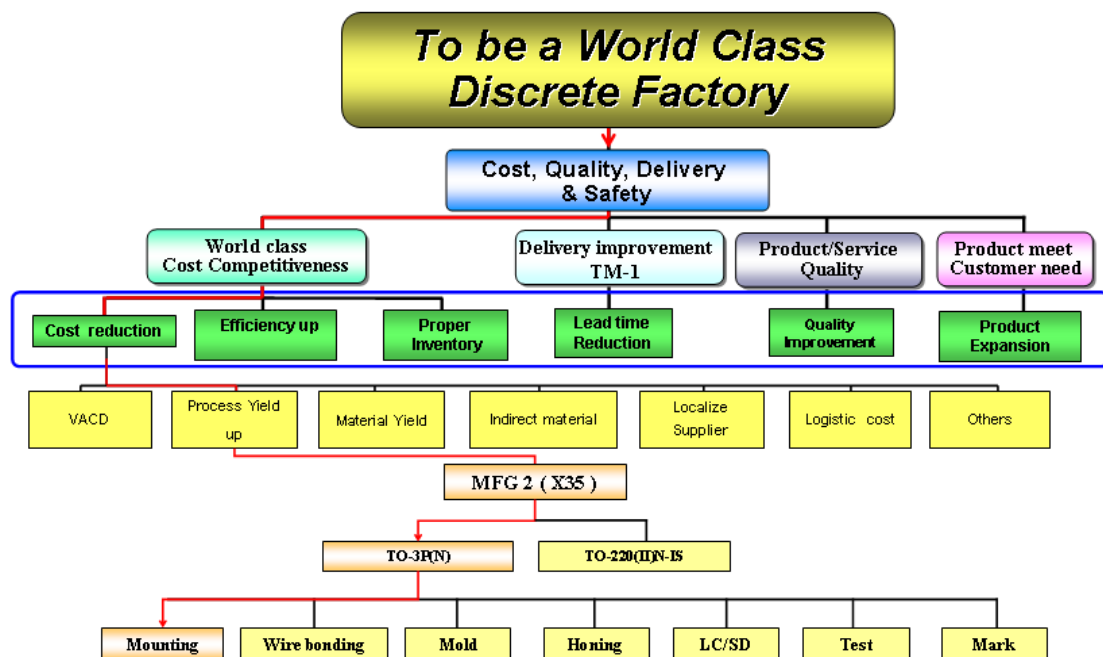


บทที่ 4

ผลของการวิจัย

4.1 ขั้นตอนการระบุปัญหา (Define Phase)

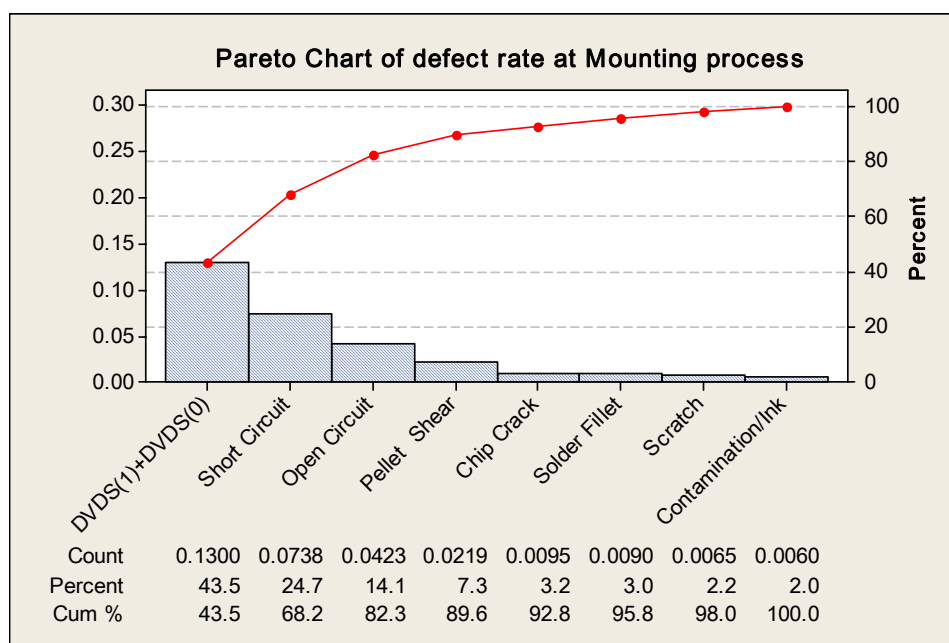
ขั้นตอนนี้เป็นการช่วยกันระดมสมองเพื่อรวบรวมประเด็นหรือปัญหาทางธุรกิจ ทั้งหมดที่ ตั้งใจจะแก้ไข หลังจากนั้นจะทำการเลือกหัวข้อที่มีผลกระทบต่อลูกค้า ขั้นตอนนี้จะแสดงขบวนการที่ จะปรับปรุง เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า (Critical to Quality, CTQ) วิธีการที่นำมาใช้ ในการค้นหาปัญหาของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนนี้คือ Drill Down Tree: เป็นไดอะแกรมที่อธิบายถึง ขอบเขตของโครงการว่าอยู่ตรงจุดไหน หรือไม่อยู่ตรงจุดไหน และแสดงถึงส่วนอื่นๆ เพื่อการปรับปรุง การสร้าง Drill Down Tree เป็นการแตกกลุ่มของผลิตภัณฑ์ หรือ ขั้นตอนของแต่ละโครงการ และแสดง ที่อยู่ของโครงการที่กำลังศึกษา เพื่อให้สอดคล้องกับแนวนโยบายหลักของบริษัทที่ต้องการศึกษาทั้งใน เรื่องคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการลดปริมาณการเกิดของเสีย



ภาพที่ 4.1

CTQ Drill Down Tree เพื่อกำหนดหัวข้อปัญหาที่เชื่อมโยงกับธุรกิจ

จากภาพที่ 4.1 CTQ Drill Down Tree ของโรงงานที่ศึกษาจะกำหนดวิสัยทัศน์ไว้คือ จะเป็นโรงงานประกอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวประเภททำงานฟังก์ชันเดียว (Discrete) ขึ้นนาระดับโลก (To be a world class discrete factory) ดังนั้นทางโรงงานจึงต้องกำหนดนโยบายต่างๆ เพื่อไปสู่จุดมุ่งหมายให้ได้และในการทำวิจัยครั้งนี้จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตโดยการเพิ่ม Yield ให้มากขึ้น โดยจะทำในแผนก MFG2 ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิด TO-3P(N) จากการเก็บข้อมูลพบว่า ในปี 2007B (เดือนตุลาคม 2007 ถึง เดือนมีนาคม 2008) ของเสียที่เกิดจากขบวนการผลิตของ กระบวนการผลิตส่วนหน้า (Mounting process) มีของเสียมากที่สุดถึง 0.54% และ จากภาพที่ 4.2 พบว่าปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร (DVDS(0)+ DVDS(1)) มีมากที่สุดถึง 0.13% ดังแสดงได้ตามข้อมูลด้านล่าง

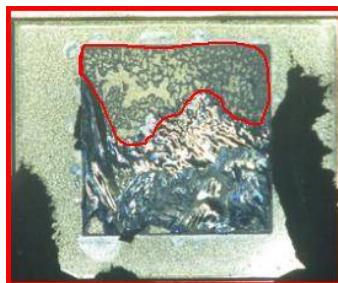


ภาพที่ 4.2

แผนภูมิพลาเรโต (Pareto Chart) แสดงของเสียที่พบในขบวนการผลิตของ
กระบวนการผลิตส่วนหน้า (Mounting process)

จากภาพที่ 4.2 Pareto Chart แสดงของเสียจากขบวนการผลิตของกระบวนการผลิตส่วนหน้า (Mounting process) สามารถสรุปปัญหาต่างๆ ได้ดังนี้

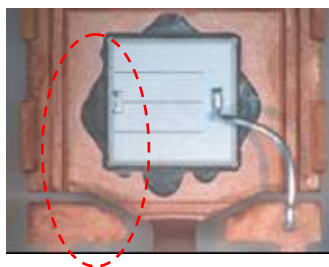
1) ปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร (DVDS (0) + DVDS (1)) ทำให้เกิดปัญหาการระบายความร้อนไม่ทันทำให้แผ่นลายวงจร (Pellet) ไหม้



ภาพที่ 4.3

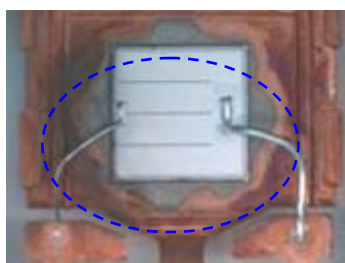
ปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร (Pellet)

2) ปัญหาวงจรเปิด (Open Circuit) เป็นปัญหาการไม่เชื่อมต่อของทางวงจรไฟฟ้าทำให้ไม่ครบวงจรไฟฟ้า



ภาพที่ 4.4

ปัญหาวงจรเปิด (Open circuit) กรณีไม่มีเส้นลวดเชื่อมต่อ



ภาพที่ 4.5

ชิ้นงานดี ที่มีเส้นลวดเชื่อมต่อครบวงจร

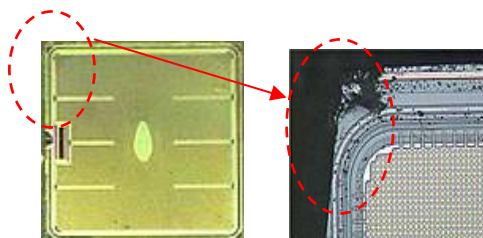
3) ปัญหาลัดวงจร (Short Circuit) เนื่องจากการประกอบไม่ดีหรือผิดตำแหน่ง เมื่อใช้งาน จะทำให้ตัวแผ่นลายวงจร (Pellet) ไหม้



ภาพที่ 4.6

ปัญหาลัดวงจร (Short Circuit) ทำให้แผ่นลายวงจร (Pellet) ไหม้

4) ปัญหาแผ่นลายวงจร ร้าว, แตกหรือบิ่น (Pellet chip, crack)



ภาพที่ 4.7

ปัญหาแผ่นลายวงจร ร้าว, แตกหรือบิ่น (Pellet chip, crack)

5) ปัญหารอยขีดข่วน (Scratch) บนแผ่นลายวงจร (Pellet)



ภาพที่ 4.8

ปัญหาแผ่นลายวงจรมีรอยขีดข่วน (Scratch)

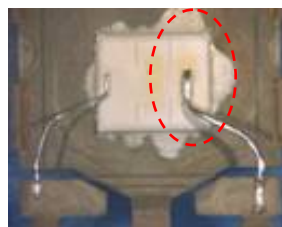
6) ปัญหาแผ่นลายวงจรมีสิ่งแปลกปลอมติดอยู่หรือมีรอยหมึก (Contamination or Ink)



ภาพที่ 4.9

ปัญหาแผ่นลายวงจรมีสิ่งแปลกปลอมติดอยู่หรือมีรอยหมึก (Contamination or Ink)

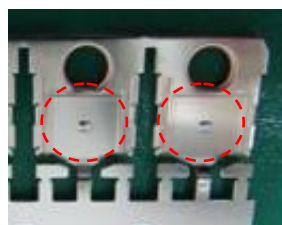
7) ปัญหาตะกั่วไหลออกมามากเกินไป (Solder Fillet)



ภาพที่ 4.10

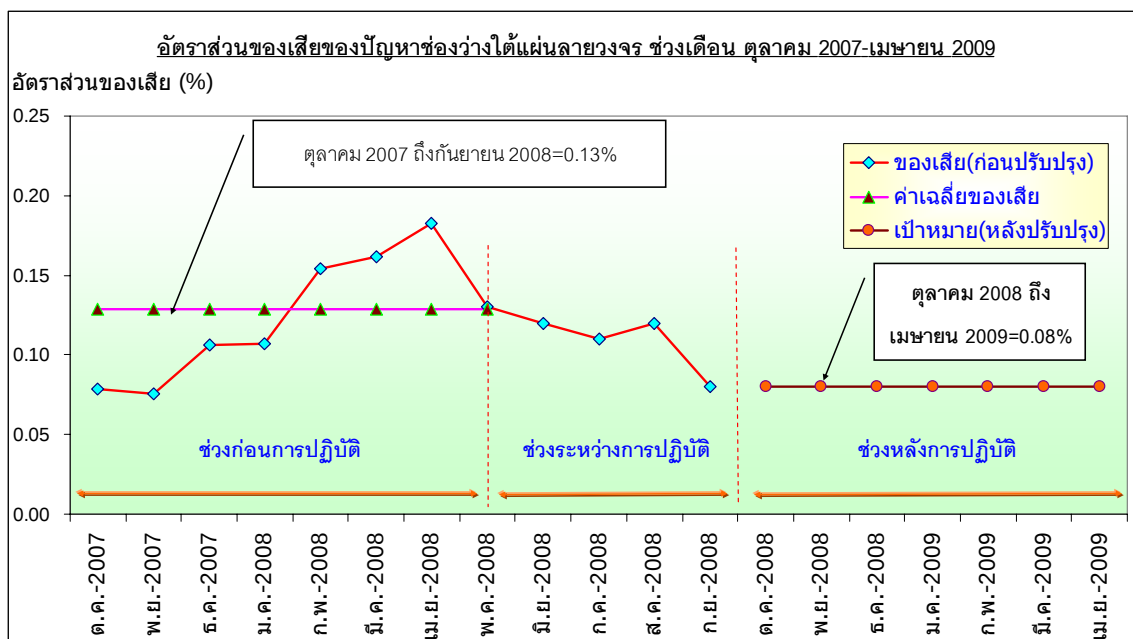
ปัญหาตะกั่วไหลออกมามากเกินไป (Solder Fillet)

8) ปัญหาแผ่นลายวงจรถูกตัดหรือหลุดหายไป (Pellet Shear)



ภาพที่ 4.11

ปัญหาแผ่นลายวงจรถูกตัดหรือหลุดหายไป (Pellet Shear)



ภาพที่ 4.12

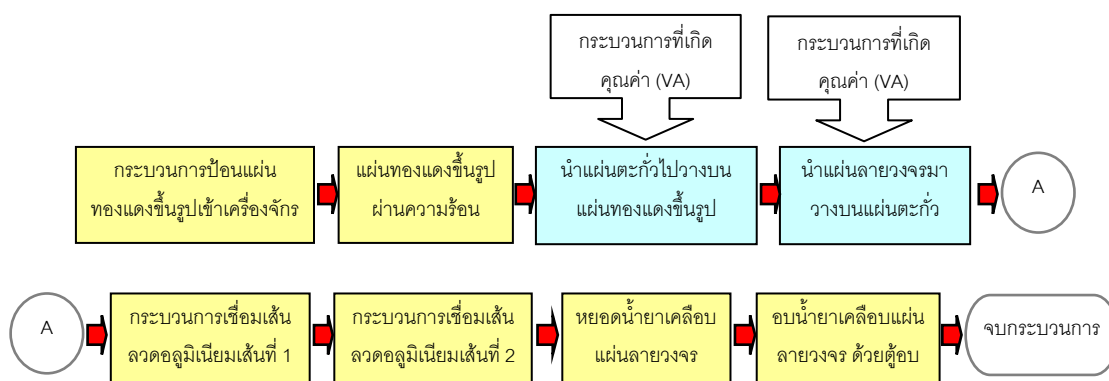
กราฟแสดงเป้าหมายการลดของเสียจากปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร

จากภาพที่ 4.12 เป็นการกราฟแสดงเป้าหมายการลดของเสียจากปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร โดยค่าเฉลี่ยของเสียในช่วง 07B-08A (เดือนตุลาคม 2007 ถึง เดือนกันยายน 2008) เท่ากับ 0.13% และเป้าหมายในช่วง08B (เดือนตุลาคม 2008 ถึง เดือนเมษายน 2009) จะมีเป้าหมายที่จะลดของเสียลดลงเหลือ เท่ากับ 0.08%

4.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

ผังการไหลของกระบวนการ (Process Flow Diagram) ดังภาพที่ 4.13 จะเป็นการแสดงแผนผังย่อยลงมาถึงกระบวนการไหลของกระบวนการหลังจากที่ได้ระบุกระบวนการที่ต้องการปรับปรุง และแสดงให้เห็นถึงกระบวนการแต่ละส่วนว่ามีกระบวนการไหนบ้างที่เป็นกระบวนการที่เกิดคุณค่า (Value Added; VA) และกระบวนการไหนที่ไม่เกิดคุณค่า (Non Value Added) ที่ส่งผลกระทบต่อโดยตรงกับของเสียที่เกิดขึ้น จากภาพที่ 4.13 Process flow diagram แสดงให้เห็นว่า กระบวนการที่ก่อให้เกิดคุณค่า (Value Added; VA) คือ กระบวนการนำแผ่นตะกั่วไปวางบนแผ่นทองแดงขึ้นรูป

(Solder perform process) และ กระบวนการนำแผ่นลายวงจรมาวางบนแผ่นตะกั่ว (Die bonding process)

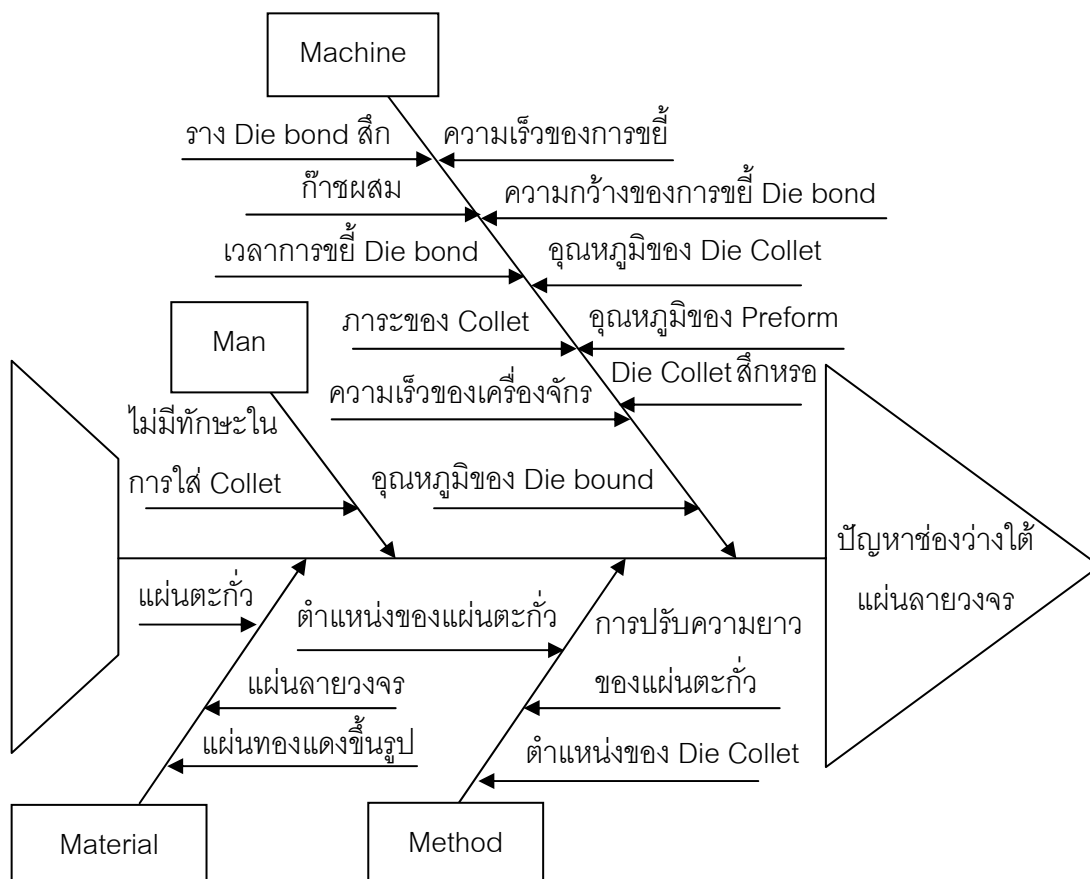


ภาพที่ 4.13

ผังการไหลของกระบวนการ (Process flow diagram)

ที่ระบุถึงกระบวนการที่ก่อให้เกิดคุณค่า (VA) กับกระบวนการที่เกี่ยวข้อง

แผนภูมิแก๊งปลา (Fish Bone Diagram) ของปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร ดังภาพที่ 4.14 พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่นั้นเกิดจาก เครื่องจักร (Machine) เนื่องจาก เครื่องจักรที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นได้ถูกนำมาใช้งานเป็นระยะเวลานาน จึงทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตในปัจจุบัน



ภาพที่ 4.14

แผนภูมิแก้างปลา (Fish Bone Diagram) ของเสียจากปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร

เมื่อนำข้อมูลที่เก็บได้มาวิเคราะห์ด้วยกระบวนการแบบของ แผนผังกระบวนการ (Process Mapping) ดังตารางที่ 4.1 ทำให้พบว่า ในกระบวนการนำแผ่นตะกั่วไปวางบนแผ่นทองแดงขึ้นรูป (Solder preform process) และกระบวนการนำแผ่นลายวงจรมาวางบนแผ่นตะกั่ว (Die bonding process) นั้นมี ตัวแปรที่สำคัญของปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการ (Key Process Input Variables : KPIVs) ที่ส่งผลต่อตัวแปรที่สำคัญของผลที่ได้จากกระบวนการ (Key Process Output Variables : KPOVs) จำนวนทั้งหมด 13 หัวข้อ ได้แก่ 1) ความยาวแผ่นตะกั่ว, 2) ตำแหน่ง แผ่นตะกั่ว, 3) อุณหภูมิของ Preform, 4) อุณหภูมิของ Die bonding, 5) ตำแหน่งของ Collet, 6) ระดับของ Collet, 7) ภาระของ Collet, 8) อุณหภูมิของ Collet, 9) ความกว้างของการขี้ Die bonding, 10) เวลาการขี้

Die bond, 11) ก๊าซผสม (Forming gas), 12) ความเร็วของการขึ้น และ 13) แกนของ Die bond โดยมี KPOVs จำนวนทั้งหมด 3 หัวข้อ คือ 1) ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย (Solder void) 2) ความหนาของแผ่นตะกั่ว และ 3) ปริมาณของแผ่นตะกั่ว

ตารางที่ 4.1

แผนผังกระบวนการ (Process Mapping)

ปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการ	รูปแบบ	กระบวนการ	ผลที่ได้จากกระบวนการ
1 ความยาวแผ่นตะกั่ว	SOP	กระบวนการนำแผ่น	ปริมาณของแผ่นตะกั่ว
2 ตำแหน่งแผ่นตะกั่ว	SOP	ตะกั่วไปวางบนแผ่น	ปริมาณของแผ่นตะกั่ว
3 คุณสมบัติของ Preform	SOP	ทองแดงขึ้นรูป (Solder	ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย
4 คุณสมบัติของ Die bonding	SOP	preform process)	ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย
5 ตำแหน่งของ Collet	Control	กระบวนการนำแผ่นลาย วงจรมาวางบนแผ่น ทองแดงขึ้นรูป (Die bonding process)	ความหนาของแผ่นตะกั่ว
6 ระดับของ Collet	Control		ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย และ ความหนาของแผ่นตะกั่ว
7 ภาระของ Collet	SOP		ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย และ ความหนาของแผ่นตะกั่ว
8 คุณสมบัติของ Collet	SOP		ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย
9 ความกว้างของการขึ้น Die bonding	SOP		ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย และ ความหนาของแผ่นตะกั่ว
10 เวลาการขึ้น Die bond	SOP		ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย และ ความหนาของแผ่นตะกั่ว
11 ก๊าซผสม	SOP		ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย และ ความหนาของแผ่นตะกั่ว
12 ความเร็วของการขึ้น	Control		ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย และ ความหนาของแผ่นตะกั่ว
13 แกนของ Die bond	Control		ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย และ ความหนาของแผ่นตะกั่ว

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีแผนผังกระบวนการ (Process Mapping) มาจัดรูปแบบใหม่เป็นตาราง รูปแบบเมทริกซ์ของสาเหตุและผลกระทบ (Cause and Effect Matrix) ดังตารางที่ 4.2 จากข้อมูลทำให้สามารถเลือกปัญหาที่ก่อให้เกิดของเสียมากที่สุด เพื่อที่จะได้นำปัญหาเหล่านั้นไปทำการปรับปรุงและ แก้ไข ซึ่ง ได้แก่ 1) คุณหมุมิของ Die bonding, 2) ระดับของ Collet, 3) ภาวะของ Collet, 4) ความกว้างของการขี้ Die bonding, 5) เวลาการขี้ Die bond, 6) ความเร็วของการขี้ และ 7) แกนของ Die bond

ตารางที่ 4.2

รูปแบบเมทริกซ์ของสาเหตุ และผลกระทบ (Cause and Effect Matrix)

หัวข้อ	ความสำคัญที่ส่งผลต่อลูกค้า		5 คะแนน	7 คะแนน	9 คะแนน	รวม
	กระบวนการ	ปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการ	ปริมาณของแผ่นตะกั่ว	ความหนาของแผ่นตะกั่ว	ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย	
1	กระบวนการนำแผ่นตะกั่วไปวางบนแผ่นทองแดงขึ้นรูป (Solder preform process)	ความยาวแผ่นตะกั่ว	9	1	1	61
2		ตำแหน่งแผ่นตะกั่ว	1	1	7	75
3		คุณหมุมิของ Preform	1	3	3	53
4		คุณหมุมิของ Die bonding	1	5	9	121
5	กระบวนการนำแผ่นลายวงจรมาวางบนแผ่นทองแดงขึ้นรูป (Die bonding process)	ตำแหน่งของ Collet	1	3	3	53
6		ระดับของ Collet	1	9	7	131
7		ภาวะของ Collet	1	5	7	103
8		คุณหมุมิของ Collet	1	1	5	57
9		ความกว้างของการขี้ Die bonding	1	3	9	107
10		เวลาการขี้ Die bond	1	3	9	107
11		ก๊าซผสม	1	3	3	53
12		ความเร็วของการขี้	1	1	9	93
13		แกนของ Die bond	1	5	7	103

จากตารางที่ 4.3 เป็นตารางการวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ซึ่งจะต้องทำการวิเคราะห์โดยอาศัยความร่วมมือจากกลุ่มทีม เพื่อช่วยในการลงคะแนน และความคิดเห็นถึงผลกระทบต่างๆ ที่เกิดขึ้นโดยวิธีการเลือกค่าของข้อมูลจะมาจากข้อกำหนด (Specification) และข้อเสนอแนะจากโรงงานที่ญี่ปุ่นที่ได้ทำการทดลองมาแล้วมาประยุกต์ใช้เหมาะสมกับประเทศไทยตามข้อจำกัดต่างๆ (Local optimal) ถ้าหากพบว่าคะแนนที่ได้รับการลงความคิดเห็นสูงก็ต้องรีบแก้ไขหรือหาทางป้องกันก่อนเป็นอันดับแรก ซึ่งข้อมูลจากตารางที่ 4.2 สามารถรู้ตัวปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการ ที่ก่อให้เกิดผลอย่างไรกับปัจจัยป้อนออกของกระบวนการ ดังนั้นจึงต้องเลือกเอาข้อมูลที่มีคะแนนสูงสุด ในที่นี้จะเลือกทั้งหมด 5 หัวข้อ

ตารางที่ 4.3

การวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Modes & Effects Analysis: FMEA)

ปัจจัยป้อนเข้า ของกระบวนการ	วิธี	ผลกระทบ	ความ รุนแรง	สาเหตุ ข้อบกพร่อง	ความ ถี่	มาตรการ และวิธี ป้องกัน	การ ตรวจจับ	ค่าความ เสี่ยงขึ้น
อุณหภูมิของ Die bonding	สูง,ต่ำ (370°C,360°C)	ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย	9	ค่าพารามิเตอร์ ไม่เหมาะสม	5	ตรวจสอบทุก สัปดาห์	3	135
ระดับของ Collet	สูง,ต่ำ (170um,125um)	ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย และความหนาของแผ่นตะกั่ว	7	การปรับแต่งไม่ เหมาะสม	9	ไม่มี	9	567
ภาระของ Collet	สูง,ต่ำ (500g,450g)	ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย และความหนาของแผ่นตะกั่ว	5	การปรับแต่งไม่ เหมาะสม	3	ตรวจสอบทุก วัน	3	45
ความกว้างของ การขี้ Die bonding	กว้าง,แคบ (0.1mm.,0.04mm.)	ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย	7	ค่าพารามิเตอร์ ไม่เหมาะสม	5	ตรวจสอบ หลังจาก เปลี่ยนชนิด ของแผ่นลาย วงจร	5	175
เวลาการขี้ Die bond	มาก,กลาง,น้อย (0.7s,0.5s,0.3s)	ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย	7	ค่าพารามิเตอร์ ไม่เหมาะสม	5	ตรวจสอบ หลังจาก เปลี่ยนชนิด ของแผ่นลาย วงจร	5	175
ความเร็วของการ ขี้	เร็ว,ช้า (30m/s,10m/s)	ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย	9	ค่าพารามิเตอร์ ไม่เหมาะสม	5	ไม่มี	5	225
แกนของ Die bond	ไม่มีดัลบลูกเส้น,มีดัลบลูกเส้น	ช่องว่างหลังจากแผ่นตะกั่วละลาย และความหนาของแผ่นตะกั่ว	9	รูปแบบไม่ เหมาะสม	7	ไม่มี	5	315

4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

จากสมการ $Y = f(X1, X2, X3, X4, X5)$

กำหนดให้ Y = อัตราส่วนของเสีย Defect rate (%) เนื่องจาก ปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลาย

วงจร

โดยที่ $X1$ = แกนของ Die bond

$X2$ = ความกว้างของการขี้ Die bonding

$X3$ = เวลาการขี้ Die bonding

$X4$ = ความเร็วของการขี้

$X5$ = ระดับของ Collet

การวิเคราะห์แต่ละปัจจัยที่คัดเลือกจาก Measure Phase มาทำการพิสูจน์ว่า มีความสำคัญหรือไม่ โดยใช้หลักการทางสถิติที่เรียกว่า "การทดสอบสมมุติฐาน" (Hypothesis Testing) และใช้ค่า P-Value เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ โดยทั่วไปจะกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจ โดยกำหนดค่า "ช่วงความเชื่อมั่น" (Confidence Interval) ที่ 95% (0.95) ดังนั้นค่าแอล-พะ (Alpha, α) จึงเท่ากับ 5% (0.05) ซึ่งจะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ One-way ANOVA และ Two sample T-Test ทดสอบว่าปัจจัยใดมีผลนัยสำคัญต่ออัตราส่วนของเสีย Defect rate (%) เนื่องจาก ปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร ; (Y) แล้วจึงนำปัจจัย X ที่มีนัยสำคัญ (Significant) ไปใช้ใน Improve Phase

พิจารณากรณีที่ 1. สำหรับการวิเคราะห์ของ Test for Equal Variances

สมมุติฐานหลัก Null Hypothesis (H_0)

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$ ไม่มีความแตกต่างกันระหว่าง 2 กลุ่ม

สมมุติฐานแย้ง Alternative Hypothesis (H_a)

$H_a : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ มีความแตกต่างกันระหว่าง 2 กลุ่ม

ถ้า $P < 0.05$ ยอมรับ H_a : มีความแตกต่างกันระหว่าง 2 กลุ่ม

$P > 0.05$ ปฏิเสธ H_a (ยอมรับ H_0) : ไม่มีความแตกต่างกันระหว่าง 2 กลุ่ม

พิจารณากรณีที่ 2 สำหรับการวิเคราะห์ของ Two-Sample T-Test และ One way (ANOVA)

สมมติฐานหลัก Null Hypothesis (Ho)

Ho : $\mu_1 = \mu_2$ ค่าของ X ไม่มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y

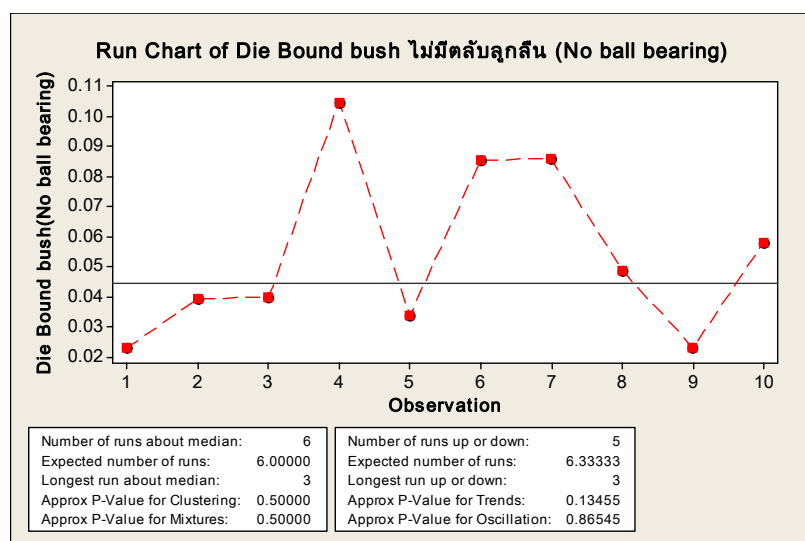
สมมติฐานแย้ง Alternative Hypothesis (Ha)

Ha : $\mu_1 \neq \mu_2$ ค่าของ X มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y

ถ้า $P < 0.05$ ยอมรับ Ha : ค่าของ X มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y

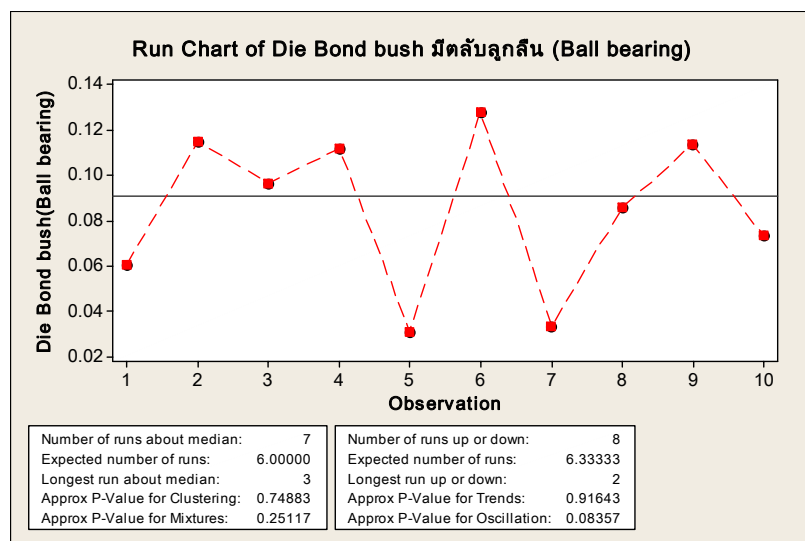
$P > 0.05$ ปฏิเสธ Ha (ยอมรับ Ho) : ค่าของ X ไม่มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y

4.3.1 พิจารณาที่ X1 = แกนของ Die bond



ภาพที่ 4.15

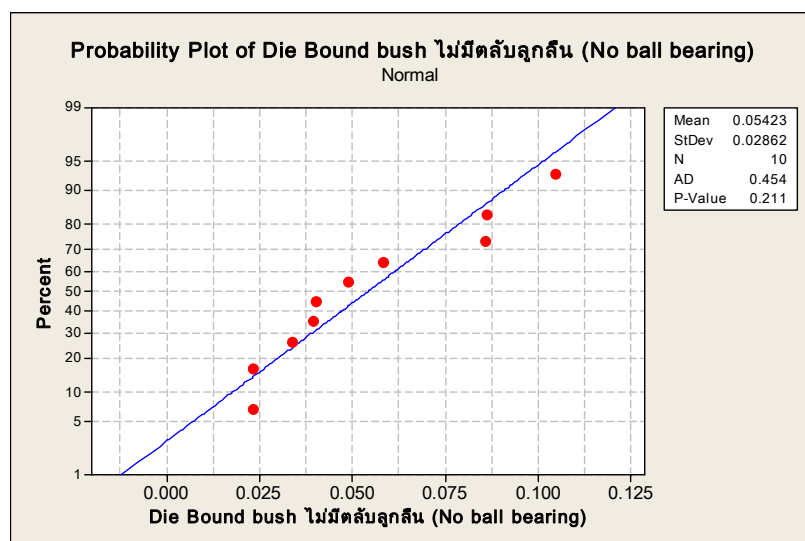
กราฟแสดง Run Chart สำหรับ Die Bond bush ไม่มีตลับลูกปืน (No ball bearing)



ภาพที่ 4.16

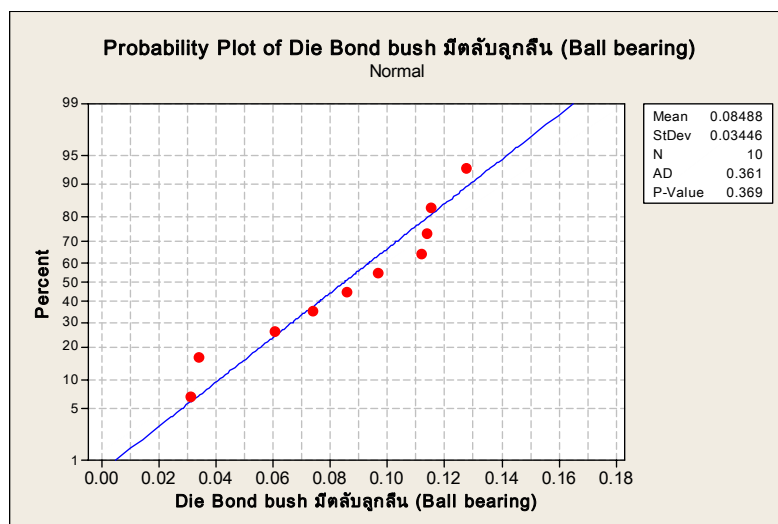
กราฟแสดง Run Chart สำหรับ Die Bond bush มีตลับลูกปืน (Ball bearing)

จากภาพที่ 4.15 สำหรับ Die Bond bush ไม่มีตลับลูกปืน (No ball bearing) และภาพที่ 4.16 Die Bond bush มีตลับลูกปืน (Ball bearing) พบว่า ค่าของ P-Value ของทั้งสองภาพมากกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่ามีลักษณะการกระจายแบบสุ่ม (Random) ที่ไม่มีสาเหตุเฉพาะและมีลักษณะไม่คงที่ไปหาค่าใดค่าหนึ่งโดยเฉพาะเจาะจง



ภาพที่ 4.17

กราฟแสดง Normal test สำหรับ Die Bond bush ไม่มีตลับลูกปืน (No ball bearing)



ภาพที่ 4.18

กราฟแสดง Normal test สำหรับ Die Bond bush มีตลับลูกปืน (Ball bearing)

จากภาพที่ 4.17 สำหรับ Die Bond bush ไม่มีตลับลูกปืน (No ball bearing) มีค่าของ P-Value เท่ากับ 0.211 และ ภาพที่ 4.18 Die Bond bush มีตลับลูกปืน (Ball bearing) มีค่าของ P-Value เท่ากับ 0.369 พบว่าค่าของ P-Value ทั้งสองภาพนั้นมีค่ามากกว่า 0.05 และข้อมูลมีการกระจายตามแนวเส้นตรง จึงสามารถสรุปได้ว่าทั้งสองภาพ มีการกระจายแบบปกติ (Normal distribution)

กำหนดให้ σ^2_1 : ข้อมูลความแปรปรวนของแกนของ Die bond ไม่มีตลับลูกปืน (No ball bearing)

σ^2_2 : ข้อมูลความแปรปรวนของแกนของ Die bond มีตลับลูกปืน (Ball bearing)

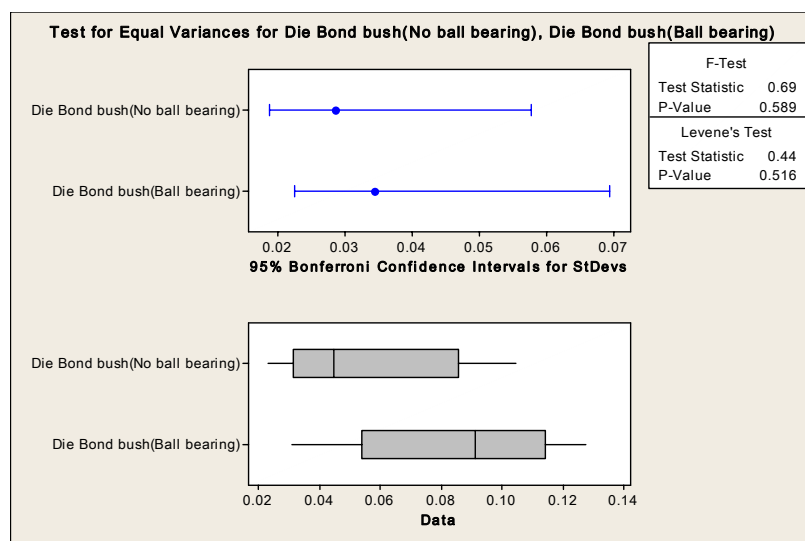
พิจารณากรณีที่ 1. สำหรับการวิเคราะห์ของ Test for Equal Variances เพื่อเป็นการตรวจสอบความเสถียรความแปรปรวน และแสดงถึงข้อมูลที่เกิดขึ้นจากสาเหตุที่สามารถควบคุมได้

- สมมุติฐานหลัก Null Hypothesis (H_0)

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$ ข้อมูลความแปรปรวนของแกนของ Die bond มีตลับลูกปืนและ ไม่มีตลับลูกปืน ไม่มีความแตกต่างกัน

- สมมุติฐานแย้ง Alternative Hypothesis (H_a)

$H_a : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ ข้อมูลความแปรปรวนของแกนของ Die bond มีตลับลูกปืนและ ไม่มีตลับลูกปืน มีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.19

Test for Equal Variances สำหรับ Die Bond bush ไม่มีตลับลูกปืน (No ball bearing)
และ Die Bond bush มีตลับลูกปืน (Ball bearing)

การวิเคราะห์ Test for Equal Variances ของแกนของ Die bond ไม่มีตลับลูกปืนและแกนของ Die bond แบบมีตลับลูกปืนโดยใช้โปรแกรม Minitab แสดงดังต่อไปนี้

Test for Equal Variances: Die Bond bush (No ball bearing), Die Bond bush (Ball bearing)

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

	N	Lower	StDev	Upper
Die Bond bush (No ball bearing)	10	0.0187193	0.0286174	0.0576256
Die Bond bush (Ball bearing)	10	0.0225400	0.0344584	0.0693873

F-Test (normal distribution) Test statistic = 0.69, p-value = 0.589

Levene's Test (any continuous distribution) Test statistic = 0.44, p-value = 0.516

จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab สรุปได้ว่า ค่าของ p-value ของ Levene's Test เท่ากับ 0.516 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสามารถปฏิเสธ H_a และยอมรับ H_o ; (ข้อมูลความแปรปรวนของแกนของ Die bond แบบไม่มีตลับลูกปืนและแกนของ Die bond แบบมีตลับลูกปืน ไม่มีความแตกต่าง

กัน จึงสามารถใช้การวิเคราะห์ของ Two-Sample T-Test แบบ Equal Variances ได้)

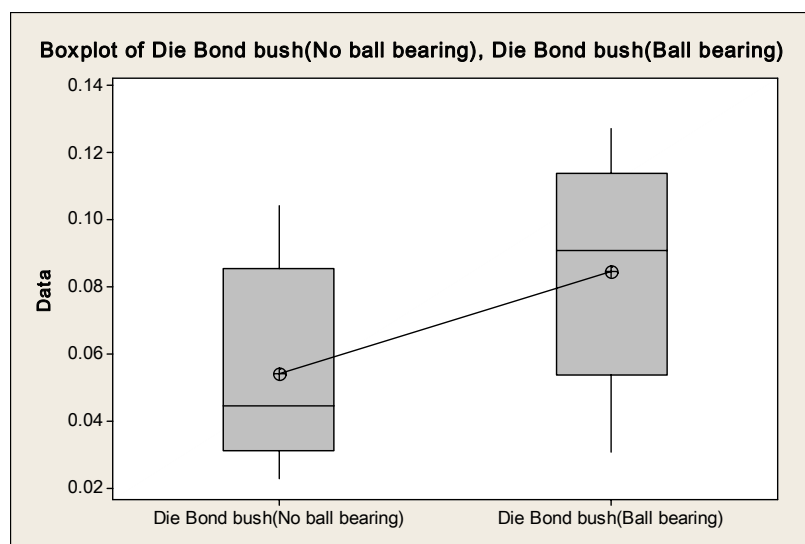
พิจารณากรณีที่ 2. สำหรับการวิเคราะห์ของ Two-Sample T-Test

- สมมุติฐานหลัก Null Hypothesis (H_0)

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ แกนของ Die bond ไม่มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y

- สมมุติฐานแย้ง Alternative Hypothesis (H_a)

$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$ แกนของ Die bond มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y

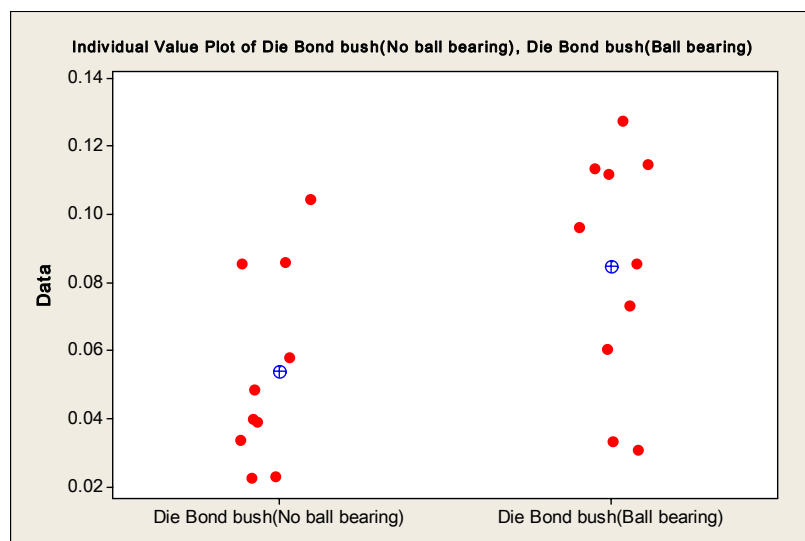


ภาพที่ 4.20

Box plot สำหรับ Die Bond bush ไม่มีตลับลูกปืน (No ball bearing)

และ Die Bond bush มีตลับลูกปืน (Ball bearing)

จากการเปรียบเทียบผลของความแตกต่างจากภาพที่ 4.20 เป็นแผนภาพกล่องสำหรับ Die Bond bush ไม่มีตลับลูกปืน (No ball bearing) และ Die Bond bush มีตลับลูกปืน (Ball bearing) ซึ่งพบว่า ข้อมูลของ Die Bond bush ไม่มีตลับลูกปืน (No ball bearing) มีแนวโน้มจะต่ำกว่า ข้อมูลของ Die Bond bush มีตลับลูกปืน (Ball bearing)



ภาพที่ 4.21

กราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูล สำหรับ Die Bond bush ไม่มีตลับลูกปืน (No ball bearing) และ Die Bond bush มีตลับลูกปืน (Ball bearing)

การตรวจสอบของการกระจายตัวของข้อมูล สำหรับ Die Bond bush ไม่มีตลับลูกปืน (No ball bearing) และ Die Bond bush มีตลับลูกปืน (Ball bearing) ดังภาพที่ 4.21 พบว่า ไม่พบรูปแบบการกระจายตัวที่ผิดปกติและมีแนวโน้มที่มีการกระจายตัวของข้อมูลคงที่

การวิเคราะห์ Two-Sample T-Test และ Confidence Interval ของแกนของ Die Bond bush ไม่มีตลับลูกปืน (No ball bearing) และ Die Bond bush มีตลับลูกปืน (Ball bearing) โดยใช้โปรแกรม Minitab แสดงดังต่อไปนี้

Two-Sample T-Test and CI: Die Bond bush (No ball bearing), Die Bond bush (Ball bearing)

Two-sample T for Die Bond bush (No ball bearing) vs Die Bond bush (Ball bearing)

	N	Mean	StDev	SE Mean
Die Bond bush (No ball bearing)	10	0.0542	0.0286	0.0090
Die Bond bush (Ball bearing)	10	0.0849	0.0345	0.011

Difference = μ (Die Bond bush (No ball bearing)) - μ (Die Bond bush (Ball bearing))

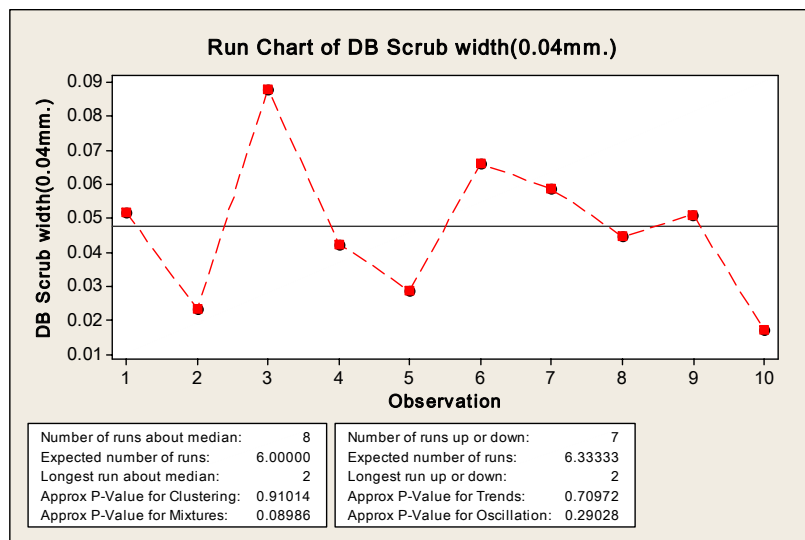
Estimate for difference: -0.030650

95% CI for difference: (-0.060409, -0.000891)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -2.16 P-Value = 0.044 DF = 18

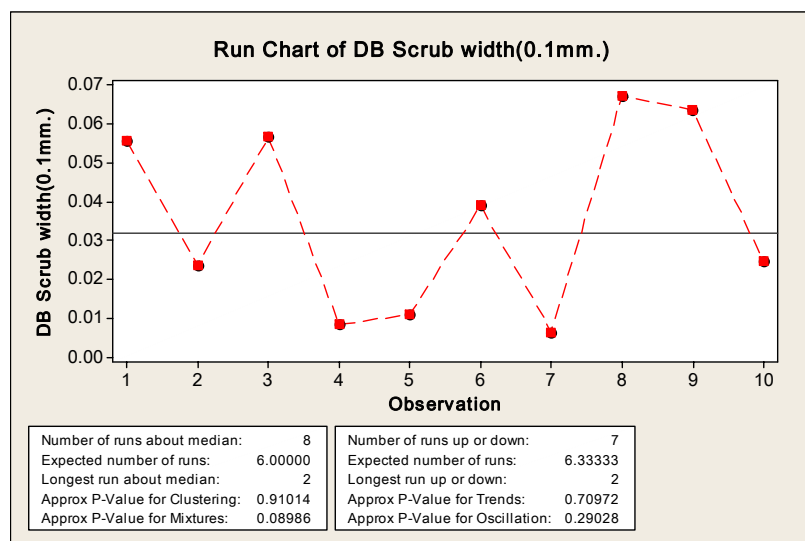
จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab สรุปได้ว่า ค่าของ p-value เท่ากับ 0.044 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสามารถยอมรับ H_a และปฏิเสธ H_o : (แกนของ Die bond มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y)

4.3.2 พิจารณาที่ X_2 = ความกว้างของการขี้ Die bonding



ภาพที่ 4.22

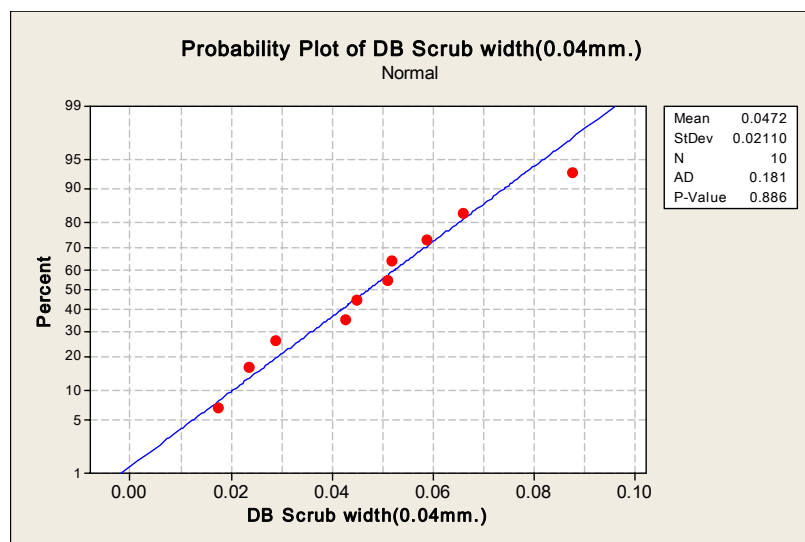
กราฟแสดง Run Chart สำหรับ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04mm.



ภาพที่ 4.23

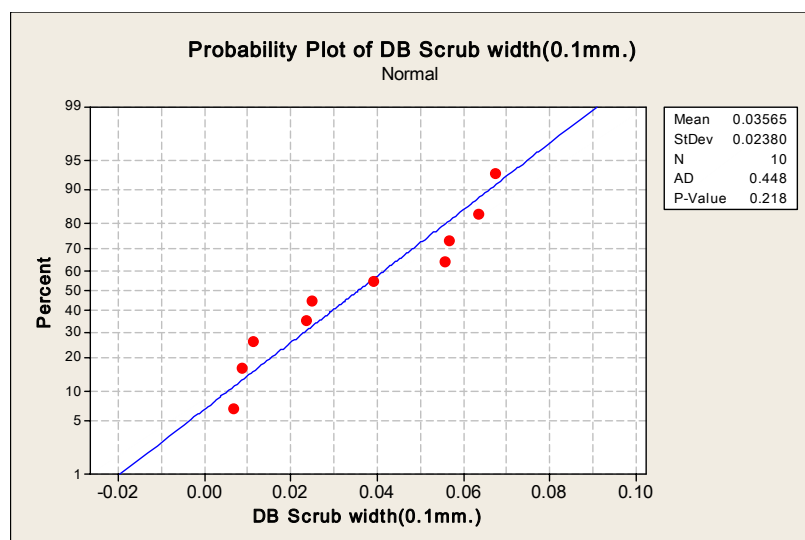
กราฟแสดง Run Chart สำหรับ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.1mm.

จากภาพที่ 4.22 สำหรับความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04mm. และ ภาพที่ 4.23 สำหรับ สำหรับความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.1mm. พบว่าค่าของ P-Value ของทั้งสองภาพมากกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่ามีลักษณะการกระจายแบบสุ่ม (Random) ที่ไม่มีสาเหตุเฉพาะและ มีลักษณะไม่คงที่ไปหาค่าใดค่าหนึ่งโดยเฉพาะเจาะจง



ภาพที่ 4.24

กราฟแสดง Normal test สำหรับ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04 mm.



ภาพที่ 4.25

กราฟแสดง Normal test สำหรับ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.1 mm.

จากภาพที่ 4.24 สำหรับ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04 mm. มีค่าของ P-Value เท่ากับ 0.886 และ ภาพที่ 4.25 สำหรับ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.1 mm. มีค่าของ P-Value เท่ากับ 0.218 พบว่า ค่าของ P-Value ทั้งสองภาพนั้นมีค่ามากกว่า 0.05 และข้อมูลมีการกระจายตามแนวเส้นตรง จึงสามารถสรุปได้ว่าทั้งสองภาพ มีการกระจายแบบปกติ (Normal distribution)

กำหนดให้ σ^2_1 : ข้อมูลความแปรปรวนของความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04 mm.

σ^2_2 : ข้อมูลความแปรปรวนของความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.1 mm.

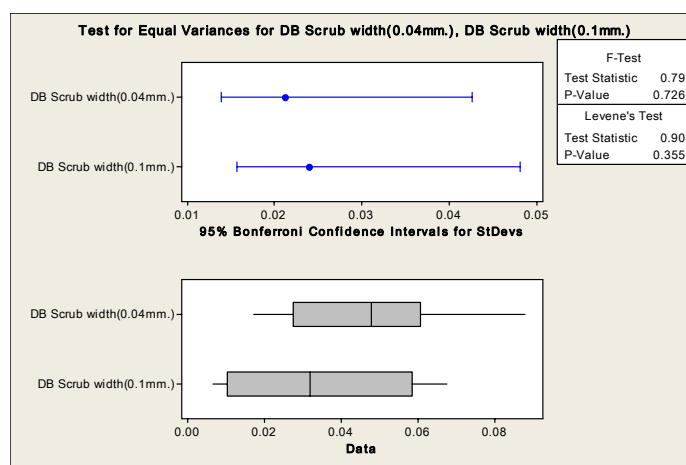
พิจารณากรณีที่ 1. สำหรับการวิเคราะห์ของ Test for Equal Variances เพื่อเป็นการตรวจสอบความเสถียรความแปรปรวนและ แสดงถึงข้อมูลที่เกิดขึ้นจากสาเหตุที่สามารถควบคุมได้

■ สมมุติฐานหลัก Null Hypothesis (H_0)

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$ ข้อมูลความแปรปรวนของความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04 mm. และ 0.1 mm. ไม่มีความแตกต่างกัน

■ สมมุติฐานแย้ง Alternative Hypothesis (H_a)

$H_a : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ ข้อมูลความแปรปรวนของความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04 mm. และ 0.1 mm. มีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.26

Test for Equal Variances สำหรับความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04 mm.
และ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.1 mm.

การวิเคราะห์ Test for Equal Variances สำหรับความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04mm. และ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.1mm. โดยใช้โปรแกรม Minitab แสดงดังต่อไปนี้

Test for Equal Variances: DB Scrub width (0.04mm.), DB Scrub width (0.1mm.)

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

	N	Lower	StDev	Upper
DB Scrub width (0.04mm.)	10	0.0138018	0.0210997	0.0424874
DB Scrub width (0.1mm.)	10	0.0155662	0.0237971	0.0479191

F-Test (normal distribution) Test statistic = 0.79, p-value = 0.726

Levene's Test (any continuous distribution) Test statistic = 0.90, p-value = 0.355

จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab สรุปได้ว่า ค่าของ p-value ของ Levene's Test เท่ากับ 0.355 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสามารถปฏิเสธ H_a และยอมรับ H_o ; (ข้อมูลความแปรปรวนของความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04 mm. และ 0.1 mm. ไม่มีความแตกต่างกัน) จึงสามารถใช้การวิเคราะห์ของ Two-Sample T-Test แบบ Equal Variances ได้)

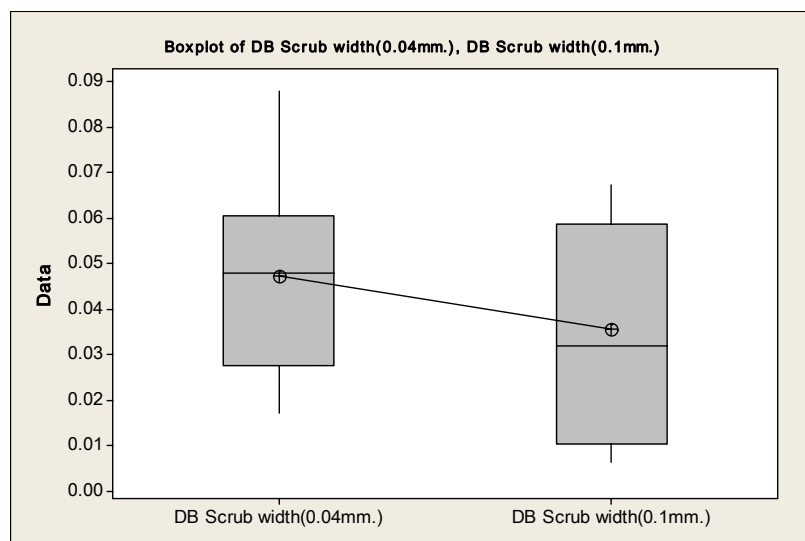
พิจารณากรณีที่ 2. สำหรับการวิเคราะห์ของ Two-Sample T-Test

- สมมุติฐานหลัก Null Hypothesis (H_o)

$H_o : \mu_1 = \mu_2$ ความกว้างของการขี้ Die bonding ไม่นัยสำคัญกับ ค่าของ Y

- สมมุติฐานแย้ง Alternative Hypothesis (H_a)

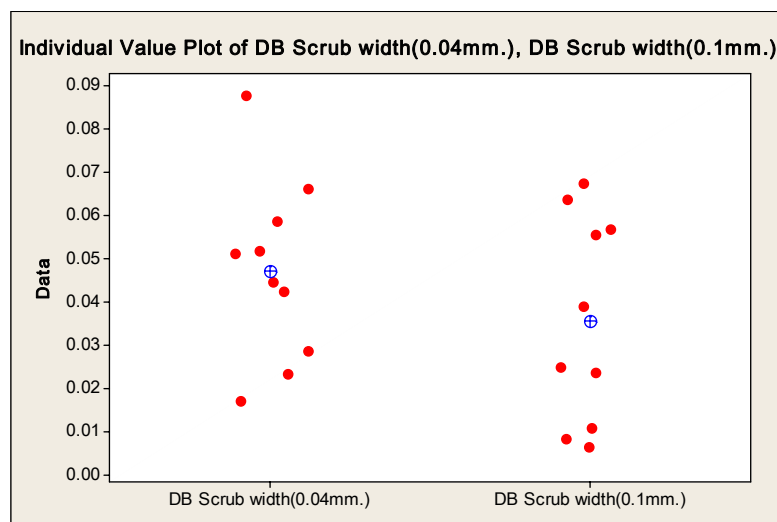
$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$ ความกว้างของการขี้ Die bonding มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y



ภาพที่ 4.27

Box plot สำหรับ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04mm.
และ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.1mm.

จากการเปรียบเทียบผลของความแตกต่างจากภาพที่ 4.27 เป็นแผนภาพกล่องสำหรับ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04 mm. และความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.1 mm. ซึ่งพบว่า ข้อมูลของ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04 mm. มีแนวโน้มจะสูงกว่าข้อมูลของความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.1 mm.



ภาพที่ 4.28

กราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูล ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04mm.
และ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.1mm.

การตรวจสอบของการกระจายตัวของข้อมูล ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04 mm. และ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.1 mm. ดังภาพที่ 4.28 พบว่า ไม่พบรูปแบบการกระจายตัวที่ผิดปกติและมีแนวโน้มที่มีการกระจายตัวของข้อมูลคงที่

การวิเคราะห์ Two-Sample T-Test และ Confidence Interval ของ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.04 mm. และ ความกว้างของการขี้ Die bonding ที่ 0.1 mm. โดยการใช้โปรแกรม Minitab แสดงดังต่อไปนี้

Two-Sample T-Test and CI: DB Scrub width (0.04mm.), DB Scrub width (0.1mm.)

Two-sample T for DB Scrub width (0.04mm.) vs DB Scrub width (0.1mm.)

	N	Mean	StDev	SE Mean
DB Scrub width (0.04mm.)	10	0.0472	0.0211	0.0067
DB Scrub width (0.1mm.)	10	0.0357	0.0238	0.0075

Difference = μ (DB Scrub width(0.04mm.)) - μ (DB Scrub width(0.1mm.))

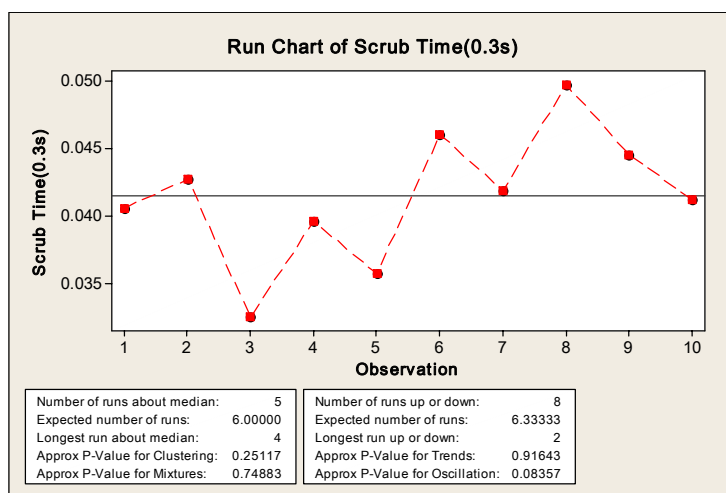
Estimate for difference: 0.011550

95% CI for difference: (-0.009580, 0.032680)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1.15 P-Value = 0.266 DF = 18

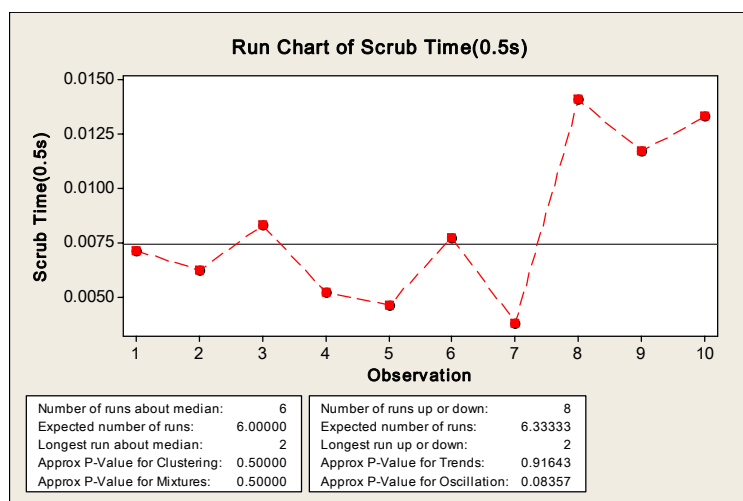
จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab สรุปได้ว่า ค่าของ p-value เท่ากับ 0.266 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสามารถปฏิเสธ H_a และ ยอมรับ H_o : (ความกว้างของการขี้ Die bonding ไม่นัยสำคัญกับ ค่าของ Y)

4.3.3 พิจารณาที่ X_3 = เวลาการขี้ Die bonding



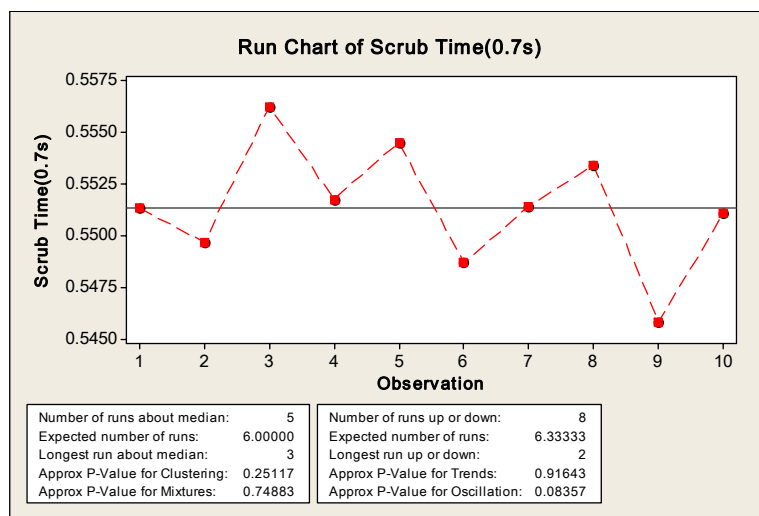
ภาพที่ 4.29

กราฟแสดง Run Chart สำหรับ เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.3s



ภาพที่ 4.30

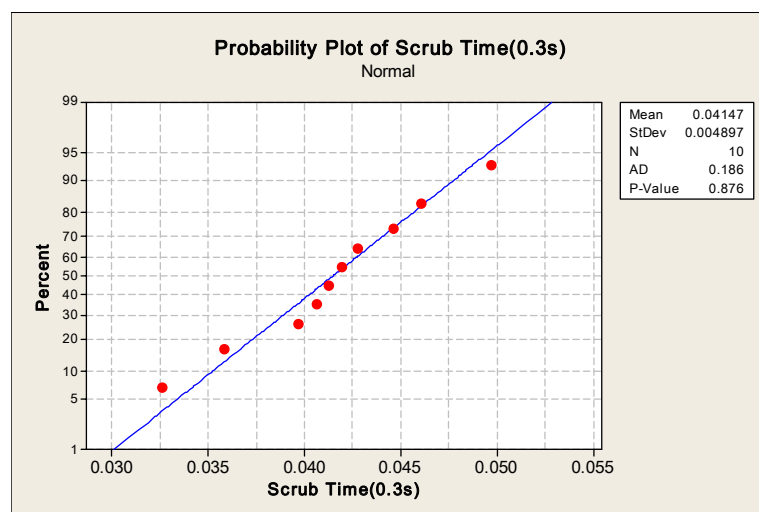
กราฟแสดง Run Chart สำหรับ เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.5s



ภาพที่ 4.31

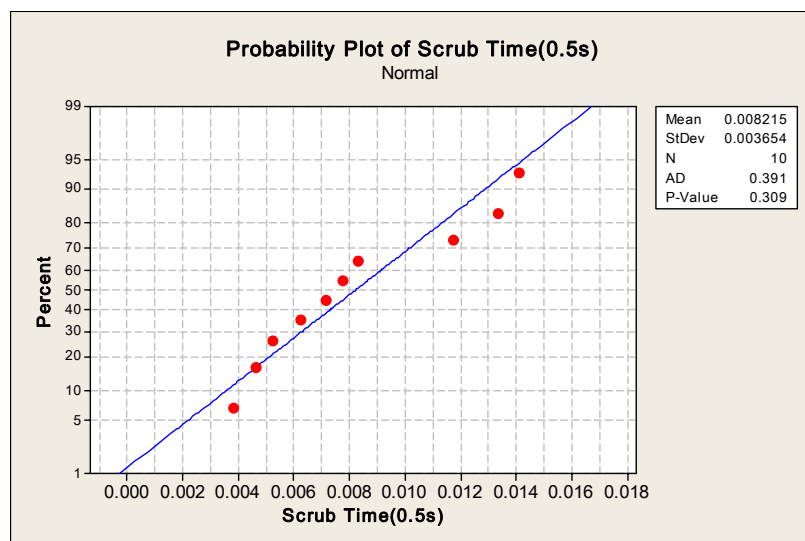
กราฟแสดง Run Chart สำหรับ เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.7s

จากภาพที่ 4.29 สำหรับเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.3s, ภาพที่ 4.30 สำหรับเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.5s และ ภาพที่ 4.31 สำหรับเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.7s พบว่าค่าของ P-Value ของทั้งสามภาพมากกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่ามีลักษณะการกระจายแบบสุ่ม (Random) ที่ไม่มีสาเหตุเฉพาะและมีลักษณะไม่คงที่ไปหาค่าใดค่าหนึ่งโดยเฉพาะเจาะจง



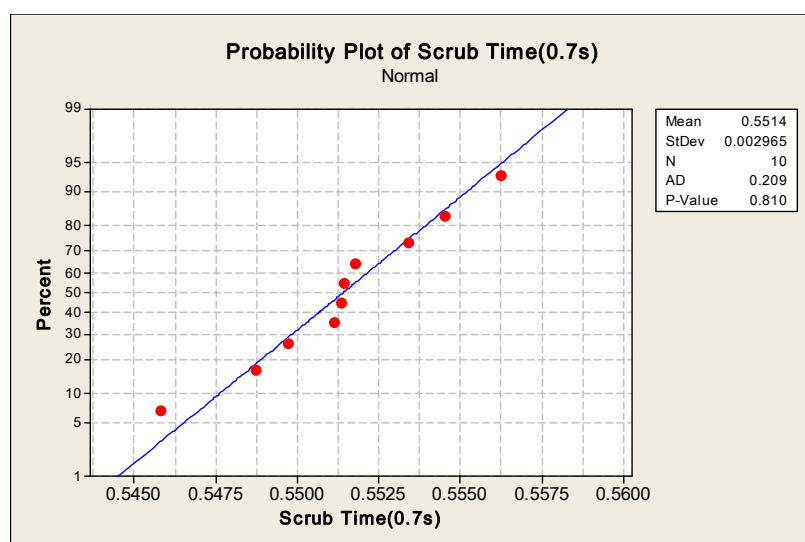
ภาพที่ 4.32

กราฟแสดง Normal test สำหรับ เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.3s



ภาพที่ 4.33

กราฟแสดง Normal test สำหรับเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.5s



ภาพที่ 4.34

กราฟแสดง Normal test สำหรับเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.7s

จากภาพที่ 4.32 สำหรับเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.3s มีค่าของ P-Value เท่ากับ 0.876, ภาพที่ 4.33 สำหรับเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.5s มีค่าของ P-Value เท่ากับ 0.309 และ ภาพที่ 4.34 สำหรับเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.7s มีค่าของ P-Value เท่ากับ 0.810 พบว่าค่าของ P-Value ทั้งสามภาพนั้นมีค่ามากกว่า 0.05 และข้อมูลมีการกระจายตามแนวเส้นตรง จึงสามารถสรุปได้ว่าทั้งสองภาพ มีการกระจายแบบปกติ (Normal distribution)

กำหนดให้ σ^2_1 : ข้อมูลความแปรปรวนของเวลาการขี้ที่ Die bonding ที่ 0.3s

σ^2_2 : ข้อมูลความแปรปรวนของเวลาการขี้ที่ Die bonding ที่ 0.5s

σ^2_3 : ข้อมูลความแปรปรวนของเวลาการขี้ที่ Die bonding ที่ 0.7s

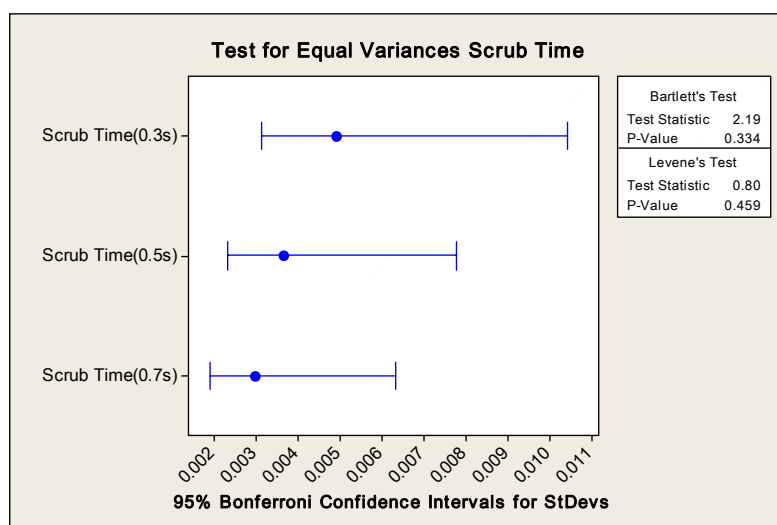
พิจารณากรณีที่ 1. สำหรับการวิเคราะห์ของ Test for Equal Variances เพื่อเป็นการตรวจสอบความเสถียรความแปรปรวนและ แสดงถึงข้อมูลที่เกิดขึ้นจากสาเหตุที่สามารถควบคุมได้

■ สมมุติฐานหลัก Null Hypothesis (H_0)

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3$ ข้อมูลความแปรปรวนของเวลาการขี้ที่ Die bonding ที่ 0.3s., 0.5s และ 0.7s ไม่มีความแตกต่างกัน

■ สมมุติฐานแย้ง Alternative Hypothesis (H_a)

$H_a : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2 \neq \sigma^2_3$ ข้อมูลความแปรปรวนของเวลาการขี้ที่ Die bonding ที่ 0.3s., 0.5s และ 0.7s มีความแตกต่างกัน (อย่างน้อยที่สุดหนึ่งคู่ที่แตกต่างกัน)



ภาพที่ 4.35

Test for Equal Variances สำหรับเวลาการขี้ Die bonding

การวิเคราะห์ Test for Equal Variances for Q'ty of Scrub Time ของ เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.3s., 0.5s และ 0.7s โดยการใช้โปรแกรม Minitab แสดงดังต่อไปนี้

Test for Equal Variances: Q'ty versus Scrub Time

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

	N	Lower	StDev	Upper
Scrub Time (0.3s)	10	0.0031198	0.0048973	0.0104218
Scrub Time (0.5s)	10	0.0023279	0.0036542	0.0077764
Scrub Time (0.7s)	10	0.0018891	0.0029655	0.0063108

Bartlett's Test (normal distribution) Test statistic = 2.19, p-value = 0.334

Levene's Test (any continuous distribution) Test statistic = 0.80, p-value = 0.459

จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab สรุปได้ว่า ค่าของ p-value ของ Levene's Test เท่ากับ 0.459 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสามารถปฏิเสธ H_a และยอมรับ H_o ; (ข้อมูลความแปรปรวนของ เวลาการขี้ที่ Die bonding ที่ 0.3s. , 0.5s และ 0.7s ไม่มีความแตกต่างกัน) จึงสามารถใช้การวิเคราะห์ของ One-way ANOVA ได้)

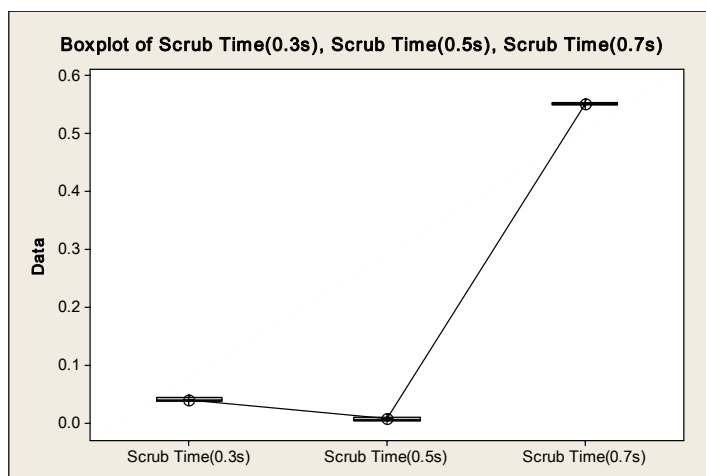
พิจารณากรณีที่ 2. สำหรับการวิเคราะห์ของ One-way ANOVA

- สมมุติฐานหลัก Null Hypothesis (H_o)

$H_o : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ เวลาการขี้ที่ Die bonding ไม่นัยสำคัญกับ ค่าของ Y

- สมมุติฐานแย้ง Alternative Hypothesis (H_a)

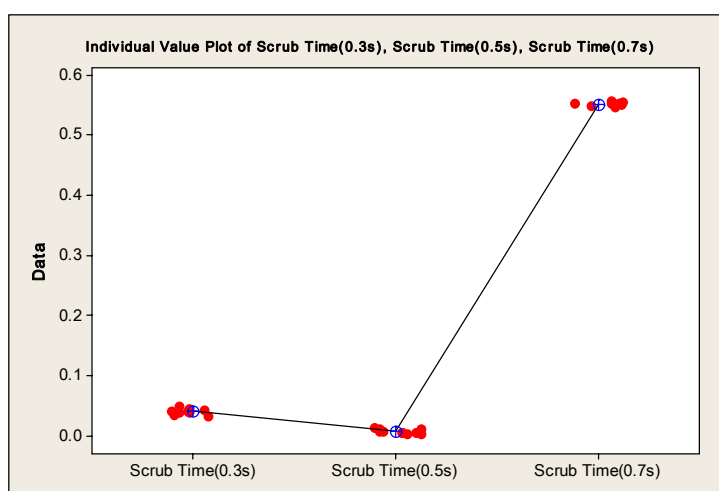
$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ เวลาการขี้ที่ Die bonding มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y



ภาพที่ 4.36

Box plot สำหรับเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.3s, เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.5s และ เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.7s

จากการเปรียบเทียบผลของความแตกต่างจากภาพที่ 4.36 เป็นแผนภาพกล่องสำหรับเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.3s, เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.5s และ เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.7s ซึ่งพบว่าข้อมูลของเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.7s มีแนวโน้มจะสูงที่สุด แต่ข้อมูลของเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.3s และ เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.5s ไม่แตกต่างกันมากนัก



ภาพที่ 4.37

กราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูลเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.3s, เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.5s และ เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.7s

การตรวจสอบของการกระจายตัวของข้อมูลเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.3s, เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.5s และเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.7s ดังภาพที่ 4.37 พบว่าไม่พบรูปแบบการกระจายตัวที่ผิดปกติและมีแนวโน้มที่มีการกระจายตัวของข้อมูลคงที่

การวิเคราะห์ One-way ANOVA ของข้อมูลเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.3s, เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.5s และ เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.7s โดยการใช้โปรแกรม Minitab แสดงดังต่อไปนี้

One-way ANOVA: Scrub Time (0.3s), Scrub Time (0.5s), Scrub Time (0.7s)

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	1.853920	0.926960	60282.98	<u>0.000</u>
Error	27	0.000415	0.000015		
Total	29	1.854335			

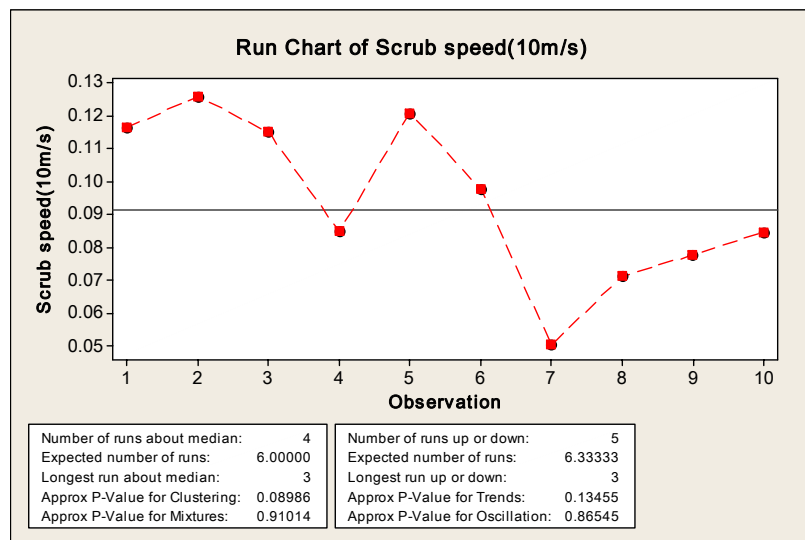
S = 0.003921 R-Sq = 99.98% R-Sq(adj) = 99.98%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	+-----+-----+-----+-----
Scrub Time (0.3s)	10	0.04147	0.00490	*
Scrub Time (0.5s)	10	0.00822	0.00365	(*
Scrub Time (0.7s)	10	0.55140	0.00297	*
				+-----+-----+-----+-----
				0.00 0.15 0.30 0.45

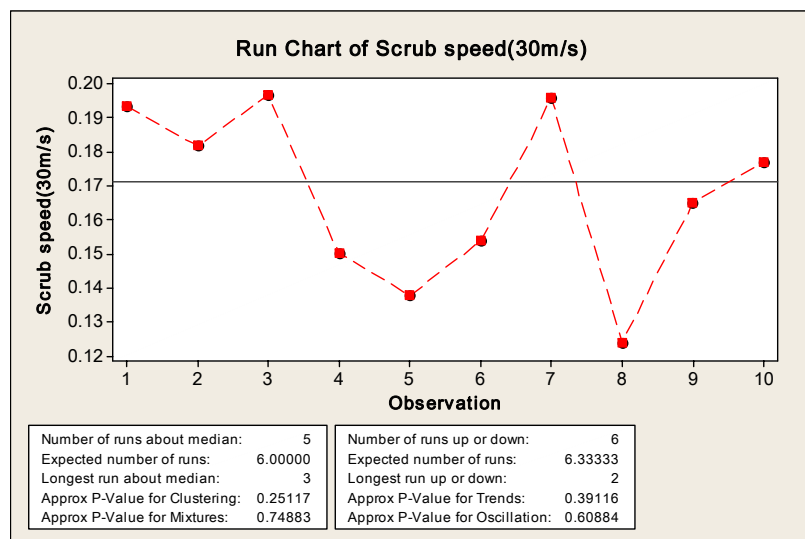
จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab สรุปได้ว่า ค่าของ p-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสามารถยอมรับ H_a และปฏิเสธ H_o : (เวลาการขี้ที่ Die bonding ที่ มีนัยสำคัญกับค่าของ Y)

4.3.4 พิจารณาที่ X4 = ความเร็วของการขี้



ภาพที่ 4.38

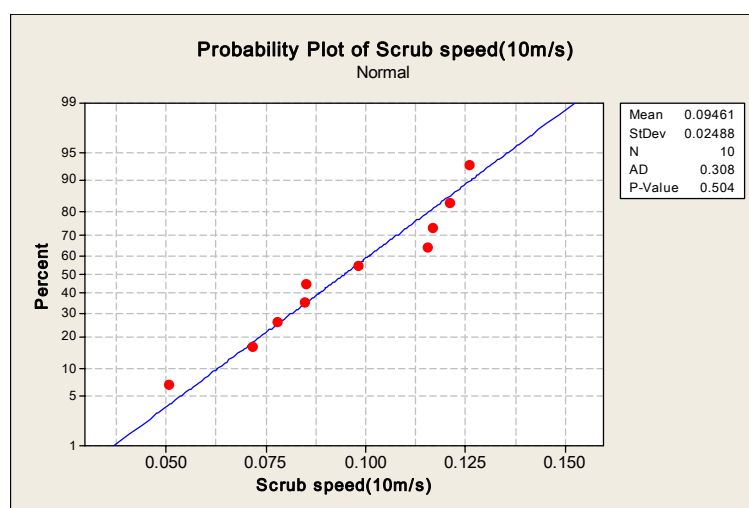
กราฟแสดง Run Chart สำหรับความเร็วของการขี้ที่ 10m/s



ภาพที่ 4.39

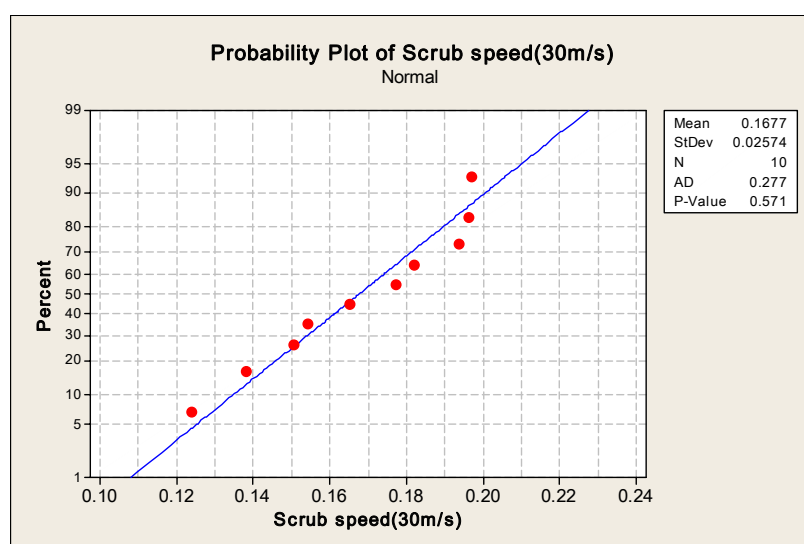
กราฟแสดง Run Chart สำหรับความเร็วของการขี้ที่ 30m/s

จากภาพที่ 4.38 สำหรับความเร็วของการขี้ที่ 10m/s และ ภาพที่ 4.39 สำหรับความเร็วของการขี้ที่ 30m/s พบว่าค่าของ P-Value ของทั้งสองภาพมากกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่ามีลักษณะการกระจายแบบสุ่ม (Random) ที่ไม่มีสาเหตุเฉพาะและ มีลักษณะไม่คงที่ไปหาค่าใดค่าหนึ่ง โดยเฉพาะเจาะจง



ภาพที่ 4.40

กราฟแสดง Normal test สำหรับความเร็วของการขี้ที่ 10m/s



ภาพที่ 4.41

กราฟแสดง Normal test สำหรับความเร็วของการขี้ที่ 30m/s

จากภาพที่ 4.40 สำหรับความเร็วของการขี้ที่ 10m/s มีค่าของ P-Value เท่ากับ 0.504 และ ภาพที่ 4.41 สำหรับความเร็วของการขี้ที่ 30m/s มีค่าของ P-Value เท่ากับ 0.571 พบว่าค่าของ P-Value ทั้งสองภาพนั้นมีค่ามากกว่า 0.05 และข้อมูลมีการกระจายตามแนวเส้นตรง จึงสามารถสรุปได้ว่าทั้งสองภาพ มีการกระจายแบบปกติ (Normal distribution)

กำหนดให้ σ^2_1 : ข้อมูลความแปรปรวนของความเร็วของการขี้ ที่ 10 m/s

σ^2_2 : ข้อมูลความแปรปรวนของความเร็วของการขี้ ที่ 30 m/s

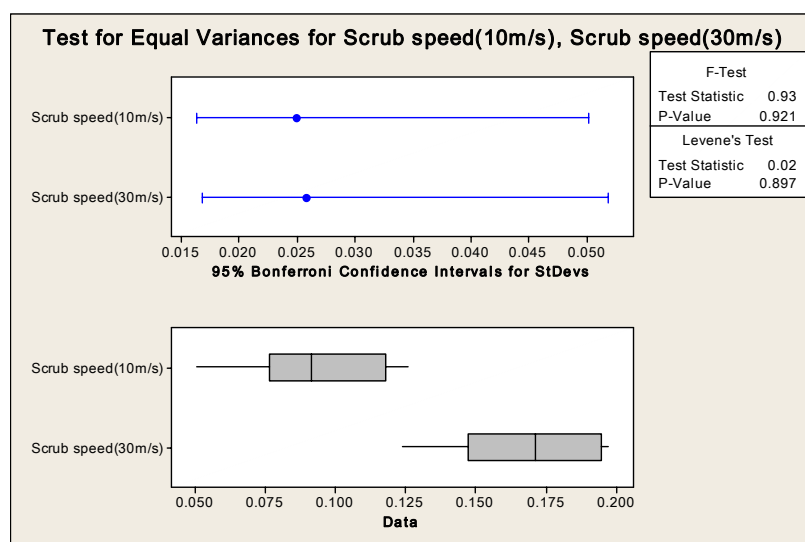
พิจารณากรณีที่ 1. สำหรับการวิเคราะห์ของ Test for Equal Variances เพื่อเป็นการตรวจสอบความเสถียรความแปรปรวนและ แสดงถึงข้อมูลที่เกิดขึ้นจากสาเหตุที่สามารถควบคุมได้

- สมมุติฐานหลัก Null Hypothesis (H_0)

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$ ข้อมูลความแปรปรวนของความเร็วของการขี้ ที่ 10 m/s และ 30 m/s ไม่มีความแตกต่างกัน

- สมมุติฐานแย้ง Alternative Hypothesis (H_a)

$H_a : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ ข้อมูลความแปรปรวนของความเร็วของการขี้ ที่ 10 m/s และ 30 m/s มีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.42

Test for Equal Variances สำหรับความเร็วของการขี้ที่ 10m/s และความเร็วของการขี้ที่ 30m/s

การวิเคราะห์ Test for Equal Variances ของความเร็วของการขี้ที่ 10m/s และ ความเร็วของการขี้ที่ 30m/s โดยใช้โปรแกรม Minitab แสดงดังต่อไปนี้

Test for Equal Variances: Scrub speed (10m/s), Scrub speed (30m/s)

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

	N	Lower	StDev	Upper
Scrub speed (10m/s)	10	0.0162738	0.0248788	0.0500972
Scrub speed (30m/s)	10	0.0168376	0.0257406	0.0518327

F-Test (normal distribution) Test statistic = 0.93, p-value = 0.921

Levene's Test (any continuous distribution) Test statistic = 0.02, p-value = 0.897

จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab สรุปได้ว่า ค่าของ p-value ของ Levene's Test เท่ากับ 0.897 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสามารถปฏิเสธ H_a และยอมรับ H_o ; (ข้อมูลความแปรปรวนของความเร็วของการขี้ ที่ 10 m/s และ 30 m/s ไม่มีความแตกต่างกัน) จึงสามารถใช้การวิเคราะห์ของ Two-Sample T-Test แบบ Equal Variances ได้

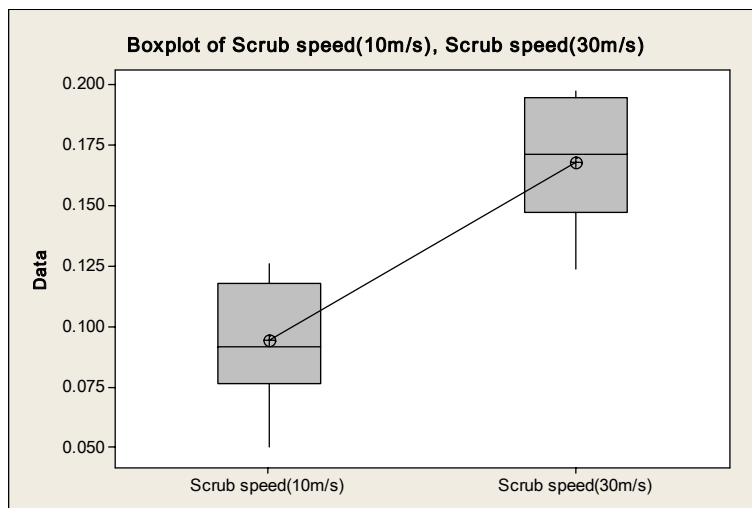
พิจารณากรณีที่ 2. สำหรับการวิเคราะห์ของ Two-Sample T-Test

- สมมุติฐานหลัก Null Hypothesis (H_o)

$H_o : \mu_1 = \mu_2$ ความเร็วของการขี้ ไม่มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y

- สมมุติฐานแย้ง Alternative Hypothesis (H_a)

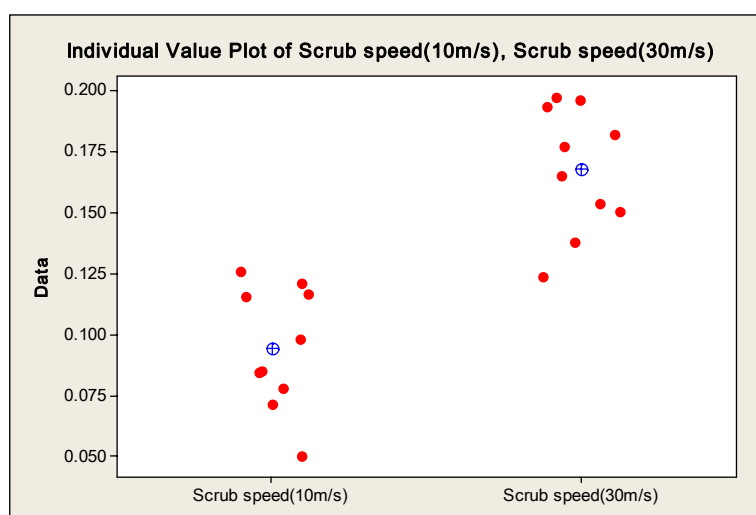
$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$ ความเร็วของการขี้ มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y



ภาพที่ 4.43

Box plot สำหรับความเร็วของการขี้ที่ 10m/s และ ความเร็วของการขี้ที่ 30m/s

จากการเปรียบเทียบผลของความแตกต่างจากภาพที่ 4.43 เป็นแผนภาพกล่องความเร็วของการขี้ที่ 10m/s และ ความเร็วของการขี้ที่ 30m/s ซึ่งพบว่าข้อมูลของความเร็วของการขี้ที่ 30m/s มีแนวโน้มจะสูงกว่าข้อมูลของความเร็วของการขี้ที่ 10m/s



ภาพที่ 4.44

กราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูลความเร็วของการขี้ที่ 10m/s และ ความเร็วของการขี้ที่ 30m/s

การตรวจสอบของการกระจายตัวของข้อมูลความเร็วของการขี้ที่ 10m/s และ ความเร็วของการขี้ที่ 30m/s ดังภาพที่ 4.44 พบว่าไม่พบรูปแบบการกระจายตัวที่ผิดปกติและมีแนวโน้มที่มี การกระจายตัวของข้อมูลคงที่

การวิเคราะห์ Two-Sample T-Test และ Confidence Interval ของความเร็วของการขี้ที่ 10m/s และ ความเร็วของการขี้ที่ 30m/s โดยการใช้โปรแกรม Minitab แสดงดังต่อไปนี้

Two-Sample T-Test and CI: Scrub speed (10m/s), Scrub speed (30m/s)

Two-sample T for Scrub speed (10m/s) vs Scrub speed (30m/s)

	N	Mean	StDev	SE Mean
Scrub speed (10m/s)	10	0.0946	0.0249	0.0079
Scrub speed (30m/s)	10	0.1677	0.0257	0.0081

Difference = μ (Scrub speed(10m/s)) - μ (Scrub speed(30m/s))

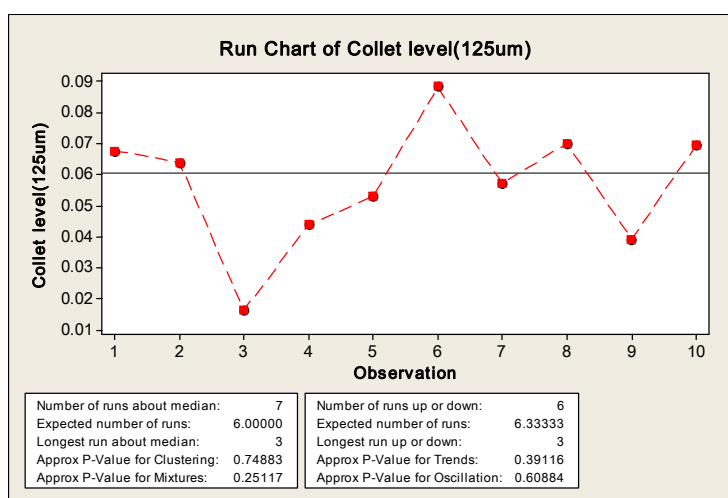
Estimate for difference: -0.073076

95% CI for difference: (-0.096859, -0.049292)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -6.46 P-Value = 0.000 DF = 18

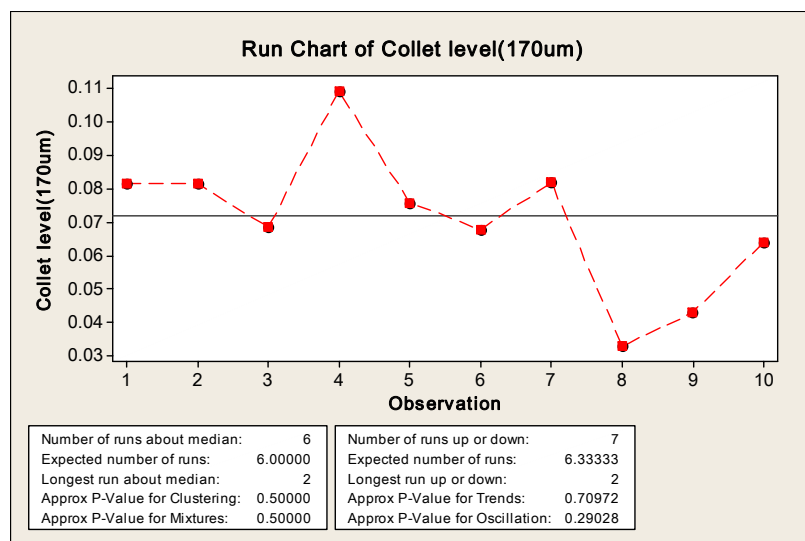
จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab สรุปได้ว่า ค่าของ p-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสามารถยอมรับ H_a และปฏิเสธ H_o : (ความเร็วของการขี้ มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y)

4.3.5 พิจารณาที่ X5 = ระดับของ Collet



ภาพที่ 4.45

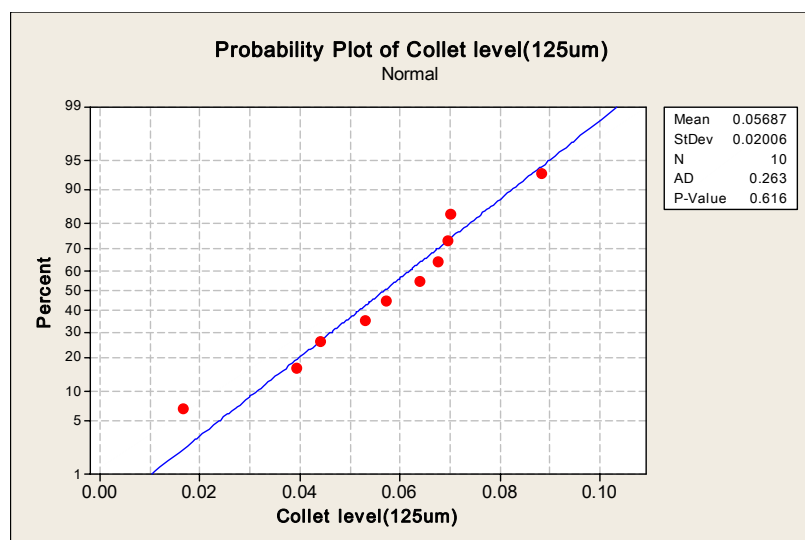
กราฟแสดง Run Chart สำหรับระดับของ Collet ที่ 125um



ภาพที่ 4.46

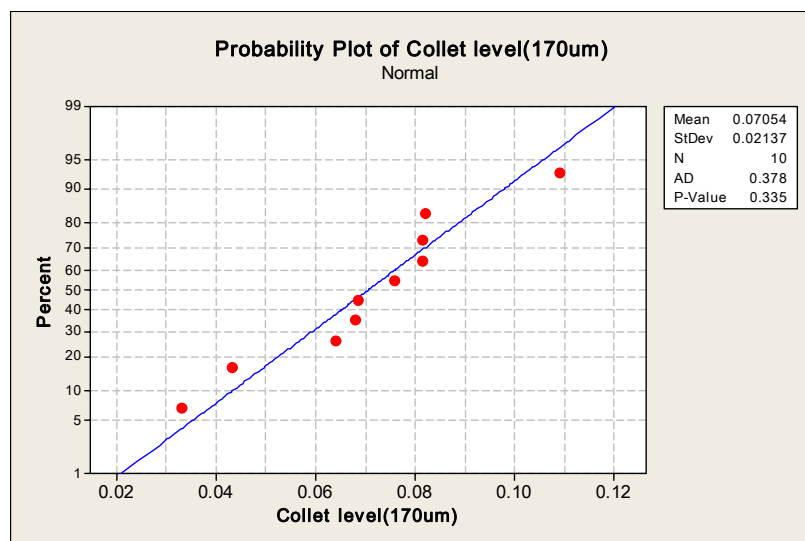
กราฟแสดง Run Chart สำหรับระดับของ Collet ที่ 170um

จากภาพที่ 4.45 สำหรับระดับของ Collet ที่ 125um และ ภาพที่ 4.46 สำหรับระดับของ Collet ที่ 170um พบว่าค่าของ P-Value ของทั้งสองภาพมากกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่ามีลักษณะการกระจายแบบสุ่ม (Random) ที่ไม่มีสาเหตุเฉพาะและมีลักษณะไม่คงที่ไปหาค่าใดค่าหนึ่งโดยเฉพาะเจาะจง



ภาพที่ 4.47

กราฟแสดง Normal test สำหรับระดับของ Collet ที่ 125um



ภาพที่ 4.48

กราฟแสดง Normal test สำหรับระดับของ Collet ที่ 170um

จากภาพที่ 4.47 สำหรับระดับของ Collet ที่ 125um มีค่าของ P-Value เท่ากับ 0.616 และภาพที่ 4.48 สำหรับระดับของ Collet ที่ 170um มีค่าของ P-Value เท่ากับ 0.335 พบว่าค่าของ P-Value ทั้งสองภาพนั้นมีค่ามากกว่า 0.05 และข้อมูลมีการกระจายตามแนวเส้นตรง จึงสามารถสรุปได้ว่าทั้งสองภาพ มีการกระจายแบบปกติ (Normal distribution)

กำหนดให้ σ^2_1 : ข้อมูลความแปรปรวนของระดับของ Collet ที่ 125um

σ^2_2 : ข้อมูลความแปรปรวนของระดับของ Collet ที่ 170um

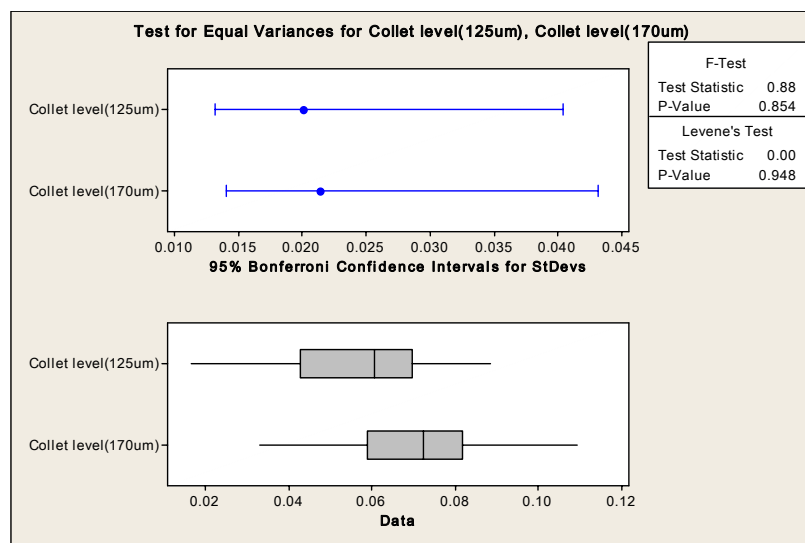
พิจารณากรณีที่ 1. สำหรับการวิเคราะห์ของ Test for Equal Variances เพื่อเป็นการตรวจสอบความเสถียรความแปรปรวนและ แสดงถึงข้อมูลที่เกิดขึ้นจากสาเหตุที่สามารถควบคุมได้

- สมมุติฐานหลัก Null Hypothesis (H_0)

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$ ข้อมูลความแปรปรวนของระดับของ Collet ที่ 125um และ 170um ไม่มีความแตกต่างกัน

- สมมุติฐานแย้ง Alternative Hypothesis (H_a)

$H_a : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ ข้อมูลความแปรปรวนของระดับของ Collet ที่ 125um และ 170um มีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.49

Test for Equal Variances สำหรับระดับของ Collet ที่ 125 um และระดับของ Collet ที่ 170 um

การวิเคราะห์ Test for Equal Variances ของระดับของ Collet ที่ 125um และระดับของ Collet ที่ 170um โดยการใช้โปรแกรม Minitab แสดงดังต่อไปนี้

Test for Equal Variances: Collet level (125um), Collet level (170um)

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

	N	Lower	StDev	Upper
Collet level (125um)	10	0.0131222	0.0200608	0.0403955
Collet level (170um)	10	0.0139785	0.0213699	0.0430315

F-Test (normal distribution) Test statistic = 0.88, p-value = 0.854

Levene's Test (any continuous distribution) Test statistic = 0.00, p-value = 0.948

จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab สรุปได้ว่า ค่าของ p-value ของ Levene's Test เท่ากับ 0.948 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสามารถปฏิเสธ H_a และยอมรับ H_o ; (ข้อมูลความแปรปรวนของระดับของ Collet ที่ 125 um และ 170 um ไม่มีความแตกต่างกัน) จึงสามารถใช้การวิเคราะห์ของ Two-Sample T-Test แบบ Equal Variances ได้

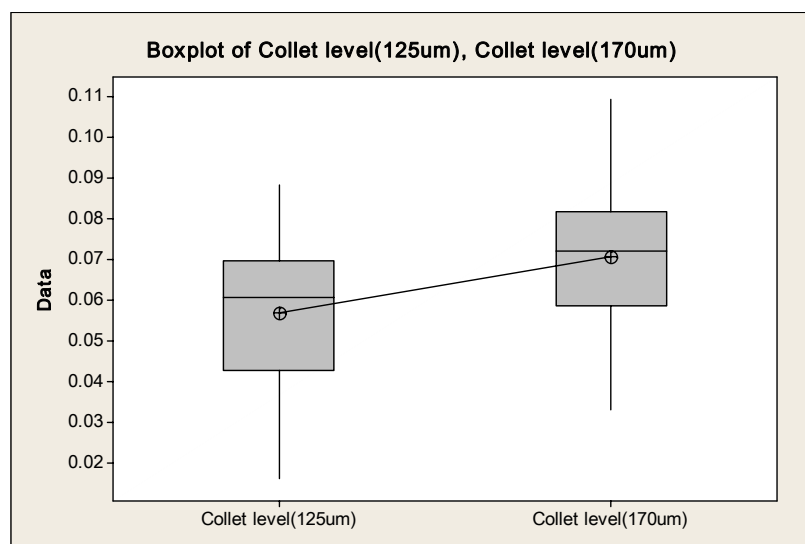
พิจารณากรณีที่ 2. สำหรับการวิเคราะห์ของ Two-Sample T-Test

- สมมติฐานหลัก Null Hypothesis (H_0)

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ ระดับของ Collet ไม่มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y

- สมมติฐานแย้ง Alternative Hypothesis (H_a)

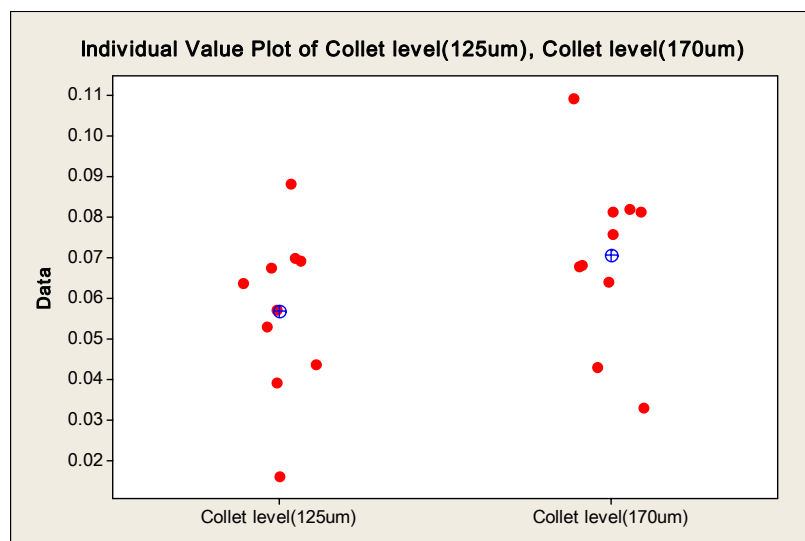
$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$ ระดับของ Collet มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y



ภาพที่ 4.50

Box plot สำหรับระดับของ Collet ที่ 125um และระดับของ Collet ที่ 170um

จากการเปรียบเทียบผลของความแตกต่างจากภาพที่ 4.50 เป็นแผนภาพกล่องของระดับของ Collet ที่ 125um และระดับของ Collet ที่ 170um ซึ่งพบว่าข้อมูลของระดับของ Collet ที่ 170um มีแนวโน้มจะสูงกว่าข้อมูลของระดับของ Collet ที่ 125um



ภาพที่ 4.51

กราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูลระดับของ Collet ที่ 125 um และระดับของ Collet ที่ 170 um

การตรวจสอบของการกระจายตัวของข้อมูลระดับของ Collet ที่ 125um และระดับของ Collet ที่ 170um ดังภาพที่ 4.51 พบว่า ไม่พบรูปแบบการกระจายตัวที่ผิดปกติและมีแนวโน้มที่มีการกระจายตัวของข้อมูลคงที่

การวิเคราะห์ Two-Sample T-Test และ Confidence Interval ของระดับของ Collet ที่ 125um และระดับของ Collet ที่ 170um โดยการใช้โปรแกรม Minitab แสดงดังต่อไปนี้

Two-Sample T-Test and CI: Collet level (125um), Collet level (170um)

Two-sample T for Collet level(125um) vs Collet level(170um)

	N	Mean	StDev	SE Mean
Collet level (125um)	10	0.0569	0.0201	0.0063
Collet level (170um)	10	0.0705	0.0214	0.0068

Difference = μ (Collet level(125um)) - μ (Collet level(170um))

Estimate for difference: -0.013674

95% CI for difference: (-0.033147, 0.005799)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -1.48 P-Value = 0.157 DF = 18

จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab สรุปได้ว่า ค่าของ p-value เท่ากับ 0.157 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสามารถปฏิเสธ H_a และ ยอมรับ H_o : (ระดับของ Collet ไม่มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y)

4.3.6 สรุปข้อมูลการวิเคราะห์ของปัจจัยป้อนเข้า และผลลัพธ์ของการตัดสินใจ

ตารางที่ 4.4

สรุปข้อมูลการวิเคราะห์ปัจจัยป้อนเข้าของ Analyze Phase

ปัจจัยป้อนเข้า	การวิเคราะห์	ผลลัพธ์	ผลการตัดสินใจ
X1=แกนของ Die bond	Run Chart	P-Value>0.05	P-Value>0.05,ข้อมูลของแกนของ Die bond มีดลบลูกเส้นและไม่มีดลบลูกเส้นมีการกระจายแบบสุ่ม
	Normal test	P-Value=0.211,0.369	P-Value>0.05,ข้อมูลของแกนของ Die bond มีดลบลูกเส้นและไม่มีดลบลูกเส้นมีการกระจายแบบปกติ
	Test for Equal Variances	P-Value=0.516	P-Value>0.05,ข้อมูลของแกนของ Die bond มีดลบลูกเส้นและไม่มีดลบลูกเส้นไม่มีความแตกต่างกัน
	Two-Sample T-Test	P-Value=0.044	P-Value<0.05,ยอมรับ H_a และปฏิเสธ H_o : (แกนของ Die bond มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y)
X2=ความกว้างของการขี้	Run Chart	P-Value>0.05	P-Value>0.05,ข้อมูลของความกว้างของการขี้ที่ 0.04 mm. และ 0.1 mm. มีการกระจายแบบสุ่ม
	Normal test	P-Value=0.886,0.218	P-Value>0.05,ข้อมูลของความกว้างของการขี้ที่ 0.04 mm. และ 0.1 mm. มีการกระจายแบบปกติ
	Test for Equal Variances	P-Value=0.355	P-Value>0.05,ข้อมูลของความกว้างของการขี้ที่ 0.04 mm. และ 0.1 mm. ไม่มีความแตกต่างกัน
	Two-Sample T-Test	P-Value=0.266	P-Value>0.05,ปฏิเสธ H_a และ ยอมรับ H_o : (ความกว้างของการขี้ไม่มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y)
X3=เวลาการขี้	Run Chart	P-Value>0.05	P-Value>0.05,ข้อมูลของเวลาการขี้ที่ Die bonding ที่ 0.3s., 0.5s และ 0.7s มีการกระจายแบบสุ่ม
	Normal test	P-Value=0.876,0.309 และ 0.810	P-Value>0.05,ข้อมูลของเวลาการขี้ที่ Die bonding ที่ 0.3s., 0.5s และ 0.7s มีการกระจายแบบปกติ
	Test for Equal Variances	P-Value=0.459	P-Value>0.05,ข้อมูลของเวลาการขี้ที่ Die bonding ที่ 0.3s., 0.5s และ 0.7s ไม่มีความแตกต่างกัน
	One-way ANOVA	P-Value=0.000	P-Value<0.05,ยอมรับ H_a และปฏิเสธ H_o : (เวลาการขี้ที่ Die bonding มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y)
X4=ความเร็วของการขี้	Run Chart	P-Value>0.05	P-Value>0.05,ข้อมูลของความเร็วของการขี้ ที่ 10 m/s และ 30 m/s มีการกระจายแบบสุ่ม
	Normal test	P-Value=0.504,0.571	P-Value>0.05,ข้อมูลของความเร็วของการขี้ ที่ 10 m/s และ 30 m/s มีการกระจายแบบปกติ
	Test for Equal Variances	P-Value=0.897	P-Value>0.05,ข้อมูลของความเร็วของการขี้ ที่ 10 m/s และ 30 m/s ไม่มีความแตกต่างกัน
	Two-Sample T-Test	P-Value=0.000	P-Value<0.05,ยอมรับ H_a และ ปฏิเสธ H_o : (ความเร็วของการขี้ มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y)
X5=ระดับของ Collet	Run Chart	P-Value>0.05	P-Value>0.05,ข้อมูลของระดับของ Collet ที่ 125um และ 170um มีการกระจายแบบสุ่ม
	Normal test	P-Value=0.616,0.335	P-Value>0.05,ข้อมูลของระดับของ Collet ที่ 125um และ 170um มีการกระจายแบบปกติ
	Test for Equal Variances	P-Value=0.948	P-Value>0.05,ข้อมูลของระดับของ Collet ที่ 125um และ 170um ไม่มีความแตกต่างกัน
	Two-Sample T-Test	P-Value=0.157	P-Value>0.05,ปฏิเสธ H_a และ ยอมรับ H_o : (ระดับของ Collet ไม่มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y)

จากตารางตารางสรุปข้อมูลการวิเคราะห์ Input (X's) ซึ่งจะใช้เครื่องมือต่างๆ ในการวิเคราะห์ได้แก่ Test for Equal Variance , Two-Sample T-Test และ One-way ANOVA ซึ่งจะใช้ค่าที่ใช้ในการตัดสินใจคือ P-Value มาเป็นเกณฑ์ โดยจะทำการทดสอบสมมุติฐานหลัก Null Hypothesis (H_o) และ สมมุติฐานแย้ง Alternative Hypothesis (H_a) เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าจะยอมรับสมมุติฐานแย้งและ ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก หลังจากนั้นจึงตัดสินใจแล้วจึงสามารถสรุปได้ว่า Key Input (X's) ได้แก่ X1 = แกนของ Die bond , X3 = เวลาการขี้ และ X4 = ความเร็วของการขี้ ซึ่งผล

จากการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ ซึ่งพบว่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ทำให้ยอมรับ สมมุติฐานแย้ง (Ha) และ ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก (Ho) ซึ่งมีผลทำให้ ค่าของ Input (X's) มีนัยสำคัญกับ ค่าของ Y

4.4 ขั้นตอนการออกแบบปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

ในการทดลองครั้งนี้ จะกำหนดเป้าหมายไว้ที่การให้ได้ผลลัพธ์ของการเกิดของเสียที่น้อยที่สุด (Defect Rate) โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองทางสถิติได้แก่การออกแบบแผนการทดลองแบบ DOE (Design of Experiment) จะใช้แบบการทดลองแบบเต็มรูปแบบ และทดลองมากกว่า 1 ครั้ง (Full Factorial with Replication) เพื่อลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทดลอง ซึ่งสำหรับการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงหลายๆ ปัจจัยไปพร้อมกัน สำหรับในขั้นตอนนี้ได้มีการออกแบบการทดลองแบบ 2^k Factorial เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น แล้วจึงเก็บข้อมูลมาหาจุดที่ดีที่สุดในการลดของเสียจากปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร ได้โดยดูจากการใช้ Cube plot และหลังจากนั้นจึงทำ Mathematical Model เพื่อจะได้สมการออกมาในการคำนวณหาค่าของ Y คือการปรับปรุงของเสียเนื่องจากปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร ได้ สำหรับการให้ Program Minitab จะออกแบบสร้าง Factorial โดยกำหนดเป็นแบบสุ่ม (Randomize runs) เพื่อลดการโน้มเอียงจากการทดลองและกำหนดให้ตามข้อมูลต่อไปนี้

- Type of Design = 2-level factorial (Default generators) (2 to 15 factors)
- ปัจจัย = 3 ; มีทั้งหมดอยู่ 3 Factors คือ X1 = แกนของ Die bond , X3 = เวลาการขี้ และ X4 = ความเร็วของการขี้
- Designs = Full Factorial , Runs = 8 , Resolution = Full , $2^{**}(k-p) = 2^{**}3$
- จุดศูนย์กลาง = 0 (ต่อ บล็อก)
- จำนวนทดลองซ้ำ = 2 ซึ่งมากกว่า 1 ครั้งเพื่อลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทดลอง
- จำนวนบล็อก = 1

ตารางที่ 4.5

ผลการออกแบบการสร้าง 2^3 Factorial หลังจากใช้โปรแกรม Minitab

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	แกนของ Die bond	เวลาการขึ้น	ความเร็วของการขึ้น	Defect Rate
15	1	1	1	-1	0.5	30	0.091
9	2	1	1	-1	0.3	10	0.090
2	3	1	1	1	0.3	10	0.087
16	4	1	1	1	0.5	30	0.085
13	5	1	1	-1	0.3	30	0.110
11	6	1	1	-1	0.5	10	0.086
7	7	1	1	-1	0.5	30	0.091
3	8	1	1	-1	0.5	10	0.085
5	9	1	1	-1	0.3	30	0.110
12	10	1	1	1	0.5	10	0.075
8	11	1	1	1	0.5	30	0.089
4	12	1	1	1	0.5	10	0.075
1	13	1	1	-1	0.3	10	0.086
10	14	1	1	1	0.3	10	0.084
6	15	1	1	1	0.3	30	0.089
14	16	1	1	1	0.3	30	0.087

จากตารางที่ 4.5 เป็นตารางผลการออกแบบการสร้าง Factorial จะมีการทดลองทั้งหมด 16 การทดลอง (RunOrder) และผลที่ได้จากการใช้โปรแกรม Minitab แบบการทดลองแบบเต็มรูปแบบ (Full Factorial Design) ได้ผลลัพธ์แสดงดังต่อไปนี้

4.4.1 พิจารณาแบบทุก Factors และ Model ที่มีผลกระทบ

การทดลองแบบเต็มรูปแบบ (Full Factorial Design)

ปัจจัย (Factors): 3

จุดศูนย์กลาง (Center point): 0

จำนวนครั้งของการทดลอง (Runs): 16

จำนวนของการทำซ้ำ (Replicates): 2

บล็อกกึ่ง (Blocks): 1

จากนั้นจึงกำหนดข้อมูลที่แทนในโปรแกรม Minitab เปรียบเทียบกับข้อมูลที่แท้จริง ในระดับต่ำ (Low) และระดับสูง (High) ดังแสดงในตารางที่ 4.6

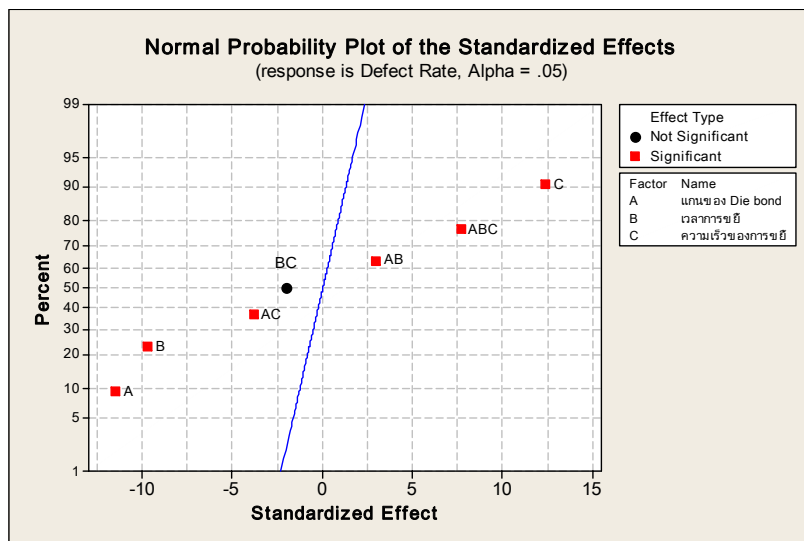
ตารางที่ 4.6

แสดงปัจจัยของข้อมูลที่แทนในโปรแกรม Minitab เปรียบเทียบกับข้อมูลที่แท้จริง

ปัจจัย (Factors)	ระดับต่ำ (Low)		ระดับสูง (High)	
	ข้อมูลที่แทนในโปรแกรม Minitab	ข้อมูลที่แท้จริง	ข้อมูลที่แทนในโปรแกรม Minitab	ข้อมูลที่แท้จริง
แกนของ Die bond	-1	ไม่มีตลับลูกปืน	1	มีตลับลูกปืน
เวลาการขี้	0.3	0.3 วินาที	0.5	0.5 วินาที
ความเร็วของการขี้	10	10 เมตรต่อวินาที	30	30 เมตรต่อวินาที

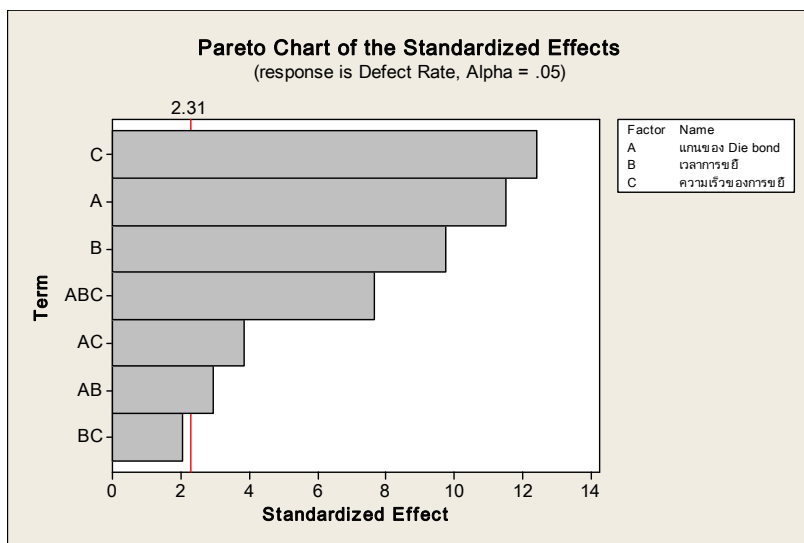
หมายเหตุ: จากการเปรียบเทียบผลของความแตกต่างจากภาพที่ 4.36 เป็นแผนภาพกล่อง (Box plot) เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.7s มีแนวโน้มจะสูงที่สุด แต่ข้อมูลของเวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.3s และ เวลาการขี้ Die bonding ที่ 0.5s ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงไม่นำข้อมูลของ Scrub Time ที่ 0.7s มาพิจารณา

ผลของการวิเคราะห์ Main effect analysis ของ Factorial Fit: Defect Rate versus แกนของ Die bond, เวลาการขี้และ ความเร็วของการขี้ โดยเลือกแบบทุก Factors โดยการใช้โปรแกรม Minitab แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.52

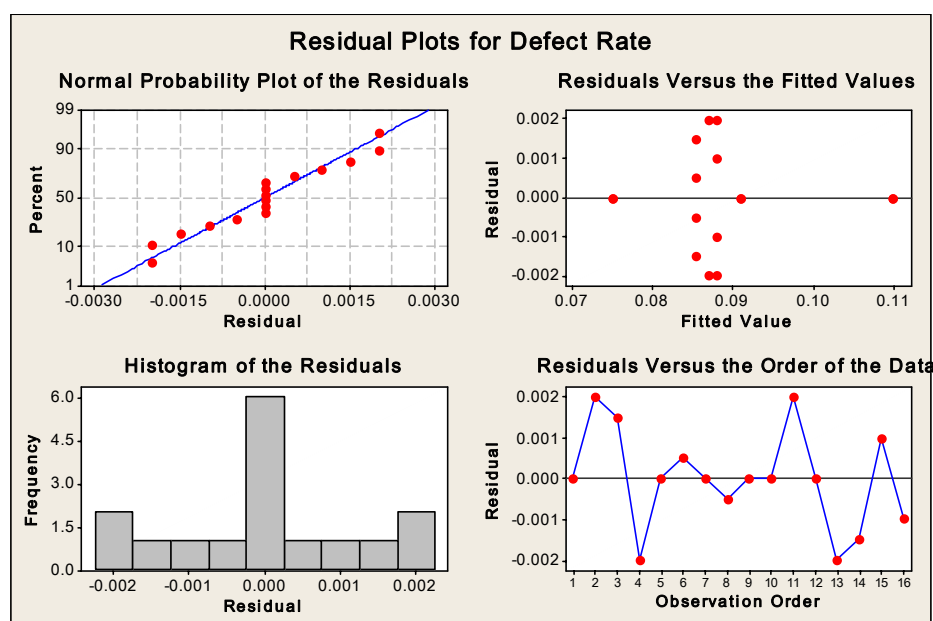
Normal Probability Plot of the Standardized Effects (ทุก Factors และทุก Terms)



ภาพที่ 4.53

Pareto Chart of the Standardized Effects (ทุก Factors และทุก Terms)

จากภาพที่ 4.52 และ 4.53 พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อนัยสำคัญ (Significant) ได้แก่ แแกนของ Die bond (A), เวลาการขี้ (B), ความเร็วของการขี้ (C), แแกนของ Die bond*เวลาการขี้ (AB), แแกนของ Die bond*ความเร็วของการขี้ (AC) และ แแกนของ Die bond*เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้ (ABC) และ พบว่าปัจจัยที่ไม่มีผลกระทบต่อนัยสำคัญ (Not Significant) ได้แก่ เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้ (BC)



ภาพที่ 4.54

แสดงผลการการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง แบบทุก Factors และทุก Terms

จากภาพที่ 4.54 กราฟแสดงผลการการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง แบบทุก Factors และทุก Terms พบว่า ค่า Residual มีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง, กราฟของ Residuals Versus the Fitted Values พบว่าค่า Residual ในแต่ละระดับของแต่ละปัจจัยที่กระจาย ในด้านบวกและด้านลบมีความสมดุลกันและไม่มีความโน้มเอียง จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของ Residuals มีค่าใกล้เคียงกัน และจากการทำการทดลองซ้ำเป็น 2 ครั้ง ทำให้ค่า residual ในลักษณะที่สมมาตรทั้งด้านบวกและด้านลบ, กราฟของ Histogram of the Residuals พบว่าค่า Residual มีการกระจายตัวเป็น

รูปทรงแบบปกติ ทำให้ประมาณได้ว่า Residuals มีการแจกแจงแบบปกติและ กราฟของ Residuals Versus the Order of the Data พบว่าค่า Residual มีการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน

Factorial Fit: Defect Rate versus แขนของ Die bond, เวลาการขี้และ ความเร็วของการขี้

Estimated Effects and Coefficients for Defect Rate (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef
Constant		0.088750	0.000424
แขนของ Die bond	-0.009750	-0.004875	0.000424
เวลาการขี้	-0.008250	-0.004125	0.000424
ความเร็วของการขี้	0.010500	0.005250	0.000424
แขนของ Die bond*เวลาการขี้	0.002500	0.001250	0.000424
แขนของ Die bond*ความเร็วของการขี้	-0.003250	-0.001625	0.000424
เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้	-0.001750	-0.000875	0.000424
แขนของ Die bond*เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้	0.006500	0.003250	0.000424

Term	T	P
Constant	209.37	0.000
แขนของ Die bond	-11.50	<u>0.000</u>
เวลาการขี้	-9.73	<u>0.000</u>
ความเร็วของการขี้	12.39	<u>0.000</u>
แขนของ Die bond*เวลาการขี้	2.95	<u>0.018</u>
แขนของ Die bond*ความเร็วของการขี้	-3.83	<u>0.005</u>
เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้	-2.06	<u>0.073</u>
แขนของ Die bond*เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้	7.67	<u>0.000</u>

S = 0.00169558 R-Sq = 98.32% R-Sq(adj) = 96.84%

Analysis of Variance for Defect Rate (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	0.00109350	0.00109350	0.00036450	126.78	0.000
2-Way Interactions	3	0.00007950	0.00007950	0.00002650	9.22	<u>0.006</u>

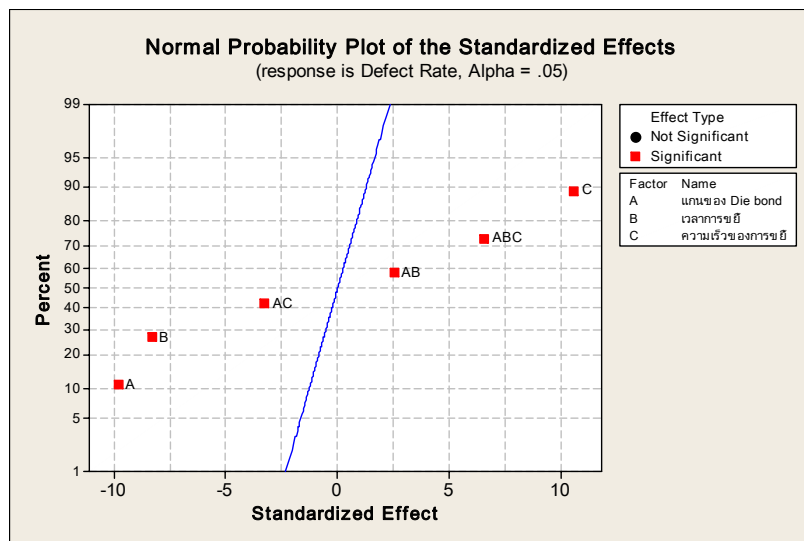
3-Way Interactions	1	0.00016900	0.00016900	0.00016900	58.78	<u>0.000</u>
Residual Error	8	0.00002300	0.00002300	0.00000287		
Pure Error	8	0.00002300	0.00002300	0.00000287		
Total	15	0.00136500				

จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab สรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อนัยสำคัญ (Significant : $P < 0.05$) ได้แก่ แแกนของ Die bond (A), เวลาการขี้ (B), ความเร็วของการขี้ (C), แแกนของ Die bond*เวลาการขี้ (AB), แแกนของ Die bond*ความเร็วของการขี้ (AC) และ แแกนของ Die bond*เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้ (ABC) แต่พบว่าปัจจัยที่ไม่มีผลกระทบต่อนัยสำคัญ (Not Significant : $P > 0.05$) ได้แก่ เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้ (BC)

ค่าของ P-value ที่ 2-Way Interactions เท่ากับ 0.006 และ 3-Way Interactions เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีคุณสมบัติ Not Interactions (ไม่มีปฏิกิริยาต่อกัน) ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อการทำให้เกิดข้อบกพร่อง นั่นคือเมื่อมีการปรับระดับของปัจจัยหนึ่งแล้วไม่มีผลกระทบต่ออีกปัจจัยหนึ่งนั่นเอง

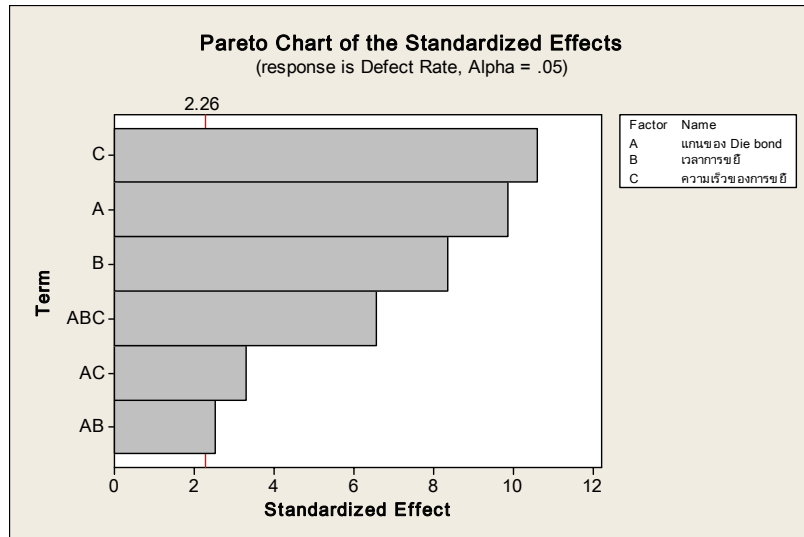
4.4.2 พิจารณาแบบลด Factors และ Model ที่มีผลกระทบ

สำหรับขั้นตอนนี้จะเป็นการลดลงของปัจจัย และ Model ที่มีผลกระทบ เพื่อที่จะหาปัจจัย และ Model ที่มีผลกระทบที่แท้จริงโดยทำการกำจัดปัจจัย และ Model ที่ไม่มีผลกระทบออก ซึ่งได้แก่ เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้ (BC) และค่าของ $P = 0.073$ ไม่มีผลกระทบต่อนัยสำคัญ (Not Significant: $P > 0.05$) โดยดูได้จากภาพที่ 4.52 และ 4.53 แล้วจึงทำ Cube plot และ Mathematical Model ต่อไปนี้ เพื่อหาค่าของตัวแปรที่มีผลกระทบที่แท้จริงออกมา



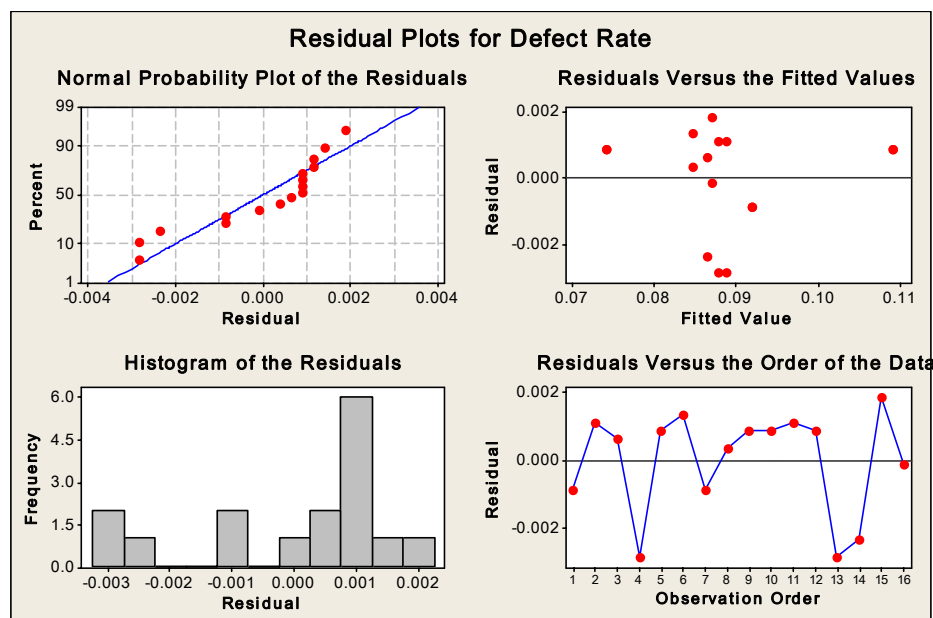
ภาพที่ 4.55

Normal Probability Plot of the Standardized Effects (ลด Factors และลด Terms)



ภาพที่ 4.56

Pareto Chart of the Standardized Effects (ลด Factors และลด Terms)



ภาพที่ 4.57

แสดงผลการการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง แบบลด Factors และลด Terms

จากภาพที่ 4.57 กราฟแสดงผลการการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง แบบลด Factors และลด Terms พบว่าค่า Residual มีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง, กราฟของ Residuals Versus the Fitted Values พบว่า ค่า Residual ในแต่ละระดับของแต่ละปัจจัยที่กระจายในด้านบวกและด้านลบมีความสมดุลกันและไม่มีรูปแบบที่แน่นอน จึงประมาณได้ว่าค่าเฉลี่ยของ Residuals มีค่าใกล้เคียงกัน, กราฟของ Histogram of the Residuals พบว่า ค่า Residual มีการกระจายตัวเป็นรูปทรงแบบปกติ ทำให้ประมาณได้ว่า Residuals มีการแจกแจงแบบปกติและ กราฟของ Residuals Versus the Order of the Data พบว่าค่า Residual มีการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน

Factorial Fit: Defect Rate versus แกนของ Die bond, เวลาการขี้และ ความเร็วของการขี้

Estimated Effects and Coefficients for Defect Rate (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef
Constant		0.088750	0.000495
แกนของ Die bond	-0.009750	-0.004875	0.000495
เวลาการขี้	-0.008250	-0.004125	0.000495

ความเร็วของการขี้	0.010500	0.005250	0.000495
แกนของ Die bond*เวลาการขี้	0.002500	0.001250	0.000495
แกนของ Die bond*ความเร็วของการขี้	-0.003250	-0.001625	0.000495
แกนของ Die bond*เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้	0.006500	0.003250	0.000495
Term	T	P	
Constant	179.38	<u>0.000</u>	
แกนของ Die bond	-9.85	<u>0.000</u>	
เวลาการขี้	-8.34	<u>0.000</u>	
ความเร็วของการขี้	10.61	<u>0.000</u>	
แกนของ Die bond*เวลาการขี้	2.53	<u>0.032</u>	
แกนของ Die bond*ความเร็วของการขี้	-3.28	<u>0.009</u>	
แกนของ Die bond*เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้	6.57	<u>0.000</u>	

S = 0.00197906 R-Sq = 97.42% R-Sq(adj) = 95.70%

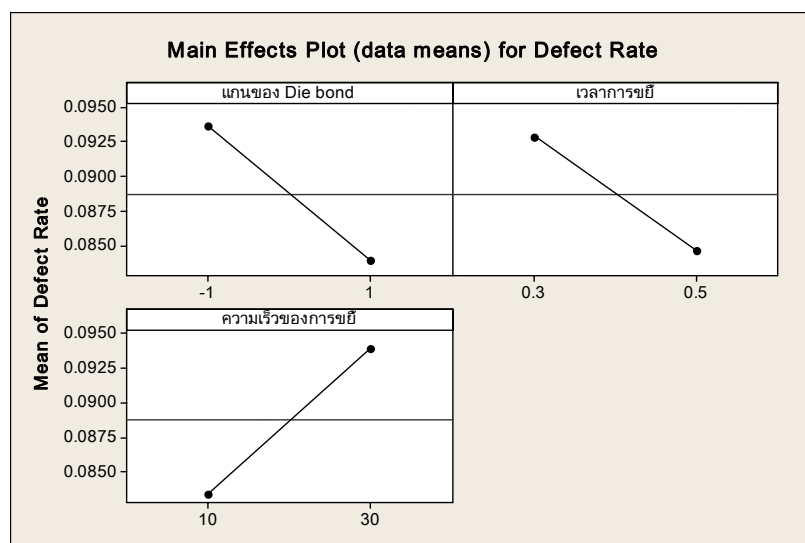
Analysis of Variance for Defect Rate (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	0.00109350	0.00109350	0.00036450	93.06	0.000
2-Way Interactions	2	0.00006725	0.00006725	0.00003363	8.59	<u>0.008</u>
3-Way Interactions	1	0.00016900	0.00016900	0.00016900	43.15	<u>0.000</u>
Residual Error	9	0.00003525	0.00003525	0.00000392		
Lack of Fit	1	0.00001225	0.00001225	0.00001225	4.26	0.073
Pure Error	8	0.00002300	0.00002300	0.00000287		
Total	15	0.00136500				

จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab สรุปได้ว่า ค่าของ P-value แกนของ Die bond = 0.000, เวลาการขี้ = 0.000, ความเร็วของการขี้ = 0.000, แกนของ Die bond*เวลาการขี้ = 0.032, แกนของ Die bond*ความเร็วของการขี้ = 0.009 และ แกนของ Die bond*เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้ = 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีผลนัยสำคัญต่อ อัตราส่วนของเสีย Defect rate (%) เนื่องจากปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร และจากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดย

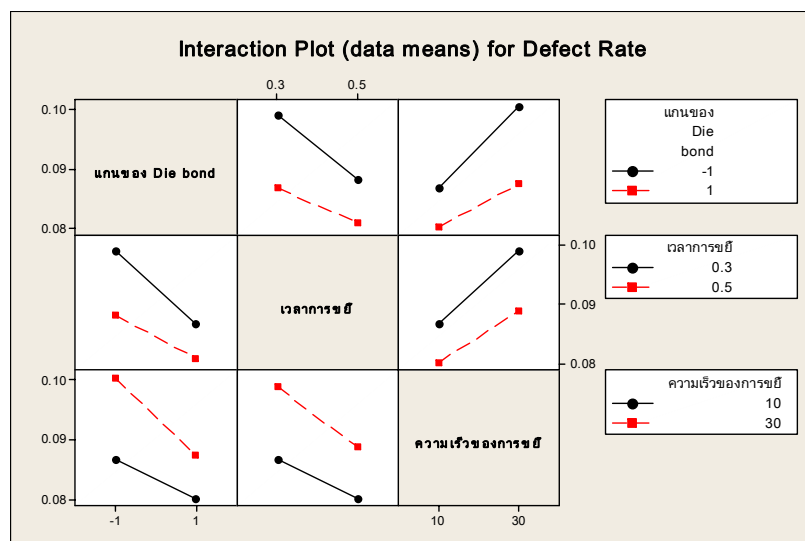
พบว่าสมการในทอม Linear ให้ค่า $R-Sq = 97.42\%$ และ $R-Sq(adj) = 95.70\%$ มีค่าสูง (เข้าใกล้ 1) แสดงว่า ตัวแปรอิสระที่มีอยู่ในสมการถดถอยนั้นสามารถใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงตัวแปรตามได้ดี เนื่องจากตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระในสมการถดถอยที่หาได้นั้นมีความสัมพันธ์มากจนเชื่อได้ว่า สมการถดถอยที่หาได้นั้น มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับความสัมพันธ์ที่เป็นจริง จึงเป็นสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่น่าพอใจ และค่าของ P-value ที่ 2-Way Interactions เท่ากับ 0.008 และ 3-Way Interactions เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีคุณสมบัติ Not Interactions (ไม่มีปฏิกริยาต่อกัน) ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อการทำให้เกิดข้อบกพร่อง นั่นคือเมื่อมีการปรับระดับของปัจจัยหนึ่งแล้วไม่มีผลกระทบต่ออีกปัจจัยหนึ่งนั่นเอง

4.4.3 พิจารณา Main effect plots และ Intersection plots



ภาพที่ 4.58

Main Effects Plot (data means) for Defect Rate

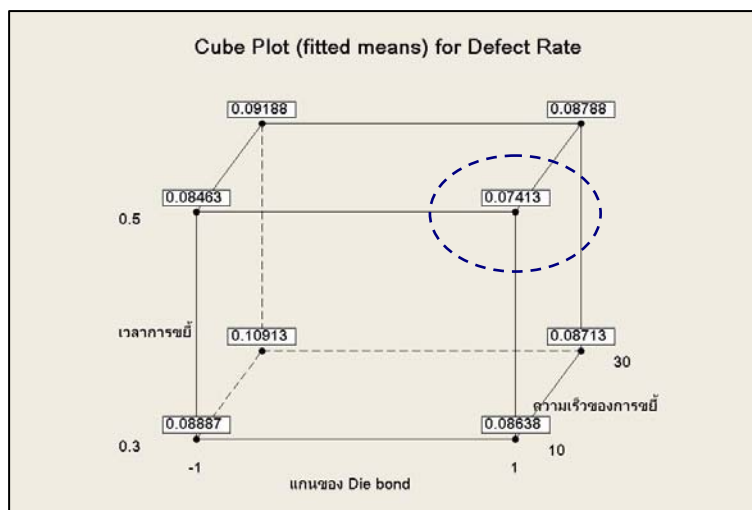


ภาพที่ 4.59

Interaction Plot (data means) for Defect Rate

จากภาพที่ 4.58 และ 4.59 พบว่า Main Effects Plot พบว่า ความเร็วของการขี้มีผลกระทบมากที่สุดเนื่องจากมีค่าความชันของกราฟมากที่สุด และจาก Interaction Plot พบว่าไม่มีปฏิกริยาต่อกัน (Not Interaction) ซึ่งหมายความว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อการทำให้เกิดข้อบกพร่อง นั่นคือเมื่อมีการปรับระดับของปัจจัยหนึ่งแล้วไม่มีผลกระทบต่อกับปัจจัยหนึ่งนั่นเอง เนื่องจากลักษณะของเส้นกราฟที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มขนานกัน

4.4.4 พิจารณา Cube Plot และ Mathematical Model



ภาพที่ 4.60

Cube Plot (data means) ของ Defect Rate (%)

จากภาพที่ 4.60 Cube Plot แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของจุดที่บอกจำนวนของอัตราส่วนของเสีย (Defect rate (%)) ดังนั้นจึงสามารถเลือกจุดที่มีอัตราส่วนของเสีย (Defect rate (%)) น้อยที่สุดคือ 0.07413 และมีเงื่อนไขคือ แกนของ Die bond = 1, เวลาการขี้ = 0.5 และ ความเร็วของการขี้ = 10

Factorial Fit: Defect Rate versus แกนของ Die bond, เวลาการขี้ และความเร็วของการขี้

Estimated Effects and Coefficients for Defect Rate (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef
Constant		0.088750	0.000495
แกนของ Die bond	-0.009750	-0.004875	0.000495
เวลาการขี้	-0.008250	-0.004125	0.000495
ความเร็วของการขี้	0.010500	0.005250	0.000495
แกนของ Die bond*เวลาการขี้	0.002500	0.001250	0.000495
แกนของ Die bond*ความเร็วของการขี้	-0.003250	-0.001625	0.000495
แกนของ Die bond*เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้	0.006500	0.003250	0.000495

Term	T	P
Constant	179.38	0.000
แกนของ Die bond	-9.85	<u>0.000</u>
เวลาการขี้ ^๓	-8.34	<u>0.000</u>
ความเร็วของการขี้ ^๓	10.61	<u>0.000</u>
แกนของ Die bond*เวลาการขี้ ^๓	2.53	<u>0.032</u>
แกนของ Die bond*ความเร็วของการขี้ ^๓	-3.28	<u>0.009</u>
แกนของ Die bond*เวลาการขี้ ^๓ *ความเร็วของการขี้ ^๓	6.57	<u>0.000</u>

S = 0.00197906 R-Sq = 97.42% R-Sq(adj) = 95.70%

Analysis of Variance for Defect Rate (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	0.00109350	0.00109350	0.00036450	93.06	0.000
2-Way Interactions	2	0.00006725	0.00006725	0.00003363	8.59	0.008
3-Way Interactions	1	0.00016900	0.00016900	0.00016900	43.15	0.000
Residual Error	9	0.00003525	0.00003525	0.00000392		
Lack of Fit	1	0.00001225	0.00001225	0.00001225	4.26	0.073
Pure Error	8	0.00002300	0.00002300	0.00000287		
Total	15	0.00136500				

Estimated Coefficients for Defect Rate using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	<u>0.0947500</u>
แกนของ Die bond	<u>0.0193750</u>
เวลาการขี้ ^๓	<u>-0.0412500</u>
ความเร็วของการขี้ ^๓	<u>0.0005250</u>
แกนของ Die bond*เวลาการขี้ ^๓	<u>-0.0525000</u>
แกนของ Die bond*ความเร็วของการขี้ ^๓	<u>-0.00146250</u>
แกนของ Die bond*เวลาการขี้ ^๓ *ความเร็วของการขี้ ^๓	<u>0.00325000</u>

จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab สรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออย่างสำคัญ (Significant: $P < 0.05$) ได้แก่ แขนของ Die bond, เวลาการขี้, ความเร็วของการขี้, แขนของ Die bond*เวลาการขี้, แขนของ Die bond*ความเร็วของการขี้และ แขนของ Die bond*เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้

ผลของการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab จึงสามารถหา Mathematical Model ได้โดยการใช้ในส่วนของ Term แล้วจึงนำค่าจาก Coef ของ uncoded units ซึ่งจะแสดงดังต่อไปนี้

$$Y = 0.0947500 + 0.0193750 (\text{แขนของ Die bond}) + -0.0412500 (\text{เวลาการขี้}) + 0.0005250 (\text{ความเร็วของการขี้}) + -0.0525000 (\text{แขนของ Die bond*เวลาการขี้}) + -0.00146250 (\text{แขนของ Die bond*ความเร็วของการขี้}) + 0.00325000 (\text{แขนของ Die bond*เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้})$$

จากข้อมูลของ Cube Plot มีเงื่อนไขในการแทนค่าใน Mathematical Model เป็นตัวเลข ได้แก่ แขนของ Die bond = 1, เวลาการขี้ = 0.5 และ ความเร็วของการขี้ = 10 ดังนั้นจึงแทนค่าเพื่อหาค่าของ Y ได้ดังต่อไปนี้

$$Y = 0.0947500 + 0.0193750 (1) + -0.0412500 (0.5) + 0.0005250 (10) + -0.0525000 (1*0.5) + -0.00146250 (1*10) + 0.00325000 (1*0.5*10) = 0.07413$$

อัตราส่วนของเสีย Defect rate (%) เนื่องจากปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร = 0.07413

4.4.5 สรุปการออกแบบและการปรับปรุงกระบวนการ

จากการหาค่าของ Input (X's) ที่มีผลน้อยสำคัญต่ออัตราส่วนของเสีย Defect rate (%) เนื่องจากปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร Output (Y's) โดยมีเงื่อนไขดังนี้

X1 = แขนของ Die bond เงื่อนไขคือ มีตลับลูกปืน (Ball bearing)

X3 = เวลาการขี้ เงื่อนไขคือ 0.5s

X4 = ความเร็วของการขี้ เงื่อนไขคือ 10 m/s

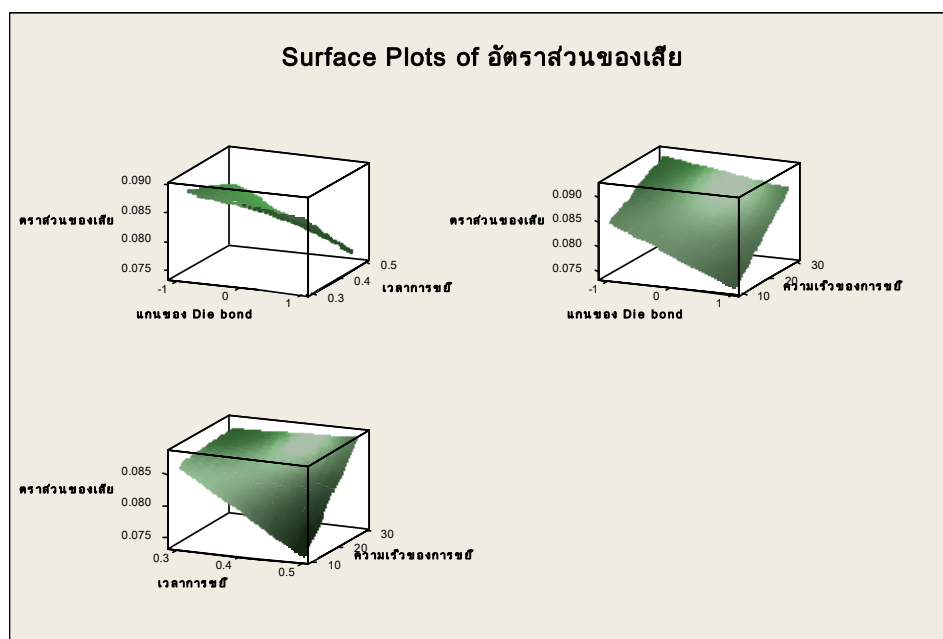
Mathematical Model

$$Y = 0.088750 + -0.004875 (\text{แขนของ Die bond}) + -0.004125 (\text{เวลาการขี้}) + 0.005250 (\text{ความเร็วของการขี้}) + 0.001250 (\text{แขนของ Die bond *เวลาการขี้}) + -0.001625 (\text{แขนของ Die bond *ความเร็วของการขี้}) + 0.003250 (\text{แขนของ Die bond *เวลาการขี้*ความเร็วของการขี้})$$

$$Y = 0.088750 + -0.004875(1) + -0.004125(1) + 0.005250(-1) + 0.001250(1*1) + -0.001625(1*-1) + 0.003250(1*1*-1) = 0.07413$$

อัตราส่วนของเสีย Defect rate (%) เนื่องจากปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร = 0.07413%

4.4.6 การดำเนินการทดลองโดยใช้เทคนิควิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology)



ภาพที่ 4.61

แสดงพื้นผิวตอบสนองของอิทธิพลร่วมของอัตราส่วนของเสีย

Optimal	Hi	แกนของ Die bond	เวลาการขี้	ความเร็วของการขี้
D	Cur	1.0	0.50	30.0
0.07344	Lo	[1.0]	[0.50]	[10.0]
		-1.0	0.30	10.0
Defect R				
Minimum				
y = 0.0741				
d = 0.07344				

ภาพที่ 4.62

กราฟแสดงจุดตัดที่ทำให้มีค่าอัตราส่วนของเสียที่น้อยที่สุด

Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Defect Rate	Minimum	0	0	0.08	1	1

Global Solution

แกนของ Die bond	=	1.0
เวลาการขี้	=	0.5
ความเร็วของการขี้	=	10.0

Predicted Responses

Defect Rate = 0.07413, desirability = 0.07344

Composite Desirability = 0.07344

สรุปผลที่ได้จากแสดงพื้นผิวตอบสนองของอิทธิพลร่วมค่าที่เหมาะสมที่สุด (Response Optimization)

จุดเหมาะสมของการปรับค่าตามภาพที่ 4.61 และ ภาพที่ 4.62 คือ

1. แกนของ Die bond = 1.0 (มีตลับลูกปืน (Ball bearing))
2. เวลาการขี้ = 0.5 (0.5s)
3. ความเร็วของการขี้ = 10.0 (10 m/s)

จะทำให้เกิดอัตราส่วนของเสียที่น้อยที่สุดประมาณ 0.0741%

ดังนั้นจุดเหมาะสมตรงตามเงื่อนไขที่ได้ทำการทดลอง และจากการทดลองพบว่าเกิดอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 0.07413% ซึ่งใกล้เคียงกับ จุด Response Optimization ซึ่งเท่ากับ 0.0741%

4.4.7 การทดสอบ 2 Proportions

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	5928000	45600000	0.130000
2	16645	21997514	0.000757

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: 0.129243

95% CI for difference: (0.129145, 0.129342)

Test for difference = 0 (vs not = 0): $Z = 2577.33$ $P\text{-Value} = 0.000$

จากจำนวนชิ้นงานที่ผลิตในช่วง 07B-08A (เดือนตุลาคม 2007 ถึงเดือนกันยายน 2008) เท่ากับ 45,600,000 ชิ้น แต่มีงานเสียจากปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร เท่ากับ 5,928,000 ชิ้น และจำนวนชิ้นงานที่ผลิตตั้งแต่เดือนตุลาคม 2008 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2009 เท่ากับ 21,997,514 ชิ้น แต่มีงานเสียจากปัญหาช่องว่างใต้แผ่นลายวงจร เท่ากับ 16,645 ชิ้น ดังนั้นการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab โดยใช้ 2 Proportions สรุปได้ว่า ค่าของ p-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสามารถยอมรับ H_a และ ปฏิเสธ H_o (สัดส่วนของเสียก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงแตกต่างกัน)

4.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

จัดทำแผนควบคุม (Control Plan) การสร้าง จะต้องกำหนดกระบวนการ, ระบุคู่มือ, ระเบียบการปฏิบัติ, เงื่อนไขต่างๆ, ข้อปฏิบัติและ ความถี่ที่ใช้ตรวจสอบ ให้ชัดเจนเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ดังแสดงจากตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7

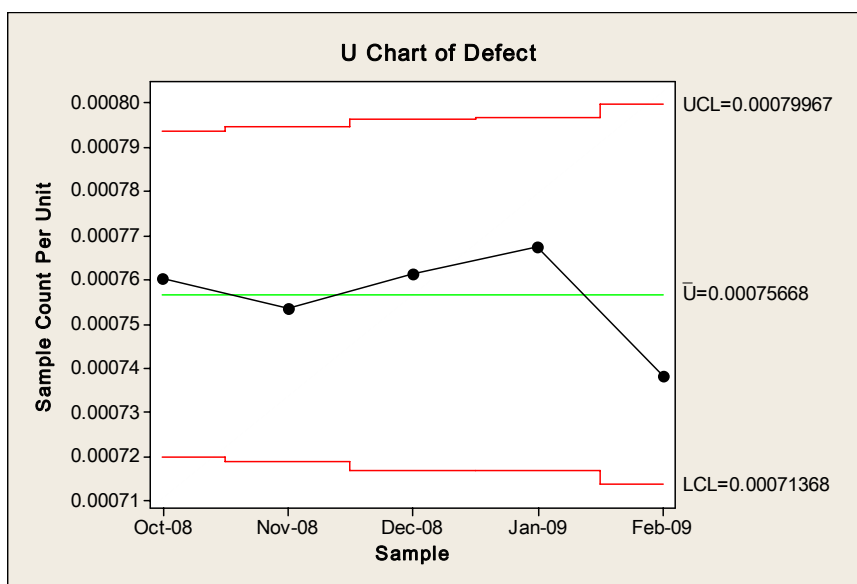
แผนควบคุม (Control Plan)

กระบวนการ	ปัจจัยป้อนเข้า	เงื่อนไข	การควบคุมการใช้งาน	ข้อปฏิบัติ	ความถี่ที่ใช้ตรวจสอบ
Mounting	แกนของ Die bond	ตลับลูกปืน รุ่น SMS-6W	เปลี่ยนทุกๆ 6 เดือน	ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ของเครื่องจักร	1 ครั้งต่อสัปดาห์ หรือ
	เวลาการขี้	0.5 วินาที	เปลี่ยนค่าพารามิเตอร์	Check sheet	1 ครั้งต่อการเปลี่ยน family
	ความเร็วของการขี้	10 m/s	เปลี่ยนค่าพารามิเตอร์	Check sheet	

ต่อจากนั้นจึงทำการเฝ้าติดตามผลการดำเนินการโดยใช้ KPI Monitoring โดยจะทำการตรวจสอบที่กระบวนการ Testing เพื่อดูค่า Defect rate ให้เท่ากับเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ที่ 0.08% ในระบบ PAX system ที่ Cost Center 710 (Testing operation) ดังแสดงจากตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8
KPI Monitoring

Process	Output	Defect rate	การตรวจวัด	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	ความถี่
Testing	DVDS(0)+DVDS(1)	0.08%	DVDS1&DVDS0 defect ในระบบ PAX system ที่ Cost Center 710	Defect rate(%)ของ DVDS(0)+DVDS(1)	ทุกๆเดือน



ภาพที่ 4.63

U Chart of Defect ของอัตราส่วนของเสีย (ของเสียต่อหน่วยการผลิต)

จากภาพที่ 4.63 U Chart of Defect ของ Defect Rate (Defect per Units) แสดงจำนวนชิ้นงานเสียต่อเดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2008 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2009 พบว่า ลักษณะข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมมาจะเป็นข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Attribute data) และในแต่ละเดือนจำนวนการผลิตไม่แน่นอน ดังนั้นจึงใช้ U Chart ในการควบคุม ผลลัพธ์ของ U Chart ไม่พบจุดที่อยู่นอกการควบคุม และหมายเลขที่อยู่นอกการควบคุมกำกับอยู่ แสดงว่า Control chart นี้เป็นการควบคุมตัวแปรนี้ในการควบคุม (In Control)