บทที่ 5

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลหลังการปรับปรุง

5.1 การแก้ไขสาเหตุของความแปรปรวนในแนวตามยาวเครื่อง

จากการตรวจสัญญาณความดันก่อนเข้าตัวปล่อยเยื่อพบว่า Fan Pump อาจเป็นปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามยาวเครื่อง แต่จากการตรวจสอบสภาพภายใน Fan Pump ของพนักงานซ่อมบำรุงไม่พบสิ่งผิดปกติแต่อย่างใด ทั้งนี้อาจเกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. เนื่องจากการตรวจสอบของพนักงานซ่อมบำรุงของโรงงานไม่มีเครื่องมือในการตรวจสอบที่ละเอียดพอที่จะตรวจพบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ ทำให้ไม่พบสิ่งผิดปกติ ซึ่งในการตรวจสอบจำเป็นต้องมีเครื่องมือวัดเฉพาะทางเพื่อใช้ในการตรวจสอบค่าต่างๆ เช่น การตรวจสอบความสมดุลในการหมุนของใบพัด การตรวจสอบสภาพผิวของใบพัด การตรวจสอบระดับของเพลาและใบพัด เป็นต้น ดังนั้นในการตรวจสอบอย่างละเอียดจำเป็นต้องจ้างผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบด้าน Pump เข้ามาทำการตรวจสอบ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะยังไม่ดำเนินการในส่วนนี้เนื่องจากต้องศึกษาความคุ้มทุนก่อน
2. เนื่องจากโดยทั่วไป Fan Pump หรืออุปกรณ์ต่างๆที่มีการหมุนจะส่งสัญญาณความดันที่ rotational frequency ออกมาอยู่แล้ว ซึ่งความดันที่พบจึงเป็นค่าความดันปกติที่เกิดจากการหมุนของ Fan Pump ที่ส่งออกมาและส่งผลต่อความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามยาวเครื่องอย่างมีนัยสำคัญ ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีการพัฒนามากขึ้นจึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ในการลดความแปรผันของความดันน้ำเยื่อภายในท่อก่อนเข้าตัวปล่อยเยื่อ และพัฒนา Fan Pump ให้ความดันที่เกิดขึ้นมีความแปรผันลดลงมาก ซึ่งจะทำให้ความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามยาวเครื่องลดต่ำลงได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะยังไม่ดำเนินการในส่วนนี้เนื่องจากต้องศึกษาความคุ้มทุนก่อน

5.2 การแก้ไขสาเหตุของความแปรปรวนในแนวตามขวางเครื่อง

จากปัจจัยที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามขวางเครื่องสามารถหาทางแก้ไขและป้องกันในแต่ละปัจจัยดังต่อไปนี้

1. Top slice เสียรูป

Top slice เสียรูปทำให้น้ำเยื่อที่ออกจากตำแหน่งดังกล่าวต่างจากบริเวณอื่น และส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานตำแหน่งที่ Top Slice เสียรูปต่างจากบริเวณอื่นที่ปกติ สาเหตุเกิดจากพนักงานควบคุมเครื่องแต่ละคนมีการปรับปาก Slice แตกต่างกัน เนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานการปรับ

ดังเช่น เมื่อพบกระดาษที่ตรงกับ slice adjusting screw ตำแหน่งที่ 10 มีน้ำหนักมาตรฐานต่ำ จึงปรับ slice adjusting screw ตำแหน่งที่ 10 ให้เปิดมากขึ้น โดยไม่ได้ปรับตำแหน่งที่ 9 และ 11 ซึ่งอยู่ติดกับตำแหน่งที่ 10 ขึ้นตามไปด้วย ทำให้การเปิด top slice lip ที่ตำแหน่ง 10 สูงกว่าตำแหน่ง 9 และ 11 เกิน 0.150 mm. ซึ่งเกินข้อจำกัดของ top slice lip เนื่องจากการปรับ slice adjusting screw ตัวที่อยู่ติดกันจะต้องไม่เกิน 0.150 mm เพื่อป้องกันการบิดตัวของ top slice lip อย่างถาวร ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถปรับกลับลงมาได้ ส่งผลให้ไม่สามารถปรับน้ำหนักกระดาษในตำแหน่งนั้นได้อีกต่อไป

ดังนั้นจึงได้เปลี่ยน Top slice อันใหม่แทนอันเดิม และตั้งมาตรฐานการปรับ slice adjusting screw โดยตำแหน่งที่อยู่ติดกันจะต้องไม่เกิน 0.150 mm เพื่อป้องกันการเสียรูป และบันทึกค่าลงในบันทึกการตรวจสอบดังภาคผนวก ตารางที่ 16.

2. Top slice สกปรกมีเยื่อติดสะสม

เมื่อมีการผลิตกระดาษเป็นระยะเวลานาน จะมีการสะสมของเยื่อติดบริเวณ top slice ทำให้บริเวณดังกล่าวมีน้ำเยื่อออกมาน้อยกว่าปกติ และส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานบริเวณดังกล่าวต่ำกว่าบริเวณอื่น ดังนั้นจึงได้แก้ไขโดยการกำหนดให้มีการล้างทำความสะอาด Top Slice ทุกชั่วโมง โดยบันทึกการทำความสะอาดดังภาคผนวก ตารางที่ 16.

3. ตะแกรงอุดตัน

ตะแกรงบริเวณที่มีการอุดตันจะทำให้น้ำเยื่อบริเวณนั้นมีการไหลรอดตะแกรงได้น้อยลง และจะไหลออกไปยังบริเวณด้านข้าง ทำให้เยื่อบริเวณที่ตะแกรงอุดตันมีน้อยลง และส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานต่ำกว่าบริเวณที่ตะแกรงไม่อุดตัน จากการตรวจสอบพบว่าตะแกรงมีการอุดตันบริเวณตำแหน่งที่ 1, 5, 11, 12 และ 14 ซึ่งสาเหตุของตะแกรงตำแหน่งที่อุดตันเกิดจาก shower ที่ทำความสะอาดตะแกรงบริเวณดังกล่าวอุดตัน ทำให้ตะแกรงสกปรกและอุดตันในที่สุด ดังนั้นจึงได้เปลี่ยนตะแกรงใหม่ และตั้งมาตรฐานการตรวจสอบ shower ทำความสะอาดตะแกรงดังภาคผนวก ตารางที่ 17. และเปลี่ยนหัว nozzle เมื่อมีสภาพอุดตันเมื่อเครื่องหยุดดังภาคผนวก ตารางที่ 18.

4. การปรับ slice adjusting screw ต่างกันมากเกินไป

การปรับ slice adjusting screw ในแต่ละตำแหน่งต่างกัน ทำให้น้ำเยื่อออกมาแตกต่างกัน ส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกัน ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่ามีการปรับ slice adjusting screw แต่ละตำแหน่งมีความแตกต่างกัน เพื่อปรับให้น้ำหนักมาตรฐานกระดาษในแนวตามขวางเครื่องเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เนื่องจากน้ำหนักมาตรฐานกระดาษในแนวตามขวางเครื่องแต่ละ

ตำแหน่งมีความแตกต่างกันมากอันเนื่องมาจากสาเหตุของปัจจัยอื่นๆ ทำให้ต้องปรับ slice adjusting screw ในแต่ละตำแหน่งตามแนวขวางเครื่องช่วย เพื่อลดความแตกต่างของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษในแนวตามขวางเครื่องให้น้อยลง ดังนั้นเมื่อมีการแก้ไขสาเหตุของแต่ละปัจจัยแล้ว การปรับ slice adjusting screw ในแต่ละตำแหน่งจะเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก โดยจะบันทึกค่าการปรับ slice adjusting screw ลงในภาคผนวก ตารางที่ 16.

5. ตะแกรงเป็นลอน

ตะแกรงบริเวณที่เป็นลอนจะทำให้น้ำเยื่อบริเวณนั้นไหลออกไปยังบริเวณด้านข้าง ทำให้เยื่อบริเวณที่เป็นลอนมีน้อยลง และส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานต่ำกว่าบริเวณที่ตะแกรงไม่เป็นลอน ซึ่งจากการตรวจสอบตะแกรงพบว่าตะแกรงบริเวณตำแหน่งที่ 3, 7, และ 16 มีลักษณะตะแกรงเป็นลอนนูนยาวตามแนวตามยาวเครื่อง ซึ่งสาเหตุเกิดจากในตำแหน่งดังกล่าวของตะแกรงพบว่าผิวของ wire roll มีการสึกไม่เรียบ เมื่อตะแกรงวิ่งผ่านผิว roll ที่สึกเป็นระยะเวลานานจะทำให้ตะแกรงเกิดเป็นคลื่นลอน โดยสาเหตุของ wire roll สึกเกิดจากการใช้งานเป็นระยะเวลานานเกินไป ดังนั้นจึงได้ตั้งมาตรฐานในการใช้งาน wire roll ใหม่ โดยลดลงจาก 1 ปี เหลือ 3-6 เดือน และทำบันทึกอายุการใช้งาน wire roll ดังภาคผนวก ตารางที่ 19. หรือเกิดจาก doctor blade ที่ wire roll สึกทำให้เสียดสีกับผิว wire roll จนสึก ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบสภาพ doctor blade โดยลงบันทึกการตรวจสอบดังภาคผนวก ตารางที่ 16.

6. Applicator roll no.1 ผิวไม่เรียบ

Size press มีหน้าที่เคลือบแป้งบนผิวกระดาษ โดยกระดาษจะผ่านระหว่าง Applicatior roll 2 ลูกที่กดติดกัน ซึ่งถ้ามี Applicator roll ลูกใดลูกหนึ่งผิวไม่เรียบ จะทำให้การเคลือบแป้งบนผิวกระดาษแตกต่างจากบริเวณอื่น และส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกัน จากการตรวจสอบสภาพผิวลูก Applicator roll no.1 พบว่าผิวตำแหน่งที่ 2, 4, 13 และ 15 มีรอยสึก โดยสาเหตุของ Applicator roll สึกเกิดจากการใช้งานเป็นระยะเวลานานเกินไป และเกิดจากมีกระดาษขาดพันลูก Applicator roll บ่อย ดังนั้นจึงได้ตั้งมาตรฐานในการใช้งาน Applicator roll ใหม่ โดยลดลงจาก 1 ปี เหลือ 3 เดือน และทำบันทึกอายุการใช้งาน Applicator roll ดังภาคผนวก ตารางที่ 19.

7. Rectifier roll speed ไม่เหมาะสม

Rectifier Roll ทำหน้าที่ตีให้เยื่อเกิดการกระจายตัว ถ้า Rectifier roll speed หมุนไม่เหมาะสม จะทำให้การกระจายของเยื่อตลอดหน้ากว้างไม่เท่ากัน และส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานตลอดหน้ากว้างแตกต่างกัน โดยปกติจะหมุนที่ speed 10-12 rpm ซึ่งจากการทดลองหา speed ที่เหมาะสมพบว่า rectifier roll speed 12 rpm ให้ผลของน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามขวางเครื่องที่

ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเร็วของน้ำเยื่อในตัวปล่อยเยื่อมีค่าใกล้เคียงกับความเร็วในการหมุนของ rectifier roll โดยความเร็วของน้ำเยื่อในตัวปล่อยเยื่อคือ 11.9 m/min และความเร็วในการหมุนของ rectifier roll คือ 11.3 m/min (รายละเอียดการคำนวณดังภาคผนวก ตารางที่ 20. ทำให้น้ำเยื่อที่ออกมาจากตัวปล่อยเยื่อไม่เกิดความปั่นป่วนมากจนเกินไป ทำให้การกระจายตัวของเยื่อสม่ำเสมอ

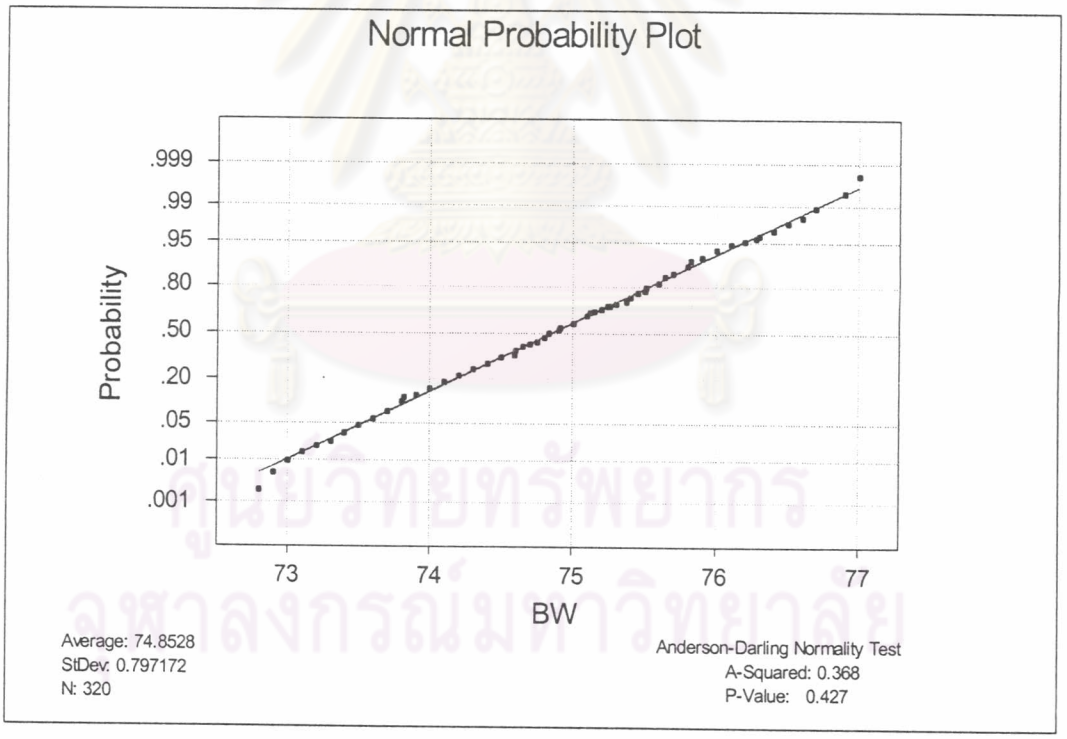
5.3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์หลังการแก้ไข

จากการทดสอบน้ำหนักมาตรฐานของตัวอย่างกระดาษทั้งหมดหลังการแก้ไขผลเป็นดังภาคผนวก ตารางที่ 7 และ 8 ซึ่งนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (Model Adequacy Checking)

1.1 การกระจายแบบปกติ (Normal Distribution)

โดยกราฟแสดงการทดสอบการกระจายของข้อมูลแสดงดังรูปที่ 5-1

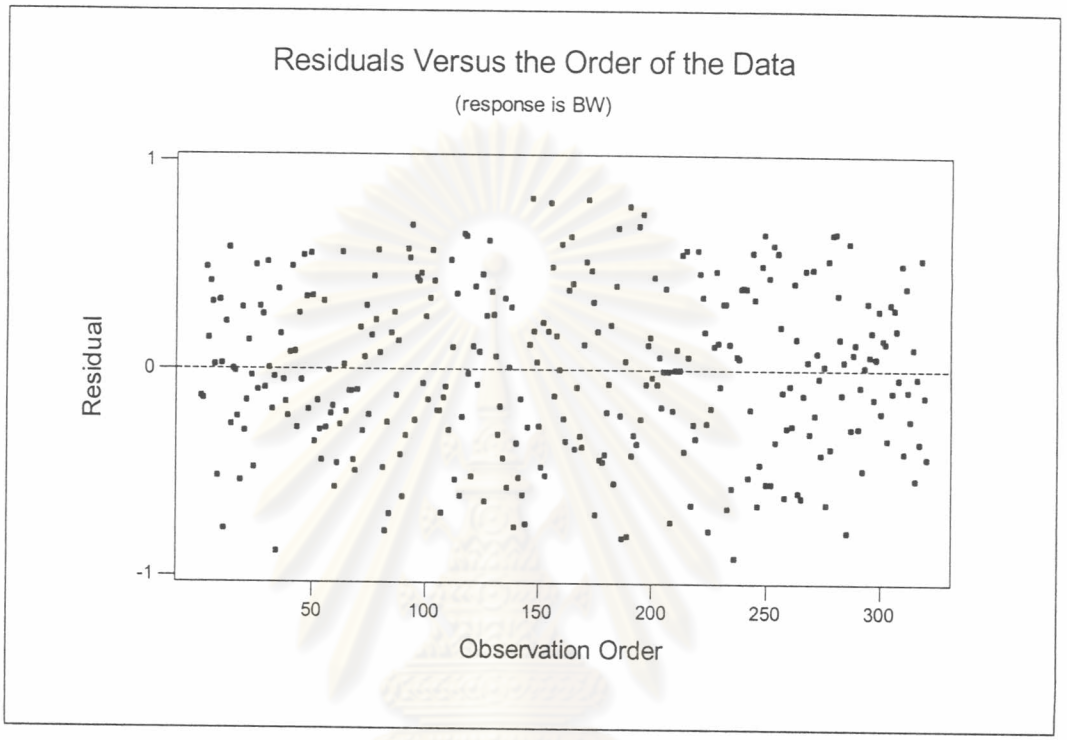


รูปที่ 5-1 กราฟแสดงการกระจายของ Basis Weight หลังการปรับปรุง

จากกราฟพบว่าความคลาดเคลื่อน (Residuals) มีการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งดูได้จากค่า P-value มากกว่าหรือเท่ากับ 0.05

1.2 ความเป็นอิสระ (Independent)

ในการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลจะพิจารณารูปแบบการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residuals) ที่ลำดับการทดสอบต่างๆ ซึ่งต้องมีการกระจายตัวแบบไม่เป็นรูปแบบ โดยรูปแสดงการกระจายตัวของความคลาดเคลื่อน (Residuals) แสดงดังรูปที่ 5-2

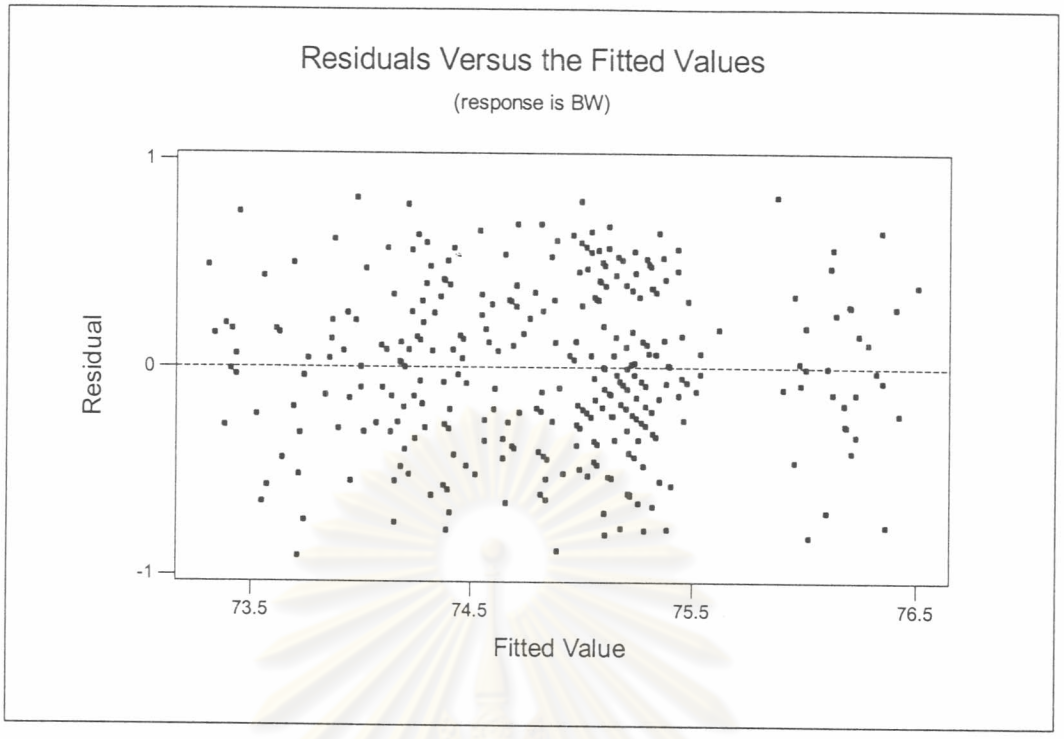


รูปที่ 5-2 กราฟแสดงรูปแบบการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) กับเวลาที่เก็บข้อมูล

จากกราฟรูปแบบการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residuals) กับเวลาที่เก็บข้อมูล พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นอิสระต่อกันไม่มีรูปแบบ จึงแสดงว่าข้อมูลที่ได้มีอิสระต่อกัน (independent)

1.3 ความเสถียรของความแปรปรวน

เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวนหรือไม่ โดยกราฟแสดงความเสถียรของความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 5-3



รูปที่ 5-3 กราฟแสดงความเสถียรของความแปรปรวน

จากกราฟแสดงความเสถียรของความแปรปรวน พบว่าการกระจายของข้อมูลไม่มีรูปแบบ ดังนั้นสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนเนื่องจากปัจจัย 2 ปัจจัย

2.1 การทดสอบการมีอันตรกิริยาของสองปัจจัย

เนื่องจากเป็นการเก็บข้อมูลตัวอย่าง 1 เรพลิเคต จึงต้องทดสอบการมีอันตรกิริยาของสองปัจจัย โดยใช้วิธี Tukey's nonadditivity test ดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 Tukey's nonadditivity test

Source	DF	SS	MS	F_0	P-value	F crit
CD	15	3.99	0.27	1.52	0.095	1.70
MD	19	149.02	7.84	44.82	<0.001	1.62
Nonadditivity	1	0.004	0.004	0.025		3.84
Error	284	49.70	0.175			
Total	319	202.72				

จากผลการทดสอบพบว่า ค่า F_0 ของ Nonadditivity น้อยกว่า F crit แสดงว่าไม่ปรากฏหลักฐานว่ามีผลของอันตรกิริยา

2.2 การทดสอบค่าเฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งของแนวตามขวางเครื่องมีความแตกต่างกันหรือไม่และค่าเฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งของแนวตามยาวเครื่องมีความแตกต่างกันหรือไม่

โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนเนื่องจากปัจจัย 2 ปัจจัย ในโปรแกรม MINITAB ดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐาน

Source	DF	SS	MS	F	P
CD	15	3.99	0.27	1.52	0.095
MD	19	149.02	7.84	44.97	<0.001
Error	285	49.71	0.174		
Total	319	202.72			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักมาตรฐานในแต่ละแนวตามยาวเครื่องอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ไม่มีหลักฐานที่แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักมาตรฐานในแต่ละแนวตามขวางเครื่องอย่างมีนัยสำคัญ

2.3 ความแปรปรวนในแต่ละตำแหน่งของแนวตามขวางเครื่องมีความแตกต่างกันหรือไม่ และความแปรปรวนในแต่ละตำแหน่งของแนวตามยาวเครื่องมีความแตกต่างกันหรือไม่

2.3.1 ความแปรปรวนในแต่ละตำแหน่งของแนวตามขวางเครื่อง(CD)มีความแตกต่างกันหรือไม่

H_0 : $\sigma^2_{CD1} = \sigma^2_{CD2} = \sigma^2_{CD3} = \cdots \sigma^2_{CD16}$

H_1 : $\sigma^2_{CDi} \neq \sigma^2_{CDj}$ for at least one pair (i,j)

โดย χ^2_0 = 4.03

$\chi^2_{0.05,\ 15}$ = 25

เนื่องจาก $\chi^2_0 < \chi^2_{0.05,\ 15}$ แสดงว่าไม่มีหลักฐานที่จะปฏิเสธว่าความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานในแต่ละตำแหน่งของแนวตามขวางเครื่องเท่ากัน

2.3.2 ความแปรปรวนในแต่ละตำแหน่งของแนวตามยาวเครื่อง (MD) มีความแตกต่างกันหรือไม่

H_0 : $\sigma^2_{MD1} = \sigma^2_{MD2} = \sigma^2_{MD3} = \cdots \sigma^2_{MD20}$

H_1 : $\sigma^2_{MDi} \neq \sigma^2_{MDj}$ for at least one pair (i,j)

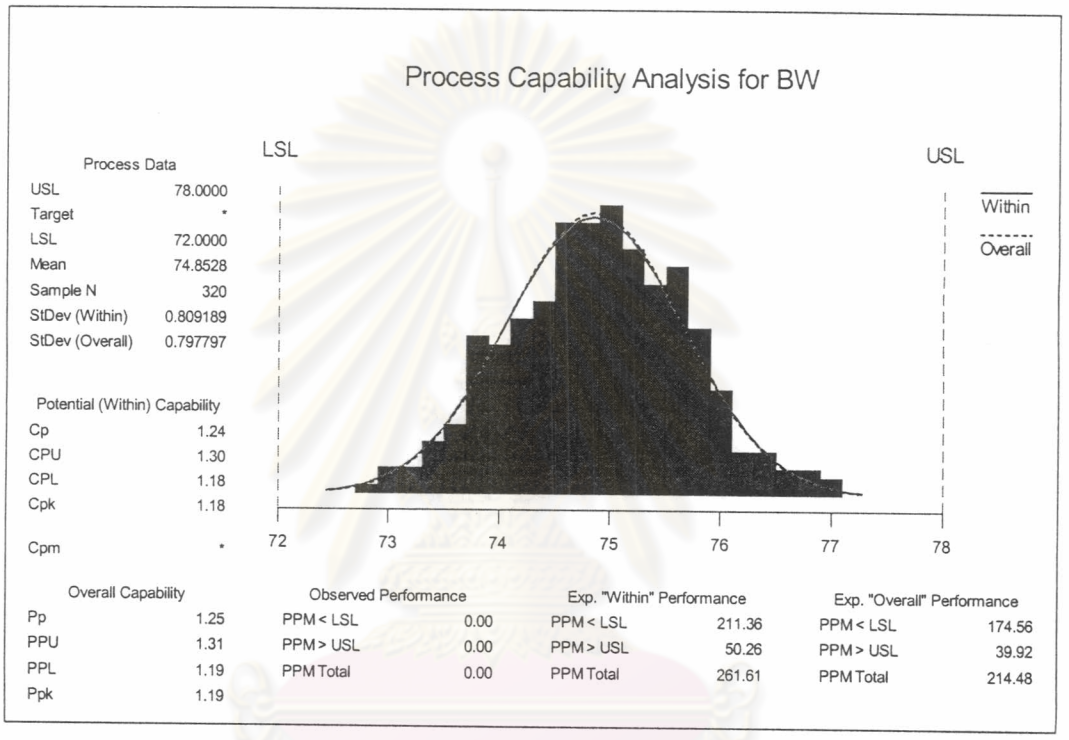
โดย χ^2_0 = 1.28

$\chi^2_{0.05,\ 19}$ = 30.14

เนื่องจาก $\chi^2_0 < \chi^2_{0.05,19}$ แสดงว่าไม่มีหลักฐานที่จะปฏิเสธว่าความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานในแต่ละตำแหน่งของแนวตามยาวเครื่องเท่ากัน

5.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมและดัชนีสมรรถนะรวมของกระบวนการหลังการปรับปรุง

หลังการปรับปรุงสามารถวิเคราะห์หาความแปรปรวนรวมและดัชนีสมรรถนะรวมของกระบวนการ ด้วยโปรแกรม MINITAB ได้ดังรูปที่ 5-4



รูปที่ 5-4 แสดงการวิเคราะห์ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการหลังปรับปรุง

พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม (overall standard deviation) คือ 0.80 g/m^2 ซึ่งคิดเป็นความแปรปรวนรวมคือ 0.64 g/m^2 และดัชนีสมรรถนะรวมของกระบวนการ (overall process capability) คือ 1.25