

บทที่ 7

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

7.1 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ในการทดลองเบื้องต้น

7.1.1 ผลการทดลองเบื้องต้น

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นสามารถแสดงได้ดังตาราง 7.1 โดยที่

ปัจจัย A คือ อุณหภูมิกระจกก่อนเคลือบเงิน

ปัจจัย B คือ ปริมาณของเหลวบนกระจกซึ่งสัมพันธ์กับความดันน้ำ DI เข้า Console

ปัจจัย C คือ ความดันน้ำเข้า Rinse bar

ตารางที่ 7.1 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการทดลองเบื้องต้น

2 ³ Design for Silver Efficiency					
Run	Factor			Silver Efficiency (%)	
	A	B	C	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	-	-	-	55	52
2	+	-	-	70	69
3	-	+	-	57	54
4	+	+	-	82	83
5	-	-	+	58	62
6	+	-	+	76	70
7	-	+	+	65	69
8	+	+	+	88	87

ระดับต่ำ - A อุณหภูมิกระจกก่อนเคลือบเงิน

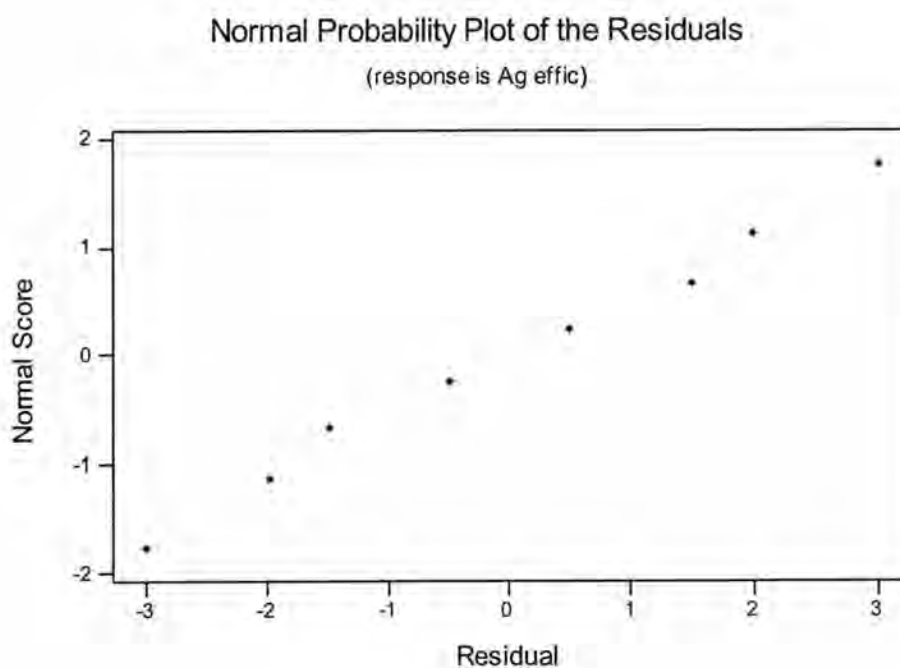
ระดับสูง + B ปริมาณของเหลวบนกระจกซึ่งสัมพันธ์กับความดันน้ำ DI เข้า Console

C ความดันน้ำเข้า Rinse bar

7.1.2 การวิเคราะห์การทดลองเบื้องต้นโดยวิธีแฟคทอเรียลเมื่อระดับมี 2 ปัจจัย

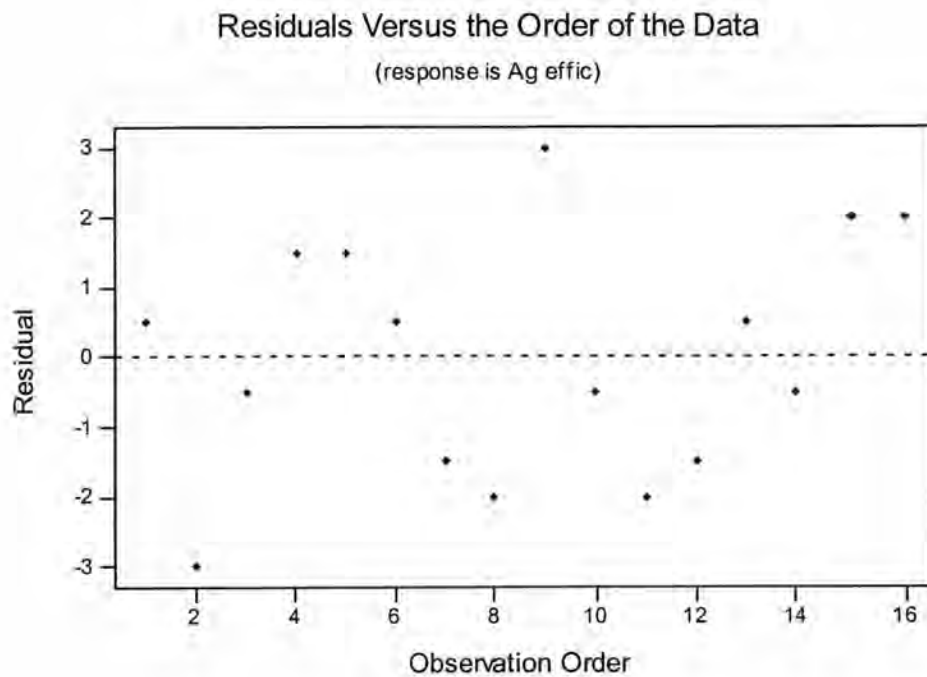
7.1.2.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 กรณีคือ

1. การทดสอบการกระจายแบบปกติของการทดลองเบื้องต้น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.1



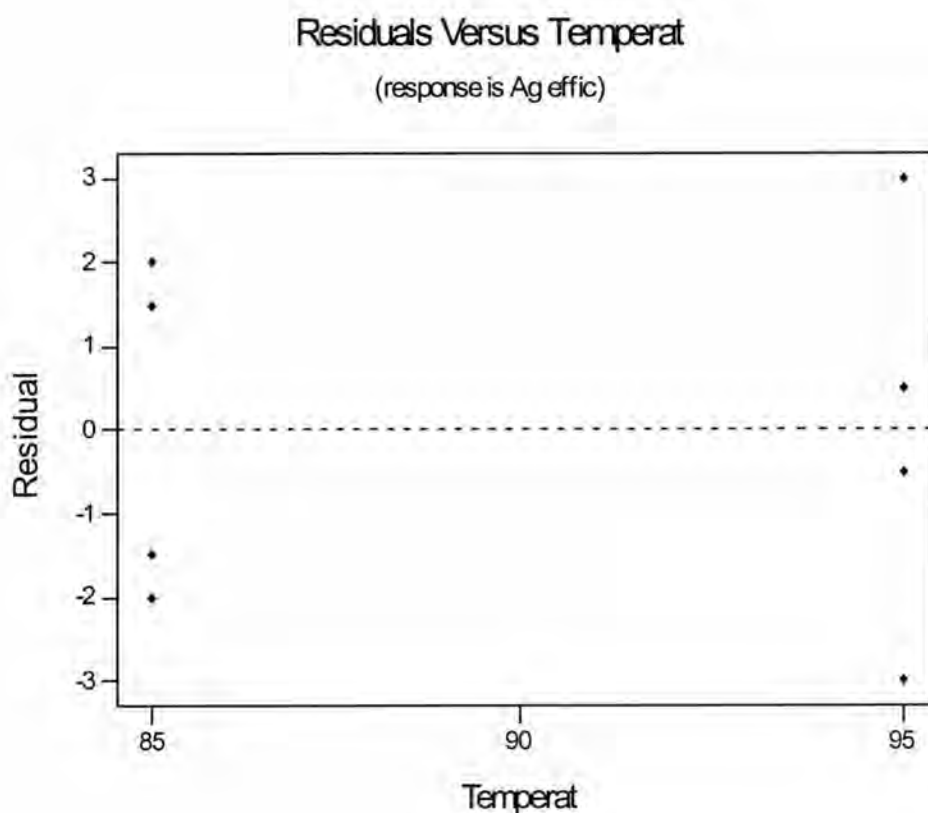
รูปที่ 7.1 Normal Probability Plot ของข้อมูลการทดลองเบื้องต้น

2. การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 กราฟ Residual กับลำดับข้อมูลแสดงความไม่เป็นอิสระของข้อมูลการทดลองเบื้องต้น

3. การทดสอบความสม่ำเสมอของความแปรปรวนของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 กราฟระหว่างค่า Residual กับอุณหภูมิแสดงความสม่ำเสมอของความแปรปรวนของข้อมูลเบื้องต้น

เมื่อพิจารณาจากรูปข้างต้นพบว่า ข้อมูลการทดลองเบื้องต้นมีการกระจายแบบปกติ มีความเป็นอิสระซึ่งกันและกัน และมีความสม่ำเสมอของความแปรปรวน สรุปได้ว่าข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะพิจารณา

7.1.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงได้ดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 แสดงผลการวิเคราะห์ของการทดลองเบื้องต้น

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Ratio	Prob > F
A	1	1463.06	1463.06	105.60	0.000
B	1	333.06	333.06	24.04	0.000
C	1	175.56	175.56	12.67	0.004
Error	12	166.25	13.85		
Total	15	2137.94			

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาที่ค่า Prob > F พบว่าไม่มีปัจจัยตัวใดที่ค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าปัจจัยทั้ง 3 ชนิดมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการเคลือบเงินในกระบวนการผลิตกระจกเงา

7.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ในการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

การทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมจะใช้วิธีการแบบแฟคทอเรียลตัวแบบอิทธิพลคงที่

7.2.1 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาประสิทธิภาพการเคลือบเงิน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 แสดงข้อมูลในการทดลองหาประสิทธิภาพการเคลือบเงิน

A	C	2			5			8		
	B	38	40	42	38	40	42	38	40	42
85	1	55	58	57	58	72	73	58	53	60
	2	52	55	75	62	71	60	55	61	63
90	1	61	71	79	72	83	81	72	75	78
	2	57	78	81	62	83	85	58	80	85
95	1	70	76	85	82	92	88	70	85	83
	2	75	82	83	85	91	88	76	85	82

A คือ อุณหภูมิกระจกก่อนเคลือบเงิน

B คือ ปริมาณของเหลวซึ่งสัมพันธ์กับความดันน้ำ DI ก่อนเข้า Console

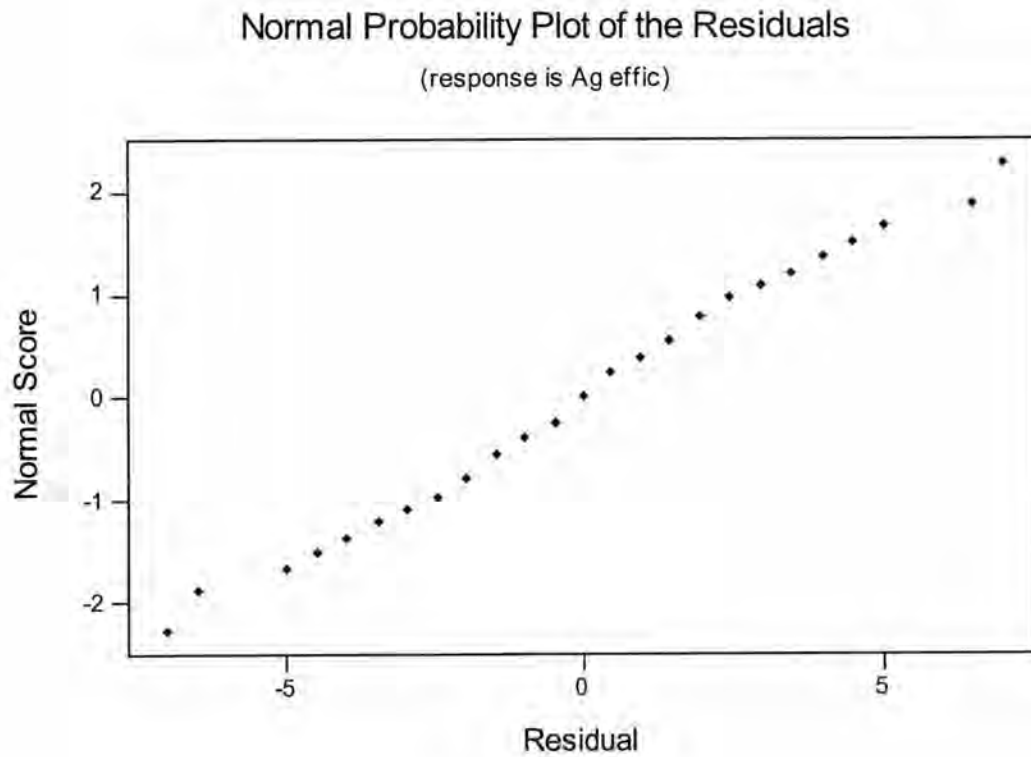
C คือ ความดันน้ำเข้า Rinse bar

7.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพการเคลือบเงินของการผลิตกระจกเงา

7.2.2.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของข้อมูลแบ่งได้ 3 กรณีคือ

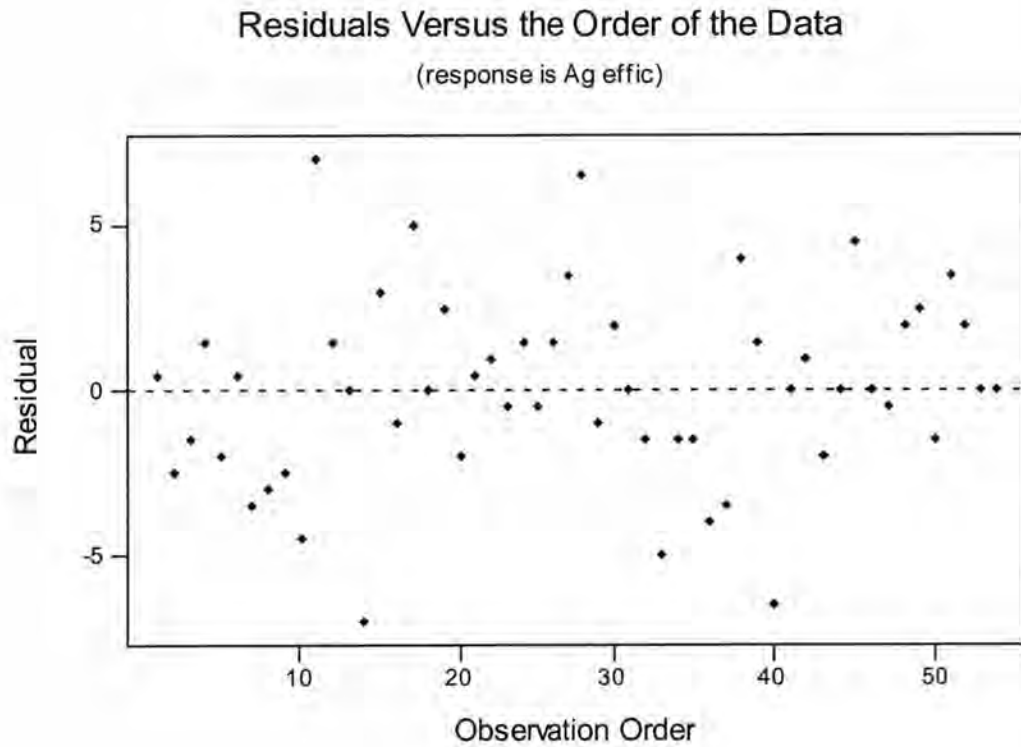
1. วิเคราะห์การกระจายแบบปกติของข้อมูล

การวิเคราะห์การกระจายแบบปกติของข้อมูลประสิทธิภาพการเคลือบเงิน
ในกระบวนการผลิตกระจกเงา แสดงได้ดังรูปที่ 7.4



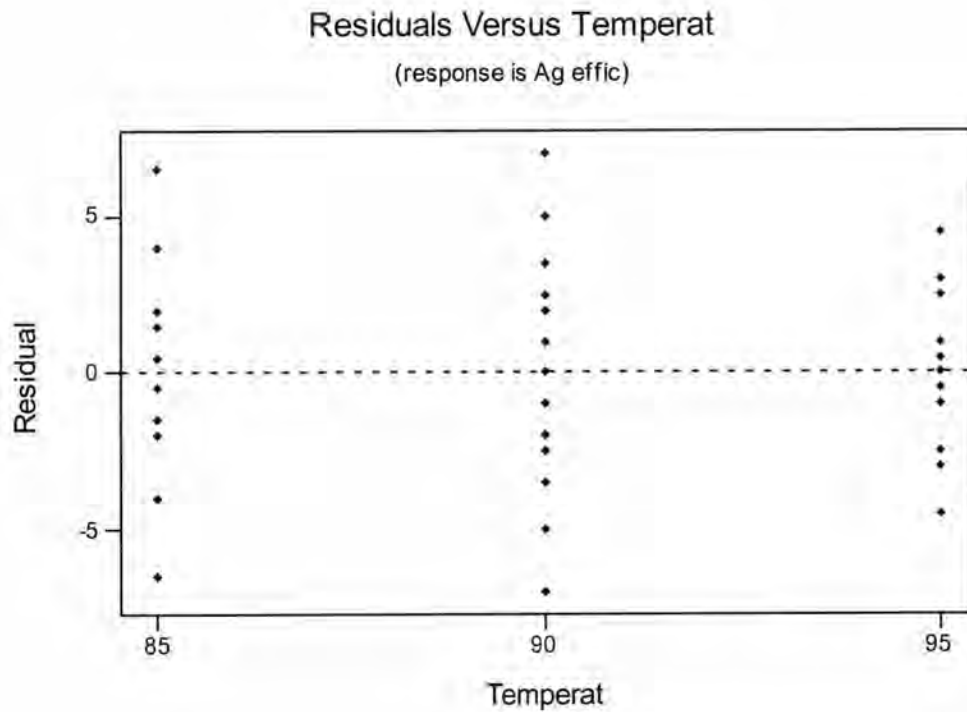
รูปที่ 7.4 Normal Probability Plot ของข้อมูลประสิทธิภาพการเคลือบเงิน

2. การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.5

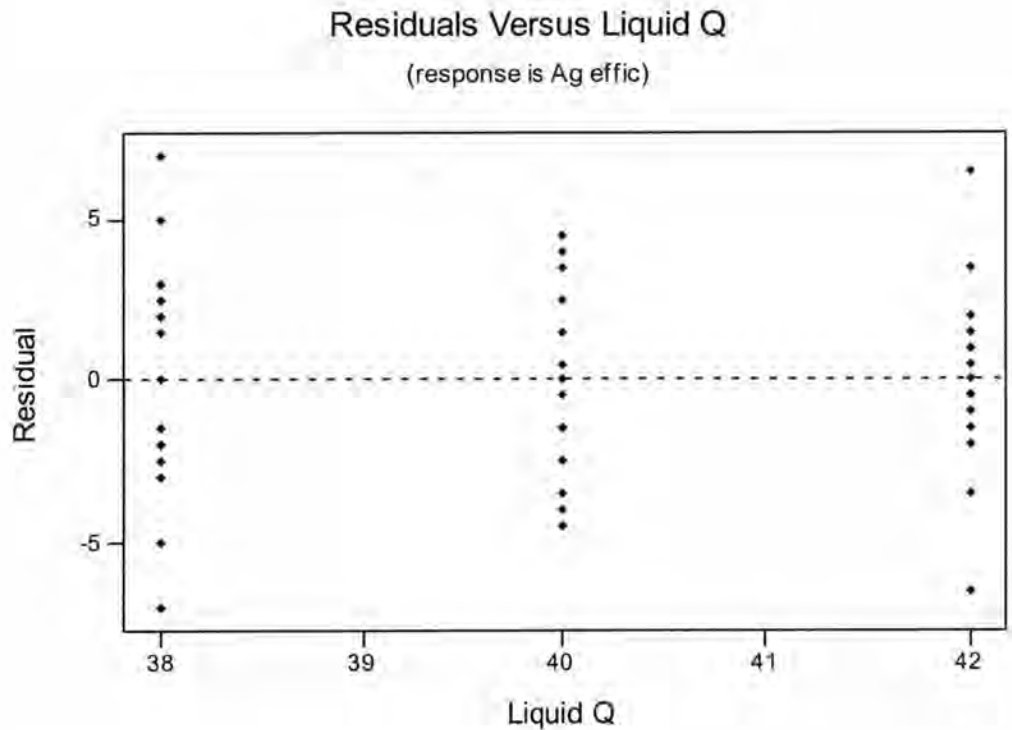


รูปที่ 7.5 กราฟ Residual กับลำดับของข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูล

3. การทดสอบความสม่ำเสมอของความแปรปรวนของข้อมูล สามารถแสดงได้ด้วยรูปที่ 7.6 และ 7.7



- รูปที่ 7.6 กราฟระหว่างค่า Residual กับอุณหภูมิกระจกก่อนเคลือบเงินแสดงความสม่ำเสมอของความแปรปรวน



รูปที่ 7.7 กราฟระหว่าง Residual กับปริมาณของเหลวบนกระจกซึ่งสัมพันธ์กับความดันน้ำ DI
เข้า Console แสดงความสม่ำเสมอของความแปรปรวน

เมื่อพิจารณาจากกราฟข้างต้นพบว่า ข้อมูลประสิทธิภาพการเคลือบเงินมีการกระจายแบบปกติ มีความเป็นอิสระซึ่งกันและกัน และมีความสม่ำเสมอของความแปรปรวน สรุปได้ว่าข้อมูลประสิทธิภาพการเคลือบเงินมีความเหมาะสมที่จะพิจารณา

7.2.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงได้ดังตารางที่ 7.4 ตาราง ANOVA แสดงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเคลือบเงิน

ตารางที่ 7.4 ตาราง ANOVA แสดงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเคลือบเงิน

ANOVA for Ag efficiency

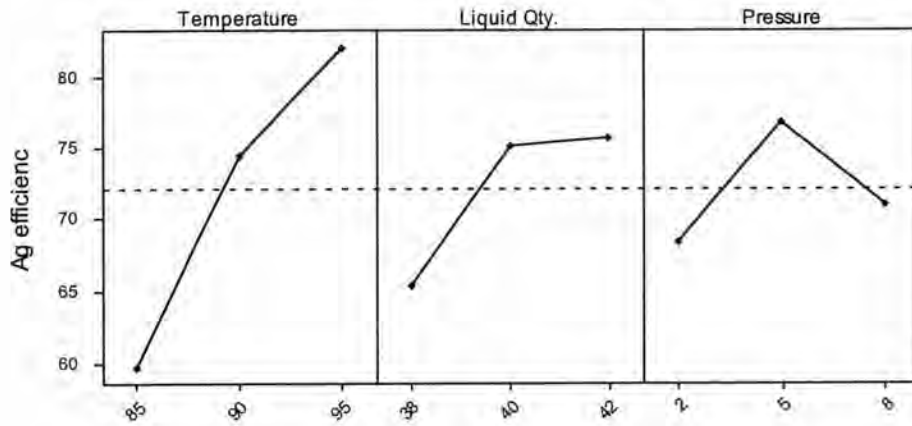
Source	DF	SS	MS	F	P
Temperature	2	4616.04	2308.02	138.79	0.000
Liquid Qty	2	1236.93	618.46	37.19	0.000
Pressure	2	682.48	341.24	20.52	0.000
Temperature * Liquid Qty	4	297.19	74.30	4.47	0.007
Temperature * Pressure	4	50.96	12.74	0.77	0.557
Liquid Qty * Pressure	4	59.07	14.77	0.89	0.484
Temperature * Liquid Qty * Pressure	8	83.15	10.39	0.63	0.749
Error	27	449.00	16.63		
Total	53	7474.81			

จากตารางพบว่า การเปลี่ยนแปลงในปัจจัย Temperature (อุณหภูมิกระจก) Liquid Qty (ปริมาณของเหลวบนกระจกซึ่งสัมพันธ์กับความดันน้ำ DI) ความดันน้ำเข้า Rinse bar และ Temperature * Liquid Qty (ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของอุณหภูมิกระจกและปริมาณของเหลวบนกระจก) พบว่าค่า P น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าทั้ง 4 ปัจจัยข้างต้นมีผลต่อประสิทธิภาพการเคลือบเงินในกระบวนการผลิตกระจกเงา

7.3 การหาสภาวะที่เหมาะสม

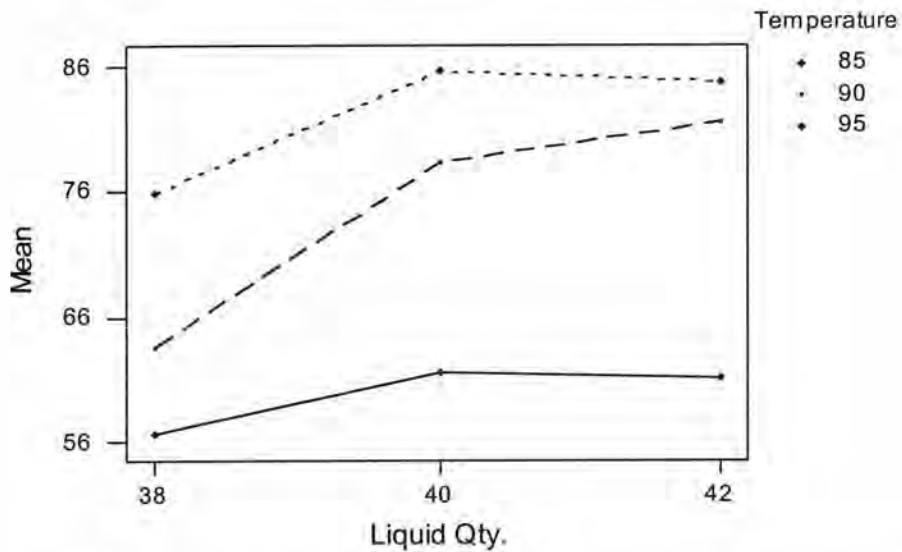
จากผลการทดลองข้างต้น เราสามารถกำหนดสภาวะที่เหมาะสมของประสิทธิภาพการเคลือบเงินระหว่างระดับของปัจจัยกับค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการเคลือบเงิน ซึ่งแสดงกราฟได้ดังรูปที่ 7.8

Main Effects Plot - Data Means for Ag efficienc



รูปที่ 7.8 แสดงปัจจัยหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเคลือบเงิน

Interaction Plot - Data Means for Ag efficienc



รูปที่ 7.9 แสดงปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกระจกและปริมาณของเหลวที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเคลือบเงิน

เมื่อพิจารณาจากกราฟรูปที่ 7.8 และ 7.9 ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบว่าที่ปริมาณของเหลวบนกระจกซึ่งสัมพันธ์กับความดันน้ำ DI เข้า Console ที่ 38 psi , 40 psi , 42 psi แต่ละระดับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยใช้วิธีทดสอบ Duncan's Multiple Range Test

จากตารางที่ 7.4 ค่า $MS_E = 16.63$

$$N = 54$$

$$n = 6$$

1. เปรียบเทียบที่อุณหภูมิ 95 °F โดยมีสมมติฐานว่ามี Error Variance เท่ากันในทุก Treatment Combination นำค่าผลตอบสนองจากปริมาณของเหลวบนกระจกซึ่งสัมพันธ์กับความดันน้ำ DI เข้า Console ทั้ง 3 ระดับมาเรียงลำดับจากน้อยไปมากได้ดังนี้

$$1. \bar{Y}_{B1} = \frac{(70 + 75 + 82 + 85 + 70 + 76)}{6} = 76.3 \quad (38 \text{ psi})$$

$$2. \bar{Y}_{B3} = \frac{(85 + 83 + 88 + 88 + 83 + 82)}{6} = 84.8 \quad (42 \text{ psi})$$

$$3. \bar{Y}_{B2} = \frac{(76 + 82 + 92 + 91 + 85 + 85)}{6} = 85.2 \quad (40 \text{ psi})$$

จะได้ค่า Standard Error ของค่าเฉลี่ยการทดลอง (Treatment Mean)

$$S_{\bar{Y}_B} = \sqrt{\frac{MS_E}{n}} = \sqrt{\frac{16.63}{6}} = 1.66$$

หาค่า Least Significant Ranges ได้

$$R_2 = r_{0.05(2,27)} S_{\bar{Y}_B} = (2.91)(1.66) = 4.83$$

$$R_3 = r_{0.05(3,27)} S_{\bar{Y}_B} = (3.06)(1.66) = 5.08$$

โดยที่ใช้ $\alpha = 0.05$ เปิดตารางหา $t_{0.05}(2,27) = 2.91$

$$t_{0.05}(3,27) = 3.06$$

เปรียบเทียบได้ดังนี้

$$3 \text{ VS. } 1 : 85.2 - 76.3 = 8.9 > 5.08 (R_3)$$

$$3 \text{ VS. } 2 : 85.2 - 84.8 = 0.4 < 4.38 (R_2)$$

$$2 \text{ VS. } 1 : 84.8 - 76.3 = 8.5 > 4.38 (R_2)$$

จากการวิเคราะห์พบว่าคู่ของค่าเฉลี่ย 3 VS.1 และ 2 VS.1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นคู่ของค่าเฉลี่ยระหว่าง 3 VS.2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. เปรียบเทียบที่อุณหภูมิ 90 °F จะได้ว่า

$$1. \bar{Y}_{B1} = \frac{(61 + 57 + 72 + 62 + 72 + 58)}{6} = 63.7 \text{ (38 psi)}$$

$$2. \bar{Y}_{B2} = \frac{(71 + 78 + 83 + 83 + 75 + 80)}{6} = 78.3 \text{ (40 psi)}$$

$$3. \bar{Y}_{B3} = \frac{(79 + 81 + 81 + 85 + 78 + 85)}{6} = 81.5 \text{ (42 psi)}$$

เปรียบเทียบได้ดังนี้

$$3 \text{ VS. } 1 : 81.5 - 63.7 = 17.8 > 5.08 (R_3)$$

$$3 \text{ VS. } 2 : 81.5 - 78.3 = 3.2 < 4.83 (R_2)$$

$$2 \text{ VS. } 1 : 78.3 - 63.7 = 14.6 > 4.83 (R_2)$$

จากการวิเคราะห์พบว่าคู่ของค่าเฉลี่ย 3 VS.1 และ 2 VS.1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นคู่ของค่าเฉลี่ยระหว่าง 3 VS.2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. เปรียบเทียบที่อุณหภูมิ 85 °F จะได้ว่า

$$1. \bar{Y}_{B1} = \frac{(55 + 52 + 58 + 62 + 58 + 55)}{6} = 56.7 \text{ (38 psi)}$$

$$2. \bar{Y}_{B2} = \frac{(58 + 55 + 72 + 71 + 53 + 61)}{6} = 61.7 \text{ (40 psi)}$$

$$3. \bar{Y}_{B3} = \frac{(57 + 75 + 73 + 60 + 60 + 63)}{6} = 64.7 \text{ (42 psi)}$$

เปรียบเทียบได้ดังนี้

$$3 \text{ VS.1} : 64.7 - 56.7 = 8 > 5.08 (R_3)$$

$$3 \text{ VS.2} : 64.7 - 61.7 = 3 < 4.83 (R_2)$$

$$2 \text{ VS.1} : 61.7 - 56.7 = 5 > 4.83 (R_2)$$

จากการวิเคราะห์พบว่าค่าเฉลี่ย 3 VS.1 และ 2 VS.1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าเฉลี่ยระหว่าง 3 VS.2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ดังนั้นสรุปได้ว่าทุกระดับอุณหภูมิจะให้ผลตอบสนองต่อความดันน้ำ DI เข้า Console ที่ระดับ 42 psi กับ 38 psi และ 40 psi กับ 38 psi แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นที่ระดับ 42 psi กับ 40 psi จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองดังนี้

- | | |
|--|--------|
| 1. อุณหภูมิกระจกก่อนเคลือบเงิน | 95 °F |
| 2. ปริมาณของเหลวบนกระจกซึ่งสัมพันธ์กับความดันน้ำ DI เข้า Console | 40 psi |
| 3. ความดันน้ำเข้า Rinse bar | 5 psi |

7.4 การทดสอบเพื่อยืนยันผล

7.4.1 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบ

ในการทดสอบเพื่อยืนยันผลผู้วิจัยได้ใช้การทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของประชากรปกติที่มีความแปรปรวนเท่ากันในการทดลองเพื่อยืนยันผล แสดงได้ดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 แสดงข้อมูลของประสิทธิภาพการทดสอบที่ได้จากสภาวะปัจจุบันเปรียบเทียบกับสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง

Current		Purpose	
อุณหภูมิกระจกก่อนเคลือบเงิน	= 90 °F	อุณหภูมิกระจกก่อนเคลือบเงิน	= 95 °F
ปริมาณของเหลวซึ่งสัมพันธ์กับ		ปริมาณของเหลวซึ่งสัมพันธ์กับ	
ความดันน้ำ DI	= 40 psi	ความดันน้ำ DI	= 40 psi
ความดันน้ำเข้า Rinse Bar	= 5 psi	ความดันน้ำเข้า Rinse Bar	= 5 psi
82		86	
80		86	
81		86	
80		84	
81		85	
82		86	
82		86	
82		87	
83		88	
83		86	
82		86	
82		86	
82		86	
82		88	
82		87	
84		86	
80		85	
84		87	
81		85	
83		85	

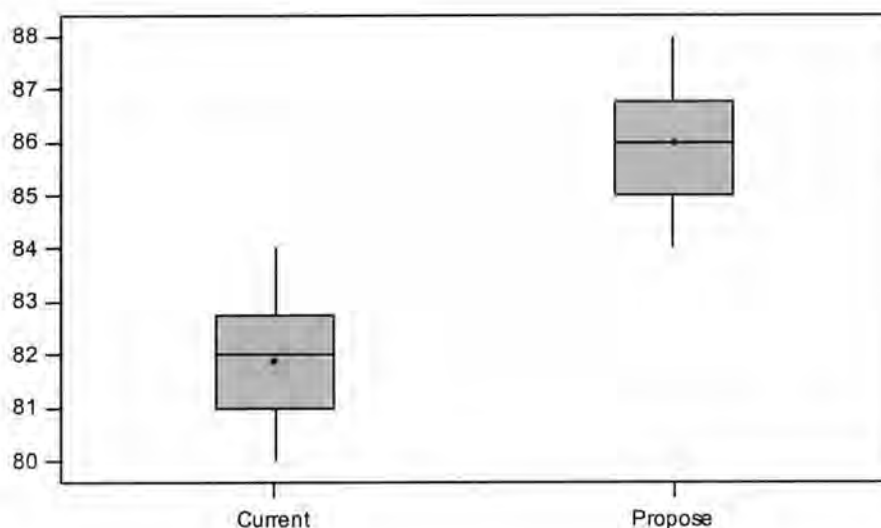
7.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองเพื่อยืนยันผล

การทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของประชากรปกติและมีความแปรปรวนเท่ากัน

ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมสถิติ ค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งเมื่อเทียบกับค่าวิกฤติคือ 0.05 พบว่าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ จึงสรุปได้ว่าสภาวะปัจจุบันมีค่าประสิทธิภาพเคลือบเงินน้อยกว่าสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง ดังรูปที่ 7.10

Boxplots of Current and Propose

(means are indicated by solid circles)



รูปที่ 7.10 รูปแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 ประชากร