TAM-21

การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรของการกัดตัวอักษรบนไม้มะพร้าวด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี

สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์[1], จักรนรินทร์ ฉัตรทอง[1],จุฬาลักษณ์ โรจนานุกูล[1]และ วรพงศ์ บุญช่วยแทน[1]
[1]สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
1 ถ.ราชดำเนินนอก ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา 90000

ผู้เขียนติดต่อ: สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์ E-mail: sitnong2@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อความขรุขระผิวในการกัดตัวอักษรบนไม้มะพร้าวด้วยเครื่องกัดควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้ดอกกัดเหล็กกล้ารอบสูง ปัจจัยที่ทำการทดลองประกอบด้วย มุมในการกัด ความเร็วรอบ อัตราป้อน และความลึกในการกัด ที่ให้ค่าความขรุขระผิวที่ยอมรับได้ในกระบวนการ ตัดแต่งผิวเฟอร์นิเจอร์ซึ่งมีค่าความขรุขระผิวอยู่ในช่วง 3.0-9.0 ไมโครเมตร ในการทดลองใช้ไม้มะพร้าวมีความชื้น 11-13% กำหนดมุมในการกัด 0-90 องศา ความเร็วรอบ 1,000-2,000 รอบ/นาที อัตราป้อน 100-500 มิลลิเมตร/นาที ความลึกในการกัด 1-5 มิลลิเมตร และจากการทดลองเบื้องต้น พบว่าความลึกในการกัดและอัตราป้อน ไม่มีผลต่อค่าความขรุขระผิวจึงกำหนดความลึกในการกัดไว้ที่ 3 มิลลิเมตร และอัตราป้อน 250 มิลลิเมตร/นาที จากการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลความขรุขระผิว คือ ความเร็วรอบ และมุมในการกัด โดยมีแนวโน้มว่าค่าความขรุขระผิวจะลดลง เมื่อใช้ความเร็วรอบสูงขึ้น ดังนั้นในการกัดไม้มะพร้าวด้วยดอกกัดเหล็กกล้ารอบสูงสามารถกำหนดสภาวะการกัดด้วยสมการ Ra = 3.68 + 0.000233Angle - 0.000253Speed สมการนี้ใช้กับความเร็วรอบอยู่ในช่วง 1,000-2,000 รอบ/นาที อัตราป้อนอยู่ในช่วง 100-500 มิลลิเมตร/นาที ความลึกในการกัด 3 มิลลิเมตร และนำค่าตัวแปรที่ได้ไปทำการทดลองกัดตัวอักษรแบบ 3 มิติ เพื่อหารูปแบบการเดินกัดที่ให้ค่าความขรุขระผิวที่ดีที่สุดและเวลาในการกัด

คำสำคัญ: เครื่องกัดควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์; ไม้มะพร้าว; ความขรุขระผิว

1. บทนำ

การแปรรูปไม้มะพร้าวเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์เป็นอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันกันสูง เนื่องจากไม้มะพร้าวเป็นไม้ค่อนข้างแข็ง มีความทนทานปานกลาง น้ำหนักเบา เนื้อไม้สีขาวนวล มีลวดลายสวยงาม และมีปริมาณมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้ อีกทั้งเป็นไม้ปลูกที่สามารถปลูกทดแทนได้ เป็นการลดการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรม นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ไม้มะพร้าวสามารถขายได้ทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ นับเป็นอุตสาหกรรมที่สมควรมีการพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าและประสิทธิภาพในการผลิตเป็นอย่างยิ่ง

จากการศึกษาการแปรรูปไม้ที่ปรากฏในเอกสารมีน้อยมาก พบว่ามีการศึกษากรณีไม้มะพร้าว ซึ่งเป็นไม้เชิงวัตถุดิบอุตสาหกรรมที่สำคัญที่สุดในภาคใต้ เป็นการศึกษาคุณสมบัติของไม้มะพร้าว และขั้นตอนในการผลิต แต่ยังไม่ปรากฏการแปรรูปไม้มะพร้าวมาศึกษาอย่างเป็นทางการ

ปัญหาในการแปรรูปไม้มะพร้าวมีหลายอย่าง เช่น การตัดไม้มะพร้าว การอบแห้งไม้มะพร้าว และการอัดน้ำยาเข้าเนื้อไม้เพื่อเป็นการป้องกันเนื้อไม้ขึ้นราหรือเปลี่ยนคุณสมบัติ เป็นต้น และปัญหาหนึ่งที่พบในอุตสาหกรรมการแปรรูปไม้มะพร้าวคือผิวของชิ้นงานไม้เมื่อผ่านการขึ้นรูปโดยผู้ผลิตต้องการผิวขรุขระน้อยที่สุด เพื่อให้ขนาดมีความเที่ยงตรงสูง ลักษณะความบกพร่องของพื้นผิวภายหลังการตัดเท่าที่มีการรายงานในกรณีของไม้เมืองหนาว มีดังนี้ การฉีกของเกรนพื้นผิว (Torn surface grain) การเกิดขุยหรือเส้น

ขนบนพื้นผิว (Raised hair) และการเกิดลายลูกคลื่นบนผิว (Surface pattern) (1) นอกจากความบกพร่อง 3 ประการแล้ว ยังต้องพิจารณาความขรุขระของพื้นผิว ที่สามารถวัดได้เป็นตัวเลข เช่น R_a, R_z เป็นต้น (2), (3)

จากการศึกษาไม่พบการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะพื้นผิวของไม้มะพร้าวในกรรมวิธีการกัดตัวอักษรบนไม้มะพร้าว งานวิจัยนี้จึงศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในการกัดตัวอักษรบนไม้มะพร้าวด้วยเครื่องกัดควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งปัจจุบันพบว่าการกัดตัวอักษรบนไม้ของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับหนึ่ง เช่น คุณภาพ และความสวยงาม แต่พบว่าเกิดปัญหาจากการตัดและคุณภาพผิวงานยังไม่ดีเท่าที่ควร นอกจากนี้พบว่าคนงานขาดความรู้และความชำนาญ ในการเลือกใช้สภาวะการตัดเฉือนเพื่อให้คุณภาพและการกัดงานไม้มะพร้าวที่เหมาะสม

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงศึกษาอิทธิพลของตัวแปรของการกัดตัวอักษรบนไม้มะพร้าวด้วยเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งคาดว่าจะเป็นประโยชน์กับอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้มะพร้าวในการเลือกใช้สภาวะการกัดที่เหมาะสม เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและการประหยัดเวลา และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น

2. เครื่องจักรอุปกรณ์และเครื่องมือ

ใช้เครื่องจักรอุปกรณ์และเครื่องมือ ประกอบด้วย

2.1 ชิ้นงานไม้มะพร้าวเป็นไม้มะพร้าวแห้งขนาดหน้าตัด 50×50 มม. ยาว 200 มม.มีความชื้นในเนื้อไม้ระหว่าง 11-13 % แสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ชิ้นงานไม้มะพร้าว

2.2 เครื่องมือตัด ใช้ดอกกัดเหล็กรอบสูงเอ็นมิล 2 คมตัด ยี่ห้อ รามา ทูล อีเอ็มเอส12 โคบอลท์ 8% (Rama tools EMS 12 Co 8%) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. ความยาวของดอกกัด 70 มม. แสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ดอกกัดเหล็กรอบสูงเอ็นมิล 2 คมตัด

2.3 เครื่องกัดควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ยี่ห้อเอ็มโก้ พีซี มิล50 (EMCO PC Mill 50) คุณลักษณะทางเทคนิคเบื้องต้น ประกอบด้วย ความเร็วรอบคงที่สูงสุด 2,500 รอบ/นาที อัตราป้อน 0-750 มม./นาที แสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 เครื่องกัดซีเอ็นซี (CNC Milling)

2.4 เครื่องวัดความขรุขระผิว ยี่ห้อ มิตูโตโย รุ่น เซิฟเทส 301 (Mitutoyo surf test 301)

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้การทดลองตอนที่ 1 การหาขนาดสิ่งตัวอย่างในการกัด ออกแบบการทดลองจะใช้โปรแกรม Minitab R.15 โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือระดับความเชื่อมั่น 95%

การทดลองตอนที่ 2 การทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อความขรุขระผิวโดยใช้สถิติในการ

วิเคราะห์ผลการทดลอง และใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (4), (5), (6), (7) ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อศึกษาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อความขรุขระผิว และใช้โปรแกรม Minitab R.15 ช่วยในการคำนวณค่าทางสถิติและทำการวิเคราะห์ผลการทดลองหลายปัจจัย แบบ 2^4 โดยค่าทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคืออัตราความเปลี่ยนแปลง (F-ratio) และค่าระดับความเชื่อมั่น 95% กำหนดปัจจัย 4 ปัจจัย ประกอบ ด้วย มุมในการกัด เทียบกับระนาบแกน X ของโต๊ะงานกัด มี 2 ระดับ คือ 0 องศา และ 90 องศา อัตราการป้อน มี 2 ระดับ คือ 100 มม./นาที และ 500 มม./นาที ความเร็วรอบมี 2 ระดับ คือ 1,000 รอบ/นาที และ 2,000 รอบ/นาทีความลึกในการกัด มี 2 ระดับคือ 1 มม. และ 5 มม.จากการออกแบบการทดลองแบบ 2^4 ได้สภาวะการทดลอง 16 สภาวะการกัดกำหนดลำดับสภาวะโดยวิธีการสุ่มแบบธรรมดา เพื่อลดความแปรปรวนของตัวแปรบางตัว แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab R.15

การทดลองตอนที่ 3 การทดลองปรับตัวแปรเพื่อหาค่าความขรุขระผิว โดยกำหนดความลึกของการกัด3 มม.มุมในการเดินกัด3 ระดับอัตราการป้อน 3 ระดับ และความเร็วรอบ 3 ระดับ เนื่องจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าความลึกไม่มีผลต่อความขรุขระผิว จึงได้ปรับคงที่ไว้

การทดลองตอนที่ 4 การทดลองเพื่อหาสมการที่เหมาะสมในการกัด

การทดลองตอนที่ 5 การทดลองเพื่อยืนยันผลเพื่อยืนยันว่าผลการทดลองให้ผลที่สอดคล้องกันโดยเป็นการนำสมการเชิงเส้นจากสมการการทดลองตอนที่ 4 นำมาพยากรณ์สภาวะการกัดที่เกิดจากการสุ่มเลือก เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลองว่าอยู่ในระดับความเชื่อมั่นหรือไม่

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 1 เพื่อหาขนาดสิ่งตัวอย่างในการกัด ออกแบบการทดลองจะใช้โปรแกรม Minitab R.15 โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการเก็บข้อมูลจากอัตราป้อน 100 มม./นาที ความเร็วรอบ 1,000 รอบ/นาที การทดลองซ้ำสภาวะในการกัด 12 ครั้ง สามารถหาค่าเฉลี่ยของความขรุขระผิวเท่ากับ 3.36 μm. ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.252 μm. ผลการหาขนาดสิ่งตัวอย่างในการกัด จะได้ว่าขนาดสิ่งตัวอย่างเท่ากับ 2 ถึง 4 ตัวอย่าง

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 2 การวิเคราะห์ผลการทดลองของความขรุขระผิวโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน จากการทดลองวัดความขรุขระผิวตามที่ได้ออกแบบไว้ได้ผลว่า R^2 มีค่าเท่ากับ 85.30% และค่า Adjusted R^2 มีค่าเท่ากับ 78.40% ซึ่งมีความหมายว่าถ้าหากความผันแปรในข้อมูลมี 100 μm. แล้วความผันแปร 85.30 μm^2. สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอย ส่วนปริมาณที่เหลือไม่สามารถอธิบายได้เนื่องจากสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้

ดังนั้นจะได้ว่าความผันแปรของข้อมูลวัดความขรุขระผิวส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ด้วยมุมในการเดินกัด และความเร็วรอบ แสดงว่าการออกแบบการทดลองนี้ถูกต้องและมีความเหมาะสม จึงสามารถวิเคราะห์ต่อไปได้ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 4

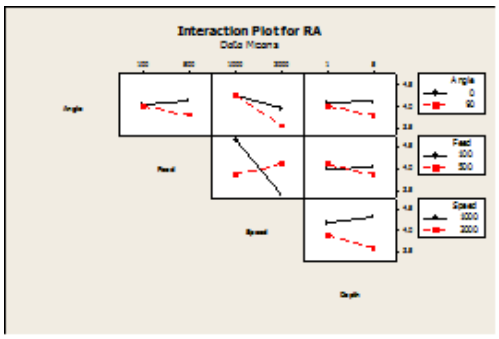
รูปที่ 4 รูปที่ 5 และ รูปที่ 6 จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความขรุขระผิวไม้มะพร้าวคือ มุมการเดินกัด และความเร็วรอบ โดยมีแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มมุมการเดินกัดจาก 0 องศา เป็น 90 องศาค่าความขรุขระผิวจะลดลง เมื่อปรับมุมการเดินกัดเพิ่มขึ้น และความเร็วรอบเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความขรุขระผิวของไม้มะพร้าวลดลงด้วย และจากรูปที่ 4 พบว่าปัจจัยร่วมอื่นๆ ส่งผลต่อความขรุขระผิว คือ มุมการเดินกัดกับความเร็วรอบ อัตราป้อนกับความเร็วรอบ จากการทดลองเบื้องต้น จึงได้มีการออกแบบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของ มุมการเดินมีดอัตราป้อนและความเร็วรอบต่อไป

Analysis of Variance for RA, using Adjusted SS for Tests

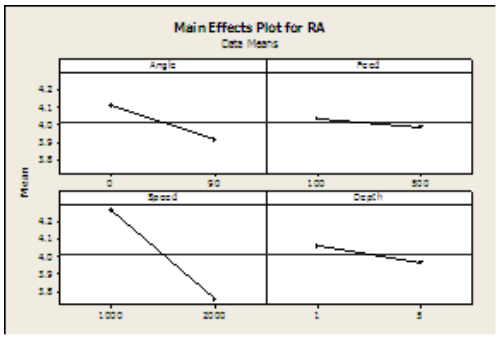
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Angle	1	0.47203	0.47203	0.47203	6.41	0.016
Feed	1	0.03101	0.03101	0.03101	0.42	0.521
Speed	1	3.15188	3.15188	3.15188	42.78	0.000
Depth	1	0.10830	0.10830	0.10830	1.47	0.234
Angle*Feed	1	0.27301	0.27301	0.27301	3.71	0.063
Angle*Speed	1	0.45241	0.45241	0.45241	6.14	0.019
Angle*Depth	1	0.19253	0.19253	0.19253	2.61	0.116
Feed*Speed	1	7.26963	7.26963	7.26963	98.67	0.000
Feed*Depth	1	0.26107	0.26107	0.26107	3.54	0.069
Speed*Depth	1	0.68641	0.68641	0.68641	9.32	0.065
Angle*Feed*Speed	1	0.14520	0.14520	0.14520	1.97	0.170
Angle*Feed*Depth	1	0.42941	0.42941	0.42941	5.83	0.052
Angle*Speed*Depth	1	0.16567	0.16567	0.16567	2.25	0.144
Feed*Speed*Depth	1	0.00963	0.00963	0.00963	0.13	0.720
Angle*Feed*Speed*Depth	1	0.02803	0.02803	0.02803	0.38	0.542
Error	32	2.35773	2.35773	0.07368		
Total	47	16.03397				

S = 0.271439 R-Sq = 85.30% R-Sq(adj) = 78.40%

รูปที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขรุขระผิว



รูปที่ 5 การปฏิสัมพันธ์ของความขรุขระผิว



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของความขรุขระผิวจากการเปลี่ยน ระดับของปัจจัยหลัก

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 3 การปรับตัวแปรเพื่อหาค่าความขรุขระผิว เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความขรุขระผิว จากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความขรุขระผิวของไม้มะพร้าว คือ มุมการเดินกัด ความเร็วรอบ และปัจจัยร่วมอัตราป้อนกับความเร็วรอบ และมุมการเดินกัดกับความเร็วรอบมีผลต่อความขรุขระผิวของไม้มะพร้าว ดังนั้นในการทดลองตอนที่ 3 นี้ได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ในการทดลองคือ มุมการเดินกัด คือ 0, 45 และ 90 องศา อัตราป้อน 3 ระดับ คือ 100, 250, 500 มม./นาทีความเร็วรอบ คือ 3 ระดับ คือ 1,000, 1,500, 2,000 รอบ/นาที และกำหนดความลึกในการกัดคงที่ 3 มม. เนื่องจากไม่ส่งผลต่อการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองของการทดสอบวัดความขรุขระผิว ด้วยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนจากการทดลองวัดวามขรุขระผิว ตามที่ได้ออกแบบไว้ได้ผลว่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าเท่ากับ 76.94 % และค่า Adjust R^2 มีค่าเท่ากับ 65.84 % ซึ่งมีความหมายว่าถ้าหากความผันแปรในข้อมูลมี 100 µm. แล้วความผันแปร 76.94 µm. สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอย ส่วนปริมาณที่เหลือไม่สามารถได้เนื่องจากสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้

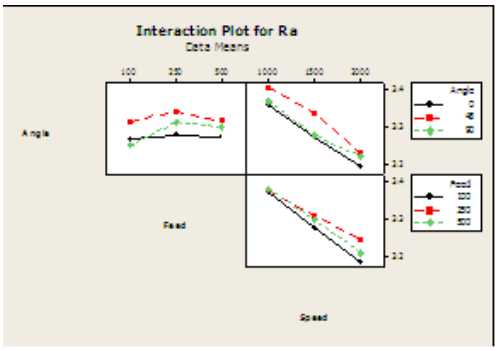
ดังนั้นจะได้ว่าความผันแปรของข้อมูลวัดความขรุขระผิวส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ ด้วยมุมการเดินกัด และความเร็วรอบ แสดงว่าการออกแบบการทดลองนี้ถูกต้องและมีความเหมาะสม จึงสามารถวิเคราะห์ต่อไปได้ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยผลการวิเคราะห์แสดงรูปที่ 7

Analysis of Variance for Ra, using Adjusted SS for Tests

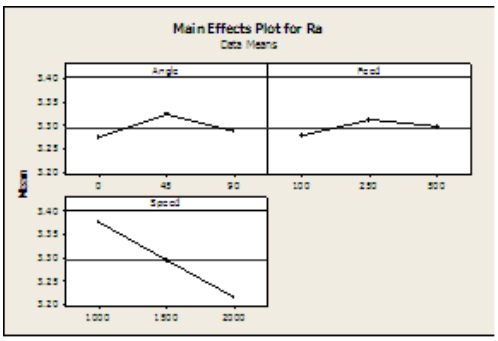
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Angle	2	0.036200	0.036200	0.018100	7.38	0.001
Feed	2	0.014430	0.014430	0.007215	2.94	0.061
Speed	2	0.356941	0.356941	0.178470	72.79	0.000
Angle*Feed	4	0.008948	0.008948	0.002237	0.91	0.463
Angle*Speed	4	0.006593	0.006593	0.001648	0.67	0.614
Feed*Speed	4	0.007052	0.007052	0.001763	0.72	0.583
Angle*Feed*Speed	8	0.011593	0.011593	0.001449	0.59	0.781
Error	54	0.132400	0.132400	0.002452		
Total	80	0.574156				

S = 0.0495162 R-Sq = 76.94% R-Sq(adj) = 65.84%

รูปที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขรุขระผิว



รูปที่ 8 การปฏิสัมพันธ์ของความขรุขระผิว



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของความขรุขระผิวจากการเปลี่ยนระดับของปัจจัยหลัก

จากรูปที่ 7 รูปที่ 8 และรูปที่ 9 พบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความขรุขระไม้มะพร้าว คือความเร็วรอบ และมุมการเดินกัด โดยมีแนวโน้มว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มจะทำให้ค่าความขรุขระผิวจะลดลง และจากรูปที่ 7 พบว่าปัจจัยร่วมอื่นๆ ไม่ส่งผลต่อความขรุขระผิว จึงได้มีการออกแบบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของมุมการเดินกัด อัตราป้อน และความเร็วรอบ ต่อไป

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 4 การทดลองเพื่อหาสมการที่เหมาะสมในการกัด โดยวิเคราะห์ผลการทดลองการกัดในส่วนของการวิเคราะห์การถดถอยจากผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมของการกัด พบว่าสภาวะที่เหมาะสำหรับการกัดขึ้นอยู่กับความเร็วรอบและมุมการเดินกัดด้วยการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab R.15

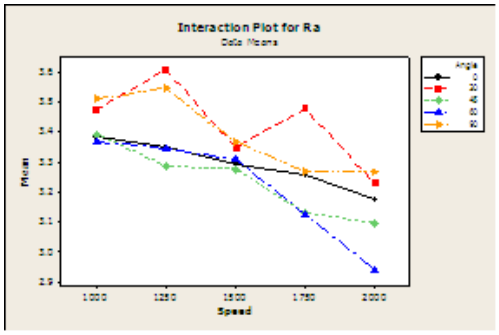
การวิเคราะห์ผลการทดลองของการทดสอบวัดความขรุขระผิวด้วยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนจากการทดลองวัดความขรุขระผิว ตามที่ได้ออกแบบไว้ได้ผลว่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R^2) มีค่าเท่ากับ 87.03 % และค่า Adjust R^2 มีค่าเท่ากับ 80.80 % ซึ่งมีความหมายว่าถ้าหากความผันแปรในข้อมูลมี 100 μm^2 แล้ว ความผันแปร 87.03 μm^2 สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอย ส่วนปริมาณที่เหลือไม่สามารถได้เนื่องจากสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้

Analysis of Variance for Ra, using Adjusted SS for Tests

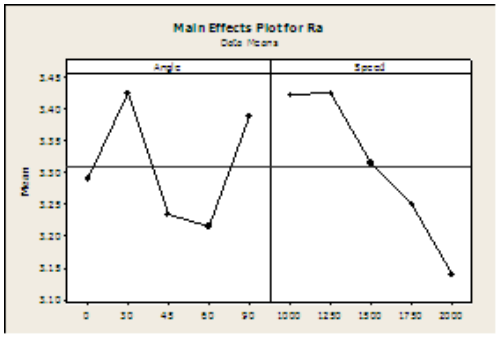
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Angle	4	0.519387	0.519387	0.129847	26.59	0.000
Speed	4	0.888360	0.888360	0.222090	45.49	0.000
Angle*Speed	16	0.230187	0.230187	0.014387	2.95	0.002
Error	50	0.244133	0.244133	0.004883		
Total	74	1.882067				

S = 0.0698761 R-Sq = 87.03% R-Sq(adj) = 80.80%

รูปที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความขรุขระผิว



รูปที่ 11 การปฏิสัมพันธ์ของความขรุขระผิว



รูปที่ 12 การเปลี่ยนแปลงของความขรุขระผิวจาก การเปลี่ยนระดับของปัจจัยหลัก

จากรูปที่ 10 วิเคราะห์ได้ว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีผลต่อความขรุขระผิว ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าความขรุขระผิวมากที่สุดคือความเร็วรอบ และรองลงมาคือมุมการเดินกัด

สำหรับรูปที่ 11 และ 12 ผลจากปัจจัยหลัก โดยมีแนวโน้มว่าเมื่อใช้ค่าความเร็วรอบสูง จะทำให้ค่าความขรุขระผิวมีค่าต่ำ และที่มุมการเดินกัด 60 องศา ความเร็วรอบ 2,000 รอบ/นาที ให้ค่าความขรุขระผิวต่ำสุด

ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 4 เป็นการวิเคราะห์การถดถอยของความขรุขระผิวของความเร็วรอบและมุมการเดินกัดโดยกำหนดตัวแปรคงที่ คือ อัตราป้อน คือ 250 มม./นาที ความลึกในการกัด คือ 3 มม. และปรับค่าความเร็วรอบ 5 ระดับ คือ 1,000, 1,250, 1,500, 1,750, 2,000 รอบ/นาทีและมุมการเดินกัด 5 ระดับ คือ 0, 30, 45, 60, 90 องศา แสดงดังรูปที่ 13

Regression Analysis: Ra versus Angle, Speed

The regression equation is
Ra = 3.68 + 0.000233 Angle - 0.000253 Speed

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3.67710	0.04789	76.79	0.000
Angle	0.0002333	0.0003463	0.67	0.503
Speed	-0.00025307	0.00002938	-8.61	0.000

S = 0.0899633 R-Sq = 67.9% R-Sq(adj) = 65.5%

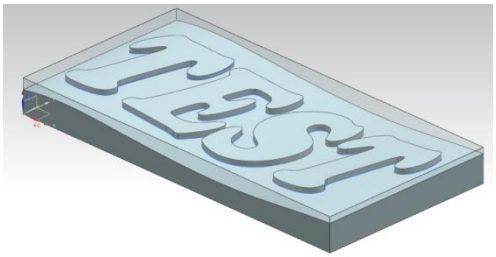
รูปที่ 13 การวิเคราะห์การถดถอยของค่าความขรุขระผิว

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากการทดลองตอนที่ 4 สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและตัวแปรตามในรูปสมการเชิงเส้นของค่าความขรุขระผิว กับ ความเร็วรอบ และอัตราป้อน โดยสามารถแสดงได้ดังนี้

Ra = 3.68 + 0.000233Angle - 0.000253Speed (1)

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 5 เป็นการทดลองเพื่อยืนยันผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองที่ผ่านมา โดยการนำสมการเชิงเส้นมาพยากรณ์ความขรุขระผิว โดยทำการสุ่มสภาวะการตัดอยู่ในขอบเขตที่กำหนดแล้วนำผลที่ได้จากการพยากรณ์มาเปรียบเทียบค่าจริง พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 1.94 ซึ่งน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนดไว้ 10 % ซึ่งค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 5 เป็นการนำค่าของตัวแปรที่ได้จากการทดลองที่ดีที่สุด ไปทดลองกัดชิ้นงานจริงโดยใช้ผลการทดลองที่ได้ทำการเดินกัดและเปรียบเทียบรูปแบบการเดินกัดเพื่อหาเวลาที่น้อยที่สุดและความขรุขระผิวน้อยที่สุด โดยกำหนดอัตราป้อนไว้ที่ 280 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบที่ 2,000 รอบต่อนาที ใช้โปรแกรม UG NX 7 ในการสร้างทิศทางการเดิน โดยมีขนาดชิ้นงาน 50x120x50 มิลลิเมตร และรูปแบบพื้นผิวตัวอักษรแบบ 3 มิติ แสดงดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 พื้นผิวแบบตัวอักษร 3 มิติ ที่ใช้ในการทดลอง

ผลการเดินกัดแบบซิกแซกขนานเสี้ยนไม้ วิธีนี้จะทำให้เนื้อไม้แตกบริเวณขอบของตัวอักษร โดยมีค่าความขรุขระผิวเฉลี่ยเท่ากับ 5.58 µm ใช้เวลาในการกัด 16.15 นาที แสดงดังรูปที่ 15

รูปที่ 15 ชิ้นงานที่เดินแบบซิกแซกขนานเสี้ยนไม้

ผลการเดินกัดแบบซิกแซกขวางเสี้ยนไม้ วิธีนี้ไม่ทำให้เนื้อไม้แตกและมีค่าความขรุขระผิว 4.39 µm ใช้เวลาในการกัด 19.17 นาที แสดงดังรูปที่ 16

รูปที่ 16 ชิ้นงานที่เดินแบบซิกแซกขวางเสี้ยนไม้

ผลการเดินกัดแบบ Follow รอบชิ้นงาน วิธีนี้ผิวชิ้นงานจะมีค่าความขรุขระผิวมากที่สุดและมีลักษณะเป็นชั้น โดยมีค่าความขรุขระผิวเฉลี่ยเท่ากับ 6.87 µm ใช้เวลาในการกัด 14.75 นาที แสดงดังรูปที่ 17

รูปที่ 17 ชิ้นงานที่เดินแบบ Follow รอบชิ้นงาน

ตารางที่ 1 ค่าความขรุขระผิวและเวลาในการเดินกัด

รูปแบบการเดินตัด	ความขรุขระ (ไมโครเมตร)	เวลา (นาที)
ซิกแซกขนานเสี้ยนไม้	5.58	16.15
ซิกแซกขวางเสี้ยนไม้	4.39	19.17
Follow รอบชิ้นงาน	6.87	14.75

จากตารางที่ 1 พบว่าการเดินกัดชิ้นงานทั้ง 3 แบบ การเดินตัดแบบซิกแซกขวางเสี้ยน จะให้ความขรุขระน้อยที่สุด แต่ใช้เวลาเดินกัดมากกว่าวิธีอื่นๆ ส่วนการเดินตัดแบบ Follow รอบชิ้นงาน จะให้ความขรุขระมากที่สุด แต่ใช้เวลาเดินกัดน้อยกว่าวิธีอื่นๆ

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาทดลองการกัดไม้มะพร้าวด้วยเครื่องกัดควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์เพื่อหาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อความขรุขระผิวในการกัดอักษรบนไม้มะพร้าว โดยการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Factorial Design) ในการทดลองเบื้องต้นได้กำหนดตัวแปรที่คาดว่ามีผลในการทดลองคือ มุมในการเดินกัดเทียบกับแนวเสี้ยนไม้ ความเร็วรอบ อัตราป้อน และความลึกในการกัด ผลตอบสนองคือความขรุขระผิวผลการศึกษาพบว่า

5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความขรุขระผิวของพื้นผิวไม้มะพร้าว คือ ความเร็วรอบ และมุมการเดินมีด โดยมีแนวโน้มว่าการใช้ความเร็วรอบสูง มีผลทำให้ค่าความขรุขระผิวน้อยลง

5.2 จากการทดลองได้สมการเชิงเส้นดังนี้

Ra = 3.68 + 0.000233 Angle - 0.000253 Speed

โดยสมการสามารถนำไปใช้กับความเร็วรอบ ระหว่าง 1,000-2,000 รอบ/นาที และอัตราป้อน ระหว่าง 100-500 มม./นาที

5.3 มุมการเดินมีดเทียบกับแนวเสี้ยนไม้ มีผลต่อความขรุขระผิวไม้มะพร้าว โดยพบว่ามุมการเดินกัดประมาณ 45-60 องศา ให้ค่าความขรุขระผิวดีกว่าแนวขนานเสี้ยนและขวางเสี้ยน

5.4 รูปแบบของเส้นทางการเดินดอกกัดเทียบกับแนวเสี้ยนไม้ มีผลต่อความขรุขระผิวไม้มะพร้าว โดยพบว่าถ้าเดินกัดตามแนวขวางของเสี้ยนไม้ จะให้ค่าความขรุขระผิวดีกว่าแนวขนานเสี้ยนไม้ แต่ใช้เวลาในการกัดไม่เท่ากัน แต่การกัดแบบผสมคือมีทั้งเดินตามเสี้ยนและขวางเสี้ยนเป็นการกัดตามตัวอักษรที่เป็นมุมเข้ากัดตามโปรแกรมที่สร้างได้จะทำให้เวลาที่ใช้สั้นลง แต่ส่งผลให้ค่าความขรุขระเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

6. ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาวิจัยครั้งนี้จำกัดอยู่เฉพาะเครื่องกัดควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีกำลังและค่าทางเทคนิคไม่สูง แต่ในอุตสาหกรรมจะใช้เครื่องจักรที่มีกำลังและค่าทางเทคนิคต่างๆ ที่สูง

2. ในการวัดชิ้นงานพบว่าเนื้อไม้มีความแปรปรวนทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ นอกจากนี้ควรหลีกเลี่ยงการวัดในจุดที่เป็นร่องของท่อน้ำเลี้ยงของเนื้อไม้

3. ควรมีการศึกษาอิทธิพลของการสึกหรอของมีดกัดที่มีผลต่อคุณภาพผิวของไม้มะพร้าว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากทุนสร้างความพร้อมด้านการวิจัยสำหรับสถาบันอุดมศึกษาในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ประจำปี 2552

เอกสารอ้างอิง

[1] Clark, L. Edward, Ekward A. John, Culbreth, C. Thomas, and Eillard, Rudolph. (1987) Furniture Manufacturing Equipment. Department of Industrial Engineering, North Carolina StateUniversity, Raleigh.

[2] ศุภโชค วิริยโกศล (2543). *การตัดวัสดุ*, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

[3] สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์ และ จักรนรินทร์ ฉัตรทอง (2550). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของงานกัดตัวอักษรบนไม้ยางพาราด้วยเครื่องกัดควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์, *ประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ,* 24-26 ตุลาคม 2550, ภูเก็ต, หน้า 121-129

[4] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2546). สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2 ประมวลผลด้วย Minitab, กรุงเทพฯ: พิมพ์ครั้งที่ 4 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น.

[5] ปราเมศ ชุติมา (2545). การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ (2551). การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.

[7] Montgomery, D.C. (2005). Design and Analysis of Experiments. 5th edition. John Wiley & Sons Inc.