

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ "การจัดการการใช้ใบมีดของกระบวนการตัดแต่งสำหรับไม้ยางพาราแปรรูป"

โดย นาย สมชาย พัวจินดาเนตร และคณะ

27 พฤษภาคม พ.ศ. 2546

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ "การจัดการการใช้ใบมีดของกระบวนการตัดแต่งสำหรับไม้ยางพาราแปรรูป"

คณะผู้วิจัย

- นาย สมชาย พัวจินดาเนตร
- นาย สมนึก วิสุทธิแพทย์

สังกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

นิสิตช่วยงานวิจัย

- นาย ดุสิต ธรรมแสง

สังกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

EXECUTIVE SUMMARY

A rubber-wood furniture factory being a case study for this research work was P.P. Parawood Co., Ltd. located at Phanatnikom, Chonburi province. The company has employed about 1600 people being mostly low education. The owner and management staffs are Thai. The main processes of the furniture production are machining processes. The major problem of the process in the factory is inefficiency of machining operation that causes low productivity and high labor cost of finishing process. Therefore, the objective of this research work was to improve cutter use management of a vertical milling machine for rubber-wood furniture industry. The cutter knives applied in this study was carbide tipped steel with grade K20, the tool sharpness angel of $52.6 \pm 1.6^\circ$, the rake angel of 20° , and the cutter height of 125 mm. Six cutter knives were fixed on a cutter-head which had a diameter of 69 mm. The cut surface of rubber-wood specimen having the height of 40 mm. and the curve length of 330 mm. was selected to study. The moisture content of the wood specimens studied was $9.4 \pm 0.5\%$. The density was $0.61 \pm 0.03 \text{ Mg/m}^3$. The compressive strength, tensile strength, shear strength, and impact strength were 468 Kg/cm^2 , 445 Kg/cm^2 , 122 Kg/cm^2 and 0.66 Kg-m/cm^2 , respectively.

The steps of study were as (1) studying the current of cutter usage management of a factory being a case study via analyzing the cutting conditions that operator used in factory. The cutting conditions were depth of cut, feed of specimen, and cutting speed. A surface roughness and sanding time of a specimen cut by vertical milling machine were studied. The specimen was sanded by sanding machines using coarse grits sand paper no.100 and finish grinding with fine grits sand paper no.180. The roughness requirement of furniture work piece component was also identified. (2) Experimenting the controlled cutting conditions using the cut depth of 3 and 5mm., specimen feed of 3, 5, and 7m/min., and cutting speed of 1,062 and 1,712m/min. Every other 50 of the cut specimens in each cutting condition was taken up to measure the surface roughness, tool ware, electrical energy consumption. Taking the result to analyze a tool life and considering a surface roughness of a final cut specimen that could reduce the rough-sanding. Finally, (3) testing

the criterion of the required surface roughness for the cut specimens. The surface qualities of the specimen machined by manual feed and controlled feed and of the specimen sanded by sanding machine of sanding paper graded no. 180 were compared.

The study found that (1) the currently, the factory had no criterion to manage the use of cutting tool. The cutter knives were changed when the cut surface of specimen was thorn or specimen could not be machined. The factory also had no criterion to classify the machined surface roughness. Consequently, all the work pieces had to be sanded by coarse sanding and fine sanding with the size grits no.100 and 180, respectively. (2) The cutting conditions that were controlled by manual were not consistency, such as the cut depth ranged between 2.7 to 4.1 mm and the specimen feed ranged between 6.4 to 7.2m/min. The range of surface roughness of machined specimens was between $5\mu\text{m}$ to $12\mu\text{m}$. Average tool life was 25.2 min. (3) The surface roughness of the specimens which were sanded with the size grits no. 100 and 180 were $8.0\pm0.8\mu\text{m}$ and $4.2\pm0.3\mu\text{m}$, respectively. Similarly, the sanding times were also $10.1\pm1.7\text{min}$ and $6.6\pm1.2\text{min}$, respectively. (4) The cutting condition that was controlled was found that the cut depth of 3mm, specimen feed of 3m/min, and cutting speed of 1712m/min. provided the range of the cut surface roughness between $5\mu\text{m}$ to $12\mu\text{m}$, and also the maximum tool life of 45min. (5) After applying the criterion which the surface roughness of the cut specimen was not more than $8\mu\text{m}$, the coarse sanding with sanding paper no. 100 could be eliminated whereas the only fine sanding with sanding paper no. 180 could be clearly applied. The total sanding time remarkably decreased from the existing of 16.2 sec/piece to 6.1 sec/piece or reduced to 62.2% of existing time. Finally, (6) The roughness of the cut specimen that was over the $8\mu\text{m}$ was found that the surface that was machined by controlled feed showed scratches but could be eliminated by sanding paper180 whereas the surface that was machined by inconsistency manual feed showed thorns and could not be wiped out.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงวิธีการจัดการการใช้ใบมีดตัดของเครื่องตัดแบบเพลตตั้งที่ใช้ในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ใบมีดตัดที่ใช้ในการศึกษานี้จะเป็นชุดหัวตัดที่ประกอบด้วยใบมีดตัดจำนวน 6 ใบ โดยแต่ละใบถูกเชื่อมติดอยู่ที่บริเวณเส้นรอบวงของหัวตัด เป็นมุมห่างกัน 60 องศา และมีเส้นผ่าศูนย์กลางของชุดใบมีดตัดเท่ากับ 69 มม. ใบมีดตัดที่ใช้มีมุมมีดเท่ากับ 52.6 ± 1.6 องศา มุมคายเศษเท่ากับ 20 องศา ยาวเท่ากับ 125 มม. และทำจากเหล็กกล้าคาร์ไบด์เกรด K20 ขนาดความกว้างและความยาวโค้งของผิวรอยตัดของชิ้นงานไม้ยางพารามีค่าเท่ากับ 40 มม. และ 330 มม. ตามลำดับ คุณสมบัติไม้ยางพาราที่ศึกษามีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 9.4 ± 0.5 ความหนาแน่น 0.61 ± 0.03 กก./ลบ.ม. การทนแรงอัด 468 กก./ตร.ซม. การทนแรงดึง 445 กก./ตร.ซม. ค่าแรงเฉือน 122 กก./ตร.ซม. และการทนแรงกระแทกเท่ากับ 0.66 กก.-ม./ตร.ซม. จากนั้น (1) ศึกษาการจัดการการใช้ใบมีดตัดของโรงงานในปัจจุบัน โดยศึกษาสภาพการณ์ตัดของพนักงานที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ อัตราการป้อนชิ้นงาน ระยะลึกของรอยตัด และความเร็วตัด ศึกษาเวลาและความหยาบผิวของชิ้นงานตัดที่ผ่านการขัดหยาบและขัดละเอียดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 ตามลำดับ และศึกษาระดับความหยาบผิวของชิ้นงานที่โรงงานต้องการ (2) ทำการทดลองตัดชิ้นงานโดยควบคุมสภาพการณ์ตัดให้คงที่ ได้แก่ อัตราการป้อนชิ้นงานเท่ากับ 3 5 และ 7 ม./นาที ระยะลึกของรอยตัดเท่ากับ 3 และ 5 มม. และความเร็วตัดเท่ากับ 1062 และ 1712 ม./นาที โดยในแต่ละสภาพการณ์ตัดนี้ ทุกๆ 50 ชิ้นงานที่ได้จากการตัดได้ทำการวัดความหยาบผิวชิ้นงานตัดด้วยเครื่องมือวัดค่าความหยาบผิว วัดความกว้างของคมมีดตัดที่สึกหรอด้วยกล้องจุลทรรศน์และกล้องสแกนนิ่งอิเล็กตรอน และวัดพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ใช้ด้วยชุดโปรแกรมระบบจัดการความต้องการไฟฟ้า นำผลที่ได้วิเคราะห์หาอายุการใช้งานของใบมีดตัด สำหรับความหยาบผิวของชิ้นงานตัดที่ต้องการโดยไม่ต้องขัดหยาบด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงวิธีการจัดการการใช้ใบมีดตัดของโรงงาน และ (3) ทดสอบเกณฑ์ความหยาบผิวของชิ้นงานตัด โดยทดลองตัดชิ้นงานด้วยวิธีการป้อนชิ้นงานโดยพนักงานและโดยอุปกรณ์ควบคุม ดังเหมือนวิธีการได้กล่าวไว้ข้างต้น คัดแยกความหยาบผิวชิ้นงานตัดที่ต้องการขัดละเอียดออก ทดลองขัดละเอียดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 และตรวจสอบความหยาบผิวของชิ้นงานขัดที่ได้

จากการศึกษาพบว่า (1) ปัจจุบัน โรงงานไม่มีมาตรการจัดการการใช้ใบมีดตัด พนักงานกำหนดอายุใบมีดตัดด้วยตนเองโดยพิจารณาเปลี่ยนใบมีดตัดเมื่อผิวชิ้นงานตัดเกิดเสี้ยนหรือไม่สามารถตัดชิ้นงานต่อไปได้ และโรงงานไม่มีการคัดแยกคุณภาพผิวชิ้นงานตัด ทำให้ชิ้นงานทุกชิ้นต้องผ่านขั้นตอนการขัดหยาบและการขัดละเอียด ตามลำดับ (2) การตัดชิ้นงานโดยพนักงาน พบว่าระยะลึกของ

รอยตัดและอัตราการป้อนชิ้นงานต่อชิ้นไม่สม่ำเสมอ โดยมีค่าระหว่าง 2.7 ถึง 4.1 มม. และระหว่าง 6.4 ถึง 7.2 ม./นาที่ ตามลำดับ ใช้ความเร็วตัด 1810 ม./นาที่ ให้ช่วงเฉลี่ยของความหยาบผิวชิ้นงานตัดตลอดอายุการใช้งานของใบมีดมีค่าระหว่าง $5\mu\text{m}$ ถึง $12\mu\text{m}$ และมีอายุใบมีดเฉลี่ยเท่ากับ 25.2 นาที (3) ความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 มีค่าเท่ากับ $8\pm 0.8\mu\text{m}$ และ $4.2\pm 0.3\mu\text{m}$ ตามลำดับ และเวลาที่ใช้ในการขัดต่อชิ้นเท่ากับ 10.1 ± 1.7 วินาที และ 6.6 ± 1.2 วินาที ตามลำดับ (4) การตัดชิ้นงานโดยการควบคุมสภาวะการตัดให้คงที่ พบว่า ที่ระยะลิกรอยตัดเท่ากับ 3 มม. อัตราการป้อนเท่ากับ 3 ม./นาที่ และความเร็วตัดเท่ากับ 1712 ม./นาที่ ให้ช่วงความหยาบผิวชิ้นงานตัดตลอดอายุการใช้งานของใบมีดมีค่าระหว่าง $5\mu\text{m}$ ถึง $12\mu\text{m}$ ซึ่งเหมือนกับการป้อนชิ้นงานโดยพนักงาน และมีอายุใบมีดเท่ากับ 45 นาที (5) ภายหลังการทดลองใช้เกณฑ์การกำหนดอายุใบมีดตัดเมื่อความหยาบผิวชิ้นงานตัดไม่เกินที่ $8\mu\text{m}$ พบว่าสามารถลดขั้นตอนการขัดเหลือเพียงการขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ลงได้ และทำให้ลดเวลาการขัดลงจากเดิมเท่ากับ 16.2 วินาที/ชิ้น เป็น 6.1 วินาที/ชิ้น หรือลดลงจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 62 และ (6) ความหยาบผิวของชิ้นงานตัดที่มากกว่า $8\mu\text{m}$ ขึ้นไป พบว่าชิ้นงานตัดที่ได้จากการตัดด้วยวิธีการควบคุมปัจจัยการตัดให้คงที่นั้น ผิวชิ้นงานตัดจะเกิดเป็นรอยครูด แต่ยังสามารถถูกขัดให้หายได้ด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ขณะที่การตัดชิ้นงานด้วยวิธีการป้อนชิ้นงานโดยพนักงาน ชิ้นงานตัดจะมีรอยคลิ่นและเสี้ยนที่ผิวและไม่สามารถถูกขัดออกด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ทำให้ต้องขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 ก่อน

ABSTRACT

The objective of research work was to improve cutter usage management of a vertical cutting machine for rubber-wood furniture industry. The cutter knives applied in this study was carbide tipped steel with grade K20, the tool sharpness angel of $52.6 \pm 1.6^\circ$, the rake angel of 20° , and the cutter height of 125 mm. Six cutter knives were fixed on a cutter-head which had a diameter of 69 mm. The cut surface of rubber-wood specimen having the height of 40 mm. and the curve length of 330 mm. was selected to study. The moisture content of the wood specimens studied was $9.4 \pm 0.5\%$. The density was $0.61 \pm 0.03 \text{ Mg/m}^3$. The compressive strength, tensile strength, shear strength, and impact strength were 468 Kg/cm^2 , 445 Kg/cm^2 , 122 Kg/cm^2 and 0.66 Kg-m/cm^2 , respectively.

The steps of study were as (1) studying the current of cutter usage management of a factory being a case study via analyzing the cutting conditions that operator used in factory. The cutting conditions were depth of cut, feed of specimen, and cutting speed. A surface roughness and sanding time of a specimen cut by vertical milling machine were studied. The specimen was sanded by sanding machines using coarse grits sand paper no.100 and finish grinding with fine grits sand paper no.180. The roughness requirement of furniture work piece component was also identified. (2) Experimenting the controlled cutting conditions using the cut depth of 3 and 5mm., specimen feed of 3, 5, and 7m/min., and cutting speed of 1,062 and 1,712m/min. Every other 50 of the cut specimens in each cutting condition was taken up to measure the surface roughness, tool ware, electrical energy consumption. Taking the result to analyze a tool life and considering a surface roughness of a final cut specimen that could reduce the rough-sanding. Finally, (3) testing the criterion of the required surface roughness for the cut specimens. The surface qualities of the specimen machined by manual feed and controlled feed and of the specimen sanded by sanding machine of sanding paper graded no. 180 were compared.

The study found that (1) the currently, the factory had no criterion to manage the use of cutting tool. The cutter knives were changed when the cut surface of specimen was thorn or specimen could not be machined. The factory also had no criterion to classify the machined surface roughness. Consequently, all the work pieces had to be sanded by coarse sanding and fine sanding with the size grits no.100 and 180, respectively. (2) The cutting conditions that were controlled by manual were not consistency, such as the cut depth ranged between 2.7 to 4.1 mm and the specimen feed ranged between 6.4 to 7.2m/min. The range of surface roughness of machined specimens was between $5\mu\text{m}$ to $12\mu\text{m}$. Average tool life was 25.2 min. (3) The surface roughness of the specimens which were sanded with the size grits no. 100 and 180 were $8.0\pm0.8\mu\text{m}$ and $4.2\pm0.3\mu\text{m}$, respectively. Similarly, the sanding times were also $10.1\pm1.7\text{min}$ and $6.6\pm1.2\text{min}$, respectively. (4) The cutting condition that was controlled was found that the cut depth of 3mm, specimen feed of 3m/min, and cutting speed of 1712m/min. provided the range of the cut surface roughness between $5\mu\text{m}$ to $12\mu\text{m}$, and also the maximum tool life of 45min. (5) After applying the criterion which the surface roughness of the cut specimen was not more than $8\mu\text{m}$, the coarse sanding with sanding paper no. 100 could be eliminated whereas the only fine sanding with sanding paper no. 180 could be clearly applied. The total sanding time remarkably decreased from the existing of 16.2 sec/piece to 6.1 sec/piece or reduced to 62.2% of existing time. Finally, (6) The roughness of the cut specimen that was over the $8\mu\text{m}$ was found that the surface that was machined by controlled feed showed scratches but could be eliminated by sanding paper180 whereas the surface that was machined by inconsistency manual feed showed thorns and could not be wiped out.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานและบุคคลที่มีส่วนช่วยในการสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ คือ

1. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และบริษัท P.P. PARAWOOD จำกัด ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในงานวิจัยครั้งนี้
2. รองศาสตราจารย์ ดร. ลัดดาวัลย์ รัชมิตต์ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและช่วยประสานงานให้กับคณะผู้วิจัยกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และบริษัท P.P. PARAWOOD จำกัด
3. คุณพงษ์พนิช วงษ์ดีไทย คุณทองด้อย ผ่านมรคา คุณสุรศักดิ์ ทัดสำราญ คุณธีรพงษ์ เอื้อวุฒทะจินดา และคุณสุนทร ศรีสุข ตลอดจนบุคลากรในโรงงานทุกท่านที่ช่วยประสานงานและอำนวยความสะดวกในการศึกษาระบบงานและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี
4. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนในงานวิจัยครั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูป.....	ด
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา.....	7
3.1 การตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพารา ใบมีดตัดและเครื่องจักรก่อนการทดลอง...7	
3.1.1 การตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพารา.....	7
3.1.2 การตรวจสอบคุณสมบัติใบมีดตัด.....	10
3.1.3 การตรวจสอบเครื่องตัดเพลาดั้ง.....	12
3.2 การศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตัดแต่งชิ้นงานสภาพปัจจุบัน.....	13
3.2.1 การศึกษาสภาวะการตัดและอายุใบมีดตัดในปัจจุบัน.....	13
3.2.2 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการขัดแต่ง.....	18
3.3 การศึกษาข้อกำหนดของความหนาผิวที่ต้องการ.....	19
3.3.1 การตรวจสอบค่าความหนาผิวชิ้นงานที่ไม่ยอมรับ.....	19
3.3.2 การจำแนกระดับความหนาผิวชิ้นงานที่ต้องการ.....	19
3.4 การศึกษาอายุการใช้งานของใบมีดตัดโดยควบคุมสภาวะการตัดให้คงที่.....	20
3.4.1 การกำหนดสภาวะควบคุมการตัดแต่ง.....	20

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4.2 การดำเนินการทดลอง.....	20
3.5 การวัดค่าความหนาผิว การสีกหรือของใบมีดตัดและพลังงานที่ใช้ในการตัด....	22
3.5.1 การวัดค่าความหนาผิวขึ้นงานกับสภาวะการตัด.....	22
3.5.2 การวัดความกว้างคมมีดตัดกับสภาวะการตัด.....	22
3.5.3 การวัดค่าพลังงานที่ใช้ในการตัด.....	23
3.6 การจัดทำแผนและแนวทางในการจัดการการใช้ใบมีดตัด.....	24
3.7 การทดลองปฏิบัติการทดสอบแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด.....	24
3.8 การสร้างมาตรการการใช้ใบมีดตัด.....	25
3.8.1 วิธีการสร้างมาตรการการใช้ใบมีดตัด.....	25
บทที่ 4 ผลการดำเนินการศึกษา.....	26
4.1 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติของไม้ยางพาราและใบมีดตัดและเครื่องจักรก่อนการทดลอง.....	26
4.1.1 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพารา	26
4.1.2 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติใบมีดตัด.....	32
4.1.3 ผลการตรวจสอบเครื่องตัดเพลที่ตั้ง.....	38
4.2 ผลการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตัดแต่งชิ้นงานสภาพปัจจุบัน.....	39
4.2.1 ผลการศึกษาสภาวะการตัดและอายุใบมีดตัดในปัจจุบัน	39
4.2.2 ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ในการขัดแต่ง	48
4.3 ผลการศึกษาข้อกำหนดของความหนาผิวขึ้นงาน.....	51
4.3.1 ผลการตรวจสอบค่าความหนาผิวขึ้นงานที่ไม่ยอมรับ	51
4.3.2 ผลการจำแนกระดับความหนาผิวขึ้นงานที่ต้องการ.....	51
4.4 ผลการศึกษาอายุการใช้งานของใบมีดตัดโดยควบคุมสภาวะการตัดให้คงที่.....	51
4.4.1 ผลของความหนาผิวขึ้นงานกับสภาวะการตัด.....	51
4.4.2 ผลของความกว้างคมมีดตัดกับสภาวะการตัด.....	55
4.4.3 ผลของพลังงานที่ใช้ในการตัดกับสภาวะการตัด.....	55
4.5 การเปรียบเทียบผลการตัดในสภาพปัจจุบันและการควบคุมสภาวะการตัด.....	62
4.6 ผลการจัดทำแผนและแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด.....	66

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.7 ผลการทดลองปฏิบัติการทดสอบแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด.....	69
4.7.1 กรณีการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงาน.....	69
4.7.2 กรณีการป้อนชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ควบคุม.....	69
4.7.3 ผลการเปรียบเทียบกรณีที่ 1 และ 2.....	69
4.8 มาตรการการใช้ใบมีดตัด.....	87
บทที่ 5 บทวิจารณ์.....	89
5.1 การตรวจสอบใบมีดตัด.....	89
5.2 การป้อนชิ้นงานโดยพนักงาน.....	90
5.3 การขัดแต่งชิ้นงานตัด.....	91
5.4 การป้อนชิ้นงานโดยอุปกรณ์ควบคุม.....	92
5.5 การทดสอบแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด.....	94
5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนชิ้นงานกับอายุใบมีดตัดและจำนวน ชิ้นงานตัด.....	96
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	101
6.1 สรุปผลการศึกษา.....	101
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	103
รายการอ้างอิง.....	104
ภาคผนวก ก ข้อมูลรายละเอียดของการศึกษา.....	105
ภาคผนวก ข ภาพถ่ายการสึกหรอของใบมีดตัดจากกล้องจุลทรรศน์.....	138

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1	แสดงแผนการทดลองและสภาวะควบคุมที่ใช้ในการศึกษา..... 20
4.1	แสดงผลการตรวจสอบหาธาตุภายในเนื้อไม้ยางพารา..... 29
4.2	แสดงผลการตรวจสอบหาธาตุในเนื้อโลหะที่ใช้ทำใบมีดตัด..... 29
4.3	แสดงค่าของเปอร์เซ็นต์ความชื้นและความหนาแน่นที่วัดได้..... 31
4.4	แสดงค่าของมุมมีดตัดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่วัดได้..... 37
4.5	สรุปผลการตรวจสอบเครื่องจักรก่อนการทดลอง..... 38
4.6	แสดงค่าของมุมมีดตัดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่วัดได้..... 39
4.7	สรุปผลการเปรียบเทียบสภาวะการตัดและอายุการใช้งานของใบมีดตัดชุดที่ 1 และ 2..... 40
4.8	แสดงสรุปผลอัตราการสึกหรอของใบมีดตัดชุดที่ 1 และ 2ตามจำนวนครั้งของการลับใบมีด..... 44
4.9	สรุปสภาวะการตัด อายุการใช้งาน และการสึกหรอของใบมีดตัดในสภาพปัจจุบัน..... 46
4.10	แสดงความหยาบผิวที่ได้และเวลาที่ใช้ในการขัดด้วยกระดาษทราย เบอร์ 100 และ 180 49
4.11	ผลการวัดค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ไม่ยอมรับโดยวิธีการสัมผัสของชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลตตั้ง..... 52
4.12	ผลการจำแนกประเภทการใช้งานชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวต่างๆ..... 52
4.13	สรุปผลการตัดในสภาพปัจจุบันโดยกำหนดความหยาบผิวสุดท้าย 8 μm 63
4.14	สรุปผลการตัดสำหรับการควบคุมสภาวะการตัด โดยกำหนดความหยาบผิวที่ 8 μm 64
4.15	แสดงเปรียบเทียบผลการตัดระหว่างสภาพปัจจุบันกับการควบคุมปัจจัย..... 65
4.16	แสดงค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดและขัด ภายหลังการทดสอบแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด..... 74
4.17	สรุปผลเปรียบเทียบการตัดด้วยเครื่องควบคุมอัตราป้อนและการป้อนงานด้วยพนักงานในสายการผลิตที่ค่าความหยาบผิวสุดท้ายเท่ากับ 8 μm 87
4.18	การเปรียบเทียบการดำเนินการขัดชิ้นงานในสภาวะปัจจุบันและการนำเสนอมาตรการ..... 88

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.1 แสดงอายุใบมีดตัดและชิ้นงานที่ตัดได้ สำหรับการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงาน และอุปกรณ์ควบคุม โดยกำหนดความหนาผิวชิ้นงานสุดท้ายไม่เกิน 8 μm	99
ก(3)-1 แสดงระยะลิกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งาน ของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจาก ผู้ผลิตชุดใบมีดโดยตรง).....	108
ก(3)-2 แสดงระยะลิกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งาน ของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับใบ มีดครั้งที่ 1).....	109
ก(3)-3 แสดงระยะลิกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใ้ งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับ ใบมีดครั้งที่ 2).....	110
ก(3)-4 แสดงระยะลิกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใ้ งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจาก ผู้ผลิตโดยตรง).....	111
ก(3)-5 แสดงระยะลิกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใ้ งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับ ใบมีดครั้งที่ 1).....	112
ก(3)-6 แสดงระยะลิกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใ้ งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับ ใบมีดครั้งที่ 2).....	113
ก(4)-1 แสดงผลควมหนาผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใ้ งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจากผู้ผลิตชุดใบมีด).....	114
ก(4)-2 แสดงผลควมหนาผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใ้ งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 1).....	114
ก(4)-3 แสดงผลควมหนาผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใ้ งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 2).....	115
ก(4)-4 แสดงผลควมหนาผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใ้ งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจากผู้ผลิตชุดใบมีด).....	115

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก(4)-5 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 1).....	116
ก(4)-6 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 2).....	116
ก(5)-1 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1.....	117
ก(5)-2 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2.....	117
ก(5)-3 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3.....	118
ก(5)-4 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1.....	118
ก(5)-5 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2.....	119
ก(5)-6 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3.....	119
ก(6)-1 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลิ็กการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 3 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที.....	120
ก(6)-2 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลิ็กการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 5 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที.....	120
ก(6)-3 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลิ็กการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 7 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที.....	121
ก(6)-4 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลิ็กการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 3 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	121
ก(6)-5 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลิ็กการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 5 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	122
ก(6)-6 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลิ็กการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 7 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	122

สารบัญตาราง(ต่อ)

[illegible]

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก(8)-11 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงาน ที่ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 5 เมตร/นาที.....	135
ก(8)-12 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงาน ที่ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที ระยะลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 7 เมตร/นาที.....	135
ก(9)-1 แสดงค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัด ความหยาบผิวหลังการขัด และ เวลาที่ใช้ในการขัด ที่ป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนงาน.....	136
ก(9)-2 แสดงค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัด ความหยาบผิวหลังการขัด และเวลาที่ใช้ในการขัด ที่ป้อนงานด้วยพนักงานในสายการผลิต.....	137

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1	ภาพเขียนแบบงานของชิ้นงานที่ต้องการตัด..... 15
3.2	รูปร่างและขนาดชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องตัดเพลที่ตั้งแล้ว..... 16
3.3	เครื่องจักรเพลที่ตั้งที่ใช้ในการทดลอง ยี่ห้อ Julong รุ่น SS-513 AL..... 16
3.4	ด้านหน้าของใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลอง ใบมีดเป็นชนิดฟันตรง เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 69 มม. ความสูงของใบมีดเท่ากับ 125 มม..... 17
3.5	ด้านบนของใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลอง ใบมีดเป็นชนิดฟันตรง เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 69 มม. ความสูงของใบมีดเท่ากับ 125 มม..... 17
3.6	แสดงค่าความกว้างของคมมีด..... 18
4.1	บริเวณพื้นผิวที่ต้องการตรวจหาซิลิกาของไม้ยางพาราที่กำลังขยาย 150 เท่า..... 27
4.2	ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับไม้ยางพาราจุดที่ 1..... 27
4.3	ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับไม้ยางพาราจุดที่ 2..... 28
4.4	แสดงภาพถ่าย SEM ของขนาดท่ออาหารของไม้ยางพาราที่กำลังขยาย 30 เท่า..... 28
4.5	โครงสร้างจุลภาคของใบมีดตัดที่กำลังขยาย 1500 เท่า..... 33
4.6	โครงสร้างจุลภาคของใบมีดตัดที่กำลังขยาย 7000 เท่า..... 33
4.7	บริเวณที่ถูกตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของใบมีดตัดด้วย EDX..... 34
4.8	ผลการตรวจสอบด้วยวิธีการ EDX ของใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลอง..... 34
4.9	ภาพถ่าย SEM ของแนวสันคมมีดที่ได้รับจากผู้ผลิตใบมีดตัดโดยตรงกำลังขยาย 500 เท่า. 35
4.10	ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดที่ได้รับจากผู้ผลิตใบมีดตัดโดยตรงที่กำลังขยาย 7000 เท่า..... 35
4.11	ภาพถ่าย SEM ของแนวสันคมมีดตัดที่ผ่านการลับคมก่อนการนำไปใช้งานที่กำลังขยาย 500 เท่า..... 36
4.12	ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดที่ผ่านการลับคมก่อนการนำไปใช้งานที่กำลังขยาย 7000 เท่า..... 36
4.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการใช้งานกับอายุการใช้งานของใบมีดตัด..... 41
4.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการใช้งานและปริมาตรการตัด..... 41
4.15	จำนวนชิ้นที่ผ่านการขึ้นรูปกับค่าความหยาบผิวของใบมีดตัดที่ 1..... 43
4.16	จำนวนชิ้นที่ผ่านการขึ้นรูปกับค่าความหยาบผิวของใบมีดตัดที่ 2..... 43

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.17	แสดงจำนวนชิ้นที่ผ่านการตัดกับค่าความกว้างของคมมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 1.....45
4.18	แสดงจำนวนชิ้นที่ทำการตัดกับค่าความกว้างของคมมีดตัดของใบมีดชุดที่ 2..... 45
4.19	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของสันคมมีดตัดก่อนการใช้งาน.... 47
4.20	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของสันคมมีดตัดหลังการใช้งาน.....47
4.21	ความหนาผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ(N) 4900 รอบ/นาที..... 53
4.22	ความหนาผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d)3 มม. และความเร็วรอบ(N) 7900 รอบ/นาที..... 53
4.23	ความหนาผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d)5 มม. และความเร็วรอบ(N) 4900 รอบ/นาที..... 54
4.24	ความหนาผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d)5 มม. และความเร็วรอบ(N) 7900 รอบ/นาที..... 54
4.25	ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900รอบ/นาที.....56
4.26	ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 7900รอบ/นาที.....56
4.27	ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 5 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900รอบ/นาที.....57
4.28	ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 5 มม. และความเร็วรอบ (N) 7900รอบ/นาที.....57
4.29	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดแสดง ระยะความกว้างของคมมีดตัดก่อนการใช้งาน..... 58
4.30	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัด หลังการใช้งานที่ระยะลึก 3 มม. อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็ว รอบ 7900 รอบ/นาที..... 58
4.31	ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดหลังการใช้งานที่กำลังขยาย 500 เท่า..... 59
4.32	ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดหลังการใช้งานที่กำลังขยาย 7000 เท่า..... 59

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.33	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ขณะที่ระยะลิคตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900 รอบ/นาที.....60
4.34	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ขณะที่ระยะลิคตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 7900 รอบ/นาที.....60
4.35	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ขณะที่ระยะลิคตัด (d) 5 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900 รอบ/นาที.....61
4.36	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ขณะที่ระยะลิคตัด (d) 5 มม. และความเร็วรอบ (N) 7900 รอบ/นาที.....61
4.37	แสดงแผนภูมิการทำงานของแนวทางที่ 1.....67
4.38	แสดงแผนภูมิการทำงานของแนวทางที่ 2.....68
4.39	แสดงความหยابผิวหลังการตัดด้วยพนักงานและขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 และลำดับชิ้นงาน..... 72
4.40	แสดงความหยابผิวหลังการตัดด้วยอุปกรณ์ควบคุมและขัดกระดาษทราย เบอร์ 180 และลำดับชิ้นงาน..... 72
4.41	แสดงเปรียบเทียบความหยابผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัดของกรณีที่ 1 และ 2..... 73
4.42	แสดงเปรียบเทียบความหยابผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทราย เบอร์ 180 ของกรณีที่ 1 และ 2..... 73
4.43	ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 1 โดยพนักงาน..... 75
4.44	ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 1 ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน..... 75
4.45	ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 100 โดยพนักงาน..... 76
4.46	ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 100 ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน..... 76
4.47	ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 200 โดยพนักงาน..... 77
4.48	ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 200 ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน..... 77
4.49	ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 250 โดยพนักงาน..... 78
4.50	ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 250 ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน..... 78
4.51	ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 400 โดยพนักงาน..... 79
4.52	ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 400 ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน..... 79

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.53	ผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัดชิ้นที่ 100 โดยพนักงานและทำการปาดผิวด้วย ซอลค์คีสัมพู..... 80
4.54	ผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัดชิ้นที่ 100 ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อนและทำ การปาดผิวด้วยซอลค์คีสัมพู..... 80
4.55	ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชิ้นที่ 1 ของชิ้นงานตัด โดยพนักงาน..... 81
4.56	ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชิ้นที่ 1 ของชิ้นงานตัดด้วย อุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน..... 81
4.57	ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชิ้นที่ 200 ของชิ้นงานตัด โดยพนักงาน..... 82
4.58	ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชิ้นที่ 200 ของชิ้นงานตัดด้วย อุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน..... 82
4.59	ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชิ้นที่ 250 ของชิ้นงานตัด โดยพนักงาน..... 83
4.60	ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชิ้นที่ 250 ของชิ้นงานตัด ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน..... 83
4.61	ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชิ้นที่ 400 ของชิ้นงานตัด โดยพนักงาน..... 84
4.62	ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชิ้นที่ 400 ของชิ้นงานตัด ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน..... 84
5.1	แสดงค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดและหลังการขัดด้วยกระดาษ ทรายเบอร์ 100 และ 180 ตามลำดับ ในสภาวะปัจจุบัน..... 93
5.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนชิ้นงานกับอายุใบมีดตัด เมื่อกำหนดค่าความ หยาบผิวชิ้นงานมีค่าไม่เกิน 8 μm 100
5.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนชิ้นงานกับจำนวนชิ้นงานที่ตัดได้ เมื่อกำหนดค่า ความหยาบผิวชิ้นงานมีค่าไม่เกิน 8 μm 100
ก(1)-1	ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับไม้ยางพาราจุดที่ 1..... 106
ก(1)-2	ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับไม้ยางพาราจุดที่ 2..... 106

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก(2)-1 ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับใบมีดตัดจุดที่ 1.....	107
ก(2)-2 ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับใบมีดตัดจุดที่ 2.....	107
ข(1)-1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1.....	139
ข(1)-2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1.....	139
ข(1)-3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2.....	140
ข(1)-4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2.....	140
ข(1)-5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3.....	141
ข(1)-6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3.....	141
ข(2)-1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1.....	142
ข(2)-2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1.....	142
ข(2)-3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2.....	143
ข(2)-4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2.....	143
ข(2)-5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3.....	144
ข(2)-6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3.....	144
ข(3)-1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานที่อัตราป้อน 3 เมตร/นาที่ และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที่.....	145

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข(4)-4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการ ใช้ที่อัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที.....	152
ข(4)-5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวสันคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที.....	153
ข(4)-6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการ ใช้ที่อัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที.....	153
ข(4)-7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวสันคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	154
ข(4)-8 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการ ใช้ ที่อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	154
ข(4)-9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวสันคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	155
ข(4)-10 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการ ใช้ที่อัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	155
ข(4)-11 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวสันคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	156
ข(4)-12 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวสันคมมีดตัดหลังการ ใช้ที่อัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	156

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ไม้ยางพาราที่ถูกตัดโค่นเกือบทั้งหมด แต่เดิมได้จากการโค่นยางที่ให้ผลผลิตที่ต่ำ ปลุกแทนด้วยยางพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตน้ำยางที่สูงกว่าพันธุ์เดิมที่ปลูกอยู่ ไม้ยางที่ได้จึงถูกมองว่าเป็นเพียงผลพลอยได้ ไม้ที่ถูกตัดโค่นจะนำไปใช้ประโยชน์นั้นมีไม่มากนัก เช่น แปรรูปทำลังไม้ เสาค้ำ เสาเข็ม เสาถ่าน หรือ ไม้ฟืน แต่เมื่อทางรัฐได้ออกพระราชกำหนดปิดป่าทั่วประเทศจึงทำให้ไม้ขาดแคลนยังผลให้ไม้ที่มีคุณภาพดี หาง่ายและมีราคาถูกจะหายากและมีราคาที่สูงขึ้น จึงได้มีการพยายามหาไม้ที่จะนำมาทดแทนต่อความต้องการของไม้ในตลาดอุตสาหกรรม ดังนั้น จะเห็นว่าไม้ยางพาราสามารถที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบที่จะทดแทนไม้ที่ได้จากธรรมชาติอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี จึงได้มีการนำไม้ยางพารามาใช้เพื่อทดแทนความต้องการของไม้ในตลาดอุตสาหกรรม โดยส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในงานเฟอร์นิเจอร์ และ เครื่องเรือนชนิดต่างๆ ซึ่งได้รับความนิยมจากต่างประเทศเป็นอย่างดี และทำรายได้เข้าสู่ประเทศไม่ต่ำกว่าหมื่นล้านบาทต่อปี

ไม้ยางพาราที่นำมาใช้ในการทำเฟอร์นิเจอร์นั้น ต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอน โดยเริ่มจากการตัดโค่นไม้ที่มีอายุมากที่ให้ปริมาณน้ำยางน้อย แล้วขนส่งเข้าโรงงานเพื่อทำการแปรรูปไม้ อัดน้ำยาป้องกันเชื้อราและแมลงที่เข้าทำลาย อบให้แห้งโดยให้ความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยหลังจากที่ไม้ยางพาราผ่านกระบวนการขั้นต้นนี้แล้วก็จะนำมาปรับแต่งและขึ้นรูปตามรูปทรงของเครื่องเรือนที่ต้องการ กระบวนการที่ใช้ในการแปรรูปไม้ยางพาราที่ผ่านการอบนั้น ได้แก่ การตัดการไส และการขัดให้เรียบ เพื่อให้ได้ขนาดและผิวไม้เรียบตามที่ต้องการสำหรับการผลิตงานเฟอร์นิเจอร์และเครื่องเรือน การตัดจึงเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากในกระบวนการผลิต โดยการตัดจะส่งผลต่อขั้นตอนอื่นถัดไป คือ การขัด (abrasive) ถ้ากระบวนการตัดชิ้นงานที่ได้มีค่าของความเรียบผิวที่ดี จะทำให้สามารถลดเวลาในการขัด นอกจากจะส่งผลต่อการลดต้นทุนในการผลิตแล้วยังส่งผลต่อการลดปริมาณฝุ่นที่เกิดจากการขัดอีกด้วย

ในขั้นตอนการตัดของชิ้นส่วนของเฟอร์นิเจอร์และเครื่องเรือนต่างๆ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีการใช้มากในอุตสาหกรรมนี้ ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัด คือ การกำหนดการหมดยาของใบมีดตัด พนักงานจะกำหนดให้ใบมีดหมดยาเมื่อผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนหรือการใช้มือสัมผัสผิวชิ้นงานโดยอาศัยประสบการณ์ที่ตนเองเคยทำมาในอดีต ทำให้ชิ้นงานตัดที่ได้มีความหยาบผิวของส่วนที่ดี ปานกลาง และ เลว ปนกัน ทำให้ชิ้นงานทุกชิ้นไม่มีการคัดแยกคุณภาพผิวชิ้นงาน

และผลที่ตามมา คือ โรงงานต้องกำหนดให้มีการขัดทุกชิ้นงาน ตั้งแต่ชิ้นงานแรกจนถึงชิ้นงานสุดท้าย ทำให้เกิดการสูญเสียเวลา ค่าใช้จ่าย และก่อให้เกิดผลภาวะอากาศคือ ฝุ่น ในขั้นตอนถัดไป คือ การขัดแต่งผิวเรียบ โดยชิ้นงานขัดทุกชิ้นต้องผ่านการขัดผิวเรียบอีกครั้งด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 ตามลำดับ จากนั้นจึงส่งเข้าแผนกประกอบชิ้นส่วนและทำการขัดผิวละเอียดชิ้นสุดท้าย ด้วยกระดาษทราย เบอร์ 240 ด้วยพนักงานขัด ก่อนส่งชิ้นส่วนประกอบเข้าแผนกพ่นสีต่อไป ทั้งหมดนี้เกิดจากการไม่มีการศึกษาการกำหนดอายุของใบมีดและความหยาบผิวของชิ้นงานตัดที่ต้องการภายในโรงงาน เพื่อลดงานขัดแต่งผิว ในขั้นตอนถัดไป และที่สำคัญ คือ การลดปัญหาฝุ่นภายในโรงงาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาปัจจัยสภาวะการตัดที่ผลต่อความเรียบผิวและอายุการใช้งานของใบมีดและศึกษาแนวทางการปรับปรุงวิธีการการใช้ใบมีดตัดสำหรับเครื่องตัดเพลาดั้งที่มีการใช้มากและเกือบทุกโรงงานของกระบวนการตัดแต่งไม้ยางพาราแปรรูปในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงวิธีการจัดการการใช้ใบมีดตัดของกระบวนการตัดแต่งไม้ยางพาราแปรรูปของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้มีการจำกัดขอบเขตของการวิจัยดังนี้ คือ

1. ใบมีดตัดที่ศึกษาจะเป็นชนิดคมตัดตรง ที่ใช้ในการแปรรูปไม้ยางพารา ซึ่งเป็นชนิดใบมีดตัดที่โรงงานใช้มากที่สุด คือ ชุดใบมีดตัดที่ทำด้วยเหล็กคาร์ไบด์ เกรด K20 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 69 มม. ยาวเท่ากับ 125 มม. มุมมีดตัดเท่ากับ 50 องศา และมุมคายเศษเท่ากับ 20 องศา
2. ในการศึกษาจะคัดเลือกชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ เพียง 1 ประเภทที่มีปริมาณการผลิตหรือ ความถี่ของการผลิตมากที่สุดหรือ อยู่ในดุลยพินิจของโรงงาน โดยชิ้นงานที่เลือกศึกษา คือ ชิ้นงานยึดสปริง โดยกำหนดให้มีค่าความขึ้นในเนื้อไม้ยางพาราไม่เกิน 12 % รัศมีความโค้งเท่ากับ 455 มม. ความยาวส่วนโค้งภายนอกเท่ากับ 330 มม. และความกว้างของรอยตัดเท่ากับ 40 มม.และระยะความหนาของโค้งนอกและโค้งในภายหลังการตัดแล้วต้องเท่ากับ 45 มม.

3. เกณฑ์การกำหนดความเรียบผิวของชิ้นงานจะขึ้นกับวิธีการของหลักการใช้ในโรงงาน
4. ปัจจัยของการศึกษา ได้แก่ ความเร็วตัด อัตราป้อนชิ้นงาน และระยะความลึกของรอยตัด โดยกำหนดให้ความเร็วรอบเท่ากับ 3700, 4900 และ 7900 rpm อัตราการป้อนงานเท่ากับ 3, 5 และ 7 มม./นาที และ ระยะลึกในการตัดเท่ากับ 3 และ 5 mm

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ จะมีขั้นตอนการดำเนินงานซึ่งสรุปได้ดังนี้ คือ

1. ศึกษาคุณสมบัติของไม้ยางพารา ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความชื้น และค่าความถ่วงจำเพาะ โดยการสุ่มตัวอย่างชิ้นงานก่อนการตัดแต่ง
2. ศึกษาคุณสมบัติของใบมีดตัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ สัดส่วนของธาตุผสม และโครงสร้างจุลภาคของใบมีดตัด
3. ศึกษาอัตราการตัดแต่ง(Machining) อัตราการขัดแต่ง และผิวของชิ้นงานในสภาวะปัจจุบัน
4. ศึกษาอายุการใช้งานของใบมีดตัดที่ใช้อยู่ในสภาวะปัจจุบัน และภายใต้ตัวแปรที่กำหนด ได้แก่ ความเร็วตัด อัตราการป้อนชิ้นงาน และระยะลึกของรอยตัด
5. ประมวลผลการศึกษาเบื้องต้นของสถานภาพปัจจุบัน
6. เสนอแนวทางในการจัดการการใช้งานใบมีดตัดที่เหมาะสม
7. ประยุกต์ใช้วิธีการจัดการการใช้ใบมีดตัดที่เสนอ
8. วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการใช้งานของใบมีด (Cutter Utilization)
9. อภิปรายผลและสรุปผลการศึกษา
10. จัดทำรายงานการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยนี้ มีดังนี้ คือ

1. โรงงานจะทราบอายุการใช้งานของใบมีดตัดในปัจจุบัน
2. โรงงานสามารถบริหารจัดการการใช้ใบมีดตัดที่เหมาะสม
3. โรงงานมีแนวทางในการลดต้นทุนการขัดแต่ง และปัญหาความเรียบผิวที่ไม่สม่ำเสมอ
4. โรงงานมีการใช้ใบมีดตัดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
5. โรงงานมีฐานข้อมูลในการพัฒนาใบมีดตัดสำหรับไม้ยางพารา

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

Wengert, G. (ปี ค.ศ. 1999)

ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการเกิดการสึกหรอของใบมีดตัดตรงบริเวณปลายมุมมีด (land) วัสดุที่ใช้ในการศึกษาก็คือ ไม้ Maple, Oak, Yellow-poplar, Sweet gum โดยการศึกษาพบว่า การสึกหรอของใบมีดจะทำให้มุมคายเศษมีค่าที่ต่ำลง โดยเฉพาะการสึกหรอที่มีค่าที่ยอมรับได้คือ เท่ากับ $1/32$ นิ้ว นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองที่เปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้ที่แตกต่างกัน มุมคายเศษ (rake angle) ที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาการใช้พลังงานและเกิดการสึกหรอของใบมีดตัดที่น้อยที่สุด

Palmqvist, J. และ Gustafsson, S.L. (ปี ค.ศ. 1999)

ได้ศึกษาการแพร่กระจายของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการตัดไม้ที่ก่อโรคมะเร็ง โดยใช้ไม้ 3 ชนิดที่มีความแตกต่างกันได้แก่ pine, beech และ fiberboard (MDF) โดยใช้ พารามิเตอร์ในการทดลอง คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้ ค่าเฉลี่ยของเศษในการตัด อัตราเร็ว มุมคายเศษ โดยการทดลองตัดไม้ทั้ง 3 ชนิดตามพารามิเตอร์ที่ตั้งไว้ข้างต้น แล้วทำการเก็บและวัดขนาดของเศษที่เกิดจากการตัด แล้วจึงทำการทดสอบพารามิเตอร์ในการทดลอง ผลการทดลองที่ได้ก็คือ ตัวที่ส่งผลต่อการเกิดฝุ่นละอองมากที่สุด ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของเศษในงานตัด และ ความชื้นของไม้จะมีผลต่อการเกิดฝุ่นละอองในลำดับต่อมา แต่ อัตราเร็ว มุมคายเศษจะมีผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ผลจากการทดลองจะเห็นได้ว่าไม้ชนิด MDF มีค่าในการเกิดของฝุ่นละอองสูงที่สุดซึ่งสูงกว่า pine ถึงประมาณ 6 เท่าตัว และ beech จะมีค่าที่สูงกว่า pine ประมาณ 1.5 เท่า

Ratnasingam, J. *et. al.* (ปี ค.ศ. 1999)

ในรายงานนี้เป็นการแสดงของสมการที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิต โดยพิจารณาได้หลายมุมมองเพื่อที่จะทำให้เกิดการเพิ่มผลผลิตที่สูงขึ้นเพื่อที่จะทำให้ทันต่อการแข่งขันในงานเฟอร์นิเจอร์ของตลาดโลก ซึ่งในรายงานจะเป็นการอธิบายหลักการและสมการที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงต้นทุนที่เกิดจากการทำกระบวนการผลิตในงานเฟอร์นิเจอร์ รวมไปถึงสมการที่มีผลต่อความเรียบผิว ซึ่งผลที่ได้ก็คือผู้ผลิตจะต้องให้ความสนใจกับ วัสดุดิบ, คนงาน และต้นทุนทางตรง เพื่อที่จะทำให้เกิดผลผลิตผลที่สูงที่สุด และจำเป็นที่จะต้องมีการฝึกอบรมพนักงานให้มีความชำนาญงาน เมื่อพนักงานมีความชำนาญจะทำให้เกิดการทำงานที่มีประสิทธิภาพและอีกประการหนึ่งในการที่จะทำให้ผลผลิตที่ดีขึ้นนั้นจะต้องมีการรักษาสมดุลย์ของความสัมพันธ์ระหว่าง วัสดุดิบ, มิดดัดและเครื่องจักร เพื่อทำให้เกิดต้นทุนที่ต่ำอีกด้วย

Aguilera, A. *et. al.* (ปี ค.ศ. 2000)

รายงานนี้เป็นการศึกษาแรงและพลังงานที่เกิดขึ้นจากการตัดไม้ความแข็งแรงสูง ในไม้ MDF เพื่อที่จะนำไปพยากรณ์แรงและพลังงานที่ใช้ในการตัดของไม้ชนิดต่างๆ รวมถึงค่าความเรียบผิวที่ได้จากการตัด การศึกษาจะนำเอาองค์ประกอบที่ส่งผลต่อแรงและพลังงานที่ใช้ในการตัดมาพิจารณา ได้แก่ ความชื้นและความหนาแน่นของไม้ ซึ่งผลที่ได้ คือ เมื่อทราบค่าของความหนาแน่นและความชื้นก็สามารถประมาณค่าของแรงและพลังงานที่ใช้ในการตัดได้อย่างถูกต้อง แต่ถ้าต้องการให้พยากรณ์มีค่าที่แม่นยำต้องให้ชิ้นงานมีค่าของความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกันตลอดทั้งชิ้นงาน

Aguilera, A. และ Martin, P. (ปี ค.ศ. 2001)

รายงานนี้เป็นการศึกษาแรง พลังงาน และความเรียบผิวที่ได้จากการตัดของไม้บีช และไม้ตระกูลสน โดยใช้ พารามิเตอร์ในการทดลอง คือ ระยะลึกที่ใช้ในการตัด อัตราการป้อนงานและความเร็วตัด และใช้ค่าคงที่ คือ ความหนาของเศษและความกว้างในการตัด โดยการทดลองจะใช้การป้อนงาน 2 ลักษณะ คือ การป้อนงานแบบปกติและแบบ clip ซึ่งผลที่ได้ การตัดที่ระยะลึกที่สูงจะให้ค่าของแรงและพลังงานที่ใช้ในการตัดที่สูงตามไปด้วย และการใช้อัตราการป้อนงานเพิ่มสูงขึ้นจะให้ค่าพลังงานที่ใช้ในการตัดสูงขึ้นเช่นกัน ซึ่งพลังงานที่ใช้ในการตัดต่ำที่สุดเท่ากับ 394

วัดต์ ที่ไม้ตระกูลสน และพลังงานที่สูงที่สุดเท่ากับ 1852 วัดต์ ที่ไม้บีช และค่าของความเรียบผิวที่ได้จากการตัดจะแปรผันตามอัตราการป้อนงานและระยะลึกในการตัด

Mckenzie, W.M. *et. al.* (ปี ค.ศ. 2001)

รายงานนี้เป็นการพยากรณ์แรงและผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัด โดยการเก็บข้อมูลที่ส่งผลต่อแรงและผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัด ได้แก่ อัตราการป้อนงาน ความลึกในการตัด การสึกหรอของคมมีด และรวมไปถึงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของ board คือ เพื่อเก็บเป็นข้อมูลและประมาณค่าของแรงที่ได้จากการตัดด้วยคอมพิวเตอร์ ผลที่ได้จากการทดลอง คือ แรงที่ใช้ในการตัดกับค่าความถ่วงจำเพาะจะมีความสัมพันธ์กันโดยตรง การพยากรณ์แรงและผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดจะขึ้นกับโครงสร้างของ MDF คือ ค่าความถ่วงจำเพาะและสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างชิ้นงานกับมีดตัด และรวมไปถึงองค์ประกอบในการตัด คือ อัตราการป้อนใบมีด ความลึกในการตัดและรัศมีของมีดตัด จำนวนของใบมีด เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการประมาณค่าของอัตราป้อนงานที่ใช้และแรงที่เกิดขึ้น รวมถึงการพยากรณ์คุณภาพของผิวชิ้นงาน

สัมภาษณ์ ศรีสุข และสมชาย พัวจินดาเนตร (ปี พ.ศ. 2545)

รายงานนี้จะทำการศึกษาค่าความหยาบผิวที่ได้จากการสัมผัสในงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราและหาค่าความหยาบผิวที่วัดได้จากเครื่องวัดค่าความหยาบผิว ในการทดลองพบว่าค่าความหยาบผิวที่พนักงานทุกคนระบุว่าผิวชิ้นงานไม้ยางพารามีความละเอียดได้อย่างตรงกัน คือ ค่าความหยาบผิวที่น้อยกว่า $3\text{ }\mu\text{m}$ และระบุว่าผิวชิ้นงานมีความหยาบผิวได้อย่างตรงกัน คือ ค่าความหยาบผิวที่สูงกว่า $5\text{ }\mu\text{m}$ สำหรับค่าความหยาบผิวในช่วง 3 ถึง $5\text{ }\mu\text{m}$ พนักงานเมื่อสัมผัสแล้วจะระบุความเรียบผิวของผิวไม้ ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ การตรวจสอบความหยาบผิวของพนักงานโดยการสัมผัสจะไม่สามารถที่แยกแยะความหยาบและความเรียบผิวของไม้ยางพาราที่ผ่านการตัดที่ชัดเจนได้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

การศึกษากิจการการใช้ใบมีดตัดของกระบวนการตัดแต่งสำหรับไม้ยางพาราแปรรูปนั้น จะทำการศึกษาถึงคุณสมบัติของไม้ยางพารา และศึกษาคุณสมบัติของใบมีดตัดที่ใช้ในการศึกษา รวมไปถึงการตรวจสอบคุณลักษณะของใบมีดตัดที่จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการที่ใช้ในการตัดแต่งไม้ยางพารา

โดยการทดลองจะทำการเก็บข้อมูลของค่าความหยาบผิว การสึกหรอของใบมีดตัด และค่าของพลังงานที่เกิดจากการตัดแต่งไม้ยางพาราแปรรูป ภายใต้ตัวแปรที่กำหนด ได้แก่ ความเร็วรอบ อัตราป้อนชิ้นงาน และระยะลึกที่ใช้ในการตัด

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย มีดังนี้

1. การตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพารา ใบมีดตัดและเครื่องจักรก่อนการทดลอง
2. การศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตัดแต่งชิ้นงานสภาพปัจจุบัน
3. การศึกษาข้อกำหนดความหยาบผิวของชิ้นงาน
4. การตรวจสอบเครื่องจักร ไม้ยางพารา และใบมีดตัด ก่อนการทดลอง
5. การศึกษาอายุการใช้งานของใบมีดตัดโดยควบคุมสภาวะการตัด
6. การวัดค่าความหยาบผิวไม้ การสึกหรอของใบมีดตัด และ พลังงานที่ใช้ในการตัด
7. การจัดทำแผนและแนวทางในการจัดการการใช้ใบมีดตัด
8. การทดลองปฏิบัติการทดสอบแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด
9. การสร้างมาตรการการใช้ใบมีดตัด

3.1 การตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพารา ใบมีดตัดและเครื่องจักรก่อนการทดลอง

3.1.1 การตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพารา

3.1.1.1 การตรวจหาธาตุในเนื้อไม้ยางพารา

การตรวจสอบหาธาตุในเนื้อไม้ยางพารากระทำโดยวิธี Energy Dispersive Spectrometer ด้วยรังสีเอกซ์ (X-ray) หรือ EDX ที่มีอยู่ในเครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope) ของบริษัท JOEL รุ่น JSM-5800 LV ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างขนาด 1x1x1 ซม. จากนั้นติด

ชิ้นงานลงบนแท่นทองเหลืองตรงกับบริเวณที่ติดกระดาษทาสองหน้าเอาไว้ แล้วนำชิ้นงานไปผ่านกระบวนการเคลือบคาร์บอน จะทำให้ชิ้นงานพร้อมที่จะหาส่วนผสมทางเคมี นำชิ้นงานที่ได้เข้าสู่เครื่องเพื่อทำการตรวจสอบ

3.1.1.2 การตรวจสอบขนาดของท่ออาหารของไม้ยางพารา

การตรวจสอบขนาดของท่ออาหารของไม้ยางพาราในงานวิจัยฉบับนี้ ได้ศึกษาด้วยเครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope) ของบริษัท JOEL รุ่น JSM-5800 LV ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างขนาด 1x1x1 ซม. สำหรับหาขนาดของท่ออาหารของไม้ยางพารา จากนั้นติดชิ้นงานตัวอย่างลงบนแท่นทองเหลือง ตรงกับบริเวณที่ติดกระดาษทาสองหน้าเอาไว้แล้วนำชิ้นงานไปผ่านกระบวนการฉาบทอง จะทำให้ชิ้นงานพร้อมที่จะหาขนาดของท่ออาหาร แล้วนำชิ้นงานที่ได้เข้าสู่เครื่องเพื่อทำการตรวจสอบหาค่าของขนาดท่ออาหารของไม้ยางพารา

3.1.1.3 การทดสอบความเค้นอัดขนานเสี้ยน

การตรวจสอบค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนในงานวิจัยฉบับนี้ ได้ศึกษาด้วยเครื่อง Torsee's Universal Wood Testing Machine ของส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือน ในมาตรฐาน JISZ 2111 โดยเริ่มจากการนำชิ้นงานตัวอย่างไม้วางในช่องสำหรับทดสอบวางไม้ให้เสี้ยนขนานกับหัวกด แล้วใช้หัวกดกดลงบนตัวอย่างชิ้นไม้ให้แนบสนิทกับพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานตัวอย่างเพื่อการกระจายน้ำหนักลงบนพื้นที่หน้าตัดให้สม่ำเสมอ การทดสอบจะใช้แรงในการทดสอบประมาณ 800 กิโลกรัม ด้วยความเร็วคงที่ เพื่อให้ชิ้นงานแตกหักภายใน 0.5 ถึง 1 นาที และบันทึกค่าแรงสูงสุดของการทดลองไว้ เพื่อการหาค่าความเค้น

3.1.1.4 การทดสอบความเค้นดัดขนานเสี้ยน

การทดสอบความเค้นดัดขนานเสี้ยนในงานวิจัยฉบับนี้ ได้ศึกษาด้วยเครื่อง Torsee's Universal Wood Testing Machine ของส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือน ในมาตรฐาน JISZ 2112 โดยเริ่มจาก ยึดปลายของชิ้นงานทั้งสองด้านเข้ากับเครื่องทดสอบการทดสอบจะใช้แรงในการทดสอบประมาณ 2000 กิโลกรัม ด้วยความเร็วคงที่ เพื่อให้ชิ้นงานแตกหักภายใน 0.5 ถึง 1 นาที เตินครื่องจนบริเวณคอดขาด บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดไว้เพื่อคำนวณความเค้น

3.1.1.5 การตรวจสอบความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน

การตรวจสอบความเค้นเฉือนขนานเสี้ยนนี้จะใช้เครื่อง Torsee's Universal Wood Testing Machine ของส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือน ในมาตรฐาน JISZ 2114 เริ่มจากนำตัวอย่างไม้ไปวางไว้บนอุปกรณ์สำหรับทดสอบแรงเฉือนขนานเสี้ยน ปรับเครื่องให้เริ่มต้นที่ศูนย์ การทดสอบจะใช้แรงในการทดสอบประมาณ 800 กิโลกรัม ด้วยความเร็วคงที่ เพื่อให้ชิ้นงานแตกหักภายใน 0.5 ถึง 1 นาที กัดจนตัวอย่างไม้เลื้อนไกลออกจากกัน บันทึกค่าแรงสูงสุดไว้เพื่อคำนวณความแข็งแรง

3.1.1.6 การทดสอบการกระแทก

การตรวจสอบการกระแทกในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่อง Torsee's Universal Wood Testing Machine ของส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือน ในมาตรฐาน JISZ 2111 โดยเริ่มจากการนำตัวอย่างไม้ไปวางบนที่รองรับของเครื่องทดสอบและปรับ span ให้ได้ 240 มม. นำหัวกดไปสอดไว้กึ่งกลางของตัวอย่างไม้ ยกลูกตุ้มขึ้นไปขีดไว้ตามตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งเป็นการเหวี่ยงของลูกตุ้มเพียงครั้งเดียว บันทึกค่าที่ได้จากการกระแทก

3.1.1.7 การหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้ยางพารา

การวัดค่าของเปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้ยางพารา ดำเนินการโดยการสุ่มตัวอย่างไม้ยางพาราที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 3 ชิ้น ในทุกๆ การทดลอง 1 ครั้ง จากนั้นนำเครื่องวัดความชื้นแบบเข็มตอกลงไปบนชิ้นงาน ชิ้นงาน 1 ชิ้นจะตอกทั้งหมด 2 จุด เพื่อวัดค่าความชื้นและหาค่าเฉลี่ย

3.1.1.8 การหาค่าความหนาแน่นของชิ้นงานทดสอบ

การหาค่าความหนาแน่นของชิ้นงานทดสอบ กระทำโดยการตัดชิ้นงานไม้ยางพาราให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม เพื่อวัดขนาดและคำนวณปริมาตรของชิ้นงาน จากนั้นนำชิ้นงานไปชั่งน้ำหนักและคำนวณความหนาแน่นของชิ้นงาน

3.1.2 การตรวจสอบคุณสมบัติไบโอมีดัตต์

3.1.2.1 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของไบโอมีดัตต์

การตรวจสอบโครงสร้างของไบโอมีดัตต์ในงานวิจัยฉบับนี้ ได้ศึกษาด้วยเครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope) ของบริษัท JOEL รุ่น JSM-5800 LV ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสำหรับการส่องดูลักษณะโครงสร้างของไบโอมีดัตต์ โดยเริ่มต้นจะต้องนำชิ้นงานตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการขัดและกัดกรดแล้ว นำไปผ่านกระบวนการอบทอง จากนั้นติดชิ้นงานที่จะทำการตรวจสอบลงบนแท่นลองชิ้นงาน ตรงกับด้านที่ติดกระดาษกาวสองหน้าเอาไว้ จะทำให้ได้แท่นตัวอย่างที่พร้อมจะตรวจสอบโครงสร้างของไบโอมีดัตต์

3.1.2.2 การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของไบโอมีดัตต์

การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของไบโอมีดัตต์ในงานวิจัยฉบับนี้ ได้ศึกษาด้วยเครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope) ของบริษัท JOEL รุ่น JSM-5800 LV ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสำหรับการหาค่าส่วนผสมทางเคมีของไบโอมีดัตต์ โดยเริ่มต้นจะต้องนำชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการขัดและกัดกรด จากนั้นติดชิ้นงานที่จะทำการตรวจสอบลงบนแท่นลองชิ้นงาน ตรงกับด้านที่ติดกระดาษกาวสองหน้าเอาไว้ จะทำให้ได้ชิ้นงานตัวอย่างที่พร้อมจะตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของไบโอมีดัตต์

3.1.2.3 การหาค่าความกว้างของสันคมมีดัตต์ก่อนการใช้งาน

การตรวจสอบค่าความกว้างของสันคมมีดัตต์ที่เริ่มต้นใช้งานในงานนี้ ได้ใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ของบริษัท JOEL รุ่น JSM-5800 LV ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสำหรับการส่องดูคมมีดัตต์ โดยเริ่มต้นจากการนำไบโอมีดัตต์ที่ผ่านการลับคมมีดัตต์ที่ยังไม่ได้ใช้งาน ติดลงบนแท่นลองชิ้นงาน ตรงกับด้านที่ติดกระดาษกาวสองหน้าเอาไว้ ให้ด้านของคมมีดัตต์ตั้งฉากกับแท่นลองชิ้นงาน ทำให้ได้แท่นตัวอย่างที่พร้อมจะตรวจสอบคมมีดัตต์ของไบโอมีดัตต์

3.1.2.4 การตรวจสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบมีดตัด

การตรวจสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบมีดตัดก่อนการทดลองนั้นจะทำการตรวจสอบเพื่อให้ทราบว่าค่าของขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางที่ทำการทดลองมีค่าตามที่ได้กำหนดไว้ในการออกแบบการทดลอง

3.1.2.4.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัดมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้

1. ใบมีดตัด
2. เวอร์เนียคาลิเปอร์

3.1.2.4.2 วิธีการดำเนินงาน

การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัดมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. นำใบมีดตัดที่จะทำการทดลองมาวัดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์
2. บันทึกค่าที่ได้จากการวัด

3.1.2.5 การหาค่ามุมตัดของใบมีดตัด

การตรวจสอบมุมตัดของใบมีดตัดก่อนการทดลองนั้นจะทำการตรวจสอบเพื่อให้ทราบว่าค่าของมุมตัดของใบมีดตัดที่ทำการทดลองมีค่าตามที่ได้กำหนดไว้ในการออกแบบการทดลอง

3.1.2.5.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การหาของมุมตัดของใบมีดตัดมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้

1. ใบมีดตัด
2. เหล็กวัดองศา

3.1.2.5.2 วิธีการดำเนินงาน

การหาของมุมตัดของใบมีดตัดมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. นำใบมีดตัดที่จะทำการทดลองมาวัดด้วยเหล็กวัดองศา
2. บันทึกค่าที่ได้จากการวัด

3.1.3 การตรวจสอบเครื่องตัดเพลาดั้ง

การตรวจสอบเครื่องตัดแบบเพลาดั้งที่ใช้ในการทดลอง เพื่อที่จะได้ทราบว่าเครื่องตัดแบบเพลาดั้งที่ใช้ในการทดลองอยู่ในสภาพที่สามารถทำการทดลองได้และเพื่อใช้ในการอ้างอิงในการทดลอง โดยจะทำการตรวจสอบ ความเร็วรอบของเครื่องจักร และการแกว่งของแกนเพลาลับมีดตัดที่ทำการทดลอง

3.1.3.2 การตรวจสอบความเร็วรอบ

3.1.3.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

การตรวจสอบเครื่องจักรก่อนการทดลองจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้ คือ

1. เครื่องเพลาดั้งไสลค์
2. เครื่องวัดค่าความเร็วรอบ ยี่ห้อ PANTEC รุ่น DTM 30
3. สติกเกอร์ที่ใช้ในการรับสัญญาณของเครื่องวัดความเร็วรอบ

3.1.3.2.2 วิธีการดำเนินงาน

วิธีการตรวจสอบความเร็วรอบจะมีขั้นตอนในการตรวจสอบดังนี้

1. นำใบมีดตัดที่ติดอยู่กับแกนเพลลาของเครื่องออกจากแกนเพลลา
2. นำสติกเกอร์ที่ใช้วัดค่าความเร็วรอบติดไปบนแกนเพลลาของมีดตัด
3. เปิดเครื่องเพลาดั้งไสลค์ให้แกนของมีดตัดหมุนตามความเร็วรอบที่กำหนด
4. ใช้เครื่องวัดความเร็วรอบชี้ไปบนสติกเกอร์ที่ติดอยู่บนแกนของมีดตัด
5. อ่านค่าของความเร็วรอบที่ได้จากเครื่องวัด แล้วบันทึกค่าที่ได้

3.1.3.3 การตรวจสอบการแกว่งของแกนเพลาลับมีดตัด

3.1.3.3.1 วัสดุและอุปกรณ์

การตรวจสอบเครื่องจักรก่อนการทดลองจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้ คือ

1. เครื่องเพลาดั้ง
2. เครื่องไดออลเกจ

3.1.3.3.2 วิธีการดำเนินงาน

การตรวจสอบการแกว่งของแกนเพลลาไบนัดตัดจะมีขั้นตอนในการตรวจสอบดังนี้

1. นำได้ออลเกวบบนแท่นเครื่อง ให้ปลายของได้ออลเกวชนกับแกนเพลลาของไบนัดตัด
2. หมุนแกนเพลลาของไบนัดตัดและบันทึกค่าสูงสุด ต่ำสุดของแกนเพลลาที่แสดงบนจอของได้ออลเกวที่เปลี่ยนแปลงเช่นไร
3. ทำการปรับแกนเพลลาเพื่อให้การแกว่งของไบนัดตัดมีค่าที่ต่ำที่สุด

3.2 การศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตัดแต่งชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

การตัดขึ้นรูปชิ้นงานในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ โดยทั่วไปการตัดขึ้นรูปชิ้นงานกระทำโดยพนักงานประจำแต่ละเครื่องตัดเพลตตั้ง พนักงานแต่ละคนจะใช้อัตราการป้อนงานและระยะลึกของรอยตัดแตกต่างกันไป รวมถึงความสม่ำเสมอของการป้อนชิ้นงาน ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพและความเหมาะสมที่พนักงานต้องการ ณ เวลานั้นๆ ดังนั้นการวัดอัตราการป้อนงานและระยะลึกของรอยตัดจึงเป็นลักษณะการเลือกสุ่มพนักงานตัดที่มีความชำนาญงาน

3.2.1 การศึกษาสภาวะการตัดและอายุไบนัดตัดในปัจจุบัน

3.2.1.1 วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาสภาวะการตัดและอายุการใช้งานของไบนัดตัดมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้ คือ

1. วัสดุไม้ยางพาราที่ใช้ในการศึกษาต้องมีความชื้นน้อยกว่า 12 % และเมื่อนำมาตัดเป็นชิ้นงานแล้วมีขนาดรัศมีความโค้งเท่ากับ 455 มม. ความยาวส่วนโค้งภายนอกเท่ากับ 330 มม. และความกว้างของรอยตัดเท่ากับ 40 มม.และระยะความหนาของโค้งนอกและโค้งใน ภายหลังการตัดแล้วต้องเท่ากับ 45 มม. ดังแสดงในรูปที่ 3.1
2. เครื่องจักรเพลตตั้ง ยี่ห้อ Julong รุ่น SS-513 AL ที่มีขนาดมอเตอร์ 5 kw ดังแสดงในรูปที่ 3.2
3. ไบนัดตัดที่ใช้เป็นไบนัดคาร์ไบด์ เกรด K 20 ไบนัดเป็นชนิดฟันตรง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 69 มม. ความสูงของไบนัดเท่ากับ 125 มม. ไบนัดหนึ่งชุดจะมีทั้งหมด 6 ฟัน ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และ 3.4

4. เครื่องวัดค่าความเรียบผิว ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น MST 301
5. กล้องจุลทรรศน์ ยี่ห้อ Nikon รุ่น Optifot 100 กำลังขยาย 50 – 1000 เท่า
6. เครื่องวัดความเร็วรอบ ยี่ห้อ Pantec รุ่น DTM 30 สามารถวัดค่าความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 60 – 30000 รอบ / นาที
7. นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ CASIO
8. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์
9. เครื่องวัดองศา

3.2.1.2 วิธีการตรวจสอบสถานะการตัดและอายุการใช้งานใบมีดตัด

การตรวจสอบสถานะการตัดและอายุการใช้งานใบมีดตัดได้กระทำได้ดังนี้

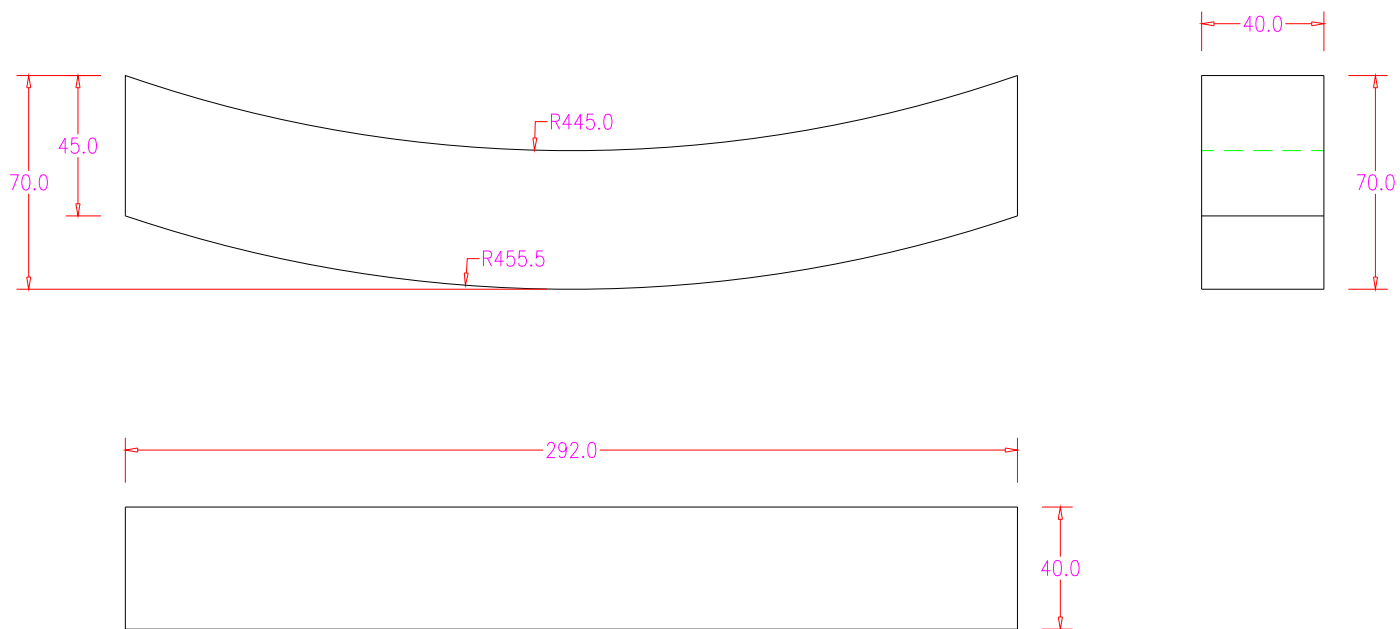
1. ค่าของมุมมีดตัดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบมีด นำใบมีดตัดที่ผ่านการลับคมที่จะใช้ในการศึกษา วัดค่าของมุมตัดโดยการวางเครื่องวัดองศาวัดลงบนมุมของมีดตัดบันทึกค่าของมุมตัดที่ได้ หลังจากนั้นนำเวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัดแล้วบันทึกค่าที่ได้จากการวัด

2. ค่าเฉลี่ยของระยะลึกในการตัด การหาค่าเฉลี่ยของระยะลึกที่ใช้ในการตัดจะทำการสุ่มเข้าไปวัดระยะลึกที่ใช้ในการตัดของชิ้นงาน โดยการวัดค่าของระยะลึกของชิ้นงานจะวัด 3 จุดต่อชิ้นงาน 1 ชิ้น และจะทำการตรวจสอบทุกๆ ครึ่งชั่วโมงของการทำงาน แล้วบันทึกค่าของระยะลึกที่ใช้ในการตัดที่ได้

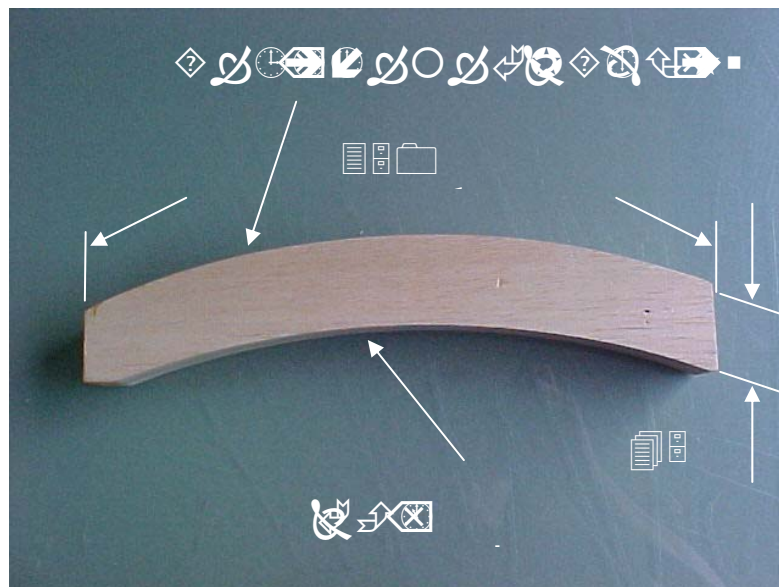
3. เวลาที่ใช้ในการตัดชิ้นงานต่อชิ้น การหาเวลาที่ใช้ในการตัดชิ้นงานต่อชิ้นจะทำการสุ่มและจับเวลาของชิ้นงานที่ทำการตัด การหาเวลาที่ใช้ในการตัดจะเริ่มนับจับเวลาเมื่อชิ้นงานสัมผัสกับใบมีดตัดและสิ้นสุดเมื่อใบมีดตัดพ้นจากชิ้นงานทำให้ได้เวลาของการตัดต่อชิ้น แล้วบันทึกค่าของเวลาที่ใช้ในการตัดต่อชิ้น การสุ่มวัดเวลาจะกระทำทุกๆ ครึ่งชั่วโมงของการทำงาน

4. อัตราการป้อนงาน การหาค่าของอัตราการป้อนงานจะหาได้จากการ นำค่าของเวลาที่ใช้ในการตัดชิ้นงานเฉลี่ยต่อชิ้นหารด้วยความยาวของชิ้นงานที่ทำการตัดจะได้ค่าของอัตราการป้อนงานเฉลี่ยของชิ้นงานที่ทำการตัด

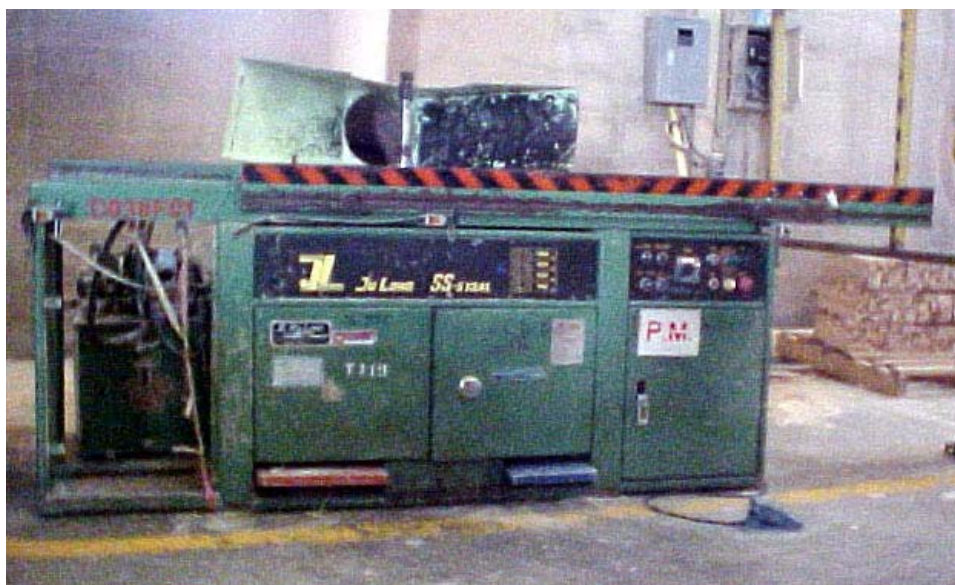
5. อายุการใช้งานของใบมีดตัด การหาค่าอายุการใช้งานของใบมีดตัด จะเริ่มตั้งแต่การเปลี่ยนใบมีดตัดก่อนการขึ้นรูปชิ้นงานจากนั้นจะเริ่มนับจำนวนชิ้นงานที่ทำได้จากการตัดและหาค่าของเวลาที่ใช้ในการตัดชิ้นงานต่อชิ้นเฉลี่ย แล้วทำการขึ้นรูปชิ้นงานจนชิ้นงานที่ได้จากการตัดเกิดเสียบริเวณผิวของชิ้นงานแสดงว่าใบมีดตัดที่ใช้งานหมดอายุ นับจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปทั้งหมด แล้วคูณด้วยเวลาที่ใช้ในการตัดเฉลี่ยต่อชิ้นทำให้ได้อายุการใช้งานของใบมีดตัด



รูปที่ 3.1 ภาพเขียนแบบงานของชิ้นงานที่ต้องการตัด



รูปที่ 3.2 รูปร่างและขนาดชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องตัดเพลที่ตั้งแล้ว



รูปที่ 3.3 เครื่องจักรเพลที่ตั้งที่ใช้ในการทดลอง ยี่ห้อ Julong รุ่น SS-513 AL



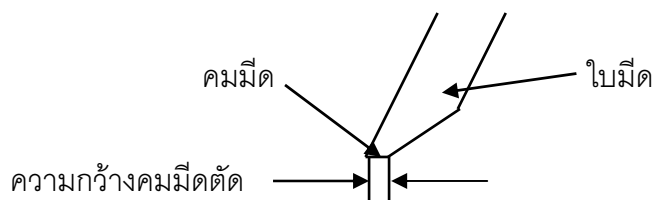
รูปที่ 3.4 ด้านหน้าของใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลอง ใบมีดเป็นชนิดพื้นตรง เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 69 มม. ความสูงของใบมีดเท่ากับ 125 มม.



รูปที่ 3.5 ด้านบนของใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลอง ใบมีดเป็นชนิดพื้นตรง เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 69 มม. ความสูงของใบมีดเท่ากับ 125 มม.

6. ความหนาแน่นของไม้ ในการวัดค่าความหนาแน่นไม้จะใช้เครื่องวัดค่าความหนาแน่นไม้วัดค่าความหนาแน่นของไม้ ทิศทางการวัดค่าความหนาแน่นไม้จะวัดในทางขวางเส้น การวัดค่าความหนาแน่นไม้จะเก็บชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปทุก ๆ 50 ชิ้น ของการตัด โดยจะเก็บเอาชิ้นงาน 5 ชิ้นสุดท้ายของการตัดแล้วทำการสุ่มเอาชิ้นงาน 2 ชิ้นมาใช้ในการวัดค่าความหนาแน่นไม้ที่ได้จากการตัด

7. การสีกรหของใบมีดตัด กระทำโดยการวัดค่าความกว้างของคมมีดดังรูปที่ 3.1 โดยจะใช้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายที่ 50 เท่า ซึ่งการวัดค่าความกว้างของใบมีดจะทำโดยการตรวจสอบค่าความกว้างของใบมีดก่อนการตัดชิ้นงานและเมื่อใบมีดตัดหมดอายุการใช้งาน โดยการถอดเอาชุดใบมีดที่ผ่านการตัดนำมาทำความสะอาดด้วยการเช็ดแอลกอฮอล์ แล้วทำการถ่ายภาพของขนาดความกว้างของใบมีดเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่กำลังขยาย 50 เท่า แล้วนำภาพที่ได้ไปวัดค่าความสีกรหกับขนาดของสเกลเพื่อหาขนาดความกว้างของใบมีดที่ผ่านการตัด



รูปที่ 3.6 แสดงค่าความกว้างของคมมีด

3.2.2 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการขัดแต่ง

3.2.2.1 การกำหนดสภาวะที่ใช้ในการควบคุม

การกำหนดสภาวะที่ใช้ในการควบคุมจะประกอบด้วยดังนี้

1. เครื่องขัดบ้วนน้ำ หมุนด้วยความเร็วรอบคงที่
2. กระดาษทรายเบอร์ 100 และเบอร์ 180 และต้องเป็นกระดาษทรายใหม่
3. ชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลาดึง ที่มีค่าความหนาแน่นไม้แตกต่างกัน

3.2.2.2 การหาเวลาในการขัดแต่ง

การหาเวลาที่ใช้ในการขัดแต่งจะเริ่มนำกระดาษทรายเบอร์ 100 ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานเปลี่ยนเข้าเครื่องบ้วนน้ำ จากนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านการตัดจากกระบวนการเพลาดึงที่มีค่าของความหนาแน่นไม้ที่แตกต่างกันมาเรียงเพื่อรอการขัดเรียบ นำชิ้นงานขึ้นขัดจนมีค่าของความหนาแน่น

ที่ยอมรับ โดยช่วงที่ทำการขัดจะทำการจับเวลาที่ใช้ในการขัด นำชิ้นงานที่ผ่านการขัดมาวัดค่าของความหยาบผิว และนำเวลาที่ใช้ในการขัดมาคำนวณอัตราของการขัดต่อเวลา เมื่อชิ้นงานผ่านการขัดที่กระดาษทรายเบอร์ 100 แล้ว ก็จะทำการขัดต่อสำหรับกระดาษทรายเบอร์ 180

3.3 การศึกษาข้อกำหนดความหยาบผิวที่ต้องการ

3.3.1 การตรวจสอบค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ไม่ยอมรับ

ปัจจุบันโรงงานเฟอร์นิเจอร์จะตรวจสอบความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัดแต่งผิวการขัดโดยใช้วิธีการสัมผัสด้วยมือ โดยพนักงานที่มีความชำนาญในการตรวจสอบผิวไม้ ในการศึกษานี้จะกำหนดให้พนักงานทำการสัมผัสชิ้นงานที่ผ่านการตัดและชิ้นงานที่ผ่านการขัดแต่งผิวขั้นสุดท้ายก่อนที่จะนำชิ้นงานไปพ่นสีซึ่งถือว่าเป็นความหยาบผิวที่ดีที่สุด จากนั้นจะนำชิ้นงานที่พนักงานไม่ยอมรับซึ่งต้องนำไปขัดแต่งผิวใหม่ ทำการตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดค่าความหยาบผิวเพื่อกำหนดเป็นค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่สูงสุดสำหรับชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลาดึง สำหรับชิ้นงานที่ผ่านการขัดแต่งขั้นสุดท้ายหรือชิ้นงานที่จะขึ้นสี จะทำการวัดค่าความหยาบผิวของการขัดเรียบขั้นสุดท้ายเพื่อเก็บเป็นข้อมูลของค่าความหยาบผิวก่อนการขึ้นสี

3.3.2 การจำแนกระดับความหยาบผิวชิ้นงานที่ต้องการ

3.3.2.1 วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาข้อกำหนดความเรียบผิวชิ้นงานจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้ คือ

1. ชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลาดึงที่มีค่าของความหยาบผิวที่แตกต่างกัน
2. เครื่องวัดค่าความเรียบผิว ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น MST 301

3.3.2.2 วิธีการจำแนกระดับความหยาบผิวชิ้นงานที่ต้องการ

การจำแนกระดับความเรียบผิวไม้ที่ผ่านการตัด จะทำการจำแนกจากชิ้นส่วนที่ทำการผลิตออกเป็นหลายลักษณะของการใช้งานภายในโรงงาน ในการจำแนกจะให้ความสำคัญตามลำดับของกระบวนการผลิตขั้นตอนต่อไปของการผลิต โดยการจำแนกจะจำแนกออกเป็น 5 กลุ่ม คือ (1) ชิ้นงานที่ส่งขัดสามเหลี่ยม (2) ชิ้นงานที่ส่งขัดบัวนึ่ม (3) งานส่งหุ้มหนัง (4) งานโครงสร้าง (5) ชิ้นรูปโค้ง หรือ รูปทรงต่างๆ หลังจากที่ได้จำแนกได้แล้วจะต้องทำการวัดค่าความเรียบผิวที่ได้จากการตัดและหาค่าของช่วงของการยอมรับของแต่ละระดับของความเรียบผิวที่ทำการจำแนก

3.4 การศึกษาอายุการใช้งานของใบมีดตัดโดยควบคุมสภาวะการตัดให้คงที่

3.4.1 การกำหนดสภาวะควบคุมการตัดแต่ง

การกำหนดสภาวะการควบคุมจะประกอบด้วยตัวแปรที่กำหนด ได้แก่ ความเร็วรอบ อัตราป้อนชิ้นงาน และระยะลึกที่ใช้ในการตัด ซึ่งแสดงในตารางที่ 3.1

ตาราง 3.1 แสดงแผนการทดลองและสภาวะควบคุมที่ใช้ในการศึกษา

อัตราป้อน ชิ้นงาน (f) (ม./นาที)	(v) ความเร็วตัด (ม./นาที)					
	814 (ม./นาที) หรือ		1062 (ม./นาที) หรือ		1712 (ม./นาที) หรือ	
	3755 (รอบ./นาที)		4900 (รอบ./นาที)		7900 (รอบ./นาที)	
	(d) ระยะลึกของรอยตัด (มม.)					
	3	5	3	5	3	5
3	*	*	*	*	*	*
5	*	*	*	*	*	*
7	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ : * หมายถึง ค่าตอบสนองจากตัวแปร (response) ได้แก่ ความหนาผิว กำลังไฟฟ้าที่ใช้ และความกว้างของคมมีด

3.4.2 การดำเนินการทดลอง

3.4.2.1 วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

รายละเอียดของวัสดุและอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1. ไม้ยางพารา ไม้ยางพาราที่ใช้ในการทดลองมีขนาดความกว้างเท่ากับ 40 มม. ความยาวเท่ากับ 330 มม. รัศมีโค้งของไม้เท่ากับ 455 มม. ความชื้นของไม้ยางพาราต้องมีค่าต่ำกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเผื่อของระยะลึกที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 3 และ 5 มม.
2. เครื่องจักรชนิด เพลาตั้ง ยี่ห้อ Julong รุ่น SS-513 AL แท่นเลื่อนสามารถรับอัตราการป้อนงานได้ตั้งแต่ 0 – 8.33 ม./นาทีก และมีระยะของการเคลื่อนที่ได้ยาวที่สุดระยะเท่ากับ 1.25 เมตร ความเร็วรอบที่ใช้งานได้อยู่ในช่วง 3500 ถึง 8000 รอบ/นาทีก มอเตอร์ที่ใช้งานมีขนาดเท่ากับ 5 แรงม้า

3. ไบมีดตัดที่ใช้เป็นไบมีดคาร์ไบด์ เกรด K 20 ไบมีดเป็นชนิดพื้นตรง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 69 มม. ความสูงของไบมีดเท่ากับ 125 มม. ไบมีดหนึ่งชุดจะมีทั้งหมด 6 ฟัน ค่าของมุมตัดเท่ากับ 50 องศา และมุมคายเท่ากับ 20 องศา
4. เครื่องวัดค่าความเรียบผิว ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น MST 301
5. กล้องจุลทรรศน์ ยี่ห้อ Nikon รุ่น Optifot 100 กำลังขยาย 50 – 1000 เท่า
6. เครื่องวัดค่าความชื้น ยี่ห้อ DELMHORST วัดค่าความชื้นได้ตั้งแต่ 0 – 80 เปอร์เซนต์
7. เครื่องวัดความเร็วรอบ ยี่ห้อ Pantec รุ่น DTM 30 สามารถวัดค่าความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 60 – 30000 รอบ / นาที
8. มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า
9. ไดออลเกจ

3.4.2.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

วิธีการดำเนินงานของการทดลองจะมีขั้นตอนดังนี้

1. นำไบมีดทั้งหมดที่ได้จากการสั่งซื้อทำการตรวจสอบด้วยสายตา ก่อนทำการทดลอง โดยสังเกตว่าไบมีดตัดที่ใช้ในการทดลองมีการเกิดของรอยเย็นหรือเกิดการกระแทกก่อนการทดลองหรือไม่ ถ้าไบมีดตัดเกิดแตกหักหรือกระแทกต้องคัดแยกออกก่อนการทดลอง
2. นำไบมีดตัดที่ผ่านการตรวจสอบด้วยตามาตรวจสอบขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์วัดขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของไบมีดตัดแต่ละคู่
3. ใช้ไดออลเกจวัดขนาดของมุมตัดของไบมีดตัด แล้วบันทึกค่าที่ได้
4. ตรวจสอบค่าความเร็วรอบของไบมีดตัดก่อนและระหว่างการทดลองเพื่อให้ได้ความเร็วตัดที่ได้กำหนดไว้ ในการตรวจสอบจะทำทุกๆ การทดลอง
5. ตรวจสอบค่าความชื้นของไม้ยางพารา ว่าค่าของเปอร์เซนต์ความชื้นของไม้ยางพารามีค่าเกินกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ (ต้องมีค่าน้อยกว่า 12 เปอร์เซนต์) ในการตรวจสอบจะทำทุกๆ การศึกษา
6. ทำการทดลองของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา คือ อัตราการป้อนชิ้นงาน (f) เท่ากับ 3, 5 และ 7 ม./นาที ระยะลึกของรอยตัด (d) เท่ากับ 3 และ 5 มม. และความเร็วที่ใช้ในการตัด (v) เท่ากับ 814, 1062 และ 1712 ม./นาที หรือ

ค่าความเร็วรอบ(N)เท่ากับ 3755, 4900 และ 7900 รอบ/นาที ในการศึกษา จะทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรทีละค่าในตอนที่อีก 2 ตัวแปรคงที่ ในทุกๆ ชิ้นงาน ที่ทำการตัดของแต่ละเงื่อนไขจะทำการวัดค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการ ตัดและในทุกๆ 50 ชิ้นของการตัดชิ้นงานจะทำการตรวจสอบค่าความหนา บิดของไม้ และค่าความกว้างของคมมีด โดยแผนการทดลองได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 3.1

3.5 การวัดค่าความหนาบิด การสึกหรอของใบมีดตัดและพลังงานที่ใช้ในการตัด

3.5.1 การวัดค่าความหนาบิดชิ้นงานกับสภาวะการตัด

3.5.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การวัดค่าความหนาบิดจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้

1. เครื่องวัดค่าความเรียบผิว
2. ไม้ยางพาราที่ผ่านการตัดแต่ง
3. เครื่องคอมพิวเตอร์

3.5.1.2 วิธีวัดค่าความหนาบิดชิ้นงานกับสภาวะการตัด

วิธีการหาค่าความหนาบิด จะต้องใช้วิธีการในการหาค่าของความหนาบิด หลังจากผ่านกระบวนการตัดแต่งไม้ยางพารา จะมีขั้นตอนดังนี้

1. นำชิ้นงานที่ผ่านการตัดทำความสะอาด โดยใช้ลมเป่าและใช้ผ้าเช็ด
2. นำเครื่องวัดค่าความหนาบิด วัดค่าของความหนาบิด โดยวางส่วนหัวของ เครื่องลงบนชิ้นงานที่ทำการวัด
3. เริ่มเดินเครื่องวัดค่าความหนาบิด เครื่องจะลากแกนที่สัมผัสให้สัมผัส ชิ้นงานแล้วจะแสดงค่าของความหนาบิดผ่านกราฟของเครื่องพิมพ์
4. บันทึกค่าที่ได้ลงบนคอมพิวเตอร์

3.5.2 การวัดความกว้างคมมีดตัดกับสภาวะการตัด

3.5.2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การวัดค่าความกว้างคมมีดตัดจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้

1. ใบมีดตัด

2. เครื่องคอมพิวเตอร์
3. กล้องจุลทรรศน์
4. เลนส์ที่ใช้ในการวัดค่าความลึกหรือ
5. กล้องกำลังขยายที่ส่งภาพสู่คอมพิวเตอร์ (CCD)
6. เสเกลที่ใช้วัดค่าความลึกหรือ

3.5.2.2 วิธีการวัดความกว้างคมมีดตัดกับสภาวะการตัด

การวัดความกว้างคมมีดตัดจะทำโดยดูจากกล้องจุลทรรศน์ที่มีเลนส์ตาที่สามารถวัดค่าของการสึกหรอได้ หลังจากนั้นทำการถ่ายภาพผ่านกล้อง CCD ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วนำค่าที่ได้มาวัดกับสเกลมาตรฐานในคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีขั้นตอนในการทำดังนี้

1. นำใบมีดตัดที่ผ่านการตัดแต่งมาทำความสะอาดโดยใช้ลมเป่าและใช้แอลกอฮอล์เช็ดบริเวณคมของใบมีดตัด
2. นำมีดที่ผ่านการทำความสะอาดวางบนกล้องจุลทรรศน์
3. ปรับค่าของกำลังขยายไปที่ 50 เท่าแล้วปรับระยะของการมองภาพให้ชัดเจน
4. ส่องกล้องหาค่าของการสึกหรอที่เกิดจากการตัดแต่ง โดยการดูค่าความลึกหรือของใบมีดตัดแล้วถ่ายภาพของการเกิดการสึกหรอโดยใช้กล้อง CCD ส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์
5. นำภาพที่ได้จากการถ่ายภาพมาวัดกับสเกลเพื่อหาค่าเฉลี่ยของการสึกหรอ ใบมีดหนึ่งชุดจะวัด 6 จุด แล้วหาค่าสูงสุดค่าต่ำสุดและค่าเฉลี่ย ของใบมีดแต่ละชุด
6. เก็บข้อมูลของการสึกหรอไปจนใบมีดตัดหมดอายุการใช้งาน

3.5.3 การวัดค่าพลังงานที่ใช้ในการตัดกับสภาวะการตัด

3.5.3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การวัดค่าพลังงานที่ใช้ในการตัดจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้

1. เครื่องเก็บข้อมูลของกระแสไฟฟ้า
2. เครื่องคอมพิวเตอร์
3. โปรแกรมเก็บข้อมูลของกระแสไฟฟ้า

3.5.3.2 วิธีการวัดค่าพลังงานที่ใช้ในการตัด

การวัดค่าพลังงานที่ใช้ในการตัดจะมีขั้นตอนในการตรวจสอบดังนี้

1. เปิดโปรแกรมการเก็บข้อมูลของกระแสไฟฟ้า
2. เมื่อใบมีดตัดขึ้นงานค่าของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีค่าที่สูงขึ้น
3. ข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บไว้ในโปรแกรม Demand Management System (DMS) ที่จะแสดงผลเป็นกราฟในแต่ละช่วงเวลาในการตัด
4. นำข้อมูลที่ได้ส่งผ่านไปยัง excel แล้วทำการแยกข้อมูลของการตัดออกนำข้อมูลที่ได้บันทึกลงในคอมพิวเตอร์

3.6 การจัดทำแผนและแนวทางในการจัดการการใช้ใบมีดตัด

การจัดทำแผนและแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัดมีขั้นตอนดังนี้

1. รวบรวมผลการศึกษาที่ได้จากหัวข้อที่ 3.2 การศึกษาสถานะการตัดแต่งขึ้นงานสภาพปัจจุบัน หัวข้อที่ 3.3 การศึกษาข้อกำหนดความหนาผิวที่ต้องการ และหัวข้อที่ 3.4 การศึกษาอายุการใช้งานของใบมีดตัดในสถานะการตัดให้คงที่
2. วิเคราะห์และพิจารณาสถานะการตัดที่ทำให้อายุการใช้งานที่ยาวนาน ความหนาผิวขึ้นงานตัดที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการขัดผิวเรียบเพื่อสามารถลดขั้นตอนและเวลาที่ใช้ในการขัดผิวหนา
3. ประชุมร่วมกับผู้จัดการ วิศวกร และผู้เกี่ยวข้องกับการใช้ใบมีดตัดสำหรับเครื่องตัดเพลตตั้ง เพื่อสรุปเป็นแผนและแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด

3.7 การทดลองปฏิบัติการทดสอบแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด

การทดลองปฏิบัติการทดสอบแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัดได้กระทำดังนี้

1. กำหนดให้ขึ้นงานและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเหมือนเดิมกับวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในหัวข้อที่ 3.2, 3.3 และ 3.4
2. ก่อนการดำเนินการทดลองตัดขึ้นงานทุกครั้งให้มีการตรวจสอบ อุปกรณ์ใบมีดตัดและเครื่องจักร
3. นำผลที่ได้จากการจัดทำแผนและแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด ในหัวข้อ 3.6 ไปทดลองปฏิบัติในสายการผลิต

4. เปรียบเทียบผลการทดลองใช้แนวทางที่เสนอเพื่อปรับปรุงกับการทำงานในสภาพปัจจุบัน
5. จัดทำมาตรการเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการการใช้ใบมีดตัด

3.8 การสร้างมาตรการการใช้ใบมีดตัด

การสร้างมาตรการการใช้ใบมีดตัดจะได้จากการนำเอาค่าของผลการทดลองที่มีค่าของอายุการใช้งานยาวนานที่สุดที่ได้จากการทดลอง นำเอาตัวแปรของการทดลอง คือ ความเร็วรอบ ระยะลึกของรอยตัด และอัตราการป้อน มากำหนดเป็นค่าของการใช้งานในสายการผลิต โดยทำการสร้างเป็นมาตรการของการการใช้ใบมีดตัด

3.8.1 วิธีการสร้างมาตรการการใช้ใบมีดตัด

วิธีการสร้างมาตรการการใช้ใบมีดตัดสามารถกระทำดังนี้

1. เลือกเอาตัวแปรของ ความเร็วรอบ ระยะลึกของรอยตัด และ อัตราการป้อน ของการทดลองที่ดีที่สุดมาใช้เป็นเกณฑ์ของการสร้างมาตรการการใช้ใบมีดตัด
2. จากตัวแปรที่ได้นำมาสร้างแผนการทำงานที่เป็นไปได้ในการทำงาน
3. ออกแบบมาตรการการใช้ใบมีดตัด

บทที่ 4

ผลการดำเนินการศึกษา

ผลการดำเนินงานวิจัยใน การศึกษาการใช้ใบมีดตัดของกระบวนการตัดแต่งสำหรับไม้ยางพาราแปรรูปนั้นจะแสดงผลของการศึกษาที่ได้ทำการศึกษามา ดังนี้ คุณสมบัติของไม้ยางพารา คุณสมบัติของใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลอง คุณลักษณะของใบมีดตัดและไม้ยางพารา และในส่วนของการทดลองจะแสดงค่าของการเกิดการสึกหรอของใบมีดตัด ค่าของความหยาบผิวและค่าของกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการตัดแต่งไม้ยางพาราแปรรูป

ดังนั้นจึงแบ่งผลการทดลอง และการวิเคราะห์ออกเป็นหัวข้อ ดังนี้

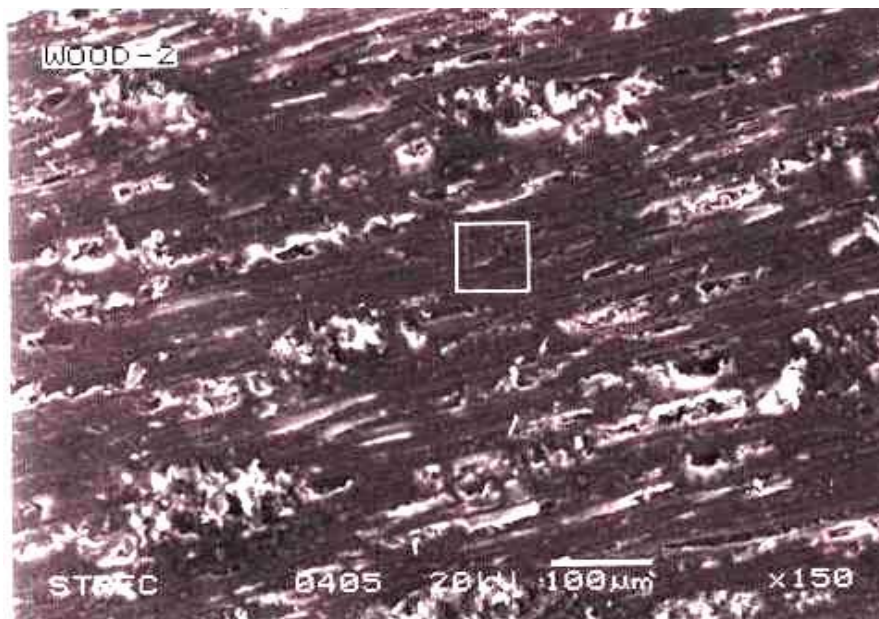
1. ผลการตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพารา ใบมีดตัดและเครื่องจักรก่อนการทดลอง
2. ผลการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตัดแต่งชิ้นงานสภาพปัจจุบัน
3. ผลการศึกษาข้อกำหนดความหยาบผิวของชิ้นงาน
4. ผลการตรวจสอบเครื่องจักร ไม้ยางพารา และใบมีดตัดก่อนการทดลอง
5. ผลการศึกษาอายุการใช้งานของใบมีดตัดโดยควบคุมสภาวะการตัด
6. ผลการวัดค่าความหยาบผิวไม้ การสึกหรอของใบมีดตัด และ พลังงานที่ใช้ในการตัด
7. ผลการจัดทำแผนและแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด
8. ผลการทดลองปฏิบัติการทดสอบแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด
9. มาตรการการใช้ใบมีดตัด

4.1 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพารา และใบมีดตัดและเครื่องจักรก่อนการทดลอง

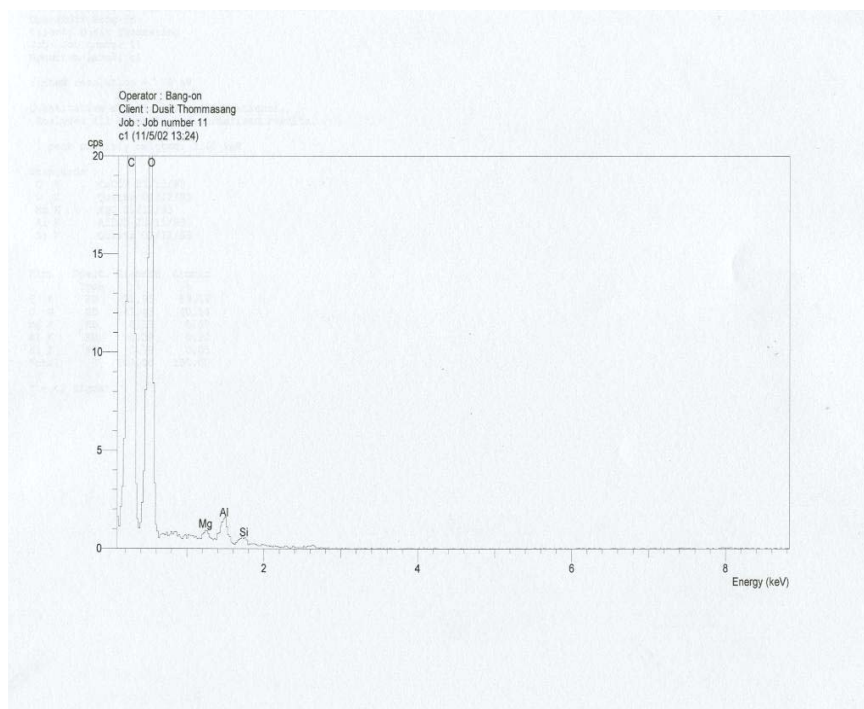
4.1.1 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพารา

4.1.1.1 ผลการตรวจหาธาตุในเนื้อไม้ยางพารา

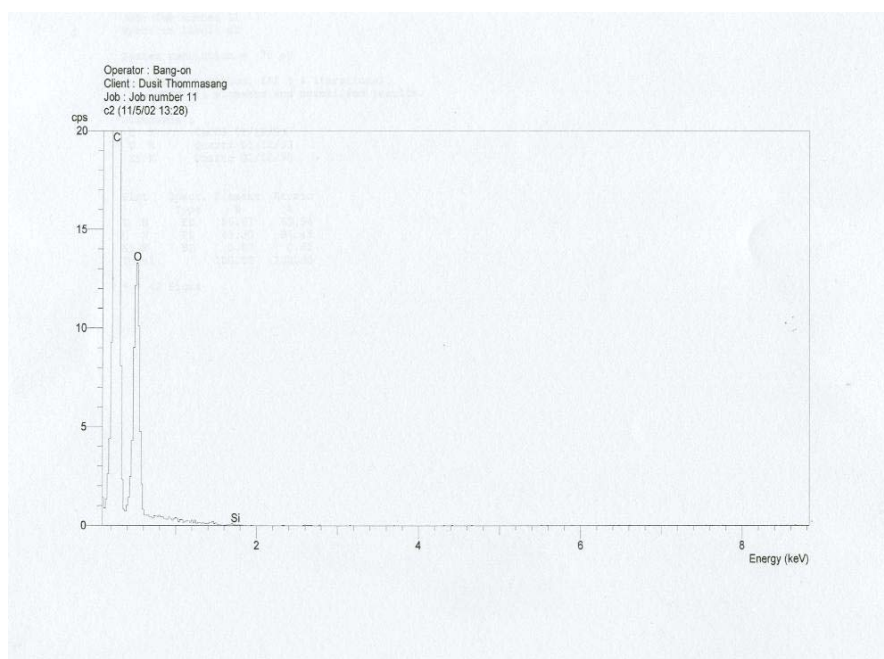
ผลการตรวจหาซิลิกอนในเนื้อไม้ยางพาราที่ทำการทดลอง ดังรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 และตารางที่ 4.1 พบว่าไม้ยางพาราที่ทำการทดลองนั้น มีธาตุคาร์บอนและออกซิเจนค่าเฉลี่ยอยู่ร้อยละ 54.3 และ 45.4 ตามลำดับ สำหรับธาตุ Si Mg และ Al นั้นไม่สามารถยืนยันได้ชัดเจนจากเครื่องมือวัดสำหรับรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก(1) อย่างไรก็ตามปริมาณธาตุคาร์บอนที่แสดงในผลตรวจสอบบางส่วนอาจมาจากผลของการเคลือบผิวชิ้นงานด้วยคาร์บอน



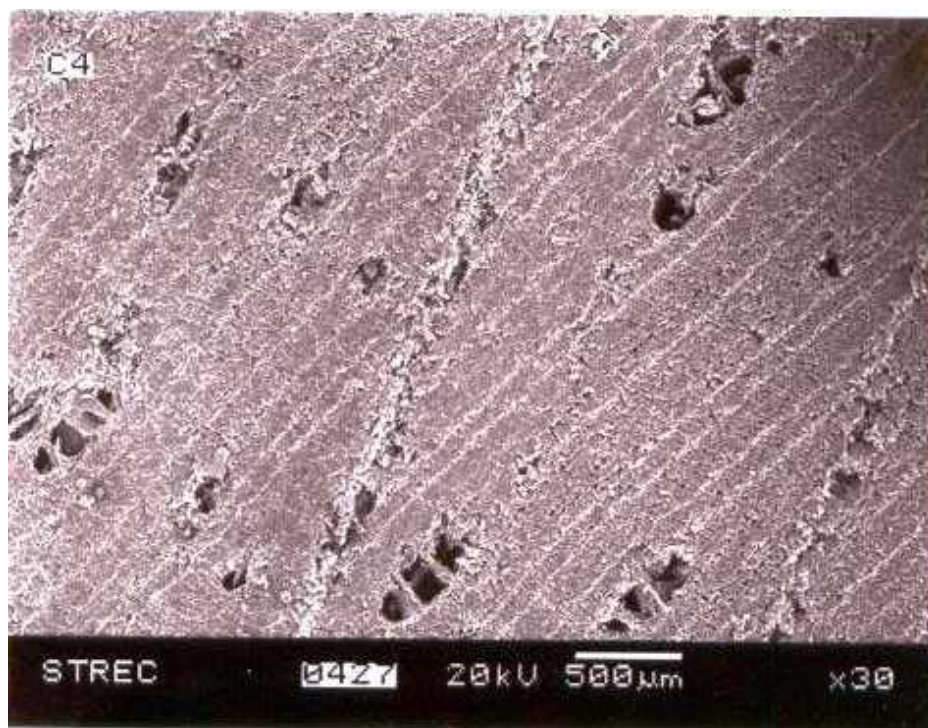
รูปที่ 4.1 บริเวณพื้นผิวที่ต้องการตรวจหาซิลิกาของไม้ยางพาราที่กำลังขยาย 150 เท่า



รูปที่ 4.2 ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับไม้ยางพาราจุดที่ 1



รูปที่ 4.3 ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับไม้ยางพาราจุดที่ 2



รูปที่ 4.4 แสดงภาพถ่าย SEM ของขนาดท่ออาหารของไม้ยางพาราที่กำลังขยาย 30 เท่า

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการตรวจสอบหาธาตุภายในเนื้อไม้ยางพารา

ธาตุ	หน่วย	ผลการตรวจวิเคราะห์		
		1	2	เฉลี่ย
C	%	51.95	56.67	54.30
O	%	47.43	43.30	45.36
Si *	%	0.10	0.03	0.07
Mg *	%	0.13	0	0.07
Al *	%	0.38	0	0.2
รวม	%	100	100	100

หมายเหตุ * ผลการตรวจสอบที่ได้ไม่สามารถยืนยันได้ชัดเจน

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการตรวจสอบหาธาตุในเนื้อโลหะที่ใช้ทำใบมีดตัด

ธาตุ	หน่วย	ผลการตรวจวิเคราะห์		
		1	2	เฉลี่ย
C	%	31.34	34.21	32.78
O	%	12.72	20.70	16.71
W	%	55.93	45.10	50.51
รวม	%	100	100	100

4.1.1.2 ผลการตรวจสอบขนาดของท่ออาหารของไม้ยางพารา

ผลการตรวจสอบขนาดของท่ออาหารของไม้ยางพาราที่ทำการทดลอง ดังรูปที่ 4.4 พบว่าขนาดของท่ออาหารของไม้ยางพาราที่ทำการทดลองจะมีขนาดอยู่ในช่วง 200 ถึง 500 ไมโครเมตร

4.1.1.3 ผลการตรวจสอบความเค้นอัดขนานเสี้ยน

ผลการตรวจสอบค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยน (Compressive Strength) ที่ได้ทำการทดสอบจะมีค่าของความเค้นอัดที่ได้เท่ากับ 468 kg/cm^2

4.1.1.4 ผลการตรวจสอบความเค้นดึงขนานเสี้ยน

ผลการตรวจสอบความเค้นดึงขนานเสี้ยน (Tensile Strength) ที่ได้ทำการทดสอบในการทดลองนี้จะได้ค่าของความเค้นดึงเท่ากับ 445 kg/cm^2

4.1.1.5 ผลการตรวจสอบความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน

ผลการตรวจสอบความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน (Shear Strength) ที่ได้ทำการทดสอบในการทดลองนี้จะได้ค่าของความเค้นเฉือนเท่ากับ 122 kg/cm^2

4.1.1.6 การตรวจสอบการกระแทก

ผลการตรวจสอบการทนแรงกระแทก (Impact Strength) ที่ได้ทำการทดสอบในการทดลองนี้จะได้ค่าของแรงกระแทกเท่ากับ 0.66 kg-m/cm^2

4.1.1.7 ผลการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้ยางพารา

จากตารางที่ 4.3 แสดงสรุปผลค่าของค่าของเปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้ยางพาราที่ทำการทดลอง พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.4 ± 0.5 เปอร์เซ็นต์

4.1.1.8 ผลการตรวจสอบค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ

จากตารางที่ 4.3 แสดงสรุปผลค่าของค่าความหนาแน่นของชิ้นงานทดสอบของการทดลอง พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะของชิ้นทดสอบเฉลี่ยเท่ากับ 0.61 ± 0.03

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าของเปอร์เซ็นต์ความชื้นและความหนาแน่นที่วัดได้

ระยะลึก (มม.)	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	อัตราป้อน (ม./นาที)	ความชื้น ^๑ (%)	ความหนาแน่น (กก./ลบม.)
3	4900	3	9.96	0.642
		5	10.21	0.61
		7	9.62	0.66
	7900	3	10.27	0.62
		5	9.17	0.57
		7	9.46	0.58
5	4900	3	8.83	0.64
		5	8.74	0.59
		7	9.63	0.64
	7900	3	8.74	0.60
		5	9.04	0.62
		7	9.46	0.58
เฉลี่ย			9.4 ± 0.5	0.61 ± 0.03

4.1.2 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติไบมิดัด

4.1.2.1 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของไบมิดัด

รูปที่ 4.5 และ 4.6 แสดงภาพถ่าย SEM ของโครงสร้างจุลภาคของไบมิดัดตรงบริเวณหน้าไบมิดัดที่กำลังขยาย 1,500 และ 7,000 เท่าตามลำดับ จากภาพจะพบว่าไบมิดัดจะมีการกระจายของผงที่มีขนาดเล็กในบริเวณผิวหน้า โดยผงจะมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 2 ถึง 10 μm

4.1.2.2 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของไบมิดัด

ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของโลหะที่ใช้ทำไบมิดัดที่ใช้ในการศึกษาได้แสดงดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 และตารางที่ 4.2 ด้วย EDX พบว่าไบมิดัดที่ทำการทดลองจะประกอบด้วยธาตุผสมหลักคือ ทังสเตน (W) คาร์บอน(C) และออกซิเจน(O) อยู่เฉลี่ยร้อยละ 50.51 32.78 และ 16.71 ตามลำดับ รายละเอียดของผลการตรวจสอบได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก (2)

4.1.2.3 ผลการตรวจสอบค่าความกว้างของสันคมมิดัดก่อนใช้งาน

รูปที่ 4.9 แสดงภาพถ่าย SEMที่กำลังขยาย 500 เท่าของสันคมตัดของไบมิดัดที่ได้รับจากผู้ผลิตไบมิดัดโดยตรง จากภาพพบว่าความกว้างของคมตัดมีค่าอยู่ระหว่าง 15 ถึง 30 μm และในรูปที่ 4.10 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ของสันคมมิดัดที่ได้รับจากผู้ผลิตไบมิดัดโดยตรง จากภาพจะพบว่าการกระจายของผงจะมีขนาดเฉลี่ยตั้งแต่ 2 ถึง 5 μm

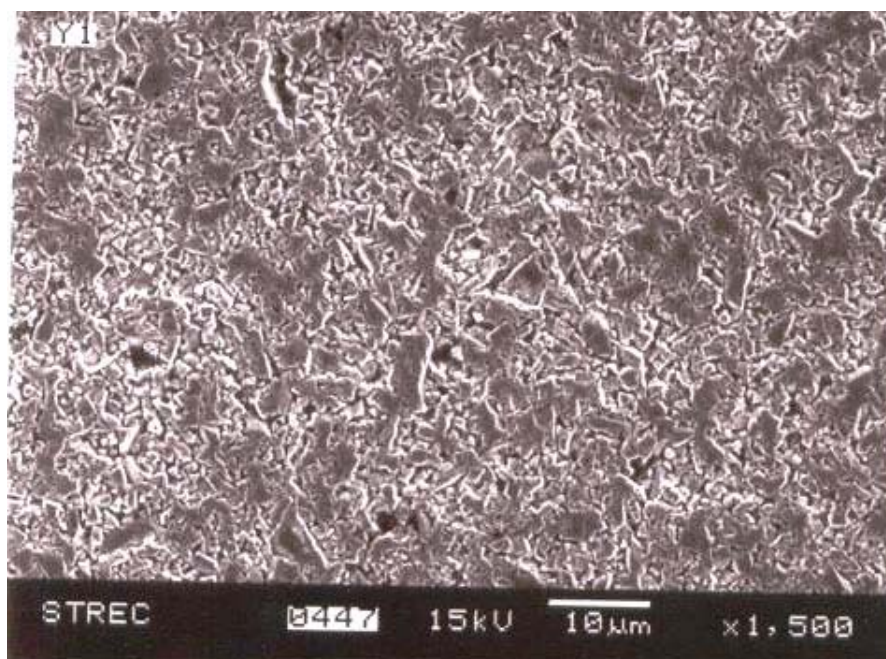
รูปที่ 4.11 แสดงภาพถ่าย SEMที่กำลังขยาย 500 เท่าของสันคมตัดของไบมิดัดก่อนการใช้งานตัด จากภาพพบว่าความกว้างของคมตัดมีค่าอยู่ระหว่าง 5 ถึง 10 μm และในรูปที่ 4.12 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ของสันคมมิดัดก่อนการใช้งาน จากภาพจะพบว่าการกระจายของผงจะมีขนาดเฉลี่ยตั้งแต่ 2 ถึง 5 μm

4.1.2.4 ผลศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไบมิดัด

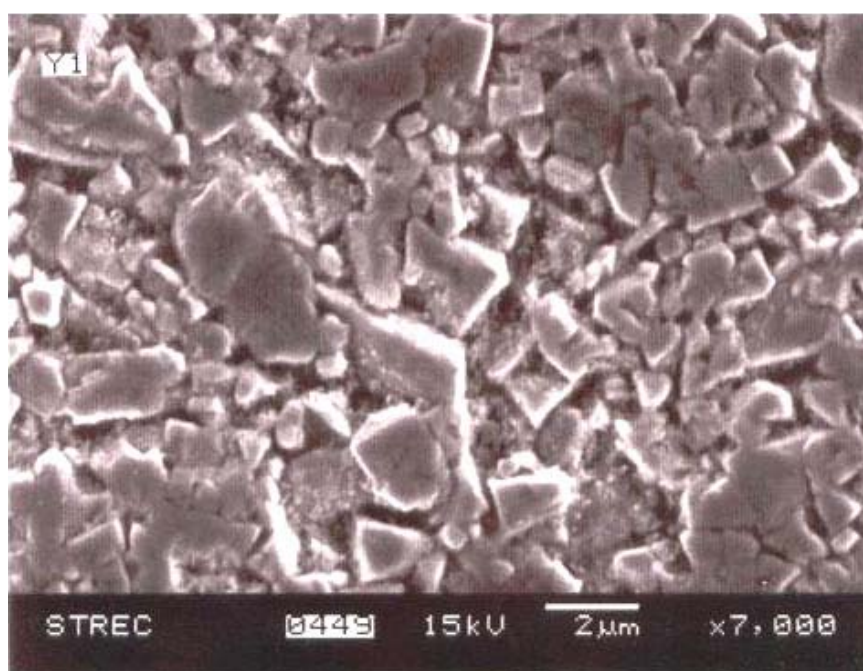
จากตารางที่ 4.4 แสดงสรุปผลขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของไบมิดัดที่ทำการทดลอง ได้ค่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชุดไบมิดัดเท่ากับ 69.1 ± 0.2 มิลลิเมตร

4.1.2.5 ผลการศึกษามุมตัดของไบมิดัด

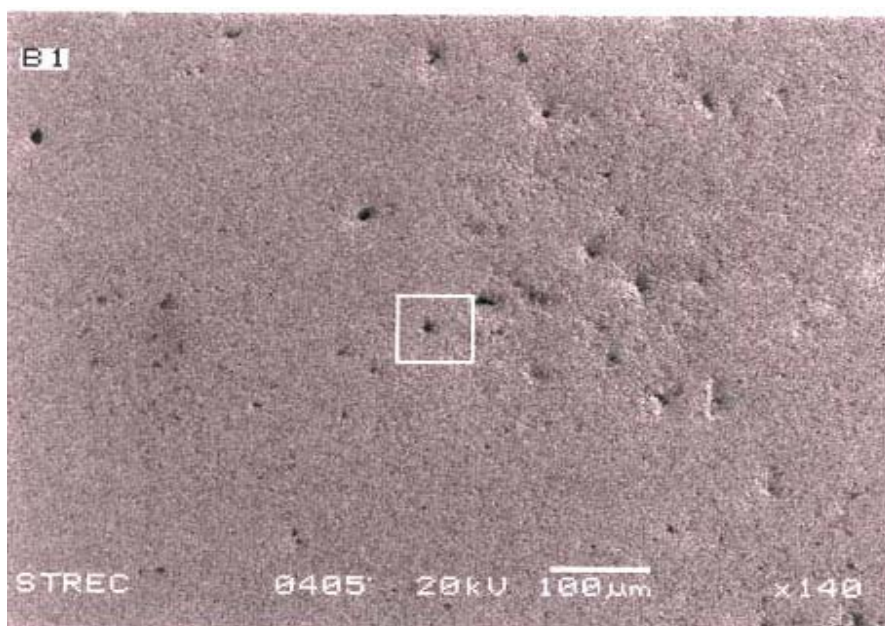
จากตารางที่ 4.4 แสดงสรุปผลของมุมตัดของไบมิดัด ได้ค่าของมุมตัดของไบมิดัดเท่ากับ 49.9 ± 0.4 องศา



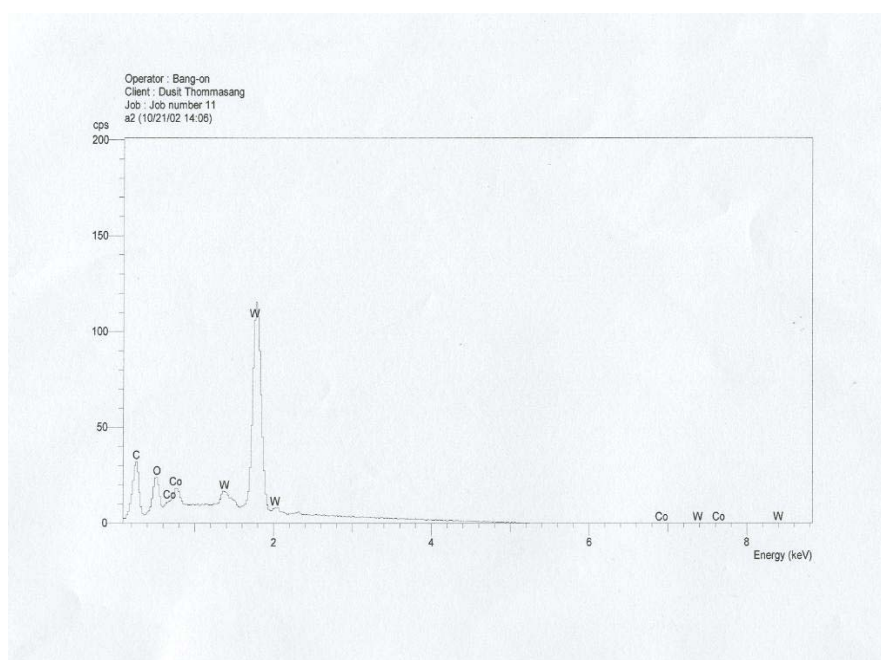
รูปที่ 4.5 โครงสร้างจุลภาคของใบมีดตัดบริเวณคายเศษของใบมีดตัดที่กำลังขยาย 1500 เท่า



รูปที่ 4.6 โครงสร้างจุลภาคของใบมีดตัดบริเวณคายเศษของใบมีดตัดที่กำลังขยาย 7000 เท่า



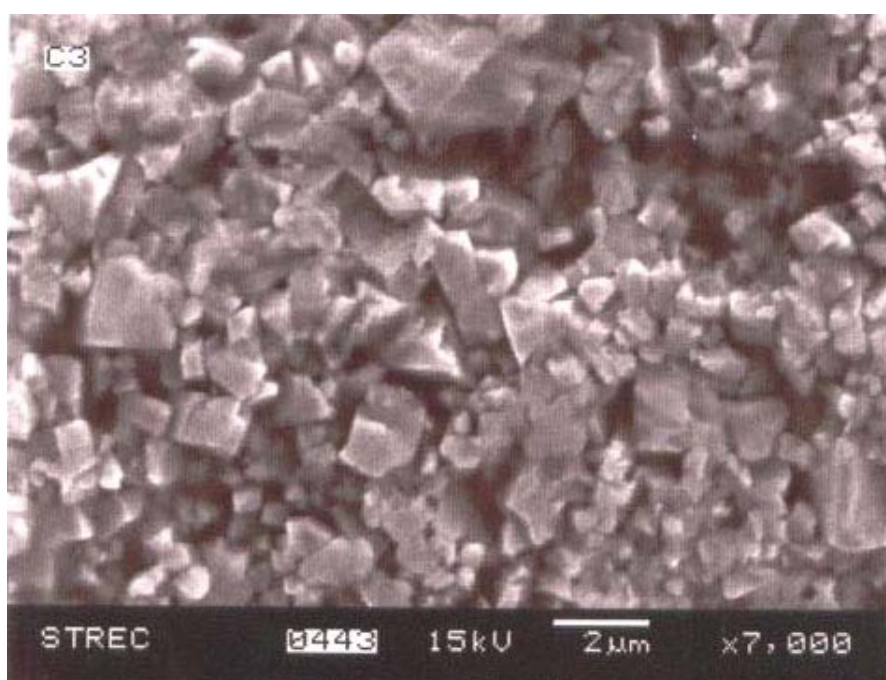
รูปที่ 4.7 บริเวณที่ถูกตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของไบมิดตัดด้วย EDX



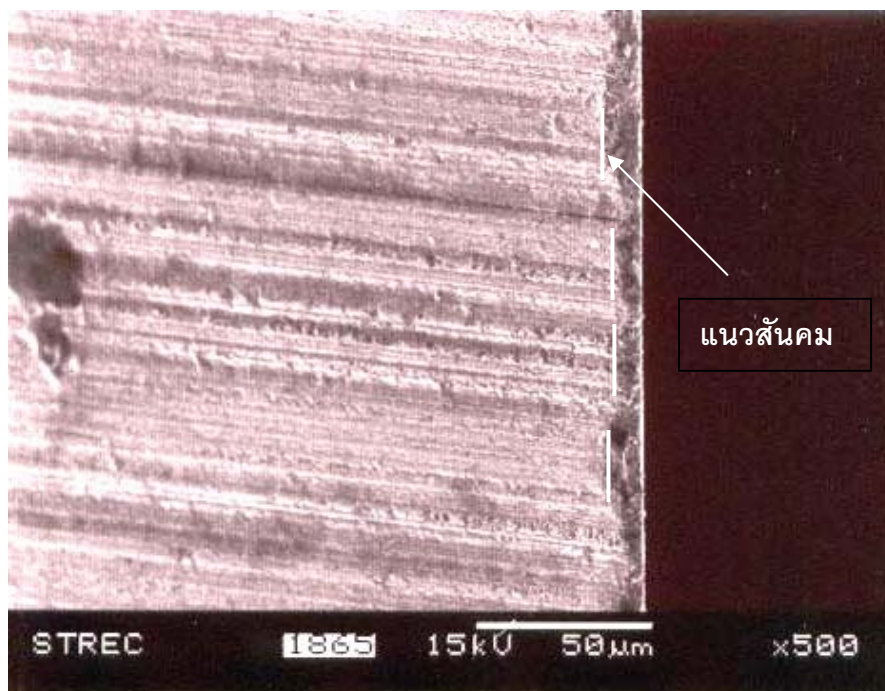
รูปที่ 4.8 ผลการตรวจสอบด้วยวิธีการ EDX ของไบมิดตัดที่ใช้ในการทดลอง



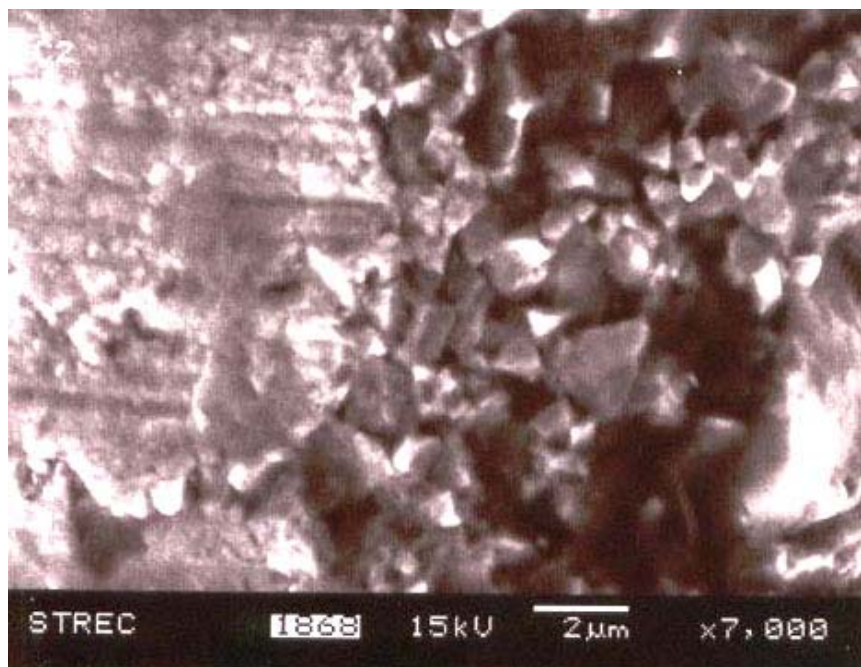
รูปที่ 4.9 ภาพถ่าย SEM ของแนวสันคมมีดที่ได้รับจากผู้ผลิตใบมีดตัดโดยตรงกำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 4.10 ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดที่ได้รับจากผู้ผลิตใบมีดตัดโดยตรงที่กำลังขยาย 7000 เท่า



รูปที่ 4.11 ภาพถ่าย SEM ของแนวเส้นคมมีดตัดที่ผ่านการลับคมก่อนการนำไปใช้งานที่กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 4.12 ภาพถ่าย SEM ของเส้นคมมีดตัดที่ผ่านการลับคมก่อนการนำไปใช้งานที่กำลังขยาย 7000 เท่า

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าของมูมมีดัดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่วัดได้

ระยะลึก (มม.)	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	อัตราป้อนชิ้นงาน (ม./นาที)	มุมมีดตัด (องศา)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)
3	4900	3	49.5	69
		5	49.7	69
		7	49.7	69
	7900	3	50	69
		5	49.7	69
		7	49.5	69
5	4900	3	49.3	69.1
		5	50.5	69.5
		7	50.3	69.6
	7900	3	50	69
		5	50.2	69
		7	49.8	69
เฉลี่ย			49.9 ± 0.4	69.1 ± 0.2

4.1.3 ผลการตรวจสอบเครื่องตัดเพลาดั้ง

4.1.3.1 ผลการตรวจสอบความเร็วรอบ

จากตารางที่ 4.5 แสดงค่าของความเร็วรอบที่ใช้ในการตัดของการทดลอง ที่มีค่าของความเร็วรอบ 4900 และ 7900 รอบ/นาที จะมีค่าของความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 4963 ± 9.6 และ 7895 ± 22.4 รอบ/นาที

4.1.3.2 ผลการตรวจสอบการแกว่งของแกนเพลาลับมีดตัด

จากตารางที่ 4.5 แสดงค่าของการแกว่งของใบแกนเพลาลับมีดตัดที่ใช้ในการทดลอง การแกว่งของแกนเพลาลับมีดตัดที่ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาทีจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 ± 0.05 มิลลิเมตร และ ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาทีจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.17 ± 0.04 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการตรวจสอบเครื่องจักรก่อนการทดลอง

ระยะลึก (มม.)	อัตราป้อน (ม./นาที)	ความเร็วรอบ ที่ 4900 (รอบ/นาที)	การแกว่งของ แกนเพลาลับมีด ตัดที่ความเร็ว รอบ 4900 (มม.)	ความเร็วรอบ ที่ 7900 (รอบ/นาที)	การแกว่งของ แกนเพลาลับมีด ตัดที่ความเร็ว รอบ 7900 (มม.)
3	3	4971	0.1	7918	0.18
	5	4969	0.1	7913	0.19
	7	4945	0.24	7859	0.12
5	3	4965	0.14	7906	0.22
	5	4969	0.18	7879	0.14
	7	4962	0.17	7895	0.18
เฉลี่ย		4963 ± 9.6	0.15 ± 0.05	7895 ± 22.4	0.17 ± 0.04

4.2 ผลการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตัดแต่งชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

4.2.1 ผลการศึกษาสภาวะการตัดและอายุใบมีดตัดในปัจจุบัน

4.2.1.1 ผลการศึกษามุมมีดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชุดใบมีดตัด

จากตารางที่ 4.6 แสดงค่าของมุมมีดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่วัดได้ โดยใบมีดตัดชุดที่ 1 และ 2 จะมีขนาดมุมมีดเฉลี่ย 51.8 องศา และ 53.3 องศาตามลำดับ หรือมีค่ามุมมีดเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 52.6 ± 1.6 องศาและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 72 มม. เท่ากัน

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าของมุมมีดตัดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่วัดได้

ใบมีดตัด ชุดที่	มุมมีดใบมีด (องศา)							ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ชุดใบมีด (มม.)			
	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
1	53	51	54	50	51	52	51.8	72	72	72	72
2	53	55	54	54	53	51	53.3	72	72	72	72
ค่าเฉลี่ย						52.6 ± 1.6		ค่าเฉลี่ย		2 ± 0	

4.2.1.2 ผลระยะลิกรอยตัด อัตราป้อนงาน และอายุการใช้งานของใบมีดตัด

ตารางที่ 4.7 แสดงสรุปผลการเปรียบเทียบสภาวะการตัดและอายุการใช้งานของชุดใบมีดตัดที่ 1 และ 2 จากตารางข้างต้น พบว่า ระยะลิกรอยตัดที่โรงงานใช้อยู่ในปัจจุบันสำหรับชิ้นงานนี้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4 ± 0.5 เวลาที่ใช้ในการตัดเฉลี่ยเท่ากับ 2.8 ± 0.5 วินาที/ชิ้นงาน หรือมีอัตราการป้อนงานเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 ± 1.7 เมตร/นาที รายละเอียดของข้อมูลเกี่ยวกับระยะลิกรอยตัด อัตราป้อนงาน และอายุการใช้งานของใบมีดตัดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก (3)

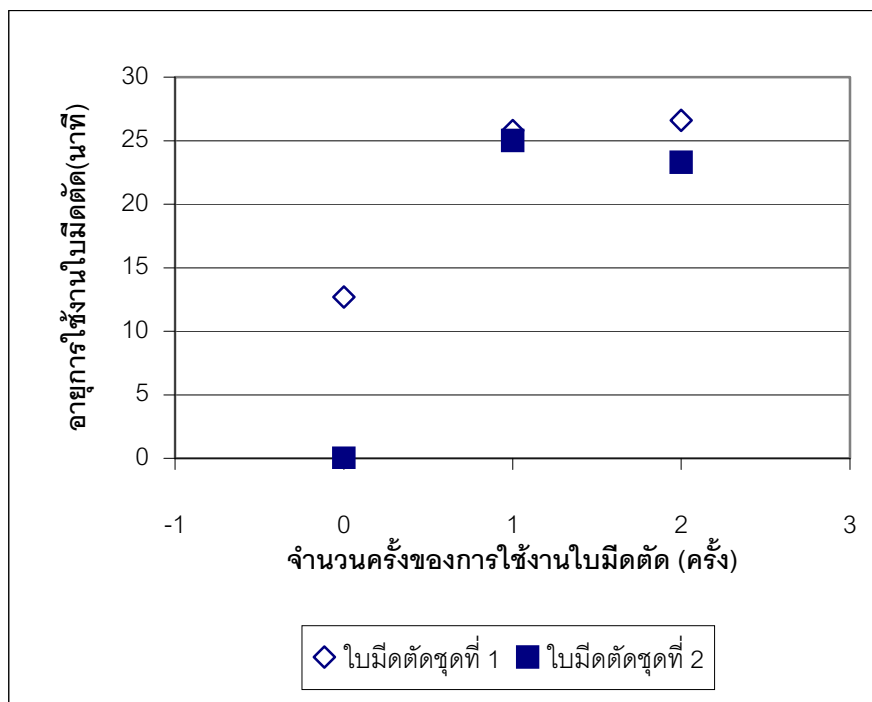
จากรูปที่ 4.13 และ 4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนรอบการใช้งานของใบมีดตัด กับอายุการใช้งานของใบมีดตัดและปริมาตรการตัดตามลำดับ จะพบว่าทั้งใบมีดตัดชุดที่ 1 และ 2 เมื่อได้รับจากผู้ผลิตโดยตรง (รอบการใช้งานที่ 1) จะมีอายุการใช้งานที่สั้นกว่ารอบที่ 2 และ 3 อย่างเห็นได้ชัด และเมื่อใบมีดที่ผ่านการลับครั้งที่ 1 และ 2 แล้วอายุการใช้งานของใบมีดอาจมีแนวโน้มที่ยาวนานขึ้นเล็กน้อย คือ ใบมีดตัดชุดที่ 1 เมื่อผ่านการลับครั้งที่ 1 และ 2 จะมีอายุการใช้งานเท่ากับ 30 และ 34 นาที ตามลำดับ และทำนองเดียวกันใบมีดชุดที่ 2 จะมีอายุการใช้งานใบมีดตัดเท่ากับ 29.4 และ 30 นาที ตามลำดับ ดังผลสรุปในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการเปรียบเทียบสภาวะการตัดและอายุการใช้งานของใบมีดตัดชุดที่ 1 และ 2

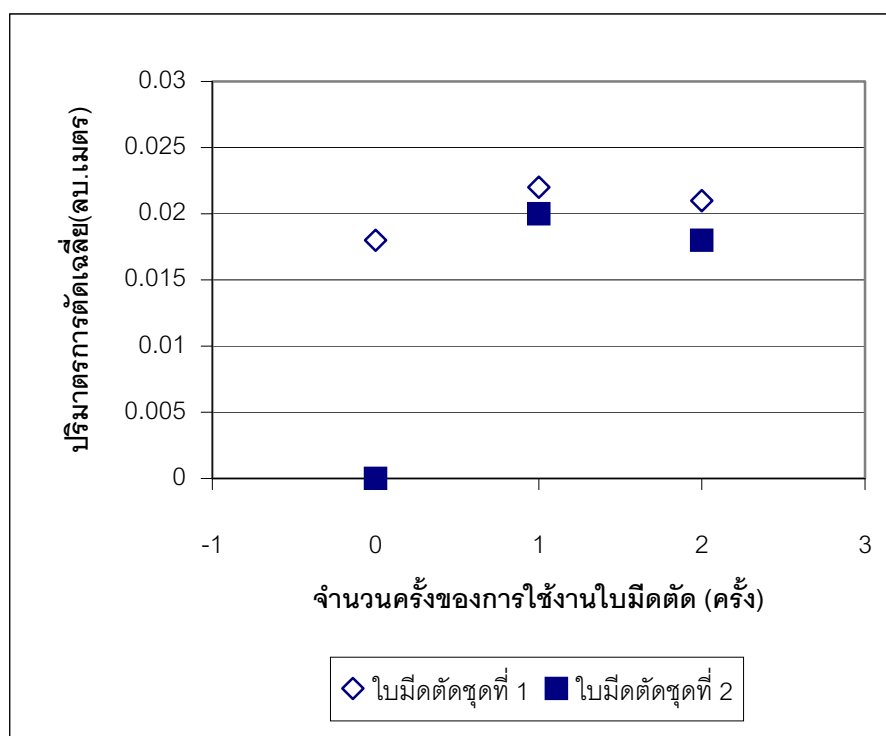
รายการ	หน่วย	จำนวนครั้งการลับคมของใบมีดตัดชุดที่ 1			จำนวนครั้งการลับคมของใบมีดตัดชุดที่ 2			เฉลี่ย
		0	1 ^{*1}	2 ^{*2}	0 [*]	1 ^{*1}	2 ^{*2}	
1) มุมมีดตัด	องศา	51.8	51.8	51.8	53.5	53.3	53.3	52.6 ± 1.6
2) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	มม.	72	72	72	72	72	72	72 ± 0
3) ระยะลึกของรอยตัด	มม.	3.4	3.5	2.9	3.7	4.1	2.7	3.4 ± 0.5
4) เวลาที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงาน	วินาที/ชิ้นงาน	1.9	3.1	2.9	3.1	3.0	2.8	2.8 ± 0.5
5) อัตราการป้อนงาน	ม./นาที	10.7	6.4	6.8	6.4	6.7	7.2	7.4 ± 1.7
6) จำนวนชิ้นงานที่ตัดได้	ชิ้น	400	500	550	0	500	500	$638 \pm 48^{*3}$
7) อายุการใช้งาน	นาที	12.7	25.8	26.6	0	25	23.3	$25.2 \pm 1.4^{*3}$
8) ปริมาตรการตัดเฉลี่ย	ลบ.เมตร	0.018	0.022	0.021	0	0.02	0.018	$0.02 \pm 0.002^{*3}$

หมายเหตุ

- 1) 0 หมายถึง ชุดใบมีดตัดที่รับมาจากผู้ผลิตโดยตรง
- 2) *1 และ *2 หมายถึง ชุดใบมีดตัดที่ผ่านการลับคมเนื่องจากใบมีดตัดหมดอายุครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ
- 3) *3 หมายถึง คัดค่าเฉลี่ยเฉพาะกรณี 1 และ 2



รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการใช้งานกับอายุการใช้งานของใบมีดตัด



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการใช้งานและปริมาตรการตัด

4.2.1.3 ผลการศึกษาค่าความหยابผิว

รูปที่ 4.15 และ 4.16 แสดงผลของจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตัดและความหยابผิวชิ้นงานที่วัดได้ของแต่ละช่วงที่ทำการตรวจวัดสำหรับโม่ชนิดชุดที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าค่าความหยابผิวของชิ้นงานที่ได้จากการตัดจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนชิ้นงานหรือระยะเวลาที่ทำการตัด ในการตัดชิ้นงานในช่วงเริ่มต้นค่าความหยابผิวจะมีค่าประมาณ 5 ไมครอนและจะค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการตัด และเมื่อทำการตัดชิ้นงานไปจนถึงที่ 400 และ 500 ชิ้น ความหยابผิวที่ได้จะมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นจนเกิดเสี้ยนที่บริเวณผิวของงานจนไม่สามารถทำการวัดค่าความหยابผิวได้ ค่าของความหยابผิวที่ได้จากการตัดในรอบแรกของการใช้งานของโม่ชนิดตัดจะมีค่าของความหยابผิวที่สูงกว่าค่าความหยابผิวในการใช้งานในรอบที่สองและสาม รายละเอียดของข้อมูลความหยابผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดด้วยโม่ชนิดชุดที่ 1 และ 2 ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก(4)

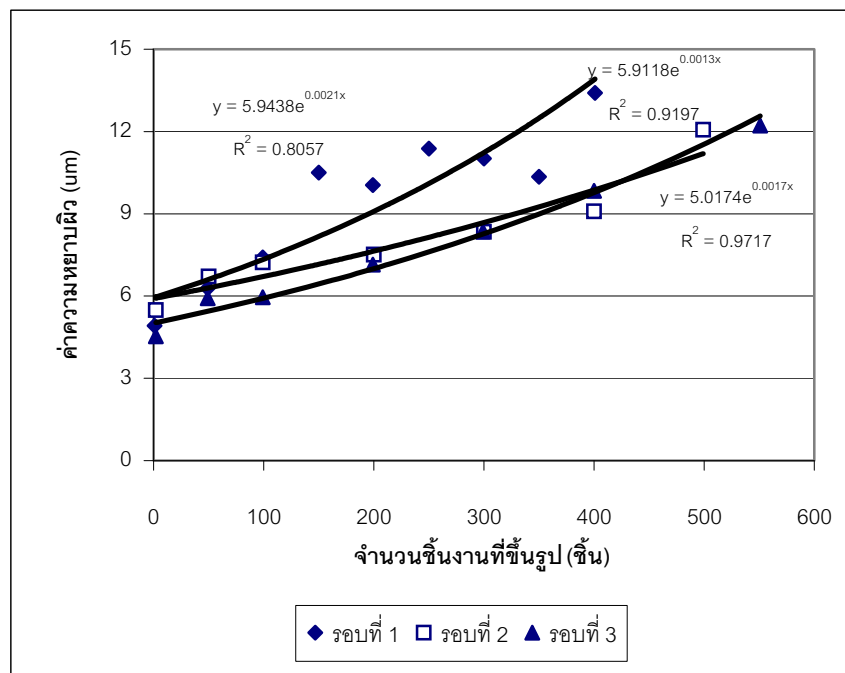
4.2.1.4 ผลการศึกษาค่าความสึกหรอของโม่ชนิดตัด

ตารางที่ 4.8 แสดงผลสรุปอัตราการสึกหรอของโม่ชนิดชุดที่ 1 และ 2 โดยรายละเอียดของข้อมูลได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก (5) และรูปที่ 4.17 และ 4.18 แสดงกราฟระหว่างจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตัดกับความกว้างของคมมีดก่อนและหลังการใช้งานของโม่ชนิดตัดชุดที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

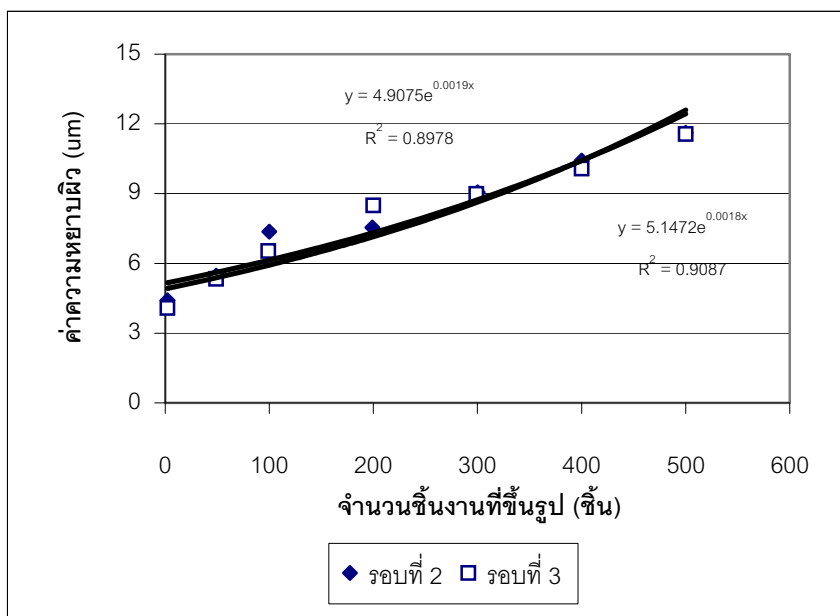
ความกว้างของคมมีดตัดจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตัด ค่าความกว้างของคมมีดตัดในช่วงเริ่มต้นของการใช้งานจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6 ไมโครเมตร และจะเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการตัดและจะมีค่าความกว้างของโม่ชนิดตัดที่การใช้งานจนหมดอายุเฉลี่ยเท่ากับ 13 ไมโครเมตร โม่ชนิดตัดของการใช้งานในรอบแรกจะให้อัตราการสึกหรอเร็วกว่าโม่ชนิดตัดที่ผ่านการตัดในรอบที่สองละสามหรือผ่านการลับคมครั้งที่ 1 และ 2 โดยชุดโม่ชนิดที่รับมาจากผู้ผลิตจะมีอัตราการสึกหรอเท่ากับ $0.47 \mu\text{m/นาที่}$ ขณะที่โม่ชนิดที่ผ่านการลับคมแล้วจะมีอัตราการสึกหรอเฉลี่ยอยู่ที่ $0.23 \mu\text{m/นาที่}$ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

รูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20 แสดงผลภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของสันคมมีดตัดก่อนและหลังการใช้งาน จากรูปจะพบว่าความกว้างของสันคมมีดหลังการใช้งานจะมีขนาดโตกว่าก่อนการใช้งาน

ตารางที่ 4.9 แสดงสรุปสภาวะการตัดอายุการใช้งานและการสึกหรอของโม่ชนิดตัดในสภาพปัจจุบัน



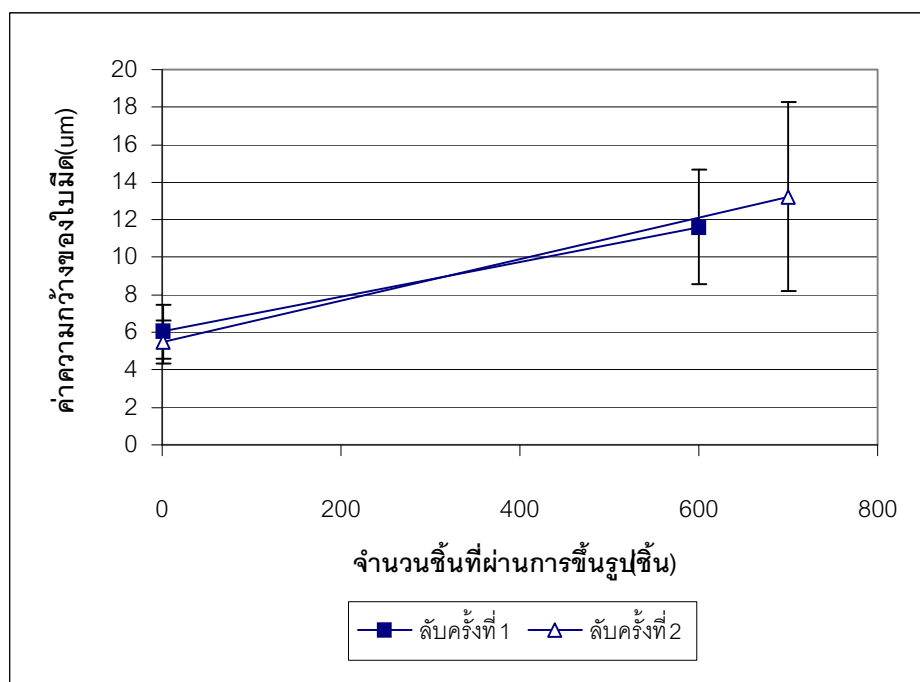
รูปที่ 4.15 จำนวนชิ้นที่ผ่านการขึ้นรูปกับค่าความหยาบผิวของใบมีดตัดที่ 1



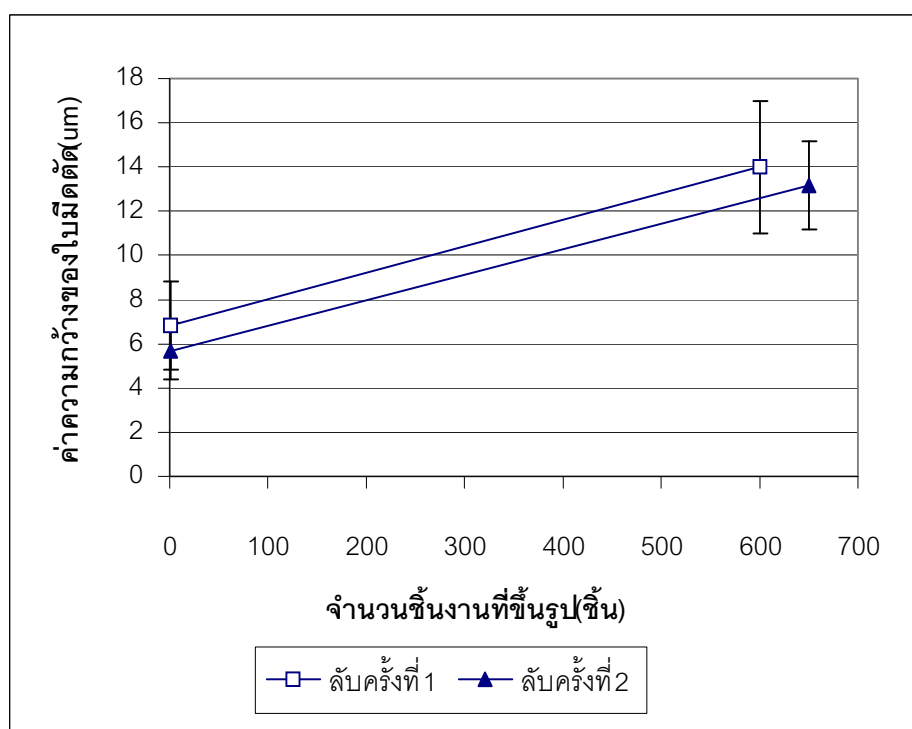
รูปที่ 4.16 จำนวนชิ้นที่ผ่านการขึ้นรูปกับค่าความหยาบผิวของใบมีดตัดที่ 2

ตารางที่ 4.8 แสดงสรุปผลอัตราการสึกหรอของใบมีดตัดชุดที่ 1 และ 2 ตามจำนวนครั้งของการลับใบมีด

ชุด ใบมีด	จำนวนครั้ง ของการใช้ งาน (ลับ)	ความกว้างของคมมีดเฉลี่ย (μm)			อายุใบมีด (นาที่) (4)	อัตราการสึกหรอ ($\mu\text{m}/\text{นาที่}$) (5) = (3)/(4)
		ก่อนการตัด (1)	หลังการตัด (2)	ความแตกต่าง (3) = (2) - (1)		
1	1	6.1	11.6	5.5	30.0	0.18
	2	5.5	13.2	7.7	34.0	0.23
2	1	6.8	14	7.2	29.4	0.25
	2	5.7	13.2	7.5	30.0	0.25
เฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบน		6.0 ± 0.6	13 ± 1	7.0 ± 1	30.9 ± 2	0.23 ± 0.03



รูปที่ 4.17 แสดงจำนวนชิ้นที่ผ่านการตัดกับค่าความกว้างของคมมีดตัดของโม่มีดชุดที่ 1

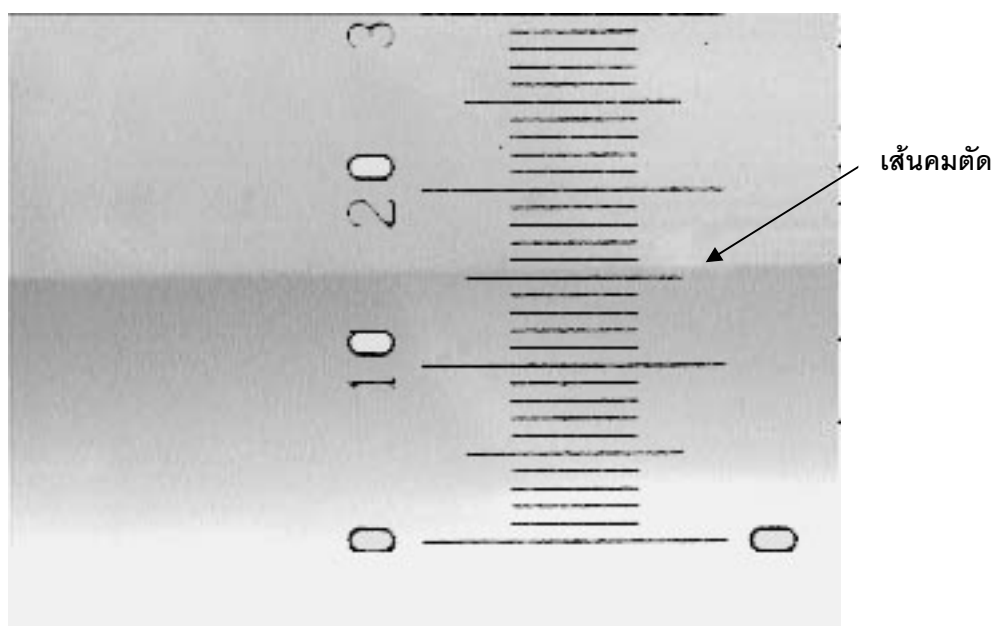


รูปที่ 4.18 แสดงจำนวนชิ้นที่ทำการตัดกับค่าความกว้างของคมมีดตัดของโม่มีดชุดที่ 2

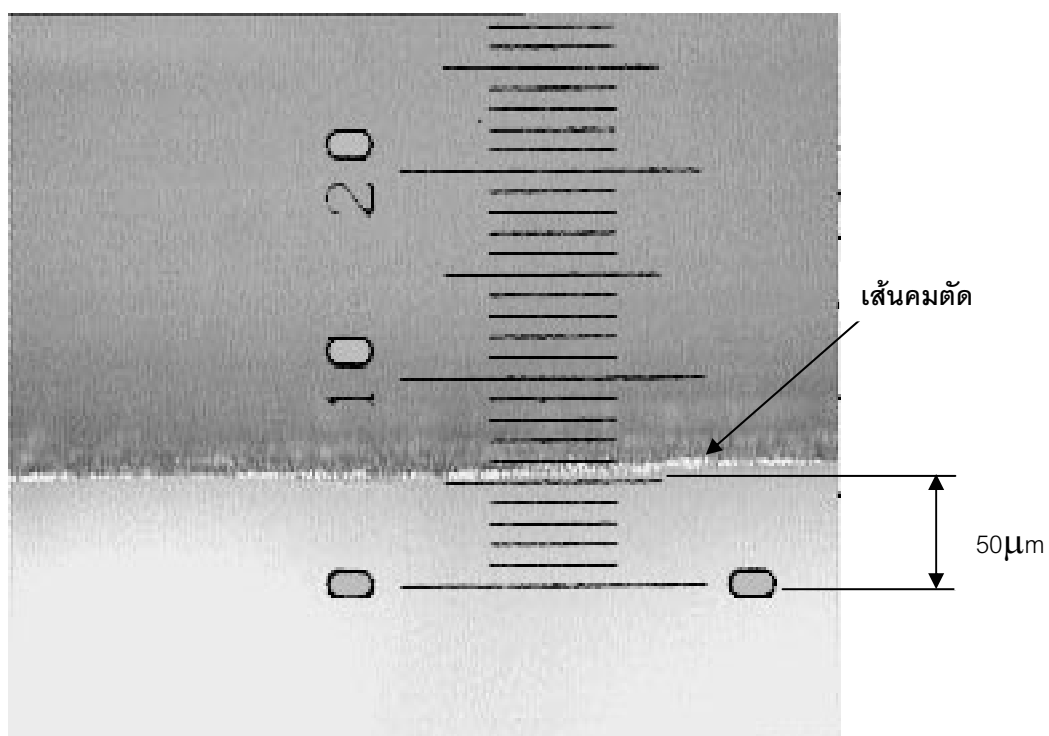
ตารางที่ 4.9 สรุปสภาวะการตัด อายุการใช้งาน และการสึกหรอของใบมีดตัดในสภาพปัจจุบัน

ชุดใบมีด	จำนวนครั้ง การลับ (ครั้ง)	สภาวะการตัด			จำนวนชิ้นงานที่ ตัดได้ (ชิ้น) (1)	อายุใบมีดตัด (นาทีก) (2)	ความกว้างคมตัดที่ โตขึ้น (μm) (3)	อัตราการสึกหรอ	
		f (ม./นาทีก)	d (มม.)	v (ม./นาทีก)				$\mu\text{m}/\text{นาทีก}$ (3)/(2)	$\mu\text{m}/\text{ชิ้น}$ (3)/(1)
1	0	10.7 ± 1.7	3.4 ± 0.9	1810	560	17.2	8.1	0.47	0.014
	1	6.4 ± 1.0	3.5 ± 0.9	1810	600	30.0	5.5	0.18	0.009
	2	6.8 ± 1.1	2.9 ± 0.8	1810	700	34.0	7.7	0.23	0.011
2	0	6.4 ± 0.9	3.7 ± 0.8	1810	N/A	N/A	7.2	N/A	N/A
	1	6.7 ± 1.0	4.1 ± 0.8	1810	600	29.4	7.2	0.25	0.012
	2	7.2 ± 1.0	2.7 ± 0.7	1810	650	30.0	7.5	0.25	0.011

หมายเหตุ N/A ไม่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้



รูปที่ 4.19 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของเส้นคมมีดตัดก่อนการใช้งาน



รูปที่ 4.20 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของเส้นคมมีดตัดหลังการใช้งาน

4.2.2 ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ในการขัดแต่ง

จากสภาพการทำงานสำหรับการตัดชิ้นงานด้วยเครื่องเพลตังพนักงานจะทำการตัดจนกระทั่งชิ้นงานเกิดเสี้ยนแล้วจึงหยุดเพื่อทำการเปลี่ยนใบมีด และ/หรือ ลับคมใบมีดตัด และชิ้นงานที่ได้จากการตัดทั้งหมดจะส่งไปขัดผิวด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 และเบอร์ 180 ตามลำดับ และผลของความหยาบผิวของชิ้นงานและเวลาที่ใช้ในการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และ เบอร์ 180 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงความหยาบผิวที่ได้ และเวลาที่ใช้ในการขัดแต่งด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 ของชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลตัง ความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลตังวัดได้มีค่าระหว่าง 4.45 ถึง 10.11 ไมโครเมตร รวมจำนวน 20 ชิ้นงาน ทุกชิ้นงานต้องผ่านการขัดผิวด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 ตามลำดับ ก่อนที่จะนำไปประกอบและขัดละเอียดครั้งสุดท้ายด้วยกระดาษทรายเบอร์ 240 เพื่อจะนำไปพ่นสีสำเร็จให้เป็นผลิตภัณฑ์ โดยเฉลี่ยชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 ชิ้นงานจะมีค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเท่ากับ $8.0 \pm 0.8 \mu\text{m}$ และ $4.2 \pm 0.3 \mu\text{m}$ ตามลำดับ และขณะเดียวกันชิ้นงานจะใช้เวลาในการขัดเฉลี่ยสำหรับกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 เท่ากับ 10.1 ± 1.7 วินาที/ชิ้น และ 6.6 ± 1.2 วินาที/ชิ้น ตามลำดับ รวมเวลาที่ใช้ในการขัดเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 16.7 ± 2.3 วินาที/ชิ้น

จากตารางที่ 4.10 จะพบว่า ความหยาบผิวของชิ้นงานเริ่มต้นหรือผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลตัง ที่มีค่าต่ำกว่า $8 \mu\text{m}$ ผิวชิ้นงานจะถูกปรับความหยาบผิวให้หยาบขึ้นโดยไม่จำเป็น (โดยพิจารณาได้จากเครื่องหมายลบในช่องกระดาษทรายเบอร์ 100 ของความหยาบผิวที่ลดลงจากเริ่มต้น) ซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียเวลาและกระดาษทรายที่ใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงความหนาผิวที่ได้และเวลาที่ใช้ในการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180

ชิ้นงานที่	ค่าความหนา ผิวเริ่มต้น (μm) (1)	ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100			ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180			รวมเวลาที่ใช้ใน การขัดทั้งหมด (วินาที) (8) = (3) + (6)
		ความหนา ผิวที่ได้ (μm) (2)	เวลาที่ใช้ในการขัด (วินาที) (3)	ความหนาผิวที่ ลดลงจากเริ่มต้น (μm) (4) = (1) - (2)	ความหนา ผิวที่ได้ (μm) (5)	เวลาที่ใช้ในการขัด (วินาที) (6)	ความหนาผิวที่ ลดลงจาก เบอร์100 (μm) (7) = (2) - (5)	
1	9.14	7.45	9.5	1.69	3.85	5.8	3.6	15.3
2	10.11	6.92	7.7	3.19	3.65	5.7	3.27	13.4
3	8.62	7.88	10.2	0.74	4.57	6.5	3.31	16.7
4	8.59	7.67	9.8	0.92	4.68	7.3	2.99	17.1
5	7.67	8.74	11.1	-1.07	4.68	6.9	4.06	18
6	7.42	9.16	14.5	-1.74	4.30	6.3	4.86	20.8
7	7.40	7.87	8.6	-0.47	4.01	5.9	3.86	14.5
8	7.22	8.21	10.	-0.99	3.95	10.5	4.26	20.5
9	7.07	7.90	10.5	-0.83	4.16	7.8	3.74	18.3
10	6.92	8.03	12.9	-1.11	4.35	7.0	3.68	19.9
11	6.63	7.87	12.1	-1.24	4.53	6.1	3.34	18.2

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) แสดงความหนาผิวที่ได้และเวลาที่ใช้ในการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180

ชิ้นงานที่	ค่าความหนา ผิวเริ่มต้น (μm) (1)	ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100			ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180			รวมเวลาที่ใช้ใน การขัดทั้งหมด (วินาที) (8) = (3) + (6)
		ความหนา ผิวที่ได้ (μm) (2)	เวลาที่ใช้ในการขัด (วินาที) (3)	ความหนาผิวที่ ลดลงจากเริ่มต้น (μm) (4) = (1) - (2)	ความหนา ผิว ที่ได้ (μm) (5)	เวลาที่ใช้ในการขัด (วินาที) (6)	ความหนาผิวที่ ลดลงจาก เบอร์100 (μm) (7) = (2) - (5)	
12	6.58	9.49	7.8	-2.91	3.89	4.6	5.6	12.4
13	6.41	8.03	8.5	-1.62	3.81	5.3	4.22	13.8
14	6.42	8.29	10.8	-1.87	3.90	7.3	4.39	18.1
15	5.95	7.02	10.8	-1.07	4.31	6.3	2.71	17.1
16	5.77	6.63	8.7	-0.86	4.08	6.7	2.55	15.4
17	5.58	7.94	10.8	-2.36	4.01	7.0	3.93	17.8
18	5.19	7.81	9.6	-2.62	3.77	5.4	4.04	15
19	5.19	9.67	9.5	-4.48	4.51	7.0	5.16	16.5
20	4.45	6.62	9.6	-2.17	4.11	6.2	2.51	15.8
	เฉลี่ย	8.0 ± 0.8	10.1 ± 1.7	-1.0 ± 1.7	4.2 ± 0.3	6.6 ± 1.2	3.8 ± 0.8	16.7 ± 2.3

- หมายเหตุ
1. ชิ้นงานที่ใช้ในการขัด คือ ชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลตตั้งแล้ว
 2. เครื่องหมาย (-) หมายถึง ชิ้นงานหลังขัดมีความหนาผิวเพิ่มขึ้นจากเดิม

4.3 ผลการศึกษาข้อกำหนดความหนาผิวชิ้นงาน

4.3.1 ผลการตรวจสอบค่าความหนาผิวชิ้นงานที่ไม่ยอมรับ

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการตรวจวัดค่าความหนาผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลลา ตั้งพนักงานตรวจสอบคุณภาพไม่ยอมรับคุณภาพผิวชิ้นงานโดยผลการสุ่มชิ้นงานจำนวน 8 ชิ้นงาน และทำการวัดความหนาผิวจริงพบว่าชิ้นงานที่มีค่าเฉลี่ยความหนาผิวต่ำสุดเท่ากับ $9.1 \pm 2.6 \mu\text{m}$ และชิ้นงานที่มีค่าเฉลี่ยความหนาผิวสูงสุดเท่ากับ $13.9 \pm 4.8 \mu\text{m}$ โดยทั้งนี้มีค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดเท่ากับ $11.4 \pm 2.6 \mu\text{m}$

4.3.2 ผลการจำแนกระดับความหนาผิวชิ้นงานที่ต้องการ

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการจำแนกระดับของความหนาผิวชิ้นงานที่ต้องการพบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ระดับ ระดับที่ 1 ถึง 3 จะมีช่วงความหนาผิวอยู่ระหว่าง 8 ถึง $12 \mu\text{m}$ ระดับที่ 4 อยู่ระหว่าง 7 ถึง $9 \mu\text{m}$ และระดับที่ 5 ต้องการความหนาผิวที่น้อยกว่า $4 \mu\text{m}$ ซึ่งเป็นชิ้นงานที่ต้องการความหนาผิวมากๆ และมักเป็นชิ้นงานที่ต้องมีการเตรียมผิวก่อนการพ่นสีและต้องการแสดงความเรียบผิวของผลิตภัณฑ์

4.4 ผลการศึกษาอายุการใช้งานของใบมีดตัดโดยควบคุมสภาวะการตัดให้คงที่

4.4.1 ผลของความหนาผิวชิ้นงานกับสภาวะการตัด

จากรูปที่ 4.21 ถึงรูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาผิวของชิ้นงานตัดกับระยะเวลาของการใช้งานใบมีดตัดที่อัตราป้อน(f) ต่างๆ กัน ขณะที่ระยะลึกของการตัด(d) และความเร็วรอบ(N) คงที่หนึ่งๆ จากผลการทดลองพบว่าค่าความหนาผิวของชิ้นงานจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อใบมีดมีการใช้งานที่นานขึ้นขณะที่อัตราป้อน(f) ระยะลึกของการตัด(d) และความเร็วรอบ(N)คงที่หนึ่งๆ ที่ระดับ R^2 เท่ากับ 0.848 ถึง 0.983 นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของปัจจัยทั้งสาม ได้แก่ อัตราป้อน(f) ระยะลึกของการตัด(d) และความเร็วรอบ(N) จะมีผลต่ออายุการใช้งานที่สั้นลง โดยเฉพาะปัจจัยด้านอัตราป้อนงาน(f) จะมีผลต่ออายุใบมีดสั้นลงที่เร็วกว่าปัจจัยทั้งสองที่ระดับความหนาผิวสุดท้ายเดียวกัน

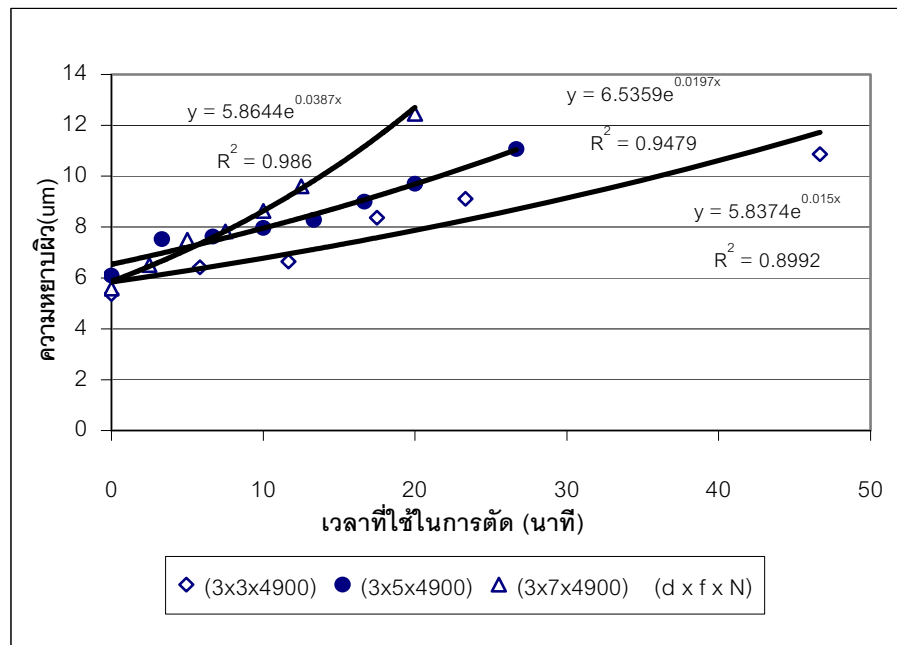
จากรูปทั้ง 4 ที่ระดับความหนาผิว $10 \mu\text{m}$ การเพิ่มขึ้นของอัตราป้อน(f)จาก 3 ม./นาที่ เป็น 5 และ 7 ม./นาที่ ตามลำดับ จะมีผลให้อายุใบมีดสั้นลงอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.11 ผลการวัดค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ไม่ยอมรับโดยวิธีการสัมผัส ของชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลตตั้ง

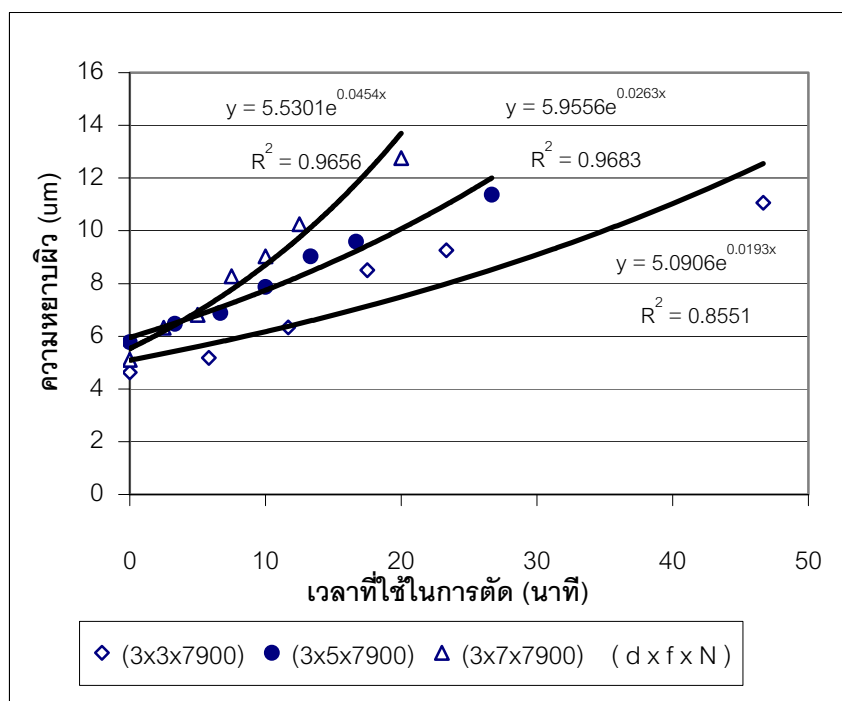
ชั้นที่	วัดค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	10.41	10.84	6.17	9.1 ± 2.6
2	8.06	13.28	12.78	11.4 ± 2.9
3	11.96	12.54	10.82	11.8 ± 0.9
4	8.03	17.4	10.48	12.0 ± 4.9
5	12.92	10.85	10.19	11.3 ± 1.4
6	15.16	12.68	12.54	13.5 ± 1.5
7	16.14	17.07	8.39	13.9 ± 4.8
8	8.8	9.78	10.63	9.7 ± 0.9
ค่าเฉลี่ยสูงสุด (μm)				13.9 ± 4.8
ค่าเฉลี่ยต่ำสุด (μm)				9.1 ± 2.6
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด (μm)				11.4 ± 2.5

ตาราง 4.12 ผลการจำแนกประเภทการใช้งานชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวต่างกัน

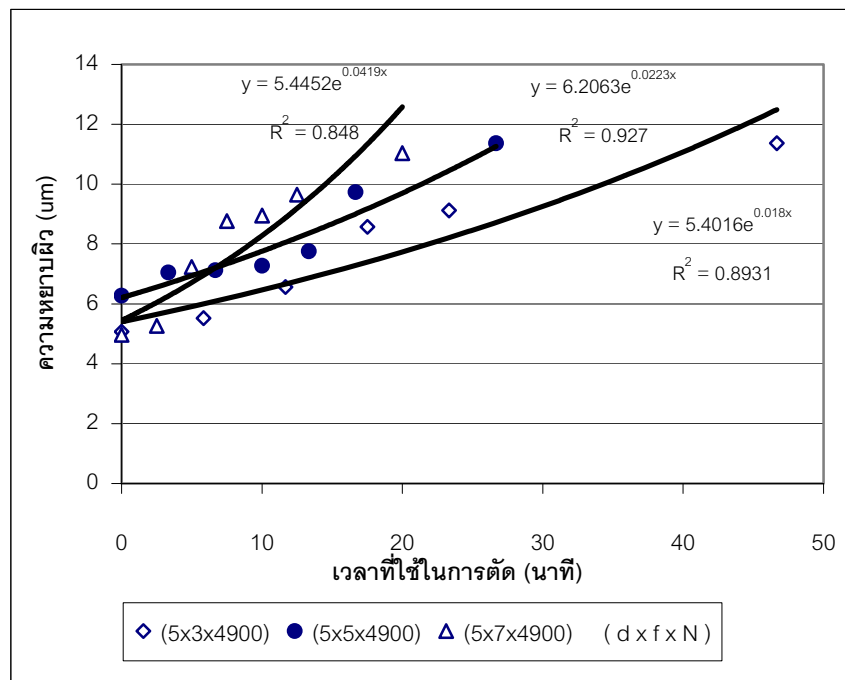
ระดับ	ช่วงความหยาบผิวที่ต้องการ R_a (μm)	การใช้งาน
1	$9 \leq R_a \leq 12$	งานหุ้มหนัง
2	$9 \leq R_a \leq 11$	ขึ้นรูปก่อนการตีโค้ง
3	$8 \leq R_a \leq 10$	ชิ้นส่วนที่ส่งขัดสามเหลี่ยม
4	$7 \leq R_a \leq 9$	งานโครงสร้าง
5	$R_a \leq 5$	ชิ้นส่วนที่ส่งขัดบั่วนิ่มหรือขัดชิ้นส่วน



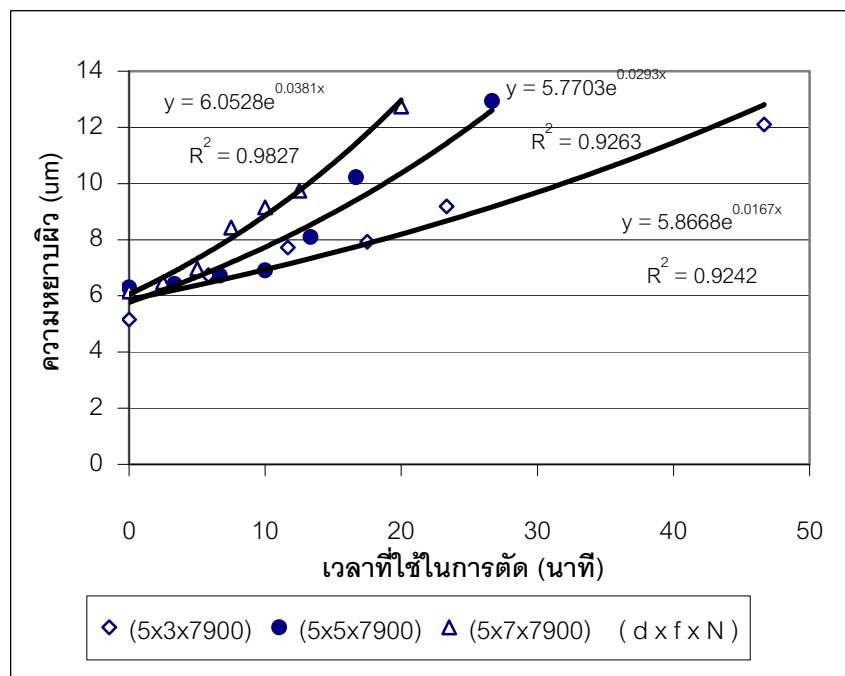
รูปที่ 4.21 ความหยาบผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ(N) 4900 รอบ/นาที



รูปที่ 4.22 ความหยาบผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ(N) 7900 รอบ/นาที



รูปที่ 4.23 ความหยาบผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d) 5 มม. และความเร็วรอบ(N) 4900 รอบ/นาที



รูปที่ 4.24 ความหยาบผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d) 5 มม. และความเร็วรอบ(N) 7900 รอบ/นาที

4.4.2 ผลของความกว้างคมมีดตัดกับสภาวะการตัด

รูปที่ 4.25 ถึงรูปที่ 4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างคมมีดตัดกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ กัน ขณะที่ระยะลึก (d) และความเร็วรอบ (N) คงที่หนึ่งๆ จากผลการทดลองพบว่า ความกว้างของคมมีดตัดจะมีขนาดโตขึ้นเมื่อใบมีดมีการใช้งานนานขึ้น เมื่อกำหนดให้ อัตราป้อน (f) ระยะลึก (d) และความเร็วรอบ (N) คงที่หนึ่งๆ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.98 ถึง 0.99 การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของปัจจัยทั้งสามได้แก่ อัตราป้อน (f) ระยะลึก (d) และความเร็วรอบ (N) จะส่งผลให้อายุการใช้งานของใบมีดสั้นลง เมื่อกำหนดให้ความกว้างของคมมีดสุดท้ายคงที่ โดยเฉพาะที่ค่าความกว้างคมมีดตัด $10\ \mu\text{m}$ การเพิ่มขึ้นของอัตราการป้อนงาน (f) จาก 3 ม./นาที่ เป็น 5 และ 7 ม./นาที่ จะให้ผลกระทบต่ออายุการใบมีดตัดที่สั้นลงอย่างเห็นได้ชัด

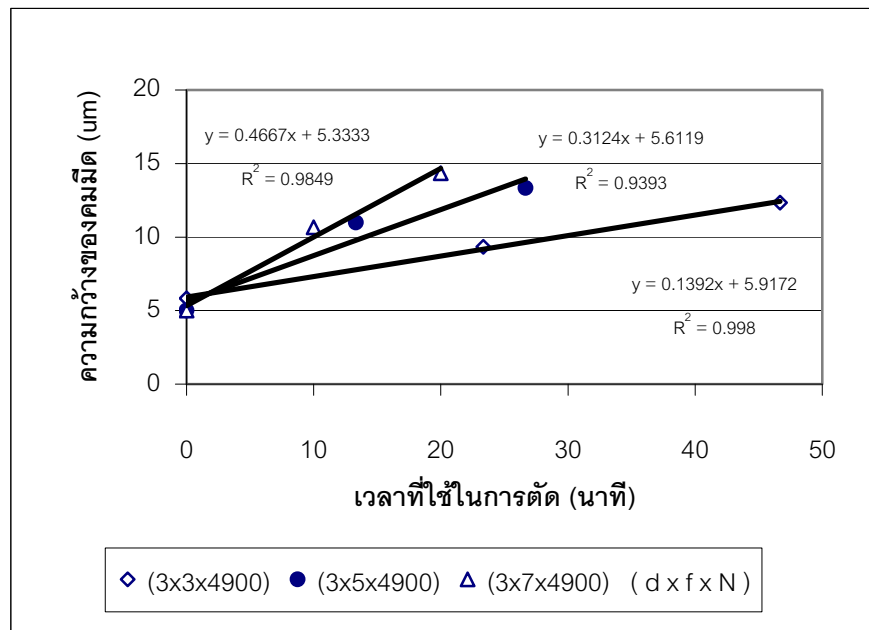
รูปที่ 4.29 และรูปที่ 4.30 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของระยะความกว้างคมมีดตัดก่อนและหลังการใช้งานตามลำดับ โดยกำหนดสภาวะการตัดที่อัตราป้อน (f) 3 ม./นาที่ ระยะลึก (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 7900 รอบ/นาที่ และอายุการใช้งาน 23.4 นาที จากรูปจะเห็นสภาพการเปลี่ยนแปลงของคมมีดตัดก่อนและหลัง คือ $5\ \mu\text{m}$ และ $12\ \mu\text{m}$ ตามลำดับ

รูปที่ 4.31 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 500 เท่า ของสันคมมีดของใบมีดตัดหลังการใช้ จากภาพพบว่าความกว้างของคมมีดตัดจะมีค่าเท่ากับ 30 ไมโครเมตร (μm) และในรูปที่ 4.32 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ของสันคมมีดตัดหลังการใช้งาน จากภาพจะพบว่าการกระจายของผงจะมีขนาดเล็กเท่ากับ 2 ไมโครเมตร (μm)

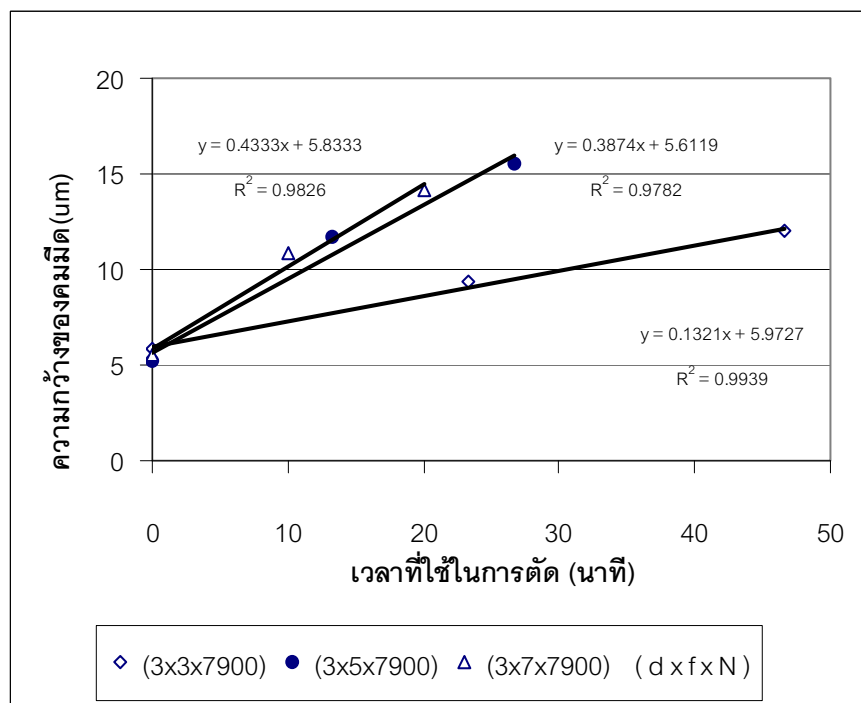
4.4.3 ผลของพลังงานที่ใช้ในการตัดกับสภาวะการตัด

จากรูปที่ 4.33 ถึง 4.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อขึ้นกับระยะเวลาที่ใช้ในการตัดที่สภาวะการตัดต่างๆ กัน

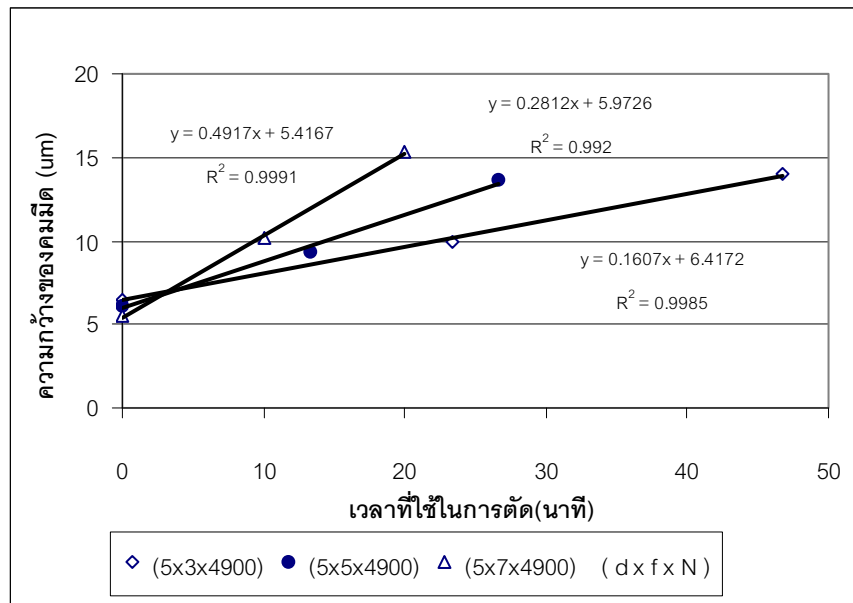
จากรูปทั้ง 4 จะพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใบมีดตัดมีการใช้งานที่นานขึ้น เมื่อกำหนดให้ อัตราป้อน (f) ระยะลึก (d) และความเร็วรอบ (N) คงที่หนึ่งๆ โดยให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.884 ถึง 0.978 ขณะเดียวกันการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของปัจจัยทั้ง 3 ส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าในการตัดเพิ่มขึ้นขณะที่อายุการใช้งานของใบมีดสั้นลง โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของอัตราป้อน (f) จาก 3 ม./นาที่เป็น 5 และ 7 ม./นาที่ ที่ระดับอายุใบมีดตัดเดียวกัน จะส่งผลให้มีการใช้พลังงานในการตัดสูงขึ้น มากกว่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทั้งสอง คือ ระยะลึก (d) และความเร็วรอบ (N)



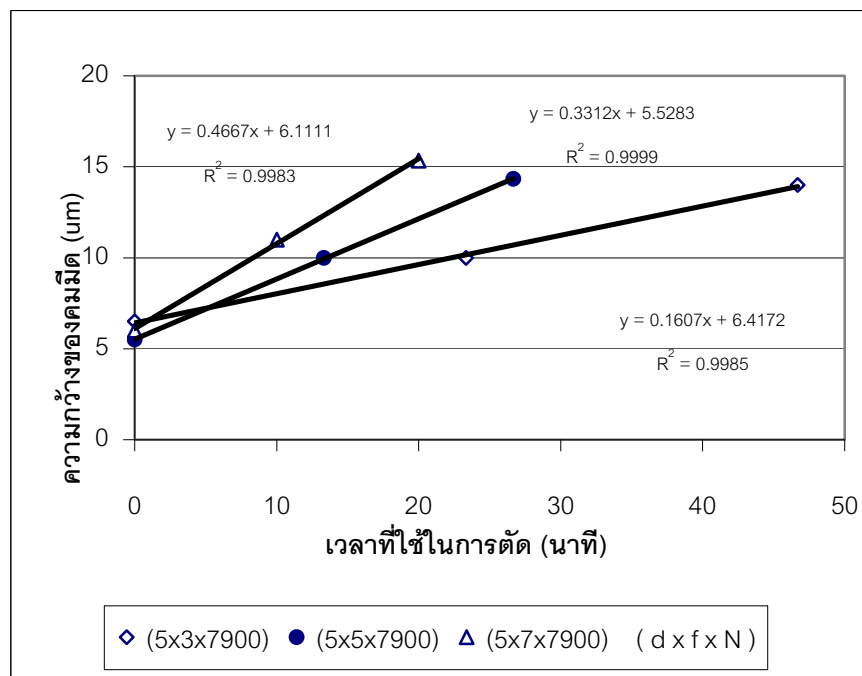
รูปที่ 4.25 ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900รอบ/นาที



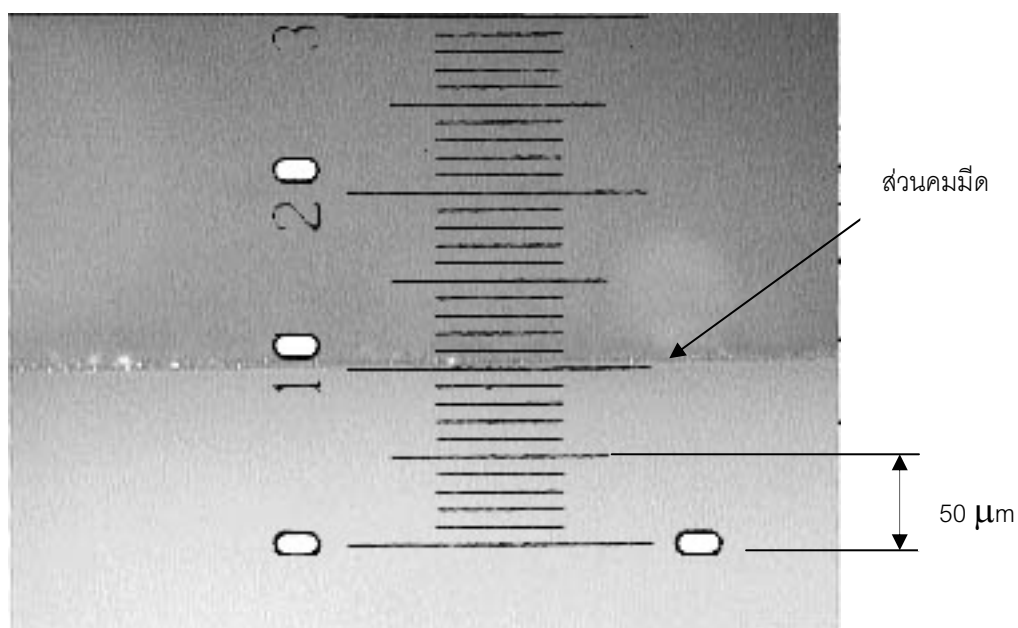
รูปที่ 4.26 ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 7900รอบ/นาที



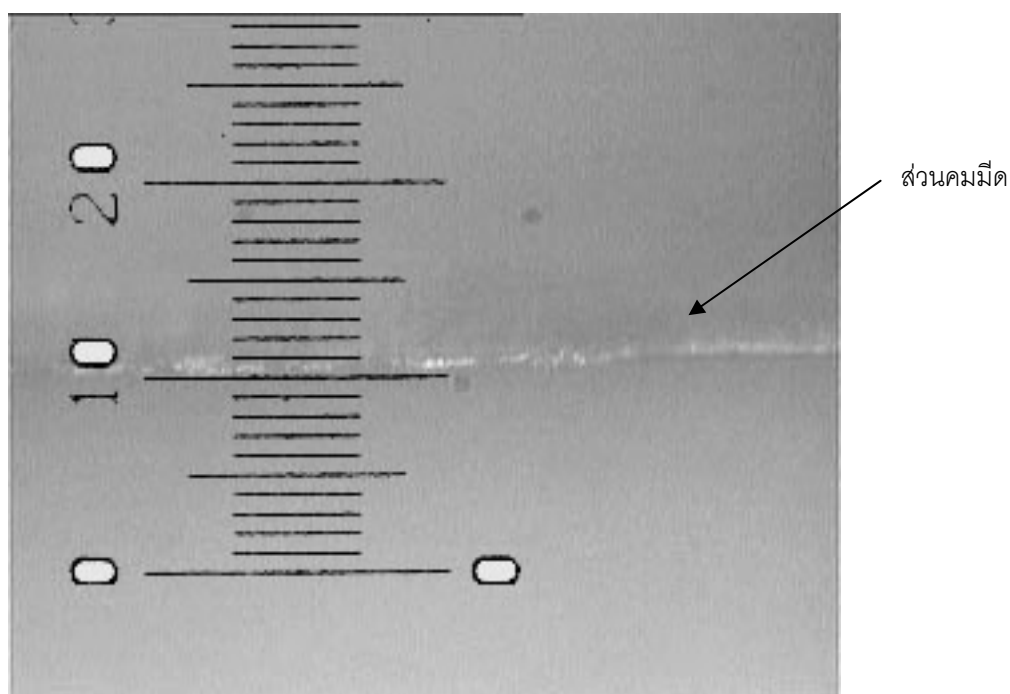
รูปที่ 4.27 ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 5 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900 รอบ/นาที



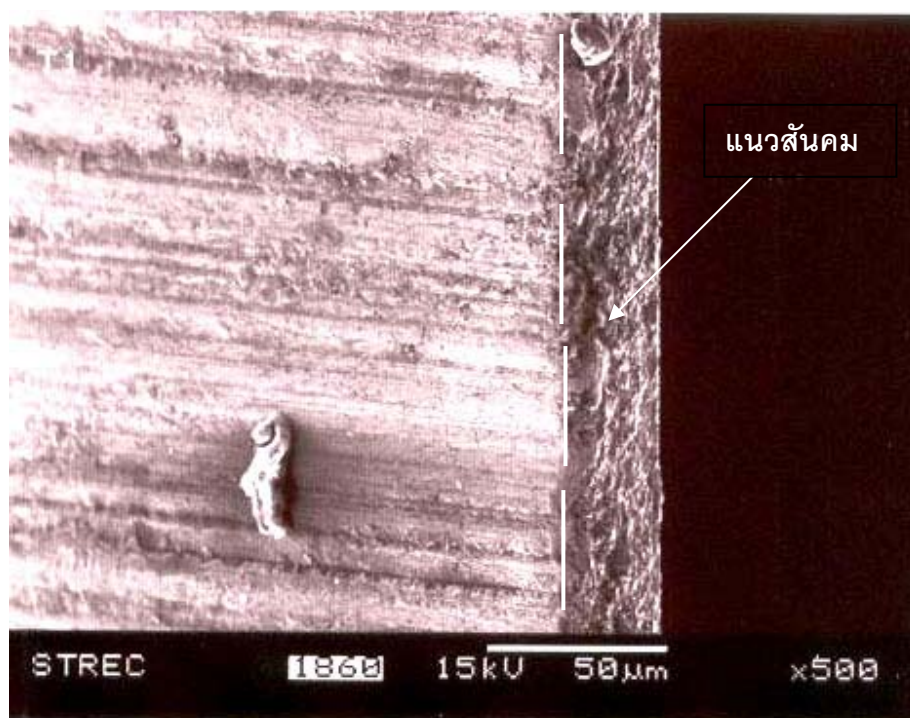
รูปที่ 4.28 ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 5 มม. และความเร็วรอบ (N) 7900 รอบ/นาที



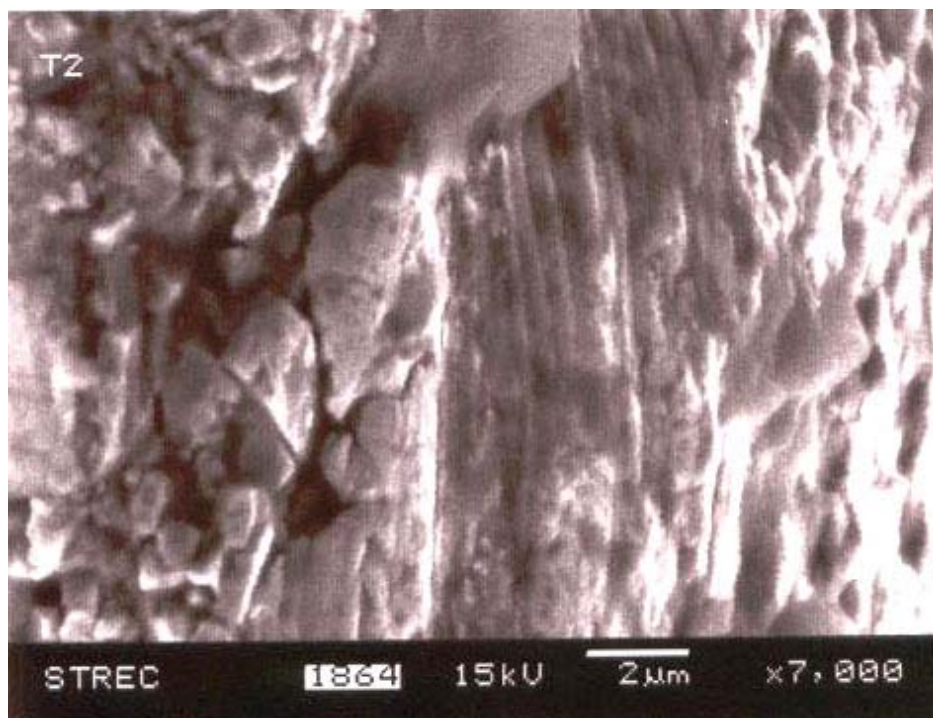
รูปที่ 4.29 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดก่อนการใช้งาน



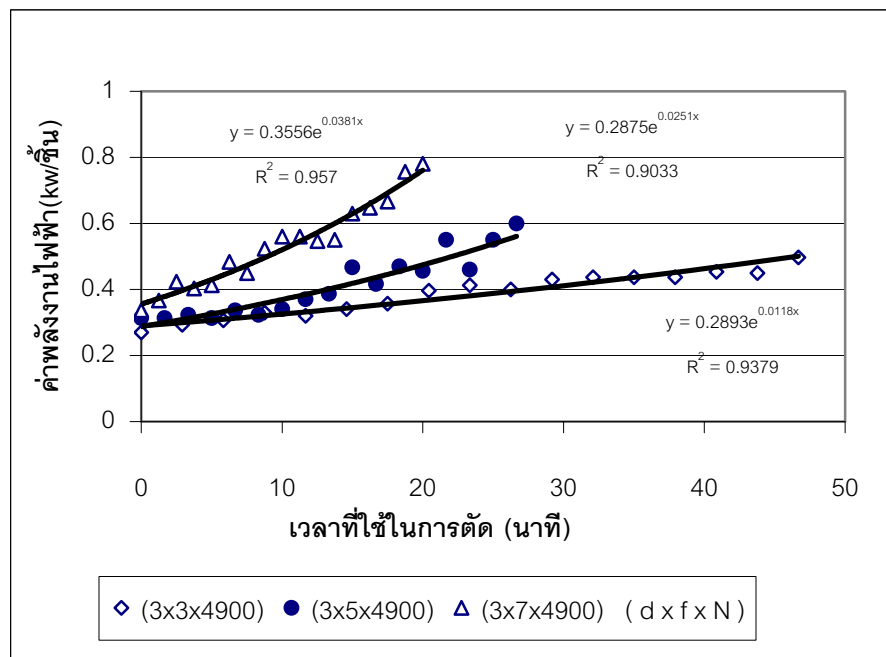
รูปที่ 4.30 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้งาน ที่ระยะลึก 3 มม. อัตราป้อน 3 เมตร/นาทีก และความเร็รรอบ 7900 รอบ/นาทีก



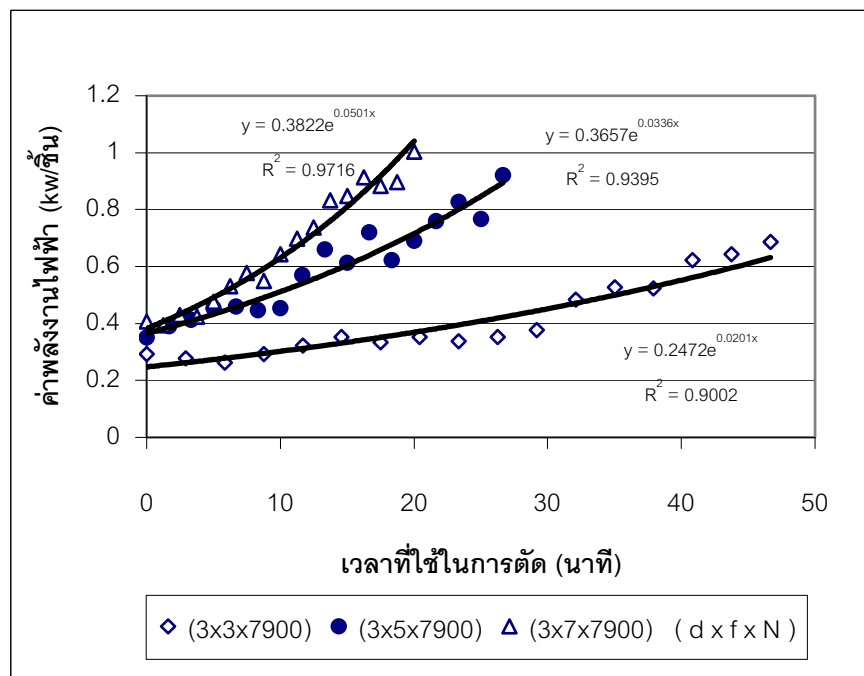
รูปที่ 4.31 ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดหลังการใช้งานที่กำลังขยาย 500 เท่า



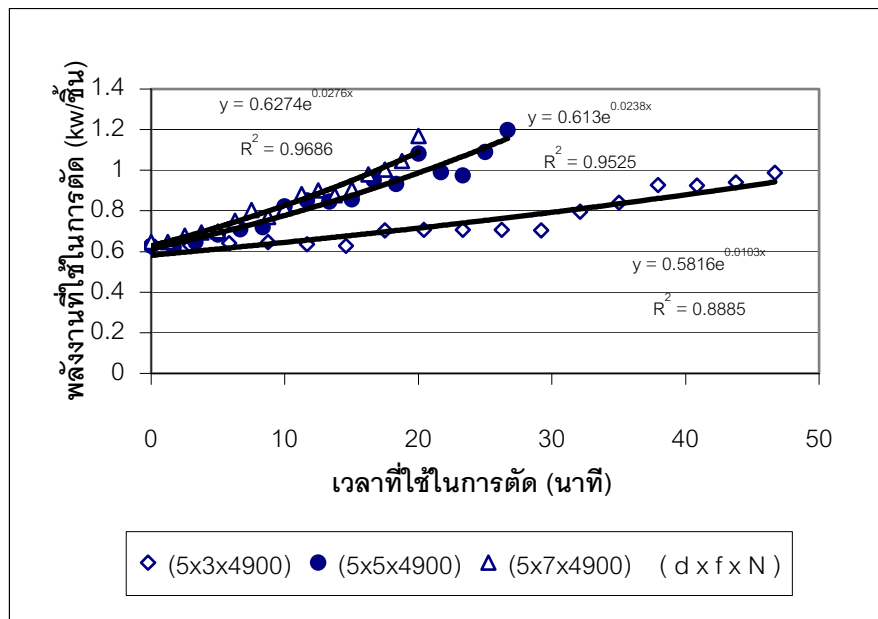
รูปที่ 4.32 ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดหลังการใช้งานที่กำลังขยาย 7000 เท่า



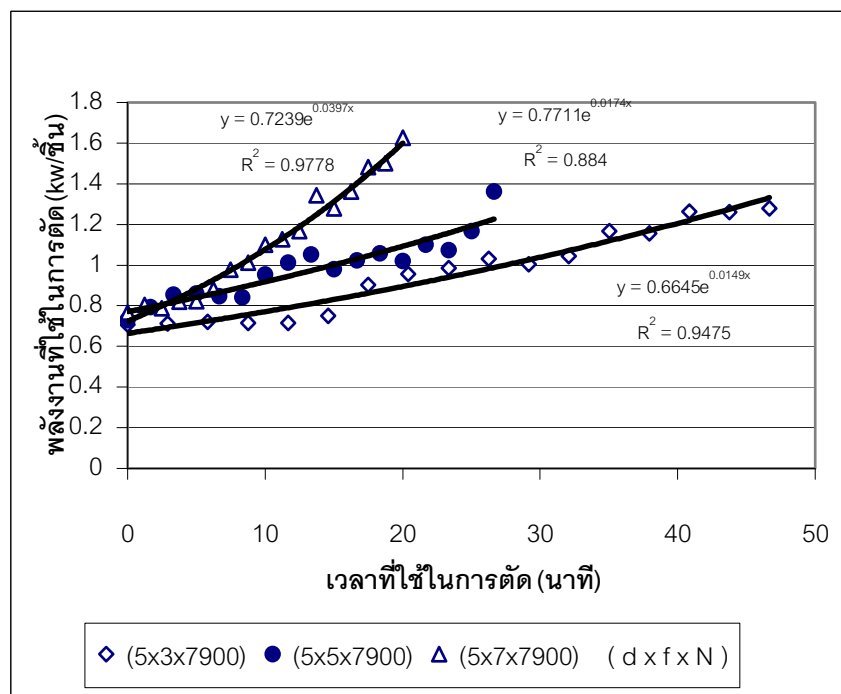
รูปที่ 4.33 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ
ขณะที่ระยะลึกตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900 รอบ/นาที



รูปที่ 4.34 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ
ขณะที่ระยะลึกตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 7900 รอบ/นาที



รูปที่ 4.35 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ
ขณะที่ระยะลึกตัด (d) 5 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900 รอบ/นาที



รูปที่ 4.36 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ
ขณะที่ระยะลึกตัด (d) 5 มม. และความเร็วรอบ (N) 7900 รอบ/นาที

4.5 การเปรียบเทียบผลการตัดในสภาพปัจจุบันและการควบคุมสภาวะการตัด

จากผลการศึกษาการขัดผิวเรียบด้วยกระดาษทรายดังตารางที่ 4.10 (หัวข้อที่ 4.2.2) พบว่าความหยาบผิวของชิ้นงานภายหลังการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 จะมีค่าเท่ากับ $8 \pm 0.8 \mu\text{m}$ และขัดต่อด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 จะมีค่าเท่ากับ $4.2 \pm 0.3 \mu\text{m}$ ดังนั้นในการเปรียบเทียบอายุการใช้งานของใบมีดตัดนี้ได้ใช้ระดับความหยาบผิวที่ $8 \mu\text{m}$

ตารางที่ 4.13 แสดงผลสรุปการตัดในสภาพปัจจุบันโดยมีสภาวะการตัดที่ขึ้นกับพนักงานควบคุมเครื่องเพลตตั้ง โดยจะพบว่า การนำใบมีดตัดที่รับจากผู้ผลิตใบมีดชุดไปใช้งาน โดยตรงนั้น ใบมีดตัดจะมีอายุการใช้งานที่สั้นและผิวชิ้นงานตัดที่ได้จะไม่ดี สำหรับการลับใบมีดตัดครั้งที่ 2 และ 3 จะมีคุณภาพใบมีดตัดที่ดีขึ้น โดยสภาวะการตัดที่พนักงานใช้ คือ ระยะลิกรอยตัดเฉลี่ย (d) ระหว่าง 2.7 มม. ถึง 4.1 มม. อัตราป้อนงานเฉลี่ย (f) ระหว่าง 6.4 ม./นาที ถึง 7.2 ม./นาที และความเร็วตัด (v) คงที่เท่ากับ 1810 ม./นาที จะให้ผลอายุการใช้งานอยู่ระหว่าง 11.57 นาที ถึง 13.30 นาที ให้อัตราการสึกหรออยู่ระหว่าง 0.18 ถึง 0.25 $\mu\text{m}/\text{นาที}$ หรือสามารถตัดชิ้นงานได้อยู่ระหว่าง 233 ชิ้น ถึง 275 ชิ้น ให้อัตราการสึกหรอเทียบกับ จำนวนชิ้นงานเท่ากับ 0.009 ถึง 0.0011 $\mu\text{m}/\text{ชิ้นงาน}$ เมื่อกำหนดให้ความหยาบผิวชิ้นงานตัดสุดท้ายเท่ากับ $8 \mu\text{m}$

ตารางที่ 4.14 แสดงผลสรุปการตัดเมื่อควบคุมสภาวะการตัดให้คงที่ จากผลการทดลองทั้งหมดจะพบว่าใบมีดมีอายุการใช้งานต่ำสุดตั้งแต่ 7.3 ถึงสูงสุด 23.4 นาที ให้อัตราการสึกหรอเทียบกับอายุใบมีดของคมตัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.14 $\mu\text{m}/\text{นาที}$ ถึง 0.49 $\mu\text{m}/\text{นาที}$ หรือเมื่อพิจารณาจำนวนชิ้นจะได้อยู่ระหว่าง 155 ชิ้น ถึง 209 ชิ้น และมีอัตราการสึกหรอของคมมีดเทียบกับจำนวนชิ้นงานมีค่าอยู่ระหว่าง 0.015 $\mu\text{m}/\text{ชิ้นงาน}$ ถึง 0.025 $\mu\text{m}/\text{ชิ้นงาน}$ เมื่อกำหนดให้พิจารณาความหยาบผิวชิ้นงานตัดสุดท้ายเท่ากับ $8 \mu\text{m}$ และจากตารางที่ 4.14 จะพบว่าสภาวะการตัดที่ดีที่สุดที่ให้อายุการใช้งานใบมีดตัวยาวที่สุด ชิ้นงานตัดมากที่สุดและมีอัตราการสึกหรอใบมีดน้อยที่สุด คือ ระยะลิกรอยตัดเท่ากับ 3 มม. อัตราการป้อนชิ้นงานตัดเท่ากับ 3 ม./นาที และความเร็วตัดเท่ากับ 1712 ม./นาที หรือความเร็วรอบเท่ากับ 7900 รอบ/นาที

จากตารางที่ 4.15 แสดงเปรียบเทียบผลการตัดระหว่างสภาพปัจจุบันและการทดลองควบคุมปัจจัย เมื่อพิจารณากำหนดให้ความหยาบผิวสุดท้ายเท่ากับ $8 \mu\text{m}$ เท่ากัน จากตารางพบว่าสภาวะการตัดโดยการควบคุมปัจจัยจะให้จำนวนผลผลิตการสึกหรอด้านอายุการใช้งานน้อยกว่าสภาพปัจจุบันที่ใช้พนักงานป้อนงานคิดเป็นร้อยละ 31.6 และ 76.9 ตามลำดับ ขณะที่อายุใบมีดและการสึกหรอเทียบกับจำนวนชิ้นงานสูงกว่าร้อยละ 43.1 และ 21.43 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 สรุปผลการตัดในสภาพปัจจุบันโดยกำหนดความหนาผิวสุดท้าย 8 μm

ใบมีด ชุด	จำนวน ครั้งที่มีการ ลับคมมีด	สมการการกัด				ความ หนาผิว สุดท้าย (μm)	ความกว้างคมตัด (μm)			อายุใบ มีดตัด (นาทีก) (2)	จำนวน (ชิ้นงาน) (3)	อัตราการสึกหรอ	
		d (มม.)	f (ม./นาทีก)	N (รอบ/นาทีก)	V *1 (ม./นาทีก)		ก่อน	หลัง	แตกต่าง (1)			($\mu\text{m}/\text{นาทีก}$) (1)/(2)	($\mu\text{m}/\text{ชิ้นงาน}$) (1)/(3)
1	0	3.4 $\pm$ 0.9	10.7 $\pm$ 1.7	8000	1810	8	5.8	7.79	1.99	4.49	142	0.40	0.014
	1	3.5 $\pm$ 0.9	6.4 $\pm$ 1.0	8000	1810	8	6.1	8.27	2.17	12.03	233	0.18	0.009
	2	2.9 $\pm$ 0.8	6.8 $\pm$ 1.0	8000	1810	8	5.5	8.53	3.03	13.30	275	0.23	0.011
2	0	3.7 $\pm$ 0.8	6.4 $\pm$ 0.9	8000	1810	8	6.8	*2	*2	*2	*2	*2	*2
	1	4.1 $\pm$ 0.8	6.7 $\pm$ 1.0	8000	1810	8	6.8	9.88	3.08	12.85	257	0.24	0.012
	2	2.7 $\pm$ 0.7	7.2 $\pm$ 1.0	8000	1810	8	5.7	8.55	2.85	11.57	248	0.25	0.011

หมายเหตุ : *1 $V = \pi D N$ เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของชุดใบมีดเท่ากับ 0.072 ม.

* 2 หมายถึงใบมีดตัดไม่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้

ตารางที่ 4.14 สรุปผลการตัดสำหรับการควบคุมสภาวะการตัด โดยกำหนดความหนาผิวที่ $8\ \mu\text{m}$

ใบมีด ชุด	สภาวะการตัด				พลังงานไฟฟ้าที่ ใช้ตัดของ ชิ้นงานสุดท้าย (Kw)	ความ หนาผิว สุดท้าย (μm)	ความกว้างคมตัด (μm)			อายุใบ มีดตัด (นาทีก) (2)	จำนวน (ชิ้นงาน) (3)	อัตราการสึกหรอ	
	d (มม.)	f (ม./นาทีก)	N (รอบ/นาทีก)	V (ม./นาทีก)			ก่อน	หลัง	แตกต่าง (1)			($\mu\text{m}/\text{นาทีก}$) (1)/(2)	($\mu\text{m}/\text{ชิ้นงาน}$) (1)/(3)
1	3	3	4900	1062	0.37	8	5.9	8.8	2.9	21	188	0.14	0.015
2	3	5	4900	1062	0.37	8	5.6	8.8	3.2	10.2	155	0.31	0.021
3	3	7	4900	1062	0.48	8	5.3	9	3.7	8.02	170	0.46	0.022
4	3	3	7900	1712	0.39	8	5.9	8.9	3	23.4	209	0.13	0.014
5	3	5	7900	1712	0.53	8	5.6	9.9	4.3	11.2	170	0.38	0.025
6	3	7	7900	1712	0.57	8	5.8	9.3	3.5	8.1	172	0.43	0.020
7	5	3	4900	1062	0.72	8	6.4	9.9	3.5	21.8	195	0.16	0.018
8	5	5	4900	1062	0.8	8	5.9	9.1	3.2	11.3	172	0.28	0.019
9	5	7	4900	1062	0.8	8	5.4	9.9	4.5	9.2	195	0.49	0.023
10	5	3	7900	1712	0.87	8	6.4	9.4	2.9	18.6	166	0.16	0.017
11	5	5	7900	1712	0.94	8	5.5	9.2	3.7	11.2	167	0.33	0.022
12	5	7	7900	1712	0.96	8	6.1	9.5	3.4	7.3	155	0.47	0.022

หมายเหตุ : *1 $V = \pi D N$ เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของชุดใบมีดเท่ากับ 0.069 ม.

ตารางที่ 4.15 แสดงเปรียบเทียบผลการตัดระหว่างสภาพปัจจุบันกับการควบคุมปัจจัย (พิจารณาความหยาบผิวสุดท้ายเท่ากับ 8 μm)

รายการ	หน่วย	สภาพปัจจุบัน * ก	ควบคุมปัจจัย * ข	% ความแตกต่าง $\left[\frac{(2) - (1)}{(1)} \right] \times 100$	หมายเหตุ
1. อายุใบมีดตัด	นาที	13.30	23.4	43.1	เพิ่มขึ้น
2. จำนวนชิ้นงานที่ตัดได้	ชิ้น	275	209	(31.6)	ลดลง
3. อัตราการสึกหรอเมื่อเทียบกับอายุการใช้งาน	$\mu\text{m}/\text{นาที}$	0.23	0.13	(76.9)	ลดลง
4. อัตราการสึกหรอเมื่อเทียบกับจำนวนชิ้นงาน	$\mu\text{m}/\text{ชิ้นงาน}$	0.011	0.014	21.43	เพิ่มขึ้น

หมายเหตุ * ก สภาพะการตัดที่ ระยะลึกตัด (d) เท่ากับ 2.9 ± 0.8 มม. อัตราป้อน (f) เท่ากับ 6.8 ± 1.0 ม./นาที และ ความเร็วตัด (v) เท่ากับ 1810 ม./นาที

* ข สภาพะการตัดที่ ระยะลึกตัด (d) เท่ากับ 3 มม. อัตราป้อน (f) เท่ากับ 3 ม./นาที และ ความเร็วตัด (v) เท่ากับ 1712 ม./นาที

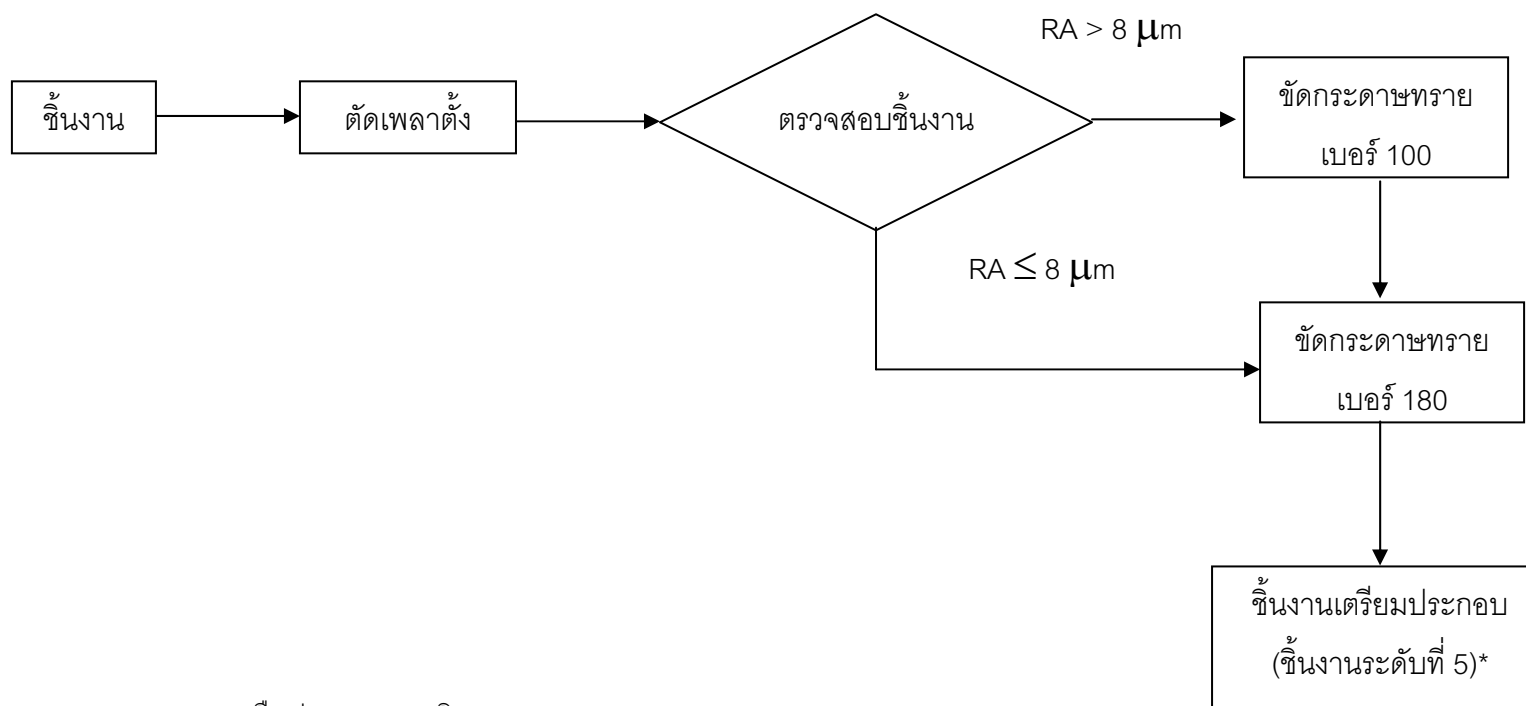
4.6 ผลการจัดทำแผนและแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด

จากผลสรุปการตัดในสภาพปัจจุบันและควบคุมสถานะการตัดให้คงที่ ดังตารางที่ 4.13 และ 4.14 จะสามารถสร้างแนวทางในการจัดการการใช้ใบมีดตัดได้เป็น 2 แนวทาง ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.37 และ 4.38

จากรูปที่ 4.37 แสดงแผนภูมิการทำงานของแนวทางที่ 1 จะเริ่มจากการนำชิ้นงานมาผ่านกระบวนการตัดแต่งด้วยเครื่องเพลตตั้ง หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัด ชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวมากกว่า $8\ \mu\text{m}$ จะนำไปผ่านกระบวนการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และเบอร์ 180 และชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวน้อยกว่าหรือเท่ากับ $8\ \mu\text{m}$ จะนำไปผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชิ้นงานที่ผ่านการขัดทั้งหมดจะนำไปเตรียมประกอบต่อไป

จากรูปที่ 4.38 แสดงแผนภูมิการทำงานของแนวทางที่ 2 จะเริ่มจากการนำชิ้นงานมาผ่านกระบวนการตัดแต่งด้วยเครื่องเพลตตั้ง หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัด ชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวน้อยกว่าเท่ากับ $8\ \mu\text{m}$ จะนำไปผ่านกระบวนการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชิ้นงานที่ผ่านการขัดทั้งหมดจะนำไปเตรียมประกอบต่อไป จากนั้นทำการพิจารณาใบมีดตัดว่าจะนำไปตัดชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวมากกว่า $8\ \mu\text{m}$ เช่น ชิ้นงาน โครงสร้าง, ขัดสามเหลี่ยม, ขึ้นรูปก่อนการตีโค้งและงานหุ้มหนัง หรือนำใบมีดตัดที่ผ่านการตัดไปลับคมใบมีดเพื่อนำไปขึ้นรูปชิ้นงานอีกครั้ง

แนวทางที่ 1 กรณีต้องการลดเวลาการขัดผิวเรียบ

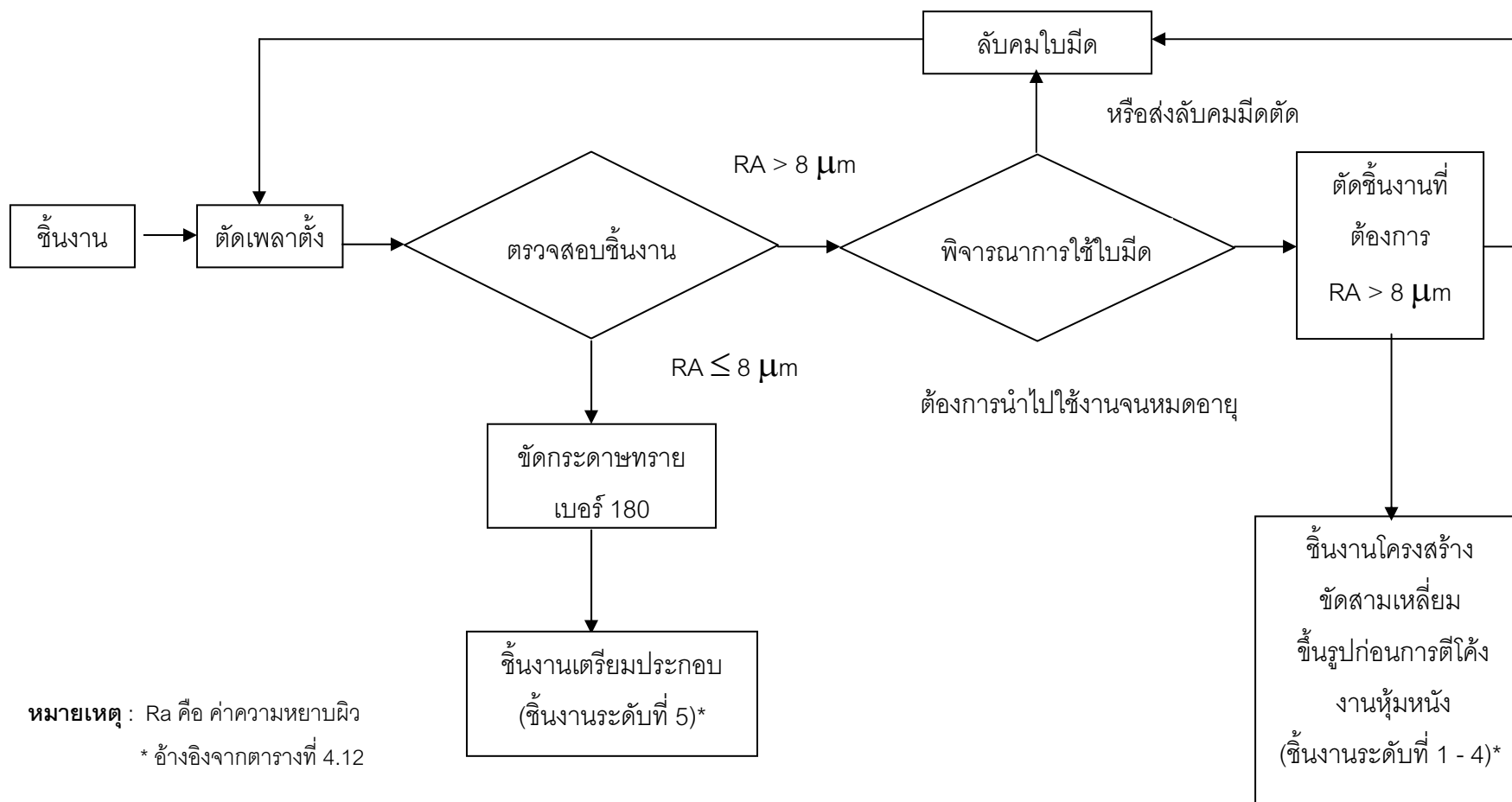


หมายเหตุ : Ra คือ ค่าความหยาบผิว

* อ้างอิงจากตารางที่ 4.12

รูปที่ 4.37 แสดงแผนภูมิการทำงานของแนวทางที่ 1

แนวทางที่ 2 กรณีต้องการลดขั้นตอนการขัดผิวเรียบ



รูปที่ 4.38 แสดงแผนภูมิการทำงานของแนวทางที่ 2

4.7 ผลการทดลองปฏิบัติการทดสอบแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด

4.7.1 กรณีการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงาน

จากรูปที่ 4.39 แสดงความหนาผิวหลังการตัดด้วยพนักงานและขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ค่าความหนาผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัด จะมีค่าความหนาผิวเริ่มต้นที่ $4.08 \mu\text{m}$ และค่าความหนาผิวจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการตัดและมีค่าของความหนาผิวสุดท้ายเท่ากับ $12.2 \mu\text{m}$ และค่าความหนาผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 จะมีค่าความหนาผิวที่สม่ำเสมอในช่วง 200 ชิ้น และความหนาผิวจะมีค่าที่สูงขึ้นเมื่อชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีค่ามากกว่า 200 ชิ้น ซึ่งจะมีค่าความหนาผิวเฉลี่ยหลังการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 เท่ากับ $4.9 \pm 0.8 \mu\text{m}$ โดยรายละเอียดของข้อมูลจะอยู่ที่ ภาคผนวก ก(9)

4.7.2 กรณีการป้อนชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ควบคุม

จากรูปที่ 4.40 แสดงความหนาผิวหลังการตัดโดยอุปกรณ์ควบคุมและขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ค่าความหนาผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัด จะมีค่าความหนาผิวเริ่มต้นที่ $3.7 \mu\text{m}$ และค่าความหนาผิวจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการตัดและมีค่าของความหนาผิวสุดท้ายเท่ากับ $11.7 \mu\text{m}$ และค่าความหนาผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 จะมีค่าความหนาผิวที่สม่ำเสมอในช่วง 200 ชิ้น และความหนาผิวจะมีค่าที่สูงขึ้นเมื่อชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีค่ามากกว่า 200 ชิ้น ซึ่งจะมีค่าความหนาผิวเฉลี่ยหลังการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 เท่ากับ $4.7 \pm 0.6 \mu\text{m}$ โดยรายละเอียดของข้อมูลจะอยู่ที่ ภาคผนวก ก(9)

4.7.3 ผลการเปรียบเทียบกรณีที่ 1 และ 2

จากรูปที่ 4.41 แสดงความหนาผิวหลังการตัดโดยอุปกรณ์ควบคุมและด้วยพนักงาน ค่าความหนาผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัด จะมีค่าความหนาผิวเริ่มต้นที่เท่ากับ $4 \mu\text{m}$ และค่าความหนาผิวจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการตัดและมีค่าของความหนาผิวสุดท้ายเท่ากับ $12 \mu\text{m}$ และค่าความหนาผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยพนักงานจะมีค่าความหนาผิวที่สูงกว่าค่าความหนาผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดโดยอุปกรณ์ควบคุม

จากรูปที่ 4.42 แสดงค่าความหนาผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 โดยอุปกรณ์ควบคุมและด้วยพนักงาน ค่าความหนาผิวที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 จะมีค่าที่สม่ำเสมอในช่วง 200 ชิ้น และความหนาผิวจะมีค่าที่สูงขึ้นเมื่อชิ้นงานที่ผ่านการขัด

มากกว่า 200 ขึ้น ซึ่งจะมีค่าความหยาบผิวเฉลี่ยหลังการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 เท่ากับ $4.86 \mu\text{m}$

จากรูปที่ 4.43 ถึง 4.48 ชิ้นงานที่ผ่านการตัดในช่วงเริ่มต้นของการป้อนงานทั้งสองกรณีจะมีค่าความหยาบผิวที่ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อสังเกตแล้วชิ้นงานที่ป้อนงานด้วยพนักงานในสายการผลิตจะเกิดคลื่นขึ้นบริเวณผิวหน้าของชิ้นงาน

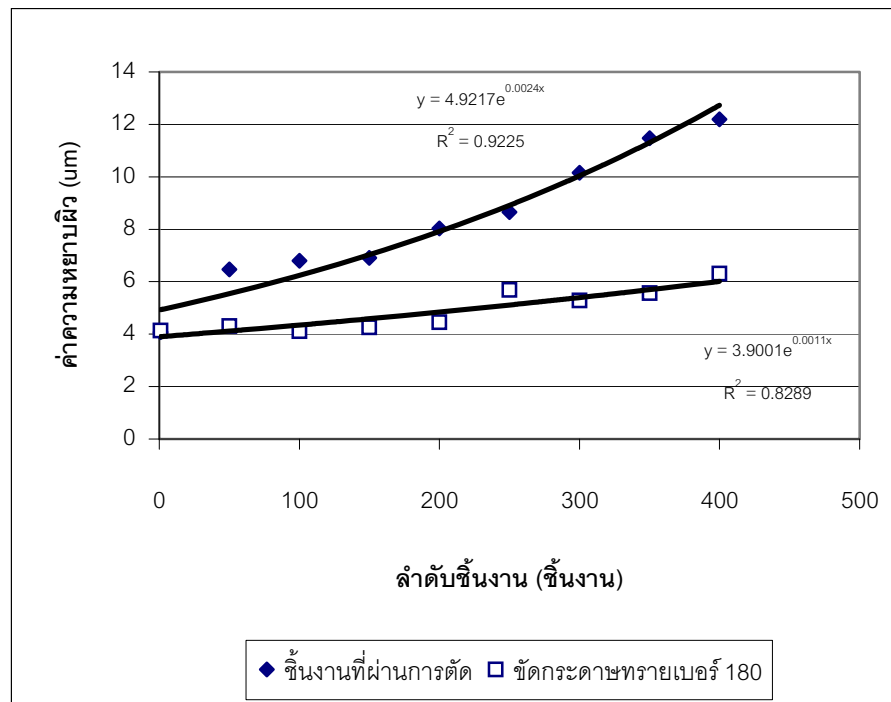
จากรูปที่ 4.49 ถึง 4.52 ชิ้นงานที่ผ่านการตัดโดยอุปกรณ์ควบคุมที่ชิ้นงานมากกว่า 200 ขึ้น ผิวของชิ้นงานจะเกิดรอยขีดขึ้นและเพิ่มมากขึ้นจนใบมีดตัดหมดอายุและการป้อนงานด้วยพนักงานชิ้นงานที่ผ่านการตัดมากกว่า 200 ขึ้น ชิ้นงานจะเกิดเสียง เล็กน้อยในบริเวณผิวหน้าของชิ้นงานและจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนใบมีดตัดหมดอายุและจากรูปที่ 4.53 และ 4.54 ชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยพนักงานจะเกิดคลื่นมากกว่าการตัดโดยอุปกรณ์ควบคุม

จากรูปที่ 4.55 ถึง 4.62 ชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 จะสามารถขัดชิ้นงานให้เรียบได้ทั้งหมดในชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่มีค่าความหยาบผิวน้อยกว่าเท่ากับ $8 \mu\text{m}$ ในทั้งสองกรณี และการขัดชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่มีค่าความหยาบผิวมากกว่า $8 \mu\text{m}$ ในทั้งสองกรณี จะยังหลงเหลือเสียงที่เกิดจากการตัดอยู่ในบริเวณผิวหน้าของชิ้นงาน

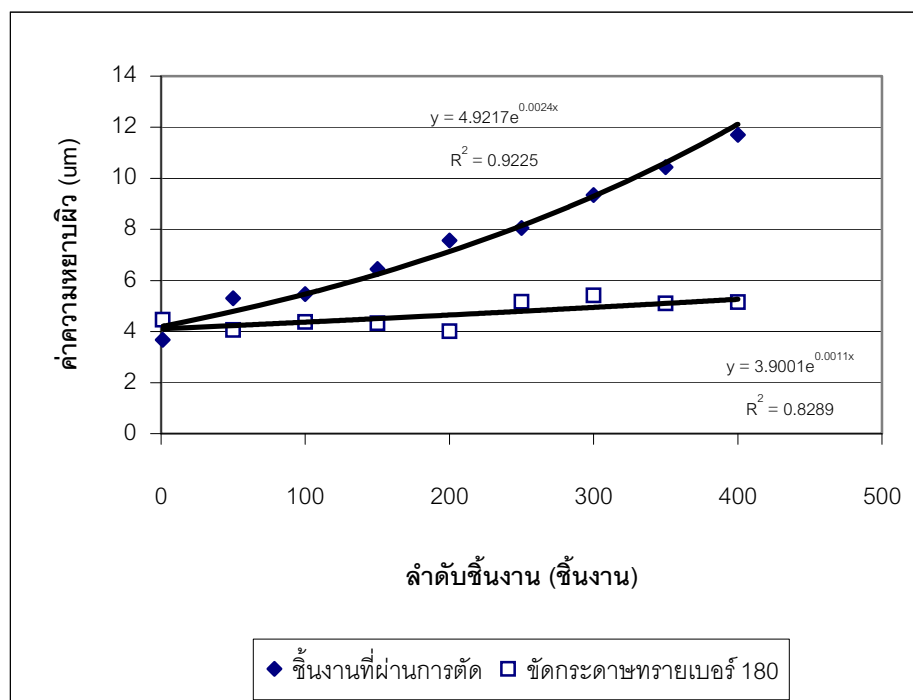
จากตารางที่ 4.16 แสดงค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดและขัด ภายหลังการทดสอบแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด ค่าความหยาบผิวที่ได้จากการตัดของการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงานและการป้อนชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ควบคุมที่ชิ้นงานที่ 1 ถึง 200 มีค่าเท่ากับ 4.08 ถึง $8 \mu\text{m}$ และ 3.68 ถึง $8 \mu\text{m}$ ตามลำดับ และมีค่าความหยาบผิวของการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงานและการป้อนชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ควบคุมที่ 201 ถึง 400 เท่ากับ 8 ถึง $12.2 \mu\text{m}$ และ 8 ถึง $11.7 \mu\text{m}$ ตามลำดับ และมีค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 ของการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงานและการป้อนชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ควบคุมที่ชิ้นงานที่ 1 ถึง 200 มีค่าเท่ากับ $4.26 \pm 0.14 \mu\text{m}$ และ $4.25 \pm 0.19 \mu\text{m}$ ตามลำดับ และมีค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 ของการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงานและการป้อนชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ควบคุมชิ้นงานที่ 201 ถึง 400 เท่ากับ $5.71 \pm 0.44 \mu\text{m}$ และ $5.21 \pm 0.14 \mu\text{m}$ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.17 แสดงผลสรุปผลเปรียบเทียบการตัดด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนและการป้อนด้วยพนักงานในสายการผลิต รายละเอียดของข้อมูลจะอยู่ที่ภาคผนวก ก(9) จะพบว่าค่าความหนาผิวเริ่มต้นของการตัดด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนและการป้อนด้วยพนักงานในสายการผลิตมีค่าที่ใกล้เคียงกันเท่ากับ 4 และ 5 μm จำนวนชิ้นงานที่ทำได้ของการตัดด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนและการป้อนด้วยพนักงานในสายการผลิตที่ค่าความหนาผิวสุดท้ายเท่ากับ 8 μm มีค่าเท่ากับ 239 และ 203 ชิ้น และมีอายุการใช้งานของใบมีดตัดที่ป้อนด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนและการป้อนด้วยพนักงานในสายการผลิตมีค่าเท่ากับ 27.88 และ 16.44 นาที ตามลำดับ

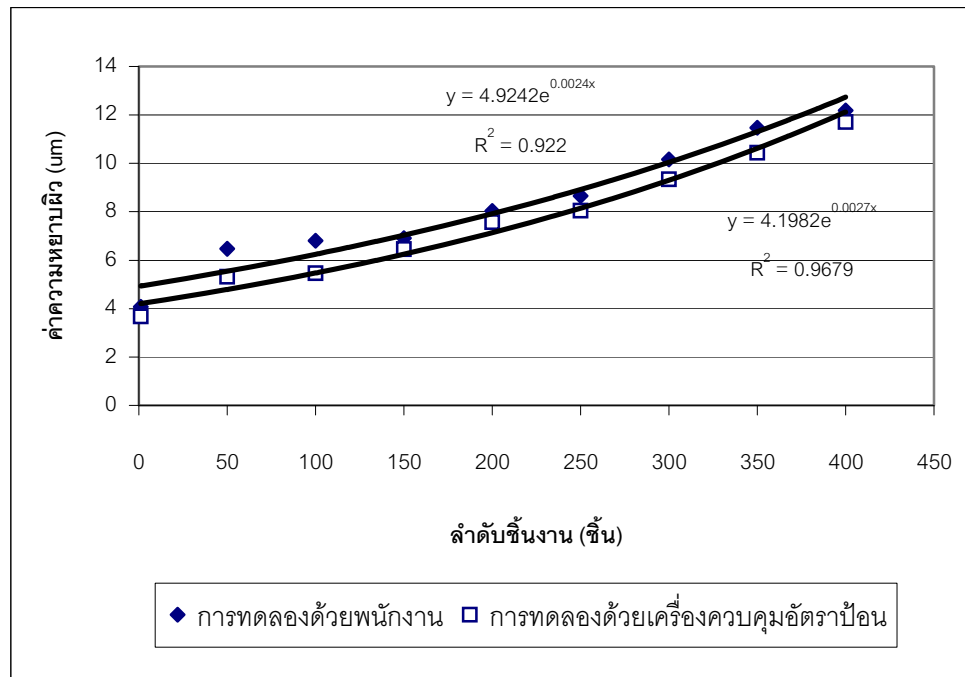
จากตารางที่ 4.18 การเปรียบเทียบการดำเนินการขัดชิ้นงานในปัจจุบันและการนำเสนอแนวทางที่ 1 และ 2 ได้เวลารวมที่ใช้ในการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 เท่ากับ 108.3 ,74.6 และ 40.93 นาที ตามลำดับ ทำให้เวลาการขัดลดลงจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 31.1% และ 62.2 % ตามลำดับ



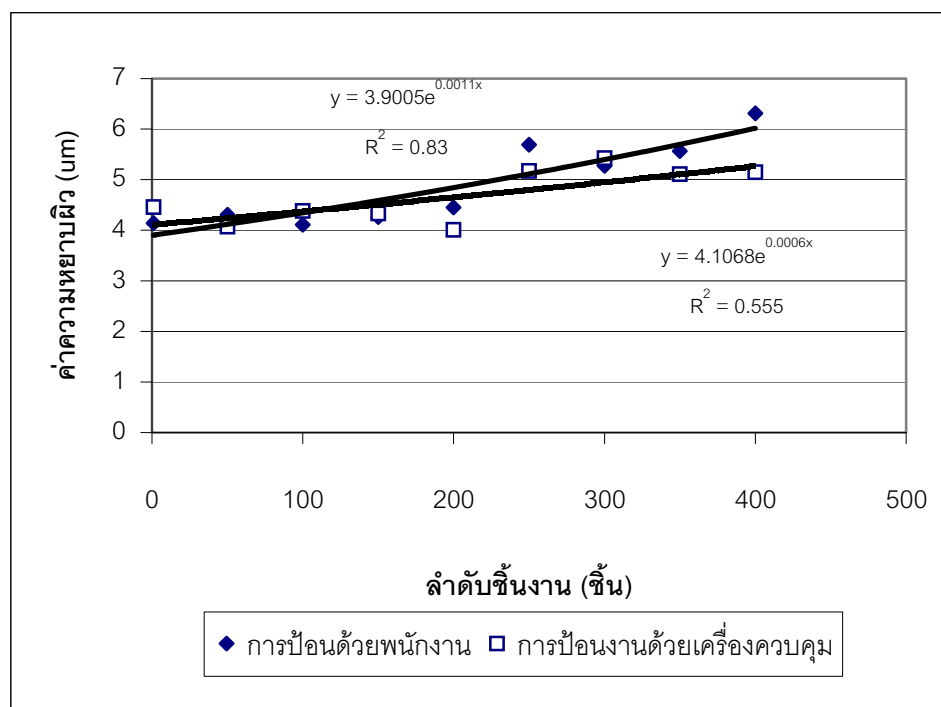
รูปที่ 4.39 แสดงความหยาบผิวหลังการตัดด้วยพนักงานและขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 และลำดับชิ้นงาน



รูปที่ 4.40 แสดงความหยาบผิวหลังการตัดด้วยอุปกรณ์ควมคุมและขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 และลำดับชิ้นงาน



รูปที่ 4.41 แสดงเปรียบเทียบความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัดของกรณีที่ 1 และ 2



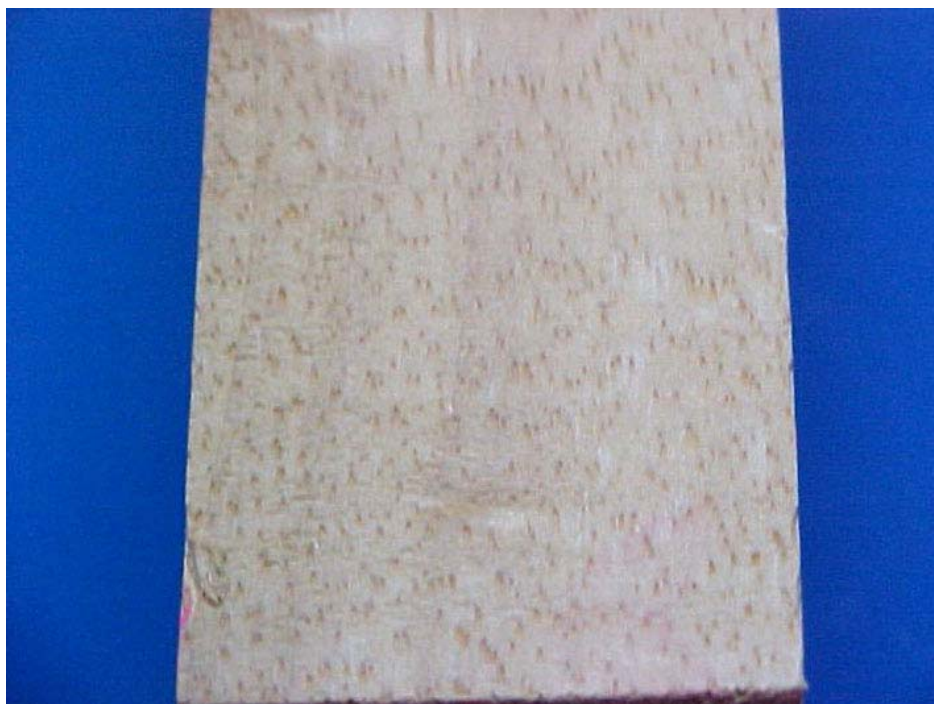
รูปที่ 4.42 แสดงเปรียบเทียบความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 ของกรณีที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าความหนาผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดและขัด ภายหลังจากทดสอบแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด

ชิ้นงานตัดที่	ค่าความหนาผิวชิ้นงาน (μm) (กรณีป้อนชิ้นงานด้วยพนักงาน)		ค่าความหนาผิวชิ้นงาน (μm) (กรณีป้อนชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ควบคุม)	
	หลังการตัด	หลังการขัด	หลังการตัด	หลังการขัด
1-200	4.08 ถึง 8	4.26 ± 0.14	3.68 ถึง 8	4.25 ± 0.19
201-400	มากกว่า 8 ถึง 12.2^{*1}	$5.71 \pm 0.44^{*2}$	มากกว่า 8 ถึง 11.7^{*3}	$5.21 \pm 0.14^{*4}$

หมายเหตุ

- 1) ชิ้นงานเริ่มเกิดขนบริเวณผิวชิ้นงานตัดตั้งแต่หลัง 200 ชิ้น และเพิ่มมากขึ้นจนถึงชิ้นงานที่ 400
- 2) ผิวชิ้นงานหลังการขัดยังคงมีขนหลงเหลืออยู่เล็กน้อยเนื่องจากขัดไม่ออก
- 3) ชิ้นงานเริ่มเกิดรอยขีดเล็กน้อยตั้งแต่หลังชิ้นงานที่ 200 เป็นต้นไป
- 4) รอยขีดบนผิวชิ้นงานขัดหมดไป แต่ปรากฏให้เห็นขนเกิดขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากการขัดรอยขีด



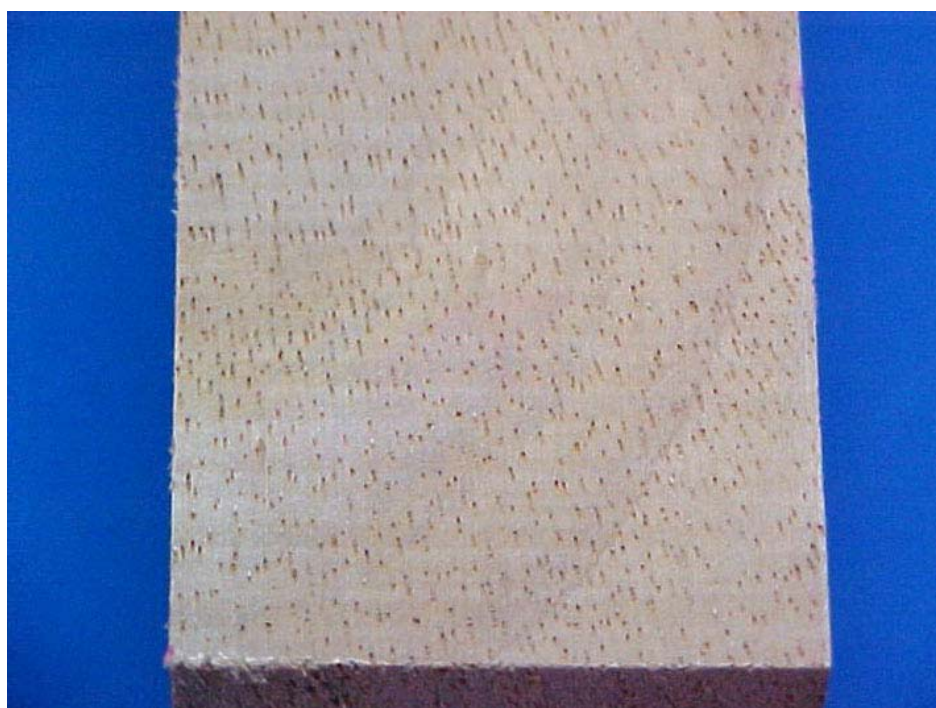
รูปที่ 4.43 ผิวงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 1 โดยพนักงาน



รูปที่ 4.44 ผิวงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 1 ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน



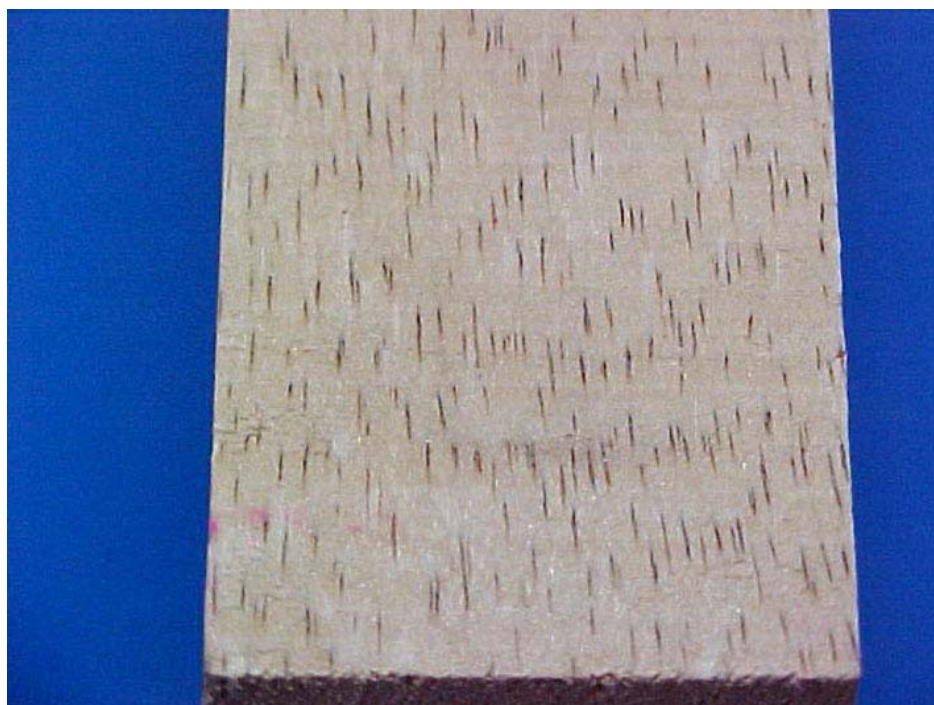
รูปที่ 4.45 ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 100 โดยพนักงาน



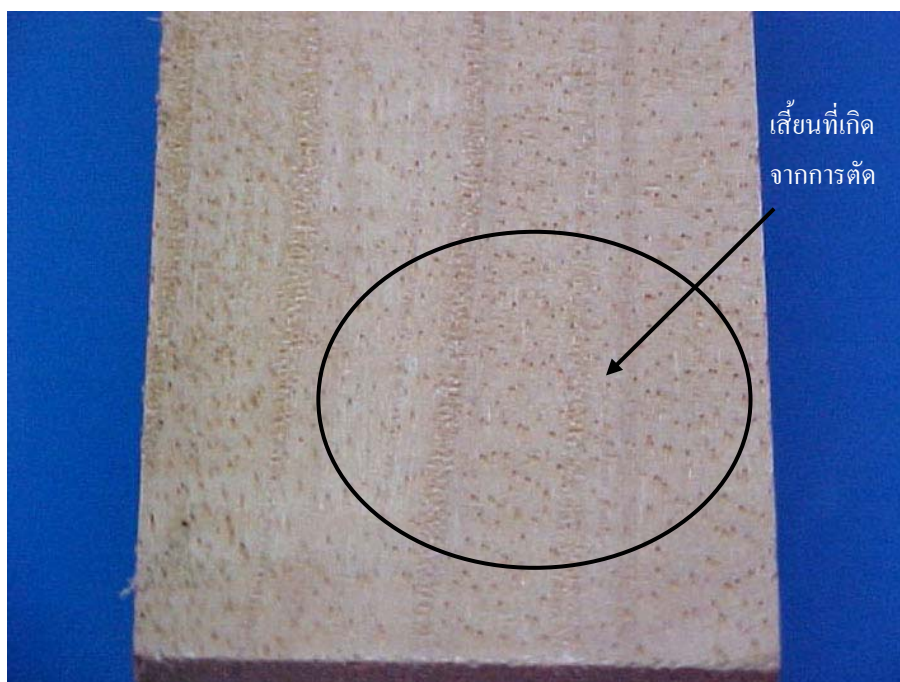
รูปที่ 4.46 ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 100 ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน



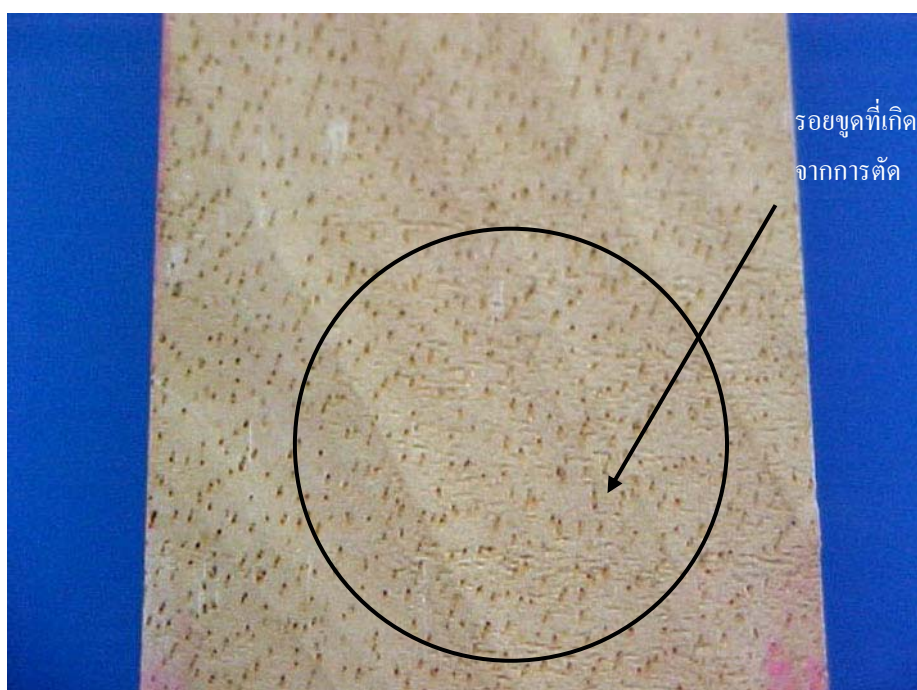
รูปที่ 4.47 ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 200 โดยพนักงาน



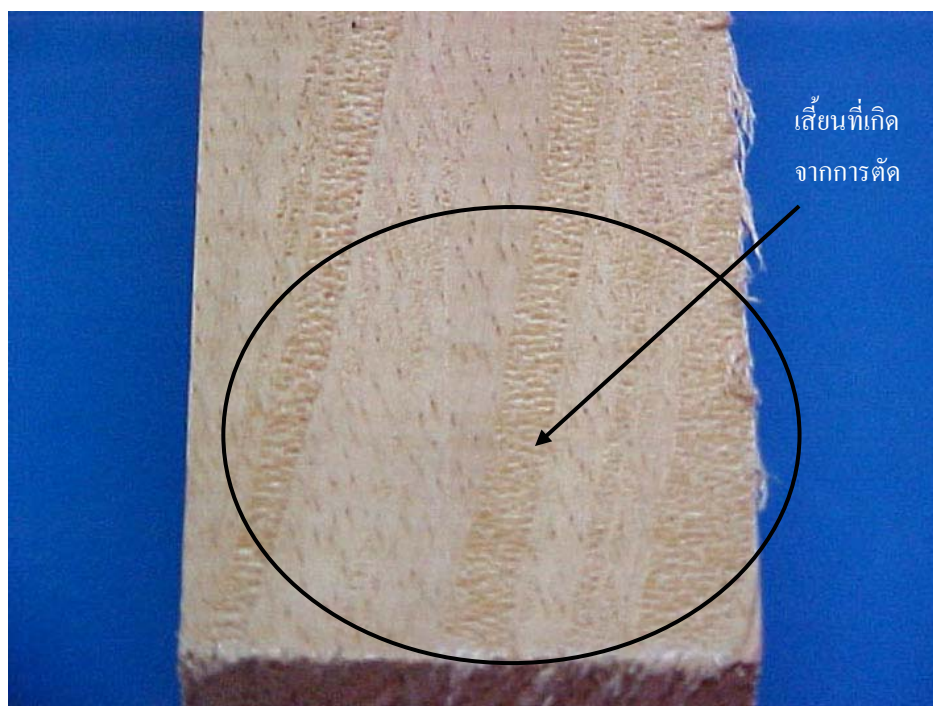
รูปที่ 4.48 ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 200 ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน



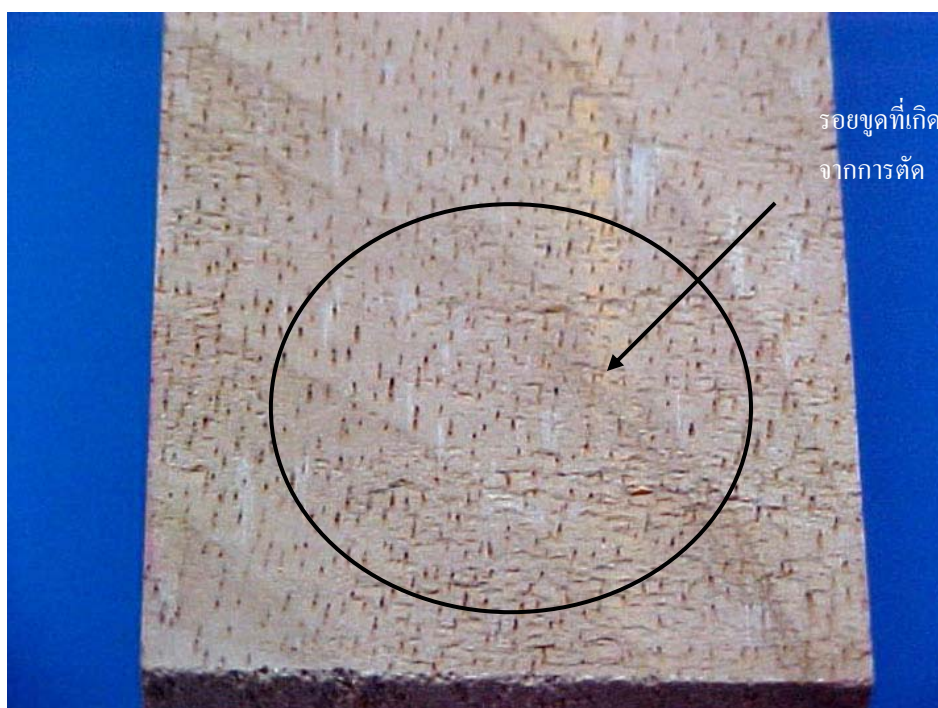
รูปที่ 4.49 ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 250 โดยพนักงาน



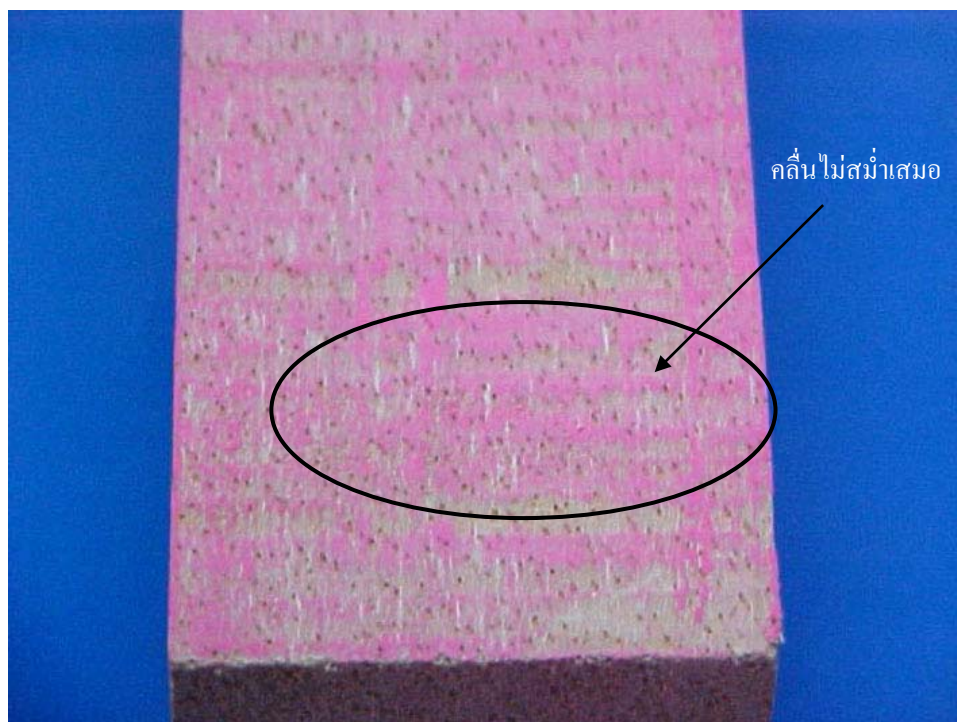
รูปที่ 4.50 ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 250 ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน



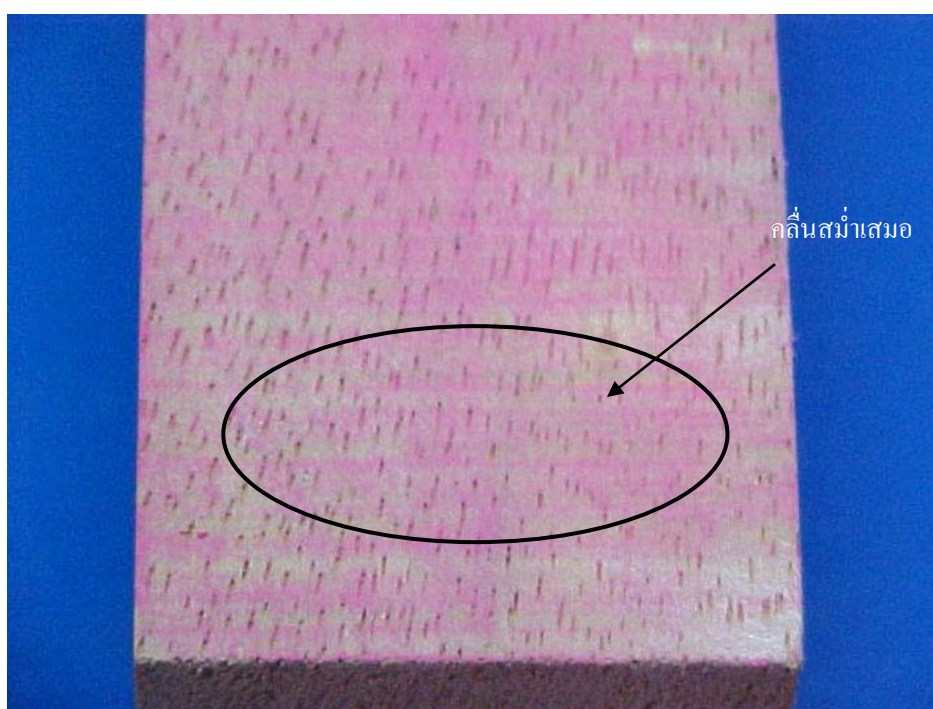
รูปที่ 4.51 ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชั้นที่ 400 โดยพนักงาน



รูปที่ 4.52 ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชั้นที่ 400 ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อน



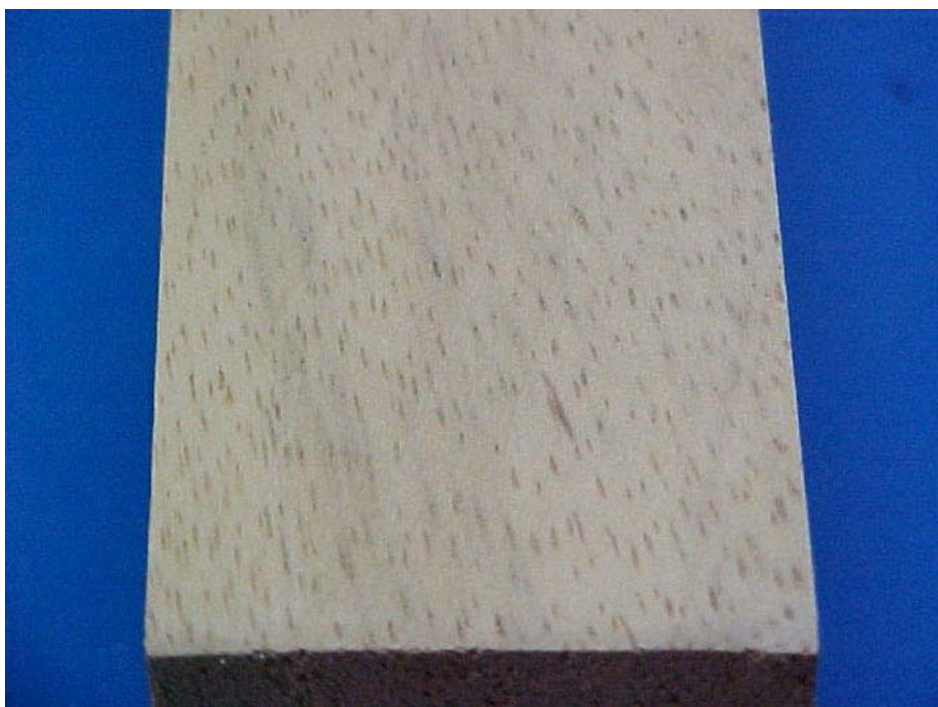
รูปที่ 4.53 ฝักร้างงานที่ผ่านการตัดขึ้นที่ 100 โดยพนักงานและทำการปาดผิวด้วยซอลค์สีชมพู



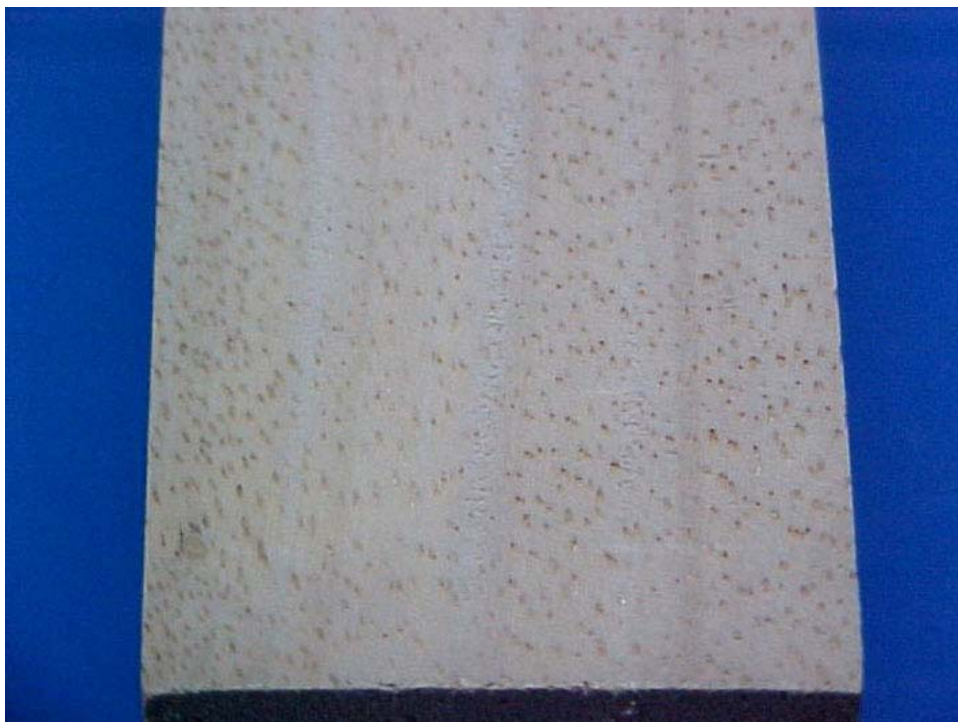
รูปที่ 4.54 ฝักร้างงานที่ผ่านการตัดขึ้นที่ 100 ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อนและทำการปาดผิวด้วยซอลค์สีชมพู



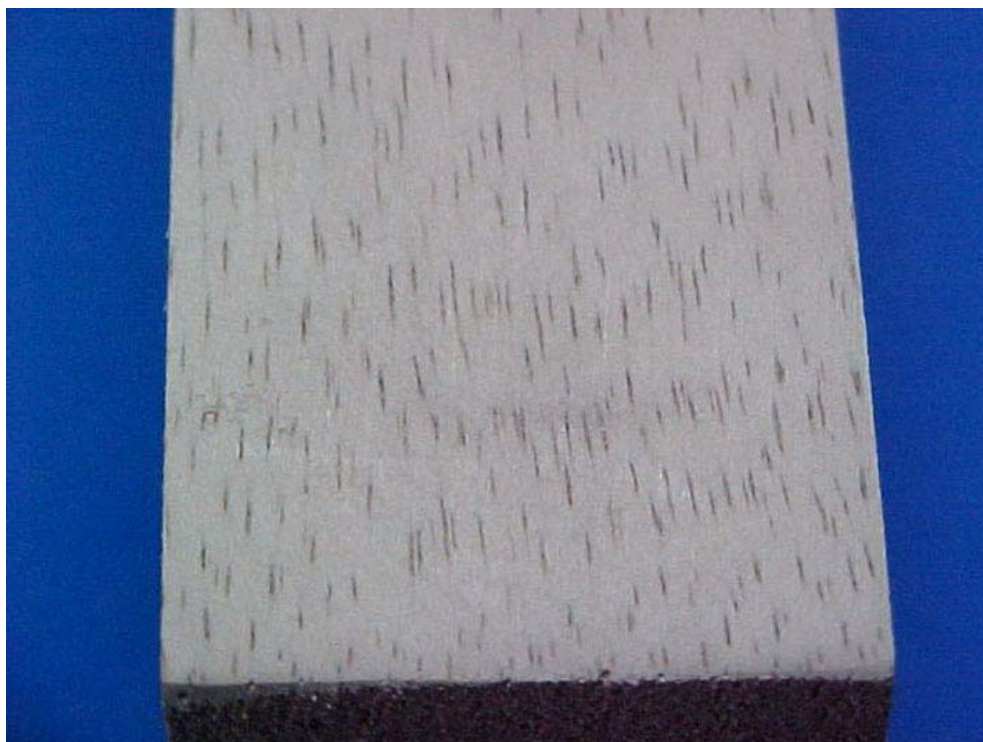
รูปที่ 4.55 ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชั้นที่ 1 ของชิ้นงานตัดโดยพนักงาน



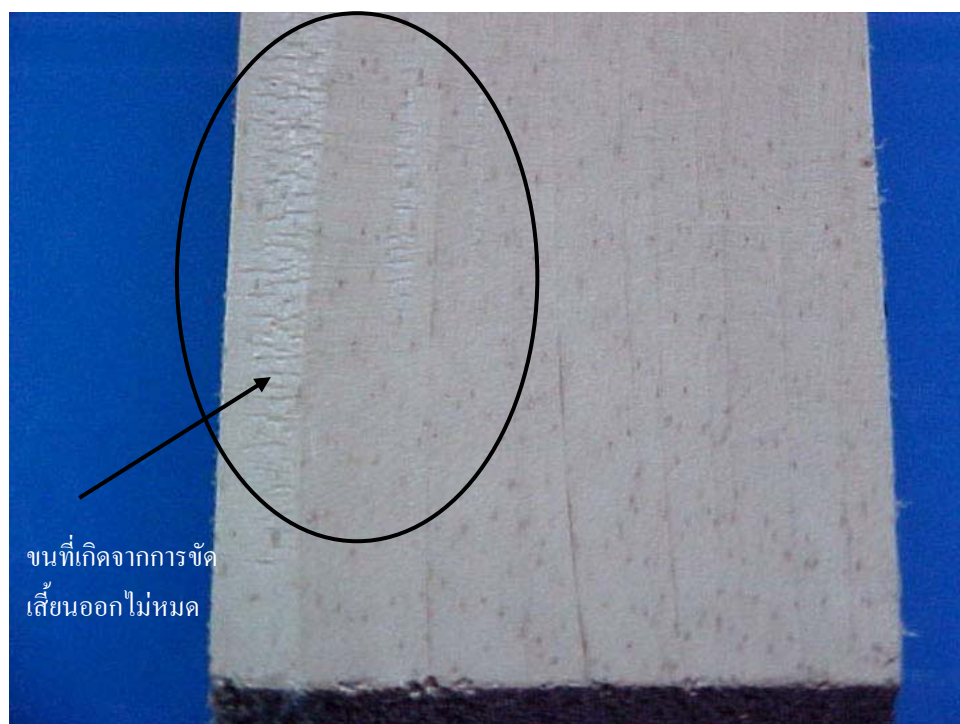
รูปที่ 4.56 ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชั้นที่ 1 ของชิ้นงานตัดด้วยอุปกรณ์
ควบคุมอัตราป้อน



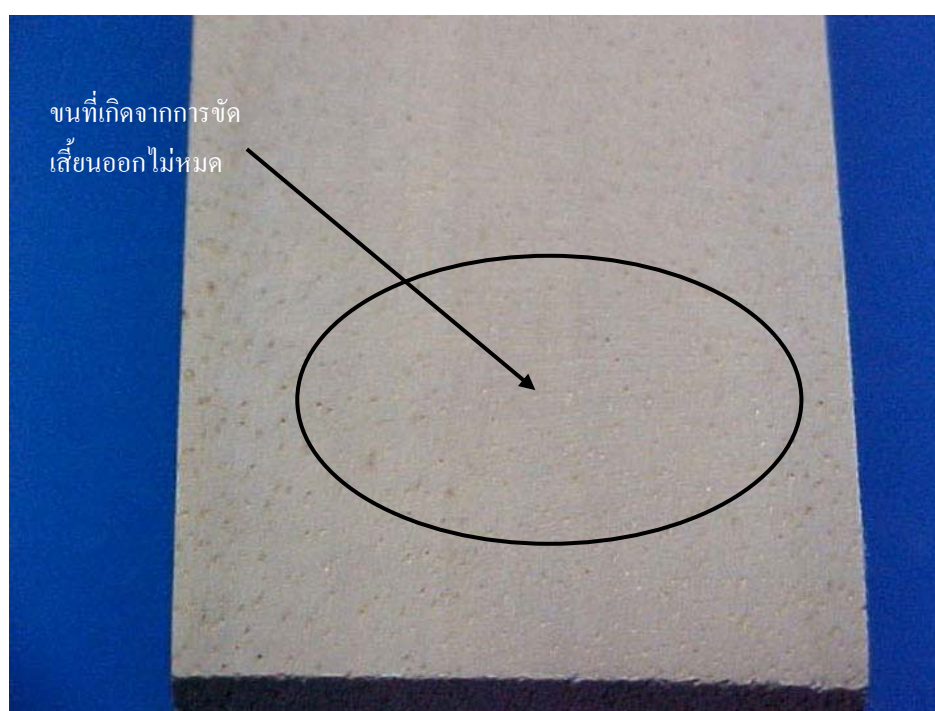
รูปที่ 4.57 ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชั้นที่ 200 ของชิ้นงานตัดโดยพนักงาน



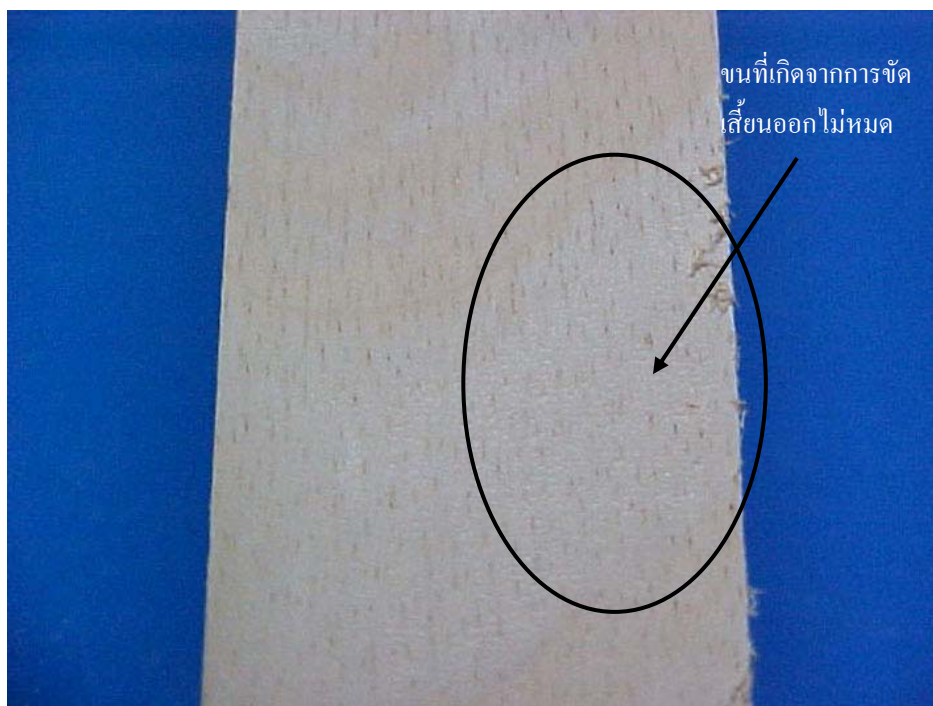
รูปที่ 4.58 ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชั้นที่ 200 ของชิ้นงานตัดด้วยอุปกรณ์
ควบคุมอัตราป้อน



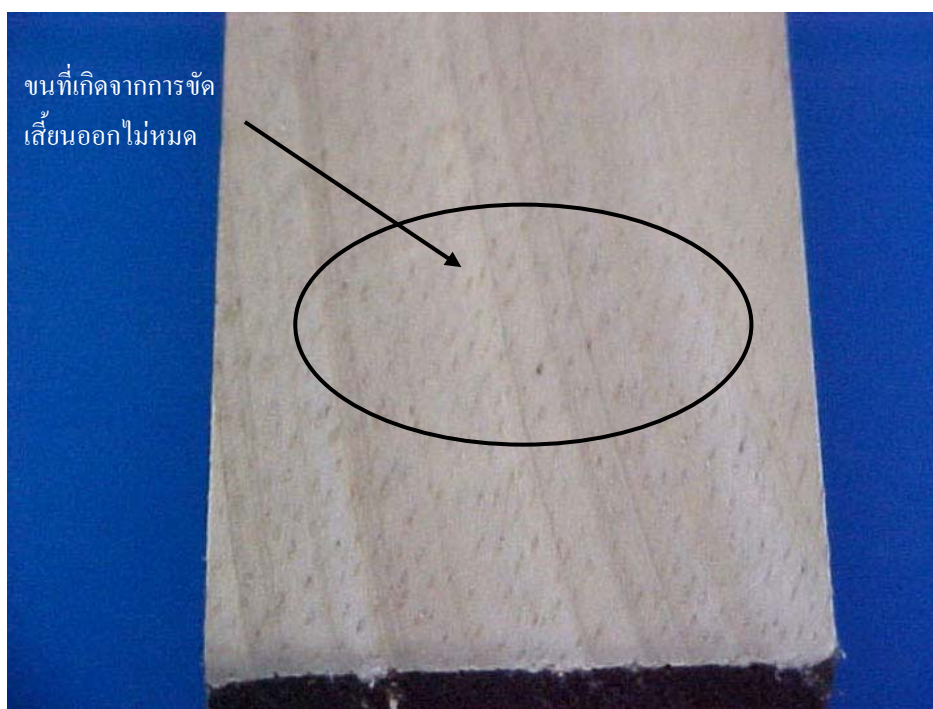
รูปที่ 4.59 ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชั้นที่ 250 ของชิ้นงานตัดโดยพนักงาน



รูปที่ 4.60 ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชั้นที่ 250 ของชิ้นงานตัดด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราป้อน



รูปที่ 4.61 ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชั้นที่ 400 ของชิ้นงานตัดโดยพนักงาน



รูปที่ 4.62 ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ชั้นที่ 400 ของชิ้นงานตัดด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราป้อน

ตารางที่ 4.17 สรุปผลเปรียบเทียบการตัดด้วยอุปกรณ์ควบคุมและการป้อนงานด้วยพนักงานในสายการผลิตที่ค่าความหนาผิวสุดท้ายเท่ากับ 8 μm

การควบคุม อัตราป้อน	สภาวะการตัด				ความหนา ผิวเริ่มต้น (μm)	ความหนาผิว สุดท้าย (μm)	เวลาที่ใช้ในการตัด ต่อชิ้น (วินาที/ชิ้น) (1)	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้นงาน) (2)	อายุใบมีดตัด (นาที) (3) = [(1)X(2)]/60
	d (มม.)	f (ม./นาที)	N (รอบ/นาที)	การแกว่ง (มม.)					
อุปกรณ์ควบคุม	3	3	7943 $\pm$ 2	0.5 $\pm$ 0	4	8	7	239	27.88
พนักงาน	3	4.1 $\pm$ 0.9	7645 $\pm$ 9	0.36 $\pm$ 0.2	5	8	4.86	203	16.44

ตารางที่ 4.18 การเปรียบเทียบการดำเนินการขุดขึ้นงานในสภาวะปัจจุบันและการนำเสนอมาตรการ

การดำเนินงาน	หลังการขุดกระดาดทรายเบอร์ 100			หลังการขุดกระดาดทรายเบอร์ 180			เวลาที่ใช้ในการขุด รวม (นาที) $(7) = \frac{((3)+(6))}{60}$
	เวลาที่ใช้ขุด (วินาที/ชั้น) (1)	จำนวนชั้นงานขุด (ชั้นงาน) (2)	เวลา (วินาที) (3)=(1) x (2)	เวลาที่ใช้ขุด (วินาที/ชั้น) (4)	จำนวนชั้นงานขุด (ชั้นงาน) (5)	เวลา (วินาที) (6)=(4) x (5)	
1. วิธีการเดิม	10.1	400	4040	6.1	400	2440	108.3
2. วิธีตามแนวทางที่ 1	10.1	200	2020	6.1	400	2440	74.6
3. วิธีตามแนวทางที่ 2	-	-	-	6.1	400	2440	40.93
% ความแตกต่าง = $\frac{(\text{วิธีการเดิม}) - (\text{วิธีตามแนวทางที่ 1})}{(\text{วิธีการเดิม})} \times 100$			50 %				31.1 %
% ความแตกต่าง = $\frac{(\text{วิธีการเดิม}) - (\text{วิธีตามแนวทางที่ 2})}{(\text{วิธีการเดิม})} \times 100$			100 %				62.2 %

4.8 มาตรการการใช้ใบมีดตัด

จากการทดลองสภาวะการตัดที่ดีที่สุดของการทดลอง คือ ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที ระยะลึกกรอยตัด 3 มิลลิเมตร และอัตราการป้อนงาน 3 เมตร/นาที มีอายุการใช้งานเท่ากับ 17 นาที ที่ระดับความหยาบผิว $8\ \mu\text{m}$ รวมถึงการทดลองการขัดชิ้นงานด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 และการลดขั้นตอนของการขัดชิ้นงานด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 โดยไม่ผ่านกระดาษทรายเบอร์ 100 จากผลการทดลองที่ได้สามารถนำค่าที่ได้จากการทดลองเขียนมาตรการการใช้ใบมีดตัดออกเป็น 2 มาตรการดังนี้

มาตรการที่ 1 กรณีต้องการใช้ใบมีดตัดจนหมดอายุ

จากข้อสรุปข้างต้นจะสามารถเขียนเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1. ความเร็วรอบของเครื่องจักรเพลาดั้งที่ใช้ในการตัดจะต้องมีค่าเท่ากับ 7900 รอบ/นาที
2. ระยะลึกของรอยตัดที่ทำการตัดจะต้องมีค่าเท่ากับ 3 มิลลิเมตร
3. อัตราการป้อนงานเท่ากับ 3 เมตร/นาที และการป้อนต้องมีค่าที่สม่ำเสมอ
4. ทำการขัดชิ้นงานตามข้อกำหนดข้างต้นจนใบมีดตัดหมดอายุ
5. นำชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวสูงกว่า $8\ \mu\text{m}$ (หรืออายุใบมีดตัดมากกว่า 17 นาที ของการตัด) ขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 ก่อนแล้วจึงขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ตามลำดับ
6. นำชิ้นงานที่มีอายุการใช้งานของการตัดที่ค่าความหยาบผิวน้อยกว่า $8\ \mu\text{m}$ (หรืออายุใบมีดตัดน้อยกว่า 17 นาที ของการตัด) ขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180
7. นำชิ้นงานที่ได้จากการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 เพื่อเตรียมประกอบต่อไป

แผนภูมิสรุปมาตรการที่ 1 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.37

มาตรการที่ 2 กรณีต้องการใช้อายุใบมีดตัดที่เหลือที่ความหยาบผิวน้อยกว่า $8\ \mu\text{m}$ ไปใช้งานตัดหยาบ

จากข้อสรุปข้างต้นจะสามารถเขียนเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1. ความเร็วรอบของเครื่องจักรเพลาดั้งที่ใช้ในการตัดจะต้องมีค่าเท่ากับ 7900 รอบ/นาที
2. ระยะลึกของรอยตัดที่ทำการตัดจะต้องมีค่าเท่ากับ 3 มิลลิเมตร
3. อัตราการป้อนงานเท่ากับ 3 เมตร/นาที และการป้อนต้องมีค่าที่สม่ำเสมอ

4. ทำการตัดชิ้นงานจนชิ้นงานสุดท้ายมีค่าความหยาบผิวไม่เกิน $8\text{ }\mu\text{m}$ (หรือเมื่ออายุใบมีดตัดเท่ากับ 17 นาที ของการตัด)
5. เปลี่ยนใบมีดตัด และนำใบมีดตัดที่ผ่านการใช้งาน ไปใช้ตัดชิ้นงานอื่นที่ไม่ต้องการความเรียบผิวมาก เช่น ชิ้นส่วนที่หุ้มหนัง ชิ้นส่วนโครงสร้าง เป็นต้น
6. นำชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่มีค่าความหยาบผิวต่ำกว่า $8\text{ }\mu\text{m}$ ขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180
7. นำชิ้นงานที่ผ่านการขัดส่งไปยังกระบวนการประกอบ

แผนภูมิสรุปมาตรการที่ 2 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.38

บทที่ 5

บทวิจารณ์

จากผลการศึกษาการใช้ใบมีดตัดของกระบวนการตัดแต่งสำหรับไม้ยางพาราแปรรูปนั้น สามารถวิจารณ์ผลการทดลองได้เป็นประเด็น ดังนี้

5.1 การตรวจสอบใบมีดตัด

5.2 การป้อนชิ้นงานโดยพนักงาน

5.2.1 มุมมีดตัดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัด

5.2.2 ระยะเวลาของรอยตัด

5.2.3 อัตราการป้อนงาน

5.2.4 อายุการใช้งานของใบมีดตัด

5.3 การขัดแต่งชิ้นงานตัด

5.4 การป้อนชิ้นงานโดยอุปกรณ์ควบคุม

5.4.1 ความเร็วรอบของใบมีดตัด

5.4.2 ระยะเวลาของรอยตัด

5.4.3 อัตราการป้อนงาน

5.4.4 พลังงานที่ใช้ในการตัด

5.5 การทดสอบแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด

5.5.1 ผิวของชิ้นงานตัดที่ได้จากการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงานและอุปกรณ์ควบคุม

5.5.2 ผิวของชิ้นงานตัดภายหลังการขัด

5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราป้อนชิ้นงานกับอายุใบมีดตัดและจำนวนชิ้นงานตัด

5.1 การตรวจสอบใบมีดตัด

การตรวจสอบความกว้างของคมมีดตัดก่อนการใช้งาน (เมื่อได้รับชุดมีดตัดจากผู้ผลิตโดยตรง) โดยใช้เครื่อง SEM ค่าความกว้างของใบมีดตัดที่จะเริ่มต้นในการใช้งานเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับ 20 ไมครอน (μm) การใช้งานใบมีดตัดที่ได้จากผู้ผลิตโดยตรงจะไม่สามารถนำใบมีดตัดไปใช้งานได้ทันทีเพราะค่าความกว้างของคมมีดตัดมีค่าที่สูงทำให้ชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีค่าความหยابผิวที่สูงและเกิดเสียงขึ้นบริเวณผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัด ชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยใบมีดตัดจากผู้ผลิตโดยตรงจะไม่สามารถนำไปผ่านกระบวนการขัดได้เพราะการขัดไม่สามารถขัดเสียงที่

เกิดจากการตัดได้ทั้งหมด ไบมีดตัดที่จะนำไปใช้งานต้องมีการตรวจสอบและควบคุมขนาดของความกว้างของคมมีดตัดที่ได้รับจากผู้ผลิตที่ส่งไบมีดตัดให้ค่าของความกว้างคมมีดตัดน้อยกว่า 5 μm หรือมีขนาดเท่ากับค่าความกว้างของการลับไบมีดตัดที่ใช้ภายในโรงงาน) เพื่อที่จะทำให้ชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีค่าของความหยาบผิวเริ่มต้นที่ดีและได้จำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตัดในปริมาณที่มากพอกับความต้องการ

5.2 การป้อนชิ้นงานตัดโดยพนักงาน

5.2.1 มุมมีดตัดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไบมีดตัด

การตรวจสอบไบมีดตัดที่ใช้ในการทดลองได้ตรวจสอบค่าของมุมมีดตัด เพื่อให้ทราบว่าปัจจุบันไบมีดตัดที่ใช้งานอยู่มีการกระจายของมุมมีดตัดมากน้อยเพียงไร จากการตรวจสอบพบว่ามุมมีดตัดที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันมีค่าเฉลี่ยของมุมมีดตัดเท่ากับ 52.6 ± 1.6 องศา ค่าของมุมมีดตัดจะมีค่าอยู่ระหว่าง 51 ถึง 54 องศา มุมมีดตัดที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันมีค่าของความเบี่ยงเบนที่สูง ค่าเบี่ยงเบนจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการตัดโดยตรง ซึ่งจะทำให้เกิดการสึกหรอของไบมีดตัดไม่สม่ำเสมอ และไบมีดตัดจะมีอายุการใช้งานที่สั้นลง แต่เมื่อทำการตรวจสอบค่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไบมีดตัดที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72 ± 0 มิลลิเมตร พบว่าผู้ผลิตไบมีดจะให้ความสำคัญต่อขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าการให้ความสำคัญต่อขนาดของมุมมีดตัดที่มีค่าเบี่ยงเบนที่สูง ดังนั้นโรงงานควรให้ความสำคัญต่อการตรวจสอบไบมีดตัดที่ได้รับจากผู้ผลิตไบมีดตัดก่อนการใช้งาน เพื่อให้ทำให้ได้ค่าของมุมมีดตัดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไบมีดตัดตามที่ต้องการและสม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังทำให้ไบมีดตัดที่ใช้งานมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

5.2.2 ระยะเวลาของรอยตัด

ระยะลิขของรอยตัดที่โรงงานใช้อยู่ในปัจจุบันสำหรับชิ้นงานที่ศึกษานี้จะมีค่าของระยะลิขของรอยตัดเฉลี่ยเท่ากับ 3.4 ± 0.5 มิลลิเมตร ระยะลิขของรอยตัดเฉลี่ยที่วัดได้นี้จะเป็นค่าการกระจายของระยะลิขของชิ้นงานที่ทำการทดลอง ความเบี่ยงเบนของระยะลิขของรอยตัดจะส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของไบมีดตัดด้วย โดยทำให้ไบมีดตัดมีอายุการใช้งานที่สั้นลงเพราะแรงที่ใช้ในการตัดไม่สม่ำเสมอ และทำให้ชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีความหยาบผิวที่สูงขึ้นเร็วกว่าปกติ ดังนั้นโรงงานจึงต้องให้ความสำคัญต่อการควบคุมระยะลิขของรอยตัดให้มีความสม่ำเสมอ และมีค่าของระยะลิขของรอยตัดไม่สูงเกินไปหรือถ้าเป็นไปได้ควรมีระยะที่ใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการ

5.2.3 อัตราการป้อนงาน

อัตราการป้อนงานของพนักงานในสายการผลิตที่ทำการทดลองในสภาพปัจจุบันพบว่า จะค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 ± 1.7 เมตร/นาที่ เนื่องจากอัตราการป้อนงานที่ใช้ในปัจจุบันมีค่าที่สูง ซึ่งการใช้อัตราการป้อนงานที่มีค่าสูงจะมีผลกระทบต่ออายุการใช้งานของใบมีดตัดมากที่สุด หรือทำให้ใบมีดตัดมีอายุสั้นลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบถึงความสำคัญของอัตราการป้อนกับตัวแปรอื่นๆของการตัด ได้แก่ ความเร็วตัด และระยะลึกของรอยตัดแล้ว กระบวนการตัดชิ้นงานจะต้องทำการควบคุมอัตราการป้อนให้มีค่าที่เหมาะสมและมีความสม่ำเสมอเพื่อให้อายุใบมีดตัดมีค่าที่ยาวนานขึ้น และได้จำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่มีคุณภาพดีมากขึ้น

5.2.4 อายุการใช้งานของใบมีดตัด

ปัจจุบันการกำหนดอายุการใช้งานของใบมีดตัดจะทำการพิจารณาโดยพนักงานที่ทำหน้าที่ ตัดแต่งชิ้นงานประจำเครื่องเพลาดึง พนักงานทำการตัดหรือขึ้นรูปชิ้นงานจนกระทั่งผิวชิ้นงานเริ่มเกิดขนหรือมีเส้นเกิดขึ้นที่ผิวชิ้นงาน จึงจะทำการลับคมมีดใหม่ หรือเปลี่ยนใบมีดตัดสำรอง นอกจากนี้ยังพบว่าใบมีดตัดที่โรงงานรับมาจากผู้ผลิตใบมีดตัดบางครั้งจะยังใช้งานไม่ได้ต้องนำใบมีดตัดไปลับคมมีด เพื่อปรับปรุงค่าความกว้างของสันคมมีดลดลงจาก $20 \mu\text{m}$ เป็น $6 \mu\text{m}$ ก่อนจึงจะทำการตัดชิ้นงานได้

จากประเด็นของมุมมีดตัด ระยะลึกของรอยตัด อัตราการป้อนใบมีดตัด และค่าความกว้างของคมมีดตัดก่อนการใช้งานมักมีผลต่ออายุการใช้งาน โดยเฉพาะระยะลึกของรอยตัด และอัตราการป้อนงานที่มากเกินไป และไม่สม่ำเสมอ หรือมีค่าความเบี่ยงเบนของระยะลึกของรอยตัดและอัตราป้อนที่สูงเกินไป จะส่งผลให้ใบมีดตัดมีอายุการใช้งานที่สั้นลง และมีผลต่อคุณภาพผิวของชิ้นงานตัด

5.3 การขัดแต่งชิ้นงานตัด

ปัจจุบันชิ้นงานที่ต้องการความเรียบและทำสี เมื่อผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลาดึงทั้งหมด ตั้งแต่ชิ้นแรกจนถึงชิ้นงานสุดท้าย(หรือชิ้นงานที่เริ่มเกิดขนหรือมีเส้นเกิดขึ้น) ชิ้นงานตัดจะมีค่าความหยาบผิวตั้งแต่ 5 ถึง $12 \mu\text{m}$ จากนั้นทำการขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 (ขัดหยาบ) และเบอร์ 180 (ขัดละเอียด) ตามลำดับ และจากผลการศึกษาการขัดดังกล่าวแสดงในตารางที่ 4.10 พบว่าชิ้นงานหลังการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และเบอร์ 180 จะมีค่าความหยาบผิวเท่ากับ $8 \mu\text{m}$ และ $4.2 \mu\text{m}$ ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นว่า ชิ้นงานที่ผ่านการขัดที่มี

ค่าความหยาบผิวระหว่าง 5 ถึงน้อยกว่า 8 μm ชิ้นงานตัดนั้นจะถูกขัดให้ผิวหยาบขึ้นเป็น 8 μm และชิ้นงานตัดที่มีค่าความหยาบผิวเกินกว่า 8 μm จะถูกขัดให้มีค่าความหยาบผิวดลลงที่ 8 μm ก่อนจึงทำการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 เพื่อให้ได้ผิวเรียบที่ 4.2 μm ซึ่งจะเห็นว่าทำให้เกิดการทำงานช้าช้อนและเสียเวลา สำหรับกรณีชิ้นงานตัดที่มีค่าความหยาบผิวน้อยกว่า 8 μm รูปที่ 5.1 แสดงค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัดและหลังการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 และ เบอร์ 180 ตามลำดับ จากรูปที่ 5.1 พบว่า ชิ้นงานที่ 1 ถึง 200 ซึ่งความหยาบผิวระหว่าง 5 ถึง 8 μm ตามลำดับ ต้องถูกขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 ทำให้ผิวชิ้นงานต้องหยาบขึ้นเป็น 8 μm และจากนั้นจึงทำการขัดเรียบจาก 8 μm เป็น 4.2 μm สำหรับชิ้นงานที่มาเกินกว่า 200 ถึง 400 ซึ่งมีความหยาบผิวเกินกว่า 8 μm ก็จะถูกขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 และได้ความหยาบผิวเท่ากับ 8 μm และจากนั้นก็ถูกขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 จนทำให้ชิ้นงานมีความหยาบผิวเท่ากับ 4.2 μm

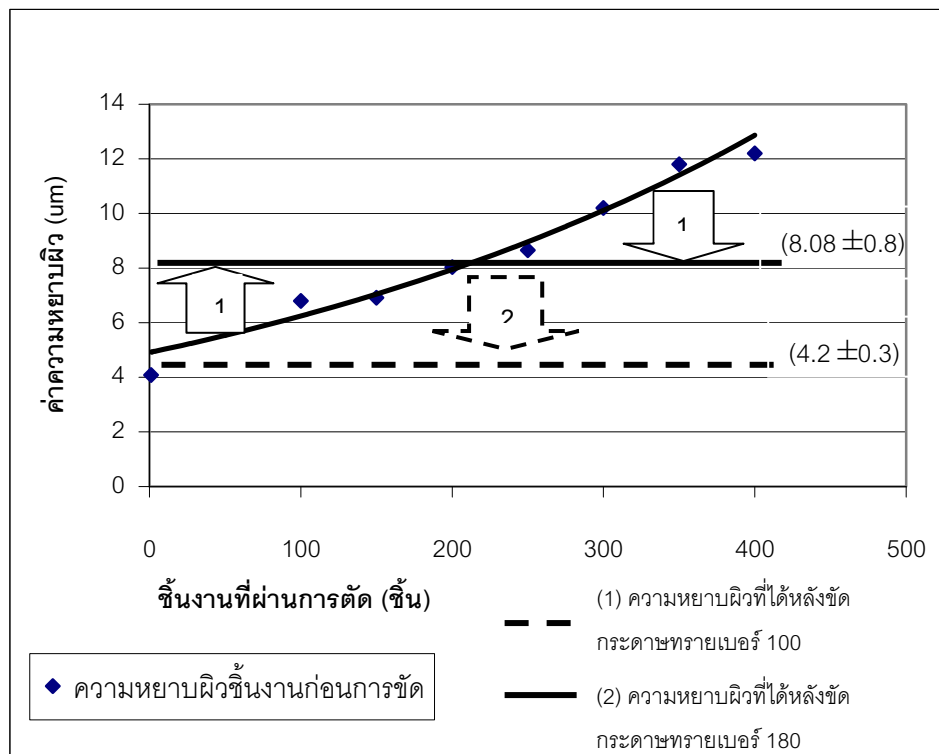
5.4 การป้อนชิ้นงานโดยอุปกรณ์ควบคุม

5.4.1 ความเร็วรอบของใบมีดตัด

ความเร็วรอบที่ใช้ในการทดลองจะมีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่ 3755, 4900 และ 7900 รอบ/นาที ในการใช้ความเร็วรอบในการทดลองที่มีความแตกต่างกันเพื่อที่จะหาว่าการทราบว่าการความเร็วรอบที่มีความแตกต่างกันจะส่งผลต่ออายุการใช้งานและค่าความหยาบผิวที่ได้จากการตัดมากน้อยเพียงไร จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าความเร็วรอบที่ใช้ในการทดลองที่มีค่าความเร็วรอบที่สูงจะไม่ส่งผลต่ออายุการใช้งานของใบมีดตัดมากนักและยังทำให้ค่าของความหยาบผิวที่ได้มีค่าที่ดี การใช้งานควรใช้ความเร็วรอบที่สูงเพื่อทำให้ความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีค่าที่ดี

5.4.2 ระยะลึกของรอยตัด

ระยะลึกที่ใช้ในการทดลองจะมีค่าเท่ากับ 3 และ 5 มิลลิเมตร และมีค่าของระยะลึกของรอยตัดที่สม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน การใช้ระยะลึกที่มีค่าของระยะลึกที่ต่ำจะทำให้ใบมีดตัดมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า การตัดที่ระยะลึกของรอยตัดที่สูง ดังนั้นการทำงานในสายการผลิตควรจะต้องให้ความสำคัญกับระยะลึกของรอยตัดให้มีค่าที่ต่ำและมีความสม่ำเสมอของระยะลึกของรอยตัด เพื่อให้ทำให้อายุการใช้งานของใบมีดตัดมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน



รูปที่ 5.1 แสดงความหยาบผิวของชิ้นงานตัดและหลังการขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 ตามลำดับ ในสภาพปัจจุบัน

5.4.3 อัตราการป้อนงาน

อัตราการป้อนงานในการทดลองโดยควบคุมด้วยอุปกรณ์ควบคุมให้มีค่าเท่ากับ 3, 5 และ 7 เมตร/นาที่ ในการทดลองค่าของอัตราการป้อนชิ้นงานจะส่งผลต่ออายุการใช้งานของใบมีดตัดและค่าความหยาบผิวที่ได้จากการตัดของชิ้นงานมากกว่าค่าของระยะลึกของรอยตัดและความเร็วรอบที่ใช้ในการทดลอง การใช้อัตราการป้อนงานที่สูงกว่าจะทำให้อายุการใช้งานของใบมีดตัดสั้นกว่าการใช้อัตราการป้อนงานที่ต่ำอย่างเห็นได้ชัด และยังทำให้ค่าของความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการใช้อัตราการป้อนชิ้นงานควรใช้อัตราการป้อนที่ต่ำเพื่อที่จะทำให้ใบมีดตัดมีอายุการใช้งานที่ยาวนานและให้ค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่มีคุณภาพ

5.4.4 พลังงานที่ใช้ในการตัด

พลังงานที่ใช้ในการตัดจะแปรผันโดยตรงกับค่าของความเร็วยรอบ ระยะลึกของรอยตัด และอัตราการป้อนงาน เมื่อเพิ่มค่าของตัวแปรทั้งสามจะทำให้พลังงานที่ใช้ในการตัดมีค่าที่สูงขึ้นตามไปด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของพลังงานที่ใช้ในการตัดจะแปรผันตามค่าของอัตราการป้อนงานมากที่สุด จะพบว่าการเพิ่มอัตราการป้อนงานสูงขึ้นจะทำให้พลังงานที่ใช้ในการตัดมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นมาก เมื่อเทียบกับการเพิ่มค่าของระยะลึกของรอยตัดและความเร็วรอบของการทดลอง ดังนั้นการใช้งานในสายการผลิตควรให้ความสำคัญกับการใช้อัตราการป้อนชิ้นงานเพื่อทำให้ค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัดมีค่าที่ต่ำการใช้พลังงานที่ต่ำจะทำให้ลดต้นทุนในสายการผลิตได้อีกด้วย

5.5 การทดสอบแนวทางการจัดการการใช้ใบมีดตัด

จากการศึกษาการใช้ใบมีดตัดของเครื่องเพลตตั้งและการขัดผิวชิ้นงานตัดทำให้ทราบว่า (1) ปัจจุบันพนักงานจะใช้ใบมีดตัดจนหมดอายุแล้วจึงลับคมใหม่และใบมีดตัดมีอายุราว 30 นาที่ โดยจะใช้ใบมีดตัดชิ้นงานจนชิ้นงานเกิดเสี้ยนแล้วจึงลับคมใหม่ และทำให้ความหยาบผิวของชิ้นงานอยู่ระหว่าง 5 ถึง 12 μm (2) ชิ้นงานตัดทุกชิ้นต้องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 ทำให้ความหยาบผิวชิ้นงานหลังการขัดเป็น 8 และ 4.2 μm ตามลำดับ และทำให้ทราบเกณฑ์ความหยาบผิวที่โรงงานยอมรับ คือ เท่ากับหรือน้อยกว่า 4.2 μm (3) ชิ้นงานตัดที่ได้ในช่วงต้นของอายุใบมีดตัดที่มีค่าความหยาบผิวน้อยกว่า 8 μm ต้องถูกขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 ทำให้ความหยาบผิวเพิ่มขึ้นเป็น 8 μm ดังนั้นในประเด็นที่ 3 นี้จึงเป็นเหตุที่ทำให้ต้องมีการปรับปรุงวิธีการจัดการการใช้ใบมีดตัด โดยได้มีการกำหนดแนวทางหลักไว้ว่าค่าความ

หยาดผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลตัมมีค่าน้อยกว่า $8\ \mu\text{m}$ ไม่จำเป็นต้องขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และให้นำชิ้นงานไปขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 โดยตรง ซึ่งมีผลทำให้ลดขั้นตอนการขัดและเวลาที่ใช้ในการขัดลง และที่สำคัญ คือ ยังมีผลกระทบต่อการผลิตปริมาณฝุ่นภายในโรงงานอีกด้วย

จากประเภทของชิ้นงานที่เลือกศึกษา คือ ชิ้นงานยึดสปริง ที่มีขนาดความกว้างของรอยตัดเท่ากับ 40 มม. ความยาวโค้งเท่ากับ 330 มม. และรัศมีความโค้งของชิ้นงานเท่ากับ 455 มม. ทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชิ้นงานที่ตัดได้ กับความหยาดผิวของชิ้นงานตัด และเมื่อระดับค่าความหยาดผิวที่ต้องการเท่ากับ $8\ \mu\text{m}$ เพื่อต้องการกำหนดอายุการใช้งานของใบมีดตัด ดังนั้นที่สภาวะเงื่อนไขการตัดที่ระยะลึกเท่ากับ 3 มม. อัตราการป้อนชิ้นงานเท่ากับ 3 ม./นาที่ และความเร็วรอบเท่ากับ 7900 รอบ/นาที่ จะให้อายุการใช้งานเท่ากับ 23.4 นาที หรือคิดเป็นชิ้นงานที่ตัดได้เท่ากับ 209 ชิ้น ดังผลการทดลองจากตารางที่ 4.14 ดังนั้นการประมาณอายุการใช้งานใบมีดที่ 23.4 นาที หรือจำนวนชิ้นงานตัดไม่เกิน 209 ชิ้นงานนั้น จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสายการผลิตจริงได้หรือไม่โดยได้พิจารณาจากคุณภาพผิวชิ้นงาน ดังนั้นจึงได้มีการประยุกต์ทดลองใช้เกิดขึ้น โดยได้ทดลองใช้ทั้งกรณี การป้อนชิ้นงานตัดด้วยพนักงาน และกรณีการป้อนชิ้นงานตัดด้วยอุปกรณ์ควบคุม จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้ทั้งสองกรณี ไปทดลองขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180

5.5.1 ผิวของชิ้นงานตัดที่ได้จากการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงานและอุปกรณ์ควบคุม

ค่าความหยาดผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่ทำการควบคุมอัตราการป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนและการป้อนชิ้นงานโดยพนักงานจะมีค่าความหยาดผิวเริ่มต้นที่ใกล้เคียงกัน และค่าความหยาดผิวจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการตัด จนใบมีดตัดหมดอายุการใช้งาน แต่เมื่อสังเกตผิวที่ได้จากการตัดผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดมากกว่า 200 ชิ้นขึ้นไป พบว่าในการควบคุมอัตราการป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมผิวชิ้นงานที่ได้จะเกิดเป็นรอยขีดเล็กน้อยและจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนใบมีดตัดหมดอายุการใช้งาน แต่การป้อนชิ้นงานโดยพนักงานพบว่าชิ้นงานที่ 200 ชิ้นขึ้นไป จะเกิดขอบบริเวณผิวชิ้นงานตัดและเกิดเพิ่มมากขึ้นจนใบมีดตัดหมดอายุ อย่างไรก็ตามผิวชิ้นงานที่เป็นรอยขีดนั้นเมื่อผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 แล้ว รอยขีดจะถูกขัดออกไป แต่ถ้าผิวชิ้นงานที่ขึ้นขนจะไม่สามารถขัดผิวชิ้นงานให้เรียบได้ ดังแสดงผลของคุณภาพผิวชิ้นงานตัดที่ได้ดังรูปที่ 4.43 ถึง 4.52 สำหรับสาเหตุของผิวชิ้นงานที่เกิดเป็นขนขึ้นนั้นมาจากการป้อนชิ้นงานตัดที่ไม่สม่ำเสมอและใบมีดตัดที่ใช้งานหมดอายุ ดังนั้นจึงต้องมีการตั้งมาตรฐานใน

การจำกัดจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตัดเพื่อให้ชิ้นงานที่ผ่านการตัดไม่เกิดเป็นขนขึ้น ซึ่งทำให้โรงงานสามารถประหยัดเวลาในการขัดแต่งผิวเรียบได้

5.5.2 ผิวของชิ้นงานตัดภายหลังการขัด

การขัดแต่งชิ้นงานตัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 นั้นสำหรับชิ้นงานตัดที่ถูกป้อนด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการป้อนและสำหรับการป้อนชิ้นงานโดยพนักงานในสายการผลิต พบว่าชิ้นงานตัดในช่วง 200 ชิ้นแรกของทั้ง 2 วิธี เมื่อผ่านการขัดแล้วจะมีค่าความหยาบผิวที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีความหยาบผิวหลังการขัดเฉลี่ยเท่ากับ $4.25\ \mu\text{m}$ และ $4.26\ \mu\text{m}$ ตามลำดับ แต่เมื่อขัดชิ้นงานที่ผ่านการตัดชิ้นที่ 200 ขึ้นไป พบว่าค่าของความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดจะมีค่าที่สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดและจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นในชิ้นงานที่ใบมีดตัดใกล้หมดอายุ โดยมีค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเท่ากับ $5.21\ \mu\text{m}$ และ $5.7\ \mu\text{m}$ 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 และ 16 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการเริ่มเกิดขนหรือเสี้ยนที่บริเวณผิวรอยตัด อย่างไรก็ตาม การควบคุมคุณภาพผิวชิ้นงานที่ได้โดยไม่ต้องผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 สามารถช่วยให้โรงงานลดขั้นตอนการขัดลงได้ 1 ขั้นตอน ทำให้ประหยัดเวลาของการขัดลงจากเดิม 0.27 นาที/ชิ้น เป็น 0.10 นาที/ชิ้น หรือคิดเป็นร้อยละ 62 ของเวลาการขัดเดิมนอกจากนี้ยังมีผลให้ปริมาณฝุ่นลดลงอีกด้วย

5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราป้อนชิ้นงานกับอายุใบมีดตัดและจำนวนชิ้นงานตัด

จากการศึกษาอายุใบมีดตัดข้างต้น โดยวิธีการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงาน และวิธีการป้อนชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ควบคุม ได้สรุปปัจจัยที่ใช้ในการตัดและอายุการใช้งานใบมีดตัด และเมื่อ

พิจารณาค่าความหยาบผิวชิ้นงานสุดท้ายไม่เกิน $8\ \mu\text{m}$ ใ้ดังตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 และรูปที่ 5.3 ตามลำดับ

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

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

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

$$Y = 1.3325X^2 - 16.453X + 62.516 \dots\dots\dots(5.1)$$

เมื่อ Y คือ อายุใบมีดตัด (นาที่)

X คือ อัตราการป้อนใบมีดตัด (ม./นาที่)

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

รูปที่ 5.3 จะพบว่าจำนวนชิ้นงานตัดที่ได้แปรผันตามอัตราการป้อนชิ้นงานตัด ด้วยสมการโพลีโนเมียลกำลังสองด้วย R^2 เท่ากับ 0.68 ดังสมการ

$$Y = 6.1975X^2 - 52.079X + 320.3 \dots\dots\dots(5.2)$$

เมื่อ Y คือ จำนวนชิ้นงานตัดที่ได้ (ชิ้น)

X คือ อัตราการป้อนใบมีดตัด (ม./นาที่)

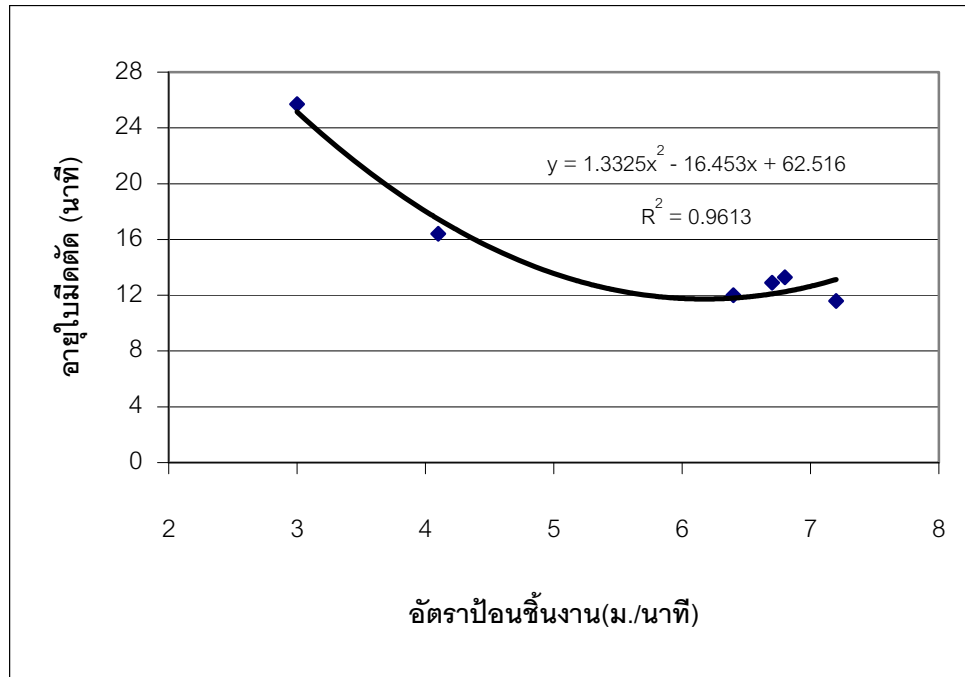
โดยกำหนดให้ภายใต้ระยะลึกเฉลี่ยเท่ากับ 3.2 ± 0.5 มม.และความเร็วตัดเฉลี่ยเท่ากับ 1760 ± 64 ม./นาที

จากความสัมพันธ์ทั้งสอง จะเห็นว่าอายุใบมีดตัดจะแปรผกผันกับอัตราการป้อนชิ้นงาน ขณะที่จำนวนชิ้นงานตัดจะแปรผันตามอัตราการป้อนชิ้นงาน แต่สำหรับในทางการผลิตแล้ว โรงงานมักต้องการปริมาณผลผลิตที่สูงขึ้นมากกว่าคำนึงถึงอายุใบมีดที่ยาวขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณผลผลิตที่สูงขึ้น อายุใบมีดจะสั้นลงและโอกาสที่คุณภาพผิวชิ้นงานจะเกิดคลื่น ขน รอยครูด หรือเสี้ยนก็จะมีมากขึ้นด้วย ดังนั้นก็ต้องคำนึงถึงคุณภาพผิวชิ้นงานที่จะเกิดรอย ครูดหรือเสี้ยนขึ้นด้วย โดยควรกำหนดให้อายุใบมีดหรือจำนวนชิ้นงานต่ำกว่าค่าประมาณการไว้ ร้อยละ 10

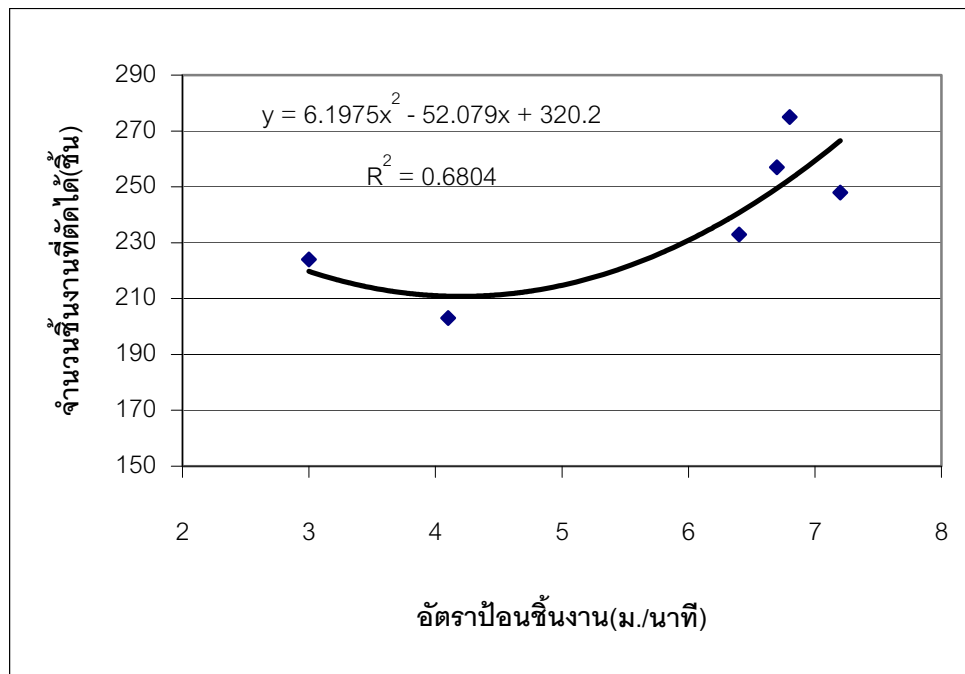
ตารางที่ 5.1 แสดงอายุใบมีดตัดและชิ้นงานที่ตัดได้ สำหรับการป้อนชิ้นงานด้วยพนักงานและอุปกรณ์ควบคุม โดยกำหนดความหนาใบมีดชิ้นงานสุดท้ายไม่เกิน $8\text{ }\mu\text{m}$

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

หมายเหตุ 1) ระยะลึกกรอยตัดและความเร็วตัดเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 3.2 ± 0.5 มม. และ 1760 ± 64 ม./นาที ตามลำดับ



รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนชิ้นงานกับอายุใบมีดตัด เมื่อกำหนดค่าความหยابผิวชิ้นงานมีค่าไม่เกิน $8 \mu\text{m}$



รูปที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนชิ้นงานกับจำนวนชิ้นงานที่ตัดได้ เมื่อกำหนดค่าความหยابผิวชิ้นงานมีค่าไม่เกิน $8 \mu\text{m}$

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาการจัดการการใช้ใบมีดตัดของกระบวนการตัดแต่งสำหรับไม้ยางพาราแปรรูปพอสรุปเป็นข้อๆ ดังนี้

1. ไม้ยางพาราที่ใช้ในการศึกษามีขนาดของท่ออาหารอยู่ในช่วงระหว่าง 200 ถึง 500 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 และมีค่าทนแรงกระแทก (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 ความหนาผิวชิ้นงานสูงขึ้น และอายุการใบมีดตัดสั้นลง โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนชิ้นงานตัดจะส่งผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนอง (Response variable) ดังกล่าวข้างต้นมากที่สุด
5. ขนาดความกว้างของคมมีดตัดที่โตขึ้น มีผลให้ความหนาผิวของชิ้นงานมีค่าสูงขึ้น และใช้พลังงานไฟฟ้าในการตัดเพิ่มขึ้น
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./นาที และระยะลึกของรอยตัดระหว่าง 2.7 ถึง 4.1 มม. ทั้งนี้ขึ้นกับอัตราเร่งการผลิต หรือผ่อนแรงตัดของพนักงานแต่ละคนและในแต่ละช่วงเวลา ความหนาผิวของชิ้นงานตลอดอายุใบมีดตัดมีค่าอยู่ระหว่าง 5 μm ถึง 12 μm และใบมีดตัดมีอายุเฉลี่ย 25.2 นาที

8. วิธีการจัดการการใช้ใบมีดตัด ของโรงงานในปัจจุบัน พบว่าใบมีดตัดที่เพิ่งลับคมใหม่ จะถูกใช้ตัดชิ้นงานจนกว่าชิ้นงานเกิดเลี่ยนขึ้น หรือพนักงานคิดว่าไม่สามารถตัดชิ้นงานต่อไปได้แล้ว จึงนำไปมีดตัดไปลับคมใหม่

9. ชิ้นงานทุกชิ้นที่ผ่านการตัดในปัจจุบันจะทำการขัดหยาบด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และตามด้วยการขัดละเอียดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ตามลำดับ คุณภาพผิวชิ้นงานหลังการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 มีค่าเท่ากับ $8\ \mu\text{m}$ ใช้เวลาในการขัดเท่ากับ 10 วินาที/ชิ้นงาน และความหยาบผิวชิ้นงานหลังการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 มีค่าเท่ากับ $4.2\ \mu\text{m}$ ใช้เวลาในการขัดเท่ากับ 6.6 วินาที/ชิ้นงาน

10. โรงงานไม่มีการคัดแยกคุณภาพผิวชิ้นงานตัด เพื่อลดขั้นตอนและเวลาการขัดหยาบ (เครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 100) ทั้งที่คุณภาพผิวชิ้นงานในช่วงต้นของการตัดมีค่าความหยาบผิวน้อยกว่า $8\ \mu\text{m}$ ซึ่งมีค่าความหยาบผิวน้อยกว่าชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 แล้ว

11. การควบคุมปัจจัยการตัดให้คงที่ โดยเฉพาะการป้อนชิ้นงานที่ช้าลง จะให้ผลช่วยลดปัญหาการเกิดคลื่นบนผิวชิ้นงานตัดได้ โดยอัตราป้อนชิ้นงานที่ 3 ม./นาที่ ระยะลึกของรอยตัด 3 มม. และความเร็วตัด 1712 ม./นาที่ ให้ช่วงความหยาบผิวชิ้นงานตลอดอายุการใช้งานของใบมีดมีค่าระหว่าง $5\ \mu\text{m}$ ถึง $12\ \mu\text{m}$ และมีอายุใบมีดตัดเท่ากับ 45 นาที

12. ความหยาบผิวของชิ้นงานตัดที่มากกว่า $8\ \mu\text{m}$ พบว่าชิ้นงานที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องควบคุมสภาวะการตัดให้คงที่ ผิวชิ้นงานจะเกิดเป็นรอยครูดของใบมีดตัด แต่สามารถถูกขัดให้หายได้ด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ขณะที่การตัดชิ้นงานด้วยวิธีป้อนชิ้นงานโดยพนักงานผิวชิ้นงานจะมีรอยคลื่นและเลี่ยนขึ้น 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 ได้ทำการนำเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไปดังนี้

1. การศึกษามุมตัดต่างๆ ของใบมีดตัดสำหรับเครื่องเพลาดึง
2. การศึกษาการลับคมใบมีดตัดหลังการใช้งาน
3. การพัฒนาคมมีดตัดและวัสดุใช้ทำใบมีดตัด
4. การพัฒนาเครื่องจักรเพลาดึง เพื่อสามารถควบคุมการป้อนชิ้นงานและลดปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจากชิ้นงาน
5. การศึกษาการตัดชิ้นงานประเภทรูปโค้งเว้า (Profile)

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

สัมภาษณ์ ศรีสุข สมชาย พัวจินดาเนตร. การศึกษาการวัดค่าความหยาบผิวไม้ยางพาราแปรรูปโดยวิธีการประมวลผลภาพ. การประชุมสัมมนาวิชาการเครือข่ายทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมทั่วประเทศ 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) ข้อมูลระยะลิกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของสภาวะการตัดชิ้นงานสภาพปัจจุบัน
- ก(4) ข้อมูลความหยাবผิวกับสภาวะการตัดชิ้นงานสภาพปัจจุบัน
- ก(5) ข้อมูลความกว้างของคมมีดตัดกับสภาวะการตัดชิ้นงานสภาพปัจจุบัน
- ก(6) ข้อมูลความหยাবผิวกับสภาวะการตัดต่างๆ
- ก(7) ข้อมูลความกว้างของคมมีดตัดกับสภาวะการตัดต่างๆ
- ก(8) ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดกับสภาวะการตัดต่างๆ
- ก(9) ข้อมูลความหยাবผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัด ความหยাবของผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัด และเวลาที่ใช้ในการขัด

ภาคผนวก ก(1) ผลการตรวจสอบ EDX ของไม้ยางพารา

```

SEMQuant results. Listed at 2:30:17 PM on 11/5/02
Operator: Bang-on
Client: Dusit Thomasang
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 Thomasang
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. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	51.95	59.14
O K	ED	47.43	40.54
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. Type	Element %	Atomic %
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) ข้อมูลระยะลิกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของสภาวะการตัดชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

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

ชิ้นงาน ที่	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)		อายุการใช้งาน ใบมีดตัด ⁽¹⁾ (นาที)	ปริมาตรที่ได้จาก การตัด ⁽²⁾ (ลบ.เมตร)
560				1.9		17.2	25

หมายเหตุ

(1) พิจารณาที่ผิวชิ้นงานเกิดเส้น

(2) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลิกรอยในการตัดเฉลี่ยและจำนวนชิ้นงาน

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

ชิ้นงาน ที่	วัดค่าระยะลึกในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (มม.)			เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)		อัตราป้อนงาน (ม./นาที)	
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	เวลา		ค่าเฉลี่ย
1	4	5	3	3.5 ± 0.9	3.52	3.1 ± 0.6	6.4 ± 1.0
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		4.19		
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)	อายุการใช้งาน ใบมีดตัด ⁽¹⁾ (นาที)	ปริมาตรที่ได้จาก การตัด ⁽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)

ชิ้นงาน ที่	วัดค่าระยะลึกในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (มม.)			เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)		อัตราป้อนงาน (ม./นาที)	
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	เวลา		ค่าเฉลี่ย
1	2	2	3	2.9 ± 0.8	3.34	2.9 ± 0.6	6.8 ± 1.1
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		2.95		
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)	อายุการใช้งาน ใบมีดตัด ⁽¹⁾ (นาที)	ปริมาตรที่ได้จาก การตัด ⁽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)

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

ชิ้นงาน ที่	วัดค่าระยะลึกในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (มม.)				เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)		อัตราป้อนงาน (ม./นาที)
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	เวลา	ค่าเฉลี่ย	
1	2	3	5	4.1 ± 0.8	2.88	3.0 ± 0.5	6.7 ± 1.0
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		3.45		
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)		อายุการใช้งาน ใบมีดตัด ⁽¹⁾ (นาที)	ปริมาตรที่ได้จาก การตัด ⁽²⁾ (ลบ.เมตร)
600				3.0		29.4	32.5

หมายเหตุ

(1) พิจารณาที่ผิวชิ้นงานเกิดเลี่ยน

(2) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลึกในการตัดเฉลี่ยและจำนวนชิ้นงาน

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

ชิ้นงาน ที่	วัดค่าระยะลึกในการตัดจำนวน 3 ครั้ง (มม.)				เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชิ้นงาน)		อัตราป้อนงาน (ม./นาที)
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	เวลา	ค่าเฉลี่ย	
1	3	2	3	2.7 ± 0.7	2.88	2.8 ± 0.4	7.2 ± 1.0
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		2.2		
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)		อายุการใช้งาน ใบมีดตัด ⁽¹⁾ (นาที)	ปริมาตรที่ได้จาก การตัด ⁽²⁾ (ลบ.เมตร)
650				2.8		30	23.2

หมายเหตุ

(1) พิจารณาที่ผิวชิ้นงานเกิดเสียง

(2) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลึกในการตัดเฉลี่ย และจำนวนชิ้นงาน

ภาคผนวก ก(4) ข้อมูลความหยาบผิวกับสภาวะการตัดชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

ตารางที่ ก(4) - 1 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยโม่ตัดชุดที่ 1 กรณีโม่ตัดใช้งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจากผู้ผลิตชุดโม่ตัด)

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 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยโม่ตัดชุดที่ 1 กรณีโม่ตัดใช้งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับโม่ตัดครั้งที่ 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 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยโม่เม็ดตัดชุดที่ 1 กรณีโม่เม็ดใช้
งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับโม่เม็ดครั้งที่ 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 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยโม่เม็ดตัดชุดที่ 2 กรณีโม่เม็ดใช้
งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจากผู้ผลิตชุดโม่เม็ด)

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

หมายเหตุ * หมายถึง ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนจนไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ ก(4) – 5 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้
งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 1)

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

หมายเหตุ * หมายถึง ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนจนไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ ก(4) – 6 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้
งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 2)

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

หมายเหตุ * หมายถึง ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนจนไม่สามารถวัดค่าได้

ภาคผนวก ก(5) ข้อมูลความกว้างของคมมีดตัดกับสภาวะการตัดชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

ตารางที่ ก(5) – 1 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมมีดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 1
กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1

ใบมีด ตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมตัดจำนวน 3 ครั้ง								ค่า แตกต่าง
	(1) ก่อนการใช้งาน (μm)				(2) หลังการใช้งาน (μm)				
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	(2) - (1)
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 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมมีดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 1
กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2

ใบมีด ตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมตัดจำนวน 3 ครั้ง								ค่า แตกต่าง (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

ใบมีด ตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมตัดจำนวน 3 ครั้ง								ค่า แตกต่าง (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

ใบมีด ตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมตัดจำนวน 3 ครั้ง								ค่า แตกต่าง (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

ใบมีด ตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมตัดจำนวน 3 ครั้ง								ค่า แตกต่าง (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

ใบมีด ตัดที่	วัดค่าความกว้างของคมตัดจำนวน 3 ครั้ง								ค่า แตกต่าง (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 ข้อมูลความหยาบผิวชั้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 3 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที

ชั้นงานที่ผ่าน การตัด (ชั้น)	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 ข้อมูลความหยาบผิวชั้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 5 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที

ชั้นงานที่ผ่าน การตัด (ชั้น)	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

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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

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

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

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

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

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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

ชิ้นงาน ผ่านตัดที่	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

ชิ้นงาน ผ่านตัดที่	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

ชิ้นงาน ผ่านตัดที่	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 ข้อมูลความกว้างของคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 3 มม. อัตราป้อน 3 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชั้นงาน 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 ข้อมูลความกว้างของคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 3 มม. อัตราป้อน 5 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชั้นงาน 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 ข้อมูลความกว้างของคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 3 มม. อัตราป้อน 7 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

ชั้นงาน 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 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลิ้นในการตัด 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 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลิ้นในการตัด 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 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลิ้นในการตัด 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 ระยะ
ลึกการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 3 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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 ระยะ
ลึกการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 5 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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 ระยะ
ลึกการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 7 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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 ระยะ
ลึกการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 3 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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 ระยะ
 ลีการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 5 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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 ระยะ
 ลีการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 7 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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 ระยะ
 ลีการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 3 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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 ระยะ
 ลีการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 5 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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 ระยะ
ลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 7 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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 ระยะ
ลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 3 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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 ระยะ
 ลีการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 5 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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 ระยะ
 ลีการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 7 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (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 ความหยาบของผิวของ
ชิ้นงานที่ผ่านการขัด และเวลาที่ใช้ในการขัด**

ตารางที่ ก(9) – 1 แสดงค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัด ความหยาบผิวหลังการขัด และ
เวลาที่ใช้ในการขัด ที่ป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนงาน

ชิ้นงาน	วัดค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัด จำนวน 3 ครั้ง (μm)				วัดค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัด ด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 จำนวน 3 ครั้ง (μm)				ความแตกต่าง (μm)
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
1	3.39	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 และ เวลาที่ใช้ในการขัด ที่ป้อนงานด้วยพนักงานในสายการผลิต

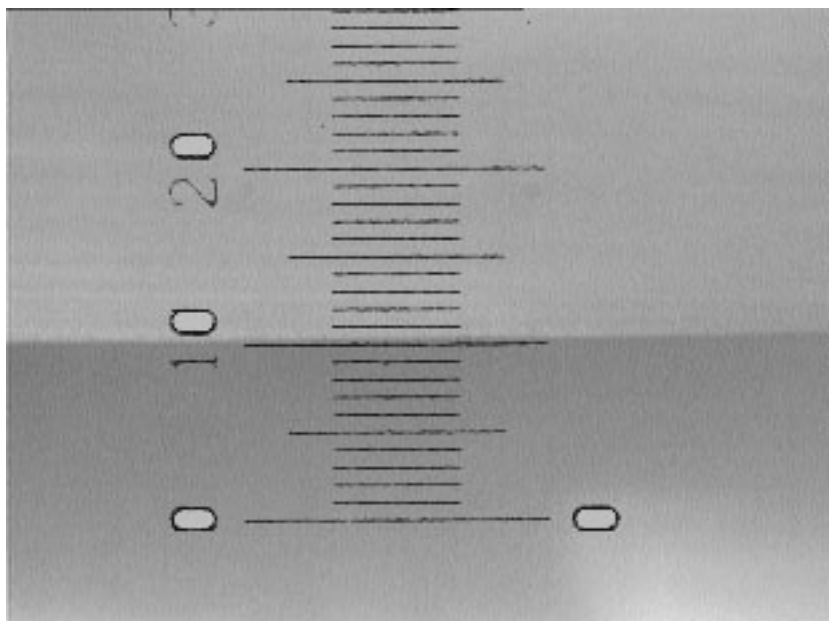
ชิ้นงาน	วัดค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัด จำนวน 3 ครั้ง (μm)				วัดค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัด ด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 จำนวน 3 ครั้ง (μm)				ความแตกต่าง (μm)
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	
1	3.71	4.29	4.24	4.08	4.81	4.24	3.37	4.14	0.06
50	7.26	5.61	6.56	6.47	3.26	5.44	4.22	4.31	2.16
100	6.14	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

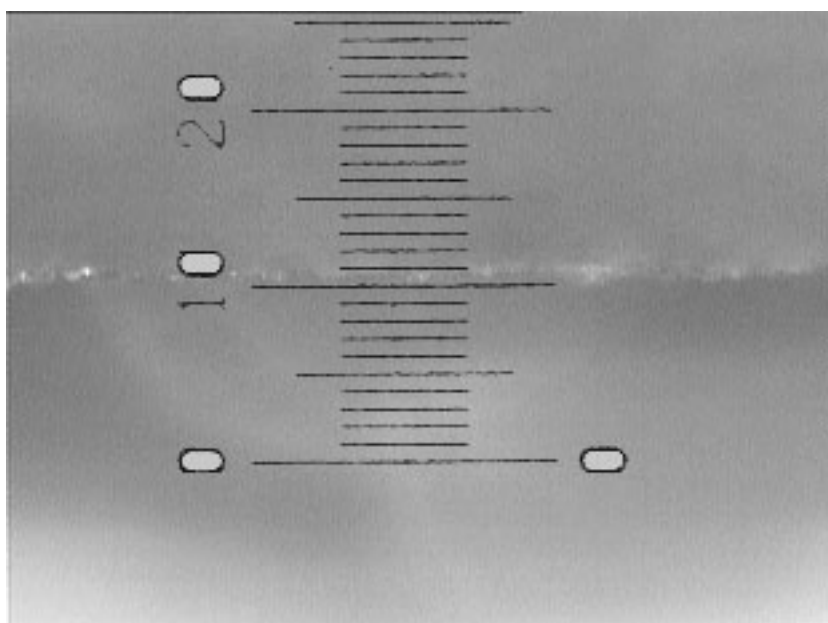
ภาพถ่ายการสีกหรือของใบมีดจากกล้องจุลทรรศน์

- ข(1) ภาพถ่ายการสีกหรือของใบมีดตัดชุดที่ 1 ของสภาวะการตัดสภาพปัจจุบัน
- ข(2) ภาพถ่ายการสีกหรือของใบมีดตัดชุดที่ 2 ของสภาวะการตัดสภาพปัจจุบัน
- ข(3) ภาพถ่ายการสีกหรือของสภาวะการควบคุมการตัด ที่ระยะลึกของรอยตัด 3 มม.
- ข(4) ภาพถ่ายการสีกหรือของสภาวะการควบคุมการตัด ที่ระยะลึกของรอยตัด 5 มม.

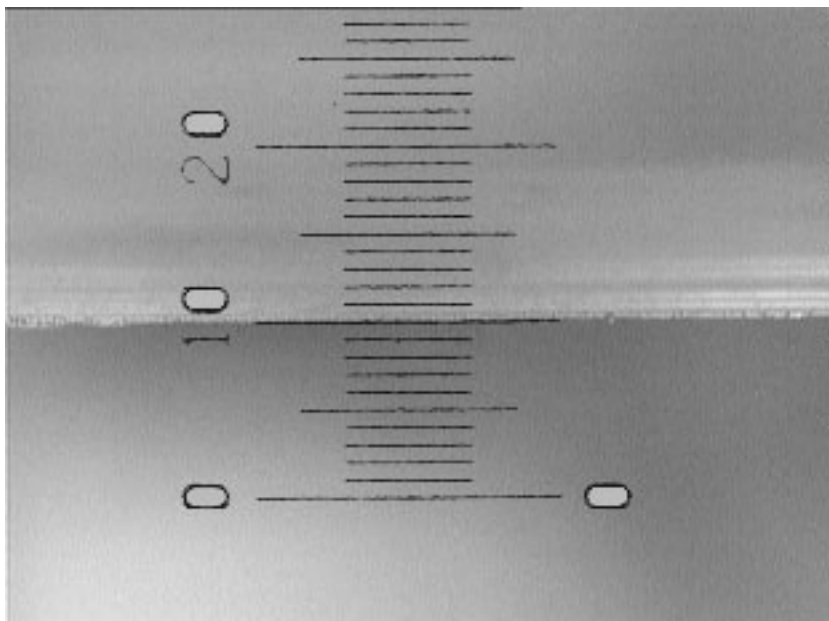
ภาคผนวก ข(1)ภาพถ่ายการสึกหรอของใบมีดตัดชุดที่ 1 ของสภาวะการตัดสภาพปัจจุบัน



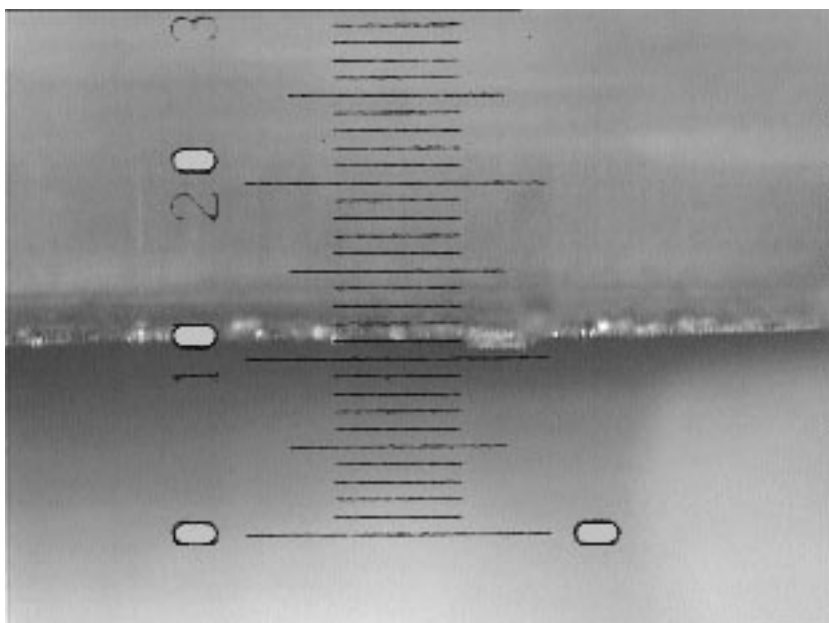
รูปที่ ข(1)-1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1



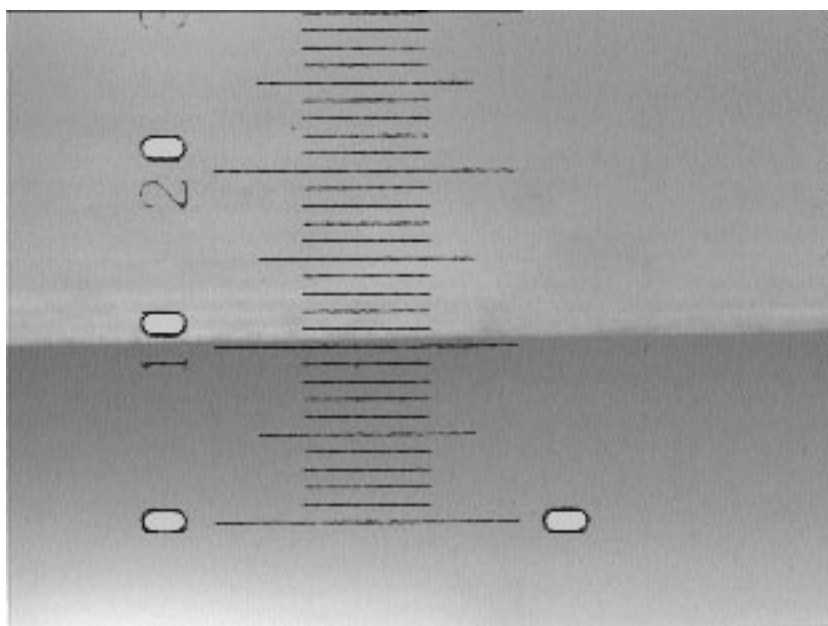
รูปที่ ข (1) - 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1



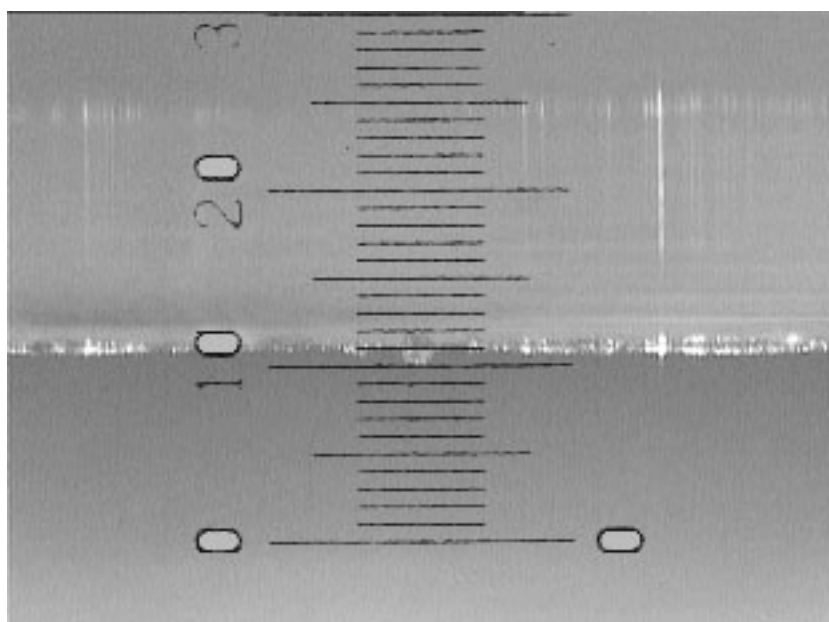
รูปที่ ข (1) - 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2



รูปที่ ข (1) - 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2

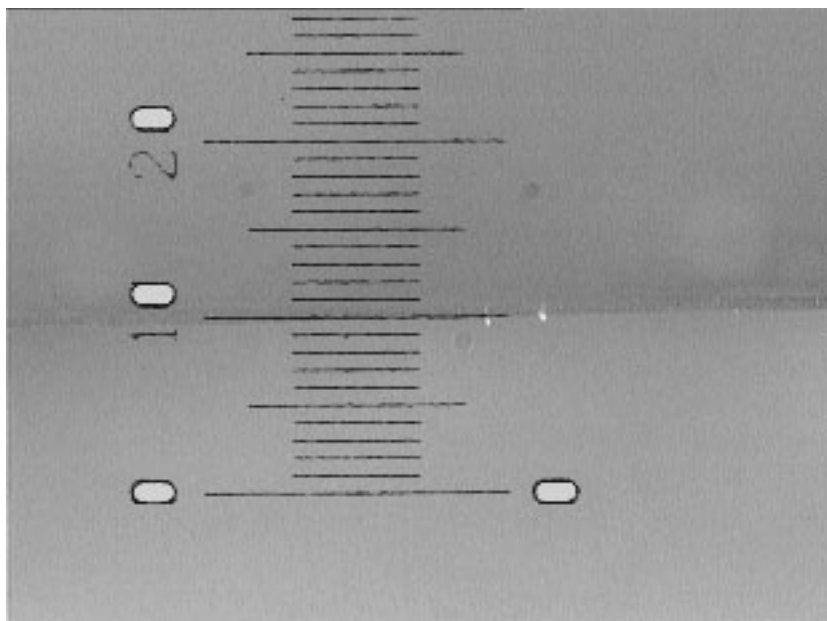


รูปที่ ข (1) - 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3

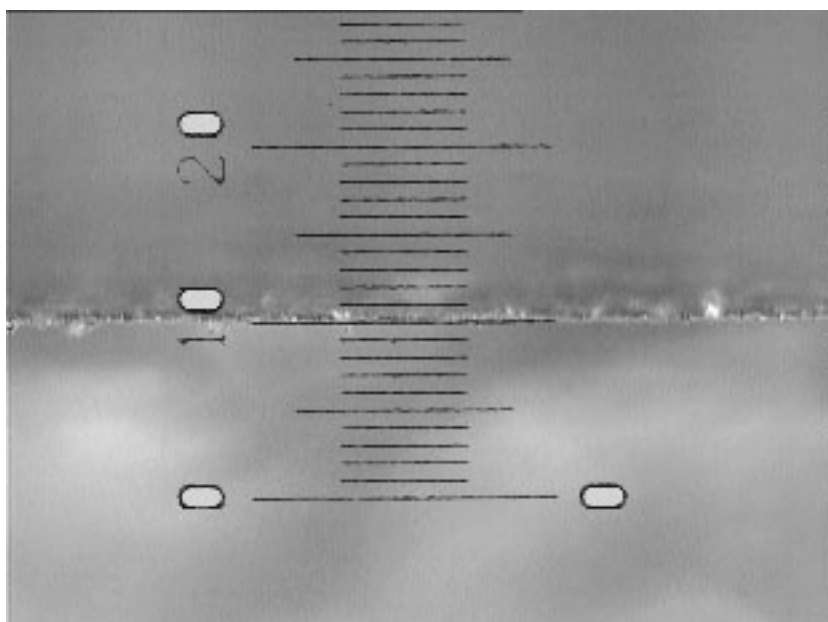


รูปที่ ข (1) - 6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3

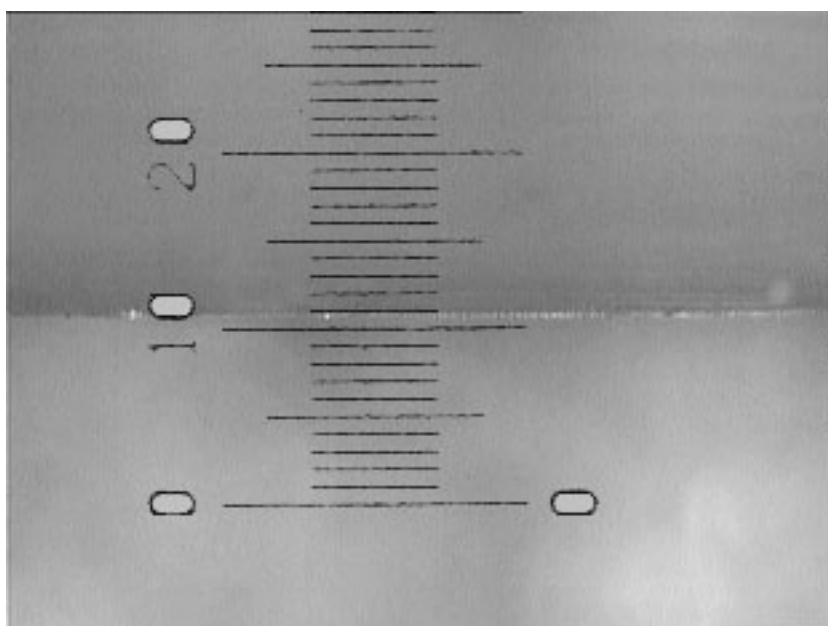
ภาคผนวก ข(2)ภาพถ่ายการสึกหรอของใบมีดตัดชุดที่ 2 ของสภาวะการตัดสภาพปัจจุบัน



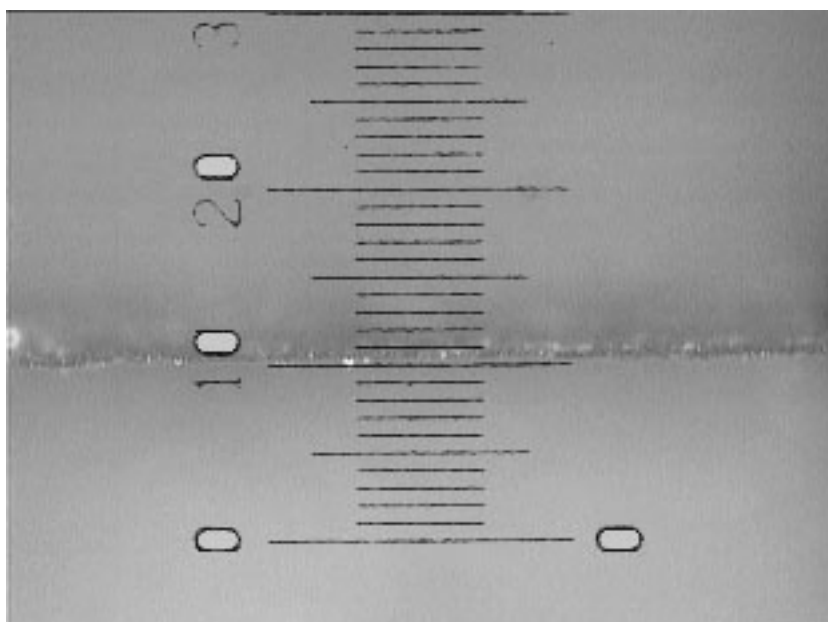
รูปที่ ข (2) - 1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1



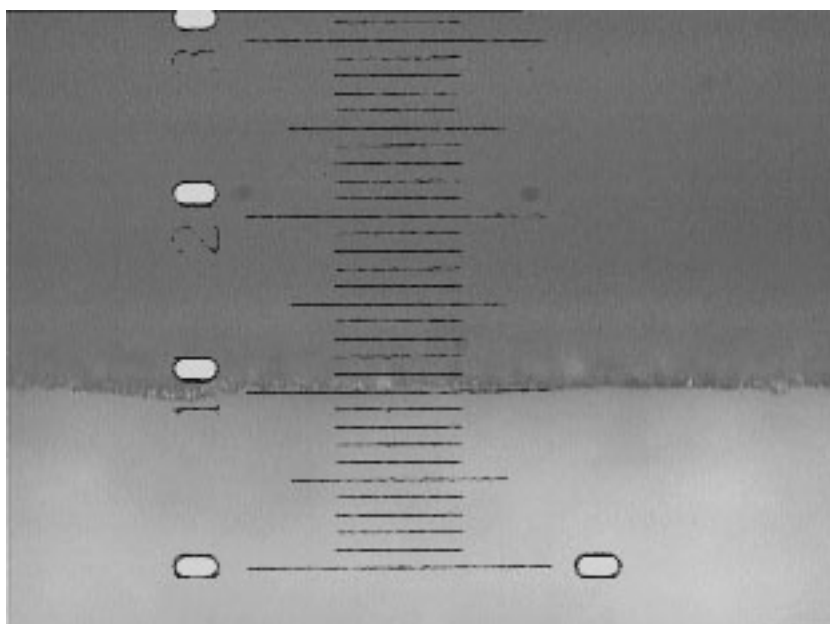
รูปที่ ข (2) - 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1



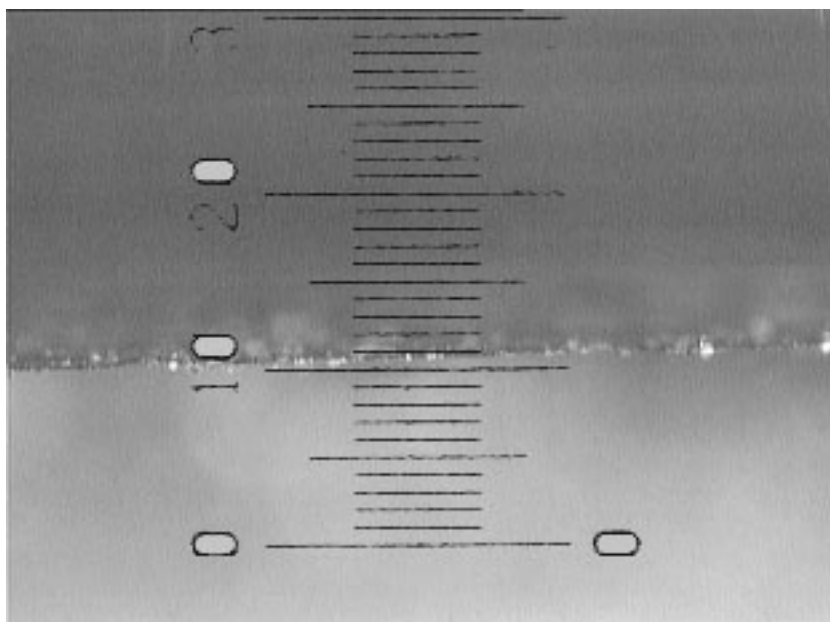
รูปที่ ข (2) - 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2



รูปที่ ข (2) - 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2

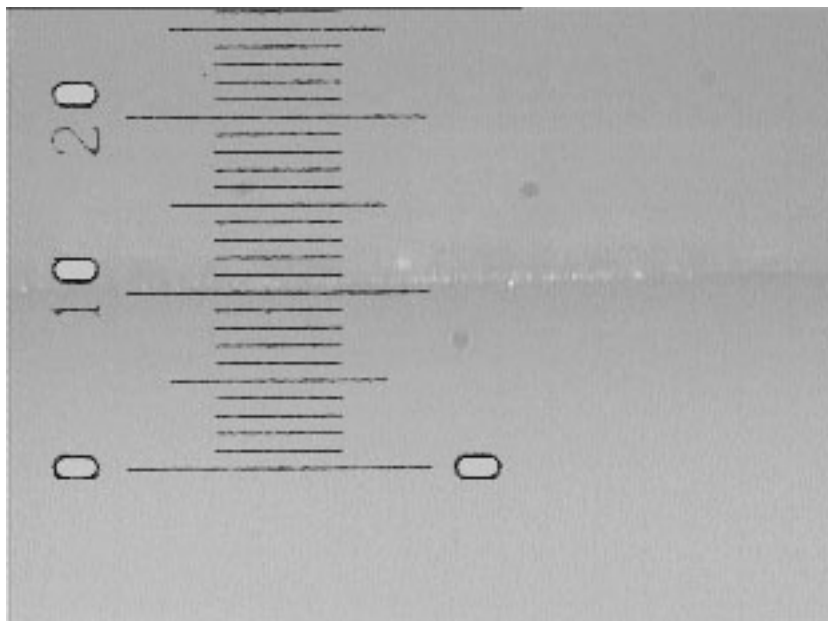


รูปที่ ข (2) - 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3

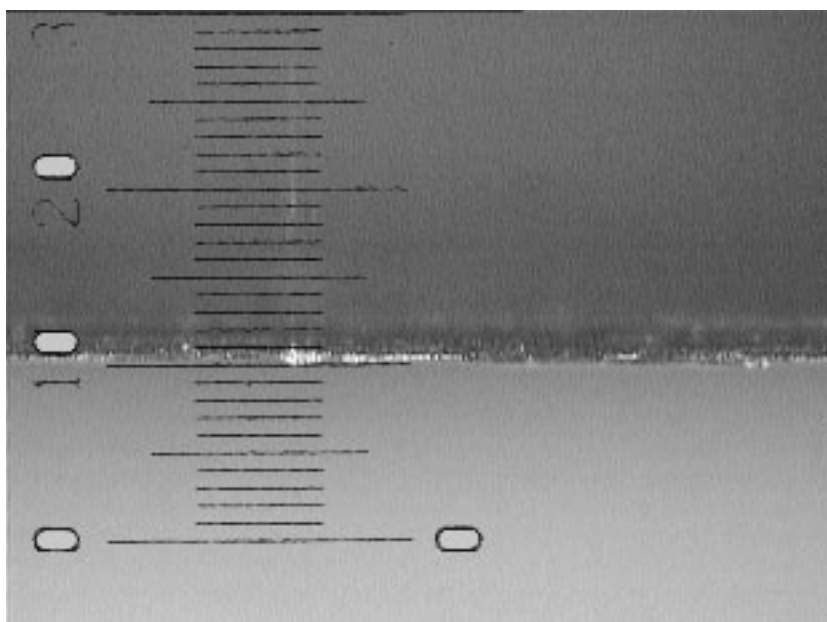


รูปที่ ข (2) - 6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3

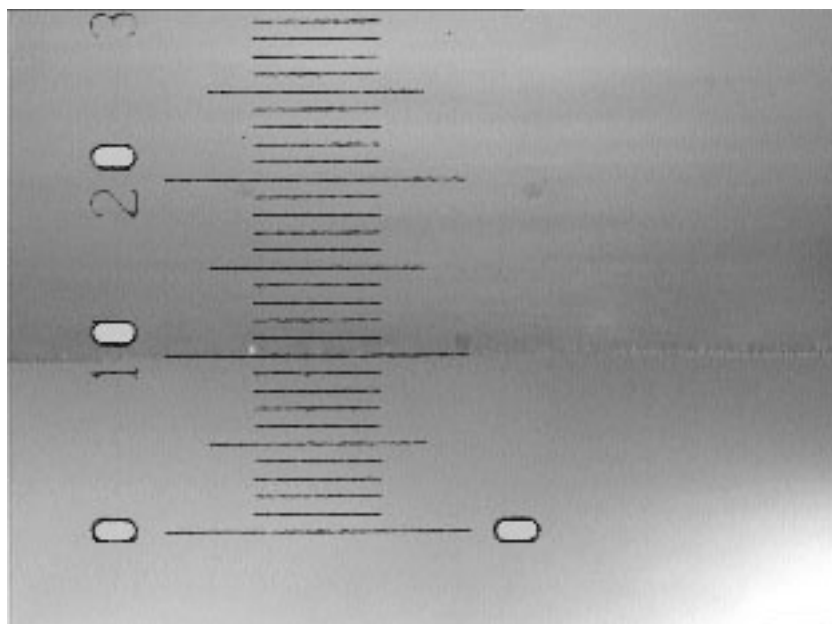
ภาคผนวก ข(3) ภาพถ่ายการสึกหรอของสภาวะการควบคุมการตัด ที่ระยะลึกของรอยตัด 3 มม.



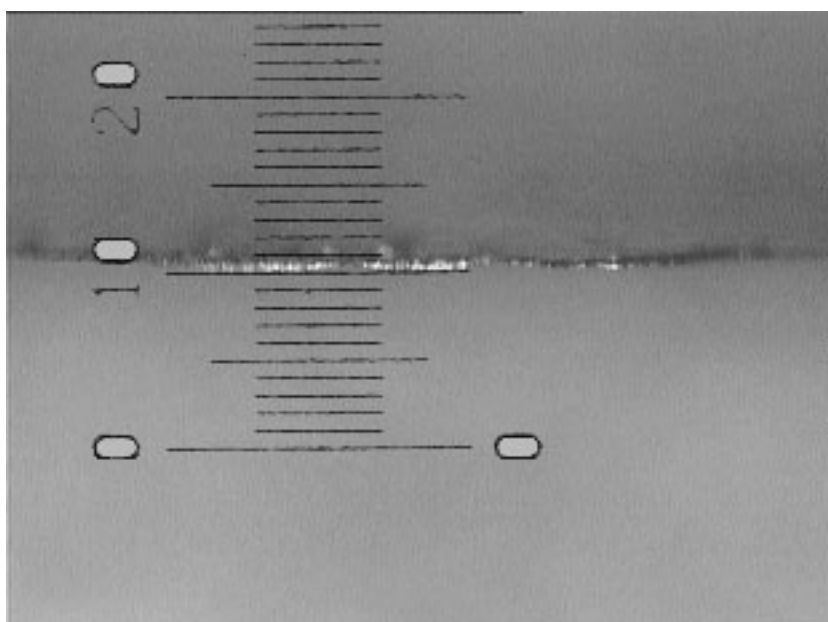
รูปที่ ข (3) - 1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



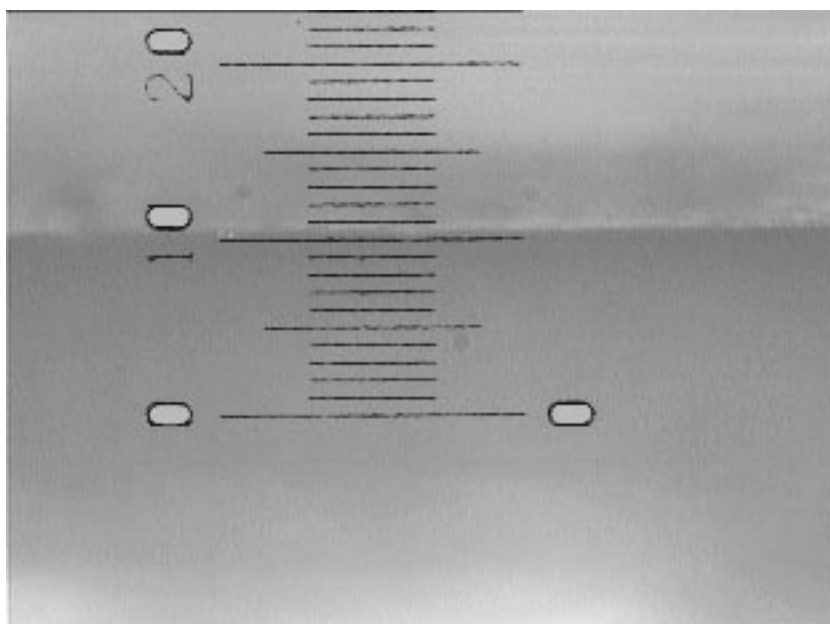
รูปที่ ข (3) - 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ ที่อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



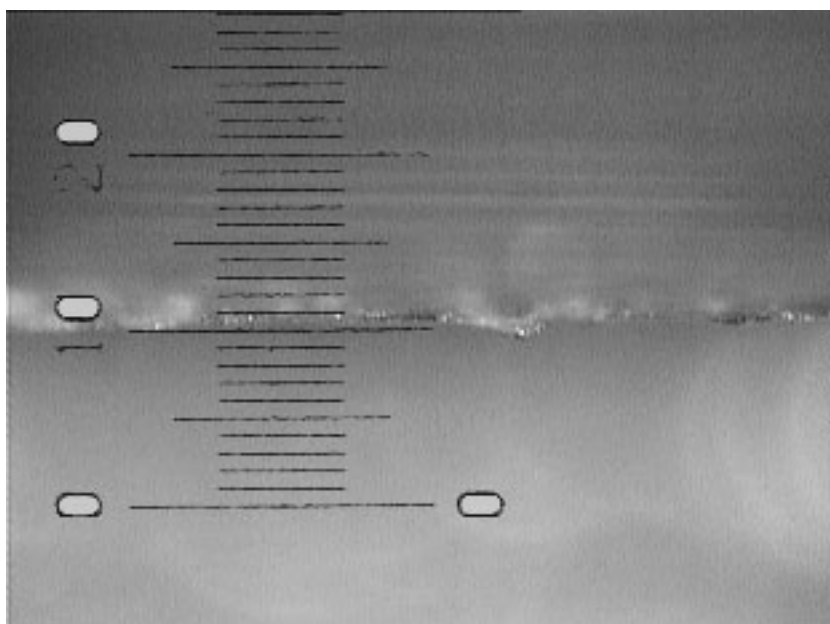
รูปที่ ข (3) - 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้
งานอัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



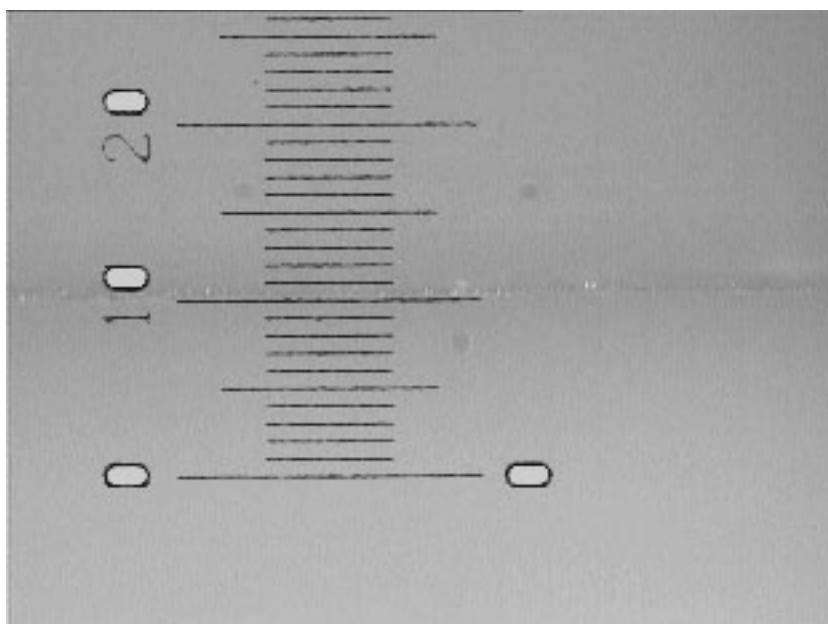
รูปที่ ข (3) - 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดตัดหลังการใช้
ที่อัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



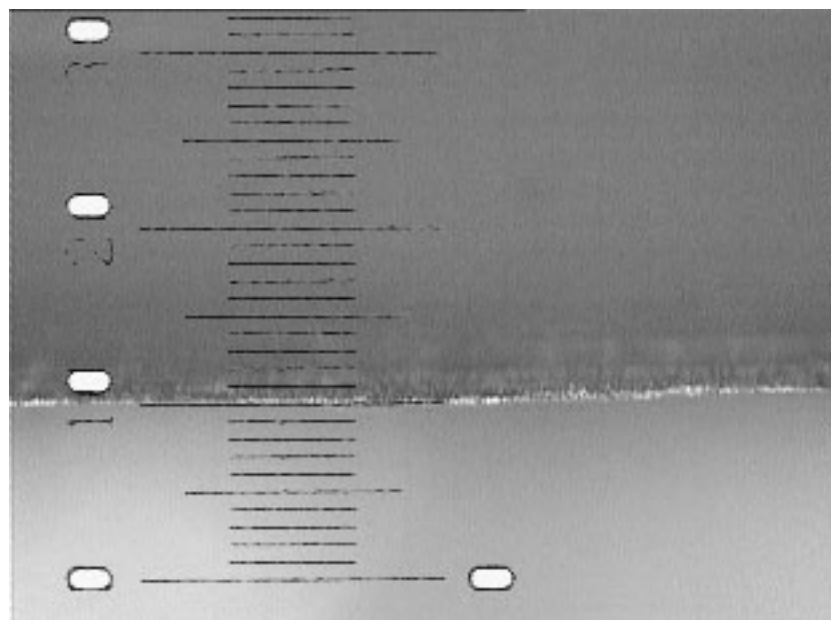
รูปที่ ข (3) - 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้
งานอัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



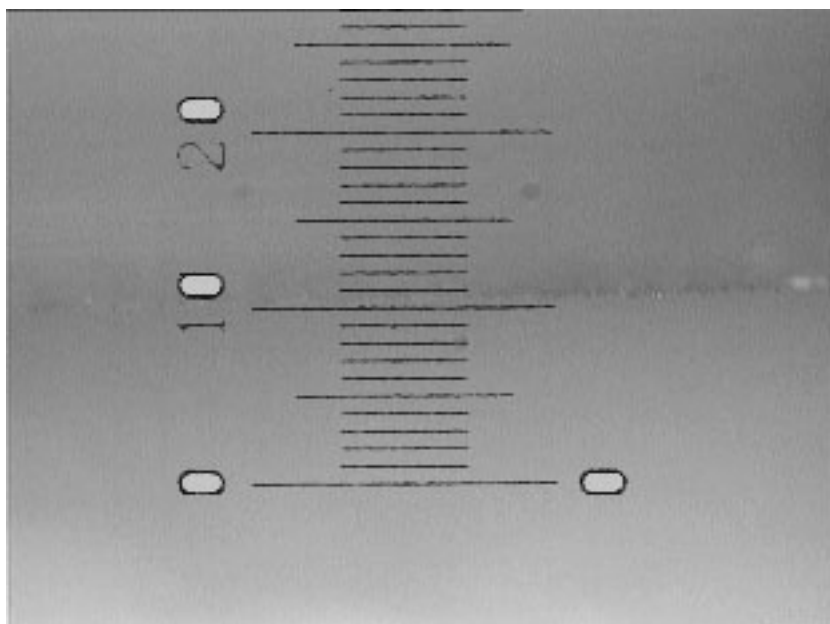
รูปที่ ข (3) - 6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดตัดหลังการใช้
ที่อัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



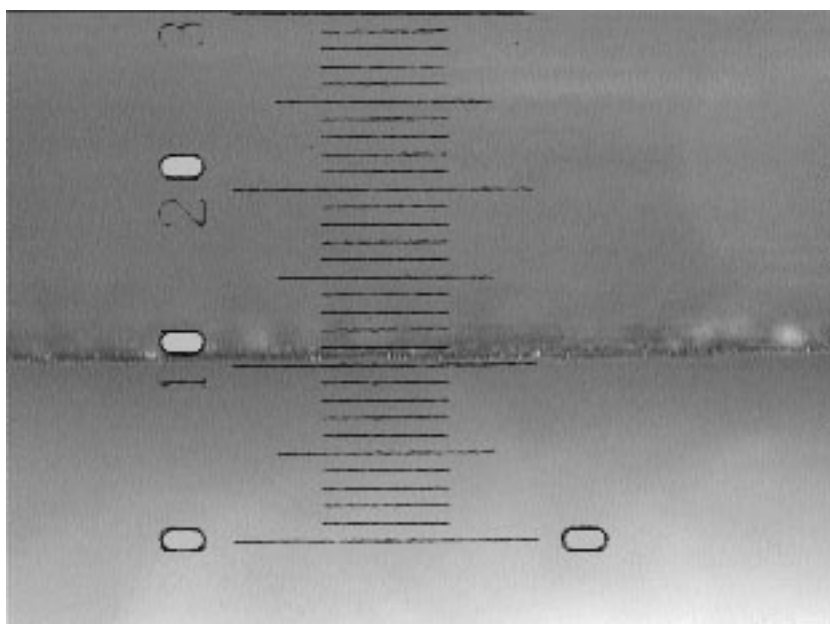
รูปที่ ข (3) - 7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้
งานอัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



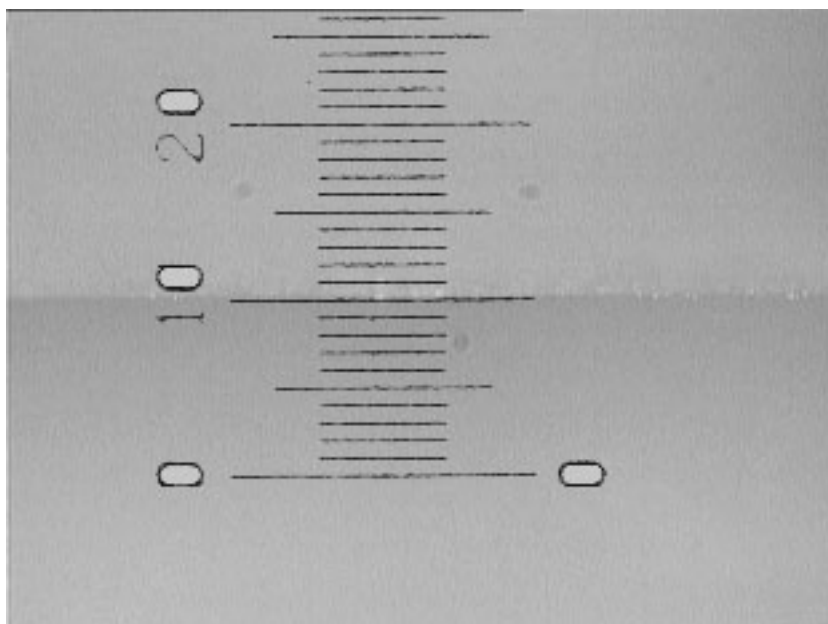
รูปที่ ข (3) - 8 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้
ที่อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



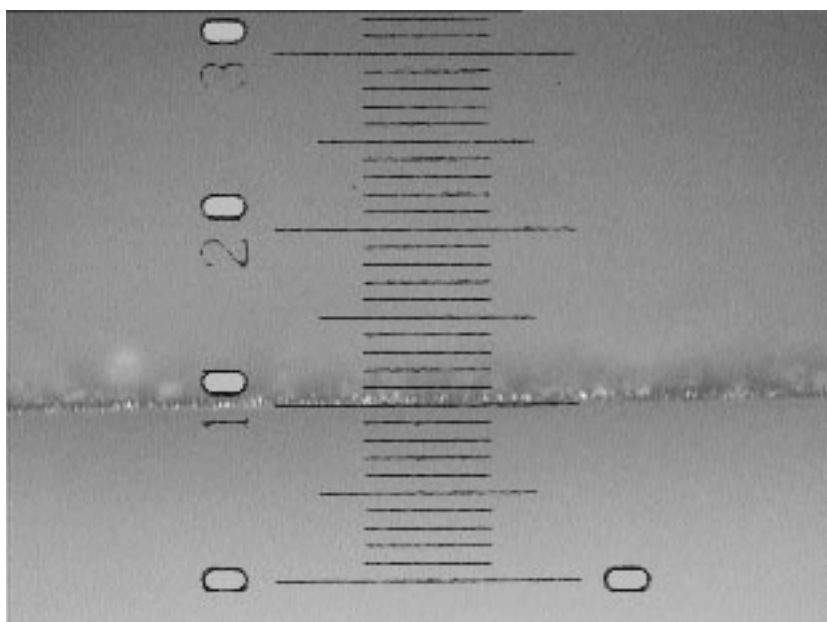
รูปที่ ข (3) - 9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้
งานอัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



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

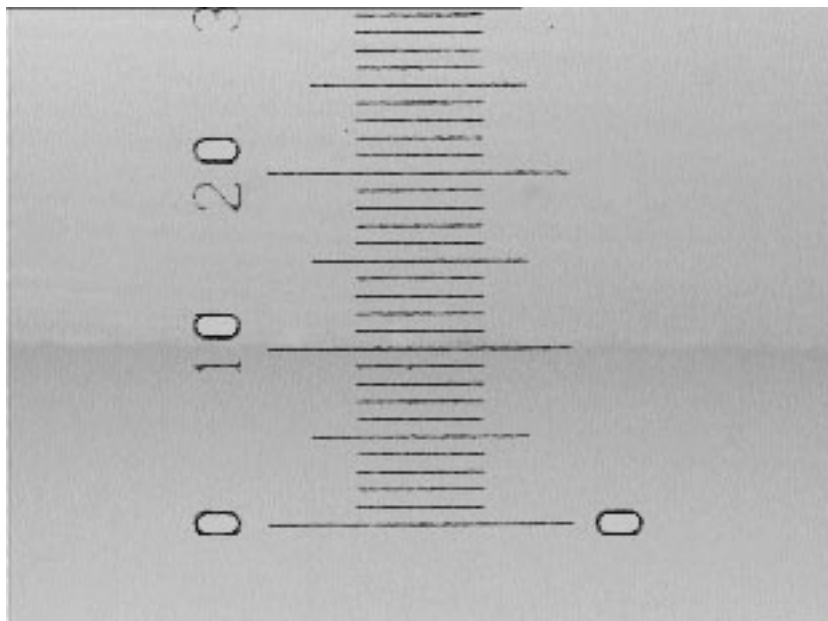


รูปที่ ข (3) - 11 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้
งานอัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

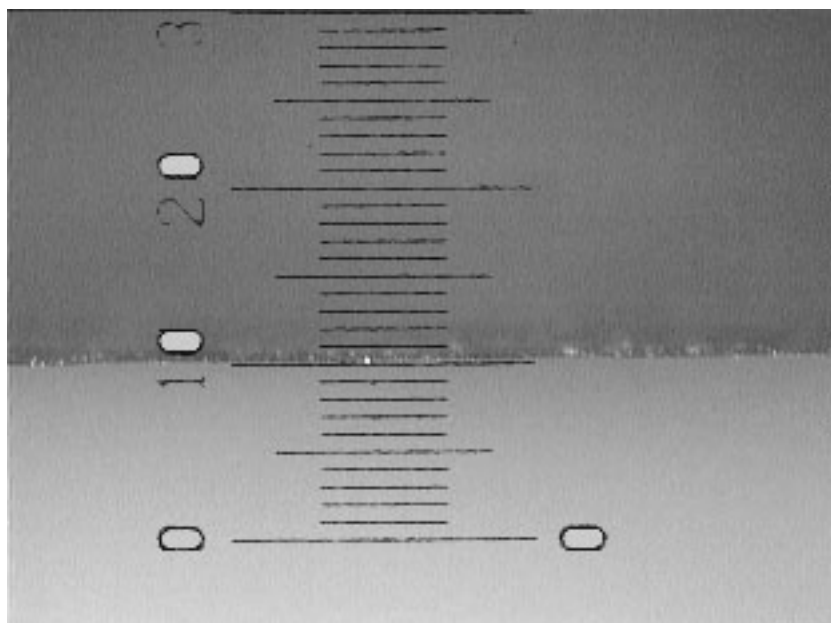


รูปที่ ข (3) - 12 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดตัดหลังการ
ใช้ที่อัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

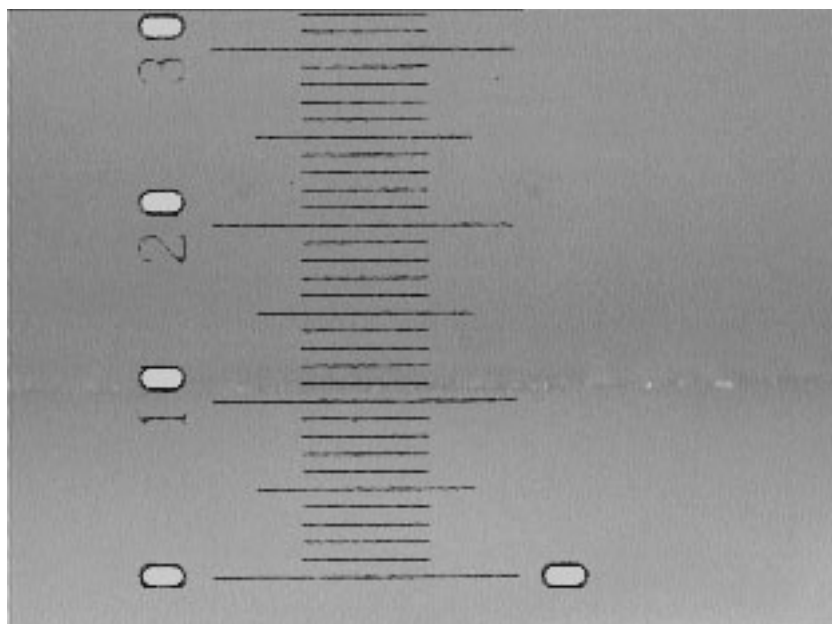
ภาคผนวก ข(4) ภาพถ่ายการสึกหรอของสภาวะการควบคุมการตัด ที่ระยะลึกของรอยตัด 5 มม.



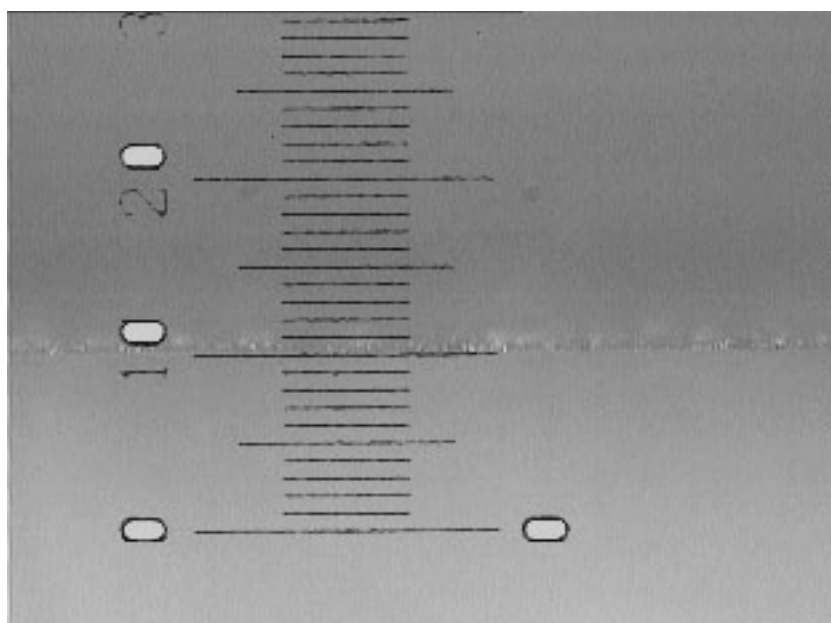
รูปที่ ข (4) - 1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



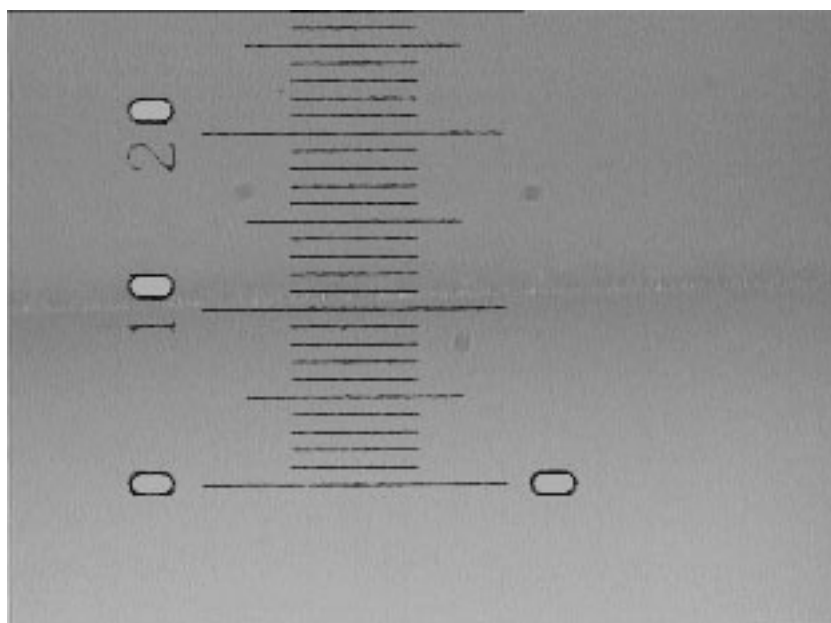
รูปที่ ข (4) - 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ ที่อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



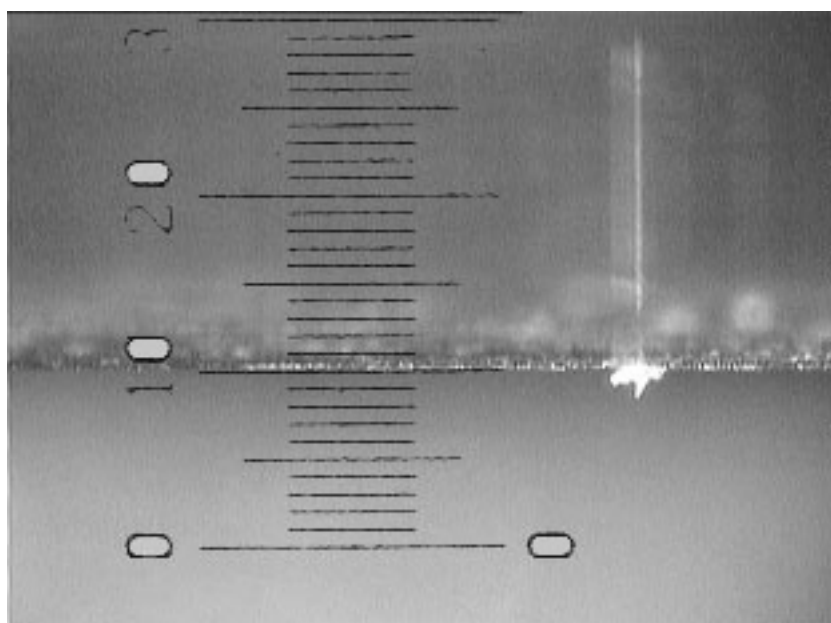
รูปที่ ข (4) - 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้
งานอัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



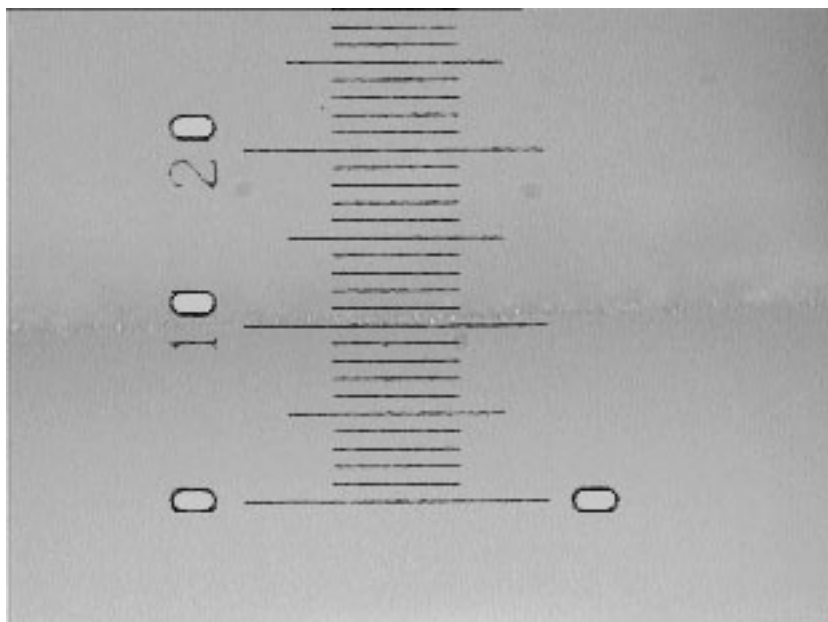
รูปที่ ข (4) - 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดตัดหลังการใช้
ที่อัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



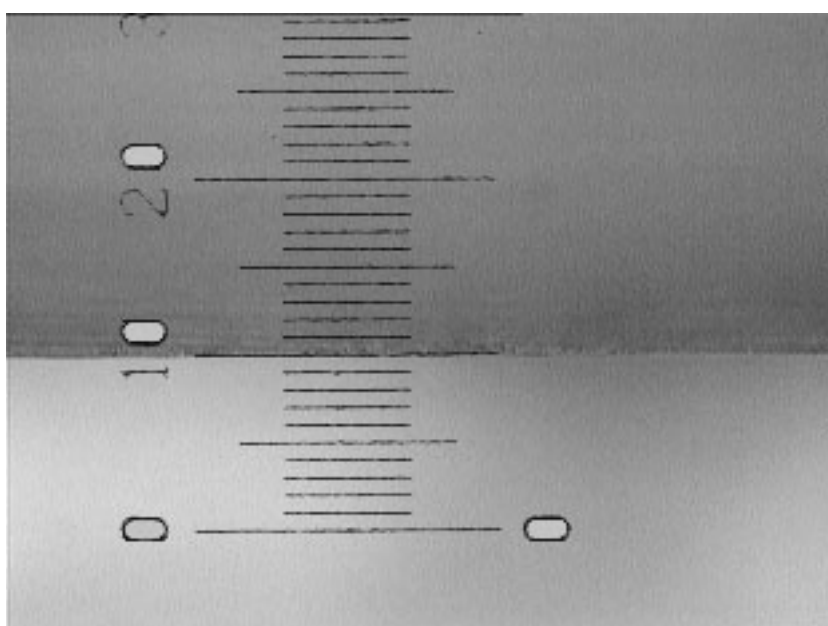
รูปที่ ข (4) - 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้
งานอัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



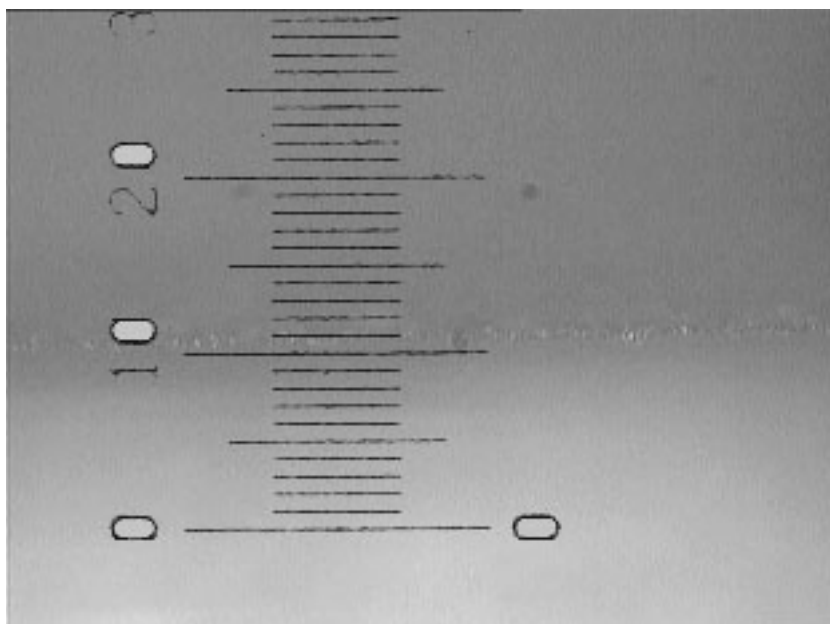
รูปที่ ข (4) - 6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดตัดหลังการใช้
ที่อัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



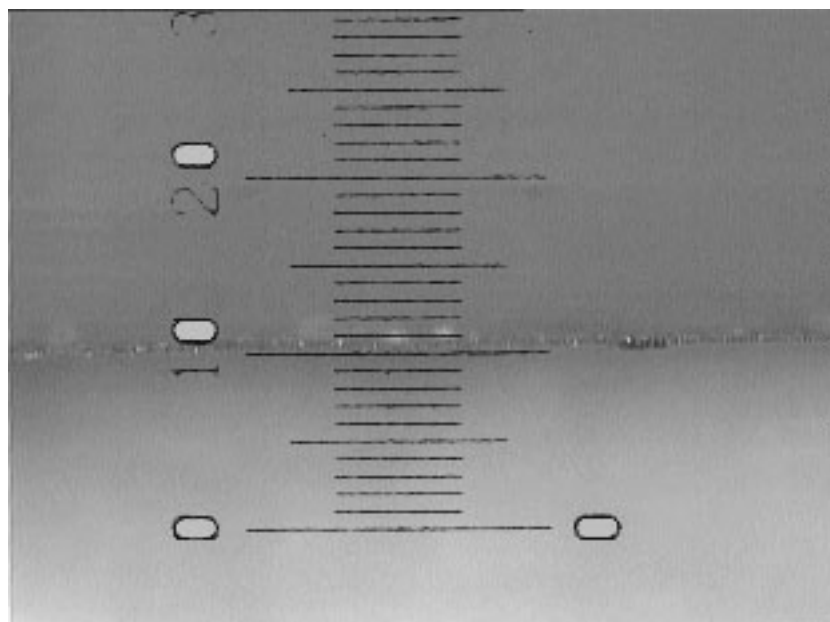
รูปที่ ข (4) - 7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้
งานอัตราปั่น 3 เมตร/นาที่ และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที่



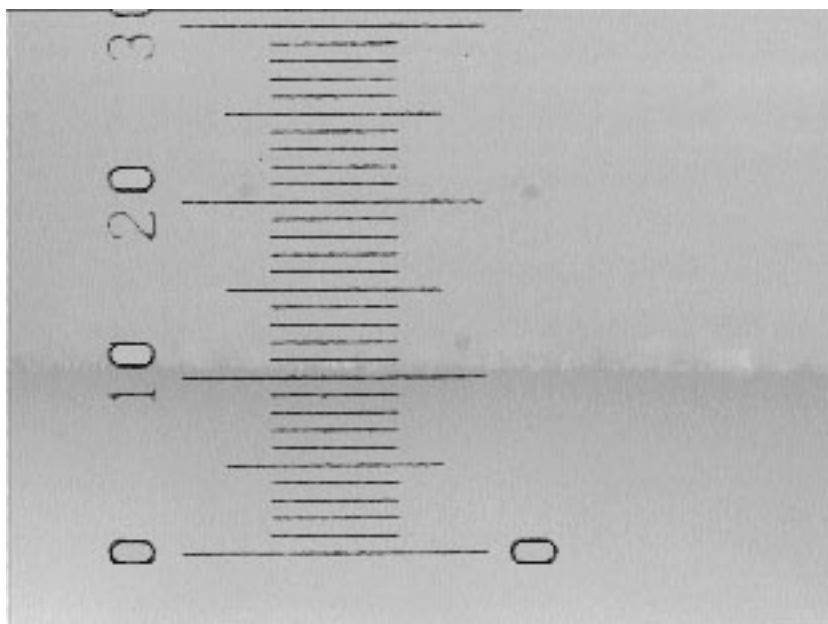
รูปที่ ข (4) - 8 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดตัดหลังการใช้
ที่อัตราปั่น 3 เมตร/นาที่ และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที่



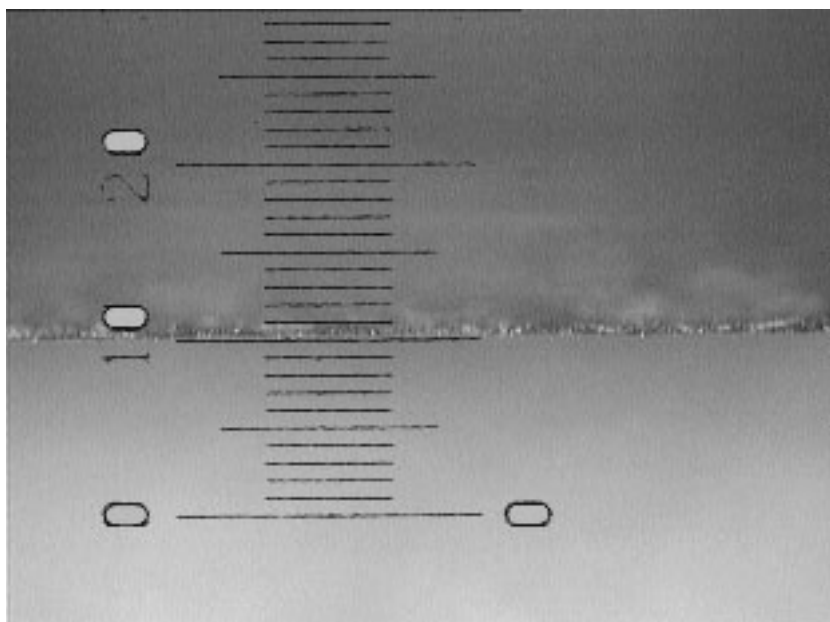
รูปที่ ข (4) - 9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้
งานอัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



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



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



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

