บทที่ 7

การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

7.1 บทนำ

หลังจากในขั้นตอนที่แล้วทราบว่ามี 3 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความสูงของ Head Lift คือความสูงของ Dimple, ความสูงของ Spherical และระยะของ Lift Tab ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะทำการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของทั้ง 3 ปัจจัยนี้ต่อค่าความสูง Head Lift ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงค่าความสูง Head Lift โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ

- ศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้าต่อความสูง Head Lift
- กำหนดค่าของปัจจัยนำเข้าเพื่อปรับปรุงค่าความสูง Head Lift
- กำหนดขอบเขตปัจจัยนำเข้าเพื่อควบคุมความสูง Head Lift
- การทดสอบยืนยันผล

7.2 แบบการทดลอง

แบบการทดลองที่ใช้ จะใช้การทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียลและมีค่ากลางของปัจจัย (Center point) เนื่องจาก เป็นแบบการทดลองที่มีประสิทธิภาพในการศึกษาอิทธิพลจากหลายๆ ปัจจัยพร้อมกัน โดยมีปัจจัยนำเข้าที่นำมาพิจารณาจำนวน 3 ปัจจัย และในแต่ละปัจจัยจะแบ่งเป็น 2 ระดับ ซึ่งมีข้อกำหนดในแบบการทดลองที่ใช้ดังนี้

7.2.1 การทำซ้ำ (Replication)

การทำซ้ำหมายถึงการที่ Treatment combination หนึ่งจะถูกทำการทดลองมากกว่า 1 ครั้ง ซึ่งการทำซ้ำนี้จะช่วยให้สามารถที่จะประมาณค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลองได้ และทำให้ขนาดของความคลาดเคลื่อนลดลงได้ โดยการทดลองนี้จะทำการทดลองโดยการทำซ้ำ ในแต่ละ Treatment combination เท่ากับ 2 ครั้ง (2 replications) เนื่องจากทำให้ประหยัดเวลาในการทดลองและเป็นการประหยัดวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองด้วยเช่นกัน

7.2.2 การสุ่ม (Randomization)

การสุ่มเป็นหลักสำคัญในการใช้หลักการทางสถิติในการออกแบบการทดลอง โดยการสุ่มจะหมายถึงการจัดสรรหน่วยการทดลองและลำดับการทดลองให้เป็นไปโดยสุ่ม ซึ่งทำให้ ผลการทดลองตรงกับข้อกำหนดทางสถิติที่ว่า ค่าสังเกตจากการทดลองต้องมีความเป็นอิสระ ต่อกัน และการสุ่มยังสามารถที่จะเฉลี่ยออกความผันแปรภายนอกที่ไม่ได้เกิดจากสาเหตุ โดยธรรมชาติออกไปได้ ทำให้การวิเคราะห์ผลจากการทดลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ในการทดลองนี้จะทำการสุ่มโดยใช้โปรแกรม Minitab โดยกำหนดลำดับการทดลองตามช่อง Run Order

เนื่องจากแบบการทดลองที่ใช้เป็น 2^k แฟคทอเรียล, มี 3 ตัวแปรนำเข้าและมีการทำซ้ำทั้งหมด 2 ครั้งและค่ากลาง ของปัจจัย (Center point) 2 ครั้ง เพราะฉะนั้นจะมีจำนวนลำดับการทดลองทั้งหมดเท่ากับ $2^3 \times 2 + 2 = 18$ ลำดับ และในแต่ละลำดับจะใช้จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 40 ตัวอย่าง จากแบบการทดลองนี้ใช้โปรแกรม Minitab จะได้ Design Matrix ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 Design Matrix

	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	DH	LT_H	St_H
1	1	17	1	1	-1	-1	-1
2	2	3	1	1	1	-1	-1
3	3	15	1	1	-1	1	-1
4	4	10	1	1	1	1	-1
5	5	5	1	1	-1	-1	1
6	6	8	1	1	1	-1	1
7	7	16	1	1	-1	1	1
8	8	2	1	1	1	1	1
9	9	12	1	1	-1	-1	-1
10	10	11	1	1	1	-1	-1
11	11	14	1	1	-1	1	-1
12	12	9	1	1	1	1	-1
13	13	4	1	1	-1	-1	1
14	14	6	1	1	1	-1	1
15	15	7	1	1	-1	1	1
16	16	13	1	1	1	1	1
17	17	1	0	1	0	0	0
18	18	18	0	1	0	0	0

7.3 ปัจจัยนำเข้าและระดับของปัจจัยในการทดลอง

ปัจจัยนำเข้าที่จะนำมาศึกษามีทั้งหมด 3 ปัจจัยดังนี้

7.3.1 ความสูงของ Dimple

7.3.2 ระยะของ Lift Tab

7.3.3 ความสูงของ Spherical

โดยในแต่ละปัจจัยจะมี 2 ระดับในการการทดลองคือ ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง (1) ดังแสดงในตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 ระดับของปัจจัยที่จะทำการทดลอง

ลำดับ	ปัจจัยป้อนเข้า	ระดับของปัจจัย		
		-1	0	1
1	ความสูงของ Dimple	0.140 ม.ม.	0.150 ม.ม.	0.160 ม.ม.
2	ระยะของ Lift Tab	0.370 ม.ม.	0.400 ม.ม.	0.430 ม.ม.
3	ความสูงของ Spherical	0.205 ม.ม.	0.220 ม.ม.	0.235 ม.ม.

7.4 การเตรียมการทดลอง

- เตรียมชิ้นส่วนที่จะใช้ในการทดลองให้ครบจำนวนที่ต้องการ ได้แก่ Arm sheet, Hinge sheet, Base plate และ TG
- เตรียมเครื่องที่ใช้ในการทดลอง
- กำหนดตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ ได้แก่
  - เตรียมชิ้นงาน Arm, Plate และ TG ที่มาจากล็อตเดียวกันทั้งหมด หรือผ่านกระบวนการก่อนหน้ามาอย่างต่อเนื่องเป็นกลุ่มเดียวกันทั้ง 16 ซ้ำของการทดลอง
  - ใช้เครื่องจักรเครื่องเดียวกันในการทดลอง
  - ใช้เครื่องวัดเครื่องเดียวกัน
  - ใช้พนักงานคนเดียวกันในการปฏิบัติงาน
- ตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ

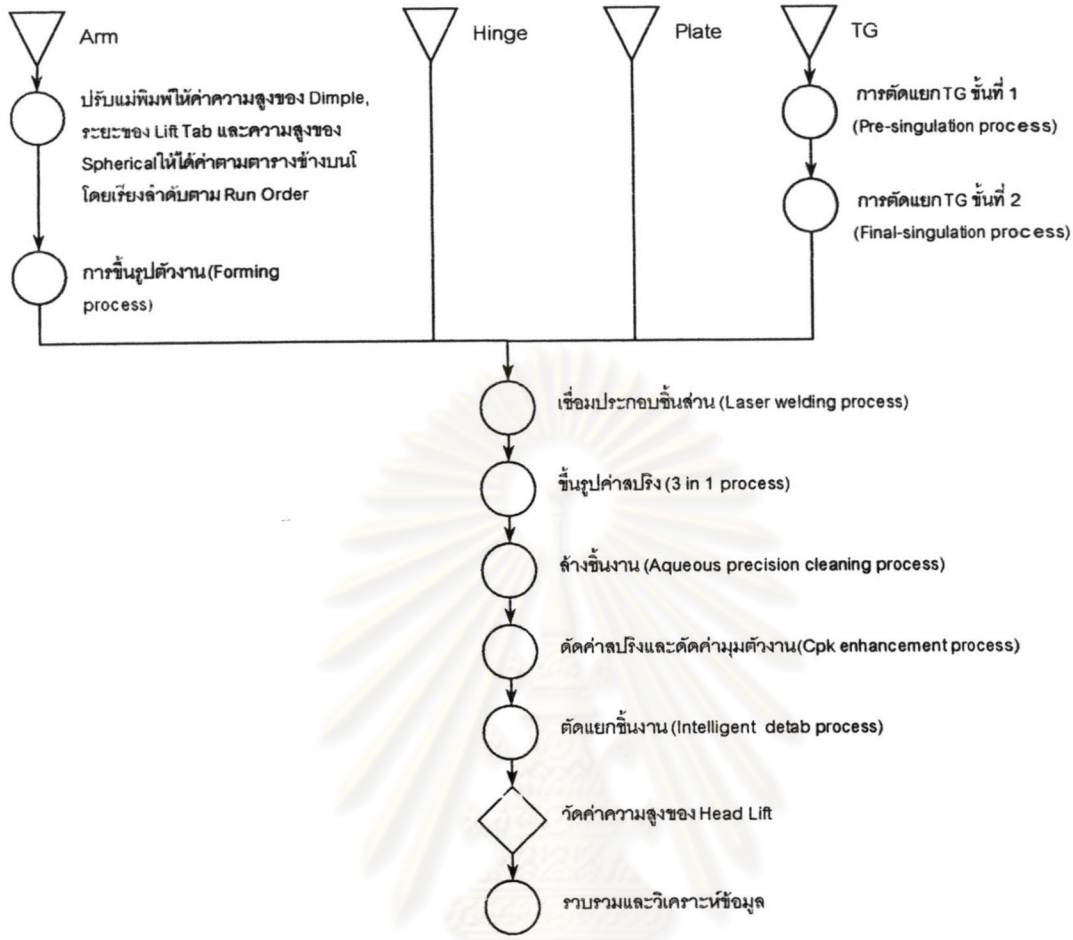
7.5 ขั้นตอนในการทดลอง

ทำการทดลองโดยปรับแม่พิมพ์โดยให้ได้ค่าปัจจัยนำเข้าต่างๆได้ตามตารางที่ XXXX โดยปรับตามลำดับที่แสดงในช่อง Run Order เมื่อเสร็จแล้วผลิตงาน 40 ชิ้นต่อกลุ่ม เมื่อทำครบทั้ง 18 กลุ่มแล้วนำชิ้นส่วนเข้ากระบวนการผลิตต่อไปตามรูปที่ 7.1

ตารางที่ 7.3 แผนการทดลอง

	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	DH	LT_H	St_H
1	17	1	0	1	0.15	0.40	0.220
2	8	2	1	1	0.16	0.43	0.235
3	2	3	1	1	0.16	0.37	0.205
4	13	4	1	1	0.14	0.37	0.235
5	5	5	1	1	0.14	0.37	0.235
6	14	6	1	1	0.16	0.37	0.235
7	15	7	1	1	0.14	0.43	0.235
8	6	8	1	1	0.16	0.37	0.235
9	12	9	1	1	0.16	0.43	0.205
10	4	10	1	1	0.16	0.43	0.205
11	10	11	1	1	0.16	0.37	0.205
12	9	12	1	1	0.14	0.37	0.205
13	16	13	1	1	0.16	0.43	0.235
14	11	14	1	1	0.14	0.43	0.205
15	3	15	1	1	0.14	0.43	0.205
16	7	16	1	1	0.14	0.43	0.235
17	1	17	1	1	0.14	0.37	0.205
18	18	18	0	1	0.15	0.40	0.220

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.1 ขั้นตอนในการทดลอง

7.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นตามขั้นตอนต่างๆแล้ว รวบรวมข้อมูลต่างๆมาใส่ในโปรแกรม Minitab เพื่อทำการวิเคราะห์ได้ดังนี้

7.6.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ในขั้นตอนนี้จะทำการพิจารณาถึงอิทธิพลของปัจจัยทั้งสามปัจจัยและปัจจัยร่วมต่างๆของแต่ละปัจจัยนั้น เพื่อที่จะพิจารณาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลกระทบต่อค่าความสูง Head Lift อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Factorial Fit: HL_H versus DH, LT_H, Sr_H

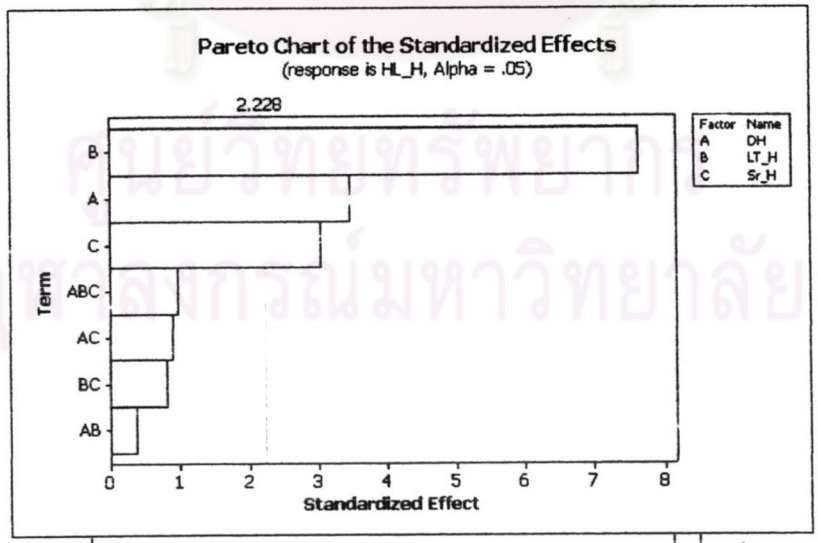
Estimated Effects and Coefficients for HL_H (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.26021	0.004307	60.41	0.000
DH	0.03175	0.01587	0.004568	3.47	0.006
LT_H	0.06950	0.03475	0.004568	7.61	0.000
Sr_H	-0.02775	-0.01387	0.004568	-3.04	0.013
DH*LT_H	0.00350	0.00175	0.004568	0.38	0.710
DH*Sr_H	0.00825	0.00412	0.004568	0.90	0.388
LT_H*Sr_H	-0.00750	-0.00375	0.004568	-0.82	0.431
DH*LT_H*Sr_H	-0.00900	-0.00450	0.004568	-0.99	0.348

S = 0.0182735 R-Sq = 89.10% R-Sq(adj) = 81.47%

Analysis of Variance for HL_H (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	0.0264335	0.0264335	0.00881117	26.39	0.000
2-Way Interactions	3	0.0005462	0.0005462	0.00018208	0.55	0.662
3-Way Interactions	1	0.0003240	0.0003240	0.00032400	0.97	0.348
Residual Error	10	0.0033392	0.0033392	0.00033392		
Curvature	1	0.0000267	0.0000267	0.00002669	0.07	0.794
Pure Error	9	0.0033125	0.0033125	0.00036806		
Total	17	0.0306429				



รูปที่ 7.2 แผนภูมิพาเรโตแสดงอิทธิพลของเทอมปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

จากตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิจารณาเทอมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อค่าความสูง Head Lift พบว่าเทอมของปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ได้แก่

- ความสูงของ Dimple
- ระยะของ Lift Tab
- ความสูงของ Spherical

ในส่วนอิทธิพลร่วมทั้ง 2-way และ 3-way ไม่มีผลต่อค่าความสูง Head Lift อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยพิจารณาจากค่า P-value ที่มากกว่า 0.05 จากตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน หรือแผนภูมิพาเรโตที่แสดงขนาดอิทธิพลของเทอมของปัจจัยที่เส้นประสีแดงไม่ลากผ่าน ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปจะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบลดรูปเพื่อตัดปัจจัยที่ไม่มีผลออกดังแสดงดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 7.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบลดรูป

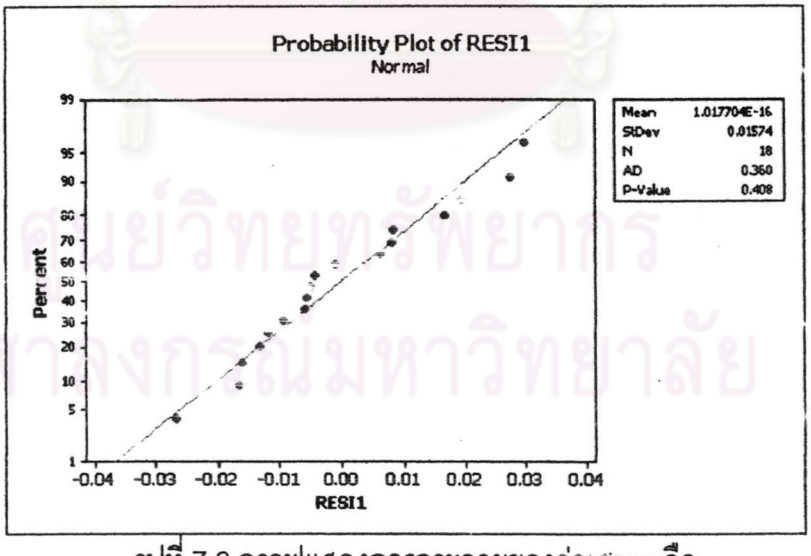
```
Factorial Fit: HL_H versus DH, LT_H, Sr_H

Estimated Effects and Coefficients for HL_H (coded units)

Term        Effect      Coef   SE Coef      T      P
Constant               0.26021  0.004087  63.67  0.000
DH         0.03175    0.01587  0.004335   3.66  0.003
LT_H       0.06950    0.03475  0.004335   8.02  0.000
Sr_H      -0.02775   -0.01387  0.004335  -3.20  0.006


S = 0.0173400   R-Sq = 86.26%   R-Sq(adj) = 83.32%


Analysis of Variance for HL_H (coded units)

Source          DF     Seq SS     Adj SS      Adj MS      F      P
Main Effects     3  0.0264335  0.0264335  0.00881117  29.30  0.000
Residual Error  14  0.0042094  0.0042094  0.00030067
  Curvature      1  0.0000267  0.0000267  0.00002669   0.08  0.778
  Lack of Fit    4  0.0008702  0.0008702  0.00021756   0.59  0.678
  Pure Error     9  0.0033125  0.0033125  0.00036806
Total           17  0.0306429


Estimated Coefficients for HL_H using data in uncoded units

Term          Coef
Constant  -0.237753
DH          1.58750
LT_H        1.15833
Sr_H      -0.925000
```

จากตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบลดรูปพบว่า ความสูงของ Dimple, ระยะของ Lift Tab และความสูงของ Spherical มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 นั่นคือทุกเทอมของปัจจัยในตัวแบบลดรูปนี้มีผลกระทบต่อค่าค่าความสูง Head Lift ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนั้นพบว่าค่า P-value ของ Curvature มีค่ามากกว่า 0.05 นั่นแสดงว่าความสัมพันธ์ของปัจจัยเหล่านี้ต่อค่าความสูง Head Lift เป็นเส้นตรง

7.6.2 การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ ด้วยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลองภายในเงื่อนไข 3 ประการคือ ข้อมูลเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ, ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน และความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ซึ่งวิธีในการพิจารณาจะใช้การวิเคราะห์เศษเหลือ ดังนี้

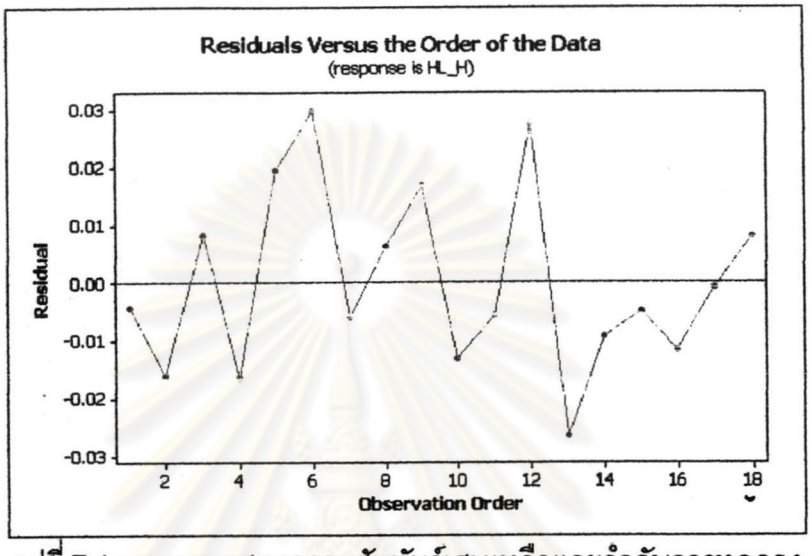
7.6.2.1 ความเป็นปกติ (Normality Assumption) สามารถตรวจสอบด้วยการทดสอบการกระจายของค่าเศษเหลือ ซึ่งกราฟการกระจายของค่าเศษเหลือแสดงดังรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 กราฟแสดงการกระจายของค่าเศษเหลือ

จากการทดสอบการกระจายแบบปกติของเศษเหลือพบว่า ค่า P-value มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าเศษเหลือมีการกระจายเป็นแบบปกติ นั่นคือข้อมูลการทดลองเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ

7.6.2.2 ความเป็นอิสระ (Independent) โดยการสร้างแผนภาพการกระจาย ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเศษเหลือกับลำดับความต่อเนื่องในการทดลอง

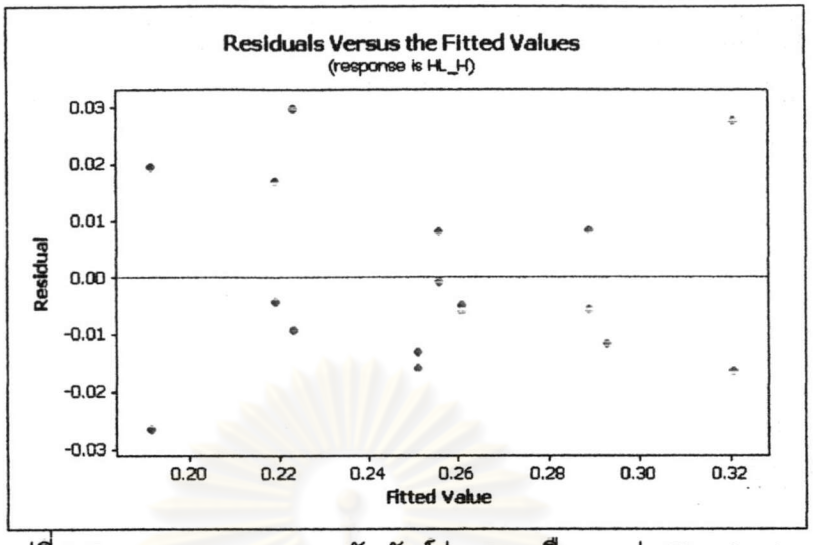


รูปที่ 7.4 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์เศษเหลือและลำดับการทดลอง

จากกราฟไม่พบว่าค่าเศษเหลือมีลักษณะการกระจายตัวที่มีรูปแบบหรือแสดงแนวโน้มใดๆ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

7.6.2.3 ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) สามารถตรวจสอบได้โดยการสร้างแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเศษเหลือกับค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.5 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ค่าเศษเหลือและค่า Fitted value

จากกราฟสังเกตได้ว่าค่าเศษเหลือมีลักษณะการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปแบบ ไม่มีแนวโน้มใดๆ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

สรุปผลจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบของข้อมูลที่นำมาทดลองนี้ พบว่า ข้อมูลมีสมมติฐานตรงตามข้อกำหนดทั้ง 3 ข้อคือ มีการกระจายเป็นแบบปกติ, มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

7.6.3 การหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

เมื่อทราบว่าปัจจัยทั้งสามปัจจัยมีอิทธิพลต่อค่าความสูง Head Lift แล้วต่อไปจะมาศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยเหล่านั้นต่อความสูง Head Lift เพื่อใช้มากำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับแต่ละปัจจัยโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Regression analysis) มาช่วย และเมื่อพิจารณาผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน นำเทอมของปัจจัยที่สำคัญทั้ง 3 คือ ความสูงของ Dimple, ระยะของ Lift Tab และความสูงของ Spherical มาหาความสัมพันธ์เพื่อหาตัวแบบถดถอยของปัจจัยดังกล่าว ผลลัพธ์ของการใช้โปรแกรม MINITAB วิเคราะห์ตัวแบบถดถอยได้ผลดังนี้คือ

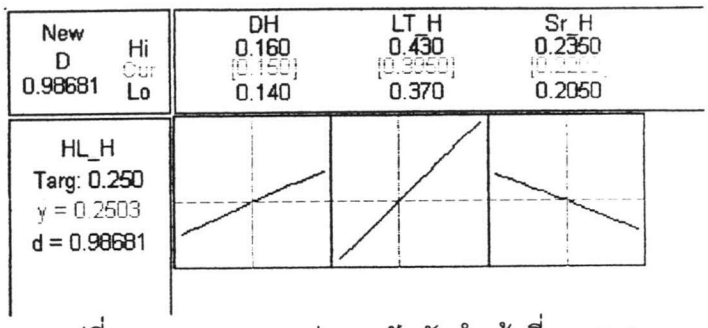
ตารางที่ 7.6 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

```
Regression Analysis: HL_H versus DH, LT_H, Sr_H

The regression equation is
HL_H = - 0.238 + 1.59 DH + 1.16 LT_H - 0.925 Sr_H


Predictor      Coef  SE Coef      T      P
Constant   -0.2378   0.1078  -2.20  0.045
DH          1.5875   0.4335   3.66  0.003
LT_H        1.1583   0.1445   8.02  0.000
Sr_H       -0.9250   0.2890  -3.20  0.006


S = 0.0173400   R-Sq = 86.3%   R-Sq(adj) = 83.3%


Analysis of Variance

Source           DF        SS          MS      F      P
Regression        3  0.0264335  0.0088112  29.30  0.000
Residual Error   14  0.0042094  0.0003007
Total            17  0.0306429
```

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแบบถดถอย พบว่าค่า P-value ของตัวแบบถดถอยมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าความสูงของ Dimple, ระยะของ Lift Tab และความสูงของ Spherical มีความสามารถในการอธิบายความผันแปรที่เกิดขึ้นกับค่าความสูง Head Liftได้ และพบว่าค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ หรือ R^2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 86 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือทั้ง 3 ปัจจัยเหล่านี้สามารถอธิบายความผันแปรของความสูง Head Lift ได้ 86 เปอร์เซ็นต์ เหลืออีก 14 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถที่จะอธิบายได้ เนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนโดยสาเหตุธรรมชาติ ดังนั้นตัวแบบถดถอยนี้มีความถูกต้องและ มีความน่าเชื่อถือที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ค่าต่างๆ ตามที่ต้องการโดยได้จากสมการความสัมพันธ์ดังนี้

ความสูง Head Lift = -0.238 + 1.59*ความสูงของ Dimple
+ 1.16*ระยะของ Lift Tab
- 0.925*ความสูงของ Spherical

เมื่อได้สมการความสัมพันธ์จะนำไปหาค่าที่เหมาะสมเพื่อทำให้ค่าความสูง Head Lift ได้ตามข้อกำหนดของสูงค้าคือ 0.250 ม.ม. โดยใช้โปรแกรม Minitab ดังนี้

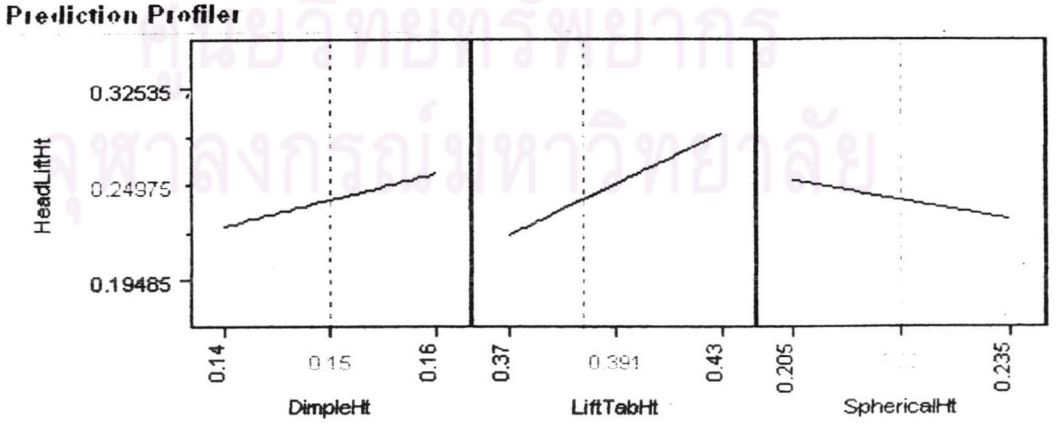


รูปที่ 7.6 แสดงการหาค่าของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสม

จากรูปที่ 7.6 จะเห็นได้ว่าค่าความสูงของ Dimple กับระยะของ Lift Tab จะแปรตามค่าความสูง Head Lift และค่าความสูงของ Spherical จะแปรผกผันกับค่าความสูง Head Lift ดังนั้นในการปรับปัจจัยนำเข้าเพื่อให้ได้ค่าความสูง Head Lift เนื่องจากลูกค้าได้ให้ข้อกำหนดของผลิตภัณ ของความสูงของ Dimple ที่ 0.150 ม.ม. และ ความสูงของ Spherical ที่ 0.220 ม.ม. ดังนั้นเราจะปรับทั้ง 2 ปัจจัยนี้ตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ และปรับระยะของ Lift Tab เพื่อให้ได้ค่าความสูงของ Head Lift ตามที่ลูกค้าต้องการคือ 0.150 ม.ม. เพราะ จะได้ระยะของ Lift Tab ที่เหมาะสมของคือ 0.391 ม.ม.

7.6.4 การหาระยะเผื่อของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

เมื่อได้ค่าของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะหาระยะเผื่อของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญเพื่อที่จะทำการควบคุมปัจจัยเหล่านั้นโดยใช้วิธีวิเคราะห์จากเหตุการณ์ที่ร้ายที่สุด (Worst Case) โดยเริ่มจากการพิจารณาทิศทางของความสูง Head Lift เมื่อปรับค่าของปัจจัยนำเข้า



รูปที่ 7.7 แสดงความสัมพันธ์ความสูง Head Lift กับปรับปัจจัยนำเข้า

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 7.7 พบว่าความสูงของ Dimple และระยะ Lift Tab แปรตามความสูง Head Lift คือเมื่อเพิ่มความสูงของ Dimple หรือ ระยะ Lift Tab ค่าความสูง Head Lift จะเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนความสูง Spherical แปรผกผันกับความสูง Head Lift คือเมื่อลดความสูง Spherical ค่าความสูง Head Lift จะลดลงด้วย

ดังนั้นจำแนกเหตุการณ์เลวร้ายที่สุดที่ทำให้ความสูง Head Lift ออกนอกข้อกำหนดเป็น 2 กรณีดังนี้

- เหตุการณ์ที่จะทำให้ ความสูง Head Lift มีค่าน้อยลงคือต้องลดความสูงของ Dimple, ลดระยะ Lift Tab และเพิ่มความสูง Spherical

- เหตุการณ์ที่จะทำให้ ความสูง Head Lift มีค่าสูงขึ้นคือต้องเพิ่มความสูงของ Dimple, เพิ่มระยะ Lift Tab และลดความสูง Spherical

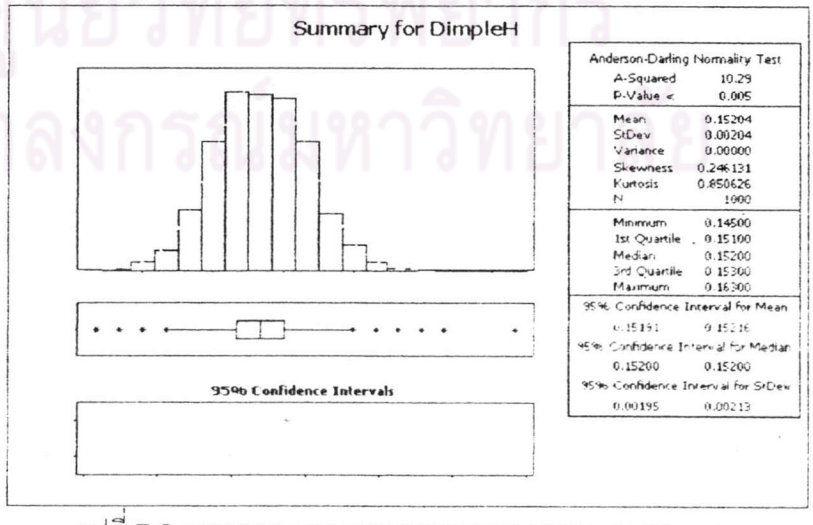
ต่อไปจะเป็นการศึกษาความผันแปรของปัจจัยนำเข้าทั้ง 3 เพื่อจำลองเหตุการณ์ที่เลวร้ายที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ดังนี้

7.6.4.1 การศึกษาความผันแปรของปัจจัยนำเข้า

โดยสุ่มเอาข้อมูลของทั้ง 3 ปัจจัยเหล่านั้นย้อนหลัง 3 เดือนมา 1000 ข้อมูลเพื่อหาความผันแปรของปัจจัยเหล่านั้น

7.6.4.1.1 ความสูง Dimple

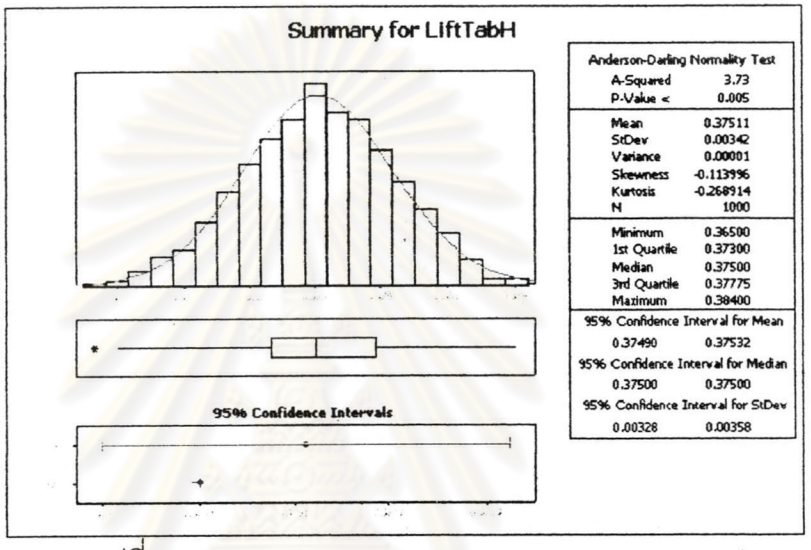
เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 7.8 พบว่าค่าความสูง Dimple มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.002 ม.ม. ดังนั้นโอกาสเบี่ยงเบนของปัจจัยนี้จะพิจารณาจาก 3 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะได้ 0.006 ม.ม. นั่นคือความสูง Dimple จะเบี่ยงเบนได้ +/- 0.006 ม.ม. จากค่ากลาง



รูปที่ 7.8 แผนภาพแสดงการกระจายของความสูง Dimple

7.6.4.1.2 ระยะของ Lift Tab

จากแผนภาพแสดงการกระจายได้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.0034ม.ม. ดังนั้นโอกาสเบี่ยงเบนของปัจจัยนี้จะพิจารณาจาก 3 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะได้ 0.010 ม.ม. นั่นคือความสูง Dimple จะเบี่ยงเบนได้ +/- 0.010 ม.ม. จากค่ากลาง

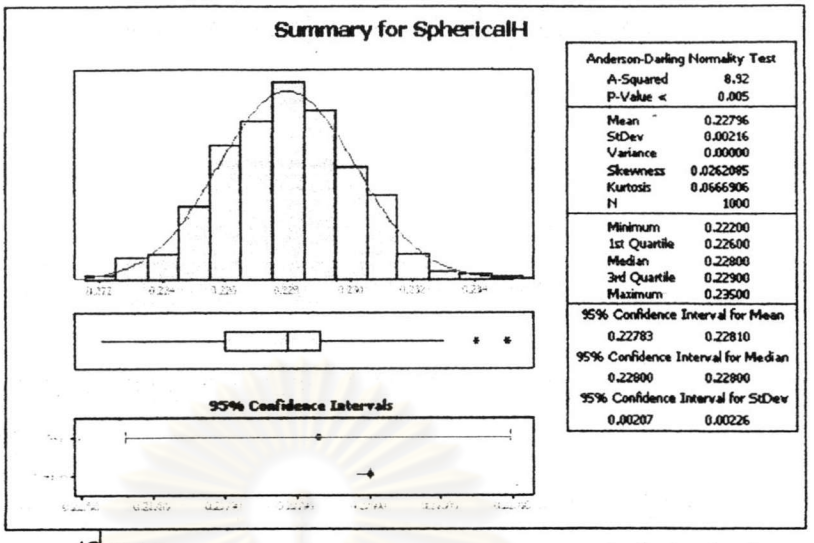


รูปที่ 7.9 แผนภาพแสดงการกระจายของระยะ Lift Tab

7.6.4.1.3 ความสูง Spherical

จากแผนภาพแสดงการกระจายได้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.002 ม.ม. ดังนั้นโอกาสเบี่ยงเบนของปัจจัยนี้จะพิจารณาจาก 3 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะได้ 0.006 ม.ม. นั่นคือความสูง Dimple จะเบี่ยงเบนได้ +/- 0.006 ม.ม. จากค่ากลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.10 แผนภาพแสดงการกระจายของความสูง Spherical

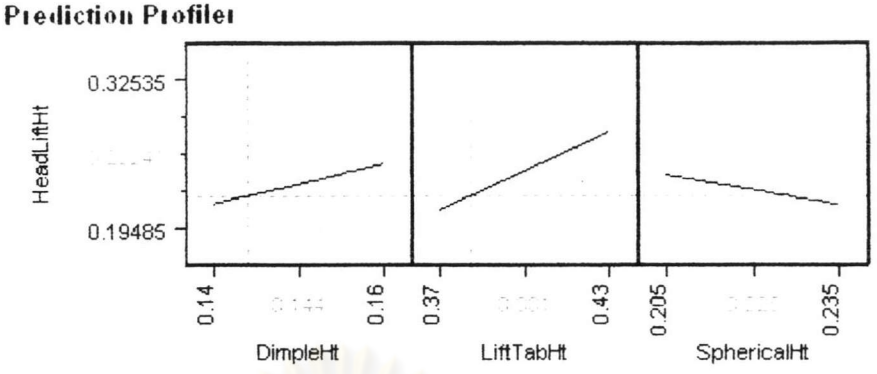
เมื่อทราบช่วงการเบี่ยงเบนของปัจจัยนำเข้าทั้ง 3 แล้วต่อไปจะใช้ข้อมูลเหล่านี้มาพิจารณาเหตุการณ์เลวร้ายที่สุดที่จะสามารถเกิดขึ้นได้

7.6.4.2 การพิจารณาเหตุการณ์เลวร้ายที่สุด

7.6.4.2.1 เหตุการณ์ที่จะทำให้ ความสูง Head Lift มีค่าน้อยลง

จะทำให้ความสูง Head Lift มีค่าน้อยลงคือต้องลดความสูงของ Dimple, ลดระยะ Lift Tab และเพิ่มความสูง Spherical เมื่อพิจารณารวมกับช่วงการเบี่ยงเบนของปัจจัยแล้วจะได้สภาวะที่เลวร้ายที่สุดหลังปรับแต่ละปัจจัยเข้าค่ากลางที่เหมาะสมที่สุดตามหัวข้อ 7.6.3 คือ ความสูง Dimple เท่ากับ 0.144 ม.ม., ระยะ Lift Tab เท่ากับ 0.381 ม.ม. และความสูง Spherical เท่ากับ 0.226 ม.ม. เมื่ออยู่ที่สภาวะนี้จะได้ค่าความสูง Head Lift ที่ 0.222 ม.ม.ซึ่งยังอยู่ภายในข้อกำหนดของลูกค้า

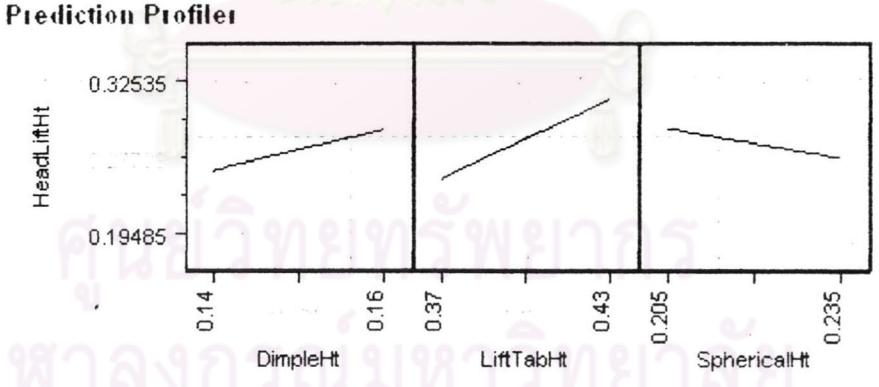
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.11 แสดงค่าความสูง Head Lift จากเหตุการณ์เลวร้ายด้านต่ำ

7.6.4.2.1 เหตุการณ์ที่จะทำให้ ความสูง Head Lift มีค่ามากขึ้น

ในกรณีที่จะทำให้ความสูง Head Lift มีค่ามากขึ้นคือต้องเพิ่มความสูงของ Dimple, เพิ่มระยะ Lift Tab และลดความสูง Spherical จะได้สภาวะที่เลวร้ายที่สุดคือ ความสูง Dimple เท่ากับ 0.156 ม.ม., ระยะ Lift Tab เท่ากับ 0.401 ม.ม. และ ความสูง Spherical เท่ากับ 0.214 ม.ม. เมื่ออยู่ที่สภาวะนี้จะได้ค่าความสูง Head Lift ที่ 0.277 ม.ม.ซึ่งยังอยู่ภายในข้อกำหนดของลูกค้า



รูปที่ 7.12 แสดงค่าความสูง Head Lift จากเหตุการณ์เลวร้ายด้านสูง

เมื่อพิจารณาเหตุการณ์เลวร้ายที่สุดแล้ว ค่าความสูงของ Head Lift ยังอยู่ภายในข้อกำหนดของลูกค้าดังนั้นจึงกำหนดของเขตการควบคุมได้ดังนี้คือความสูง Dimple เท่ากับ 0.150 +/- 0.006 ม.ม., ระยะ Lift Tab เท่ากับ 0.391 +/- 0.010 ม.ม.และ ความสูง Spherical เท่ากับ

0.220 +/- 0.006 ม.ม. จากของเดิมที่กำหนดไว้ที่ ความสูง Dimple เท่ากับ 0.150 +/- 0.010 ม.ม., ความสูง Spherical เท่ากับ 0.220 +/- 0.015 ม.ม. และไม่ได้กำหนดระยะ Lift Tab

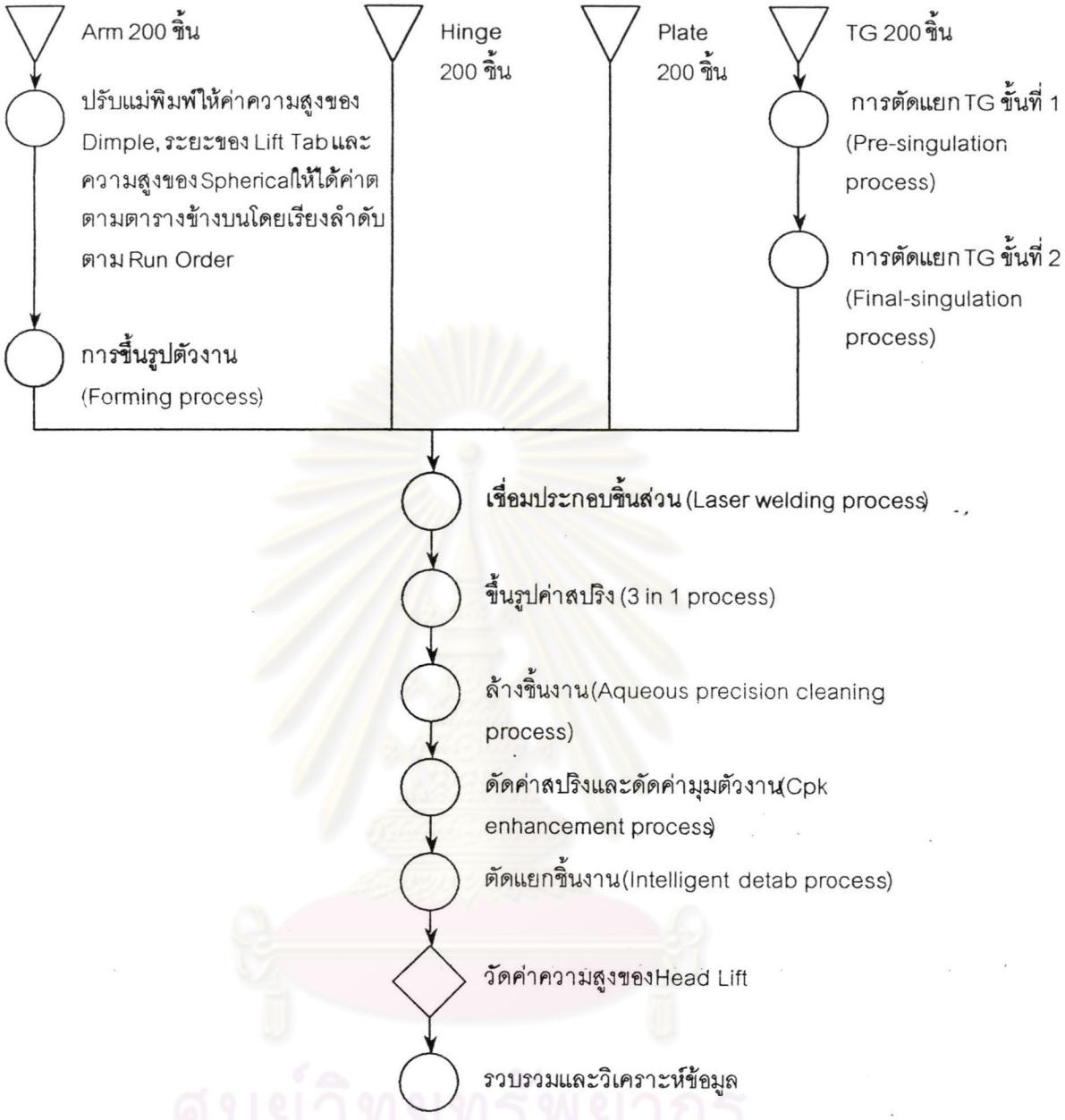
7.7 การทดสอบยืนยันผล

หลังจากที่เราได้ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญแล้ว ขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบเพื่อยืนยันค่าของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญว่าจะทำให้ความสูงของ Head Lift ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้าหรือไม่

7.7.1 ขั้นตอนที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบจะทำโดยปรับปัจจัยทั้ง 3 ไปที่ค่าเหมาะสมที่กำหนดไว้แล้วทำการผลิตชิ้นงานเหล่านั้นมาโดยใช้กระบวนการปกติโดยกำหนดจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 200 ตัว เมื่อได้ชิ้นงานที่กระบวนการสุดท้ายแล้ว นำชิ้นงานเหล่านั้นมาวัดค่าความสูง Head Lift ทุกตัวเพื่อเก็บข้อมูลนำมาวิเคราะห์ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

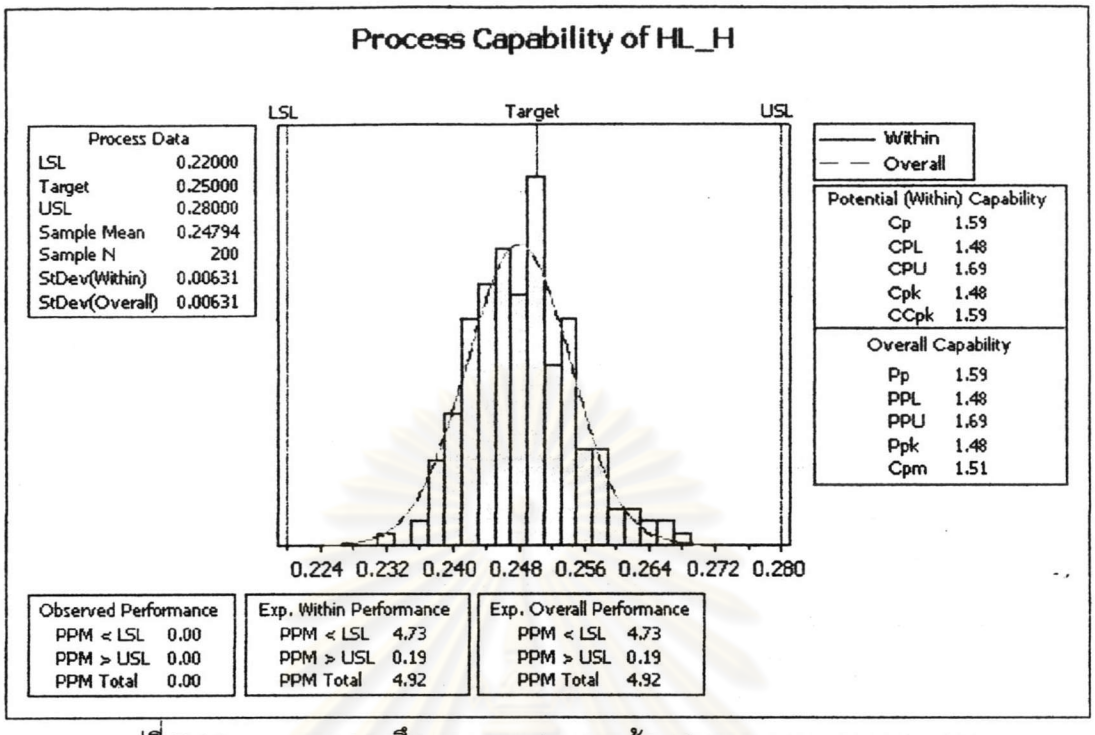


รูปที่ 7.13 แผนภาพแสดงขั้นตอนในการทดสอบยืนยันผล

7.7.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากข้อมูลของงานทดสอบที่ตรวจสอบค่าความสูงของ Head Lift ในขั้นตอนสุดท้าย แล้วนำมาทำการวิเคราะห์ความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการผลิตดังรูปที่ 7.14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.14 แผนภาพการศึกษาความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ

จากการวิเคราะห์ความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการพบว่าค่าเฉลี่ยของความสูง Head Lift คือ 0.248 ม.ม. ซึ่งเข้าใกล้เป้าหมายคือ 0.250 ม.ม. มาก และค่า Cpk เท่ากับ 1.48 และไม่พบชิ้นงานที่มีค่าความสูง Head Lift ออกนอกข้อกำหนดของลูกค้า ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ในขั้นตอนแรก

7.8 สรุปผลขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

จากผลการทดลองพบว่าปัจจัยทั้ง 3 คือ ความสูงของ Dimple, ระยะของ Lift Tab และความสูงของ Spherical มีผลต่อความสูง Head Lift โดยมีความสัมพันธ์กับความสูง Head Lift คือ

ความสูง Head Lift = -0.238 + 1.59*ความสูงของ Dimple
+ 1.16*ระยะของ Lift Tab
- 0.925*ความสูงของ Spherical

จากนั้นนำสมการความสัมพันธ์มากำหนดค่าของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมพร้อมทั้งระยะเผื่อของแต่ละปัจจัยได้คือ ความสูงของ Dimple ที่ 0.150 +/- 0.006 ม.ม., ความสูงของ Spherical ที่ 0.220 +/- 0.006 ม.ม. และระยะของ Lift Tab ที่ 0.391 +/- 0.010 ม.ม. และเมื่อนำค่าเหล่านี้มาทดสอบเพื่อยืนยันผลพบว่าค่าเฉลี่ยของความสูง Head Lift คือ 0.248 ม.ม. ซึ่งเข้าใกล้เป้าหมายที่

0.250 ม.ม. และได้ค่า Cpk เท่ากับ 1.48 และไม่พบชิ้นงานที่มีค่าความสูง Head Lift ออกนอกข้อกำหนดของลูกค้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย