ การผลิตแผ่นเคลือบด้านบนจะมีสายการผลิตที่โรงงาน ITL2 ดังแสดงในแผ่นภูมิที่ 3.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภูมิ 3.2 แสดงกระบวนการผลิตแผ่นเคลือบด้านบนผลิตภัณฑ์ WDC (บริษัทวิจัย, 2007)

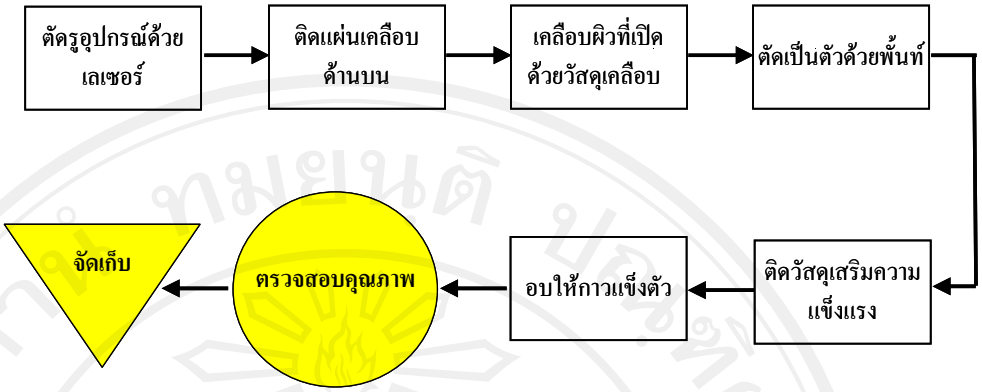
กระบวนการผลิตแผ่นเคลือบด้านบนประกอบไปด้วยกระบวนการผลิตต่างๆที่เกี่ยวข้องและมีความสำคัญดังนี้

1. การตัดแผ่นแผ่นเคลือบตามความกว้างผลิตภัณฑ์ (Slitting)
2. ทำการอบไล่ความชื้น (Pre-Bake)
3. ทำการตัดด้วยเครื่องพั้นท์ (Stamping)
4. ดึงแผ่นเคลือบออกจากม้วน (De-Slug)

3.1.1.3 ขบวนประกอบชั้นต่างๆของแผงวงจรแบบอ่อน

กระบวนการผลิตนี้เป็นกระบวนการผลิตหลักที่ได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จพร้อมที่จะส่งไปให้ลูกค้า โดยการนำวัสดุพื้นหลักจากโรงงาน ITL3 และวัสดุแผ่นเคลือบจากโรงงาน ITL2 มาทำการประกอบเข้าด้วยกัน มีสายการผลิตที่โรงงาน ITL1 ดังแสดงในแผ่นภูมิที่ 3.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภูมิ 3.3 แสดงกระบวนการผลิตแผ่นเคลือบด้านบนผลิตภัณฑ์ WDC (บริษัทวิจัย, 2007)

กระบวนการผลิตประกอบไปด้วยกระบวนการผลิตต่างๆที่เกี่ยวข้องและมีความสำคัญดังนี้

1. การตัดรูสำหรับวางบนอุปกรณ์จับยึดด้วยเลเซอร์
2. การติดแผ่นเคลือบด้านบน
3. การเคลือบผิวที่เปิดเพื่อการป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นบนผิวทองแดง
4. การตัดชิ้นงาน (Stamping)
5. การติดแผ่นเสริมกำลังอย่างเร็ว (Fast Lamination)
6. การอบให้กาวติดวัสดุเสริมแรงแข็งตัว และไล่ก๊าซจากตัวกาว
7. การตรวจสอบงานขั้นสุดท้าย

3.2.2 การวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อความโค้งงอของแผงวงจรแบบอ่อน

เนื่องจากกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่น WDC ที่มีผลต่อการโค้งงอของแผงวงจรแบบอ่อนมี 17 กระบวนการผลิตหลักทำให้มีสามารถทำการทดลองในทุกกระบวนการได้ ฉะนั้นการกรองปัจจัยที่มีผลต่อการโค้งงอของแผงวงจรแบบอ่อน จะใช้วิธีการระดมความคิดของซิกซิกม่าส์เข้ามาช่วย โดยผู้เชี่ยวชาญในกระบวนการลิต พนักงานการผลิต วิศกรโรงงาน และวิศกรควบคุมคุณภาพ เพื่อหาปัจจัยป้อนเข้าต่างๆ (KPIV) จากนั้นเลือกปัจจัยที่และ ตารางปัญหาและผลกระทบต่อความสำคัญของลูกค้า (Cause and Effect matrix) โดยนำปัจจัยป้อนเข้าเหล่านั้นเหล่านั้นกรอกลงในเมตริกซ์ ปัญหาและผลกระทบ เพื่อให้คะแนนของแต่ละปัจจัย เรียงคะแนนจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากไปน้อย จากขั้นตอนนี้สามารถบอกได้ว่าอะไรคือปัจจัยที่ทำให้เกิดการโค้งงอในกระบวนการผลิต ดังแสดงในตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงแผนผังเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลต่อความโค้งงอของแผงวงจรแบบอ่อน

การให้ความสำคัญของลูกค้า		9	5	3		คะแนนรวม
ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการโค้งงอผลิตภัณฑ์แบบอ่อน		การโค้งงอ	คุณภาพด้านอื่น	ความเร็วในการผลิต		
1	ทิศทางการตัดของแผ่นเคลือบด้านบน	9	5	5		141
2	แรงดึงในการผลิตแบบม้วน	9	5	5		141
3	การใช้แผ่นช่วยรับแรงกระทำ	9	5	3		123
4	แผ่นรับแรงในกระบวนการเคลือบอย่างเร็ว	9	5	3		123
5	วิธีการวางแผ่นเคลือบด้านบน	7	3	5		117
6	วิธีการจับงานหลังการตัดเป็นงานสำเร็จ	7	3	5		117
7	วิธีการจับงานในการตรวจสอบครั้งที่1	7	3	5		117
8	บรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสม	7	3	5		117
9	การหยิบงานขึ้นจากบรรจุภัณฑ์	7	3	5		117
10	วิธีการจับงานในการตรวจสอบครั้งที่2	3	3	3		63
11	วิธีการจับงานในการตรวจสอบครั้งที่3	3	1	3		57
12	แรงในการตัดด้วย Punch	3	1	1		39
13	กระบวนการผลิตเป็นม้วน Roll to Roll	1	3	2		36
14	ทิศทางการตัดของแผ่นเคลือบด้านบน	2	1	1		30
15	ความแตกต่างกันของวัสดุในแต่ละผลิตภัณฑ์	1	3	1		27
16	แรงดันในการเคลือบติดแน่นของผลิตภัณฑ์	1	3	1		27
17	ความร้อนในการเคลือบติดแน่นของผลิตภัณฑ์	1	3	1		27
18	เวลาในการหยุดรองานระหว่างขบวนการ	1	2	1		24
19	ความชื้นในการผลิต	1	2	1		24

จากตารางแสดงสาเหตุและผลกระทบ มีเกณฑ์การเลือกปัจจัยโดยจุดประสงค์ต้องการลดปัญหาการโค้งงอให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 50 จึงได้เลือก 9 ปัจจัยคะแนนมากกว่า 100 คะแนน จากทั้งหมด 19 ไปทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป โดยปัจจัยที่ได้จากตารางแสดงเหตุและผลกระทบมีดังนี้

1. ทิศทางการตัดแผ่นเคลือบด้านบน
2. แรงดึงในการผลิตพื้นวัสดุหลักที่โรงงาน ITL3
3. การใช้แผ่นรับแรงดึงในการผลิตแบบม้วนในการผลิตพื้นวัสดุหลัก
4. การใช้แผ่นกระจายแรงกดในกระบวนการในกระบวนการเคลือบอย่างเร็ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. วิธีวางแผ่นเคลือบด้านบนในการเคลือบติด

6. วิธีจับงานออกจากเครื่องตัดในกระบวนการตัด

7. วิธีจับงานในการตรวจสอบคุณภาพขั้นตอนสุดท้ายก่อนส่งให้ลูกค้า

8. วิธีจับงานในการตรวจสอบคุณภาพ

9. การหยิบจับงานขึ้นจากถาดใส่ผลิตภัณฑ์ ขึ้นอยู่กับการออกแบบวัสดุใส่งาน (Tray Packaging) ในกระบวนการผลิตและวัสดุบรรจุผลิตภัณฑ์ส่งไปให้ลูกค้า

ทำการวิเคราะห์เบ้องต้นด้วยการระดมความครั้งที่ 2 ด้วยตารางวิเคราะห์ผลกระทบของปัญหาและสาเหตุการเกิด (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงแผนผังสาเหตุและผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อความโค้งงอของแผงวงจรแบบอ่อน

กระบวนการผลิต	ปัจจัยจากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1	Potential Failure Mode	ปัญหาที่พล	ความรุนแรง	Potential Causes	ความถี่ในการเกิด	Current Controls	การตรวจสอบ	ระดับความ
การตัดแผ่นเคลือบด้านบน	ทิศทางการตัดแผ่นเคลือบด้านบน	แผ่นเคลือบทำให้งานโค้งงอ	การโค้งงอ	9	แผ่นเคลือบเกิดการโค้งไปในทิศทางเดียวกับงาน	9	ตัดแผ่นเคลือบตามขวางของตัวงาน	8	648
การผลิตแบบม้วน	แรงดึงในการผลิตแบบม้วน	แรงดึงทำให้งานเกิดการโค้งงอ	การโค้งงอ	8	ใช้แรงดึงในการผลิตมากไป	8	ใช้แรงดึงในการผลิต 12 ปอนด์/ตร.นิ้ว	8	512
การผลิตแบบม้วน	แผ่นรับแรงดึงในการผลิตแบบม้วน	ไม่ใช้แผ่นรับแรงดึงในการผลิต ผลิตภัณฑ์ WDC	การโค้งงอ	9	ไม่มีแผ่นช่วยรับแรงดึงในการผลิตแบบม้วน	9	ไม่มีการควบคุม	5	405
ขบวนการเคลือบอย่างเร็วของวสดุเสริมแรง	แผ่นกระจายแรงกดในการเคลือบอย่างเร็ว	ไม่มีแผ่นรัสดุช่วยรับแรงกด	การโค้งงอ	9	ไม่ได้ใช้แผ่นกระจายแรงด้านบนในการเคลือบอย่างเร็ว	7	ไม่มีการใช้แผ่นช่วยกระจายแรงในด้านบน	5	315
การเคลือบติดแน่นของแผ่นเคลือบด้ายบน	ทิศทางการวางแผ่นเคลือบด้านบน	การเคลือบแน่นไม่สมบูรณ์	การโค้งงอ	9	วางแผ่นเคลือบไม่ถูกต้อง	4	เอกสารควบคุมการวางแผ่นเคลือบด้านบน	7	252
การบรรจุ	การออกแบบบรรจุภัณฑ์	ทำให้งานเกิดการโค้งงอ	การโค้งงอ	5	ออกแบบไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	7	บรรจุภัณฑ์มาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อน	3	105
การบรรจุ	การหยิบงานออกจากบรรจุภัณฑ์การ	ทำให้งานเกิดการโค้งงอ	การโค้งงอ	5	การออกแบบไม่เหมาะสมกับการหยิบถือ	7	มาตรฐานการทำงานในการบรรจุผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อน	3	105
การตรวจสอบชิ้นงาน	วิธีการจับงานในการตรวจสอบ	ทำให้งานยับ ย่น หรือม้วนงอ	การโค้งงอ	7	การจับถือไม่ถูกต้อง	3	เอกสารควบคุมการจับงานในการตรวจสอบ	5	105
การตัดเป็นงานสำเร็จ	วิธีการหยิบงานออกจากเครื่องตัด	การจับโดยไม่ระวัง	การโค้งงอ	7	ไม่มีร่องสำหรับการหยิบวาน	3	เอกสารควบคุมการทำงาน	3	63

การวิเคราะห์ด้วยตารางวิเคราะห์ผลกระทบของปัญหาและสาเหตุการเกิดใช้หลักการให้คะแนน 3 ประการได้แก่

1. ความรุนแรงของปัจจัยต่อปัญหาที่เกิด (Severity) โดยถ้าปัจจัยมีผลโดยตรงต่อระยะความโค้งคะแนนก็จะสูง ถ้ามีผลต่อระยะความโค้งน้อยคะแนนที่ให้จะต่ำ

2. ความถี่ในการเกิด (Occurrence) ถ้าปัจจัยที่นั้นทำให้เกิดปัญหาบ่อยคะแนนจะสูง ถ้าเกิดไม่บ่อยคะแนนจะต่ำ

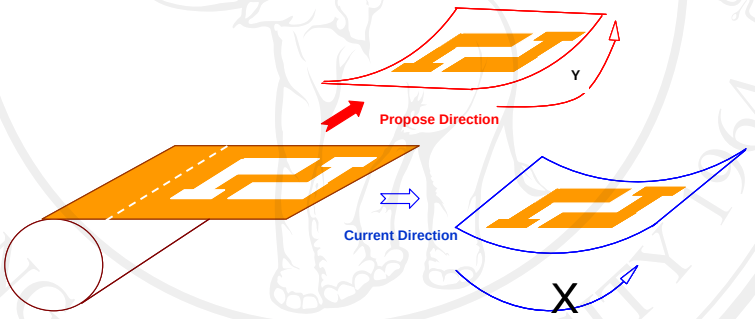
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การตรวจสอบ (Detection) ถ้าปัญหาที่เกิดสามารถตรวจพบได้ในกระบวนการนั้น หรือปัญหาสามารถตรวจสอบ หรือตรวจพบได้ง่ายคะแนนจะต่ำ ยากต่อการตรวจสอบคะแนนจะสูง

เมื่อให้คะแนนครบทุกปัจจัยนำคะแนนแต่ละปัจจัยคูณกัน โดยจะนำคะแนนรวมมากที่สุดไปทำการออกแบบการทอลอง ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำปัจจัยทั้งหมด 7 ปัจจัยที่ได้จากตารางวิเคราะห์ผลกระทบของปัญหาและสาเหตุการเกิดไปทำการศึกษาในแต่ละกระบวนการ

ทำการศึกษากระบวนการทั้ง 7 กระบวนการอย่างละเอียดเพื่อหาระดับของปัจจัยเพื่อนำไปใช้ออกแบบการทดลองโดยทำการศึกษาแต่ละกระบวนการของปัจจัยดังนี้

3.2.2.1 ปัจจัยทิศทางการตัดแผ่นเคลือบด้านบน จากการทดลองพบว่าการตัดแผ่นเคลือบด้านบนมีผลต่อความโค้งของงานภายหลังกระบวนการเคลือบติดแน่น ดังแสดงรูปจำลองการเปลี่ยนทิศทางการตัดในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการเปลี่ยนทิศทางการตัดแผ่นเคลือบด้านบน
ผลิตภัณฑ์ WDC (บริษัทวิจัย, 2007)

ดังนั้นจะได้ระดับของปัจจัยควบคุมของทิศทางการตัดแผ่นเคลือบด้านบนดังแสดงในตารางที่3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงระดับของปัจจัยควบคุมทิศทางการตัดแผ่นเคลือบด้านบน

ปัจจัยควบคุม	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
ทิศทางการตัดแผ่นเคลือบด้านบน	ตัดตามแนวยาวของม้วน (X)	ตัดตามแนวกว้างของม้วน (Y)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

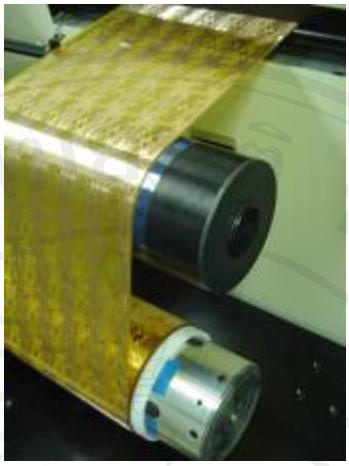
ปัจจัยที่ได้รับการโหวตจากตารางแสดงผลกระทบและสาเหตุของปัญหาก่อนการทำการทดลองด้วยระดับตามตารางที่ 3.3 ต้องกลับไปพิจารณาปัจจัยย่อยของกระบวนการตัดแผ่นเคลือบด้านบนอีกครั้ง เพื่อควบคุมให้ปัจจัยอื่นๆอยู่ในสภาวะปกติในกระบวนการ ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงกระบวนการย่อยของกระบวนการตัดแผ่นเคลือบด้านบน

กระบวนการตัดแผ่นเคลือบด้านบน		
สิ่งที่รับเข้ากระบวนการ	การตรวจสอบและปรับตั้งในกระบวนการ	สิ่งที่ออกจากกระบวนการ
ต้องมั่นใจว่าคุณภาพของงานเป็นปกติ หมายเลขประจำชิ้นงาน การบันทึกประวัติการตัด	ความเร็วการป้อน หมายเลขชิ้นงาน รุ่นผลิตภัณฑ์ ตรวจสอบรุ่นชิ้นงาน งานนำเข้า อุปกรณ์ตัดหมายเลขถูกต้อง การตรวจสอบวัสดุแปลกปลอมที่ติดมากับชิ้นงาน ตรวจสอบรอยพับย่น รอยกดจากเศษตัดก่อน	งานต้องตัดขาดสมบูรณ์ หมายเลขชิ้นงานถูกต้อง งานต้องผ่านการทำความสะอาด ต้องไม่มีรอยกดจากการตัด

3.2.2.2 ปัจจัยแรงดึงในการผลิตพื้นวัสดุหลักในโรงงาน ITL3 จากการระดมความคิดพบว่าในการผลิตพื้นวัสดุหลักที่โรงงาน ITL3 ทุกกระบวนการจะเป็นระบบอัตโนมัติ โดยจะทำการผลิตเป็นม้วนก่อนส่งมาตัดที่โรงงาน ITL1 โดยการผลิตจะมีมอเตอร์ดึงม้วนหัวท้ายแรงดึงในการผลิตดังแสดงในรูปที่ 3.7 มีโอกาสที่จะมีผลต่อความโค้งของผลิตภัณฑ์ โดยแรงดึงในการผลิตแบบอัตโนมัติสามารถปรับตั้งได้เพียง 2 ระดับเท่านั้น โดยการผลิตปกติของผลิตภัณฑ์ WDC ถูกปรับตั้งไว้ในระดับสูง สามารถแสดงระดับของปัจจัยควบคุมดังแสดงในตาราง 3.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.7 แสดงการดึงในการผลิตพื้วัสดุหลักแบบม้วนผลิตภัณฑ์ WDC (บริษัทวิจัย, 2007)

ตารางที่ 3.5 แสดงระดับของปัจจัยควบคุมแรงดึงในการผลิตแบบม้วน

ปัจจัยควบคุม	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
แรงดึงในการผลิตแบบม้วน	8 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ปัจจัยที่ได้รับการโหวตจากตารางแสดงผลกระทบและสาเหตุของปัญหาก่อนการทำการทดลองด้วยระดับตามตารางที่ 3.5 ต้องกลับไปพิจารณาปัจจัยย่อยของกระบวนการผลิตแบบม้วนโรงงาน ILT3 อีกครั้งนึงเพื่อควบคุมให้ปัจจัยอื่นๆอยู่ในสภาวะปกติของกระบวนการ การผลิตแบบม้วนปัจจัยต่างๆจะเหมือนกันตลอดทั้งกระบวนการจนสิ้นสุดส่งงานมาให้โรงงาน ITL1 ดังแสดงในตารางที่ 3.6

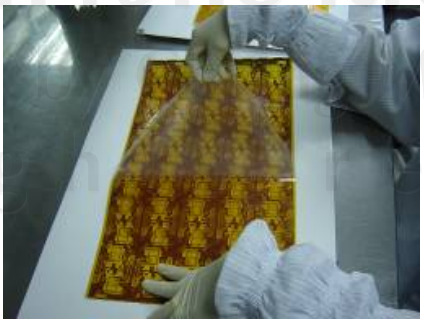
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.6 แสดงกระบวนการย่อยของกระบวนการผลิตแบบม้วนโรงงาน ITL3

กระบวนการผลิตแบบม้วน	
ลักษณะโดยทั่วไปของกระบวนการผลิต	
หน่วยคลายม้วน/ ม้วนกลับ ความเร็วของแผ่นงาน ความตึงของแผ่นงานในหน่วยม้วนกลับ ความตึงของแผ่นงานในหน่วยคลายม้วน ตัวนำขอบแผ่นงานคลายม้วน/ม้วนกลับ การวางแนวของเครื่อง วิธีการจับหรือถือม้วนงาน สภาพของลูกกลิ้ง การวางแนวของลูกกลิ้ง ประเภทเทปเชื่อมแผ่นงาน ความยาวเทปเชื่อมแผ่นงาน คุณภาพในการเชื่อมแผ่นงาน การวางม้วนงาน การจับหรือถือแกนม้วน ความดันอากาศในคลายม้วน/ม้วนกลับ ความคมของใบมีด	Hard water rinse: อุณหภูมิของ Hard water ความดันของ Hard water อัตราการไหลของ Hard water การกรองน้ำ Rinse การดูแลรักษาหัวฉีดน้ำ Rinse การดูแลรักษาปั๊มน้ำ Rinse การทำความสะอาด/ ล้างบ่อน้ำล้าง การดูแลรักษาลูกกลิ้งในบ่อน้ำ Rinse DI water rinse: อุณหภูมิน้ำ DI ความดันของน้ำ DI อัตราการไหลของน้ำ DI การกรองน้ำ Rinse การดูแลรักษาหัวฉีดน้ำ Rinse

3.2.2.3 ปัจจัยการใช้แผ่นรองรับแรงดึงในการผลิตแบบม้วนที่โรงงาน ITL3

จากการระดมสมองพบว่าในการผลิตแผงวงจรแบบอ่อนในบางผลิตภัณฑ์จะมีการใช้แผ่นรับแรงติดไว้ด้านหลังผลิตภัณฑ์ดังแสดงในรูปที่ 3.8 แล้วจะดึงออกเมื่องานถูกส่งมาที่โรงงาน ITL1 สามารถแสดงระดับของปัจจัยควบคุมดังแสดงในตาราง 3.7



รูปที่ 3.8 แสดงการใช้แผ่นรับแรงดึงในการผลิตพื้นวัสดุแบบม้วนของผลิตภัณฑ์ WDC (บริษัทวิจัย, 2007)

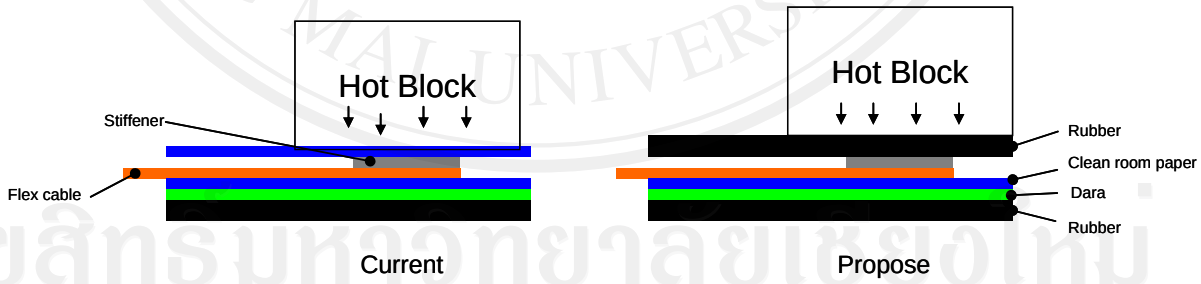
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.7 แสดงระดับของปัจจัยแผ่นรองรับแรงดึงในการผลิตแบบม้วน

ปัจจัยควบคุม	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
การใช้แผ่นรับแรงดึงในการผลิตแบบม้วน	ไม่ใช้แผ่นช่วยรับแรงดึง	ใช้แผ่นช่วยรับแรงดึง

ปัจจัยที่ได้รับการโหวตจากตารางแสดงผลกระทบและสาเหตุของปัญหาก่อนการทำการทดลองด้วยระดับตามตารางที่ 3.7 ต้องกลับไปพิจารณาปัจจัยย่อยของกระบวนการผลิตแบบม้วนโรงงาน ILT3 อีกครั้งนึงเพื่อควบคุมให้ปัจจัยอื่นๆอยู่ในสภาวะปกติของกระบวนการ การผลิตแบบม้วนปัจจัยต่างๆจะเหมือนกันตลอดทั้งกระบวนการจนสิ้นสุดส่งงานมาให้โรงงาน ITL1 ดังแสดงในตารางที่ 3.6 เช่นกัน

3.2.2.4 ปัจจัยการใช้แผ่นยางรับแรงกดสองด้านในการติดวัสดุเสริมแรงกระบวนการเคลือบอย่างเร็ว จากการระดมสมองพบว่าในการผลิตแผงวงจรแบบอ่อนในบางผลิตภัณฑ์จะมีการใช้แผ่นยางรับแรงกดสองด้านประกบทั้งด้านหน้าและหลังของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปจำลองที่ 3-9 โดยแผ่นยางรับแรงจะมีลักษณะเป็นยางสีดำที่ผลิตมาเฉพาะกระบวนการเคลือบอย่างเร็วโดยจะมีคุณสมบัติสามารถรับความร้อนสูงได้เป็นเวลานาน และจะต้องไม่มีสารเคมีที่เป็นอันตรายระเหยออกมาจากตัวยางเมื่อได้รับแรงกดและความร้อนสูง สามารถแสดงระดับของปัจจัยควบคุมดังแสดงในตาราง 3.8



รูปที่ 3.9 แสดงภาพจำลองการใช้แผ่นยางรับแรงกดสองด้านของผลิตภัณฑ์ WDC (บริษัทวิจัย, 2007)

ตารางที่ 3.8 แสดงระดับของปัจจัยแผ่นรองรับแรงกดในกระบวนการเคลือบอย่างเร็ว

ปัจจัยควบคุม	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
จำนวนชั้นแผ่นยางกระจายแรงกด	ใช้แผ่นยางกระจายแรงด้านล่าง	ใช้แผ่นยางกระจายแรงด้านล่างและบน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่ได้รับการโหวตจากตารางแสดงผลกระทบและสาเหตุของปัญหาก่อนการทำการทดลองด้วยระดับตามตารางที่ 3.3 ต้องกลับไปพิจารณาปัจจัยย่อยของกระบวนการเคลือบอย่างเร็ว เพื่อควบคุมให้ปัจจัยอื่นๆอยู่ในสภาวะปกติของกระบวนการ และระวังปัจจัยเสี่ยง โดยเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการจะมีการควบคุมด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งสามารถตั้งค่าแรงกด ระยะเวลาในการกดอัด และความร้อนได้ แม้กระทั่งการกดติด (Pre-Tack) ก่อนการเคลือบติดแน่น (Lamination) การผลิตแบบม้วนปัจจัยต่างๆจะเหมือนกันตลอดทั้งกระบวนการจนสิ้นสุดส่งงานมาให้โรงงาน ITL1 ดังแสดงในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 แสดงกระบวนการย่อยของกระบวนการเคลือบอย่างเร็ว (บริษัทวิจัย, 2007)

กระบวนการติดแผ่นเฟล็กซ์กับแผ่นอะลูมิเนียม		
กระบวนการก่อนหน้า 1st Inspection	วัตถุประสงค์ของกระบวนการ ทำการติดแผ่นเฟล็กซ์กับแผ่นอะลูมิเนี่ยมโดยใช้ความร้อน	กระบวนการต่อไป: 2 nd Inspection
คุณลักษณะวัสดุขาเข้า	ลักษณะโดยทั่วไปของกระบวนการผลิต	ลักษณะของผลิตภัณฑ์ขาออก
Specification: Clean part Dust particle > 0.1 mm. Stringer burr Stringer burr < 2.5 mm. Missing hole Missing hole not allowed Hole misalignment Hole misalignment > 0.025 mm. Minimum margin Minimum margin > 0.025 mm. Cut/Tear Cut/Tear Not allowed Slug mark Slug mark Not allowed	การใส่แผ่นอะลูมิเนี่ยมเข้าไปบน Fixture: ประเภทของแผ่นอะลูมิเนียม ขนาดและตำแหน่งของพินที่ใช้ใส่อะลูมิเนียม วิธีการจับหรือใส่งาน การทำความสะอาดด้วยปืนลม สภาพของ Fixture การติดแผ่นเฟล็กซ์บนแผ่นอะลูมิเนียม: ประเภทของแผ่นเฟล็กซ์ วิธีการจับหรือใส่งาน สภาพขนาดและตำแหน่งของพินที่ใช้ใส่แผ่นเฟล็กซ์ อุณหภูมิบน Fixture ที่ใช้ติดแผ่นเฟล็กซ์ การใส่ Stack up: ประเภทของแผ่น Stack up sheet ความสะอาดของแผ่น Stack up sheet วิธีการจับหรือใส่แผ่น Stack up การเปลี่ยน Stack up sheet การเลื่อน Fixture เข้าไปในตำแหน่ง Hot block : แรงดันกระบอกสูบ ความเร็วกระบอกสูบ ตำแหน่งของ Fixture Fast Lam : อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิด้านบน(Upper Temperature อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิด้านล่าง(Lower Temperature	Quality: Peel strength test Peel strength test >4.2 lb/inch Stiffener misalignment Stiffener misalignment < 0.005 inch. Contaminatiom Free of contamination Delamination Free of delamination Entrap Fiber Free of entrap fiber Squeeze out Squeeze out < 0.254 mm. Stain Stain Not allowed

3.2.2.5 ปัจจัยการวางแผ่นเคลือบด้านบนในกระบวนการเคลือบติดแผ่นเคลือบจากการตรวจสอบในกระบวนการติดแผ่นเคลือบด้านบนพบว่าพนักงานวางแผ่นเคลือบไม่ถูกต้อง ทำให้ตำแหน่งที่วางไม่ถูกต้องเกิดการบิดงอ จากการระดมความคิดมีโอกาสทำให้เกิดการโค้งงอ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของผลิตภัณฑ์หลังกระบวนการติดแผ่นเคลือบด้านบนได้ สามารถแสดงระดับของปัจจัยควบคุมดังแสดงในตาราง 3.10

ตารางที่ 3.10 แสดงระดับของปัจจัยตำแหน่งการวางแผ่นเคลือบด้านบน

ปัจจัยควบคุม	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
การวางแผ่นเคลือบด้านบน	วางบนสลักพิน	วางให้สุดสลักพินแนบกับพื้นอุปกรณ์

ปัจจัยที่ได้รับการโหวตจากตารางแสดงผลกระทบและสาเหตุของปัญหาก่อนการทำการทดลองด้วยระดับตามตารางที่ 3.10 ต้องกลับไปพิจารณาปัจจัยย่อยของกระบวนการติดแผ่นเคลือบด้านบนดังแสดงในตารางที่ 3.11 เพื่อควบคุมให้ปัจจัยอื่นๆอยู่ในสภาวะปกติของกระบวนการ และระวังปัจจัยเสี่ยง ตลอดจนต้องพิจารณาลักษณะและขั้นตอนการทำงานของพนักงานว่าตรงตามเอกสารมาตรฐานการทำงานในกระบวนการติดแผ่นเคลือบด้านบนหรือไม่

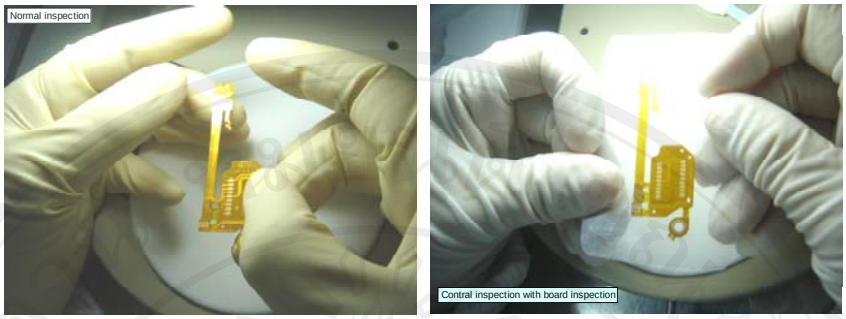
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.11 แสดงกระบวนการย่อยในกระบวนการติดแผ่นเคลือบด้านบน
(บริษัทวิจัย, 2007)

กระบวนการติดแผ่นเคลือบด้านบน		
สิ่งป้อนเข้ากระบวนการ	ลักษณะการปรับตั้งในกระบวนการ	สิ่งที่ออกจากกระบวนการผลิต
ทำความสะอาดด้วยลูกกลิ้ง ตรวจสอบความถูกต้องของ Scale เครื่องมือถูกต้อง ไม่มีเศษของคาร์บอนติดอยู่ ไม่มีสีผิดปกติ งานต้องไม่ฉีกขาด ไม่มีรอยกด ฉีด ไม่มีรอยถลอก รอยกด แผ่นเคลือบด้านบน แผ่นเสริมกำลังแบบอ่อน หมายเลยชิ้นงานถูกต้อง จำนวนถูกต้อง ชิ้นส่วนต้องไม่ผิดพลาด งานต้องไม่หมดอายุ งานต้อง scale ไม่ผิดเพี้ยน จะต้องไม่มีเส้นจากการตัดไม่ ไม่รอยเปื้อนติดมากับชิ้นส่วนประกอบ	อุณหภูมิ แรงกด เวลา	แผ่นเคลือบด้านบนถกตำแหน่ง ไม่มีสิ่งสกปรกติดออกไปด้วย ไม่มีกาวจากรอยเปิด ไม่มีรอยยับย่น ไม่มีการติดผิดงาน ไม่มีรอยฉีกขาด ไม่มีรอยกด เสียหาย

3.2.2.6 ปัจจัยการจับงานเพื่อตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้าย เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความหนาเพียง 0.2 มม. ถ้าจับตัวผลิตภัณฑ์ด้วยความไม่ระมัดระวังผลิตภัณฑ์สามารถบิดเบี้ยวหรือเปลี่ยนรูปได้ดังแสดงลักษณะการจับงานดังรูปที่ 3.10 สามารถแสดงระดับของปัจจัยควบคุมดังแสดงในตาราง 3.12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.10 แสดงการจับงานเพื่อตรวจสอบคุณภาพโดยวิธีปกติ (ด้านซ้าย) และวิธีใช้วัสดุรองจับ (ด้านขวา) ผลิตภัณฑ์ WDC

ตารางที่ 3.12 แสดงระดับของปัจจัยตำแหน่งการจับการเพื่อการตรวจสอบคุณภาพ

ปัจจัยควบคุม	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
การจับงานเพื่อตรวจสอบคุณภาพ	การจับงานตามปกติ	การจับงานโดยใช้แผ่นรองจับ

3.2.2.7 ปัจจัยการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กระบวนการผลิต และการบรรจุเพื่อส่งให้ลูกค้า จากการแกะหีบห่อบรรจุภัณฑ์ที่ส่งคืนมาจากลูกค้าพบว่าในบางตำแหน่งตัวผลิตภัณฑ์เกิดการโค้งงอเนื่องจากผลิตภัณฑ์ถูกการกดทับ ดังแสดงในรูปที่ 3.11 สามารถแสดงระดับของปัจจัยควบคุมดังแสดงในตาราง 3.13

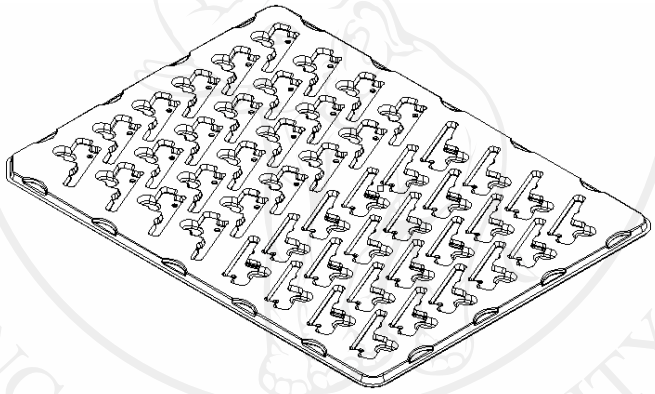
รูปที่ 3.11 แสดงการโค้งงอของผลิตภัณฑ์ WDC ซึ่งเกิดจากบรรจุภัณฑ์กดทับ (บริษัทวิจัย, 2007)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.13 แสดงระดับของปัจจัยการออกแบบบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ WDC

ปัจจัยควบคุม	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
การออกแบบถาดใส่งาน	ใช้ถาดใส่งานแบบปกติ	ใช้ถาดใส่งานแบบใหม่

ปัจจัยที่ได้จากการระดมความคิดในตารางแสดงผลกระทบและสาเหตุของปัญหาก่อนการทำการทดลองด้วยระดับตามตารางที่ 3.10 ต้องกลับไปพิจารณาปัจจัยย่อยของกระบวนการบรรจุหีบห่อดังแสดงในตารางที่ 3.13 เพื่อควบคุมให้ปัจจัยอื่นๆอยู่ในสภาวะปกติของกระบวนการและระวังปัจจัยเสี่ยง โดยในปัจจัยบรรจุภัณฑ์จะต้องดูด้านการออกแบบให้เหมาะกับลักษณะการทำงานในกระบวนผลิต ทั้งนี้จะต้องตรงตามมาตรฐานการออกแบบบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อน WDC และต้องได้รับการรับรองจากลูกค้าดังแสดงในรูป 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงถาดบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ WDC (บริษัทวิจัย, 2007)

ตารางที่ 3.14 แสดงกระบวนการย่อยในกระบวนการติดแผ่นเคลือบด้านบน (บริษัทวิจัย, 2007)

กระบวนการติดแผ่นเคลือบด้านบน		
สิ่งป้อนเข้ากระบวนการ	สิ่งที่ออกจากกระบวนการผลิต	ลักษณะการปรับตั้งในกระบวนการ
ทำความสะอาดด้วยลูกกลิ้ง ตรวจสอบความถูกต้องของ Scale เครื่องมือถูกต้อง ไม่มีเศษของคาร์บอนติดอยู่ ไม่มีสีผิดปกติ	แผ่นเคลือบด้านบนถูกตำแหน่ง ไม่มีสิ่งสกปรกติดออกไปด้วย ไม่มีกาวจากรอยเปิด ไม่มีรอยยับย่น ไม่มีการติดผิดงาน	อุณหภูมิ แรงกด เวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษากระบวนการย่อยของปัจจัยทั้งหมดเพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของปัจจัยที่ได้จากการระดมความคิด โดยทำการตรวจสอบขั้นตอนย่อยร่วมกับวิศวกร และพนักงานฝ่ายผลิตที่รับผิดชอบกระบวนการ พบว่าปัจจัยที่ผ่านการคัดกรองด้วยการระดมความคิดเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความโค้งของแผงวงจรแบบอ่อน

3.3 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) ผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อน WDC

หลักการพื้นฐานของการออกแบบการทดลอง เพื่อช่วยให้ผลการทดลองมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้นมี 3 ประการคือ การทดลองซ้ำ (Replication), การสุ่ม (Randomization) และการควบคุม (Blocking หรือ Control)

การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบเศษส่วน (Fractional Factorial design) มีประโยชน์อย่างมากในกรณีของการทำการทดลองที่ยังอยู่ในช่วงเริ่มแรก ในกรณีซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องที่จะต้องถูกทำการศึกษามีอยู่มากมายหลายตัวด้วยกัน ซึ่งการทดลองเชิงเศษส่วน นั้นจะช่วยจำกัดจำนวนของการทดลองให้น้อยที่สุดโดยที่ตัวแปรทั้งหมดยังถูกทำการศึกษาอยู่ในการออกแบบการทดลองแบบนี้ ดังนั้นจึงถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางเพื่อช่วยในการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยหลัก (Factor Screening Experiment) (Montgomery D.C., 2001)

ผู้วิจัยได้เลือกใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบเศษส่วน (Fractional Factorial design) มาใช้ในการหาปัจจัยหลักที่มีผลต่อการโค้งงอของผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อน WDC โดยจากการวิเคราะห์ปัจจัยแฝงที่อาจจมีผลต่อการโค้งงอของผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อน สามารถสรุปโดยใช้ชื่อและสัญลักษณ์ในการออกแบบตารางการทดลองโดยแสดงในตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 แสดงชื่อและสัญลักษณ์ที่ใช้แทนปัจจัยและระดับของปัจจัยในการออกแบบการทดลอง

ปัจจัยในการทดลอง	สัญลักษณ์แทนปัจจัย	ระดับต่ำ (-)		ระดับสูง (+)	
		การปรับตั้ง	สัญลักษณ์แทน	การปรับตั้ง	สัญลักษณ์แทน
1. ทิศทางการตัดแผ่นเคลือบด้านบน	A	ตัดตามแนวยาวของม้วน	X	ตัดตามแนวกว้างของม้วน	Y
2. แรงดึงในการผลิตแบบม้วน	B	8 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	8	12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	12
3. แผ่นรับแรงดึงในการผลิตแบบม้วน	C	ไม่ใช้แผ่นช่วยรับแรงดึง	No Use	ใช้แผ่นช่วยรับแรงดึง	Use
4. แผ่นกระจายแรงในการติดแผ่นเสริมกำลัง	D	ใช้แผ่นยางกระจายแรงด้านล่าง	1 Side	ใช้แผ่นยางกระจายแรงด้านล่างและบน	2 Side
5. วิธีการวางแผ่นเคลือบด้านบน	F	วางบนสลักพิน	Normal	วางให้สุดสลักพินแนบกับพื้นอุปกรณ์	Place Down
6.การจับงานในการตรวจสอบ	E	การจับงานตามปกติ	Current	การจับงานโดยใช้แผ่นรองจับ	Hard Board
7. การออกแบบถาดใส่งาน	G	ใช้ถาดใส่งานแบบปกติ	Old	ใช้ถาดใส่งานแบบใหม่	New

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การออกแบบการทดลองมี 7 ปัจจัยที่สนใจศึกษา แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (-) และระดับสูง (+) แบบจำลองทางสถิติสำหรับการออกแบบ 2^{7-3} (16 การทอลอง) จำนวนของระดับความเสรี (Degree of Freedom) สำหรับการทดลองร่วมปัจจัยทั้ง 16 เท่ากับ 31 ประกอบด้วย 7 ระดับขั้นความเสรีสำหรับผลกระทบหลัก 7 ชนิด คือ A, B, C, D, E, F, G ผลกระทบของอันตรกิริยาร่วมของ 2 ปัจจัยคือ AB, AC, AD, AE, AF, AG, BD และผลกระทบของอันตรกิริยาร่วม 3 ปัจจัย คือ ABD โดยมีตารางแสดงการออกแบบการทดลองดังตาราง 3.16

ตารางที่ 3.16 แสดงตารางการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบเศษส่วน 2^{7-3}

ลำดับ	ปัจจัยที่ศึกษา							ลำดับการ	ค่าระดับของปัจจัย						
มาตรฐาน	A	B	C	D	E	F	G	ทดลองจริง	A	B	C	D	E	F	G
1,17	-	-	-	-	-	-	-	18,8	X	8	No Use	1Side	Nornal	Current	Old
2,18	+	-	-	-	-	-	+	32,26	Y	8	No Use	1Side	Place Down	Current	New
3,19	-	+	-	-	-	+	-	20,2	X	12	No Use	1Side	Place Down	Hard Board	Old
4,20	+	+	-	-	-	+	+	30,14	Y	12	No Use	1Side	Nornal	Hard Board	New
5,21	-	-	+	-	+	+	+	9,15	X	8	Use	1Side	Place Down	Hard Board	New
6,22	+	-	+	-	-	+	-	11,25	Y	8	Use	1Side	Nornal	Hard Board	Old
7,23	-	+	+	-	-	-	+	22,1	X	12	Use	1Side	Nornal	Current	New
8,24	+	+	+	-	+	-	-	6,16	Y	12	Use	1Side	Place Down	Current	Old
9,25	-	-	-	+	-	+	+	19,7	X	8	No Use	2Side	Nornal	Hard Board	New
10,26	+	-	-	+	+	+	-	13,5	Y	8	No Use	2Side	Place Down	Hard Board	Old
11,27	-	+	-	+	+	-	+	31,4	X	12	No Use	2Side	Place Down	Current	New
12,28	+	+	-	+	-	-	-	10,29	Y	12	No Use	2Side	Nornal	Current	Old
13,29	-	-	+	+	+	-	-	17,24	X	8	Use	2Side	Place Down	Current	Old
14,30	+	-	+	+	-	-	+	28,27	Y	8	Use	2Side	Nornal	Current	New
15,31	-	+	+	+	-	+	-	3,21	X	12	Use	2Side	Nornal	Hard Board	Old
16,32	+	+	+	+	+	+	+	23,12	Y	12	Use	2Side	Place Down	Hard Board	New

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จำนวนต่อการตั้งค่าหนึ่งการทดลองใช้ตัวผลิตภัณฑ์ 48 ตัว เท่ากับถาดบรรจุผลิตภัณฑ์ 1 ถาดดังแสดงในรูปที่ รูป 3.13 เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมการทดลอง จากนั้นนำผลจากการวัดระยะความโค้งด้วยเครื่องวัดด้วยแสงเลเซอร์ลงในตารางบันทึกผล เพื่อทำการวิเคราะห์ในบทที่ 4 ต่อไป

รูปที่ 3.13 แสดงจำนวนชิ้นงาน 48 ชิ้น หรือ 1 ถาด (บริษัทวิจัย, 2007)

3.4 วิธีวัดระยะความโค้งของแผงวงจรแบบอ่อน

ระบบการวัดที่ใช้ในการตรวจสอบระยะความโค้งงอของผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อน WDC คือ เครื่องวัดความระยะโดยใช้เลเซอร์ยิงไปบนพื้นผิวระนาบอ้างอิง และตัวผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อนเครื่องวัดจะแสดงความแตกต่างเป็นมิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 แสดงเครื่องวัดระยะการโค้งงอของผลิตภัณฑ์ WDC
ด้วยแสงเลเซอร์ (บริษัทวิจัย, 2007)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพื่อความแม่นยำในการวัดผลการทดลองจะต้องทำการทดสอบความแปรปรวนของเครื่องมือให้มีเสถียรที่ดี (Gauge Repeatability and Reproducibility) ดังนั้นผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดเป็น 2 หัวข้อคือ

3.4.1 การสอบเทียบเครื่องวัดระยะด้วยแสงเลเซอร์ (Calibration)

เครื่องวัดระยะด้วยแสงเลเซอร์ต้องผ่านาการสอบเทียบ และมีความถี่ในการสอบเทียบ 3 เดือนต่อครั้ง

3.4.2 ทดสอบความแปรปรวนของเครื่องมือให้มีเสถียรภาพที่ดีจากการวัดโดยผู้วัดคนเดิมโดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. เลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อนรุ่น WDC จำนวน 14 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างจะต้องมีระยะการโค้งงอ ครอบคลุมช่วงตั้งแต่ 0.1 มม. จนถึง 2.0 มม. เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือวัดสามารถวัดค่าได้อย่างถูกต้องแม่นยำในทุกระยะความโค้งของผลิตภัณฑ์

2. เลือกพนักงานที่ได้รับใบรับรองในการใช้เครื่องวัดระยะด้วยแสงเลเซอร์ 1 คน โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้มีคนวัดระยะความโค้งงอของแผงวงจรแบบอ่อนรุ่น WDC เพียงแค่ 1 คน เพื่อลดความแปรปรวนจากการวัด

3. พนังงานทำการวัดตัวอย่าง 14 ตัวอย่าง ซ้ำกัน 3 รอบ

นำข้อมูลของการวัดซ้ำกัน 3 ครั้ง ทำการวิเคราะห์เพื่อดูความถูกต้องในการวัดซ้ำของพนักงาน สรุปได้ว่า

สัดส่วนความแปรปรวนของความแปรปรวนของเครื่องมือวัดเมื่อเปรียบเทียบกับความแปรปรวนทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 0.03 โดยความแปรปรวนทั้งหมดมาจากการวัดซ้ำ สัดส่วนความแปรปรวนจากการวัด 0.046 เปรียบเทียบกับความแปรปรวนจากตัวผลิตภัณฑ์ 2.47 สามารถยอมรับได้ และตัวเครื่องมือวัดมีความสามารถแยกความแตกต่างของระยะความโค้งได้ 75 ระดับ (ผลการวิเคราะห์เครื่องมือวัด ภาคผนวก ง)

ของความแปรปรวนเมื่อเปรียบเทียบกับความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ 0.03 ดังแสดงในรูป 3.15

3.5 การทดลองเพื่อยืนยันผล

หลังจากได้ปัจจัยหลักที่เหมาะสมแล้วจากสมการทำนายแล้ว ทำการทดลองตั้งค่าปัจจัยที่ได้นี้ และทดลองผลิตผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อน WDC เพื่อตรวจสอบระยะความโค้งงอ และบันทึกผลการลงตามตาราง 3.17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.17 แสดงตารางบันทึกผลความโค้งงอ

จำนวนล็อตที่ผลิต	ค่าเฉลี่ยความโค้งงอ (สุ่ม 30 ตัวอย่าง)	จำนวนล็อตที่ผลิต	ค่าเฉลี่ยความโค้งงอ (สุ่ม 30 ตัวอย่าง)
Lot # 1		Lot # 6	
Lot # 2		Lot # 7	
Lot # 3		Lot # 8	
Lot # 4		Lot # 9	
Lot # 5		Lot # 10	

3.6 การประเมินผล

จากผลลัพธ์ที่ได้จากรออกแบบการทดลอง เพื่อตรวจสอบค่าความโค้งงอแล้วนำมาเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการปกติ และกระบวนการผลิตที่ได้ปรับปรุงแล้วว่า ค่าความโค้งงอของทั้งสองกระบวนการมีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร ซึ่งจะกล่าวต่อไปในบทที่ 4

3.7 สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลองทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง และการหาค่าที่เหมาะสมที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อน WDC ผลลัพธ์จากการทดลองครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการถ่ายทอดความรู้หรือนำไปพัฒนาใช้ผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved