

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการนำชิคซ์ ชิคมามาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย

ในการศึกษาการค้นคว้าอิสระนี้ต้องการนำหลักการทางชิคซ์ ชิคมามาใช้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดงานเสียของโรงงานผลิตเชิงไม้อย่างพาราของบริษัทเอ็นเอสวีดีโปรดักส์ จำกัด ซึ่งผลพลอยได้เมื่องานเสียลดลง จะทำให้โรงงานมีกำไรเพิ่มมากขึ้น โดยมีลำดับขั้นตอน 5 ขั้นตอน การกำหนดปัญหา การวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุงและการควบคุม

เมื่อปัญหางานเสียถูกระบุและเมื่อนำงานเสียทั้งหมดมาทำพารา โดพบว่างานเสียกาวเฝ้มเป็นปัญหาที่รุนแรงที่สุด ทำให้ผู้วิจัยตั้งวัตถุประสงค์เพื่อลดงานเสียกาวเฝ้มจาก 7.5 เปอร์เซ็นต์ลดลงเหลือ 3.75 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นทำการระดมสมองของพนักงานกลุ่มหนึ่ง เพื่อเขียนเป็นแผนผังก้างปลา ซึ่งสามารถมองเห็นปัญหาได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เมื่อได้ปัจจัยที่มีผลและน่าสนใจทั้งหมด 5 ปัจจัยจาก 3 เงื่อนไข คือ เงื่อนไขของการตากแห้ง ที่ประกอบด้วย 3 ปัจจัยคือ อุณหภูมิในการตากแห้ง ความชื้นในการตากแห้ง และเวลาในการตากแห้ง เงื่อนไขในการทิ้งกาวให้แห้งในอากาศ หลังจากถูกกลิ้งถูกชุบด้วยกาวแล้ว เงื่อนไขของปริมาตรของกาวที่ใช้ เนื่องจาก 2 ปัจจัยแรกคือ อุณหภูมิและความชื้นในการตากแห้ง ไม่สามารถควบคุมได้เพราะขึ้นกับธรรมชาติ ผู้วิจัยจึงหันมาควบคุมโดยคุมในตู้อบแทน ปัจจัยทั้ง 5 นี้ถูกนำมาทำการออกแบบการทดลองเชิงเศษส่วนของแฟคทอเรียล แบบ 2 ระดับ ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

4.2 ผลการทดลองเชิงเศษส่วนของแฟคทอเรียล (Fractional Factorial Design)

ในการทดลองเชิงเศษส่วนของแฟคทอเรียลแบบ 2^{k-2} นี้ มีการศึกษาตามขั้นตอนการดำเนินการทดลองที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 มีปัจจัยที่ต้องการศึกษาทั้งหมด 5 ปัจจัย คือ อุณหภูมิในการอบ ความชื้นที่ใช้ออบ เวลาในการอบ ระยะเวลาที่ทิ้งกาวให้สัมผัสอากาศ และปริมาตรกาวที่ใช้ โดยนำชิ้นงานตากาว เข้าตู้อบเดียวกัน ครั้งละ 10 คู่ต่อการทดลอง ดังนั้นการทดลองมีทั้งหมด 2^{5-2} หรือเท่ากับ 8 การทดลอง แต่ทำซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของผลการทดลอง ทำให้มีข้อมูลที่ได้จากการทดลองรวมเป็นทั้งหมด 16 การทดลองดังตารางที่ 4.7

Std Order	Run Order	อุณหภูมิในการอบ (Tp), องศาเซลเซียส	ความชื้นในการอบ (H), เปอร์เซ็นต์ความชื้น	เวลาในการอบ (Ti), ชั่วโมง	กาวสัมผัสอากาศ (G), วินาที	ปริมาตรกาวที่ใช้ (V), มิลลิลิตร	จำนวนของเสีย	เปอร์เซ็นต์งานเสีย
1	11	60 (-)	50 (-)	8 (-)	5 (+)	200 (+)	7	70
2	13	80 (+)	50 (-)	8 (-)	1 (-)	100 (-)	2	20
3	12	60 (-)	60 (+)	8 (-)	1 (-)	200 (+)	6	60
4	4	80 (+)	60 (+)	8 (-)	5 (+)	100 (-)	3	30
5	14	60 (-)	50 (-)	15 (+)	5 (+)	100 (-)	3	30
6	8	80 (+)	50 (-)	15 (+)	1 (-)	200 (+)	1	10
7	1	60 (-)	60 (+)	15 (+)	1 (-)	100 (-)	5	50
8	15	80 (+)	60 (+)	15 (+)	5 (+)	200 (+)	7	70
9	10	60 (-)	50 (-)	8 (-)	5 (+)	200 (+)	9	90
10	2	80 (+)	50 (-)	8 (-)	1 (-)	100 (-)	0	0
11	7	60 (-)	60 (+)	8 (-)	1 (-)	200 (+)	7	70
12	9	80 (+)	60 (+)	8 (-)	5 (+)	100 (-)	5	50
13	5	60 (-)	50 (-)	15 (+)	5 (+)	100 (-)	4	40
14	16	80 (+)	50 (-)	15 (+)	1 (-)	200 (+)	1	10
15	3	60 (-)	60 (+)	15 (+)	1 (-)	100 (-)	6	60
16	6	80 (+)	60 (+)	15 (+)	5 (+)	200 (+)	8	80

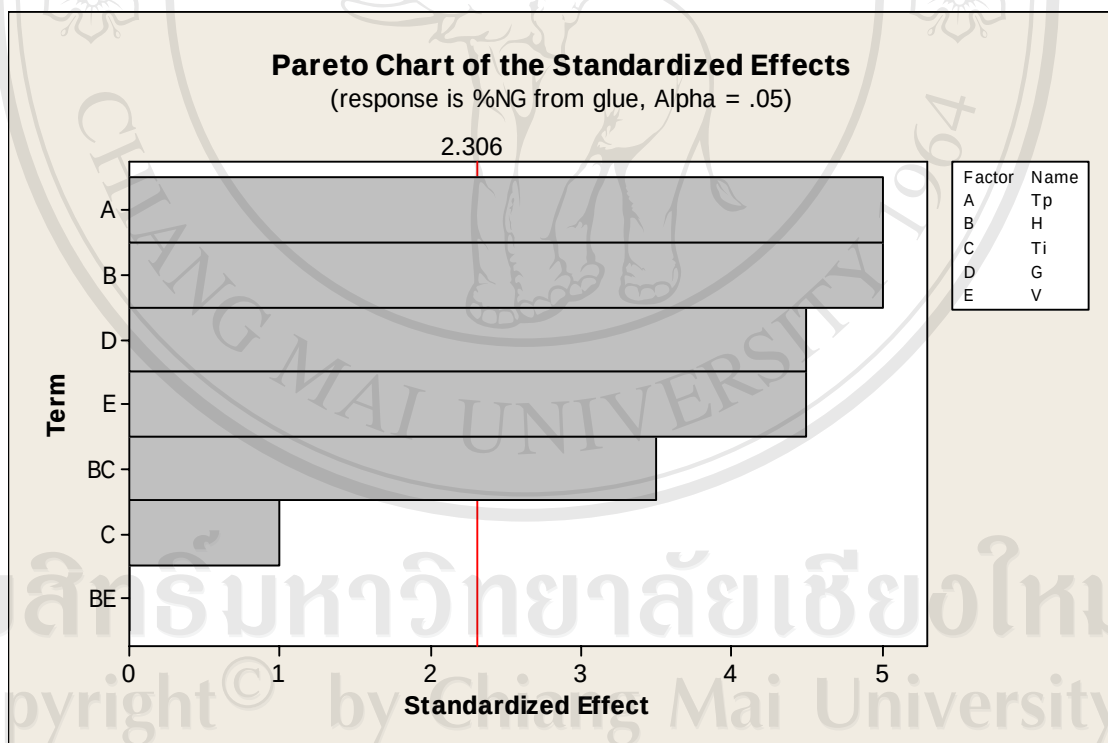
ตาราง 4.7 ผลการทดลองเชิงเศษส่วนของแฟกทอเรียลแบบ 2⁵⁻²

โดย StdOrder หมายถึงลำดับมาตรฐานที่โปรแกรมเตรียมไว้ให้
RunOrder หมายถึงลำดับของการทดลอง
Tp หมายถึงอุณหภูมิในการอบเชิงไม้อย่างพารา แทนปัจจัยหลัก A
H หมายถึงความชื้นในการอบเชิงไม้อย่างพารา แทนปัจจัยหลัก B
Ti หมายถึงเวลาในการอบเชิงไม้อย่างพารา แทนปัจจัยหลัก C
G หมายถึงระยะเวลาที่กาวให้สัมผัสอากาศ แทนปัจจัยหลัก D

V หมายถึงปริมาตรกาวที่ใช้ในการประสานไม้ต่อตารางเมตร
แทนปัจจัยหลัก E

เมื่อทำการทดลองตามลำดับการทดลองแล้วพบว่า การทดลองที่มีค่าเปอร์เซ็นต์งานเสียต่ำที่สุดคือการทดลองที่ 2 ที่ไม่เจองานเสียเลย ซึ่งเป็นการทดลองที่ใช้อุณหภูมิในการอบไม้ 80 องศาเซลเซียส ความชื้นเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ใช้เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง ด้วยปริมาตรกาว 100 มิลลิลิตร โดยทิ้งกาวให้สัมผัสอากาศสั้นที่สุดคือ 1 วินาที, ส่วนการทดลองที่ให้เปอร์เซ็นต์งานเสียสูงสุดคือการทดลองที่ 10 ให้งานเสียถึงร้อยละ 90 ซึ่งเป็นการทดลองที่ใช้อุณหภูมิในการอบไม้เพียง 60 องศาเซลเซียส ความชื้นเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ใช้เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง แต่พบว่าใช้ปริมาตรกาวมากถึง 200 มิลลิลิตร นอกจากนั้นยังทิ้งให้กาวสัมผัสอากาศนานถึง 5 วินาที

4.3 การวิเคราะห์ผลตอบจากผลการทดลองเชิงเศษส่วนของแฟคทอเรียล โดยไม่แปลงข้อมูล



รูป 4.16 ผลการทดสอบของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์งานเสีย

จากรูป 4.16 แสดงว่าปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์งานเสียคือกราฟพาวเรโดที่เกินขีดสีแดง คือ A, B, D, E และผลของปัจจัยร่วม BC ซึ่งจากผลของปัจจัยร่วม BC ทำให้ปัจจัยหลัก C มีผล

ด้วย ในบทนี้ตัวแปร A คืออุณหภูมิในการอบแข็ง B คือความชื้นในการอบแข็ง C คือเวลาในการอบแข็ง, D คือระยะเวลาที่ทิ้งกาวในอากาศ, E คือปริมาณกาวที่ใช้ทา

Factorial Fit: %NG from glue versus Tp, H, Ti, G, V

Estimated Effects and Coefficients for %NG from glue (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		46.25	2.500	18.50	0.000
Tp	-25.00	-12.50	2.500	-5.00	0.001
H	25.00	12.50	2.500	5.00	0.001
Ti	-5.00	-2.50	2.500	1.00	0.347
G	22.50	11.25	2.500	4.50	0.002
V	22.50	11.25	2.500	4.50	0.002
H*Ti	17.50	8.75	2.500	3.50	0.008
H*V	-0.00	-0.00	2.500	-0.00	1.000

S = 10 R-Sq = 92.84% R-Sq(adj) = 86.58%

Analysis of Variance for %NG from glue (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	5	9150.0	9150.0	1830.0	18.30	0.000
2-Way Interactions	2	1225.0	1225.0	612.5	6.13	0.024
Residual Error	8	800.0	800.0	100.0		
Pure Error	8	800.0	800.0	100.0		
Total	15	11175.0				

รูป 4.17 ผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมการ (Coded Units)

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมจะเห็นว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์งานเสียกาวเี่ยม คือทุกปัจจัยที่มีค่า p-value ที่ต่ำกว่า 0.05 รวมถึงปัจจัยร่วมระหว่างความชื้นและเวลา ยกเว้น Ti และ H*V

Estimated Coefficients for %NG from glue using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	270.089
Tp	-1.25000
H	-3.25000
Ti	-28.2143
G	5.62500
V	0.225000
H*Ti	0.500000
H*V	0.0000000

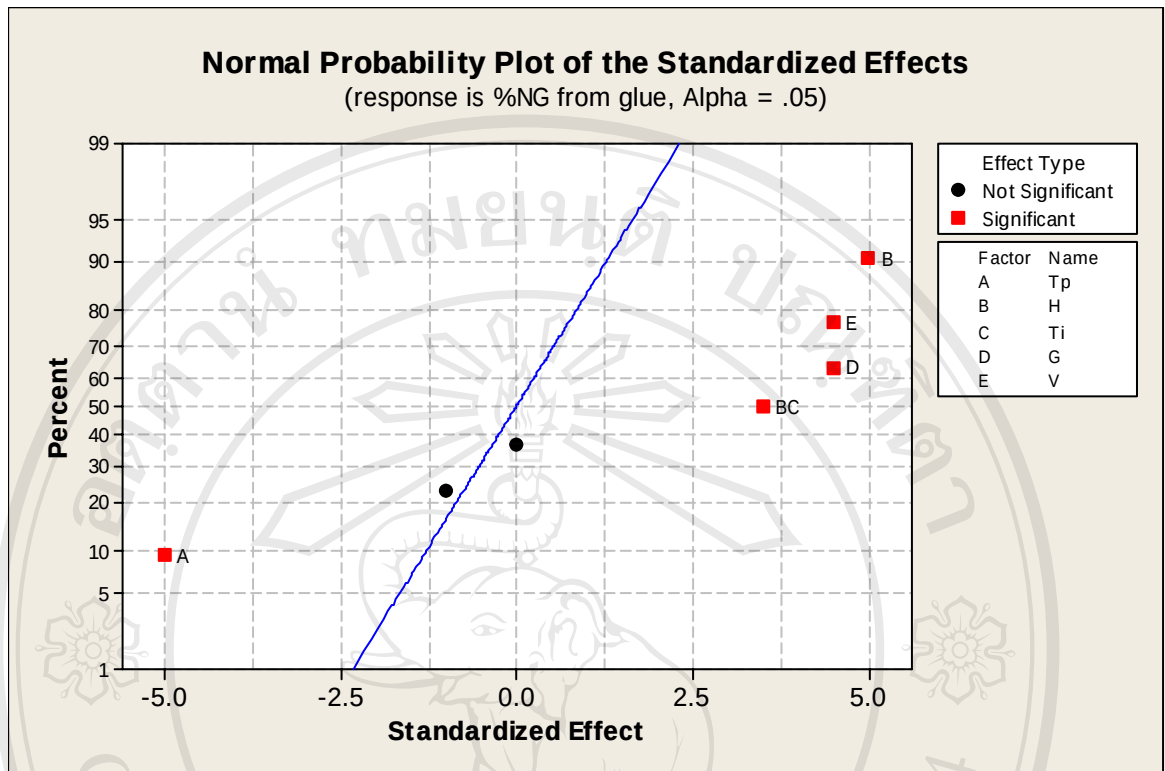
รูป 4.18 ผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมการ (Uncoded Units)

จากผลที่วิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab Release 14 แล้วพบว่าเมื่อกำหนดค่า $\alpha = 0.05$ แล้ว ค่า p-value ของปัจจัยหลักเป็นค่าที่มีนัยสำคัญทุกตัว ยกเว้นค่า Ti และผลกระทบร่วมระหว่าง H*V แต่เนื่องจากผลกระทบร่วมระหว่างค่า H*Ti เป็นค่าที่มีนัยสำคัญ จึงทำให้ทุกปัจจัยหลักรวมทั้ง Ti เป็นค่าที่มีนัยสำคัญทั้งหมด สาเหตุที่ผลกระทบร่วมมีเพียง 2 ตัวเนื่องจากผลกระทบร่วมตัวอื่นคอนฟราวต์กันหมดตาม Alias Structure ดังรูปที่ 4.19 และเมื่อพิจารณาค่า p-value ทำให้เหลือเพียง 1 ผลกระทบร่วมเท่านั้นที่มีค่านัยสำคัญ

Alias Structure

$I + Tp*H*G + Tp*Ti*V + H*Ti*G*V$
 $Tp + H*G + Ti*V + Tp*H*Ti*G*V$
 $H + Tp*G + Ti*G*V + Tp*H*Ti*V$
 $Ti + Tp*V + H*G*V + Tp*H*Ti*G$
 $G + Tp*H + H*Ti*V + Tp*Ti*G*V$
 $V + Tp*Ti + H*Ti*G + Tp*H*G*V$
 $H*Ti + G*V + Tp*H*V + Tp*Ti*G$
 $H*V + Ti*G + Tp*H*Ti + Tp*G*V$

รูป 4.19 ผลของ Alias Structure



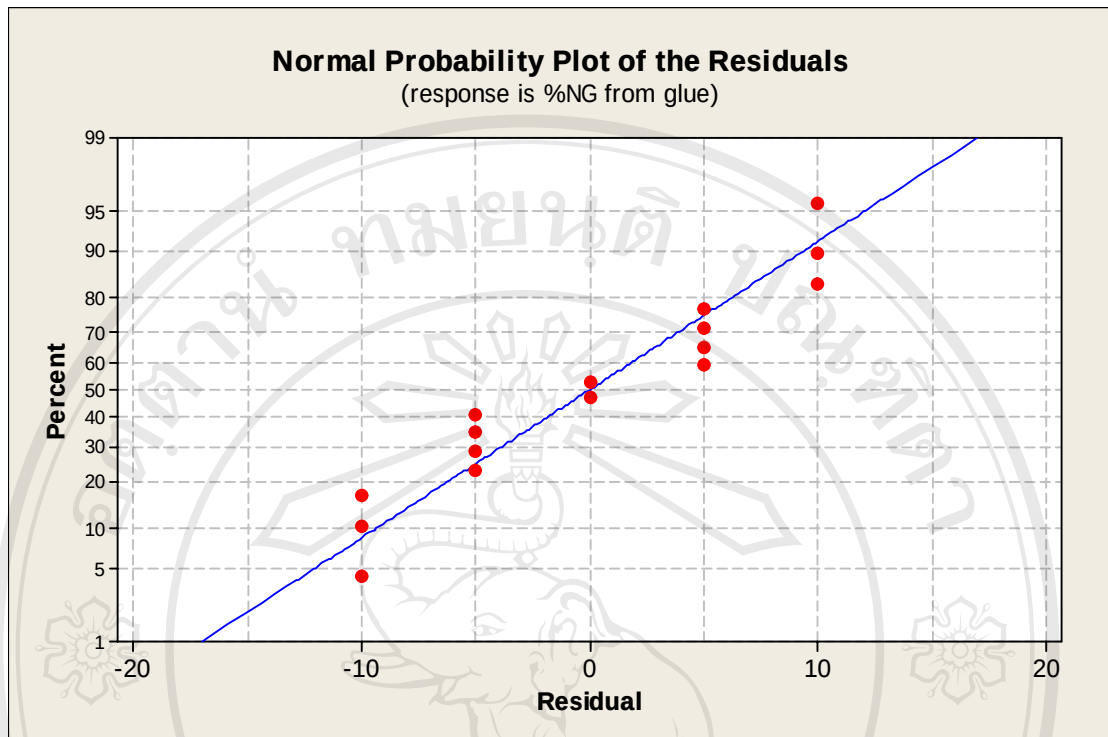
รูป 4.20 ผลการวิเคราะห์จาก Normal Probability Plot โดยไม่แปลงข้อมูล

4.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ก่อนที่จะวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ANOVA เราจำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อน ว่ามีความถูกต้องหรือไม่ หลังจากนั้น R-Square ถูกตรวจสอบเช่นกัน การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลมีดังนี้

4.4.1 การตรวจสอบการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution)

เป็นการตรวจสอบส่วนตกค้าง (Residual) ของข้อมูลว่ามีการกระจายแบบปกติหรือไม่

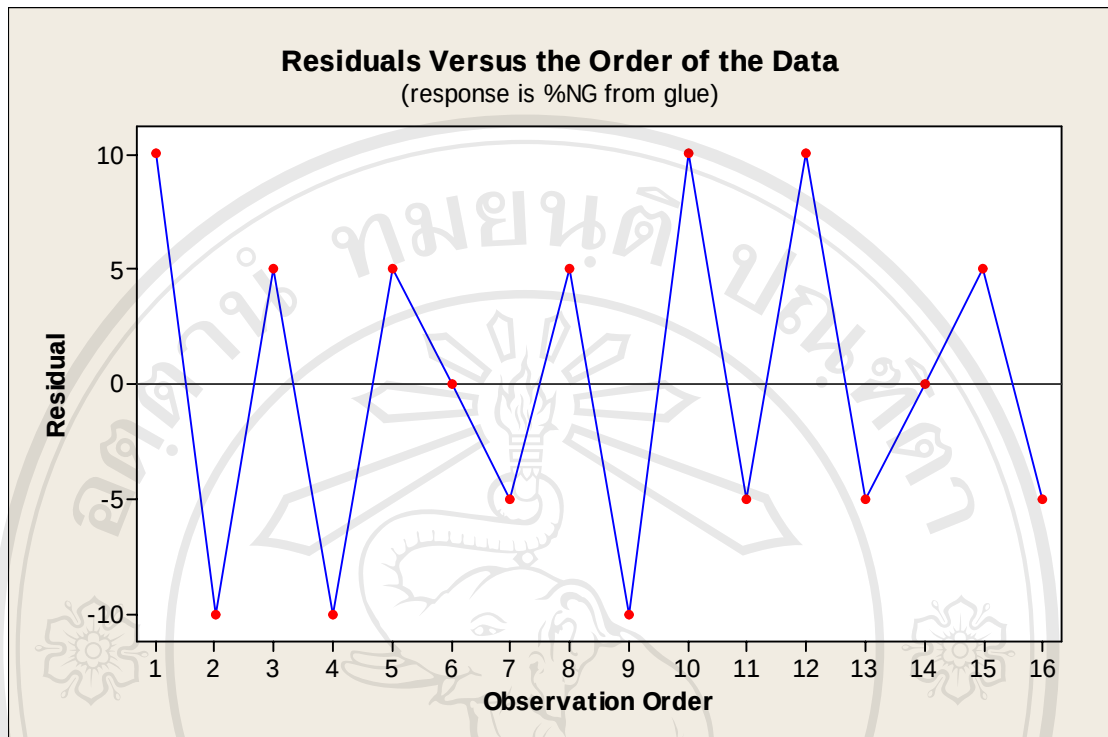


รูป 4.21 Normal Probability Plot กับส่วนตกค้าง

เนื่องจากเราทำการทดลองเพียง 16 การทดลอง และผลตอบคือเปอร์เซ็นต์ของเสียที่พบจากจำนวนชิ้นงานในการทดลองต่อครั้งเพียง 10 ชิ้น พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวไม่เป็นปกติเท่าที่ควร

4.4.2 การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent)

โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) แล้วดูลักษณะการกระจายตัวของจุดที่แทนข้อมูลบนแผนภูมิว่าเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่

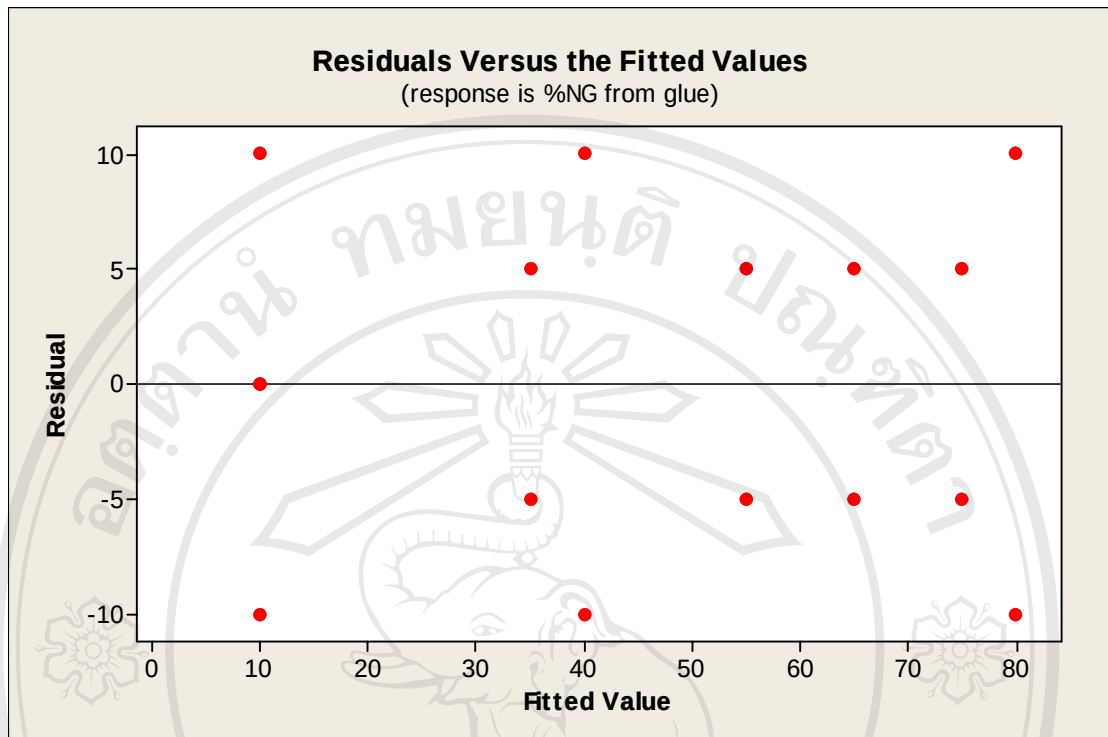


รูป 4.22 กราฟส่วนตกค้างกับลำดับของข้อมูล

จากรูปพบว่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบแน่นอน แสดงว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระ

4.4.3 การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Analysis of Variance)

โดยใช้แผนภูมิของค่าการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ของแต่ละระดับปัจจัย พบว่าส่วนตกค้างของผลการทดลองมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทั้งทางบวกและทางลบ



รูป 4.23 กราฟส่วนตกค้างกับค่าทำนาย

แม้ว่าการตรวจสอบความเป็นอิสระดูเป็นปกติ กล่าวคือข้อมูลมีการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบแผนชัดเจนซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถือว่าเป็นอิสระแบบปกติ แต่ค่าการกระจายตัวไม่เป็นปกติเท่าที่ควร กล่าวคือมีข้อมูลบางตัวเรียงตัวกันเป็นแนวตั้งฉากกับเส้นปกติ รวมถึงความแปรปรวนมีการเรียงตัวที่ไม่สวยงาม นอกเหนือจากนี้ผลตอบของการวิจัยนี้เป็นสัดส่วนของเสียที่มีการแจกแจงแบบทวินาม(Binomial Distribution) ซึ่งมีค่าไม่คงที่ ดังนั้นเราจำเป็นต้องทำการแปลงข้อมูล (Transformation Data) เพื่อให้ผลตอบมีการกระจายตัวที่คงที่ โดยมีสูตรการแปลงข้อมูล

(Freeman and Tukey, 1950)

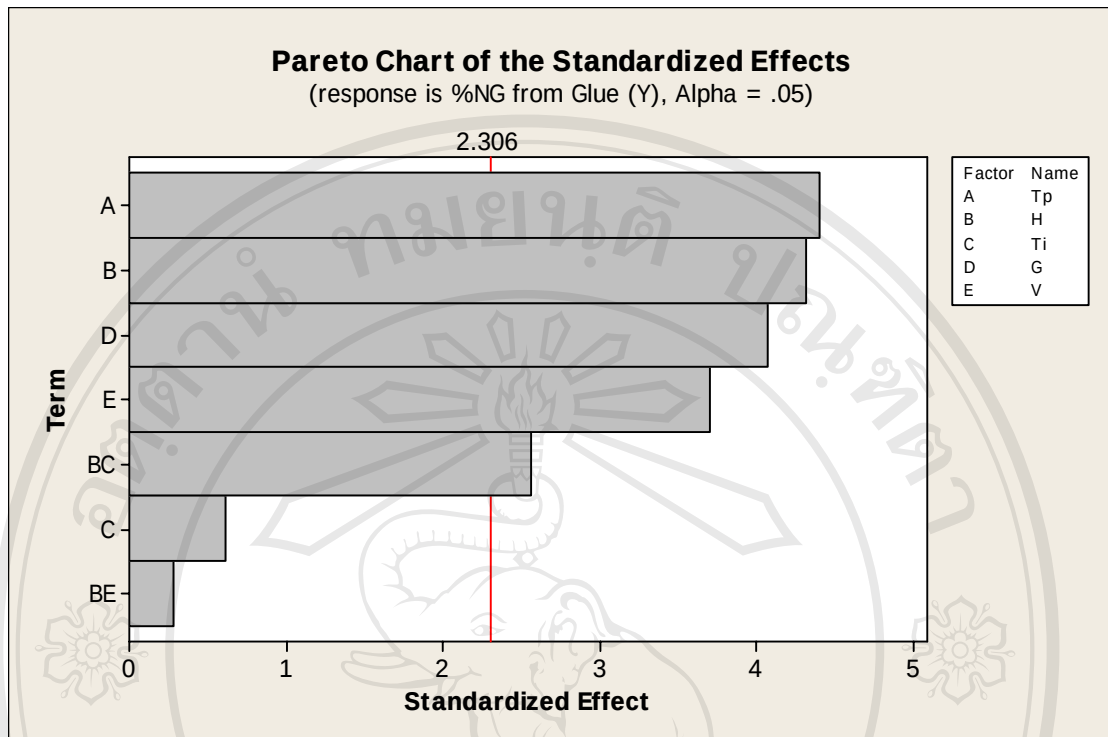
$$\text{การแปลงข้อมูล} = \left[\arcsin \sqrt{\frac{np}{[n+1]}} + \arcsin \sqrt{\frac{[np+1]}{[n+1]}} \right] / 2, \text{ สมการ [1]}$$

พบว่าถ้าใช้สูตรการแปลงข้อมูลนี้ ทำให้ได้ค่าการกระจายตัวในช่วงกว้างขึ้น แม้ยังไม่คงที่ 100% แต่ถือว่าดีที่สุด

Std Order	Run Order	อุณหภูมิในการอบ (Tp), องศาเซลเซียส	ความชื้นในการอบ (H), เปอร์เซนต์ความชื้น	เวลาในการอบ (Ti), ชั่วโมง	กาวสัมผัสอากาศ (G), วินาที	ปริมาตรกาวที่ใช้ (V), มิลลิลิตร	จำนวนของเสีย	ข้อมูลจากการแปลงค่า (Transform)
1	11	60 (-)	50 (-)	8 (-)	5 (+)	200 (+)	7	0.97
2	13	80 (+)	50 (-)	8 (-)	1 (-)	100 (-)	2	0.49
3	12	60 (-)	60 (+)	8 (-)	1 (-)	200 (+)	6	0.88
4	4	80 (+)	60 (+)	8 (-)	5 (+)	100 (-)	3	0.60
5	14	60 (-)	50 (-)	15 (+)	5 (+)	100 (-)	3	0.60
6	8	80 (+)	50 (-)	15 (+)	1 (-)	200 (+)	1	0.37
7	1	60 (-)	60 (+)	15 (+)	1 (-)	100 (-)	5	0.79
8	15	80 (+)	60 (+)	15 (+)	5 (+)	200 (+)	7	0.97
9	10	60 (-)	50 (-)	8 (-)	5 (+)	200 (+)	9	1.20
10	2	80 (+)	50 (-)	8 (-)	1 (-)	100 (-)	0	0.15
11	7	60 (-)	60 (+)	8 (-)	1 (-)	200 (+)	7	0.97
12	9	80 (+)	60 (+)	8 (-)	5 (+)	100 (-)	5	0.79
13	5	60 (-)	50 (-)	15 (+)	5 (+)	100 (-)	4	0.69
14	16	80 (+)	50 (-)	15 (+)	1 (-)	200 (+)	1	0.37
15	3	60 (-)	60 (+)	15 (+)	1 (-)	100 (-)	6	0.88
16	6	80 (+)	60 (+)	15 (+)	5 (+)	200 (+)	8	1.08

ตาราง 4.8 ผลการทดลองและผลตอบหลังจากการแปลงค่า (Transformation)

เชิงเศษส่วนของแฟกทอเรียลแบบ 2^{5-2}



รูป 4.24 ผลการทดสอบของปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์งานเสีย หลังการแปลค่า

จากรูป 4.24 แสดงว่าปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์งานเสียคือกราฟพาราโดที่เกินขีดสีแดง คือ A, B, D, E และผลของปัจจัยร่วม BC ซึ่งจากผลของปัจจัยร่วม BC ทำให้ปัจจัยหลัก C มีผลด้วย ในที่นี้ตัวแปร A คืออุณหภูมิในการอบแข็ง B คือความชื้นในการอบแข็ง C คือเวลาในการอบแข็ง D คือระยะเวลาที่ทิ้งกาวในอากาศ E คือปริมาณกาวที่ใช้ทา

Factorial Fit: %NG from Glue (Y) versus Tp, H, Ti, G, V

Estimated Effects and Coefficients for %NG from Glue (Y) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.7375	0.03068	24.04	0.000
Tp	-0.2700	-0.1350	0.03068	-4.40	0.002
H	0.2650	0.1325	0.03068	4.32	0.003
Ti	-0.0375	-0.0187	0.03068	-0.61	0.558
G	0.2500	0.1250	0.03068	4.07	0.004
V	0.2275	0.1138	0.03068	3.71	0.006
H*Ti	0.1575	0.0788	0.03068	2.57	0.033
H*V	-0.0175	-0.0088	0.03068	-0.29	0.783

S = 0.122729 R-Sq = 90.41% R-Sq(adj) = 82.01%

Analysis of Variance for %NG from Glue (Y) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	5	1.0351	1.0351	0.20703	13.74	0.001
2-Way Interactions	2	0.1005	0.1005	0.05023	3.33	0.088
Residual Error	8	0.1205	0.1205	0.01506		
Pure Error	8	0.1205	0.1205	0.01506		
Total	15	1.2561				

รูป 4.25 ผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมการ (Coded Units) หลังการแปลงค่า

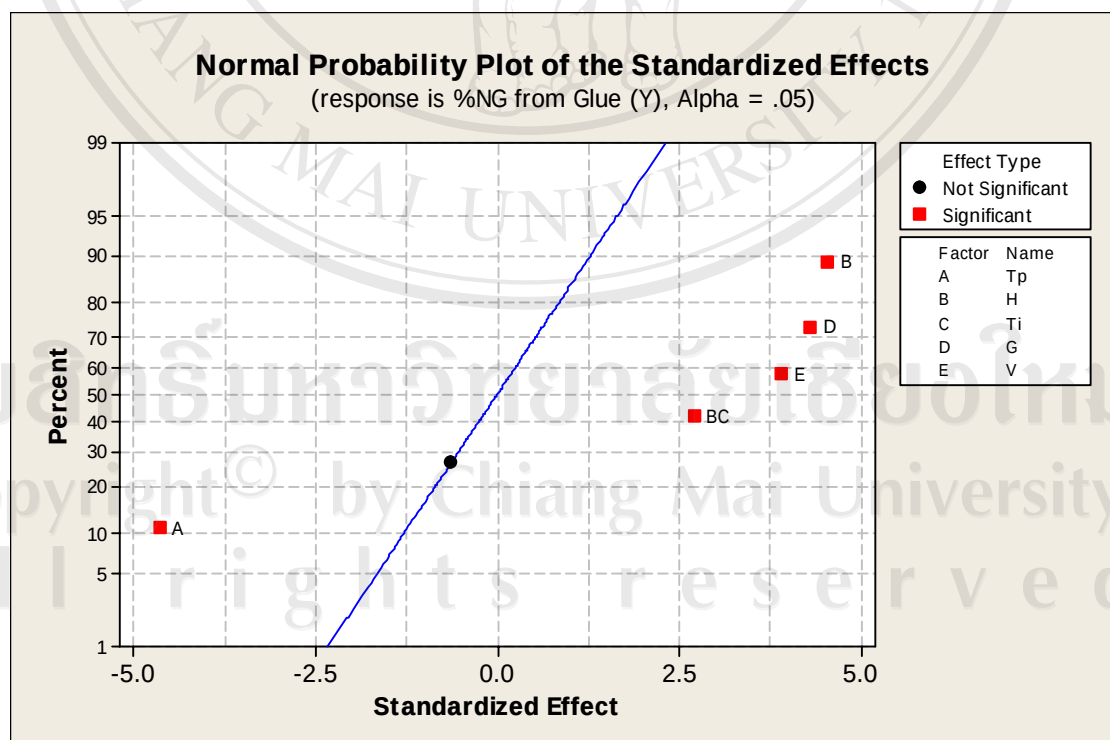
ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม หลังจากการแปลงค่า ดังรูป 4.25 จะเห็นว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์งานเล็ชกาวเี่ยม คือปัจจัยA (Tp) ปัจจัยB(H) ปัจจัยD(G) ปัจจัยE(V) ที่มีค่า p-value ที่ต่ำกว่า 0.05 แต่ผลของปัจจัยร่วม BC (H*Ti) มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นปัจจัยหลัก C(Ti) มีผลตามด้วย

Estimated Coefficients for %NG from Glue (Y) using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	2.604
Tp	-0.0135000
H	-0.0250000
Ti	-0.252857
G	0.0625000
V	0.00230000
H*Ti	0.00450000
H*V	-3.50000E-05

รูป 4.26 ผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมการ (Uncoded Units) หลังการแปลงค่า

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมจะเห็นว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์งานเสียวเข็ม คือ ทุกปัจจัยที่มีค่า p-value ที่ต่ำกว่า 0.05 รวมถึงปัจจัยร่วมระหว่างความชื้นและเวลา



รูป 4.27 ผลการวิเคราะห์จาก Normal Probability Plot หลังการแปลงค่า

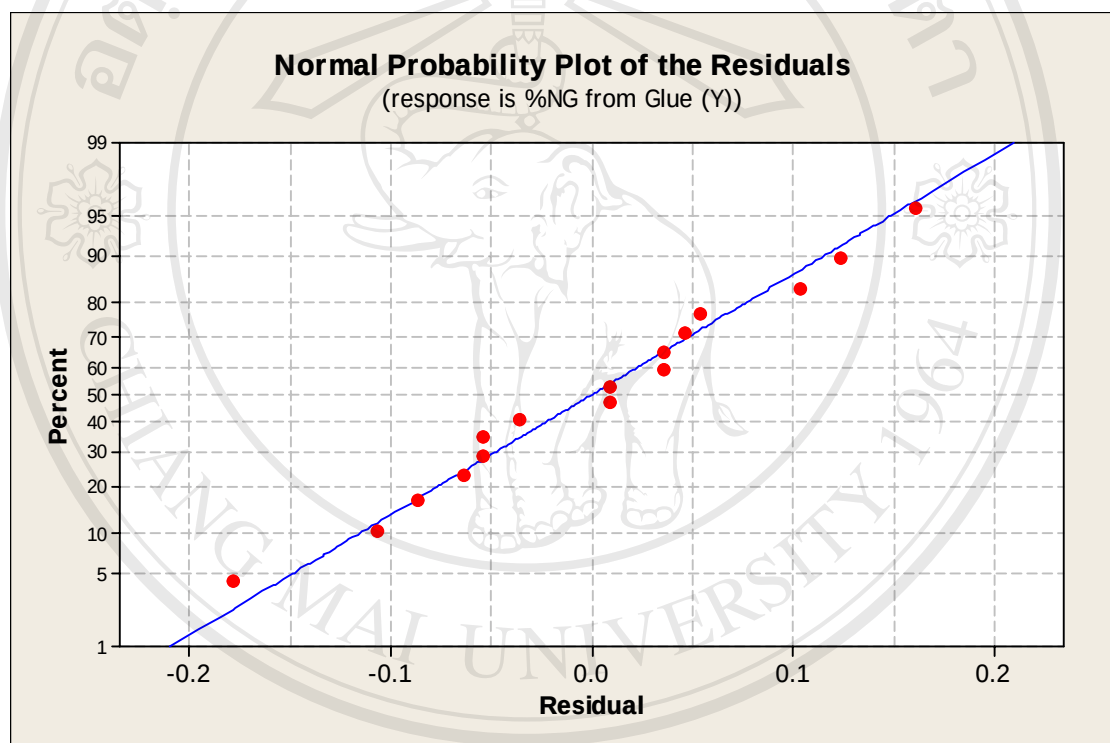
นอกจากค่า p-value จากตาราง ANOVA แล้ว ผู้วิจัยสามารถดูผลของปัจจัยได้จาก Normal Probability Plot กล่าวคือจุดที่แสดงในตาราง คือจุดที่มีนัยสำคัญทั้งหมด

4.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง หลังการแปลงข้อมูล

ก่อนที่จะวิเคราะห์ข้อมูล เราจำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อน ว่ามีความถูกต้องหรือไม่ หลังจากนั้นค่า R-Square ถูกตรวจสอบเช่นกัน

4.5.1 การตรวจสอบการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) หลังการแปลงค่า

เป็นการตรวจสอบส่วนตกค้าง (Residual) ของข้อมูลว่ามีการกระจายแบบปกติหรือไม่

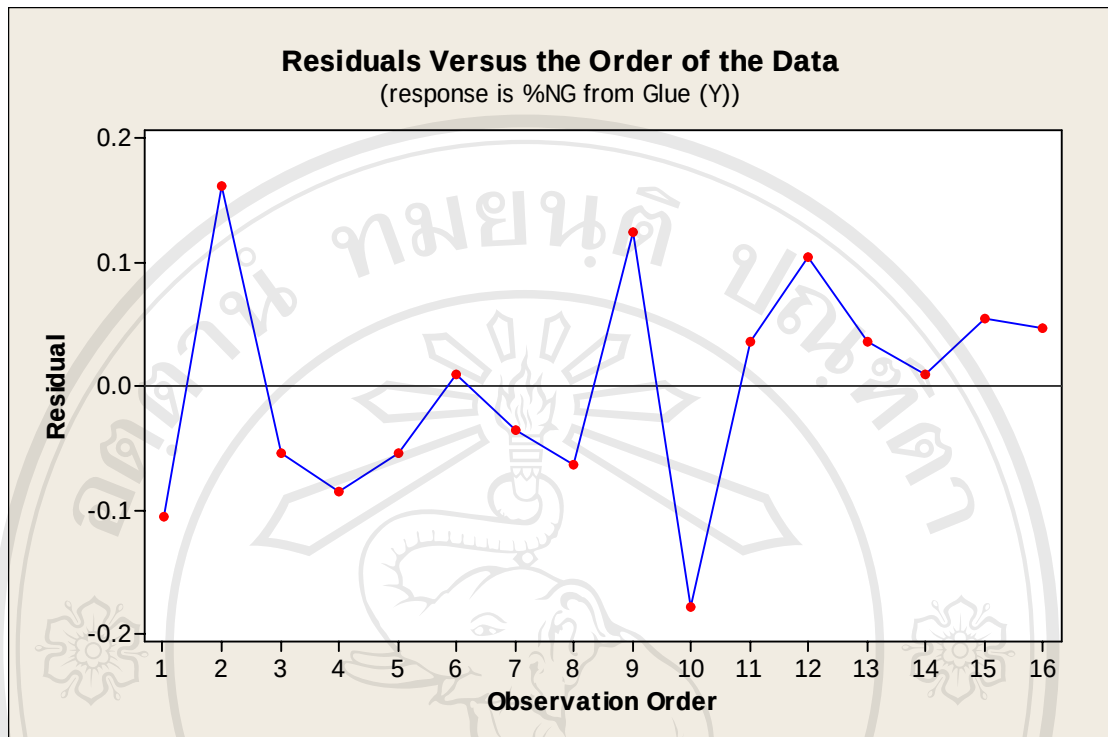


รูป 4.28 Normal probability Plot กับส่วนตกค้าง หลังการแปลงค่า

ในการทดลองทั้งหมด 16 การทดลอง พบว่าข้อมูลที่ได้หลังจากการแปลงค่า มีค่าการกระจายตัวที่เป็นปกติมากกว่าก่อนแปลงค่า ข้อมูลเกือบทุกจุดกระจายอยู่บนเส้นกราฟ

4.5.2 การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) หลังการแปลงค่า

โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) แล้วดูลักษณะการกระจายตัวของจุดที่แทนข้อมูลบนแผนภูมิว่าเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่

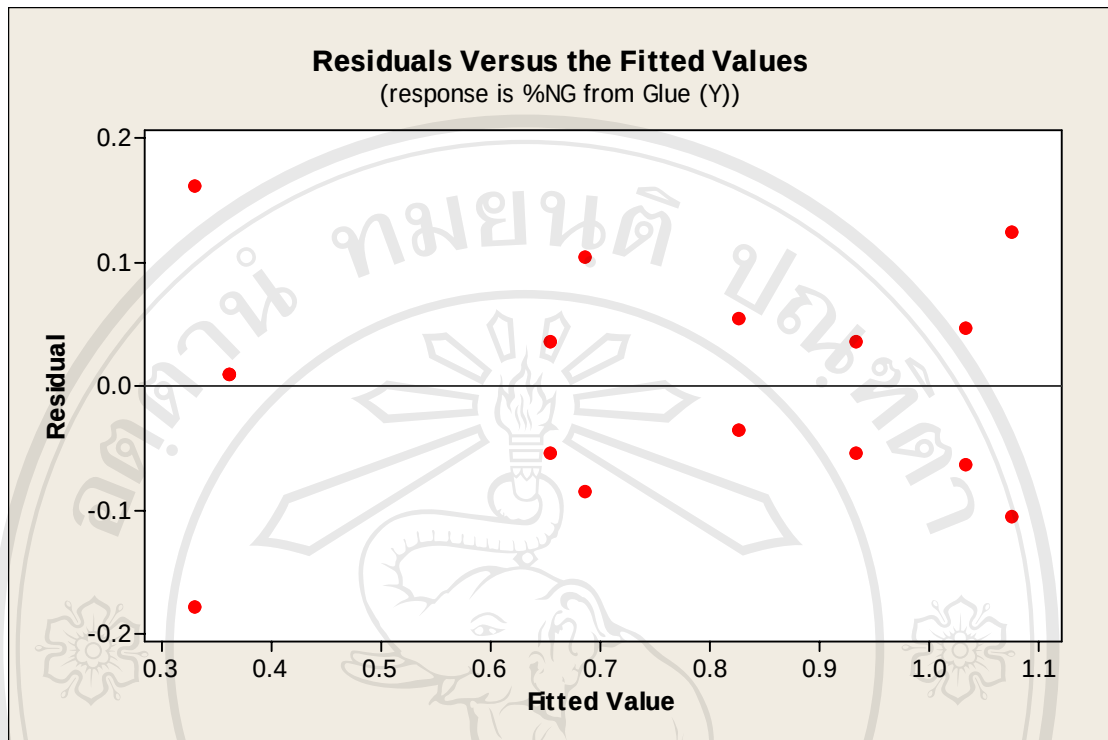


รูป 4.29 กราฟส่วนตกค้างกับลำดับของข้อมูล หลังการแปลงค่า

จากรูป 4.29 พบว่าส่วนตกค้างกับลำดับข้อมูล มีการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบแน่นอน แสดงว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระ

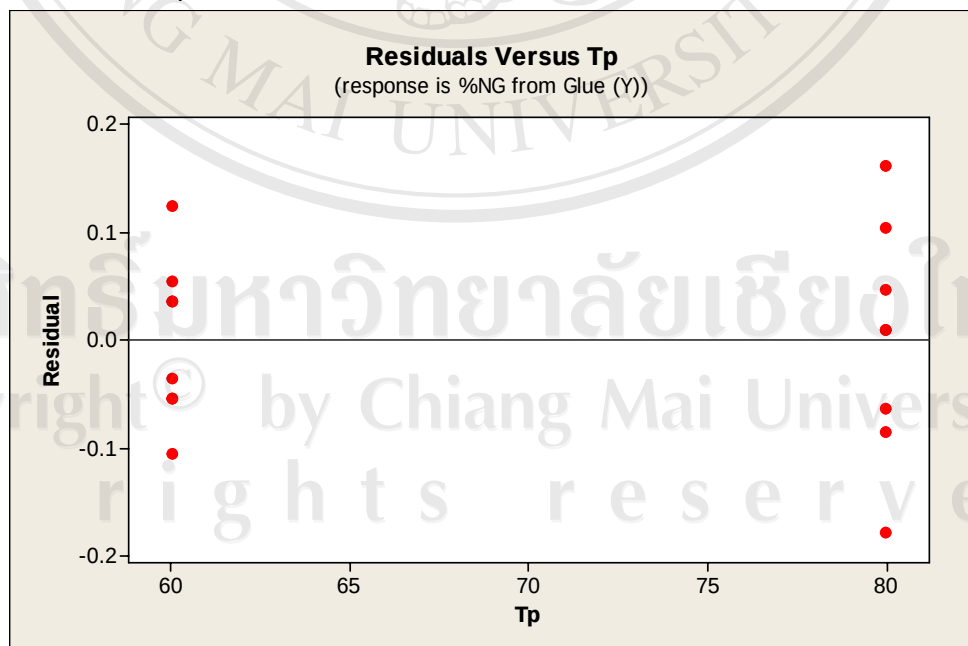
4.5.3 การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Analysis of Variance) หลังการแปลงค่า

โดยใช้แผนภูมิของการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ของแต่ละระดับปัจจัย พบว่าส่วนตกค้างของผลการทดลองมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทั้งทางบวกและทางลบ ดังรูป 4.30



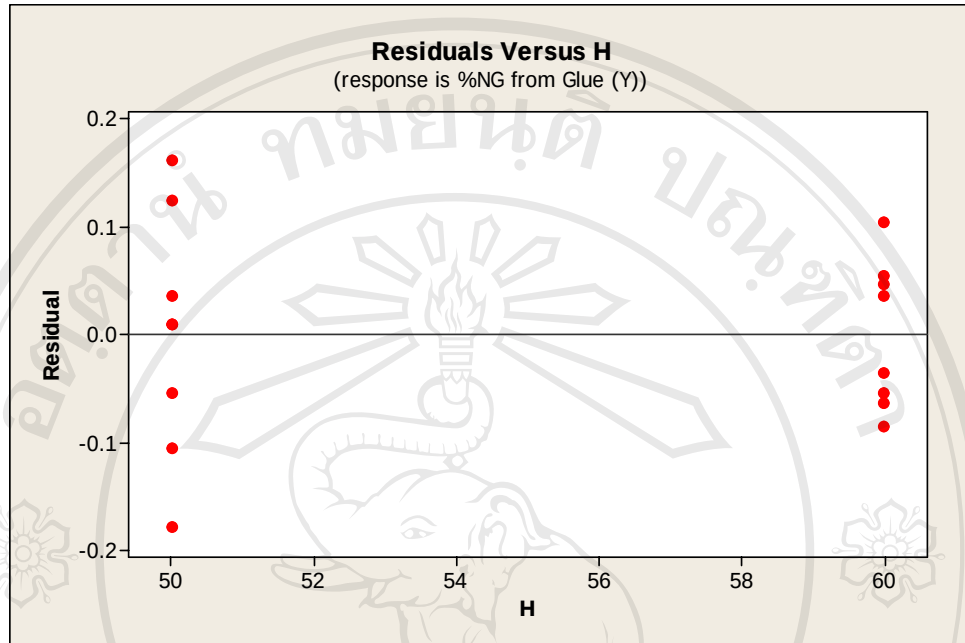
รูป 4.30 กราฟส่วนตกค้างกับค่าทำนาย หลังการแปลงค่า

นอกจากนั้นการพิจารณาค่าส่วนค้างกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองมีส่วนสำคัญ ดังนั้นเราควรดูค่าส่วนค้างกับปัจจัยทุกปัจจัย



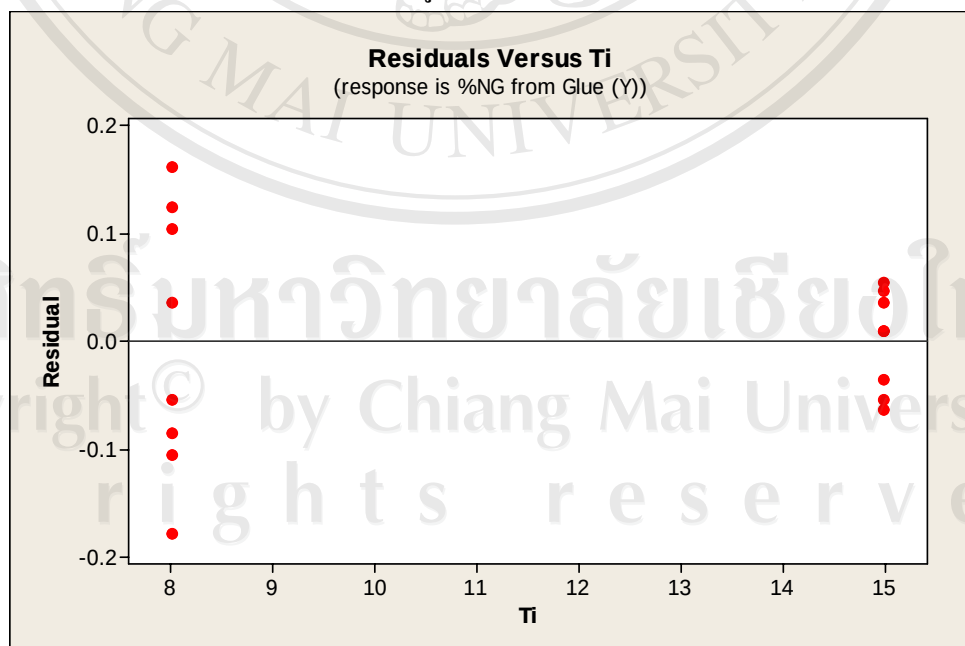
รูป 4.31 กราฟส่วนตกค้างกับอุณหภูมิในการอบ หลังการแปลงค่า

มีความแปรปรวน แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียร

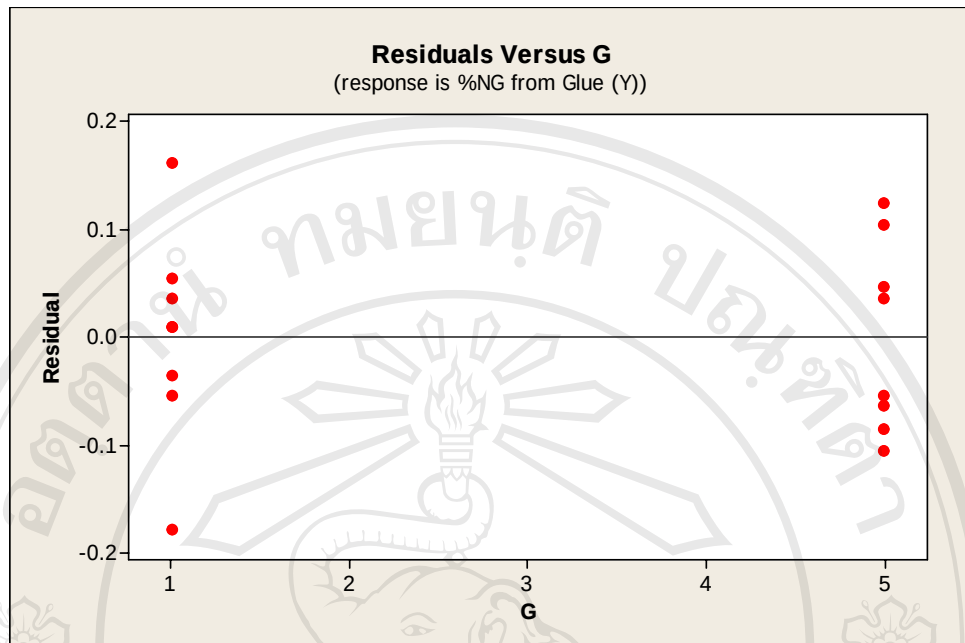


รูป 4.32 กราฟส่วนตกค้างกับความถี่ในการอบ หลังการแปลงค่า

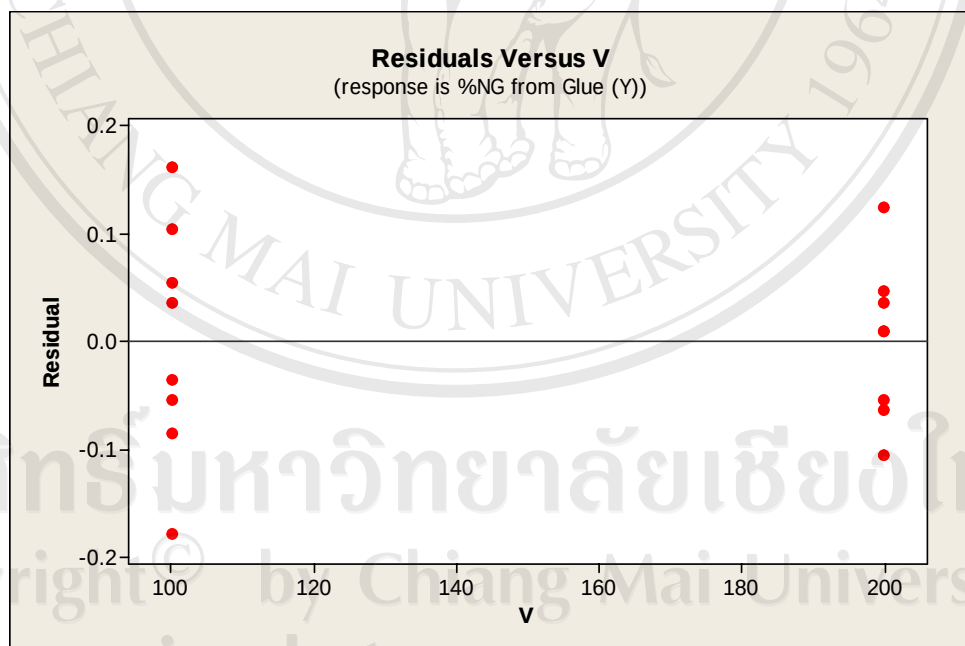
กราฟไม่มีลักษณะลู่เข้าหรือลู่ออก ความถี่ในการอบจึงไม่มีความแปรปรวน แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียร



รูป 4.33 กราฟส่วนตกค้างกับเวลาในการอบ หลังการแปลงค่า



รูป 4.34 กราฟส่วนตกค้างกับระยะเวลาที่ทิ้งในอากาศ หลังการแปลงค่า

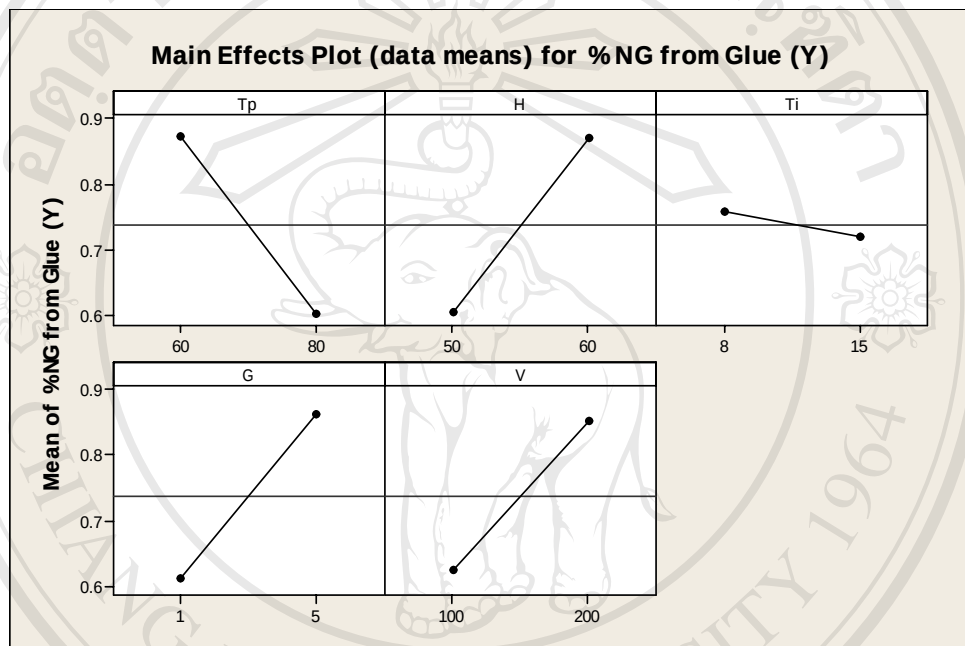


รูป 4.35 กราฟส่วนตกค้างกับปริมาตรการใช้ หลังการแปลงค่า

กราฟทุกกราฟกับส่วนตกค้าง ไม่มีลักษณะลู่เข้าหรือลู่ออก แสดงว่าทุกปัจจัยไม่มีความแปรปรวน แสดงว่าข้อมูลทุกตัวมีความเสถียร

4.5.4 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square) และค่า Main Effects Plot หลังการแปลงค่า

การวิเคราะห์ค่า R-Square: ซึ่งจากรูปที่ 4.25 แสดงการหาสมการ พบว่าค่า R-Square มีค่าเท่ากับร้อยละ 90.41 และมีค่า R-Square adjust เท่ากับร้อยละ 82.01 ถือว่ากระบวนการใช้ได้ และสามารถนำไปสร้างสมการทำนายผลตอบได้



รูป 4.36 กราฟแสดงปัจจัยหลัก Main Effects Plot กับผลตอบ

เมื่อวิเคราะห์ผลจากรูป 4.36 ซึ่งงานวิจัยต้องการผลตอบที่ได้ค่าต่ำ พบว่าปัจจัยหลัก Tp(A), H(B), G(D) และ V(E) มีผลกับผลตอบมาก ยกเว้น Ti(C) แทบไม่มีผลกับผลตอบ เนื่องจากค่าความชันของกราฟต่ำมาก โดยรายละเอียด Tp(A) ที่มีค่า 80 องศาเซลเซียส ค่า H(B) ที่มีค่า 50 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่า G(D) ที่มีค่า 1 วินาที และ V(E) ที่มีค่า 100 มิลลิลิตร มีผลต่อผลตอบตามที่ต้องการคือได้ค่าต่ำ

4.6 สมการทำนายผล หลังการแปลงค่า

$$Y_t = 2.604 - 0.0135*Tp - 0.025*H - 0.253*Ti + 0.0625*G + 0.0023*V + 0.0045*(H*Ti)$$

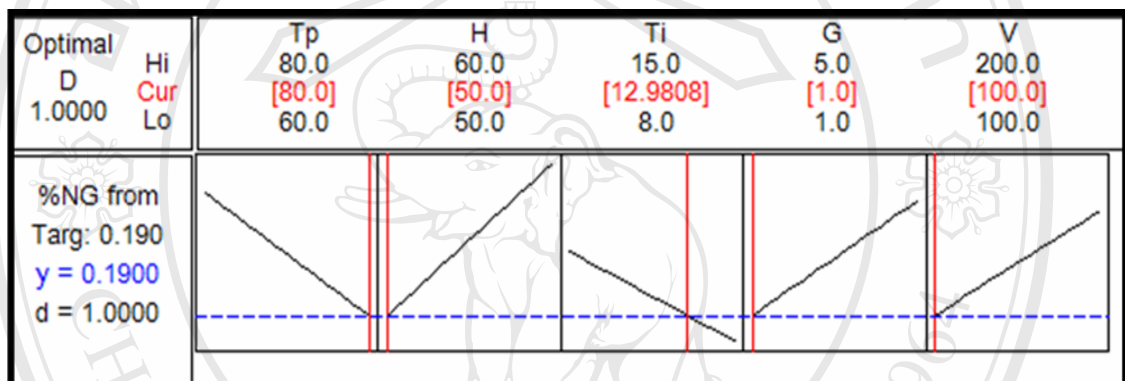
, สมการ [2]

, Yt หมายถึงผลตอบหลังการแปลงค่า

เมื่อได้สมการหลังจากการแปลงค่าแล้ว ต้องนำไปหาค่าเงื่อนไขที่ดีที่สุดด้วยวิธี Response Optimizer โดยอิงจากผลตอบเปอร์เซ็นต์งานเสียที่ 0.19 ซึ่งค่านี้ได้จากการแปลงค่ามาจากค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 3.75 เปอร์เซ็นต์

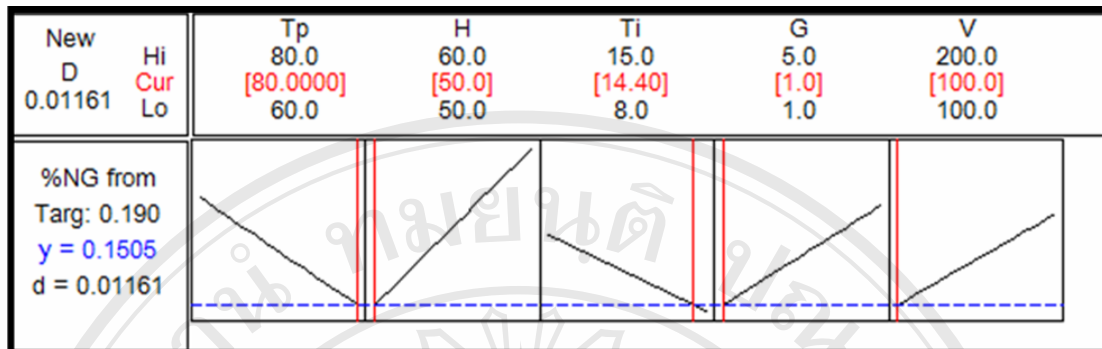
4.7 การหาค่าที่เหมาะสมสำหรับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์งานเสียกาวเชื่อมด้วยผลการทดลองเศษส่วนของแฟกทอเรียล หลังการแปลงค่า

การวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมสำหรับแต่ละปัจจัย โดยมีผลตอบของเปอร์เซ็นต์งานเสียกาวเชื่อมที่ 0.19 ซึ่งค่านี้ได้มาจากการแปลงค่าของผลตอบที่เป็นเป้าหมายที่ 3.75 เปอร์เซ็นต์



รูป 4.37 แสดงการวิเคราะห์หาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด ครั้งที่ 1 หลังการแปลงค่า

เมื่อดูจากรูป 4.37 เพื่อให้ได้เป้าหมายงานเสียกาวเชื่อม คือ 0.19 พบว่าการตั้งอุณหภูมิในการอบไม้เท่ากับ 80.0 องศาเซลเซียส ความชื้นในการอบไม้เท่ากับ 50.0 เปอร์เซ็นต์ความชื้น เวลาในการอบไม้เท่ากับ 12.9808 ชั่วโมง เวลาที่ทิ้งกาวในอากาศ 1.0 วินาที และปริมาตรกาวที่ใช้เป็น 100.0 มิลลิลิตร เงื่อนไขนี้เป็นเงื่อนไขที่เราสามารถตั้งได้ ถ้าเราต้องการให้มีงานเสียจากกาวเชื่อมเพียง 3.75 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเราลองปรับหาเงื่อนไขใหม่ที่ทำให้ของเสียจากกาวเชื่อมลดลงกว่าเดิมให้เหลือ 0.00% แต่เราสามารถปรับได้แต่เพียงอุณหภูมิในการอบเท่านั้น ที่สามารถลดงานเสียจากกาวเชื่อม



รูป 4.38 แสดงการวิเคราะห์หาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด ครั้งที่ 2 หลังการแปลงค่า

จากการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในครั้งที่ 2 จะได้ค่าของแต่ละปัจจัยดังนี้ การตั้งอุณหภูมิในการอบไม้เท่ากับ 80.0 องศาเซลเซียส ความชื้นในการอบไม้เท่ากับ 50.0 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น เวลาในการอบไม้เปลี่ยนเป็นเท่ากับ 14.40 ชั่วโมง เวลาที่ทิ้งกาวในอากาศ 1.0 วินาที และ ปริมาตรกาวที่ใช้เป็น 100.0 มิลลิลิตร ซึ่งจะเห็นว่าการเปลี่ยนเพียงเวลาในการอบไม้ สามารถทำให้ค่าผลตอบลดลง หลังจากนั้นนำค่าทุกค่าที่ได้ไปแทนค่าในสมการ [2] เพื่อยืนยันความถูกต้องของผลการทดลองจะได้

$$Y_t = 2.604 - 0.0135*(80) - 0.025*(50) - 0.253*(14.4) + 0.0625*(1) + 0.0023*(100) + 0.0045*(50*14.4)$$

แทนค่าแล้วจะได้

$$Y = 0.1633$$

พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์งานเสียกาวเยิ้มที่ได้จากการแทนสมการเท่ากับ 0.1633 ซึ่งใกล้เคียงกับวิธี Response Optimizer ที่ได้ผลตอบเป็น 0.1505 แสดงว่าผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ถูกต้องและเชื่อถือได้

4.8 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสม

จากนั้นทำการยืนยันผลการทดลองอีกครั้งด้วยการนำเอาค่าที่มาจากการทำ Response Optimizer จากการแปลงค่าไปลองใช้จริง แล้วดูผลตอบคือเปอร์เซ็นต์งานเสียจากกาวเยิ้ม โดยทำการทดลองทั้งสิ้น 18 วัน ตั้งแต่วันที่ 9 เมษายน 2551 จนถึงวันที่ 27 เมษายน 2551 โดยงดเว้นวันหยุดในวันอาทิตย์ที่ 13 เมษายน 2551

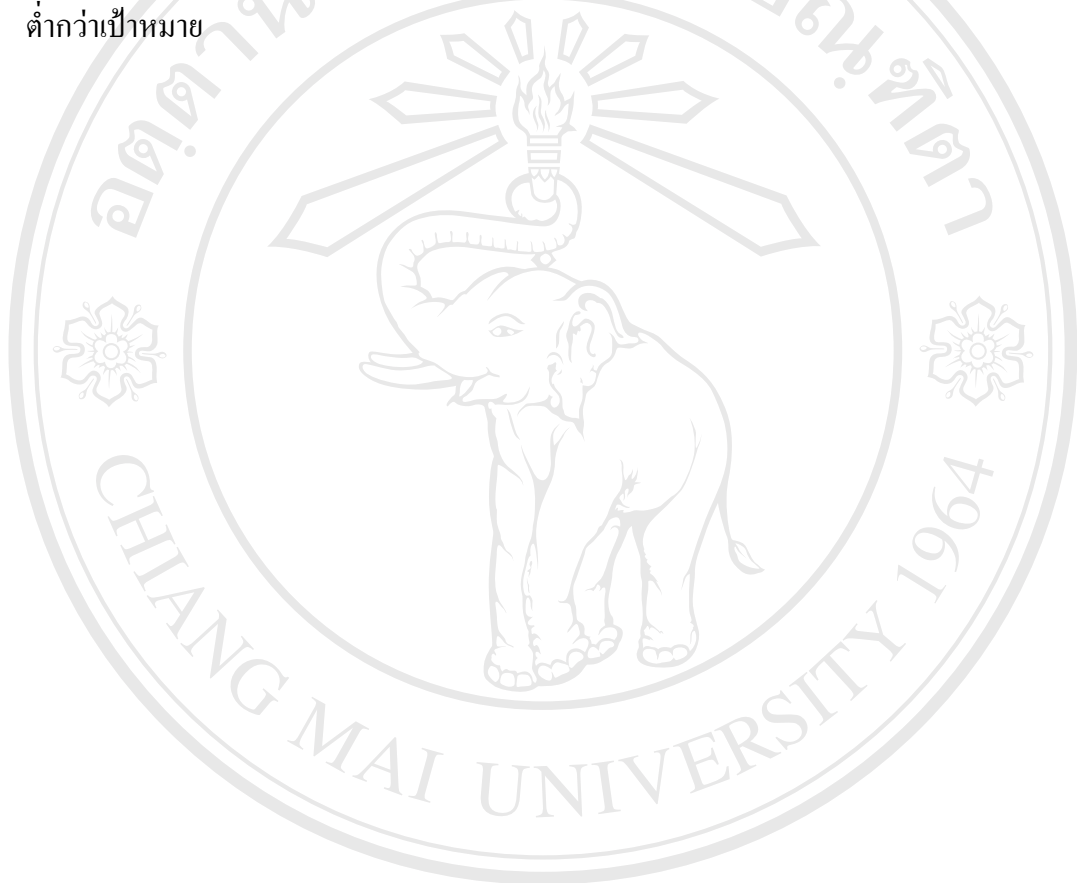
ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง	ค่าของปัจจัย
1. อุณหภูมิในการอบ	80°C
2. ความชื้นในการอบ	50%RH
3. เวลาในการอบ	14.4 ชั่วโมง
4. การทิ้งกาวให้สัมผัสอากาศ	1 วินาที
5. ปริมาตรกาวที่ใช้	100 มิลลิลิตร

ตารางที่ 4.9 ค่าของปัจจัยที่ดีที่สุดในการทดลอง หลังการแปลงค่า
และเป็นปัจจัยที่จะถูกทดลองใช้ในการทำงาน

วันที่	ผลจริง, ชิ้นผลิตภัณฑ์	พบกงานเสีย, ชิ้นผลิตภัณฑ์	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์งาน เสียจากกาวเย็บ
9 เมษายน 2551	2,000	51	2.55
10 เมษายน 2551	1,985	47	2.37
11 เมษายน 2551	1,995	76	3.81
12 เมษายน 2551	1,980	58	2.93
13 เมษายน 2551			
14 เมษายน 2551	1,563	39	2.50
15 เมษายน 2551	1,638	50	3.05
16 เมษายน 2551	1,700	30	1.76
17 เมษายน 2551	1,700	22	1.29
18 เมษายน 2551	1,850	25	1.35
19 เมษายน 2551	1,880	30	1.60
20 เมษายน 2551	1,900	22	1.16
21 เมษายน 2551	2,000	28	1.40
22 เมษายน 2551	2,000	29	1.45
23 เมษายน 2551	2,500	35	1.40
24 เมษายน 2551	2,500	25	1.00
25 เมษายน 2551	2,500	32	1.28
26 เมษายน 2551	2,500	35	1.40
27 เมษายน 2551	2,500	23	0.92

ตารางที่ 4.10 เปอร์เซนต์งานเสียที่ได้จากการวัดงานผลจริง
จากการทดลองตามปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด หลังจากการแปลงค่า

เมื่อพิจารณาวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ กล่าวคือเพื่อลดปัญหางานเสียจากกาวเย็บ จาก 7.5 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 3.75 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าเงื่อนไขนี้เหมาะสม เนื่องจากเปอร์เซ็นต์งานเสียจากกาวเย็บลดลงกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ แต่อาจไม่เหมาะสมที่สุด เพราะมีบางตัวอย่างเกิดกาวเย็บในปริมาณที่สูง ดังนั้นผู้วิจัยคิดว่าต้องมีปัจจัยอื่นแอบแฝง เช่น ความเหนื่อยล้าของคน ตำแหน่งลักษณะการวางในตู้อบ เป็นต้น ที่ควรต้องศึกษาเพิ่มเติมต่อไป ถ้าต้องการลดงานเสียกาวเย็บให้ได้ต่ำกว่าเป้าหมาย



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved