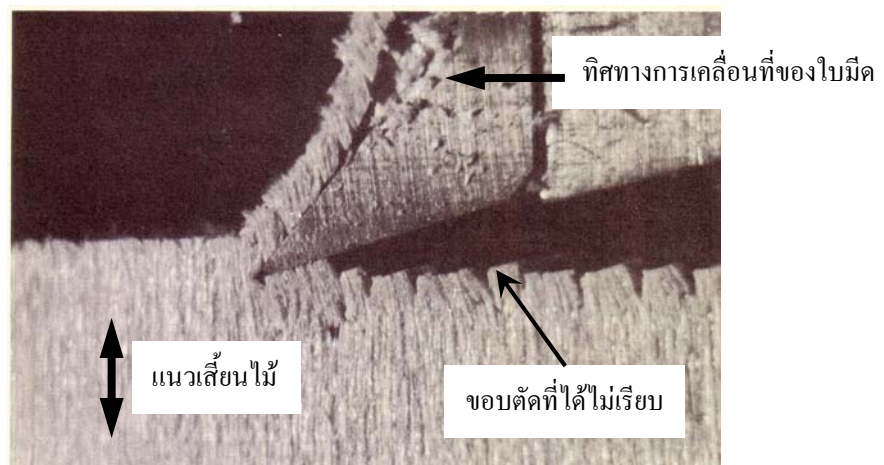


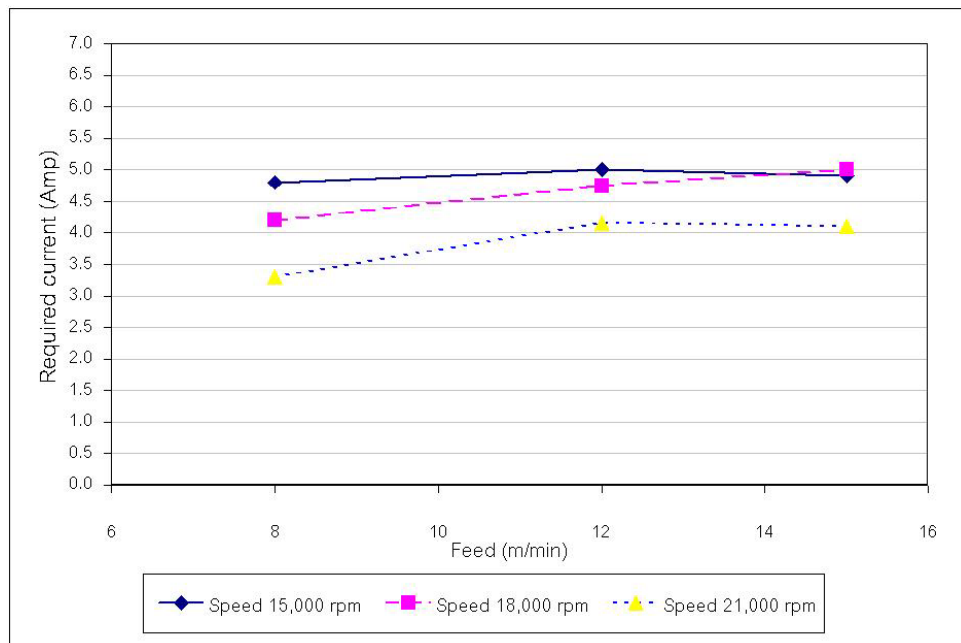
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและความเรียบผิวกรณีกัดทิศทางขวางเส้นไม้แบบตามทิศทางการป้อน (Downcut)

จากการวัดความเรียบผิวของชิ้นงานสำหรับการกัดขวางเส้นไม้ ในกรณีกัดสวนทิศทางการป้อนและตามทิศทางการป้อนแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6 พบว่าค่าแนวโน้มที่ได้มีลักษณะคล้ายกับรูปที่ 4.3 และ 4.4 แต่แตกต่างกันที่ค่าความเรียบผิวที่ได้มีค่าสูงกว่ากรณีการกัดขนานเส้นไม้เนื่องมาจากการกัดขวางเส้น ขณะทำการกัดมีการหลบของเส้นไม้บางส่วนที่มีดกัดไม่หมด เวลาใบมีดผ่านไปแล้วเส้นที่หลบเหล่านี้อาจจะดีดตัวออกมา ทำให้ความเรียบผิวที่ได้ไม่ดี ดังรูปที่ 4.7

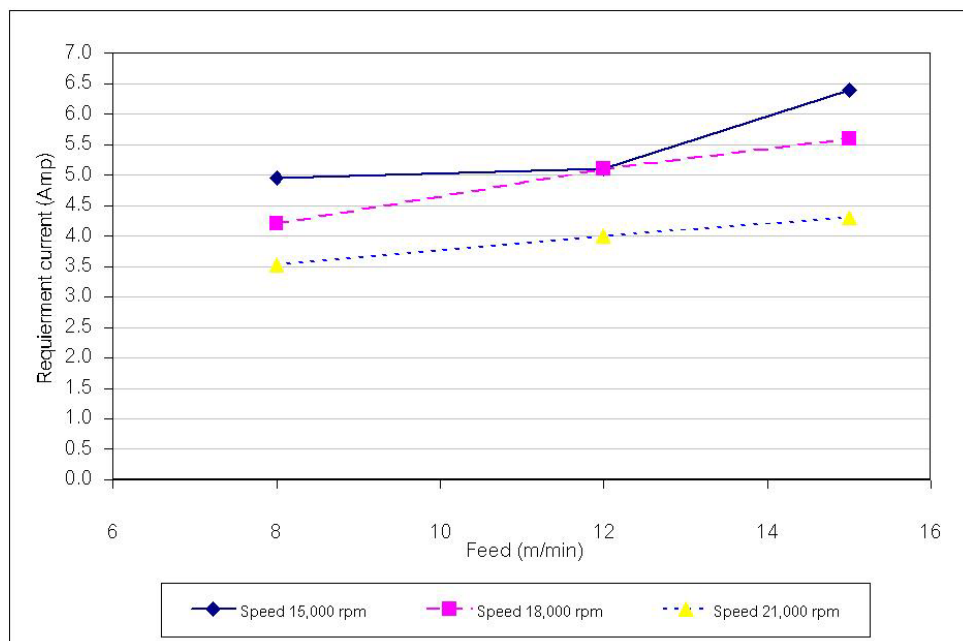


รูปที่ 4.7 การกัดกรณีขวางเส้นไม้ [1]

4.1.2 อิทธิพลของความเร็รรอบและอัตราการป้อนกัตที่มีต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้



รูปที่ 4.8 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ของการกัดแบบสวนทิศทางการป้อน (Upcut)



รูปที่ 4.9 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ของการกัดแบบตามทิศทางการป้อน (Downcut)

จากรูปที่ 4.8 และ 4.9 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการฉีกแบบสวนทิศทาง การป้อนและตามทิศทาง การป้อนมีแนวโน้มเดียวกันคือ ที่ความเร็วรอบของใบมีด 21,000 รอบต่อนาทีใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าในการกัดไม่น้อยที่สุด เนื่องจากประสิทธิภาพสูงสุดของมอเตอร์หลักของซีเอ็นซีอยู่ในใกล้ความเร็วรอบดังกล่าว และเมื่ออัตราการป้อนกัด (อัตราการผลิต) เพิ่มขึ้นปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จะเพิ่มขึ้น

4.2 ผลการทดลองกรณีใช้ใบมีดทั้งสแตนคาร์ไบด์แบบเชื่อมติด (Brazing Knives)

4.2.1 กรณีใบมีดลักษณะคมตัดตรง (Straight)

4.2.1.1 อิทธิพลของความเร็วรอบและอัตราการป้อนกัดที่มีต่อคุณภาพผิวชิ้นงานหลังการกัด

- ขุยของเนื้อไม้

จากการสังเกตการเกิดขุยบนผิวไม้ที่เงื่อนไขการกัดต่างๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การกัดแบบตามเส้นไม้ก่อให้เกิดขุยมากกว่าการกัดแบบขวาง เส้นไม้ เนื่องจากว่าการกัดในลักษณะขนานเส้นไม้นั้น เป็นลักษณะของการจับของเนื้อไม้ขึ้นก่อนที่จะมีการกัดเฉือน (ดังรูปที่ 4.10) ทำให้มีเนื้อไม้บางส่วนติดกับผิวหน้าของชิ้นงาน แต่การกัดขวางเส้นไม้จะ

ตารางที่ 4.2 ผลการสังเกตสภาพผิวชิ้นงานที่ได้จากการกัดโดยใช้ใบมีดทั้งสแตนคาร์ไบด์คมตัดตรงแบบเชื่อมติด

Cutting direction	Speed (rpm)	feed (m/min)																											
		1				2				3				6				9				12				15			
		Upcut		Downcut		Upcut		Downcut		Upcut		Downcut		Upcut		Downcut		Upcut		Downcut		Upcut		Downcut					
		ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก				
Along grain	8000	⊙	✗	○	✓	⊙	○	✓	⊙	○	✓	⊙	✗	⊙	✗	✱	✗	○	✱	✓	✱	✓	✱	✗	✱	✗			
	10000	✱	✓	⊙	✓	✱	✓	⊙	✓	⊙	✓	✱	✓	⊙	✓	✱	✓	⊙	✓	✓	⊙	✓	✱	✓	⊙	✓			
	12000	✱	✓	⊙	✓	✱	✓	⊙	✓	✱	✓	⊙	✓	✗	○	✓	✱	✓	⊙	✓	✱	✗	⊙	✓	✱	✓			
	14000	✱	✓	⊙	✓	✱	✓	⊙	✓	✱	✓	○	✓	✱	✗	○	✓	✱	✓	○	✗	✱	✗	⊙	✓	✓			
	16000	⊙	✓	⊙	✓	✱	✓	⊙	✓	✱	✓	○	✓	✱	✗	⊙	✓	✱	✓	⊙	✓	✱	✗	○	✓	✓			
	18000	⊙	✓	⊙	✓	⊙	✗	⊙	✓	⊙	✓	✱	✓	✱	✓	○	✓	⊙	✗	✱	✓	⊙	✗	✱	✓	✓			
Across grain	8000	✱	✓	⊙	✓	⊙	✓	⊙	✓	✱	✓	⊙	✓	✱	✓	✱	⊗	✱	✓	✱	⊗	✱	✓	✱	✓	⊗			
	10000	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	⊗			
	12000	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	⊗			
	14000	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	⊗			
	16000	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	⊗			
	18000	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	✓	✱	⊗	✱	✓	✱	✓		

✱ = ไม่มีขุยเกิดขึ้นเลย

⊙ = มีขุยเกิดขึ้นเล็กน้อย

○ = มีขุยเกิดขึ้นปานกลาง

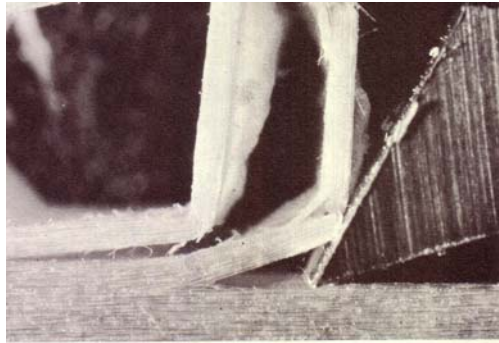
△ = มีขุยเกิดขึ้นมาก

✓ = ไม่มีการฉีก

✱ = มีรอยฉีกตามแนวยาว

⊙ = มีการหลุดของเนื้อไม้

ไม่เกิด และมาดูในส่วนของการกัดแบบตามทิศทางการป้อนกัด (Downcut) ก่อให้เกิดขุยที่มากกว่าการกัดแบบสวนทิศทางการป้อนกัด (Upcut) และที่อัตราการป้อนกัดสูงก่อให้เกิดขุยในปริมาณที่มาก ซึ่งเป็นเหตุผลเดียวกับกรณีใช้ใบมีดเพชรหลายผลึก



รูปที่ 4.10 การกัดกรณีตามเส้นใยไม้ [1]

- รอยไหม้บนผิวไม้

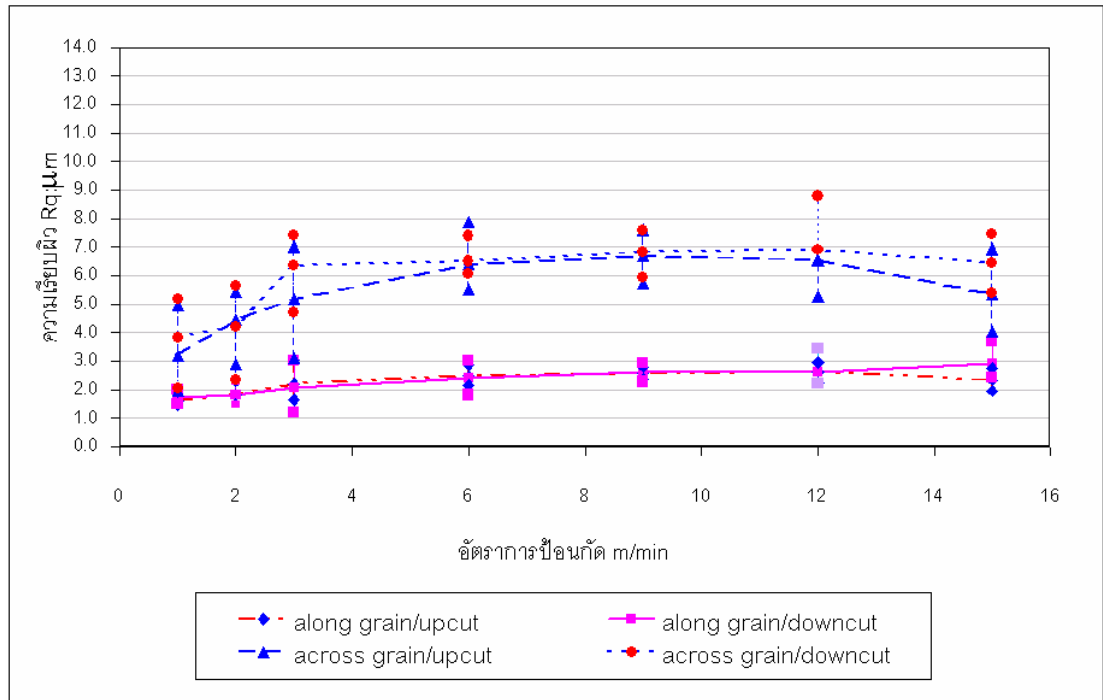
จากการทดลอง พบว่ามีรอยไหม้เกิดขึ้นที่ความเร็วรอบ 18,000 รอบต่อนาที ที่อัตราการป้อนกัด 1 เมตรต่อนาที เป็นผลมาจากอัตราการป้อนที่ต่ำเกินไป ไม่สัมพันธ์กับความเร็วรอบของใบมีด ทำให้เกิดการหมุนช้าๆอยู่ที่เดิม จนเกิดรอยไหม้ขึ้น

- ความเสียหายของเนื้อไม้

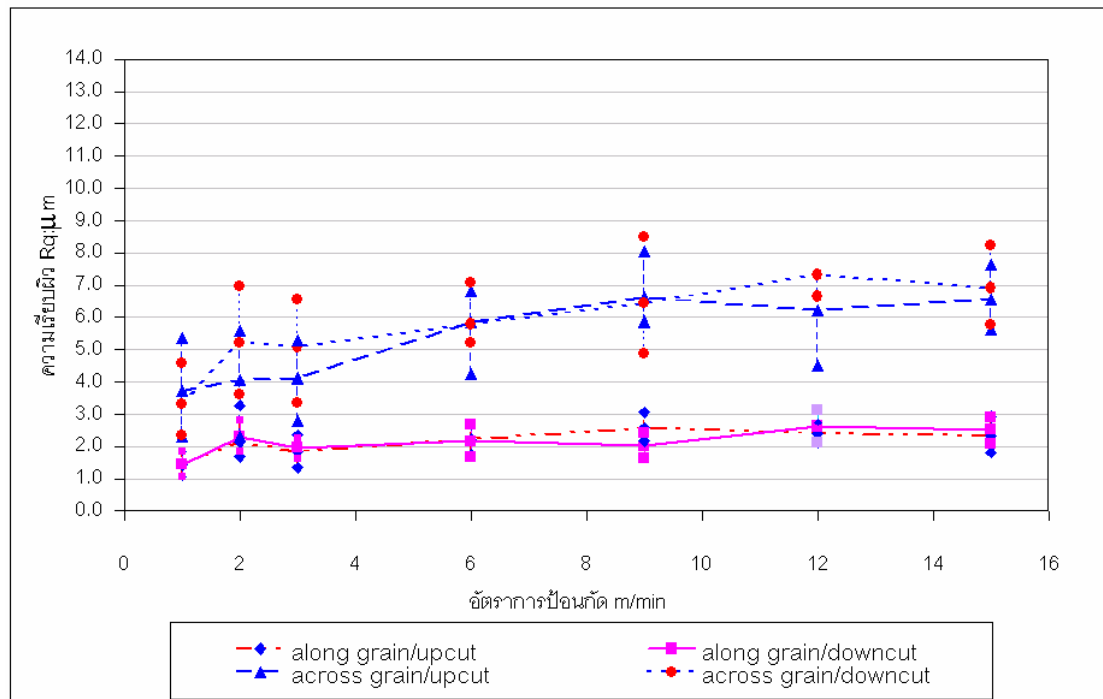
การฉีกขาดของไม้จะเกิดที่การกัดขนานเส้นใยไม้ ในกรณีการกัดสวนทิศทางการป้อนกัด เนื่องจากการกัดแบบสวนทิศทางการป้อนเป็นลักษณะการกัดขึ้นของเนื้อไม้ ซึ่งก่อให้เกิดการฉีกขาดของเนื้อไม้เกิดขึ้นดังรูปที่ 4.10 ที่อัตราการป้อนกัดสูงจะมีโอกาสในการฉีกของเนื้อไม้ที่สูงเนื่องจากการกัดของเนื้อไม้ที่รุนแรงมากกว่าที่อัตราการป้อนกัดต่ำ และการหลุดของเนื้อไม้จะเกิดที่การกัดขวาง เส้นใยไม้กรณีการกัดตามทิศทางการป้อนกัด เนื่องจากการกัดแบบตามทิศทางการป้อนกัดมีการสั่นมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การกัดแบบสวนทิศทางการป้อนกัด [2] ทำให้เมื่อเวลาทำการกัดใบมีดบางส่วนได้กดลึกลงไปในเนื้อชิ้นงาน และที่อัตราการป้อนกัดสูงทำให้มีการสั่นมาก ส่งผลให้มีการหลุดของเนื้อไม้มากขึ้น

- ความเรียบผิวชิ้นงาน

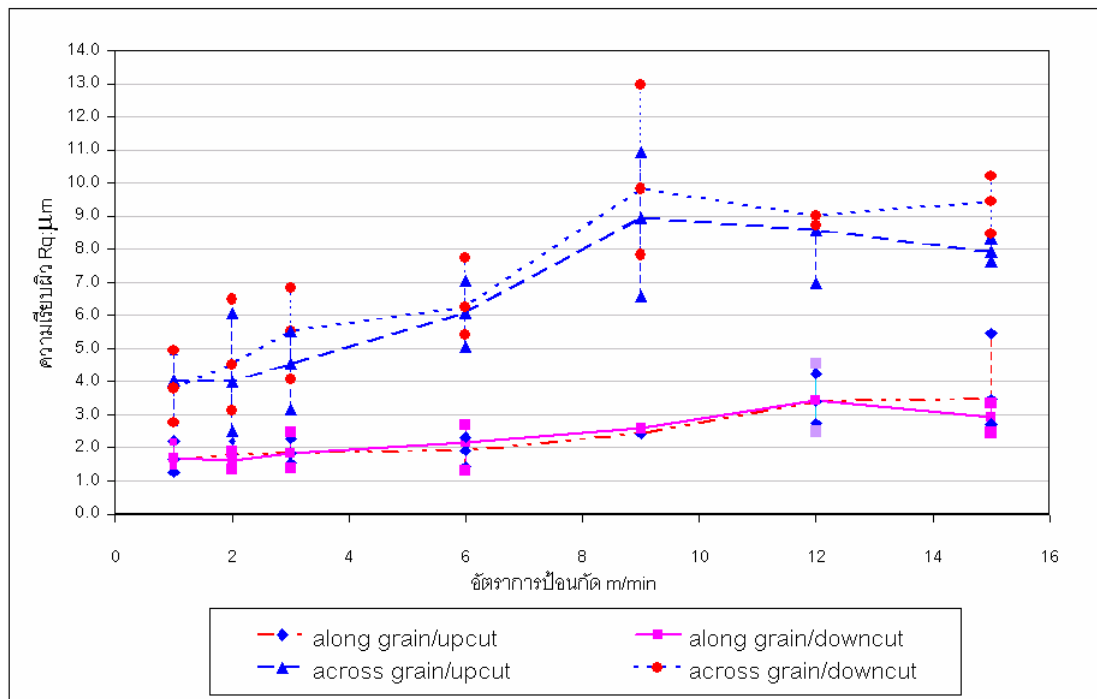
ชิ้นงานที่ผ่านการกัดจากทุกเงื่อนไขจะนำมาวัดความเรียบผิวเพื่อเปรียบเทียบลักษณะผิวที่ได้ โดยถ้าหากชิ้นงานที่ได้มีขุยหรือความเสียหายของเนื้อไม้เกิดขึ้น จะพยายามวัดความเรียบผิวตรงตำแหน่งที่ไม่มีขุยและไม่มี ความเสียหาย ผลการวัดความเรียบผิวแสดงในรูปที่ 4.11-4.15



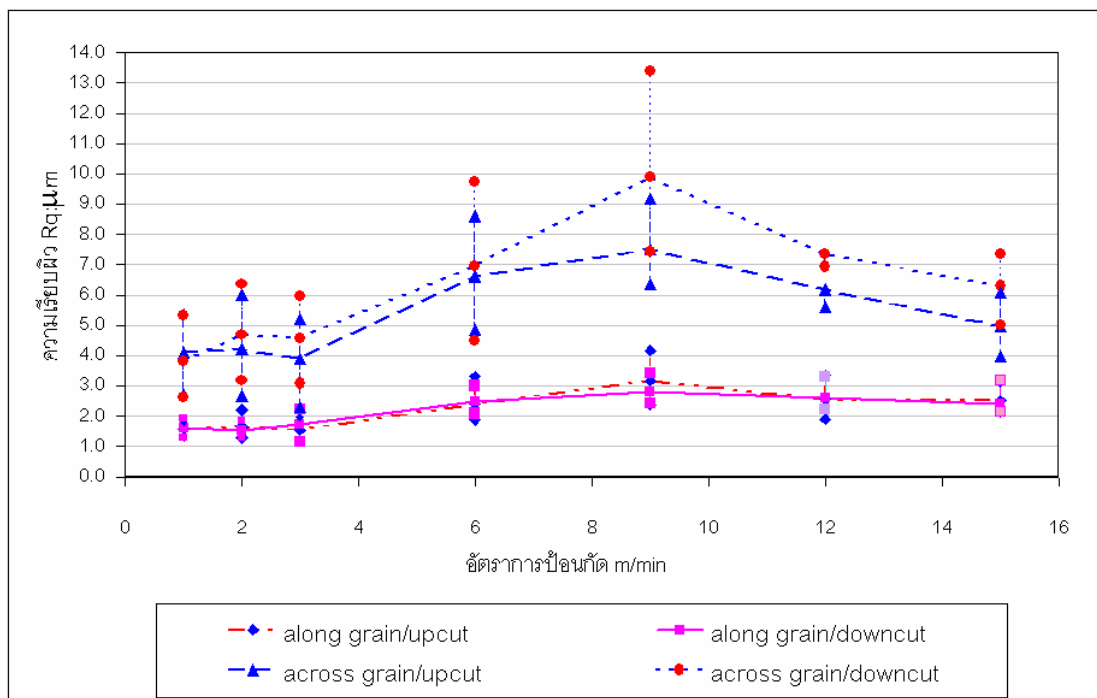
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนกัตที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที



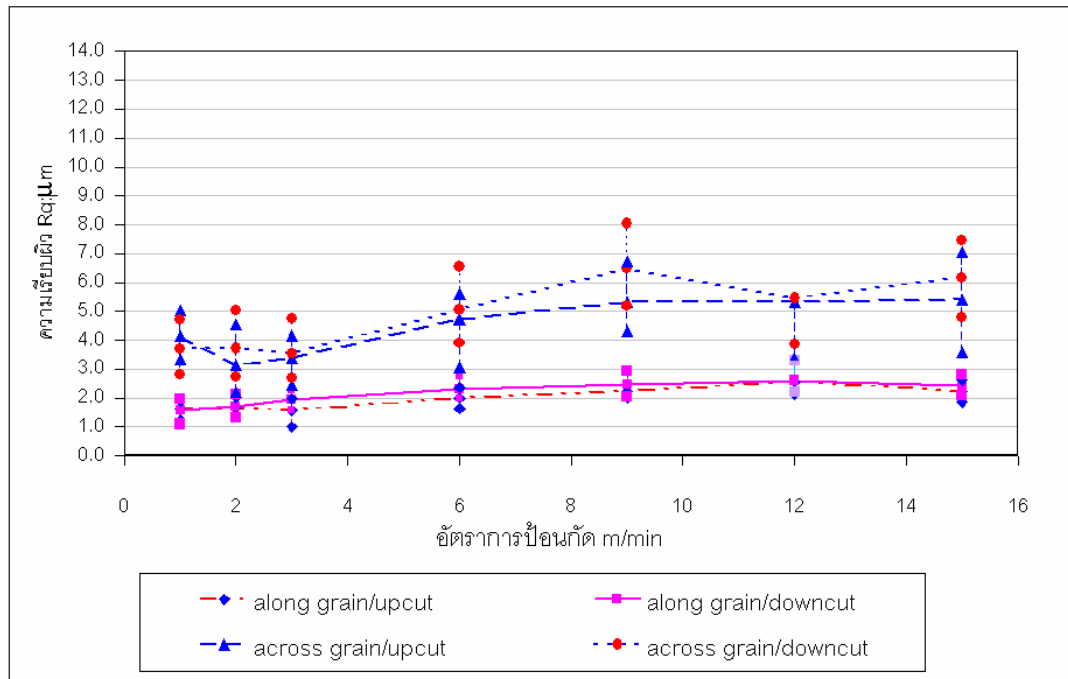
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนกัตที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที



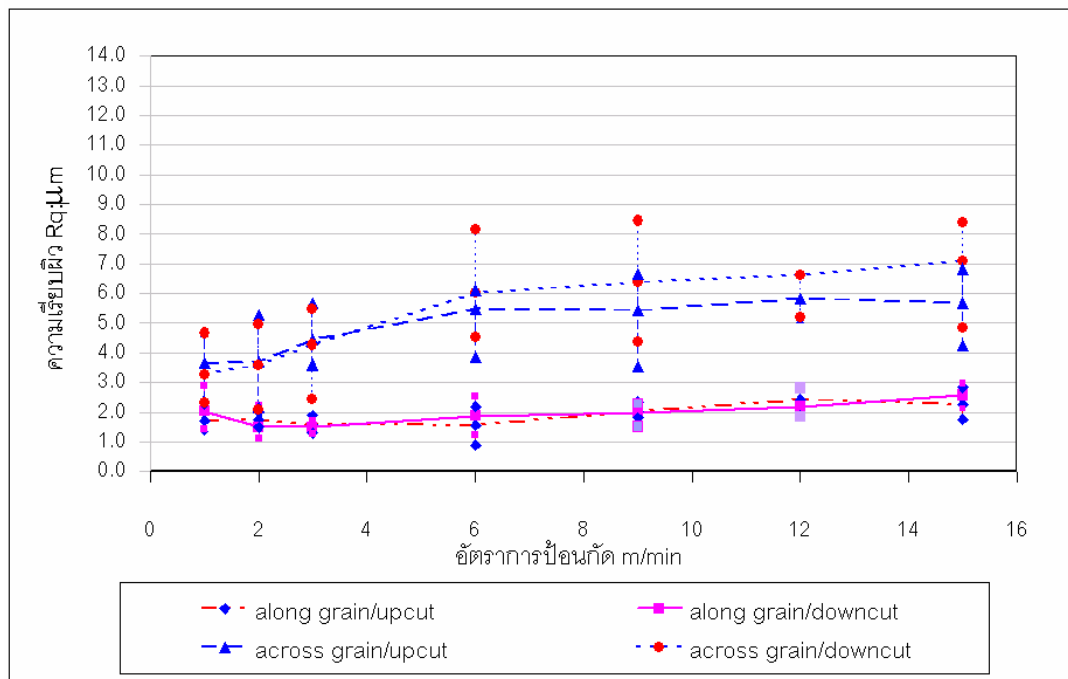
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนกัตที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนกัตที่ความเร็วรอบ 14,000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนกัดที่ความเร็วรอบ 16,000 รอบต่อนาที

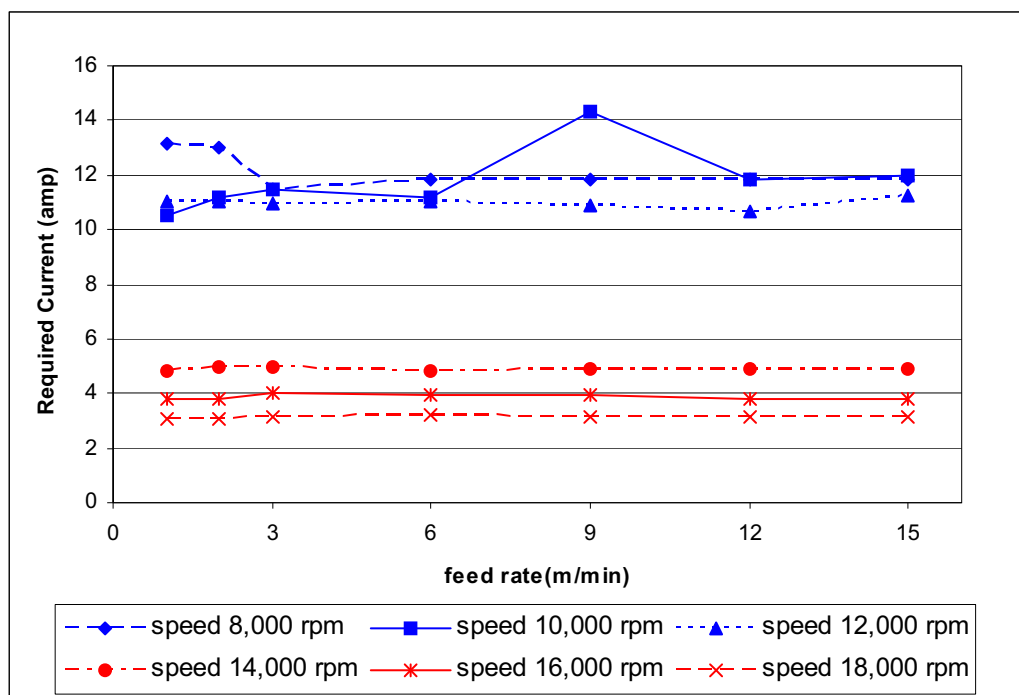


รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนกัดที่ความเร็วรอบ 18,000 รอบต่อนาที

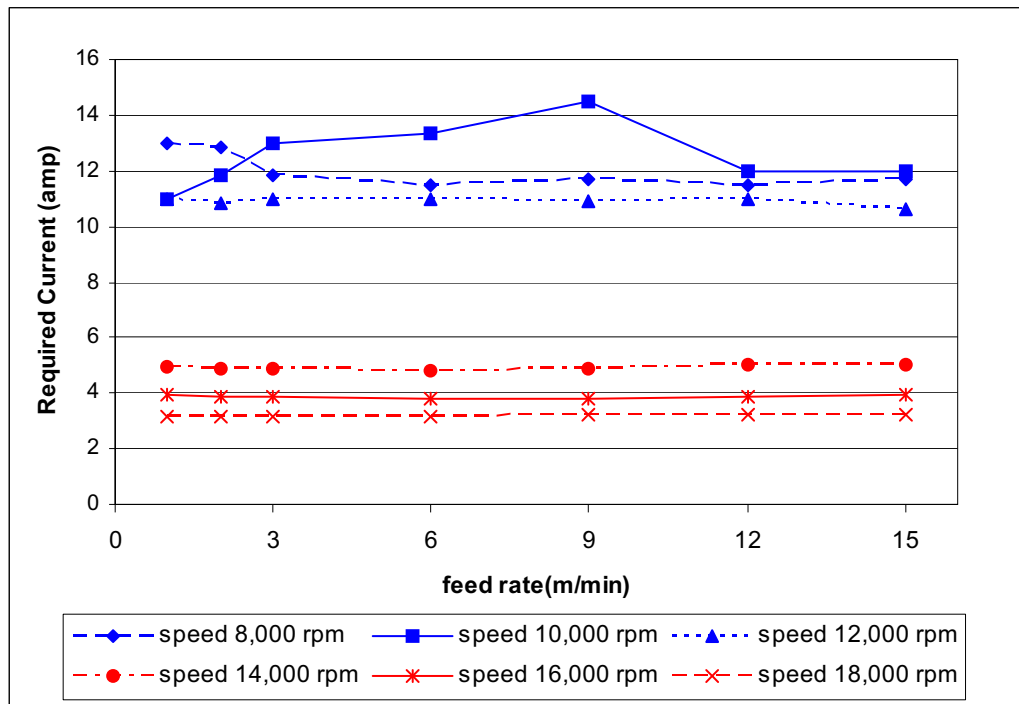
จากรูปที่ 4.11-4.16 กรณีการกัดแบบสวนทิศทางการป้อนและตามทิศทางการป้อนของการกัดขนานเส้นนี้ไม่มีแนวโน้มของความเรียบผิวที่ใกล้เคียงกันมาก คือ เมื่ออัตราการป้อนกัดสูงความเรียบผิวที่ได้แย่ง และเมื่อเปรียบเทียบความเรียบผิวระหว่างการกัดขนานเส้นนี้กับขวางเส้นนี้ การกัดขนานเส้นนี้ให้ค่าความเรียบผิวทุกสภาวะการกัดดีกว่าการกัดขวางเส้นนี้ เหมือนกับเหตุผลของใบมีดเพชรหลายผลึก

4.2.1.2 อิทธิพลของความเร็รรอบและอัตราการป้อนกัดที่มีต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้

จากรูปที่ 4.17 และ 4.18 แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกัดแบบสวนทิศทางการป้อนและตามทิศทางการป้อนตามลำดับ จากรูปดังกล่าวเห็นได้ว่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกัดทั้งสองแบบมีแนวโน้มเหมือนกันคือ ที่ความเร็วรอบ 18,000 รอบต่อนาทีใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าน้อยที่สุด รองลงมาคือ 16,000 14,000 รอบต่อนาทีตามลำดับ ส่วนที่ความเร็วรอบ 8,000 10,000 และ 12,000 รอบต่อนาทีใช้ปริมาณไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากประสิทธิภาพของมอเตอร์ของแกนหมุนหลัก (Main spindle) อยู่ที่ความเร็วรอบสูง ซึ่งปริมาณไฟฟ้าจะลดลงเมื่อความเร็วรอบมอเตอร์สูงขึ้น และจากรูปที่ 4.17 และ 4.18 จะเห็นว่าอัตราการป้อนกัดมีผลต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้น้อยมาก



รูปที่ 4.17 แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ของการกัดแบบสวนทิศทางการป้อน



รูปที่ 4.18 แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ของการกัดแบบตามทิศทางการป้อน

4.2.2 กรณีใบมีดลักษณะคมตัดรูปร่าง (Profile)

4.2.2.1 อิทธิพลของความเร็วรอบและอัตราการป้อนกัดที่มีต่อคุณภาพผิวชิ้นงานหลังการกัด

ผลของการสังเกตสภาพผิวชิ้นงานใบมีดทั้งสแตนคาร์ไบด์แบบคมตัดรูปร่างแสดงในตารางที่ 4.3 และเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีตัดด้วยคมตัดตรงในตารางที่ 4.2 จะสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

- ขุยของเนื้อไม้

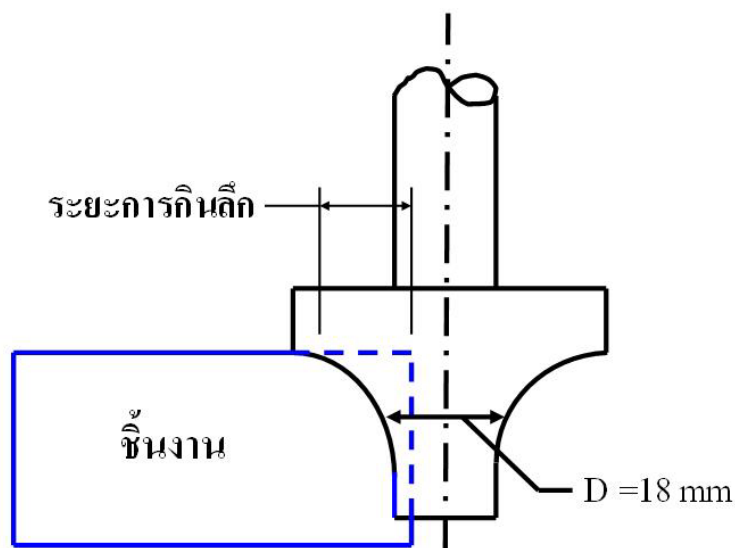
การสังเกตการเกิดขุยบนผิวไม้ที่เงื่อนไขการกัดต่างๆ การเกิดขุยไม้ของใบมีดคมตัดรูปร่างเกิดน้อยกว่าการกัดโดยใช้ใบมีดคมตัดตรง เนื่องจากการเกิดขุยขึ้นกับระยะการกินลึกคือที่ระยะการกินลึกที่มากทำให้มีขุยเกิดขึ้นน้อย ซึ่งใบมีดคมตัดรูปร่างมีระยะการกินลึกเฉลี่ยตลอดหน้ามีดมากกว่าใบมีดคมตัดตรง (ดังรูปที่ 4.19) ทำให้ปริมาณของขุยที่เกิดขึ้นน้อย

ตารางที่ 4.3 ผลการสังเกตสภาพผิวชิ้นงานที่ได้จากการกัดโดยใช้ใบมีดทั้งสแตนคาร์ไบด์คมตัดรูปร่างแบบเชื่อมติด

Cutting direction	Speed (rpm)	feed (m/min)															
		1		2		3		6		9		12		15			
		Upcut		Downcut		Upcut		Downcut		Upcut		Downcut		Upcut		Downcut	
		ขุด	ฉีก	ขุด	ฉีก	ขุด	ฉีก	ขุด	ฉีก	ขุด	ฉีก	ขุด	ฉีก	ขุด	ฉีก	ขุด	ฉีก
Along grain	8000	*	✓	○	✓	*	✗	○	✓	*	✗	①	✓	*	✓	①	✓
	10000	*	✓	*	✓	*	✗	①	✓	*	✓	*	✗	○	✓	*	✓
	12000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	①	✓	*	✓	*	✓	①	✓
	14000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✗	*	✓	*	✓	*	✓	①	✓
	16000	*	✓	*	✓	①	✓	○	✓	*	✓	*	✓	*	✗	○	✓
	18000	*	✓	*	✓	*	✓	①	✓	*	✗	○	✓	*	✓	①	✓
Across grain	8000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✗	*	✗	*	✓	*	✗
	10000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓
	12000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✗
	14000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✗	*	✗	*	✗
	16000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓
	18000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✗

* = ไม่มีขุยเกิดขึ้นเลย ① = มีขุยเกิดขึ้นเล็กน้อย ○ = มีขุยเกิดขึ้นปานกลาง △ = มีขุยเกิดขึ้นมาก
 ✓ = ไม่มีการฉีก ✗ = มีรอยฉีกตามแนวยาว ⊗ = มีการหลุดของเนื้อไม้

หมายเหตุ รายละเอียดของสัญลักษณ์อยู่ในภาคผนวก ก.



รูปที่ 4.19 การกัดชิ้นงานโดยใช้ใบมีดคมตัดแบบรูปร่าง

- ความเสียหายของไม้

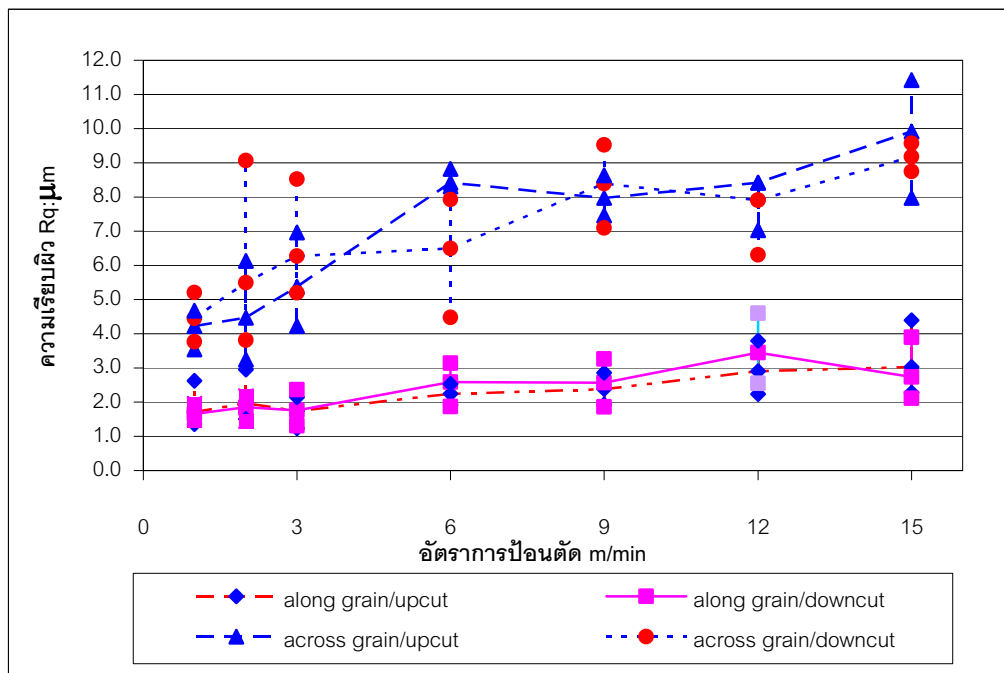
ความเสียหายของไม้กรณีการฉีกขาดของเนื้อไม้ใบมีดคมตัดตรงเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าใบมีดคมตัดรูปร่าง เนื่องจากระยะของการกินลึกของคมตัดรูปร่างมีมากกว่าคมตัดตรง ทำให้การฉีกที่เกิดจาก

การจัดของเนื้อไม้เกิดขึ้นน้อย และในกรณีการหลุดออกของเนื้อไม้ใบมีดแบบคมตัดรูปร่างเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าใบมีดตัดตรง เนื่องจากว่าหน้าสัมผัสของใบมีดคมตัดรูปร่างมีมากทำให้ความเสียหายที่มีสาเหตุจากการสั่นสะเทือนของใบมีดมีมากขึ้นด้วย

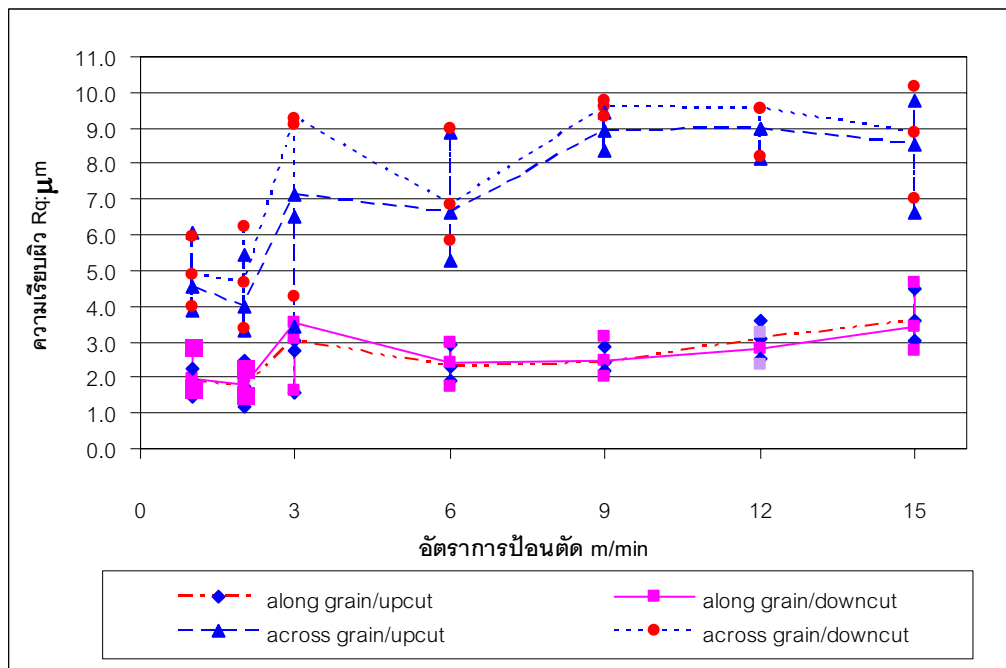
- รอยไหม้บนผิวไม้

ใบมีดคมตัดรูปร่างทำให้เกิดรอยไหม้ขึ้นมากกว่าที่ความเร็วรอบสูง ในขณะที่คมตัดตรงไม่เกิดรอยไหม้ เนื่องจากว่าหน้าสัมผัสของใบมีดคมตัดรูปร่างมีมากทำให้ที่อัตราการป้อนกัดที่ต่ำ ใบมีดมีการเสียดสีกับไม้เป็นเวลานานทำให้เกิดรอยไหม้เกิดขึ้น

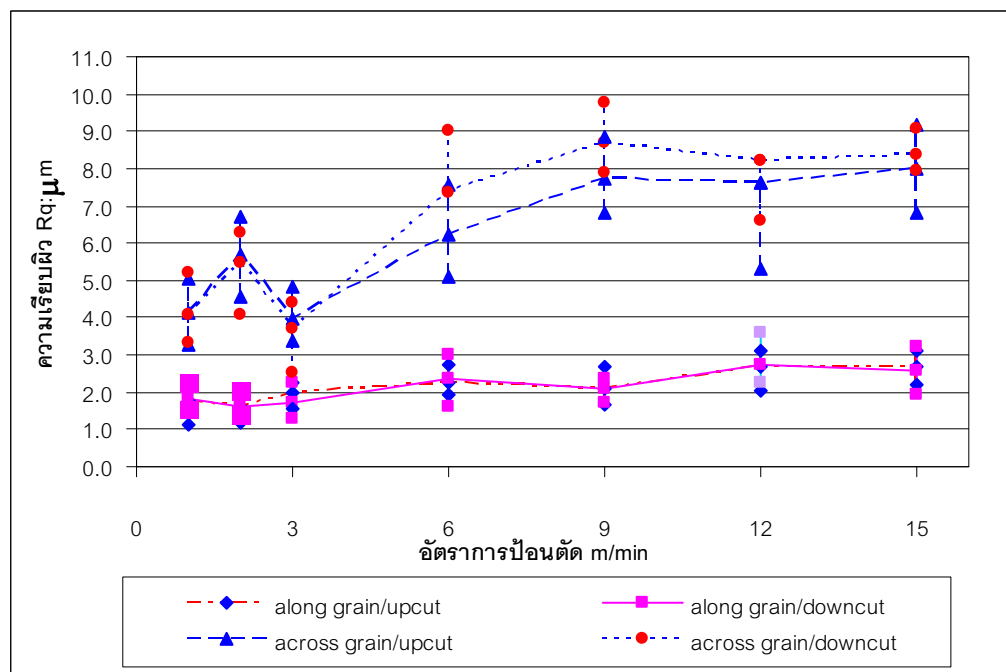
(ข) ความเรียบผิวชิ้นงาน



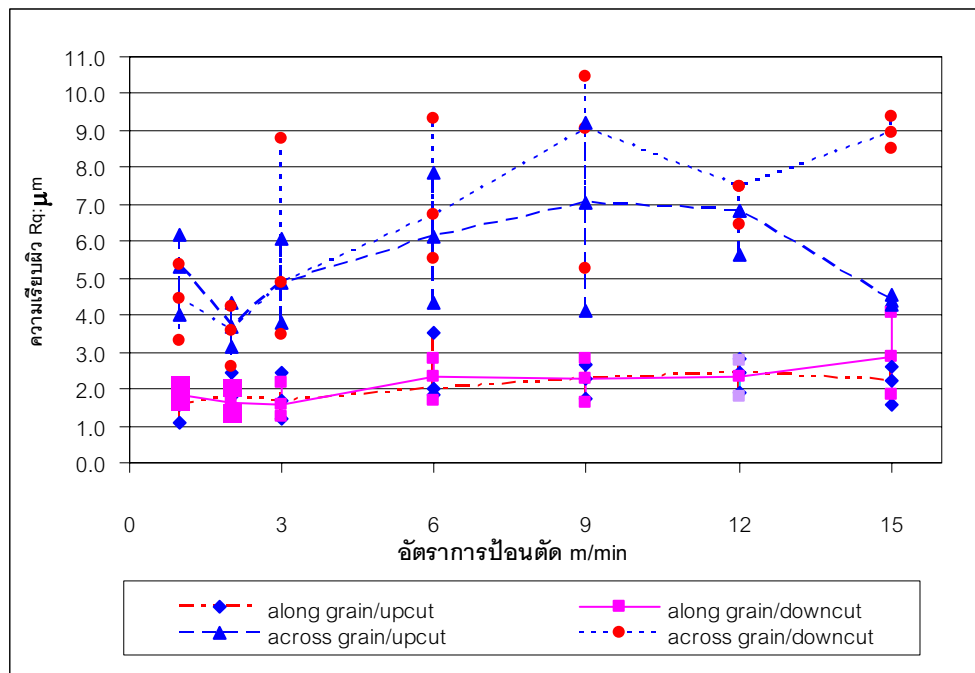
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนกัดที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที



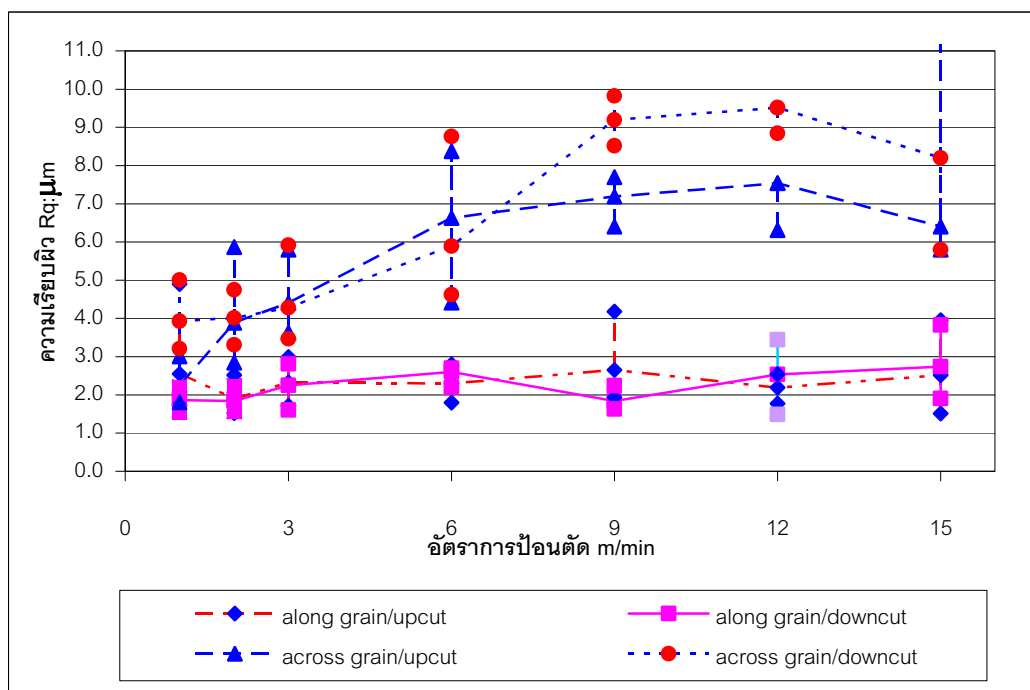
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที



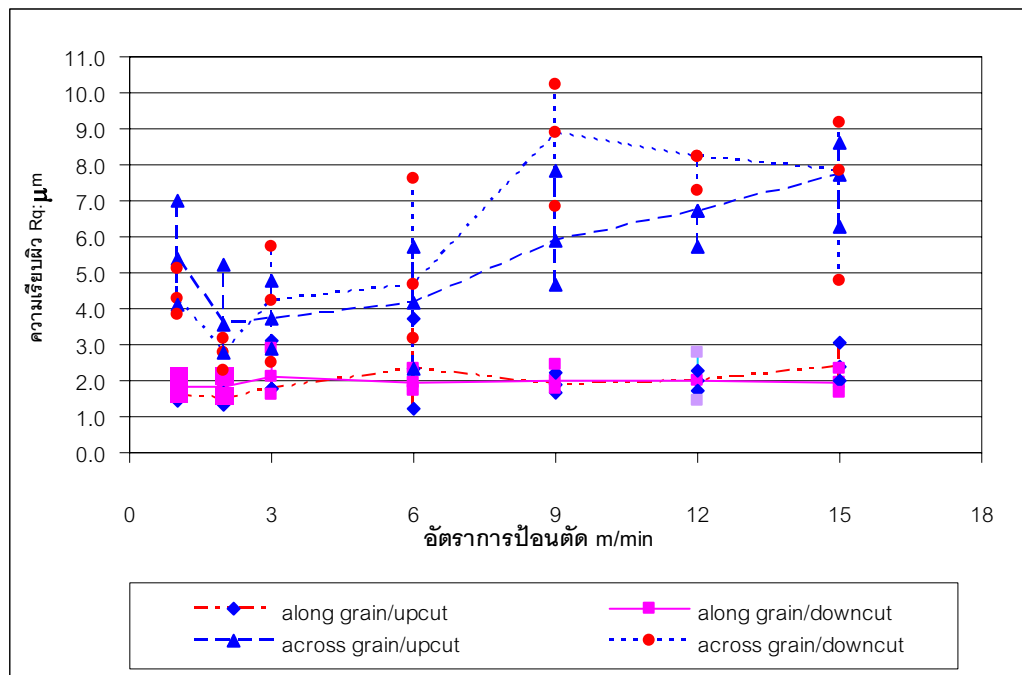
รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการใช้ป้อนตัดที่ความเร็วรอบ 14,000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการใช้ป้อนตัดที่ความเร็วรอบ 16,000 รอบต่อนาที

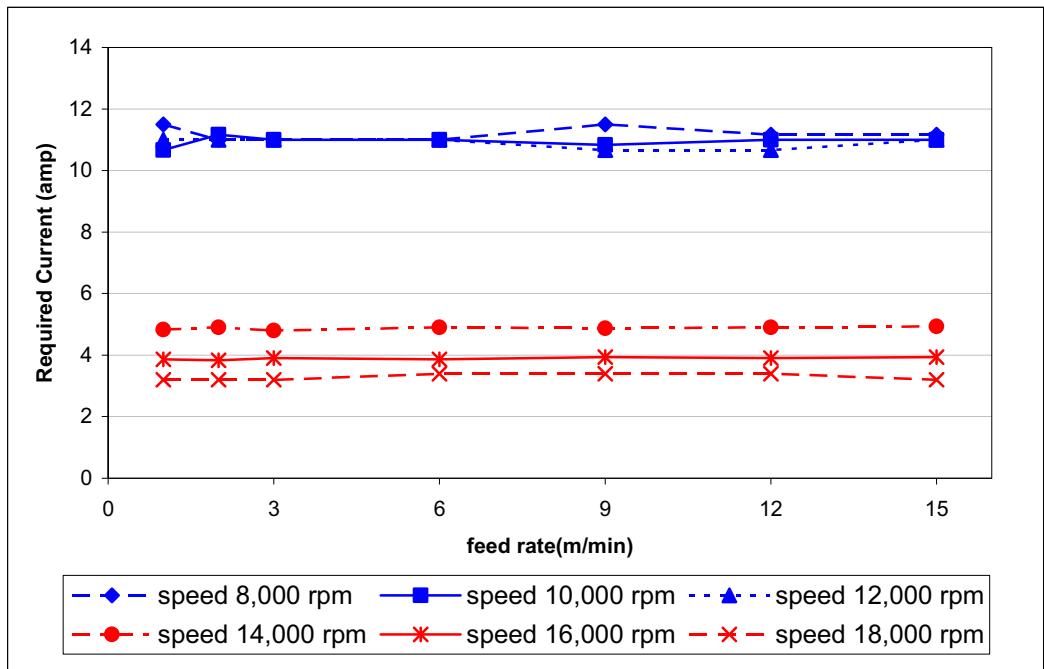


รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนที่ความเร็วรอบ 18,000 รอบต่อนาที

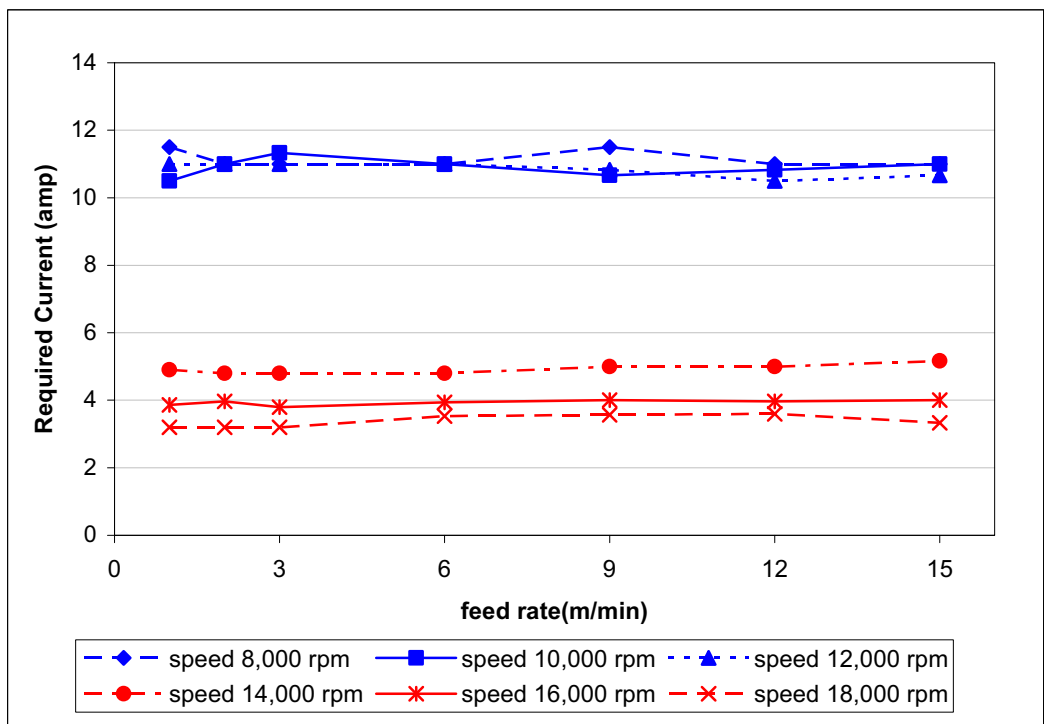
จากรูปที่ 4.20-4.25 กรณีการกัดแบบสวนทิศทางการป้อนและตามทิศทางการป้อนของการกัดจนงานเสี้ยนไม่มีแนวโน้มของความเรียบผิวที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเมื่อเทียบกับความเรียบผิวของใบมีดแบบคมตัดตรง พบว่าความเรียบผิวที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนการกัดขวางเสี้ยนไม่พบว่า เมื่ออัตราการป้อนกัดเพิ่มมากขึ้นความเรียบผิวมีแนวโน้มแย่ลงเรื่อยๆ ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวคล้ายกับใบมีดชนิดคมตัดตรง

4.2.2.2 อิทธิพลของความเร็วรอบและอัตราการป้อนที่มีต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้

จากรูปที่ 4.26 และ 4.27 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกัดมีแนวโน้มเหมือนกันคือ ที่ความเร็วรอบ 18,000 รอบต่อนาทีใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าน้อยที่สุด รองลงมาคือ 16,000 14,000 รอบต่อนาทีตามลำดับ ส่วนที่ความเร็วรอบ 8,000 10,000 และ 12,000 รอบต่อนาทีใช้ปริมาณไฟฟ้าที่สูงใกล้เคียงกัน โดยที่อัตราการป้อนกัดแทบไม่มีผลต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.16 และ 4.17 ของใบมีดคมตัดตรงพบว่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้มีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก



รูปที่ 4.26 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ของการกัดแบบสวนทิศทางการป้อน



รูปที่ 4.27 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ของการกัดแบบตามทิศทางการป้อน

4.3 ผลการทดลองกรณีใช้ใบมีดทั้งสแตนคาร์ไบด์แบบถอดเปลี่ยนได้ (Turnover Knives)

4.3.1 กรณีใบมีดลักษณะคมตัดตรง (Straight)

4.3.1.1 อิทธิพลของความเร็วรอบและอัตราการป้อนกัดที่มีต่อคุณภาพผิวชิ้นงานหลังการกัด

- ขุยของเนื้อไม้

จากการสังเกตการเกิดขุยบนผิวไม้ที่เงื่อนไขการกัดต่างๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการกัดแบบตามเส้นไม้ก่อให้เกิดขุยมากกว่าการกัดแบบขวางเส้นไม้ เช่นเดียวกันกับกรณีที่ใช้ใบมีดเพชรหลายผลึกและใบมีดทั้งสแตนคาร์ไบด์แบบเชื่อมติด เนื่องจากว่าการกัดในลักษณะขนานเส้นไม้นั้นเป็นลักษณะของการกัดของเนื้อไม้ขึ้นก่อนที่จะมีการกัดเฉือน (ดังรูปที่ 4.10) ทำให้มีเนื้อไม้บางส่วนติดกับผิวหน้าของชิ้นงาน แต่การกัดขวางเส้นไม้จะไม่เกิดลักษณะดังกล่าวขึ้น และมาดูในส่วนของการกัดแบบตามทิศทางการป้อนกัด (Downcut) ก่อให้เกิดขุยที่มากกว่าการกัดแบบสวนทิศทางการป้อนกัด (Upcut) และที่อัตราการป้อนกัดสูงก่อให้เกิดขุยในปริมาณมาก ซึ่งเป็นเหตุผลเดียวกับกรณีใช้ใบมีดเพชรหลายผลึกเช่นเดียวกัน นอกจากนั้นจะเห็นได้ชัดเจนว่าการใช้ใบมีดแบบถอดเปลี่ยนได้ ซึ่งใบมีดจะถูกยึดกับ Tool holder ด้วยสกรูนั้น จะไม่สามารถทำการกัดไม้ที่อัตราการป้อนกัดสูงกว่า 9 m/min ได้ หรือในกรณีที่อัตราการป้อนกัดเท่ากับ 9 m/min ถ้าความเร็วรอบมีค่าตั้งแต่ 14,000 รอบต่อนาทีขึ้นไปก็จะไม่สามารถทำการกัดได้เช่นกัน เนื่องจากเครื่องซีเอ็นซีจะเกิดการสั่นอย่างรุนแรง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการยึดใบมีดด้วยสกรูในแบบถอดเปลี่ยนใบมีดได้นั้น จะทำให้เกิดการสั่นจากใบมีดเนื่องจากช่องว่างเล็กๆ (Gap) ระหว่างมีดกับตัว Tool holder ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้จะไม่เกิดขึ้นกับใบมีดแบบเชื่อมติด

- รอยไหม้บนผิวไม้

ไม่พบรอยไหม้เกิดขึ้นในช่วงความเร็วรอบที่สามารถทำการกัดได้

- ความเสียหายของเนื้อไม้

การฉีกขาดของไม้จะเกิดขึ้นเล็กน้อยในการกัดขนานเส้นไม้ สำหรับกรณีการกัดสวนทิศทางการป้อนกัด เช่นเดียวกันกับกรณีของใบมีดแบบเชื่อมติด และการหลุดของเนื้อไม้จะเกิดขึ้นน้อยมาก เนื่องจากในช่วงที่สามารถทำการกัดได้ จะอยู่ในช่วงที่มีอัตราการป้อนกัดต่ำ ทำให้การหลุดของเนื้อไม้เกิดขึ้นน้อย

ตารางที่ 4.4 ผลการสังเกตสภาพผิวชิ้นงานที่ได้จากการกัดโดยใช้ใบมีดทั้งสแตนคาร์ไบด์คมตัดตรงแบบถอดเปลี่ยนได้

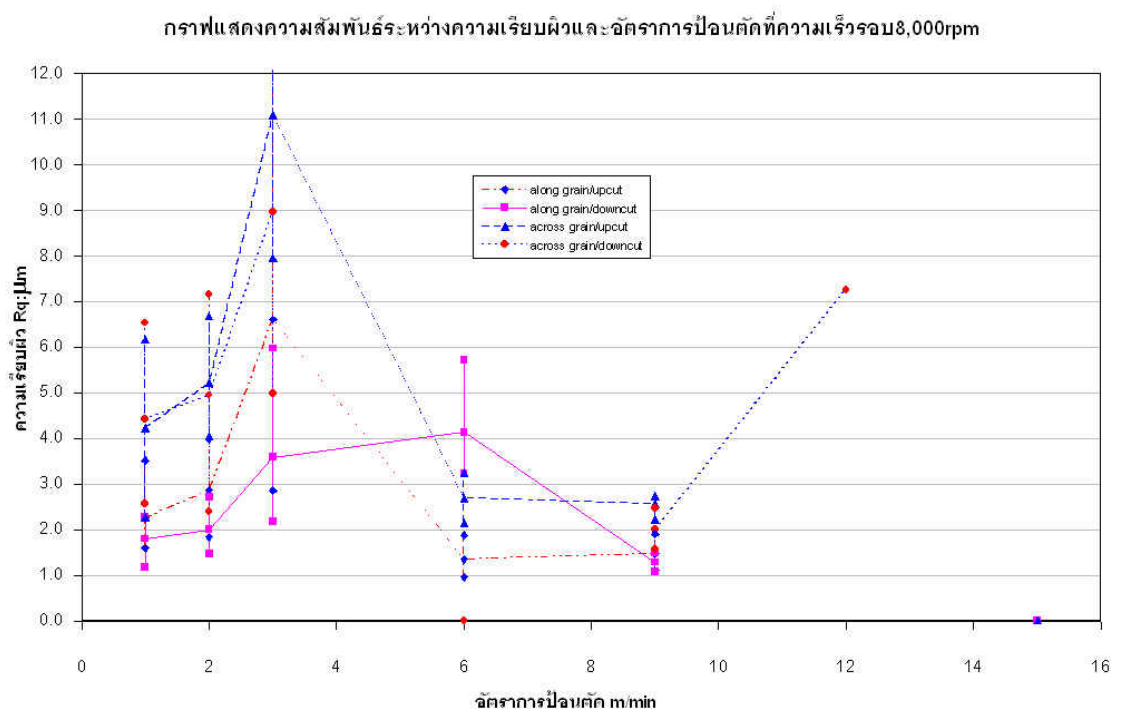
Cutting direction	Speed (rpm)	feed (mm/min)																									
		1		2		3		6		9		12		15													
		Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut
		ซซ	ออ	ซซ	ออ	ซซ	ออ	ซซ	ออ	ซซ	ออ	ซซ	ออ	ซซ	ออ	ซซ	ออ	ซซ	ออ	ซซ	ออ	ซซ	ออ	ซซ	ออ	ซซ	ออ
Along grain	8000	*	✓	*	✓	*	✗	△	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	-	-	-	-	-	-
	10000	*	✓	○	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	-	-	-	-	-	-
	12000	○	✓	○	✓	*	✗	*	✓	*	✓	*	✗	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	-	-	-	-	-	-
	14000	*	✓	○	✓	○	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	○	✓	△	✓	○	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	18000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	○	✗	*	✓	*	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Across grain	8000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	-	-	-	-	-	-
	10000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	-	-	-	-	-	-
	12000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✗	*	✓	*	✓	*	✓	-	-	-	-	-	-
	14000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	18000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* = ไม่มีขุยเกิดขึ้นเลย ○ = มีขุยเกิดขึ้นเล็กน้อย ○ = มีขุยเกิดขึ้นปานกลาง △ = มีขุยเกิดขึ้นมาก
 ✓ = ไม่มีการฉีก ✗ = มีรอยฉีกตามแนวยาว ⊗ = มีการหลุดของเนื้อไม้ - = เกิดการสั่นของเครื่องไม่สามารถตัดได้

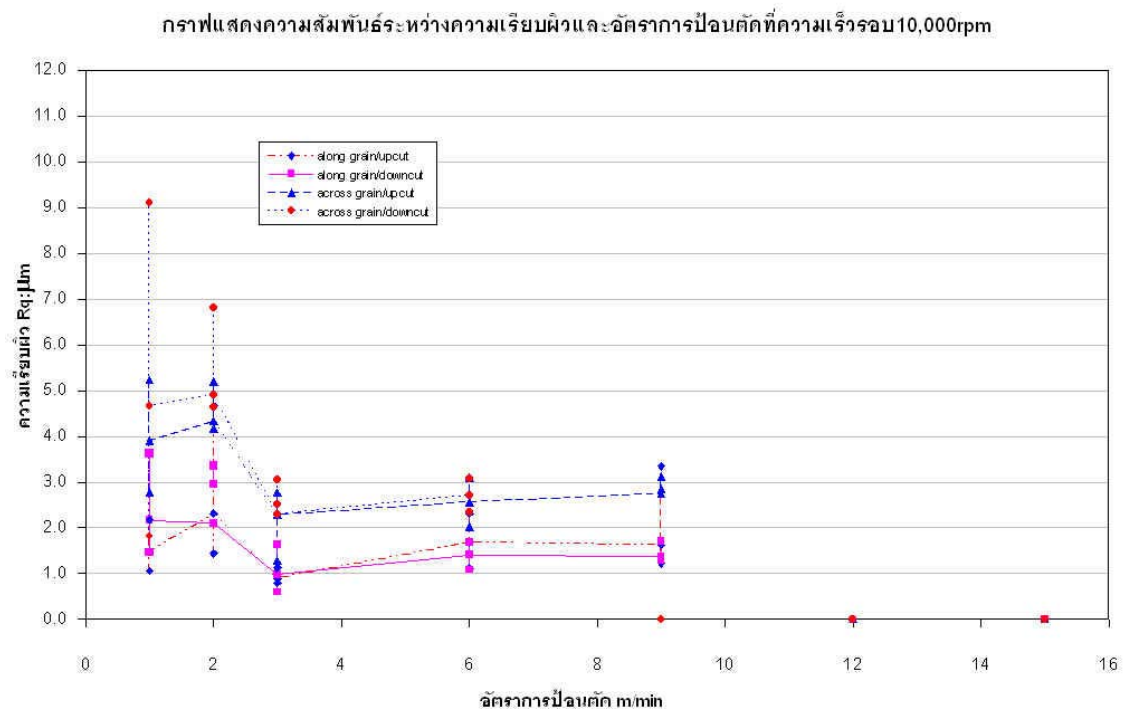
หมายเหตุ รายละเอียดของสัญลักษณ์อยู่ในภาคผนวก ก.

- ความเรียบผิวชิ้นงาน

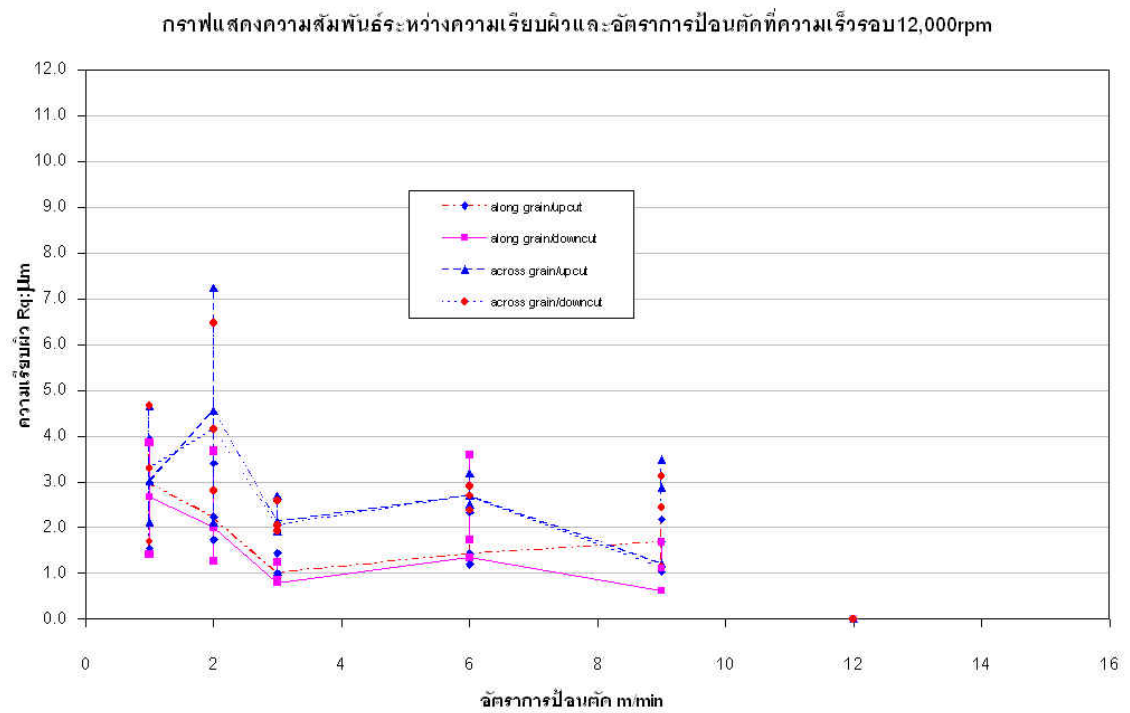
ชิ้นงานที่ผ่านการกัดจากทุกเงื่อนไขจะนำมาวัดความเรียบผิว เพื่อเปรียบเทียบลักษณะผิวที่ได้ โดยถ้าหากชิ้นงานที่ได้มีขุยหรือความเสียหายของเนื้อไม้เกิดขึ้น จะพยายามวัดความเรียบผิวตรงตำแหน่งที่ไม่มีขุยและไม่มีความเสียหาย ผลการวัดความเรียบผิวแสดงในรูปที่ 4.28-4.33 จากผลดังกล่าวพบว่าค่าความเรียบผิวของชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที จะเกิดความแปรปรวนค่อนข้างสูง ทั้งนี้ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากผิวชิ้นงานที่ได้มีแนวโน้มที่จะเกิดขุยขึ้น ทำให้ค่าความเรียบผิวค่อนข้างสูง (ผิวหยาบ) ถึงแม้จะเลือกวัดตรงตำแหน่งที่ไม่มีขุยก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาที่ค่าความเร็วรอบสูงกว่า 10,000 รอบต่อนาที พบว่าผิวชิ้นงานที่ได้มีค่าความเรียบผิวดำหรือมีผิวเรียบมาก ใกล้เคียงกับการกัดด้วยใบมีดเพชรหลายผลึก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ใบมีดแบบถอดเปลี่ยนได้ ตัวใบมีดจะสามารถออกแบบมุมของใบมีดได้มุมที่ถูกต้องเที่ยงตรงกว่ากรณีใบมีดแบบเชื่อมติด นอกจากนั้น ใบมีดแบบถอดเปลี่ยนได้นิยมใช้ทั้งสแตนคาร์ไบด์ที่มีขนาดของเกรนละเอียดกว่าแบบเชื่อมติด ทำให้คมตัดของใบมีดมีความคมมากกว่า ส่งผลให้ความเรียบผิวของชิ้นงานที่ได้ดีกว่านั่นเอง



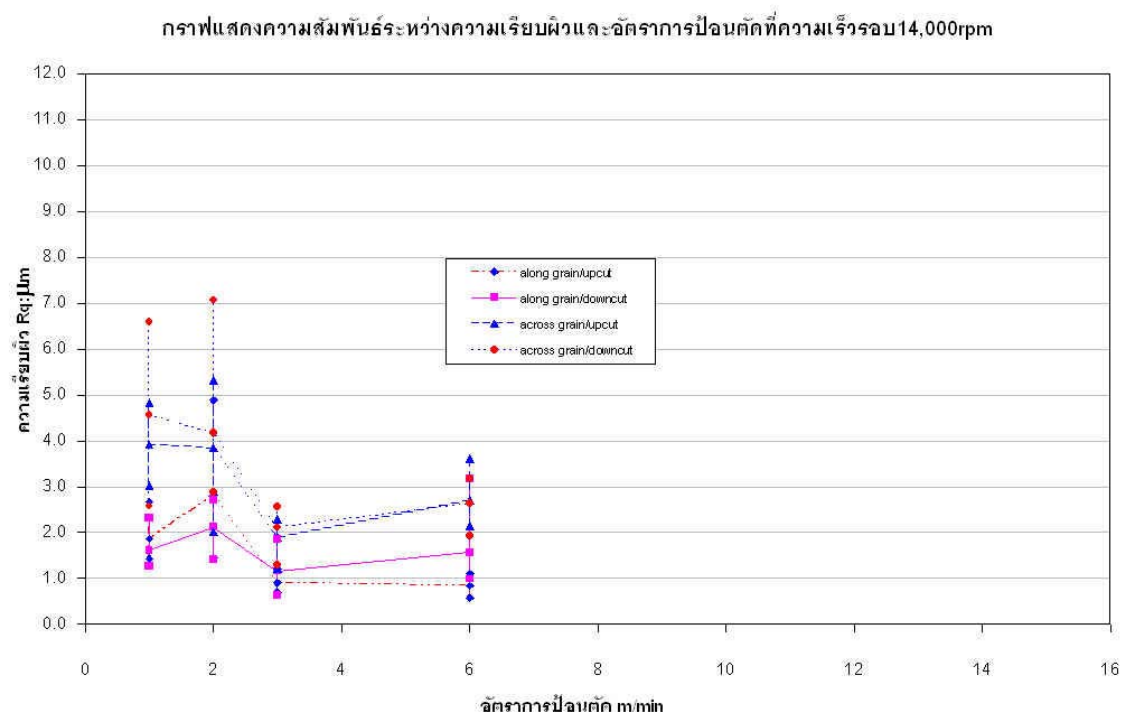
รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนคัทที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที



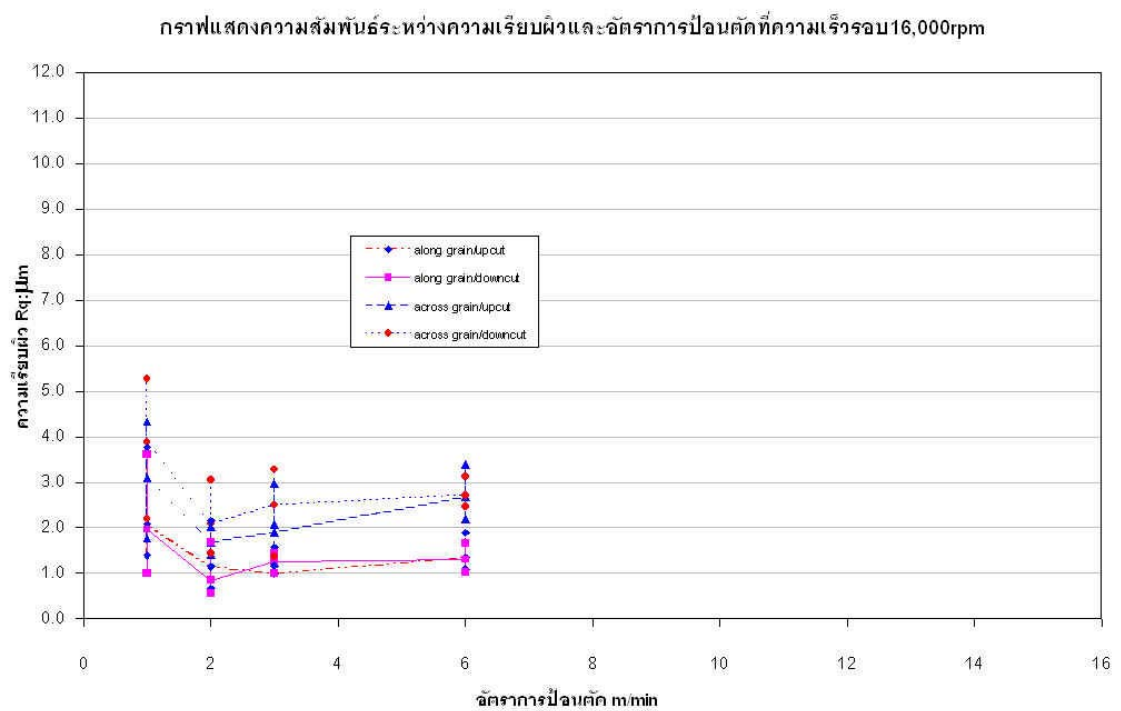
รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนคัทที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที



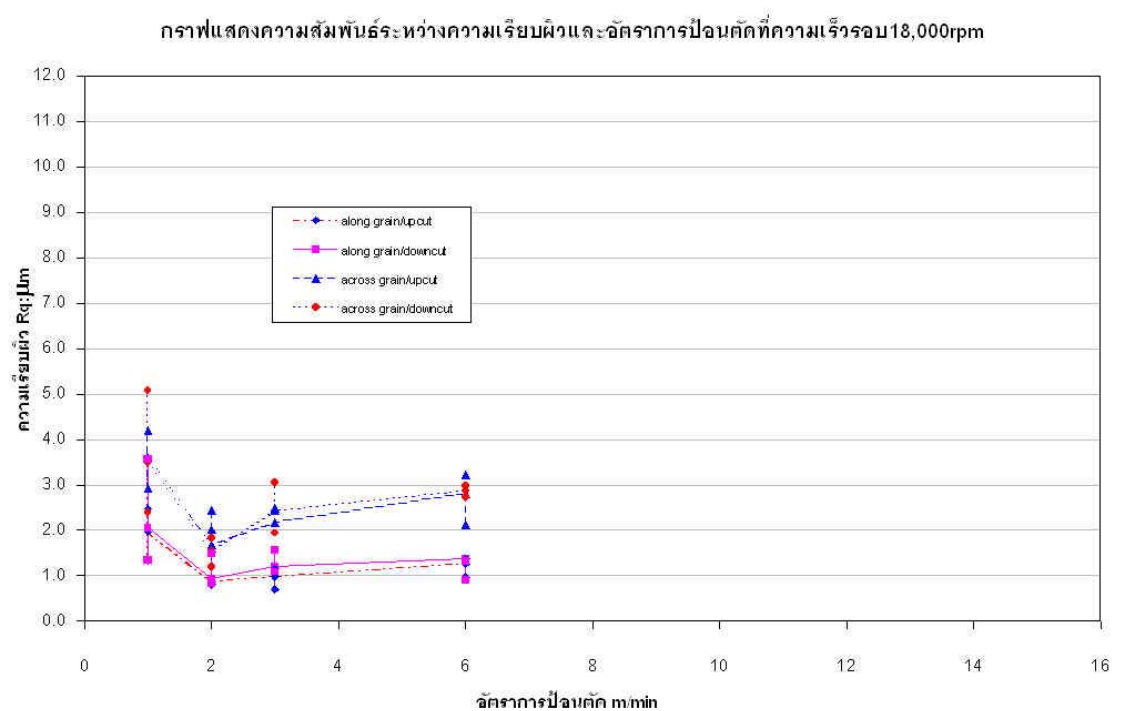
รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนตัดที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนตัดที่ความเร็วรอบ 14,000 รอบต่อนาที

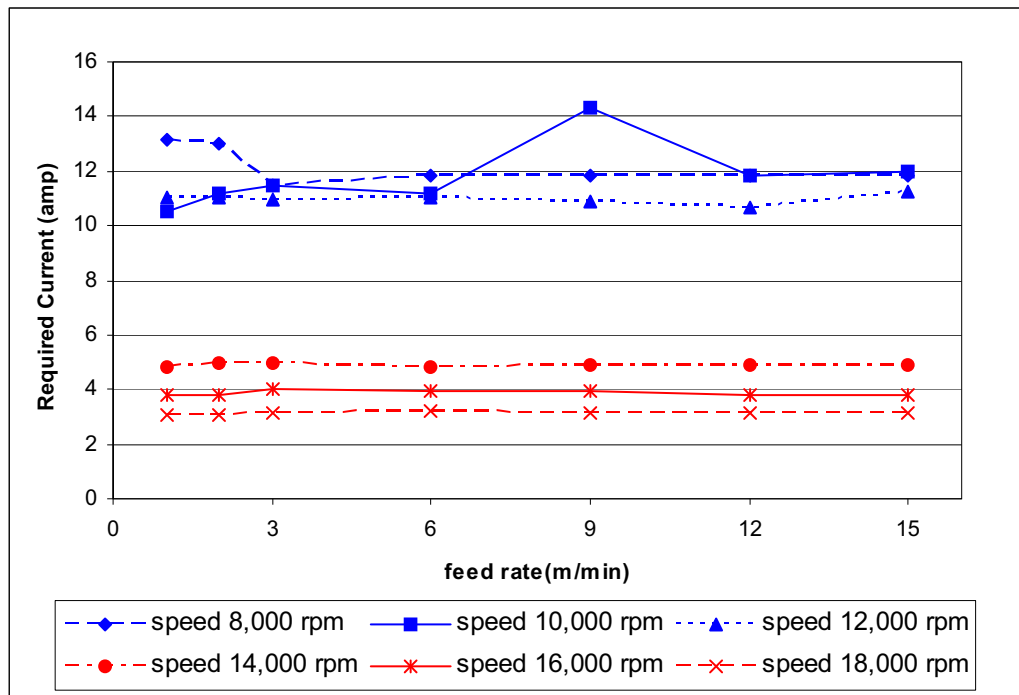


รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนตัดที่ความเร็วรอบ 16,000 รอบต่อนาที

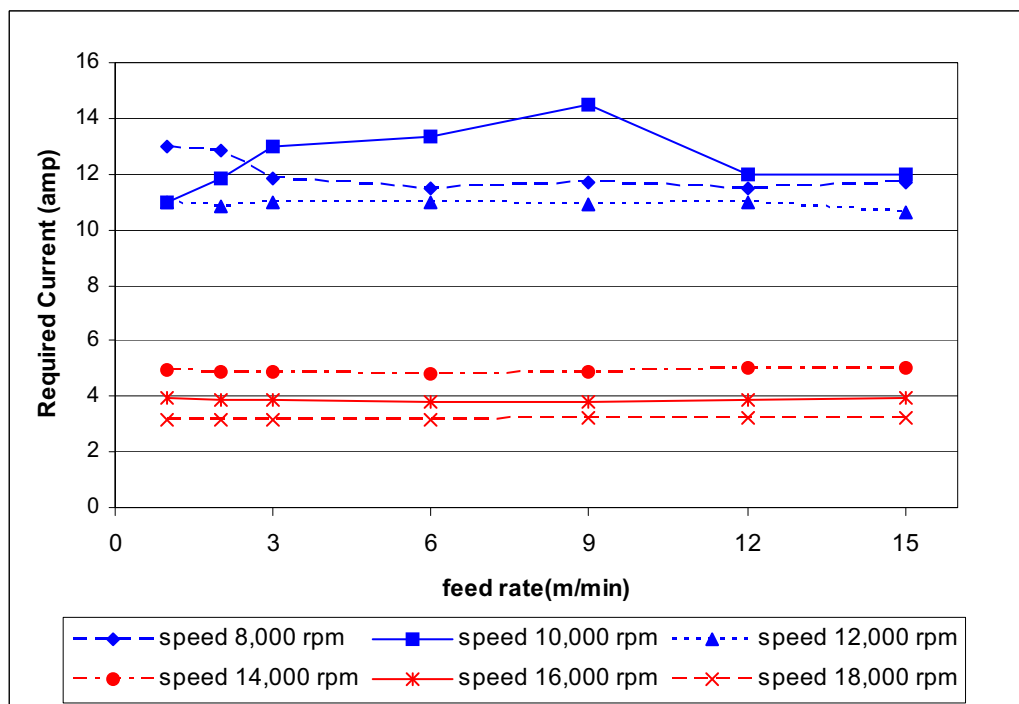


รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนตัดที่ความเร็วรอบ 18,000 รอบต่อนาที

4.3.1.2 อิทธิพลของความเร็รรอบและอัตราการป้อนกัดที่มีต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้



รูปที่ 4.34 แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ของการกัดแบบสวนทิศทางการป้อน



รูปที่ 4.35 แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ของการกัดแบบตามทิศทางการป้อน

จากรูปที่ 4.34 และ 4.35 แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในกรณีการกัดแบบสวนทิศทางการป้อนและตามทิศทางการป้อนตามลำดับ จากรูปดังกล่าวเห็นได้ว่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกัดมีแนวโน้มเหมือนกับที่ผ่านมา คือการกัดที่ความเร็วรอบสูงจะใช้กระแสไฟฟ้าน้อยเพราะปริมาณกระแสไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของมอเตอร์มากกว่าภาระที่กระทำกับใบมีด

4.3.2 กรณีใบมีดลักษณะคมตัดรูปร่าง (Profile)

4.3.2.1 อิทธิพลของความเร็วรอบและอัตราการป้อนกัดที่มีต่อคุณภาพผิวชิ้นงานหลังการกัด

สภาพผิวชิ้นงานที่ได้จากการกัดโดยใช้ใบมีดทั้งสแตนคาร์ไบด์คมตัดรูปร่างแบบถอดเปลี่ยนได้ แสดงในตารางที่ 4.5 จากตารางดังกล่าวจะเห็นว่าความเร็วรอบสูงสุดของใบมีดที่ใช้จะเท่ากับ 14,700 รอบต่อนาทีเท่านั้น ในขณะที่ใบมีดแบบอื่นๆ จะทำการทดลองที่ความเร็วรอบสูงสุดเท่ากับ 18,000 รอบต่อนาที ทั้งนี้เพราะจากที่กล่าวในบทที่ 3 เนื่องจากข้อจำกัดในการหาใบมีดที่ใช้ในการทดลอง ใบมีดที่ใช้ในกรณีนี้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 22 มิลลิเมตร ซึ่งใหญ่กว่ากรณีอื่นที่มีขนาดเพียง 18 มิลลิเมตร เพื่อให้ความเร็วตัด (ความเร็วเชิงเส้น) สูงสุดไม่เปลี่ยนแปลง จึงกำหนดความเร็วรอบของใบมีดแตกต่างจากกรณีอื่นตามค่าที่แสดงในตาราง 4.5 จากการสังเกตผลที่ได้ในตาราง สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ผลการสังเกตสภาพผิวชิ้นงานที่ได้จากการกัดโดยใช้ใบมีดทั้งสแตนคาร์ไบด์คมตัดรูปร่างแบบถอดเปลี่ยนได้

Cutting direction	Speed (rpm)	feed (m/min)																			
		1		2		3		6		9		12		15							
		Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut	Upcut	Downcut						
		สูง	ลึก	สูง	ลึก	สูง	ลึก	สูง	ลึก	สูง	ลึก	สูง	ลึก	สูง	ลึก	สูง	ลึก				
Along grain	8000	*	✓	⊙	✓	*	✓	*	✓	*	✗	*	✗	⊙	✓	*	✗	*	✗	*	✗
	10000	*	✗	*	✓	*	✓	*	✓	⊙	✓	*	✓	*	✗	*	✓	*	✓	*	✗
	12000	⊙	✓	⊙	✓	○	✓	⊙	✓	*	✓	⊙	✓	*	✓	⊙	✓	⊙	✓	*	✓
	13100	*	✓	*	✓	○	✓	⊙	✓	*	✓	⊙	✓	*	✗	○	✓	*	✓	⊙	✓
	14000	*	✓	⊙	✓	○	✓	○	✓	⊙	✓	⊙	✓	*	✓	⊙	✓	*	✓	⊙	✓
	14700	*	✓	⊙	✓	○	✓	⊙	✓	*	✗	⊙	✓	*	✗	⊙	✓	⊙	✗	⊙	✓
Across grain	8000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	⊙	*	✓	⊙	✗
	10000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓
	12000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓
	13100	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	⊙	*	✓	*	⊙
	14000	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	○	✓	*	✓	*	⊙	*	✓	*	✓
	14700	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓	*	⊙	*	✓	*	⊙

* = ไม่มีขุยเกิดขึ้นเลย ⊙ = มีขุยเกิดขึ้นเล็กน้อย ○ = มีขุยเกิดขึ้นปานกลาง △ = มีขุยเกิดขึ้นมาก
 ✓ = ไม่มีการฉีก ✗ = มีรอยฉีกตามแนวยาว ⊗ = มีการหลุดของเนื้อไม้

หมายเหตุ รายละเอียดของสัญลักษณ์อยู่ในภาคผนวก ก.

- ขุยของเนื้อไม้

การสังเกตการเกิดขุยบนผิวไม้ที่เงื่อนไขการกัดต่างๆ พบว่าการเกิดขุยไม้ของใบมีดคมตัดรูปร่างจะเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าคมตัดตรง แต่จะเป็นขุยปริมาณน้อยๆ ในขณะที่กรณีคมตัดตรงเมื่อเกิดขุยขึ้นจะเกิดขึ้นในปริมาณมาก เนื่องจากการเกิดขุยจะสัมพันธ์กับระยะกินลึกดังที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ นั่นคือ กรณีคมตัดแบบรูปร่างที่มีระยะการกินลึกของส่วนบนคมตัดมากทำให้มีขุยเกิดขึ้นในปริมาณที่น้อยกว่านั่นเอง

- ความเสียหายของไม้

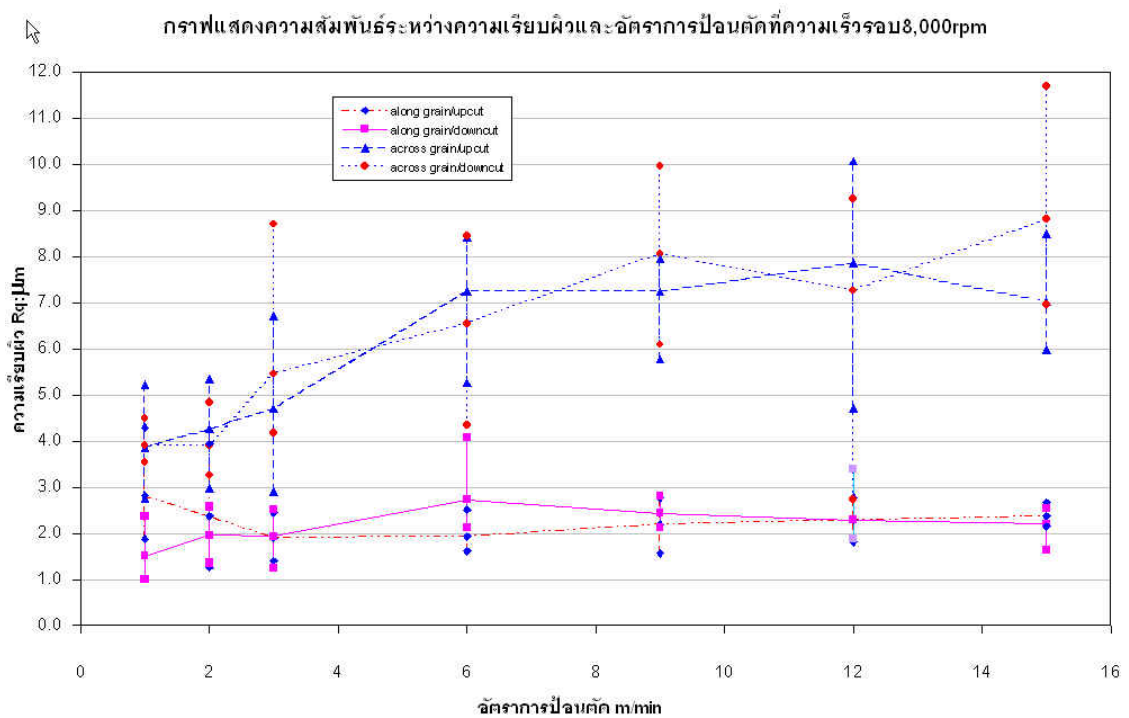
จากตารางที่ 4.5 พบว่ากรณีคมตัดรูปร่างจะสามารถกัดชิ้นงานโดยใช้อัตราการป้อนกัดสูงๆได้ ในขณะที่ในกรณีคมตัดตรงเมื่อกำหนดอัตราการป้อนกัดสูงกว่า 9 เมตรต่อนาทีจะไม่สามารถกัดชิ้นงานได้ เนื่องจากเกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงของเครื่องซีเอ็นซี ซึ่งน่าจะมีสาเหตุจากช่องว่าง (Gap) ระหว่างใบมีดกับตัวจับยึด (Tool holder) ตามที่ได้วิเคราะห์ไว้ก่อนหน้านี้ ทั้งนี้ในกรณีของงานวิจัยนี้ การใช้ใบมีดที่มีคมตัดรูปร่างจะเกิดการสั่นสะเทือนน้อยกว่าเพราะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีด ซึ่งหมายถึงขนาดของใบมีดที่ใช้ใหญ่กว่ากรณีคมตัดตรง ทำให้การยึดใบมีดสามารถใช้สกรูที่มีขนาดใหญ่กว่า และยึดได้มั่นคงกว่ากรณีคมตัดตรง ส่งผลให้การสั่นสะเทือนขณะทำการกัดลดลงนั่นเอง อย่างไรก็ตามเมื่อกำหนดอัตราการป้อนกัดสูงกว่า 9 เมตรต่อนาที แนวโน้มการหลุดของเนื้อไม้ก็เกิดได้มากขึ้นเนื่องจากการสั่นสะเทือนที่มากขึ้นตามที่ได้วิเคราะห์ไว้ก่อนหน้านี้

- รอยไหม้บนผิวไม้

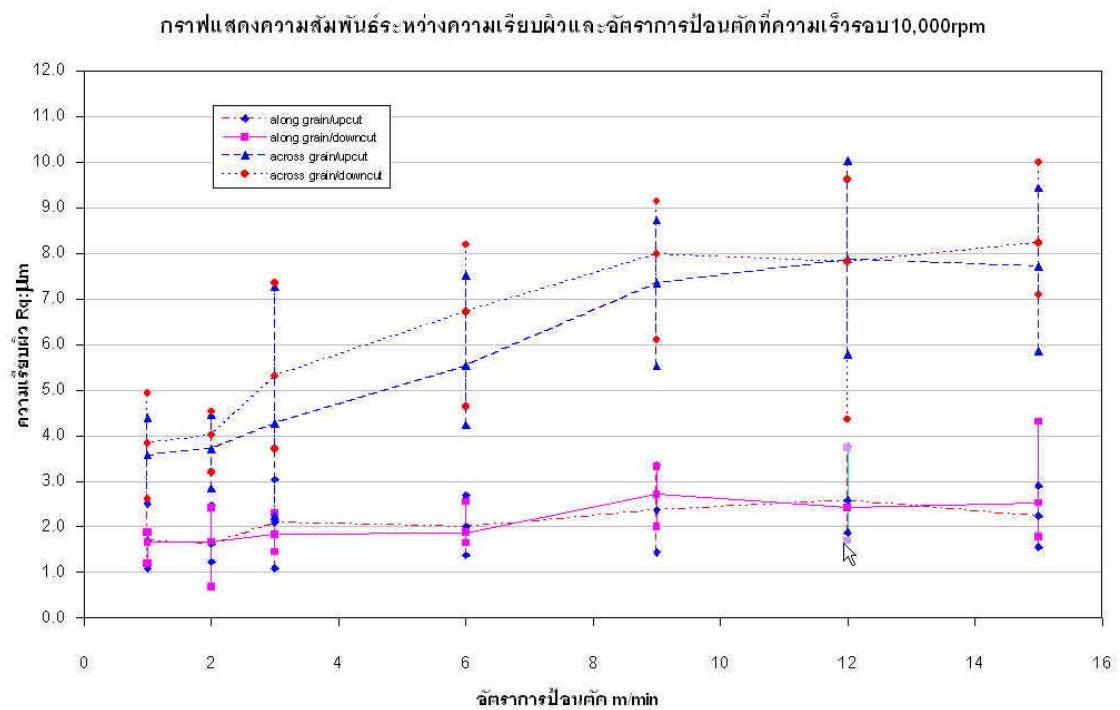
ไม่พบรอยไหม้เกิดขึ้นในช่วงความเร็วรอบที่สามารถทำการกัดได้

(ข) ความเรียบผิวชิ้นงาน

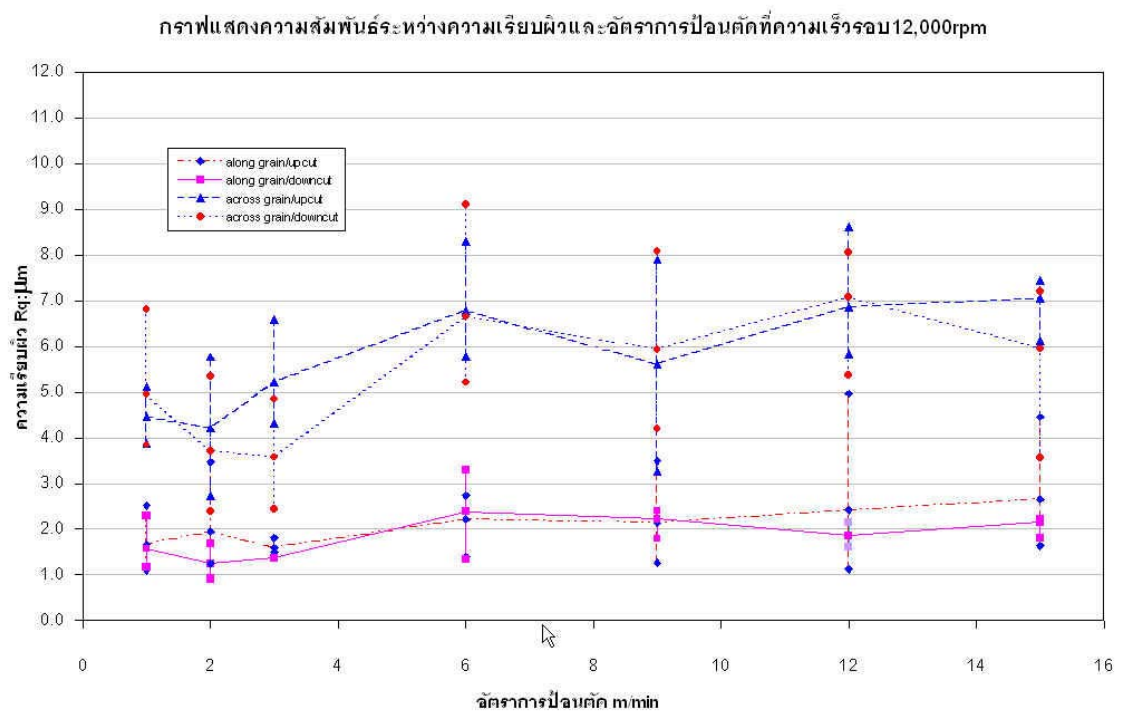
ค่าความเรียบผิวของชิ้นงานที่ได้จากการกัดโดยใช้ใบมีดทั้งสเตนคาร์ไบด์คมตัดรูปร่างแบบเชื่อมติด แสดงในรูปที่ 4.36-4.41 จากรูป พบว่ากรณีการกัดแบบสวนทิศทางการป้อนและตามทิศทางการป้อนมีแนวโน้มของความเรียบผิวที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเมื่อเทียบกับความเรียบผิวของใบมีดแบบคมตัดตรง ความเรียบผิวที่ได้มีค่าสูงกว่าเล็กน้อยโดยเฉพาะในกรณีของการกัดขวางเสี้ยน ทั้งนี้ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากกรณีของคมตัดรูปร่าง ระยะการกินลึกเฉลี่ยของใบมีดจะมีค่ามากกว่ากรณีคมตัดตรง ทำให้ผิวที่ได้หยาบกว่าเล็กน้อย และเมื่ออัตราการป้อนกัดสูงขึ้น ผิวที่ได้มีแนวโน้มหยาบขึ้นเหมือนกับกรณีที่ใช้ใบมีดแบบอื่นๆ



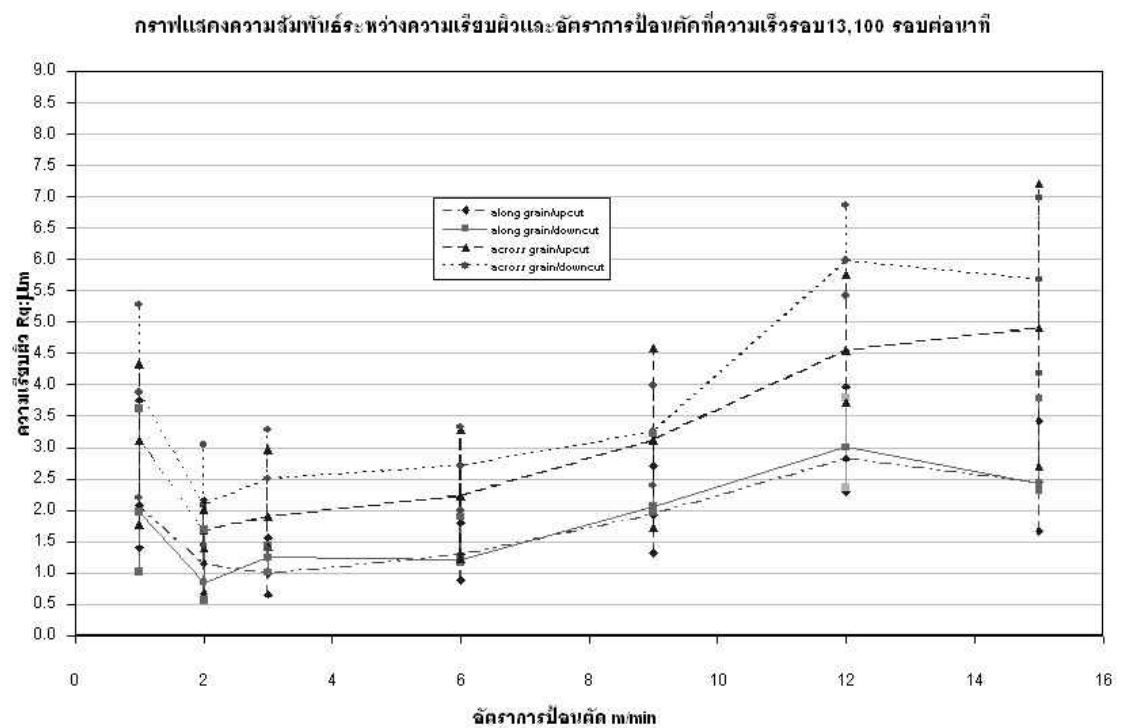
รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนกัดที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที



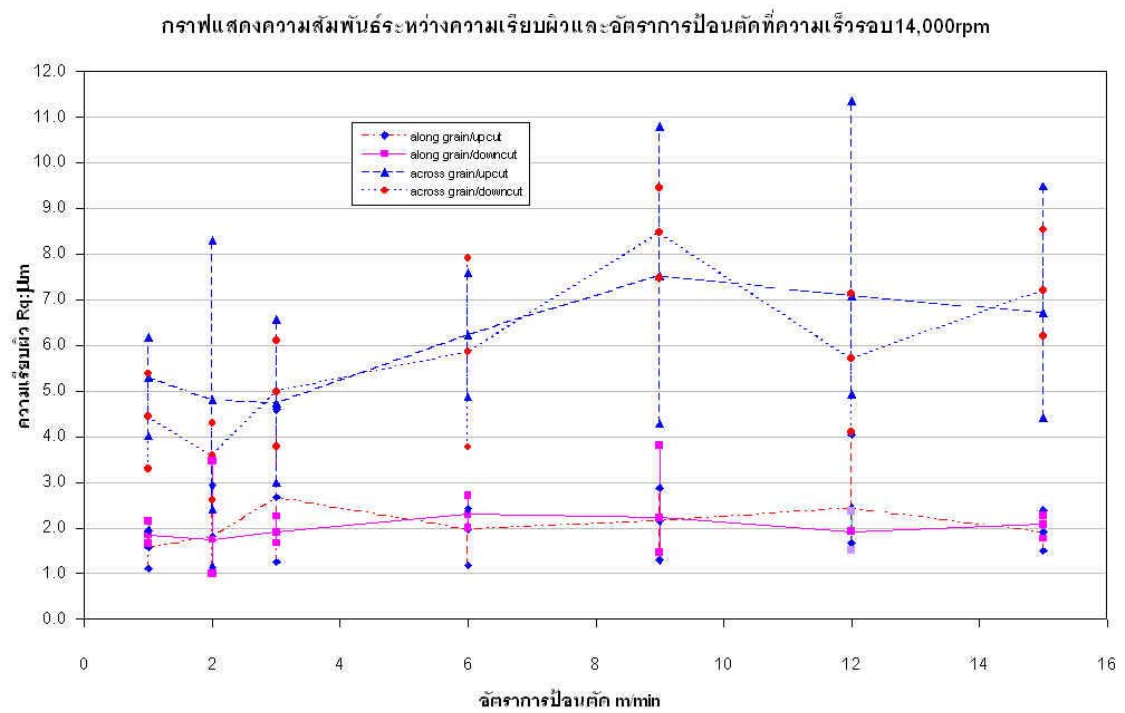
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนกัดที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที



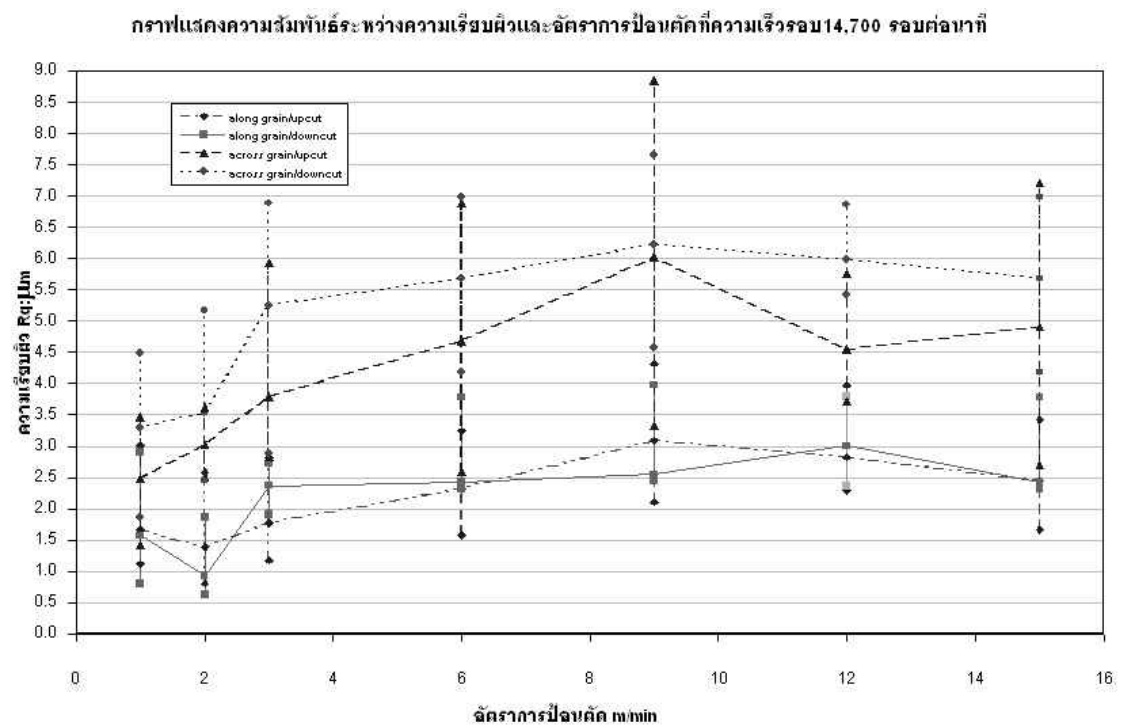
รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนตัดที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนตัดที่ความเร็วรอบ 13,100 รอบต่อนาที



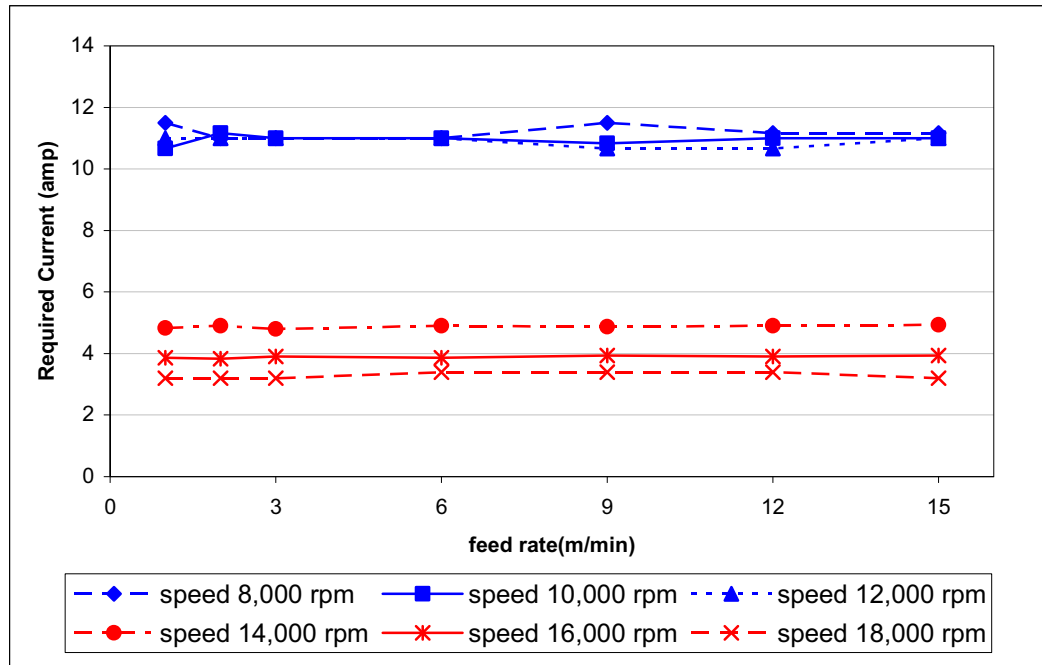
รูปที่ 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนตัดที่ความเร็วรอบ 14,000 รอบต่อนาที



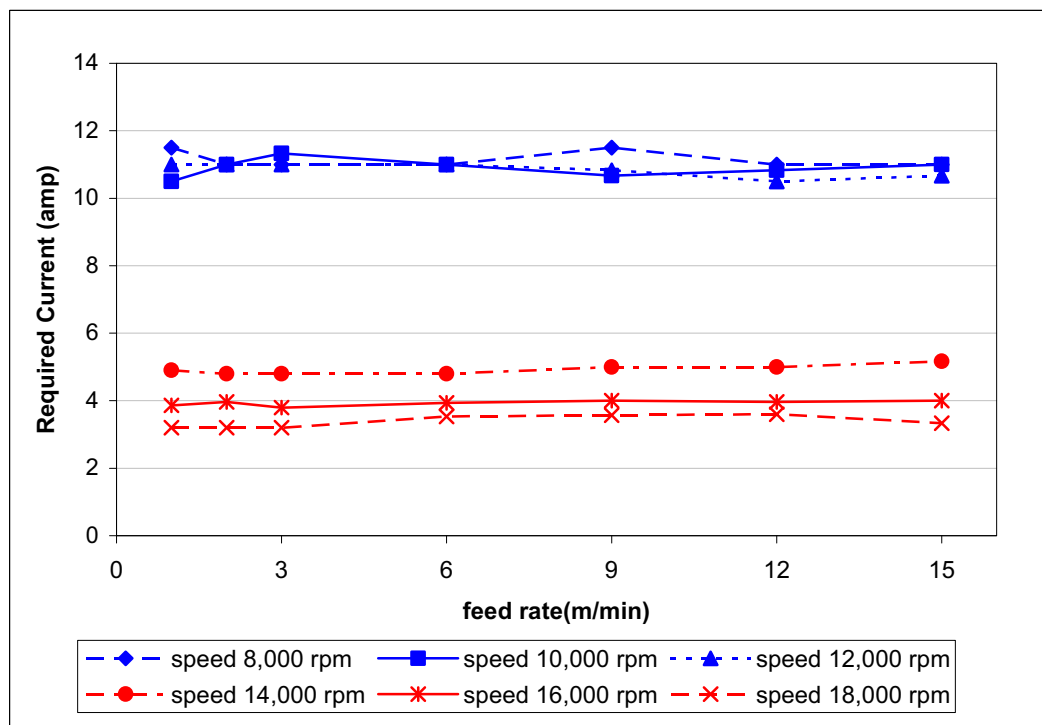
รูปที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและอัตราการป้อนตัดที่ความเร็วรอบ 14,700 รอบต่อนาที

4.3.2.2 อิทธิพลของความเร็รรอบและอัตราการป้อนกัดที่มีต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้

จากรูปที่ 4.42 และ 4.43 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกัดมีแนวโน้มเหมือนกับก่อนหน้าที่ผ่านมา



รูปที่ 4.42 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ของการกัดแบบสวนทิศทางการป้อน



รูปที่ 4.43 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ของการกัดแบบตามทิศทางการป้อน

4.4 อิทธิพลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดและมุมตัดเฉือน (Inclination Angle)

4.4.1 คุณภาพผิวชิ้นงานหลังการกัด

- ขุยของเนื้อไม้

จากการสังเกตการเกิดขุยบนผิวไม้ที่เงื่อนไขการกัดต่างๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 ซึ่งเป็นการกัดไม้โดยใช้ใบมีดที่ไม่มีมุมตัดเฉือนและใบมีดที่มีมุมตัดเฉือนเท่ากับ 5 องศาตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 และ 26 มิลลิเมตรของการกัดแบบขนานเส้นไม้และตามทิศทางการป้อนมีขุยขึ้นทุกอัตราการป้อน ทั้งนี้การทดลองนี้ได้กำหนดให้ความเร็วเชิงเส้นในการกัดของใบมีดทุกอันเท่ากัน (Linear cutting speed เท่ากัน แต่ความเร็วรอบแปรตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง) ดังนั้นการเพิ่มขนาดของใบมีดโดยใช้จำนวนคมตัดเท่าเดิม จะทำให้ระยะทางในการกัดต่อหนึ่งคมตัด (Feed per tooth) เพิ่มขึ้นดังนั้น โอกาสที่จะเกิดการกัดซ้ำที่จุดเดิมจะเกิดขึ้นน้อยลงทำให้เกิดขุยได้ง่ายขึ้น จากตารางพบว่า การมีมุมตัดเฉือนและไม่มีมุมตัดเฉือนไม่มีผลต่อการเกิดขุยอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 4.6 ผลการสังเกตสภาพผิวชิ้นงานของใบมีดแบบไม่มีมุมตัดเฉือน

Cutting direction	Dia. (mm)	feed (m/min)							
		3				9			
		Upcut		Downcut		Upcut		Downcut	
		ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก	ขุย	ฉีก
Along grain	18	*	✗	○	✓	*	✓	*	✓
	22	*	✗	⊙	✓	*	✓	○	✓
	26	*	✗	○	✓	*	✓	⊙	✓
Across grain	18	*	✓	*	✓	*	✓	*	✓
	22	*	✓	*	✓	*	✓	*	⊗
	26	*	✓	*	✓	*	⊗	*	⊗

- * = ไม่มีขุยเกิดขึ้นเลย ⊙ = มีขุยเกิดขึ้นเล็กน้อย
 ○ = มีขุยเกิดขึ้นปานกลาง △ = มีขุยเกิดขึ้นมาก
 ✓ = ไม่มีการฉีก ✗ = มีรอยฉีกตามแนวยาว

หมายเหตุ รายละเอียดของสัญลักษณ์อยู่ในภาคผนวก ก.

ตารางที่ 4.7 ผลการสังเกตสภาพผิวชิ้นงานของใบมีดแบบมีมุมตัดเฉือน (5 องศา)

Cutting direction	Dia. (mm)	feed (mm/min)							
		3				9			
		Upcut		Downcut		Upcut		Downcut	
		ขยุ	ฉีก	ขยุ	ฉีก	ขยุ	ฉีก	ขยุ	ฉีก
Along grain	18	*	✓	*	✓	*	✓	○	✓
	22	*	✓	○	✓	*	✓	⊙	✓
	26	*	✓	⊙	✓	*	✗	○	✓
Across grain	18	*	✓	*	✓	*	✓	*	⊗
	22	*	✓	*	✓	*	✓	*	⊗
	26	*	✓	*	✓	*	✓	*	⊗

* = ไม่มีขุยเกิดขึ้นเลย ⊙ = มีขุยเกิดขึ้นเล็กน้อย
 ○ = มีขุยเกิดขึ้นปานกลาง △ = มีขุยเกิดขึ้นมาก
 ✓ = ไม่มีการฉีก ✗ = มีรอยฉีกตามแนวยาว

หมายเหตุ รายละเอียดของสัญลักษณ์อยู่ในภาคผนวก ก.

- ความเสียหายของไม้

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดไม่มีผลต่อความเสียหายของเนื้อไม้ แต่การมีมุมตัดเฉือนนั้นจะไปช่วยลดการฉีกขาดของเนื้อไม้จากกรณีการกัดสวนทิศทางการป้อนตัด เนื่องจากว่าใบมีดที่มีมุมตัดเฉือนทำให้แรงในการกัดลดลงและสม่ำเสมอ ทำให้การฉีกขาดของชิ้นงานลดลงดังรูปที่ 2.20 แต่ที่กรณีตามทิศทางการป้อนการมีมุมตัดเฉือนทำให้เกิดการหลุดของเนื้อไม้มากขึ้น

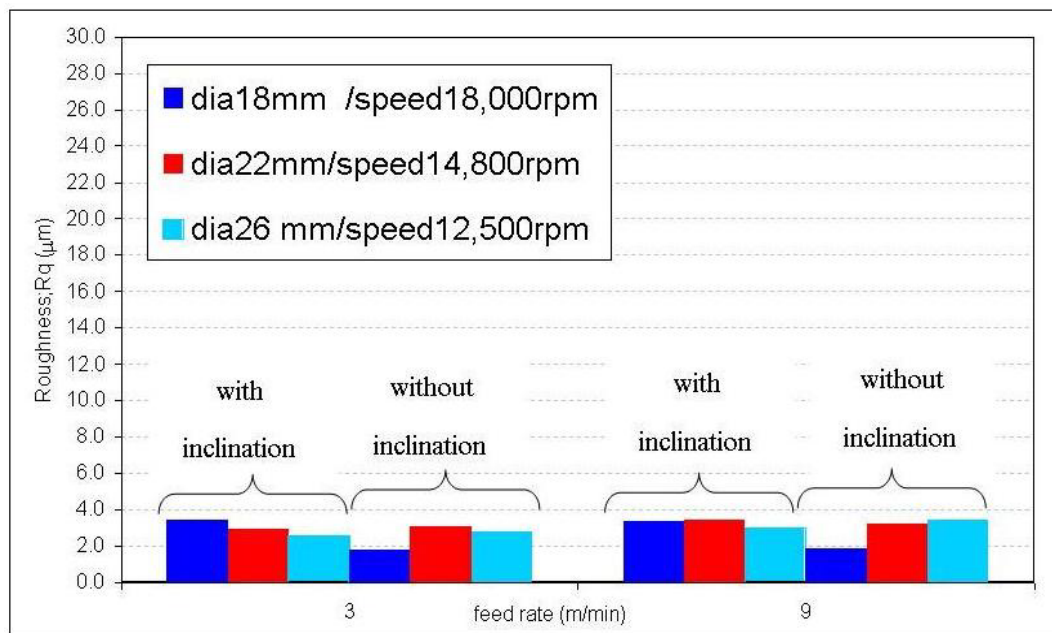
- รอยไหม้บนผิวไม้

จากผลที่พบว่าเมื่อมีรอยไหม้เกิดขึ้นที่ใบมีดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 และ 26 มิลลิเมตร ที่อัตราการป้อนกัด 3 เมตรต่อนาที ของการกัดแบบขวางเส้นไม้ ซึ่งเกิดทั้งแบบมีมุมตัดเฉือนและไม่มีมุมตัดเฉือน

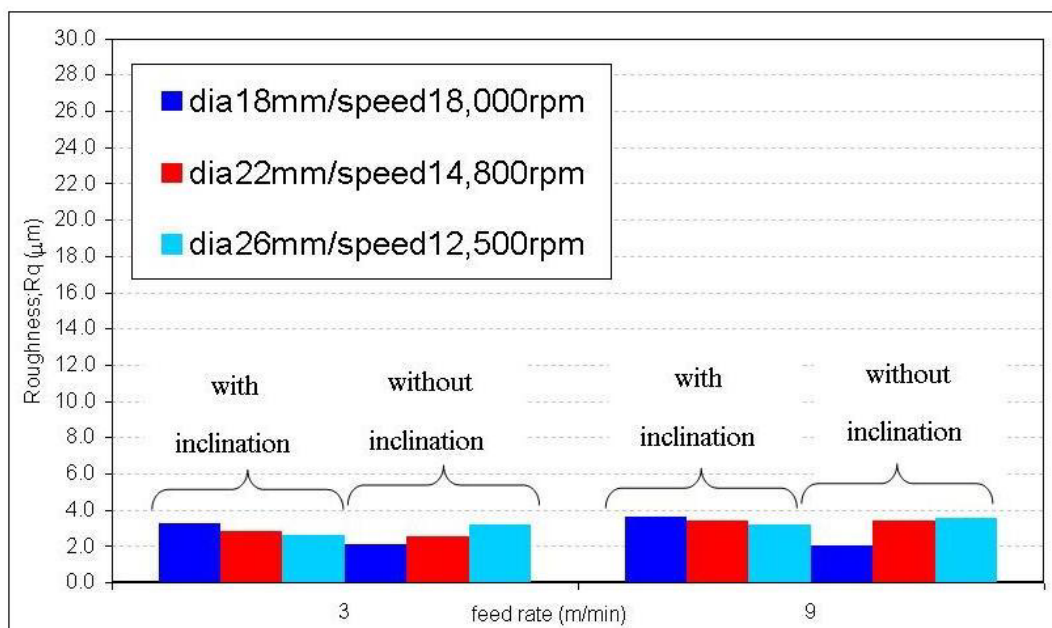
(ข) ความเรียบผิวชิ้นงาน

จากรูปที่ 4.44 - 4.49 เมื่อพิจารณากรณีมีมุมตัดเฉือนและไม่มีมุมตัดเฉือนของการกัดแบบขนานเส้นไม้ทั้งกรณีการกัดสวนทิศทางการป้อนหรือตามทิศทางการป้อนพบว่า ใบมีดที่มีมุมตัดเฉือนเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดเพิ่มขึ้นทำให้ความเรียบผิวดีขึ้น แต่ในส่วนของใบมีดที่ไม่มีมุมตัดเฉือนเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดเพิ่มขึ้นทำให้ความเรียบผิวแย่ลง ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าแนวโน้มที่ได้มีความขัดแย้งกับทางทฤษฎี ทำให้ไม่สามารถที่จะสรุปผลของการทดลองในส่วนนี้ได้

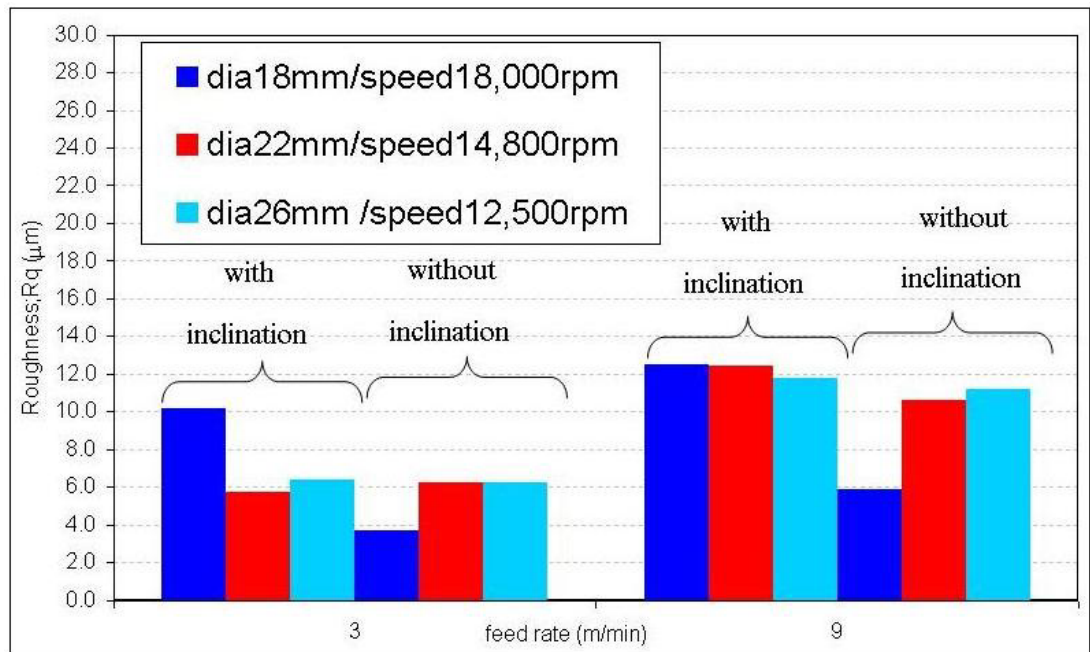
อย่างชัดเจน เนื่องจากตามทฤษฎี เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นค่าความเรียบผิวที่ได้ควรจะแย
ลง (เพราะ Cutter mark มีค่าสูงขึ้น) แต่ผลของค่าความเรียบผิวที่ได้จากการทดลองนั้นมีค่าที่แย้งกัน
ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า การเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใช้ในการทดลองมีความแตกต่างกัน
น้อยเกินไป ส่งผลให้การทดลองไม่สามารถที่จะสรุปได้อย่างชัดเจน



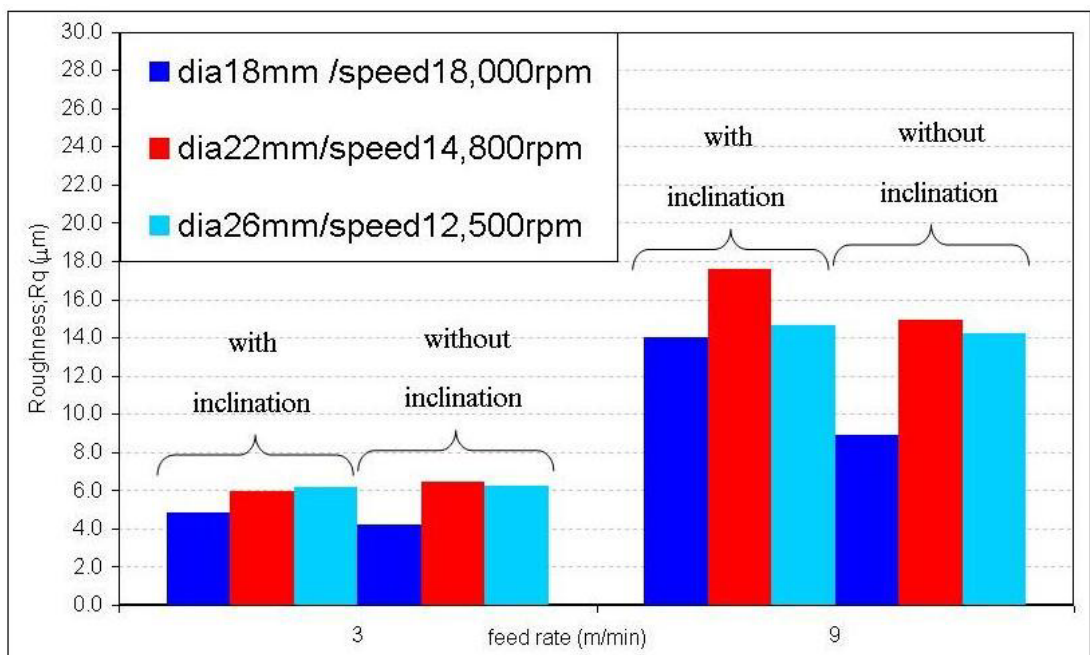
รูปที่ 4.44 อิทธิพลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดและมุมตัดเฉือนที่มีต่อความเรียบผิวโดย กำหนดค่า
ความเร็วในการกัดคงที่ (1020 m/min) ในการกัดขนานเส้นไม่แบบสวนทิศทางการป้อน



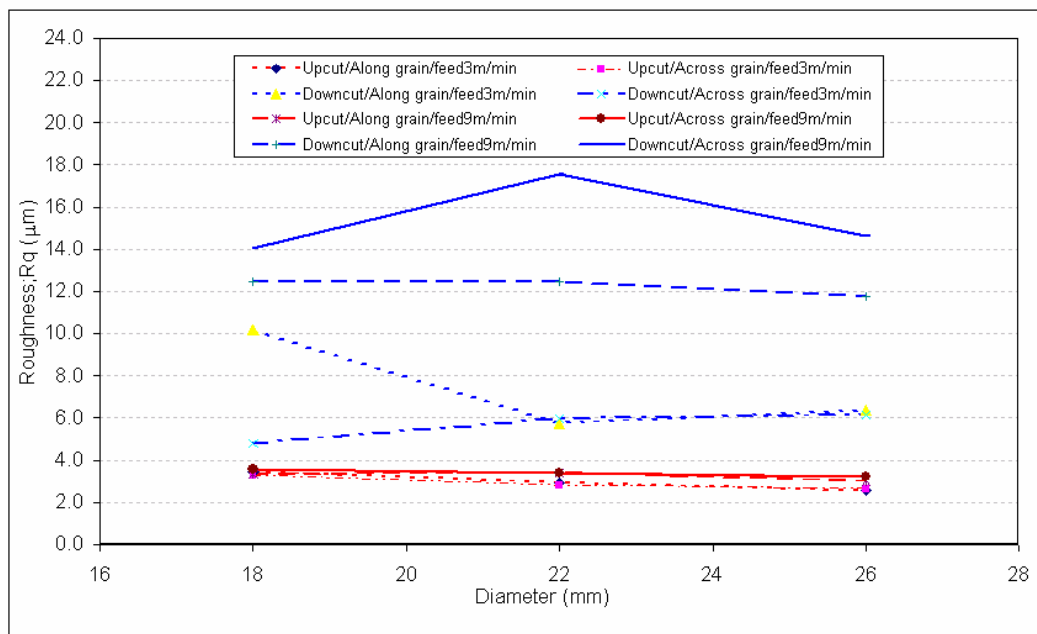
รูปที่ 4.45 อิทธิพลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดและมุมตัดเฉือนที่มีต่อความเรียบผิวโดย กำหนดค่า
ความเร็วในการกัดคงที่ (1020 m/min) ในการกัดขนานเส้นไม่แบบตามทิศทางการป้อน



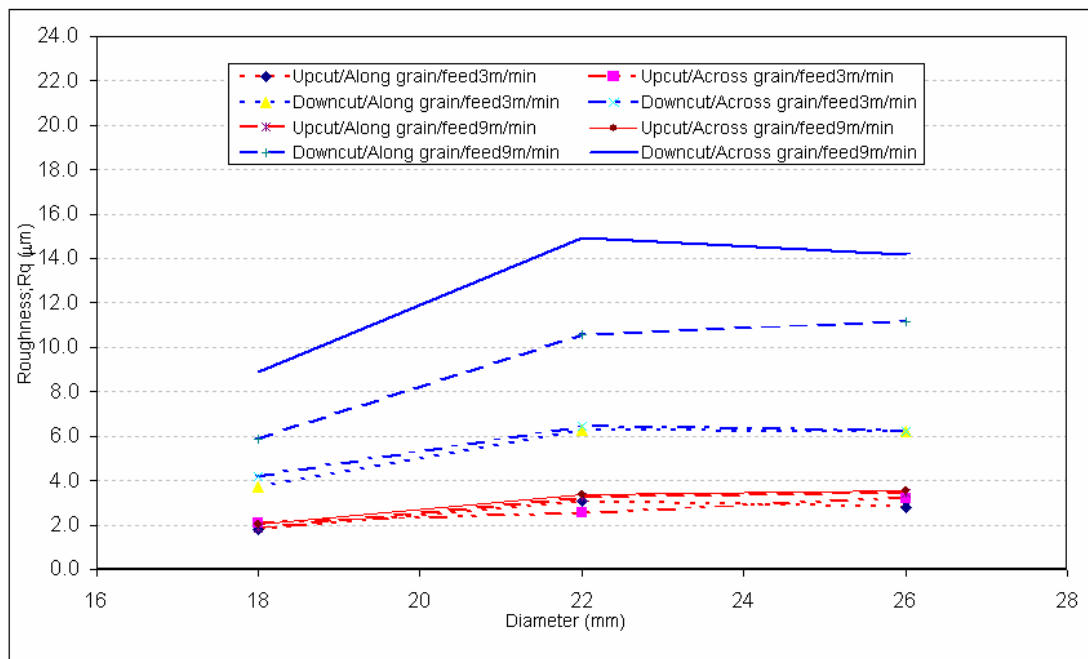
รูปที่ 4.46 อิทธิพลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดและมุมตัดเฉือนที่มีต่อความเรียบผิวโดย กำหนดค่าความเร็วในการกัดคงที่ (1020 m/min) ในการกัดขวางเส้นขึ้นไม้แบบสวนทิศทางการป้อน



รูปที่ 4.47 อิทธิพลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดและมุมตัดเฉือนที่มีต่อความเรียบผิวโดย กำหนดค่าความเร็วในการกัดคงที่ (1020 m/min) ในการกัดขวางเส้นขึ้นไม้แบบตามทิศทางการป้อน

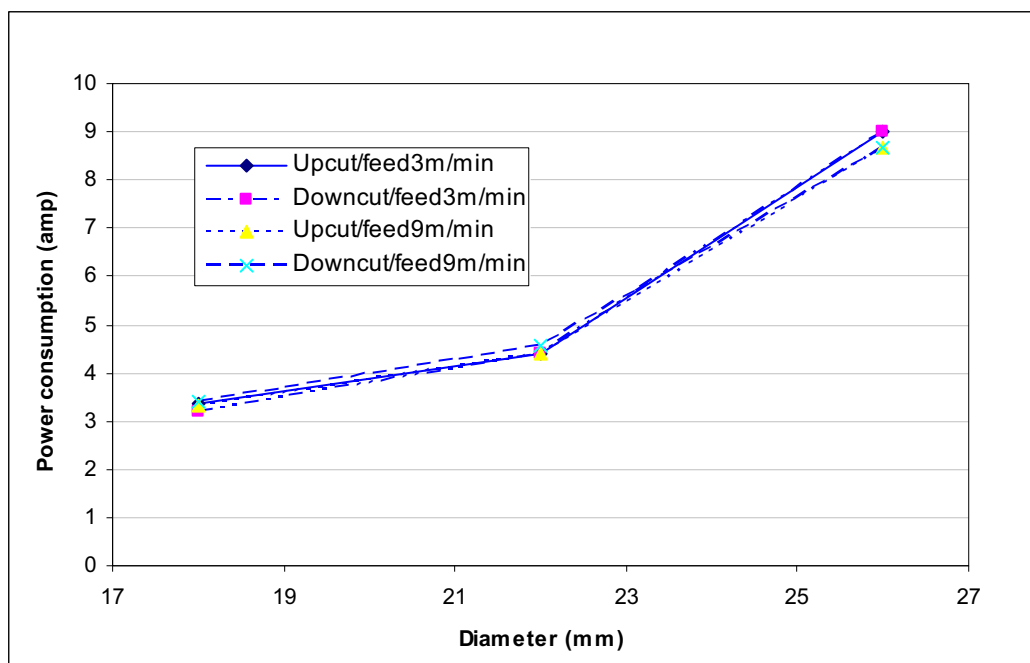


รูปที่ 4.48 อิทธิพลเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดและมุมตัดเฉือนที่มีต่อความเรียบผิวโดยใช้ใบมีดแบบมีมุมตัดเฉือน

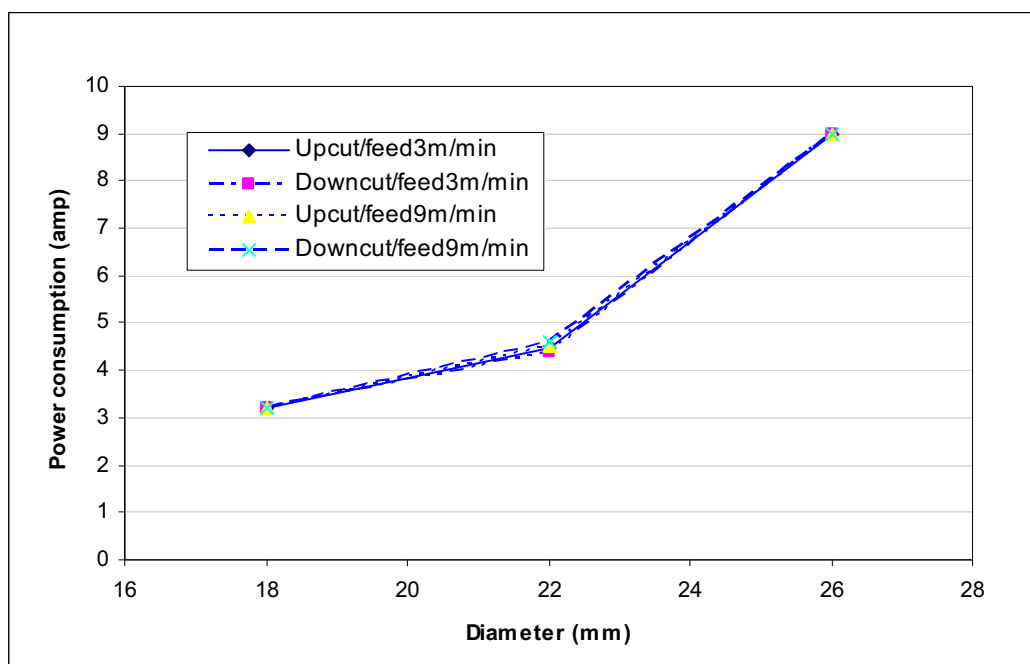


รูปที่ 4.49 อิทธิพลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดและมุมตัดเฉือนที่มีต่อความเรียบผิวโดยใช้ใบมีดแบบไม่มีมุมตัดเฉือน

4.4.2 อิทธิพลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดและมุมตัดเฉือนที่มีต่อปริมาณกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 4.50 ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดแบบมีมุมตัดเฉือน



รูปที่ 4.51 ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดแบบไม่มีมุมตัดเฉือน

รูปที่ 4.50 และ 4.51 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดกับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกัดชิ้นงานสำหรับกรณีที่ใช้ใบมีดแบบไม่มีมุมตัดเฉือน และแบบที่มีมุมตัดเฉือนเท่ากับ 5 องศาตามลำดับ จากผลดังกล่าวจะเห็นว่าเมื่อขนาดใบมีดเพิ่มขึ้นจะใช้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งผลที่ได้จริงๆ แล้วไม่สามารถระบุได้ว่าเกิดจากอิทธิพลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดเนื่องจากในการทดลองเพื่อที่จะกำหนดให้ความเร็วเชิงเส้นในการกัดคงที่ จำเป็นต้องแปรค่าความเร็วรอบตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีด กรณีใบมีดขนาดเล็กจะใช้ความเร็วรอบสูงกว่าทำให้ใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าน้อยกว่านั่นเอง เนื่องจากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องซีเอ็นซีที่ใช้ในการทดลองขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของมอเตอร์เป็นหลัก

4.5 การใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ในการทำนายคุณภาพผิวของไม้ที่ตัดด้วยใบมีดแบบเชื่อมติด

เนื่องจากในการกัด ไม้ยางพาราจะมีปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพผิวชิ้นงานที่ได้มีอยู่หลายอย่างด้วยกัน การกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้คุณภาพผิวที่ดีที่สุดจะสามารถทำได้ค่อนข้างยาก เพราะข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ผ่านมาจะเห็นได้ชัดเจนว่าความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในการทำงานและคุณภาพผิวที่ได้ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneous) ของไม้ที่ใช้ในการทดลอง ทั้งในเรื่องของตาไม้ ทิศทางของเกรน และความแตกต่างของไม้แต่ละท่อนที่มาต่อเข้าด้วยกันเป็นแผ่น (Finger joint) ที่ส่งผลต่อคุณภาพผิวที่ได้หลังจากการกัดค่อนข้างมาก ถึงแม้ว่าการทำการทดลองซ้ำหลายครั้งโดยใช้หลักการทางสถิติจะทำให้ลดความแปรปรวนของข้อมูลไปได้ที่ความเชื่อมั่นระดับหนึ่งแล้วก็ตาม แนวโน้มของผลที่ได้ก็ยังไม่แสดงรูปแบบที่ชัดเจน ดังนั้นในหัวข้อนี้ได้นำเสนอการนำเอาโครงข่ายประสาทเทียมมาช่วยในการสร้างรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในการกัดไม้ ได้แก่ความเร็วรอบของใบมีดและอัตราการป้อนกัดที่มีผลต่อความเรียบผิวชิ้นงาน และการเกิดความเสียหายของไม้ สำหรับการกัดโดยใช้ใบมีดทั้งสแตนเลสและใบมีดแบบเชื่อมติดทั้งในกรณีคมตัดตรงและคมตัดรูปร่าง ทั้งในกรณีการกัดแบบสวนทิศทางและการกัดตามทิศทาง การกัดตามทิศทาง และทั้งในกรณีของการกัดตามเส้นและการกัดขวางเส้นไม้

4.5.1 การทำนายความเรียบผิว

ผลการใช้โครงข่ายประสาทเทียม ทำนายคุณภาพของชิ้นงานที่ได้จากการกัดแสดงในภาคผนวก ข. ซึ่งผลดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้

ตารางที่ 4.8 ความผิดพลาดจากการทำนายผลโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมเทียบกับผลการทดลอง

กรณีใบมีดกัดแบบคมตัดตรง				
ประเภท	กัดขนานเส้นไม้		กัดขวางเส้นไม้	
	กัดสวนทิศทาง การป้อน	กัดตามทิศทาง การป้อน	กัดสวนทิศทาง การป้อน	กัดตามทิศทาง การป้อน
ความเรียบผิว	15.30%	14.60%	15.80%	19.26%
ขุย	7.14%	28.57%	0.00%	0.00%
ฉีกและหลุด	21.43%	0.00%	7.14%	0.00%
กรณีใบมีดกัดแบบคมตัดรูปร่าง				
ความเรียบผิว	11.35%	13.19%	18.30%	15.20%
ขุย	7.14%	35.71%	0.00%	0.00%
ฉีกและหลุด	21.43%	0.00%	28.57%	21.43%

4.5.2 วิเคราะห์ผลการทำนายผลโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

1. การใช้โครงข่ายประสาทเทียมทำนายความเรียบผิวของใบมีดทั้งสแตนเลสคาร์ไบด์แบบคมตัดตรงและแบบรูปร่าง ปรากฏว่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 0-20 เปอร์เซนต์ ซึ่งยังอยู่ในช่วงความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้จากการวัดสำหรับการกัดแต่ละเงื่อนไข ดังนั้นความผิดพลาดในช่วงดังกล่าวในที่นี้ถือว่าเป็นช่วงที่ยอมรับได้

2. การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายขุยไม้ของใบมีดคมตัดตรงมีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 0- 30 เปอร์เซนต์ ซึ่งที่มีความผิดพลาดที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากว่าในการคิดค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น จะกำหนดว่าค่าที่ไม่ตรงกับผลการทดลองจะให้ค่าความผิดพลาดเป็น 100 เปอร์เซนต์ และถ้าตรงกับผลการทดลองก็จะให้ค่าความผิดพลาดเป็น 0 เปอร์เซนต์ ทำให้ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นค่อนข้างสูง

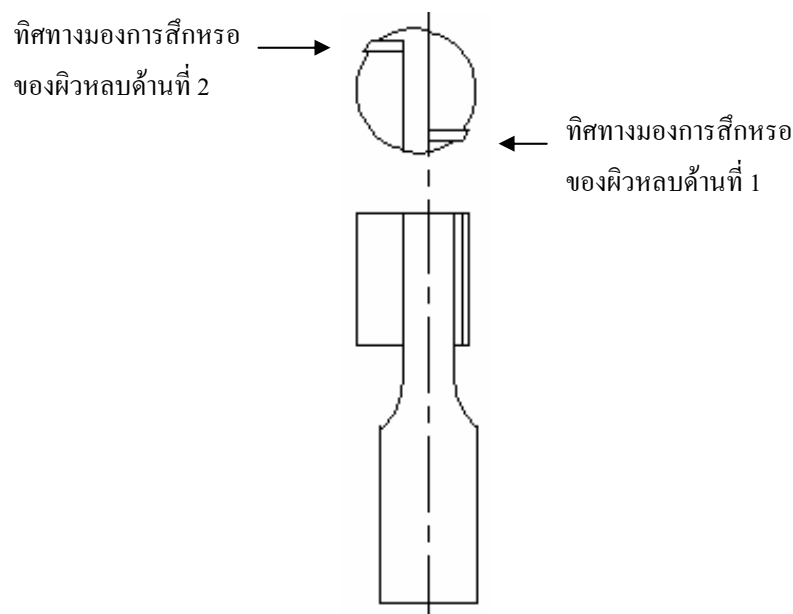
3. การใช้โครงข่ายประสาทเทียมการทำนายการฉีกและการหลุดของเนื้อไม้ ค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 0-30 เปอร์เซนต์ ที่ความผิดพลาดที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากเหตุผลเดียวกับการทำนายขุยไม้

4.6 การศึกษาการสึกหรอของใบมีดกัด

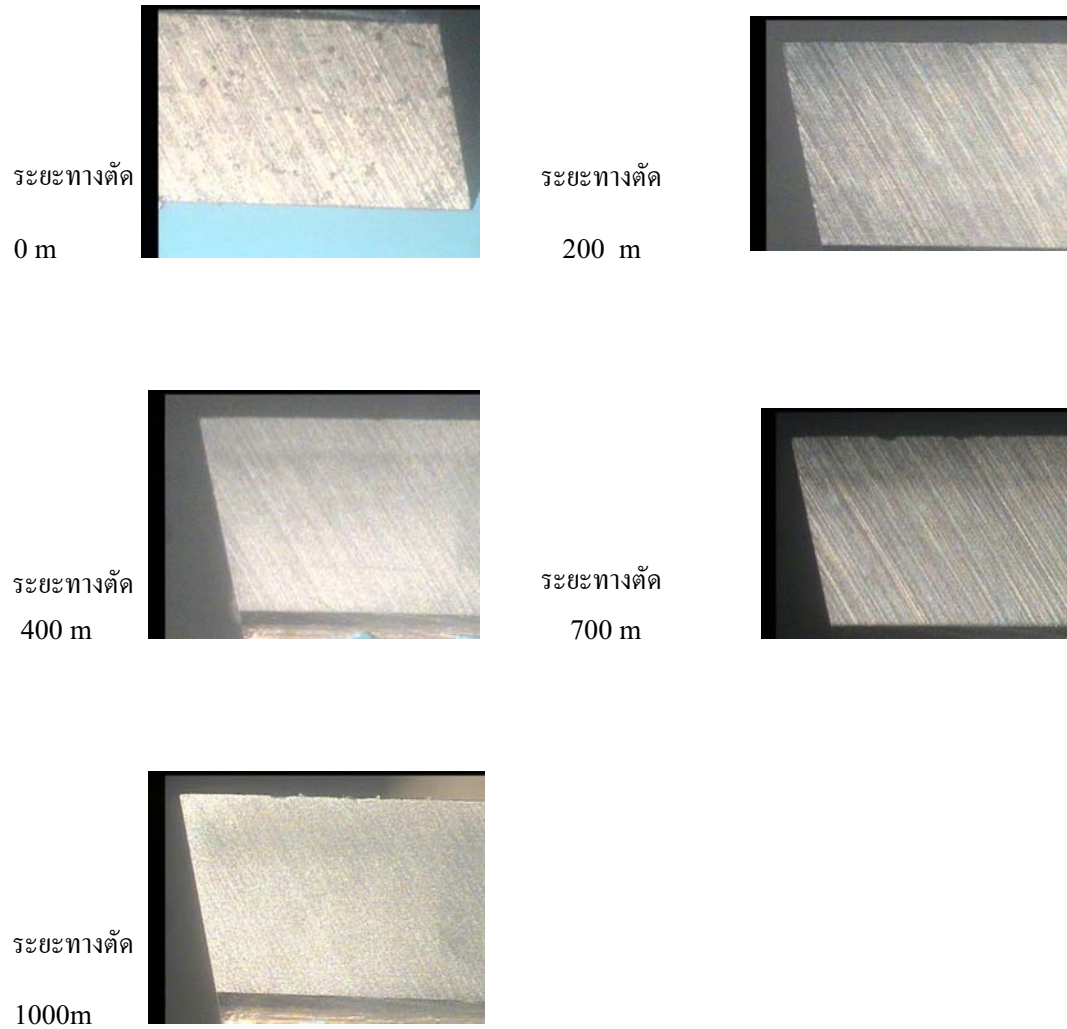
การกัดไม้ยางพารา ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งก็คือการสึกหรอของใบมีดกัด เนื่องจากในการกัดไม้ไม่สามารถใช้สารหล่อลื่นได้อย่างเช่นการกัดโลหะทั่วไป แต่เนื่องจากไม้มีความแข็งและความเหนียวน้อยกว่าโลหะมาก ดังนั้นการกัดโดยไม้ใช้สารหล่อลื่นก็จะเป็นไปได้สำหรับไม้ อย่างไรก็ตามในการกัดไม้ เนื่องจากความเร็วรอบของใบมีดและอัตราการป้อนกัดมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับการกัดโลหะโดยทั่วไป ดังนั้นอายุการใช้งานของคมตัดจึงไม่ยาวมากนัก ในการกัดไม้ในภาคอุตสาหกรรมอายุของใบมีดอาจจะประมาณ 8~12 ชั่วโมงทำงาน ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการกัด เมื่อการสึกหรอของใบมีดที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อคุณภาพผิวชิ้นงานที่ได้ ทำให้เกิดขุยมากขึ้น และเกิดความเสียหายของไม้ เช่น การฉีกหรือการหลุดของเนื้อไม้ได้ง่ายขึ้นเช่นกัน การสึกหรอของใบมีดกัดจะรุนแรงขึ้นเมื่ออัตราการป้อนกัดสูงและความเร็วรอบของใบมีดต่ำ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการสึกหรอของใบมีดกัด ในที่นี้ได้เลือกใบมีดทั้งสแตนคาร์ไบด์คมตัดตรงแบบเชื่อมติดมาทำการทดลอง และเพื่อให้เห็นการสึกหรอได้ชัดเจน จึงเลือกเงื่อนไขในการกัดที่ความเร็วรอบต่ำและอัตราการป้อนกัดสูงที่สามารถกัดชิ้นงานได้โดยไม่ก่อให้เกิดขุย คือใช้ความเร็วรอบที่ 8,000 รอบต่อนาที และอัตราการป้อนกัดที่ 9 เมตรต่อนาที ทำการกัดไม้เป็นระยะทาง 1,000 เมตร โดยจะทำการวัดการสึกหรอด้านข้างของใบมีด (Flank wear) ที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพผิวชิ้นงานที่ได้ และวัดความเรียบผิวของชิ้นงานที่ได้ พร้อมทั้งอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน (กระแสไฟฟ้าที่ใช้) ทุกๆระยะการกัด 200 เมตร

4.6.1 การสึกหรอด้านข้างของใบมีด

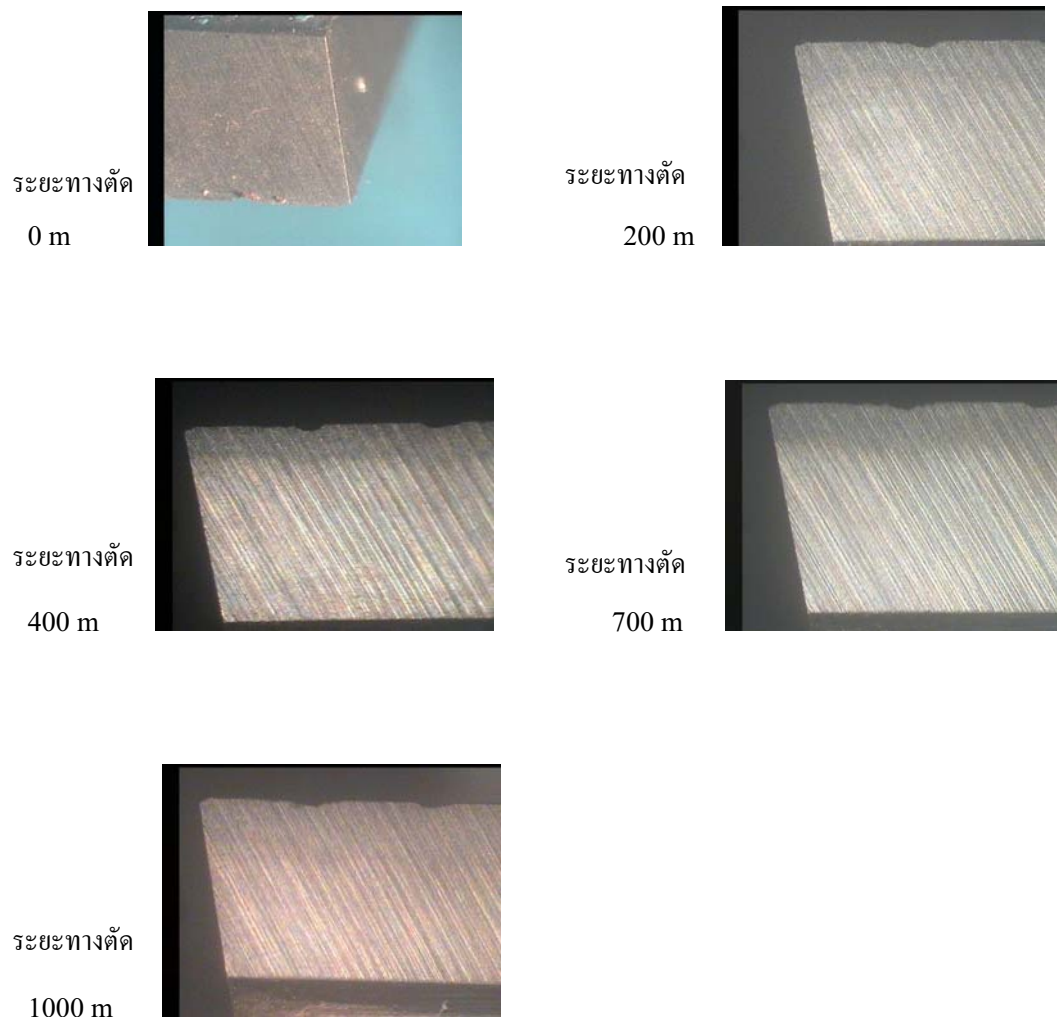
เมื่อใช้ใบมีดตัดตัดไม้ยางพาราเป็นระยะทาง 200, 400, 700 และ 1000 เมตรแล้วนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์วัดการสึกหรอด้านข้าง ตามทิศทางการมองในรูปที่ 4.52 จะได้ผลดังรูปที่ 4.53 และ 4.54



รูปที่ 4.52 แสดงทิศทางการมองเห็นการสึกหรอด้านข้างของใบมีด



รูปที่ 4.53 ภาพถ่ายเพื่อแสดงการสึกหรอของใบมีดตัดด้านที่ 1



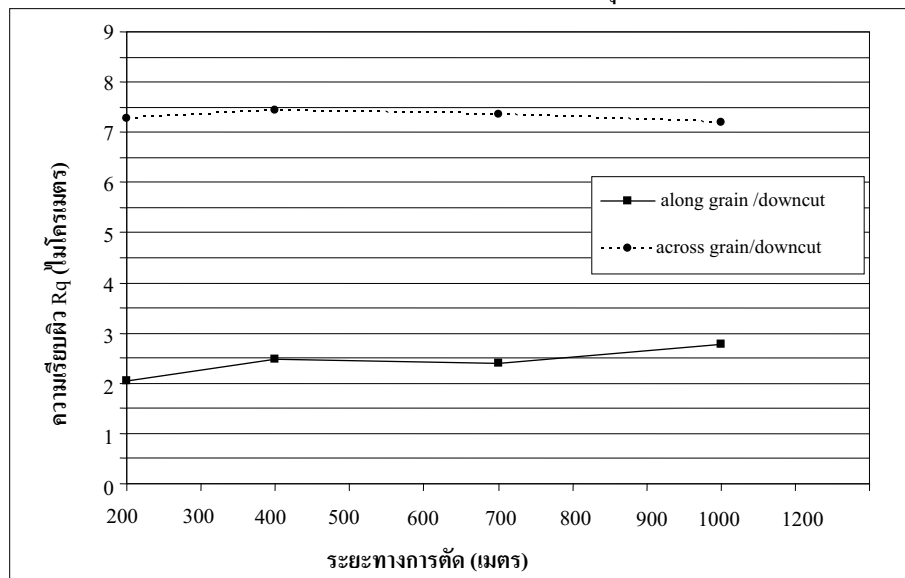
รูปที่ 4.54 ภาพถ่ายเพื่อแสดงการสึกหรอของใบมีดตัด ด้านที่ 2

จากผลการถ่ายภาพคมชัดของใบมีดกัด หลังจากการกัด 1,000 เมตร จะไม่สามารถสังเกตเห็นการสึกหรอของใบมีดได้อย่างชัดเจน หรืออาจกล่าวได้ว่าการกัดเป็นระยะทาง 1,000 เมตรยังไม่ส่งผลต่อการสึกหรอบริเวณผิวด้านข้างของใบมีด

4.6.2 ความเรียบผิวของไม้หลังการกัด

เมื่อใช้ใบมีดตัดตัดไม้ยางพาราเป็นระยะทาง 200, 400, 700 และ 1000 เมตร แล้วนำไม้ที่ได้จากการกัดที่ระยะทางต่างๆ ไปทำการวัดค่าความเรียบผิวพบว่าได้ผลดังรูปที่ 4.55 จากรูปดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ค่าความเรียบผิว (R_q) ของไม้ในกรณีการกัดแบบขนานเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อระยะทางในการกัดเพิ่มขึ้น ในขณะที่การกัดแบบขวางเส้นไม้นั้น ค่าความเรียบผิวที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงน้อย

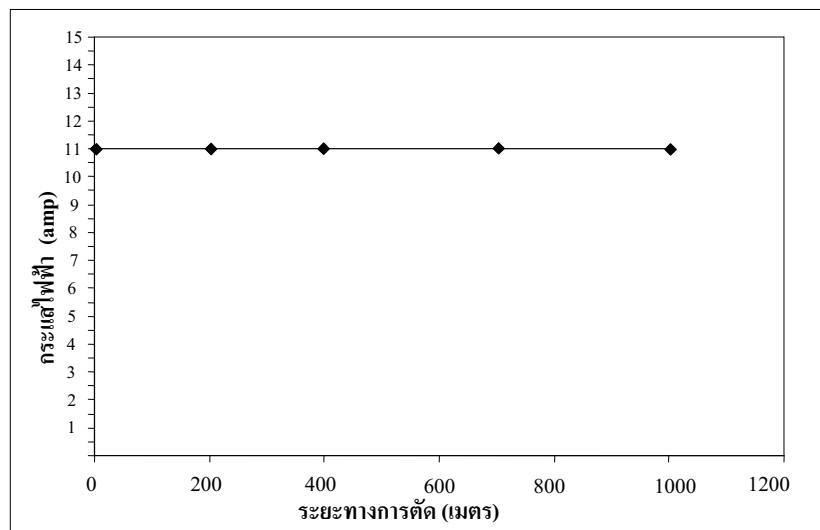
มากเมื่อระยะทางในการกัดเพิ่มขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่าในช่วงของการกัดเป็นระยะ 1,000 เมตรนั้น การสึกหรอที่เกิดขึ้นของใบมีดมีน้อยมากจนแทบไม่ส่งผลต่อคุณภาพผิวของไม้ที่ได้



รูปที่ 4.55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวและระยะทางการกัดไม้

4.6.3 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้

ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้เมื่อใช้ใบมีดกัดไม้ยางพาราเป็นระยะทาง 200, 400, 700 และ 1000 เมตร แสดงในรูปที่ 4.56 จากรูปดังกล่าวจะเห็นได้ชัดเจนว่าการกัดไม้เป็นระยะทาง 1,000 เมตร ไม่ส่งผลให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เครื่องซีเอ็นซีใช้เปลี่ยนแปลงไป อาจกล่าวได้ว่าการสึกหรอของใบมีดที่เกิดขึ้นส่งผลต่อแรงที่ใช้ในการกัดน้อย จนกระทั่งไม่สามารถวัดได้จากกระแสไฟฟ้าที่เครื่องใช้ อย่างไรก็ตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เครื่องซีเอ็นซีที่ใช้ในการทดลองนี้ จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของมอเตอร์ของแกนหมุนหลัก (Main Spindle) เป็นหลัก ดังนั้นหากการสึกหรอไม่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน จะไม่สามารถวัดได้จากกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนไป



รูปที่ 4.56 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้ากับระยะทางการกัด

จากผลการทดลองในส่วนของการสึกหรอของใบมีด จะเห็นได้ว่าถึงแม้เงื่อนไขในการกัดที่เลือกมาทำการทดลองจะเป็นเงื่อนไขที่น่าจะทำให้การสึกหรอเกิดขึ้นค่อนข้างรุนแรงก็ตาม แต่จากการทดลองกัดไม้เป็นระยะทาง 1,000 เมตร ยังไม่สามารถตรวจวัดการสึกหรอได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการสึกหรอของใบมีดในช่วงแรกจะเกิดที่บริเวณ Nose ของใบมีด ซึ่งจะส่งผลให้ Nose radius หรือ Nose width มีขนาดใหญ่ขึ้น ดังนั้นการวัดระยะการสึกหรอด้านข้าง (Flank wear) จึงยังไม่สามารถเห็นความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามในช่วงที่ทำการทดลองกัดไม้ 1,000 เมตร การสึกหรอที่เกิดขึ้นก็น้อยมากจนไม่ส่งผลต่อคุณภาพผิวไม้ที่ให้เห็นได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้ จำเป็นต้องพิจารณาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อการสึกหรอของใบมีดกัดด้วยเช่นกัน เพื่อหาเงื่อนไขการกัดที่ทำให้เกิดดุลยภาพระหว่างคุณภาพผิวไม้ที่ได้ อัตราการผลิต และการสึกหรอของใบมีด จากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าการสึกหรอของใบมีดกัดไม้จะเกิดขึ้นชัดเจนถ้าอัตราการป้อนกัดสูงหรือต่ำมากเกินไป [22, 23] ซึ่งต่างจากการกัดโลหะที่การสึกหรอจะรุนแรงเมื่ออัตราการป้อนกัดสูง ทั้งนี้เนื่องจากการกัดไม้ไม่สามารถใช้สารหล่อลื่นได้ ดังนั้นถ้ากำหนดอัตราการป้อนกัดที่ต่ำเกินไปจะทำให้ความร้อนจากการกัดสะสมที่ใบมีด ส่งผลให้การสึกหรอที่เกิดขึ้นรุนแรง ดังนั้นในการกัดไม้ การสึกหรอของคมตัดของใบมีดไม่ใช่เกณฑ์หลักในการพิจารณาเงื่อนไขในการกัดที่เหมาะสม ทั้งนี้เพราะถ้าพิจารณาจากผลที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าถ้ายึดคุณภาพผิวของชิ้นงานที่ได้เป็นเกณฑ์ อัตราการป้อนกัดต่ำกว่าจะให้คุณภาพผิวชิ้นงานที่ดีกว่าหากไม่เกิดรอยไหม้บนผิวไม้ แต่อัตราการป้อนกัดที่ต่ำหมายถึงถึงอัตราการผลิตที่ต่ำด้วยเช่นกัน ดังนั้นถ้าพิจารณาในแง่ของการผลิตในภาคอุตสาหกรรม การเพิ่มอัตราการป้อนกัดให้สูงที่สุดที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายของไม้ เช่น การฉีก การหลุด หรือขุยที่มากเกินไปจนส่งผลกระทบต่อการใช้ผิว น่าจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด เพราะช่วงของอัตราการป้อนกัดที่กำหนดในงานวิจัยนี้ ยังไม่สูงเกินไปที่จะทำให้เกิดการสึกหรอของ

ใบมีดเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด [22] ดังนั้นในบทสรุปของงานวิจัยชิ้นนี้ จะพิจารณาเงื่อนไขการกัดที่เหมาะสมโดยดูจากคุณภาพผิวชิ้นงานและอัตราการป้อนกัดเป็นหลัก

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

5.1.1 อิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพผิวของชิ้นงานและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกัด ไม้อย่างพาราด้วยใบมีดชนิดต่างๆ

1. การเกิดขุยส่วนใหญ่ของใบมีดเพชรหลายผลึกเกิดขึ้นในการกัดขวางเส้นไม้ เพราะการกัดที่ใช้อัตรา
การป้อนกัดที่สูงทำให้ไม่สามารถกัดขุยด้านข้างของชิ้นงานได้หมด อย่างไรก็ตามขุยที่เกิดขึ้นเป็นขุยที่
สามารถกำจัดออกได้ง่าย ไม่ส่งผลต่อต้นทุนในการขัดผิวมากนัก
2. การเกิดขุยส่วนใหญ่ของใบมีดทั้งสแตนคาร์ไบด์เกิดขึ้นในการกัดขนานเส้นไม้ เพราะการกัดแบบ
ขนานเส้นไม้ก่อให้เกิดขุยที่ผิวหน้าเนื่องจากการรั้งของเนื้อไม้หลงเหลืออยู่
3. การเกิดขุยส่วนใหญ่เกิดในกรณีการกัดแบบตามทิศทางการป้อนกัด (Downcut) เพราะการกัดแบบ
ตามทิศทางการป้อนไม่มีโอกาสในการกัดซ้ำที่หน้าผิวชิ้นงานเดิม
4. ความเรียบผิวในกรณีการกัดสวนทิศทางการป้อนหรือตามทิศทางการป้อนมีลักษณะไปในทาง
เดียวกันคือ เมื่ออัตราการป้อนกัดสูงค่าความเรียบผิวที่ได้แย่งซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี และค่าความ
เรียบผิวจะแตกต่างกันชัดเจนระหว่างการกัดตามเส้นไม้และกัดขนานเส้นไม้ โดยที่การกัดขวาง
เส้นไม้ให้ผิวชิ้นงานหยาบกว่ามาก
5. การใช้ใบมีดแบบเพชรหลายผลึกจะให้ชิ้นงานที่มีความเรียบผิวดีที่สุด รองลงมาคือใบมีดทั้งสแตนคาร์
ไบด์แบบถอดเปลี่ยนได้ และแบบเชื่อมติดตามลำดับ ทั้งนี้การใช้ใบมีดทั้งสแตนคาร์ไบด์แบบถอด
เปลี่ยนได้จำเป็นต้องระมัดระวังในส่วนของการจับยึดใบมีดกับ Tool Holder ให้ดี เพราะหากมี
ช่องว่างเกิดขึ้น หรือการจับยึดไม่แข็งแรงพอ จะเกิดการสั่นสะเทือนขึ้นได้ง่าย ส่งผลให้ผิวที่ได้หยาบ
ขึ้นหรืออาจจะก่อให้เกิดความเสียหายของเนื้อไม้ได้

6. ความเสียหายของไม้ที่ไม่สามารถแก้ไขโดยการขัดได้จะมีสองลักษณะคือ การฉีกของเนื้อไม้ และการหลุดของเนื้อไม้ โดยการฉีกของไม้จะเกิดขึ้นง่ายกว่าเมื่อตัดแบบสวนทิศทางการป้อน (Upcut) ส่วนการหลุดของเนื้อไม้จะเกิดขึ้นมากในกรณีตัดขวางเสี้ยนไม้แบบตามทิศทางการป้อน
7. อิทธิพลของความเร็รรอบและอัตราการป้อนกัณฑ์ที่มีผลต่อคุณภาพผิวไม้และกระแสไฟฟ้า สำหรับคมตัดตรง (Straight) และคมตัดแบบรูปร่าง (Profile) มีแนวโน้มเหมือนกัน แต่คมตัดแบบรูปร่างจะเกิดขุยและการฉีกของเนื้อไม้น้อยกว่าแบบคมตัดตรง แต่จะเกิดการหลุดของเนื้อไม้มากกว่า
8. การหลุดของเนื้อไม้ส่วนใหญ่เกิดมากรณิใบมีดแบบถอดเปลี่ยนได้ เนื่องจากเมื่ออัตราการป้อนกัณฑ์สูง ช่องว่างเล็กๆระหว่างใบมีดกับตัว Tool Holder จะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการสั่นสะเทือน โดยเฉพาะในกรณีของคมตัดตรง พบว่าการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นทำให้ไม่สามารถใช้ใบมีดลักษณะดังกล่าวกัณฑ์ขึ้นงานโดยใช้อัตราการป้อนกัณฑ์สูงเกินกว่า 9 เมตรต่อนาทีได้
9. ที่ความเร็วรอบในการกัณฑ์สูง มีปริมาณในการใช้กระแสไฟฟ้าในการกัณฑ์ต่ำ เพราะประสิทธิภาพของมอเตอร์ของแกนหมุนหลักของเครื่องซีเอ็นซีที่ใช้มีค่าสูงที่ความเร็วรอบสูง ๆ
10. ใบมีดที่มีมุมตัดเฉือนประมาณ 5 องศา จะช่วยลดการฉีกขาดของเนื้อไม้ขณะทำการกัณฑ์ เพราะการใส่มุมตัดเฉือนจะทำให้ใบหน้ามีดสัมผัสชิ้นงานไม่พร้อมกันตลอดทั้งความลึกในการกัณฑ์ (Depth of Cut) ส่งผลให้ค่าแรงสูงสุดในการกัณฑ์ต่ำลง การกระแทกของใบมีดที่จะจับเนื้อไม้ให้ฉีกเกิดได้ยากขึ้น
11. การเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดระหว่าง 18~22 มิลลิเมตร ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนของคุณภาพผิวไม้และกระแสไฟฟ้าที่ใช้
12. การใช้โครงข่ายประสาทเทียมกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ กับคุณภาพผิวไม้ที่ได้สำหรับกรณีการกัณฑ์โดยใช้ใบมีดทั้งสเตนคาร์ไบด์แบบเชื่อมติด พบว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่สร้างขึ้น สามารถทำนายคุณภาพผิวไม้ที่ได้จากการกัณฑ์ด้วยเงื่อนไขต่างๆ ได้ความแม่นยำในช่วงที่ยอมรับได้

5.1.2 การกำหนดเงื่อนไขในการกัดที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดคุณภาพระหว่างคุณภาพผิวชิ้นงานที่ได้ อัตราการผลิต และอายุการใช้งานของใบมีด

จากที่ได้กล่าวในท้ายบทที่ 4 เนื่องจากการสึกหรอจะเกิดขึ้นรุนแรงและเกิดความแตกต่างชัดเจนเมื่อทำการกัดที่อัตราการป้อนกัดที่ต่ำหรือสูงมากเกินไป ซึ่งเมื่อมองในแง่ของภาคอุตสาหกรรม อัตราการป้อนกัดที่ต่ำถึงแม้จะให้ชิ้นงานที่มีคุณภาพผิวที่ดี แต่อัตราการผลิตก็จะต่ำตามไปด้วย ดังนั้นเงื่อนไขการผลิตที่เหมาะสมควรจะเป็นการผลิตที่สามารถใช้อัตราการป้อนกัดสูงได้ โดยไม่ทำให้ไม้ที่ได้เกิดความเสียหาย เช่น การฉีกหรือการหลุด หรือทำให้เกิดขุยขึ้นมากเกินไปจนส่งผลกระทบต่อต้นทุนการจัดผิวไม้ นอกจากนี้ถ้าพิจารณาในแง่ของต้นทุนพลังงาน การเลือกความเร็วรอบที่สูงก็เป็นปัจจัยที่สำคัญ เพราะ (ในกรณีของเครื่องซีเอ็นซีที่ใช้ในการทดลอง) มอเตอร์ของแกนหมุนจะมีประสิทธิภาพสูงที่ความเร็วรอบของการหมุนสูงๆ ในส่วนของอัตราการป้อนกัดที่กำหนดในการวิจัยชิ้นนี้ก็ไม่ได้มีค่าสูงจนเกินไปจนจะทำให้การสึกหรอเกิดขึ้นรุนแรง ดังนั้นการกำหนดเงื่อนไขในการกัดที่เหมาะสมจะพิจารณาจากคุณภาพผิวไม้ อัตราการผลิต (อัตราการป้อนกัด) และกระแสไฟฟ้าที่ใช้เป็นหลัก จากการพิจารณาจะได้ข้อมูลการกำหนดเงื่อนไขในการกัดที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การกำหนดเงื่อนไขในการกัดที่เหมาะสมของใบมีดแบบเพชรหลายผลึกและใบมีดทั้งสแตนคาร์ไบด์

วัสดุทำใบมีด		ข้อมูลพิจารณาเป็นหลัก	Dia. (mm)	ความเร็ว รอบ N (rpm)	อัตราการ ป้อนกัด f (m/min)	Remark
Poly-Crystal Diamond (PCD)		★ คุณภาพผิว	18	15,000	8	-
		อัตราการผลิต+คุณภาพผิว	18	15,000	15	-
		อัตราการผลิต+ปริมาณ กระแสไฟฟ้าที่ใช้	18	21,000	12	มีขุยเล็กน้อย
Tungsten Carbide (TC)	Brazing Type Straight	★ คุณภาพผิว	18	18,000	1	อาจเกิดการ สึกหรอสูง
		อัตราการผลิต+คุณภาพผิว	18	16,000	12	-
		อัตราการผลิต+ปริมาณ กระแสไฟฟ้าที่ใช้	18	18,000	15	-

ตารางที่ 5.1 การกำหนดเงื่อนไขในการกัดที่เหมาะสมของไบต์แบบเพชรหลายผลึกและไบต์ทั้งสแตนคาร์ไบด์ (ต่อ)

วัสดุทำไบต์		ข้อมูลพิจารณาเป็นหลัก	Dia. (mm)	ความเร็ว รอบ N (rpm)	อัตราการ ป้อนกัด f (m/min)	Remark
Tungsten Carbide (TC)	Brazing Type Profile	★ คุณภาพผิว	18	14,000	1	อาจเกิดการ สึกหรอสูง
		อัตราการผลิต+คุณภาพผิว	18	18,000	9	-
		อัตราการผลิต+ปริมาณ กระแสไฟฟ้าที่ใช้	18	18,000	12	มีขุยเล็กน้อย
	Turnover Type Straight	★ คุณภาพผิว	18	18,000	2	อาจเกิดการ สึกหรอสูง
		อัตราการผลิต+คุณภาพผิว	18	18,000	6	-
		อัตราการผลิต+ปริมาณ กระแสไฟฟ้าที่ใช้	18	18,000	6	-
	Turnover Type Profile	★ คุณภาพผิว	22	10,000	2	อาจเกิดการ สึกหรอสูง
		อัตราการผลิต+คุณภาพผิว	22	14,000	15	-
		อัตราการผลิต+ปริมาณ กระแสไฟฟ้าที่ใช้	22	14,000	15	-

หมายเหตุ

1. เงื่อนไขที่เลือกไว้ในตาราง คือ เงื่อนไขที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหาย (การฉีก-การหลุด) ของเนื้อไม้
2. คุณภาพผิว หมายถึง พิจารณาจากความเรียบผิวและลักษณะการเกิดขุยบนผิวไม้
3. ★ หมายถึง ความเรียบผิวของชิ้นงานที่ได้ดีมาก สามารถนำไปผ่านกระบวนการต่อไปได้โดยไม่ต้องขัดผิวหรือขัดผิวชิ้นงานน้อยสุด
4. กรณีที่ใช้ไบต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างออกไปจากนี้ สามารถใช้ตารางดังกล่าวได้โดยกำหนดความเร็วรอบที่ทำให้ได้ความเร็วตัด (ความเร็วเชิงเส้น) ของคมตัดเท่ากับค่าที่ระบุในตาราง

5. กรณีการเลือกไบมิดแบบ PCD มีข้อจำกัดคือ สามารถใช้ได้กับไม้ที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Uniformity) สูง เช่น ไม้จริง (Solid Wood) ที่มีตำไม้ปนอยู่น้อยๆ หรือไม้อัดและแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่มีสารปนเปื้อนน้อยเท่านั้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาอิทธิพลของมุมต่างๆของไบมิดที่มีผลต่อคุณภาพผิวของไม้เพิ่มเติม เนื่องจากมุมต่างๆ ของไบมิดก็มีอิทธิพลต่อคุณภาพผิวและการสึกหรอของคมตัดไม่น้อยกว่าการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ
2. การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิต โดยเฉพาะในส่วนของไบมิดเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ไบมิดแต่ละแบบจะมีราคาที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งถึงแม้จะมีอายุการใช้งานแตกต่างกันก็ตาม การวิเคราะห์ต้นทุนจะมองเพียงแค่การสึกหรอที่เกิดจากเงื่อนไขในการกัดเพียงอย่างเดียวไม่ได้ แต่ความยากง่ายในการลับคม และจำนวนครั้งที่สามารถลับคมตัดได้ก็มีผลเช่นเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

1. Peter Koch, 1964, **“Wood Machining Processes”**, The Ronald press company, USA, pp. 1-168.
2. Jim Effner, **“Chisels on a Wheel; A Comprehensive Reference to Modern Woodworking Tools and Materials”**, Prakken Publications, Inc., USA, pp. 1-200.
3. บริษัท เอสดีพี อินเตอร์เทรด จำกัด, 2543, เอกสารประกอบหลักสูตรการสัมมนา เรื่อง “เครื่องมือตัดและเครื่องจักรกลซีเอ็นซี”.
4. A. Braghini Jr and Cielho R.T., 2001, **“An Investigation of The Wear Mechanism of Polycrystalline Cubic Boron Nitride (PCBN) Tools when End Mill Hardened Steels at Low/Medium Cutting Speed”**, International journal of advanced manufacturing technology, pp 267-285.
5. A. Aguilera, P. Martin, 2001, **“Machining Qualification of Solid Wood of Fagus Silvatica L. and Picea excelsa L.: Cutting Force, Power Requirements and Surface Roughness”**, Originalarbeiten-Originals, pp 183-195.
6. J. Palmqvist, S.-I Gustafsson, 1999, **“Emission of Dust Planning and Milling of Wood”**, Originalarbeiten-Originals, pp 213-236.
7. A. Aguilera, P.J. Meausoone, P Martin, 2001, **“Wood Material Influence in Routing Operation: the MDF Case”**, Originalarbeiten-Originals, pp 186-201
8. J. Ratnasingam, Ma, Perkins, 1999, **“Productivity in wood machining process-a question of the simple economic”**, Originalarbeiten-Originals, pp 286-294

9. กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2540, “สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), หน้า 261-295
10. Office of the Rubber replanting aid fund, 2004, [Online], Available: [http://www.thailandrubber.thaigov.net /New30.html](http://www.thailandrubber.thaigov.net/New30.html) [2004 9 February]
11. Ohio State University, **Machining Fundamentals**, Available: [http://rclsgi.eng.ohio-state.edu/~hupp/ Manufacturing/Lec%2312.2001.ppt](http://rclsgi.eng.ohio-state.edu/~hupp/Manufacturing/Lec%2312.2001.ppt), [2004 9 February]
12. Jesse Maynard, **CNC system application in the wood working industrial**, Available: [http://www.andamans.com/ RubWd.htm](http://www.andamans.com/RubWd.htm), [2004 9 February]
13. Kalpakjian, **Fundamentals of cutting and cutting tools materials and cutting fluids**, <http://www.woodwideweb.com/PDFs/FlAWARDhistoryarticle11.pdf>, [2004 3 February]
14. G. Cyra, C. Tanaka, M. Yoshiro, Y. Nishino, 2001, “Effects of helical angle of router bit on acoustic emission”, Originalarbeiten-Originals, pp 54-62
15. เลิศพงศ์ ชิวพัฒน์พันธุ์, 2540, “เครื่องมือทั่วไป”, ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, หน้า 12-17
16. บรรยงค์ จงไทยรุ่งเรือง, 2537, “การศึกษาความสัมพันธ์ของส่วนโค้งใบมีด ความลึกในการตัด และ อัตราการเดินมีดที่มีผลต่อความเรียบผิว”, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2537, หน้า 21-45
17. นนทวัฒน์ ศรีหาค้าง และ ทรงตระกูล โสมคำ, 2545, “การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการทำนาย ผลกระทบของค่าพารามิเตอร์ในการกัดงานด้วยเครื่องอีดีเอ็ม”, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี, 2545, หน้า 23-31

18. John L. Yang, Joseph C. Chen “**A Systematic Approach for Identifying Optimum Surface Roughness Performance in End-Milling Operations**”, Journal of industrial technology, Vol. 17, No.2, Feb 2001-Apr 2001
19. Armarego E.J.A, 1969, “**The Machining of Metals**”, Prentice-Hall, Inc., USA, pp. 174-188
20. Louis Lung, **What is MDF?**, <http://www.lungster.com/l/speakers/mdffaq/mdf.html> 8/3/2004, [2004 8 March]
21. B L Juneja G S Sekhon, 1987, Fundamentals of Metal Cutting and Machine Tools, New Age International (P) Limited, Publishers.
22. BC Saw & Tool Inc., “**Tool Talk: Feed Rate and Tool Wear**”, <http://www.bcsaw.com/articles/artfeb2000.htm>, 12/6/2004
23. ศิริเพ็ญ สุภาดารัตนวงศ์ และสุกสิทธิ์ รอดขวัญ, “การหาสภาวะและเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการตัดเนื้อไม้ยางพาราด้วยเครื่องจักรกลซีเอ็นซีสำหรับงานไม้”, การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 44 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 30 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2549
24. Forest Products Society, 2002, Wood Award [Online], Available: <http://www.forestprod.org/stu-awar.html>, [2002, June 15].
25. Chang-Xue, F., 2001, Surface Roughness Predictive Modeling Neural Networks versus Regression, IEE Transactions on Design and Manufacturing, pp. 84-105.
26. Heisel, U. and Krondorfer, H., 2001, Surface Method for Vibration Analysis in Peripheral Milling of Solid Wood, Institute for Machine Tools, pp. 8-21.

ภาคผนวก ก

ความเสียหายของเนื้อไม้หลังการกัด