หยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลาตั้งมีค่าน้อยกว่า 8 μm ไม่จำเป็นต้องขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และให้นำชิ้นงานไปขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 โดยตรง ซึ่งมีผลทำให้ลดขั้นตอนการขัดและเวลาที่ใช้ในการขัดลง และที่สำคัญ คือ ยังมีผลกระทบต่อการลดปริมาณฝุ่นภายในโรงงานอีกด้วย

จากประเภทของชิ้นงานที่เลือกศึกษา คือ ชิ้นงานยึดสปริง ที่มีขนาดความกว้างของรอยตัดเท่ากับ 40 มม. ความยาวโค้งเท่ากับ 330 มม. และรัศมีความโค้งของชิ้นงานเท่ากับ 455 มม. ทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชิ้นงานที่ตัดได้ กับความหยาบผิวของชิ้นงานตัด และเมื่อระดับค่าความหยาบผิวที่ต้องการเท่ากับ 8 μm เพื่อต้องการกำหนดอายุการใช้งานของใบมีดตัด ดังนั้นที่สภาวะเงื่อนไขการตัดที่ระยะลึกเท่ากับ 3 มม. อัตราการป้อนชิ้นงานเท่ากับ 3 ม./นาที และความเร็วรอบเท่ากับ 7900 รอบ/นาที จะให้อายุการใช้งานเท่ากับ 23.4 นาที หรือคิดเป็นชิ้นงานที่ตัดได้เท่ากับ 209 ชิ้น ดังผลการทดลองจากตารางที่ 4.14 ดังนั้นการประมาณอายุการใช้งานใบมีดที่ 23.4 นาที หรือจำนวนชิ้นงานตัดไม่เกิน 209 ชิ้นงานนั้น จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสายการผลิตจริงได้หรือไม่โดยได้พิจารณาจากคุณภาพผิวชิ้นงาน ดังนั้นจึงได้มีการประยุกต์ทดลองใช้เกิดขึ้น โดยได้ทดลองใช้ทั้งกรณี การป้อนชิ้นงานตัดด้วยพนักงานและกรณีการป้อนชิ้นงานตัดด้วยอุปกรณ์ควบคุม จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้ทั้งสองกรณี ไปทดลองขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180

5.5.1 ผิวของชิ้นงานตัดที่ได้จากการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงานและอุปกรณ์ควบคุม

ค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่ทำการควบคุมอัตราการป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนและการป้อนชิ้นงานโดยพนักงานจะมีค่าความหยาบผิวเริ่มต้นที่ใกล้เคียงกัน และค่าความหยาบผิวจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการตัด จนใช้งานใบมีดตัดหมดอายุการใช้งาน แต่เมื่อสังเกตผิวที่ได้จากการตัดผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดมากกว่า 200 ชิ้นขึ้นไป พบว่าในการควบคุมอัตราการป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมผิวชิ้นงานที่ได้จะเกิดเป็นรอยขูดเล็กน้อยและจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนใบมีดตัดหมดอายุการใช้งาน แต่การป้อนชิ้นงานโดยพนักงานพบว่าชิ้นงานที่ 200 ชิ้นขึ้นไป จะเกิดขนบริเวณผิวชิ้นงานตัดและเกิดเพิ่มมากขึ้นจนใบมีดตัดหมดอายุ อย่างไรก็ดีผิวชิ้นงานที่เป็นรอยขูดนั้นเมื่อผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 แล้ว รอยขูดจะถูกขัดออกไป แต่ถ้าผิวชิ้นงานที่ขึ้นขนจะไม่สามารถขัดผิวชิ้นงานให้เรียบได้ ดังแสดงผลของคุณภาพผิวชิ้นงานตัดที่ได้ดังรูปที่ 4.43 ถึง 4.52สำหรับสาเหตุของผิวชิ้นงานที่เกิดเป็นขนขึ้นนั้นมาจากการป้อนชิ้นงานตัดที่ไม่สม่ำเสมอและใบมีดตัดที่ใช้งานหมดอายุ ดังนั้นจึงต้องมีการตั้งมาตรฐานใน

การจำกัดจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตัดเพื่อทำให้ชิ้นงานที่ผ่านการตัดไม่เกิดเป็นขนขึ้น ซึ่งทำให้โรงงานสามารถประหยัดเวลาในการขัดแต่งผิวเรียบได้

5.5.2 ผิวของชิ้นงานตัดภายหลังการขัด

การขัดแต่งชิ้นงานตัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 นั้นสำหรับชิ้นงานตัดที่ถูกป้อนด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อนและสำหรับการป้อนชิ้นงานโดยพนักงานในสายการผลิต พบว่าชิ้นงานตัดในช่วง 200 ชิ้นแรกของทั้ง 2 วิธี เมื่อผ่านการขัดแล้วจะมีค่าความหยาบผิวที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีความหยาบผิวหลังการขัดเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 μm และ 4.26 μm ตามลำดับ แต่เมื่อขัดชิ้นงานที่ที่ผ่านการตัดชิ้นที่ 200 ขึ้นไป พบว่าค่าของความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดจะมีค่าที่สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดและจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นในชิ้นงานที่ใบมีดตัดใกล้หมดอายุ โดยมีค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเท่ากับ 5.21 μm และ 5.7 μm ตามลำดับ และเมื่อทำการตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตาจะพบว่าชิ้นงานตัดด้วยอุปกรณ์ เมื่อผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 พบว่าริ้วรอยของการตัดได้ถูกขัดออกหมด แต่ชิ้นงานตัดด้วยพนักงานเมื่อผ่านการขัด พบว่าผิวชิ้นงานยังคงมีขนปรากฏให้เห็น ดังแสดงผิวชิ้นงานขัดที่ได้ดังรูปที่ 4.55 ถึง 4.62 ทั้งนี้เพราะไม่สามารถขัดออกจนหมดได้ ดังนั้นชิ้นงานที่เกินกว่าชิ้นที่ 200 เป็นต้นไป ควรต้องขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 ก่อน

จากการขัดผิวชิ้นงานตัดจะพบว่าปริมาณชิ้นงานตัดที่มีคุณภาพผิวเพียงพอไม่ต้องผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 ซึ่งมีจำนวน 200 ชิ้น และน้อยกว่าที่ควรเป็น คือ 203 ชิ้น และ 239 ชิ้น สำหรับการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงานและอุปกรณ์ควบคุมตามลำดับ หรือคิดเป็นค่าที่ต่างจากการประมาณการร้อยละเท่ากับ 1.5 และ16 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการเริ่มเกิดขนหรือเสี้ยนที่บริเวณผิวรอยตัด อย่างไรก็ดี การควบคุมคุณภาพผิวชิ้นงานที่ได้โดยไม่ต้องผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 สามารถช่วยให้โรงงานลดขั้นตอนการขัดลงได้ 1 ขั้นตอน ทำให้ประหยัดเวลาของการขัดลงจากเดิม 0.27 นาที/ชิ้น เป็น 0.10 นาที/ชิ้น หรือคิดเป็นร้อยละ 62 ของเวลาการขัดเดิม นอกจากนี้ยังมีผลให้ปริมาณฝุ่นลดลงอีกด้วย

5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราป้อนชิ้นงานกับอายุใบมีดตัดและจำนวนชิ้นงานตัด

จากการศึกษาอายุใบมีดตัดข้างต้น โดยวิธีการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงาน และวิธีการป้อนชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ควบคุม ได้สรุปปัจจัยที่ใช้ในการตัดและอายุการใช้งานใบมีดตัด และเมื่อ

พิจารณาค่าความหยาบผิวชิ้นงานสุดท้ายไม่เกิน 8 μm ไว้ดังตารางที่ 5.1และรูปที่ 5.2 และรูปที่ 5.3 ตามลำดับ

จากตารางที่ 5.1 จะพบว่าโดยเฉลี่ยพนักงานที่ทำการตัดชิ้นงานด้วยเครื่องเพลาตั้ง จะใช้อัตราการป้อนชิ้นงานสูงสุด 7.2 ม./นาที ต่ำสุด 4.1 ม./นาที หรือเฉลี่ยเท่ากับ 6.2 ±1.2 ม./นาที ระยะลึกรอยตัดสูงสุด 4.1 มม. ต่ำสุด 2.7 มม. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.2 ± 0.6 มม. ความเร็วตัดสูงสุดที่ใช้เท่ากับ 1810 ม./นาที ต่ำสุด 1657 ม./นาที มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1780 ± 68 ม./นาที อายุการใช้งานใบมีดตัดมีค่าระหว่าง 12 นาที ถึง 16.4 นาที หรือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.2 ± 2 นาที และจำนวนชิ้นงานที่ตัดได้อยู่ระหว่าง 203 ชิ้นถึง 275 ชิ้น หรือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 243 ± 27 ชิ้น

สำหรับการป้อนชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ควบคุมได้กำหนดอัตราป้อนเท่ากับ 3 ม./นาที ระยะลึกเท่ากับ 3 มม. และความเร็วตัดเฉลี่ยเท่ากับ 1717 ม./นาที จะให้อายุการใช้งานใบมีดตัดเฉลี่ยเท่ากับ 25.7 ± 3 นาที และจำนวนชิ้นงานตัดเฉลี่ยเท่ากับ 224 ± 21 ชิ้น

รูปที่ 5.2 พบว่าอายุใบมีดตัดมีความสัมพันธ์กับอัตราการป้อนชิ้นงาน สำหรับสมการโพลีโนเมียลกำลัง 2 ด้วย R^2 เท่ากับ 0.96 โดยอายุใบมีดตัดจะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราการป้อนชิ้นงานลดลง ดังสมการ

$$Y = 1.3325X^2 - 16.453X + 62.516 \quad \text{.....(5.1)}$$

เมื่อ Y คือ อายุใบมีดตัด (นาที)

X คือ อัตราการป้อนใบมีดตัด (ม./นาที)

โดยสมการ (5.1) ภายใต้เงื่อนไขของปัจจัยการตัดของระยะลึกเฉลี่ยเท่ากับ 3.2±0.5มม. และความเร็วตัดเฉลี่ยเท่ากับ 1760 ± 64 ม./นาที

รูปที่ 5.3 จะพบว่าจำนวนชิ้นงานตัดที่ได้แปรผันตามอัตราการป้อนชิ้นงานตัด ด้วยสมการโพลีโนเมียลกำลังสองด้วย R^2 เท่ากับ 0.68 ดังสมการ

$$Y = 6.1975X^2 - 52.079X + 320.3 \quad \text{.....(5.2)}$$

เมื่อ Y คือ จำนวนชิ้นงานตัดที่ได้ (ชิ้น)

X คือ อัตราการป้อนใบมีดตัด (ม./นาที)

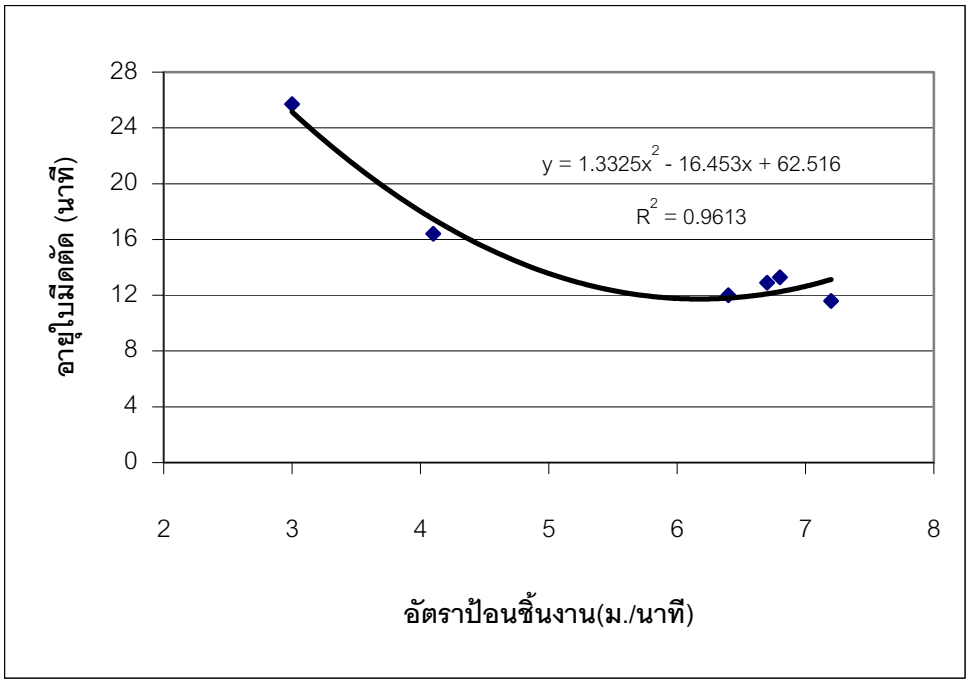
โดยกำหนดให้ภายใต้ระยะลึกเฉลี่ยเท่ากับ 3.2 ±0.5 มม.และความเร็วตัดเฉลี่ยเท่ากับ 1760 ± 64 ม./นาที

จากความสัมพันธ์ทั้งสอง จะเห็นว่าอายุใบมีดตัดจะแปรผกผันกับอัตราการป้อนชิ้นงาน ขณะที่จำนวนชิ้นงานตัดจะแปรผันตามอัตราการป้อนชิ้นงาน แต่สำหรับในทางการผลิตแล้ว โรงงานมักต้องการปริมาณผลผลิตที่สูงขึ้นมากกว่าคำนึงถึงอายุใบมีดที่ยาวขึ้น อย่างไรก็ดีการต้องการเพิ่มปริมาณผลผลิตที่สูงขึ้น อายุใบมีดจะสั้นลงและโอกาสที่คุณภาพผิวชิ้นงานจะเกิดคลื่นขน รอยครูด หรือเสี้ยนก็จะมีมากขึ้นด้วย ดังนั้นก็คงต้องคำนึงถึงคุณภาพผิวชิ้นงานที่จะเกิดรอยครูดหรือเสี้ยนขึ้นด้วย โดยควรกำหนดให้อายุใบมีดหรือจำนวนชิ้นงานต่ำกว่าค่าประมาณการไว้ร้อยละ 10

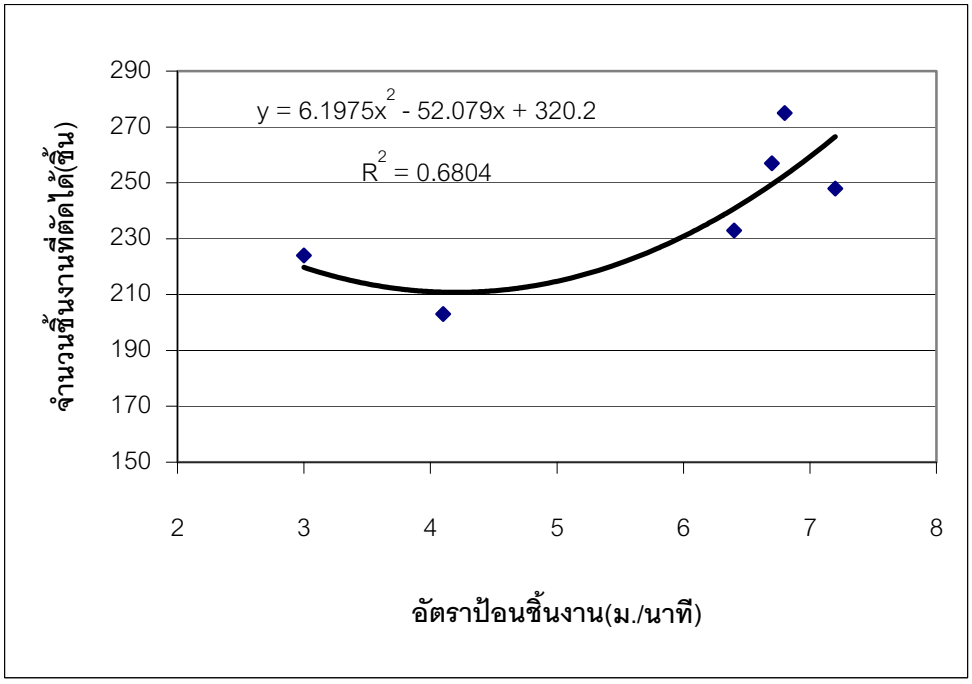
ตารางที่ 5.1 แสดงอายุใบมีดตัดและชิ้นงานที่ตัดได้ สำหรับการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงานและอุปกรณ์ควบคุม โดยกำหนดความหยาบผิวชิ้นงานสุดท้ายไม่เกิน 8 μm

วิธีการตัด	ลำดับที่	อัตราป้อน (ม./นาที)	ระยะลึก (มม.)	ความเร็วตัด (ม./นาที)	อายุใบมีดตัด (นาที)	ชิ้นงานตัด (ชิ้น)	หมายเหตุ
1. ป้อนงานโดยพนักงาน	1	4.1 $\pm$ 0.9	3.0 $\pm$ 0 *1	1652 *2	16.4	203	*1 ควบคุม *2 ตามสภาพเครื่องจักร ณ เวลานั้น
	2	6.4 $\pm$ 1.0	3.5 $\pm$ 0.9	1810	12.0	233	
	3	6.7 $\pm$1.0	4.1 $\pm$ 0.8	1810	12.9	257	
	4	6.8 $\pm$ 1.0	2.9 $\pm$ 0.8	1810	13.3	275	
	5	7.2 $\pm$ 1.0	2.7 $\pm$ 0.7	1810	11.6	248	
เฉลี่ย(1)		6.2 $\pm$ 1.2	3.2 $\pm$ 0.6	1780 $\pm$ 68	13.2 $\pm$ 2	243 $\pm$ 27	
2. ป้อนงานด้วยเครื่องควบคุม	1	3	3	1712	23.4	209	
	2	3	3	1722 *2	27.9	239	
เฉลี่ย(2)		3	3	1717 $\pm$ 7	25.7 $\pm$ 3	224 $\pm$ 21	

หมายเหตุ 1) ระยะลึกรอยตัดและความเร็วตัดเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 3.2 $\pm$ 0.5 มม. และ1760 $\pm$ 64 ม./นาที ตามลำดับ



รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนชิ้นงานกับอายุใบมีดตัด เมื่อกำหนดค่าความหยาบผิวชิ้นงานมีค่าไม่เกิน 8 μm



รูปที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนชิ้นงานกับจำนวนชิ้นงานที่ตัดได้ เมื่อกำหนดค่าความหยาบผิวชิ้นงานมีค่าไม่เกิน 8 μm

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาการจัดการการใช้ใบมีดตัดของกระบวนการตัดแต่งสำหรับไม้ยางพาราแปรรูปพอสรุปเป็นข้อๆ ดังนี้

1. ไม้ยางพาราที่ใช้ในการศึกษามีขนาดของท่ออาหารอยู่ในช่วงระหว่าง200ถึง500 μm

2. ไม้ยางพาราที่ใช้ในการศึกษามีค่าคุณสมบัติเชิงกล คือ การทนแรงอัด (Compressive Strength) เท่ากับ 468 kg/cm^2 การทนแรงดึง (Tensile Strength) เท่ากับ 445 kg/cm^2 ความเค้นเฉือน (Shear Stress) เท่ากับ 122 kg/cm^2 และ มีค่าทนแรงกระแทก (Impact Strength) เท่ากับ 0.66 kg-m/cm^2

3. ใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลองจะประกอบด้วยธาตุผสมหลักของ ทังสเตน (W) คาร์บอน (C) และออกซิเจน(O) อยู่เฉลี่ยร้อยละ 50.51 32.78 และ 16.71 ตามลำดับ

4. ปัจจัยการตัดที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ ความเร็วตัด ระยะลึกของรอยตัด และอัตราการป้อนชิ้นงาน มีผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ใบมีดตัดมีความสึกหรอมากขึ้น ความหยาบผิวชิ้นงานสูงขึ้น และอายุการใบมีดตัดสั้นลง โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนชิ้นงานตัดจะส่งผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนอง (Response variable) ดังกล่าวข้างต้นมากที่สุด

5. ขนาดความกว้างของคมมีดตัดที่โตขึ้น มีผลให้ความหยาบผิวของชิ้นงานมีค่าสูงขึ้นและใช้พลังงานไฟฟ้าในการตัดเพิ่มขึ้น

6. ปัจจุบันโรงงานไม่มีมาตรการการจัดการการใช้ใบมีดตัด พนักงานกำหนดอายุใบมีดตัดด้วยตนเอง โดยพิจารณาเปลี่ยนใบมีดเมื่อผิวชิ้นงานตัดเกิดเสี้ยนหรือไม่สามารถตัดชิ้นงานต่อไปได้ นอกจากนี้โรงงานไม่มีการคัดแยกคุณภาพผิวชิ้นงานตัด ทำให้ชิ้นงานทุกชิ้นต้องผ่านขั้นตอนการขัดหยาบและขัดละเอียดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 ตามลำดับ

7. การตัดชิ้นงานโดยพนักงานของโรงงานในปัจจุบัน พบว่าอัตราการป้อนชิ้นงาน และระยะลึกของรอยตัด ที่ใช้ในแต่ละครั้งของการตัดไม่สม่ำเสมอ โดยพนักงานจะใช้อัตราการป้อน 6.4 ถึง 7.2 ม./นาที ความเร็วตัด 1810 ม./นาทีและระยะลึกของรอยตัดระหว่าง 2.7 ถึง 4.1 มม. ทั้งนี้ขึ้นกับอัตราเร่งการผลิต หรือผ่อนแรงตัดของพนักงานแต่ละคนและในแต่ละช่วงเวลา ความหยาบผิวของชิ้นงานตลอดอายุใบมีดตัดมีค่าอยู่ระหว่าง 5 μm ถึง 12 μm และใบมีดตัดมีอายุเฉลี่ย 25.2 นาที

8. วิธีการจัดการการใช้ใบมีดตัด ของโรงงานในปัจจุบัน พบว่าใบมีดตัดที่พึ่งลับคมใหม่จะถูกใช้ตัดชิ้นงานจนกว่าชิ้นงานเกิดเสี้ยนขึ้น หรือพนักงานคิดว่าไม่สามารถตัดขึ้นรูปชิ้นงานต่อไปได้แล้ว จึงนำใบมีดตัดไปลับคมใหม่

9. ชิ้นงานทุกชิ้นที่ผ่านการตัดในปัจจุบันจะทำการขัดหยาบด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และตามด้วยการขัดละเอียดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ตามลำดับ คุณภาพผิวชิ้นงานหลังการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 มีค่าเท่ากับ 8 μm ใช้เวลาในการขัดเท่ากับ 10 วินาที/ชิ้นงาน และความหยาบผิวชิ้นงานหลังการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 มีค่าเท่ากับ 4.2 μm ใช้เวลาในการขัดเท่ากับ 6.6 วินาที/ชิ้นงาน

10. โรงงานไม่มีการคัดแยกคุณภาพผิวชิ้นงานตัด เพื่อลดขั้นตอนและเวลาการขัดหยาบ (เครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์100)ทั้งที่คุณภาพผิวชิ้นงานในช่วงต้นของการตัดมีค่าความหยาบผิวน้อยกว่า 8 μm ซึ่งมีค่าความหยาบผิวน้อยกว่าชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 แล้ว

11. การควบคุมปัจจัยการตัดให้คงที่ โดยเฉพาะการป้อนชิ้นงานที่ช้าลง จะให้ผลช่วยลดปัญหาการเกิดคลื่นบนผิวชิ้นงานตัดได้ โดยอัตราป้อนชิ้นงานที่ 3 ม./นาที ระยะลึกของรอยตัด 3 มม. และความเร็วตัด 1712 ม./นาที ให้ช่วงความหยาบผิวชิ้นงานตลอดอายุการใช้งานของใบมีดมีค่าระหว่าง 5 μm ถึง 12 μm และมีอายุใบมีดตัดเท่ากับ 45 นาที

12. ความหยาบผิวของชิ้นงานตัดที่มากกว่า 8 μm พบว่าชิ้นงานที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องควบคุมสภาวการณ์ตัดให้คงที่ ผิวชิ้นงานจะเกิดเป็นรอยครูดของใบมีดตัด แต่สามารถถูกขัดให้หายได้ด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ขณะที่การตัดชิ้นงานด้วยวิธีป้อนชิ้นงานโดยพนักงานผิวชิ้นงานจะมีรอยคลื่นและเสี้ยนขึ้น และไม่สามารถถูกขัดออกด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ได้ ทำให้ต้องขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 ก่อน

13. มาตรการที่ใช้ในการจัดการการใช้ใบมีดตัด ได้กำหนดไว้ 2 มาตรการ คือ (1) กรณีต้องการใช้ใบมีดตัดจนหมดอายุใบมีดตัด และ(2)กรณีต้องการนำใบมีดตัดที่มีอายุการใช้งานเหลืออยู่ไปใช้ตัดชิ้นงานประเภทที่ต้องการความหยาบผิวสูงกว่า

14. มาตรการสำหรับกรณีต้องการใช้ใบมีดตัดจนหมดอายุใบมีดจะช่วยลดเวลาในการขัดแต่งผิวลงจากเดิมร้อยละ 31 ขณะที่มาตรการสำหรับกรณีการนำใบมีดตัดที่มีอายุใบมีดตัดเหลืออยู่ไปใช้ตัดประเภทชิ้นงานที่ต้องการความหยาบผิวสูงกว่า จะลดขั้นตอนการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และลดเวลารวมในขั้นตอนการขัดลงได้จากเดิมร้อยละ 62

6.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการนำเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อๆไปดังนี้

1. การศึกษามุมตัดต่างๆ ของใบมีดตัดสำหรับเครื่องเพลาตั้ง
2. การศึกษาการลับคมใบมีดตัดหลังการใช้งาน
3. การพัฒนาคมมีดตัดและวัสดุใช้ทำใบมีดตัด
4. การพัฒนาเครื่องจักรเพลาตั้ง เพื่อสามารถควบคุมการป้อนชิ้นงานและลดปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจากชิ้นงาน
5. การศึกษาการตัดชิ้นงานประเภทรูปโค้งเว้า (Profile)

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

สัมภาษณ์ ศรีสุข สมชาย พัวจินดาเนตร. การศึกษาการวัดค่าความหยาบผิวไม้ยางพาราแปรรูปโดยวิธีการประมวลผลภาพ. การประชุมสัมมนาวิชาการเครือข่ายทางวิศวกรรมอุตสาหการทั่วประเทศ 24-25 ตุลาคม 2545 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร.

ภาษาอังกฤษ

Aguilera, A., Meausoone, P.J. and Martin, P. Wood materials influence in routing operation: the MDF case. Originalarbeiten-Originals 2000: pp.278-283.

Aguilera, A. and Martin, P. Machining qualification of solid wood of cutting force, power requirements and surface roughness. Originalarbeiten-Originals 2001: pp.483-488.

Mckenzie, W.M., Ko, P., Cvitkovic, R., and Ringler, M. Toward a model predicting forces and surface quality in routing layered boards. Wood science and technology 1999: pp.563-569.

Palmqvist, J. and Gustafsson, S.-I. Emission of dust in planing and milling of wood. Originalarbeiten-Originals 1999: pp.164-170.

Ratnasingam, J., Ma, T.P. and Perkins, M. C. Productivity in wood machining process – question of simple economics. Originalarbeiten-Originals 1999: pp.51-56.

Wengert, G. The Wood Doctor's Rx. Department of Forestry, University of Wisconsin-Madison, 1999.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลรายละเอียดของการศึกษา

ก(1) ผลการตรวจสอบ EDX ของไม้ยางพารา

ก(2) ผลการตรวจสอบ EDX ของใบมีดตัด

ก(3) ข้อมูลระยะลึกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของสภาวะการตัดชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

ก(4) ข้อมูลความหยาบผิวกับสภาวะการตัดชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

ก(5) ข้อมูลความกว้างของคมมีดตัดกับสภาวะการตัดชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

ก(6) ข้อมูลความหยาบผิวกับสภาวะการตัดต่างๆ

ก(7) ข้อมูลความกว้างของคมมีดตัดกับสภาวะการตัดต่างๆ

ก(8) ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดกับสภาวะการตัดต่างๆ

ก(9) ข้อมูลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัด ความหยาบของผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดและเวลาที่ใช้ในการขัด

ภาคผนวก ก(1) ผลการตรวจสอบ EDX ของไม้ยางพารา

```
SEMQuant results. Listed at 2:30:17 PM on 11/5/02
Operator: Bang-on
Client: Dusit Thommasang
Job: Job number 11
Spectrum label: a1

System resolution =  70 eV

Quantitative method: ZAF ( 4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

Standards :
 C  K      CaCO3 01/12/93
 O  K      Quartz 01/12/93
 Co K      Co 01/12/93
 W  M      W 07/12/93


Elmt   Spect.  Element  Atomic
       Type      %        %
C  K    ED     31.34    70.35
O  K    ED     12.72    21.44
Co K    ED      0.01*    0.01*
W  M    ED     55.93     8.20
Total         100.00   100.00

* = <2 Sigma
```

รูปที่ ก(1) -1 ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับไม้ยางพาราจุดที่ 1

```
SEMQuant results. Listed at 2:32:56 PM on 11/5/02
Operator: Bang-on
Client: Dusit Thommasang
Job: Job number 11
Spectrum label: a2

System resolution =  70 eV

Quantitative method: ZAF ( 4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

Standards :
 C  K      CaCO3 01/12/93
 O  K      Quartz 01/12/93
 Co K      Co 01/12/93
 W  M      W 07/12/93


Elmt   Spect.  Element  Atomic
       Type      %        %
C  K    ED     34.21    64.92
O  K    ED     20.70    29.49
Co K    ED      0.00*    0.00*
W  M    ED     45.10     5.59
Total         100.00   100.00

* = <2 Sigma
```

รูปที่ ก(1) -2 ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับไม้ยางพาราจุดที่ 2

ภาคผนวก ก(2) ผลการตรวจสอบ EDX ของใบมีดตัด

```
SEMQuant results. Listed at 3:23:27 PM on 11/5/02
Operator: Bang-on
Client: Dusit Thommasang
Job: Job number 11
Spectrum label: c1

System resolution =  70 eV

Quantitative method: ZAF ( 4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

 1 peak possibly omitted: 2.60 keV

Standards :
 C  K      CaCO3 01/12/93
 O  K      Quartz 01/12/93
 Mg K      MgO 01/12/93
 Al K      Al2O3 23/11/93
 Si K      Quartz 01/12/93


Elmt   Spect.  Element  Atomic
       Type       %        %
C  K     ED    51.95    59.14
O  K     ED    47.43    40.34
Mg K     ED     0.13     0.07
Al K     ED     0.38     0.20
Si K     ED     0.10     0.05
Total         100.00   100.00

* = <2 Sigma
```

รูปที่ ก(2) - 1 ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับใบมีดตัดจุดที่ 1

```
SEMQuant results. Listed at 3:24:37 PM on 11/5/02
Operator: Bang-on
Client: Dusit Thommasang
Job: Job number 11
Spectrum label: c2

System resolution =  70 eV

Quantitative method: ZAF ( 4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

Standards :
 C  K      CaCO3 01/12/93
 O  K      Quartz 01/12/93
 Si K      Quartz 01/12/93


Elmt   Spect.  Element  Atomic
       Type       %        %
C  K     ED    56.67    63.54
O  K     ED    43.30    36.45
Si K     ED     0.03     0.02
Total         100.00   100.00

* = <2 Sigma.
```

รูปที่ ก(2) - 2 ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับใบมีดตัดจุดที่ 2

ภาคผนวก ก(3) ข้อมูลระยะลึกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของสภาวะการตัดชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

ตารางที่ ก (3) – 1 แสดงระยะลึกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจากผู้ผลิตชุดใบมีดโดยตรง)

ชิ้นงานที่	วัดค่าระยะลึกในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (มม.)				เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)		อัตราป้อนงาน (ม./นาที)
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	เวลา	ค่าเฉลี่ย	
1	2	3	4	3.4 ± 0.9	1.55	1.9 ± 0.3	10.7 ± 1.7
2	3	3	3		1.52		
3	3	2	4		1.67		
4	3	4	5		1.66		
5	3	5	4		1.94		
6	5	3	4		2.02		
7	2	4	4		2.27		
8	2	3	4		1.95		
9	4	3	2		1.84		
10	3	3	4		2.12		

จำนวนชิ้นงานที่ทำได้ทั้งหมด [1] (ชิ้น)	เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)	อายุการใช้งานใบมีดตัด [1] (นาที)	ปริมาตรที่ได้จากการตัด[2] (ลบ.เมตร)
560	1.9	17.2	25

หมายเหตุ (1) พิจารณาที่ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยน

(2) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลึกใน การตัดเฉลี่ยและจำนวนชิ้นงาน

ตารางที่ ก(3) - 2 แสดงระยะลึกของรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 1)

ชิ้นงานที่	วัดค่าระยะลึกในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (มม.)				เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)		อัตราป้อนงาน (ม./นาที)
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	เวลา	ค่าเฉลี่ย	
1	4	5	3		3.52		
2	3	5	3		3.27		
3	3	5	4		2.73		
4	2	4	4		2.39		
5	3	5	3		3.01		
6	3	3	4	3.5 ± 0.9	4.19	3.1 ± 0.6	6.4 ± 1.0
7	5	4	3		3.32		
8	4	4	3		3.41		
9	2	3	3		2.7		
10	3	3	3		2.31		

จำนวนชิ้นงานที่ทำได้ทั้งหมด [1] (ชิ้น)	เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)	อายุการใช้งานใบมีดตัด [1] (นาที)	ปริมาตรที่ได้จากการตัด[2] (ลบ.เมตร)
600	3.1	30	28

หมายเหตุ (1) พิจารณาที่ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยน

(2) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลึกในการตัดเฉลี่ยและจำนวนชิ้นงาน

ตารางที่ ก(3) – 3 แสดงระยะลึกของรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 2)

ชิ้นงานที่	วัดค่าระยะลึกในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (มม.)				เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)		อัตราป้อนงาน (ม./นาที)
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	เวลา	ค่าเฉลี่ย	
1	2	2	3		3.34		
2	3	3	2		2.67		
3	2	4	3		2.12		
4	2	5	3		3.33		
5	3	3	3		3.38		
6	2	3	3	2.9 ± 0.8	2.95	2.9 ± 0.6	6.8 ± 1.1
7	3	3	3		2.18		
8	3	5	2		3.95		
9	4	3	2		2.88		
10	3	4	2		2.40		

จำนวนชิ้นงานที่ทำได้ทั้งหมด [1] (ชิ้น)	เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)	อายุการใช้งานใบมีดตัด [1] (นาที)	ปริมาตรที่ได้จากการตัด[2] (ลบ.เมตร)
700	2.9	34	27

หมายเหตุ (1) พิจารณาที่ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยน

(2) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลึกในการตัดเฉลี่ยและจำนวนชิ้นงาน

ตารางที่ ก(3) - 4 แสดงระยะลึกของรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจากผู้ผลิตโดยตรง)

ชิ้นงานที่	วัดค่าระยะลึกในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (มม.)				เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)		อัตราป้อนงาน (ม./นาที)
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	เวลา	ค่าเฉลี่ย	
1	3	4	4		3.4		
2	3	5	3		2.75		
3							
4							
5							
6				3.7 ± 0.8		3.1 ± 0.5	6.4 ± 0.9
7							
8							
9							
10							

จำนวนชิ้นงานที่ทำได้ทั้งหมด [1] (ชิ้น)	เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)	อายุการใช้งานใบมีดตัด [1] (นาที)	ปริมาตรที่ได้จากการตัด [2] (ลบ.เมตร)
- [3]	3.08	- [3]	-

หมายเหตุ (1) พิจารณาที่ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยน

(2) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลึกในการตัดเฉลี่ยและจำนวนชิ้นงาน

(3) ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนตั้งแต่ชิ้นแรก

ตารางที่ ก(3) – 5 แสดงระยะลึกของรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 1)

ชิ้นงานที่	วัดค่าระยะลึกในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (มม.)				เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)		อัตราป้อนงาน (ม./นาที)
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	เวลา	ค่าเฉลี่ย	
1	2	3	5		2.88		
2	3	4	5		3.36		
3	4	4	5		2.49		
4	4	4	4		4.09		
5	3	4	4		2.77		
6	4	4	3	4.1 ± 0.8	3.45	3.0 ± 0.5	6.7 ± 1.0
7	4	5	5		2.64		
8	5	4	4		2.99		
9	4	5	4		2.71		
10	5	4	5		2.22		

จำนวนชิ้นงานที่ทำได้ทั้งหมด [1] (ชิ้น)	เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)	อายุการใช้งานใบมีดตัด [1] (นาที)	ปริมาตรที่ได้จากการตัด [2] (ลบ.เมตร)
600	3.0	29.4	32.5

หมายเหตุ (1) พิจารณาที่ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยน

(2) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลึกในการตัดเฉลี่ยและจำนวนชิ้นงาน

ตารางที่ ก(3) – 6 แสดงระยะลึกของรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 2)

ชิ้นงานที่	วัดค่าระยะลึกในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (มม.)				เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)		อัตราป้อนงาน (ม./นาที)
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	เวลา	ค่าเฉลี่ย	
1	3	2	3		2.88		
2	2	3	2		2.8		
3	2	4	3		2.57		
4	3	3	2		2.62		
5	3	3	3		3.16		
6	3	4	2	2.7 ± 0.7	2.2	2.8 ± 0.4	7.2 ± 1.0
7	4	3	2		2.41		
8	3	3	2		2.48		
9	2	2	3		3.72		
10	3	2	2		2.66		

จำนวนชิ้นงานที่ทำได้ทั้งหมด [1] (ชิ้น)	เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)	อายุการใช้งานใบมีดตัด [1] (นาที)	ปริมาตรที่ได้จากการตัด [2] (ลบ.เมตร)
650	2.8	30	23.2

หมายเหตุ (1) พิจารณาที่ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยน

(2) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลึกใน การตัดเฉลี่ย และจำนวนชิ้นงาน

ภาคผนวก ก(4) ข้อมูลความหยาบผิวกับสภาวะการตัดชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

ตารางที่ ก(4) - 1 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจากผู้ผลิตชุดใบมีด)

ชิ้นงาน	วัดค่าความเรียบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	4.46	5.69	4.61	4.92 ± 0.67
49	5.22	6.31	7.34	6.29 ±1.06
99	5.26	10.78	6.18	7.41 ±2.96
150	12.03	10.39	9.08	10.50 ±1.48
199	8.56	11.23	10.36	10.05 ±1.36
250	12.82	10.61	10.7	11.38 ±1.25
300	9.94	11.4	11.71	11.02 ±0.95
350	8.43	14.01	8.62	10.35 ±3.17
401	12.37	10.12	17.76	13.42 ±3.93
500	*	*	*	*
550	*	*	*	*

หมายเหตุ * หมายถึง ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนจนไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ ก(4) - 2 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 1)

ชิ้นงาน	วัดค่าความเรียบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
2	4.88	4.89	6.7	5.49 ± 1.05
50	7.26	6.07	6.82	6.72 ± 0.60
99	6.85	8.07	6.79	7.24 ± 0.72
200	8.52	7.54	6.49	7.52 ± 1.02
300	8.57	6.57	9.89	8.34 ± 1.67
400	8.36	9.65	9.25	9.09 ± 0.66
499	10.89	14.14	11.17	12.07 ± 1.80
600	*	*	*	*

หมายเหตุ * หมายถึง ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนจนไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ ก(4) – 3 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 2)

ชิ้นงาน	วัดค่าความเรียบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
2	4.97	4.23	4.41	4.54 ± 0.39
49	4.71	7.38	5.67	5.92 ± 1.35
99	5.92	5.66	6.29	5.96 ± 0.32
199	9.2	5.14	7.11	7.15 ± 2.03
299	9.46	6.29	9.32	8.36 ± 1.79
400	8.85	8.97	11.7	9.84 ± 1.61
551	14.68	10.83	11.14	12.22 ± 2.14
651	*	*	*	*
699	*	*	*	*

หมายเหตุ * หมายถึง ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนจนไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ ก(4) – 4 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจากผู้ผลิตชุดใบมีด)

ชิ้นงาน	วัดค่าความเรียบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	*	*	*	*
18	*	*	*	*

หมายเหตุ * หมายถึง ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนจนไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ ก(4) – 5 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 1)

ชิ้นงาน	วัดค่าความเรียบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
2	4.17	3.99	5.09	4.42 $\pm$ 0.59
49	4.66	5.16	6.58	5.47 $\pm$ 1.00
100	6.78	7.4	7.91	7.36 $\pm$ 0.57
199	7.83	8.85	5.98	7.55 $\pm$ 1.45
300	7.38	10.6	9.21	9.06 $\pm$ 1.62
400	11.47	9.43	10.38	10.43 $\pm$ 1.02
500	12.37	10.12	12.35	11.61 $\pm$ 1.29
600	*	*	*	*

หมายเหตุ * หมายถึง ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนจนไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ ก(4) – 6 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 2)

ชิ้นงาน	วัดค่าความเรียบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
2	4.61	3.45	4.21	4.09 $\pm$ 0.59
49	4.35	6.34	5.32	5.34 $\pm$ 1.00
99	6.37	6.49	6.72	6.53 $\pm$ 0.18
200	8.37	8.4	8.73	8.50 $\pm$ 0.20
299	7.38	9.21	10.38	8.99 $\pm$ 1.51
400	9.43	10.83	9.99	10.08 $\pm$ 0.70
500	11.08	11.36	12.23	11.56 $\pm$ 0.60
600	*	*	*	*

หมายเหตุ * หมายถึง ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนจนไม่สามารถวัดค่าได้

ภาคผนวก ก(5) ข้อมูลความกว้างของคมมีดตัดกับสภาวะการตัดชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

ตารางที่ ก(5) – 1 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 1
กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1

ใบมีดตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมตัดจำนวน 3 ครั้ง								ค่าแตกต่าง (2) - (1)
	(1) ก่อนการใช้งาน (μm)				(2) หลังการใช้งาน (μm)				
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
1	5	5	5	5 ± 0	15	20	18	17.7±2.5	12.7
2	5	6	5	5.3 ± 0.6	13	15	15	14.3±1.2	9
3	8	7	6	7 ± 1	15	18	20	17.7±2.5	10.7
4	8	7	5	6.7 ± 1.5	8	7	6	7 ±1	0.3
5	6	7	5	6 ± 1	20	18	15	17.7±2.5	11.7
6	5	5	5	5 ± 0	12	10	10	10.7±1.2	5.7
ค่าเฉลี่ย				5.8 ± 0.9	ค่าเฉลี่ย			13.9 ± 5	8.4 ± 4.6

ตารางที่ ก(5) – 2 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 1
กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2

ใบมีดตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมตัดจำนวน 3 ครั้ง								ค่าแตกต่าง (2) - (1)
	(1) ก่อนการใช้งาน (μm)				(2) หลังการใช้งาน (μm)				
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
1	5	5	5	5 ± 0	15	15	12	14 ±1.7	9
2	5	5	5	5 ± 0	10	12	12	11.3±1.2	6.3
3	8	8	5	7 ± 1.7	10	8	5	7.7 ±2.5	0.7
4	8	8	5	7 ± 1.7	8	10	8	8.7 ± 1.2	1.7
5	5	8	5	6 ± 1.7	15	12	12	13 ± 1.7	7
6	8	5	6	6.3 ± 1.5	15	15	15	15 ± 0	8.7
เฉลี่ย				6 ± 0.9	ค่าเฉลี่ย			11.6±2.9	5.6 ± 3.6

ตารางที่ ก(5) – 3 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3

ใบมีดตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมตัดจำนวน 3 ครั้ง								ค่าแตกต่าง (2) - (1)
	(1) ก่อนการใช้งาน (μm)				(2) หลังการใช้งาน (μm)				
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
1	5	5	5	5 ± 0	18	20	20	19.3 ± 1.2	14.3
2	5	5	5	5 ± 0	6	8	6	6.7 ± 1.2	1.7
3	5	5	5	5 ± 0	12	15	15	14 ± 1.7	9
4	5	8	5	6 ± 1.7	15	10	15	13.3 ± 2.9	7.3
5	5	5	8	6 ± 1.7	10	5	10	8.3 ± 2.9	2.3
6	5	8	5	6 ± 1.7	15	18	20	17.7 ± 2.5	11.7
เฉลี่ย				5.5 ± 0.5	ค่าเฉลี่ย			13.2 ± 5	7.7 ± 5

ตารางที่ ก(5) – 4 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1

ใบมีดตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมตัดจำนวน 3 ครั้ง								ค่าแตกต่าง (2) - (1)
	(1) ก่อนการใช้งาน (μm)				(2) หลังการใช้งาน (μm)				
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
1	5	5	5	5 ± 0	10	12	10	10.7 ± 1.2	5.7
2	5	5	5	5 ± 0	20	15	15	16.7 ± 2.9	11.7
3	5	5	5	5 ± 0	15	20	15	16.7 ± 2.9	11.7
4	10	8	5	7.7 ± 2.5	20	20	15	18.3 ± 2.9	10.7
5	10	8	8	8.7 ± 1.2	10	10	8	9.3 ± 1.2	0.7
6	10	10	8	9.3 ± 1.2	15	12	10	12.3 ± 2.5	3
เฉลี่ย				6.8 ± 2	ค่าเฉลี่ย			14 ± 3.7	7.2 ± 4.8

ตารางที่ ก(5) – 5 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2

ใบมีดตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมตัดจำนวน 3 ครั้ง								ค่าแตกต่าง (2) - (1)
	(1) ก่อนการใช้งาน (μm)				(2) หลังการใช้งาน (μm)				
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
1	5	5	5	5 ± 0	20	15	15	16.7±2.9	11.7
2	5	5	5	5 ± 0	10	10	10	10 ± 0	5
3	10	8	5	7.7 ± 2.5	15	15	12	14 ±1.7	6.3
4	10	10	8	9.3 ± 1.2	18	15	18	17 ±1.7	7.7
5	8	5	8	7 ± 1.7	12	15	12	13 ±1.7	6
6	8	8	5	7 ± 1.7	10	15	15	13.3±2.9	6.3
เฉลี่ย				6.8 ± 1.7	ค่าเฉลี่ย			14 ± 2.6	7.2 ± 2.4

ตารางที่ ก(5) – 6 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3

ใบมีดตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมตัดจำนวน 3 ครั้ง								ค่าแตกต่าง (2) - (1)
	(1) ก่อนการใช้งาน (μm)				(2) หลังการใช้งาน (μm)				
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
1	5	5	5	5 ± 0	15	15	15	15 ±0	10
2	5	5	5	5 ± 0	15	12	12	13 ± 1.7	8
3	5	5	5	5 ± 0	10	10	12	10.7±1.2	5.7
4	8	5	8	7 ± 1.7	12	15	12	13 ± 1.7	6
5	5	5	5	5 ± 0	10	15	15	13.3±2.9	8.3
6	8	8	5	7 ± 1.7	15	15	12	14 ±1.7	7
เฉลี่ย				5.7 ± 1	ค่าเฉลี่ย			13.2±1.4	7.5 ± 1.6

ภาคผนวก ก(6) ข้อมูลความหยาบผิวกับสภาวะการตัดต่างๆ

ตารางที่ ก(6) -1 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 3 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	5.79	5.1	5.2	5.36 ± 0.37
50	8.29	4.73	6.26	6.43 ± 1.79
100	6.28	5.7	7.96	6.65 ± 1.17
150	5.14	10.19	9.79	8.37 ± 2.81
200	9.87	8.37	9.1	9.11 ± 0.75
400	12.89	10.53	9.21	10.88 ± 1.86

ตารางที่ ก(6) -2 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 5 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	5.65	6.31	6.34	6.10 ± 0.39
50	7.56	9	6.03	7.53 ± 1.49
100	8.84	5.56	8.48	7.63 ± 1.80
150	9.15	8.2	6.56	7.97 ± 1.31
200	8.05	10.3	6.5	8.28 ± 1.91
250	8.02	11.63	7.33	8.99 ± 2.31
300	12.86	8.97	7.26	9.70 ± 2.87
400	11.23	13.52	8.45	11.07 ± 2.54

ตารางที่ ก(6) -3 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 7 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	6.77	4.68	5.3	5.58 ± 1.07
50	6.15	8.16	5.21	6.51 ± 1.51
100	6.35	7.93	8.22	7.50 ± 1.01
150	7.17	8.25	8.08	7.83 ± 0.58
200	10.16	8.67	7.06	8.63 ± 1.55
250	10.78	10.04	8	9.61 ± 1.44
300	8.52	12.57	10.69	10.59 ± 2.03
400	10.34	13.68	13.35	12.46 ± 1.84

ตารางที่ ก(6) -4 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 3 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	3.98	5.77	4.15	4.63 ± 0.99
50	6.06	5.77	3.7	5.18 ± 1.29
100	4.89	8.85	5.27	6.34 ± 2.18
150	8.83	10.92	5.76	8.50 ± 2.60
200	9.1	12.01	6.68	9.26 ± 2.67
400	11.23	13.52	8.45	11.07 ± 2.54

ตารางที่ ก(6) -5 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 5 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	5.15	6.6	5.57	5.77 ± 0.75
50	7.99	5.76	5.68	6.48 ± 1.31
100	7.27	6.36	7.02	6.88 ± 0.47
150	7.29	6.92	9.4	7.87 ± 1.34
200	9.59	8.4	9.1	9.03 ± 0.60
250	11.69	8.52	8.55	9.59 ± 1.82
400	11.43	11.69	10.98	11.37 ± 0.36

ตารางที่ ก(6) -6 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 7 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	4.11	5.12	6.09	5.11 ± 0.99
50	7.27	6.31	5.38	6.32 ± 0.95
100	6.54	6.7	7.19	6.81 ± 0.34
150	7.49	7.69	9.63	8.27 ± 1.18
200	10.08	9.11	7.9	9.03 ± 1.09
250	9.98	9.23	11.55	10.25 ± 1.18
400	11.26	13.68	13.35	12.76 ± 1.31

ตารางที่ ก(6) -7 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 5 มม. อัตราป้อนที่ 3 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	4.84	4.13	3.26	4.08 ± 0.79
50	4.07	4.65	4.85	4.52 ± 0.41
100	8.28	5.77	5.65	6.57 ± 1.49
150	9.04	8.07	8.6	8.57 ± 0.49
200	11.36	8.66	7.36	9.13 ± 2.04
400	10.02	13.63	12.64	12.10 ± 1.87

ตารางที่ ก(6) -8 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 5 มม. อัตราป้อนที่ 5 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	6.5	5.68	6.65	6.28 ± 0.52
50	7.41	6.63	7.1	7.05 ± 0.39
100	9.27	5.58	6.51	7.12 ± 1.92
150	11.19	5.17	5.47	7.28 ± 3.39
200	5.69	9.45	8.12	7.75 ± 1.91
250	8.9	10.99	9.32	9.74 ± 1.11
400	11.43	11.69	10.98	11.37± 0.36

ตารางที่ ก(6) -9 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 5 มม. อัตราป้อนที่ 7 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	5.45	4.21	5.23	4.96 $\pm$ 0.66
50	5.51	6.13	4.15	5.26 $\pm$ 1.01
100	7.57	6.2	7.91	7.23 $\pm$ 0.91
150	7.48	10.74	8.09	8.77 $\pm$ 1.73
200	11.32	7.56	7.96	8.95 $\pm$ 2.07
250	10.47	8.25	10.23	9.65 $\pm$ 1.22
400	13.08	8.83	11.19	11.03 $\pm$ 2.13

ตารางที่ ก(6) -10 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 5 มม. อัตราป้อนที่ 3 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	4.68	3.49	4.3	4.16 $\pm$ 0.61
50	8.46	6	5.74	6.73 $\pm$ 1.50
100	10.84	5.1	7.22	7.72 $\pm$ 2.90
150	10.27	7.96	5.56	7.93 $\pm$ 2.36
200	11.42	7.69	8.44	9.18 $\pm$ 1.97
250	11.43	11.69	10.98	11.37 $\pm$ 0.36
400	4.68	3.49	4.3	4.16 $\pm$ 0.61

ตารางที่ ก(6) -11 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 5 มม. อัตราป้อนที่ 5 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	6.59	5.12	7.21	6.31 ± 1.07
50	6.32	6.51	6.44	6.42 ± 0.10
100	6.5	5.78	7.91	6.73 ± 1.08
150	7	6.45	7.26	6.90 ± 0.41
200	10.18	7.94	6.16	8.09 ± 2.01
250	10.07	9.27	11.32	10.22 ± 1.03
400	12.96	12.78	13.08	12.94 ± 0.15

ตารางที่ ก(6) -12 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 5 มม. อัตราป้อนที่ 7 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	6.66	5.3	6.5	6.15 ± 0.74
50	6.07	7.45	5.92	6.48 ± 0.84
100	5.5	8.91	6.49	6.97 ± 1.75
150	10.95	6.54	7.81	8.43 ± 2.27
200	10.97	7.45	9.02	9.15 ± 1.76
250	11.27	9.19	8.76	9.74 ± 1.34
400	13.96	9.55	14.73	12.75 ± 2.80

ภาคผนวก ก(7) ข้อมูลความกว้างของคมมีดตัดกับสภาวะการตัดต่างๆ

ตารางที่ ก(7) -1 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 3 มม. อัตราป้อน 3 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที

ชิ้นงานผ่านตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมมีดตัดจำนวน 6 ครั้ง (μm)						ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	4	5	6	
0	10	5	5	5	5	5	5.8 ± 2.0
200	10	12	10	10	6	8	9.3 ± 2.1
400	15	15	12	12	10	10	12.3 ± 2.3

ตารางที่ ก(7) - 2 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 3 มม. อัตราป้อน 5 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 4 9 0 0 รอบ/นาที

ชิ้นงานผ่านตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมมีดตัดจำนวน 6 ครั้ง (μm)						ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	4	5	6	
0	5	5	5	5	5	5	5 ± 0
200	12	12	12	12	8	10	11 ± 1.7
400	15	16	14	15	10	10	13.3 ± 2.7

ตารางที่ ก(7) - 3 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 3 มม. อัตราป้อน 7 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 4 9 0 0 รอบ/นาที

ชิ้นงานผ่านตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมมีดตัดจำนวน 6 ครั้ง (μm)						ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	4	5	6	
0	5	5	5	5	5	5	5 ± 0
200	10	12	14	8	10	10	10.7 ± 2.1
400	12	18	20	12	12	12	14.3 ± 3.7

ตารางที่ ก(7) - 4 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 3 มม. อัตราป้อน 3 เมตร/นาที

ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชิ้นงาน ผ่านตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมมีดตัดจำนวน 6 ครั้ง (μm)						ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	4	5	6	
0	5	5	5	10	5	5	5.8 ± 2.04
200	8	10	10	12	8	8	9.3 ± 1.6
400	8	12	15	15	10	12	12 ± 2.8

ตารางที่ ก(7) - 5 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 3 มม. อัตราป้อน 5 เมตร/นาที

ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชิ้นงาน ผ่านตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมมีดตัดจำนวน 6 ครั้ง (μm)						ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	4	5	6	
0	5	5	5	6	5	5	5.2 ± 0.4
200	12	12	10	16	10	10	11.7 ± 2.3
400	16	16	12	18	15	16	15.5 ± 1.9

ตารางที่ ก(7) - 6 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 3 มม. อัตราป้อน 7 เมตร/นาที

ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชิ้นงาน ผ่านตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมมีดตัดจำนวน 6 ครั้ง (μm)						ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	4	5	6	
0	5	5	5	5	8	5	5.5 ± 1.2
200	8	12	10	10	15	10	10.8 ± 2.4
400	8	16	12	15	20	14	14.2 ± 4.0

ตารางที่ ก(7) - 7 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 5 มม. อัตราป้อน 3 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที

ชิ้นงาน ผ่านตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมมีดตัดจำนวน 6 ครั้ง (μm)						ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	4	5	6	
0	8	5	8	5	8	5	6.5 ± 1.6
200	10	10	12	10	10	8	10 ± 1.3
400	18	12	16	14	12	12	14 ± 2.5

ตารางที่ ก(7) - 8 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 5 มม. อัตราป้อน 5 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 4 9 0 0 รอบ/นาที

ชิ้นงาน ผ่านตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมมีดตัดจำนวน 6 ครั้ง (μm)						ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	4	5	6	
0	5	8	8	5	6	5	6.2 ± 1.5
200	8	10	10	10	10	8	9.3 ± 1.0
400	12	18	12	12	16	12	13.7 ± 2.7

ตารางที่ ก(7) - 9 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 5 มม. อัตราป้อน 7 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 4 9 0 0 รอบ/นาที

ชิ้นงาน ผ่านตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมมีดตัดจำนวน 6 ครั้ง (μm)						ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	4	5	6	
0	5	5	5	8	5	5	5.5 ± 1.2
200	5	10	8	16	12	10	10.2 ± 3.7
400	10	18	10	18	20	16	15.3 ± 4.3

ตารางที่ ก(7) -10 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 5 มม. อัตราป้อน 3 เมตร/นาที

ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชิ้นงาน ผ่านตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมมีดตัดจำนวน 6 ครั้ง (μm)						ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	4	5	6	
0	8	5	8	5	8	5	6.5 ± 1.6
200	10	10	12	10	10	8	10 ± 1.3
400	18	12	16	14	12	12	14 ± 2.5

ตารางที่ ก(7) - 11 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 5 มม. อัตราป้อน 5 เมตร/นาที

ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชิ้นงาน ผ่านตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมมีดตัดจำนวน 6 ครั้ง (μm)						ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	4	5	6	
0	5	5	8	5	5	5	5.5 ± 1.2
200	8	10	12	10	10	10	10 ± 1.3
400	16	12	16	18	12	12	14.3 ± 2.7

ตารางที่ ก(7) - 12 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 5 มม. อัตราป้อน 7 เมตร/นาที

ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชิ้นงาน ผ่านตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมมีดตัดจำนวน 6 ครั้ง (μm)						ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	4	5	6	
1	8	8	5	5	5	5	6 ± 1.5
200	12	10	10	12	10	12	11 ± 1.1
400	16	12	18	16	14	16	15.3 ± 2.1

ภาคผนวก ก(8) ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดกับสภาวะการตัดต่างๆ

ตารางที่ ก(8) -1 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 3 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (Kw)			ค่าเฉลี่ย (Kw)
	1	2	3	
1	0.3	0.28	0.23	0.27 ± 0.004
50	0.32	0.29	0.31	0.31 ± 0.02
100	0.24	0.41	0.31	0.32 ± 0.09
150	0.43	0.35	0.29	0.36 ± 0.07
200	0.38	0.43	0.43	0.41 ± 0.03
250	0.43	0.43	0.43	0.43 ± 0
300	0.52	0.39	0.4	0.44 ± 0.07
350	0.4	0.44	0.52	0.45 ± 0.06
400	0.55	0.4	0.54	0.5 ± 0.08

ตารางที่ ก(8) -2 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 5 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (Kw)			ค่าเฉลี่ย (Kw)
	1	2	3	
1	0.4	0.25	0.29	0.31 ± 0.08
50	0.4	0.28	0.29	0.32 ± 0.07
100	0.32	0.43	0.26	0.34 ± 0.09
150	0.29	0.29	0.44	0.34 ± 0.09
200	0.39	0.46	0.31	0.39 ± 0.08
250	0.4	0.39	0.46	0.42 ± 0.04
300	0.52	0.37	0.48	0.46 ± 0.08
350	0.4	0.54	0.44	0.46 ± 0.07
400	0.54	0.61	0.65	0.6 ± 0.06

ตารางที่ ก(8) -3 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 7 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (Kw)			ค่าเฉลี่ย (Kw)
	1	2	3	
1	0.4	0.31	0.3	0.34 ± 0.06
50	0.39	0.44	0.44	0.42 ± 0.03
100	0.48	0.35	0.41	0.41 ± 0.06
150	0.48	0.45	0.42	0.45 ± 0.03
200	0.48	0.6	0.6	0.56 ± 0.07
250	0.59	0.59	0.46	0.55 ± 0.08
300	0.55	0.6	0.1	0.63 ± 0.07
350	0.59	0.78	0.63	0.67 ± 0.1
400	0.54	0.72	0.78	0.78 ± 0.06

ตารางที่ ก(8) -4 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 3 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (Kw)			ค่าเฉลี่ย (Kw)
	1	2	3	
1	0.31	0.29	0.28	0.29 ± 0.02
50	0.22	0.24	0.33	0.26 ± 0.06
100	0.42	0.28	0.27	0.32 ± 0.08
150	0.24	0.47	0.29	0.33 ± 0.12
200	0.38	0.25	0.38	0.34 ± 0.07
250	0.44	0.32	0.37	0.37 ± 0.06
300	0.53	0.5	0.55	0.52 ± 0.02
350	0.79	0.46	0.62	0.62 ± 0.16
400	0.78	0.66	0.62	0.68 ± 0.08

ตารางที่ ก(8) -5 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 5 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (Kw)			ค่าเฉลี่ย (Kw)
	1	2	3	
1	0.33	0.33	0.39	0.36 ± 0.03
50	0.4	0.39	0.45	0.41 ± 0.03
100	0.55	0.44	0.39	0.46 ± 0.08
150	0.46	0.43	0.47	0.45 ± 0.02
200	0.85	0.59	0.54	0.66 ± 0.16
250	0.66	0.73	0.77	0.69 ± 0.05
300	0.63	0.7	0.74	0.69 ± 0.05
350	0.71	1	0.77	0.82 ± 0.15
400	1.05	0.87	0.84	0.92 ± 0.11

ตารางที่ ก(8) - 6 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 7 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (Kw)			ค่าเฉลี่ย (Kw)
	1	2	3	
1	0.46	0.41	0.35	0.4 ± 0.05
50	0.43	0.49	0.37	0.43 ± 0.06
100	0.58	0.41	0.44	0.47 ± 0.06
150	0.44	0.62	0.67	0.57 ± 0.12
200	0.7	0.59	0.64	0.64 ± 0.05
250	0.54	0.81	0.86	0.73 ± 0.17
300	0.84	1.02	0.68	0.84 ± 0.17
350	0.96	0.86	0.83	0.88 ± 0.06
400	1.1	1.03	0.88	1.00 ± 0.11

ตารางที่ ก(8) -7 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 3 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (Kw)			ค่าเฉลี่ย (Kw)
	1	2	3	
1	0.69	0.57	0.61	0.62 ± 0.06
50	0.97	0.65	0.6	0.64 ± 0.03
100	0.57	0.73	0.61	0.63 ± 0.08
150	0.63	0.73	0.75	0.7 ± 0.06
200	0.68	0.66	0.78	0.7 ± 0.06
250	0.65	0.77	0.69	0.7 ± 0.06
300	0.86	0.78	0.88	0.84 ± 0.05
350	0.95	0.88	0.94	0.9 ± 0.03
400	0.91	1	1.05	0.98 ± 0.07

ตารางที่ ก(8) - 8 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 5 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (Kw)			ค่าเฉลี่ย (Kw)
	1	2	3	
1	0.63	0.57	0.68	0.62 ± 0.05
50	0.61	0.74	0.59	0.64 ± 0.08
100	0.71	0.65	0.77	0.71 ± 0.06
150	0.89	0.82	0.76	0.82 ± 0.76
200	0.92	0.79	0.83	0.84 ± 0.06
250	0.79	0.89	1.17	0.95 ± 0.19
300	1.08	0.94	1.83	1.08 ± 0.14
350	0.91	0.93	1.08	0.97 ± 0.09
400	1.08	1.3	1.21	1.19 ± 0.11

ตารางที่ ก(8) -9 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 7 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (Kw)			ค่าเฉลี่ย (Kw)
	1	2	3	
1	0.59	0.79	0.56	0.64 ± 0.12
50	0.69	0.54	0.8	0.67 ± 0.13
100	0.58	0.78	0.74	0.7 ± 0.1
150	0.8	0.78	0.83	0.8 ± 0.02
200	0.81	0.95	0.68	0.81 ± 0.13
250	0.83	0.96	0.91	0.9 ± 0.06
300	0.98	0.86	0.88	0.90 ± 0.06
350	1.05	0.9	1.07	1.00 ± 0.09
400	1.25	1.12	1.14	1.17 ± 0.07

ตารางที่ ก(8) -10 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 3 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (Kw)			ค่าเฉลี่ย (Kw)
	1	2	3	
1	0.81	0.73	0.58	0.7 ± 0.11
50	0.64	0.7	0.82	0.72 ± 0.09
100	0.64	0.67	0.83	0.71 ± 0.09
150	0.97	0.86	0.88	0.90 ± 0.05
200	1.26	0.76	0.94	0.98 ± 0.25
250	0.89	1.03	1.09	1.00 ± 0.1
300	1.16	1.18	1.16	1.16 ± 0.01
350	1.27	1.22	1.3	1.26 ± 0.04
400	1.29	1.18	1.37	1.28 ± 0.09

ตารางที่ ก(8) -11 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 5 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (Kw)			ค่าเฉลี่ย (Kw)
	1	2	3	
1	0.78	0.78	0.63	0.73 ± 0.08
50	0.85	0.81	0.9	0.85 ± 0.04
100	0.98	0.74	0.82	0.84 ± 0.12
150	0.95	0.97	0.94	0.95 ± 0.01
200	1.14	1.02	1	1.05 ± 0.07
250	1.06	0.98	1.03	1.02 ± 0.04
300	0.89	0.81	1.36	1.02 ± 0.29
350	1.24	0.96	1.02	1.07 ± 0.14
400	1.43	1.21	1.45	1.36 ± 0.13

ตารางที่ ก(8) -12 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 7 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่านการตัด (ชิ้น)	วัดค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (Kw)			ค่าเฉลี่ย (Kw)
	1	2	3	
1	0.78	0.71	0.81	0.76 ± 0.05
50	0.91	0.64	0.81	0.78 ± 0.13
100	0.86	0.76	0.85	0.82 ± 0.05
150	0.89	0.92	1.12	0.97 ± 0.12
200	1.11	1.04	1.15	1.1 ± 0.05
250	1.13	1.37	1	1.16 ± 0.18
300	1.31	1.21	1.32	1.28 ± 0.06
350	1.45	1.35	1.48	1.48 ± 0.15
400	1.65	1.63	1.59	1.62 ± 0.03

ภาคผนวก ก(9) ข้อมูลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัด ความหยาบของผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัด และเวลาที่ใช้ในการขัด

ตารางที่ ก(9) – 1 แสดงค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัด ความหยาบผิวหลังการขัด และเวลาที่ใช้ในการขัด ที่ป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนงาน

ชิ้นงาน	วัดค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัด จำนวน 3 ครั้ง (μm)				วัดค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 จำนวน 3 ครั้ง (μm)				ความแตกต่าง (μm)
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
1	3.39	4.26	3.39	3.68	4.52	4.47	4.38	4.46	0.78
50	5.59	4.15	6.2	5.31	3.43	5.45	3.33	4.07	1.24
100	5.75	6.61	7	5.47	5.06	4.31	3.78	4.38	1.09
150	9.03	8.35	5.34	6.45	3.61	4.06	5.32	4.33	2.12
200	7.38	7.1	9.67	7.57	3.79	3.84	4.4	4.01	3.56
250	8.83	9.47	9.72	8.05	4.07	5.77	5.67	5.17	2.88
300	8.83	9.47	9.72	9.34	5.15	5.79	5.33	5.42	3.92
350	10.81	9.8	10.72	10.44	5.06	5.5	4.76	5.11	5.33
400	11.95	11.1	12.07	11.7	5.12	5.76	4.56	5.15	6.55
เฉลี่ย				7.5±2.6	เฉลี่ย			4.68±0.6	3.05±2

ตารางที่ ก(9) – 2 แสดงค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัด ความหยาบผิวหลังการขัด และเวลาที่ใช้ในการขัด ที่ป้อนงานด้วยพนักงานในสายการผลิต

ชิ้นงาน	วัดค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัด จำนวน 3 ครั้ง (μm)				วัดค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัด ด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 จำนวน 3 ครั้ง (μm)				ความแตกต่าง (μm)
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
1	3.71	4.29	4.24	4.08	4.81	4.24	3.37	4.14	0.06
50	7.26	5.61	6.56	6.47	3.26	5.44	4.22	4.31	2.16
100	6.14	5.8	8.47	6.80	3.66	3.32	5.36	4.11	2.69
150	6.83	7.47	6.43	6.91	4.46	3.68	4.65	4.26	2.65
200	8.69	8.55	6.87	8.03	5.2	3.94	4.22	4.45	3.58
250	9.62	7.5	8.85	8.65	5.31	5.27	6.5	5.69	2.96
300	10.03	9.31	11.14	10.2	5.52	4.51	5.8	5.28	4.92
350	13.12	10.53	10.78	11.8	7.06	4.97	4.66	5.56	1.5
400	9.97	11.97	14.63	12.2	5.45	6.38	7.11	6.31	5.89
เฉลี่ย				8.31±2.6	เฉลี่ย			4.9±0.8	2.93±1.7

ภาคผนวก ข

ภาพถ่ายการสึกหรอของใบมีดจากกล้องจุลทรรศน์

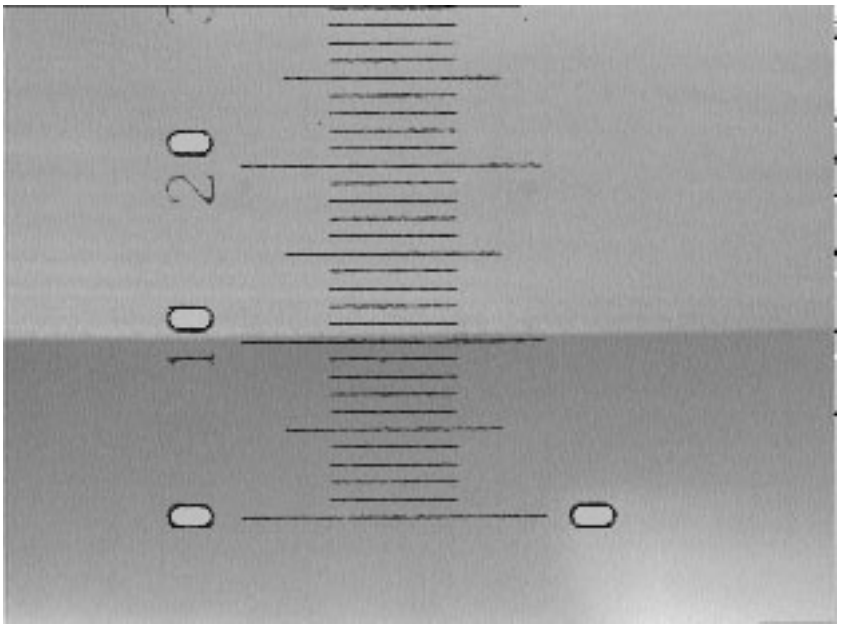
ข(1) ภาพถ่ายการสึกหรอของใบมีดตัดชุดที่ 1 ของสภาวะการตัดสภาพปัจจุบัน

ข(2) ภาพถ่ายการสึกหรอของใบมีดตัดชุดที่ 2 ของสภาวะการตัดสภาพปัจจุบัน

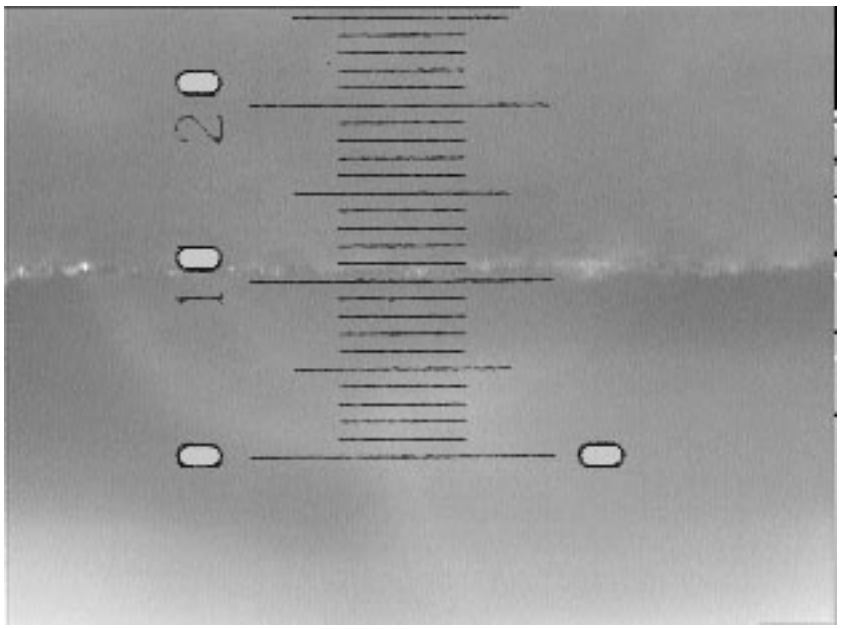
ข(3) ภาพถ่ายการสึกหรอของสภาวะการควบคุมการตัด ที่ระยะลึกของรอยตัด 3 มม.

ข(4) ภาพถ่ายการสึกหรอของสภาวะการควบคุมการตัด ที่ระยะลึกของรอยตัด 5 มม.

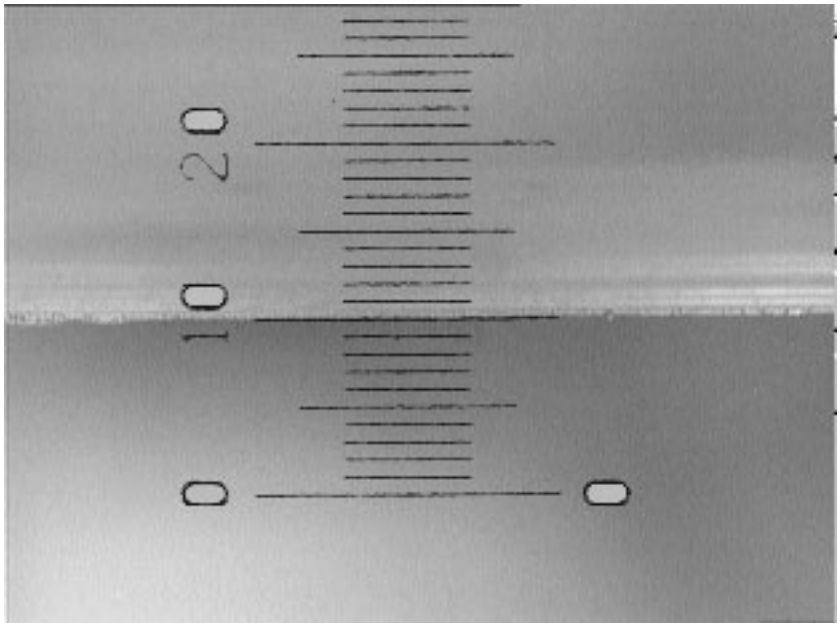
ภาคผนวก ข(1)ภาพถ่ายการสึกหรอของใบมีดตัดชุดที่ 1 ของสภาวะการตัดสภาพปัจจุบัน



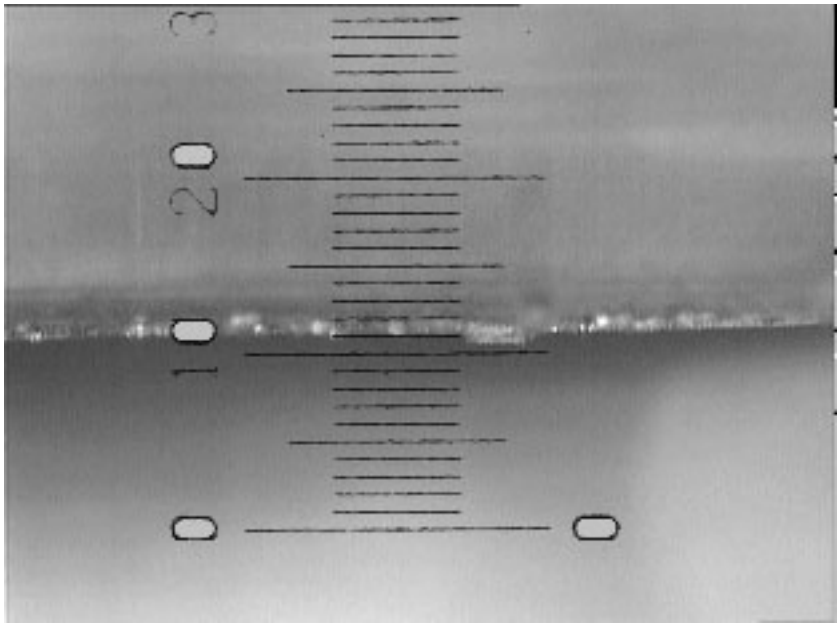
รูปที่ ข(1)-1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1



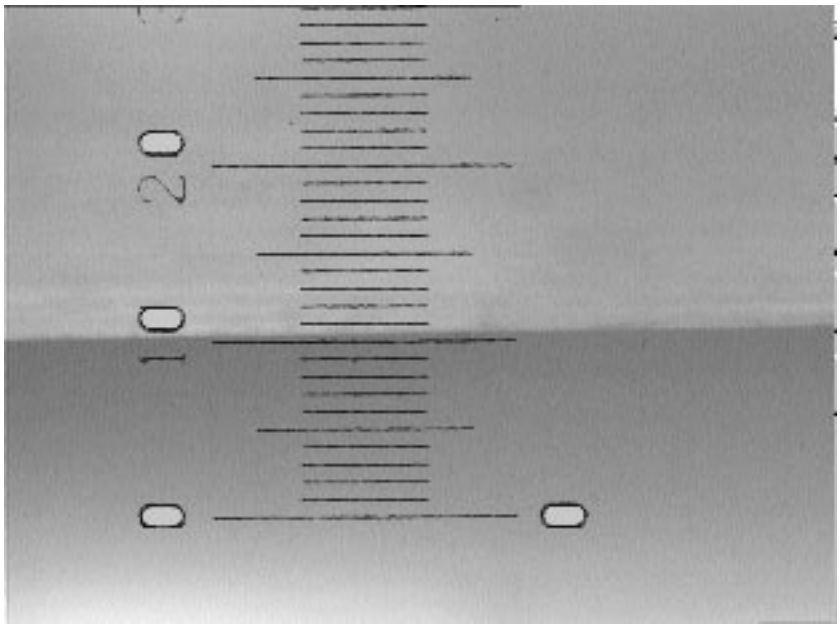
รูปที่ ข (1) - 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1



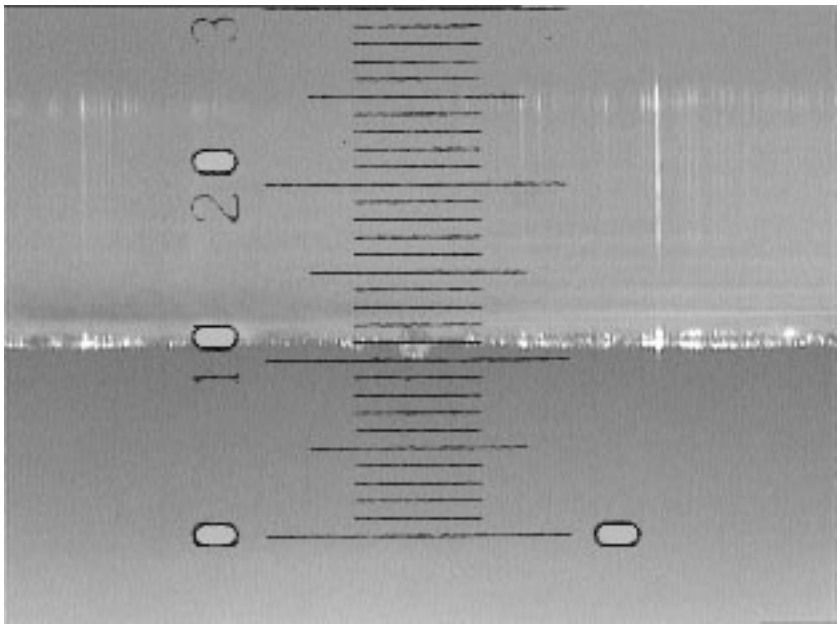
รูปที่ ข (1) - 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2



รูปที่ ข (1) - 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2

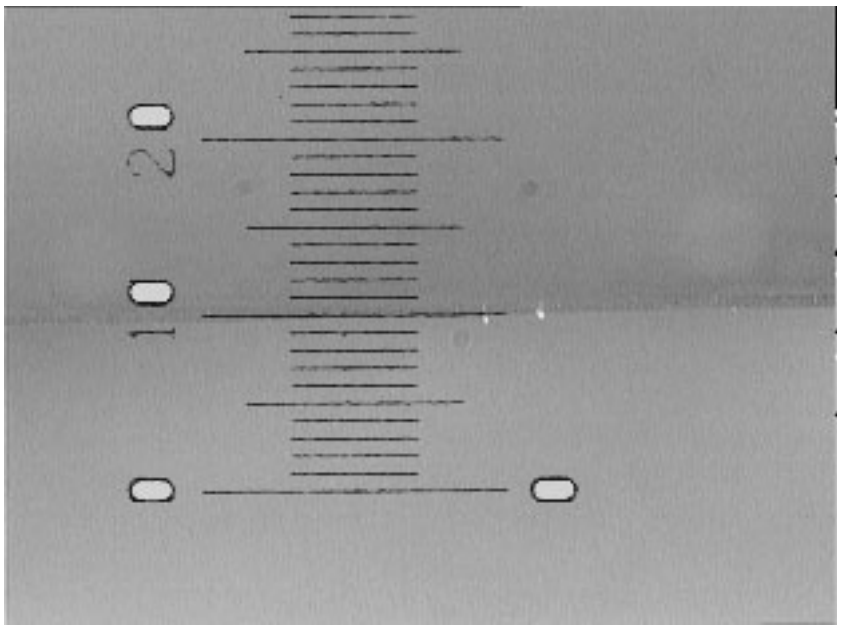


รูปที่ ข (1) - 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3

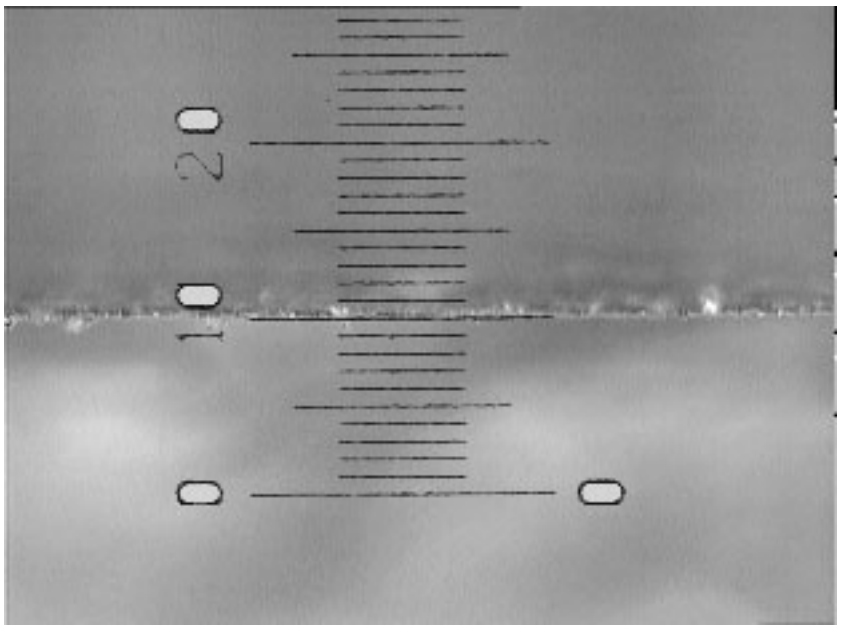


รูปที่ ข (1) - 6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3

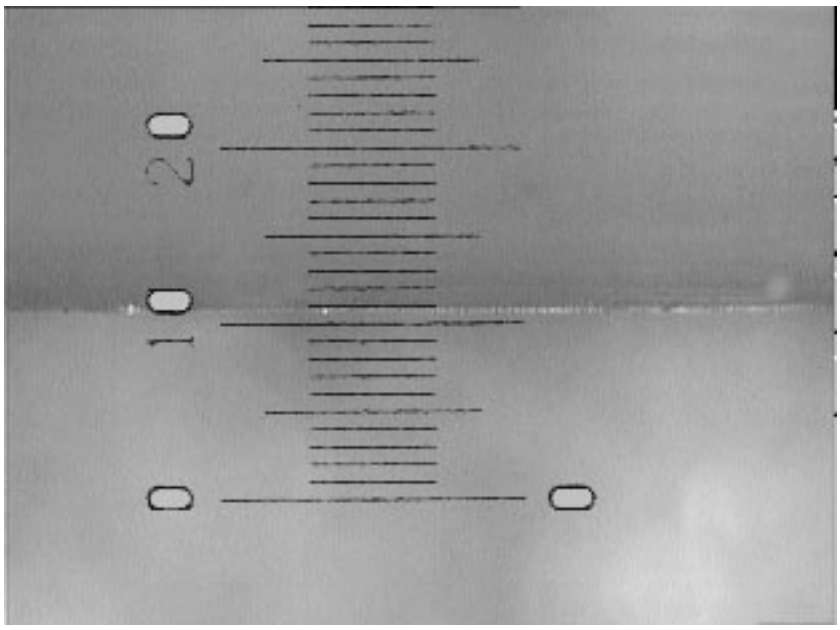
ภาคผนวก ข(2)ภาพถ่ายการสึกหรอของใบมีดตัดชุดที่ 2 ของสภาวะการตัดสภาพปัจจุบัน



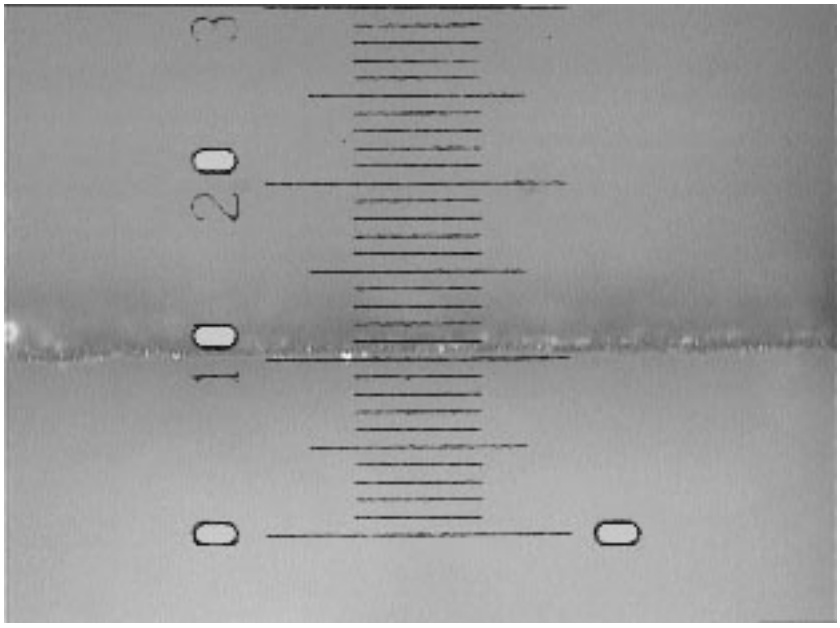
รูปที่ ข (2) - 1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1



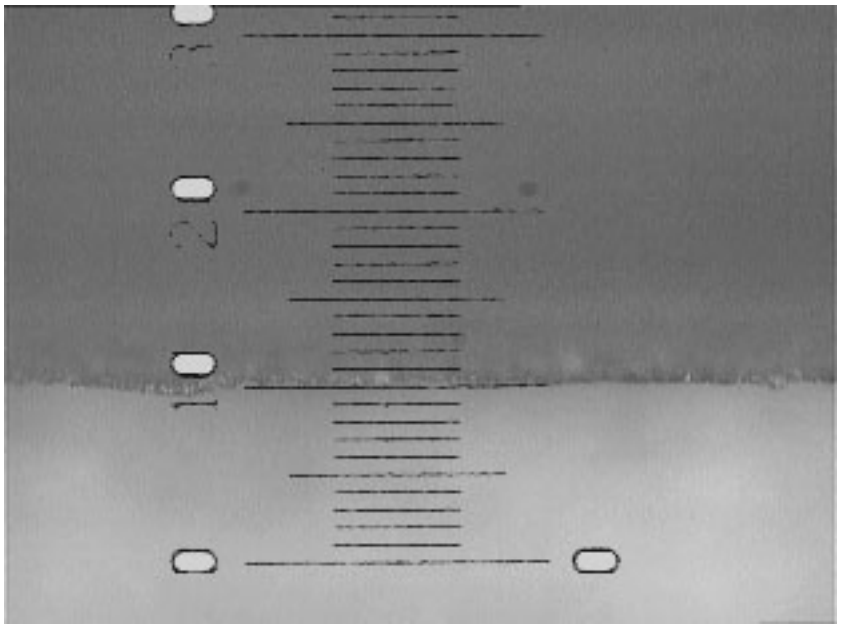
รูปที่ ข (2) - 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1



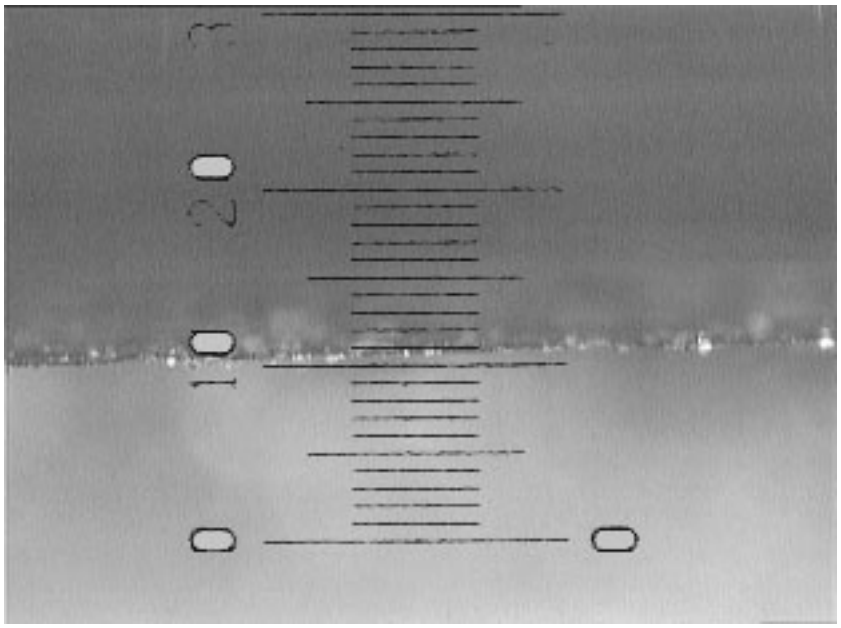
รูปที่ ข (2) - 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2



รูปที่ ข (2) - 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2

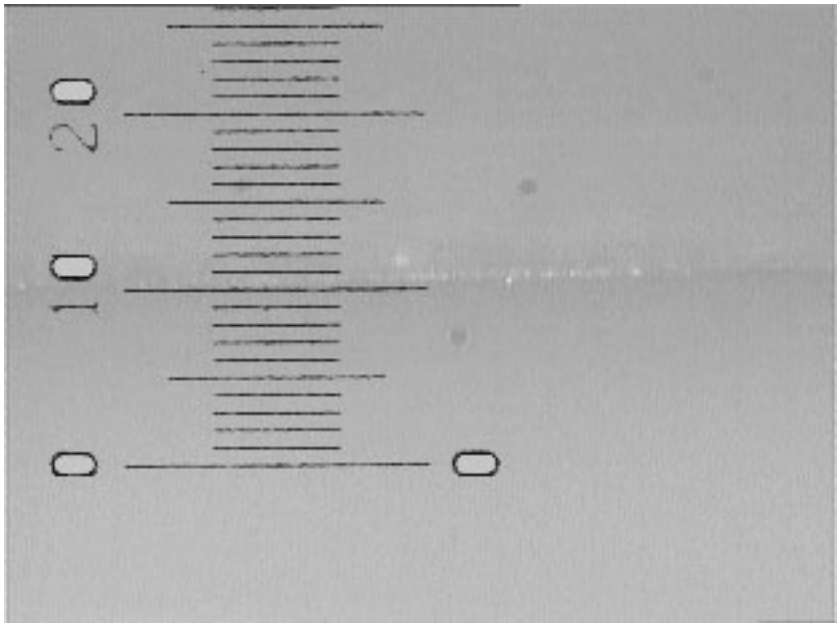


รูปที่ ข (2) - 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3

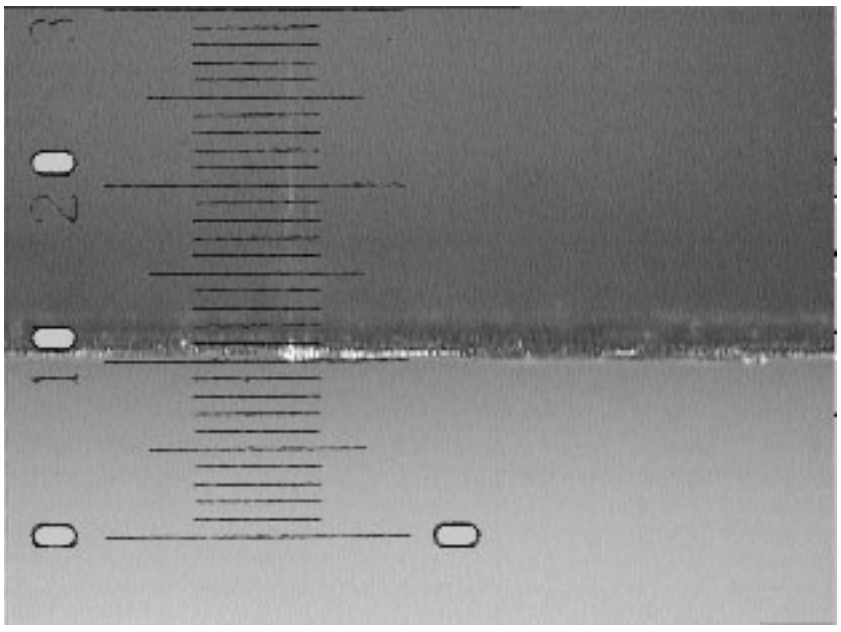


รูปที่ ข (2) - 6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3

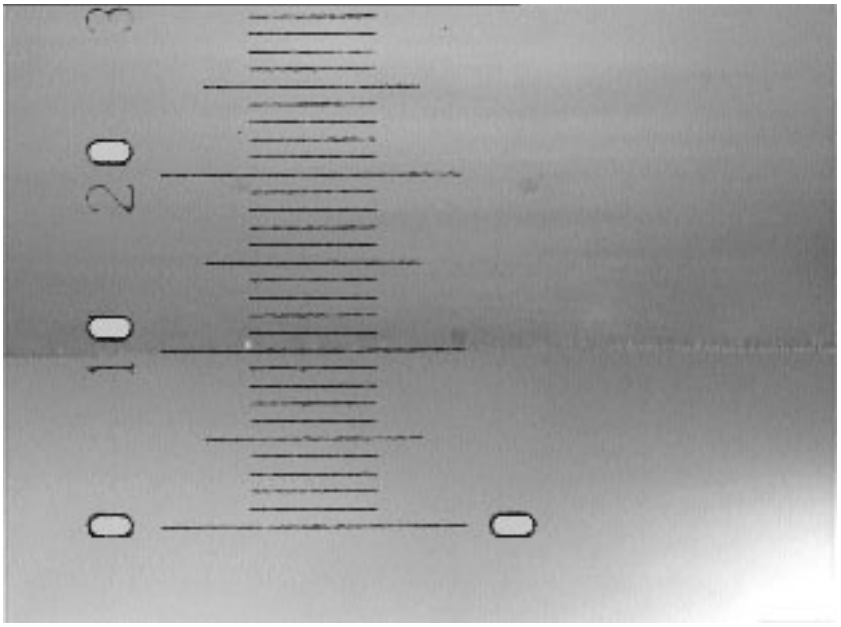
ภาคผนวก ข(3) ภาพถ่ายการสึกหรอของสภาวะการควบคุมการตัด ที่ระยะลึกของรอยตัด 3 มม.



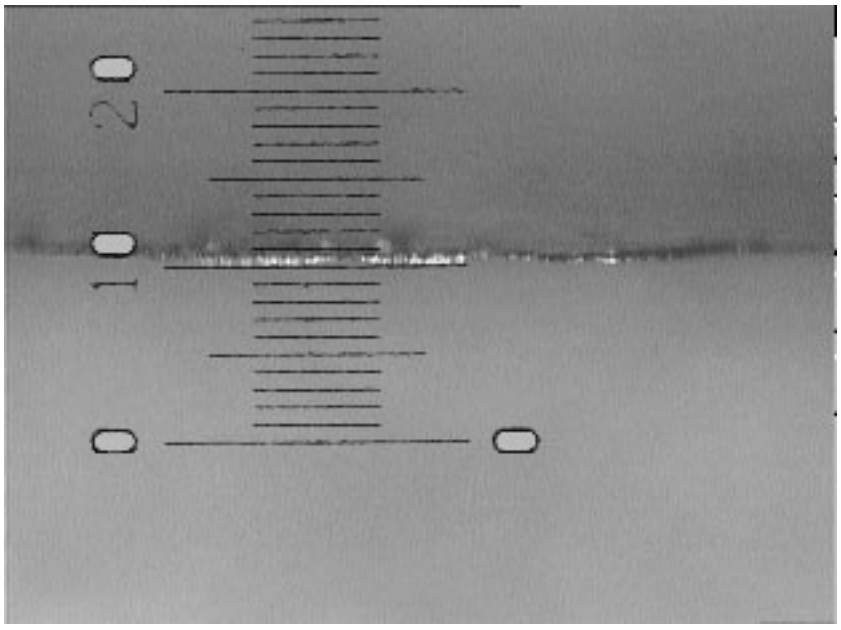
รูปที่ ข (3) - 1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



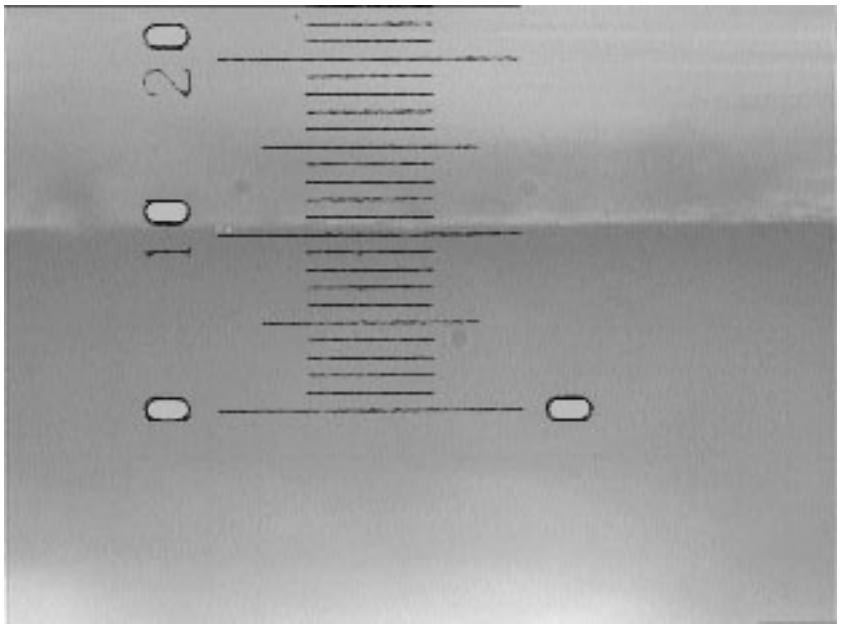
รูปที่ ข (3) - 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



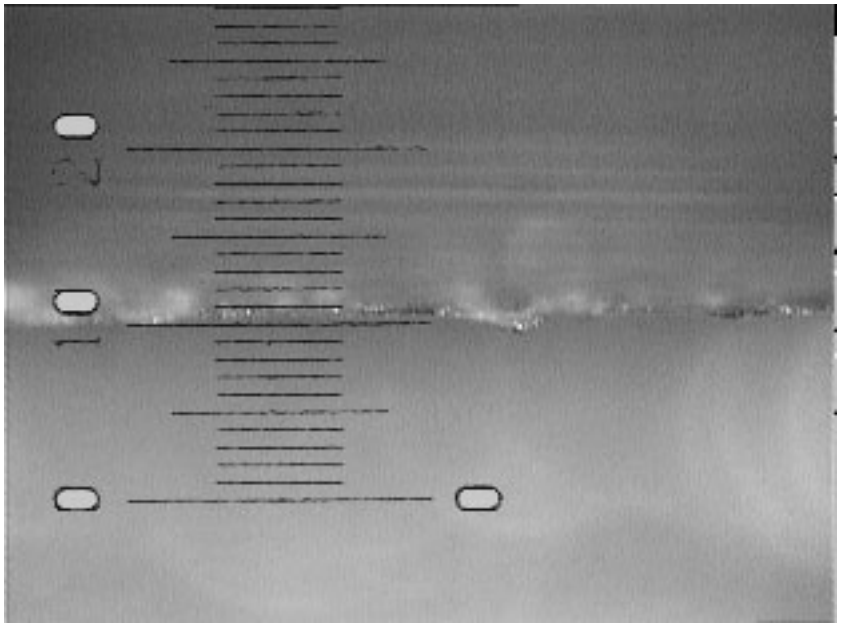
รูปที่ ข (3) - 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



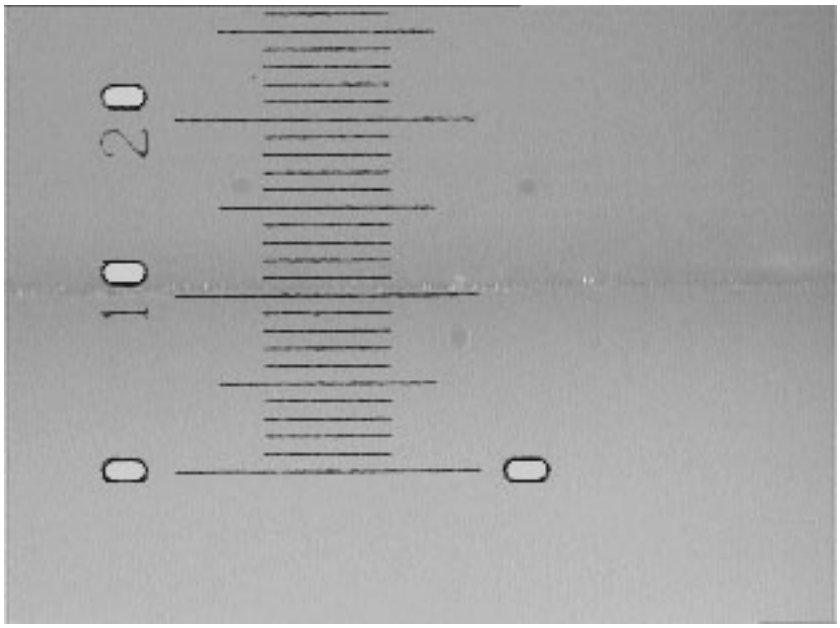
รูปที่ ข (3) - 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



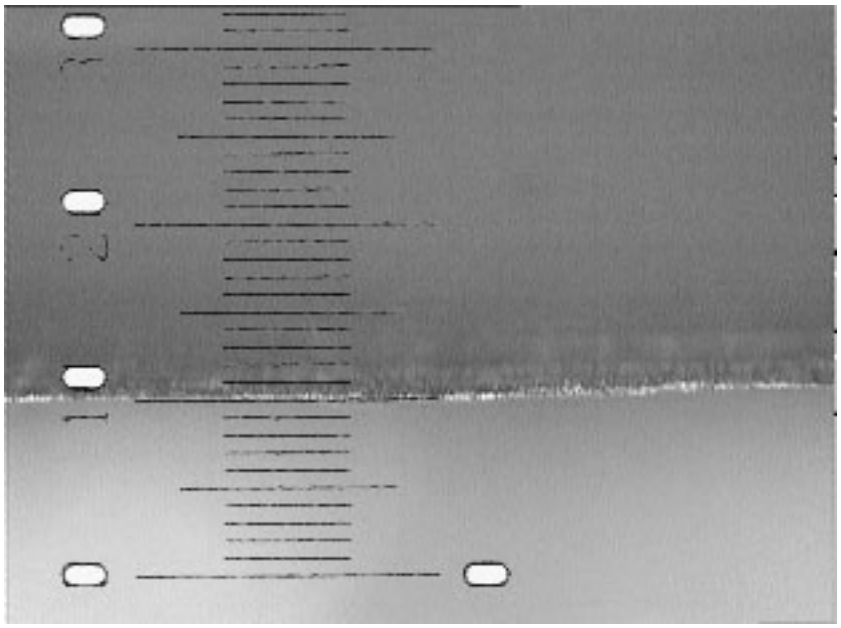
รูปที่ ข (3) - 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



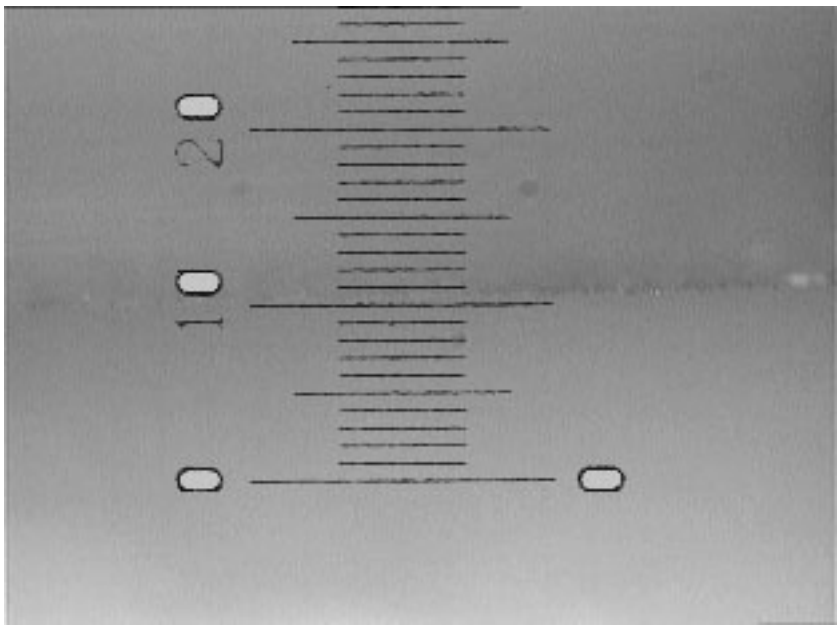
รูปที่ ข (3) - 6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



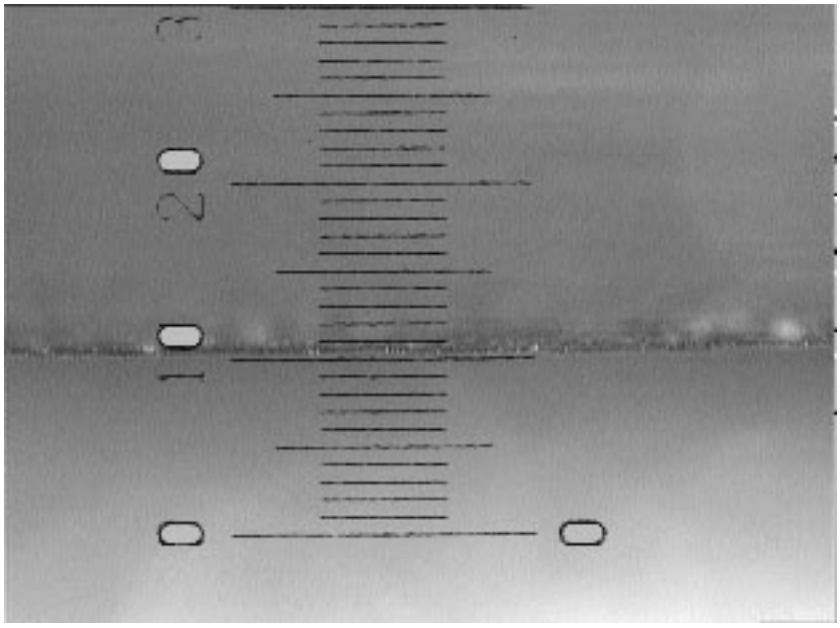
รูปที่ ข (3) - 7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



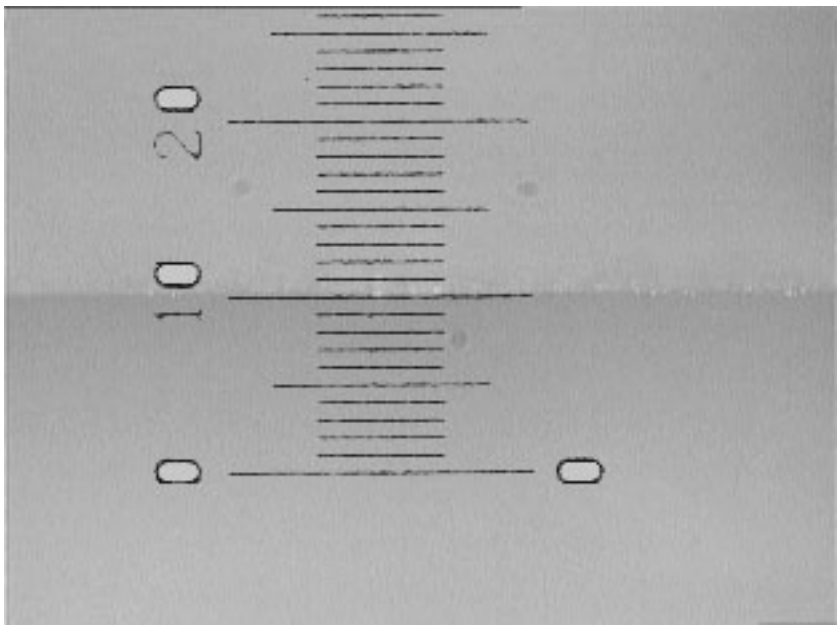
รูปที่ ข (3) - 8 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



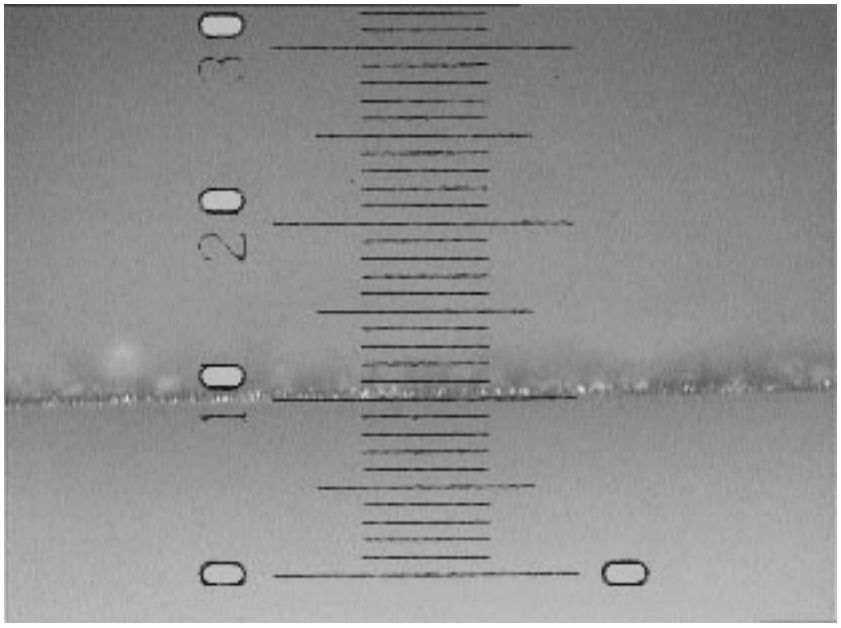
รูปที่ ข (3) - 9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



รูปที่ ข (3) - 10 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

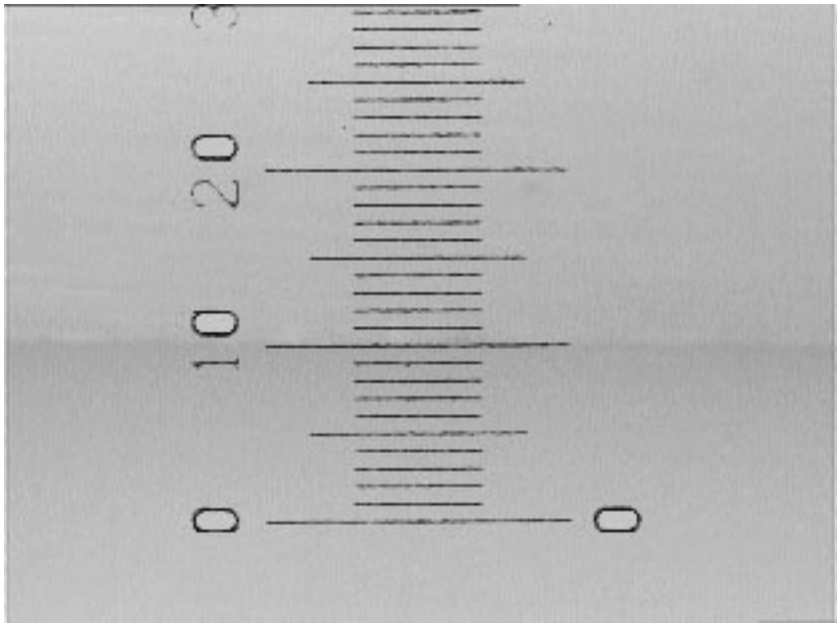


รูปที่ ข (3) - 11 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

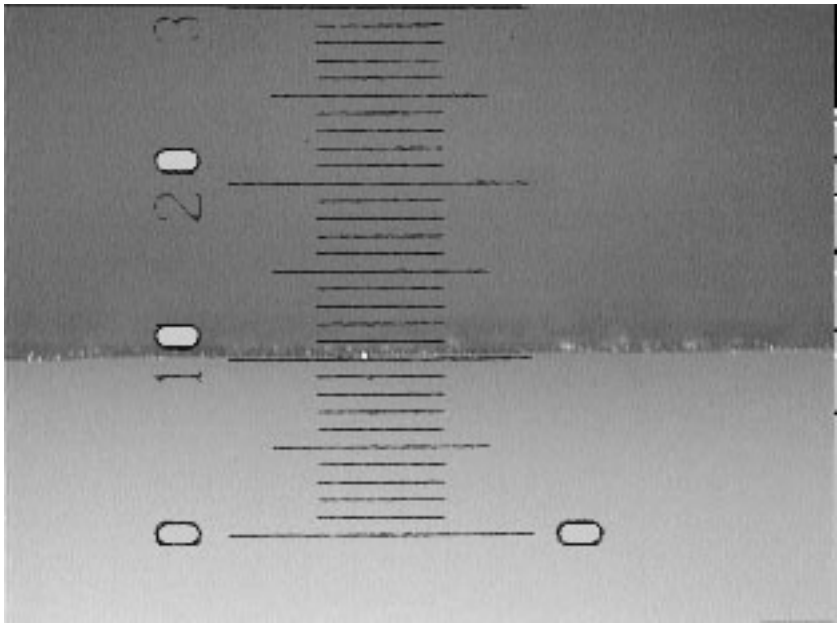


รูปที่ ข (3) - 12 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

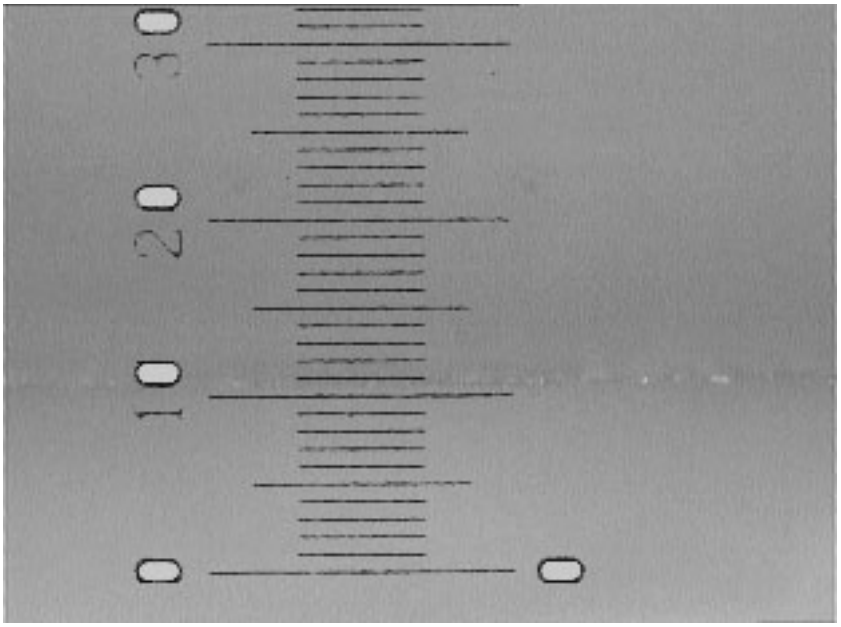
ภาคผนวก ข(4) ภาพถ่ายการสึกหรอของสภาวะการควบคุมการตัด ที่ระยะลึกของรอยตัด 5 มม.



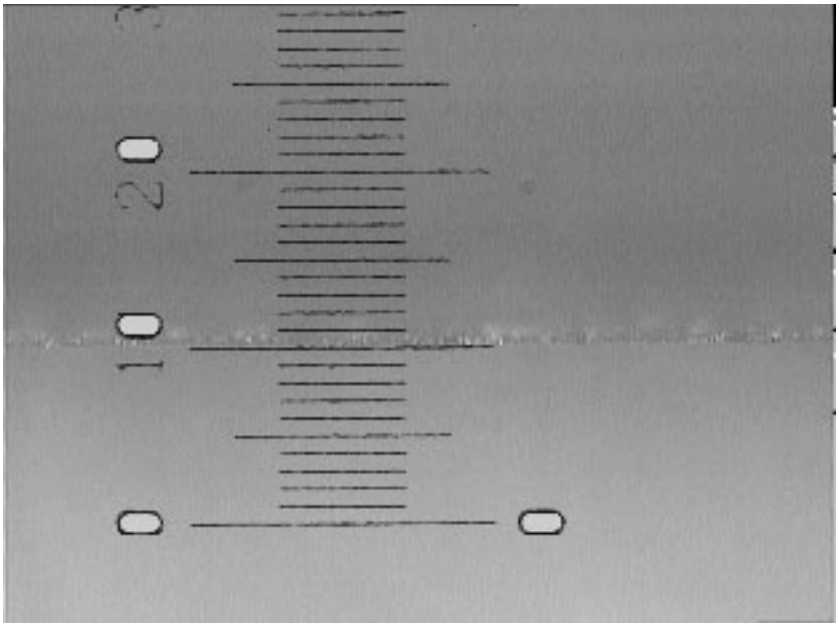
รูปที่ ข (4) - 1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



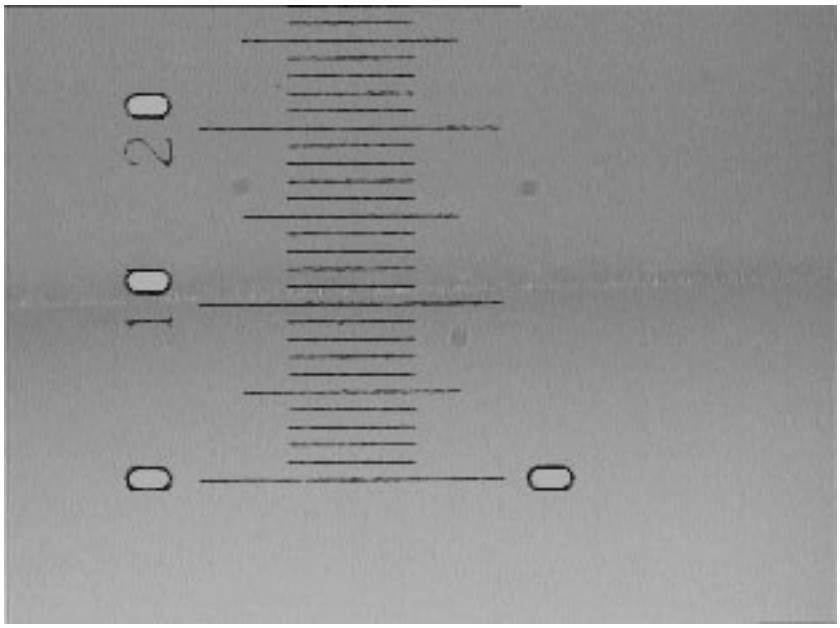
รูปที่ ข (4) - 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



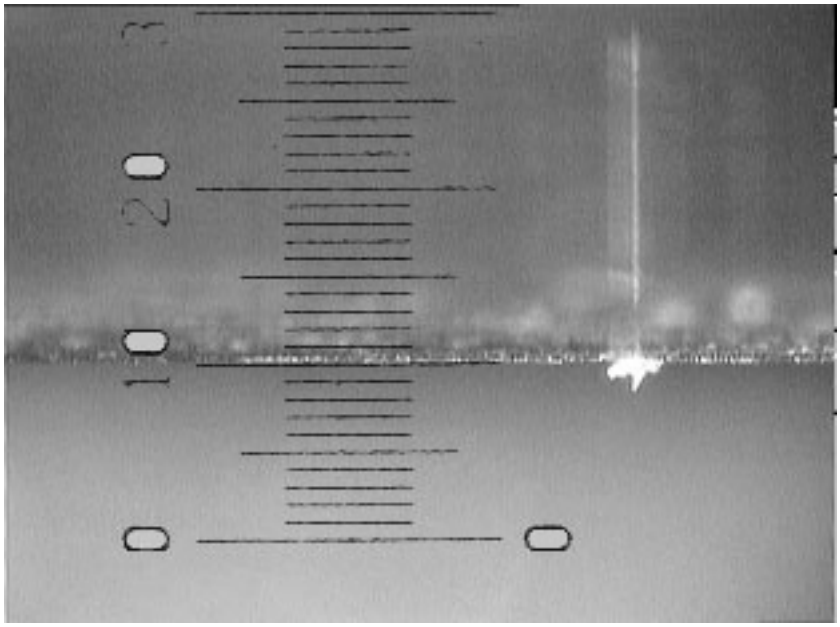
รูปที่ ข (4) - 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



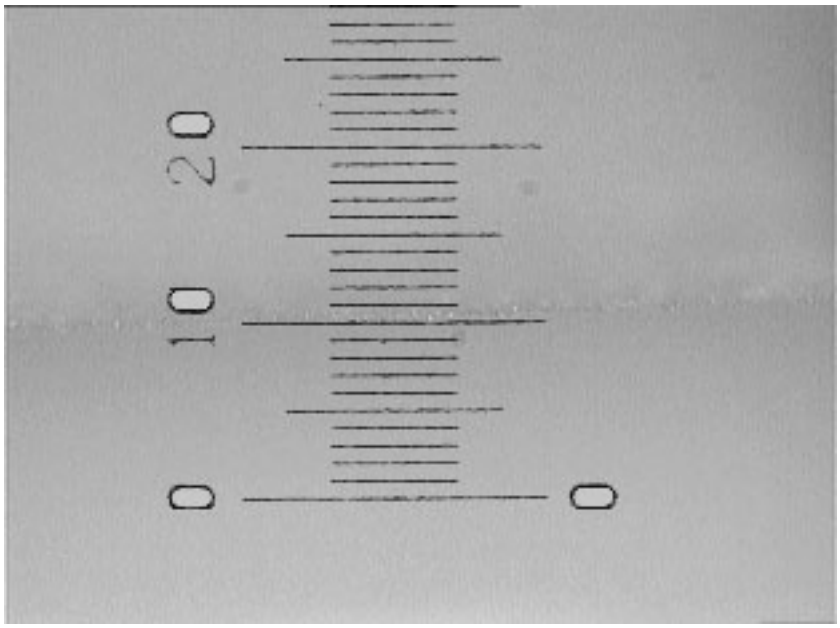
รูปที่ ข (4) - 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



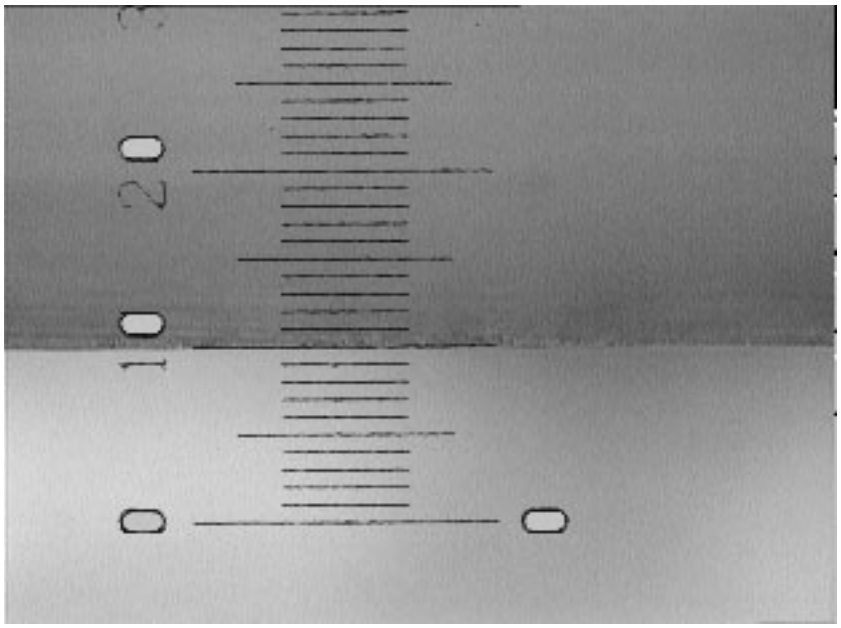
รูปที่ ข (4) - 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



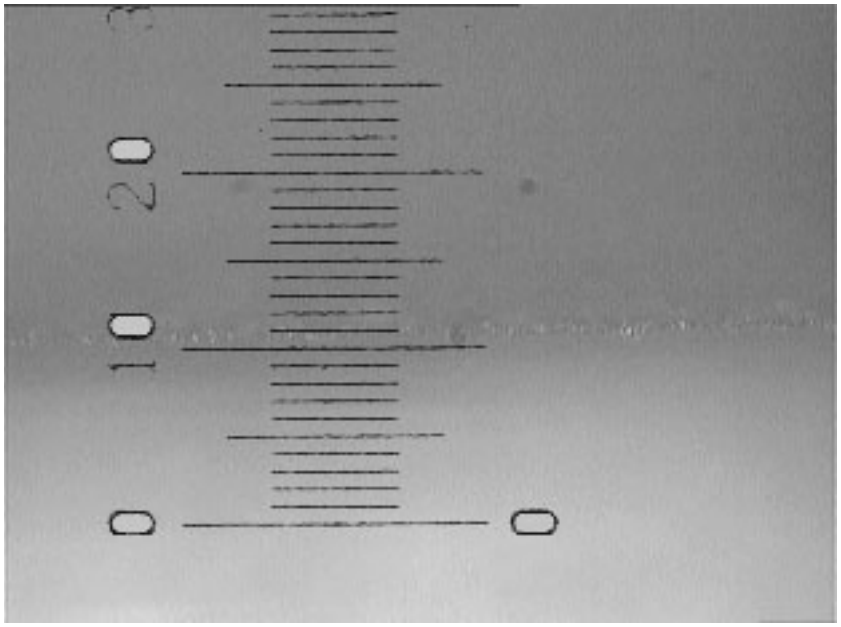
รูปที่ ข (4) - 6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



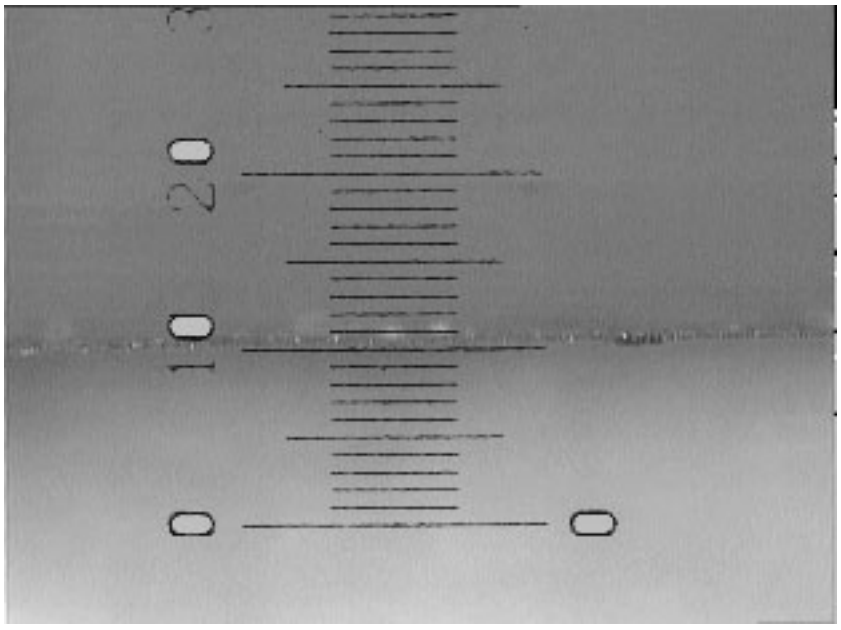
รูปที่ ข (4) - 7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



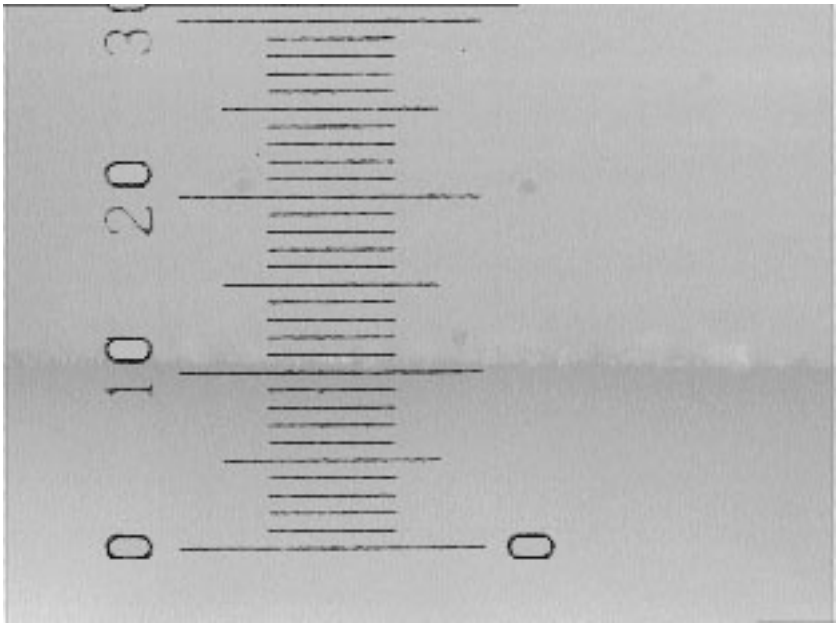
รูปที่ ข (4) - 8 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



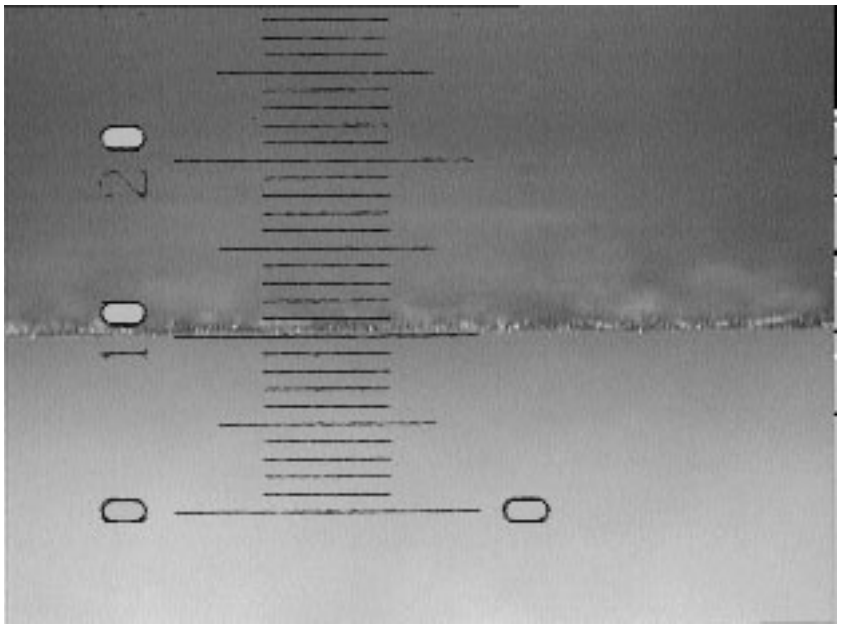
รูปที่ ข (4) - 9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



รูปที่ ข (4) -10 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



รูปที่ ข (4) - 11 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



รูปที่ ข (4) - 12 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที