

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยและระดับที่เหมาะสมที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนองทั้ง 2 ซึ่งประกอบด้วย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตำแหน่งหัวอ่านเขียน และค่าเฉลี่ยตำแหน่งของหัวอ่านเขียน

4.1.1 การทดลอง โดยวิธีการของทาคุชิ (Taguchi Design)

การทดลองขั้นต้นเป็นการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยของกระบวนการและนำผลมาเปรียบเทียบการทดลอง โดยวิธีการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล (Factorial Design) หลักการออกแบบการทดลองตามวิธีการของทาคุชิเป็นหนึ่งในวิธีการที่เหมาะสมกับการศึกษาปัจจัยหลายๆ ปัจจัยเพราะการออกแบบการทดลองแบบทาคุชิสามารถประหยัดเวลาและลดค่าใช้จ่ายได้อีกทั้ง ผู้วิจัยต้องการนำการวิเคราะห์ค่า Signal-to-noise ratio (S/N) มาประกอบกับการวิเคราะห์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็นสองผลตอบสนองจากการทดลอง โดยวิธีการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์การหาค่าที่ดีที่สุดในการขึ้นต่อไป

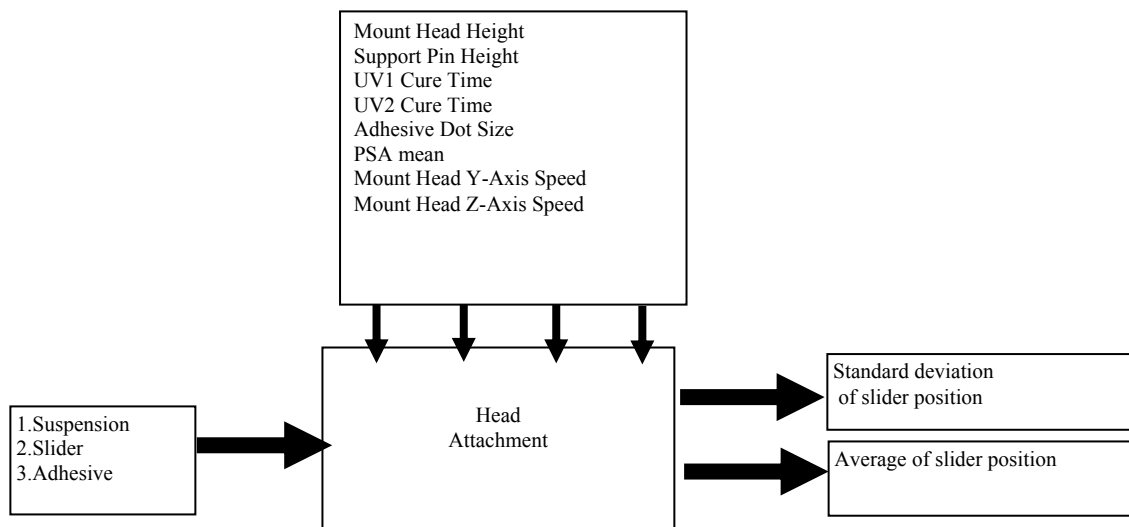
ตามรายละเอียดที่แสดงไว้ในบทวิธีการวิจัย ในตารางแสดงระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง (ตารางที่ 3.4) ปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อแขนจับหัวอ่านเขียนข้อมูลทั้ง 8 ปัจจัยได้ถูกวิเคราะห์โดยวิธีการของทาคุชิ โดยปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองถูกแสดงดังตารางที่

4.1

ตารางที่ 4.1

ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น

ปัจจัยและระดับที่ศึกษา				
ลำดับ	ปัจจัย	ระดับต่ำ	ระดับสูง	หน่วย
1	Mount Head Height	-90	-10	ไมโครเมตร
2	Support Pin Height	-50	50	ไมโครเมตร
3	UV1 Cure Time	0.2	0.6	วินาที
4	UV2 Cure Time	1	3	วินาที
5	Adhesive Dot Size	250	370	ไมโครเมตร
6	PSA mean	1.25	2.05	องศา
7	Mount Head Y-Axis Speed	20000	40000	มิลลิเมตรต่อวินาที
8	Mount Head Z-Axis Speed	5000	15000	มิลลิเมตรต่อวินาที



ภาพที่ 4.1

แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (Input) กระบวนการ (Process) และปัจจัย
ส่งออก (Output)

การออกแบบการทดลองในขั้นตอนของการทดลองเบื้องต้นได้นำวิธีการออกแบบการทดลองตามแนววิธีของ “ทาคุชิ” โดยเลือกใช้ภาพแบบ L16 Orthogonal Array สำหรับการทดลองที่มีปัจจัย 8 ปัจจัยและมีระดับการทดลอง 2 ระดับสำหรับแต่ละปัจจัยและภาพแบบ L16 Orthogonal Array ในการทดลองเบื้องต้นนั้นไม่มีการกำหนด Interaction ของปัจจัยแต่ละปัจจัย

ตารางที่ 4.2

การทดลองของทาคุชิ ชนิด “Taguchi L16 Orthogonal Array”

Factors								
Run	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	1	2	2	2
3	1	1	2	1	2	1	2	2
4	1	1	2	2	2	2	1	1
5	1	2	1	1	2	2	1	2
6	1	2	1	2	2	1	2	1
7	1	2	2	1	1	2	2	1
8	1	2	2	2	1	1	1	2
9	2	1	1	1	2	2	2	1
10	2	1	1	2	2	1	1	2
11	2	1	2	1	1	2	1	2
12	2	1	2	2	1	1	2	1
13	2	2	1	1	1	1	2	2
14	2	2	1	2	1	2	1	1
15	2	2	2	1	2	1	1	1
16	2	2	2	2	2	2	2	2

ผลการทดลองเบื้องต้นจากทดลอง Taguchi L16

ในการทดลองเบื้องต้นนี้โดยใช้ภาพแบบการทดลองแบบ L16 ตามแบบแผนของ Taguchi โดยมีการทดลองทั้งหมด 16 การทดลองภายใต้ 8 ปัจจัยและแต่ละปัจจัยจะมีทั้งหมด 2 ระดับด้วยกันและในแต่ละระดับของการทดลอง 16 การทดลองจะมีการทดลองซ้ำ 40 ครั้งโดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 10 ครั้ง เพื่อทำการศึกษาและเปรียบเทียบความแปรปรวนของการตีหัวอ่านในแต่ละครั้งภายใต้การทดลองในเงื่อนไขเดียวกัน

การตรวจสอบตำแหน่งหัวอ่านกระทำโดยการใช้เครื่องมือวัดที่ไม่สัมผัสกับชิ้นงานโดยตรง (Optical Gauge Smartscope) ซึ่งมีความละเอียดสูงสุดถึง 0.05 ไมโครเมตรและวิธีการในการตรวจวัดนี้จะใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้นมาสำหรับการตรวจสอบโดยเฉพาะ

ตารางที่ 4.3

ตาราง ผลการทดลอง

Run	Factors								Result			
	A	B	C	D	E	F	G	H	avg (run1-10)	avg (run11-20)	avg (run21-30)	avg (run31-40)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.047702	0.047640	0.047640	0.047711
2	1	1	1	2	1	2	2	2	0.047851	0.047383	0.047383	0.047230
3	1	1	2	1	2	1	2	2	0.047188	0.047350	0.047350	0.047292
4	1	1	2	2	2	2	1	1	0.047190	0.047057	0.047057	0.047116
5	1	2	1	1	2	2	1	2	0.047197	0.047340	0.047340	0.047205
6	1	2	1	2	2	1	2	1	0.047146	0.047172	0.047172	0.047317
7	1	2	2	1	1	2	2	1	0.047684	0.048058	0.048058	0.047488
8	1	2	2	2	1	1	1	2	0.047487	0.047564	0.047564	0.047508
9	2	1	1	1	2	2	2	1	0.047299	0.047345	0.047345	0.047283
10	2	1	1	2	2	1	1	2	0.047174	0.047077	0.047077	0.047033
11	2	1	2	1	1	2	1	2	0.047756	0.047304	0.047304	0.047039
12	2	1	2	2	1	1	2	1	0.047545	0.047527	0.047527	0.047410
13	2	2	1	1	1	1	2	2	0.047543	0.047681	0.047681	0.047655
14	2	2	1	2	1	2	1	1	0.047547	0.047511	0.047511	0.047548
15	2	2	2	1	2	1	1	1	0.047098	0.047254	0.047254	0.047173
16	2	2	2	2	2	2	2	2	0.047207	0.047185	0.047185	0.047110

ผลการทดลองตามวิธีการของทากูชิสามารถสรุประดับความสำคัญและค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ดังภาพ 4.12

Response Table for Signal to Noise Ratios
Nominal is best ($10 \cdot \log_{10}(\bar{Y}^2/s^2)$)

Level	A	B	C	D	E	F	G	H
	UV2 Cure Time	UV1 Cure Time	Support Pin Height	Mount Head Height	Adhesive Dot Size	PSA mean	Mount Head Z-Speed	Mount Head Y-Speed
1	54.66	55.39	57.94	54.78	54.86	57.97	57.68	57.96
2	58.04	57.31	54.76	57.92	57.84	54.73	55.02	54.74
Delta	3.38	1.92	3.18	3.15	2.97	3.24	2.65	3.21
P-value	0.394	0.622	0.422	0.426	0.451	0.413	0.499	0.417

Response Table for Means

Level	A	B	C	D	E	F	G	H
	UV2 Cure Time	UV1 Cure Time	Support Pin Height	Mount Head Height	Adhesive Dot Size	PSA mean	Mount Head Z-Speed	Mount Head Y-Speed
1	0.04742	0.04735	0.0474	0.04745	0.04756	0.04739	0.04734	0.04742
2	0.04735	0.04742	0.04737	0.04732	0.04721	0.04738	0.04743	0.04735
Delta	0.00007	0.00007	0.00003	0.00012	0.00036	0.00001	0.00008	0.00007
P-value	0.132	0.131	0.542	0.022	0.000	0.774	0.083	0.149

Response Table for Standard Deviations

Level	A	B	C	D	E	F	G	H
	UV2 Cure Time	UV1 Cure Time	Support Pin Height	Mount Head Height	Adhesive Dot Size	PSA mean	Mount Head Z-Speed	Mount Head Y-Speed
1	0.000116	0.000112	0.00008	0.000119	0.000135	0.000062	0.000084	0.000082
2	0.000082	0.000086	0.000118	0.000079	0.000063	0.000136	0.000114	0.000116
Delta	0.000034	0.000027	0.000037	0.000039	0.000071	0.000074	0.000029	0.000035
P-value	0.487	0.586	0.453	0.425	0.169	0.155	0.548	0.482

ภาพที่ 4.2

ลำดับความสำคัญของค่า S/N, mean, Standard deviation, และค่า p-value ของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

สรุปผลการทดลองขั้นตอนการออกแบบการทดลองแบบทากูชิ

จากผลการทดลองขั้นต้นหลังจากได้ทำการวิเคราะห์เพื่อค้นหาปัจจัยที่ส่งผลต่อตำแหน่งการติดหัวอ่าน โดยอาศัยเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบทากูชิและการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยการวิเคราะห์และพิจารณาค่า Signal-to-noise ratio (S/N) แบบ Nominal is the Best ประกอบกับการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนควบคู่ไปด้วย โดยกำหนดค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ($\alpha = 0.05, 0.10$) ซึ่งผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า S/N ไม่มีปัจจัยใดที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ($\alpha = 0.05, 0.10$) ไม่มีปัจจัยที่มีค่า p-value น้อยกว่า 0.05 , 0.10
2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ย (means) ปัจจัยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ($\alpha = 0.05$) คือปัจจัย E (Adhesive Dot Size) และ D (Mount Head Height) และที่ $\alpha = 0.10$ คือปัจจัย G (Mount Head Z-speed) ซึ่งดูได้จากภาพ 4.13 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย

Analysis of Variance for Means						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	0.000000	0.000000	0.000000	2.90	0.132
B	1	0.000000	0.000000	0.000000	2.92	0.131
C	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.41	0.542
D	1	0.000000	0.000000	0.000000	8.64	0.022
E	1	0.000001	0.000001	0.000001	75.14	0.000
F	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.09	0.774
G	1	0.000000	0.000000	0.000000	4.09	0.083
H	1	0.000000	0.000000	0.000000	2.63	0.149
Residual Error	7	0.000000	0.000000	0.000000		
Total	15	0.000001				

ภาพที่ 4.3

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย

3. ลำดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตำแหน่งหัวอ่าน (standard deviations) N ไม่มีปัจจัยใดที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ($\alpha = 0.05, 0.10$) ไม่มีปัจจัยที่มีค่า p-value น้อยกว่า 0.05, 0.10

4.1.2 การทดลอง โดยวิธีการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Design)

จากการทดลองโดยวิธีการของทากูชิพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าผลตอบสนองทั้ง 3 อย่าง คือค่า S/N, ค่าเฉลี่ย, และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งคาดว่าอาจจะมีผลหรือไม่พอจึงทดลองดำเนินโดยวิธีการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลโดย ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองแสดงในตารางที่ xxx ซึ่งมีทั้งหมด 8 ปัจจัยได้ถูกวิเคราะห์ด้วยวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลบางส่วนแบบ แบบ 8 factors ที่ resolution 4 จำนวน 40 เพลทเคต และ Center Point จำนวน 3

การทดลองรวมแล้วทั้งหมด 19 การทดลอง โดย ค่านำมาใส่ในตารางผลตอบสนองคือค่า เบี่ยงเบนมาตรฐานของตำแหน่งหัวอ่านจากการคำนวณทั้ง 40 เวกติเคต เป็นผลตอบสนองที่ 1 และ ,ค่าเฉลี่ยของตำแหน่งหัวอ่านจากการคำนวณเป็นผลตอบสนองที่ 2

ตารางที่ 4.4

ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัยและระดับที่ศึกษา				
ลำดับ	ปัจจัย	ระดับต่ำ	ระดับสูง	หน่วย
1	Mount Head Height	-90	-10	ไมโครเมตร
2	Support Pin Height	-50	50	ไมโครเมตร
3	UV1 Cure Time	0.2	0.6	วินาที
4	UV2 Cure Time	1	3	วินาที
5	Adhesive Dot Size	250	370	ไมโครเมตร
6	PSA mean	1.25	2.05	องศา
7	Mount Head Y-Axis Speed	20000	40000	มิลลิเมตรต่อวินาที
8	Mount Head Z-Axis Speed	5000	15000	มิลลิเมตรต่อวินาที

รายละเอียดของลำดับการทดลองและผลลัพธ์ที่ได้ของทั้ง 19 การทดลองถูกแสดงไว้ใน ภาคผนวก ก และเมื่อนำผลจากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ตามหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะเป็นดังแสดงไว้ในภาคผนวก ก เช่นกัน ส่วนผล ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าผลตอบสนองทั้ง 2 มีผลดังนี้

ผลการทดลองของ ผลตอบสนองที่1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตำแหน่งหัวอ่าน

ปัจจัยหลักที่มีผลกระทบหลัก (Main Effect) ต่อผลตอบสนองที่1 คือค่า Mount Head Height, Support Pin Height, UV1 Cure Time, Adhesive Dot Size, PSA mean, Mount Head Y-Axis Speed ซึ่งสามารถดูได้จากค่า p-value ที่ต่ำกว่า 0.05

ปัจจัยหลักที่มีผลกระทบเป็นผลอันตรรกิริยาต่อผลตอบสนองที่1 คือค่า Mount Head Height x Support Pin Height, Mount Head Height x UV1 Cure Time, Mount Head Height x Adhesive Dot Size, Mount Head Height x PSA mean, Mount Head Height x Mount

Head Y-Axis Speed, Mount Head Height x Mount Head Z-Axis Speed ซึ่งสามารถดูได้จากค่า p-value ที่ต่ำกว่า 0.05

ผลการทดลองของ ผลตอบสนองที่2 ค่าเฉลี่ยตำแหน่งของหัวอ่าน

ปัจจัยหลักที่มีผลกระทบหลัก (Main Effect) ต่อผลตอบสนองที่1 คือค่า Mount Head Height, Support Pin Height, UV2 Cure Time, Adhesive Dot Size, Mount Head Z-Axis Speed, ซึ่งสามารถดูได้จากค่า p-value ที่ต่ำกว่า 0.05

ปัจจัยหลักที่มีผลกระทบเป็นผลอันตรกิริยาต่อผลตอบสนองที่1 คือค่า Mount Head Height x Support Pin Height, Mount Head Height x UV2 Cure Time, Mount Head Height x Mount Head Z-Axis Speed ซึ่งสามารถดูได้จากค่า p-value ที่ต่ำกว่า 0.05

เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการของทากูชิแล้วพบว่าการทดลองโดยวิธีการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลบางส่วน มีปัจจัยหลายปัจจัยที่ส่งผลหลักหรือผลอันตรกิริยานั้นมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลตอบสนอง อีกทั้ง Center point นั้นมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลตอบสนองเช่นกัน จึงทำให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนองทั้ง2 ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5

ข้อสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนองทั้ง2

	ผลกระทบหลัก (Main Effect)	ผลอันตรกิริยา (Interaction)
ผลตอบสนองที่1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ตำแหน่งหัวอ่าน	Mount Head Height Support Pin Height UV1 Cure Time Adhesive Dot Size PSA mean Mount Head Y-Axis Speed	Mount Head Height x Support Pin Height Mount Head Height x UV1 Cure Time Mount Head Height x Adhesive Dot Size Mount Head Height x PSA mean Mount Head Height x Mount Head Y-Axis Speed Mount Head Height x Mount Head Z-Axis Speed
ผลตอบสนองที่2 ค่าเฉลี่ยตำแหน่งของหัวอ่าน	Mount Head Height Support Pin Height UV2 Cure Time Adhesive Dot Size Mount Head Z-Axis Speed	Mount Head Height x Support Pin Height Mount Head Height x UV2 Cure Time Mount Head Height x Mount Head Z-Axis Speed

4.1.3 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสม (Optimum Condition) ของกระบวนการผลิต โดยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM)

จากการออกแบบการทดลองแบบทากูชิ และการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลบางส่วน ได้ปัจจัยที่สอดคล้องกัน แต่การออกแบบการทดลองแบบทากูชิ ได้ปัจจัยน้อยกว่าซึ่งอาจเกิดจากความไวในการตรวจวัดที่ต่ำกว่าซึ่งต่างจากการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลบางส่วนซึ่งผลที่ได้พบว่า ทั้ง 8 ปัจจัยมีผลกระทบต่อผลตอบสนองที่ 1 หรือผลตอบสนองที่ 2 ในส่วนของการหาเงื่อนไขที่เหมาะสม จึงได้เลือกปัจจัยที่จะใช้ในการศึกษาการหาเงื่อนไขที่เหมาะสม (Optimum Condition) ของกระบวนการผลิต โดยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM) ทั้ง 8 ดังนี้

1. Mount Head Height
2. Support Pin Height
3. UV1 Cure Time
4. UV2 Cure Time
5. Adhesive Dot Size
6. PSA mean
7. Mount Head Y-Axis Speed
8. Mount Head Z-Axis Speed

การกำหนดเงื่อนไข โดยวิธีการพื้นผิวตอบสนองสามารถจะคำนวณหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดได้พร้อมกันทั้งสองผลตอบสนองคือในงานวิจัยฉบับนี้มีผลตอบสนอง (Response) ทั้งหมด 2 Response โดยที่ต้องการให้ค่าตำแหน่งของหัวอ่านมีค่า 0.04727 นิ้วใกล้เคียงกันและมีความแปรปรวนน้อยที่สุด และค่าพิสัยความเผื่อมีค่าเท่ากับ ± 0.0004 นิ้ว โดยในขั้นตอนการกำหนดเงื่อนไขที่ดีที่สุด ได้ใช้โปรแกรม Minitab มาช่วยในการคำนวณโดยกำหนดเงื่อนไขดังนี้

เงื่อนไขในการกำหนดเป้าหมายของผลตอบสนองที่ 1 คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตำแหน่งหัวอ่าน เป็นแบบค่าต่ำสุดที่ และกำหนดเป้าหมายของผลตอบสนองที่ 2 เป็นแบบการเข้าสู่ค่ากลาง (Hit Target Value) โดยให้ค่าเป้าหมาย (Target) เท่ากับ 0.04727 นิ้ว

การให้น้ำหนัก (Weight) และความสำคัญของแต่ละผลตอบสนอง จะมีค่าเท่ากันทั้งหมดโดยให้ค่าน้ำหนัก (Weight) เท่ากับ 1 และให้ค่าความสำคัญ (Important) เท่ากับ 1 เช่นกัน

ตารางที่ 4.6

การกำหนดค่าของการหาฟังก์ชันความพึงพอใจ (Desirability Function)

	Target	Lower	Target	Upper	Weight	Important
ผลตอบสนองที่1 ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของ ตำแหน่งหัวอ่าน	Minimum	0.04 (miliinch)	0.04 (miliinch)	0.08 (miliinch)	1	1
ผลตอบสนองที่2 ค่าเฉลี่ยตำแหน่ง ของหัวอ่าน	Target	0.04697 (inch)	0.04727 (inch)	0.04757 (inch)	1	1

จุดเริ่มต้น

Mount Head Height	= -50
Support Pin Height	= 0
UV1 Cure Time	= 0.4
UV2 Cure Time	= 2
Adhesive Dot Size	= 310
PSA mean	= 1.65
Mount Head Y-Axis Speed	= 30000
Mount Head Z-Axis Speed	= 10000

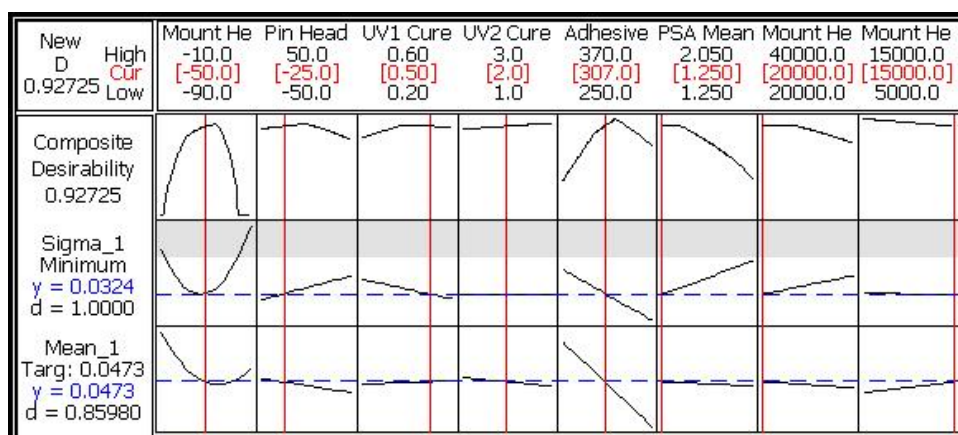
ผลลัพธ์

Mount Head Height	= -50
Support Pin Height	= -25
UV1 Cure Time	= 0.5
UV2 Cure Time	= 2
Adhesive Dot Size	= 307
PSA mean	= 1.25
Mount Head Y-Axis Speed	= 20000
Mount Head Z-Axis Speed	= 15000

การทำนายผล

Response1 = 0.0324 , desirability = 1.000000

Response2 = 0.0472700 , desirability = 0.85980



ภาพที่ 4.4

ผลการคำนวณเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการผลิต ไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้โดยวิธีการพื้นผิวสนอง
(Response Optimization)

จากผลการทดลองปัจจัยที่ส่งผลต่อฟังก์ชันความพึงพอใจ ของผลตอบสนอง ในลำดับต้นๆ คือ Mount Head Height, Adhesive Dot Size, PSA mean ส่วนปัจจัยอื่นๆ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อผลตอบสนอง ในระดับรองลงมา หรือในระดับน้อย

จากค่าด้านต้นเมื่อพิจารณาความละเอียดในการที่ปรับค่าปัจจัยนั้นๆ พบว่าการที่ปรับค่ามีขีดจำกัดดังตารางข้างล่าง จึงมีคำแนะนำในการปรับค่าควรพิจารณาตามขีดจำกัดด้วยเงื่อนไขและข้อจำกัดการปรับสามารถอ้างอิงซึ่งได้อธิบายในบทที่ 3 แล้ว

ตารางที่ 4.7
ความละเอียดในการที่ปรับค่าปัจจัยต่างๆ

Factors	Setting resolution	Setup Limit		unit
		Lo	Hi	
Mount Head Height	5	-90	-10	um
Support Pin Height	5	-50	50	um
UV1 Cure Time	0.1	0.2	0.6	sec
UV2 Cure Time	0.1	1	3	sec
Adhesive Dot Size	1	250	370	um
PSA mean	0.05	1.25	2.05	degree
Mount Head Y-Axis Speed	100	20000	40000	mm/min
Mount Head Z-Axis Speed	100	5000	15000	mm/min

4.2 การทดลองยืนยันผลการทดลองสภาวะที่เหมาะสม (Confirmation Run)

การทดลองเพื่อยืนยันผลเป็นการทดลองผลิตเพื่อทำการพิสูจน์ว่าเงื่อนไขที่ดีที่สุดนั้นมีประสิทธิผลเพียงใดและให้ผลเป็นไปตามความต้องการหรือไม่ก่อนที่จะนำเงื่อนไขที่ดีที่สุดไปใช้ผลิตจริง โดยที่เงื่อนไขที่ดีที่สุดนั้นได้มาจากการทดลอง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมโดยวิธีการทดลองเพื่อยืนยันผล โดยเงื่อนไขที่ใช้ทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลองการค้นหาสภาวะที่เหมาะสมจาก Optimizer แสดงในตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 4.8

ค่าที่ใช้ทำการทดลองยืนยันผลการทดลองสภาวะที่เหมาะสม

ปัจจัยและระดับที่เหมาะสมในการติดหัวอ่าน

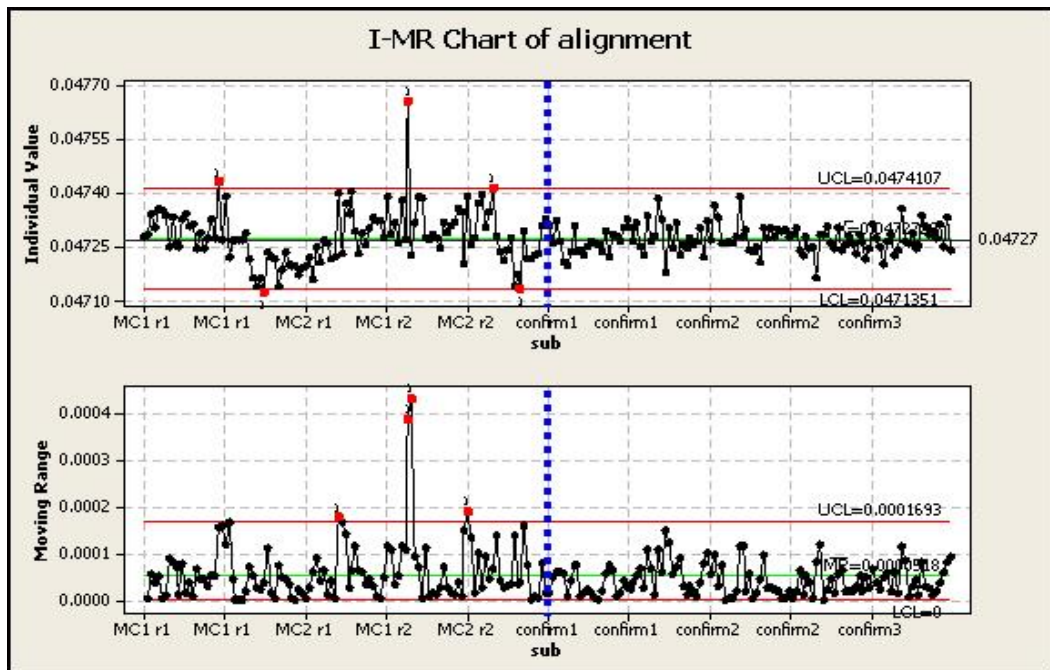
Factors	Setting	Unit	reference
Mount Head Height	-50	um	fixed setup
Support Pin Height	-25	um	fixed setup
UV1 cure time	0.5	sec	fixed setup
UV1 cure time	2	sec	fixed setup
Adhesive Dot size	307	um	fixed setup
PSA mean	1.25	degree	controlled material
Mount Head Y-speed	20000	mm/min	fixed setup
Mount Head Y-speed	15000	mm/min	fixed setup

จากการทดลองยืนยันผลการทดลองสภาวะที่เหมาะสมจำนวน 3 กลุ่มเปรียบเทียบเก็บข้อมูลก่อนหน้า พบว่าค่าเฉลี่ยของตำแหน่งหัวอ่านที่ได้ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมาย (target) มากขึ้น และมีความแปรปรวนน้อยลงดังตารางและแผนภูมิภาพด้านล่าง

ตารางที่ 4.9

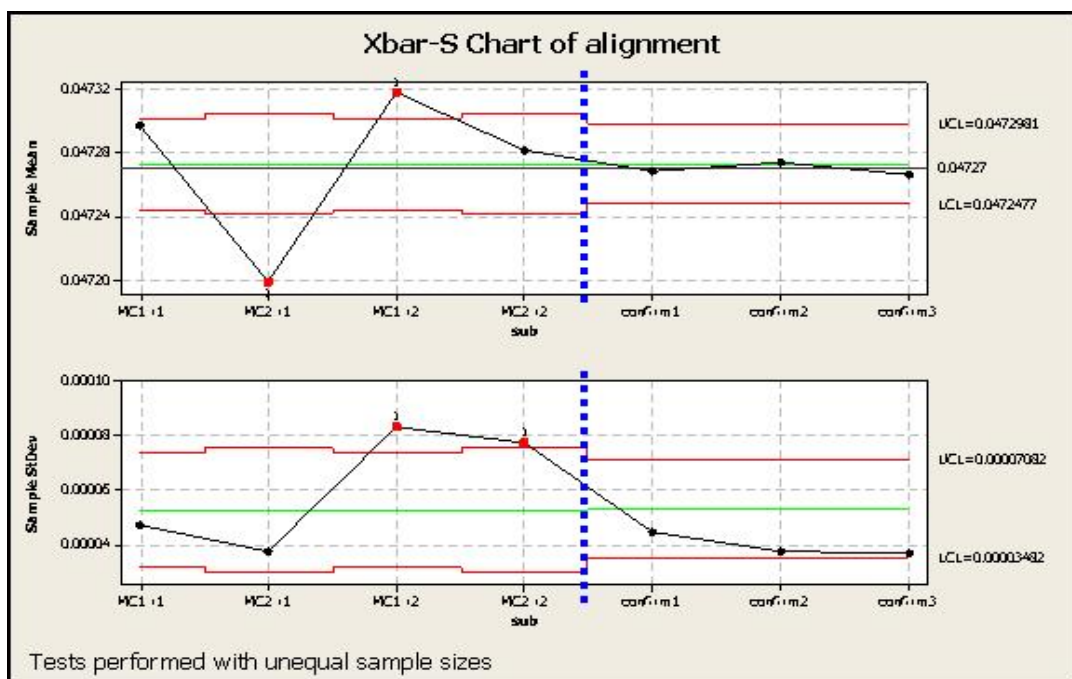
ผลเปรียบเทียบ ตำแหน่งหัวอ่านก่อนหน้า และหลังการทดลอง

	เก็บข้อมูลก่อนทดลอง				เก็บข้อมูลการทดลองยืนยันผล		
	เครื่องที่1 เก็บข้อมูลครั้งที่1	เครื่องที่2 เก็บข้อมูลครั้งที่1	เครื่องที่1 เก็บข้อมูลครั้งที่2	เครื่องที่2 เก็บข้อมูลครั้งที่2	เครื่องที่1 เก็บข้อมูลครั้งที่1	เครื่องที่1 เก็บข้อมูลครั้งที่2	เครื่องที่1 เก็บข้อมูลครั้งที่3
ค่าย่อ	MC1r1	MC1r1	MC1r1	MC1r1	confirm1	confirm2	confirm3
Average (inch)	0.047297	0.047198	0.047318	0.047282	0.047268	0.047274	0.047266
Std (inch)	0.000047	0.000038	0.000083	0.000077	0.000044	0.000038	0.000037
sample size	30	25	30	25	40	40	40



ภาพที่ 4.5

I-MR chart เปรียบเทียบ ตำแหน่งหัวอ่านก่อนหน้า และหลังการทดลอง



ภาพที่ 4.6

X-bar, S-chart เปรียบเทียบ ตำแหน่งหัวอ่านก่อนหน้า และหลังการทดลอง