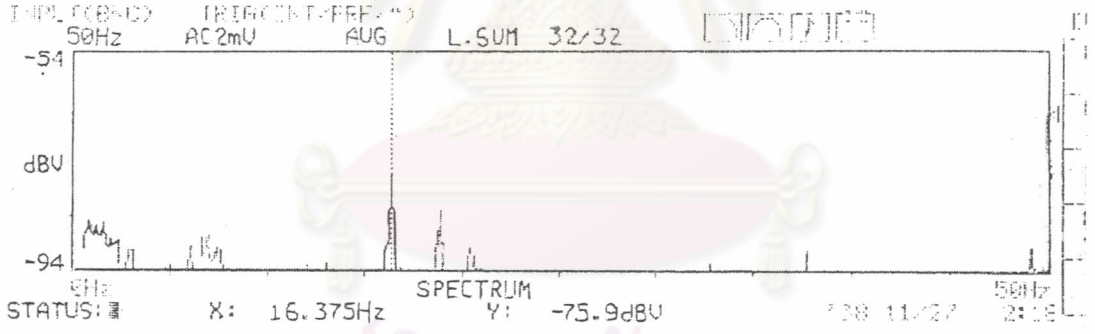
บทที่ 4

ผลการทดลองก่อนการปรับปรุงและการวิเคราะห์สาเหตุ

4.1 ผลการตรวจวัดความดันของน้ำเยื่อก่อนเข้าตัวปล่อยเยื่อ (Headbox)

เนื่องจากเราไม่สามารถชักตัวอย่างที่มีระยะห่างหรือความถี่ต่างๆกันหลายความถี่มาทดสอบน้ำหนักมาตรฐานได้ เพราะจะเป็นการเสียเวลาและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงมาก ดังนั้นเราจึงต้องหาระยะห่างหรือความถี่ที่เกิดความแปรปรวนแบบ คาบเวลาคงที่ (periodic) ที่มีขนาดสูง เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการชักตัวอย่าง โดยการตรวจวัดสัญญาณความดันน้ำเยื่อที่ท่อก่อนเข้าตัวปล่อยเยื่อ (Headbox)เนื่องจากสัญญาณความดันที่ผิดปกตินี้จะมีความสัมพันธ์กับความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานที่พบในกระดาษ

โดยการวัดความดันของน้ำเยื่อที่ท่อก่อนเข้าตัวปล่อยเยื่อ (Headbox) สามารถทำได้โดยการใช้เครื่อง Frequency Analyzer, Universal Analyzer และ Pressure Transducer และติดตั้งวัดในตำแหน่งท่อก่อนเข้าตัวปล่อยเยื่อ ดังแสดงในภาคผนวกที่ 1 และ 2 ซึ่งได้ผลการตรวจวัดดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 แสดงผลการวัดความดันของน้ำเยื่อก่อนเข้าตัวปล่อยเยื่อ (Headbox)

จากผลการตรวจวัดพบว่ามีความดันสูงที่สุดที่ความถี่ 16.4 Hz ในขณะที่ความถี่ที่ต่ำกว่าและสูงกว่านี้มีความดันที่มีขนาดต่ำกว่า แสดงว่าที่ความถี่ 16.4 Hz จะมีความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามยาวเครื่องสูงที่สุด ดังนั้นจึงนำความถี่ 16.4 Hz ไปพิจารณาในการชักตัวอย่างในแนวตามยาวเครื่องต่อไป

4.2 การหาความถี่ในการชักตัวอย่างในแนวตามยาวเครื่อง (Machine Direction)

จากการตรวจวัดความดันของน้ำเยื่อ พบว่ามีความดันสูงที่ความถี่ 16.4 Hz ในขณะที่ความถี่อื่นๆมีขนาดต่ำกว่า ดังนั้นจึงเลือกพิจารณาความถี่นี้ในการชักตัวอย่างในแนวตามยาวเครื่อง

ในการชักตัวอย่างกระดาษในแนวตามยาวเครื่องเลือกชักตัวอย่างที่ความถี่เป็น 2 เท่าของความถี่ที่คาดว่าเป็นต้นเหตุ ซึ่งก็คือ 32.8 Hz จากข้อมูลสภาวะการผลิต (ภาคผนวก ตารางที่ 1.) เครื่องผลิตกระดาษมีความเร็ว 350 m/min เมื่อแปลงเปลี่ยนเป็นระยะห่างในการชักตัวอย่าง จะได้ 18 cm. (รายละเอียดการคำนวณดังภาคผนวก 5.) โดยจำนวนตัวอย่างในแนวตามยาวเครื่องคือ 20 ตัวอย่าง

4.3 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R)

จากผลการทดสอบตัวอย่างกระดาษเพื่อหาความแม่นยำของระบบการวัดน้ำหนักมาตรฐาน ดังภาคผนวกตารางที่ 2. สามารถวิเคราะห์ความแม่นยำของการทดสอบน้ำหนักมาตรฐานได้โดยใช้โปรแกรม MINTAB ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4-1 และรูปที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดน้ำหนักมาตรฐาน

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	85.4389	9.49322	76.7912	0.00000
Operator	1	2.2958	2.29585	18.5713	0.00196
Operator*Part	9	1.1126	0.12362	1.1480	0.37706
Repeatability	20	2.1537	0.10769		
Total	39	91.0011			

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

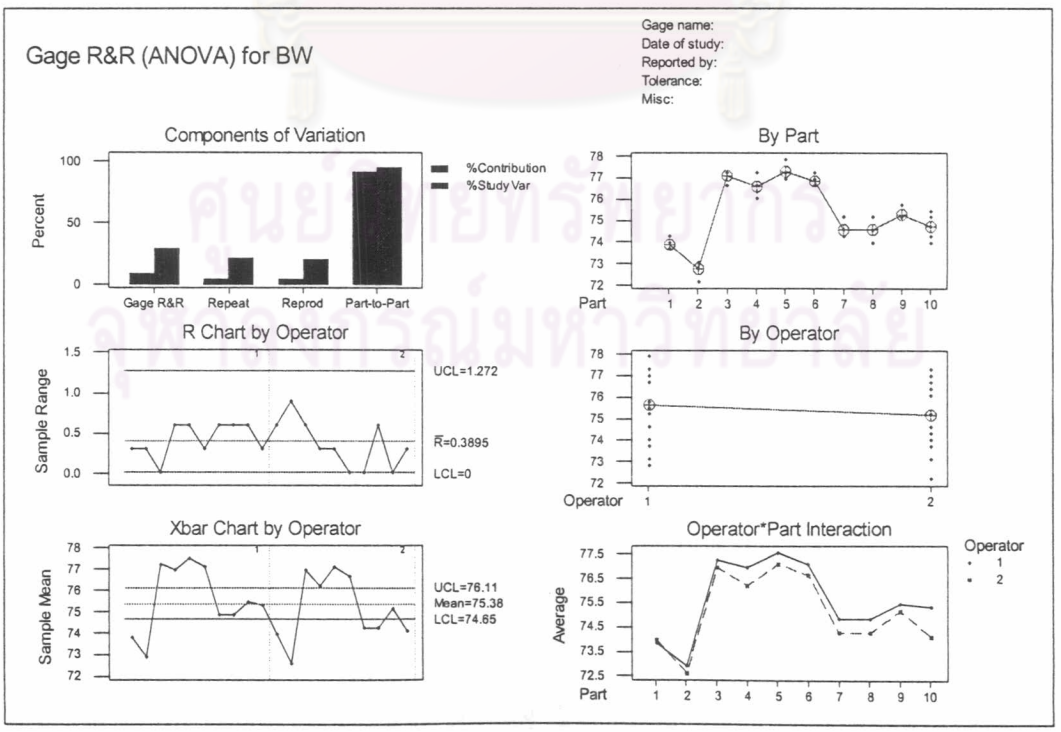
Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	85.4389	9.49322	84.2855	0.00000
Operator	1	2.2958	2.29585	20.3837	0.00010
Repeatability	29	3.2663	0.11263		
Total	39	91.0011			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Gage R&R Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.2218	8.64
Repeatability	0.1126	4.39
Reproducibility	0.1092	4.25
Operator	0.1092	4.25
Part-To-Part	2.3451	91.36
Total Variation	2.5669	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15*SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.47095	2.42538	29.39
Repeatability	0.33561	1.72837	20.95
Reproducibility	0.33039	1.70153	20.62
Operator	0.33039	1.70153	20.62
Part-To-Part	1.53139	7.88664	95.58
Total Variation	1.60217	8.25116	100.00

Number of Distinct Categories = 5

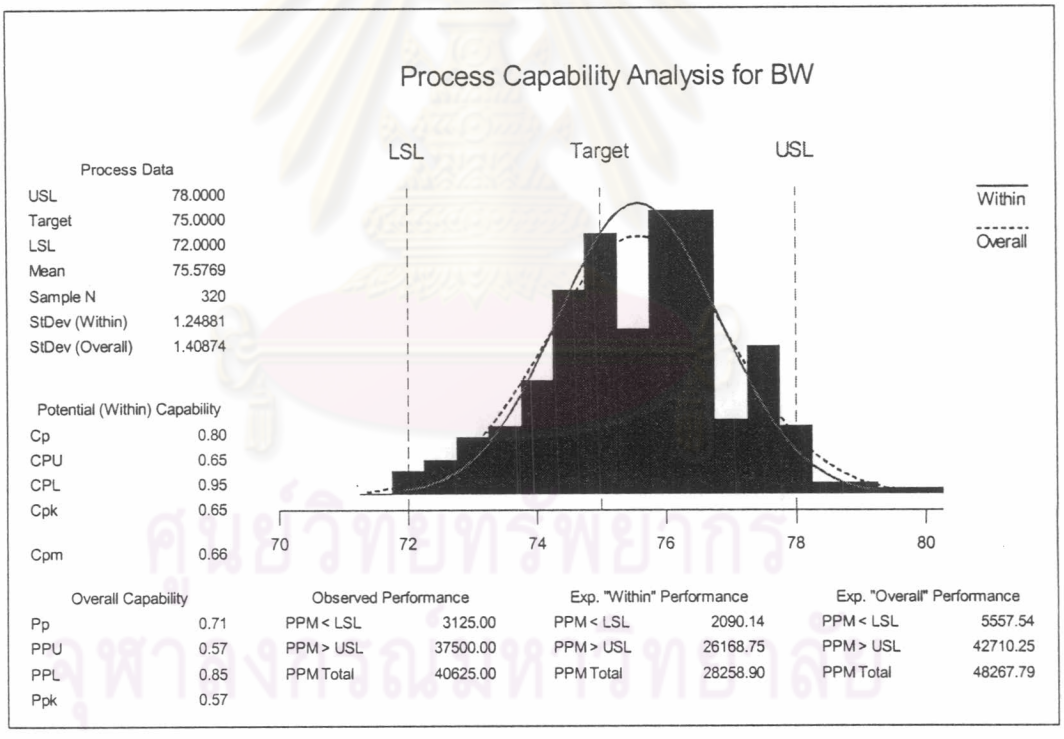


รูปที่ 4-2 แสดงกราฟผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ระบบการวัด (Gage R&R)

จากผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของการวัดน้ำหนักมาตรฐาน พบว่าค่า %Contribution ของ Total Gage R&R คือ 8.64% ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 10% และจากแผนภูมิ X bar Chart by Part แสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างกันมากสำหรับชิ้นงานแต่ละตัวที่นำมาทำการวัด และจากแผนภูมิ X bar Chart by Operator พบว่ามีมากกว่า 50% ของค่าเฉลี่ยที่อยู่นอกค่าควบคุม (Control Limit) แสดงว่าความแปรผันที่เกิดขึ้นเกิดจากความแตกต่างของชิ้นงาน และมีความแตกต่างกันน้อยมากสำหรับพนักงานที่ทำการวัด และจากแผนภูมิ Operator*Part Interaction แสดงให้เห็นว่าพนักงานที่ทำการวัดกับชิ้นงานที่วัดไม่มีผลกระทบซึ่งกันและกัน สรุปได้ว่าระบบการวัดน้ำหนักมาตรฐานนี้สามารถแยกความแตกต่างของค่าน้ำหนักมาตรฐานได้

4.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมและดัชนีสมรรถนะรวมของกระบวนการก่อนการปรับปรุง

จากการเก็บตัวอย่างกระดาษและทดสอบน้ำหนักมาตรฐานของตัวอย่างกระดาษก่อนการปรับปรุง ผลเป็นดัง ภาคผนวกตารางที่ 3 และ 4 ซึ่งนำมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนรวมและดัชนีสมรรถนะรวมของกระบวนการด้วยโปรแกรม MINITAB ได้ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 แสดงการวิเคราะห์ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 4-3 พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม (overall standard deviation) คือ 1.41 g/m^2 ซึ่งคิดเป็นความแปรปรวนรวมคือ 1.98 g/m^2 และดัชนีสมรรถนะรวมของกระบวนการ (overall process capability) คือ 0.71

4.5 การหาสาเหตุของความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษก่อนการปรับปรุง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของน้ำหนักมาตรฐานพบว่ายังมีค่าสูงมากและดัชนีสมรรถนะรวมของกระบวนการยังต่ำเกินไป ดังนั้นจึงต้องหาสาเหตุเพื่อทำการแก้ไขต่อไป

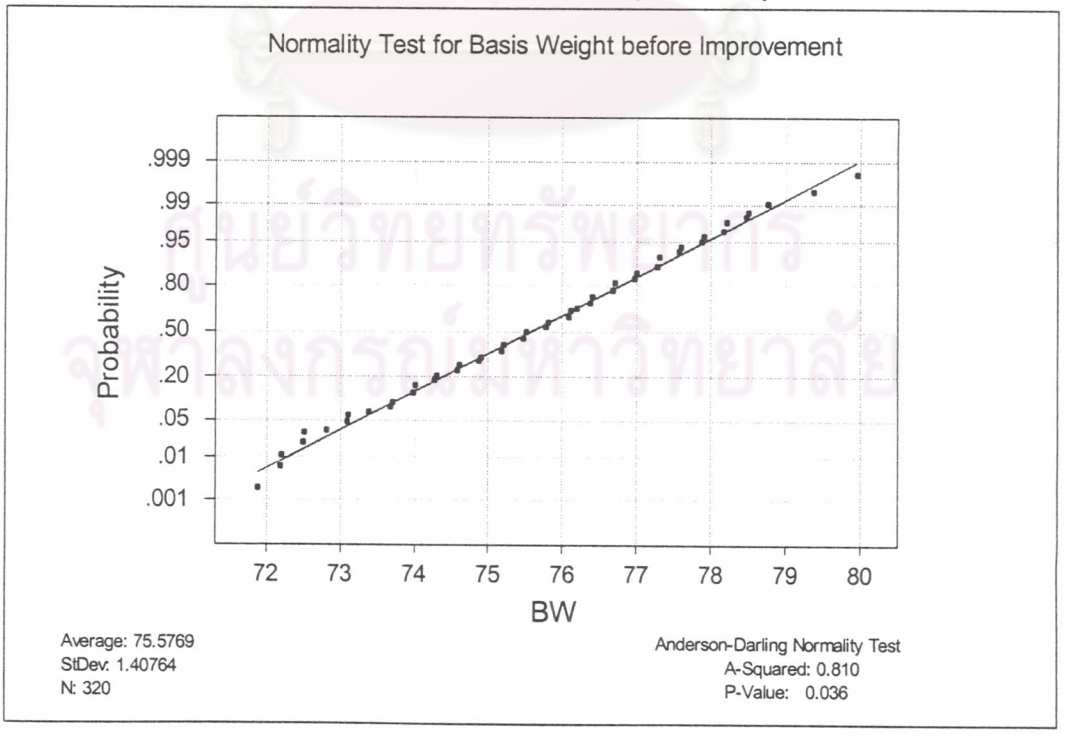
1. การหาสาเหตุว่าเกิดจากปัจจัยทางด้านแนวตามขวางเครื่องและหรือด้านแนวตามยาวเครื่อง

เนื่องจากความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษเกิดจากปัจจัย 2 ปัจจัยคือปัจจัยทางด้านแนวตามขวางเครื่อง และปัจจัยทางด้านแนวตามยาวเครื่อง ดังนั้นจึงต้องหาสาเหตุของความแปรปรวนว่าเกิดจากปัจจัยทางด้านแนวตามขวางเครื่อง และหรือปัจจัยทางด้านแนวตามยาวเครื่อง ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนเนื่องจากปัจจัย 2 ปัจจัย ซึ่งก่อนทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังกล่าวข้างต้น จำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบก่อน ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบที่ทำให้ทราบว่าข้อมูลจากการทดลองเป็นไปตามหลักการทางสถิติหรือไม่ โดยจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองว่า ความคลาดเคลื่อน (error) มีรูปแบบการกระจายแบบปกติ และเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งมีคุณสมบัติ 3 ประการที่ต้องตรวจสอบ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ดังนี้

1. การกระจายแบบปกติ (Normal Distribution)
2. ความเป็นอิสระ (Independent)
3. ความเสถียรของความแปรปรวน

. <u>การกระจายแบบปกติ (Normal Distribution)</u>

โดยกราฟแสดงการทดสอบการกระจายของข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4-4

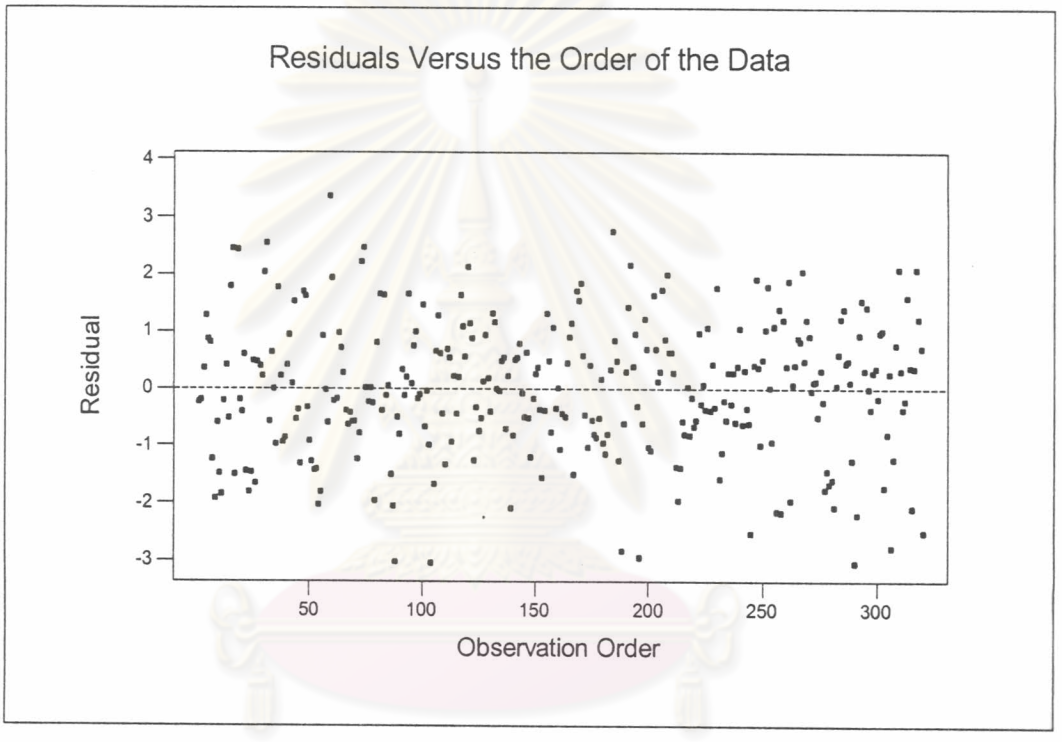


รูปที่ 4-4 กราฟแสดงการกระจายของ Basis Weight ก่อนการปรับปรุง

ในงานวิจัยนี้พิจารณาการกระจายตัวแบบปกติที่ ค่า α = 0.01 จากกราฟพบว่าความคลาดเคลื่อน (Residuals) มีการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งดูได้จากค่า P-value มากกว่า 0.01

ความเป็นอิสระ (Independent)

ในการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลจะพิจารณารูปแบบการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residuals) ที่ลำดับการทดสอบต่างๆ ซึ่งต้องมีการกระจายตัวแบบไม่เป็นรูปแบบ โดยรูปแสดงการกระจายตัวของความคลาดเคลื่อน (Residuals) แสดงดังรูปที่ 4-5

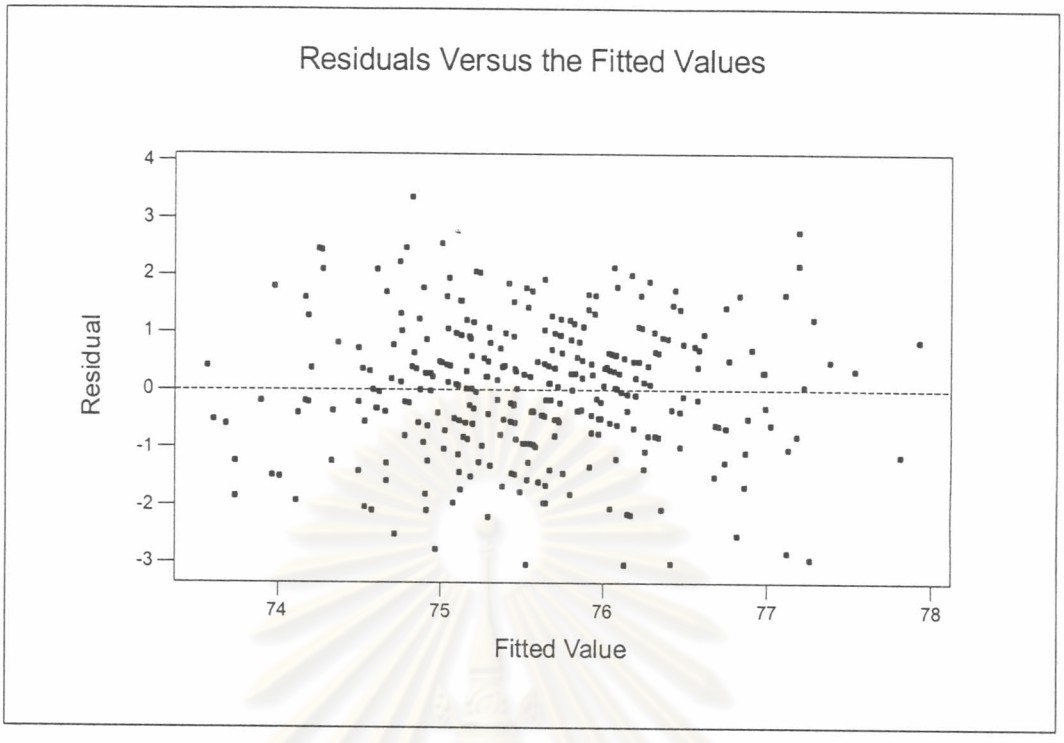


รูปที่ 4-5 กราฟแสดงรูปแบบการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) กับเวลาที่เก็บข้อมูล

จากกราฟรูปแบบการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residuals) กับเวลาที่เก็บข้อมูล พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นอิสระต่อกันไม่มีรูปแบบแน่นอน จึงแสดงว่าข้อมูลที่ได้มีอิสระต่อกัน

ความเสถียรของความแปรปรวน

เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวนหรือไม่ โดยกราฟแสดงความเสถียรของความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 4-6



รูปที่ 4-6 กราฟแสดงความเสถียรของความแปรปรวน

จากกราฟแสดงความเสถียรของความแปรปรวน พบว่าการกระจายของข้อมูลไม่มีรูปแบบ ดังนั้นสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

<u>การทดสอบการมีอันตรกิริยาของสองปัจจัยก่อนการปรับปรุง</u>

ในการทดลองไม่สามารถเก็บข้อมูลตัวอย่างซ้ำได้ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมสภาวะการผลิตให้คงที่เพื่อเก็บตัวอย่างซ้ำ ในการทดลองนี้จึงเป็นแบบ 1 เรพลิเคต ดังนั้นผลของอันตรกิริยาสองปัจจัยและความผิดพลาดเนื่องจากการทดลองจะไม่สามารถแยกออกจากกันได้ การทดสอบผลหลักจะทำได้ก็ต่อเมื่อผลของอันตรกิริยาไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งการทดสอบการมีอัตรกิริยาหรือไม่นั้นสามารถทดสอบด้วย Tukey's nonadditivity test (รายละเอียดการคำนวณดังภาคผนวก 6.) ซึ่งสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 40-2 Tukey's nonadditivity test ก่อนการปรับปรุง

Source	DF	SS	MS	F_0	P-value	F crit
CD	15	158.63	10.58	6.96	< 0.001	1.70
MD	19	40.56	2.14	1.41	0.122	1.62
Nonadditivity	1	0.855	0.855	0.563		3.84
Error	284	431.51	1.52			
Total	319	631.55				

จากผลการทดสอบพบว่า ค่า F_0 ของ Nonadditivity น้อยกว่า F crit แสดงว่าไม่ปรากฏหลักฐานว่ามีผลของอันตรกิริยา

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเนื่องจากปัจจัย 2 ปัจจัยก่อนการปรับปรุง

หลังจากนั้นจึงทดสอบสมมติฐานว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักมาตรฐานในแต่ละแนวของแนวตามขวางเครื่องและค่าเฉลี่ยน้ำหนักมาตรฐานในแต่ละแนวของแนวตามยาวเครื่องมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้ Two way ANOVA ในโปรแกรม MINITAB ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานก่อนการปรับปรุง

Source	DF	SS	MS	F	P
CD	15	158.63	10.58	6.97	<0.001
MD	19	40.56	2.13	1.41	0.122
Error	285	432.36	1.52		
Total	319	631.55			

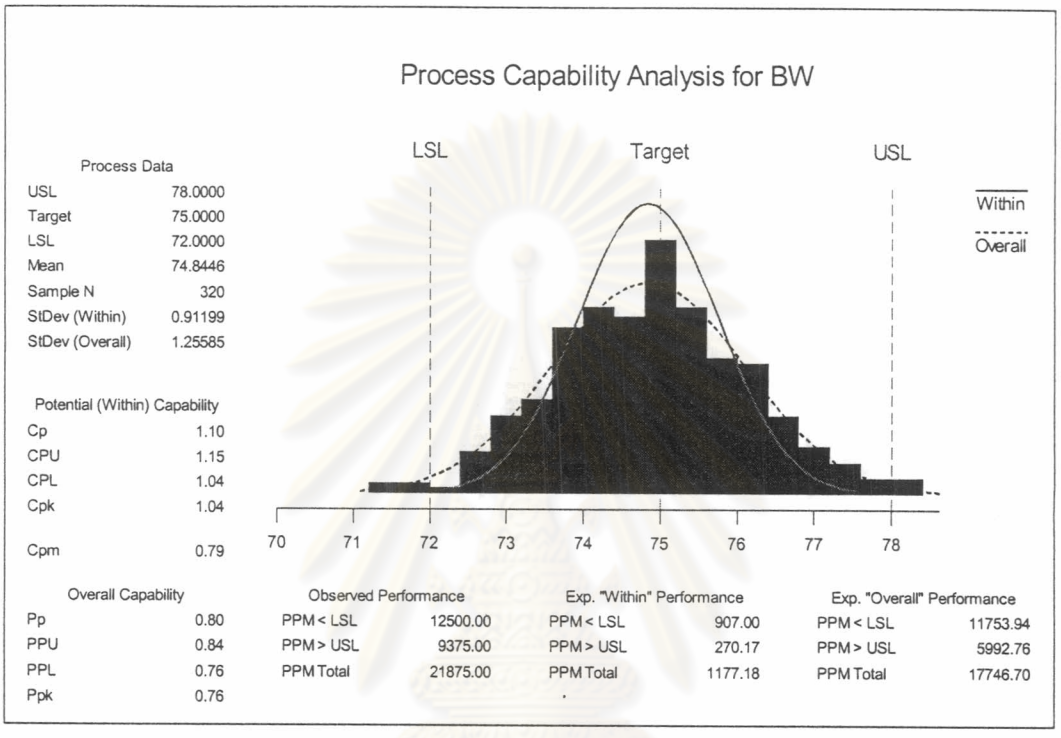
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ค่า P-value ของปัจจัยในแนวตามขวางเครื่องน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานในแต่ละแนวของแนวตามขวางเครื่องมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ค่า P-value ของปัจจัยในแนวตามยาวเครื่องมากกว่า 0.05 จึงไม่มีหลักฐานที่แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักมาตรฐานในแต่ละแนวตามยาวเครื่อง ซึ่งอาจเกิดจากความแปรปรวนที่เกิดจาก random error สูงมาก ดังนั้นเพื่อให้เห็นผลของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักมาตรฐานที่ชัดเจนขึ้น จึงต้องหาแนวทางในการลดความแปรปรวนอันเกิดจาก random error

การลดความแปรปรวนจาก random error

เนื่องจากมีการเพิ่มกำลังการผลิตกระดาษสูงขึ้นจึงต้องเพิ่มความเร็วของเครื่องจักรจาก 300 m/min เป็น 350 m/min และทำให้ต้องเพิ่มอัตราการไหลของน้ำเยื่อเข้าตัวปล่อยเยื่อ (Headbox) จาก 10,000 l/min เป็น 12,500 l/min ซึ่งสูงเกินข้อกำหนด (specification) ของเครื่อง ส่งผลให้การควบคุมการไหลของน้ำเยื่อจากตัวปล่อยเยื่อไม่สามารถควบคุมได้ตามปกติ อาจทำให้เกิดความแปรปรวนแบบ random สูง ดังนั้นจึงได้ทดลองลดอัตราการไหลของน้ำเยื่อเข้าตัวปล่อยเยื่อลงไม่ให้เกิน maximum Headbox flow คือ 10,000 l/min ซึ่งผลการทดลองเป็นดังภาคผนวกตารางที่ 5 และ 6

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมและดัชนีสมรรถนะรวมของกระบวนการหลังลด random error

หลังจากทดลองปรับลด Headbox Flow เหลือ 10,000 l/min สามารถวิเคราะห์หาความแปรปรวนรวมและดัชนีสมรรถนะรวมของกระบวนการด้วยโปรแกรม MINITAB ได้ดังรูปที่ 4-7



รูปที่ 4-7 แสดงการวิเคราะห์ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 4-7 พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม (overall standard deviation) คือ 1.26 g/m^2 ซึ่งคิดเป็นความแปรปรวนรวมคือ 1.59 g/m^2 และดัชนีสมรรถนะรวมของกระบวนการ (overall process capability) คือ 0.80

การหาสาเหตุของความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานหลังลด random error

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของน้ำหนักมาตรฐานพบว่ายังมีค่าสูงมาก และดัชนีสมรรถนะรวมของกระบวนการยังต่ำเกินไป ดังนั้นจึงต้องหาสาเหตุเพื่อทำการแก้ไขต่อไป

1. <u>การหาสาเหตุว่าเกิดจากปัจจัยทางด้านแนวตามขวางเครื่องและหรือด้านแนวตามยาวเครื่อง</u>

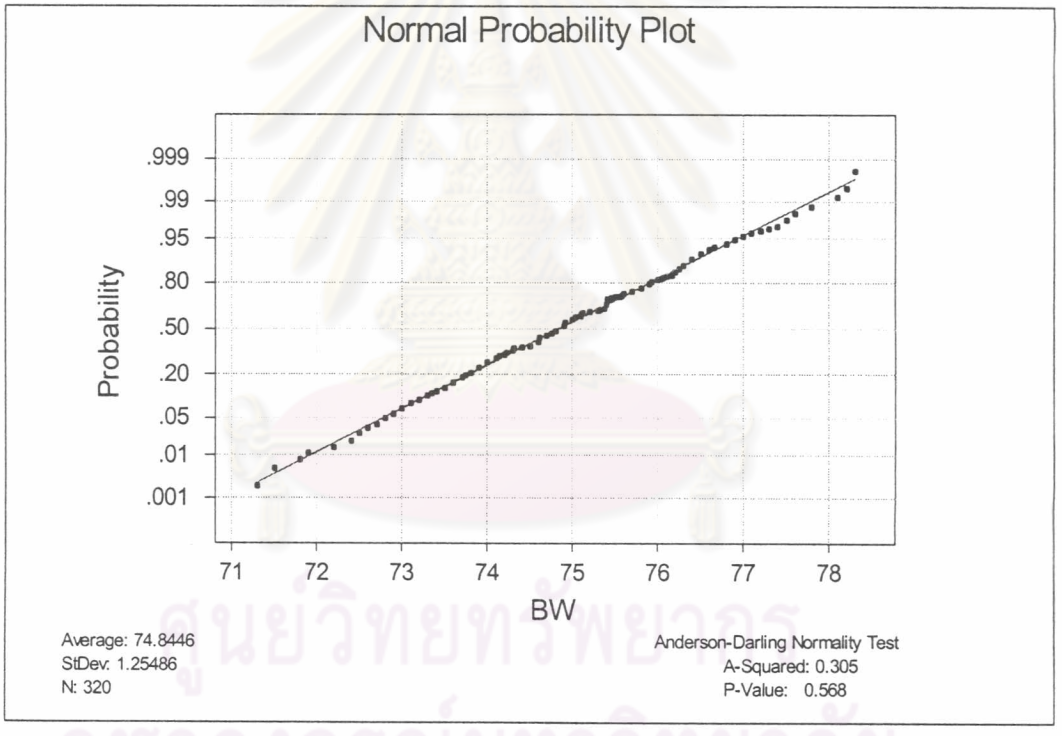
เนื่องจากความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษเกิดจากปัจจัย 2 ปัจจัยคือปัจจัยทางด้านแนวตามขวางเครื่อง และปัจจัยทางด้านแนวตามยาวเครื่อง ดังนั้นจึงต้องหาสาเหตุของความแปรปรวนว่าเกิดจากปัจจัยทางด้านแนวตามขวางเครื่อง และหรือปัจจัยทางด้านแนวตามยาวเครื่อง ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนเนื่องจากปัจจัย 2 ปัจจัย ซึ่งก่อนทำการวิเคราะห์ความ

แปรปรวนดังกล่าวข้างต้น จำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบก่อน ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบที่ทำให้ทราบว่าข้อมูลจากการทดลองเป็นไปตามหลักการทางสถิติหรือไม่ โดยจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองว่า ความคลาดเคลื่อน (error) มีรูปแบบการกระจายแบบปกติ และเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งมีคุณสมบัติ 3 ประการที่ต้องตรวจสอบ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ดังนี้

1. การกระจายแบบปกติ (Normal Distribution)
2. ความเป็นอิสระ (Independent)
3. ความเสถียรของความแปรปรวน

<u>การกระจายแบบปกติ (Normal Distribution)</u>

โดยกราฟแสดงการทดสอบการกระจายของข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4-8

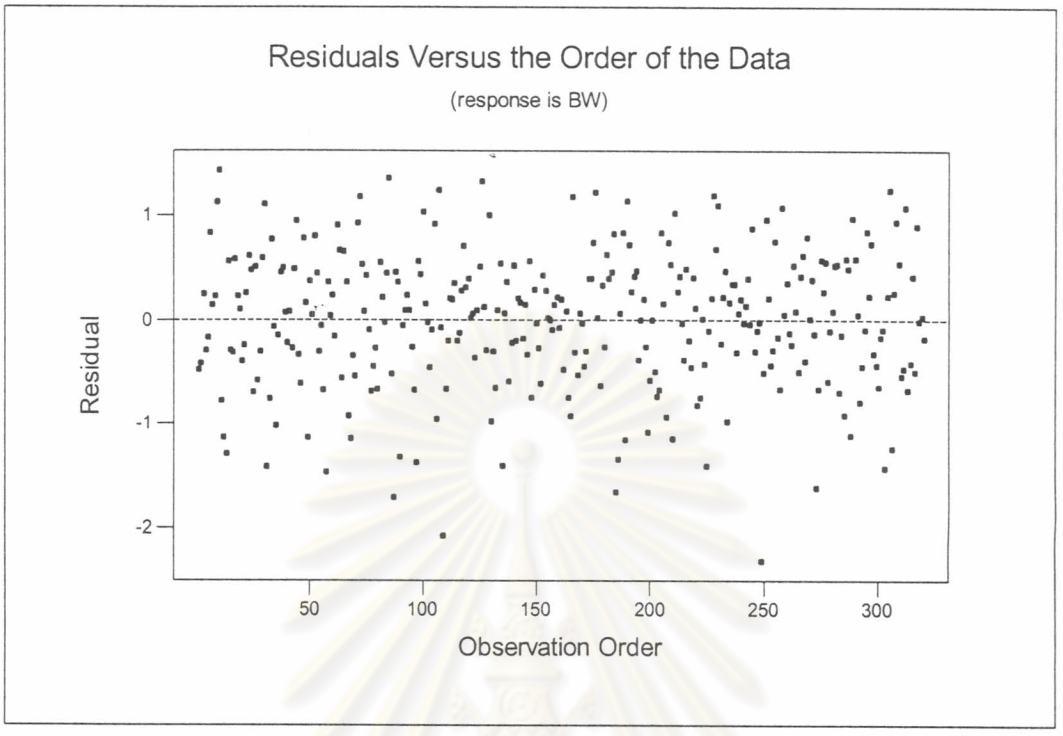


รูปที่ 4-8 กราฟแสดงการกระจายของ Basis Weight ก่อนการปรับปรุง

จากกราฟพบว่าความคลาดเคลื่อน (Residuals) มีการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งดูได้จากค่า P-value มากกว่า 0.05

<u>ความเป็นอิสระ (Independent)</u>

ในการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลจะพิจารณารูปแบบการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residuals) ที่ลำดับการทดสอบต่างๆ ซึ่งต้องมีการกระจายตัวแบบไม่เป็นรูปแบบ โดยรูปแสดงการกระจายตัวของความคลาดเคลื่อน (Residuals) แสดงดังรูปที่ 4-9



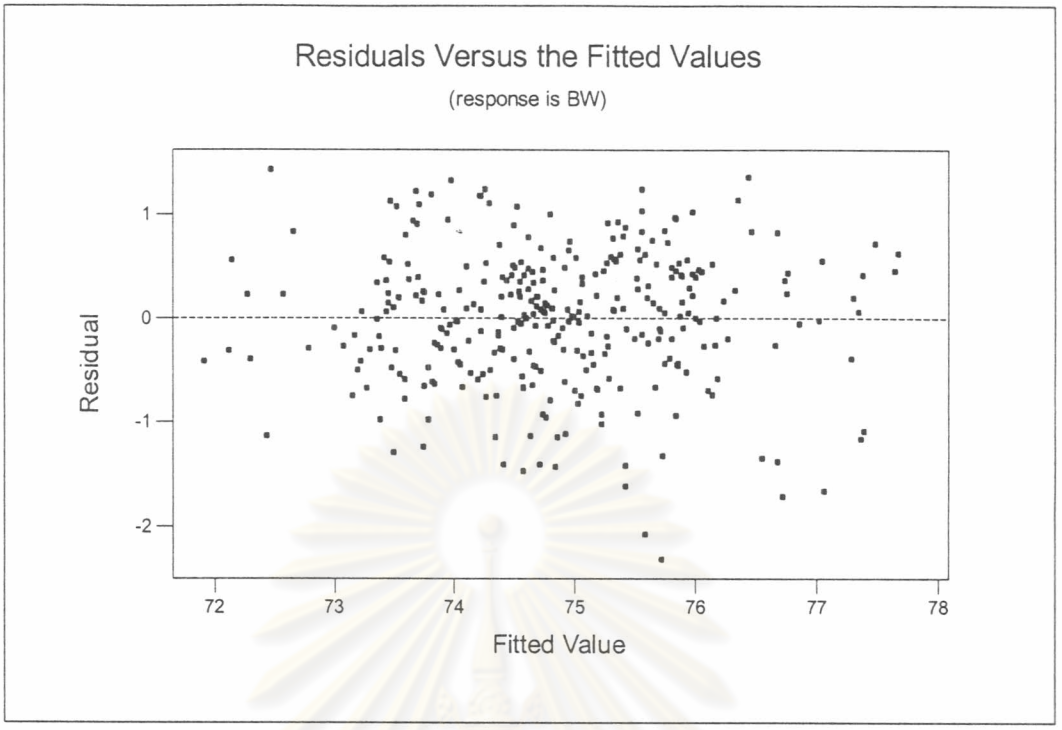
รูปที่ 4-9 กราฟแสดงรูปแบบการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) กับเวลาที่เก็บข้อมูล

จากกราฟรูปแบบการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อน (Residuals) กับเวลาที่เก็บข้อมูล พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นอิสระต่อกันไม่มีรูปแบบแน่นอน จึงแสดงว่าข้อมูลที่ได้มีอิสระต่อกัน (independent)

<u>ความเสถียรของความแปรปรวน</u>

เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวนหรือไม่ โดยกราฟแสดงความเสถียรของความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 4-10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-10 กราฟแสดงความเสถียรของความแปรปรวน

จากกราฟแสดงความเสถียรของความแปรปรวน พบว่าการกระจายของข้อมูลไม่มีรูปแบบ ดังนั้นสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

การทดสอบการมีอันตรกิริยาของสองหลังลด random error

ในการทดลองไม่สามารถเก็บข้อมูลตัวอย่างซ้ำได้ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมสภาวะการผลิตให้คงที่เพื่อเก็บตัวอย่างซ้ำ ในการทดลองนี้จึงเป็นแบบ 1 เรพลิเคต ดังนั้นผลของอันตรกิริยาสองปัจจัยและความผิดพลาดเนื่องจากการทดลองจะไม่สามารถแยกออกจากกันได้ การทดสอบผลหลักจะทำได้ก็ต่อเมื่อผลของอันตรกิริยาไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งการทดสอบการมีอันตรกิริยาหรือไม่นั้นสามารถทดสอบด้วย Tukey's nonadditivity test (รายละเอียดการคำนวณดังภาคผนวก 6.) ซึ่งสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 Tukey's nonadditivity test หลังลด random error

Source	DF	SS	MS	F_0	P-value	F crit
CD	15	249.9	16.66	35.27	< 0.001	1.70
MD	19	118.3	6.23	13.18	<0.001	1.62
Nonadditivity	1	0.004	0.004	0.009		3.84
Error	284	134.1	0.472			
Total	319	502.3				

จากผลการทดสอบพบว่า ค่า F_0 ของ Nonadditivity น้อยกว่า F crit แสดงว่าไม่ปรากฏหลักฐานว่ามีผลของอันตรกิริยา

<u>การวิเคราะห์ความแปรปรวนเนื่องจากปัจจัย 2 ปัจจัยหลังลด random error</u>

ความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากปัจจัยในแนวตามขวางเครื่อง (CD) และปัจจัยในแนวตามยาวเครื่อง (MD) โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ค่าเฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งของแนวตามขวางเครื่องมีความแตกต่างกันหรือไม่ และค่าเฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งของแนวตามยาวเครื่องมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยมีสมมติฐานหลักที่จะทดสอบดังนี้

H_0 : $\mu_{CD1} = \mu_{CD2} = \mu_{CD3} = \dots \mu_{CD16}$

H_1 : $\mu_{CDi} \neq \mu_{CDj}$ for at least one pair (i,j)

และ H_0 : $\mu_{MD1} = \mu_{MD2} = \mu_{MD3} = \dots \mu_{MD20}$

H_1 : $\mu_{MDi} \neq \mu_{MDj}$ for at least one pair (i,j)

โดยผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม MINITAB เป็นดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐาน

Source	DF	SS	MS	F	P
CD	15	249.90	16.66	35.4	<0.001
MD	19	118.29	6.23	13.23	<0.001
Error	285	134.14	0.47		
Total	319	502.32			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ค่า P-value ของปัจจัยในแนวตามขวางเครื่องและแนวตามยาวเครื่องน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานในแต่ละแนวตามขวางเครื่องมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานในแต่ละแนวตามยาวเครื่องมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลของปัจจัยทางด้านแนวตามขวางเครื่องมากกว่าปัจจัยทางด้านแนวตามยาวเครื่อง ซึ่งดูได้จากค่า $F_{CD} > F_{MD}$

2. ความแปรปรวนในแต่ละตำแหน่งของแนวตามขวางเครื่องมีความแตกต่างกันหรือไม่ และความแปรปรวนในแต่ละตำแหน่งของแนวตามยาวเครื่องมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยมีสมมติฐานหลักที่จะทดสอบ ดังนี้

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

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

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

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

การวิเคราะห์ใช้วิธี Bartlett's test ดังนี้

$\chi^2_0 = 2.3026\ q/c$

เมื่อ $q = (N-a).\log(S^2_p) - \sum (n_i-1).\log(S^2_i)$

$c = 1+[1/3(a-1)].[\sum (n_i-1)^{-1} - (N-a)^{-1}]$

$S^2_p = \sum (n_i-1)S^2_i / (N-a)$

ถ้า $\chi^2_0 > \chi^2_{\alpha, a-1}$ แสดงว่าความแปรปรวนในแต่ละตำแหน่งมีความแตกต่างกัน

2.1 ความแปรปรวนในแต่ละตำแหน่งของแนวตามขวางเครื่อง (CD)มีความแตกต่างกันหรือไม่

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

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

โดย $\chi^2_0 = 1.97$

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

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

2.2 ความแปรปรวนในแต่ละตำแหน่งของแนวตามยาวเครื่อง (MD) มีความแตกต่างกันหรือไม่

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

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

โดย $\chi^2_0 = 7.07$

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

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

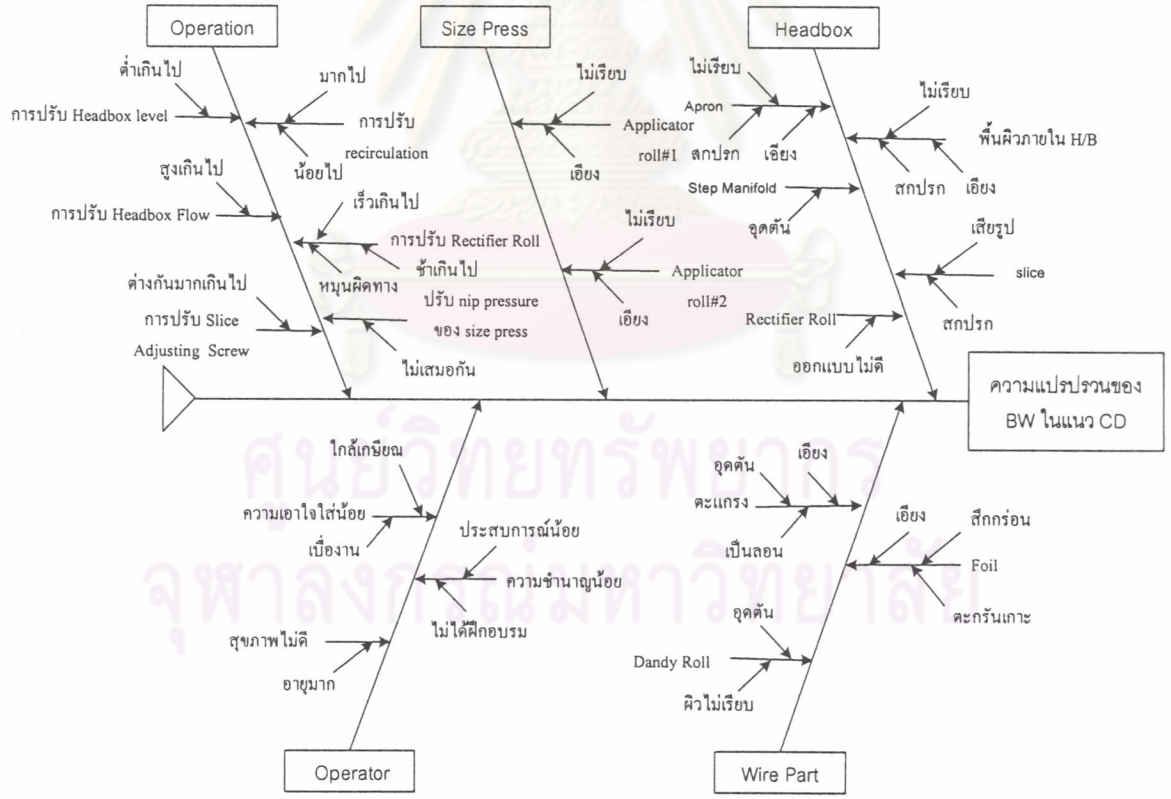
2. การวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความแปรปรวนในแนวตามยาวเครื่อง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามยาวเครื่อง ซึ่งสามารถหาสาเหตุของความแปรปรวนในแนวตามยาวเครื่องได้โดยการตรวจวัดความดันน้ำเยื่อก่อนเข้าตัวปล่อยเยื่อ โดยสัญญาณความถี่ของความดันที่ผิดปกตินี้จะเป็นความถี่ที่ตรงกับความถี่ของแหล่งกำเนิดของความแปรปรวนน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามยาวเครื่อง ทั้งนี้เนื่องจากความดันของน้ำเยื่อก่อนเข้าตัวปล่อยเยื่อที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงผิดปกตินี้ จะทำให้อัตราการไหลของน้ำเยื่อที่ออกจากตัวปล่อยเยื่อมีการเปลี่ยนแปลงตาม ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษในแนวตามยาวเครื่อง ดังนั้นจึงสามารถหาสาเหตุของความแปรปรวนน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามยาวเครื่องจากการตรวจสอบสัญญาณความถี่ที่เกิดจากความดันสูงนี้กับ ความเร็วรอบของการหมุนของอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต (rotational frequency)

จากการวัดความดันของน้ำเยื่อที่ท่อก่อนเข้าตัวปล่อยเยื่อ (Headbox) พบความดันของน้ำเยื่อสูงที่ความถี่ 16.4 Hz ซึ่งสามารถหาสาเหตุได้จากการตรวจเช็คความถี่นี้กับความเร็วรอบของการหมุนของอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต เพื่อหาว่าตรงกับความถี่ของอุปกรณ์ตัวใด ซึ่งพบว่าตรงกับ ความเร็วรอบของการหมุนของ Fan Pump คือ 984 rpm หรือ 16.4 Hz แสดงว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความแปรปรวนในแนวตามยาวเครื่องอาจเกิดมาจาก Fan Pump

3. การวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความแปรปรวนในแนวตามขวางเครื่อง

ในการหาสาเหตุของความแปรปรวนในแนวตามขวางเครื่อง ต้องตรวจสอบจากสภาพความบกพร่องของอุปกรณ์ต่างๆ การปรับสภาวะการผลิตตั้งแต่น้ำเยื่อเกิดการไหลแพร่กระจายตลอดหน้ากว้าง เข้าสู่ตัวปล่อยเยื่อ (Headbox) จนกระทั่งถึงกระดาษเข้าม้วน ตลอดจนพนักงานควบคุมการผลิต ซึ่งในการวิเคราะห์หาสาเหตุนี้จะใช้ผังแสดงเหตุและผลหรือผังก้างปลา โดยการระดมสมองจากทีมงานที่มีประสบการณ์ในการผลิตกระดาษ ประกอบด้วย หัวหน้าแผนก วิศวกร หัวหน้าหมวด และหัวหน้างาน ซึ่งสามารถหาสาเหตุและปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานในแนว CD ได้ดังรูปที่ 4-11



รูปที่ 4-11 แผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามขวางเครื่อง

จากผังก้างปลาสามารถนำปัจจัยที่มีผลต่างๆมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สาเหตุและผลดังแสดงในตารางที่ 4-6 โดยกำหนดให้อัตราส่วนความสำคัญที่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามขวางเครื่องมีค่า 0 – 10 โดยที่

0 = ไม่มีผลต่อความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐาน

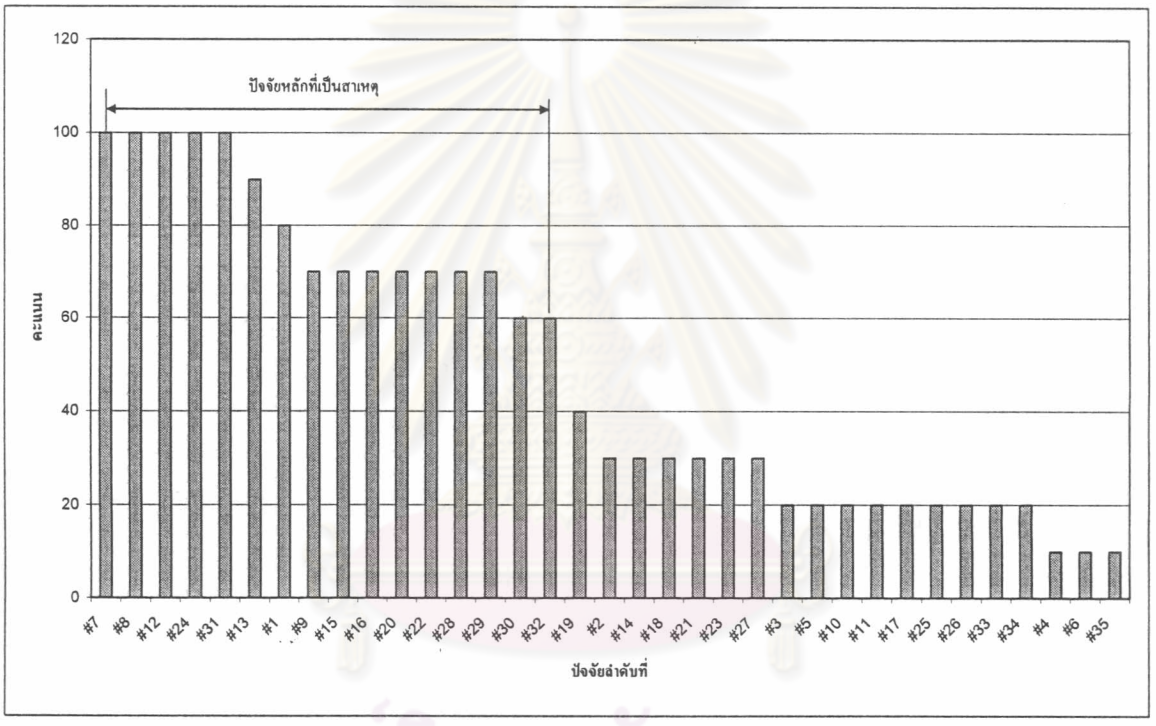
10 = มีผลต่อความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานอย่างยิ่ง

ตารางที่ 4-6 แสดงความสัมพันธ์สาเหตุและผล

ลำดับที่	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	คะแนน
1	Headbox	Step Manifold อุดตัน	80
2		พันผ้า Headbox ไม่เรียบ	30
3		พันผ้า Headbox เอียง	20
4		พันผ้า Headbox สกปรก	10
5		Rectifier roll เบี้ยว	20
6		Rectifier roll ออกแบบไม่ดี	10
7		Top Slice เสียรูป	100
8		Top Slice สกปรก	100
9		Apron ไม่เรียบ	70
10		Apron เอียง	20
11		Apron สกปรก	20
12	Wire Part	ตะแกรงอุดตัน	100
13		ตะแกรงเป็นลอน	90
14		ตะแกรงระดับเอียง	30
15		Foil สึก	70
16		Foil มีตะกรันเกาะ	70
17		Foil ระดับเอียง	20
18		Dandy Roll ผ้าอุดตัน	30
19		Dandy Roll ผ้าไม่เรียบ	40
20	Size Press	Applicator roll no.1 ผ้าไม่เรียบ	70
21		Applicator roll no.1 ระดับเอียง	30
22		Applicator roll no.2 ผ้าไม่เรียบ	70
23		Applicator roll no.2 ระดับเอียง	30
24	Operation	ปรับ Headbox Flow สูงเกินไป	100
25		ปรับ Recerculation มากเกินไป	20
26		ปรับ Recerculation น้อยเกินไป	20
27		ปรับ Headbox Level ต่ำเกินไป	30
28		ปรับ Rectifier roll speed เร็วเกินไป	70
29		ปรับ Rectifier roll speed ช้าเกินไป	70
30		ปรับ Rectifier roll หมุนผิดทาง	60
31		ปรับ Slice Adjusting Screw ต่างกันเกินไป	100
32		ปรับ nip pressure ที่ Size Press ไม่เสมอกัน	60
33	Operator	พนักงานขาดความชำนาญ	20
34		พนักงานมีความเอาใจใส่น้อย	20
35		พนักงานมีสุขภาพไม่ดี	10
รวม			1710

จากเกณฑ์คะแนนได้ให้ทีมงานให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐาน โดยให้ทีมงานแต่ละคนให้คะแนนในกระดาษ แล้วนำคะแนนที่ได้จากแต่ละคนในทีมงานมาทำการโวต แล้วเลือกคะแนนที่มีทีมงานโวตมากที่สุด หรือถ้ามีการโวตแล้วมีคะแนนเท่ากัน ทีมงานก็จะมีการประชุมเพื่อหาข้อสรุปว่าควรจะใช้คะแนนเป็นเท่าใดจึงจะเหมาะสมที่สุด เหตุที่ต้องทำการให้คะแนนแบบนี้ ก็เนื่องมาจากต้องการลดอคติที่อาจจะเกิดขึ้นในทีมงาน เช่น ความเกรงใจเนื่องจากความอาวุโส เป็นต้น แล้วนำคะแนนที่ได้สำหรับแต่ละปัจจัยมาคูณด้วยค่าคงที่ที่กำหนดไว้ ในที่นี้คือ 10

จากความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลในตารางที่ 4-6 เมื่อนำการให้คะแนนมาใช้ผังพาเรโต้ดังแสดงในรูปที่ 4-12 จะทำให้สามารถคัดเลือกเฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานจริงๆ



รูปที่ 4-12 แผนผังพาเรโต้แสดงปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐาน

จากผลการให้คะแนนความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐาน โดยสมาชิกในกลุ่ม พบว่าคะแนนรวมทั้งหมดของปัจจัยมีค่าเท่ากับ 1710 คะแนน และทำการเลือกปัจจัยตามลำดับคะแนนที่ได้จัดเรียงไว้ในแผนภูมิพาเรโต โดยปัจจัยที่เลือกไว้มีดังต่อไปนี้

1. Top Slice เสียรูป (100)
2. Top Slice สกปรก (100)
3. ตะแกรงอุดตัน (100)
4. ปรับ Headbox Flow สูงเกินไป (100)
5. ปรับ Slice Adjusting Screw ต่างกัน (100)
6. ตะแกรงเป็นลอน (90)

7. Step Manifold อุดตัน (80)
8. Apron ไม่เรียบ (70)
9. Foil สึก (70)
10. Foil มีตะกรันเกาะ (70)
11. Applicator roll no.1 ของ Size Press ผิวไม่เรียบ (70)
12. Applicator roll no.2 ของ Size Press ผิวไม่เรียบ (70)
13. ปรับ Rectifier Roll Speed เร็วเกินไป (70)
14. ปรับ Rectifier Roll Speed ช้าเกินไป (70)
15. ปรับ Rectifier Roll หมุนผิดทาง (60)
16. ปรับ Nip Pressure ที่ Size Press ไม่เสมอกัน (60)

ผลรวมของคะแนนความสำคัญของปัจจัยทั้งหมดที่ได้เลือกไว้นี้ มีค่าเท่ากับ 1280 คะแนน ซึ่งเป็นสัดส่วน 75% ของคะแนนรวม

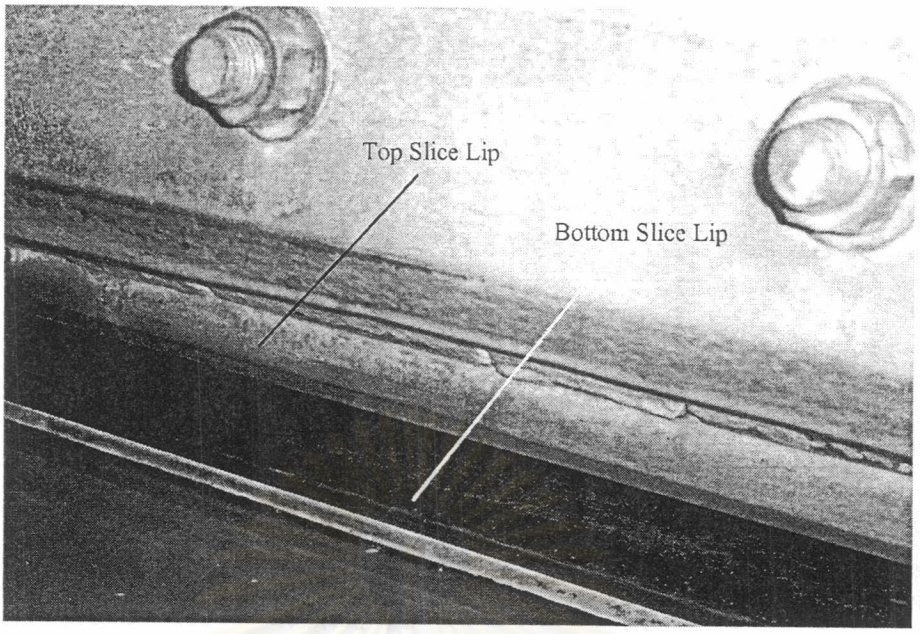
<u>การตรวจสอบปัจจัยหลักที่อาจเป็นสาเหตุของความแปรปรวนในแนวตามขวางเครื่อง</u>

เมื่อหาปัจจัยหลักที่อาจเป็นสาเหตุของความแปรปรวนในแนวตามขวางเครื่องได้แล้ว เราจะทำการตรวจสอบสภาพข้อบกพร่องต่างๆ ของปัจจัยหลักนี้ทุกปัจจัย เพื่อต้องการนำปัจจัยที่เกิดข้อบกพร่องขึ้นจริงไปทดสอบผลกระทบต่อความแปรปรวนในแนวตามขวางเครื่อง และเพื่อป้องกันไม่ให้ตัดปัจจัยที่เกิดข้อบกพร่องที่อาจมีผลกระทบออกไป โดยผลการตรวจสอบแต่ละปัจจัยเป็นดังนี้

1. Top Slice เสียรูป

น้ำเยื่อจะไหลออกจากตัวปล่อยเยื่อออกทางปาก slice ซึ่งประกอบด้วย Top Slice และ Bottom Slice ดังรูปที่ 4-13 ลงสู่ตะแกรง ความกว้างของปาก Slice จะถูกกำหนดโดยการปรับยก Top Slice Lip สูงขึ้นจาก Bottom Slice Lip หาก Top Slice เกิดการเสียรูปหรือบิดเบี้ยวอาจทำให้น้ำเยื่อที่ออกจากตำแหน่งดังกล่าวต่างจากบริเวณอื่น และอาจส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานตำแหน่งที่ Top Slice เสียรูปต่างจากบริเวณอื่นที่ปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



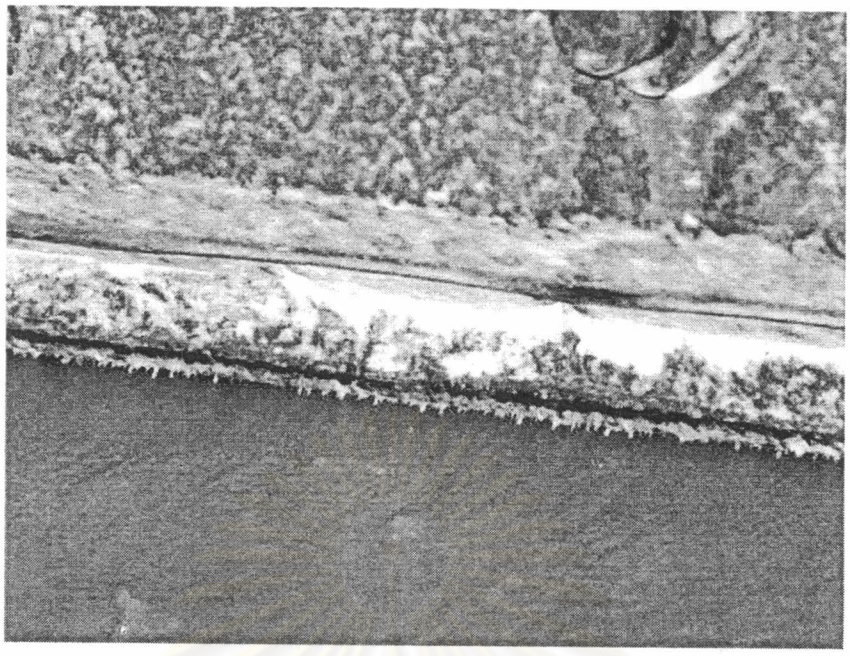
รูปที่ 4-13 แสดงการเปิดปาก Slice

จากการตรวจสอบสภาพ top slice พบว่าตำแหน่งที่ 5 และ 10 ไม่สามารถปรับ slice adjusting screw ได้ แสดงว่า top slice lip ตำแหน่งที่ 5 และ 10 มีการเสียรูปหรือบิดตัวไปแล้ว ซึ่งสาเหตุเกิดจากการปรับ slice adjusting screw ในตำแหน่งที่อยู่ติดกันต่างกันมากเกินไป จนทำให้ top slice ตำแหน่งที่ 5 และ 10 เกิดการบิดตัวและเสียรูปจนไม่สามารถปรับกลับเหมือนเดิมได้ อาจทำให้ตำแหน่งดังกล่าวปล่อยน้ำเยื่อออกมาต่างจากตำแหน่งที่ปกติ และอาจส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานแตกต่างจากบริเวณปกติ

2. Top Slice สกปรก

เมื่อมีการผลิตกระดาษเป็นระยะเวลานาน จะมีการสะสมของเยื่อติดบริเวณ top slice ดังรูปที่ 4-14 อาจทำให้บริเวณดังกล่าวมีน้ำเยื่อออกมาน้อยกว่าปกติ และอาจส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานบริเวณดังกล่าวต่ำกว่าบริเวณอื่น ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่ามีการสะสมของเยื่อติดบริเวณ top slice บริเวณตำแหน่งที่ 1, 3, 7, 8, 11, 12, 14, 15 และ 16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-14 Top Slice สกปรกมีเยื่อสะสม

3. ตะแกรงอุดตัน

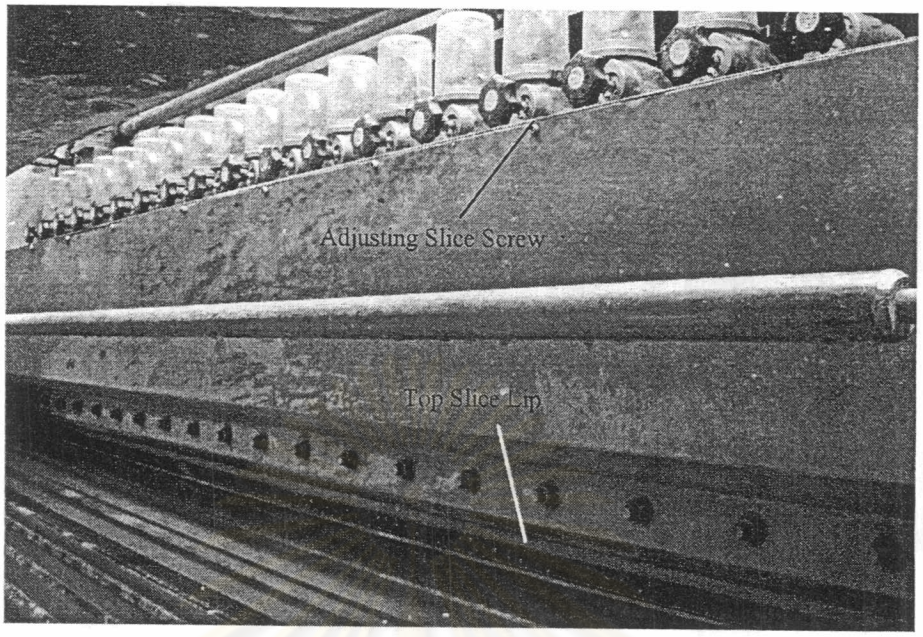
ตะแกรงบริเวณที่มีการอุดตันจะทำให้น้ำเยื่อบริเวณนั้นมีการไหลรอดตะแกรงได้น้อยลง และจะไหลออกไปยังบริเวณด้านข้าง ทำให้เยื่อบริเวณที่ตะแกรงอุดตันมีน้อยลง และอาจส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานต่ำกว่าบริเวณที่ตะแกรงไม่อุดตัน ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่าตะแกรงมีการอุดตันบริเวณตำแหน่งที่ 1, 5, 11, 12 และ 14

4. ปรับ Headbox Flow สูงเกินไป

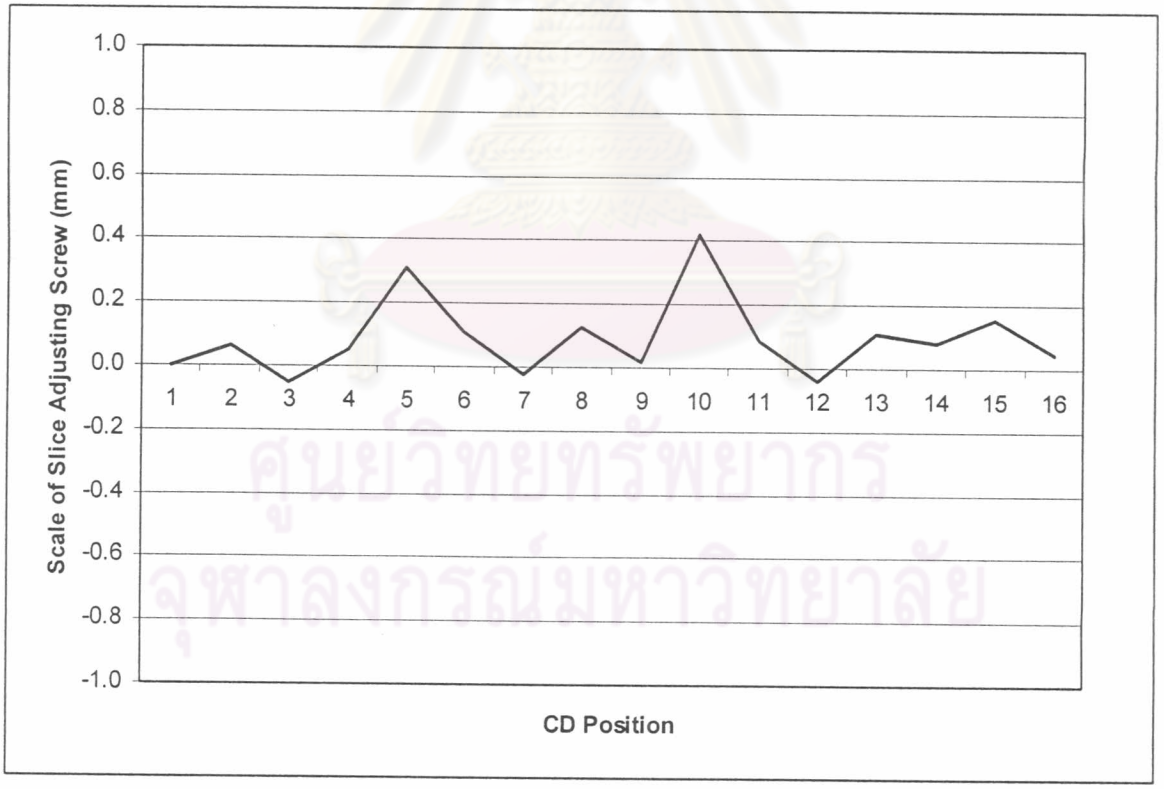
เนื่องจากปัจจุบันมีการกำลังการผลิตมากขึ้นทำให้ต้องเพิ่มความเร็วเครื่องจักรจาก 300 m/min เป็น 350 m/min และต้องใช้ Headbox flow สูงขึ้นเป็น 12,500 l/min ซึ่งเกินข้อกำหนดของเครื่องจักร (specification) ซึ่งอยู่ที่ 10,000 l/min อาจทำให้ตัวปล่อยเยื่อ (Headbox) ไม่สามารถควบคุมการปล่อยเยื่อให้มีเสถียรภาพได้ อาจส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามขวางเครื่องแตกต่างกัน

5. ปรับ Slice Adjusting Screw แตกต่างกันมากเกินไป

การปรับ slice adjusting screw จะเป็นตัวปรับ top slice lip ในแต่ละตำแหน่งให้เปิดมากน้อยแตกต่างกันได้ ดังรูปที่ 4-15 แต่หากปรับ slice adjusting screw แต่ละตำแหน่งแตกต่างกันมาก จะทำให้น้ำเยื่อออกมาแตกต่างกัน และอาจส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกัน ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่าการปรับ slice adjusting screw แต่ละตำแหน่งมีความแตกต่างกันดังรูปที่ 4-16



รูปที่ 4-15 แสดงการปรับ Top Slice Lip โดยการปรับ Adjusting Screw



รูปที่ 4-16 แสดงค่า Scale ของ Slice Adjusting Screw

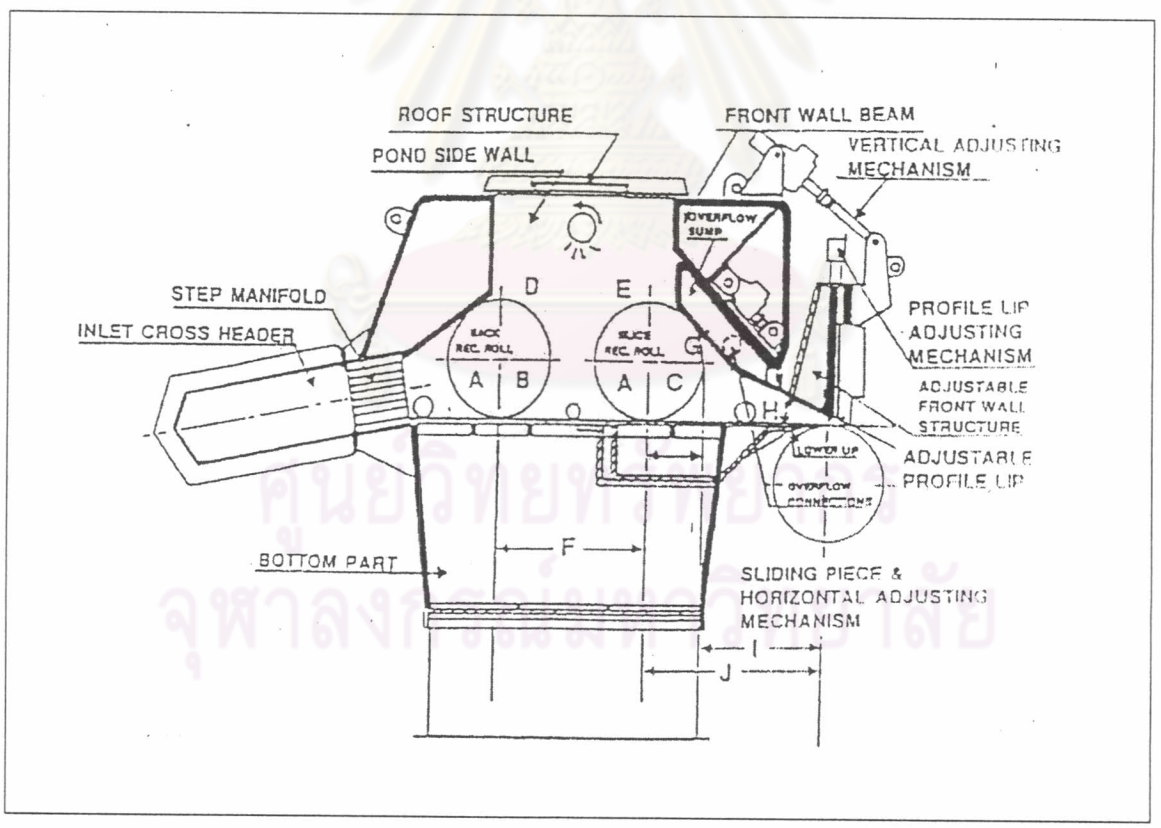
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. ตะแกรงเป็นลอน

ตะแกรงบริเวณที่เป็นลอนจะทำให้น้ำเยื่อบริเวณนั้นไหลออกไปยังบริเวณด้านข้าง อาจทำให้เยื่อบริเวณที่เป็นลอนมีน้อยลง และอาจส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานต่ำกว่าบริเวณที่ตะแกรงไม่เป็นลอน ซึ่งจากการตรวจสอบตะแกรงพบว่าตะแกรงบริเวณตำแหน่งที่ 3, 7, และ 16 มีลักษณะตะแกรงเป็นลอนนูนยาวตามแนวตามยาวเครื่อง

7. Step Manifold อุดตัน

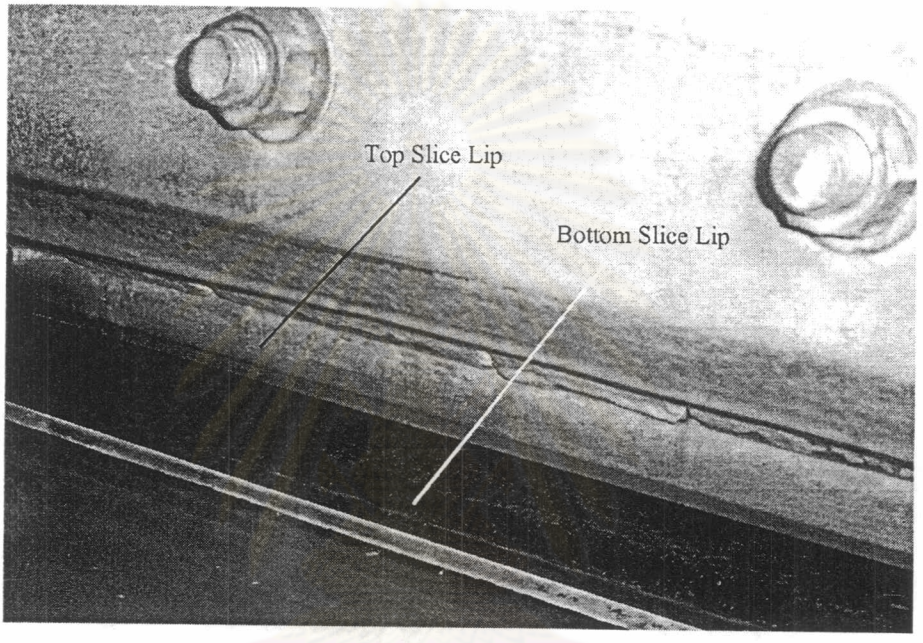
น้ำเยื่อไหลเข้าสู่ตัวปล่อยเยื่อ (Headbox) ผ่าน Step Manifold เป็นตำแหน่งแรกดังรูปที่ 4-17 และที่ตำแหน่งนี้มีโอกาสที่จะทำให้เกิดความแปรปรวนของน้ำหนักกระดาษในแนวตามขวางเครื่องเนื่องจากการอุดตันภายในท่อของ Step Manifold อาจทำให้บริเวณนั้นน้ำเยื่อไหลน้อย และอาจส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานบริเวณนั้นต่ำกว่าบริเวณอื่น แต่จากการตรวจเช็คการอุดตันของ Step Manifold พบว่าไม่มีการอุดตันภายในท่อ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทดสอบสมมติฐานนี้ เนื่องจากไม่พบความผิดปกติ



รูปที่ 4-17 แสดงส่วนประกอบของตัวปล่อยเยื่อ (Headbox)

8. Apron ไม่เรียบ

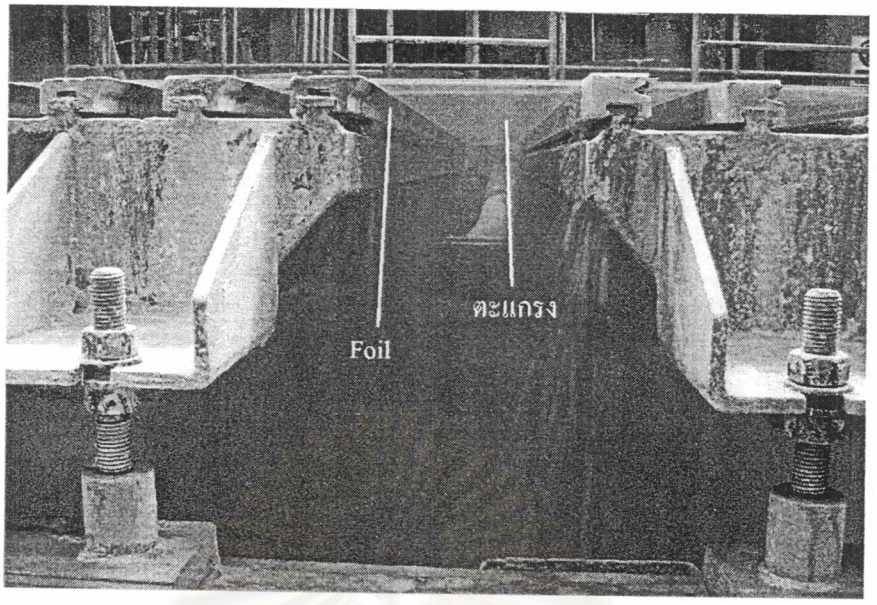
Apron หรือ Bottom slice lip เป็นส่วนหนึ่งของปาก slice ซึ่งเป็นทางออกของน้ำเยื่อดังรูปที่ 4-18 ถ้า apron ไม่เรียบจะทำให้ช่องทางปล่อยเยื่อ (slice opening) ไม่เท่ากัน และอาจทำให้น้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกัน แต่เนื่องจากในการตรวจสอบความเรียบต้องใช้เครื่องมือวัดพิเศษ ซึ่งต้องว่าจ้างผู้เชี่ยวชาญมาทำการตรวจวัด และต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงจึงได้ละปัจจัยนี้ไว้พิจารณาหลังการแก้ไขปัจจัยอื่นแล้ว



รูปที่ 4-18 แสดงรูป Apron หรือ Bottom slice lip

9. Foil สึก

ขณะที่ตะแกรงเคลื่อนที่จะเกิดแรงเฉือน (shear force) ระหว่างตะแกรงและ foil ทำให้น้ำในน้ำเยื่อไหลผ่านตะแกรง ดังรูปที่ 4-19 การที่ Foil สึก จะทำให้มีการปาดน้ำออกต่างจากบริเวณอื่น และอาจส่งผลให้บริเวณนั้นมีน้ำหนักมาตรฐานต่างจากบริเวณอื่น เนื่องจากได้มีการเปลี่ยน Foil ใหม่ไปแล้วและจากการตรวจสอบสภาพของ Foil ทั้งหมดในช่วง Wire Part พบว่าสภาพ Foil ยังคงปกติ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทดสอบสมมติฐานนี้ เนื่องจากไม่พบความผิดปกติ



รูปที่ 4-19 แสดงการปาดน้ำออกจากน้ำเยื่อของ Foil

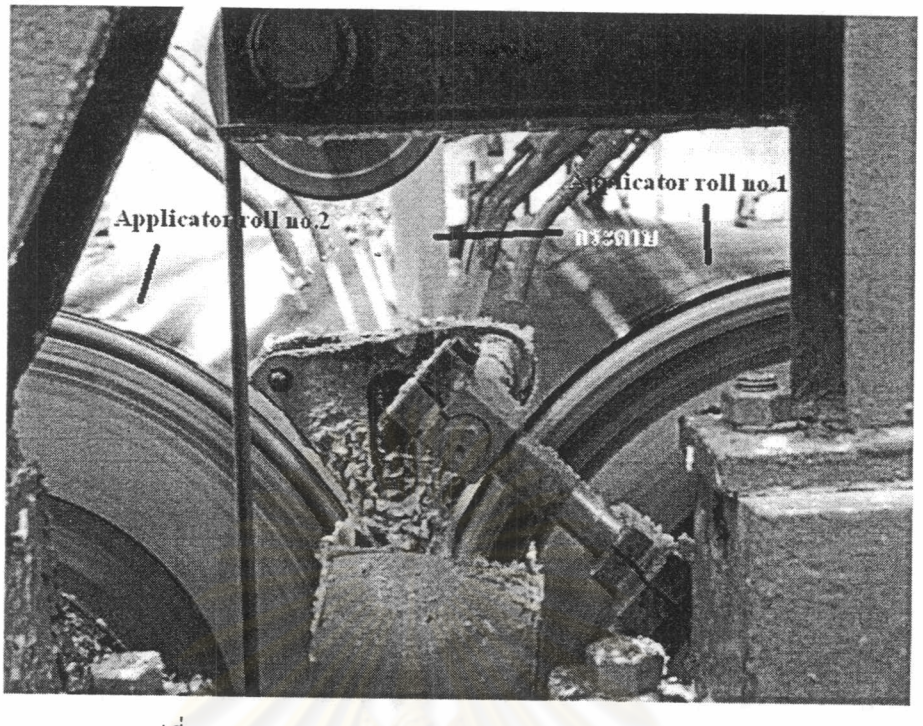
10. Foil มีตะกรันเกาะ

การที่ Foil มีตะกรันเกาะ จะทำให้มีการปาดน้ำออกต่างจากบริเวณอื่น และอาจส่งผลให้บริเวณนั้นมีน้ำหนักมาตรฐานต่างจากบริเวณอื่น ดังนั้นจึงได้มีการตรวจสอบสภาพของ Foil ทั้งหมดในช่วง Wire Part ซึ่งพบว่าสภาพ Foil ปกติ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทดสอบสมมติฐานนี้ เนื่องจากไม่พบความผิดปกติ

11. Applicator roll no.1 ของ Size Press ผิวไม่เรียบ

Size press มีหน้าที่เคลือบแป้งบนผิวกระดาษ โดยกระดาษจะผ่านระหว่าง Applicatior roll 2 ลูกที่กดติดกันดังรูปที่ 4-20 ซึ่งถ้ามี Applicator roll ลูกใดลูกหนึ่งผิวไม่เรียบ อาจทำให้การเคลือบแป้งบนผิวกระดาษแตกต่างจากบริเวณอื่น อาจส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกัน จากการตรวจสอบสภาพผิวลูก Applicator roll no.1 พบว่าผิวตำแหน่งที่ 2, 4, 13 และ 15 มีรอยสึก ในขณะที่สภาพผิวลูก Applicator roll no.2 อยู่ในสภาพปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-20 แสดงภาพ Applicator roll no.1&2 ของ size press

12. ปรับ Rectifier Roll Speed

Rectifier Roll ทำหน้าที่ตีให้เยื่อเกิดการกระจายตัว ถ้า Rectifier roll speed หมุนไม่เหมาะสม อาจทำให้การกระจายของเยื่อตลอดหน้ากว้างไม่เท่ากัน และอาจส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานตลอดหน้ากว้างแตกต่างกัน โดยปกติจะหมุนที่ speed 10-12 rpm

13. ปรับ Rectifier Roll หมุนผิดทาง

Rectifier Roll ทำหน้าที่ตีให้เยื่อเกิดการกระจายตัว ถ้า Rectifier roll หมุนผิดทาง อาจทำให้การกระจายของเยื่อตลอดหน้ากว้างไม่เท่ากัน และอาจส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานตลอดหน้ากว้างแตกต่างกัน แต่จากการตรวจเช็คทิศทางการหมุนของ rectifier roll พบว่าหมุนในทิศทางที่ถูกต้อง ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทดสอบสมมติฐานนี้ เนื่องจากไม่พบความผิดปกติ

14. ปรับ Nip Pressure ที่ Size Press ไม่เสมอกัน

Size press มีหน้าที่เคลือบแป้งบนผิวกระดาษ โดยกระดาษจะผ่านระหว่าง Applicatior roll 2 ลูกที่กดติดกัน ซึ่งถ้ามีการกด Applicator roll ทั้ง 2 ลูกด้วย nip pressure ตลอดหน้ากว้างไม่เสมอกัน อาจทำให้การเคลือบแป้งบนผิวกระดาษแตกต่างจากบริเวณอื่น และอาจส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกัน แต่จากการตรวจเช็ค nip pressure ของ size press เสมอกัน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทดสอบสมมติฐานนี้ เนื่องจากไม่พบความผิดปกติ

จากการตรวจสอบปัจจัยหลักต่างๆที่อาจเป็นสาเหตุของความแปรปรวนในแนวตามขวางเครื่อง สามารถสรุปผลการตรวจสอบได้ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 สรุปผลการตรวจสอบปัจจัยหลักที่อาจเป็นสาเหตุของความแปรปรวนในแนวตามขวางเครื่อง

ข้อบกพร่องสภาพเครื่องจักร	ตำแหน่งที่ตรวจพบข้อบกพร่องของเครื่องจักร															
	CD1	CD2	CD3	CD4	CD5	CD6	CD7	CD8	CD9	CD10	CD11	CD12	CD13	CD14	CD15	CD16
1. Top Slice เสียรูป					x					x						
2. Top Slice สกปรก	x		x				x	x			x	x		x	x	x
3. ตะแกรงอุดตัน	x				x						x	x		x		
4. ปรับ Slice Adjusting Screw แตกต่างกัน	0	0.063	-0.052	0.0540	.3110	.111	-0.025	0.1240	.018	0.4190	.086	-0.038	0.110	0.0800	.1540	.048
5. ตะแกรงเป็นลอน			x				x									x
6. ผิว Applicator Roll		x		x									x		x	
no.1 ไม่เรียบ																

ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบสมมติฐาน

จากการตรวจสอบปัจจัยหลักที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐานเบื้องต้นสามารถตัดปัจจัยบางปัจจัยออกไป เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวอยู่ในระดับปกติ ทำให้มีปัจจัยที่เหลือต้องนำมาทดสอบสมมติฐานมีดังนี้

1. Top Slice เสียรูป
2. Top Slice สกปรก
3. ตะแกรงอุดตัน
4. ปรับ Slice Adjusting Screw ต่างกันมากเกินไป
5. ตะแกรงเป็นลอน
6. Applicator roll no.1 ของ Size Press ผิวไม่เรียบ
7. ปรับ Rectifier Roll Speed ไม่เหมาะสม

การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานว่าปัจจัยดังกล่าวข้างต้นมีผลต่อน้ำหนักมาตรฐานหรือไม่ ในการทดลองจะใช้สภาวะการผลิตเดียวกันกับสภาวะที่ลด random error เพื่อไม่ให้ผลกระทบของ random error ไปมีผลต่อผลที่เกิดจากปัจจัยที่จะทดสอบ โดยจะทดสอบผลของปัจจัย rectifier roll speed ก่อน เนื่องจากต้องหาสภาวะที่ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างของน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามขวางเครื่อง แล้วปรับ rectifier roll speed ที่สภาวะนั้นและทดสอบปัจจัยอื่นๆต่อไปทีละปัจจัย โดยเลือกตำแหน่งที่เกิดข้อบกพร่องของปัจจัยที่จะทดสอบเพียงปัจจัยเดียวเท่านั้นและตำแหน่งที่ปัจจัยนั้นเป็นปกติ เพื่อทดสอบเฉพาะผลหลักของปัจจัยโดยไม่นำผลของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยมาทดสอบ เนื่องจากเราไม่สามารถวัดระดับของปัจจัยที่ผิดปกติออกมาเป็นค่าตัวเลขได้ ซึ่งถ้าทดสอบผลของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยอาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนได้ จากการนำระดับความผิดปกติของปัจจัยที่ไม่เหมาะสมมาทดสอบ

ในการทดสอบสมมติฐานนี้จะใช้ paired T-test ในโปรแกรม MINITAB เนื่องจากต้องการตัดผลกระทบของปัจจัยทางด้านแนวตามยาวเครื่องออกให้เหลือแต่ผลของปัจจัยทางด้านแนวตามขวางเครื่อง ซึ่งสามารถแสดงการวิเคราะห์สมมติฐานของแต่ละปัจจัยดังนี้

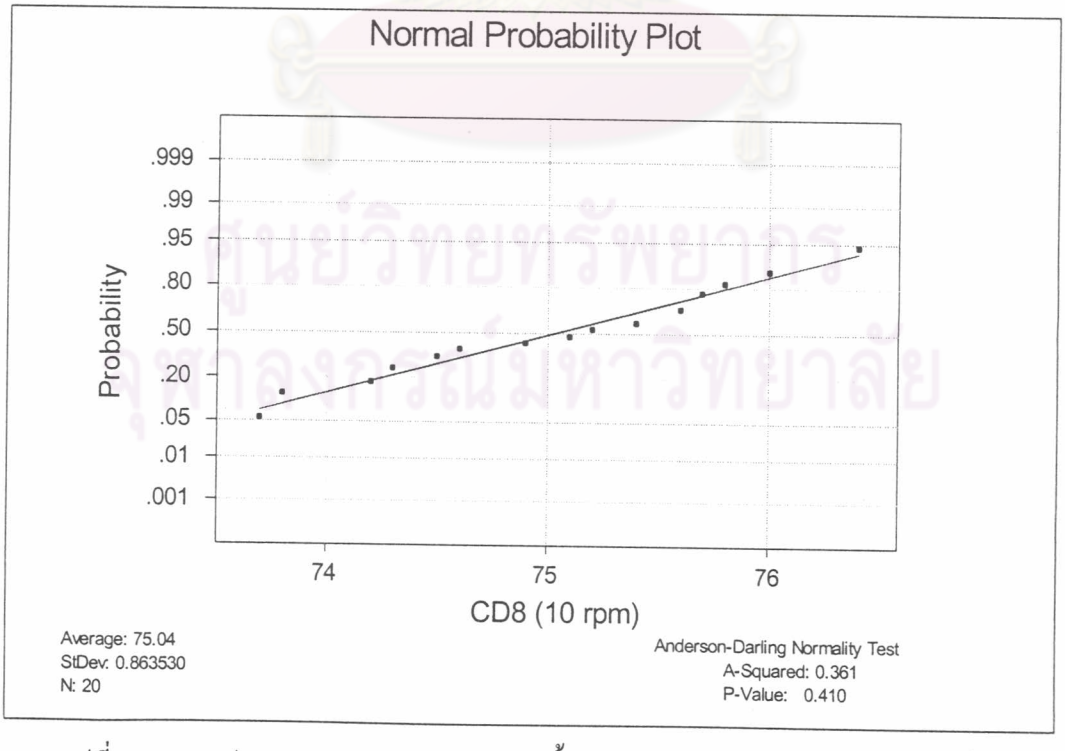
1. การวิเคราะห์สมมติฐานของ rectifier roll speed ที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน

Rectifier Roll ทำหน้าที่ตีให้เยื่อเกิดการกระจายตัว ถ้า Rectifier roll speed หมุนไม่เหมาะสม จะทำให้การกระจายของเยื่อตลอดหน้ากว้างไม่เท่ากัน อาจส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานตลอดหน้ากว้างแตกต่างกัน โดยปกติจะหมุนที่ speed 10-12 rpm ดังนั้นจึงได้ทดสอบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักมาตรฐานระหว่างบริเวณตำแหน่ง 8 และ 9 โดยควบคุมปัจจัยอื่นให้เท่ากัน ที่ speed 10, 11 และ 12 rpm ซึ่งจากการทดลองแล้วเก็บกระดาษมาหาน้ำหนักมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักมาตรฐานระหว่างตำแหน่งที่ 8 และ 9 มีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยผลของน้ำหนักตัวอย่างกระดาษที่ชั่งได้และคำนวณเป็นน้ำหนักมาตรฐานเป็นดังภาคผนวกตารางที่ 9 และสามารถวิเคราะห์สมมติฐานได้ดังนี้มาทดสอบดังนี้

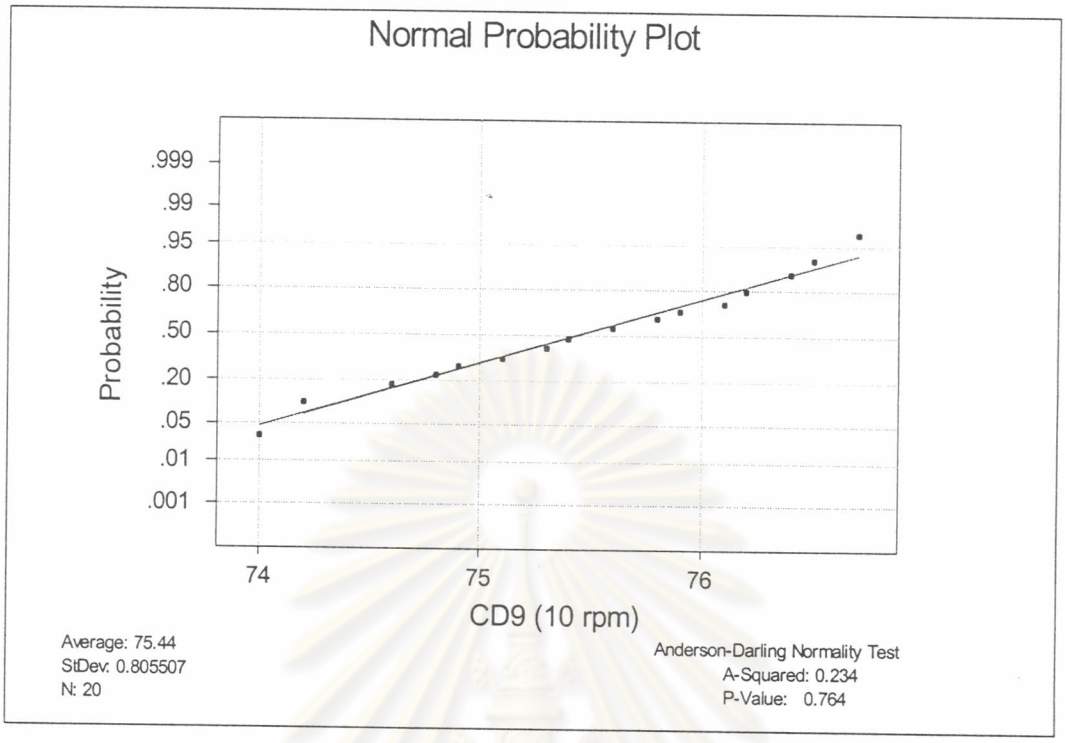
1. ที่ rectifier roll speed 10 rpm

1. การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า น้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากตำแหน่งที่ 8 และ 9 ที่ speed 10 rpm มีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ ซึ่งได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 4-21 และ 4-22



รูปที่ 4-21 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากบริเวณตำแหน่งที่ 8



รูปที่ 4-22 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากบริเวณตำแหน่งที่ 9

2. การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 8 และ 9 ที่ speed 10 rpm ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$$

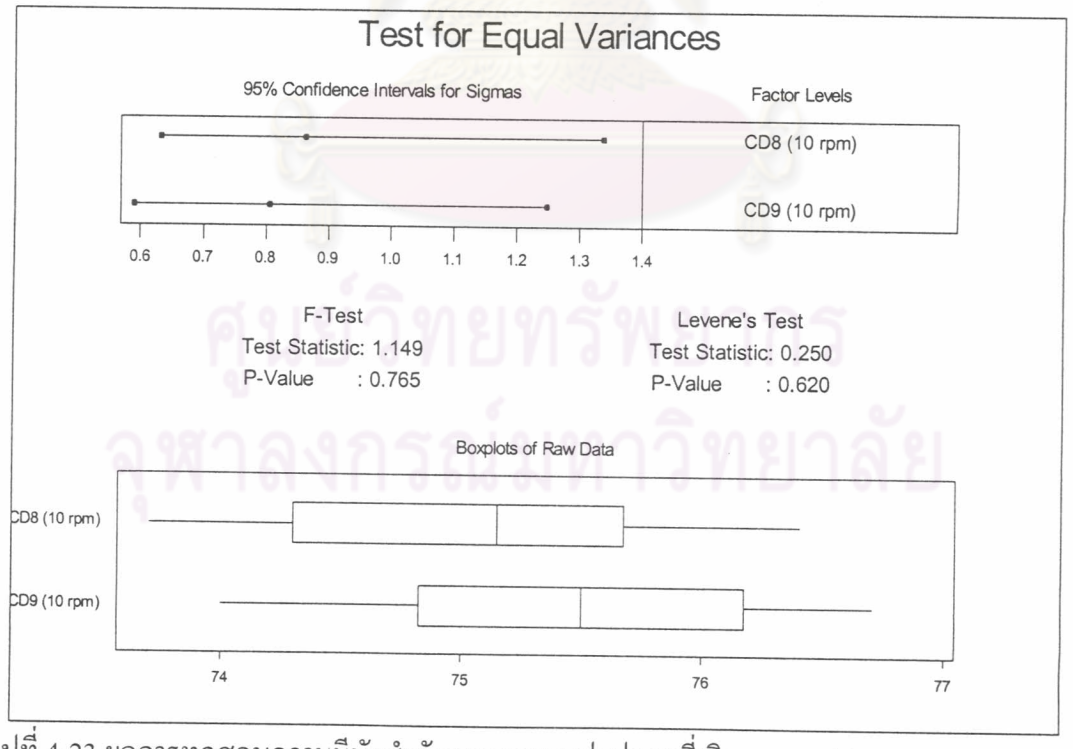
$$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 8 และ σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 9 ดังแสดงในตารางที่ 4-8 และ รูปที่ 4-23

ตารางที่ 4-8 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก rectifier roll speed 10 rpm

Test for Equal Variances

```
Level1      CD8 (10 rpm)
Level2      CD9 (10 rpm)
ConfLvl     95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

   Lower     Sigma     Upper     N  Factor Levels

0.632647  0.863530   1.33786    20  CD8 (10 rpm)
0.590138  0.805507   1.24797    20  CD9 (10 rpm)


F-Test (normal distribution)


Test Statistic: 1.149
P-Value       : 0.765


Levene's Test (any continuous distribution)


Test Statistic: 0.250
P-Value       : 0.620
```



รูปที่ 4-23 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก rectifier roll speed 10 rpm

จากผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก rectifier roll speed 10 rpm ดังแสดงในตารางที่ 4-8 และ รูปที่ 4-23 พบว่า ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า rectifier roll speed 10 rpm ไม่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ความเชื่อมั่น 95%

และขั้นต่อไปคือการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิด rectifier roll speed 10 rpm โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 8 และ μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 9

ตารางที่ 4-9 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยที่เกิดจาก rectifier roll speed 10 rpm

Paired T-Test and CI: CD8 (10 rpm), CD9 (10 rpm)

```
Paired T for CD8 (10 rpm) - CD9 (10 rpm)

                    N      Mean     StDev   SE Mean
CD8 (10 rpm)       20    75.040     0.864     0.193
CD9 (10 rpm)       20    75.440     0.806     0.180
Difference         20    -0.400     0.612     0.137

95% CI for mean difference: (-0.686, -0.114)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -2.92  P-Value = 0.009
```

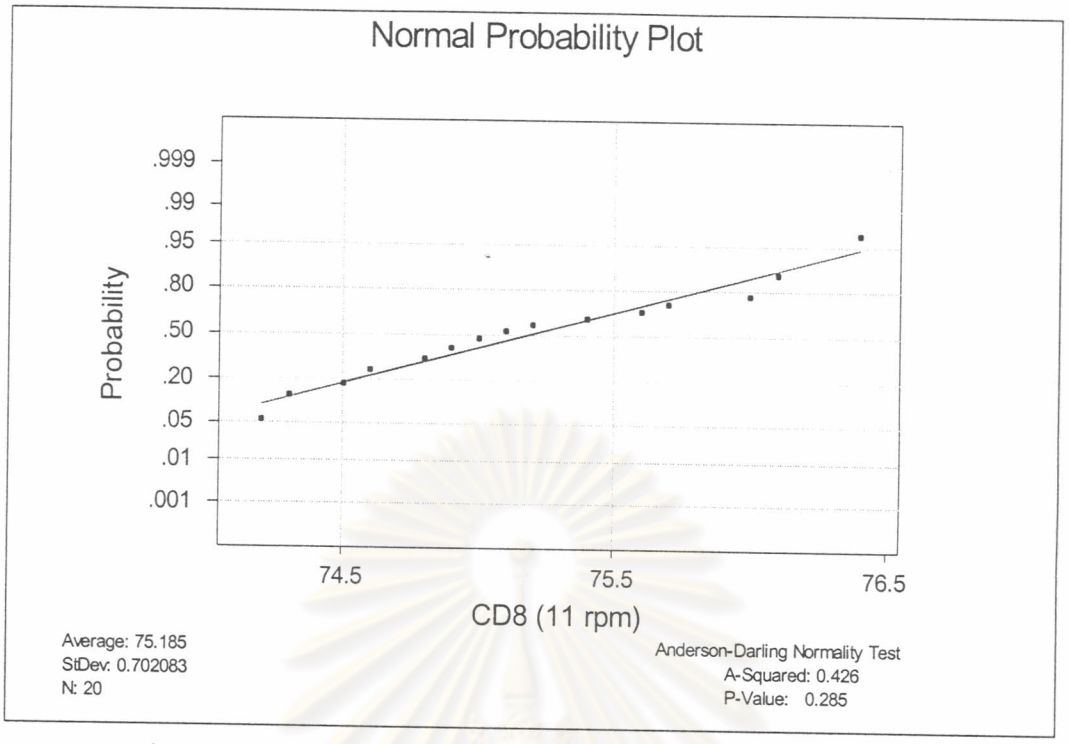
จากผลการทดสอบสมมติฐานในตารางที่ 4-9 พบว่าค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า rectifier roll speed 10 rpm มีผลให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

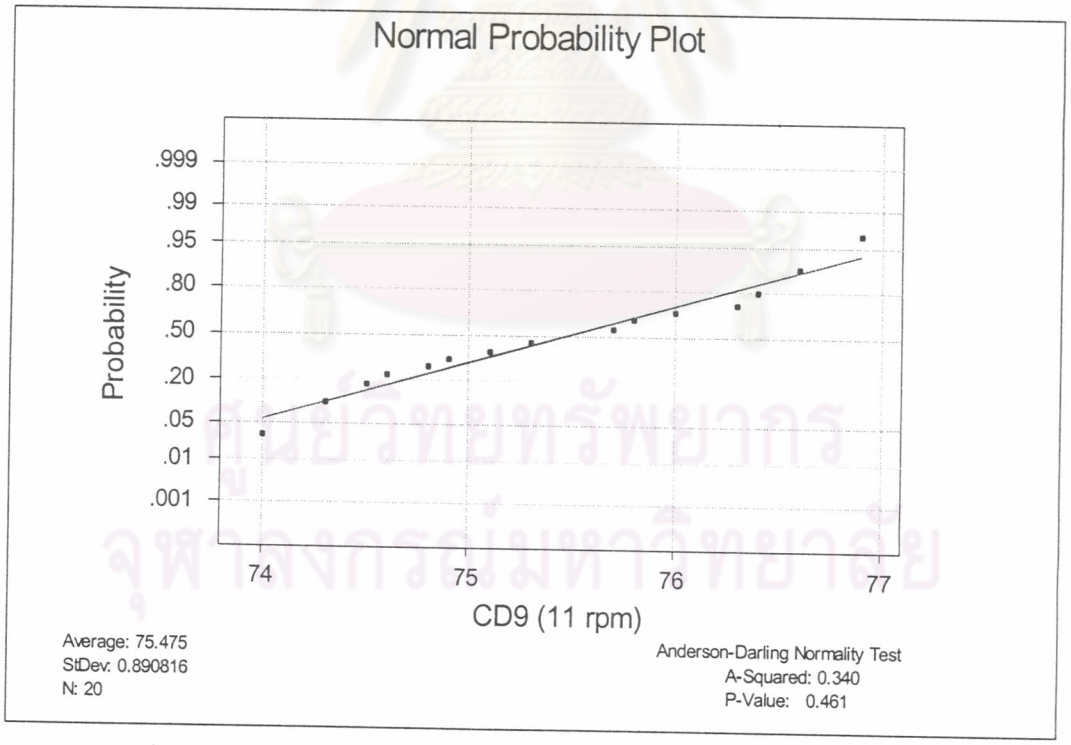
2. ที่ rectifier roll speed 11 rpm

1. การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า น้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากตำแหน่งที่ 8 และ 9 ที่ speed 11 rpm มีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ ซึ่งได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 4-24 และ 4-25



รูปที่ 4-24 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากบริเวณตำแหน่งที่ 8



รูปที่ 4-25 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากบริเวณตำแหน่งที่ 9

2. การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 8 และ 9 ที่ speed 11 rpm ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$$

$$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$$

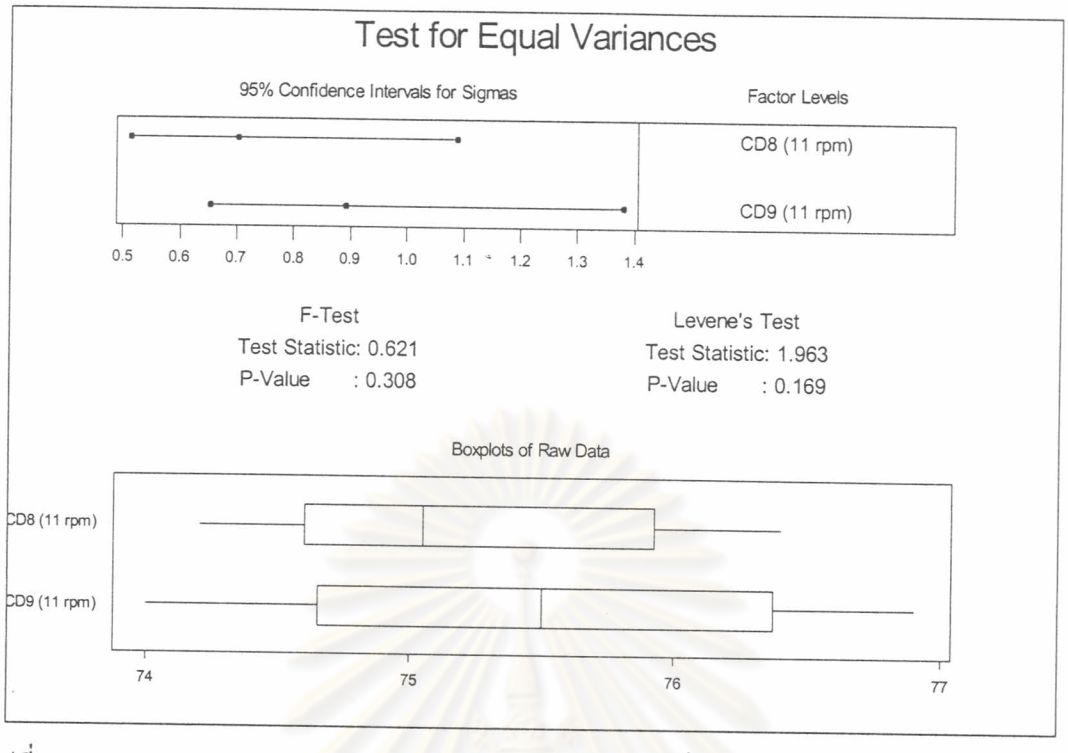
โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 8 และ σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 9 ดังแสดงในตารางที่ 4-10 และ รูปที่ 4-26

ตารางที่ 4-10 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก rectifier roll speed 11 rpm

Test for Equal Variances

```
Level1      CD8 (11 rpm)
Level2      CD9 (11 rpm)
ConfLvl     95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

   Lower     Sigma     Upper     N  Factor Levels
                .
0.514367  0.702083   1.08774    20  CD8 (11 rpm)
0.652637  0.890816   1.38014    20  CD9 (11 rpm)


F-Test (normal distribution)


Test Statistic: 0.621
P-Value       : 0.308


Levene's Test (any continuous distribution)


Test Statistic: 1.963
P-Value       : 0.169
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-26 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก rectifier roll speed 11 rpm

จากผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก rectifier roll speed 11 rpm ดังแสดงในตารางที่ 4-10 และ รูปที่ 4-26 พบว่า ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า rectifier roll speed 10 rpm ไม่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ความเชื่อมั่น 95%

และขั้นต่อไปคือการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิด rectifier roll speed 11 rpm โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 8 และ μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 9

ตารางที่ 4-11 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยที่เกิดจาก rectifier roll speed 11 rpm

Paired T-Test and CI: CD8 (11 rpm), CD9 (11 rpm)

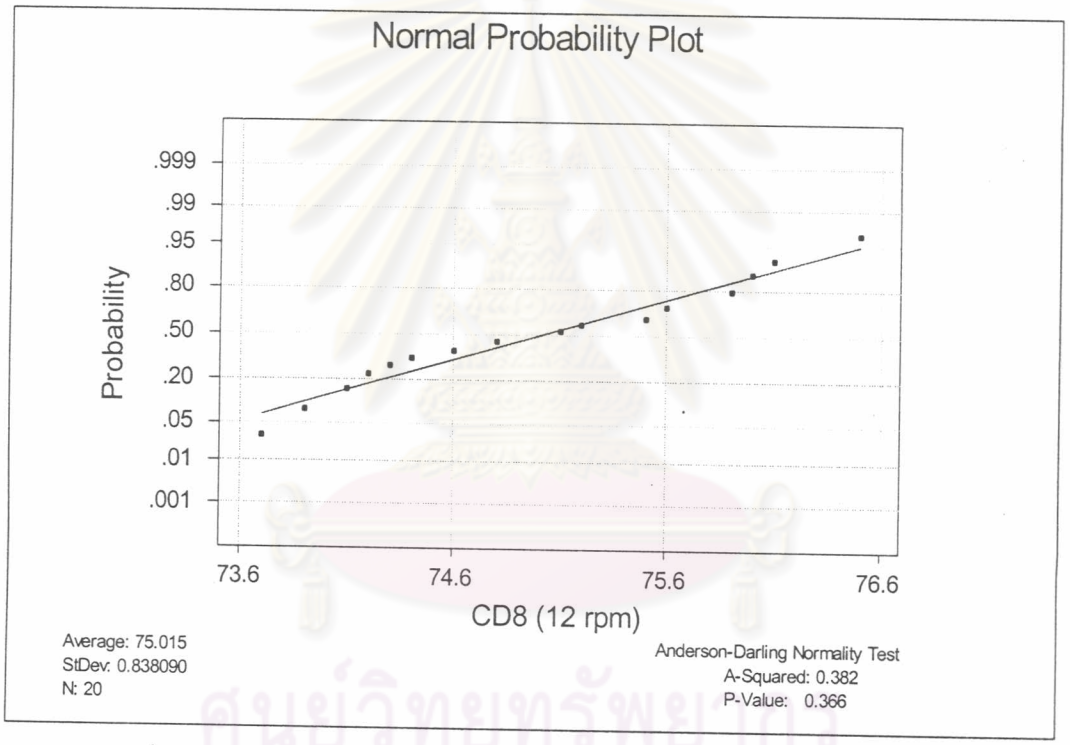
```
Paired T for CD8 (11 rpm) - CD9 (11 rpm)

                    N      Mean     StDev   SE Mean
CD8 (11 rpm)       20    75.185     0.702     0.157
CD9 (11 rpm)       20    75.475     0.891     0.199
Difference         20    -0.290     0.536     0.120

95% CI for mean difference: (-0.541, -0.039)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -2.42  P-Value = 0.026
```

จากผลการทดสอบสมมติฐานในตารางที่ 4-11 พบว่าค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า rectifier roll speed 11 rpm มีผลให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ที่ rectifier roll speed 12 rpm

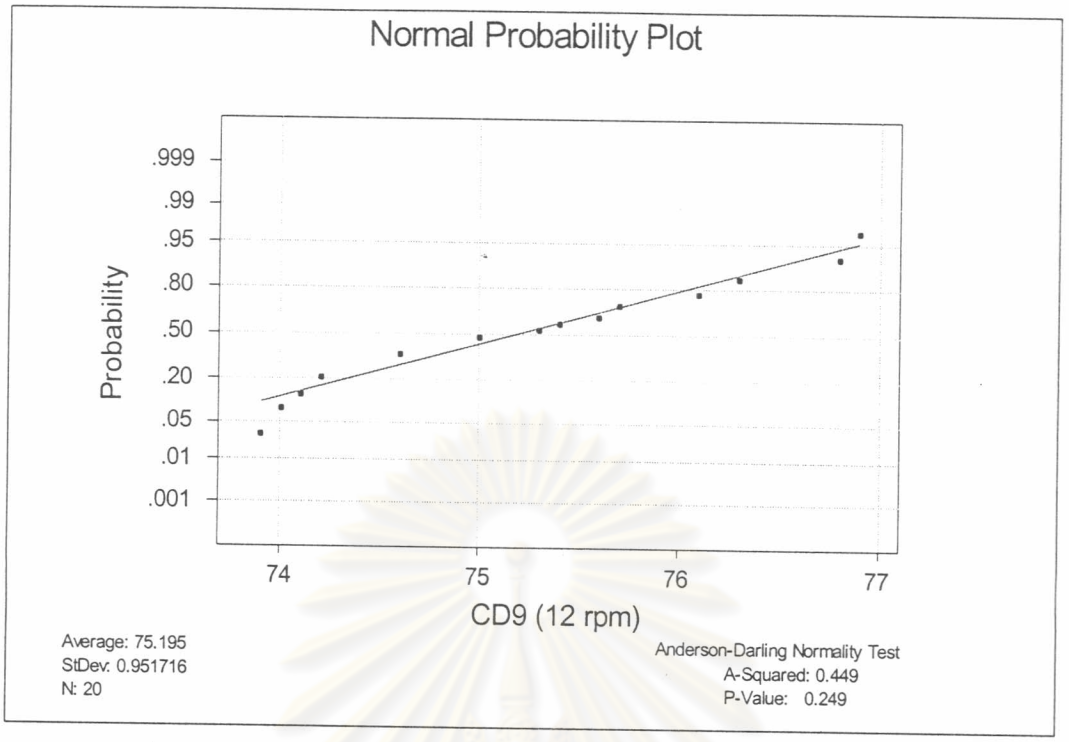
1. การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า น้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากตำแหน่งที่ 8 และ 9 ที่ speed 12 rpm มีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ ซึ่งได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 4-27 และ 4-28



รูปที่ 4-27 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากบริเวณตำแหน่งที่ 8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-28 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากบริเวณตำแหน่งที่ 9

2. การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 8 และ 9 ที่ speed 12 rpm ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$$

$$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$$

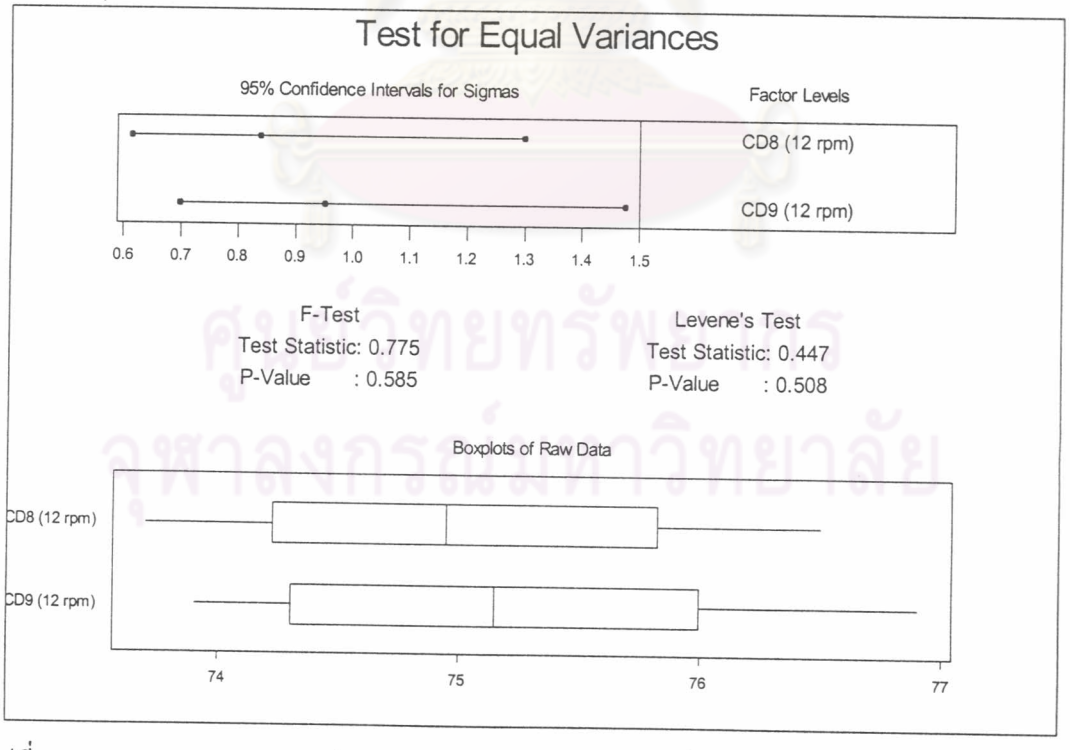
โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 8 และ σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 9 ดังแสดงในตารางที่ 4-12 และ รูปที่ 4-29

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-12 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก rectifier roll speed 12 rpm

Test for Equal Variances

```
Level1      CD8 (12 rpm)
Level2      CD9 (12 rpm)
ConfLvl     95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

   Lower     Sigma     Upper     N  Factor Levels

0.614009  0.838090   1.29845    20  CD8 (12 rpm)
0.697254  0.951716   1.47449    20  CD9 (12 rpm)


F-Test (normal distribution)


Test Statistic: 0.775
P-Value       : 0.585


Levene's Test (any continuous distribution)


Test Statistic: 0.447
P-Value       : 0.508
```



รูปที่ 4-29 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก rectifier roll speed 12 rpm

จากผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก rectifier roll speed 10 rpm ดังแสดงในตารางที่ 4-12 และ รูปที่ 4-29 พบว่า ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า rectifier roll speed 10 rpm ไม่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ความเชื่อมั่น 95%

และขั้นต่อไปคือการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิด rectifier roll speed 10 rpm โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 8 และ μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่ตำแหน่งที่ 9

ตารางที่ 4-13 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยที่เกิดจาก rectifier roll speed 12 rpm

Paired T-Test and CI: CD8 (12 rpm), CD9 (12 rpm)

```
Paired T for CD8 (12 rpm) - CD9 (12 rpm)

                    N      Mean     StDev   SE Mean
CD8 (12 rpm)       20    75.015     0.838     0.187
CD9 (12 rpm)       20    75.195     0.952     0.213
Difference         20    -0.180     0.734     0.164

95% CI for mean difference: (-0.523, 0.163)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -1.10  P-Value = 0.286
```

จากผลการทดสอบสมมติฐานในตารางที่ 4-13 พบว่าค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า rectifier roll speed 12 rpm ไม่มีผลให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

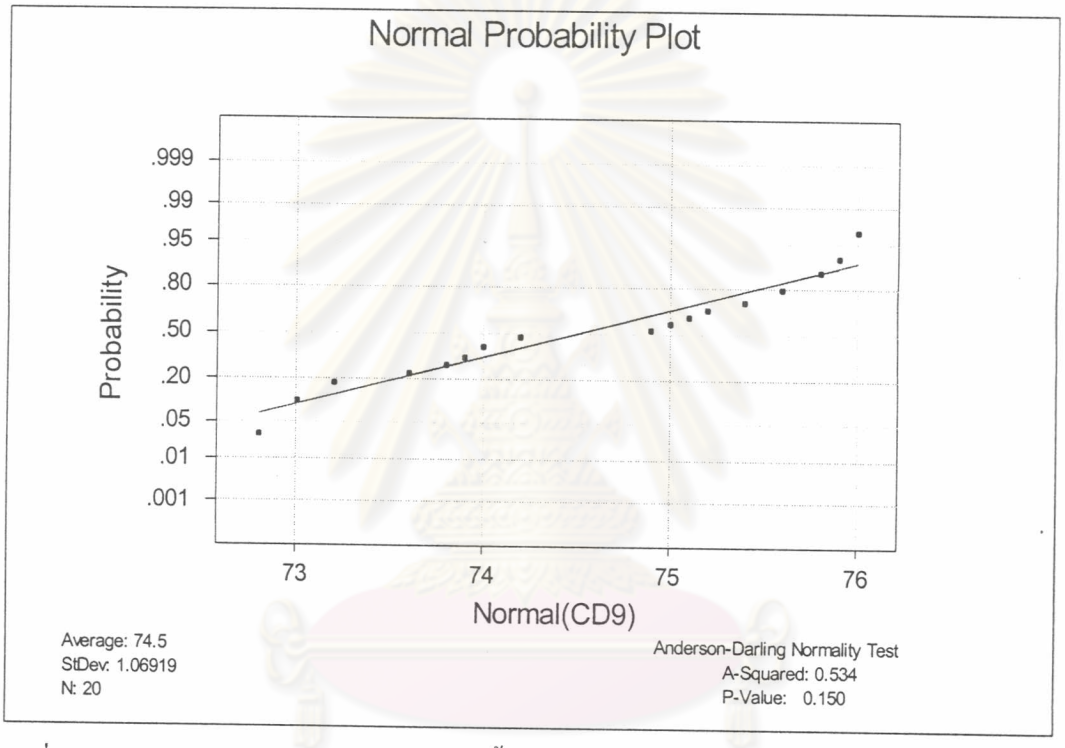
2. การวิเคราะห์สมมติฐานของสภาพ Top Slice เสียรูปที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน

จากการตรวจสอบสภาพ top slice พบว่าตำแหน่งที่มีการเสียรูปมีตำแหน่งที่ 5 และ 10 ดังนั้นจึงได้ทดสอบสมมติฐานของสภาพ top slice เสียรูปที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน โดยเลือกตำแหน่งที่มีข้อบกพร่องจากปัจจัย Top Slice เสียรูปเพียงอย่างเดียวเท่านั้นโดยไม่มีข้อบกพร่องจากปัจจัยอื่น ซึ่งในที่นี้คือตำแหน่งที่ 10 และเลือกตำแหน่งที่ Top Slice ปกติโดยไม่มีข้อบกพร่องจากปัจจัยอื่น ซึ่งในที่นี้คือตำแหน่งที่ 9 และปรับควบคุม rectifier roll speed ที่ 12 rpm เพื่อไม่ให้มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามขวางเครื่อง และปรับ Slice Adjusting Screw ตำแหน่ง 9 และ 10 ที่ 0 เท่ากัน ซึ่งจากการทดลองแล้วเก็บกระดาษมาหาน้ำหนักมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากตำแหน่งที่ 10 ซึ่ง Top Slice เสียรูป และตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยผลของน้ำหนักตัวอย่างกระดาษที่ชั่ง

ได้และคำนวณเป็นน้ำหนักมาตรฐานเป็นดังภาคผนวกตารางที่ 10. และสามารถวิเคราะห์สมมติฐานได้ดังนี้

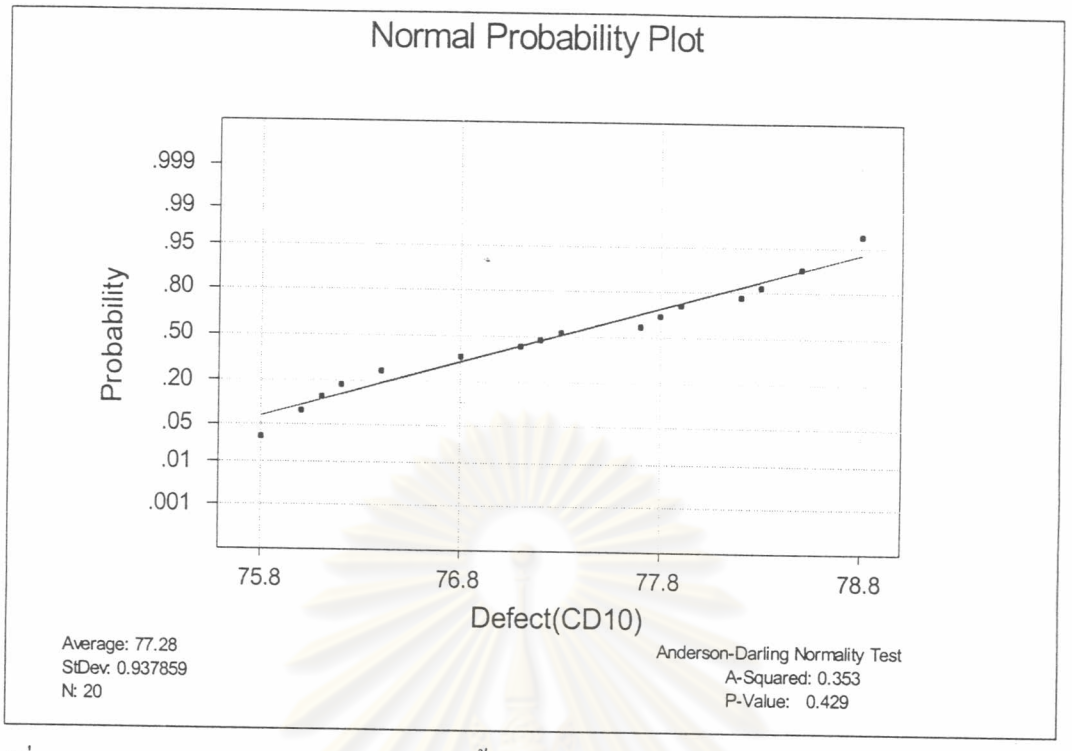
1. การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับคือ น้ำหนักมาตรฐานที่ได้จาก top slice ตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติ และตำแหน่งที่ 10 ซึ่งเสียรูป มีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ ซึ่งได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 4-30 และ 4-31



รูปที่ 4-30 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจาก top slice ตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-31 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจาก top slice ตำแหน่งที่ 10 ซึ่งเสียรูป

2. การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานเมื่อสภาพ Top Slice อยู่ในลักษณะปกติ และ เสียรูป ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$$

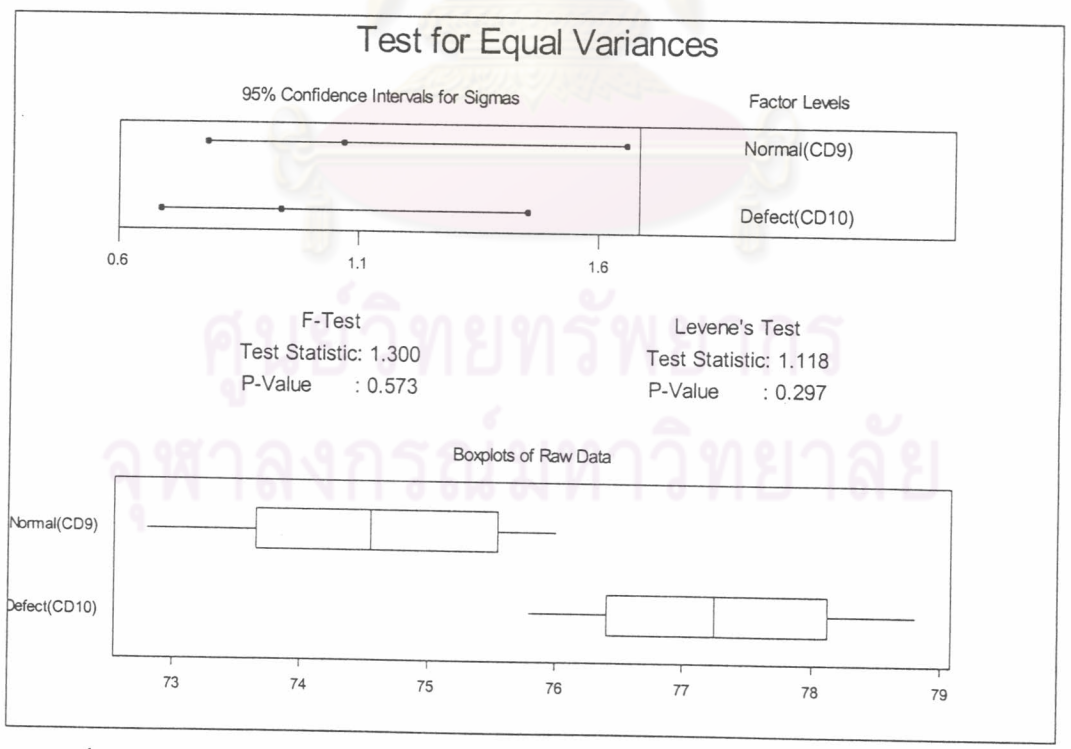
$$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก Top Slice ที่มีสภาพปกติ และ σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก Top Slice ที่มีสภาพเสียรูป ดังแสดงในตารางที่ 4-14 และ รูปที่ 4-32

ตารางที่ 4-14 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก top slice เสียรูป

Test for Equal Variances

```
Level1      Normal(CD9)
Level2      Defect(CD10)
ConfLvl     95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

  Lower      Sigma      Upper      N  Factor Levels

0.783316   1.06919    1.65649     20  Normal(CD9)
0.687102   0.93786    1.45302     20  Defect(CD10)


F-Test (normal distribution)


Test Statistic: 1.300
P-Value       : 0.573


Levene's Test (any continuous distribution)


Test Statistic: 1.118
P-Value       : 0.297
```



รูปที่ 4-32 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก top slice เสียรูป

จากผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก top slice เสียรูป ดังแสดงในตารางที่ 4-14 และ รูปที่ 4-32 พบว่า ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า สภาพของ top slice ไม่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ความเชื่อมั่น 95%

และขั้นต่อไปคือการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก top slice ตำแหน่งที่ 9 ที่มีสภาพปกติ และตำแหน่งที่ 10 ที่เสียรูป โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก top slice ตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติไม่เสียรูป และ μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก top slice ตำแหน่งที่ 10 ที่มีการเสียรูป

ตารางที่ 4-15 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยที่เกิดจาก top slice เสียรูป

Paired T-Test and CI: Normal(CD9), Defect(CD10)

```
Paired T for Normal(CD9) - Defect(CD10)

                    N      Mean     StDev   SE Mean
Normal(CD9)        20    74.500     1.069     0.239
Defect(CD10)       20    77.280     0.938     0.210
Difference         20    -2.780     0.970     0.217

95% CI for mean difference: (-3.234, -2.326)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -12.82  P-Value = 0.000
```

จากผลการทดสอบสมมติฐานในตารางที่ 4-15 พบว่าค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า สภาพ top slice ที่เสียรูปมีผลให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

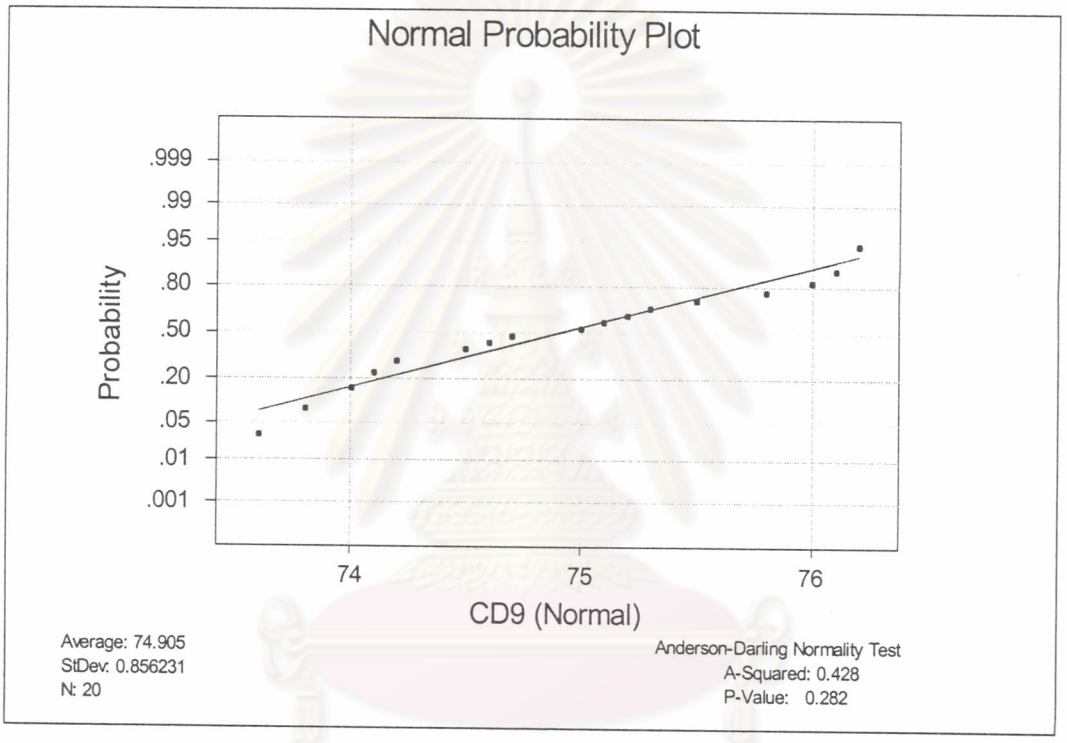
3. การวิเคราะห์สมมติฐานของ Top Slice ที่สกปรกที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน

จากการตรวจสอบพบว่ามีการสะสมของเยื่อติดบริเวณ top slice เป็นช่วงๆ ตลอดหน้ากว้างดังนี้ คือบริเวณตำแหน่งที่ 1, 3, 7, 8, 11, 12, 14, 15 และ 16 ของ top slice ดังนั้นจึงได้ทดสอบสมมติฐานของ top slice ที่สกปรกที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน โดยเลือกตำแหน่งที่มีข้อบกพร่องจากปัจจัย Top Slice สกปรกเพียงอย่างเดียวเท่านั้นโดยไม่มีข้อบกพร่องจากปัจจัยอื่น ซึ่งในที่นี้คือ ตำแหน่งที่ 8 และเลือกตำแหน่งที่ Top Slice ปกติโดยไม่มีข้อบกพร่องจากปัจจัยอื่น ซึ่งในที่นี้คือตำแหน่งที่ 9 และปรับควบคุม rectifier roll speed ที่ 12 rpm เพื่อไม่ให้มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามขวางเครื่อง และปรับ Slice Adjusting Screw ตำแหน่ง 8 และ 9 ที่ 0 เท่ากัน ซึ่งจากการทดลองแล้วเก็บกระดาษมาหาน้ำหนักมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากตำแหน่งที่ 8 ซึ่ง Top Slice สกปรก และตำแหน่งที่ 9 ซึ่ง

Top Slice ไม่มีเยื่อติดสะสมมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยผลของน้ำหนักตัวอย่างกระดาษที่ชั่งได้และคำนวณเป็นน้ำหนักมาตรฐานเป็นดังภาคผนวกตารางที่ 11. และสามารถวิเคราะห์สมมติฐานได้ดังนี้

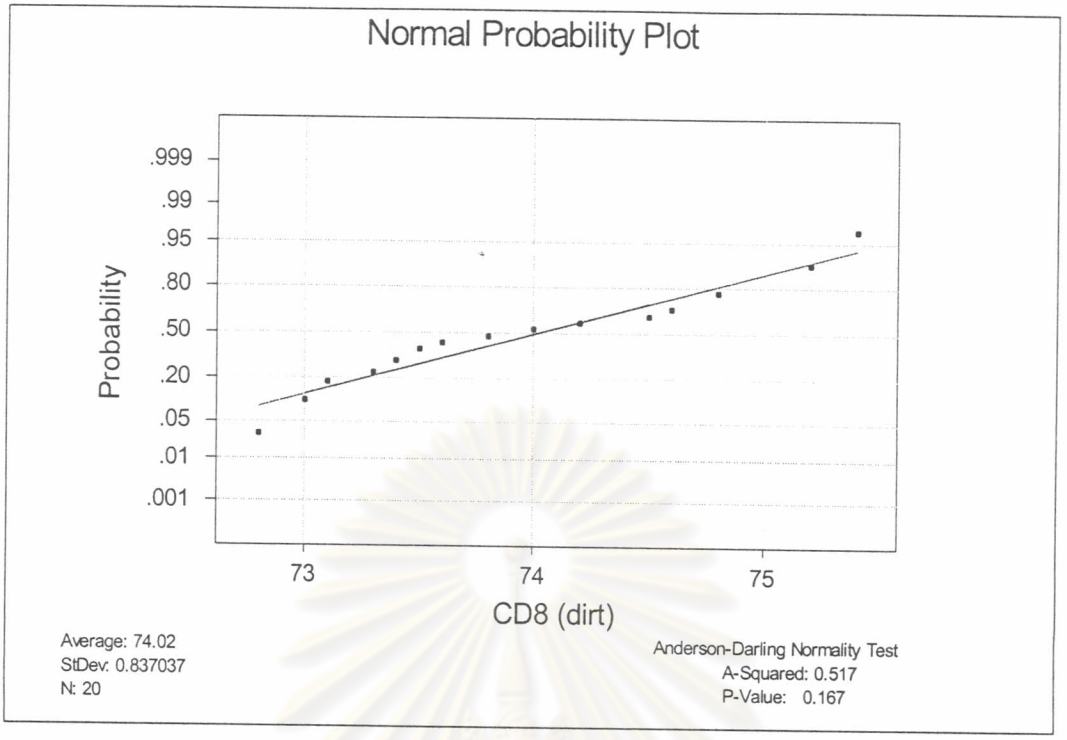
1. การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับคือ น้ำหนักมาตรฐานที่ได้จาก top slice ตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติไม่มีเยื่อสะสม และตำแหน่งที่ 8 ซึ่งสกปรกมีเยื่อสะสม มีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ ซึ่งได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติเนื่องจากค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 4-33 และ 4-34



รูปที่ 4-33 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจาก top slice ตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-34 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจาก top slice ตำแหน่งที่ 8 ซึ่งสกปรก

2. การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานเมื่อ top slice ปกติไม่มีเยื่อสะสม และ top slice สกปรกมีเยื่อสะสม ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$$

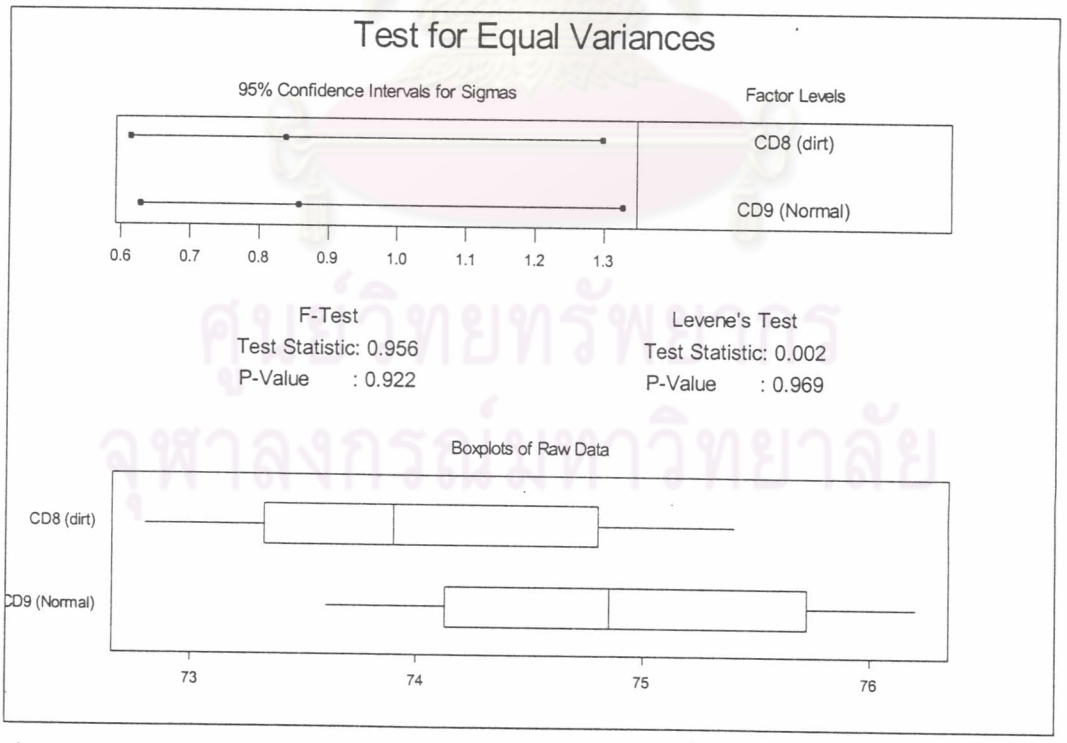
$$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก top slice ตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติไม่มีเยื่อสะสม และ σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก Top Slice ตำแหน่งที่ 8 ซึ่งสกปรกมีเยื่อสะสม ดังแสดงใน ตารางที่ 4-16 และ รูปที่ 4-35

ตารางที่ 4-16 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก top slice สกปรกมีเยื่อสะสม

Test for Equal Variances

```
Level1      CD8 (dirt)
Level2      CD9 (Normal)
ConfLvl     95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

   Lower     Sigma     Upper     N  Factor Levels

0.613238  0.837037  1.29682     20  CD8 (dirt)
0.627300  0.856231  1.32656     20  CD9 (Normal)


F-Test (normal distribution)


Test Statistic: 0.956
P-Value       : 0.922


Levene's Test (any continuous distribution)


Test Statistic: 0.002
P-Value       : 0.969
```



รูปที่ 4-35 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจาก top slice สกปรกมีเยื่อสะสม

จากผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก top slice สกปรกมีเยื่อสะสม ดังแสดงในตารางที่ 4-16 และ รูปที่ 4-35 พบว่า ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า top slice ที่สกปรกมีเยื่อสะสมไม่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ความเชื่อมั่น 95%

และขั้นต่อไปคือการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก top slice ตำแหน่งที่ 9 ที่มีสภาพปกติไม่มีเยื่อสะสม และตำแหน่งที่ 8 ที่สกปรกมีเยื่อสะสม โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก top slice ตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติไม่มีเยื่อติดสะสม และ μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก top slice ตำแหน่งที่ 8 ซึ่งมีเยื่อติดสะสม

ตารางที่ 4-17 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยที่เกิดจาก top slice สกปรกมีเยื่อสะสม

Test for Equal Variances: CD8 (dirt) vs CD9 (Normal)

Paired T-Test and CI: CD8 (dirt), CD9 (Normal)

```
Paired T for CD8 (dirt) - CD9 (Normal)

                 N      Mean     StDev   SE Mean
CD8 (dirt)      20    74.020     0.837     0.187
CD9 (Normal)    20    74.905     0.856     0.191
Difference      20    -0.885     0.519     0.116

95% CI for mean difference: (-1.128, -0.642)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -7.62  P-Value = 0.000
```

จากผลการทดสอบสมมติฐานในตารางที่ 4-17 พบว่าค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า top slice ที่สกปรกมีเยื่อสะสมมีผลให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

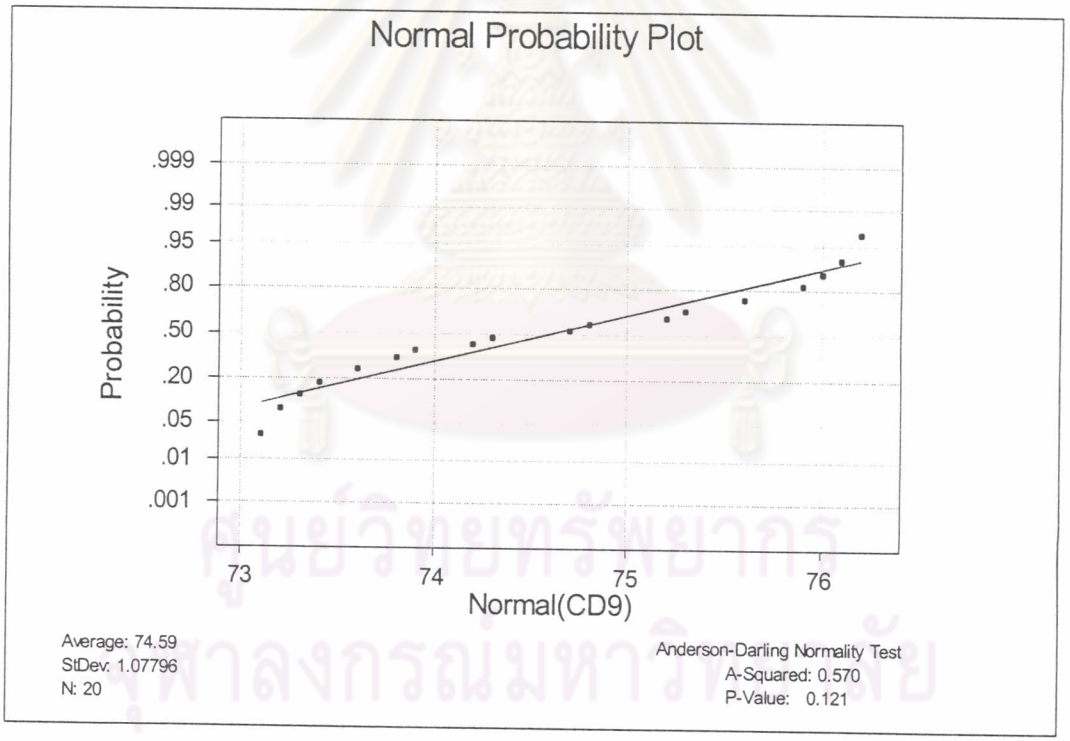
4. การวิเคราะห์สมมติฐานของตะแกรงอุดตันที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน

จากการตรวจสอบพบว่าตะแกรงมีการอุดตันบริเวณตำแหน่งที่ 1, 5, 11, 12 และ 14 ดังนั้นจึงได้ทดสอบสมมติฐานของ ตะแกรงอุดตันที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน โดยเลือกตำแหน่งที่มีข้อบกพร่องจากปัจจัยตะแกรงอุดตันเพียงอย่างเดียวเท่านั้นโดยไม่มีข้อบกพร่องจากปัจจัยอื่น ซึ่งในที่นี้คือ ตำแหน่งที่ 12

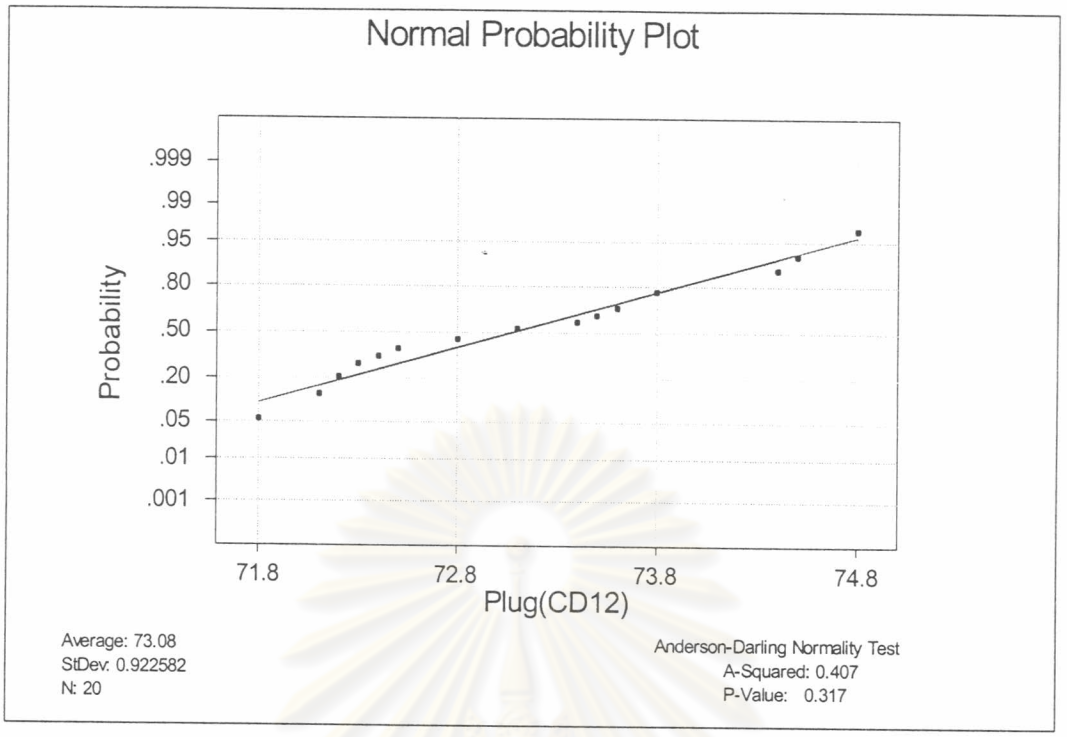
และเลือกตำแหน่งที่ตะแกรงไม่อุดตัน โดยไม่มีข้อบกพร่องจากปัจจัยอื่น ซึ่งในที่นี้คือตำแหน่งที่ 9 และปรับควบคุม rectifier roll speed ที่ 12 rpm เพื่อไม่ให้มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามขวางเครื่อง และปรับ Slice Adjusting Screw ตำแหน่ง 9 และ 12 ที่ 0 เท่ากัน ซึ่งจากการทดลองแล้วเก็บกระดาษมาหาน้ำหนักมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากตำแหน่งที่ 12 ซึ่ง ตะแกรงอุดตันและตำแหน่งที่ 9 ซึ่งตะแกรงไม่อุดตันมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยผลของน้ำหนักตัวอย่างกระดาษที่ชั่งได้และคำนวณเป็นน้ำหนักมาตรฐานเป็นดังภาคผนวกตารางที่ 12. และสามารถวิเคราะห์สมมติฐานได้ดังนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับคือ น้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากตะแกรงบริเวณตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติไม่มีการอุดตัน และตำแหน่งที่ 12 ซึ่งตะแกรงอุดตัน มีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ ซึ่งได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 4-36 และ 4-37



รูปที่ 3-36 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากตะแกรงตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติ



รูปที่ 4-37 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากตะแกรงตำแหน่งที่ 12 ซึ่งอุดตัน

2. การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานเมื่อตะแกรงบริเวณตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติไม่มีการอุดตัน และตำแหน่งที่ 12 ซึ่งตะแกรงอุดตัน ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$$

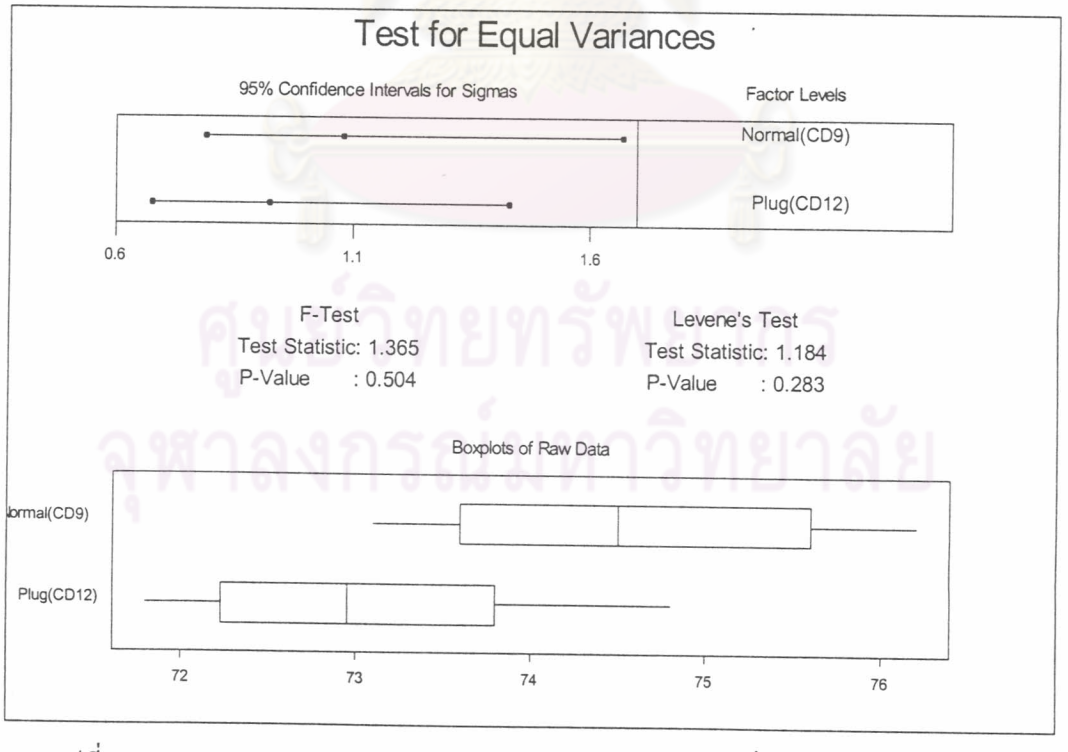
$$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากตะแกรงบริเวณตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติไม่มีการอุดตัน และ σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากตะแกรงบริเวณตำแหน่งที่ 12 ซึ่งอุดตัน ดังแสดงในตารางที่ 4-18 และ รูปที่ 4-38

ตารางที่ 4-18 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากตะแกรงอุดตัน

Test for Equal Variances

```
Level1      Normal(CD9)
Level2      Plug(CD12)
ConfLvl     95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

  Lower      Sigma      Upper      N  Factor Levels

0.789745   1.07796    1.67008     20  Normal(CD9)
0.675910   0.92258    1.42935     20  Plug(CD12)


F-Test (normal distribution)


Test Statistic: 1.365
P-Value       : 0.504


Levene's Test (any continuous distribution)


Test Statistic: 1.184
P-Value       : 0.283
```



รูปที่ 4-38 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากตะแกรงอุดตัน

จากผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากตะแกรงอุดตัน ดังแสดงในตารางที่ 4-18 และ รูปที่ 4-38 พบว่า ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าตะแกรงอุดตันไม่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ความเชื่อมั่น 95%

และขั้นต่อไปคือการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากตะแกรงบริเวณตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติไม่มีการอุดตัน และตำแหน่งที่ 12 ซึ่งตะแกรงอุดตัน โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากตะแกรงบริเวณตำแหน่งที่ 9 ซึ่งปกติไม่มีการอุดตัน และ μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากตะแกรงบริเวณตำแหน่งที่ 12 ซึ่งมีการอุดตัน

ตารางที่ 4-19 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยที่เกิดจากตะแกรงอุดตัน

Paired T-Test and CI: Normal(CD9), Plug(CD12)

```
Paired T for Normal(CD9) - Plug(CD12)

                 N      Mean     StDev   SE Mean
Normal(CD9)     20    74.590     1.078     0.241
Plug(CD12)      20    73.080     0.923     0.206
Difference      20     1.510     0.757     0.169

95% CI for mean difference: (1.156, 1.864)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 8.92  P-Value = 0.000
```

จากผลการทดสอบสมมติฐานในตารางที่ 4-19 พบว่าค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าตะแกรงที่อุดตันมีผลให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

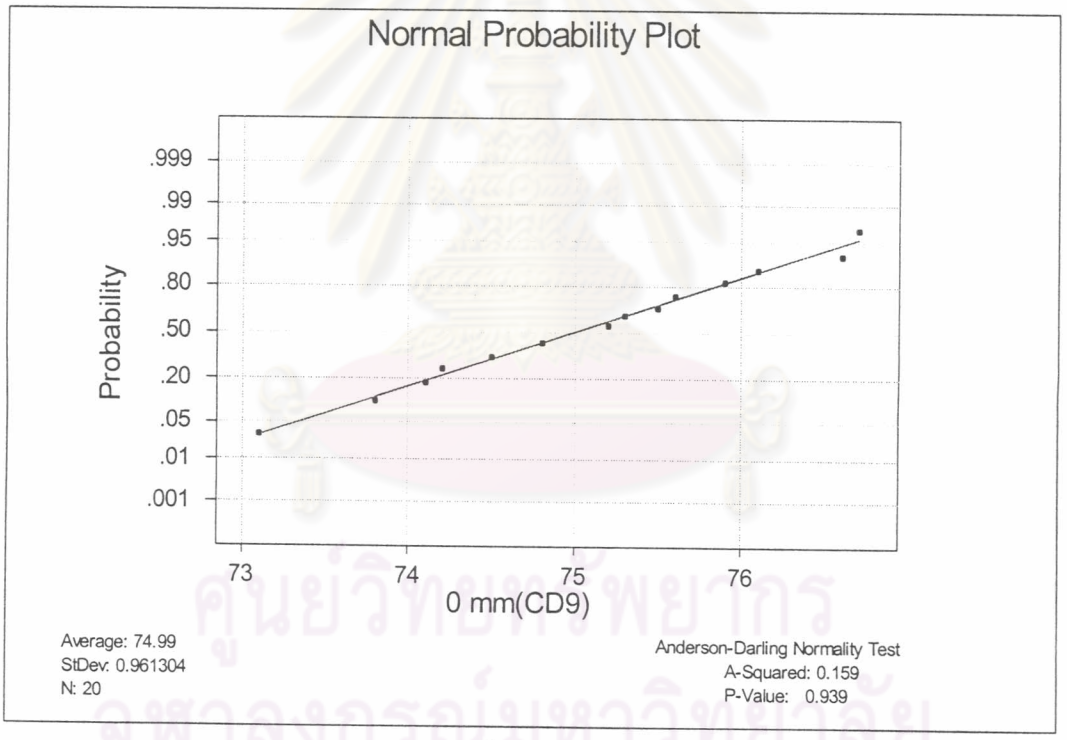
5. การวิเคราะห์สมมติฐานของการปรับ slice adjusting screw ที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน

จากการตรวจสอบพบว่าการปรับ slice adjusting screw แต่ละตำแหน่งมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงได้ทดสอบสมมติฐานของการปรับ slice adjusting screw ที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน โดยเลือกน้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากตำแหน่งที่ 9 และปรับ slice adjusting screw ไปที่ระดับ 0 และเลือกน้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากตำแหน่งที่ 8 ซึ่งทำความสะอาด Top slice ไม่ให้สกปรกแล้ว และปรับ slice adjusting screw ไปที่ระดับ 0.150 mm ซึ่งเป็นระดับที่สามารถยอมให้ slice adjusting screw ตำแหน่งที่ติดกันมีความแตกต่างกันได้ที่ไม่ทำให้เกิด top slice เสียรูป และปรับควบคุม rectifier roll speed ที่ 12 rpm เพื่อไม่ให้มีผลต่อน้ำ

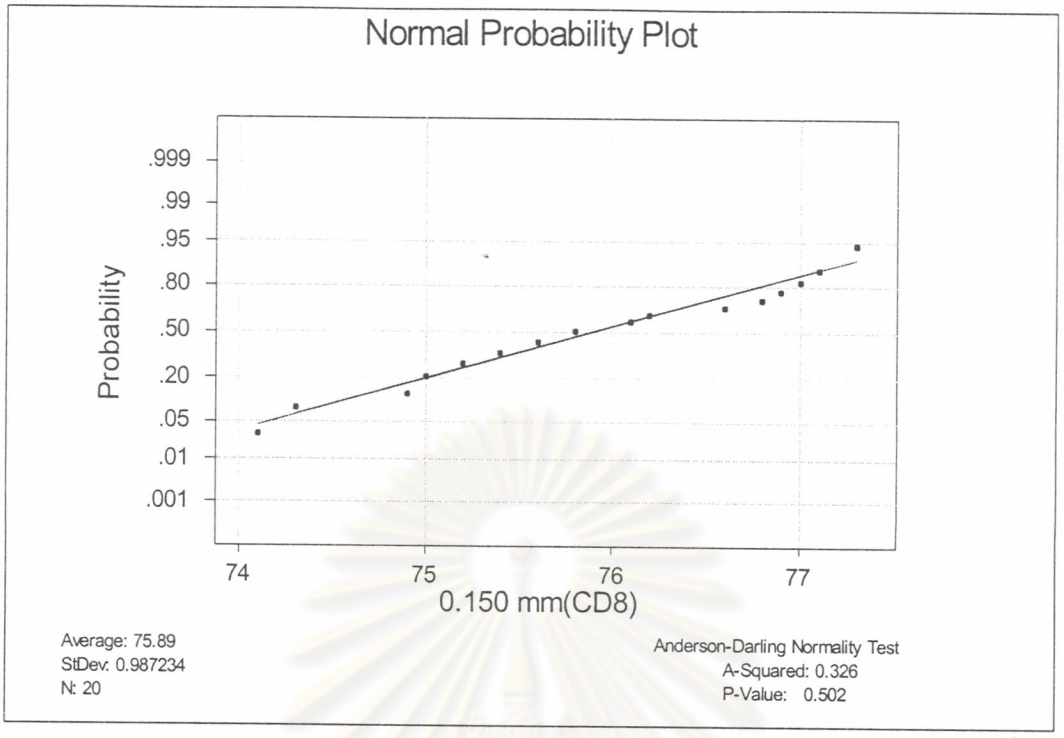
หนักมาตรฐานในแนวตามขวางเครื่อง ซึ่งจากการทดลองแล้วเก็บกระดาษมาหาน้ำหนักมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากตำแหน่งที่ 9 ซึ่ง slice adjusting screw อยู่ที่ระดับ 0 และตำแหน่งที่ 8 ซึ่ง slice adjusting screw อยู่ที่ระดับ 0.150 mm มีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยผลของน้ำหนักตัวอย่างกระดาษที่ชั่งได้และคำนวณเป็นน้ำหนักมาตรฐานเป็นดังภาคผนวกตารางที่ 13. และสามารถวิเคราะห์สมมติฐานได้ดังนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับคือ น้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากการปรับ slice adjusting screw ตำแหน่งที่ 9 ไปที่ระดับ 0 และการปรับ slice adjusting screw ตำแหน่งที่ 8 ไปที่ระดับ 0.150 mm มีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ ซึ่งได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 4-39 และ 4-40



รูปที่ 4-39 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากการปรับ Adjusting slice screw ตำแหน่งที่ 9 ที่ระดับ 0 mm



รูปที่ 4-40 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากการปรับ Adjusting slice screw ตำแหน่งที่ 8 ที่ระดับ 0.150 mm

2. การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานเมื่อการปรับ slice adjusting screw ตำแหน่งที่ 9 ไปที่ระดับ 0 และการปรับ slice adjusting screw ตำแหน่งที่ 8 ไปที่ระดับ 0.150 mm ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$$

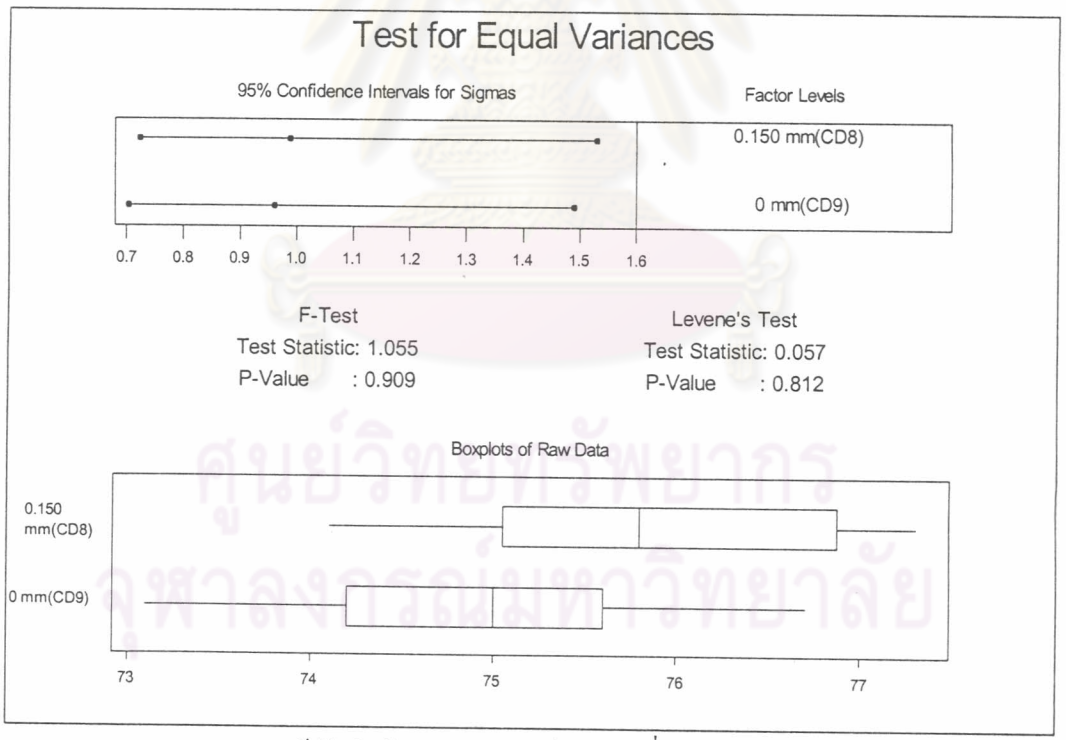
$$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากการปรับ slice adjusting screw ตำแหน่งที่ 9 ไปที่ระดับ 0 และ σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากการปรับ slice adjusting screw ตำแหน่งที่ 8 ไปที่ระดับ 0.150 mm ดังแสดงในตารางที่ 4-20 และรูปที่ 4-41

ตารางที่ 4-20 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากการปรับ slice adjusting screw ที่ระดับ 0.150 mm

Test for Equal Variances

```
Level1      0.150 mm(CD8)
Level2      0 mm(CD9)
ConfLvl     95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

  Lower      Sigma      Upper      N  Factor Levels

0.723276  0.987234   1.52952     20  0.150 mm(CD8)
0.704279  0.961304   1.48934     20  0 mm(CD9)


F-Test (normal distribution)


Test Statistic: 1.055
P-Value       : 0.909
```



รูปที่ 4-41 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากการปรับ slice adjusting screw ที่ระดับ 0.150 mm

จากผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก การปรับ slice adjusting screw ไปที่ระดับ 0.150 mm ดังแสดงในตารางที่ 4-20 และ รูปที่ 4-41 พบว่า ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าการปรับ slice adjusting screw ไม่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ความเชื่อมั่น 95%

และขั้นต่อไปคือการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากการปรับ slice adjusting screw ตำแหน่งที่ 9 ไปที่ระดับ 0 และการปรับ slice adjusting screw ตำแหน่งที่ 8 ไปที่ระดับ 0.150 mm โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจาก การปรับ slice adjusting screw ตำแหน่งที่ 9 ไปที่ระดับ 0 และ μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากการปรับ slice adjusting screw ตำแหน่งที่ 8 ไปที่ระดับ 0.150 mm

ตารางที่ 4-21 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยที่เกิดจากการปรับ slice adjusting screw ที่ระดับ 0.150 mm

Paired T-Test and CI: CD8, CD9

```
Paired T for CD8 - CD9

                N      Mean     StDev   SE Mean
0.150 mm(CD8)  20    75.890     0.987     0.221
0 mm(CD9)      20    74.990     0.961     0.215
Difference     20     0.900     1.138     0.255

95% CI for mean difference: (0.367, 1.433)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 3.54  P-Value = 0.002
```

จากผลการทดสอบสมมติฐานในตารางที่ 4-21 พบว่าค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า การปรับ slice adjusting screw ไปที่ระดับ 0.150 mm มีผลให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

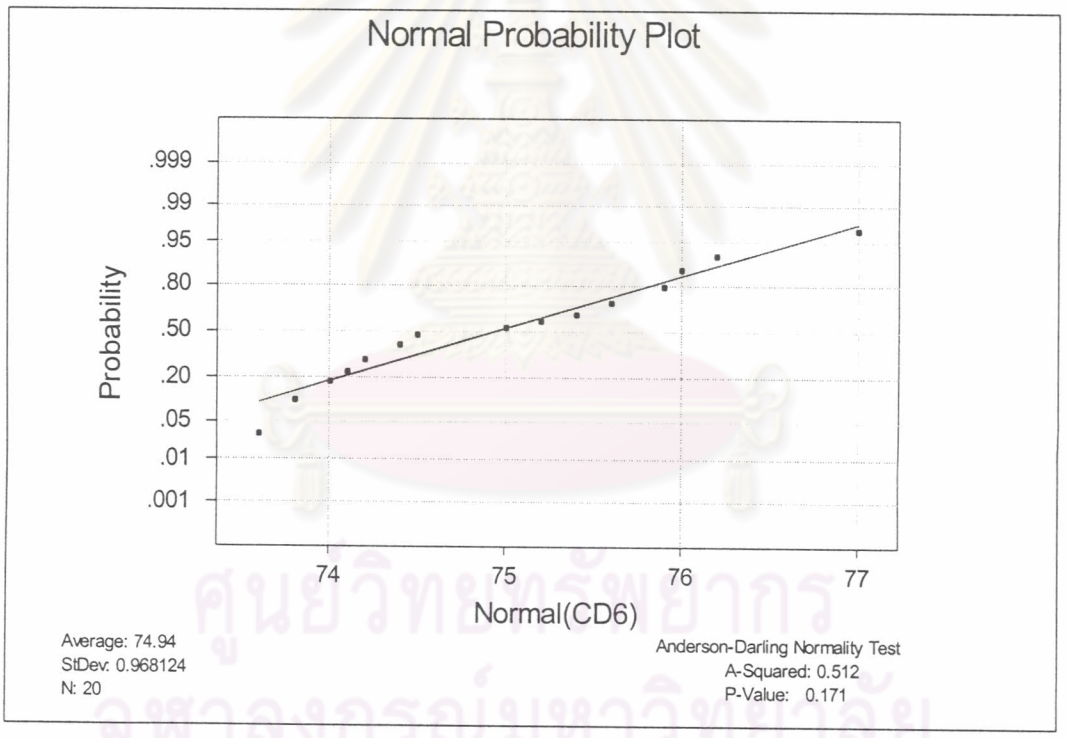
6. การวิเคราะห์สมมติฐานของตะแกรงเป็นลอนที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน

จากการตรวจสอบตะแกรงพบว่าตะแกรงบริเวณตำแหน่งที่ 3, 7, และ 16 มีลักษณะตะแกรงเป็นลอนนูนยาวตามแนวตามยาวเครื่อง ดังนั้นจึงได้ทดสอบสมมติฐานของตะแกรงเป็นลอนที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน โดยเลือกตำแหน่งที่มีข้อบกพร่องจากปัจจัยตะแกรงเป็นลอนเพียงอย่างเดียวเท่านั้น โดยไม่มีข้อบกพร่องจากปัจจัยอื่น ซึ่งในที่นี้คือ ตำแหน่งที่ 7 และเลือกตำแหน่งที่ตะแกรงไม่เป็นลอน โดยไม่มีข้อบก

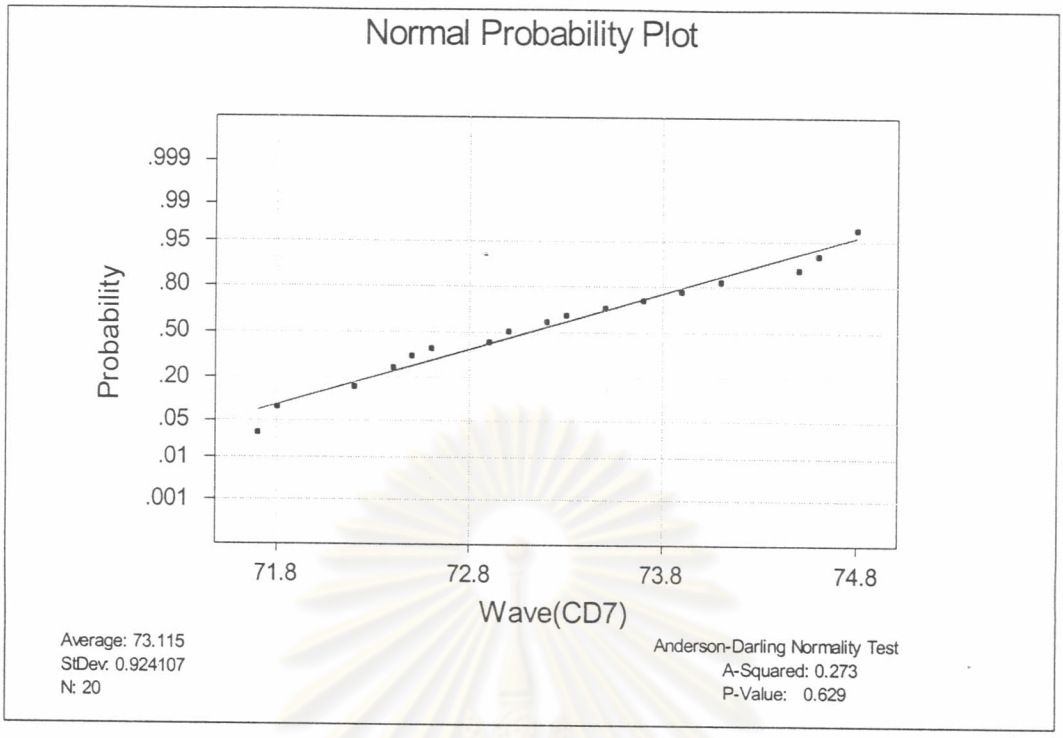
พร่องจากปัจจัยอื่น ซึ่งในที่นี้คือตำแหน่งที่ 6 และปรับควบคุม rectifier roll speed ที่ 12 rpm เพื่อไม่ให้มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามขวางเครื่อง และปรับ Slice Adjusting Screw ตำแหน่ง 7 และ 6 ที่ 0 เท่ากัน ซึ่งจากการทดลองแล้วเก็บกระดาษมาหาน้ำหนักมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากตำแหน่งที่ 7 ซึ่ง ตะแกรงเป็นลอนและตำแหน่งที่ 6 ซึ่งตะแกรงไม่เป็นลอนมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยผลของน้ำหนักตัวอย่างกระดาษที่ชั่งได้และคำนวณเป็นน้ำหนักมาตรฐานเป็นดังภาคผนวกตารางที่ 14. และสามารถวิเคราะห์สมมติฐานได้ดังนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับคือ น้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากบริเวณที่ตะแกรงตำแหน่งที่ 6 ซึ่งปกติไม่เป็นลอน และบริเวณที่ตะแกรงตำแหน่งที่ 7 ซึ่งเป็นลอน มีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ ซึ่งได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 4-42 และ 4-43



รูปที่ 4-42 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากบริเวณที่ตะแกรงตำแหน่งที่ 6 ซึ่งปกติ



รูปที่ 4-43 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากบริเวณที่ตะแกรงตำแหน่งที่ 7 ซึ่งเป็นลอน

2. การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานเมื่อบริเวณที่ตะแกรงตำแหน่งที่ 6 ซึ่งปกติไม่เป็นลอน และบริเวณที่ตะแกรงตำแหน่งที่ 7 ซึ่งเป็นลอน ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$$

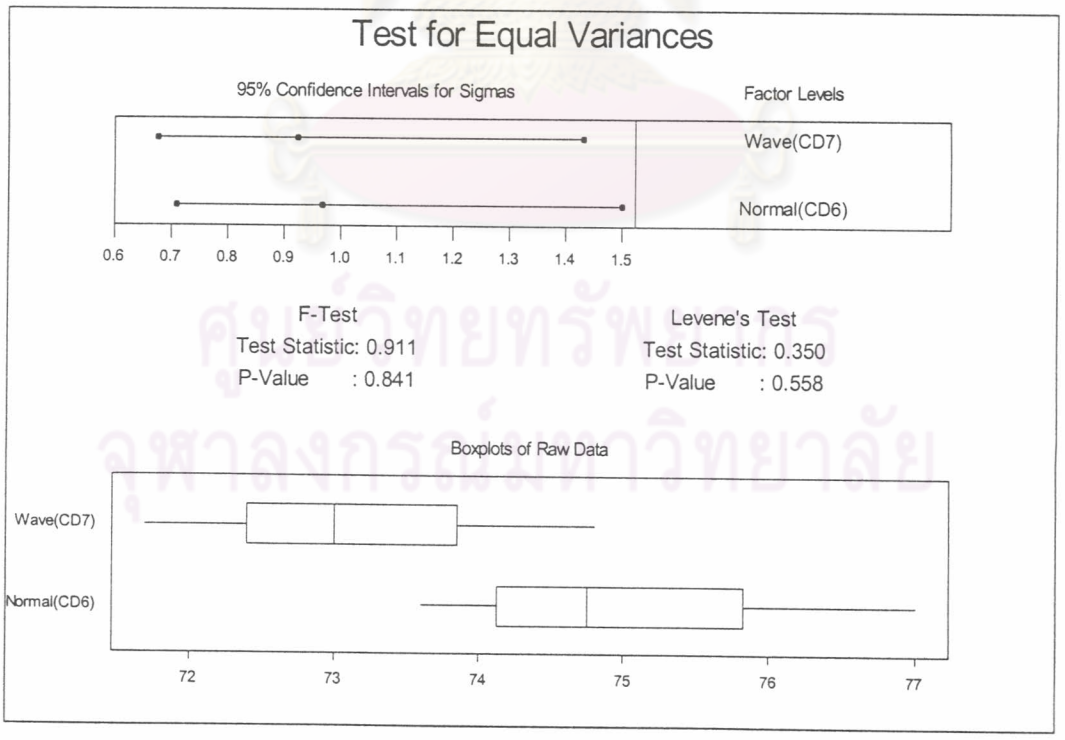
$$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากตะแกรงบริเวณตำแหน่งที่ 6 ซึ่งปกติไม่เป็นลอน และ σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากตะแกรงบริเวณตำแหน่งที่ 7 ซึ่งเป็นลอน ดังแสดงในตารางที่ 4-22 และ รูปที่ 4-44

ตารางที่ 4-22 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากตะแกรงเป็นลอน

Test for Equal Variances

```
Level1      Wave(CD7)
Level2      Normal(CD6)
ConfLvl     95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

   Lower     Sigma     Upper     N  Factor Levels

0.677027  0.924107   1.43172    20  Wave(CD7)
0.709275  0.968124   1.49991    20  Normal(CD6)


F-Test (normal distribution)


Test Statistic: 0.911
P-Value       : 0.841


Levene's Test (any continuous distribution)


Test Statistic: 0.350
P-Value       : 0.558
```



รูปที่ 4-44 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากตะแกรงเป็นลอน

จากผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากบริเวณที่ตะแกรงเป็นลอน ดังแสดงในตารางที่ 4-22 และ รูปที่ 4-44 พบว่า ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าตะแกรงที่เป็นลอนไม่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ความเชื่อมั่น 95%

และขั้นต่อไปคือการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากบริเวณที่ตะแกรงตำแหน่งที่ 6 ซึ่งปกติไม่เป็นลอน และบริเวณที่ตะแกรงตำแหน่งที่ 7 ซึ่งเป็นลอน โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากบริเวณที่ตะแกรงตำแหน่งที่ 6 ซึ่งปกติไม่เป็นลอน และ μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากบริเวณที่ตะแกรงตำแหน่งที่ 7 ซึ่งเป็นลอน

ตารางที่ 4-23 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยที่เกิดจากตะแกรงเป็นลอน

Test for Equal Variances: Wave(CD7) vs Normal(CD6)

Paired T-Test and CI: Wave(CD7), Normal(CD6)

```
Paired T for Wave(CD7) - Normal(CD6)

                N      Mean     StDev   SE Mean
Wave(CD7)      20    73.115     0.924     0.207
Normal(CD6)    20    74.940     0.968     0.216
Difference     20    -1.825     0.869     0.194

95% CI for mean difference: (-2.232, -1.418)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -9.39  P-Value = 0.000
```

จากผลการทดสอบสมมติฐานในตารางที่ 4-23 พบว่าค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าตะแกรงเป็นลอนมีผลให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

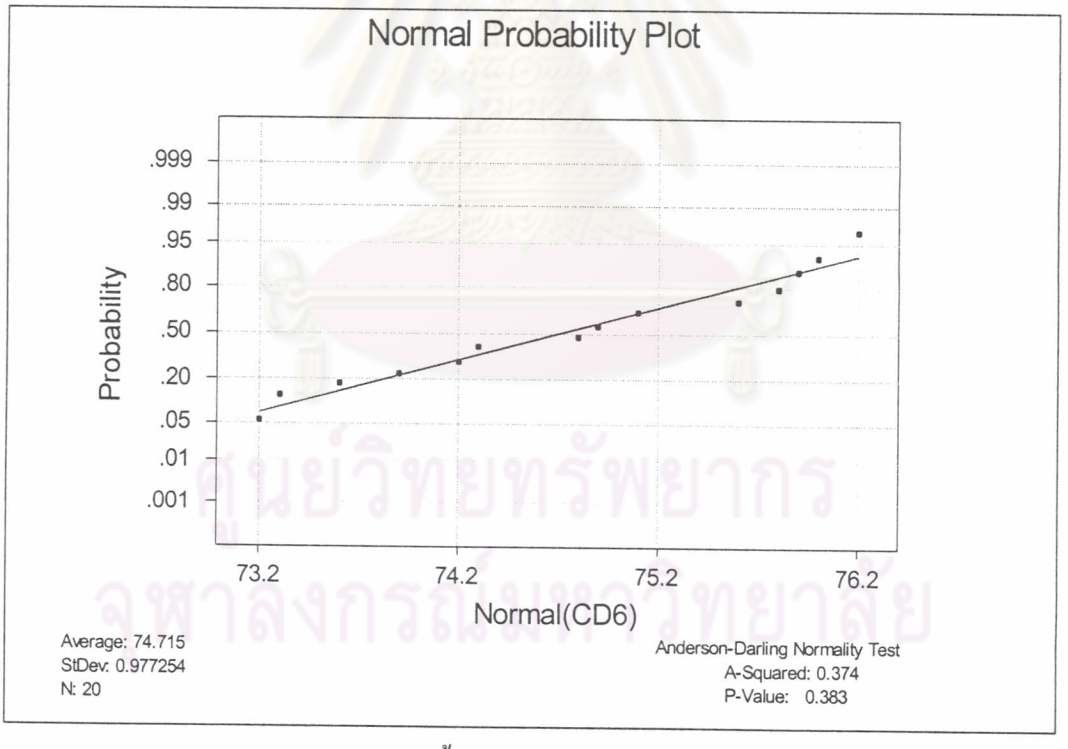
7. การวิเคราะห์สมมติฐานของ Applicator roll ผิวไม่เรียบที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน

จากการตรวจสอบสภาพผิวลูก Applicator roll no.1 พบว่าผิวตำแหน่งที่ 2, 4, 13 และ 15 มีรอยสึก ในขณะที่สภาพผิวลูก Applicator roll no.2 อยู่ในสภาพปกติ ดังนั้นจึงได้ทดสอบสมมติฐานของผิว Applicator roll no.1 มีรอยสึก ที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน โดยเลือกตำแหน่งที่มีข้อบกพร่องจากปัจจัย

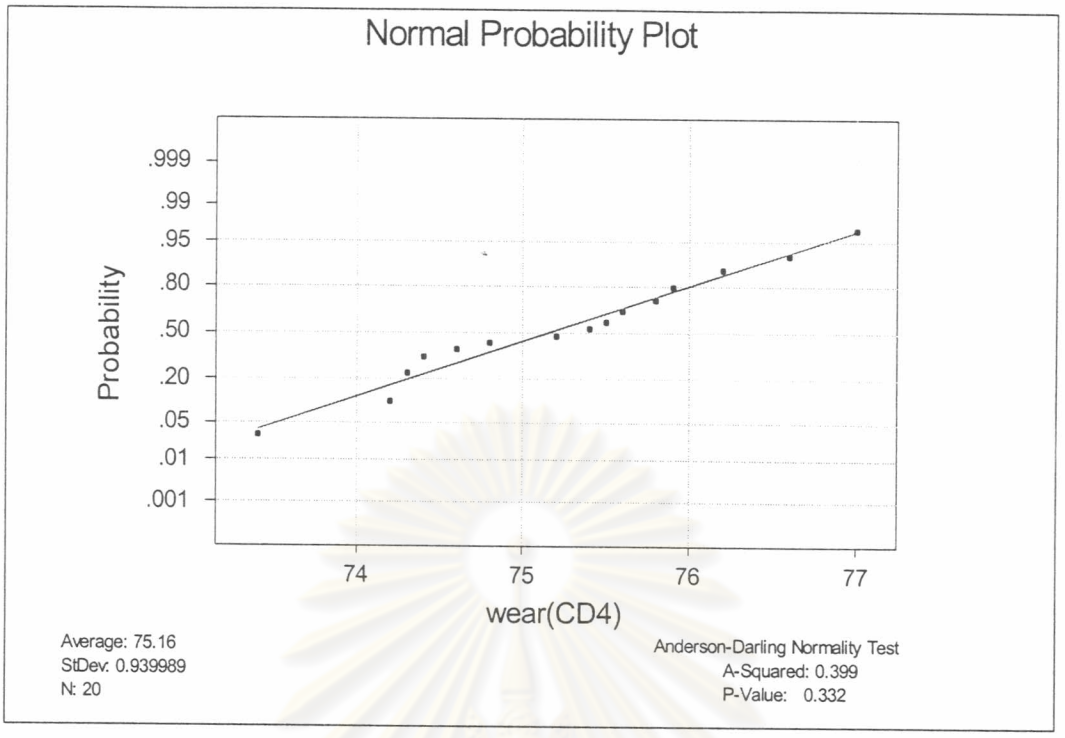
Applicator roll no.1 มีรอยสึกเพียงอย่างเดียวเท่านั้นโดยไม่มีข้อบกพร่องจากปัจจัยอื่น ซึ่งในที่นี้คือตำแหน่งที่ 4 และเลือกตำแหน่งที่ Applicator roll no.1 ผิวเรียบปกติ โดยไม่มีข้อบกพร่องจากปัจจัยอื่น ซึ่งในที่นี้คือตำแหน่งที่ 6 และปรับควบคุม rectifier roll speed ที่ 12 rpm เพื่อไม่ให้มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐานในแนวตามขวางเครื่อง และปรับ Slice Adjusting Screw ตำแหน่ง 4 และ 6 ที่ 0 เท่ากัน ซึ่งจากการทดลองแล้วเก็บกระดาษมาหาน้ำหนักมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากตำแหน่งที่ 4 ซึ่ง Applicator roll no.1 มีรอยสึก และตำแหน่งที่ 6 ซึ่ง Applicator roll no.1 ผิวเรียบปกติ มีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยผลของน้ำหนักตัวอย่างกระดาษที่ชั่งได้และคำนวณเป็นน้ำหนักมาตรฐานเป็นดังภาคผนวกตารางที่ 15. และสามารถวิเคราะห์สมมติฐานได้ดังนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับคือ น้ำหนักมาตรฐานที่ได้จากบริเวณที่ผิว Applicator roll no.1 บริเวณตำแหน่งที่ 6 ซึ่งปกติ และบริเวณตำแหน่งที่ 4 ซึ่งผิวมีรอยสึก มีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ ซึ่งได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 4-45 และ 4-46



รูปที่ 4-45 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากบริเวณที่ผิว Applicator roll no.1 บริเวณตำแหน่งที่ 6 ซึ่งปกติ



รูปที่ 4-46 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าน้ำหนักมาตรฐานจากบริเวณที่ผิว Applicator roll no.1 บริเวณตำแหน่งที่ 4 ซึ่งผิวมีรอยสึก

2. การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานเมื่อบริเวณที่ผิว Applicator roll no.1 บริเวณตำแหน่งที่ 6 ซึ่งปกติ และบริเวณตำแหน่งที่ 4 ซึ่งผิวมีรอยสึกผิว ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$$

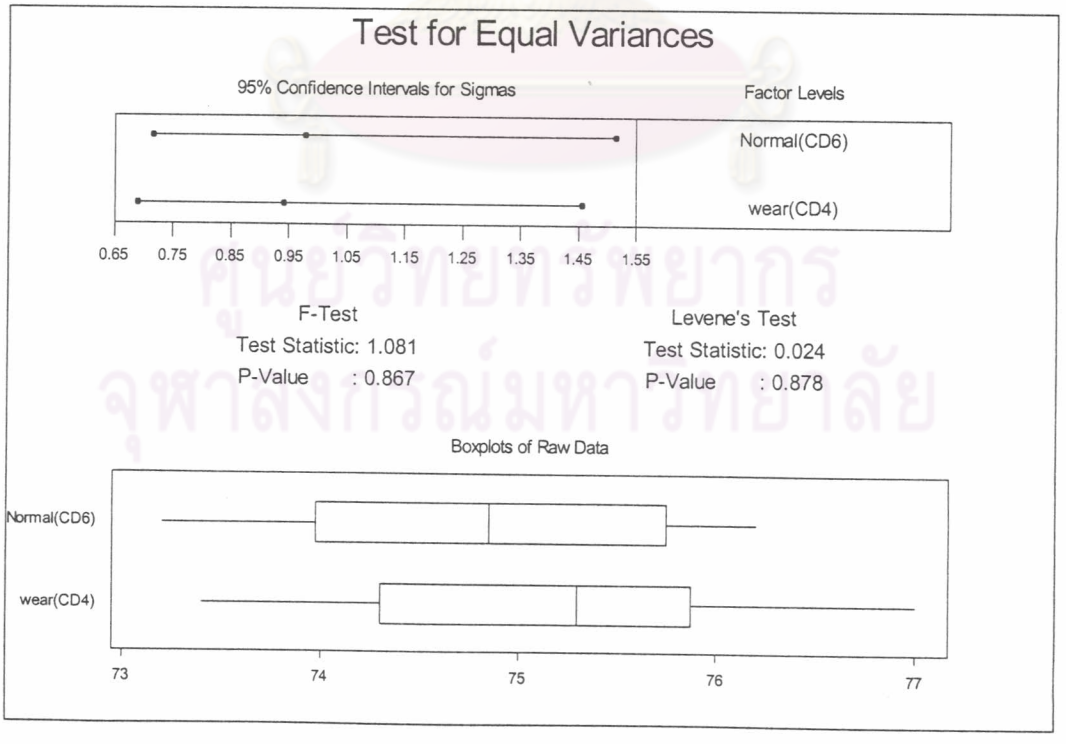
$$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากบริเวณที่ผิว Applicator roll no.1 บริเวณตำแหน่งที่ 6 ซึ่งปกติ และ σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากบริเวณที่ผิว Applicator roll no.1 บริเวณตำแหน่งที่ 4 ซึ่งผิวมีรอยสึก ดังแสดงในตารางที่ 4-24 และ รูปที่ 4-47

ตารางที่ 4-24 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากผิว Applicator roll no.1 มีรอยสึก

Test for Equal Variances

```
Level1      Normal(CD6)
Level2      wear(CD4)
ConfLvl     95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

   Lower     Sigma     Upper     N  Factor Levels

0.715965  0.977254   1.51406    20  Normal(CD6)
0.688663  0.939989   1.45632    20  wear(CD4)


F-Test (normal distribution)


Test Statistic: 1.081
P-Value       : 0.867


Levene's Test (any continuous distribution)


Test Statistic: 0.024
P-Value       : 0.878
```



รูปที่ 4-47 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากผิว Applicator roll no.1 มีรอยสึก

จากผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากบริเวณที่ผิว Applicator roll no.1 ผิวมีรอยสึก ดังแสดงในตารางที่ 4-24 และรูปที่ 4-47 พบว่า ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าบริเวณที่ผิว Applicator roll no.1 เป็นรอยสึกไม่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ความเชื่อมั่น 95%

และขั้นต่อไปคือการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากบริเวณที่ผิว Applicator roll no.1 บริเวณตำแหน่งที่ 6 ซึ่งปกติ และบริเวณตำแหน่งที่ 4 ซึ่งผิวมีรอยสึก โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากบริเวณที่ผิว Applicator roll no.1 บริเวณตำแหน่งที่ 6 ซึ่งปกติ และ μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานที่เกิดจากบริเวณตำแหน่งที่ 4 ซึ่งผิวมีรอยสึก

ตารางที่ 4-25 ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยที่เกิดจากผิว Applicator roll no.1 มีรอยสึก

Test for Equal Variances: Normal(CD6) vs wear(CD4)

Paired T-Test and CI: Normal(CD6), wear(CD4)

```
Paired T for Normal(CD6) - wear(CD4)

                 N      Mean     StDev   SE Mean
Normal(CD6)     20    74.715     0.977     0.219
wear(CD4)       20    75.160     0.940     0.210
Difference      20    -0.445     0.854     0.191

95% CI for mean difference: (-0.845, -0.045)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -2.33  P-Value = 0.031
```

จากผลการทดสอบสมมติฐานในตารางที่ 4-25 พบว่าค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า ผิวของ Applicator roll no.1 ที่มีรอยสึก มีผลให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

จากการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยต่างๆ สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐานได้ดังนี้

1. Rectifier roll speed ไม่เหมาะสม

   Rectifier roll speed ที่ 10 และ 11 rpm จะทำให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษในแนวตามขวางเครื่องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ Rectifier roll speed ที่ 12 rpm ไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษในแนวตามขวางเครื่องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2. Top slice เสียรูป

   Top Slice ตำแหน่งที่เสียรูป จะทำให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษแตกต่างจากตำแหน่งที่ Top Slice ปกติอย่างมีนัยสำคัญ

3. Top slice สกปรกมีเยื่อติดสะสม

   Top Slice ตำแหน่งที่มีเยื่อสะสมสกปรก จะทำให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษแตกต่างจากตำแหน่งที่ Top Slice ปกติอย่างมีนัยสำคัญ

4. ตะแกรงอุดตัน

   ตะแกรงตำแหน่งที่อุดตัน จะทำให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษแตกต่างจากตำแหน่งที่ตะแกรงไม่อุดตันอย่างมีนัยสำคัญ

5. การปรับ slice adjusting screw ต่างกัน

   การปรับ slice adjusting screw ที่ 0.150 mm. จะทำให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษแตกต่างจาก ตำแหน่งที่ปรับ slice adjusting screw ที่ 0 mm.อย่างมีนัยสำคัญ

6. ตะแกรงเป็นลอน

   ตะแกรงตำแหน่งที่เป็นลอน จะทำให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษแตกต่างจากตำแหน่งที่ตะแกรงไม่เป็นลอนอย่างมีนัยสำคัญ

7. Applicator roll no.1 ผิวไม่เรียบ

   Applicator roll no.1 ผิวมีรอยสึกไม่เรียบ จะทำให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษแตกต่างจาก ตำแหน่งที่ Applicator roll no.1 ผิวปกติอย่างมีนัยสำคัญ

หรือสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-26

ตารางที่ 4-26 สรุปการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อน้ำหนักมาตรฐาน

ปัจจัยที่นำเข้าทดสอบ	P-value	Significant
1. Rectifier roll speed		
- 10 rpm	0.009	sig.
- 11 rpm	0.026	sig.
- 12 rpm	0.286	nonsig.
2. Top Slice เสียรูป	<0.001	sig.
3. Top Slice สกปรก	<0.001	sig.
4. ตะแกรงอุดตัน	<0.001	sig.
5. ปรับ Slice Adjusting Screw แตกต่างกัน	0.002	sig.
6. ตะแกรงเป็นลอน	<0.001	sig.
7. ผิว Applicator Roll no.1 ผิวสึกไม่เรียบ	0.031	sig.

โดยในการลดความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานกระดาษจะต้องนำปัจจัยเหล่านี้มาดำเนินแก้ไขต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย