บทที่ 5

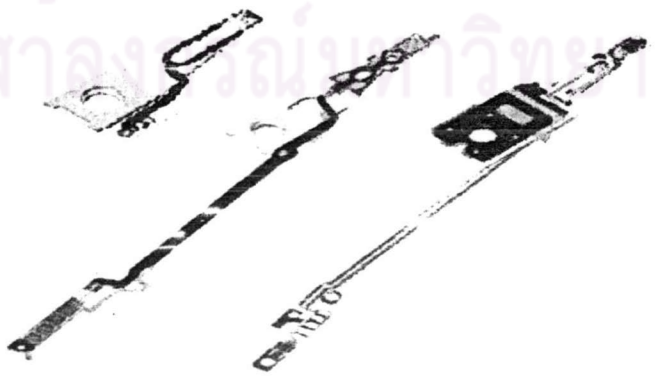
การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการศึกษาถึงรายละเอียดของกระบวนการผลิตในทุกๆ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องเพื่อคาดการณ์ถึงแหล่งที่มาของสาเหตุของปัญหาต่างๆ รวมทั้งคำนวณสมรรถนะในปัจจุบันและวิเคราะห์ความแม่นยำของกระบวนการวัด เพื่อให้เชื่อมั่นถึงตัวเลขที่ได้จากการวัดว่ามีความถูกต้อง

เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนนี้ส่วนมากจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการระดมสมองจากผู้ที่ชำนาญในด้านต่างๆเพื่อศึกษากระบวนการและวิเคราะห์ถึงแหล่งที่มาของสาเหตุของปัญหาต่างๆไม่ว่าจะเป็น Process Mapping, แผนภูมิก้างปลา, Cause and effect matrix หรือการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) นอกจากนั้นยังมี Gage R&R Analysis เพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำของกระบวนการวัด

5.1 การศึกษากระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน

แขนจับหัวอ่าน เป็นชิ้นส่วนรองรับทางกลศาสตร์ ที่ใช้สำหรับจับยึดหัวอ่านเขียน (Slider) ที่อยู่เหนือพื้นผิวดิสก์ ทำให้หัวอ่านเขียนนี้สามารถที่จะเคลื่อนที่เหนือผิวดิสก์ได้โดยไม่เกิดการชนของหัวอ่านกับผิวดิสก์ และสามารถที่จะให้หัวอ่านเขียนตอบสนองต่อการเปลี่ยนตำแหน่งในการอ่านเขียนข้อมูลบนดิสก์ได้อย่างรวดเร็ว โดยยังคงรักษาความแม่นยำของระยะการบินได้อย่างถูกต้องและเที่ยงตรง

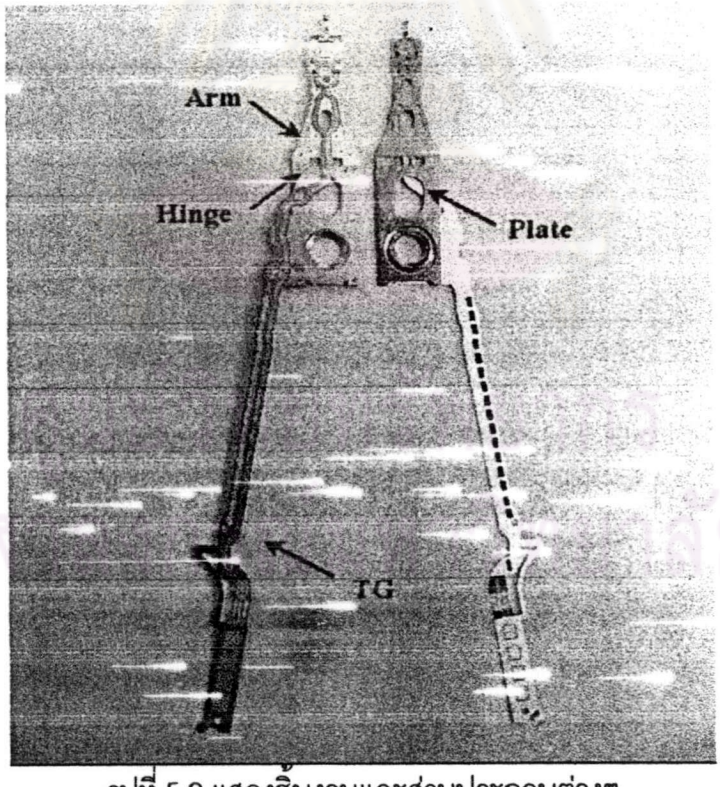


รูปที่ 5.1 แสดงแขนจับหัวอ่านในรุ่นต่างๆ

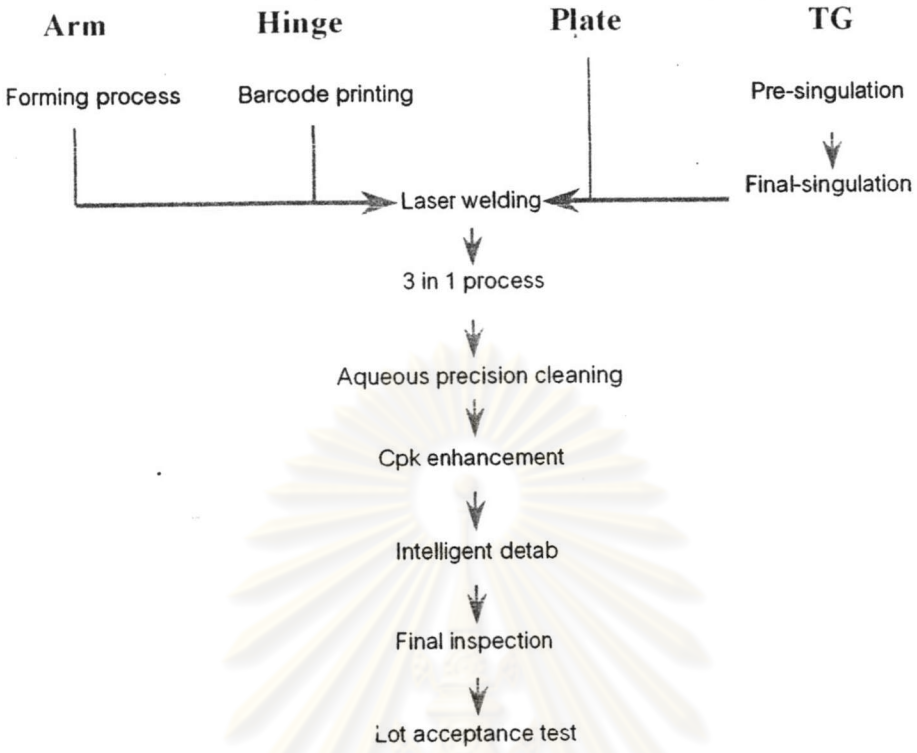
กระบวนการผลิตประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

- การขึ้นรูปตัวงาน (Forming process)
- การพิมพ์บาร์โค้ด (Barcode printing process)
- การตัดแยก Trace laminated gimbal : TG ขั้นที่ 1 (Pre-singulation process)
- การตัดแยก Trace laminated gimbal : TG ขั้นที่ 2 (Final-singulation process)
- การเชื่อมประกอบชิ้นส่วน (Laser welding process)
- การขึ้นรูปค่าสปริง (3 in 1 process)
- การล้างชิ้นงาน (Aqueous precision cleaning process)
- การดัดค่าสปริงและดัดค่ามุมตัวงาน (Cpk enhancement process) และ
- การตัดแยกตัวงาน (Intelligent detab process)
- การตรวจสอบด้วยตา (Final inspection)
- การตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Lot acceptance test)

ซึ่งชิ้นส่วนและกระบวนการผลิตตามลำดับขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้คือ



รูปที่ 5.2 แสดงชิ้นงานและส่วนประกอบต่างๆ

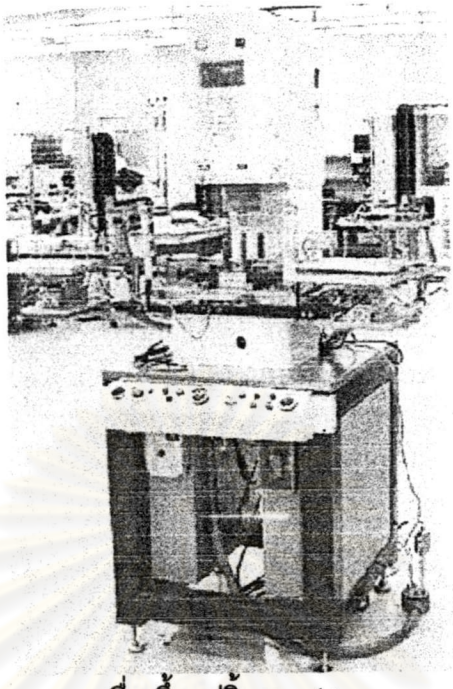


รูปที่ 5.3 แสดงแผนผังกระบวนการผลิต

5.2.1 การขึ้นรูปตัวงาน (Forming process)

ขั้นตอนนี้จะเป็นกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานสแตนเลสที่เรียกว่า " Arm blank sheet " ซึ่งผ่านกระบวนการกัดด้วยน้ำยาเคมีจากกระบวนการกัด (Etching process) เรียบร้อยแล้ว โดยจะขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อให้ได้รูปร่าง และมิติตามแบบที่ลูกค้ากำหนดมา ด้วยเครื่องจักรขึ้นรูปที่เรียกว่า "Janome machine" ซึ่งเป็นเครื่องที่ให้แรงอัดด้วยระบบไฮดรอลิก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

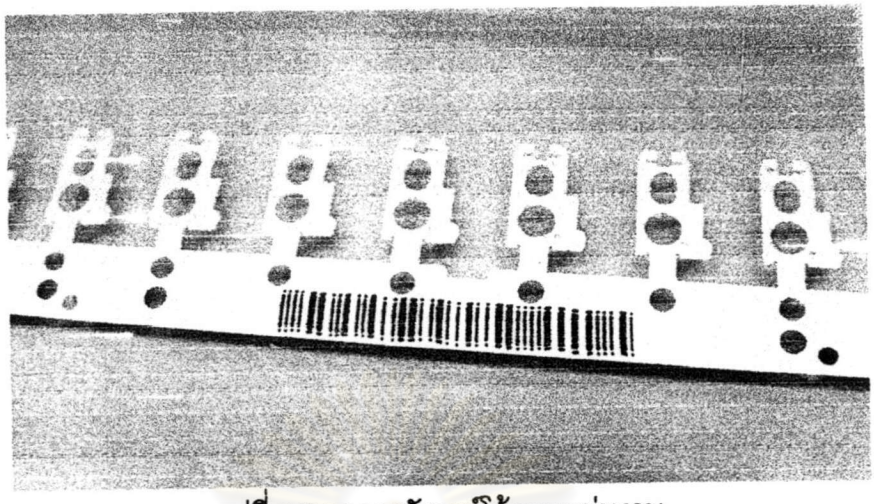


รูปที่ 5.4 แสดงเครื่องขึ้นรูปชิ้นงาน (Janome machine)

5.2.2 การพิมพ์บาร์โค้ด (Barcode printing process)

เป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับพิมพ์รหัสบาร์โค้ดลงบนบริเวณกึ่งกลางของแผ่นงาน ที่เรียกว่า "Hinge" เพื่อใช้เป็นรหัสในการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ ของงานที่ผ่านกระบวนการ โดยการพิมพ์จะเป็นลักษณะจุดสี (Dot matrix) ซึ่งการพิมพ์แต่ละครั้งจะประกอบด้วยเม็ดหมึกตามจำนวนที่ควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ หลังจากพิมพ์บาร์โค้ดลงบนแผ่นงานแล้ว เครื่องจะทำการอบหมึกด้วยความร้อนให้แห้งสนิท เพื่อป้องกันการลบเลือนของหมึกในขณะที่ชิ้นงานผ่านกระบวนการต่างๆ ถัดไป

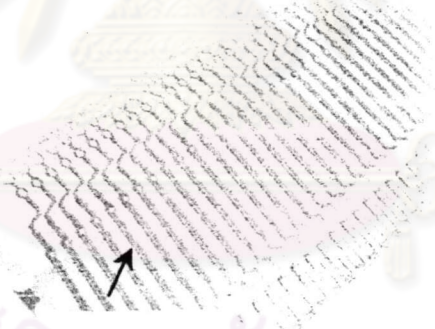
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.5 แสดงรหัสบาร์โค้ดบนแผ่นงาน

5.2.3 การตัดแยก TG ขั้นที่ 1 (Pre-singulation process)

เป็นกระบวนการที่ใช้ในการตัดแยก TG แต่ละตัวออกจากกัน โดยตัดที่บริเวณที่เรียกว่า "กระดูกงู" ที่เชื่อมอยู่ระหว่างตัวงานภายในเฟรม

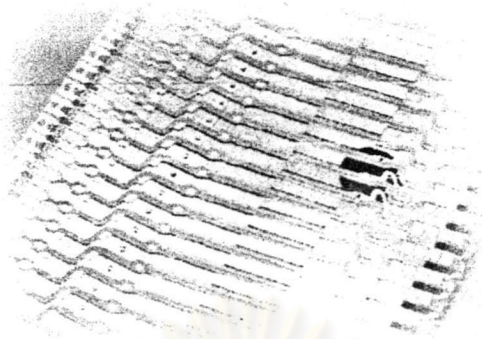


รูปที่ 5.6 แสดง TG ที่อยู่บนโครงเฟรม

5.2.4 การตัดแยก TG ขั้นที่ 2 (Final-singulation process)

เป็นกระบวนการในการตัดแยก TG แต่ละตัวให้หลุดออกจากโครงเฟรมหลังจากที่ได้ผ่านกระบวนการในการตัดแยกบริเวณกระดูกงูแล้ว โดยตัดบริเวณหัว-ท้ายของตัวงาน TG ที่ติดอยู่กับเฟรมทำให้ TG อยู่ในลักษณะเป็นตัว พร้อมที่จะนำไปประกอบในกระบวนการเชื่อมถัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

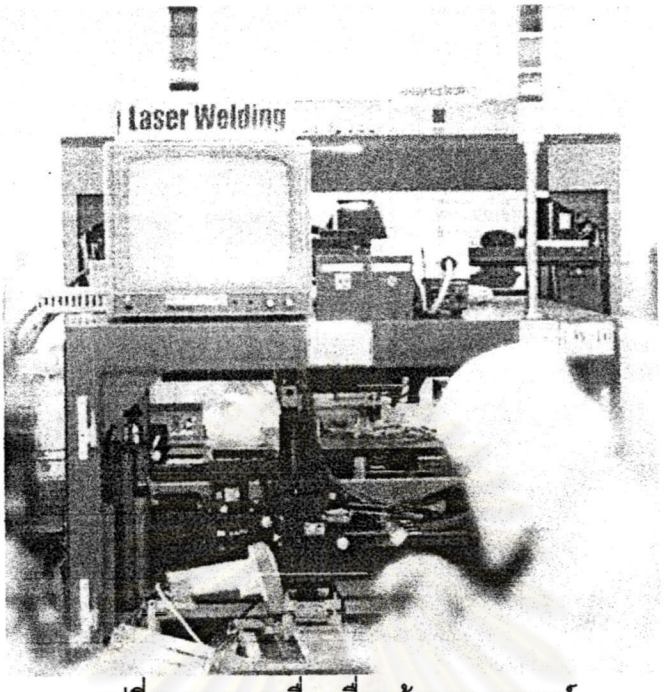


รูปที่ 5.7 แสดง TG แต่ละตัวที่หลุดออกจากโครงเฟรม

5.2.5 การเชื่อมประกอบชิ้นส่วน (Laser welding process)

เป็นกระบวนการในการเชื่อมประกอบชิ้นส่วนทั้งสี่คือ Formed arm sheet, TG, Hinge sheet และ Base plate ด้วยแสงเลเซอร์ที่เครื่องเชื่อม โดยขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากพนักงานประจำเครื่องใช้ปากกาลม (Air pen) ดูดจับชิ้นงาน Base plate ใส่ลงในตำแหน่งสำหรับรองรับ Base plate บน Carrier จำนวนทั้งหมด 20 ตัวต่อหนึ่ง Carrier จากนั้นจึงนำ Formed arm sheet ใส่ลงในตำแหน่งที่กำหนด แล้วนำ Hinge sheet ใส่ลงในตำแหน่งต่อไป ขั้นตอนสุดท้ายนำ Trace laminated gimbal ใส่ลงในตำแหน่งสำหรับรองรับ Trace laminated gimbal บน Carrier จำนวน 20 ตัวเช่นเดียวกัน แล้วนำ Carrier ใส่เข้าที่จิ๊กรองรับ Carrier ในเครื่องเชื่อมเพื่อทำการเชื่อมงานทั้งสี่ชิ้นนี้ให้ติดกัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการเชื่อมในขั้นตอนนี้จะเรียกว่า " Suspension sheet "

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 แสดงเครื่องเชื่อมด้วยแสงเลเซอร์

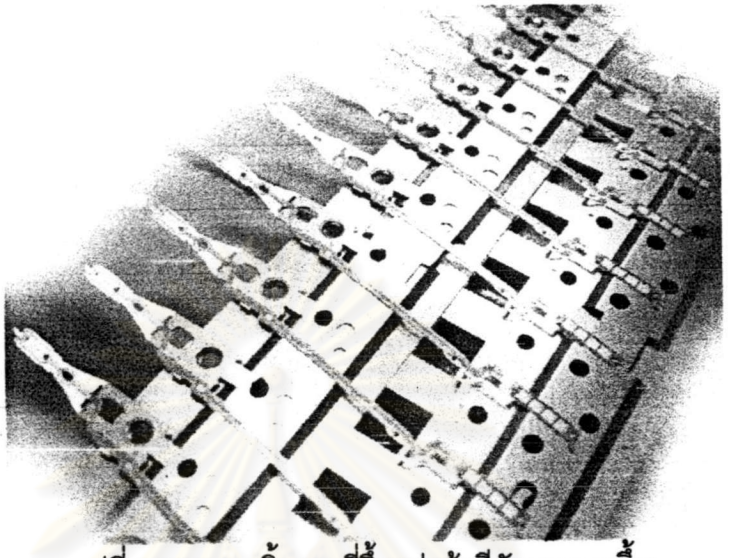
รูปที่ 5.9 แสดงชิ้นงานหลังเชื่อมเสร็จ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.6 การขึ้นรูปค่าสปริง (3 in 1 process)

เป็นกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงาน Suspension sheet เพื่อให้ได้รูปร่าง, ค่าสปริง และค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ตามข้อกำหนดที่ลูกค้าต้องการด้วยเครื่องจักรขึ้นรูปที่เรียกว่า "Janome machine" โดยพนักงานจะนำงานที่ผ่านการเชื่อมแล้ว มาใส่ลงใน Cartridge ให้ครบตามจำนวนคือ 20 sheets ต่อหนึ่ง Cartridge จากนั้นพนักงานจะนำ Cartridge พร้อมชิ้นงานไปติดตั้งที่เครื่องขึ้นรูป "3 in 1 machine"

ในตำแหน่ง " Load position " เพื่อเข้ากระบวนการขึ้นรูปโดยอัตโนมัติของเครื่องจักรต่อไป



รูปที่ 5.10 แสดงชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้วมีลักษณะงอขึ้น

5.2.7 การล้างชิ้นงาน (Aqueous precision cleaning process)

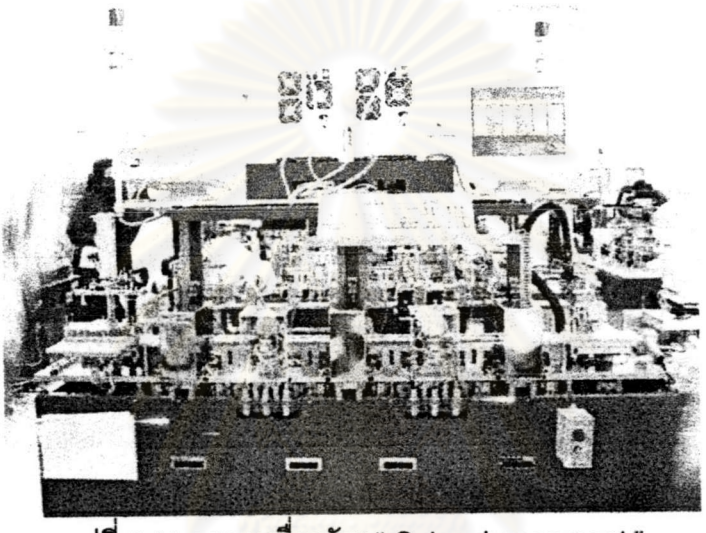
เป็นกระบวนการในการล้างทำความสะอาดชิ้นงาน เพื่อล้างคราบน้ำมันและสิ่งสกปรกต่างๆ ออกจากตัวงานหลังจากผ่านกระบวนการขึ้นรูป โดยพนักงานจะนำ Cartridge ที่บรรจุชิ้นงานใส่ลงในตะกร้าล้างงาน จากนั้นจะนำตะกร้าล้างงานเข้ากระบวนการล้างในแต่ละถังล้างที่เครื่องล้าง เรียกว่า " Aqueous precision cleaning machine : APC "

5.2.8 การดัดค่าสปริงและดัดค่ามุมตัวงาน (Cpk enhancement process)

กระบวนการนี้จะกระทำที่เครื่องจักร " Cpk enhancement machine" โดยจะแยกเป็นสองกระบวนการตามลำดับคือ

5.2.8.1 <u>การดัดค่าสปริงตัวงาน</u> : เป็นกระบวนการที่ทำการปรับค่าสปริงของตัวงานให้มีค่าตามข้อกำหนดของลูกค้าในสถานะของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยพนักงานจะนำ Cartridge ที่บรรจุชิ้นงานติดตั้งที่เครื่อง Cpk enhancement ในจุดของ "Load position" ซึ่งเครื่องจะผ่านชิ้นงานเข้ากระบวนการของการดัดค่าสปริงด้วยแสงเลเซอร์โดยอัตโนมัติตามลำดับ

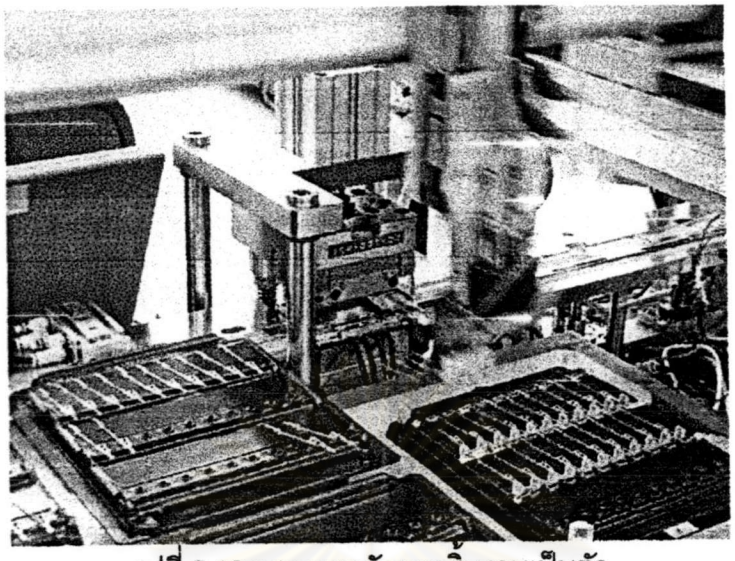
5.2.8.2 <u>การดัดค่ามุมตัวงาน</u> : หลังจากชิ้นงานผ่านการดัดค่าสปริงแล้ว เครื่องจะจับชิ้นงานส่งมายัง cartridge ในส่วนของการดัดค่ามุมตัวงานทันที ซึ่งจะผ่านเข้ากระบวนแบบการต่อเนื่อง ในกระบวนการนี้ เครื่องจักรจะทำการดัดมุมของตัวงาน หรือเรียกว่าค่า " Pitch static attitude : PSA " เพื่อให้ค่ามุมของตัวงานมีค่าที่ตรงกับความต้องการของลูกค้าในข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 5.11 แสดงเครื่องจักร " Cpk enhancement "

5.2.9 การตัดแยกชิ้นงาน (Intelligent detab process)

เป็นกระบวนการตัดแยกชิ้นงานจากสถานะของ Suspension sheet ให้เป็นตัวงานเดี่ยวในลักษณะของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Piece part) โดยเครื่องจักรจะตัดแยกชิ้นงานและจัดเก็บชิ้นงานที่ได้ตัดแยกแล้วใส่ลงในบรรจุภัณฑ์โดยอัตโนมัติ (30 ตัวต่อหนึ่งบรรจุภัณฑ์) หลังจากนั้นบรรจุภัณฑ์พร้อมกับตัวงานจะถูกนำไปรวบรวมให้ได้จำนวนตามที่ต้องการ (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3,000 ตัวต่อหนึ่ง LAT : Lot Acceptance Test) เพื่อรอการตรวจสอบคุณภาพและพร้อมที่จะส่งให้ลูกค้าต่อไป



รูปที่ 5.12 แสดงการตัดแยกชิ้นงานเป็นตัว

5.2.10 การตรวจสอบด้วยสายตา (Final inspection)

เป็นกระบวนการในการตรวจสอบชิ้นงานทีละตัว โดยแยกตัวงานที่ไม่ดีออก ซึ่งจะใช้วิธีตรวจสอบโดยใช้สายตาตรวจสอบชิ้นงานภายใต้กล้องจุลทรรศน์

5.2.11 การตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Lot acceptance iesi)

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเตรียมวิธีการตรวจสอบสินค้าสำเร็จรูป (Finish good) เพื่อรับประกันคุณภาพของสินค้าก่อนส่งมอบให้ลูกค้าต่อไป

5.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังแสดงแหตุและผล (Cause and Effect Matrix)

ขั้นตอนนี้จะระดมความรู้และประสบการณ์จากสมาชิกในทีมที่เป็นผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญและผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการเพื่อมาหาสาเหตุของปัญหา โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

5.2.1 ศึกษาขั้นตอนต่างๆของกระบวนการโดยเริ่มตั้งแต่ต้นกระบวนการไปจนถึงท้ายสุดของกระบวนการโดยละเอียด และใช้แผนภาพกระบวนการผลิตมาช่วยในการศึกษา

5.2.2 ระบุปัจจัยทั้งหมดที่สามารถเป็นไปได้ที่มีผลกระทบต่อค่าความสูงของ Head Lift

5.2.3 นำข้อมูลทั้งหมดมาใส่ไว้ในตาราง Cause and Effect Matrix หลังจากนั้นใส่ค่าความสำคัญของความสูง Head Lift ที่มีผลต่อเป้าหมายของโครงการ ในที่นี้ จะเป็น 10 เพราะมีหัวข้อเดียว

5.2.4 ให้สมาชิกให้คะแนนความสำคัญให้กับทุกปัจจัยที่ได้ ซึ่งจะให้คะแนนในช่วง 1 ถึง 10 คะแนน ซึ่ง 10 จะหมายถึงปัจจัยนั้นมีผลต่อค่าความสูง Head Lift มากที่สุด และคะแนนน้อยจะมีความสำคัญรองลงมา

5.2.5 สรุปคะแนนที่ได้ พร้อมทั้งทำการคูณค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยด้วยอัตราความสำคัญที่มีต่อลูกค้านั่นคือ 10 แล้วนำมาใส่ในตารางได้ดังนี้

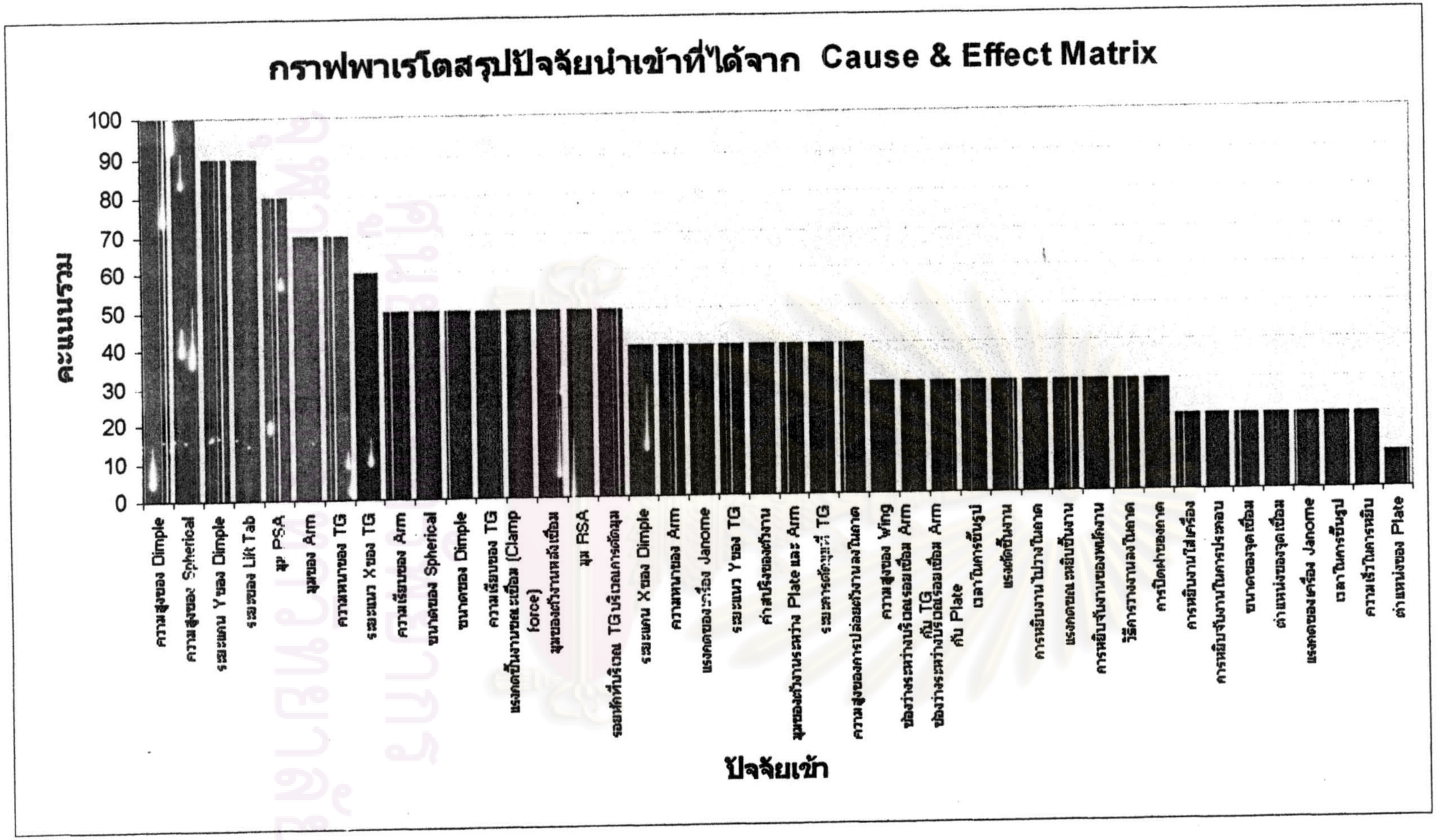
ตารางที่ 5.1 ตาราง Cause & Effect

		Rating of Importance to Customer	10	
			1	
			Head Lift Step Height	Total
	กระบวนการผลิต	ปัจจัยเข้า		
1	การขึ้นรูปตัวงาน (Forming process)	ความสูงของ Dimple	10	100
2		ความสูงของ Wing	3	30
3		มุมของ Arm	7	70
4		ความเรียบของ Arm	5	50
5		ระยะแกน X ของ Dimple	4	40
6		ระยะแกน Y ของ Dimple	9	90
7		ความสูงของ Spherical	10	100
8		ระยะของ Lift Tab	9	90
9		ขนาดของ Spherical	5	50
10		ขนาดของ Dimple	5	50
11		ความหนาของ Arm	4	40
12		แรงกดของเครื่อง Janome	4	40
13		การหยิบงานใส่เครื่อง	2	20

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

		Rating of Importance to Customer	10	
			1	
			Head Lift Step Height	Total
	กระบวนการผลิต	ปัจจัยเข้า		
14	การเชื่อมประกอบชิ้นส่วน (Laser welding	การหยิบจับงานในการประกอบ	2	20
15		ความเรียบของ TG	5	50
16		ช่องว่างระหว่างบริเวณรอยเชื่อม Arm กับ TG	3	30
17		ช่องว่างระหว่างบริเวณรอยเชื่อม Arm กับ Plate	3	30
18		ขนาดของจุดเชื่อม	2	20
19		ตำแหน่งของจุดเชื่อม	2	20
20		แรงกดชิ้นงานขณะเชื่อม (Clamp force)	5	50
21		เวลาในการขึ้นรูป	3	30
22		ตำแหน่งของ Plate	1	10
23		ระยะแนว X ของ TG	6	60
24		ระยะแนว Y ของ TG	4	40
25		ความหนาของ TG	7	70
26		มุมของตัวงานหลังเชื่อม	5	50
27	การขึ้นรูปค่าสปริง (3 in 1 process)	ค่าสปริงของตัวงาน	4	40
28		มุมของตัวงานระหว่าง Plate และ Arm	4	40
29		แรงกดของเครื่อง Janome	2	20
30		เวลาในการขึ้นรูป	2	20
31	การตัดค่าสปริงและตัดค่ามุมตัวงาน	มุม PSA	8	80
32		มุม RSA	5	50
33		รอยหักที่บริเวณ TG บริเวณการตัดมุม	5	50
34		ระยะการตัดมุมที่ TG	4	40
35	การตัดแยกชิ้นงาน	แรงตัดชิ้นงาน	3	30
36		การหยิบงานไปวางในถาด	3	30
37		ความสูงของการปล่อยตัวงานลงในถาด	4	40
38		ความเร็วในการหยิบ	2	20
39		แรงกดขณะหยิบชิ้นงาน	3	30
40	การตรวจสอบด้วยสายตา	การหยิบจับงานของพนักงาน	3	30
41		วิธีการวางงานลงในถาด	3	30
42		การปิดฝาของถาด	3	30

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.13 กราฟพาเรโตสรุปปัจจัยนำเข้าที่ได้จาก Cause & Effect Matrix

จากการระดมสมองจะได้ทั้งหมด 42 ปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อค่าความสูง Head Lift และเมื่อพิจารณาพาเรโตของคะแนนรวมแต่ละปัจจัยจะได้ปัจจัยซึ่งเราคิดว่ามีผลมากที่สุด ซึ่งในที่นี้เราเลือกทั้งหมด 7 ปัจจัยเพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อโดยใช้ FMEA นั่นคือ ความสูงของ Dimple, ความสูงของ Spherical, ระยะแกน Y ของ Dimple, ระยะของ Lift Tab, มุม PSA, มุมของ Arm และความหนาของ TG

5.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

หลังจากที่ได้เลือกปัจจัยจากการพิจารณาด้วย Cause and Effect Matrix แล้ว ในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยเหล่านี้มาวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ด้วยการใช้ FMEA โดยให้คะแนนอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 16949 เพื่อที่จะศึกษาถึงลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของปัจจัยต่างๆ เหล่านี้พร้อมกับพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วย เพื่อที่จะกรองให้เหลือแต่ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปัญหาที่ทำการศึกษาอีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะนำไปทดสอบสมมุติฐานในขั้นตอนถัดไป หลังจากได้มีการระดมสมองจากทีมแล้วได้ผลของ FMEA ดังตารางที่ 5.2

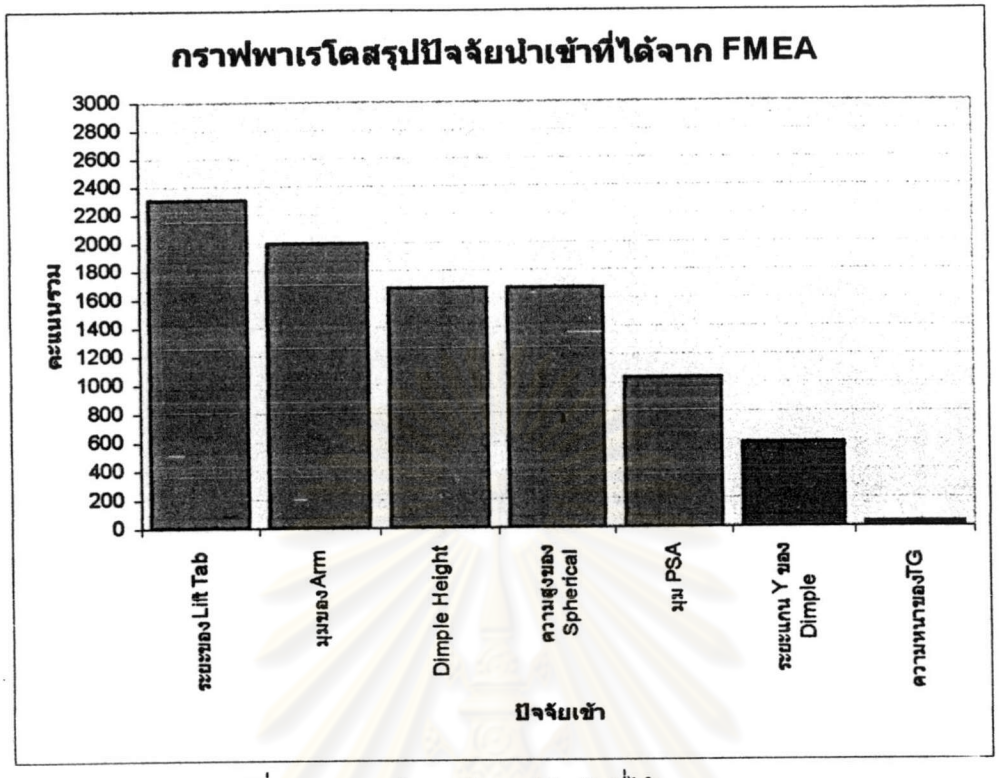
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	Potential Causes	O C C	Current control	D E T	R P N
ขึ้นรูป	Dimple Height	ความสูงมากหรือน้อยเกินไป	ความสูง Head Lift ไม่ได้ตามข้อกำหนด	10	Dimple punch สึกหรอ	5	ไม่มีการควบคุม	10	500
				6	Pilot pin สึกหรอ	3	ไม่มีการควบคุม	10	180
				6	Spring ที่ pilot pin ล้าตัว	4	ไม่มีการควบคุม	10	240
				7	มุมที่ dimple die สึกหรอ	3	ไม่มีการควบคุม	10	210
				7	รูของ dimple die ไม่ได้ขนาด	3	ไม่มีการควบคุม	10	210
				8	Dimple die ตัวบนกับตัวล่างไม่ตรงกัน	2	ไม่มีการควบคุม	10	160
				5	ค่า K ของสปริงที่ pad	3	ไม่มีการควบคุม	10	150
				5	ใช้สปริงผิดขนาด	2	Drawing	3	30
ขึ้นรูป	ความสูงของ Spherical	ความสูงมากหรือน้อยเกินไป	ความสูง Head Lift ไม่ได้ตามข้อกำหนด	10	Punch สึกหรอ	5	ไม่มีการควบคุม	10	500
				6	Pilot pin สึกหรอ	3	ไม่มีการควบคุม	10	180
				6	Spring ที่ pilot pin ล้าตัว	4	ไม่มีการควบคุม	10	240
				7	มุมที่ dimple die สึกหรอ	3	ไม่มีการควบคุม	10	210
				7	รูของ dimple die ไม่ได้ขนาด	3	ไม่มีการควบคุม	10	210
				8	Dimple die ตัวบนกับตัวล่างไม่ตรงกัน	2	ไม่มีการควบคุม	10	160
				5	ค่า K ของสปริงที่ pad	3	ไม่มีการควบคุม	10	150
				5	ใช้สปริงผิดขนาด	2	Drawing	3	30
ขึ้นรูป	ระยะแกน Y ของ Dimple	ไม่ตรงตำแหน่ง	ความสูง Head Lift ไม่ได้ตามข้อกำหนด	8	Dimple punch ไม่ตรงตำแหน่ง	5	ไม่มีการควบคุม	10	400
				7	ความยาวของ Arm Blank ไม่ได้ Spec.	5	มีการควบคุมถึงกระบวนการผลิต	1	35
				5	มุมที่ dimple die สึกหรอ	3	ไม่มีการควบคุม	10	150
ขึ้นรูป	ระยะของ Lift Tab	ความสูงมากหรือน้อยเกินไป	ความสูง Head Lift ไม่ได้ตามข้อกำหนด	8	Top pad สูงหรือต่ำเกินไป	5	ไม่มีการควบคุม	10	400
				8	Bottom pad สูงหรือต่ำเกินไป	5	ไม่มีการควบคุม	10	400
				8	ชิ้นส่วนที่ Top และ Bottom pad ไม่ขนานกัน	7	ไม่มีการควบคุม	10	560
				5	สปริงที่ Pilot pin ล้าตัว	3	ไม่มีการควบคุม	10	150
				10	ระยะของ Top pad และ bottom pad ไม่เหมาะสม	8	ไม่มีการควบคุม	10	800

ตารางที่ 5.2 (ต่อ) การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV	Potential Causes	OCC	Current control	DET	RPN
ตัดคำสปริงและมุม	มุม PSA	มุมมากหรือน้อยเกินไป	ความสูง Head Lift ไม่ได้ตามข้อกำหนด	10	Correlation ระหว่างหัววัดกับเครื่อง Master	7	ตรวจสอบทุกกะ	3	210
				5	ระยะของ Tweaker ไม่เหมาะสม	5	ไม่มีการควบคุม	10	300
				8	ความกว้างของปาก Tweaker ไม่เหมาะสม	5	ไม่มีการควบคุม	10	400
				8	Algorithm การตัดไม่เหมาะสม	3	มีการ Qualify ก่อน Run	5	120
				5	งานที่เข้ามามีค่ามุมมากหรือน้อยเกินไป	3	มีการควบคุมถึง KPIV	1	15
ขึ้นรูป	มุมของ Arm	มุมมากเกินไป	ความสูง Head Lift ไม่ได้ตามข้อกำหนด	8	Top pad สูงหรือต่ำเกินไป	8	ไม่มีการควบคุม	10	640
				7	Bottom pad สูงหรือต่ำเกินไป	8	ไม่มีการควบคุม	10	560
				9	มุมที่ Top Pad หรือ Bottom Pad สูงหรือต่ำเกินไป	3	ไม่มีการควบคุม	10	270
				7	ชิ้นส่วนที่ Top และ Bottom pad ไม่ขนานกัน	3	ไม่มีการควบคุม	10	210
				8	สปริงที่ Pilot pin หักชำ	4	ไม่มีการควบคุม	10	320
เชื่อมประกอบชิ้นส่วน	ความหนาของ TG	หนาหรือบางเกินไป	ความสูง Head Lift ไม่ได้ตามข้อกำหนด	10	Supplier ผลิต TG ไม่ได้ตามข้อกำหนด	3	ควบคุมโดย IQA	1	30



รูปที่ 5.14 กราฟพาเรโตสรุปปัจจัยที่ได้จาก FMEA

จากพาเรโตจะเลือก 5 ปัจจัยที่มีคะแนนมากที่สุดไปทำการทดลองต่อในขั้นตอนต่อไปคือ ระยะของ Lift Tab, มุมของ Arm, ความสูงของ Dimple, ความสูงของ Spherical และมุม PSA

5.4 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

ในการวัดค่าความสูงของ Head Lift จะใช้เครื่องวัดชื่อ BAZIC หมายเลข 6 ซึ่งจะวัดความสูงของ Head Lift หลังกระบวนการเชื่อมโดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

5.4.1 จำนวนพนักงานที่ใช้ในการศึกษา Gage R&R : จะใช้จำนวนพนักงานใน แต่ละกะการปฏิบัติงาน 1 คนต่อกะ รวมพนักงานทั้งสิ้น 3 คน โดยเป็นพนักงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานวัดความสูงของ Head Lift เป็นประจำและได้ผ่านการ ฝึกอบรมและมีใบรับรองในการใช้เครื่องมือวัดดังกล่าว

5.4.2 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา : จะใช้สิ่งตัวอย่างคือชิ้นงานหลังกระบวนการเชื่อมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 10 สิ่งตัวอย่าง

5.4.3 จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับสิ่งตัวอย่างแต่ละชิ้น : ให้พนักงานแต่ละคนทำการวัดซ้ำในแต่ละสิ่งตัวอย่างจำนวน 2 ครั้งต่อหนึ่งสิ่งตัวอย่าง

5.4.4 ขั้นตอนในการทดลอง

- ให้พนักงานคนที่ 1 ทำการสุ่มสิ่งตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้มาทำการวัดและทำการวัดชิ้นงานจนครบทุกสิ่งตัวอย่างทั้ง 10 ชิ้น
- ให้พนักงานคนที่ 2 และ 3 ปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆ ตามพนักงานคนที่ 1 จนครบทุกคน ทุกชิ้น และทุกซ้ำ
- ข้อมูลในการวัดจะถูกเก็บลงในระบบฐานข้อมูลอย่างอัตโนมัติเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลภายหลัง

5.4.5 ผลการวิเคราะห์ Gage R&R

ตารางที่ 5.3 ตาราง ANOVA ของการศึกษา GR&R ของการวัดความสูง Head Lift

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	0.0020116	0.0002235	157.156	0.000
Operator	2	0.0000017	0.0000009	0.609	0.555
Part * Operator	18	0.0000256	0.0000014	5.333	0.000
Repeatability	30	0.0000080	0.0000003		
Total	59	0.0020469			

ตารางที่ 5.4 ผลการประเมินความผันแปรของการวัดค่าความสูงเฮดลิฟ

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000008	2.23
Repeatability	0.0000003	0.70
Reproducibility	0.0000006	1.53
Operator	0.0000000	0.00
Operator*Part	0.0000006	1.53
Part-To-Part	0.0000370	97.77
Total Variation	0.0000379	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Process (SV/Proc)
Total Gage R&R	0.0009189	0.0055136	14.93	11.49
Repeatability	0.0005164	0.0030984	8.39	6.45
Reproducibility	0.0007601	0.0045607	12.35	9.50
Operator	0.0000000	0.0000000	0.00	0.00
Operator*Part	0.0007601	0.0045607	12.35	9.50
Part-To-Part	0.0060840	0.0365039	98.88	76.05
Total Variation	0.0061530	0.0369179	100.00	76.91

Number of Distinct Categories = 9

เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนตามตารางที่ 5.3 จะพบว่าชิ้นงานและอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานและสิ่งตัวอย่างมีผลอย่างมีนัยสำคัญ และจากตารางที่ 5.4 พบว่าค่า Number of Distinct Categories ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9 สรุปได้ว่าระบบการวัดนี้มีความสามารถในการแยกความแตกต่างของค่าวัดได้ดี และผลจากการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดเทียบกับความผันแปรของกระบวนการ %P/TV พบว่ามีค่าเท่ากับ 11.49% โดยความผันแปรนี้มาจาก Repeatability 6.45% และมาจาก Reproducibility 9.5% แสดงว่าระบบการวัดนี้มีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของกระบวนการได้ดี จึงสามารถใช้เครื่องมือวัดนี้ในการวัดค่าเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลองได้

5.5 สรุปผลขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุปัญหา

จากการระดมสมองและกรองสาเหตุของปัญหาด้วยการวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังแสดงแหตุและผล (Cause and Effect Matrix) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ทำให้เหลือปัจจัยสำคัญที่น่าจะมีผลต่อค่าความสูง Head Lift ทั้งหมด 5 ตัวที่จะนำไปทดสอบสมมุติฐานต่อคือ ระยะของ Lift Tab, มุมของ Arm, ความสูงของ Dimple, ความสูงของ Spherical และมุม PSA นอกจากนั้นยังมีการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด โดยได้ค่า P/TV เท่ากับ 11.49% ซึ่งแสดงว่าสามารถใช้เครื่องมือนี้นำไปวัดค่าได้ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย