

บทที่ 4 การดำเนินงานและผลการวิจัย

ในบทนี้จะเป็นการวิเคราะห์ถึงการดำเนินงานและผลงานวิจัย โดยมีการเก็บรวบรวมจากสถานการณ์ผลิตผลปัจจุบันเพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการทำงานเพื่อนำมาแก้ไขและปรับปรุงให้กระบวนการจัดงาด้วยลื้อผ้ามีเวลาที่ใช้ในงานจัดสั้นลง และลดของเสียจากขั้นตอนการจัดงาด้วยลื้อผ้า จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การหาประสิทธิภาพชนิดของสารจัดงาที่ส่งผลดีต่อการจัดงาด้วยลื้อผ้า และการหาปัจจัยที่ส่งผลดีต่อประสิทธิภาพในการจัดงาด้วยลื้อผ้า ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังนี้ ผลการออกแบบการทดลองแบบ 2^k แบบมีจุดเซ็นเตอร์ อภิปรายผลการทดลองและบทสรุป

4.1 การดำเนินการออกแบบการทดลองแบบ 2^k แบบมีจุดเซ็นเตอร์

ในการออกแบบการทดลองแบบ 2^3 มีการทดลองซ้ำ 2 รอบ รอบละ 8 การทดลอง และมีจุดเซ็นเตอร์ 2 จุด การออกแบบการทดลองนี้จะเป็นการสุ่ม โดยการทดลองแรกเริ่มจาก เงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ตามตารางที่ 3.8 ซึ่งทำการทดลองตามลำดับ ดังภาคผนวก จ

4.1.1 การวิเคราะห์ลักษณะความเป็นเส้นตรง

จากข้อมูลค่าความหยาบผิวที่ได้จากการทดลอง ผู้ทำการวิจัยจะทดสอบสมมติฐานที่ว่าสมการทำนายผลมีลักษณะความเป็นเส้นตรง ดังสมมติฐานว่า

H_0 : สมการทำนายผลความเป็นเส้นตรง

H_1 : สมการทำนายผลไม่เป็นเส้นตรง

ตารางที่ 4.1 ค่าผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดลอง

Factorial Fit: Roughness versus Speed, Time, Force					
Estimated Effects and Coefficients for Roughness (coded units)					
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.055813	0.000377	147.92	0.000
Speed	-0.000125	-0.000062	0.000377	-0.17	0.872
Time	-0.006625	-0.003312	0.000377	-8.78	0.000
Force	-0.009375	-0.004687	0.000377	-12.42	0.000
Speed*Time	0.000125	0.000063	0.000377	0.17	0.872
Speed*Force	-0.001625	-0.000813	0.000377	-2.15	0.060
Time*Force	-0.001125	-0.000562	0.000377	-1.49	0.170
Speed*Time*Force	0.001125	0.000562	0.000377	1.489	0.170
Ct Pt		0.001188	0.001132	1.05	0.321
S = 0.00150923 PRESS = 0.0000794844					
R-Sq = 96.41% R-Sq(pred) = 86.08% R-Sq(adj) = 93.22%					

จากการวิเคราะห์ตาราง 4.1 พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความหยาบผิวที่ให้ค่าต่ำสุดจากการขัดด้วย ล้อฝ้ายคือ ค่าเวลาในการขัด (Time) และแรงที่ใช้ขัด (Force) ซึ่งเป็นปัจจัยหลัก (Main effect) โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ในระดับความเชื่อมั่น 93.22% เมื่อพิจารณาถึงค่าค่าจุด เซ็นเตอร์ (Center point) จากค่า P-Value จะเห็นว่า มีค่า 0.321 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่า ค่าจุด เซ็นเตอร์ (Center point) ไม่มีความเป็นเส้นตรงต่อค่าความหยาบผิวที่มีความเชื่อมั่น 95%

เมื่อค่าของจุดเซ็นเตอร์ไม่มีผลต่อลักษณะความเป็นเส้นตรงของค่าความหยาบผิวจึงทำการตัดการทดลองแบบจุดเซ็นเตอร์และค่าที่ไม่ส่งผลต่อค่าความหยาบผิวออกของในการออกแบบการทดลองแบบ 2^3 แบบจุดเซ็นเตอร์ ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลังจากตัดปัจจัยค่าที่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความหยาบผิว

Factorial Fit: Roughness versus Time, Current					
Estimated Effects and Coefficients for Roughness (coded units)					
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.055944	0.000403	138.87	0.000
Speed	-0.006625	-0.003312	0.000427	-7.75	0.000
Time	-0.009375	-0.004687	0.000427	-10.97	0.000
S = 0.00170918 PRESS = 0.0000637006					
R-Sq = 92.33% R-Sq(pred) = 88.84% R-Sq(adj) = 91.30%					

Analysis of Variance for Roughness (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	0.00052712	0.00052712	0.00026356	90.22	0.000
Time	1	0.00017556	0.00017556	0.00017556	60.10	0.000
Force	1	0.00035156	0.00035156	0.00035156	120.34	0.000
Residual Error	14	0.00004131	0.00004131	0.00000292		
Curvature	1	0.00000251	0.00000251	0.00000251	0.85	0.372
Lack of Fit	1	0.00000506	0.00000506	0.00000506	1.82	0.201
Pure Error	13	0.00003625	0.00003625	0.00000279		
Total	15	0.00057094				
Estimated Coefficients for Roughness using data in uncoded units						

Analysis of Variance for Roughness (coded units)(ต่อ)

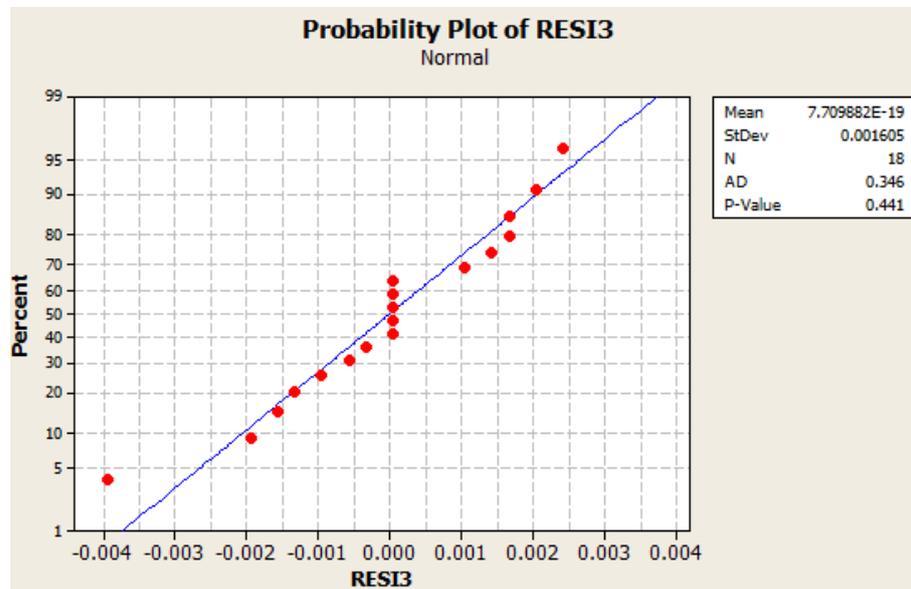
Term	Coef
Constant	0.0930784
Time	-0.00110417
Force	-4.46429E-04

จากตารางที่ 4.2 การประมวลผลของโปรแกรมคำนวณผลของ MINITAB 16 และตัดปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความหยาบผิวออก มีค่า R-Sq(adj) เท่ากับ 91.30 % ซึ่งมีค่าที่ลดลงเล็กน้อย แต่ยังปัจจัย

ที่มีผลต่อค่าความหยาบผิว มี 2 ปัจจัย คือ ค่าเวลาการขัด(Time)และค่าแรงที่ใช้ขัด(Force)ที่ให้ค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ทั้ง 2 ปัจจัยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.1.2 การตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล

การดำเนินการทดลองแบบ 2^3 แบบมีจุดเซ็นเตอร์จำเป็นต้องตรวจสอบข้อมูลเพื่อให้ทราบว่าข้อมูล การแจกแจงปกติของข้อมูล เพื่อใช้ในการทดลองสามารถที่วิเคราะห์ขั้นตอนอื่นได้อย่างถูกต้องผลการทดลองเป็นไปตามรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2

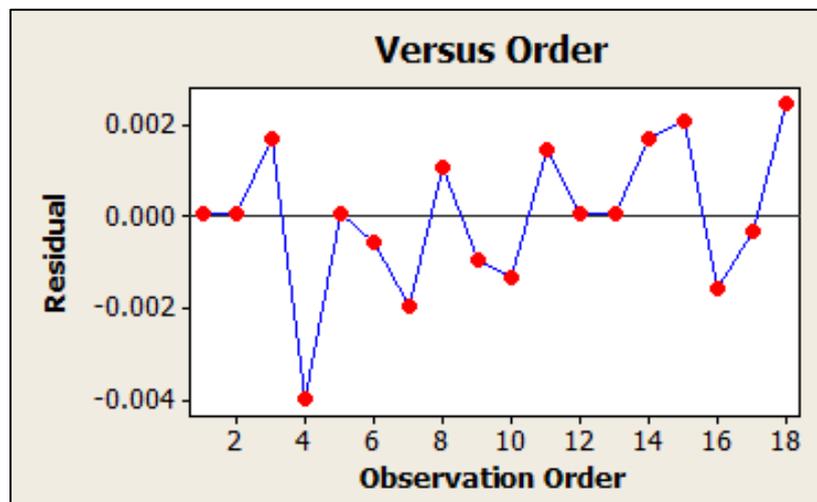


รูปที่ 4.1 การกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง

เมื่อพิจารณาการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าข้อมูลมีการเรียงตัวกันเป็นแนวเส้นตรง ความห่างระหว่างจุดแต่ละจุดต้องใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่แต่ยังมีบางข้อมูลที่ออกห่างจากเส้นเล็กน้อยแตกต่างกันไปบ้างและสามารถสังเกตได้จากค่า P-Value เท่ากับ 0.441 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 หมายความว่า ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.1.3 การตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าส่วนตกค้าง

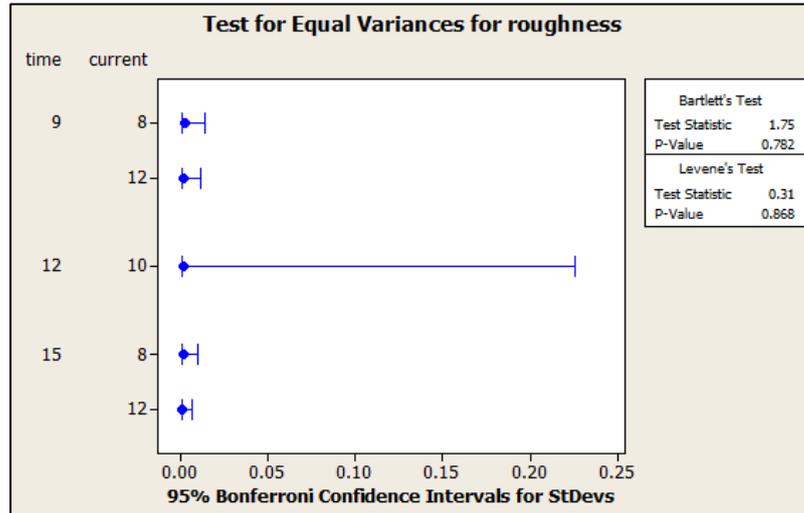
การตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าส่วนตกค้าง ทำได้โดยการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล จะพิจารณาจากแผนภูมิการกระจายตัวซึ่งทดสอบความสัมพันธ์ของส่วนตกค้าง ค่าตกค้างแต่ละค่าควรเป็นอิสระแก่กัน การกระจายตัวต้องกระจายตัวทั่วไปโดยไม่มีแนวโน้ม ดังรูปที่ 4.4 การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างเทียบกับลำดับเวลาในการเก็บข้อมูล พบว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างจากผลการทดลอง ค่าความหยابผิวที่มีรูปแบบการกระจายตัวที่ไม่สามารถทำนายรูปแบบได้แน่นอน แสดงว่าค่าส่วนตกค้างเป็นอิสระต่อกัน (Independent)



รูปที่ 4.2 ค่าส่วนตกค้างของความหยابผิว

4.1.4 การตรวจสอบการแปรปรวนของข้อมูล

ในการตรวจสอบความเสถียรภาพของความแปรปรวนของข้อมูล โดยทำการทดลองแบบ 2^3 แบบมีจุดเซ็นเตอร์ โดยค่าที่มีผลต่อค่าความหยาบผิวซึ่งเป็นไปตาม รูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ค่าความแปรปรวนของข้อมูล

จากตารางที่ 4.3 สามารถสังเกตได้จากค่า P-Value เท่ากับ 0.868 ของความแปรปรวนของข้อมูล ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 หมายความว่า ข้อมูลมีความเสถียรภาพของข้อมูล

จากการประเมินคุณสมบัติทั้ง 3 ประการของข้อมูล สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีคุณสมบัติทั้ง 3 ประการ คือ มีความสม่ำเสมอ มีการแจกแจงแบบปกติ และมีเสถียรภาพของความแปรปรวน ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ได้อย่างสมเหตุสมผล

4.2 การหาขนาดสิ่งตัวอย่างที่เหมาะสม

เพื่อป้องกันค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ จึงทำการพิจารณาหาขนาดสิ่งตัวอย่างที่เหมาะสม โดยวิเคราะห์อำนาจจำนวนตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป โดยมีค่าความแตกต่างสูงสุด 0.004 ซึ่งเป็นค่า ความแตกต่างของ ค่าความหยาบผิวสูงสุดของการสุ่มจากตัวอย่างในสายการผลิตที่สามารถยอมรับได้ กับค่าความหยาบผิวเฉลี่ย โดยทดลองทดสอบ 2 3 4 5 การทำซ้ำ

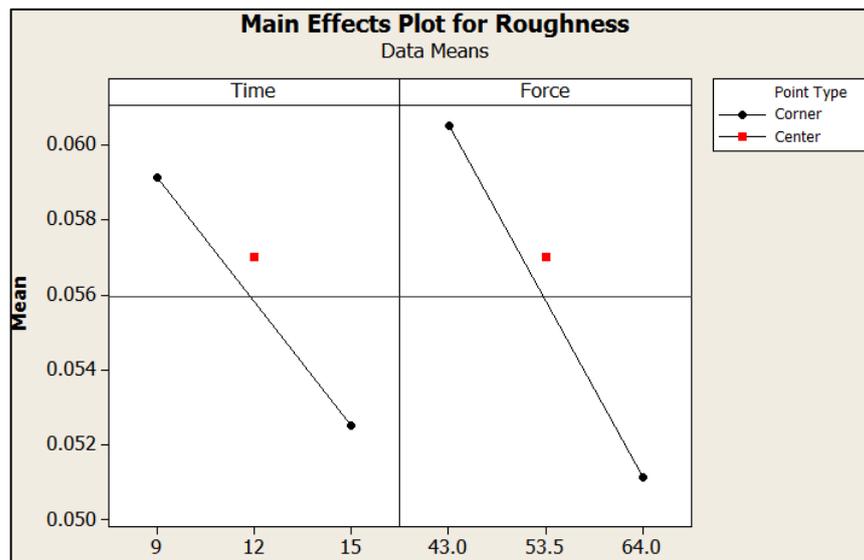
ซึ่ง ให้ความเชื่อมั่น 98 % ตั้งแต่ 2 การทำซ้ำ ซึ่งมีความเชื่อมั่นที่เพียงพอ จึงเลือกการ 2 ทำซ้ำในการทดลองโดยคำนวณค่าจากโปรแกรม MINITAB 16 ดังรูปที่ 4.4

2-Level Factorial Design					
Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 0.00170918					
Factors: 3 Base Design: 3, 8					
Blocks: none					
Center Points	Effect	Reps	Total Runs	Power	
0	0.004	2	16	0.98252	
0	0.004	3	24	0.99967	
0	0.004	4	32	0.99999	
0	0.004	5	40	1.00000	

รูปที่ 4.4 การตรวจสอบขนาดสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

4.3 การวิเคราะห์ปัจจัยหลักของการทดลอง (Main Effect)

การวิเคราะห์ของโปรแกรม MINITAB 16 สามารถสร้างกราฟของปัจจัยหลัก (Main Effect) ของการทดลองได้ดังนี้



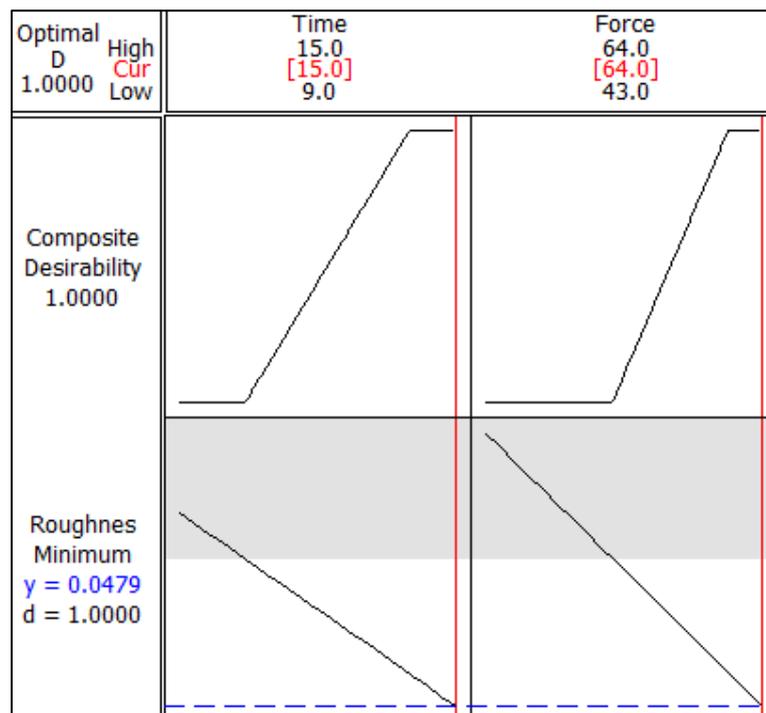
รูปที่ 4.5 ปัจจัยหลักของกระบวนการขัด

แทนค่า ในสมการที่ (4.1)

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าความหยาบผิว} &= 0.0930784 - 0.00110417(15) - 0.00234375(64) & (4.2) \\
 &= 0.0930784 - 0.01656255 - 0.0286 \\
 &= 0.0479 \text{ ไมโครเมตร}
 \end{aligned}$$

4.5 การหาพารามิเตอร์ในการผลิตที่เหมาะสม

โดยค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปรับตั้งเครื่องจักรคือปรับตั้งค่าปัจจัยที่แรงในการขัด 64 นิวตัน และเวลาของกระบวนการขัดคือ 15 วินาที ที่ให้ค่าความหยาบผิว 0.0479 ไมโครเมตร จากการทดลองเราสามารถหาค่าความเหมาะสมที่สุด เป็นไปตามดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.6 ค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดของค่าความหยาบผิว

4.6 การทดลองในสายการผลิตจริง

เมื่อได้ค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในการตั้งค่าของเครื่องขัด จึงได้นำไปประยุกต์ใช้กับการผลิตจริง โดยจากการสุ่มเพื่อหาค่าเฉลี่ยของความหยาบผิวโดยเลือกแรงในการขัด 64 นิวตัน และใช้เวลา 15 วินาที ซึ่งมี มิโดยสุ่มเป็นจำนวน 10 ใบ จากสายการผลิต โดยวัดค่า 4 จุด มีค่าเฉลี่ยของความหยาบผิว 0.047 ไมโครเมตร มีค่าตรงตามผลการทดลอง ซึ่งสามารถลดเวลาของกระบวนการขัดหม้อสแตนเลสด้วยล้อผ้า 5 วินาที คือ ลดจาก 20 วินาที เหลือ 15 วินาที ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 และสามารถเพิ่มอัตราการผลิต 60 ใบ ต่อชั่วโมง มีค่าการทดลองตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าการทดลองในสายการผลิตจริง

ชั้นงาน	จุดวัด (ไมโครเมตร)				ค่าเฉลี่ย (ไมโครเมตร)
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	
1	0.048	0.049	0.046	0.047	0.048
2	0.045	0.047	0.043	0.045	0.045
3	0.045	0.046	0.047	0.046	0.046
4	0.047	0.048	0.047	0.05	0.048
5	0.048	0.046	0.048	0.047	0.047
6	0.045	0.048	0.048	0.046	0.047
7	0.046	0.047	0.048	0.049	0.048
8	0.046	0.047	0.047	0.05	0.048
9	0.048	0.046	0.045	0.046	0.046
10	0.047	0.048	0.048	0.047	0.048
ค่าเฉลี่ย (ไมโครเมตร)					0.047
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					0.0014

4.6.1 การทดสอบค่าเฉลี่ยของสายการผลิตจริง

เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความหยาบผิวของสายการผลิตจริงที่มีค่าเฉลี่ย 0.047 ไมโครเมตร กับค่าเฉลี่ยความหยาบผิวที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.0479 ไมโครเมตร ว่าค่าความหยาบผิวทั้ง 2 ค่า สามารถเป็นที่น่าเชื่อถือได้หรือไม่

ตั้งสมมติฐานการทดสอบ

$H_0: \mu \leq 0.0479$ (ค่าเฉลี่ยของสายการผลิตจริงมีค่า น้อยกว่า 0.0479 ไมโครเมตร)

$H_1: \mu > 0.0479$ (ค่าเฉลี่ยของสายการผลิตจริงมีค่า มากกว่า 0.0479 ไมโครเมตร)

ตารางที่ 4.4 การทดสอบค่าเฉลี่ยของสายการผลิตจริง

One-Sample T							
Test of mu = 0.0479 vs > 0.0479							
95% Upper							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	Bound	T	P
Roughness	10	0.046925	0.000921	0.000291	0.046391	-3.35	0.996

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าเฉลี่ยของสายการผลิตจริงที่มีค่าเฉลี่ยความหยาบผิวที่ 0.047 ไมโครเมตร ได้ทำการทดสอบจากโปรแกรม MINITAB 16 ด้วยให้ค่า P-Value 0.996 ซึ่งมีค่า มากกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_0 ซึ่งแสดงว่าการทดลองในสายการผลิตจริงสามารถทำให้ค่าความหยาบผิวค่าเฉลี่ยของสายการผลิตจริงมีค่า เท่ากับหรือน้อยกว่า 0.0479 ไมโครเมตร

4.7 อภิปรายผลการทดลอง

จากการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบว่า ในการกระบวนการขัดล่อผ้าเป็นกระบวนการสุดท้ายของการขัด ต้องใช้ สารขัดสีผ้า ที่เหมาะกับการขัดด้วยผ้าชนิดอ่อนของผิวสุดท้าย โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อความหยาบผิวของสแตนเลส คือ เวลาของการขัดและแรงในการขัด เมื่อเราให้เวลาการขัดมากขึ้นจะทำให้ค่าความหยาบผิวมีค่าลดลง และเมื่อมีการเพิ่มแรงในการขัดมากขึ้นจะทำให้เกิดแรงของการขัดมากขึ้นส่งผลให้ค่าความหยาบผิวลดลง ซึ่งเกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเป็นการบังคับให้เกิดแรงกด

ทำให้เกิดการตัดผิวชิ้นงานตามที่ W.Burkart and K.Schmoltz ได้กล่าวไว้ในหนังสือ Grinding and Polishing [4] และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พจนศักดิ์ พงนาและชนะ รัชศิริ [8] ได้ศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการขัดผิวเหล็กแข็งด้วยหัวขัดการประยุกต์ใช้ความสามารถของเครื่องกัดซีเอ็นซีสามแกนในกระบวนการขัดผิวเหล็กแข็งชนิด S45C โดยใช้หัวขัดผ้าสักหลาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรร่วมกับสารขัดสีชนิดเหลวที่มีส่วนประกอบของผงเพชรซึ่งมีขนาดอนุภาค 0.6 ไมครอน จนให้ค่าความหยาบผิวต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามความเร็วรอบที่ใช้ในการขัดสแตนเลสด้วยล้อยี่ห้อเดียวกันยังมีปัจจัยร่วมที่มีความสำคัญต่อการขัดด้วย ซึ่งยังมีอีกหลายปัจจัยปัจจัยที่ยังมีผลต่อการขัดเช่นขนาดของล้อยขัดและชนิดวัสดุขัดอีกด้วย การที่เราหาปัจจัยที่มีความเหมาะสมกับการทำงานเราจะสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานและลดเวลาในการทำงานได้เป็นอย่างดี

ถึงแม้ว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ ปรับตั้งค่าแรงขัด 64 นิวตัน และเวลาของกระบวนการขัดคือ 15 วินาที จะได้ค่าความหยาบผิวที่ต่ำสุด อย่างไรก็ตามหากมองถึงความประหยัดในส่วนของการใช้จ่ายซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ความเร็วรอบที่สูง เนื่องจากค่าของความเร็วรอบของมอเตอร์ไม่มีผลต่อค่าความหยาบผิว จึงสามารถเลือกใช้ความเร็วรอบที่ต่ำที่สุดได้ เพื่อการประหยัดค่าไฟฟ้าลดลงได้

4.8 บทสรุป

จากแนวทางการแก้ไขการจากดำเนินการใช้กลุ่มตัวอย่าง คือ หม้อสแตนเลสที่ผ่านกระบวนการขัดด้วยล้อยทราย และล้อยโป โดยใช้อุปกรณ์คือ เครื่องขัดกึ่งอัตโนมัติ ล้อยผ้าสีขาว สารขัดสีฟ้าและสีม่วง อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้าและฟิซเจอร์เพื่อช่วยจับชิ้นงาน โดยทำการทดลองมี 2 ขั้นตอน คือการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารขัดระหว่างสารขัดสีฟ้าและสารขัดสีม่วง ซึ่งสารขัดสีฟ้ามีประสิทธิภาพที่ดีกว่า จึงนำไปใช้ในการทดลองขั้นที่ 2 ต่อไป การทดลองขั้นที่ 2 จากการออกแบบการทดลองพบว่า ใช้การทดลอง แบบ 3 ปัจจัย 2 ระดับ ที่มีจุดเซ็นเตอร์ ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าความหยาบผิวคือ เวลา และแรงในการขัด ให้ค่าความหยาบผิวที่ต่ำที่สุดคือ 0.0479 ไมโครเมตร ซึ่งค่าความหยาบของพื้นผิวนั้นมีผลโดยตรงต่อความเงามันของผิวชิ้นงาน เราอาจประมาณค่าความหยาบได้จากความเป็นเงามัน[6] จากการทดลองสามารถลดเวลาของกระบวนการ

ขัดหม้อสแตนเลสด้วยล้อผ้า 5 วินาที คือ ลดจาก 20 วินาที เหลือ 15 วินาที ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 และสามารถเพิ่มอัตราการผลิต 60 ใบ ต่อชั่วโมง จากผลการทดลองดังกล่าว มีผลสอดคล้องกับงานวิจัยของได้ศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการขัดผิวเหล็กแข็งด้วยหัวขัดการประยุกต์ใช้ความสามารถของเครื่องกัดซีเอ็นซีสามแกนในกระบวนการขัดผิวเหล็กแข็งชนิด S45C โดยใช้หัวขัดผ้าสักหลาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรร่วมกับสารขัดสีชนิดเหลวที่มีส่วนประกอบของผงเพชรซึ่งมีขนาดอนุภาค 0.6 ไมครอน จนให้ค่าความหยาบผิวต่ำที่สุดและ W.Burkart and K.Schmotz ได้กล่าวไว้ในหนังสือ Grinding and Polishing ว่าซึ่งการเกิดแรงกดมากทำให้เกิดการตัดผิวชิ้นงาน