

การใช้ใบมีดตัดของกระบวนการตัดแต่งสำหรับไม้ยางพาราแปรรูป



นายดุสิต ธรรมแสง

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2228-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CUTTER USAGE OF MACHINING PROCESS FOR TRANSFORMED RUBBER-WOOD



Mr.Dusit Thammasang

สถาบันวิทยบริการ

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-2228-1

คู่มือ ธรรมเนียม : การใช้ใบมีดตัดของกระบวนการตัดแต่งสำหรับไม้ยางพารา
 แปลรูป(CUTTER USAGE OF MACHINING PROCESS FOR TRANSFORMED
 RUBBER-WOOD) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร,
 อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมนึก วิสุทธิแพทย์, 168 หน้า,
 ISBN 974-17-2228-1

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงวิธีการจัดการใช้ใบมีดตัดของกระบวนการตัดแต่ง
 ไม้ยางพาราแปลรูปของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ โดยเบื้องต้นจะทำการศึกษาคูณสมบัติของไม้
 ยางพาราและใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลอง รวมถึงทำการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตัดแต่งชิ้นงานใน
 ปัจจุบัน ข้อกำหนดความหนาผิวของชิ้นงาน จากนั้นทำการออกแบบการทดลองของตัวแปรที่
 ส่งผลต่อการตัด ได้แก่ ความเร็วรอบ ระยะเวลาของรอยตัด และอัตราการป้อนงาน โดยจะแสดงผล
 การทดลองจากการวัดค่าการสึกหรอของใบมีดตัด ค่าของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการตัด และค่าความ
 หนาผิวของชิ้นงาน สุดท้ายนำเอาผลการทดลองไปปฏิบัติในสายการผลิต

จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ได้ผลลัพธ์คือ (1) การตัดในสภาวะการตัดแต่งชิ้นงานใน
 ปัจจุบันพบว่าสภาวะที่ดีที่สุด ใบมีดตัดจะมีอายุการใช้งานเท่ากับ 16.7 นาที ที่ระยะลึกเฉลี่ย 2.9
 มม. อัตราป้อนเฉลี่ย 6.8 ม./นาที ความเร็วตัดเฉลี่ย 1810 ม./นาที และอัตราการสึกหรอใบมีด
 เท่ากับ 0.23 μm /นาที (2) การทดลองในสภาวะควบคุมสภาวะที่ดีที่สุดระยะลึกของรอยตัด 3 มม.
 อัตราป้อน 3 ม./นาที และความเร็วตัด 1712 ม./นาที จะให้อายุใบมีดตัดเท่ากับ 29.52 นาที และ
 อัตราการสึกหรอใบมีดเท่ากับ 0.14 μm /นาที (3) การควบคุมสภาวะการตัด จะให้ความหนาผิว
 ที่ดีและอายุการใช้งานของใบมีดที่ยาวกว่าสภาวะการตัดในปัจจุบัน

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม	ลายมือชื่อนิติต
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา2545.....	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

437029922 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD : CUTTING TOOL / TOOL LIFE

DUSIT THAMMASANG : CUTTER USAGE OF MACHINING PROCESS FOR TRANSFORMED RUBBER-WOOD. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SOMCHAI PUAJINDANETR Ph.D., THESIS COADVISOR : ASST. PROF. SOMNOEK WISUTTIPAET, 168 pp., ISBN 974-17-2228-1

The purpose of the research work was to improve the use of machining cutter for transformed rubber-wood. The properties of rubber-wood and cutter were characterized. The existing cutting condition controlled by operator were studied for evaluating tool life. The controlled factors of feed, cutting speed and depth of cut affecting on surface roughness and tool wear were analyzed. The suitable cutting condition, then, applied to production line.

The studied results found that (1) the existing conditions being the feed of 6.8 m/min, cutting speed of 1810 m/min and dept of cut of 2.9 mm. provided tool life of 16.7 min and tool wear rate of 0.23 $\mu\text{m}/\text{min}$, (2) the controlled conditions being the feed of 3 m/min, cutting speed of 1712 m/min and depth of cut 3 mm. provided tool life of 29.52 min and tool wear rate of 0.14 $\mu\text{m}/\text{min}$, (3) the controlled condition therefore, provided a remarkable better roughness and longer tool life than the existing condition.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DepartmentIndustrial Engineering.

Field of studentIndustrial Engineering.

Academic year2545.....

Student's signature.....

Advisor's signature

Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากความเมตตา กรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร อาจารย์ที่ปรึกษา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมนึก วิสุทธิแพทย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อแนะนำ ความคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ยิ่ง ตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ร่วมเป็นประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย วิจิรวณิช, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิตรา รุ่กิจกาพานิช ที่ช่วยสละเวลาอันมีค่าช่วยให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ รวมทั้งการแก้ไข ข้อบกพร่องเพื่อความเหมาะสมและเป็นประโยชน์ในการศึกษาต่อไป

ขอกราบขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบคุณ คุณพงษ์พนิช วงษ์ดีไทย คุณทองน้อย ผ่านมรคา คุณธีรพงษ์ เอี้ยววุฒทะจินดา คุณสุรศักดิ์ ทัดสำราญ และ พี่ ๆ ผู้จัดการทุกท่านในโรงงานตัวอย่างที่ให้ความอนุเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย และ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุน

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ และอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ได้แก่ เจ้าหน้าที่ช่าง และเจ้าหน้าที่ธุรการประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้กำลังใจเสมอมา

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งเป็นที่ยึดรั้งยิ่งและเคารพบูชาตลอดมา และขอบคุณ พี่ๆ และ น้องๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจตลอดมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
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.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 การแบ่งประเภทของไม้.....	5
2.2 ส่วนต่างๆ ของลำต้นไม้ยางพารา.....	6
2.3 ด้านของไม้.....	7
2.4 คุณสมบัติไม้ยางพารา.....	9
2.4.1 คุณสมบัติทั่วไป.....	9
2.4.2 ลักษณะโครงสร้าง.....	9
2.4.3 การเจริญเติบโตของวงปี.....	11
2.4.4 คุณสมบัติทางกายภาพของไม้ยางพารา.....	11
2.5 คุณสมบัติทางกลของไม้.....	12
2.6 องค์ประกอบที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของไม้.....	14
2.7 สมการต่างๆที่เกี่ยวกับการทำงานของการแปรรูปไม้.....	16
2.8 หลักการพื้นฐานของการตัด.....	17
2.8.1 คุณลักษณะของมีดตัด.....	17
2.8.2 การตัดใบมีดตัดคมเดียว.....	18
2.8.3 แรงในการตัดวัสดุ.....	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 คุณสมบัติของมีดตัด.....	20
2.10 อายุการใช้งานของมีดตัด.....	21
2.10.1 หน่วยวัดอายุการใช้งาน.....	21
2.10.2 เกณฑ์ตัดสินว่ามีดหมดอายุ.....	22
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา.....	26
3.1 การตรวจสอบคุณสมบัติของไม้ยางพาราและใบมีดตัดที่ใช้ในการศึกษา.....	26
3.1.1 การตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพารา.....	26
3.1.2 การตรวจสอบคุณสมบัติใบมีดตัด.....	28
3.2 การศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตัดแต่งชิ้นงานสภาพปัจจุบัน.....	29
3.2.1 การศึกษาสภาวะการตัดและอายุใบมีดตัดในปัจจุบัน.....	29
3.2.2 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการขัดแต่ง.....	31
3.3 การศึกษาข้อกำหนดของความหยาบผิว.....	32
3.3.1 การตรวจสอบค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ไม่ยอมรับ.....	32
3.3.2 การจำแนกระดับความหยาบผิวชิ้นงานที่ต้องการ.....	32
3.4 การตรวจสอบเครื่องจักร ไม้ยางพารา และใบมีดตัดก่อนการทดลอง.....	33
3.4.1 การตรวจสอบเครื่องจักร.....	33
3.4.2 การตรวจสอบไม้ยางพารา.....	34
3.4.3 การตรวจสอบใบมีดตัด.....	36
3.5 การศึกษาอายุการใช้งานของใบมีดตัดโดยควบคุมสภาวะการตัด.....	37
3.5.1 การกำหนดสภาวะควบคุมการตัดแต่ง.....	37
3.5.2 การดำเนินการทดลอง.....	37
3.6 การวัดค่าความหยาบผิว การสึกหรอใบมีดตัด และพลังงานที่ใช้ในการตัด.....	39
3.6.1 การวัดค่าความหยาบผิวชิ้นงานกับสภาวะการตัด.....	39
3.6.2 การวัดค่าความกว้างคมมีดตัดกับสภาวะการตัด.....	40
3.6.3 การวัดค่าพลังงานที่ใช้ในการตัดกับสภาวะการตัด.....	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 การศึกษาการปฏิบัติงานในสายการผลิต.....	41
3.7.1 การทดลองด้วยเครื่องจักรควบคุมอัตราการป้อน.....	41
3.7.2 การทดลองด้วยพนักงาน.....	42
3.7.3 การเปรียบเทียบสภาวะการตัดโดยการป้อนชิ้นงานด้วย เครื่องควบคุมอัตราการป้อนและพนักงาน	44
บทที่ 4 ผลการดำเนินการศึกษา.....	45
4.1 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติของไม้ยางพาราและใบมีดตัดที่ใช้ในการศึกษา	45
4.1.1 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพารา	45
4.1.2 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติใบมีดตัด.....	49
4.2 ผลการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตัดแต่งชิ้นงานสภาพปัจจุบัน.....	56
4.2.1 ผลการศึกษาสภาวะการตัดและอายุใบมีดตัดในปัจจุบัน	56
4.2.2 ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ในการขัดแต่ง	66
4.3 ผลการศึกษาข้อกำหนดของความหยาบผิวชิ้นงาน.....	69
4.3.1 ผลการตรวจสอบค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ไม่ยอมรับ	69
4.3.2 ผลการจำแนกระดับความหยาบผิวชิ้นงานที่ต้องการ.....	69
4.4 การตรวจสอบเครื่องจักร ไม้ยางพารา และใบมีดตัดก่อนการทดลอง.....	71
4.4.1 ผลการตรวจสอบเครื่องจักร.....	71
4.4.2 ผลการตรวจสอบไม้ยางพารา.....	73
4.4.3 ผลการตรวจสอบใบมีดตัด	74
4.5 ผลการศึกษาอายุการใช้งานของใบมีดตัดโดยควบคุมสภาวะการตัด.....	76
4.5.1 ผลการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นงานกับสภาวะการตัด.....	76
4.5.2 ผลการวัดค่าความกว้างคมมีดตัดกับสภาวะการตัด.....	79
4.5.3 ผลการวัดค่าพลังงานที่ใช้ในการตัดกับสภาวะการตัด.....	83
4.6 ผลการเปรียบเทียบผลการตัดในสภาพปัจจุบันและการควบคุมสภาวะการตัด....	86
4.7 การศึกษาการปฏิบัติงานในสายการผลิต.....	90
4.7.1 ผลการทดลองด้วยเครื่องจักรควบคุมอัตราการป้อน.....	90
4.7.2 ผลการทดลองด้วยพนักงาน.....	90

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.7.3 ผลการเปรียบเทียบสภาวะการตัดโดยการป้อนชิ้นงานด้วย เครื่องควบคุมอัตราการป้อนและพนักงานงาน	90
บทที่ 5 วิจัยณ์ผลการทดลอง.....	103
5.1 การตรวจสอบใบมีดตัด.....	103
5.2 การตัดแต่งในสภาวะปัจจุบัน.....	104
5.3 การขีดแต่งชิ้นงาน.....	105
5.4 การตัดแต่งของการควบคุมสภาวะการตัด.....	105
5.5 การปฏิบัติงานในสายการผลิต.....	107
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	108
6.1 สรุปผลการศึกษา.....	108
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	112
รายการอ้างอิง.....	113
ภาคผนวก.....	115
ภาคผนวก ก.....	116
ภาคผนวก ข.....	149
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	168

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1	การแยกประเภทของไม้..... 6
2.2	แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของไม้ยางพารา.....12
3.1	แสดงแผนการทดลองและสภาวะควบคุมที่ใช้ในการศึกษา.....37
4.1	แสดงผลการตรวจสอบหาธาตุภายในเนื้อไม้ยางพารา.....48
4.2	แสดงผลการตรวจสอบหาธาตุในเนื้อโลหะที่ใช้ทำใบมีดตัด.....48
4.3	แสดงค่าของมุมมีดตัดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่วัดได้.....56
4.4	สรุปผลการเปรียบเทียบสภาวะการตัดและอายุการใช้งานของใบมีดตัดชุดที่ 1 และ 2.....57
4.5	แสดงสรุปผลอัตราการสึกหรอของใบมีดตัดชุดที่ 1 และ 2.....62
4.6	สรุปสภาวะการตัด อายุการใช้งาน และการสึกหรอของใบมีดตัดในสภาพปัจจุบัน.....64
4.7	แสดงความหยาบผิวที่ได้และเวลาที่ใช้ในการขัดด้วยกระดาษทราย เบอร์ 100 และ 18067
4.8	ผลการวัดค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ไม่ยอมรับโดยวิธีการสัมผัสของชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลตตั้ง.....70
4.9	ผลการจำแนกประเภทการใช้งานชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวต่างๆ.....70
4.10	สรุปผลการตรวจสอบเครื่องจักรก่อนการทดลอง.....72
4.11	แสดงค่าของเปอร์เซ็นต์ความชื้นและความถ่วงจำเพาะที่วัดได้.....73
4.12	แสดงค่าของเปอร์เซ็นต์ความชื้นและความถ่วงจำเพาะที่วัดได้.....75
4.13	สรุปผลการตัดในสภาพปัจจุบันโดยกำหนดความหยาบผิวสุดท้าย 9 μm87
4.14	สรุปผลการตัดสำหรับการควบคุมสภาวะการตัด โดยกำหนดความหยาบผิวที่ 9 μm ..88
4.15	แสดงเปรียบเทียบผลการตัดระหว่างสภาพปัจจุบันกับการควบคุมปัจจัย.....89
4.16	สรุปผลเปรียบเทียบการตัดด้วยเครื่องควบคุมอัตราป้อนและการป้อนงานด้วยพนักงานในสายการผลิตที่ค่าความหยาบผิวสุดท้ายเท่ากับ 8 μm102
ก(3)-1	แสดงระยะสึกหรอตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจากผู้ผลิตชุดใบมีดโดยตรง).....119

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก(3)-2 แสดงระยะลีกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 1).....	120
ก(3)-3 แสดงระยะลีกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 2).....	121
ก(3)-4 แสดงระยะลีกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจากผู้ผลิตโดยตรง).....	122
ก(3)-5 แสดงระยะลีกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 1).....	123
ก(3)-6 แสดงระยะลีกรอยตัด อัตราการป้อนงาน เวลาที่ใช้ในการตัด และอายุการใช้งานของใบมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 2).....	124
ก(4)-1 แสดงผลควมหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจากผู้ผลิตชุดใบมีด).....	125
ก(4)-2 แสดงผลควมหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 1).....	125
ก(4)-3 แสดงผลควมหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 2).....	126
ก(4)-4 แสดงผลควมหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจากผู้ผลิตชุดใบมีด).....	126
ก(4)-5 แสดงผลควมหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 1).....	127
ก(4)-6 แสดงผลควมหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 2).....	127

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก(5)-1 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1.....	128
ก(5)-2 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2.....	128
ก(5)-3 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3.....	129
ก(5)-4 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 1.....	129
ก(5)-5 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 2.....	130
ก(5)-6 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 2 กรณีใบมีดใช้งานรอบที่ 3.....	130
ก(6)-1 ข้อมูลความหยابผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 3 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที.....	131
ก(6)-2 ข้อมูลความหยابผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 5 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที.....	131
ก(6)-3 ข้อมูลความหยابผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 7 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที.....	132
ก(6)-4 ข้อมูลความหยابผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 3 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	132
ก(6)-5 ข้อมูลความหยابผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 5 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	133
ก(6)-6 ข้อมูลความหยابผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 7 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	133
ก(6)-7 ข้อมูลความหยابผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 5 มม. อัตราป้อนที่ 3 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที.....	134
ก(6)-8 ข้อมูลความหยابผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 5 มม. อัตราป้อนที่ 5 เมตร/นาที ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที.....	134

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก(9)-1 แสดงค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัด ความหยาบผิวหลังการขัด และ เวลาที่ใช้ในการขัด ที่ป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนงาน.....	147
ก(9)-2 แสดงค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัด ความหยาบผิวหลังการขัด และเวลาที่ใช้ในการขัด ที่ป้อนงานด้วยพนักงานในสายการผลิต.....	148



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ส่วนต่างๆของต้นไม้.....	7
2.2	ด้านต่างๆ ของไม้.....	8
2.3	ลักษณะโครงสร้างภายในของไม้ยางพารา.....	10
2.4	การทำงานของเครื่องตัดแบบ up-milling.....	16
2.5	แสดงสภาวะการเกิดขึ้นของเม็ดตัดจากใบมีดเดียว.....	18
4.1	บริเวณพื้นผิวที่ต้องการตรวจหาซิลิกาของไม้ยางพาราที่กำลังขยาย 150 เท่า.....	46
4.2	ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับไม้ยางพาราจุดที่ 1.....	46
4.3	ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับไม้ยางพาราจุดที่ 2.....	47
4.4	แสดงภาพถ่าย SEM ของขนาดท่ออาหารของไม้ยางพาราที่กำลังขยาย 30 เท่า.....	47
4.5	โครงสร้างจุลภาคของใบมีดตัดที่กำลังขยาย 1500 เท่า.....	51
4.6	โครงสร้างจุลภาคของใบมีดตัดที่กำลังขยาย 7000 เท่า.....	51
4.7	บริเวณที่ถูกตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของใบมีดตัดด้วย EDX.....	52
4.8	ผลการตรวจสอบด้วยวิธีการ EDX ของใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลอง.....	52
4.9	ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดก่อนการนำไปใช้งานที่กำลังขยาย 500 เท่า.....	53
4.10	ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดก่อนการนำไปใช้งานที่กำลังขยาย 7000 เท่า.....	53
4.11	ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดก่อนการนำไปใช้งานที่กำลังขยาย 500 เท่า.....	54
4.12	ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดก่อนการนำไปใช้งานที่กำลังขยาย 7000 เท่า.....	54
4.13	ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดหลังการใช้งานที่กำลังขยาย 500 เท่า.....	55
4.14	ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดหลังการใช้งานที่กำลังขยาย 7000 เท่า.....	55
4.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการใช้งานกับอายุการใช้งานของใบมีดตัด.....	58
4.16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการใช้งานและปริมาตรการตัด.....	58
4.17	จำนวนชิ้นที่ผ่านการขึ้นรูปกับค่าความหยาบผิวของใบมีดตัดที่ 1.....	60
4.18	จำนวนชิ้นที่ผ่านการขึ้นรูปกับค่าความหยาบผิวของใบมีดตัดที่ 2.....	60
4.19	แสดงจำนวนชิ้นที่ผ่านการตัดกับค่าความกว้างของคมมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 1.....	63
4.20	แสดงจำนวนชิ้นที่ทำการตัดกับค่าความกว้างของคมมีดตัดของใบมีดตัดชุดที่ 2.....	63
4.21	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของสันคมมีดตัดก่อนการใช้งาน.....	65
4.22	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของสันคมมีดตัดหลังการใช้งาน.....	65

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.23 ความหนาผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ(N) 4900 รอบ/นาที.....	77
4.24 ความหนาผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d)3 มม. และความเร็วรอบ(N) 7900 รอบ/นาที.....	77
4.25 ความหนาผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d)5 มม. และความเร็วรอบ(N) 4900 รอบ/นาที.....	78
4.26 ความหนาผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d)5 มม. และความเร็วรอบ(N) 7900 รอบ/นาที.....	78
4.27 ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900รอบ/นาที.....	80
4.28 ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 7900รอบ/นาที.....	80
4.29 ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 5 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900รอบ/นาที.....	81
4.30 ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 5 มม. และความเร็วรอบ (N) 7900รอบ/นาที.....	81
4.31 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดแสดง ระยะความกว้างของคมมีดตัดก่อนการใช้งาน.....	82
4.32 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัด หลังการใช้งานที่ระยะลึก 3 มม. อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็ว รอบ 7900 รอบ/นาที.....	82
4.33 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อขึ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ขณะที่ระยะลึกตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900 รอบ/นาที.....	84
4.34 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อขึ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆขณะที่ระยะลึกตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900 รอบ/นาที.....	84
4.35 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อขึ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ขณะที่ระยะลึกตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900 รอบ/นาที.....	85

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.36	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ขณะที่ระยะลึกตัด (d) 3 มม. และความเร็รรอบ (N) 4900 รอบ/นาที.....85
4.37	ค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดของการควบคุมอัตราการป้อนงานด้วยเครื่องและพนักงานในสายการผลิต.....92
4.38	แสดงระดับของค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ได้จากการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 ตามลำดับ ในสภาวะปัจจุบัน.....92
4.39	ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 1 ด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อน.....93
4.40	ผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัดชิ้นที่ 1 ควบคุมอัตราการป้อนโดยพนักงาน.....93
4.41	ผิวชิ้นงานทำการตรวจสอบโดยการใส่ซอล์คลากบนผิวชิ้นงานที่ควบคุมอัตราการป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อน.....94
4.42	ผิวชิ้นงานทำการตรวจสอบโดยใช้ซอล์คลากบนผิวชิ้นงานที่ทำการป้อนงานโดยพนักงาน.....94
4.43	ผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดชิ้นที่ 250 ของการควบคุมอัตราการป้อนชิ้นงานด้วยเครื่องควบคุม.....95
4.44	ผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดชิ้นที่ 250 ของการการป้อนชิ้นงานโดยพนักงานในสายการผลิต.....95
4.45	ผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดชิ้นที่ 400 ของการควบคุมอัตราการป้อนชิ้นงานด้วยเครื่องควบคุม.....96
4.46	ผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดชิ้นที่ 400 ของการป้อนชิ้นงานโดยพนักงานในสายการผลิต.....96
4.47	เปรียบเทียบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่ 250 ชิ้นของการตัดที่ควบคุมอัตราการป้อนด้วยเครื่องจักรกับพนักงานในสายการผลิต.....97
4.48	เปรียบเทียบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่ 400 ชิ้นของการตัดที่ควบคุมอัตราการป้อนด้วยเครื่องจักรกับพนักงานในสายการผลิต.....97
4.49	ความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ของการควบคุมอัตราการป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนกับพนักงานในสายการผลิต.....98
4.50	แสดงค่าความหยาบผิวที่วัดได้กับเวลาที่ใช้ในการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180.....98

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.51	ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดชั้นที่ 1 ของการควบคุมอัตราการป้อนงานด้วยเครื่องควบคุม อัตราการป้อน.....99
4.52	ผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดชั้นที่ 1 ของการควบคุมอัตราการป้อนงานโดยพนักงานใน สายการผลิต.....99
4.53	ผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดชั้นที่ 250 ของการควบคุมอัตราการป้อนชิ้นงานด้วย เครื่องควบคุม.....100
4.54	ผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดชั้นที่ 250 ของการควบคุมอัตราการป้อนโดยพนักงาน ในสายการผลิต.....100
4.55	ผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดชั้นที่ 400 ของการควบคุมอัตราการป้อนชิ้นงานด้วย เครื่องควบคุม.....101
4.56	ผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดชั้นที่ 400 ของการควบคุมอัตราการป้อนโดยพนักงาน ในสายการผลิต.....101
ก(1)-1	ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับไม้ยางพาราจุดที่ 1.....117
ก(1)-2	ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับไม้ยางพาราจุดที่ 2.....117
ก(2)-1	ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับใบมีดตัดจุดที่ 1.....118
ก(2)-2	ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับใบมีดตัดจุดที่ 2.....118
ข(1)-1	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความ กว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1.....150
ข(1)-2	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งาน ของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1.....150
ข(1)-3	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความ กว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2.....151
ข(1)-4	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งาน ของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2.....151
ข(1)-5	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความ กว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3.....152
ข(1)-6	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใ้ งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3.....152

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข(4)-11 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวสันคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	167
ข(4)-12 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวสันคมมีดตัดหลังการ ใช้ที่อัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที.....	167



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ไม้ยางพาราที่ถูกตัดโค่นเกือบทั้งหมด แต่เดิมได้จากการโค่นยางที่ให้ผลผลิตที่ต่ำ ปลูกแทนด้วยยางพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตน้ำยางที่สูงกว่าพันธุ์เดิมที่ปลูกอยู่ ไม้ยางที่ได้จึงถูกมองว่าเป็นเพียงผลพลอยได้ ไม้ที่ถูกตัดโค่นจะนำไปใช้ประโยชน์นั้นมีไม่มากนัก เช่น แปรรูปทำลังไม้ เส้าเข็ม เฆ่าถ่าน 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 โดยการตัดจะส่งผลกระทบต่อขั้นตอนถัดไป คือ การขัด (abrasive) ถ้ากระบวนการตัดชิ้นงานที่ได้มีค่าของความเรียบผิวที่ดี จะทำให้สามารถลดเวลาในการขัด นอกจากนี้จะส่งผลกระทบต่อการลงทุนในการผลิตแล้วยังส่งผลกระทบต่อปริมาณฝุ่นที่เกิดจากการขัดอีกด้วย

ในขั้นตอนการตัดของชิ้นส่วนของเฟอร์นิเจอร์และเครื่องเรือนต่างๆ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีการใช้มากในอุตสาหกรรมนี้ ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัด คือ การกำหนดการหมัดอายุของใบมีดตัด พนักงานจะกำหนดให้ใบมีดหมัดอายุเมื่อผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนหรือการใช้มือสัมผัสผิวชิ้นงานโดยอาศัยประสบการณ์ที่ตนเองเคยทำมาในอดีต ทำให้ชิ้นงานตัดที่ได้มีความหยาบผิวของส่วนที่ดี ปานกลาง และ เลว ปนกัน ทำให้ชิ้นงานทุกชิ้นไม่มีการคัดแยกคุณภาพผิวชิ้นงาน

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

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงวิธีการจัดการการใช้ใบมีดตัดของกระบวนการตัดแต่งไม้ยางพาราแปรรูปของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้มีการจำกัดขอบเขตของการวิจัยดังนี้ คือ

1. ใบมีดตัดที่ศึกษาจะเป็นชนิดคมตัดตรง ที่ใช้ในการแปรรูปไม้ยางพารา ซึ่งเป็นชนิดใบมีดตัดที่โรงงานใช้มากที่สุด
2. ในการศึกษาจะคัดเลือกชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ เพียง 1 ประเภทที่มีปริมาณการผลิตหรือ ความถี่ของการผลิตมากที่สุดหรือ อยู่ในดุลยพินิจของโรงงาน
3. เกณฑ์การกำหนดความเรียบผิวของชิ้นงานจะขึ้นกับวิธีการของหลักการใช้ในโรงงาน
4. ตัวแปรของการศึกษา ได้แก่ ความเร็วตัด อัตราป้อนชิ้นงาน และระยะความลึกของรอยตัด โดยใช้ความเร็วรอบที่ 3700, 4900, 7900 rpm อัตราการป้อนงานที่ 3, 5, 7 m/min และ ระยะลึกในการตัดที่ 3, 5 mm

5. ตัวแปรที่ควบคุมได้แบ่งได้ 2 ประเภท คือ ตัวแปรที่กำหนดให้คงที่ และตัวแปรที่กำหนดให้แปรผัน ตัวแปรที่กำหนดให้คงที่ คือ จำนวนใบมีด/ชุดใบตัด, มุมของใบมีดตัดและเส้นผ่าศูนย์กลางของชุดใบมีดตัด ตัวแปรที่กำหนดให้แปรผัน คือ ความเร็วตัด อัตราป้อนชิ้นงาน และระยะความลึกของรอยตัด
6. ตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความชื้นในไม้และค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ซึ่งพาราแปรรูป

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. เป็นแนวทางในการลดต้นทุนการขัดแต่ง และปัญหาความเรียบผิวที่ไม่สม่ำเสมอ
4. เป็นการใช้ใบมีดตัดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
5. เป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาใบมีดตัดสำหรับไม้ยางพารา



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การแบ่งประเภทของไม้

ไม้แปรรูปที่ได้จากเมืองไทย เกือบทั้งหมดเป็นไม้เนื้อแข็ง โดยการแบ่งไม้แปรรูปนั้นจะแบ่งจากความแข็งแรงในการตัดของเนื้อไม้ที่มีความชื้นในเนื้อไม้ที่ 10-14 เปอร์เซ็นต์ และใช้ความทนทานของไม้แต่ละชนิดนั้นเป็นเกณฑ์ โดยมีการจำแนกออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

- **ไม้เนื้อแข็ง** เป็นไม้ที่มีความแข็งแรง และเหนียว มีความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งานตามกลางแดดและฝนได้ดีมาก เนื้อไม้มีทั้งชนิดหยาบไปจนถึงเนื้อละเอียด ไม้เสี้ยนตรงและเสี้ยนสน โดยไม้ชนิดนี้ยากต่อการเลื่อย ไสกบ และตกแต่ง แต่ขัดมันได้ดี เนื่องจากเนื้อไม้ส่วนใหญ่มีความมันอยู่แล้ว ไม้ส่วนใหญ่มีสีเข้ม เป็นไม้ที่มีน้ำหนักมาก โดยทั่วไปจะหนักประมาณ 720 - 1120 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือมากกว่านั้น ไม้เนื้อแข็งได้แก่ ไม้เต็งรัง ประดู่ เคี่ยม มะค่าโมง ชิงชัน แดง มะเกลือ เกลา เป็นต้น

- **ไม้เนื้อปานกลาง** เป็นไม้ที่มีเนื้ออยู่ในระดับปานกลางมีความแข็งแรงและทนทานพอประมาณ เนื้อไม้มีทั้งชนิดหยาบไปจนถึงเนื้อละเอียด แต่ส่วนใหญ่จะเป็นไม้เนื้อละเอียดเสี้ยนไม้ตรงหรือเกือบตรง สะดวกต่อการเลื่อย ไสกบและตกแต่ง และเนื่องจากส่วนใหญ่จะเป็นไม้ที่มีลวดลายสวยงาม จึงนิยมใช้เป็นเครื่องเรือน สีของเนื้อไม้จะไม่เข้มนัก โดยทั่วไปจะหนักประมาณ 690 - 1130 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม้เนื้อปานกลางได้แก่ ไม้ตะเคียนทอง ตะเคียน ตะแบก นนทรี หลวง ยุง เป็นต้น

- **ไม้เนื้ออ่อน** เป็นไม้ที่มีเนื้ออ่อนและหยาบมีความแข็งแรงและทนทานน้อยที่สุด หรือ ปลูกชอบทำลาย การยึดหดตัวไม่สม่ำเสมอบ้างน้อยบ้างแล้วแต่ชนิดของไม้ สีของเนื้อไม้แตกต่างกันออกไปจากสีอ่อนไปจนถึงสีเข้ม ไม้ชนิดนี้มีน้ำหนักประมาณ 500- 870 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม้เนื้ออ่อนได้แก่ ไม้กระท้อน ยางพารา กระบาก ยมหอม กระเจา สัก เป็นต้น

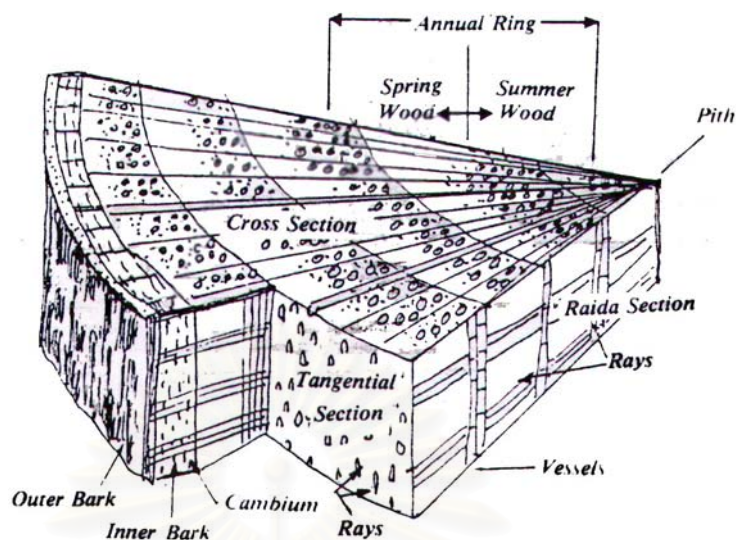
ตารางที่ 2.1 การแยกประเภทของไม้

ประเภทของไม้	น้ำหนัก (kg / m ³)
ไม้เนื้อแข็ง	720 - 1120
ไม้เนื้อปานกลาง	690 - 1130
ไม้เนื้ออ่อน	500 - 870

2.2 ส่วนต่างๆ ของลำต้นไม้ยางพารา

ไม้ยางพาราเป็นไม้เนื้ออ่อน โดยเปลือกของยางจะมีสีค่อนข้างคล้ำ สีได้เปลือกเป็นสีชมพูไปถึงสีแดง หรือ สีม่วงอ่อนความหนาของเปลือก 6.5 – 15 มิลลิเมตร ไม้ยางพาราที่มีอายุน้อยจะมีเปลือกที่บาง ต้นยางจะประกอบด้วย

1. เนื้อไม้แข็งอยู่ตรงกลางลำต้นที่เรียกว่า Central Axis หรือ pith
2. ชั้นถัดมาเป็นเนื้อไม้ (wood or xylem)
3. ถัดออกมาเป็นเนื้อไม้ที่เรียกว่า เยื่อเจริญ (Cambium)
4. ถัดออกมาเป็นเปลือกอ่อน (Soft bark, Inner bark) เป็นที่กักน้ำ และส่งอาหาร
5. ถัดออกมาอีก คือ เปลือกแข็ง โดยด้านที่ติดกันระหว่างเปลือกแข็งกับเปลือกอ่อน ด้านที่ติดกับเปลือกอ่อนจะมีท่อน้ำยางอยู่มากโดยท่อน้ำยางจะวนขึ้นทางขวามือของลำต้น
6. ถัดออกมา Hard bark ก็จะถึงเยื่อเปลือก (Cork cambium) จนถึงเปลือกแห้ง (Cork)

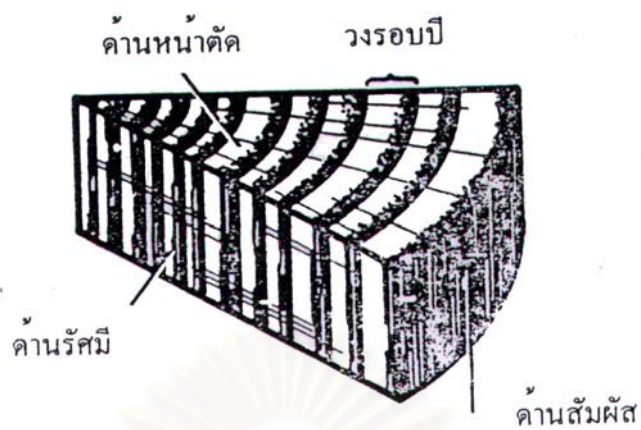


รูปที่ 2.1 ส่วนต่างๆของต้นไม้

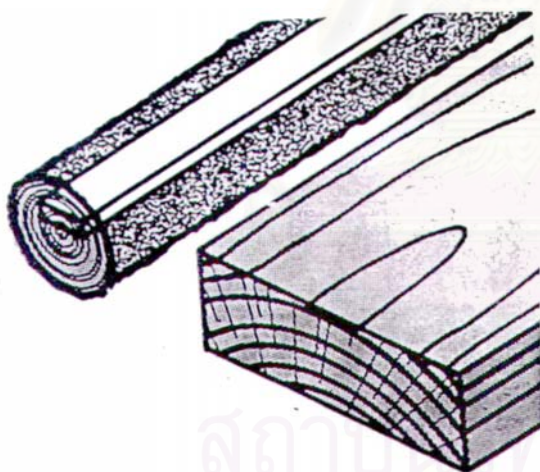
2.3 ด้านของไม้ (Section of wood)

ด้านต่างๆ ของไม้สามารถประกอบด้วย 3 ด้าน คือ

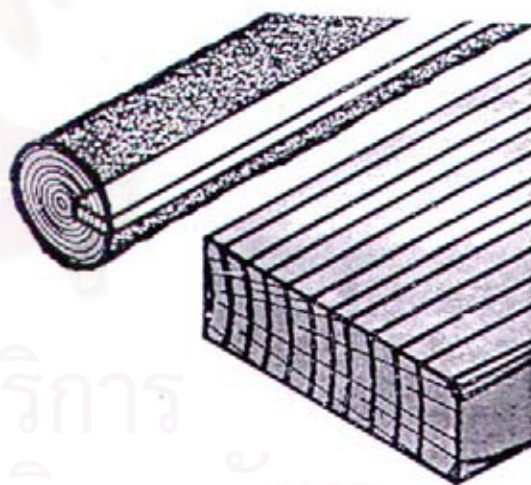
- ด้านหน้าตัด (cross or transverse section) หมายถึง ด้านที่ตัดขวางลำต้นในแนวตั้งฉาก เมื่อพิจารณาจากด้านนี้จะพบเซลล์ต่างๆ ที่อยู่ภายในลำต้นเป็นชั้นๆ จากไส้ไม้ออกมาจนถึงเปลือก
- ด้านสัมผัส (tangential section) หมายถึง ด้านที่ตัดตั้งฉากกับแนวรัศมี ซึ่งในส่วนนี้เนื้อไม้จะถูกตัดผ่านรอบวงปี จึงทำให้เห็นลายไม้สวยงาม มีลายไม้ที่มีลักษณะเหมือนภูเขาเหมาะที่จะใช้ในงานตกแต่งที่ต้องการความสวยงาม
- ด้านรัศมี (radial section) หมายถึงด้านที่ตัดตามแนวรัศมี ซึ่งจะเห็นลายไม้เป็นเส้นตรงขนานกับลำต้น และอาจเห็นเซลล์รัศมีที่ขวางกับลำต้น



ก. ส่วนต่างๆ ของไม้



ข. เลื่อยตัดรัศมี



ค. เลื่อยตามวงปี

รูปที่ 2.2 ด้านต่างๆ ของไม้

2.4 คุณสมบัติไม้ยางพารา

2.4.1 คุณสมบัติทั่วไป

- **สีเนื้อไม้ (color)** สีธรรมชาติของไม้ยางพารามีสีขาวอมครีม หรืออมเหลืองอ่อน เมื่อแห้งแล้ว ผิวหน้าไม้เมื่อไล่ใหม่ๆ จะเป็นสีขาวแกมน้ำตาลอ่อนหรือแกมชมพู หลังจากทิ้งไว้ให้ถูกอากาศเป็นเวลานานจะมีสีที่เข้มขึ้นเล็กน้อย เป็นสีฟางข้าวหรือสีน้ำตาลอ่อนๆ ซึ่งสีจางหรือสีอ่อนเช่นนี้จะเป็นที่นิยมในการออกแบบเครื่องเรือนสมัยใหม่และการตกแต่งภายในมาก

- **ลักษณะเนื้อไม้ เส้นใย และลวดลาย (Texture, Grain and Figure)** เนื้อไม้จะมีเนื้อหยาบปานกลางถึงหยาบ (Moderately coarse to coarse) เส้นตรงถึงเส้นสนเล็กน้อย (Straight to shallowly interlocked grain) มีลวดลายสวยงาม เกิดจากอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างระหว่างฤดูกาลต่างๆ และ เกิดจากการเรียงตัวของเซลล์ชนิดต่างๆในเนื้อไม้เอง

- **ความทนทาน(Durability)** เป็นไม้ที่ไม่ทนทาน ง่าย คือ มีความทนทานตามธรรมชาติที่ต่ำ อยู่ระหว่าง 0.5 – 3.9 ปี (เฉลี่ย 1.9 ปี)

2.4.2 ลักษณะโครงสร้าง (Wood Struture)

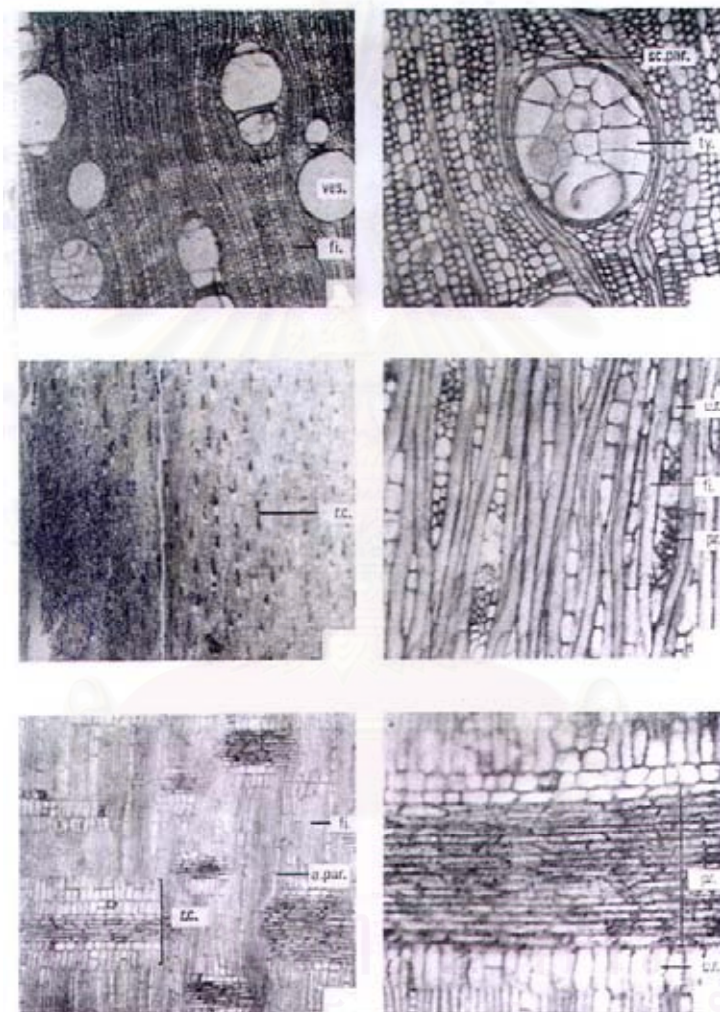
ไม้เนื้ออ่อนจะมีโครงสร้างที่มีการกระจายสม่ำเสมอ โดยเซลล์มีทั้งที่ทอดตัวไปยาวตามลำต้น (Longitudinal cell) และทอดตัวดาวแนวขวางลำต้น (Transverse cell) ซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างเล็กๆ ดังนี้

Vessel (เวสเซลล์) หรือ Pore (พอร์) เป็นพอร์กระจายที่มีขนาดกลาง และใหญ่ มองเห็นได้ชัดด้วยตาเปล่า ส่วนมากเป็นพอร์เดี่ยว และพอร์แฝด 2 – 4 เซลล์บางครั้งจะเจอพอร์แฝดตามรัศมี 5 – 8 เซลล์ ขอบของพอร์จะติดกับเรย์ทั้งสองด้าน จำนวนพอร์จะมีประมาณ 15 พอร์ ต่อ 10 ตารางมิลลิเมตร มีความโตเฉลี่ย 305 ไมครอน รอยต่อระหว่างเซลล์เป็นแบบช่องทะลุปลายเซลล์เดี่ยวมีความยาวเฉลี่ย 876 ไมครอน การเรียงตัวของผนังเซลล์เป็นแบบสลับกัน โดยผลกระทบที่มีต่อการตัดจะมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพอร์

Parenchyma (พาเรงคิมา) เป็นแบบ Apotracheel parenchyma อยู่อย่างกระจัดกระจายและอยู่เป็นกลุ่มๆ มีลักษณะเป็นร่างแห

Ray (เรย์) มีความกว้าง 1 – 3 แถวประมาณ 45 ไมครอน มีความสูงแตกต่างกัน ออกไปตั้งแต่ 150 – 1050 ไมครอน มีจำนวนประมาณ 50 ท่อ ใน 5 มิลลิเมตร ภายในเซลล์มีสารสี เข้มบรจอยู่ เป็นท่อที่ใช้ในการลำเรียงอาหารและสะสมอาหารอยู่ในแนวทิศทางรัศมี

Fiber (ไฟเบอร์) เป็นชนิด Libriform fiber มีความโตประมาณ 30 ไมครอน มีความยาวเฉลี่ยประมาณ 1605 ไมครอนอยู่ในแนวยาวตามความสูงของลำต้น



ves. = vessel sc.par = scanty parenchyma fib. = fiber
pr. = procumbent ray cell a.pr. = axial parenchyma rc. = ray cell

รูปที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างภายในของไม้ยางพารา

2.4.3 การเจริญเติบโตของวงปี (Growth ring)

ต้นไม้ที่โตเร็วจะมีการขยายของวงปีที่ไม่เท่ากันจึงทำให้เกิดความผันแปรสูง ซึ่ง จะส่งผลต่อการตัดและคุณภาพของผิวงานอย่างสูง โดยการเจริญเติบโตจะเริ่มจากเปลือกยางที่ ห่อหุ้มอยู่ภายนอกของต้นยางโดยเยื่อเจริญจะทำการแบ่งตัวออกมาในสองลักษณะ การโตของ ต้นไม้จะเกิดจากการแบ่งเซลล์ใหม่ การแบ่งตัวจะเกิดขึ้นตลอดเวลา ถ้าแบ่งออกด้านนอกจะเป็น เปลือกของไม้ แบ่งออกมาด้านในจะเป็นเนื้อไม้ คุณสมบัติในแต่ละฤดูจะทำให้เกิดการแตกต่างของ วงปีโดยเมื่อไม้โตเร็วจะเรียกส่วนที่เจริญเติบโตของไม้ต้นฤดูว่า Spring wood โดยในส่วนนี้จะเป็น ส่วนที่มีความอ่อนนุ่มและจะมีความหนาแน่นที่ต่ำ จะเรียกส่วนที่เจริญในปลายฤดูว่า Summer wood โดยส่วนนี้จะมีความหนาแน่นที่สูงกว่า มีความแข็งที่สูงกว่า Spring wood จึงทำให้ความ กว้างของวงปีในแต่ละตัวเกิดการแปรผันเนื่องจาก Spring wood และ Summer wood

2.4.4 คุณสมบัติทางกายภาพของไม้ยางพารา

- **ความแน่น (Density)** คือ มวลสาร (mass) หรือ น้ำหนัก (weight) ของวัตถุต่อ ปริมาตร และควรสังเกตว่ามวลสารต่อหน่วยปริมาตร (mass / volume) เป็นค่าที่แน่นอนกว่า เพราะไม่ขึ้นกับตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุนั้นแต่น้ำหนักจะขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของโลก(gravity) โดย ไม้ยางพาราจะมีความแน่นขณะสด (60 – 80% ความชื้น) 870 – 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความแน่นที่สภาวะผึ่งแห้ง (12 % ความชื้น) 560 – 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

- **ความถ่วงจำเพาะ (specific cavity)** คือ อัตราส่วนระหว่างความแน่นของวัตถุ ต่อความแน่นของสารมาตรฐาน (standard substance) ที่อุณหภูมิจำเพาะ คือ น้ำมีความแน่น สูงสุดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นสารมาตรฐานที่ใช้เป็นสากลในการหาค่าความถ่วงจำเพาะ ของวัตถุทุกชนิดรวมทั้งไม้ด้วยที่อุณหภูมินี้ความหนาแน่นของน้ำมีค่าเท่ากับ 1 กรัมต่อลูกบาศก์ เซ็นติเมตรและค่าความหนาแน่นของน้ำจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงจะ น้อยลงมาก โดยความถ่วงจำเพาะของไม้ยางพาราจะมีค่าเท่ากับ 500 – 600 กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร

- **การหดตัว (Shrinkage)** คือ การลดลงของขนาดของเนื้อไม้ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณ ความชื้นในเนื้อไม้ที่เปลี่ยนแปลงที่ปริมาณความชื้นต่ำกว่าจุดหมาด เนื้อไม้จะมีขนาดเล็กที่สุดเมื่อ ไม้มีความชื้นเหลืออยู่เลย และจะมีขนาดสูงสุดเมื่อมีความชื้นที่จุดหมาด ซึ่งเกิดจากการหดตัวและ พองตัวของผนังเซลล์และเมื่อไม้มีความชื้นเพิ่มขึ้นสูงกว่าจุดหมาดก็ไม่มีการเพิ่มขนาดเพิ่มขึ้นอีก เนื้อ ไม้เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติแตกต่างทั้งสามด้าน จึงทำให้เปลี่ยนแปลงขนาดของเนื้อไม้ต่างๆ ไม้

เท่ากันโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดในด้านความยาว (longitudinal) จะมีน้อยที่สุดการเปลี่ยนแปลงขนาดในด้านรัศมี(radial) มีมากกว่า และการเปลี่ยนแปลงทางด้านสัมผัส (tangential) มีมากที่สุด

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของไม้ยางพารา

คุณสมบัติ	สด	ผึ่งแห้ง	อบแห้ง
1. ความชื้น (%)	61.58	11.51	0
2. ความถ่วงจำเพาะ	0.541	0.562	0.585
3. ความแน่น	0.874	0.626	0.585
4. น้ำหนักต่อลูกบาศก์ฟุต	24.75	17.78	16.57
5. ช่องว่างในเนื้อไม้	0.313	0.56	0.599
6. จุดหมาด (%)	22.05	22.05	22.05
7. การหดตัว (%)			
- โดยปริมาตร	0	3.93	7.55
- ด้านยาว	0	0.31	0.58
- ด้านรัศมี	0	1.12	2.22
- ด้านตัดรัศมี	0	2.54	4.90
8. จำนวนชิ้นตัวอย่าง	10	10	10

2.5 คุณสมบัติทางกลของไม้

คุณสมบัติทางกลของไม้ คือ ความสามารถในการต้านทานแรงชนิดต่างๆ ที่มากระทำและขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสิ่งต่างๆ ดังนี้

- ชนิดของแรงที่กระทำ
- ทิศทางของแรงที่กระทำ
- ความเร็วของแรงที่กระทำ
- ลักษณะของรูปร่างของวัตถุ
- สภาวะแวดล้อมในขณะที่วัตถุถูกแรงกระทำ

ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดค่าของความแข็งแรงของวัสดุที่มีความถูกต้องในขณะทำการทดสอบค่าความแข็งแรงของวัสดุ ดังนั้นจึงมีมาตรฐานในการทดสอบค่าความแข็งแรงของวัสดุเพื่อให้ได้ค่าที่ออกมาที่มีความถูกต้อง สามารถนำไปใช้งานได้

- **ความแข็งแรงในการรับแรงดึง (strength in tension)** ที่กระทำในแนวขนานเส้นไม้ (parallel to grain) และแรงดึงที่กระทำในแนวตั้งฉากเส้นไม้ (perpendicular to grain) ซึ่งค่าความแข็งแรงในการรับแรงดึงทั้งสองแนวนี้จะมีค่าที่แตกต่างกันมาก และค่าความแข็งแรงของไม้ก็แตกต่างกันออกไปตามถิ่นกำเนิด โดยค่าความแข็งแรงในการรับแรงดึงในแนวขนานเส้นไม้มีค่า 169 kg / cm^2 และแรงดึงที่กระทำในแนวตั้งฉากเส้นไม้มีค่า 89 kg / cm^2

- **ความแข็งแรงในการรับแรงอัด (strength in compression)** ความแข็งแรงในการรับแรงอัดของไม้ขึ้นอยู่กับแรงกระทำ คือ แรงอัดในแนวแกนหรือ ขนานเส้นไม้ และแรงอัดในแนวที่ตั้งฉากกับเส้นไม้ ซึ่งจะให้ค่าความแข็งแรงต่างกัน สำหรับค่าความแข็งแรงในการรับแรงอัดทางด้านสัมผัสจะสูงกว่าทางด้านรัศมีในไม้ใบแคบและในทางตรงกันข้ามค่าความแข็งแรงในการรับแรงอัดทางด้านรัศมีจะสูงกว่าทางด้านสัมผัสในไม้ใบกว้าง ความแข็งแรงอัดในแนวแกนมีค่า 328 kg / cm^2 มีความแข็งแรงในการรับแรงอัดแนวขนานเส้นไม้มีค่า 93 kg / cm^2

- **ความแข็งแรงในการรับแรงเฉือน (strength in shear)** แรงเฉือนเกิดขึ้นในไม้ 2 ลักษณะ คือ แรงเฉือนที่เกิดขึ้นตามเส้นไม้ และแรงเฉือนที่เกิดขึ้นตามขวางเส้นไม้ ความเค้นแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในแนวแกนตามเส้นไม้มักเกิดขึ้นในผนังเซลล์ และระหว่างเซลล์ซึ่งทำให้เซลล์เลื่อนไถลออกจากกันหรือแตกหัก โดยค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นตามเส้นไม้มีค่า 169 kg / cm^2 และแรงเฉือนที่เกิดขึ้นตามขวางเส้นไม้มีค่า 155 kg / cm^2

- **ความแข็งแรงในการรับแรงดัด (strength in bending)** ความแข็งแรงในการรับแรงดัดของคานไม้มีความสำคัญเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกลอย่างมาก เพราะการนำไม้ไปทำเป็นโครงสร้างอาคารที่อยู่อาศัย ท่อนไม้ที่นำโครงสร้างส่วนมากจะถูกแรงที่กระทำในลักษณะดัดให้โค้งงอภายใต้แรงดัดที่กระทำทำให้คานไม้โค้งงอขึ้นได้ จะมีความเค้นที่เกิดขึ้นภายใต้งานไม้อยู่ 3 ลักษณะ คือ ค่าความเค้นอัด ความเค้นดึง ความเค้นเฉือน ซึ่งความเค้นที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามแนวแกนโดยค่ารับแรงดัดของไม้ยางพารามีค่า 98 kg / cm^2

- **ความแข็ง (hardness)** หมายถึง ความต้านทานต่อการขูดขีดที่กระทำต่อเนื้อไม้ และสามารถต้านทานต่อวัตถุที่จะแทรกเข้าไปในเนื้อไม้ เช่น การตอกตะปู หรือ การเจาะไม้ด้วยสว่าน เป็นต้น ค่าความแข็งแรงของเนื้อไม้ จะขึ้นอยู่กับค่าความแน่นของเนื้อไม้ ไม้ที่มีความแน่นสูงจะมีค่าความแข็งของเนื้อไม้มากกว่าไม้ที่มีความแน่นต่ำ จึงทำให้สามารถนำไม้ไปใช้งานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยค่าความแข็งของไม้ยางพารามีค่า 532 kg / cm^2

2.6 องค์ประกอบที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกลของไม้

(Factor Affecting Mechanical Property)

คุณสมบัติทางกลของไม้จะมีผลกระทบต่อปัจจัยอื่นๆที่ทำให้ความแข็งแรงเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เพราะไม้เป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นโครงร่างที่โปร่งเป็นรูพรุน จึงทำให้สามารถดูดซับความชื้น หรือสารอื่นๆ ได้ ตลอดจนปัจจัยอื่นๆ ที่มีอยู่ในตัวของเนื้อไม้เอง ปัจจัยต่างๆที่ทำให้ค่าความแข็งแรงของเนื้อไม้เปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ ความชื้น ความแน่น เป็นต้น

- **ความชื้น (moisture)** ความชื้นมีผลกระทบต่อความแข็งแรงของเนื้อไม้ คือ เมื่อความชื้นลดต่ำกว่าจุดหมาด จะทำให้ค่าความแข็งแรงของเนื้อไม้เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของไม้นี้มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงในผนังเซลล์ซึ่งทำให้เกิดการอัดแน่นขึ้น และโครงร่างของหน่วยเซลล์ก็จะยึดเหนี่ยวเข้าด้วยกันด้วยแรงระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลส จึงทำให้ค่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงนี้ก็มาจากผลกระทบของการหดตัวเนื่องจากการสูญเสียความชื้นในเนื้อไม้ของผนังเซลล์

- **ความแน่น (density)** ความแน่นของเนื้อไม้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงค่าความแข็งแรงของไม้ ซึ่งต้องเป็นไม้ที่ปราศจากตำหนิ ไม้ที่มีค่าความแน่นสูงก็จะมีค่าความแข็งแรงสูงไปด้วย ที่เป็นดังนี้เพราะ ความแน่นเป็นตัววัดสารแทรกในไม้ที่มีอยู่และเป็นตัววัดสัดส่วนของเซลล์ ไม้ที่มีผนังเซลล์หนาจะมีช่องว่างของเซลล์ที่เล็ก เป็นต้น

- **โครงสร้างของเนื้อไม้ (structure of wood)** ผลกระทบของความแน่นต่อคุณสมบัติทางกลเป็นผลมาจากโครงสร้างที่แตกต่างกัน ซึ่งทำให้ค่าของความแน่นเปลี่ยนแปลงไป คุณสมบัติเฉพาะทางโครงสร้างของเนื้อไม้นี้จะนำไปสู่ความแน่นที่สูงกว่าหรือค่าความแน่นที่ต่ำกว่า (ความกว้างของวงปี สัดส่วนของเนื้อไม้ปลายฤดู เป็นต้น) จึงทำให้มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของไม้ด้วยเหตุนี้ในไม้เนื้ออ่อนความแข็งแรงของไม้ปลายฤดูจึงมีแนวโน้มลดลงตามความ

กว้างของ วงปีที่เพิ่มขึ้น ในไม้โตเร็วค่าความแข็งแรงของเนื้อไม้จะต่ำกว่า สำหรับไม้เนื้อแข็งที่มีพอร์วงปีที่กว้างและมีสัดส่วนของไม้ปลายฤดูมากกว่าจะมีความแข็งแรงสูงและไม้เนื้อแข็งที่มีพอร์กระจายค่าความแข็งแรงของเนื้อไม้ในความกว้างของวงปีอาจไม่แตกต่างกัน

- **อุณหภูมิ (temperature)** โดยทั่วไปความแข็งแรงของไม้จะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การลดลงของความแข็งแรงนี้ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ ระดับของอุณหภูมิ และระยะเวลาของความร้อนที่ได้รับ ลักษณะต่างๆ ของแรงที่มากระทำ ชนิดของไม้ และขนาดของไม้ที่นำไปทำโครงสร้าง

- **ตำหนิของไม้ (defect in wood)** ตำหนิในเนื้อไม้จะทำให้ความแข็งแรงลดลงซึ่งขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด ตำแหน่งของตำหนิ ตำหนิที่สำคัญของไม้ที่ทำให้ความแข็งแรงลดลง ได้แก่ ตาไม้ รอยแตก ไม้ฝืนแรงดึง (Compression and tension wood) ไม้ที่มีรอยผุ การทำลายเนื้อไม้จากแมลง และเห็ดรา ซึ่งเป็นเหตุให้ไม้เสื่อมสลาย

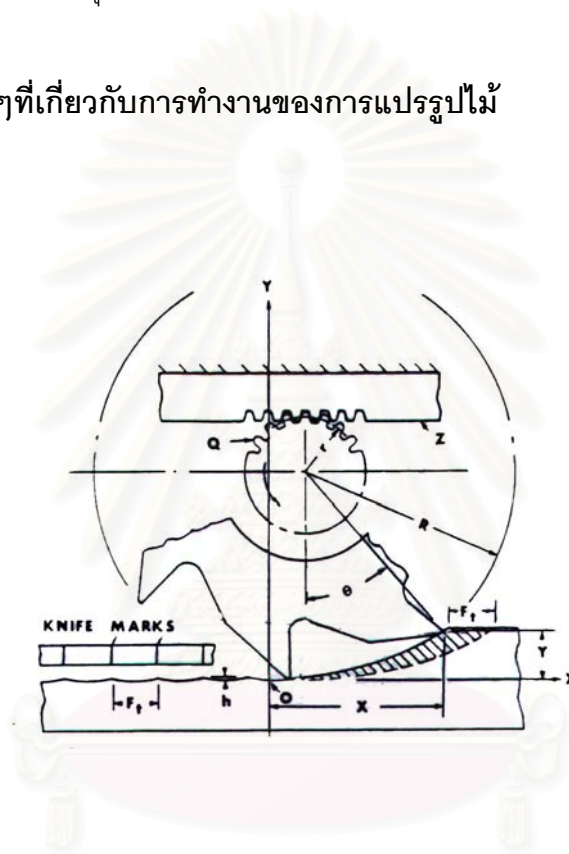
1. **ตาไม้ (Knot)** คือ บริเวณเนื้อไม้ที่เคยแตกกิ่งไม้ เมื่อนำไม้มาแปรรูปแล้ว ส่วนจุดที่เคยเป็นกิ่งไม้ จะถือว่าเป็นไม้ที่มีคุณสมบัติไม่ดีเพราะบริเวณที่เป็นตาไม้จะเป็นอุปสรรคในการใช้เครื่องมือเพื่อปรับแต่งผิวไม้ให้เรียบ เนื่องจากตาไม้ทำให้เนื้อไม้แข็ง นอกจากนั้น ส่วนที่เป็นตาไม้จะหักง่ายเนื่องจากเสี้ยนหรือเซลล์ ของไม้มักจะขวางลำต้น เมื่อไม้แห้งหดตัวเสี้ยนไม้จะแยกไม่ประสานต่อกัน โดยเฉพาะไม้ท่อนที่มีขนาดเล็ก ถ้ามีตาไม้ปรากฏอยู่จะทำให้ไม้หักง่าย ไม้ที่มีตาจึงเป็นไม้ที่ไม่ดี

2. **รอยแตก (Check)** ลักษณะของรอยแตกร้าวของไม้ จะมีลักษณะและตำแหน่งที่ปรากฏแตกต่างกันไปตามสาเหตุที่เกิดขึ้น การแตกร้าว ได้แก่ ไม้แตกร้าวตามแนวเส้นแนววงปี เกิดจากต้นไม้ออกลมพายุพัด ทำให้ต้นไม้ออกเอนทำให้เสี้ยนไม้ประสานกันไม่สนิท เมื่อได้รับการกระทบกระเทือนจะทำให้เนื้อไม้ที่เป็นไม้เนื้อแข็งกับไม้เนื้ออ่อนแยกจากกัน, ไม้ที่แตกร้าวจากบริเวณใต้ไม้ออกมานอกลำต้น หรือแตกร้าวจากภายใน เกิดจากการบิดปรกติของต้นไม้อเอง โดยไม้เกิดเป็นช่องว่างภายใน ลักษณะเป็นโพรง เกิดจากอุณหภูมิจากภายนอกกับภายในลำต้นไม่สมดุล ทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อกัน มีผลทำให้เกิดแตกร้าวภายในลำต้น, ไม้แตกร้าวจากภายนอกเข้าหาลำต้น ลักษณะการแตกร้าวจะเกิดจากในช่วงที่ได้ตัดไม้ท่อนสูง รอการนำไม้ไปแปรรูป ถูกทิ้งให้ตากฝนและตากแดด จะทำให้การหดตัวไม่สมดุลกันระหว่างภายนอกและภายใน ซึ่งภายนอกจะเกิดการหดตัวเร็วกว่าภายในทำให้เกิดการแตกร้าวชนิดนี้ได้

3. **ไม้ฝืนแรงดึง (Tension wood)** ตำแหน่งที่เกิดจากการบิดปกติของเซลล์เนื้อไม้สังเกตเห็นได้ว่า ไม้ฝืนไม่ได้อยู่ตรงกลางของลำต้น เนื่องจากลำต้นเอียงเกิดจากอิทธิพลของกระแสลมหรือความต้องการแสงของเรือนยอดการเอียงทำให้เมื่อเลื่อยไม้ผ่านบริเวณนี้ทำให้ไฟเบอร์ฉีกขาดและรวมเป็นกลุ่มๆ เนื้อไม้หยากกว่าส่วนอื่นเรียกว่าเส้นขนยุย จำเป็นต้องตัดส่วนนี้ออก

4. **ไม้ที่มีรอยผุ (Decay)** คือ ไม้ที่มีลักษณะผิดปกติ เนื้อไม้เสื่อม หรือเซลล์ของเนื้อไม้ ยุ่ย เปื่อยสากเหตุจากเชื้อราเกาะกิน

2.7 สมการต่างๆที่เกี่ยวกับการทำงานของการแปรรูปไม้



รูปที่ 2.4 การทำงานของการตัดแบบ up-milling (ที่มา wood machining, Koch, 1964)

สมการในการหาระยะของช่วงที่ใช้ในการตัด

$$\begin{aligned}
 X &= r \theta + R \sin \theta \\
 Y &= R (1 - \cos \theta) \\
 R &= \text{เส้นผ่าศูนย์กลางของหัวกัด (มิลลิเมตร)} \\
 r &= \text{เส้นผ่าศูนย์กลางของเฟืองขับ (มิลลิเมตร)}
 \end{aligned}$$

สมการในการหาค่าของช่วงคลื่นได้จากสมการ

$$F_t = \frac{12 F}{T n}$$

F_t = อัตราป้อน ต่อ มีดตัดหนึ่งใบ (มิลลิเมตร)

F = อัตราป้อน (มิลลิเมตรต่อนาที)

T = จำนวนใบมีดตัดในหัวกัด

n = อัตราป้อนของหัวกัด (รอบต่อนาที)

สมการในการหาค่าของความสูงของคลื่นได้จากสมการ

$$h = \frac{F_t^2}{8 [R + F_t T] \pi}$$

h = ความสูงของคลื่นของไม้ยางพารา(มิลลิเมตร)

F_t = อัตราป้อน ต่อ มีดตัดหนึ่งใบ (มิลลิเมตร)

R = รัศมีของมีดตัด(มิลลิเมตร)

T = จำนวนของใบมีดตัดทั้งหมดในหัวกัด

2.8 หลักการพื้นฐานในการตัด

หลักการพื้นฐานในการตัดโลหะ คือ การใช้ใบมีดที่มีความแข็งแรงสูงกดลงชิ้นงานที่มีความแข็งแรงน้อยกว่า เนื้อชิ้นงานจะเกิดสามของความเค้น เมื่อลากคมมีดผ่านเนื้อชิ้นงานค่าความเค้นในระนาบหนึ่งบนเนื้อชิ้นงานจะมีค่าที่สูงเท่ากับหรือมากกว่าความต้านการเฉือนของเนื้อวัสดุ ชิ้นงานเป็นผลให้เกิดการเฉือนของเนื้อชิ้นงาน ชิ้นงานจะแยกออกเป็นสองส่วน ส่วนแรก คือ ชิ้นงานที่จะนำไปใช้งาน ส่วนที่สอง คือ ส่วนที่แยกออกมาเป็นลักษณะเส้นยาวๆ หรือ ทุ่นสั้นๆ เรียกว่า ฝอย

2.8.1 คุณลักษณะของมีดตัด

มีดตัด คือ เครื่องมือที่ใช้ผ่าลงไปชิ้นงาน เพื่อแบ่งชิ้นงานออกเป็นสองส่วน สิ่งที่ควรศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับมีดตัดมี 3 สิ่ง ดังนี้

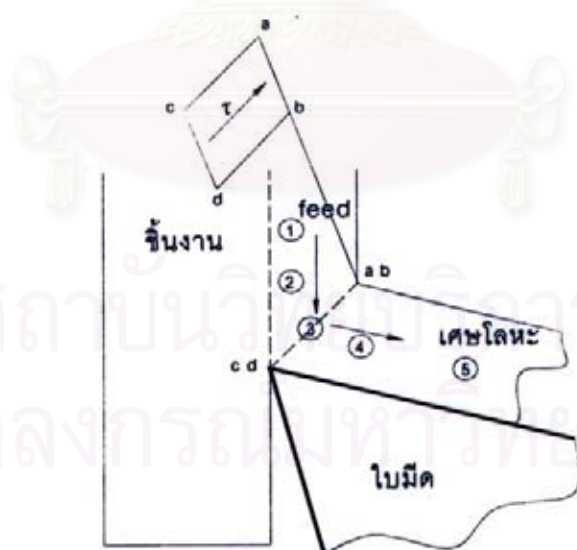
- วัสดุที่ทำใบมีด (cutting tool material)
- ลักษณะทางเรขาคณิตของมีดตัด (cutting tool geometry)

- สมรรถนะของมีดตัด หรือ ชีตความสามารถในการทำงานของใบมีด (cutting tool performance)

2.8.2 การตัดใบมีดคมเดียว(Single Edge Orthogonal Cutting)

การตัดฉากโดยใบมีดคมเดียวเป็นกรณีที่ง่ายที่สุดในการตัด และมีนักวิจัยจำนวนมาก ทุ่มเทศันคว่าศึกษาวีธีนี้ โดยหวังว่าจะนำความเข้าใจที่ได้จากการตัดแบบนี้ ไปเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจกรรมวิธีการตัดแบบอื่นๆที่ซับซ้อนมากกว่านี้ อย่างไรก็ตาม ได้พบว่าการตัดใบมีดตัดคมเดียว ซึ่งนับว่าง่ายที่สุดแล้วก็ยังไม่สามารถทำความเข้าใจพฤติกรรมของวัสดุได้อย่างครบถ้วน ยังต้องมีการค้นคว้าต่อไปอีกมาก ในขณะที่เดียวกันก็มีความจำเป็นที่ต้องนำความรู้เท่าที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้งาน

แนวทางที่มีผู้ศึกษาไว้มีหลายแนวทางจึงจำเป็นต้องคัดเลือกเฉพาะแนวทางที่เข้าใจง่าย และเป็นแนวทางที่นักวิจัยโดยทั่วไปยอมรับ แนวทางที่เข้าใจง่ายที่นำมาพิจารณา คือ แนวทางแบบระนาบเฉือนบาง (Thin Shear Plane Concept) ซึ่งตั้งสมมุติฐานที่ว่า การตัดวัสดุโดยทั่วไป เนื้อชิ้นงาน (Work Material) จะถูกตัดเฉือนออกมาเป็นฝอย (Chip) การแปรรูปเนื้อชิ้นงานจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและรุนแรง บนแผ่น หรือโซนบาง โดยชิ้นงานจะถูกกระทำโดยความเค้นเฉือน (Shear Stress) ที่มีค่าสูงและเกิดการคราก ที่อัตราเครียด (Strain) สูง



รูปที่ 2.5 แสดงสภาวะการเกิดขึ้นของมีดตัดฉากใบมีดเดี่ยว

ถ้าพิจารณาพฤติกรรมของวัสดุชิ้นงาน ดังแสดงรูปที่ 3 จะพบว่าที่บริเวณเริ่มต้นคือจุดที่ 1 วัสดุชิ้นงานจะมีความเค้นที่ใกล้เคียงศูนย์ และอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง หรือสูงกว่าอุณหภูมิห้องเล็กน้อย ถ้าสมมุติว่าใบมีดอยู่กับที่ เมื่อวัสดุเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ 2 ความเค้นจะสูงขึ้น อุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย เมื่อวัสดุเคลื่อนที่เข้าไปบริเวณที่เป็นโซน หรือแผ่นบางๆ abcd ที่จุดที่ 3 วัสดุจะถูกกระทำโดยความเค้นเฉือนอย่างทันทีทันใด และความเค้นเฉือนที่มากกระทำ จะมีค่ามากกว่าความต้านทานต่อการเฉือนของเนื้อวัสดุ ซึ่งเป็นผลทำให้เนื้อวัสดุถูกเฉือนให้ขาดออกไป เนื้อวัสดุที่เฉือนออกไปนี้จะกลายเป็นฝอย (Chip)

ทางด้านหลังจากระนาบเฉือน ฝอยโลหะจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ในทิศทางตั้งฉากกับคมมีด จนถึงบริเวณหนึ่ง ฝอยโลหะจะโค้งออกจากผิวหน้ามีด ฝอยโลหะที่จุดที่ 4 จะมีความเค้นลดลง และเมื่อผงโลหะเคลื่อนที่ไปพ้นสนามความเค้น (Stress Field) ที่จุด 5 ฝอยโลหะก็จะมีค่าความเค้นเป็นศูนย์

2.8.3 แรงในการตัดวัสดุ (Cutting Force)

แรงในการตัดวัสดุ หมายถึง แรงที่ชิ้นงานกดลงบนคมมีดมีความสำคัญมากและต้องมีการควบคุมให้มีค่าไม่สูงมากเกินไป เพราะถ้าแรงในการตัดมีค่าที่สูงเกินไปสามารถทำให้มีดแตกหักได้ หรือแรงที่เพิ่มขึ้นลดลงเร็วเกินไปจะทำให้มีดล้าแล้วเกิดการแตกหักในที่สุด ทิศทางของแรงจะต้องไม่ทำให้เกิดความเครียดแบบยึด เพราะใบมีดส่วนใหญ่เป็นวัสดุเปราะด้วยความเครียดแบบยึดได้ไม่มากนักก็จะแตกหักหรือร้าว ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแรงตัด เช่น แรงในการตัดเพิ่มหรือลดด้วยตัวแปรใด หรือสามารถคำนวณได้ว่าเมื่อตัวแปรใดเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้แรงที่ใช้ในการตัดสูงหรือลดลงเช่นไร ซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมขนาดและทิศทางของแรงตัดให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้

นอกจากนี้แรงตัดที่กระทำบนคมมีดและแรงที่เกิดขึ้นบนผิวหน้ามีดยังเกี่ยวข้องกับ การเกิดความร้อนและอุณหภูมิในการตัด อุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับการสึกหรอของมีด เพราะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้การสึกหรอของคมมีดเกิดขึ้นได้รวดเร็วขึ้นดังนั้นความพยายามที่จะ คำนวณหาค่าแรงในการตัดวัสดุจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ ที่มีนักวิจัยให้ความสนใจในการศึกษาและ ค้นคว้าเป็นจำนวนมาก โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงในการตัดวัสดุที่สำคัญๆ จะมีอยู่หลายปัจจัย จึง ได้มีการสรุปเฉพาะตัวแปรที่มีความสำคัญมากอยู่ทั้งหมด 7 ตัวแปรดังนี้

1. อัตราการป้อนมีด (Feed Rate)
2. ความลึกในการตัด (Depth or Width of Cut)
3. ความเร็วตัด (Cutting Velocity)
4. มุมมีดตัด (Combination of Tool Angle)

5. สภาวะการหล่อเย็น (Condition of Lubrication)
6. คุณสมบัติของวัสดุชิ้นงาน, โครงสร้างจุลภาคของวัสดุชิ้นงาน (Work material and / or Type of Microstructure)
7. รูปทรงของใบมีดตัด (Sharpness of Tool Edge)

โดยจะครอบคลุมกรรมวิธีในการตัดที่สำคัญๆ และใช้กันมาก เช่น การกลึง การกัด การไส การเจาะ เป็นต้น

2.9 คุณสมบัติของมีดตัด

คุณสมบัติที่ต้องการในการใช้งานของมีดตัดสามารถที่จะแยกออกได้ดังนี้

- **มีความแข็งแรงสูง (high hardness)** ในอุณหภูมิปกติของห้อง ความแข็งของมีดตัดต้องมีความแข็งแรงที่สูงกว่าชิ้นงานมาก จึงสามารถที่จะผ่าชิ้นงานออกเป็นสองส่วนได้ โดยการวัดค่าความแข็งของชิ้นงานและมีดตัด มักนิยมใช้การวัดระบบ Rockwell และวัดที่อุณหภูมิห้อง
- **คงความแข็งแรงได้ที่อุณหภูมิสูง (hot hardness)** ขณะที่มีดตัดชิ้นงานอยู่นั้น ทั้งชิ้นงานและใบมีดจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น จะทำให้ทั้งชิ้นงานและมีดตัดเกิดการอ่อนตัวลง คือ ค่าความแข็งลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ถ้าค่าความแข็งแรงของมีดตัดมีค่าที่สูงกว่าชิ้นงานเพียงเล็กน้อย จะทำให้มีดตัดเกิดการสึกหรออย่างรวดเร็ว หรือ แดกหักลงไปไม่สามารถตัดชิ้นงานได้ มีดตัดที่ดี ควรมีค่าความแข็งแรงลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อใช้งานที่ อุณหภูมิสูง
- **ต้านทานการสึกหรอได้ดี (high wear resistance)** ที่ผิวหน้ามีดจะมีการเสียดสีระหว่างมีดกับเนื้อฝอย และผิวหลังมีดใกล้บริเวณคมมีด จะมีการเสียดสีระหว่างมีดกับเนื้อชิ้นงานที่เพิ่งถูกตัด การเสียดสีที่อุณหภูมิสูงทำให้มีดตัดสึกหรอ มีดตัดต้องสามารถต้านทานการสึกหรอได้ดี โดยทำการเติมสารบางชนิดเพื่อที่จะทำให้ต้านทานการสึกหรอได้ดี
- **มีความแข็งแรงสูง (high strength)** มีดตัดควรมีความต้านทานการดึง (tensile strength) สูง และมีค่าต้านทานการกด(compressive strength) สูงด้วย เพื่อจะทำให้ทนทานไม่แตกหักง่าย

- **ไม่เปราะ กะเทาะ หรือ ร้าวง่าย เมื่อถูกกระทบกระแทก** (shock resistance) ในการใช้งานของมีดตัด มีดตัดต้องมีความแข็งแรงที่สูง ดังนั้นจะทำให้เกิดการเปราะได้ง่าย คุณสมบัตินี้จึงจำเป็นต้องใช้การเลือกวัสดุของมีดตัดที่เหมาะสมในการใช้งาน
- **ไม่ไวต่อการประลัยต่อการล้า** (fatigue resistance) มีดตัดต้องมีความทนต่อการแตกหัก หรือประลัยโดยการล้าได้ยาก
- **ไม่ไวต่อปฏิกิริยาเคมี** ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับชิ้นงาน ซึ่งจะทำให้สึกหรอได้อย่างรวดเร็ว ไม่ทำ ปฏิกิริยาเคมีกับอากาศจนเป็นสนิมได้ง่าย ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับน้ำหล่อเย็น จนอาจทำให้เกิดการสึกกร่อนอย่างรวดเร็ว
- **ขึ้นรูปได้ง่าย** มีดตัดที่แข็งจะยากแก่การหล่อหลอม ยากแก่การตัด เจียระไน หรือ อัดหลอม เพื่อให้มีขนาดรูปร่างที่ต้องการ
- **ราคาถูก** เพื่อให้สามารถผลิตเป็นมีดตัดได้ และจำหน่ายให้ได้รับความนิยมนำไปใช้งาน

2.10 อายุการใช้งานของมีดตัด

อายุการใช้งานได้มากเท่าไร เช่น ตัดชิ้นงานได้เป็นเวลาเท่าไร ตัดชิ้นงานได้กี่ชิ้น ก่อนใบมีดจะหมดสภาพการใช้งาน โดย เกิดการแตกหัก กะเทาะ ร้าว หรือ สึกหรอจนเกินขนาดที่ยอมรับได้ จะต้องทำการวางแผนในการเปลี่ยนใบมีดทั้งใบ หรือลับคมตัดอีกครั้ง

อายุใบมีด (tool-bit life) ใบมีดอินเซอร์ที่ที่เกิดการสึกหรอ หรือ แตกหักแล้วต้องทิ้งเลย

อายุคมมีด (tool-edge life) เป็นกรณีที่สึกหรอ หรือแตกหักแล้วลับใหม่ได้ เช่น เหล็กกล้าไฮสปีด จะนับอายุการใช้งานเริ่มต้นที่ศูนย์เมื่อเริ่มการใช้งานหลังจากการลับคมมีดแต่ละครั้ง

2.10.1 หน่วยวัดอายุการใช้งาน

- เวลาในการตัดจริงจนคมมีดหมดสภาพการใช้งาน (actual cutting time to failure) เวลาที่คมมีดผ่าลงบนชิ้นงานจริงๆ นิยมใช้หน่วยเป็นนาที โดยการระบุในหน่วยเวลาจริงจะนิยมใช้ในตำราเอกสารต่างๆ ใช้กับงานกรรมวิธีที่คมมีดสัมผัสกับชิ้นงานต่อเนื่องระหว่างการตัด เช่น การกลึง การไส การเจาะด้วยดอกสว่าน

- เวลาทั้งหมดในการตัดจนใบมีดหมดสภาพในการใช้งาน (total time to failure) เวลาทั้งหมดที่ใช้เครื่องจักรกล ไม่ว่าจะเป็นเวลาที่คมมีดจะตัดชิ้นงานหรือไม่ก็ตามนิยมใช้กับ

กรรมวิธีในการตัดที่คมมีดสัมผัสกับชิ้นงานอย่างไม่ต่อเนื่องระหว่างการตัด เช่น การกัด ซึ่งการหาเวลาในการตัดจริงเป็นไปได้ยาก

- ความยาวของชิ้นงานที่ถูกตัดออกไปตั้งแต่เริ่มตัดจนคมมีดหมดอายุ วัดเป็นเมตร หรือ ฟุต ตามแต่ผู้ใช้งานนิยม เป็นวิธีระบุที่เข้าใจง่ายในการใช้งานในอุตสาหกรรม
- ปริมาตรของชิ้นงานที่ถูกตัดออกไปตั้งแต่เริ่มต้นตัดจนคมมีดหมดอายุ วัดเป็นลูกบาศก์มิลลิเมตร ลูกบาศก์นิ้ว หรือหน่วยอื่นที่ผู้ใช้นิยม ใช้งานเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้งานในอุตสาหกรรม
- จำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้ก่อนที่คมมีดจะหมดอายุ วิธีนี้สะดวกและเข้าใจง่ายในการวางแผนและควบคุมการผลิตในโรงงาน และง่ายต่อการติดตั้งอุปกรณ์นับจำนวนชิ้นงาน

2.10.2 เกณฑ์ตัดสินว่ามิดหมดอายุ

คมมีดหมดอายุ คือ การที่คมมีดไม่สามารถตัดชิ้นงานให้เป็นชิ้นส่วนที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการ โดยอาจแยกได้ดังนี้

- คมมีดแตกหักโดยสิ้นเชิง (total failure) ใช้งานต่อไปไม่ได้และอาจจะเป็นอันตราย
 - คมมีดเกิดการแตกร้าว (cracking) หรือ การกะเทาะ (chipping) ใกล้เคียงแตกหักต้องเลิกการใช้งานก่อนจะแตกหักจริงจนเป็นอันตราย
 - คมมีดสึกหรอมากหมดสภาพการใช้งานหรือใกล้เคียงแตกหักแล้ว การวัดค่า ขนาดสึกหรอ เป็นเรื่องที่ยุ่งยาก เพราะใบมีดมีลักษณะการสึกหรอมากมายหลายรูปแบบจำเป็นต้องเลือกวิธีการวัดอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยมีวิธีที่ชัดเจน สามารถทำซ้ำ หรือ ตรวจสอบได้
 - รอยแถบสึก (wear land) ที่ผิวด้านหลังมีด หรือผิวหลบของคมมีด (tool flank) มีขนาดที่สูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ ถ้าใช้งานต่อไป จะเสี่ยงต่อคมมีดแตกหัก
 - ความลึกของหลุมรอยสึก (crater depth) หรือความกว้างของหลุม (crater width) ที่ผิวหน้ามีดมีขนาดสูงเกินค่าที่ยอมรับได้ ถ้าใช้งานต่อไป จะเสี่ยงต่อคมมีดแตกหัก
 - ปริมาตร หรือ น้ำหนักของรอยสึก มีค่าที่สูงกว่าค่าที่ยอมรับได้
 - ชิ้นส่วนที่ผลิตออกมา มีขนาดผิดไปจากค่าที่กำหนดเกินกว่าที่จะยอมรับได้
- ชิ้นส่วนที่ผลิตออกมา มีความขรุขระของพื้นผิวสูงเกินกว่าค่าที่กำหนด เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Wengert, G. (ปี ค.ศ. 1999)

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

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

เป็นการทดลองหาค่าของการแพร่กระจายของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการตัดไม้ที่ก่อโรคมะเร็ง โดยใช้ไม้ 3 ชนิดที่มีความแตกต่างกันได้แก่ pine, beech และ fiberboard (MDF) โดยใช้พารามิเตอร์ในการทดลอง คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้ ค่าเฉลี่ยของเศษในการตัด อัตราเร็วมุมคายเศษ 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 เมื่อพนักงานมีความชำนาญจะทำให้เกิดการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพและอีกประการหนึ่งในการที่จะทำให้เกิดผลผลิตที่ดีขึ้นนั้นจะต้องมีการรักษาสมดุลย์ของความสัมพันธ์ระหว่าง วัสดุดิบ, มีดตัดและเครื่องจักร เพื่อทำให้เกิดต้นทุนที่ต่ำอีกด้วย

Aguilera, A. *et. al.* (ปี ค.ศ. 2000)

รายงานนี้เป็นการศึกษาแรงและพลังงานที่เกิดขึ้นจากการตัดไม้ความแข็งแรงสูง ในไม้ MDF เพื่อที่จะนำไปพยากรณ์แรงและพลังงานที่ใช้ในการตัดของไม้ชนิดต่างๆ รวมถึงค่าความเรียบผิวที่ได้จากการตัด การศึกษาจะนำเอาองค์ประกอบที่ส่งผลกระทบต่อแรงและพลังงานที่ใช้ในการตัดมาพิจารณา ได้แก่ ความชื้นและความหนาแน่นของไม้ ซึ่งผลที่ได้ คือ เมื่อทราบค่าของความหนาแน่นและความชื้นก็สามารถประมาณค่าของแรงและพลังงานที่ใช้ในการตัดได้อย่างถูกต้อง แต่ถ้าต้องการให้พยากรณ์มีค่าที่แม่นยำต้องให้ซึ่งงานมีค่าของความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกันตลอดทั้งชิ้นงาน

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

รายงานนี้เป็นการศึกษาแรง พลังงาน และความเรียบผิวที่ได้จากการตัดของไม้บีช และไม้ตระกูลสน โดยใช้ พารามิเตอร์ในการทดลอง คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการตัด อัตราการป้อนงานและความเร็วตัด และใช้ค่าคงที่ คือ ความหนาของเศษและความกว้างในการตัด โดยการทดลองจะใช้การป้อนงาน 2 ลักษณะ คือ การป้อนงานแบบปกติและแบบ *clib* ซึ่งผลที่ได้ การตัดที่ระยะลึกที่สูงจะให้ค่าของแรงและพลังงานที่ใช้ในการตัดที่สูงตามไปด้วย และการใช้อัตราการป้อนงานเพิ่มสูงขึ้นจะให้ค่าพลังงานที่ใช้ในการตัดสูงขึ้นเช่นกัน ซึ่งพลังงานที่ใช้ในการตัดต่ำที่สุดเท่ากับ 394

วัตต์ ที่ไม่ระกูดสน และพลังงานที่สูงที่สุดเท่ากับ 1852 วัตต์ ที่ไม้บิช 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 อัตราการป้อน / ใบมีด ความลึกในการตัดและรัศมีของมีดตัด จำนวนของใบมีด เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการประมาณค่าของอัตราป้อนงานที่ใช้และแรงที่เกิดขึ้น รวมถึงการพยากรณ์คุณภาพของผิวชิ้นงาน

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

รายงานนี้จะทำการศึกษาค่าความหยาบผิวที่ได้จากการสัมผัสในงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราและหาค่าความหยาบผิวที่วัดได้จากเครื่องวัดค่าความหยาบผิว ในการทดลองพบว่าค่าความหยาบผิวที่พนักงานสามารถแยกได้อย่างชัดเจน คือ ค่าความหยาบผิวที่ต่ำกว่า $3 \mu\text{m}$ และสูงกว่า $9 \mu\text{m}$ พนักงานจะสามารถจำแนกได้ตรงกันว่าชิ้นงานมีความเรียบผิวที่ดี และมีความหยาบผิวที่เลวตามลำดับ แต่เมื่อค่าของความหยาบผิวที่อยู่ในช่วง 4 ถึง $8 \mu\text{m}$ การตรวจสอบความหยาบผิวของพนักงานโดยการสัมผัสจะไม่สามารถที่แยกแยะความหยาบและความเรียบผิวของไม้ยางพาราที่ผ่านการตัดที่ชัดเจนได้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

การศึกษากิจการการจัดการการใช้ใบมีดตัดของกระบวนการตัดแต่งสำหรับไม้ยางพาราแปรรูปนั้น จะทำการศึกษาถึงคุณสมบัติของไม้ยางพารา และศึกษาคุณสมบัติของใบมีดตัดที่ใช้ในการศึกษา รวมไปถึงการตรวจสอบคุณลักษณะของใบมีดตัดที่จะส่งผลต่อกระบวนการที่ใช้ในการตัดแต่งไม้ยางพารา

โดยการทดลองจะทำการเก็บข้อมูลของค่าความหยาบผิว การสึกหรอของใบมีดตัด และค่าของพลังงานที่เกิดจากการตัดแต่งไม้ยางพาราแปรรูป ภายใต้ตัวแปรที่กำหนด ได้แก่ ความเร็วรอบ อัตราป้อนชิ้นงาน และระยะลึกที่ใช้ในการตัด

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย มีดังนี้

1. การตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพาราและใบมีดตัดที่ใช้ในการศึกษา
2. การศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตัดแต่งชิ้นงานสภาพปัจจุบัน
3. การศึกษาข้อกำหนดความหยาบผิวของชิ้นงาน
4. การตรวจสอบเครื่องจักร ไม้ยางพารา และใบมีดตัด ก่อนการทดลอง
5. การศึกษาอายุการใช้งานของใบมีดตัดโดยควบคุมสภาวะการตัด
6. การวัดค่าความหยาบผิวไม้ การสึกหรอของใบมีดตัด และ พลังงานที่ใช้ในการตัด
7. การศึกษาการปฏิบัติงานในสายการผลิต

3.1 การตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพาราและใบมีดตัดที่ใช้ในการศึกษา

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. จากนั้นติดชิ้นงานลงบนแท่นทองเหลืองตรงกับบริเวณที่ติดกระดาษสองหน้าเอาไว้ แล้วนำชิ้นงานไปผ่าน

กระบวนการเคลือบคาร์บอน 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 ตรงกับบริเวณที่ติดกระดาษกาวสองหน้าเอาไว้แล้วนำชิ้นงานไปผ่านกระบวนการฉาบทอง 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 การทดสอบความเค้นดึงขนานเสี้ยน

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

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

3.1.2 การตรวจสอบคุณสมบัติใบมีดตัด

3.1.1.1 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของใบมีดตัด

การตรวจสอบโครงสร้างของใบมีดตัดในงานวิจัยฉบับนี้ ได้ศึกษาด้วยเครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope) ของบริษัท JOEL รุ่น JSM-5800 LV ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสำหรับการส่องดูลักษณะโครงสร้างของใบมีดตัด โดยเริ่มต้นจะต้องนำชิ้นงานตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการขัดและกัดกรดแล้ว นำไปผ่านกระบวนการอบทอง จากนั้นติดชิ้นงานที่จะทำการตรวจสอบลงบนแท่นลองชิ้นงาน ตรงกับด้านที่ติดกระดาษสองหน้าเอาไว้ จะทำให้ได้แท่นตัวอย่างที่พร้อมจะตรวจสอบโครงสร้างของใบมีดตัด

3.1.1.2 การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของใบมีดตัด

การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของใบมีดตัดในงานวิจัยฉบับนี้ ได้ศึกษาด้วยเครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope) ของบริษัท JOEL รุ่น JSM-5800 LV ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสำหรับการหาค่าส่วนผสมทางเคมีของใบมีดตัด โดยเริ่มต้นจะต้องนำชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการขัดและกัด

กรด จากนั้นติดชิ้นงานที่จะทำการตรวจสอบลงบนแท่นลองชิ้นงาน ตรงกับด้านที่ติดกระดาษทาสองหน้าเอาไว้ จะทำให้ได้ชิ้นงานตัวอย่างที่พร้อมจะตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของไบเม็ตตัด

3.1.1.3 การตรวจสอบค่าของคมมีดตัดก่อนการใช้งาน

การตรวจสอบค่าของคมมีดตัดที่เริ่มต้นใช้งานในงานวิจัยฉบับนี้ ได้ศึกษาด้วยเครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope) ของบริษัท JOEL รุ่น JSM-5800 LV ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสำหรับการส่องดูคมมีดตัด โดยเริ่มต้นจากการนำไบเม็ตตัดที่ผ่านการลับคมมีดตัดที่ยังไม่ได้ใช้งาน ติดลงบนแท่นลองชิ้นงาน ตรงกับด้านที่ติดกระดาษทาสองหน้าเอาไว้ ให้ด้านของคมมีดตัดตั้งฉากกับแท่นลองชิ้นงาน ทำให้ได้แท่นตัวอย่างที่พร้อมจะตรวจสอบคมมีดของไบเม็ตตัด

3.2 การศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตัดแต่งชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

การตัดชิ้นรูปชิ้นงานในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ โดยทั่วไปจะตัดชิ้นรูปด้วยพนักงาน โดยเฉพาะเครื่องตัดเพลตตั้ง พนักงานแต่ละคนจะใช้อัตราการป้อนงานและระยะลึกของรอยตัดแตกต่างกันไป ขึ้นกับสภาพและความเหมาะสมที่พนักงานต้องการ ดังนั้นการวัดอัตราการป้อนงานและระยะลึกของรอยตัดจึงเป็นลักษณะการเลือกกลุ่มพนักงานตัดและเป็นค่าเฉลี่ย

3.2.1 การศึกษาสภาวะการตัดและอายุไบเม็ตตัดในปัจจุบัน

3.2.1.1 วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาสภาวะการตัดและอายุการใช้งานของไบเม็ตตัดมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้ คือ

1. ไม้ยางพารา ไม้ยางพาราที่ใช้ในการทดลองมีขนาดความกว้างเท่ากับ 40 มม. ความยาวเท่ากับ 330 มม. รัศมีโค้งของไม้เท่ากับ 455 มม. ความชื้นของไม้ยางพาราต้องมีค่าน้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์
2. เครื่องจักรเพลตตั้ง
3. ไบเม็ตตัดที่ใช้เป็นไบเม็ตคาร์ไบด์ เกรด K 20 ไบเม็ตเป็นชนิดฟันตรง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 72 มม. ความสูงของไบเม็ตเท่ากับ 125 มม. ไบเม็ตหนึ่งชุดจะมีทั้งหมด 6 ฟัน
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

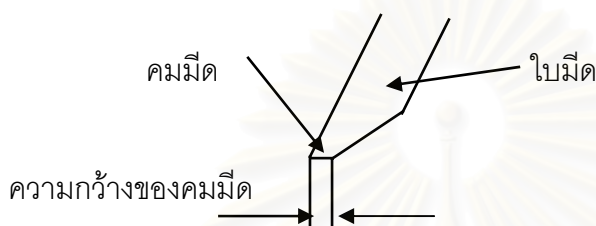
7. นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ CASIO
8. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
9. เครื่องวัดองศา

3.2.1.2 วิธีการตรวจสอบสภาวะการตัดและอายุการใช้งานใบมีดตัด

การตรวจสอบสภาวะการตัดและอายุการใช้งานใบมีดตัดได้กระทำดังนี้

1. ค่าของมุมมีดตัดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบมีด นำใบมีดตัดที่ผ่านการลับคมที่จะใช้ในการศึกษา วัดค่าของมุมตัดโดยการวางเครื่องวัดองศาวัดลงบนมุมของมีดตัดบันทึกค่าของมุมตัดที่ได้ หลังจากนั้นนำเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัดแล้วบันทึกค่าที่ได้จากการวัด
2. ค่าเฉลี่ยของระยะลึกในการตัด การหาค่าเฉลี่ยของระยะลึกที่ใช้ในการตัดจะทำการสุ่มเข้าไปวัดระยะลึกที่ใช้ในการตัดของชิ้นงาน โดยการวัดค่าของระยะลึกของชิ้นงานจะวัด 3 จุดต่อชิ้นงาน 1 ชิ้น และจะทำการตรวจสอบทุกๆ ครึ่งชั่วโมงของการทำงาน แล้วบันทึกค่าของระยะลึกที่ใช้ในการตัดที่ได้
3. เวลาที่ใช้ในการตัดชิ้นงานต่อชิ้น การหาเวลาที่ใช้ในการตัดชิ้นงานต่อชิ้นจะทำการสุ่มและจับเวลาของชิ้นงานที่ทำการตัด การหาเวลาที่ใช้ในการตัดจะเริ่มต้นจับเวลาเมื่อชิ้นงานสัมผัสกับใบมีดตัดและสิ้นสุดเมื่อใบมีดตัดพ้นจากชิ้นงานทำให้ได้เวลาของการตัดต่อชิ้น แล้วบันทึกค่าของเวลาที่ใช้ในการตัดต่อชิ้น การสุ่มวัดเวลาจะกระทำทุกๆ ครึ่งชั่วโมงของการทำงาน
4. อัตราการป้อนงาน การหาค่าของอัตราการป้อนงานจะหาได้จากการ นำค่าของเวลาที่ใช้ในการตัดชิ้นงานเฉลี่ยต่อชิ้นหารด้วยความยาวของชิ้นงานที่ทำการตัดจะได้ค่าของอัตราการป้อนงานเฉลี่ยของชิ้นงานที่ทำการตัด
5. อายุการใช้งานของใบมีดตัด การหาค่าอายุการใช้งานของใบมีดตัด จะเริ่มตั้งแต่การเปลี่ยนใบมีดตัดก่อนการขึ้นรูปชิ้นงานจากนั้นจะเริ่มนับจำนวนชิ้นงานที่ทำได้จากการตัดและหาค่าของเวลาที่ใช้ในการตัดชิ้นงานต่อชิ้นเฉลี่ย แล้วทำการขึ้นรูปชิ้นงานจนชิ้นงานที่ได้จากการตัดเกิดเสี้ยนบริเวณผิวของชิ้นงานแสดงว่าใบมีดตัดที่ใช้งานหมดอายุ นับจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปทั้งหมด แล้วคูณด้วยเวลาที่ใช้ในการตัดเฉลี่ยต่อชิ้นทำให้ได้อายุการใช้งานของใบมีดตัด
6. ความหยาบผิวของไม้ ในการวัดค่าความหยาบผิวจะใช้เครื่องวัดค่าความหยาบผิววัดค่าความหยาบผิวของไม้ ทิศทางการวัดค่าความหยาบผิวจะวัดในทางขวางเส้น การวัดค่าความหยาบผิวจะเก็บชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปทุก ๆ 50 ชิ้น ของการตัด โดยจะเก็บเอาชิ้นงาน 5 ชิ้นสุดท้ายของการตัดแล้วทำการสุ่มเอาชิ้นงาน 2 ชิ้นมาใช้ในการวัดค่าความหยาบผิวที่ได้จากการตัด

7. การลึกรอกของใบมีดตัด กระทำโดยการวัดค่าความกว้างของคมมีดดังรูปที่ 3.1 โดยจะใช้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายที่ 50 เท่า ซึ่งการวัดค่าความกว้างของใบมีดจะทำโดยการตรวจสอบค่าความกว้างของใบมีดก่อนการตัดชิ้นงานและเมื่อใบมีดตัดหมดอายุการใช้งาน โดยการถอดเอาชุดใบมีดที่ผ่านการตัดนำมาทำความสะอาดด้วยการเช็ดแอลกอฮอล์ แล้วทำการถ่ายภาพของขนาดความกว้างของใบมีดเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่กำลังขยาย 50 เท่า แล้วนำภาพที่ได้ไปวัดค่าความลึกรอกกับขนาดของเสกัลเพื่อหาขนาดความกว้างของใบมีดที่ผ่านการตัด



รูปที่ 3.1 แสดงค่าความกว้างของคมมีด

3.2.2 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการขัดแต่ง

3.2.2.1 การกำหนดสภาวะที่ใช้ในการควบคุม

การกำหนดสภาวะที่ใช้ในการควบคุมจะประกอบด้วยดังนี้

1. เครื่องขัดบับนึม หมุนด้วยความเร็วรอบคงที่
2. กระจกทรายเบอร์ 100 และเบอร์ 180 และต้องเป็นกระจกทรายใหม่
3. ชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลตตั้ง ที่มีค่าความหยาบผิวแตกต่างกัน

3.2.2.2 การหาเวลาในการขัดแต่ง

การหาเวลาที่ใช้ในการขัดแต่งจะเริ่มนำกระจกทรายเบอร์ 100 ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานเปลี่ยนเข้าเครื่องบับนึม จากนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านการตัดจากกระบวนการเพลตตั้งที่มีค่าของความหยาบผิวที่ต่างกันมาเรียงเพื่อรอการขัดเรียบ นำชิ้นงานขึ้นขัดจนมีค่าของความหยาบผิวที่ยอมรับ โดยช่วงที่ทำการขัดจะทำการจับเวลาที่ใช้ในการขัด นำชิ้นงานที่ผ่านการขัดมาวัดค่าของความหยาบผิว และนำเวลาที่ใช้ในการขัดมาคำนวณอัตราของการขัดแต่งต่อเวลา เมื่อชิ้นงานผ่านการขัดที่กระจกทรายเบอร์ 100 แล้ว ก็จะทำการขัดต่อสำหรับกระจกทรายเบอร์ 180

3.3 การศึกษาข้อกำหนดความหยาบผิวชิ้นงาน

3.3.1 การตรวจสอบค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ไม่ยอมรับ

ปัจจุบันโรงงานเฟอร์นิเจอร์จะตรวจสอบความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัดแต่งผิวการขัดโดยใช้วิธีการสัมผัสด้วยมือ โดยพนักงานที่มีความชำนาญในการตรวจสอบผิวไม้ ใน การศึกษานี้จะกำหนดให้พนักงานทำการสัมผัสชิ้นงานที่ผ่านการตัดและชิ้นงานที่ผ่านการขัดแต่งผิวขั้นสุดท้ายก่อนที่จะนำชิ้นงานไปพ่นสีซึ่งถือว่าเป็นความหยาบผิวที่ดีที่สุด จากนั้นจะนำชิ้นงานที่พนักงานไม่ยอมรับซึ่งต้องนำไปขัดแต่งผิวใหม่ ทำการตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดค่าความหยาบผิวเพื่อกำหนดเป็นค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่สูงสุดสำหรับชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลาดั้ง สำหรับชิ้นงานที่ผ่านการขัดแต่งขั้นสุดท้ายหรือชิ้นงานที่จะขึ้นสี จะทำการวัดค่าความหยาบผิวของการขัดเรียบขั้นสุดท้ายเพื่อเก็บเป็นข้อมูลของค่าความหยาบผิวก่อนการขึ้นสี

3.3.2 การจำแนกระดับความหยาบผิวชิ้นงานที่ต้องการ

3.3.2.1 วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาข้อกำหนดความเรียบผิวชิ้นงานจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้ คือ

1. ชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องจักรเพลาดั้ง ที่มีค่าของความหยาบผิวที่แตกต่างกัน
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 การตรวจสอบเครื่องจักร ไม้ยางพารา และใบมีดตัด ก่อนทำการทดลอง

3.4.1 การตรวจสอบเครื่องจักร

การตรวจสอบเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง เพื่อที่จะได้ทราบว่าเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลองอยู่ในสภาพที่สามารถทำการทดลองได้และเพื่อใช้ในการอ้างอิงในการทดลอง โดยจะทำการตรวจสอบ ความเร็วรอบของเครื่องจักร และการแกว่งของแกนเพลลาใบมีดตัด ที่ทำการทดลอง

3.4.1.1 การตรวจสอบความเร็วรอบ

3.4.1.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

การตรวจสอบเครื่องจักรก่อนการทดลองจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้ คือ

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

3.4.1.1.2 วิธีการดำเนินงาน

วิธีการตรวจสอบความเร็วรอบจะมีขั้นตอนในการตรวจสอบดังนี้

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

3.4.1.2 การตรวจสอบการแกว่งของแกนเพลลาใบมีดตัด

3.4.1.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

การตรวจสอบเครื่องจักรก่อนการทดลองจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้ คือ

1. เครื่องเพลตตั้ง
2. เครื่องไดออลเกจ

3.4.1.2.2 วิธีการดำเนินงาน

การตรวจสอบการแกว่งของแกนเพลลาไบบีมัดตัดจะมีขั้นตอนในการตรวจสอบดังนี้

1. นำไดออลเกจวางบนแท่นเครื่อง ให้ปลายของไดออลเกจชนกับแกนเพลลาของไบบีมัดตัด
2. หมุนแกนเพลลาของไบบีมัดตัดและบันทึกค่าสูงสุด ต่ำสุดของแกนเพลลาที่แสดงบนจอของไดออลเกจที่เปลี่ยนแปลงเช่นไร
3. ทำการปรับแกนเพลลาเพื่อให้การแกว่งของไบบีมัดตัดมีค่าที่ต่ำที่สุด

3.4.2 การตรวจสอบไม้ยางพารา

การตรวจสอบไม้ยางพาราก่อนการทดลองจะเป็นการหาค่าของเปอร์เซ็นต์ความชื้นและค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ยางพาราเพื่อหาค่าของความชื้นและค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าเป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้

3.4.2.1 การหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นและความถ่วงจำเพาะของไม้ยางพารา

3.4.2.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การหาค่าของเปอร์เซ็นต์ความชื้นและค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ยางพาราจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้ คือ

1. ไม้ยางพารา
2. เครื่องวัดความชื้นแบบเข็ม
3. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล
4. เครื่องเลื่อย
5. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

3.4.2.1.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

การหาค่าของเปอร์เซ็นต์ความชื้นและค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ยางพารา จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นด้วยการสุ่มตัวอย่างของไม้ยางพาราที่ใช้ในการทดลอง โดยจะทำการสุ่มทั้งหมด 3 ชิ้น ในหนึ่งของการทดลอง

2. นำเครื่องวัดความชื้นแบบเข็ม ตอกลงไปบนชิ้นงาน ชิ้นงาน 1 ชิ้นจะตอกทั้งหมด 2 จุด แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนของความชื้นที่ได้แต่ละขั้นตอนการทดลอง
3. นำชิ้นงานที่วัดค่าความชื้นแล้วไปตัดด้วยเครื่องเลื่อย เลื่อยตัดชิ้นงานให้เป็นรูปทรงเป็นลูกบาศก์ ที่มีขนาดเล็กเหมาะสมกับเครื่องที่ใช้ในการชั่งน้ำหนัก
4. นำชิ้นงานไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอลและบันทึกค่าที่ได้
5. นำชิ้นงานที่ผ่านการชั่งน้ำหนักมาวัดด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และหาค่าของปริมาตรของชิ้นทดสอบทุกชิ้น
6. นำค่าของน้ำหนักและค่าของปริมาตรที่ได้จากชิ้นงานข้างต้นไปแทนค่าในสมการเพื่อหาค่าของความถ่วงจำเพาะของชิ้นงาน

3.4.2.2 สมการหาค่าความถ่วงจำเพาะของชิ้นทดสอบ

ค่าของความถ่วงจำเพาะของชิ้นงานทดสอบจะหาได้จากการหาค่าของน้ำหนักก่อนการอบแล้วนำค่าของปริมาตรที่ได้จากการวัดมาแทนค่าในสมการด้านล่างดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

$$\text{M.C. \%} = \frac{W_o - W_m}{W_o} \times 100$$

$$W_m = \frac{W_m}{\frac{\text{m.c. \%}}{100} + 1}$$

$$S = \frac{W_o}{V_m \times 1}$$

$$\text{M.C. \%} = \text{ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น}$$

$$W_o = \text{น้ำหนักก่อนอบ}$$

$$W_m = \text{น้ำหนักหลังอบ}$$

$$S = \text{ค่าความถ่วงจำเพาะ}$$

$$V_m = \text{ปริมาตรของไม้ที่ความชื้นที่ทำการทดลอง}$$

3.4.3 การตรวจสอบใบมีดตัด

การตรวจสอบใบมีดตัดก่อนการทดลองนั้นจะทำการตรวจสอบเพื่อให้ทราบว่าค่าของขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางและค่าของมุมมีดตัดที่ทำการทดลองมีค่าตามที่ได้กำหนดไว้ในการออกแบบการทดลอง

3.4.3.1 การหาค่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบมีดตัด

3.4.3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การหาค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัดมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้

1. ใบมีดตัด
2. เวอร์เนียคาลิเปอร์

3.4.3.1.2 วิธีการดำเนินงาน

การหาค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัดมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. นำใบมีดตัดที่จะทำการทดลองมาวัดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์
2. บันทึกค่าที่ได้จากการวัด

3.4.3.2 การหาค่าของมุมตัดของใบมีดตัด

3.4.3.2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การหาค่าของมุมตัดของใบมีดตัดมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้

1. ใบมีดตัด
2. เหล็กวัดองศา

3.4.3.2.2 วิธีการดำเนินงาน

การหาค่าของมุมตัดของใบมีดตัดมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. นำใบมีดตัดที่จะทำการทดลองมาวัดด้วยเหล็กวัดองศา
2. บันทึกค่าที่ได้จากการวัด

3.5 การศึกษาอายุการใช้งานของใบมีดตัดโดยควบคุมสภาวะการตัดให้คงที่

3.5.1 การกำหนดสภาวะควบคุมการตัดแต่ง

การกำหนดสภาวะการควบคุมจะประกอบด้วยตัวแปรที่กำหนด ได้แก่ ความเร็วรอบ อัตราป้อนชิ้นงาน และระยะลึกที่ใช้ในการตัด ซึ่งแสดงในตารางที่ 3.1

ตาราง 3.1 แสดงแผนการทดลองและสภาวะควบคุมที่ใช้ในการศึกษา

อัตราป้อนงาน (f) (ม./นาที)	(v) ความเร็วตัด : ม./นาที(ความเร็วรอบ : (รอบ/นาที))					
	814 (3755)		1062 (4900)		1712 (7900)	
	(d) ระยะลึกของรอยตัด (มม.)					
	3	5	3	5	3	5
3	*	*	*	*	*	*
5	*	*	*	*	*	*
7	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ : * หมายถึง ค่าตอบสนองจากตัวแปร (response) ความหยวนผิว กำลังไฟฟ้าที่ใช้ และความกว้างของคมมีด

3.5.2 การดำเนินการทดลอง

3.5.2.1 วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาในการดำเนินงานในการทดลองมีดังนี้

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 แทนเลื่อยสามารถรับอัตราการป้อนงานได้ตั้งแต่ 0 – 8.33 ม./นาที และมีระยะของการเคลื่อนที่ได้ยาวที่สุดระยะเท่ากับ 1.25 เมตร ความเร็วรอบที่ใช้งานได้อยู่ในช่วง 3500 ถึง 8000 รอบ/นาที มอเตอร์ที่ใช้งานมีขนาดเท่ากับ 5 แรงม้า
3. ใบมีดตัดที่ใช้เป็นใบมีดคาร์ไบด์ เกรด K 20 ใบมีดเป็นชนิดฟันตรง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 69 มม. ความสูงของใบมีดเท่ากับ 125 มม. ใบมีด

หนึ่งชุดจะมีทั้งหมด 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. เครื่องวัดค่าความขึ้น ยี่ห้อ DELMHORST วัดค่าความขึ้นได้ตั้งแต่ 0 – 80 เปอร์เซ็นต์
7. เครื่องวัดความเร็วรอบ ยี่ห้อ Pantec รุ่น DTM 30 สามารถวัดค่าความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 60 – 30000 รอบ / นาที
8. มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า
9. ไดออลเกจ

3.5.2.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

วิธีการดำเนินงานของการทดลองจะมีขั้นตอนดังนี้

1. นำใบมีดทั้งหมดที่ได้จากการสั่งซื้อทำการตรวจสอบด้วยสายตา ก่อนทำการทดลอง โดยสังเกตว่าใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลองมีการเกิดของรอยเย็นหรือเกิดการกระแทะก่อนการทดลองหรือไม่ ถ้าใบมีดตัดเกิดแตกหักหรือกระแทะต้องคัดแยกออกก่อนการทดลอง
2. นำใบมีดตัดที่ผ่านการตรวจสอบด้วยตามาตรวจสอบขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์วัดขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัดแต่ละคู่
3. ใช้ไดออลเกจวัดขนาดของมุมตัดของใบมีดตัด แล้วบันทึกค่าที่ได้
4. ตรวจสอบค่าความเร็วรอบของใบมีดตัดก่อนและระหว่างทำการทดลองเพื่อให้ได้ความเร็วตัดที่ได้กำหนดไว้ ในการตรวจสอบจะทำทุกๆ การทดลอง
5. ตรวจสอบค่าความขึ้นของไม้ยางพารา ว่าค่าของเปอร์เซ็นต์ความขึ้นของไม้ยางพารามีค่าเกินกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ (ต้องมีค่าน้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์) ในการตรวจสอบจะทำทุกๆ การศึกษา
6. ทำการทดลองของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา คือ อัตราการป้อนชิ้นงาน (f) เท่ากับ 3, 5 และ 7 ม./นาที ระยะเวลาของรอยตัด (d) เท่ากับ 3 และ 5 มม. และความเร็วที่ใช้ในการตัด (v) เท่ากับ 814, 1062 และ 1712 ม./นาที หรือค่าความเร็วรอบ (N) เท่ากับ 3755, 4900 และ 7900 รอบ/นาที ในการศึกษา จะทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรทีละค่าในขณะที่อีก 2 ตัวแปรคงที่ ในทุกๆ ชิ้นงาน

ที่ทำการตัดของแต่ละเงื่อนไขจะทำการวัดค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดและในทุกๆ 50 ชิ้นของการตัดชิ้นงานจะทำการตรวจสอบค่าความหยابผิวของไม้ และค่าความกว้างของคมมีด

3.6 การวัดค่าความหยابผิว การสึกหรอของใบมีดตัดและพลังงานที่ใช้ในการตัด

3.6.1 การวัดค่าความหยابผิวชิ้นงานกับสภาวะการตัด

3.6.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การวัดค่าความหยابผิวจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้

1. เครื่องวัดค่าความเรียบผิว
2. ไม้ยางพาราที่ผ่านการตัดแต่ง
3. เครื่องคอมพิวเตอร์

3.6.1.2 วิธีวัดค่าความหยابผิวชิ้นงานกับสภาวะการตัด

วิธีการหาค่าความหยابผิว จะต้องใช้วิธีการในการหาค่าของความหยابผิวหลังจากผ่านกระบวนการตัดแต่งไม้ยางพารา จะมีขั้นตอนดังนี้

1. นำชิ้นงานที่ผ่านการตัดทำความสะอาด โดยใช้ลมเป่าและใช้ผ้าเช็ด
2. นำเครื่องวัดค่าความหยابผิว วัดค่าของความหยابผิว โดยวางส่วนหัวของเครื่องลงบนชิ้นงานที่ทำการวัด
3. เริ่มเดินเครื่องวัดค่าความหยابผิว เครื่องจะลากแกนที่สัมผัสให้สัมผัสชิ้นงานแล้วจะแสดงค่าของความหยابผิวผ่านกราฟของเครื่องพิมพ์
4. บันทึกค่าที่ได้ลงบนคอมพิวเตอร์

3.6.2 การวัดความกว้างคมีดตัดกับสภาวะการตัด

3.6.2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การวัดค่าความกว้างคมีดตัดจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้

1. ไบมีดตัด
2. เครื่องคอมพิวเตอร์
3. กล้องจุลทรรศน์
4. เลนส์ที่ใช้ในการวัดค่าความลึกหรอ
5. กล้องกำลังขยายที่ส่งภาพสู่คอมพิวเตอร์ (CCD)
6. เสกลที่ใช้วัดค่าความลึกหรอ

3.6.2.2 วิธีการวัดความกว้างคมีดตัดกับสภาวะการตัด

การวัดความกว้างคมีดตัดจะทำโดยดูจากกล้องจุลทรรศน์ที่มีเลนส์ตาที่สามารถวัดค่าของการลึกหรอได้ หลังจากนั้นทำการถ่ายภาพผ่านกล้อง CCD ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วนำค่าที่ได้มาวัดกับเสกลมาตรฐานในคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีขั้นตอนในการทำดังนี้

1. นำไบมีดตัดที่ผ่านการตัดแต่งมาทำความสะอาดโดยใช้ลมเป่าและใช้แอลกอฮอล์เช็ดบริเวณคมีดของไบมีดตัด
2. นำมีดที่ผ่านการทำความสะอาดวางบนกล้องจุลทรรศน์
3. ปรับค่าของกำลังขยายไปที่ 50 เท่าแล้วปรับระยะของการมองภาพให้ชัดเจน
4. ส่งกล้องหาค่าของการลึกหรอที่เกิดจากการตัดแต่ง โดยการดูค่าความลึกหรอของไบมีดตัดแล้วถ่ายภาพของการเกิดการลึกหรอโดยใช้กล้อง CCD ส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์
5. นำภาพที่ได้จากการถ่ายภาพมาวัดกับเสกลเพื่อหาค่าเฉลี่ยของการลึกหรอไบมีดหนึ่งชุดจะวัด 6 จุด แล้วหาค่าสูงสุดค่าต่ำสุดและค่าเฉลี่ย ของไบมีดแต่ละชุด
6. เก็บข้อมูลของการลึกหรอไปจนไบมีดตัดหมดอายุการใช้งาน

3.6.3 การวัดค่าพลังงานที่ใช้ในการตัดกับสภาวะการตัด

3.6.3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การวัดค่าพลังงานที่ใช้ในการตัดจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้

1. เครื่องเก็บข้อมูลของกระแสไฟฟ้า
2. เครื่องคอมพิวเตอร์
3. โปรแกรมเก็บข้อมูลของกระแสไฟฟ้า

3.6.3.2 วิธีการวัดค่าพลังงานที่ใช้ในการตัด

การวัดค่าพลังงานที่ใช้ในการตัดจะมีขั้นตอนในการตรวจสอบดังนี้

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

3.7 การศึกษาการปฏิบัติงานในสายการผลิต

3.7.1 การทดลองด้วยเครื่องจักรที่สามารถควบคุมอัตราการป้อน

การทดลองในสภาวะการควบคุมนี้จะเป็นการเลือกหาสภาวะการทำงานที่ดีที่สุดของการทดลองจากการทดลองของการควบคุมในสภาวะการตัดนำมาทดลองซ้ำ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับการทำงานของพนักงานในสายการผลิต

3.7.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองด้วยเครื่องจักรที่ควบคุมอัตราการป้อนจะมีวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้

1. ไม้ยางพารา
2. เครื่องจักรเพลตตั้ง
3. ใบมีดตัด
4. เครื่องวัดค่าความเร็วรอบ

5. ไดออลเกจ
6. นาฬิกาจับเวลา

3.7.1.2 วิธีการดำเนินงาน

วิธีการในการทดลองในสายการผลิตด้วยเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยอัตราการป้อนจะมีวิธีการดำเนินการทดลองดังนี้

1. นำใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลองใส่ในแกนเพลลาของเครื่องเพลลาตั้ง ยึดใบมีดตัดกับเครื่องเพลลาตั้งให้แน่น
2. นำไดออลเกจตรวจสอบการแกว่งของแกนเพลลาและบันทึกการแกว่งของแกนเพลลาที่ทำการตัด
3. ติดสติ๊กเกอร์ที่ทำการวัดค่าความเร็วรอบลงบนแกนเพลลา เปิดเครื่องเพลลาตั้งนำเครื่องวัดค่าความเร็วรอบจีทีบริเวณที่สติ๊กเกอร์ติดอยู่ บันทึกค่าที่ได้จากการเครื่องวัดค่าความเร็วรอบ
4. ปรับวาล์วที่ทำการป้อนงานไปที่อัตราการป้อนงานที่ทำการตัด ทำการตรวจสอบอัตราการป้อนงานโดยการจับเวลาของการเคลื่อนที่การป้อนงานและบันทึกค่าที่ได้ของอัตราการป้อน
5. ทำการทดลองตัดชิ้นงานตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการทดลอง
6. ทำการตรวจสอบค่าความหยابผิวที่เกิดจากการตัดทุกๆ 50 ชิ้นของการตัด
7. ถ่ายภาพของลักษณะของผิวงานที่เกิดจากการตัด
8. นำชิ้นงานที่ผ่านการตัดไปชั่งกระดาศทรายที่ เบอร์ 180 และทำการจับเวลาในการชั่ง

3.7.2 การทดลองด้วยพนักงาน

การทดลองสภาวะการตัดของการตัดด้วยพนักงานนั้น จะทำการทดลองโดยการให้พนักงานที่อยู่ในสายการผลิตทำการป้อนชิ้นงานที่ทำการทดลอง ในลักษณะที่ปฏิบัติงานในสายการผลิตอยู่เป็นประจำ เพื่อทำการหาค่าที่ทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลองของเครื่องที่สามารถควบคุมอัตราการป้อนงาน

3.7.2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองด้วยพนักงานจะมีวัสดุและอุปกรณ์ในการทดลองดังนี้

1. ไม้ยางพารา

2. เครื่องจักรเพลาดั้ง
3. ไบมีดตัด
4. เครื่องวัดค่าความเร็วรอบ
5. ไดออลเกจ
6. นาฬิกาจับเวลา

3.7.2.2 วิธีการดำเนินงาน

วิธีการในการทดลองในสายการผลิตด้วยพนักงานในสายการผลิตจะมีวิธีการดำเนินการทดลองดังนี้

1. นำไบมีดตัดที่ใช้ในการทดลองใส่ในแกนเพลลาของเครื่องเพลาดั้ง ยึดไบมีดตัดกับเครื่องเพลาดั้งให้แน่น
2. นำไดออลเกจตรวจสอบการแกว่งของแกนเพลลาและบันทึกการแกว่งของแกนเพลลาที่ทำการตัด
3. ติดสติ๊กเกอร์ที่ทำการวัดค่าความเร็วรอบลงบนแกนเพลลา เปิดเครื่องเพลาดั้งนำเครื่องวัดค่าความเร็วรอบจีพีบริเวณที่สติ๊กเกอร์ติดอยู่ บันทึกค่าที่ได้จากการเครื่องวัดค่าความเร็วรอบ
4. ทำการทดลองตัดชิ้นงานตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการทดลอง
5. จับเวลาของการป้อนงานโดยพนักงาน ของการตัด 50 ชิ้นแรก เพื่อทำการหาค่าของอัตราการป้อนงานของพนักงาน
6. ทำการตรวจสอบค่าความหยวบผิวที่เกิดจากการตัดทุกๆ 50 ชิ้นของการตัด
7. ถ่ายภาพของลักษณะของผิวงานที่เกิดจากการตัด
8. นำชิ้นงานที่ผ่านการตัดไปขีดกระดาศทรายที่ เบอร์ 180 และทำการจับเวลาในการขีด

3.7.3 การเปรียบเทียบสภาวะการตัดโดยการป้อนชิ้นงานด้วยเครื่องควบคุม อัตราการป้อนกับพนักงาน

การเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการตัดของสภาวะการตัดที่ควบคุมอัตราป้อนงานด้วย
เครื่องจักรและพนักงานจะทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการตัดดังนี้

- ค่าความเร็วรอบที่ใช้ในการทดลอง
- การแกว่งของแกนเพลลาที่ทำการตัด
- อัตราการป้อนชิ้นงาน
- ค่าความหยابผิวที่ได้จากการตัด
- เวลาที่ใช้ในการขัดของกระดาษทราย เบอร์ 180
- ค่าความหยابผิวหลังการขัดชิ้นงาน

ทำการเปรียบเทียบสภาวะการตัดทั้งสองตามลำดับที่ได้กล่าวมาแล้ว เพื่อหาค่าที่
เหมาะสมเพื่อที่จะนำไปใช้จริงในสายการผลิต

บทที่ 4

ผลการดำเนินการศึกษา

ผลการดำเนินงานวิจัยในการศึกษาการใช้ไบโอมีดัตต์ของกระบวนการตัดแต่ง สำหรับไม้ยางพาราแปรรูปนั้น จะแสดงผลของการศึกษาที่ได้ทำการศึกษามา ดังนี้ คุณสมบัติของไม้ยางพารา คุณสมบัติของไบโอมีดัตต์ที่ใช้ในการทดลอง คุณลักษณะของไบโอมีดัตต์และไม้ยางพารา และในส่วนของผลการทดลองจะแสดงค่าของการเกิดการสึกหรอของไบโอมีดัตต์ ค่าของความหยาบผิว และค่าของกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการตัดแต่งไม้ยางพาราแปรรูป

ดังนั้นจึงแบ่งผลการทดลอง และการวิเคราะห์ออกเป็นหัวข้อ ดังนี้

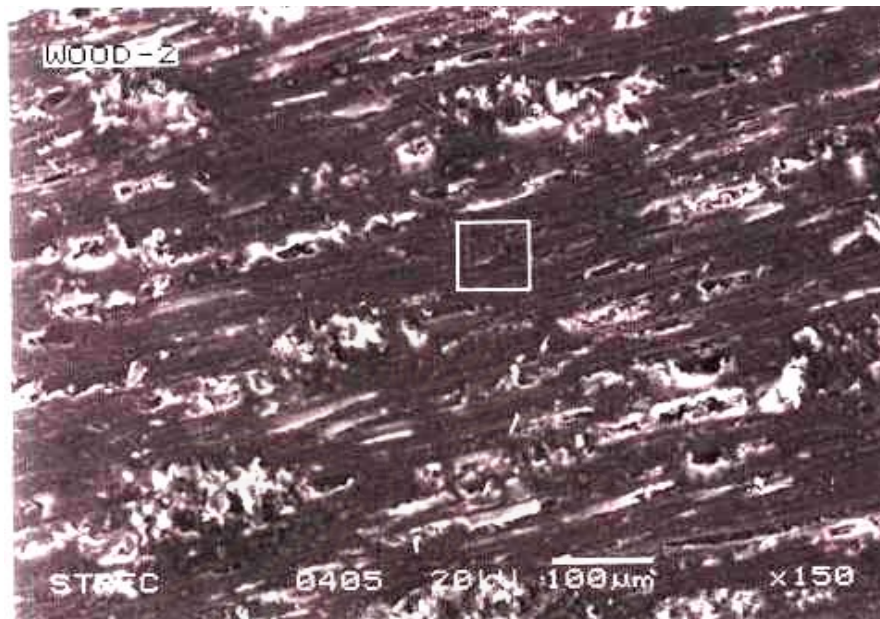
1. ผลการตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพาราและไบโอมีดัตต์ที่ใช้ในการศึกษา
2. ผลการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตัดแต่งชิ้นงานสภาพปัจจุบัน
3. ผลการศึกษาข้อกำหนดความหยาบผิวของชิ้นงาน
4. ผลการตรวจสอบเครื่องจักร ไม้ยางพารา และไบโอมีดัตต์ก่อนการทดลอง
5. ผลการศึกษาอายุการใช้งานของไบโอมีดัตต์โดยควบคุมสภาวะการตัด
6. ผลการวัดค่าความหยาบผิวไม้ การสึกหรอของไบโอมีดัตต์ และ พลังงานที่ใช้ในการตัด
7. ผลการศึกษาการปฏิบัติงานในสายการผลิต

4.1 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพาราและไบโอมีดัตต์ที่ใช้ในการศึกษา

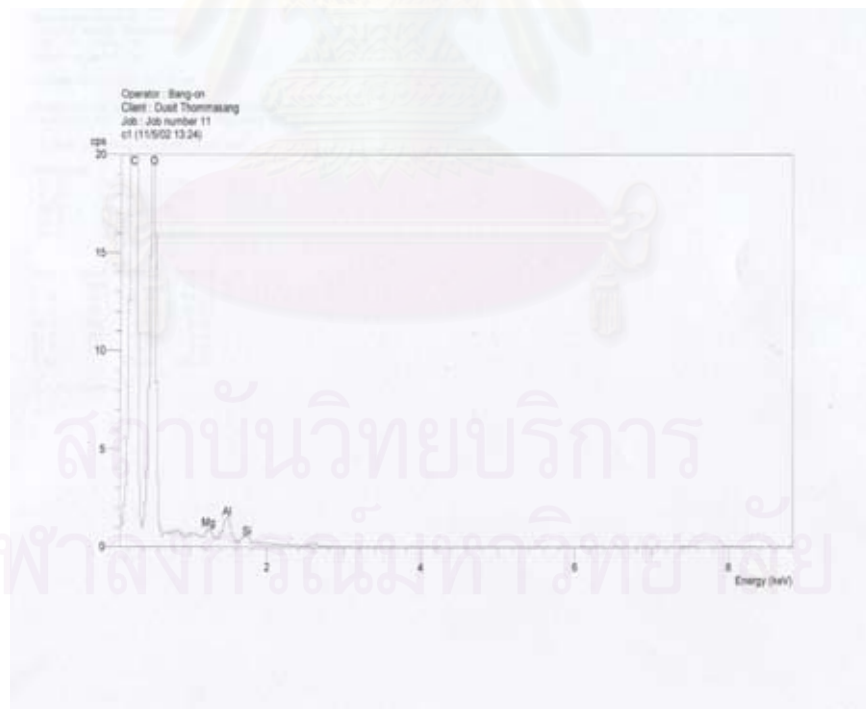
4.1.1 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติไม้ยางพารา

4.1.1.1 ผลการตรวจหาธาตุในเนื้อไม้ยางพารา

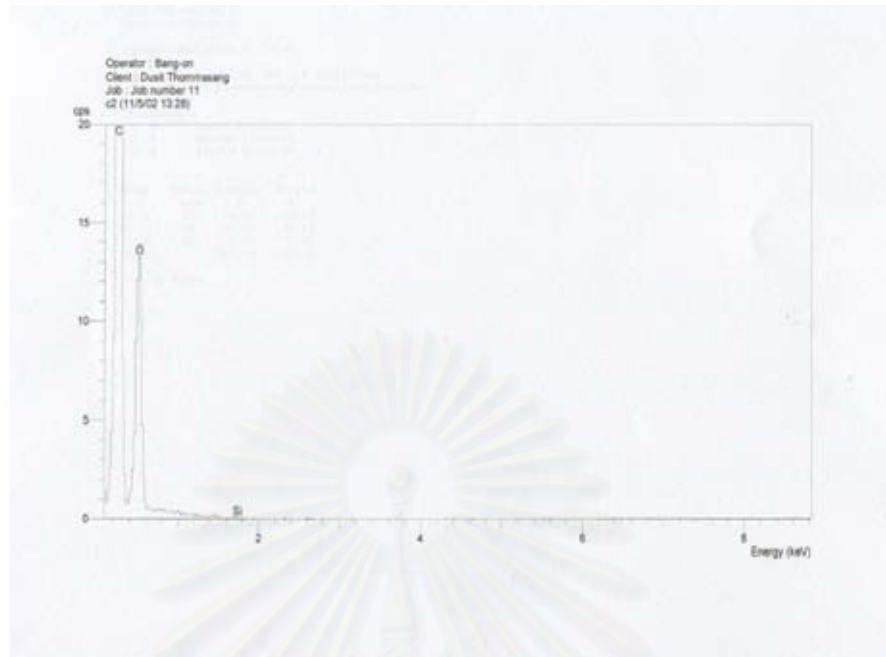
ผลการตรวจหาซิลิกอนในไม้ยางพาราที่ทำการทดลอง ดังรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 และตารางที่ 4.1 พบว่าไม้ยางพาราที่ทำการทดลองนั้น มีธาตุคาร์บอนและออกซิเจนค่าเฉลี่ยอยู่ร้อยละ 54.3 และ 45.4 ตามลำดับ สำหรับธาตุ Si Mg และ Al นั้นไม่สามารถยืนยันได้ชัดเจนจากเครื่องมือวัดสำหรับรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก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



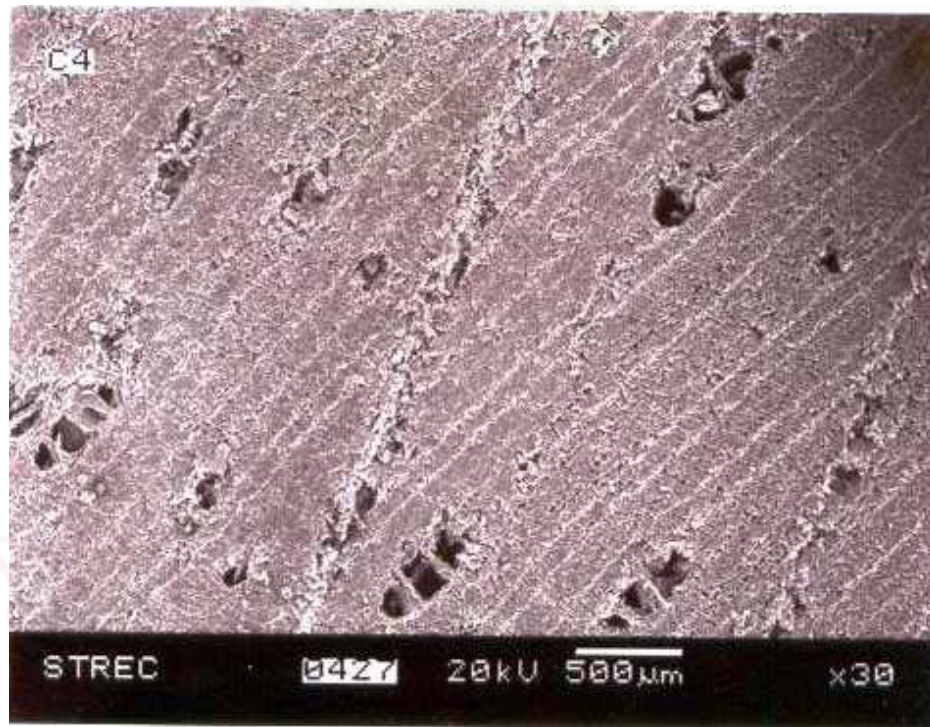
รูปที่ 4.1 บริเวณพื้นผิวที่ต้องการตรวจหาซิลิกาของไม้ยางพาราที่กำลังขยาย 150 เท่า



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) ที่ได้ทำการทดสอบในการทดลองนี้ได้ค่าของความเค้นดึงเท่ากับ 445 kg/cm^2

4.1.1.5 ผลการตรวจสอบความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน

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

4.1.1.6 การตรวจสอบการกระแทก

ผลการตรวจสอบการกระแทก (Impact bending Strength) ที่ได้ทำการทดสอบในการทดลองนี้ได้ค่าของแรงกระแทกเท่ากับ 0.66 kg-m/cm^2

4.1.2 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติไบมิตัด

4.1.1.1 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของไบมิตัด

รูปที่ 4.5 และ 4.6 แสดงภาพถ่าย SEM ของโครงสร้างจุลภาคของไบมิตัดตรงบริเวณหน้าไบมิตัดที่กำลังขยาย 1,500 และ 7,000 เท่าตามลำดับ จากภาพจะพบว่าไบมิตัดจะมีการกระจายของผงที่มีขนาดเล็กในบริเวณผิวหน้า โดยผงจะมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 2 ถึง 10 ไมโครเมตร (μm)

4.1.1.2 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของใบมีดตัด

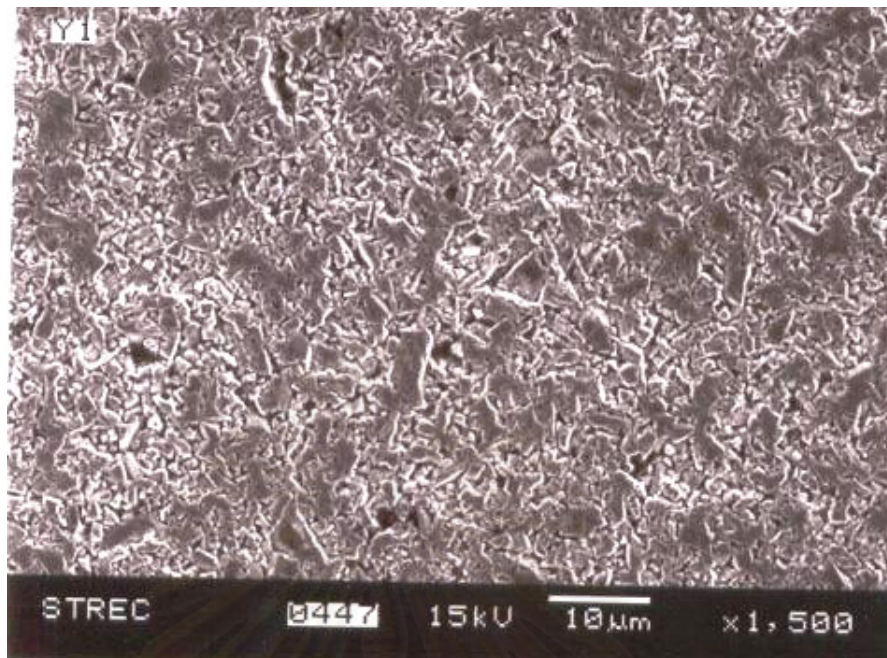
ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของโลหะที่ใช้ทำใบมีดตัดที่ใช้ในการศึกษาได้แสดงดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 และตารางที่ 4.2 ด้วย EDX (Energy Dispersive Spectrometer with X-ray) พบว่าใบมีดตัดที่ทำการทดลองจะประกอบด้วยธาตุผสมหลักคือ ทังสเทน (W) คาร์บอน(C) และออกซิเจน(O) อยู่เฉลี่ยร้อยละ 50.51 32.78 และ 16.71 ตามลำดับ รายละเอียดของผลการตรวจสอบได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก (2)

4.1.1.3 ผลการตรวจสอบค่าของคมมีดตัดก่อนใช้งาน

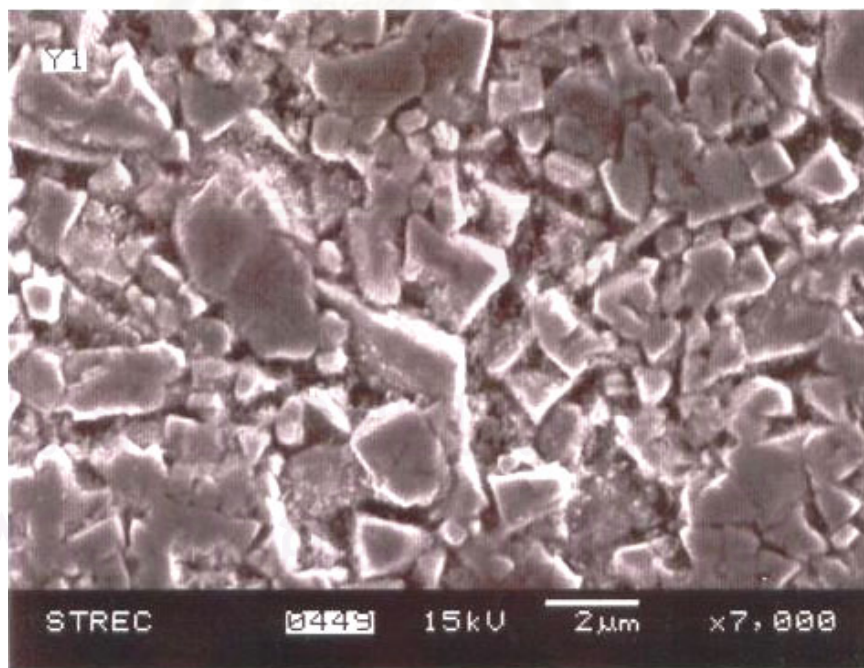
รูปที่ 4.9 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 500 เท่า ของสันคมตัดของใบมีดตัดที่ได้รับจากผู้ผลิตใบมีดตัดโดยตรง จากภาพพบว่าความกว้างของคมตัดจะมีค่าอยู่ระหว่าง 15 ถึง 30 ไมโครเมตร (μm) และในรูปที่ 4.10 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ของสันคมมีดตัดที่ได้รับจากผู้ผลิตใบมีดตัดโดยตรง จากภาพจะพบว่าการกระจายของผงจะมีขนาดเฉลี่ยตั้งแต่ 2 ถึง 5 ไมโครเมตร (μm)

รูปที่ 4.11 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 500 เท่า ของสันคมตัดของใบมีดตัดก่อนการใช้งานตัด จากภาพพบว่าความกว้างของคมตัดจะมีค่าอยู่ระหว่าง 5 ถึง 10 ไมโครเมตร (μm) และในรูปที่ 4.12 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ของสันคมมีดก่อนการใช้งาน จากภาพจะพบว่าการกระจายของผงจะมีขนาดเฉลี่ยตั้งแต่ 2 ถึง 5 ไมโครเมตร (μm)

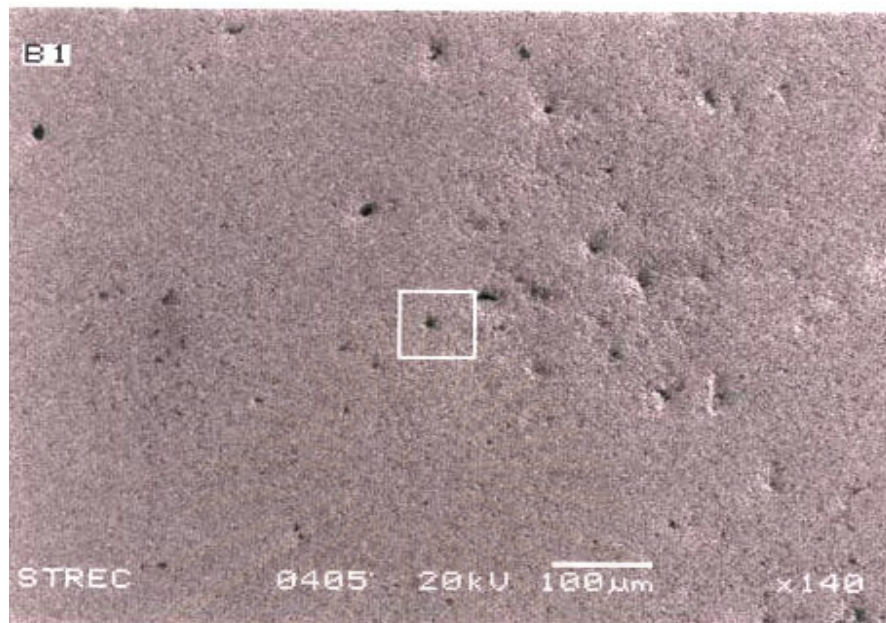
รูปที่ 4.13 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 500 เท่า ของสันคมตัดของใบมีดตัดหลังการใช้ จากภาพพบว่าความกว้างของคมตัดจะมีค่าเท่ากับ 30 ไมโครเมตร (μm) และในรูปที่ 4.14 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ของสันคมมีดตัดหลังการใช้งาน จากภาพจะพบว่าการกระจายของผงจะมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 2 ไมโครเมตร (μm)



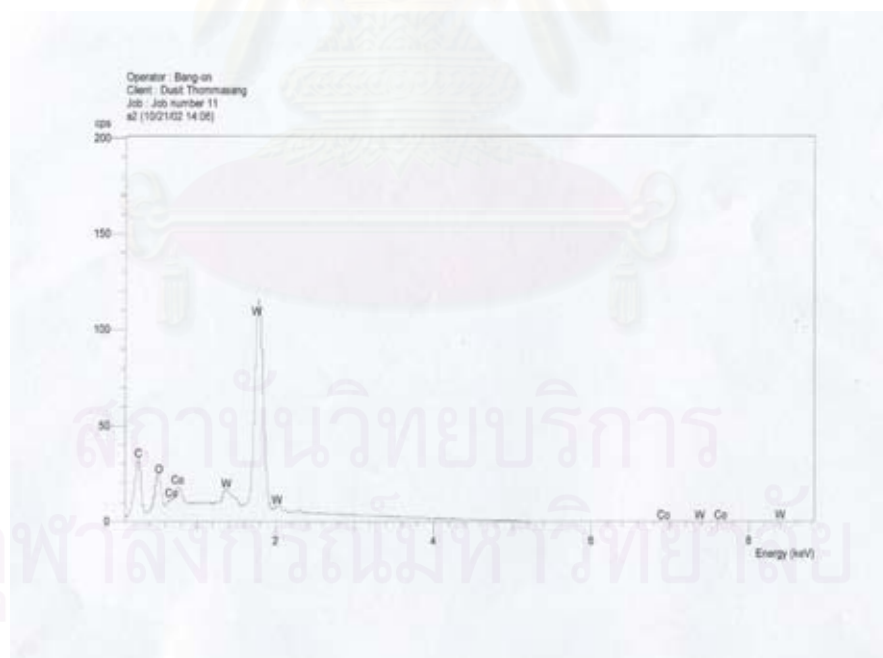
รูปที่ 4.5 โครงสร้างจุลภาคของใบมีดตัดที่กำลังขยาย 1500 เท่า



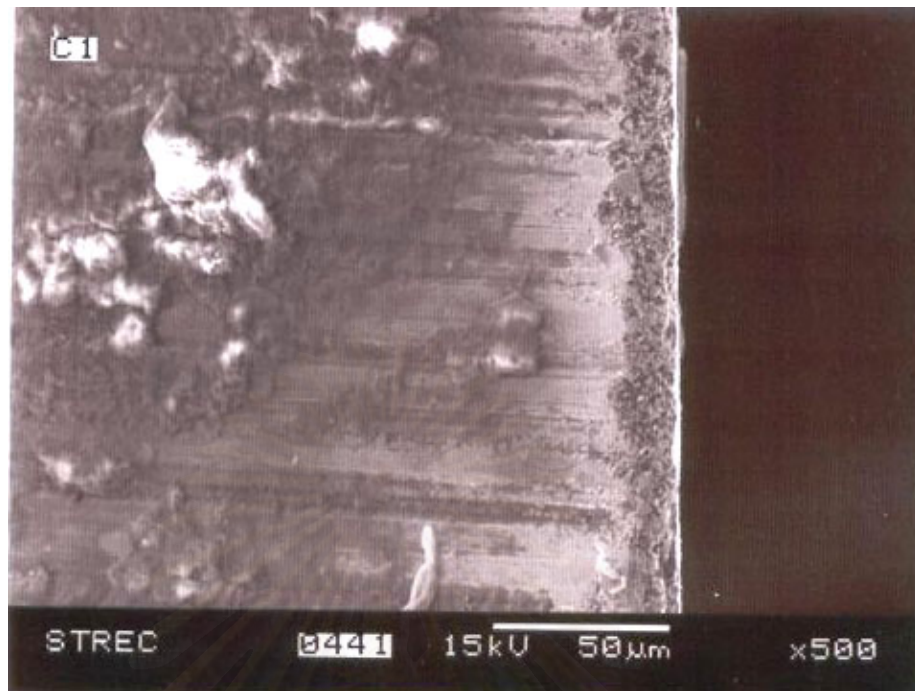
รูปที่ 4.6 โครงสร้างจุลภาคของใบมีดตัดที่กำลังขยาย 7000 เท่า



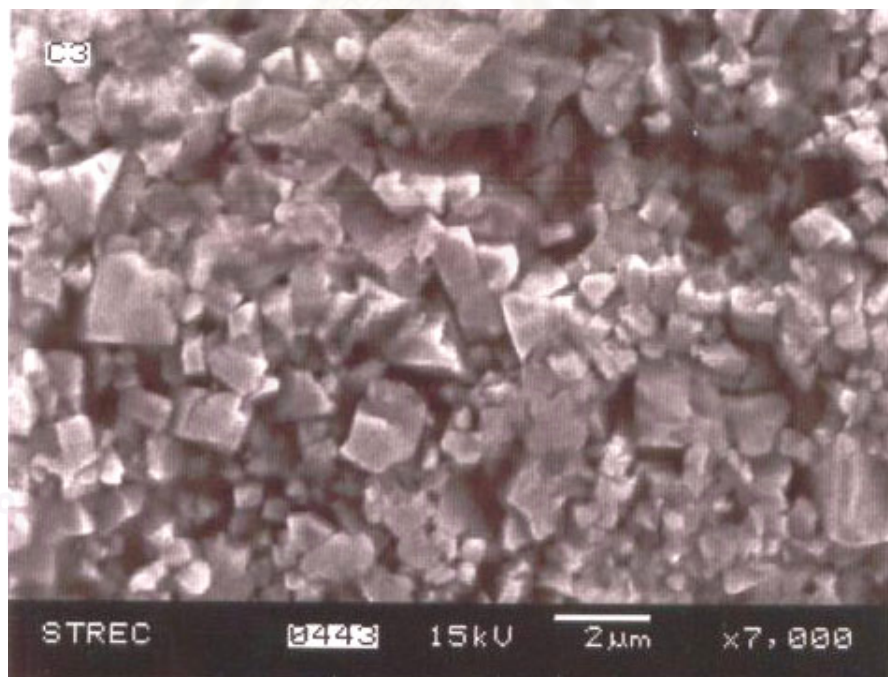
รูปที่ 4.7 บริเวณที่ถูกตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของไบมีดตัดด้วย EDX



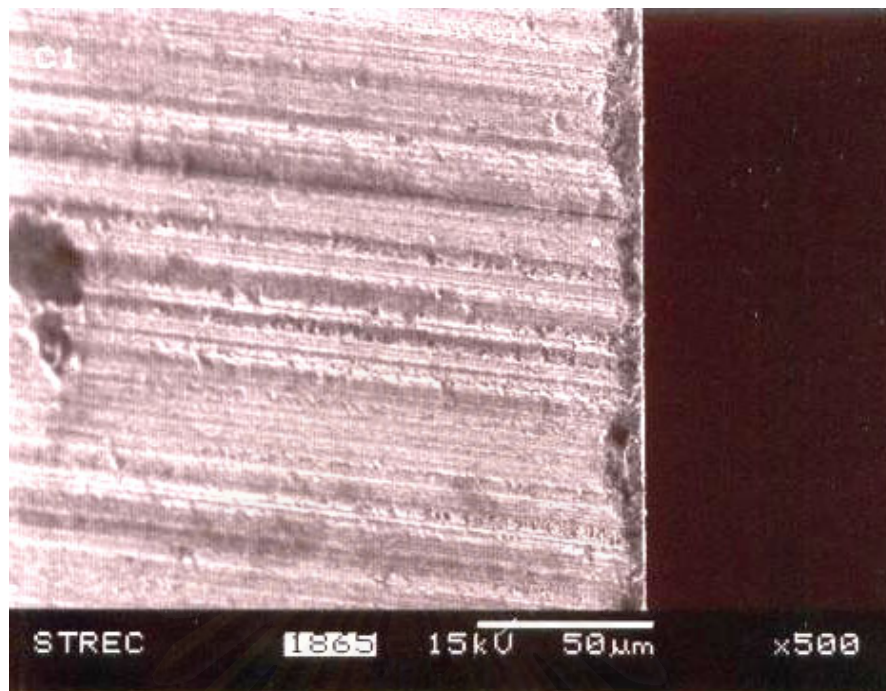
รูปที่ 4.8 ผลการตรวจสอบด้วยวิธีการ EDX ของไบมีดตัดที่ใช้ในการทดลอง



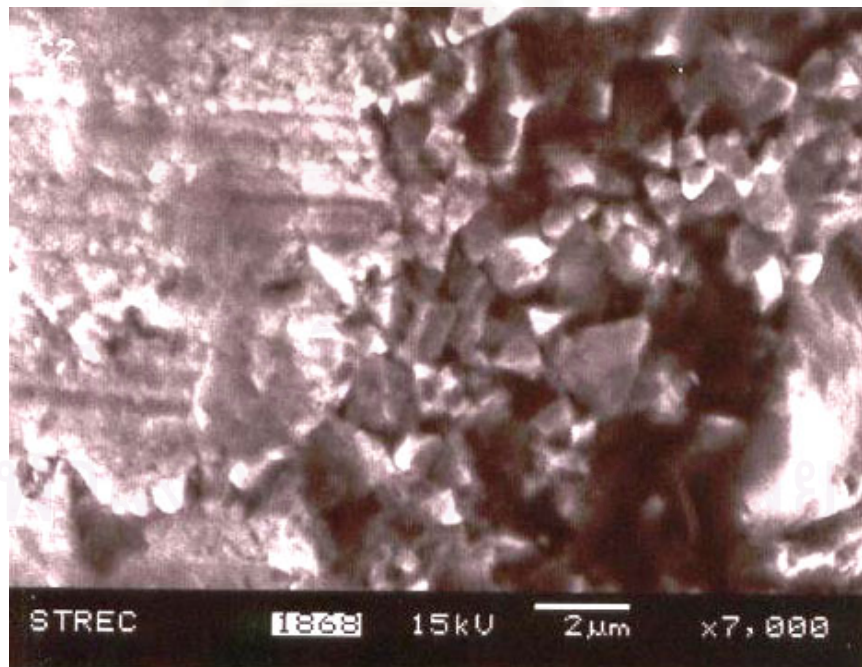
รูปที่ 4.9 ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดที่ได้รับจากผู้ผลิตใบมีดตัดโดยตรงกำลังขยาย 500 เท่า



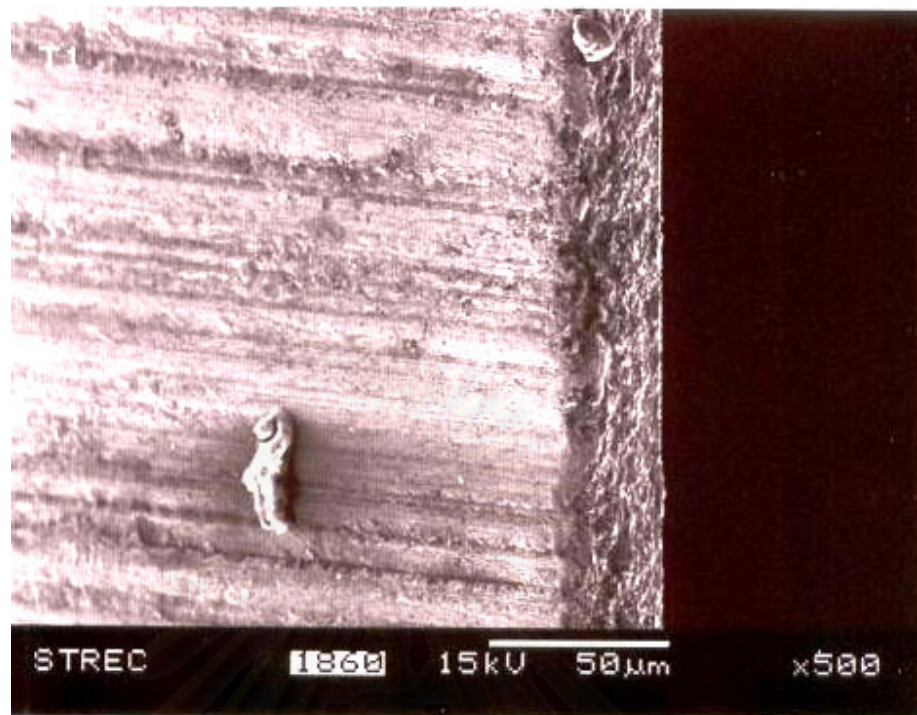
รูปที่ 4.10 ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดที่ได้รับจากผู้ผลิตใบมีดตัดโดยตรงที่กำลังขยาย 7000 เท่า



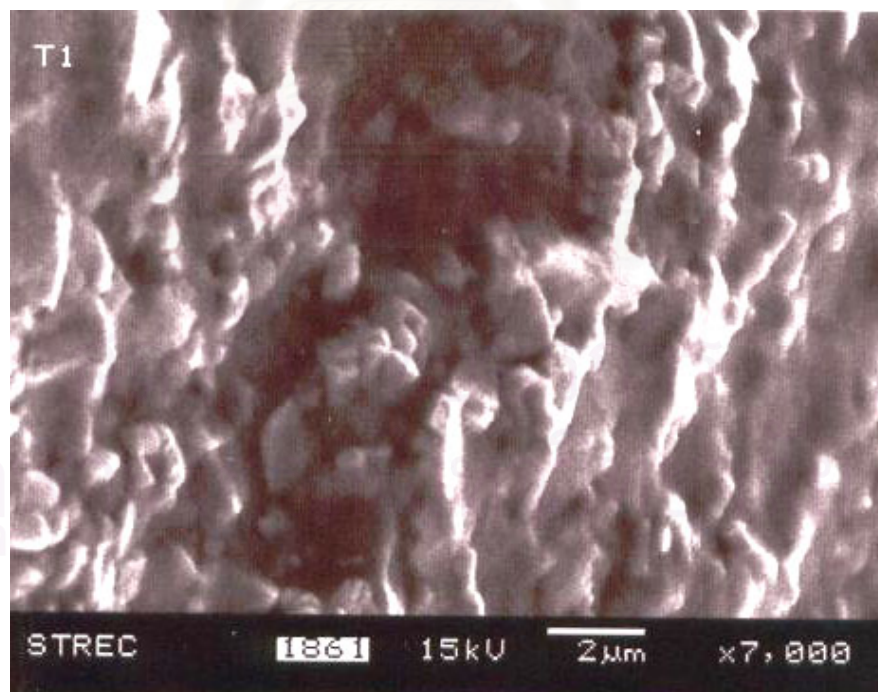
รูปที่ 4.11 ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดก่อนการนำไปใช้งานที่กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 4.12 ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดก่อนการนำไปใช้งานที่กำลังขยาย 7000 เท่า



รูปที่ 4.13 ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดหลังการใช้งานที่กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 4.14 ภาพถ่าย SEM ของสันคมมีดตัดหลังการใช้งานที่กำลังขยาย 7000 เท่า

4.2 ผลการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการตัดแต่งชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

4.2.1 ผลการศึกษาสภาวะการตัดและอายุใบมีดตัดในปัจจุบัน

4.2.1.1 ผลการศึกษามุมมีดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชุดใบมีดตัด

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าของมุมมีดตัดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่วัดได้ โดยใบมีดตัดชุดที่ 1 และ 2 จะมีขนาดมุมมีดเฉลี่ย 51.8 องศา และ 53.3 องศาตามลำดับ หรือมีค่ามุมมีดเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 52.6 ± 1.6 องศาและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 72 มม. เท่ากัน

ตารางที่ 4.3 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 ผลระยะลึกรอยตัด อัตราป้อนงาน และอายุการใช้งานของใบมีดตัด

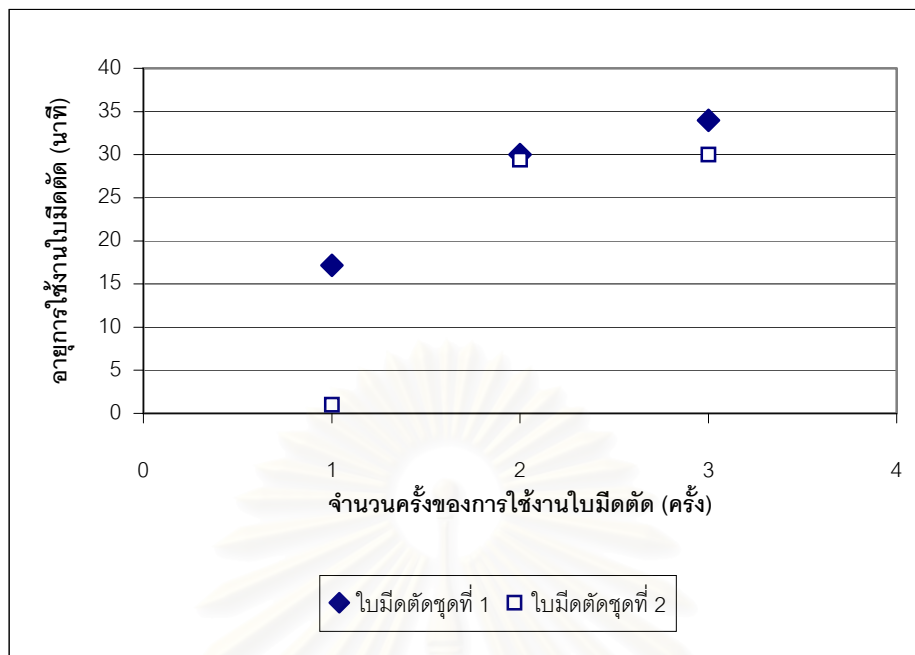
ตารางที่ 4.4 แสดงสรุปผลการเปรียบเทียบสภาวะการตัดและอายุการใช้งานของชุดใบมีดตัดที่ 1 และ 2 จากตารางข้างต้น พบว่า ระยะลึกในการตัดที่โรงงานใช้อยู่ในปัจจุบันสำหรับชิ้นงานนี้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4 ± 0.5 เวลาที่ใช้ในการตัดเฉลี่ยเท่ากับ 2.8 ± 0.5 วินาที/ชิ้นงาน หรือมีอัตราการป้อนงานเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 ± 1.7 เมตร/นาที รายละเอียดของข้อมูลเกี่ยวกับระยะลึกรอยตัด อัตราป้อนงาน และอายุการใช้งานของใบมีดตัดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก (3)

จากรูปที่ 4.15 และ 4.16 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

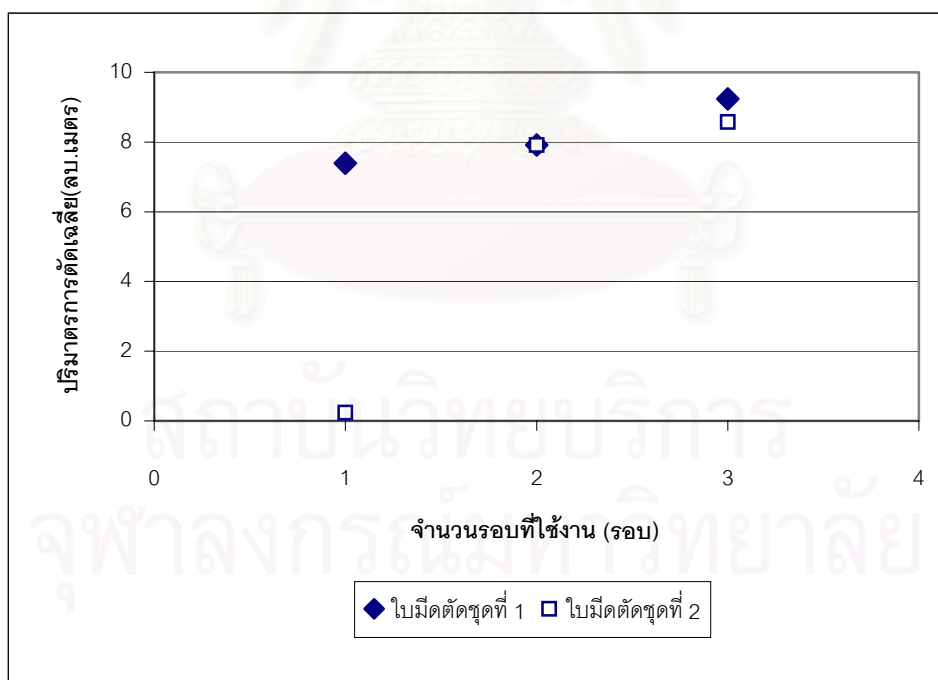
ตารางที่ 4.4 สรุปผลการเปรียบเทียบสภาวะการตัดและอายุการใช้งานของใบมีดตัดชุดที่ 1 และ 2

รายการ	หน่วย	ใบมีดตัดชุดที่ 1			ใบมีดตัดชุดที่ 2			เฉลี่ย
		รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	
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) ระยะเวลาของรอยตัด	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	560	600	700	0	600	650	$* 638 \pm 48$
7) อายุการใช้งาน	นาที	17.2	30	34	0	29.4	30	$* 30.9 \pm 2.1$
8) ปริมาตรการตัดเฉลี่ย	ลบ.เมตร	25	28	27	0	32.5	23.2	$* 27.7 \pm 3.8$

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง คิดค่าเฉลี่ยเฉพาะกรณีรอบที่ 2 และ 3



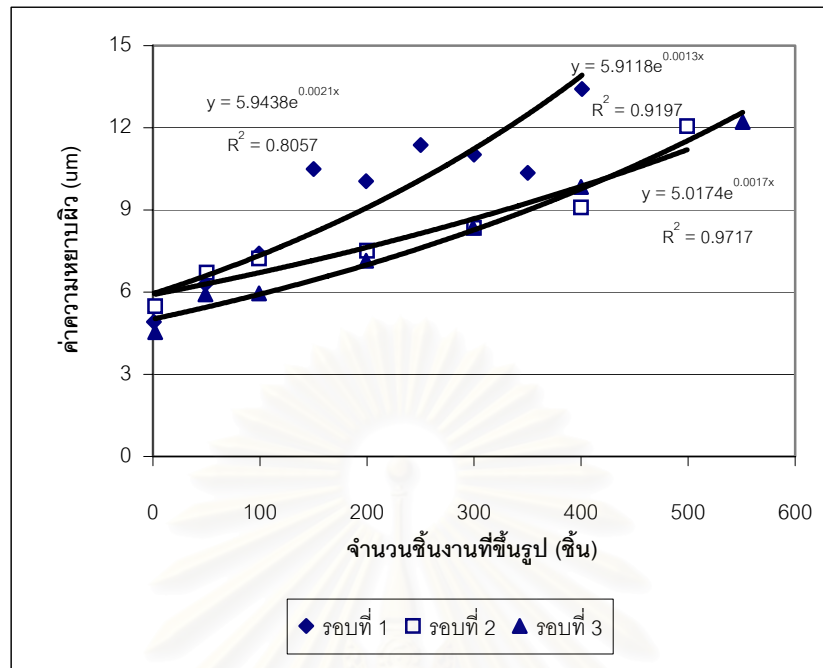
รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการใช้งานกับอายุการใช้งานของใบมีดตัด



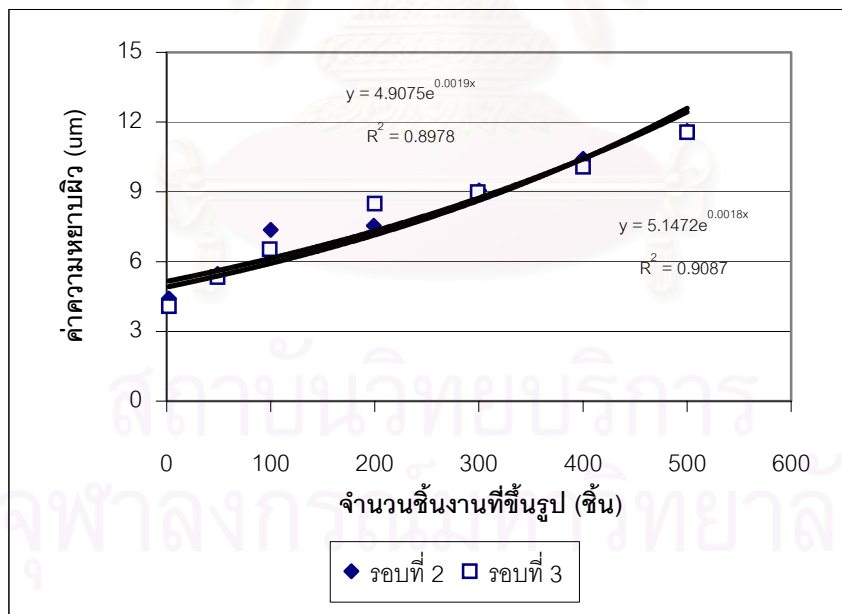
รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการใช้งานและปริมาณการตัด

4.2.1.3 ผลการศึกษาค่าความหยาบผิว

รูปที่ 4.17 และ 4.18 แสดงผลของจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตัดและความหยาบผิวชิ้นงานที่วัดได้ของแต่ละช่วงที่ทำการตรวจวัดสำหรับไบมีดชุดที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ได้จากการตัดจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนชิ้นงานหรือระยะเวลาที่ทำการตัด ในการตัดชิ้นงานในช่วงเริ่มต้นค่าความหยาบผิวจะมีค่าประมาณ 5 ไมครอนและจะค่อยเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการตัด และเมื่อทำการตัดชิ้นงานไปจนถึงที่ 400 และ 500 ชิ้น ความหยาบผิวที่ได้จะมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นจนเกิดเสี้ยนที่บริเวณผิวของงานจนไม่สามารถทำการวัดค่าความหยาบผิวได้ ค่าของความหยาบผิวที่ได้จากการตัดในรอบแรกของการใช้งานของไบมีดตัดจะมีค่าของความหยาบผิวที่สูงกว่าค่าความหยาบผิวในการใช้งานในรอบที่สองและสาม รายละเอียดของข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดด้วยไบมีดชุดที่ 1 และ 2 ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก(4)



รูปที่ 4.17 จำนวนชั้นที่ผ่านการขึ้นรูปกับค่าความหยาบผิวของใบมีดตัดที่ 1



รูปที่ 4.18 จำนวนชั้นที่ผ่านการขึ้นรูปกับค่าความหยาบผิวของใบมีดตัดที่ 2

4.2.1.4 ผลการศึกษาค่าความสึกหรอของใบมีดตัด

ตารางที่ 4.5 แสดงผลสรุปอัตราการสึกหรอของใบมีดชุดที่ 1 และ 2 โดยรายละเอียดของข้อมูลได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก (5) และรูปที่ 4.19 และ 4.20 แสดงกราฟระหว่างจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตัดกับความกว้างของคมมีดก่อนและหลังการใช้งานของใบมีดตัดชุดที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ความกว้างของคมมีดตัดจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตัด ค่าความกว้างของคมมีดตัดในช่วงเริ่มต้นของการใช้งานจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6 ไมโครเมตร และจะเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการตัดและจะมีค่าความกว้างของใบมีดตัดที่การใช้งานจนหมดอายุเฉลี่ยเท่ากับ 13 ไมโครเมตร ใบมีดตัดของการใช้งานในรอบแรกจะให้อัตราการสึกหรอเร็วกว่าใบมีดตัดที่ผ่านการตัดในรอบที่สองละสามหรือผ่านการลับคมครั้งที่ 1 และ 2 โดยชุดใบมีดที่รับมาจากผู้ผลิตจะมีอัตราการสึกหรอเท่ากับ $0.47 \mu\text{m}/\text{นาที่}$ ขณะที่ใบมีดที่ผ่านการลับคมแล้วจะมีอัตราการสึกหรอเฉลี่ยอยู่ที่ $0.23 \mu\text{m}/\text{นาที่}$ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

รูปที่ 4.21 และรูปที่ 4.22 แสดงผลภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดตัดก่อนและหลังการใช้งาน จากรูปจะพบว่าความกว้างของสันคมมีดหลังการใช้งานจะมีขนาดโตกว่าก่อนการใช้งาน

ตารางที่ 4.6 แสดงสรุปสภาวะการตัดอายุการใช้งานและการสึกหรอของใบมีดตัดในสภาพปัจจุบัน

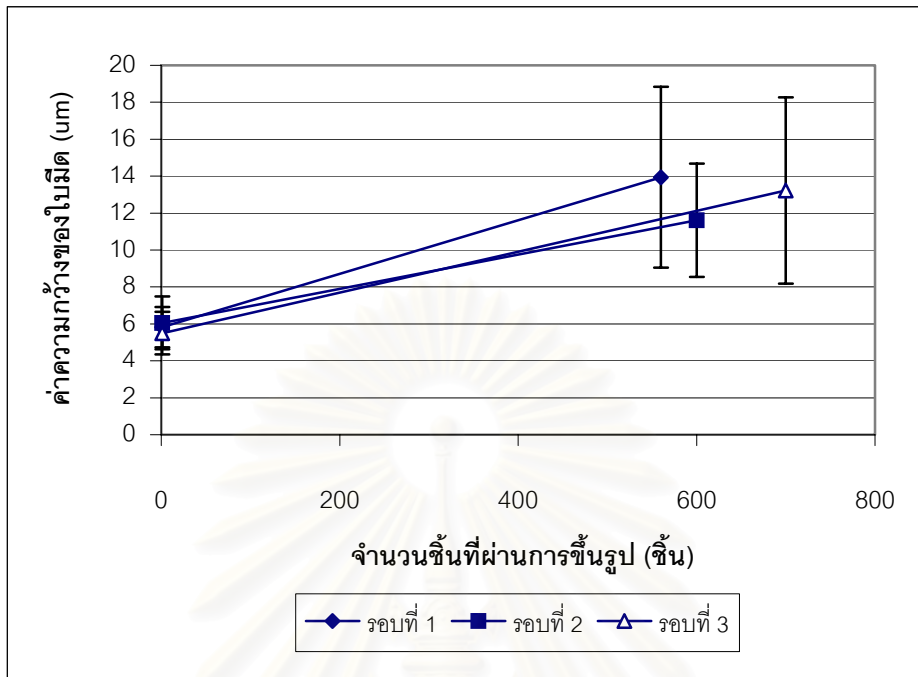
ตารางที่ 4.5 แสดงสรุปผลอัตราการสึกหรอของใบมีดตัดชุดที่ 1 และ 2

ชุด ใบมีด	กรณี รอบที่	ความกว้างของคมมีดเฉลี่ย (μm)			อายุใบมีด (นาทีก) (4)	อัตราการสึกหรอ ($\mu\text{m}/\text{นาทีก}$) (5) = (3)/(4)
		ก่อน (1)	หลัง (2)	ความแตกต่าง (3) = (2) - (1)		
1	1	5.8	13.9	8.1	17.5	0.47
	2*	6.1	11.6	5.5	30.0	0.18
	3*	5.5	13.2	7.7	34.0	0.23
2	1	6.8	14	7.2	-	-
	2*	6.8	14	7.2	29.4	0.25
	3*	5.7	13.2	7.5	30.0	0.25
เฉลี่ยทั้งหมด \pm เบี่ยงเบน		6.1 \pm 0.6	13.3 \pm 0.9	7.2 \pm 0.9	28.1 \pm 6	0.28 \pm 0.1
เฉลี่ย * \pm เบี่ยงเบน		6.0 \pm 0.6	13 \pm 1	7.0 \pm 1	30.9 \pm 2	0.23 \pm 0.03

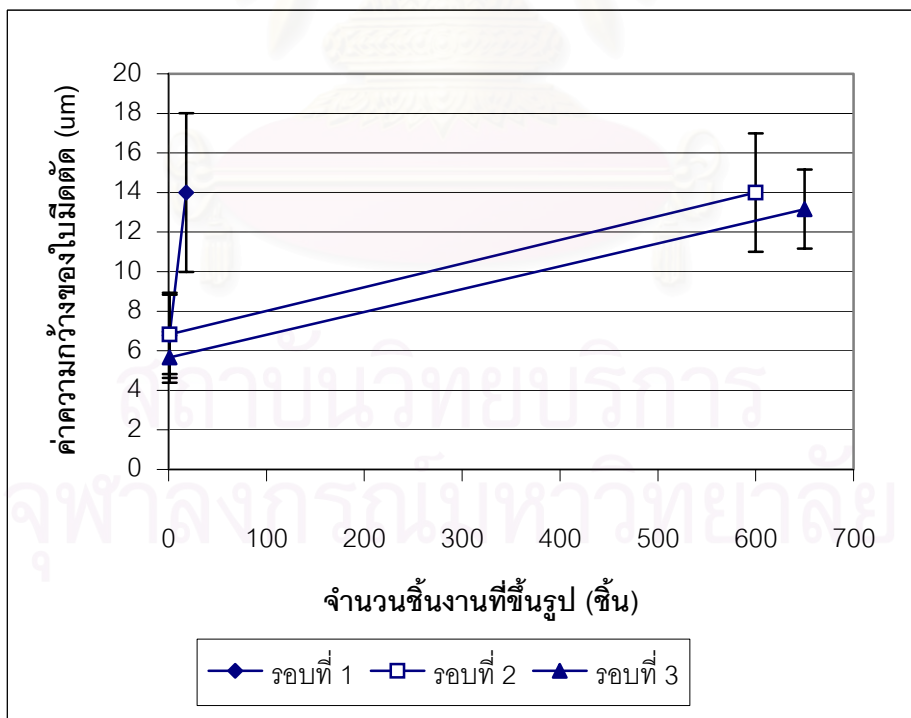
หมายเหตุ

- * คิดค่าเฉลี่ยเฉพาะกรณีรอบที่ 2 และ 3 ของใบมีดตัด
- ผิวนิรนาเกิดเสี้ยนในชิ้นงานที่หนึ่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



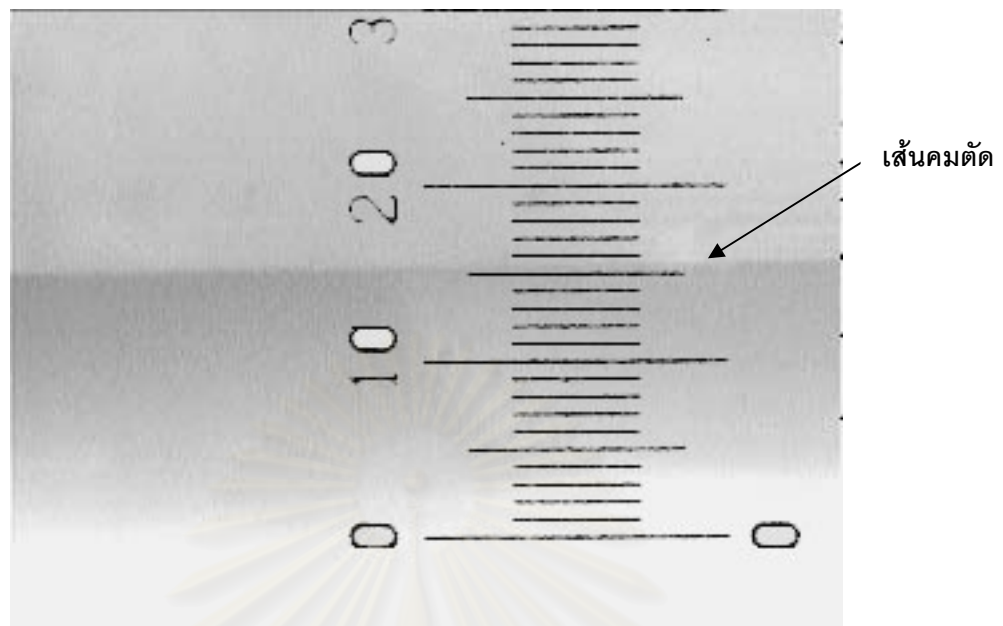
รูปที่ 4.19 แสดงจำนวนชั้นที่ผ่านการตัดกับค่าความกว้างของคมีตตัดของไมมีตชุดที่ 1



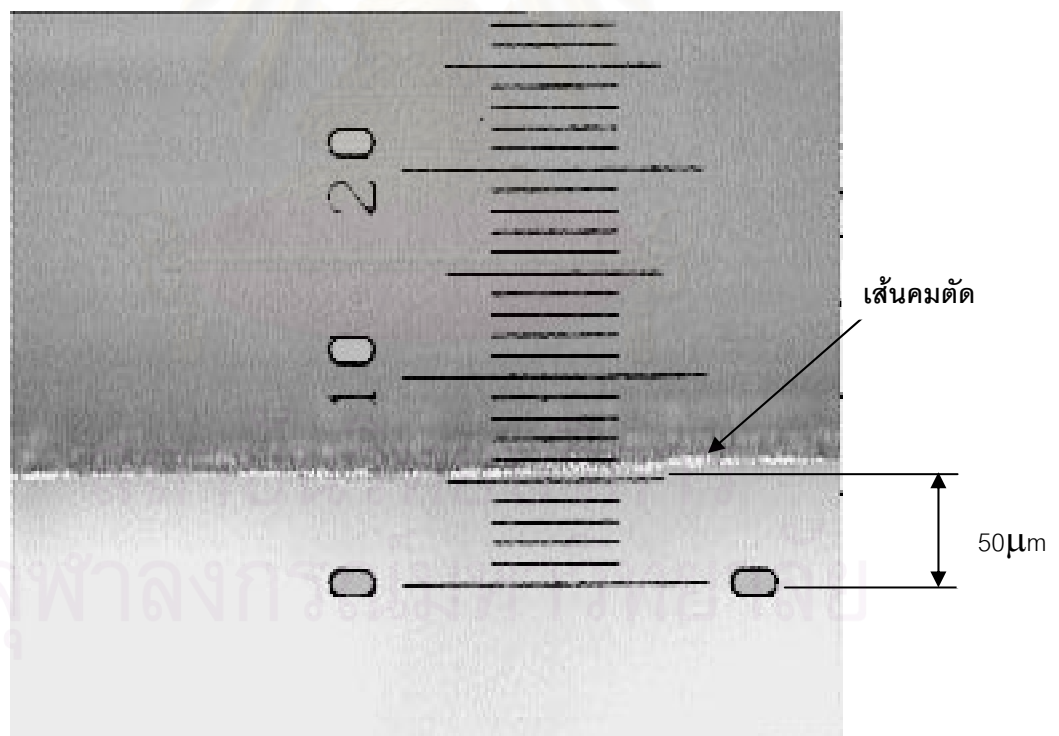
รูปที่ 4.20 แสดงจำนวนชั้นที่ทำการตัดกับค่าความกว้างของคมีตตัดของไมมีตชุดที่ 2

ตารางที่ 4.6 สรุปสภาวะการตัด อายุการใช้งาน และการสึกหรอของใบมีดตัดในสภาพปัจจุบัน

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



รูปที่ 4.21 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของส้นคมมีดตัดก่อนการใช้งาน



รูปที่ 4.22 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของส้นคมมีดตัดหลังการใช้งาน

4.2.2 ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ในการขัดแต่ง

ตารางที่ 4.7 แสดงความหยาบผิวที่ได้ และเวลาที่ใช้ในการขัดแต่งด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 ของชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลที่ตั้ง ความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลที่ตั้งวัดได้มีค่าระหว่าง 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 4.7 จะพบว่า ความหยาบผิวของชิ้นงานเริ่มต้นหรือผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลที่ตั้ง ที่มีค่าต่ำกว่า $8 \mu\text{m}$ ผิวชิ้นงานจะถูกปรับความหยาบผิวให้หยาบขึ้นโดยไม่จำเป็น (โดยพิจารณาได้จากเครื่องหมายลบในช่องกระดาษทรายเบอร์ 100 ของความหยาบผิวที่ลดลงจากเริ่มต้น) ซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียเวลาและกระดาษทรายที่ใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงความหยาบผิวที่ได้และเวลาที่ใช้ในการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180

ชิ้นงานที่	ค่าความหยาบ ผิวเริ่มต้น (μm) (1)	ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100			ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180			รวมเวลาที่ใช้ใน การขัดทั้งหมด (วินาที) (8) = (3) + (6)
		ความหยาบผิวที่ได้ (μm) (2)	เวลาที่ใช้ในการขัด (วินาที) (3)	ความหยาบผิวที่ ลดลงจากเริ่มต้น (μm) (4) = (1) - (2)	ความหยาบผิว ที่ได้ (μm) (5)	เวลาที่ใช้ใน การขัด (วินาที) (6)	ความหยาบผิวที่ ลดลงจาก เบอร์ 100 (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
12	6.58	9.49	7.8	-2.91	3.89	4.6	5.6	12.4

ชั้นงานที่	ค่าความหยาบผิวเริ่มต้น (μm) (1)	ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100			ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180			รวมเวลาที่ใช้ในการขัดทั้งหมด (วินาที) (8) = (3) + (6)
		ความหยาบผิวที่ได้ (μm) (2)	เวลาที่ใช้ในการขัด (วินาที) (3)	ความหยาบผิวที่ลดลงจากเริ่มต้น (μm) (4) = (1) - (2)	ความหยาบผิวที่ได้ (μm) (5)	เวลาที่ใช้ในการขัด (วินาที) (6)	ความหยาบผิวที่ลดลงจาก เบอร์ 100 (μm) (7) = (2) - (5)	
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. ชั้นงานที่ใช้ในการขัด คือ ชั้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลตตั้งแล้ว
2. เครื่องหมาย (-) หมายถึง ชั้นงานหลังขัดมีความหยาบผิวเพิ่มขึ้นจากเดิม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ผลการศึกษาข้อกำหนดความหยาบผิวชิ้นงาน

4.3.1 ผลการตรวจสอบค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ไม่ยอมรับ

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการตรวจวัดค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลตตั้ง พนักงานตรวจสอบคุณภาพไม่ยอมรับคุณภาพผิวชิ้นงานโดยผลการสุ่มชิ้นงานจำนวน 8 ชิ้นงานและทำการวัดความหยาบผิวจริงพบว่า มีชิ้นงานที่มีค่าเฉลี่ยความหยาบผิวต่ำสุดเท่ากับ $9.1 \pm 2.6 \mu\text{m}$ และชิ้นงานที่มีค่าเฉลี่ยความหยาบผิวสูงสุดเท่ากับ $13.9 \pm 4.8 \mu\text{m}$ โดยทั้งนี้มีค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดเท่ากับ $11.4 \pm 2.6 \mu\text{m}$

4.3.2 ผลการจำแนกระดับความหยาบผิวชิ้นงานที่ต้องการ

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการจำแนกระดับของความหยาบผิวชิ้นงานที่ต้องการพบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ระดับ ระดับที่ 1 ถึง 3 จะมีช่วงความหยาบผิวอยู่ระหว่าง 8 ถึง 12 μm ระดับที่ 4 อยู่ระหว่าง 7 ถึง 9 μm และระดับที่ 5 ต้องการความหยาบผิวที่น้อยกว่า 4 μm ซึ่งเป็นชิ้นงานที่ต้องการความหยาบผิวมากๆ และมักเป็นชิ้นงานที่ต้องมีการเตรียมผิวก่อนการพ่นสีและต้องการแสดงความเรียบผิวของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ไม่ยอมรับโดยวิธีการสัมผัส ของชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลาดั้ง

ชั้นที่	ค่าความหยาบผิว (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 4.9 ผลการจำแนกประเภทการใช้งานชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวต่างกัน

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

4.4 ผลการตรวจสอบเครื่องจักร ไม้ยางพารา และใบมีดตัด ก่อนทำการทดลอง

4.4.1 ผลการตรวจสอบเครื่องจักร

4.4.1.1 ผลการตรวจสอบความเร็วรอบ

จากตารางที่ 4.10 แสดงค่าของความเร็วรอบที่ใช้ในการตัดของการทดลอง ที่มีค่าของความเร็วรอบ 4900 และ 7900 รอบ/นาที จะมีค่าของความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 4963 ± 9.6 และ 7895 ± 22.4 รอบ/นาที

4.4.1.2 ผลการตรวจสอบการแกว่งของแกนเพลลาใบมีดตัด

จากตารางที่ 4.10 แสดงค่าของการแกว่งของใบแกนเพลลาใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลอง การแกว่งของแกนเพลลาใบมีดตัดที่ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาทีจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 ± 0.05 มิลลิเมตร และ ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาทีจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.17 ± 0.04 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.10 สรุปผลการตรวจสอบเครื่องจักรก่อนการทดลอง

ระยะลึก (มม.)	อัตราป้อน (ม./นาที)	ความเร็วรอบ ที่ 4900 (รอบ/นาที)	การแกว่งของ แกนเพลลาใบมีด ตัดที่ความเร็ว รอบ 4900 (มม.)	ความเร็วรอบ ที่ 7900 (รอบ/นาที)	การแกว่งของ แกนเพลลาใบมีด 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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 ผลการตรวจสอบไม้ยางพารา

4.4.2.1 ผลการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นและความถ่วงจำเพาะของไม้ยางพารา

จากตารางที่ 4.11 แสดงสรุปผลค่าของค่าของเปอร์เซ็นต์ความชื้นและความถ่วงจำเพาะของการทดลอง พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 9.4 ± 0.5 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าของความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.61 ± 0.03

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าของเปอร์เซ็นต์ความชื้นและความถ่วงจำเพาะที่วัดได้

ระยะลึก (มม.)	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	อัตราป้อน (ม./นาที)	ความชื้น (%)	ความถ่วงจำเพาะ
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

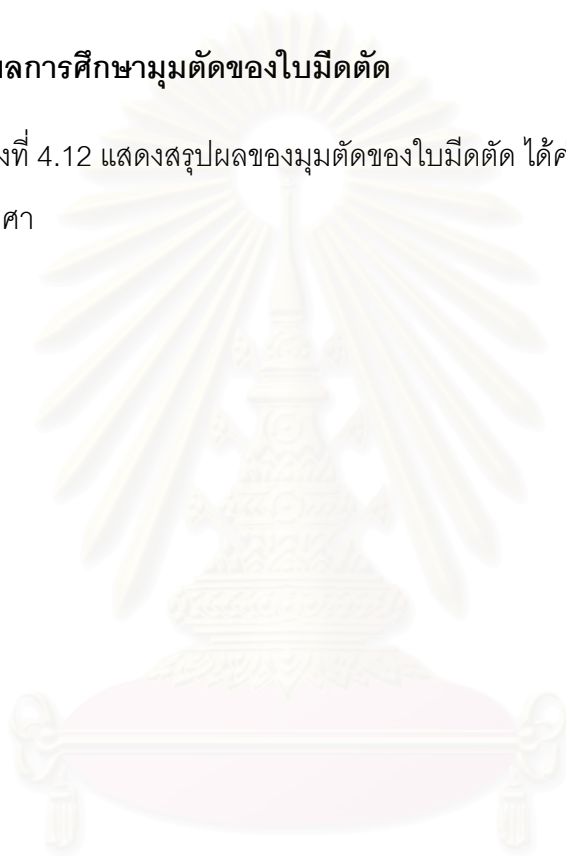
4.4.3 ผลการตรวจสอบใบมีดตัด

4.4.3.1 ผลศึกษาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัด

จากตารางที่ 4.12 แสดงสรุปผลขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัดที่ทำการทดลอง
ได้ค่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชุดใบมีดตัดเท่ากับ 69.1 ± 0.2 มิลลิเมตร

4.4.3.2 ผลการศึกษามุมตัดของใบมีดตัด

จากตารางที่ 4.12 แสดงสรุปผลของมุมตัดของใบมีดตัด ได้ค่าของมุมตัดของใบมีดตัด
เท่ากับ 49.9 ± 0.4 องศา



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าของเปอร์เซ็นต์ความชื้นและความถ่วงจำเพาะที่วัดได้

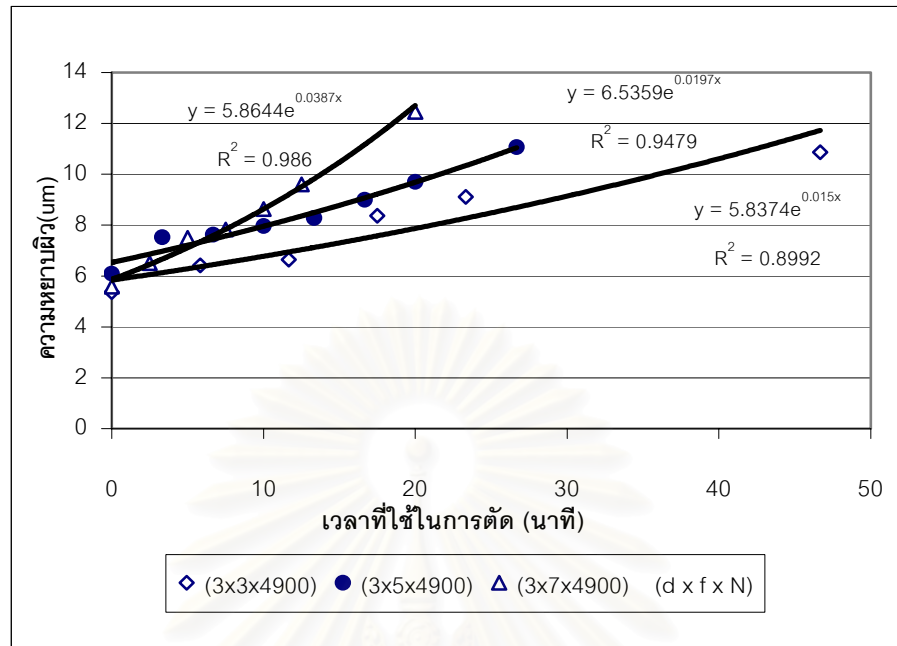
ระยะลึก (มม.)	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	อัตราป้อน (ม./นาที)	มุมมีดตัด (องศา)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)
3	4900	3	49.5	69
		5	49.7	69
		7	49.7	69
	7900	3	50	69
		5	49.7	69
		7	49.5	69
5	4900	3	49.3	69.1
		5	50.5	69.5
		7	50.3	69.6
	7900	3	50	69
		5	50.2	69
		7	49.8	69
เฉลี่ย			49.9 ± 0.4	69.1 ± 0.2

4.5 ผลการศึกษาอายุการใช้งานของไบโอมีดตัดโดยควบคุมสภาวะการตัดให้คงที่

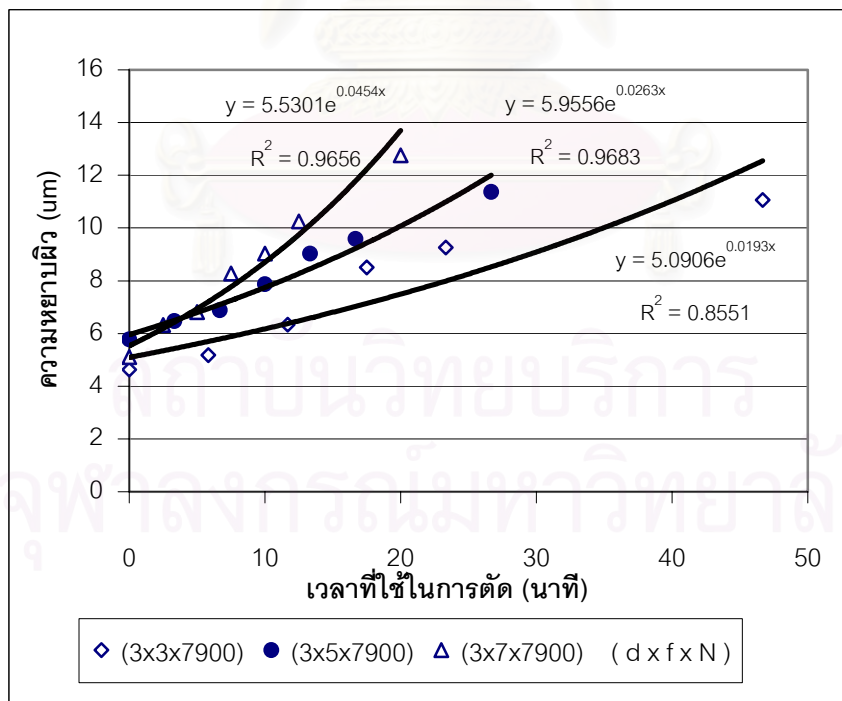
4.5.1 ผลของความหนาแน่นผิวชิ้นงานกับสภาวะการตัด

จากรูปที่ 4.23 ถึงรูปที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นผิวของชิ้นงานตัดกับระยะเวลาของการใช้งานไบโอมีดตัดที่อัตราป้อน(f) ต่างๆ กัน ขณะที่ระยะลึกของการตัด(d) และความเร็รรอบ(N) คงที่หนึ่งๆ จากผลการทดลองพบว่าค่าความหนาแน่นผิวของชิ้นงานจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อไบโอมีดมีการใช้งานที่นานขึ้นขณะที่อัตราป้อน(f) ระยะลึกของการตัด(d) และความเร็รรอบ (N) คงที่หนึ่งๆ ที่ระดับ R^2 เท่ากับ 0.848 ถึง 0.983 นอกจากนี้ยังพบว่า การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของปัจจัยทั้งสาม ได้แก่ อัตราป้อน(f) ระยะลึกของการตัด(d) และความเร็รรอบ(N) จะมีผลต่ออายุการใช้งานที่สั้นลง โดยเฉพาะปัจจัยด้านอัตราป้อนงาน(f) จะมีผลต่ออายุไบโอมีดสั้นลงที่เร็วกว่าปัจจัยทั้งสองที่ระดับความหนาแน่นผิวสุดท้ายเดียวกัน

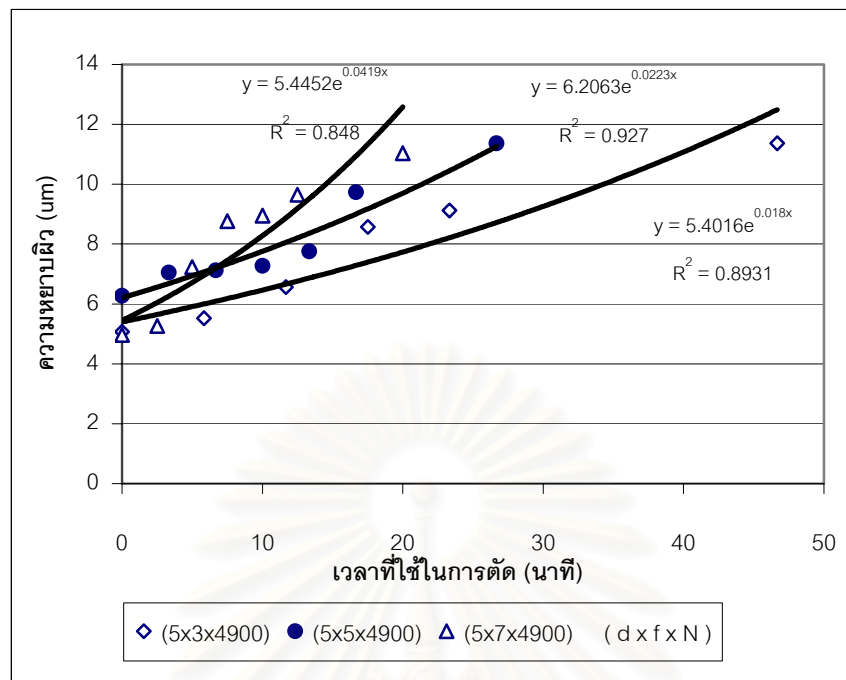
จากรูปทั้ง 4 ที่ระดับความหนาแน่นผิว $10 \mu\text{m}$ การเพิ่มขึ้นของอัตราป้อน(f) จาก 3 ม./นาที่ เป็น 5 และ 7 ม./นาที่ ตามลำดับ จะมีผลให้อายุไบโอมีดสั้นลงอย่างชัดเจน



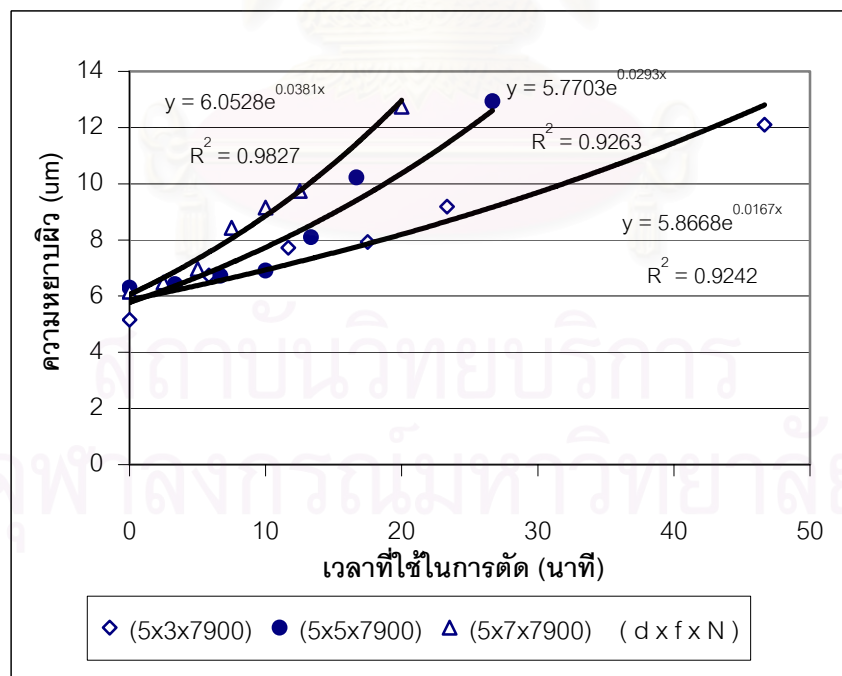
รูปที่ 4.23 ความหยาบผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ(N) 4900 รอบ/นาที



รูปที่ 4.24 ความหยาบผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ(N) 7900 รอบ/นาที



รูปที่ 4.25 ความหยาบผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d) 5 มม. และความเร็วรอบ(N) 4900 รอบ/นาที

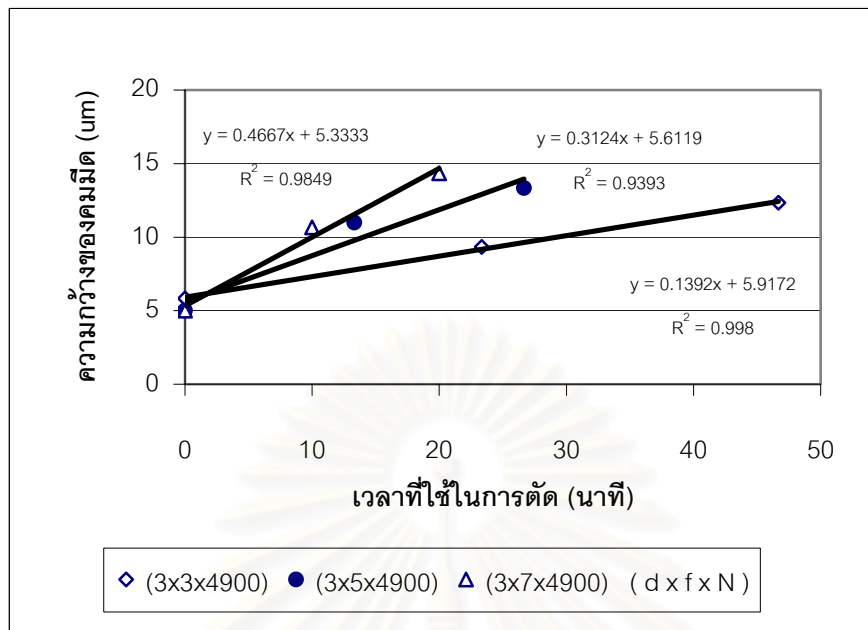


รูปที่ 4.26 ความหยาบผิวและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆเมื่อระยะลึกของรอยตัด (d) 5 มม. และความเร็วรอบ(N) 7900 รอบ/นาที

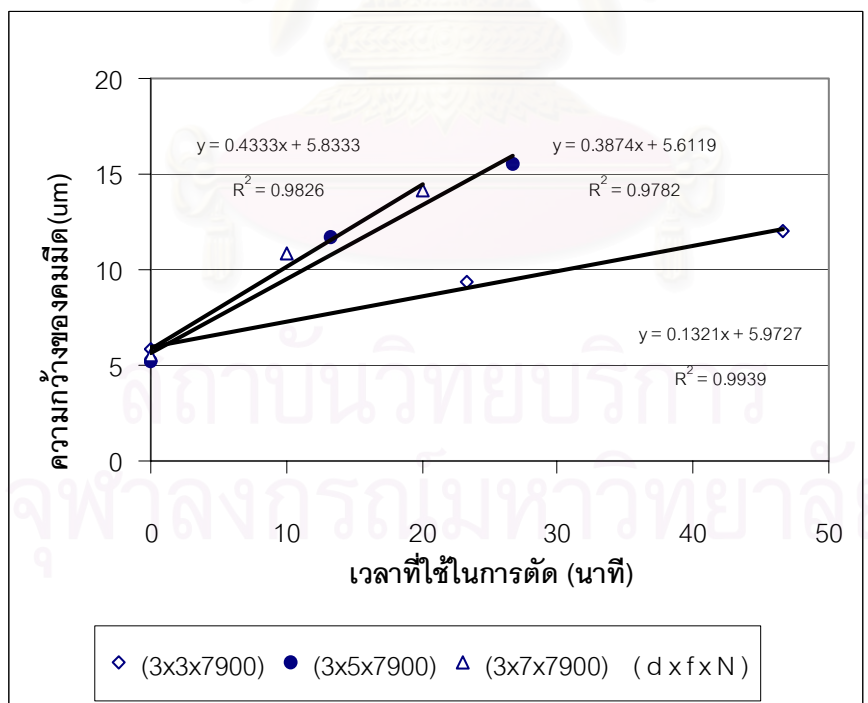
4.5.2 ผลของความกว้างคมมีดตัดกับสภาวะการตัด

รูปที่ 4.27 ถึงรูปที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างคมมีดตัดกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ กัน ขณะที่ระยะลึก (d) และความเร็รรอบ (N) คงที่หนึ่งๆ จากผลการทดลองพบว่า ความกว้างของคมมีดตัดจะมีขนาดโตขึ้นเมื่อใบมีดมีการใช้งานนานขึ้น เมื่อกำหนดให้ อัตราป้อน (f) ระยะลึก (d) และความเร็รรอบ (N) คงที่หนึ่งๆ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.98 ถึง 0.99 การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของปัจจัยทั้งสามได้แก่ อัตราป้อน (f) ระยะลึก (d) และความเร็รรอบ (N) จะส่งผลให้อายุการใช้งานของใบมีดสั้นลง เมื่อกำหนดให้ความกว้างของคมมีดสุดท้ายคงที่ โดยเฉพาะที่ค่าความกว้างคมมีดตัด $10 \mu\text{m}$ การเพิ่มขึ้นของอัตราการป้อนงาน (f) จาก 3 ม./นาที เป็น 5 และ 7 ม./นาที จะให้ผลกระทบต่ออายุการใบมีดตัดที่สั้นลงอย่างเห็นได้ชัด

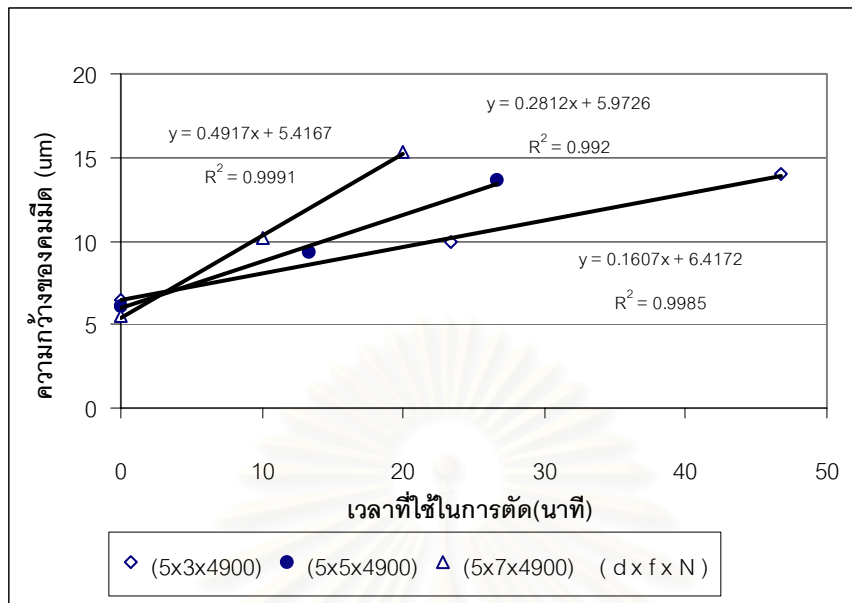
รูปที่ 4.31 และรูปที่ 4.32 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของระยะความกว้างคมมีดตัดก่อนและหลังการใช้งานตามลำดับ โดยกำหนดสภาวะการตัดที่อัตราป้อน (f) 3 ม./นาที ระยะลึก (d) 3 มม. และความเร็รรอบ (N) 7900 รอบ/นาที และอายุการใช้งาน 29.52 นาที จากรูปจะเห็นสภาพการเปลี่ยนแปลงของคมมีดตัดก่อนและหลัง คือ $5 \mu\text{m}$ และ $12 \mu\text{m}$ ตามลำดับ



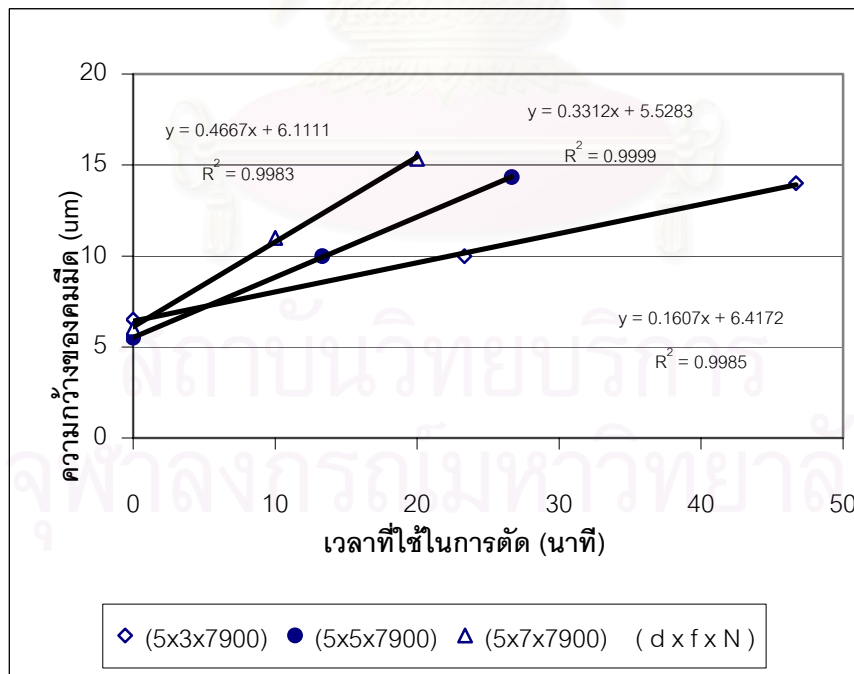
รูปที่ 4.27 ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900รอบ/นาที



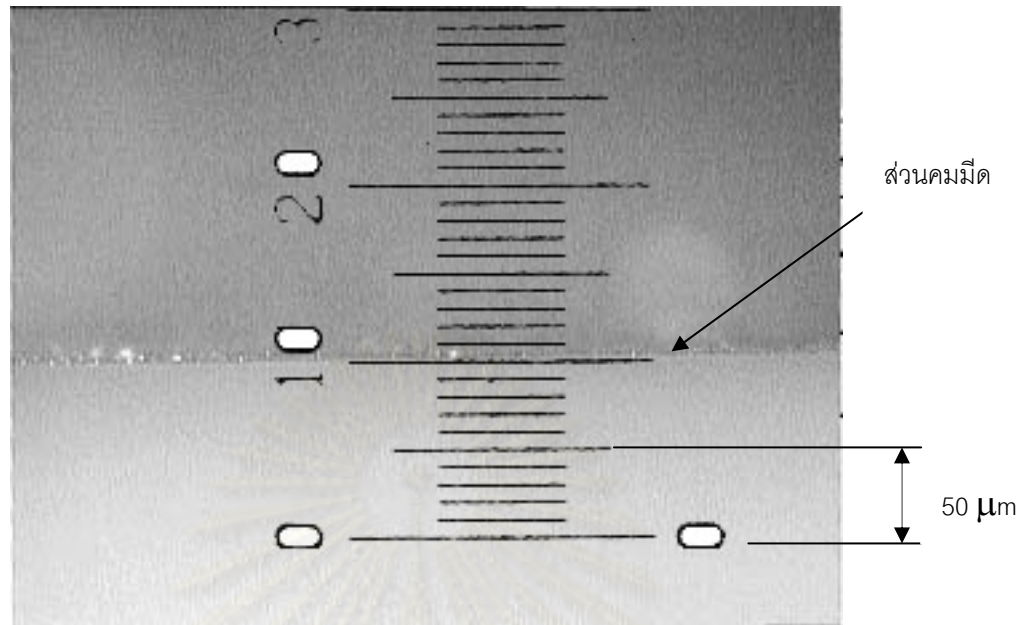
รูปที่ 4.28 ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะลึก (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 7900รอบ/นาที



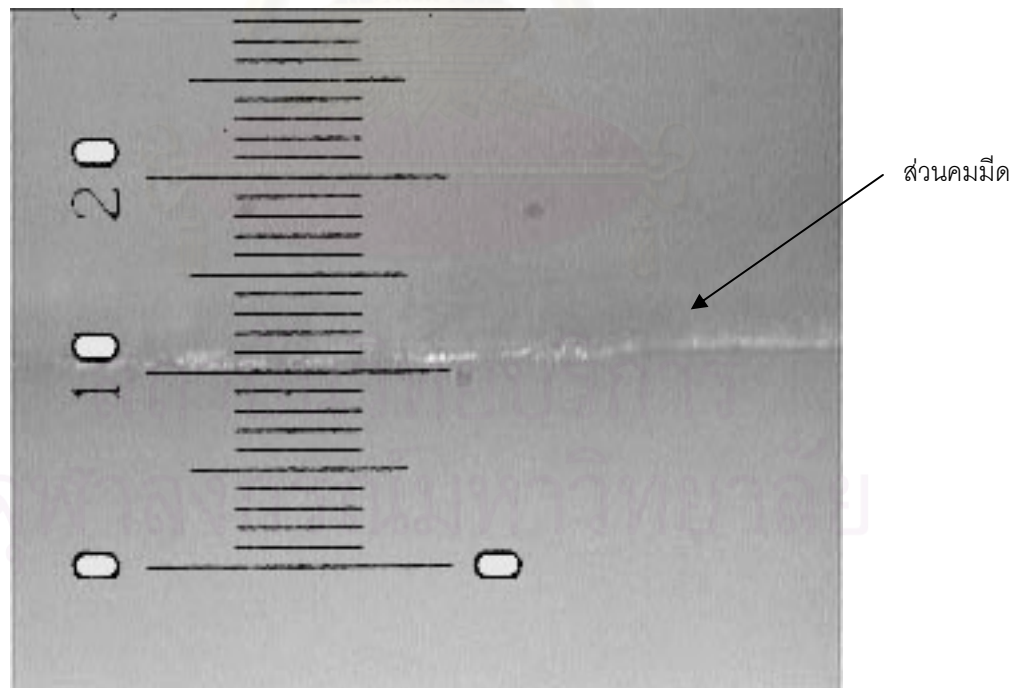
รูปที่ 4.29 ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะเวลาตัด (d) 5 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900รอบ/นาที



รูปที่ 4.30 ความกว้างคมมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ ระยะเวลาตัด (d) 5 มม. และความเร็วรอบ (N) 7900รอบ/นาที



รูปที่ 4.31 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดก่อนการใช้งาน

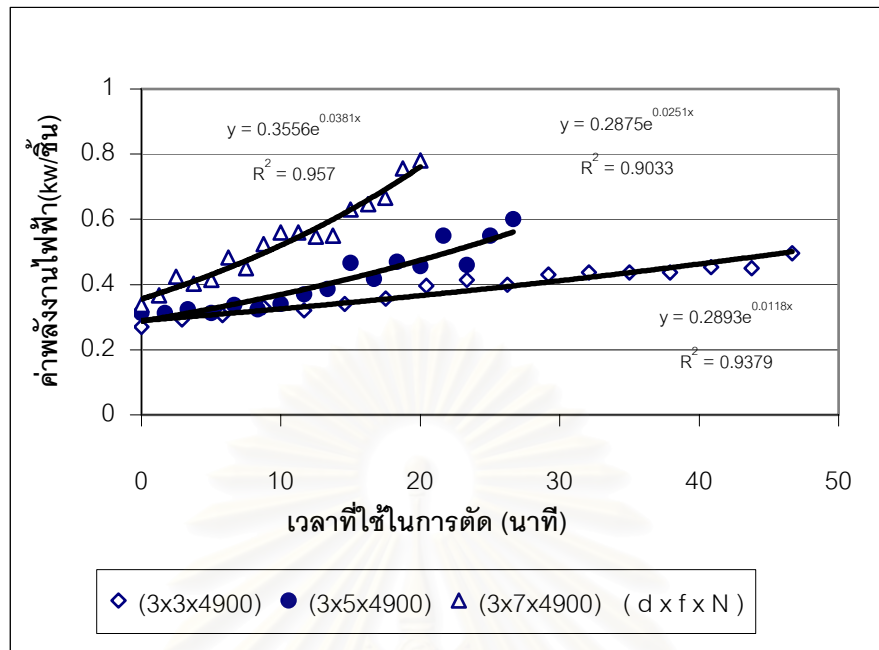


รูปที่ 4.32 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้งาน ที่ระยะลึก 3 มม. อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

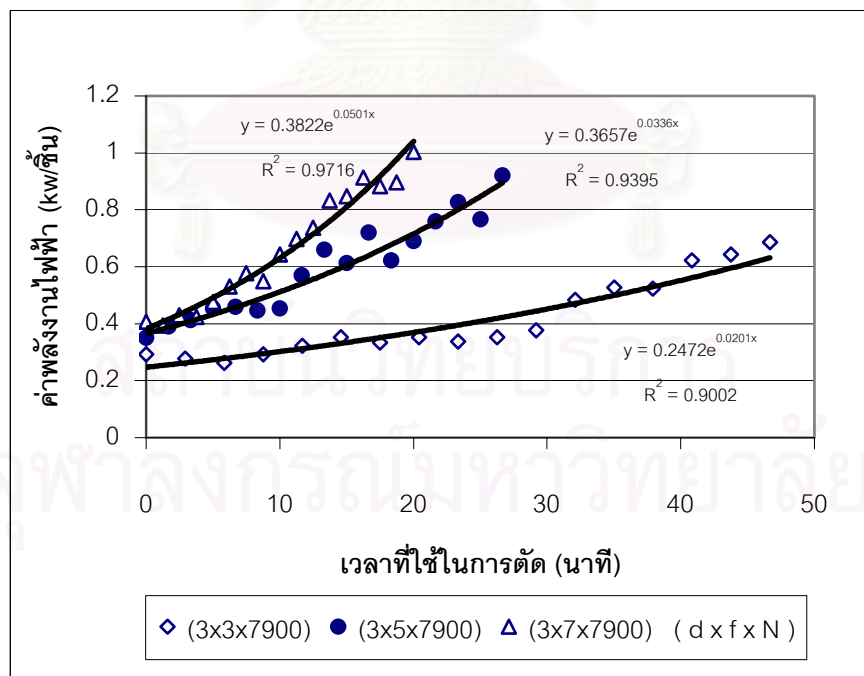
4.5.3 ผลของพลังงานที่ใช้ในการตัดกับสภาวะการตัด

จากรูปที่ 4.33 ถึง 4.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อขึ้น กับ ระยะเวลาที่ใช้ในการตัดที่สภาวะการตัดต่างๆ กัน

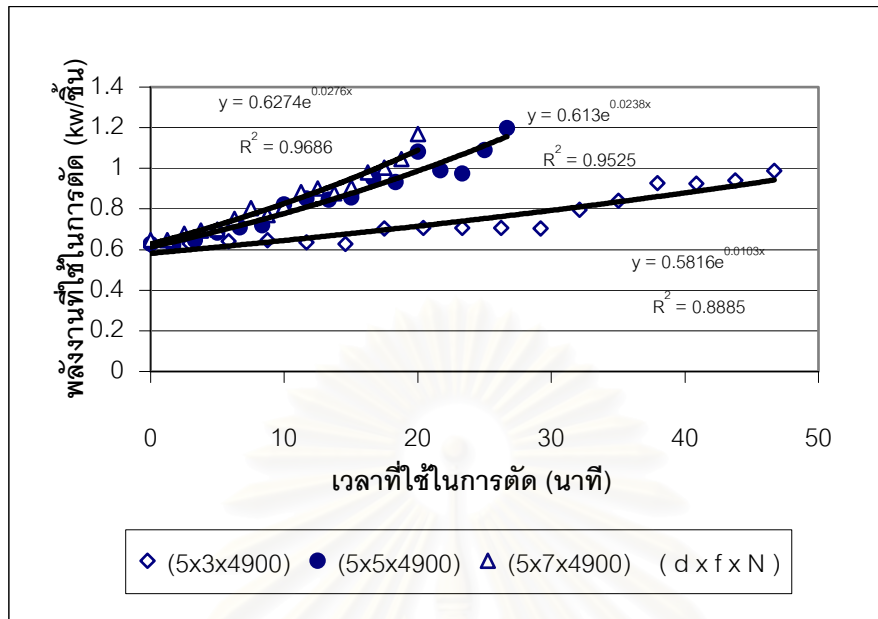
จากรูปทั้ง 4 จะพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใบมีดตัดมีการ ใช้งานที่นานขึ้น เมื่อกำหนดให้ อัตราป้อน (f) ระยะเวลา (d) และความเร็วรอบ (N) คงที่หนึ่งๆ โดยให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.884 ถึง 0.978 ขณะเดียวกันการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของปัจจัยทั้ง 3 ส่งผลให้ค่าพลังงาน ไฟฟ้าในการตัดเพิ่มขึ้นขณะที่อายุการใช้งานของใบมีดสั้นลง โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของ อัตราป้อน (f) จาก 3 ม./นาทีเป็น 5 และ 7 ม./นาที ที่ระดับอายุใบมีดตัดเดียวกัน จะส่งผลให้มีการใช้ พลังงานในการตัดสูงขึ้น มากกว่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทั้งสอง คือ ระยะเวลา (d) และความเร็ว รอบ (N)



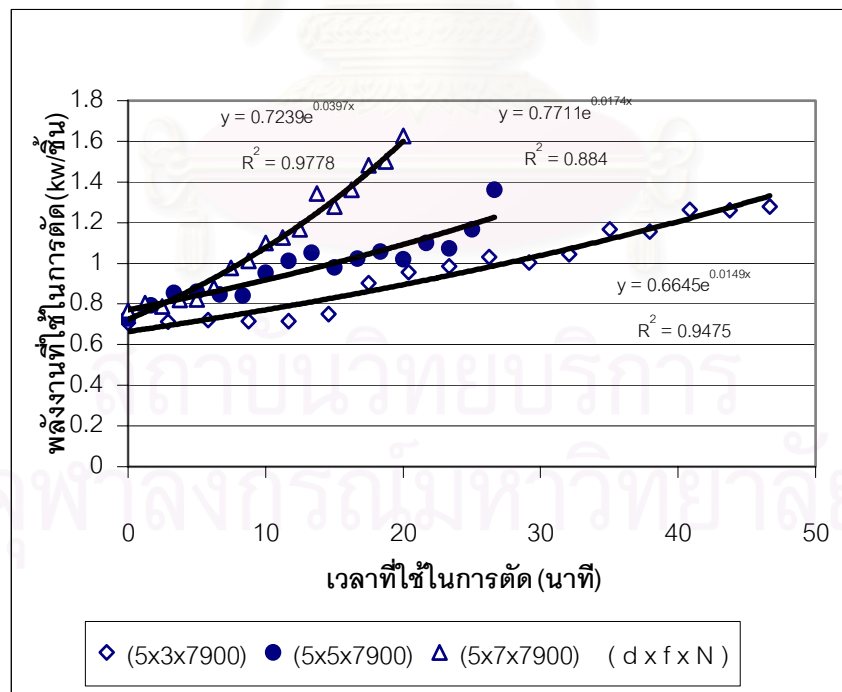
รูปที่ 4.33 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ
 ขณะที่ระยะลึกตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900 รอบ/นาที



รูปที่ 4.34 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ
 ขณะที่ระยะลึกตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900 รอบ/นาที



รูปที่ 4.35 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ
ขณะที่ระยะลึกตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900 รอบ/นาที



รูปที่ 4.36 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดต่อชิ้นงานกับเวลาที่ใช้ในการตัดที่อัตราป้อน (f) ต่างๆ
ขณะที่ระยะลึกตัด (d) 3 มม. และความเร็วรอบ (N) 4900 รอบ/นาที

4.6 การเปรียบเทียบผลการตัดในสภาพปัจจุบันและการควบคุมสภาวะการตัด

ตารางที่ 4.13 แสดงผลสรุปการตัดในสภาพปัจจุบันโดยมีสภาวะการตัดที่ขึ้นกับพนักงานควบคุมเครื่องเพลาทิ้ง โดยจะพบว่าใบมีดชุดที่ 1 และ 2 กรณีการตัดรอบที่ 2 และ 3 ตามลำดับ พนักงานจะใช้สภาวะการตัดที่ระยะเล็กรอยตัดเฉลี่ย (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 14.2 นาที ถึง 16.7 นาที ให้อัตราการสึกหรออยู่ระหว่าง 0.17 ถึง 0.25 $\mu\text{m}/\text{นาที}$ หรือสามารถตัดชิ้นงานได้อยู่ระหว่าง 310 ชิ้น ถึง 344 ชิ้น ให้อัตราการสึกหรอเทียบกับจำนวนชิ้นงานเท่ากับ 0.009 ถึง 0.0012 $\mu\text{m}/\text{ชิ้นงาน}$ เมื่อกำหนดให้ความหนาผิวชิ้นงานตัดสุดท้ายเท่ากับ 9 μm

ตารางที่ 4.14 แสดงผลสรุปการตัดเมื่อควบคุมสภาวะการตัดให้คงที่ จากผลการทดลองทั้งหมดจะพบว่าใบมีดมีอายุการใช้งานต่ำสุดตั้งแต่ 10.41 ถึงสูงสุด 29.52 นาที ให้อัตราการสึกหรอเทียบกับอายุใบมีดของคมตัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.14 $\mu\text{m}/\text{นาที}$ ถึง 0.49 $\mu\text{m}/\text{นาที}$ หรือเมื่อพิจารณาจำนวนชิ้นจะได้อยู่ระหว่าง 220 ชิ้น ถึง 268 ชิ้น และมีอัตราการสึกหรอของคมมีดเทียบกับจำนวนชิ้นงานมีค่าอยู่ระหว่าง 0.015 $\mu\text{m}/\text{ชิ้นงาน}$ ถึง 0.026 $\mu\text{m}/\text{ชิ้นงาน}$ เมื่อกำหนดให้พิจารณาความหนาผิวชิ้นงานตัดสุดท้ายเท่ากับ 9 μm

จากตารางที่ 4.15 แสดงเปรียบเทียบผลการตัดระหว่างสภาพปัจจุบันและการทดลองควบคุมปัจจัย เมื่อพิจารณากำหนดให้ความหนาผิวสุดท้ายเท่ากับ 9 μm เท่ากัน จากตารางพบว่าสภาวะการตัดโดยการควบคุมปัจจัยจะให้จำนวนผลผลิตการสึกหรอด้านอายุการใช้งานน้อยกว่าสภาพปัจจุบันที่ใช้พนักงานป้อนงานคิดเป็นร้อยละ 22.1 และ 39.1 ตามลำดับ ขณะที่อายุใบมีดและการสึกหรอเทียบกับจำนวนชิ้นงานสูงกว่าร้อยละ 76.8 และ 36.4 ตามลำดับ

สถาบันนวัตกรรมการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 สรุปผลการตัดในสภาพปัจจุบันโดยกำหนดความหยาบผิวสุดท้าย 9 μm

ใบมีด ชุด	กรณีการ ตัดรอบ	สภาวะการตัด				กำหนดความ หยาบผิวสุดท้าย (μm)	ความกว้างคมตัด (μm)			อายุใบ มีดตัด(นาที) (2)	จำนวน (ชิ้นงาน) (3)	อัตราการสึกหรอ	
		d (มม.)	f (ม./นาที)	N (รอบ/นาที)	V *1 (ม./นาที)		ก่อน	หลัง	แตกต่าง (1)			($\mu\text{m}/\text{นาที}$) (1)/(2)	($\mu\text{m}/\text{ชิ้นงาน}$) (1)/(3)
1	1	3.4 \pm 0.9	10.7 \pm 1.7	8000	1810	9	5.8	8.7	2.9	6.1	198	0.48	0.015
	2	3.5 \pm 0.9	6.4 \pm 1.0	8000	1810	9	6.1	9.0	2.9	16.7	323	0.17	0.009
	3	2.9 \pm 0.8	6.8 \pm 1.0	8000	1810	9	5.5	9.3	3.8	16.7	344	0.23	0.011
2	1	3.7 \pm 0.8	6.4 \pm 0.9	8000	1810	9	6.8	*2	*2	*2	*2	*2	*2
	2	4.1 \pm 0.8	6.7 \pm 1.0	8000	1810	9	6.8	10.6	3.8	15.7	319	0.24	0.012
	3	2.7 \pm 0.7	7.2 \pm 1.0	8000	1810	9	5.7	9.2	3.5	14.2	310	0.25	0.011

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

* 2 หมายถึงใบมีดตัดไม่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้

ตารางที่ 4.14 สรุปผลการตัดสำหรับการควบคุมสภาวะการตัด โดยกำหนดความหยাবผิวที่ $9 \mu\text{m}$

ใบมีด ชุด	สภาวะการตัด				พลังงานไฟฟ้าที่ ใช้ตัดของ ชิ้นงานสุดท้าย (Kw)	กำหนดความ หยাবผิว สุดท้าย (μm)	ความกว้างคมตัด (μm)			อายุใบ มีดตัด (นาที) (2)	จำนวน (ชิ้นงาน) (3)	อัตราการสึกหรอ	
	d (มม.)	f (ม./นาที)	N (รอบ/นาที)	V (ม./นาที)			ก่อน	หลัง	แตกต่าง (1)			($\mu\text{m}/\text{นาที}$) (1)/(2)	($\mu\text{m}/\text{ชิ้นงาน}$) (1)/(3)
1	3	3	4900	1062	0.41	9	5.9	9.9	4.0	28.86	262	0.14	0.015
2	3	5	4900	1062	0.43	9	5.6	10.7	5.1	16.24	246	0.31	0.021
3	3	7	4900	1062	0.54	9	5.3	10.5	5.2	11.07	235	0.47	0.022
4	3	3	7900	1712	0.45	9	5.9	9.9	3.9	29.52	268	0.14	0.015
5	3	5	7900	1712	0.62	9	5.6	11.7	6.1	15.70	238	0.39	0.026
6	3	7	7900	1712	0.65	9	5.8	10.5	4.6	10.72	228	0.44	0.021
7	5	3	4900	1062	0.78	9	6.4	11.0	4.6	28.36	258	0.16	0.018
8	5	5	4900	1062	0.91	9	5.9	10.7	4.7	16.67	253	0.29	0.019
9	5	7	4900	1062	0.87	9	5.4	11.3	5.9	12.0	254	0.49	0.023
10	5	3	7900	1712	0.97	9	6.4	10.5	4.1	25.62	233	0.16	0.018
11	5	5	7900	1712	1.0	9	5.5	10.6	5.0	15.17	229	0.34	0.022
12	5	7	7900	1712	1.10	9	6.1	11.0	4.9	10.41	220	0.47	0.022

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

ตารางที่ 4.15 แสดงเปรียบเทียบผลการตัดระหว่างสภาพปัจจุบันกับการควบคุมปัจจัย
(พิจารณาความหยาบผิวสุดท้ายเท่ากับ $9 \mu\text{m}$)

รายการ	หน่วย	สภาพปัจจุบัน (1)	ควบคุมปัจจัย (2)	% ความแตกต่าง $\left[\frac{(2) - (1)}{(1)} \right] \times 100$	หมายเหตุ
1. อายุใบมีดตัด	นาที	16.7	29.52	76.8	เพิ่มขึ้น
2. จำนวนชิ้นงานที่ตัดได้	ชิ้น	344	268	(22.1)	ลดลง
3. อัตราการสึกหรอเมื่อเทียบกับอายุการใช้งาน	$\mu\text{m}/\text{นาที}$	0.23	0.14	(39.1)	ลดลง
4. อัตราการสึกหรอเมื่อเทียบกับอายุการใช้งาน	$\mu\text{m}/\text{ชิ้นงาน}$	0.011	0.015	(36.4)	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

4.7 ผลการศึกษาการปฏิบัติงานในสายการผลิต

4.7.1 ผลการทดลองด้วยเครื่องจักรควบคุมอัตราการป้อน

จากรูปที่ 4.37 ค่าความหนาแน่นผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดจะมีค่าความหนาแน่นผิวเริ่มต้นที่ 4 μm และค่าความหนาแน่นผิวจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการตัดและมีค่าของความหนาแน่นผิวสุดท้ายเท่ากับ 12 μm โดยรายละเอียดของข้อมูลจะอยู่ที่ภาคผนวก ก(9)

จากรูปที่ 4.49 ความหนาแน่นผิวหลังการขัดจะมีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นผิวที่สม่ำเสมอในช่วง 250 ชิ้นมีค่าของความหนาแน่นผิวเฉลี่ยเท่ากับ $4.25 \pm 0.19 \mu\text{m}$ ค่าความหนาแน่นผิวจะมีค่าที่สูงขึ้นเมื่อชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีค่ามากกว่า 250 ชิ้น จะมีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นผิวเท่ากับ $5.21 \pm 0.14 \mu\text{m}$ โดยรายละเอียดของข้อมูลจะอยู่ที่ ภาคผนวก ก(9)

4.7.2 ผลการทดลองด้วยพนักงาน

จากรูปที่ 4.37 ค่าความหนาแน่นผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดจะมีค่าความหนาแน่นผิวเริ่มต้นที่ 5 μm และค่าความหนาแน่นผิวจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการตัดและมีค่าของความหนาแน่นผิวสุดท้ายเท่ากับ 13 μm โดยรายละเอียดของข้อมูลจะอยู่ที่ภาคผนวก ก(9)

จากรูปที่ 4.49 ค่าความหนาแน่นผิวหลังการขัดจะมีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นผิวที่สม่ำเสมอในช่วง 250 ชิ้นมีค่าของความหนาแน่นผิวเฉลี่ยเท่ากับ $4.26 \pm 0.14 \mu\text{m}$ ค่าความหนาแน่นผิวจะมีค่าที่สูงขึ้นเมื่อชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีค่ามากกว่า 250 ชิ้น จะมีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นผิวเท่ากับ $5.71 \pm 0.44 \mu\text{m}$ โดยรายละเอียดของข้อมูลจะอยู่ที่ ภาคผนวก ก(9)

4.7.3 การเปรียบเทียบสภาวะการตัดโดยการป้อนชิ้นงานด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนและพนักงาน

จากรูปที่ 4.39 ค่าความหนาแน่นผิวหลังการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 มีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นผิวเฉลี่ยเท่ากับ 8.08 ± 0.8 และ $4.2 \pm 0.3 \mu\text{m}$ ตามลำดับ และพบว่าความหนาแน่นผิวของชิ้นงานเริ่มต้นหรือผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลาดึงที่มีค่าต่ำกว่า 8 μm ผิวชิ้นงานจะถูกปรับความหนาแน่นผิวให้หนาขึ้นโดยไม่จำเป็น (โดยพิจารณาได้จากเครื่องหมายลบในช่องกระดาษทรายเบอร์ 100 ของความหนาแน่นผิวที่ลดลงจากเริ่มต้น) ซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียเวลาและกระดาษทรายที่ใช้

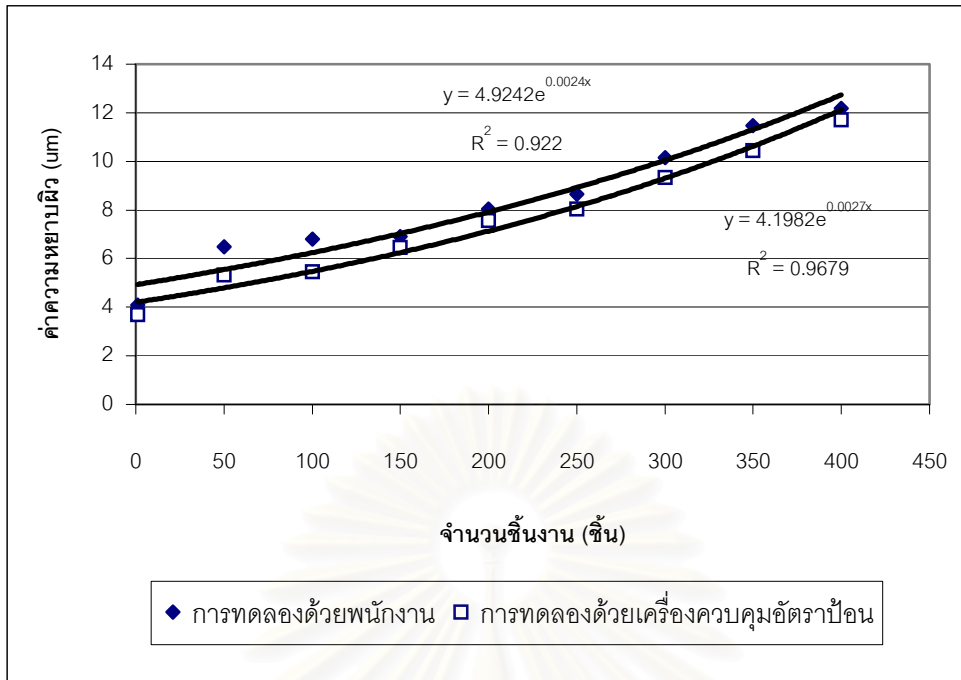
ตารางที่ 4.16 แสดงผลสรุปผลเปรียบเทียบการตัดด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนและการป้อนด้วยพนักงานในสายการผลิต รายละเอียดของข้อมูลจะอยู่ที่ภาคผนวก ก(9) จะพบว่าค่าความหยาบผิวเริ่มต้นของการตัดด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนและการป้อนด้วยพนักงานในสายการผลิตมีค่าที่ใกล้เคียงกันเท่ากับ 4 และ 5 μm จำนวนชิ้นงานที่ทำได้ของการตัดด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนและการป้อนด้วยพนักงานในสายการผลิตที่ค่าความหยาบผิวสุดท้ายเท่ากับ 8 μm มีค่าเท่ากับ 239 และ 203 ชิ้น และมีอายุการใช้งานของใบมีดตัดที่ป้อนด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนและการป้อนด้วยพนักงานในสายการผลิตมีค่าเท่ากับ 27.88 และ 16.44 นาที ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.39 ถึง 4.42 ชิ้นงานที่ผ่านการตัดในช่วงเริ่มต้นของการป้อนงานทั้งสองลักษณะจะมีค่าความหยาบผิวที่ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อสังเกตแล้วชิ้นงานที่ป้อนงานด้วยพนักงานในสายการผลิตจะเกิดคลื่นขึ้นบริเวณผิวหน้าของชิ้นงาน

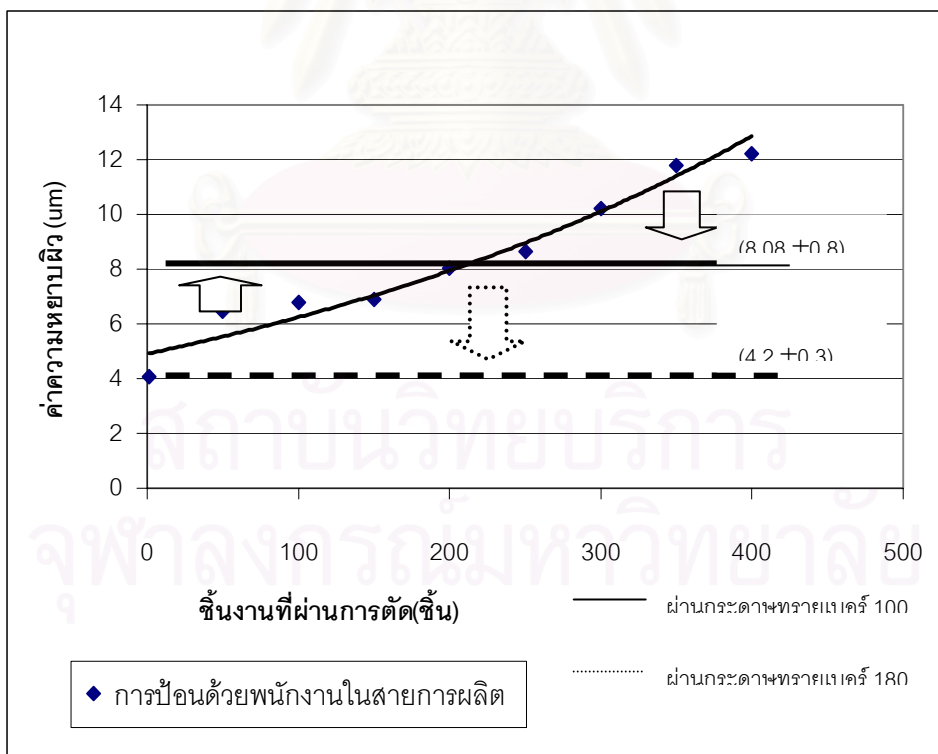
จากรูปที่ 4.43 ถึง 4.46 ชิ้นงานที่ผ่านการตัดของการป้อนชิ้นงานด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนที่ชิ้นงานมากกว่า 200 ชิ้น ผิวของชิ้นงานจะเกิดรอยขีดขึ้นและเพิ่มมากขึ้นจนใบมีดตัดหมดอายุ และการป้อนงานด้วยพนักงานในสายการผลิตชิ้นงานที่ผ่านการตัดมากกว่า 200 ชิ้น ชิ้นงานจะเกิดเสี้ยน เล็กน้อยในบริเวณผิวหน้าของชิ้นงานและจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนใบมีดตัดหมดอายุ

จากรูปที่ 4.50 ค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 จะคงที่เมื่อใช้เวลาในการขัดประมาณ 6 วินาที และให้ค่าความหยาบผิวเฉลี่ยหลังการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 เท่ากับ 4 μm

จากรูปที่ 4.51 ถึง 4.56 ชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 จะสามารถขัดชิ้นงานให้เรียบได้ทั้งหมดในชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่มีค่าความหยาบผิวต่ำกว่า 9 μm ในทั้งสองลักษณะของการป้อน และการขัดชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่มีค่าความหยาบผิวมากกว่า 9 μm การป้อนด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนงานจะสามารถขัดชิ้นงานให้มีผิวเรียบได้ทั้งหมด แต่จะไม่สามารถขัดชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวที่สูงกว่า 9 μm ของการป้อนด้วยพนักงานในสายการผลิต ที่จะยังหลงเหลือเสี้ยนที่เกิดจากการตัดอยู่ในบริเวณผิวหน้าของชิ้นงาน



รูปที่ 4.37 ค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดของการควบคุมอัตราการป้อนงานด้วยเครื่อง และพนักงานในสายการผลิต



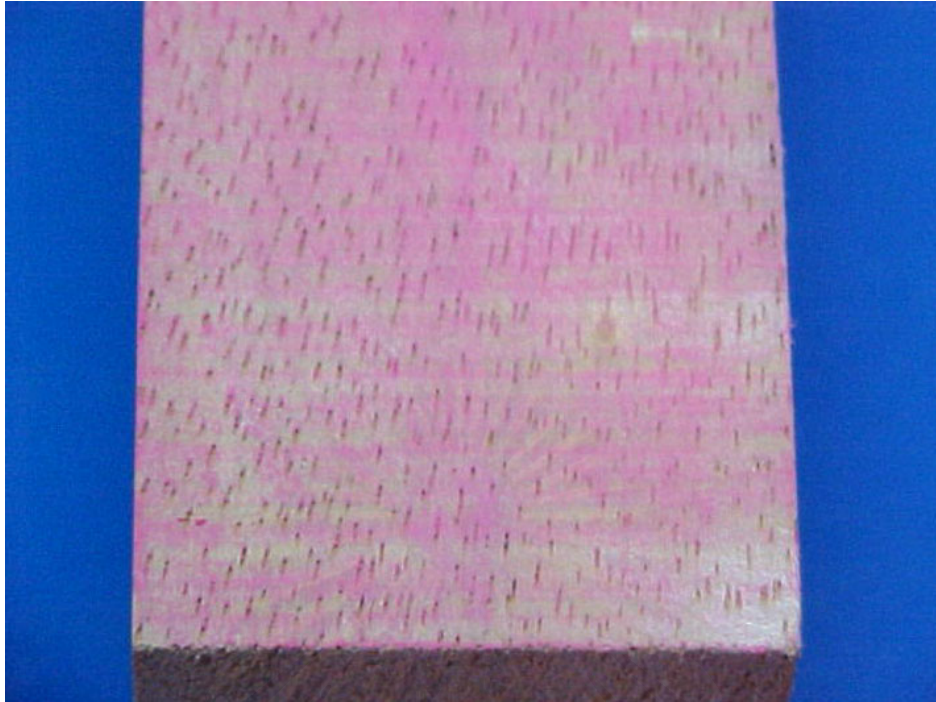
รูปที่ 4.38 แสดงระดับของค่าความหยาบผิวชิ้นงานที่ได้จากการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และ 180 ตามลำดับ ในสภาวะปัจจุบัน



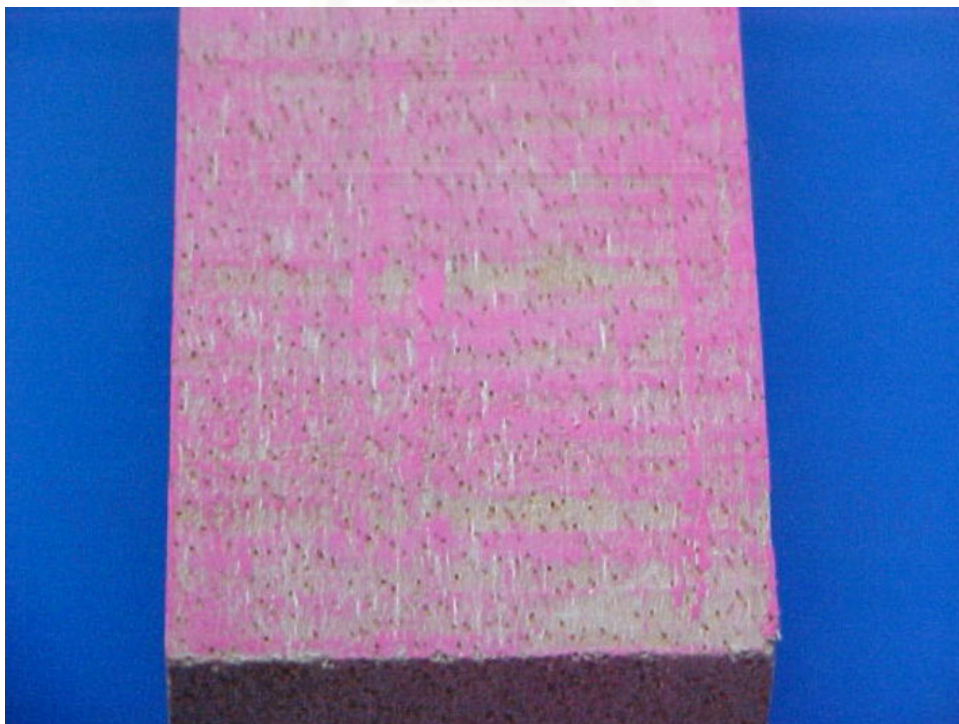
รูปที่ 4.39 ผิวชิ้นงานที่ได้จากการตัดชิ้นที่ 1 ด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อน



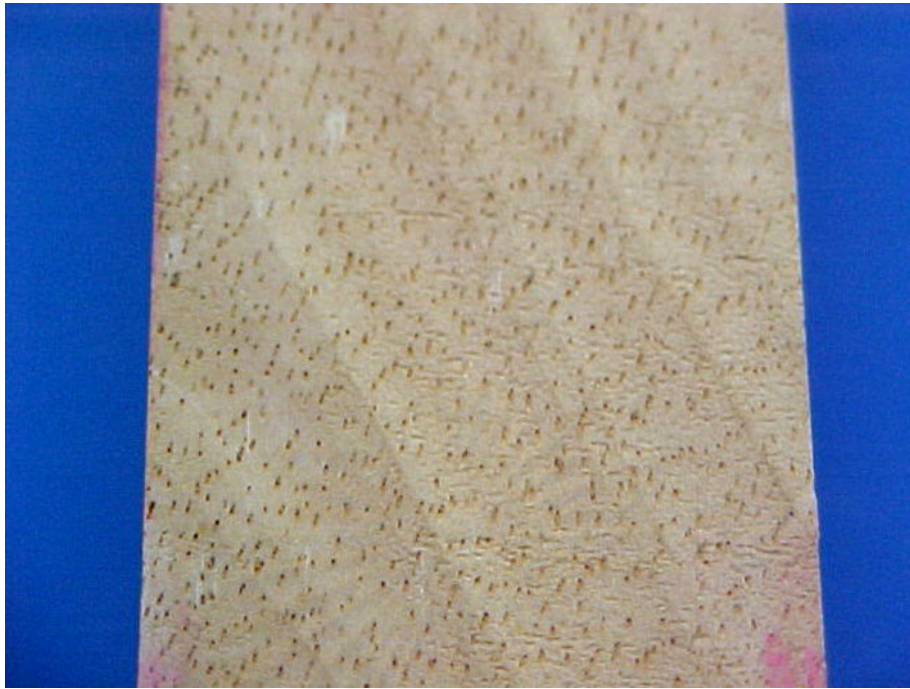
รูปที่ 4.40 ผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัดชิ้นที่ 1 ควบคุมอัตราการป้อนโดยพนักงาน



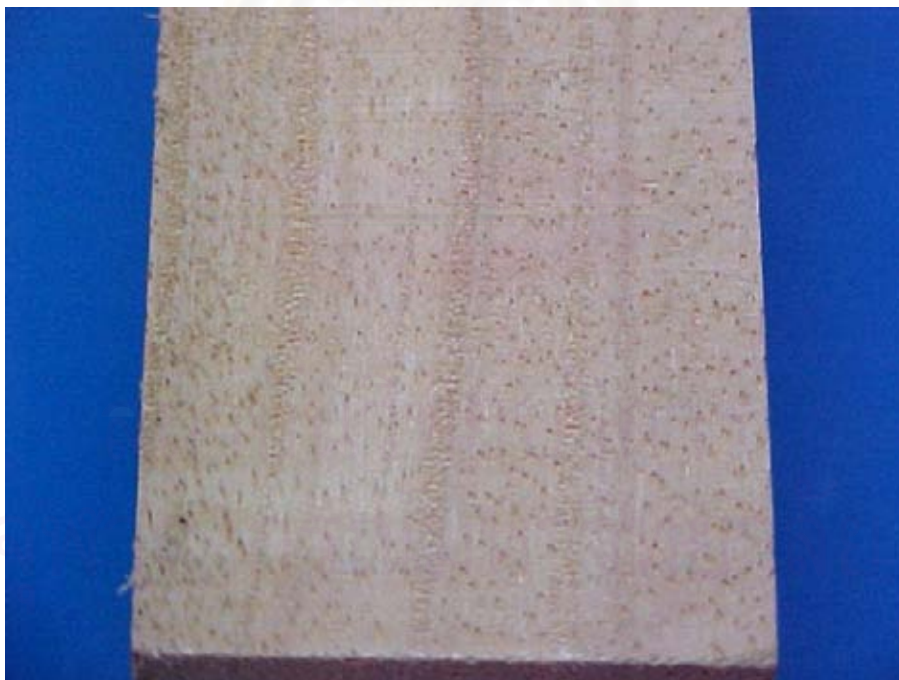
รูปที่ 4.41 ผิวน้ำงานทำการตรวจสอบโดยการใช้ซอลส์คลากบนผิวน้ำงานที่ควบคุมอัตราการป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อน



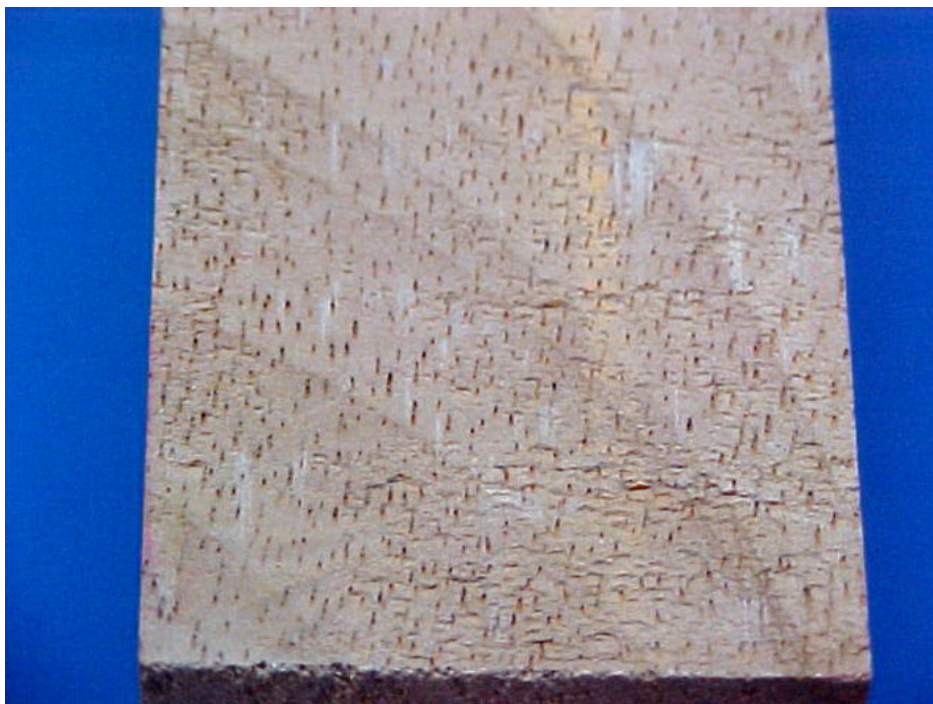
รูปที่ 4.42 ผิวน้ำงานทำการตรวจสอบโดยใช้ซอลส์คลากบนผิวน้ำงานที่ทำการป้อนงานโดยพนักงาน



รูปที่ 4.43 ผิวน้ำที่ผ่านการตัดชั้นที่ 250 การควบคุมอัตราการป้อนน้ำด้วยเครื่องควบคุม



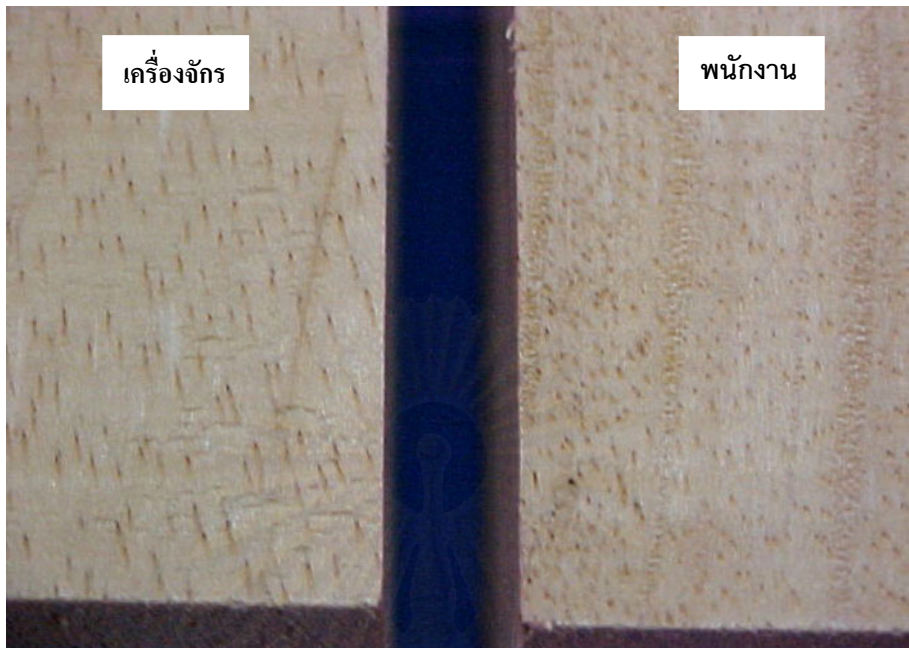
รูปที่ 4.44 ผิวน้ำที่ผ่านการตัดชั้นที่ 250 ของการป้อนน้ำโดยพนักงานในสายการผลิต



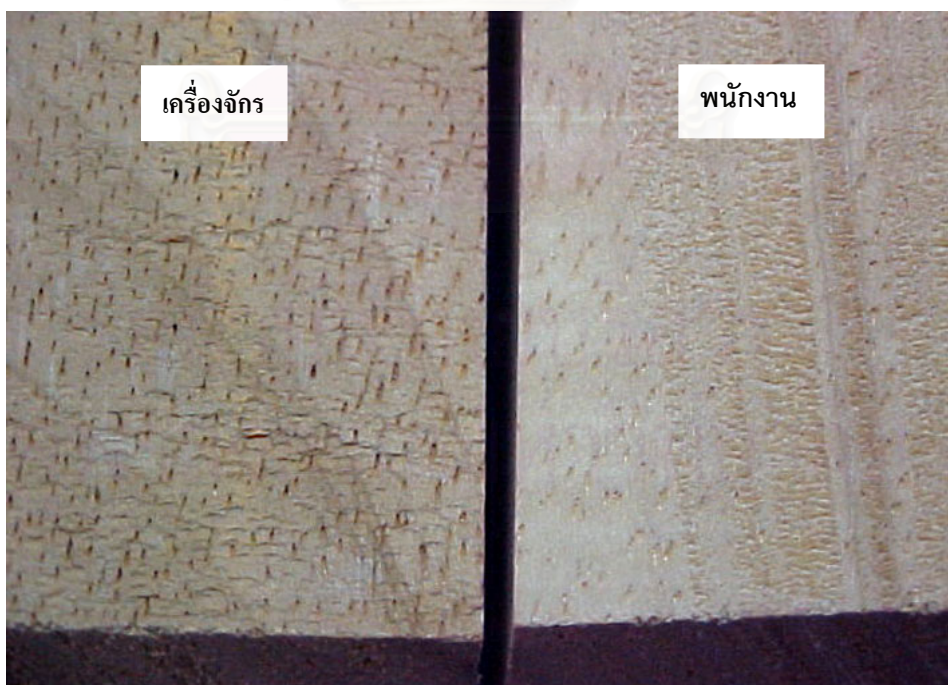
รูปที่ 4.45 ผิวงานที่ผ่านการตัดชิ้นที่ 400 การควบคุมอัตราการป้อนชิ้นงานด้วยเครื่องควบคุม



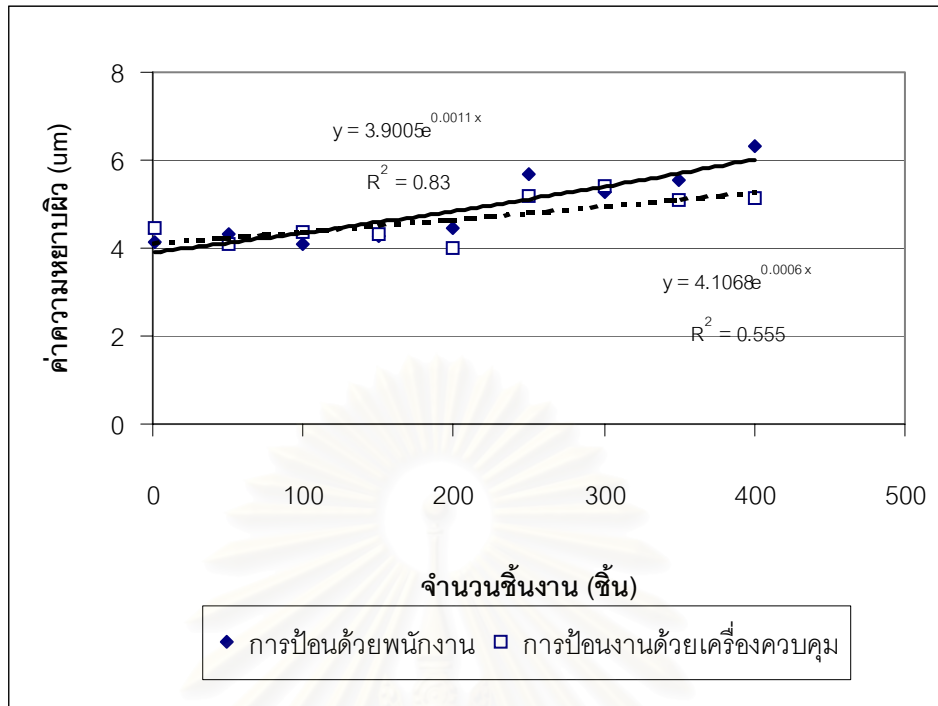
รูปที่ 4.46 ผิวงานที่ผ่านการตัดชิ้นที่ 400 ของการป้อนชิ้นงานโดยพนักงานในสายการผลิต



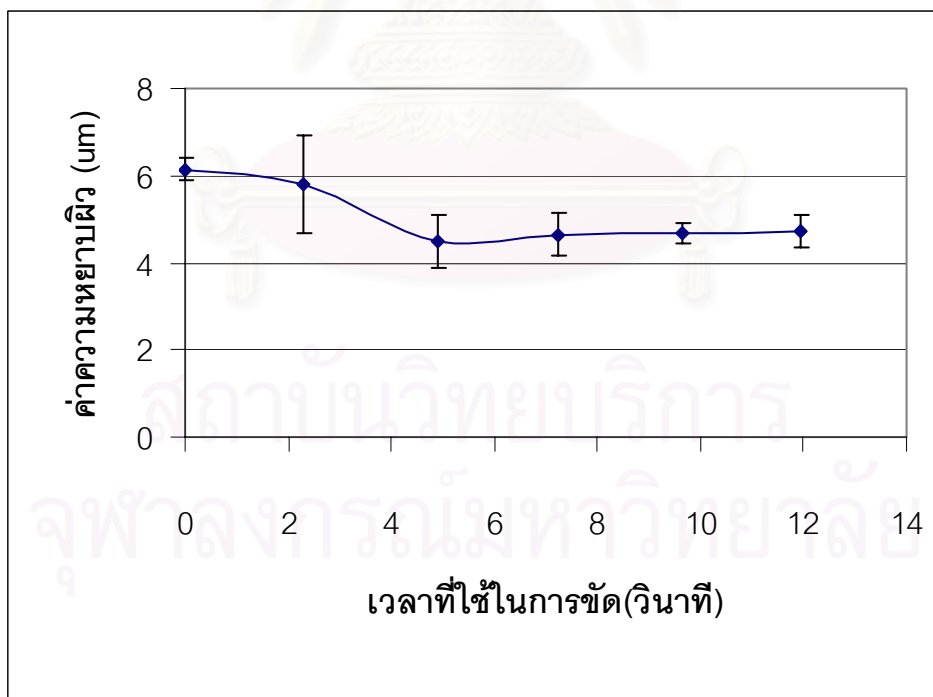
รูปที่ 4.47 เปรียบเทียบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่ 250^x ขึ้นของการตัดที่ควบคุมอัตราการป้อนด้วยเครื่องจักรกับพนักงานในสายการผลิต



รูปที่ 4.48 เปรียบเทียบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่ 250^x ขึ้นของการตัดที่ควบคุมอัตราการป้อนด้วยเครื่องจักรกับพนักงานในสายการผลิต



รูปที่ 4.49 ความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ของการควบคุมอัตโนมัติ การป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมอัตโนมัติการป้อนกับพนักงานในสายการผลิต



รูปที่ 4.50 แสดงค่าความหยาบผิวที่วัดได้กับเวลาที่ใช้ในการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180



รูปที่ 4.51 ผิวนิรนาที่ผ่านการขัดขึ้นที่ 1 ของการควบคุมอัตราการป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อน



รูปที่ 4.52 ผิวนิรนาที่ผ่านการขัดขึ้นที่ 1 ของการควบคุมอัตราการป้อนงานโดยพนักงานในสายการผลิต



รูปที่ 4.53 ผิวนิรขณงานที่ผ่านการขัตขัันที่ 250 ของการควบคุมอัตราการป้อนขัันงานด้วยเครื่งควบคุม



รูปที่ 4.54 ผิวนิรขณงานที่ผ่านการขัตขัันที่ 250 ของการควบคุมอัตราการป้อนโดยพนักงานในสายการผลิต



รูปที่ 4.55 ผิวนิรของชิ้นงานที่ผ่านการขัดชั้นที่ 400 ของการควบคุมอัตราการป้อนชิ้นงานด้วยเครื่องควบคุม



รูปที่ 4.56 ผิวนิรของชิ้นงานที่ผ่านการขัดชั้นที่ 400 ของการควบคุมอัตราการป้อนโดยพนักงานในสายการผลิต

ตารางที่ 4.16 สรุปผลเปรียบเทียบการตัดด้วยเครื่องควบคุมอัตราป้อนและการป้อนงานด้วยพนักงานในสายการผลิตที่ค่าความหนาผิวสุดท้ายเท่ากับ $8 \mu\text{m}$

การควบคุม อัตราป้อน	สภาวะการตัด				ความหนาผิว เริ่มต้น (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.)					
เครื่องควบคุม	3	3	7943 ± 2	0.5 ± 0	4	8	7	239	27.88
พนักงาน	3	4.1 ± 0.9	7645 ± 9	0.36 ± 0.2	5	8	4.86	203	16.44

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองในการศึกษาการใช้ใบมีดตัดของกระบวนการตัดแต่งสำหรับไม้ยางพาราแปรรูปนั้น จะสามารถวิจารณ์ผลการทดลองได้เป็นประเด็น ดังนี้

5.1 การตรวจสอบใบมีดตัด

5.2 การตัดแต่งในสภาวะปัจจุบัน

5.2.1 มุมมีดตัดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัด

5.2.2 ระยะเวลาของรอยตัด

5.2.3 อัตราการป้อนงาน

5.2.4 อายุการใช้งานของใบมีดตัด

5.3 การขัดแต่งชิ้นงาน

5.4 การตัดแต่งของการควบคุมสภาวะการตัด

5.4.1 ความเร็วรอบของใบมีดตัด

5.4.2 ระยะเวลาของรอยตัด

5.4.3 อัตราการป้อนงาน

5.4.4 พลังงานที่ใช้ในการตัด

5.5 การปฏิบัติงานในสายการผลิต

5.5.1 ผิวของชิ้นงานของการควบคุมอัตราการป้อนด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนกับป้อนชิ้นงานโดยพนักงาน

5.5.2 การขัดแต่งชิ้นงานหลังการตัด

5.1 การตรวจสอบใบมีดตัด

การตรวจสอบความกว้างของคมมีดตัดก่อนการใช้งาน (เมื่อได้รับชุดมีดตัดจากผู้ผลิตโดยตรง) โดยการใช้เครื่อง SEM ค่าความกว้างของใบมีดตัดที่จะเริ่มต้นในการใช้งานเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับ 20 ไมครอน (μm) การใช้งานใบมีดตัดที่ได้จากผู้ผลิตโดยตรงจะไม่สามารถนำไปใช้งานได้ทันที เพราะค่าความกว้างของคมมีดตัดมีค่าที่สูงทำให้ชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีความหยาบผิวที่สูงและเกิดเสียงขึ้นบริเวณผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัด ชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยใบมีดตัดจากผู้ผลิตโดยตรงจะไม่สามารถนำไปผ่านกระบวนการขัดได้เพราะการขัดไม่สามารถขัดเสียงที่เกิดจากการตัดได้ทั้งหมด ใบมีดตัดที่จะนำไปใช้งานต้องมีการตรวจสอบและควบคุมขนาดของความกว้างของคมมีดตัดที่ได้รับ

จากผู้ผลิตที่ส่งใบมีดตัดให้ค่าของความกว้างคมมีดตัดอยู่ที่ 5 ถึง 7 ไมครอน (ขนาดเท่ากับค่าของการลับใบมีดตัดที่ใช้ภายในโรงงาน) เพื่อที่จะทำให้ชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีค่าของความหยาบผิวเริ่มต้นที่ดี และได้จำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตัดในปริมาณที่มากพอกับความต้องการ

5.2 การตัดแต่งในสภาวะปัจจุบัน

5.2.1 มุมมีดตัดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัด

การตรวจสอบใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลองจะตรวจสอบค่าของมุมมีดตัด เพื่อทราบว่าปัจจุบันใบมีดตัดที่ใช้งานอยู่มีการกระจายของมุมมีดตัดมากน้อยเพียงไร จากการตรวจสอบพบว่ามุมมีดตัดที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันมีค่าเฉลี่ยของมุมมีดตัดเท่ากับ 52.6 ± 1.6 องศา ค่าของมุมมีดตัดจะมีค่าอยู่ระหว่าง 51 ถึง 54 องศา มุมตัดที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันมีค่าของความเบี่ยงเบนที่สูง ค่าเบี่ยงเบนจะส่งผลต่อกระบวนการตัดโดยตรง ซึ่งจะทำให้เกิดการสึกหรอของใบมีดตัดไม่สม่ำเสมอและใบมีดตัดจะมีอายุการใช้งานที่สั้นลง แต่เมื่อทำการตรวจสอบค่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัดที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72 ± 0 มิลลิเมตร พบว่าผู้ผลิตใบมีดจะให้ความสำคัญต่อขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่าการให้ความสำคัญต่อขนาดของมุมมีดตัดที่มีค่าเบี่ยงเบนที่สูง ทางผู้ผลิตควรจะให้ความสำคัญกับการตรวจสอบใบมีดตัดที่ได้รับจากผู้ผลิตใบมีดตัดก่อนการใช้งานเพื่อทำให้ได้ค่าของมุมมีดตัดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีดตัดที่ดี และทำให้ใบมีดตัดที่ใช้งานมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

5.2.2 ระยะเวลาของรอยตัด

ระยะลึกของรอยตัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะมีค่าของระยะลึกของรอยตัดเฉลี่ยเท่ากับ 3.4 ± 0.5 มิลลิเมตร ระยะลึกของรอยตัดเฉลี่ยที่วัดได้นี้จะเป็นค่าการกระจายของระยะลึกของชิ้นงานที่ทำการทดลองจะมีค่าที่สูง การเบี่ยงเบนของระยะลึกส่งผลต่ออายุการใช้งานของใบมีดตัดทำให้ใบมีดตัดมีอายุการใช้งานที่สั้นลงเพราะแรงที่ใช้ในการตัดไม่สม่ำเสมอ และทำให้ชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีความหยาบผิวที่สูงขึ้นเร็วกว่าปกติ ผู้ผลิตจะต้องให้ความสำคัญต่อการควบคุมระยะลึกของรอยตัดให้มีความสม่ำเสมอ และมีค่าของระยะลึกของรอยตัดไม่สูงเกินไป

5.2.3 อัตราการป้อนงาน

อัตราการป้อนงานของพนักงานในสายการผลิตที่ทำการทดลองในสภาพปัจจุบันจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 ± 1.7 เมตร/นาที อัตราการป้อนงานที่ได้เป็นอัตราการป้อนงานที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันอัตราการป้อนงานที่ใช้จะมีค่าที่สูง การใช้อัตราการป้อนงานที่มีค่าสูงจะส่งผลมากที่สุดต่ออายุ

การใช้งานของใบมีดตัดจะทำให้ใบมีดตัดที่ใช้งานมีอายุใบมีดตัดที่สั้นลงรวดเร็ว เมื่อเทียบกับตัวแปรอื่นๆของการตัด กระบวนการตัดชิ้นงานจะต้องทำการควบคุมอัตราการป้อนให้มีค่าที่เหมาะสมและมีความสม่ำเสมอของการป้อนเพื่อให้อายุใบมีดตัดมีค่าที่ยาวนานและได้ชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่มีคุณภาพ

5.2.4 อายุการใช้งานของใบมีดตัด

อายุการใช้งานของใบมีดตัดที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน จะมีอายุการใช้งานสั้นหรือไม่สามารถใช้งานได้เลยเมื่อใช้งานในรอบแรกของการใช้งาน เนื่องจากค่าความกว้างของใบมีดตัดมีค่าสูงเมื่อได้รับจากผู้ผลิตใบมีดโดยตรง(ดังที่ได้กล่าวในหัวข้อตรวจสอบใบมีดตัด) แต่เมื่อผ่านการใช้งานในรอบแรกแล้วอายุใบมีดตัดจะมีค่าของอายุการใช้งานเฉลี่ยเท่ากับ 30.9 ± 2.1 นาที จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า การใช้งานในรอบแรกของการตัดจะไม่สามารถใช้งานใบมีดตัดได้เลย ผู้ผลิตควรให้ความสำคัญกับการตรวจสอบค่าของความกว้างของใบมีดตัดที่ได้รับจากผู้ผลิตใบมีดที่จะทำให้อายุการใช้งานของใบมีดตัดมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

5.3 การขัดแต่งชิ้นงาน

ความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องเพลาทิ้ง ค่าความหยาบจะมีค่าอยู่ระหว่าง 4.45 ถึง 10.11 μm แต่เมื่อชิ้นงานผ่านการขัดที่กระดาษทรายเบอร์ 100 ค่าของความหยาบผิวจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $8.08 \pm 0.8 \mu\text{m}$ การขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 จะทำให้ผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่มีค่าน้อยกว่า 8 μm ถูกปรับค่าให้มีค่าความหยาบผิวที่เพิ่มขึ้น ยังรวมไปถึงเวลาและกระดาษทรายที่ใช้เพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น ดังนั้นการขัดชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวต่ำกว่า 8 μm ไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 เพื่อลดเวลาและกระดาษทรายที่ใช้ในการขัด

5.4 การตัดแต่งของการควบคุมสภาวะการตัด

5.4.1 ความเร็วรอบของใบมีดตัด

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

อายุการใช้งานของใบมีดตัดมากนักรและยังทำให้ค่าของความหยาบผิวที่ได้มีค่าที่ดี การใช้งานควรใช้ งานความเร็วรอบที่สูงเพื่อทำให้ความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีค่าที่ดี

5.4.2 ระยะเวลาของรอยตัด

ระยะลึกที่ใช้ในการทดลองจะมีค่าเท่ากับ 3 และ 5 มิลลิเมตร และมีค่าของระยะลึกของรอยตัด ที่สม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน การใช้ระยะลึกที่มีค่าของระยะลึกที่ต่ำจะทำให้ใบมีดตัดมีอายุการใช้งานที่ ยาวนานกว่า การตัดที่ระยะลึกของรอยตัดที่สูง ดังนั้นการทำงานในสายการผลิตควรจะต้องให้ ความสำคัญกับระยะลึกของรอยตัดให้มีค่าที่ต่ำและมีความสม่ำเสมอของระยะลึกของรอยตัด เพื่อทำ ให้อายุการใช้งานของใบมีดตัดมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

5.4.3 อัตราการป้อนงาน

อัตราการป้อนงานในการทดลองจะมีค่าเท่ากับ 3, 5 และ 7 เมตร/นาที ในการทดลองค่าของ อัตราการป้อนชิ้นงานจะส่งผลต่ออายุการใช้งานของใบมีดตัดและค่าความหยาบผิวที่ได้จากการตัด ของชิ้นงานมากกว่าค่าของระยะลึกของรอยตัดและความเร็วรอบที่ใช้ในการทดลอง การใช้อัตรากา ป้อนงานที่สูงจะทำให้อายุการใช้งานของใบมีดตัดที่สั้นกว่าการใช้อัตราการป้อนงานที่ต่ำอย่างเห็นได้ ชัด ยังทำให้ค่าของความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการใช้ อัตราการป้อนชิ้นงานควรใช้ที่อัตราการป้อนที่ต่ำเพื่อที่จะทำให้ใบมีดตัดมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และให้ค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่มีคุณภาพ

5.4.4 พลังงานที่ใช้ในการตัด

พลังงานที่ใช้ในการตัดจะแปรผันโดยตรงกับค่าของความเร็วรอบ ระยะลึกของรอยตัด และ อัตราการป้อนงาน เมื่อเพิ่มค่าของตัวแปรทั้งสามจะทำให้พลังงานที่ใช้ในการตัดมีค่าที่สูงขึ้นตามไป ด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของพลังงานที่ใช้ในการตัดจะแปรผันตามค่าของอัตราการป้อนงานมากที่สุด จะ พบว่าการเพิ่มอัตราการป้อนงานสูงขึ้นจะทำให้พลังงานที่ใช้ในการตัดมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นมากเมื่อเทียบ กับการเพิ่มค่าของระยะลึกของรอยตัดและความเร็วรอบของการทดลอง ดังนั้นการใช้งานใน สายการผลิตควรให้ความสำคัญกับการใช้อัตราการป้อนชิ้นงานเพื่อทำให้ค่าของพลังงานที่ใช้ในการ ตัดมีค่าที่ต่ำการใช้พลังงานที่ต่ำจะทำให้ลดต้นทุนในสายการผลิตได้อีกด้วย

5.5 การปฏิบัติงานในสายการผลิต

5.5.1 ผิวของชิ้นงานของการควบคุมอัตราการป้อนด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนกับการป้อนชิ้นงานโดยพนักงาน

ผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่ทำการควบคุมอัตราการป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนและการควบคุมอัตราการป้อนโดยพนักงานป้อนงานจะมีค่าความหยาบผิวเริ่มต้นที่ใกล้เคียงกันกับค่าของการป้อนชิ้นงานโดยพนักงานและค่าความหยาบผิวจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ทำการตัดจนใช้งานใบมีดตัดหมดอายุการใช้งาน แต่เมื่อสังเกตผิวที่ได้จากการตัดผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดมากกว่า 200 ชิ้น ในการควบคุมอัตราการป้อนงานด้วยเครื่องควบคุมชิ้นงานที่ได้จะเกิดเป็นรอยขูดเล็กน้อยจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนใบมีดตัดหมดอายุการใช้งาน และการควบคุมอัตราการป้อนงานโดยพนักงานในสายการผลิตจะมีลักษณะของผิวงานที่เกิดขึ้นขึ้นบริเวณผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดที่มากกว่า 200 ชิ้น และเพิ่มมากขึ้นจนใบมีดตัดหมดอายุ ในการขัดแล้วการเกิดรอยขูดจะสามารถขัดออกได้แต่เมื่อชิ้นงานที่ขึ้นขึ้นจะไม่สามารถขัดชิ้นงานให้เรียบได้ การเกิดสาเหตุของการขึ้นขึ้นจะเกิดจากการป้อนที่ไม่สม่ำเสมอและใบมีดตัดที่ใช้งานหมดอายุ ดังนั้นจึงต้องมีการตั้งมาตรฐานในการจำกัดจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตัดเพื่อทำให้ชิ้นงานที่ผ่านการตัดไม่ขึ้นขึ้นที่จะทำให้เสียเวลาในการขัด

5.5.2 การขัดแต่งชิ้นงานหลังการตัด

การขัดแต่งชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 ของการตัดที่ควบคุมอัตราการป้อนด้วยเครื่องควบคุมอัตราป้อนกับการควบคุมโดยพนักงานในสายการผลิตค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดจะมีค่าที่ไม่แตกต่างกันใน 200 ชิ้นแรกของการขัดค่าความหยาบผิวหลังการขัดเฉลี่ยเท่ากับ $4.26 \mu\text{m}$ แต่เมื่อขัดชิ้นงานที่ผ่านการตัดมากกว่าชิ้นที่ 200 ค่าของความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดจะมีค่าที่สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดและจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นในชิ้นงานที่ใบมีดตัดใกล้หมดอายุ ซึ่งมีค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเท่ากับ $5.21 \mu\text{m}$ และเมื่อทำการตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตาจะพบว่าชิ้นงานที่ผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ของการตัดด้วยเครื่องควบคุมอัตราป้อนชิ้นงานที่ผ่านการขัดจะไม่หลงเหลือรอยของการตัดอยู่เลย แต่ในการตัดโดยการควบคุมอัตราการป้อนด้วยพนักงานในสายการผลิตผิวของชิ้นงานที่ผ่านการขัดจะยังมีขึ้นที่ขัดออกไม่หมด ชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยพนักงานในสายการผลิตที่มีค่ามากกว่า 200 ชิ้นจะต้องทำการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 ก่อนการขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 หรือ ต้องทำการเปลี่ยนใบมีดตัดหลังจากการขึ้นรูปชิ้นงานผ่านไปแล้ว 200 ชิ้น เพื่อทำให้ชิ้นงานที่ผ่านการขัดมีคุณภาพของผิวงานที่ดี

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยจะเป็นการศึกษาการใช้ไบโอมีดัตต์ของกระบวนการตัดแต่งสำหรับไม้ยางพาราแปรรูปผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้พอสรุปได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. ไม้ยางพาราที่มีขนาดของท่ออาหารอยู่ในช่วงระหว่าง 200 ถึง 500 ไมโครเมตร
2. ไม้ยางพาราที่ตรวจสอบจะมีค่าของความเค้นอัด (Compressive Strength) เท่ากับ 468 kg/cm^2 ความเค้นดึง (Tensile Strength) เท่ากับ 445 kg/cm^2 ความเค้นเฉือน (Shear Strength) เท่ากับ 122 kg/cm^2 และมีค่าของแรงกระแทก (Impact bending Strength) เท่ากับ 0.66 kg-m/cm^2
3. ไบโอมีดัตต์ที่ใช้ในการทดลองจะประกอบด้วยธาตุผสมหลักของ ทั้งสแตน (W) คาร์บอน (C) และออกซิเจน(O) อยู่เฉลี่ยร้อยละ 50.51 32.78 และ 16.71 ตามลำดับ
4. สภาวะการตัดในสภาพปัจจุบันมีค่าของระยะลึกของรอยตัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4 ± 0.5 มม. เวลาที่ใช้ในการตัดเฉลี่ยเท่ากับ 2.8 ± 0.5 วินาที/ชิ้นงาน อัตราการป้อนงานเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 ± 1.7 เมตร/นาที
5. ความหนาผิวของชิ้นงานที่ได้จากการตัดจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนชิ้นงานหรือระยะเวลาที่ทำการตัด
6. ความกว้างของคมมีดตัดจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนชิ้นงานที่ผ่านการตัดหรือระยะเวลาการตัด ชุดไบโอมีดัตต์ที่รับโดยตรงจากผู้ผลิตจะให้อัตราการสึกหรอเร็วกว่าชุดไบโอมีดัตต์ที่ผ่านการลับคมครั้งที่ 1 และ 2 ซึ่งการใช้งานของชุดไบโอมีดัตต์ที่ได้รับจากผู้ผลิตโดยตรงจะให้อัตราการสึกหรอเท่ากับ $0.47 \text{ }\mu\text{m/นาที่}$ และชุดไบโอมีดัตต์ที่ผ่านการลับคมแล้วจะมีอัตราการสึกหรอเฉลี่ยเท่ากับ $0.23 \text{ }\mu\text{m/นาที่}$ เมื่อพิจารณาให้ความหนาผิวชิ้นงานสุดท้ายเกิดเสี้ยนเหมือนกัน
7. ความหนาผิวสุดท้ายของชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 และ เบอร์ 180 ชิ้นงานจะมีค่าความหนาผิวเฉลี่ยเท่ากับ $8.0 \pm 0.8 \text{ }\mu\text{m}$ และ $4.2 \pm 0.3 \text{ }\mu\text{m}$ ตามลำดับ และใช้เวลาในการขัดต่อชิ้นเท่ากับ 10.1 ± 1.7 วินาที/ชิ้น และ 6.6 ± 1.2 วินาที/ชิ้นตามลำดับ รวมเวลาที่ใช้ทั้งหมดสำหรับการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100 และ เบอร์ 180 จะเท่ากับ 16.7 ± 2.3 วินาที/ชิ้นงาน

8. ค่าของความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดแล้วตั้งแต่ 9 μm เป็นต้นไป พนักงานจะเริ่มรู้สึกถึงความหยาบและไม่ยอมรับชิ้นงาน

9. ความหยาบผิวชิ้นงานสามารถจำแนกตามลักษณะงานได้เป็น 5 ระดับ คือ ระดับที่ 1 อยู่ระหว่าง 9 ถึง 12 μm จะใช้กับงานหุ้มหนัง ระดับที่ 2 อยู่ระหว่าง 9 ถึง 11 μm จะใช้กับงานขึ้นรูปก่อนการตีโค้ง ระดับที่ 3 อยู่ระหว่าง 8 ถึง 10 μm จะใช้กับงานชิ้นส่วนที่ส่งขัดสามเหลี่ยม ระดับที่ 4 อยู่ระหว่าง 7 ถึง 9 μm จะใช้กับงานโครงสร้าง และระดับที่ 5 ต้องการความหยาบผิวที่น้อยกว่า 4 μm จะใช้กับงาน ชิ้นส่วนที่ส่งขัดบัวนึ่มหรือชิ้นส่วน

10. การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของอัตราป้อน ระยะเวลาถือยึด และความเร็วยก จะส่งผลต่ออายุการใช้งานที่สั้นลง โดยเฉพาะปัจจัยด้านอัตราป้อนงาน(f) จะส่งผลต่ออายุใบมีดสั้นลงที่เร็วกว่าการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยด้าน ระยะเวลาถือยึด และความเร็วยก

11. ความกว้างของคมมีดตัดจะมีขนาดโตขึ้นเมื่อใบมีดมีการใช้งานนานขึ้น เมื่อกำหนดให้ อัตราป้อน (f) ระยะเวลาถือ (d) และความเร็วยก (N) คงที่หนึ่ง และการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของปัจจัย ทั้งสามจะส่งผลให้อายุการใช้งานของใบมีดสั้นลง

12. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใบมีดมีการใช้งานนานขึ้น เมื่อกำหนดให้ อัตราป้อน (f) ระยะเวลาถือ (d) และความเร็วยก (N) คงที่หนึ่ง และการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของปัจจัยทั้ง 3 จะส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าในการตัดเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของอัตราป้อน (f) จะส่งผลให้มีการใช้พลังงานในการตัดสูงขึ้น มากกว่าการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาถือ(d) และความเร็วยก (N)

13. การตัดด้วยเครื่องเพลตัง โดยพนักงานหรือมีปัจจัยควบคุมที่ไม่คงที่ พบว่าที่สภาวะการตัดที่ดีที่สุด คือ ระยะเวลาถือเฉลี่ย 2.9 มม. อัตราป้อนเฉลี่ย 6.8 ม./นาที และความเร็วยกเฉลี่ย 1810 ม./นาที จะให้อายุใบมีดตัดเท่ากับ 16.7 นาที จำนวนชิ้นงาน 344 ชิ้น และอัตราการสึกหรอใบมีดเท่ากับ 0.23 μm /นาที

14. การตัดด้วยเครื่องเพลตัง โดยการทดลองควบคุมปัจจัยให้คงที่ พบว่าที่สภาวะการตัดที่ดีที่สุด คือ ระยะเวลาถือ 3 มม. อัตราป้อน 3 ม./นาที และความเร็วยก 1712 ม./นาที จะให้อายุใบมีดตัดเท่ากับ 29.52 นาที จำนวนชิ้นงานที่ตัดได้ 268 ชิ้น และอัตราการสึกหรอใบมีดเท่ากับ 0.23 μm /นาที

15. เมื่อเปรียบเทียบวิธีการตัดทั้งสอง คือ สภาวะปัจจุบันและการทดลองควบคุมปัจจัยให้คงที่นั้น จะพบว่าที่สภาวะการตัดใกล้เคียงกัน วิธีการตัดโดยการใช้พนักงานควบคุมเครื่องตัดเพลตังจะให้ผลที่ดีกว่าวิธีการควบคุมปัจจัยให้คงที่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ พนักงานสามารถปรับผ่อนแรง

ที่ใช้ในการป้องกันได้ดีกว่าการป้องกันโดยเครื่องป้องกันแทน แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและความชำนาญของพนักงานเอง

16. การเปรียบเทียบสภาวะการตัดในสายการผลิต พบว่าการป้องกันด้วยเครื่องควบคุมสามารถตัดชิ้นงานได้เท่ากับ 239 ชิ้น และมีอายุการใช้งานเท่ากับ 27.88 นาที การป้องกันชิ้นงานด้วยพนักงานในสายการผลิตจะสามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้เท่ากับ 203 ชิ้น และมีอายุการใช้งานเท่ากับ 16.44 นาที ที่ค่าความหยابผิวสุดท้ายที่ 8

17. ชิ้นงานที่ผ่านการตัดด้วยเครื่องควบคุมอัตราการป้อนและพนักงานในสายการผลิตจะเกิดรอยขีดและเสี้ยนขึ้นที่ชิ้นงานที่ผ่านการตัดมากกว่า 200 ชิ้น และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนใบมีดตัดหมดอายุ แต่รอยขีดและเสี้ยนที่เกิดจากการตัดจะสามารถขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180 ออกไปได้ทั้งหมดทั้งผิวหน้าชิ้นงาน

18. อายุการใช้งานของใบมีดตัด ที่ควรนำไปใช้งานเท่ากับ 17 นาที หรือมีค่าความหยابผิวของชิ้นงานที่ผ่านการตัดเท่ากับ 8 μm ซึ่งสามารถนำชิ้นงานไปขัดกระดาษทรายเบอร์ 180 ได้ทันทีหลังการตัด โดยไม่ต้องผ่านการขัดกระดาษทรายเบอร์ 100

19. การกำหนดอายุการใช้งานของใบมีดตัดและค่าความหยابผิว จะทำให้ลดเวลาที่ใช้ในการขัด, ลดค่าใช้จ่ายของกระดาษทรายเบอร์ 100 และลดค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนใบมีดตัด

20. การกำหนดอายุการใช้งานใบมีดตัดและค่าความหยابผิว ทำให้ต้องเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนใบมีดตัดและเวลาที่ใช้ในการลับคมมีดตัด

6.2 ข้อเสนอแนะ

การทำวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการนำเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไปดังนี้

1. สามารถนำผลที่ได้จากการออกแบบการทดลองไปช่วยในการเลือกหาค่าที่เหมาะสมในการใช้งานของ ระยะเวลา ความเร็วรอบ และอัตราการป้อนงาน กับการตัดไม้ชนิดอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันกับไม้ยางพารา

2. นำเอาข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปออกแบบเครื่องจักรต้นแบบในการตัดแต่งไม้ยางพารา โดยการใช้เครื่องจักรในการควบคุมอัตราการป้อนงานแทนพนักงานในสายการผลิตเพื่อให้ชิ้นงานที่ผ่านการตัดมีคุณภาพ

3. สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับใบมีดตัดที่มีลักษณะแตกต่างออกไป เช่น ใบมีดตัดเอียง, มุมมีดตัดที่แตกต่างกัน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- วรวิทย์ สุนทรนุระ, ไม้ยางพาราแปรรูป, วารสารยางพารา, ปีที่ 20 ฉบับที่ 3 ก.ย. – ธ.ค. 2543.
- วรวิทย์ จตุรพาณิชย์, คุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของไม้, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2540.
- สัมภาษณ์ ศรีสุข สมชาย พัวจินดาเนตร การศึกษาการวัดค่าความหนาแน่นไม้ยางพาราแปรรูปโดยวิธีการประมวลผลภาพ การประชุมสัมมนาวิชาการเครือข่ายทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมทั่วประเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2545.
- ศุภโชค วิริยะโกศล, การตัดโลหะ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ , มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่, 2542.
- กรมป่าไม้ สำนักงานกรมป่าไม้, รายงานการสำรวจสภาพพื้นที่ปลูกยาง กิจกรรมกระบวนการผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราท้องที่จังหวัดระยอง จังหวัดสงขลา ภาคเหนือและการตลาดไม้ยางพาราของประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร, 2543.

ภาษาอังกฤษ

- Aguilera, A., Meausoone, P.J. and Martin, P. Wood material influence in routing operation : the MDF case, (n.p.) : Originalarbeiten-Originals, 2000.
- Aguilera, A. and Martin, P. Machining qualification of solid wood of cutting force, power requirements and surface roughness, (n.p.) : Originalarbeiten-Originals, 2001.
- Armarego, E. J. A. and Brown R. H., The Machining of Metal, , Englewoods Cliff, New Jersey : Prentice Hall, 1969.
- Braghini Jr, A. and Coelho, R. T. An Investigation of the Wear Mechanisms of Polycrystalline Cubic Boron Nitride (PCBN) Tools when End Milling Hardness Steels at Low / Medium Cutting Speeds, Advanced Manufacturing Technology, 2000.
- Edward, M. Trent and Paulk Wright, Metal Cutting, Fourth Edition, (n.p.) : 2000.
- Koch, P. Wood Machining Process, New York : Ronal Press, 1964.
- Lee, E. and Oxley, T. A. The machine planing of hard woods, Forest Products Research Laboratory, 1967.

- Lin, T.R. and Shyu, R.F. Improvement of Tool Life and Exit Burr Using Variable Feeds with Coating Drill, Advanced Manufacturing Technology, 2000.
- 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.
- Palmqvist, J. and Gustafsson, S.-I. Emission of dust in planing and milling of wood, Originalarbeiten-Originals, 1999.
- Ploymekha, C. Effect of Machining Condition on Process Quality, Master Thesis, the University of Melbourne, 1974.
- Ratnasingam, J., Ma, T.P. and Perkins, M. C. Productivity in wood machining process – question of simple economics , Originalarbeiten-Originals, 1999.
- Wengert, G. The Wood Doctor's Rx. Department of Forestry, University of Wisconsin-Madison, 1999.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก(1) ผลการตรวจสอบ EDX ของไม้ยางพารา

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

System resolution = 70 eV

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

Standards :

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

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

* = <2 Sigma

รูปที่ ก(1) -1 ผลตรวจสอบด้วย EDX สำหรับไม้ยางพาราจุดที่ 1

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

System resolution = 70 eV

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

Standards :

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

Elmt	Spect.	Element	Atomic	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	36.15
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	ระยะลิกรอยตัด (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) พิจารณาที่ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยน
 (2) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลิกรอยในการตัดเฉลี่ยและจำนวนชิ้นงาน

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

ชิ้นงาน ที่	ระยะลึกในการตัด (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) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลึกในการตัดเฉลี่ย และจำนวนชิ้นงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ชิ้นงาน ที่	ระยะลึกในการตัด (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) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลึกในการตัดเฉลี่ย และจำนวนชิ้นงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ชิ้นงาน ที่	ระยะลึกในการตัด (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) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลึกในการตัดเฉลี่ย และจำนวนชิ้นงาน
- (3) ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนตั้งแต่ชิ้นแรก

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

ชั้นงาน ที่	ระยะลึกในการตัด (มม.)				เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชั้นงาน)		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		
จำนวนชั้นงานที่ทำได้ทั้งหมด ⁽¹⁾ (ชั้น)				เวลาที่ใช้ในการตัด (วินาที/ชั้นงาน)	อายุการใช้งาน ใบมีดตัด ⁽¹⁾ (นาที)	ปริมาตรที่ได้จาก การตัด ⁽²⁾ (ลบ.เมตร)	
600				3.0	29.4	32.5	

หมายเหตุ

(1) พิจารณาที่ผิวชั้นงานเกิดเสี้ยน

(2) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลึกในการตัดเฉลี่ย และจำนวนชั้นงาน

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

ชิ้นงาน ที่	ระยะลึกในการตัด (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) พิจารณาที่ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยน

(2) ปริมาตรที่ได้จากการตัดเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดรอยตัดระยะลึกในการตัดเฉลี่ย และจำนวนชิ้นงาน

ภาคผนวก ก(4) ข้อมูลความหยาบผิวกับสภาวะการตัดชิ้นงานสภาพปัจจุบัน

ตารางที่ ก(4) - 1 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้
งานรอบที่ 1 (เมื่อได้รับจากผู้ผลิตชุดใบมีด)

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

หมายเหตุ * หมายถึง ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนจนไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ ก(4) - 2 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีดใช้
งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับใบมีดครั้งที่ 1)

ชิ้นงาน	ความเรียบผิว (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	ความเรียบผิว (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	ความเรียบผิว (μm)			ค่าเฉลี่ย (μm)
	1	2	3	
1	*	*	*	*
18	*	*	*	*

หมายเหตุ * หมายถึง ผิวชิ้นงานเกิดเสี้ยนจนไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ ก(4) – 5 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยโม่เม็ดตัดชุดที่ 2 กรณีโม่เม็ดใช้
งานรอบที่ 2 (ผ่านการลับโม่เม็ดครั้งที่ 1)

ชิ้นงาน	ความเรียบผิว (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 แสดงผลความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยโม่เม็ดตัดชุดที่ 2 กรณีโม่เม็ดใช้
งานรอบที่ 3 (ผ่านการลับโม่เม็ดครั้งที่ 2)

ชิ้นงาน	ความเรียบผิว (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 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีด
ใช้งานรอบที่ 1

ใบมีด ตัดที่	ความกว้างของคมตัด								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	20	18	17.7 ± 2.5	12.7
2	5	6	5	5.3 ± 0.6	13	15	15	14.3 ± 1.2	9
3	8	7	6	7 ± 1	15	18	20	17.7 ± 2.5	10.7
4	8	7	5	6.7 ± 1.5	8	7	6	7 ± 1	0.3
5	6	7	5	6 ± 1	20	18	15	17.7 ± 2.5	11.7
6	5	5	5	5 ± 0	12	10	10	10.7 ± 1.2	5.7
ค่าเฉลี่ย				5.8 ± 0.9	ค่าเฉลี่ย			13.9 ± 5	8.4 ± 4.6

ตารางที่ ก(5) – 2 แสดงผลการวัดค่าความกว้างคมตัดก่อนและหลังการใช้งานใบมีดตัดชุดที่ 1 กรณีใบมีด
ใช้งานรอบที่ 2

ใบมีด ตัดที่	ความกว้างของคมตัด								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 กรณี
ใบมีดใช้งานรอบที่ 3

ใบมีด ตัดที่	ความกว้างของคมตัด								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 กรณีใบมีด
ใช้งานรอบที่ 1

ใบมีด ตัดที่	ความกว้างของคมตัด								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 กรณีใบมีด
ใช้งานรอบที่ 2

ใบมีด ตัดที่	ความกว้างของคมตัด								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 กรณีใบมีด
ใช้งานรอบที่ 3

ใบมีด ตัดที่	ความกว้างของคมตัด								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 ข้อมูลความหยาบผิวชิ้นงานที่ระยะลึกการตัดที่ 3 มม. อัตราป้อนที่ 3 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที

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

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

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (ชิ้น)	ค่าความหยาบผิว (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)	ค่าความหยาบผิว (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)	ค่าความหยาบผิว (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)	ค่าความหยาบผิว (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)	ค่าความหยาบผิว (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)	ค่าความหยาบผิว (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)	ค่าความหยาบผิว (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)	ค่าความหยาบผิว (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)	ค่าความหยาบผิว (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)	ค่าความหยาบผิว (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)	ค่าความหยาบผิว (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

ชั้นงาน ผ่านตัดที่	ความกว้างของคมมีดตัด (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

ชั้นงาน ผ่านตัดที่	ความกว้างของคมมีดตัด (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

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

ตารางที่ ก(7) - 4 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 3 มม. อัตราป้อน 3 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

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

ตารางที่ ก(7) - 5 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 3 มม. อัตราป้อน 5 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

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

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

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

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

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

ตารางที่ ก(7) - 8 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 5 มม. อัตราป้อน 5 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที

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

ตารางที่ ก(7) - 9 ข้อมูลความกว้างคมมีดตัดที่ระยะลึกในการตัด 5 มม. อัตราป้อน 7 เมตร/นาที
ความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที

ชั้นงาน ผ่านตัดที่	ความกว้างของคมมีดตัด (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

ชั้นงาน ผ่านตัดที่	ความกว้างของคมมีดตัด (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

ชั้นงาน ผ่านตัดที่	ความกว้างของคมมีดตัด (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

ชั้นงาน ผ่านตัดที่	ความกว้างของคมมีดตัด (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)	ค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัด (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)	ค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัด (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)	ค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัด (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)	ค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัด (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
ลึกการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 5 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (ชิ้น)	ค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัด (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
ลึกการตัด 3 มม. อัตราการป้อน 7 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (ชิ้น)	ค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัด (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
ลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 3 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (ชิ้น)	ค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัด (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
ลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 5 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (ชิ้น)	ค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัด (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)	ค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัด (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)	ค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัด (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
ลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 5 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (ชิ้น)	ค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัด (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
ลึกการตัด 5 มม. อัตราการป้อน 7 เมตร/นาที

ชิ้นงานที่ผ่าน การตัด (ชิ้น)	ค่าของพลังงานที่ใช้ในการตัด (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 ความหยาบผิวของ
ชิ้นงานที่ผ่านการขัด และเวลาที่ใช้ในการขัด

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

ชิ้นงาน	ความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัด (μm)				ความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วย กระดาษทรายเบอร์ 180 (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	ความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการตัด (μm)				ความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วย กระดาษทรายเบอร์ 180 (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 \pm 2.6	เฉลี่ย			4.9 \pm 0.8	2.93 \pm 1.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

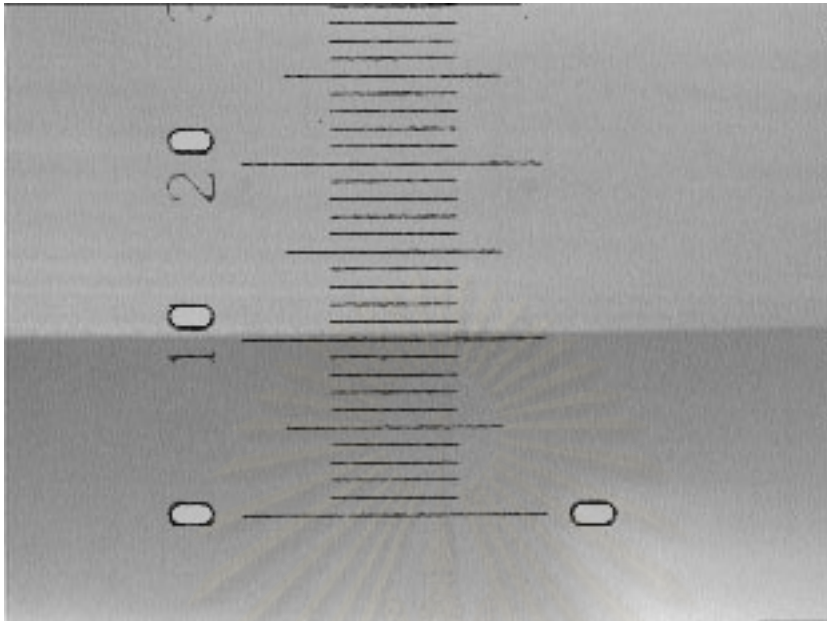
ประกอบด้วย

- ภาคผนวก ข(1) ภาพถ่ายการสีกรหรือของใบมีดตัดชุดที่ 1 ของสภาวะการตัดสภาพปัจจุบัน
- ภาคผนวก ข(2) ภาพถ่ายการสีกรหรือของใบมีดตัดชุดที่ 2 ของสภาวะการตัดสภาพปัจจุบัน
- ภาคผนวก ข(3) ภาพถ่ายการสีกรหรือของสภาวะการควบคุมการตัด ที่ระยะลึกของรอยตัด 3 มม.
- ภาคผนวก ข(4) ภาพถ่ายการสีกรหรือของสภาวะการควบคุมการตัด ที่ระยะลึกของรอยตัด 5 มม.

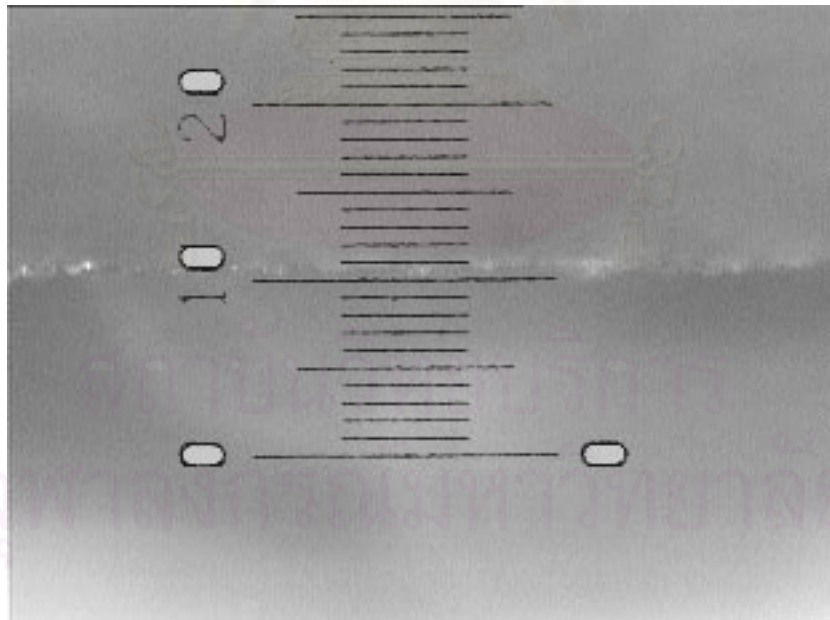


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

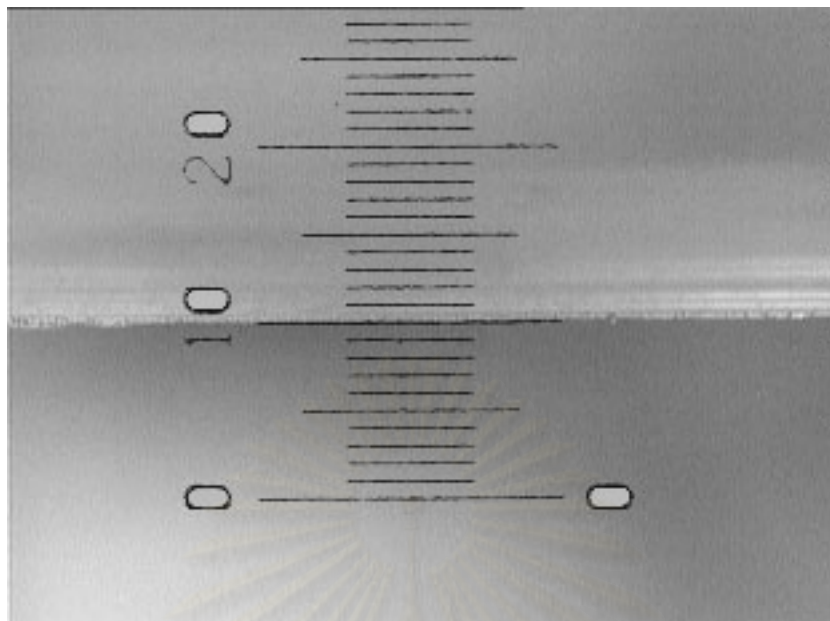
ภาคผนวก ข(1)ภาพถ่ายการสีกหรือของใบมีดตัดชุดที่ 1 ของสภาวะการตัดสภาพปัจจุบัน



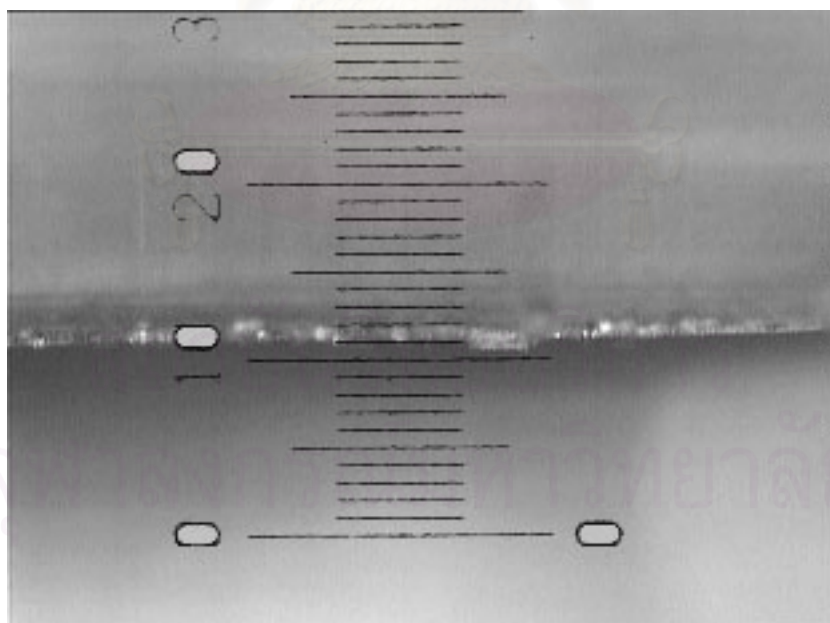
รูปที่ ข(1)-1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1



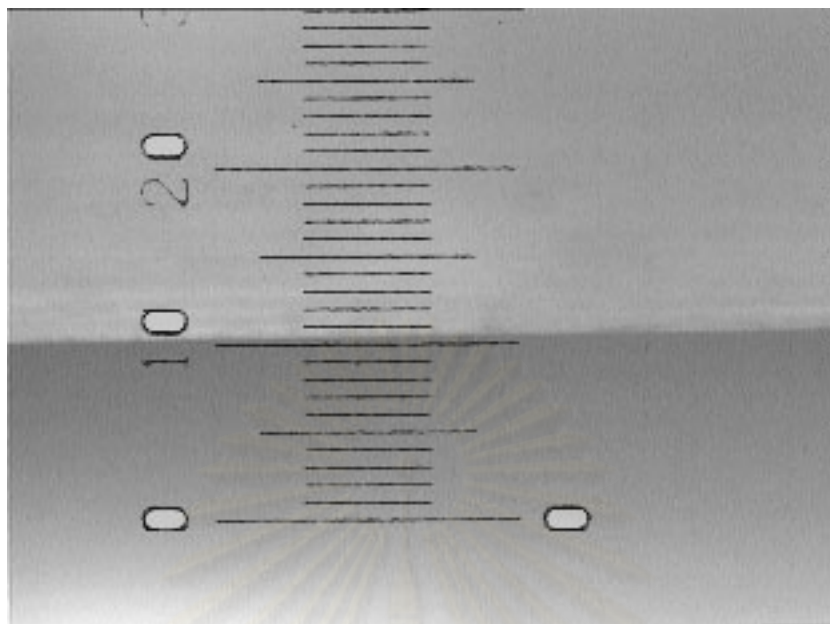
รูปที่ ข (1) - 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1



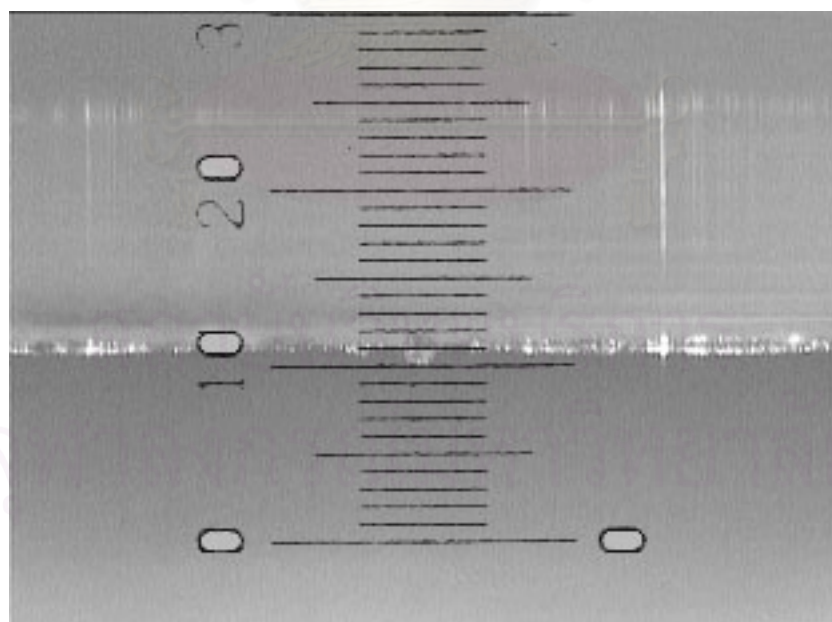
รูปที่ ข (1) - 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2



รูปที่ ข (1) - 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2

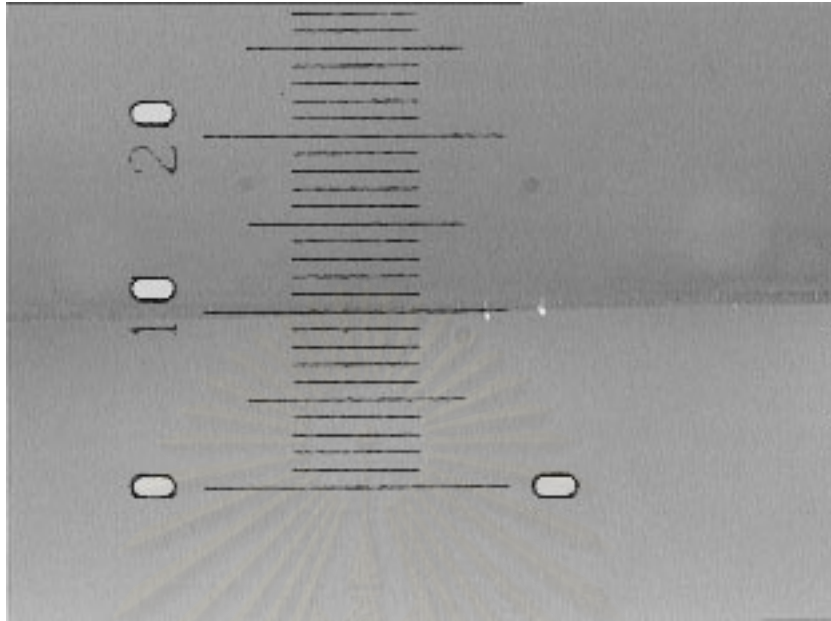


รูปที่ ข (1) - 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3

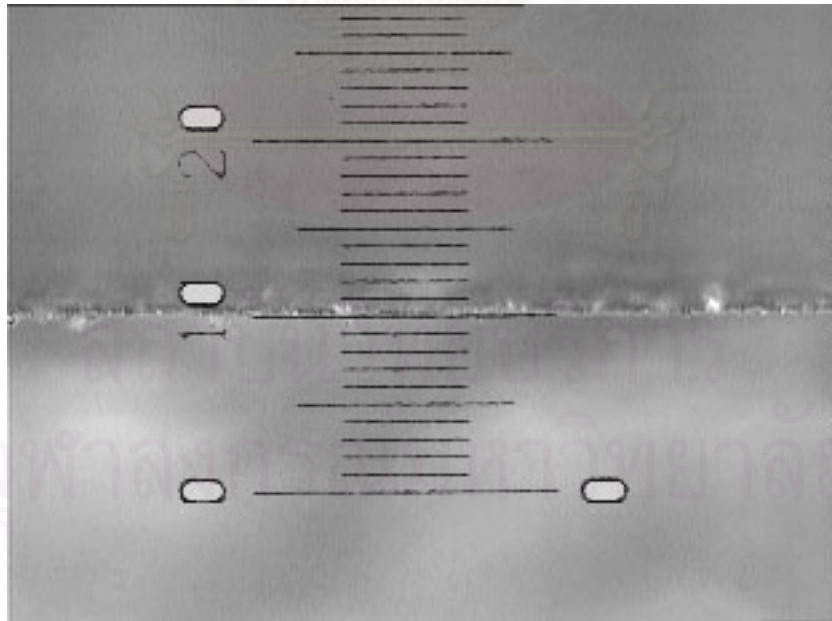


รูปที่ ข (1) - 6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3

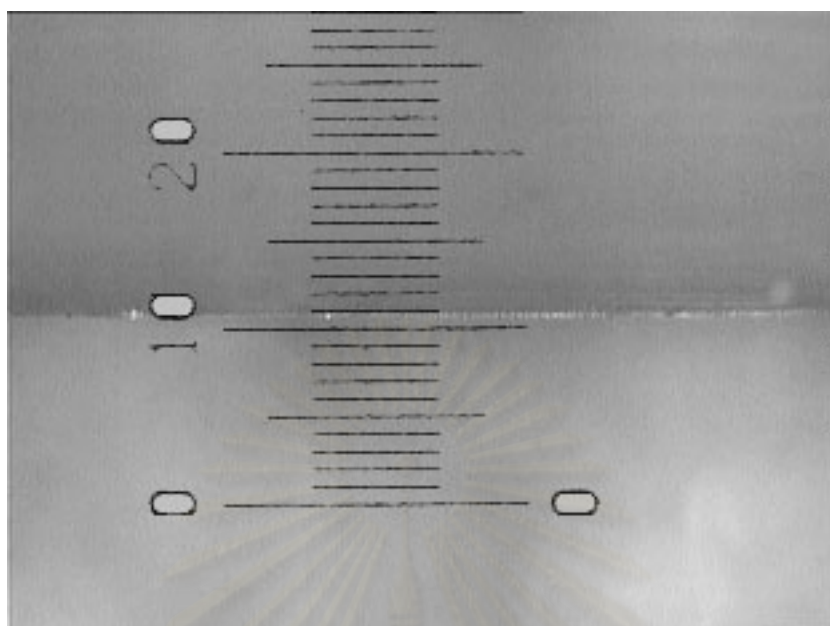
ภาคผนวก ข(2)ภาพถ่ายการสึกหรอของใบมีดตัดชุดที่ 2 ของสภาวะการตัดสภาพปัจจุบัน



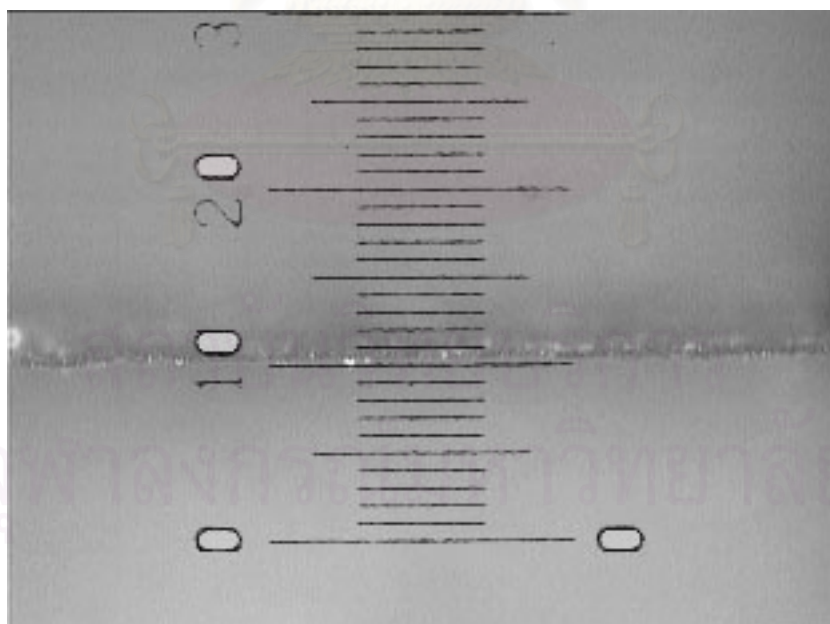
รูปที่ ข (2) - 1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1



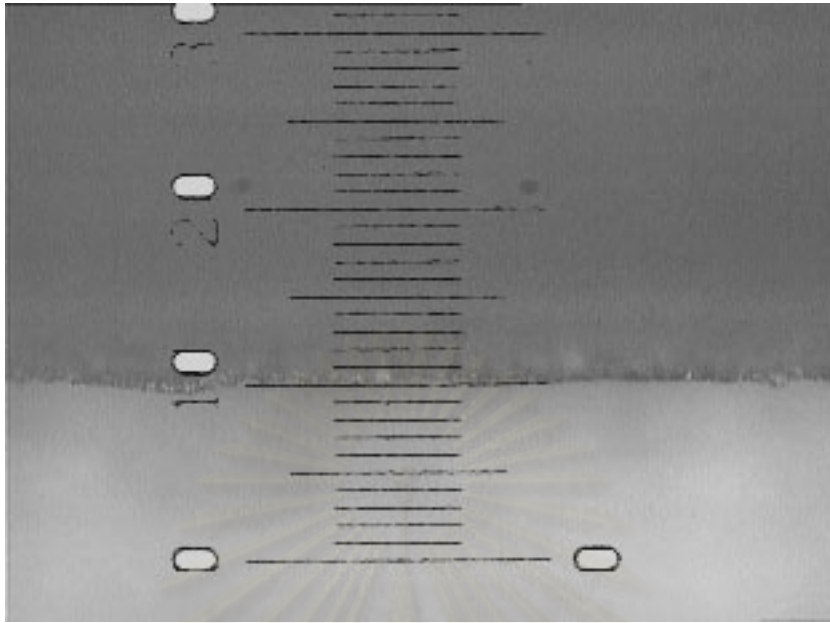
รูปที่ ข (2) - 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้ งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 1



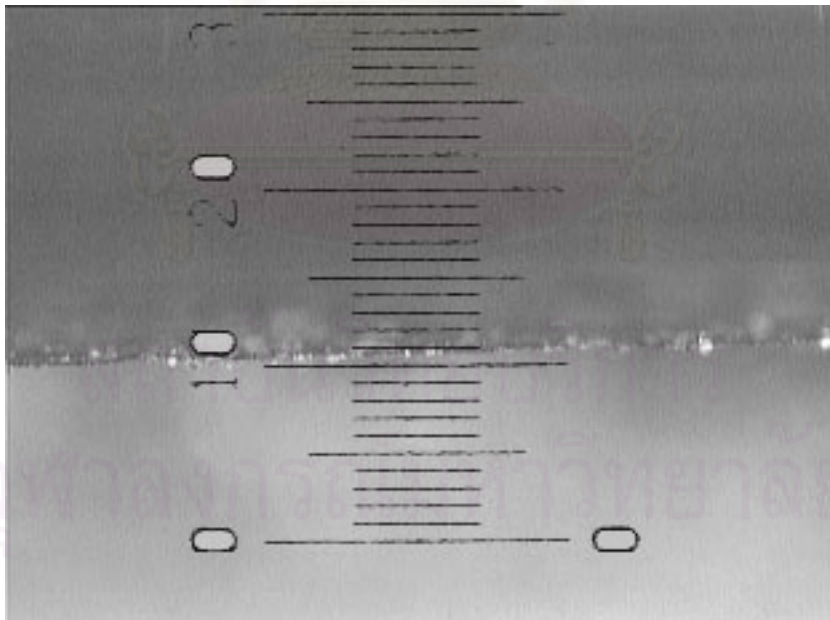
รูปที่ ข (2) - 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2



รูปที่ ข (2) - 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 2

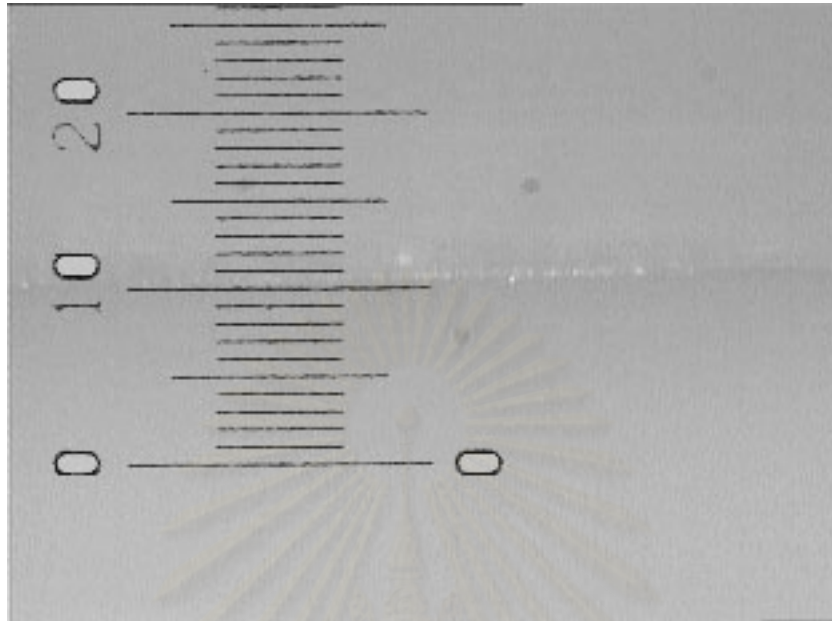


รูปที่ ข (2) - 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของสันคมมีดแสดงระยะความกว้างของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3

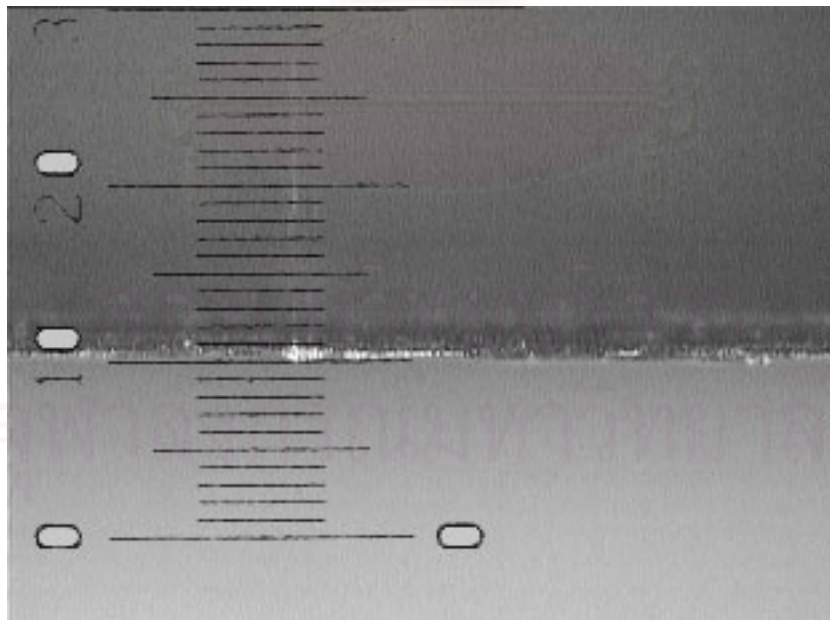


รูปที่ ข (2) - 6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่าของแนวคมมีดตัดหลังการใช้งานของคมมีดตัดรอบการใช้งานที่ 3

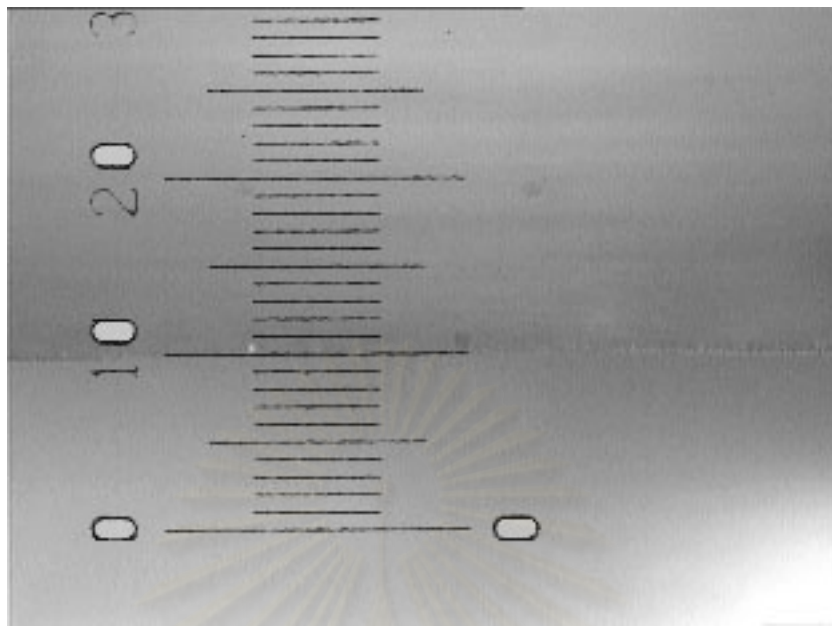
ภาคผนวก ข(3) ภาพถ่ายการสีกหรือของสภาวะการควบคุมการตัด ที่ระยะลึกของรอยตัด 3 มม.



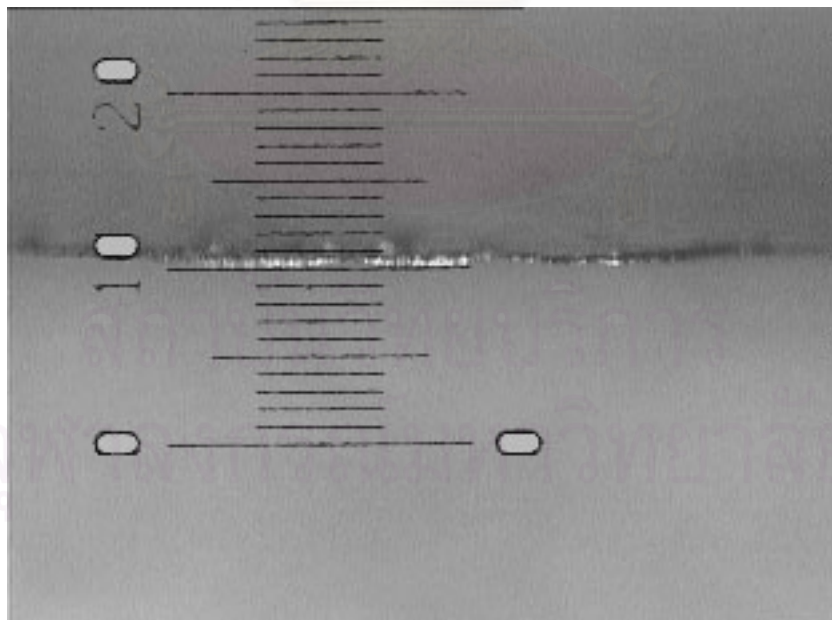
รูปที่ ข (3) - 1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



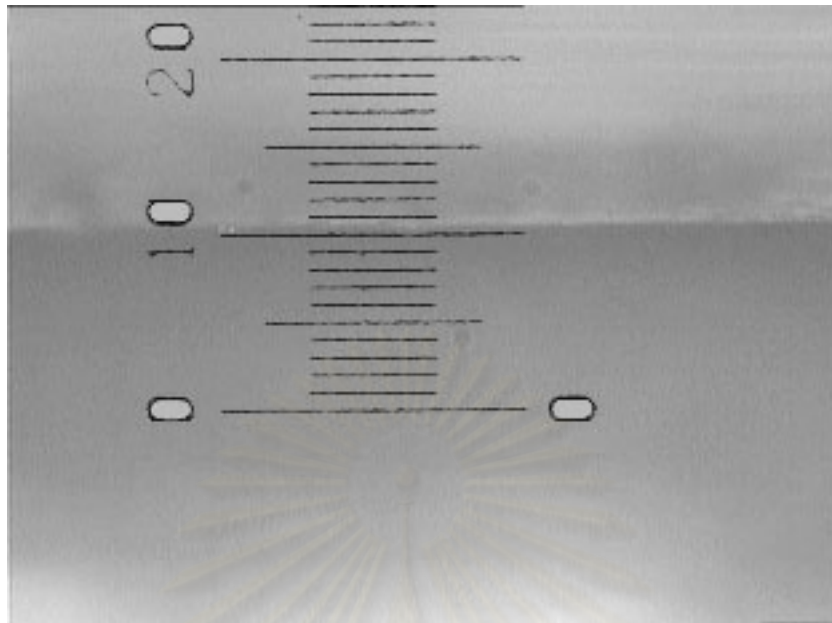
รูปที่ ข (3) - 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ ที่อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



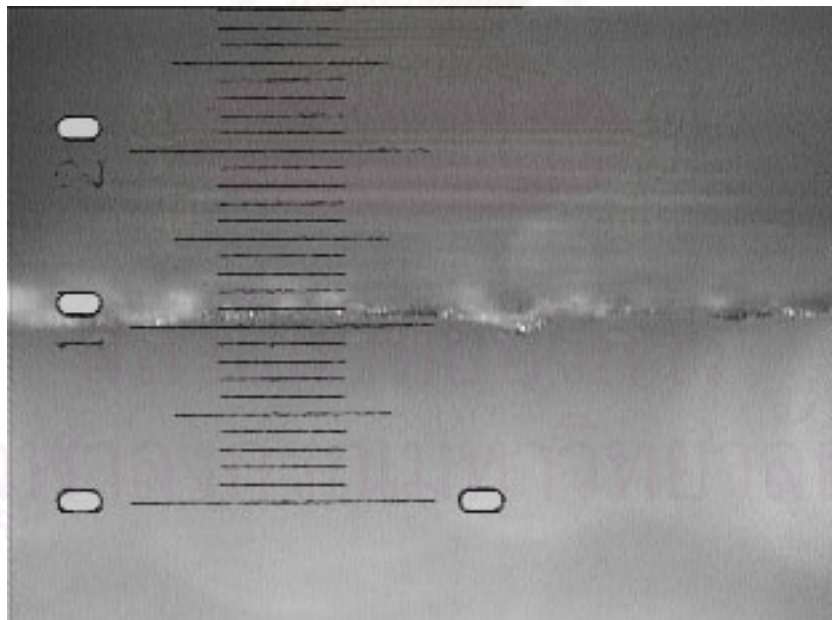
รูปที่ ข (3) - 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



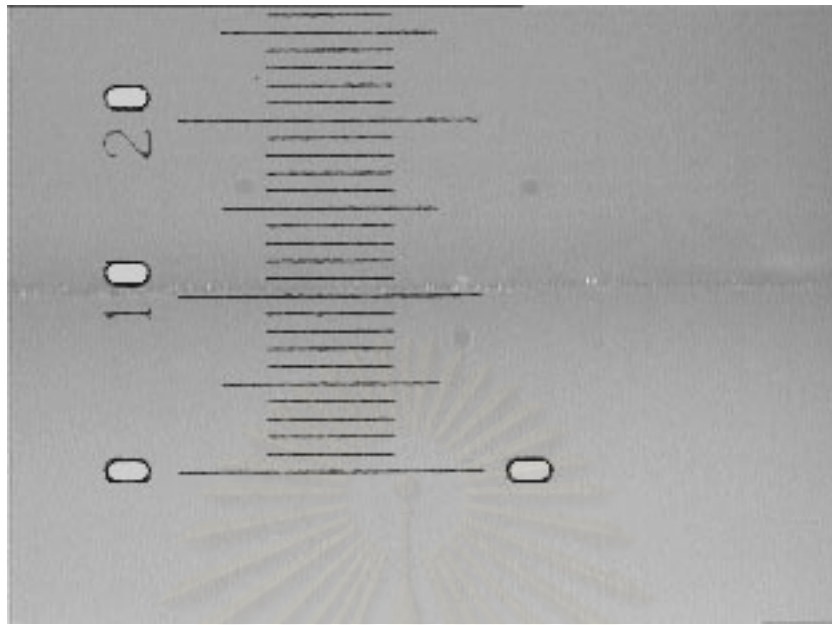
รูปที่ ข (3) - 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดตัดหลังการใช้ ที่อัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



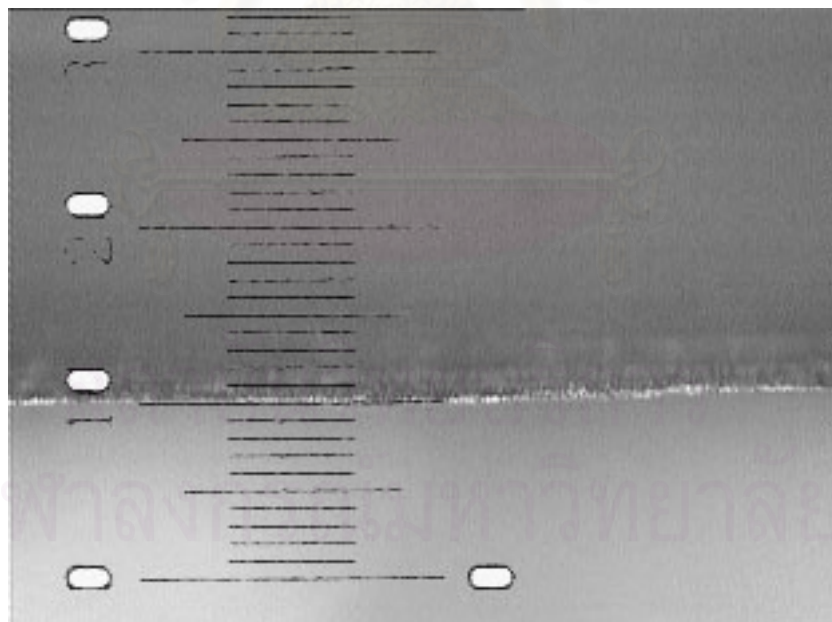
รูปที่ ข (3) - 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



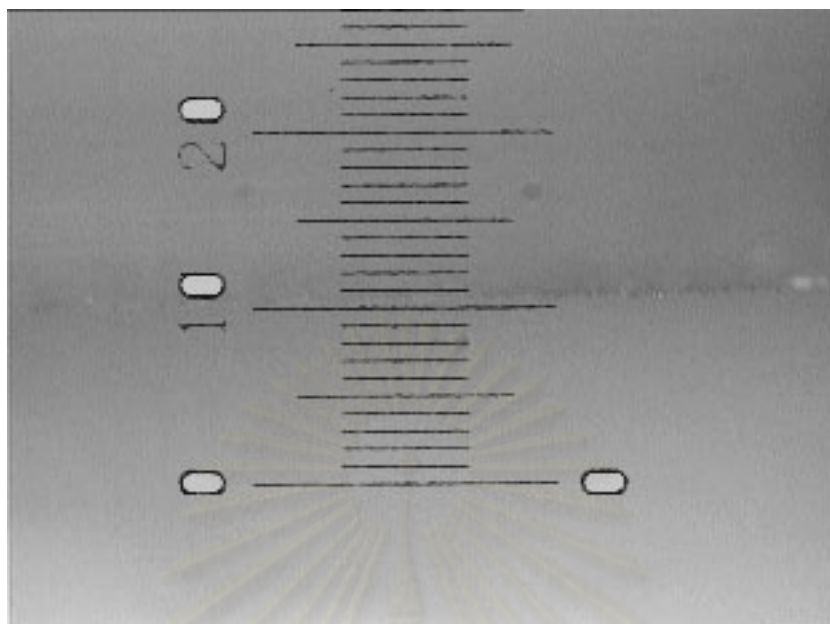
รูปที่ ข (3) - 6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดตัดหลังการใช้ ที่อัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



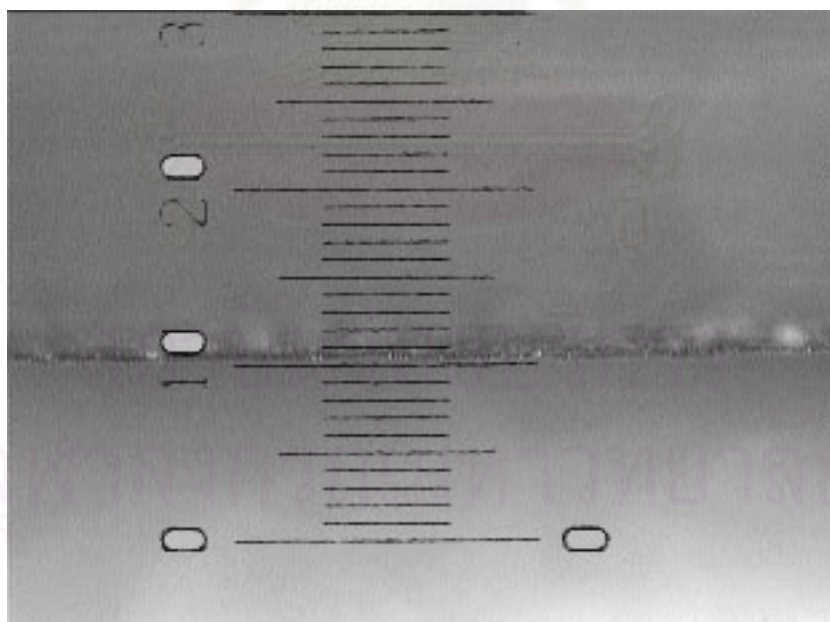
รูปที่ ๓ (3) - 7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



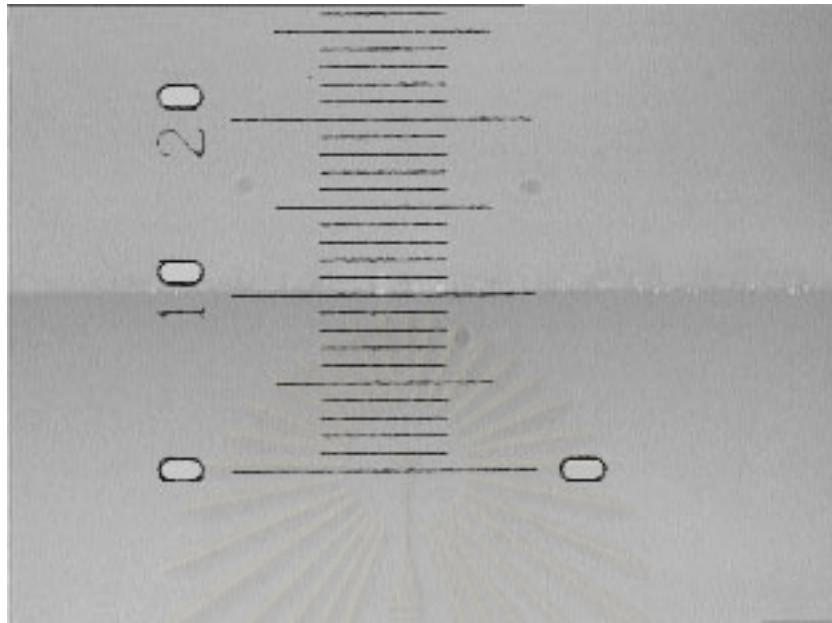
รูปที่ ๓ (3) - 8 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



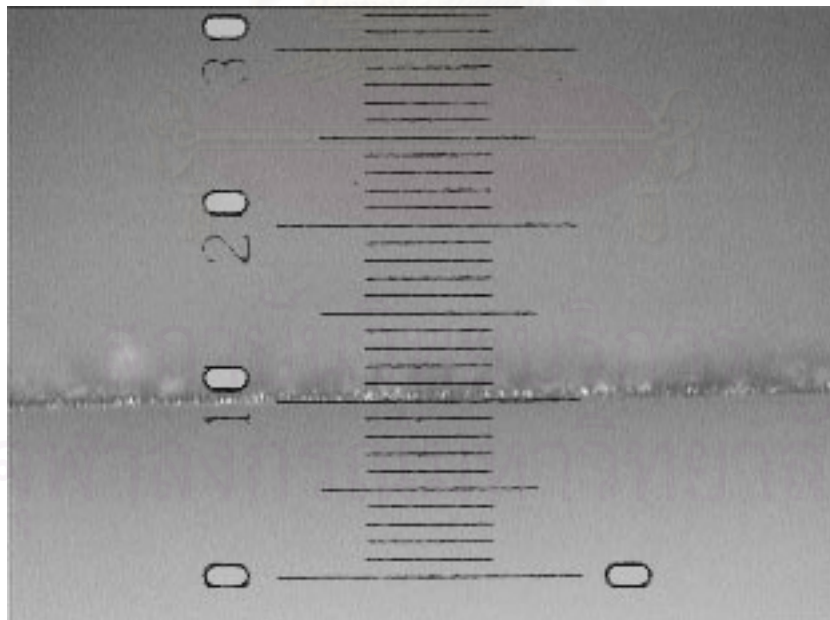
รูปที่ ข (3) - 9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



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

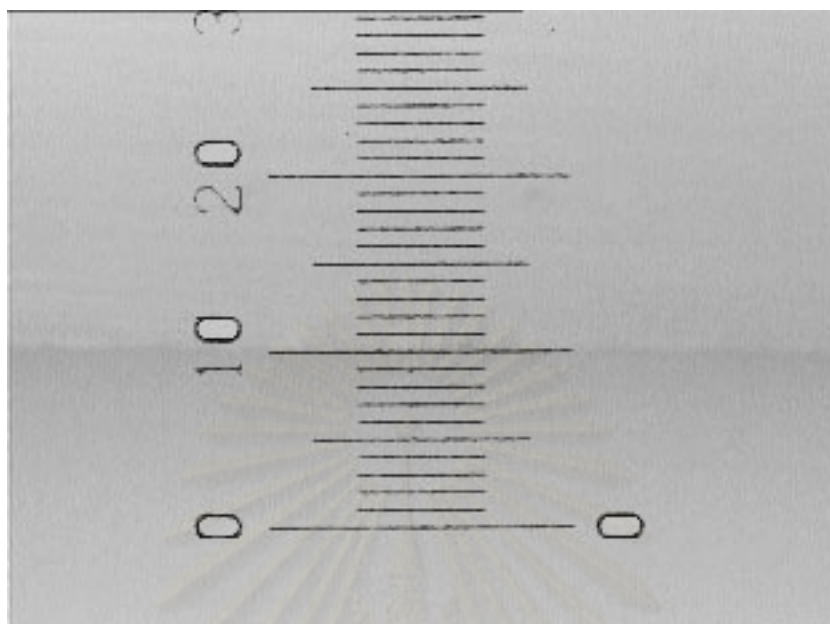


รูปที่ ข (3) - 11 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้
งานอัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

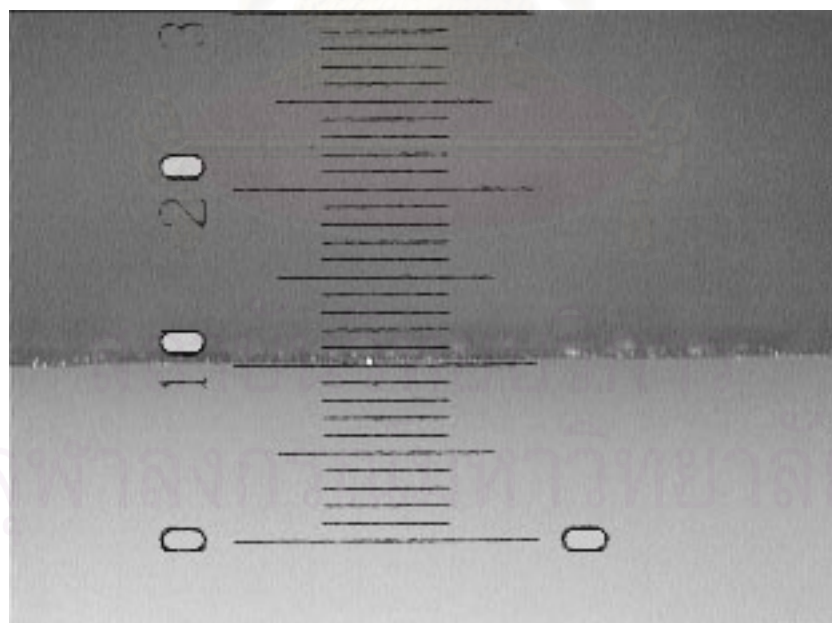


รูปที่ ข (3) - 12 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดตัดหลังการ
ใช้ที่อัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที

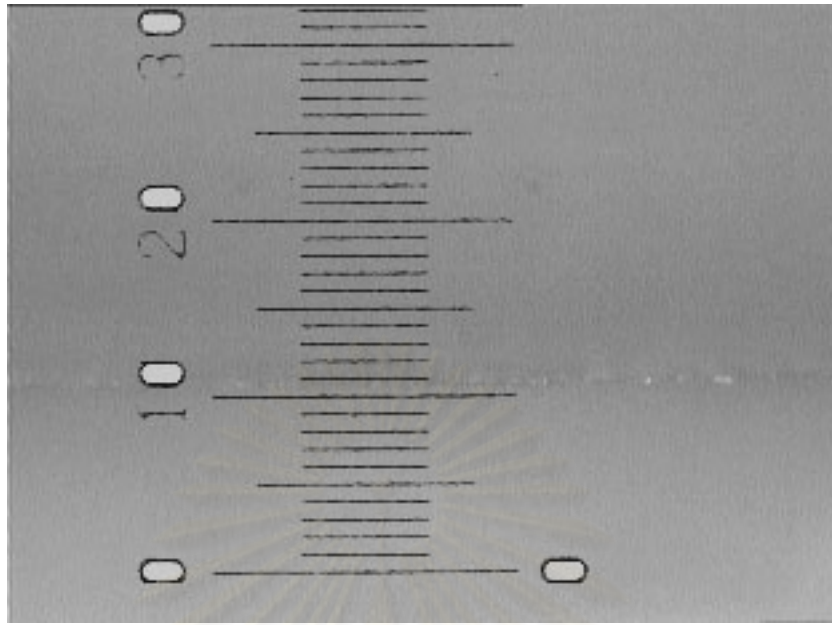
ภาคผนวก ข(4) ภาพถ่ายการสึกหรอของสภาวะการควบคุมการตัด ที่ระยะลึกของรอยตัด 5 มม.



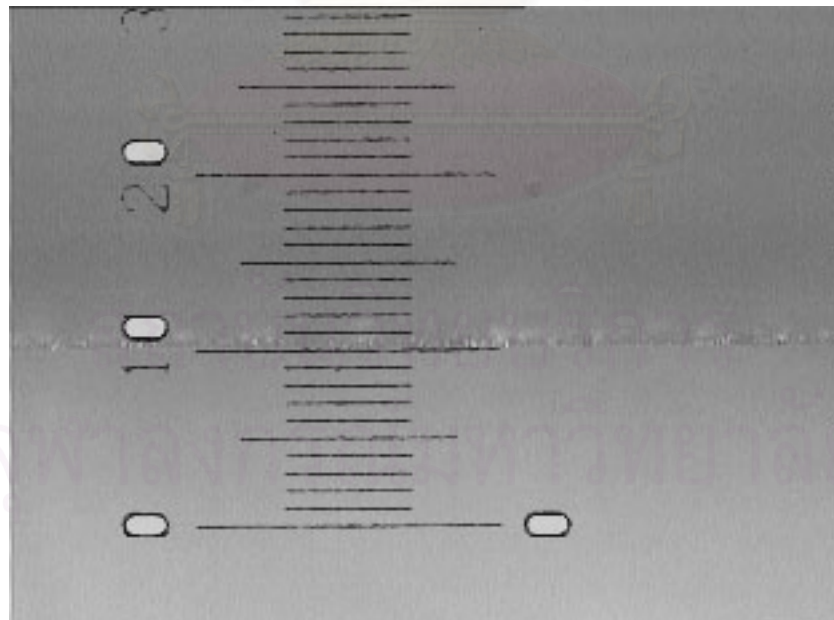
รูปที่ ข (4) - 1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



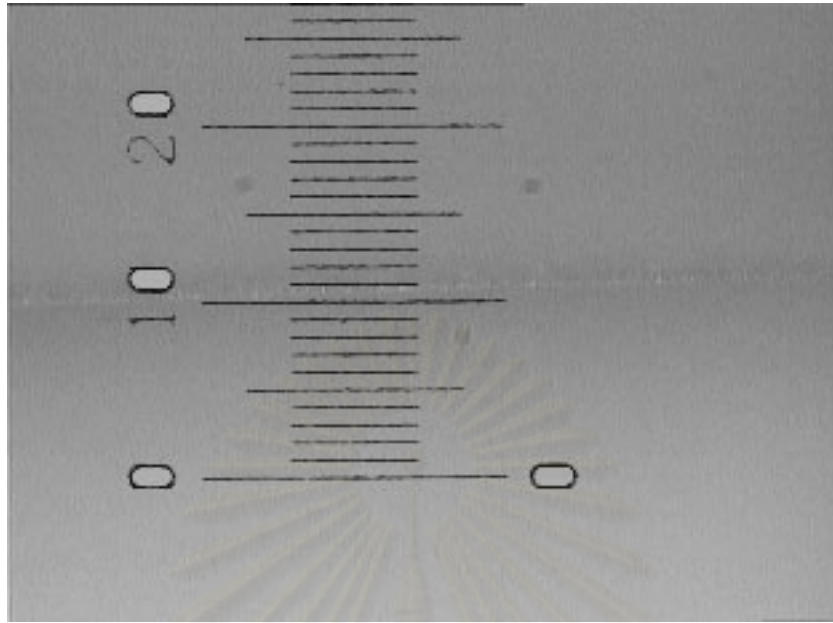
รูปที่ ข (4) - 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ ที่อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



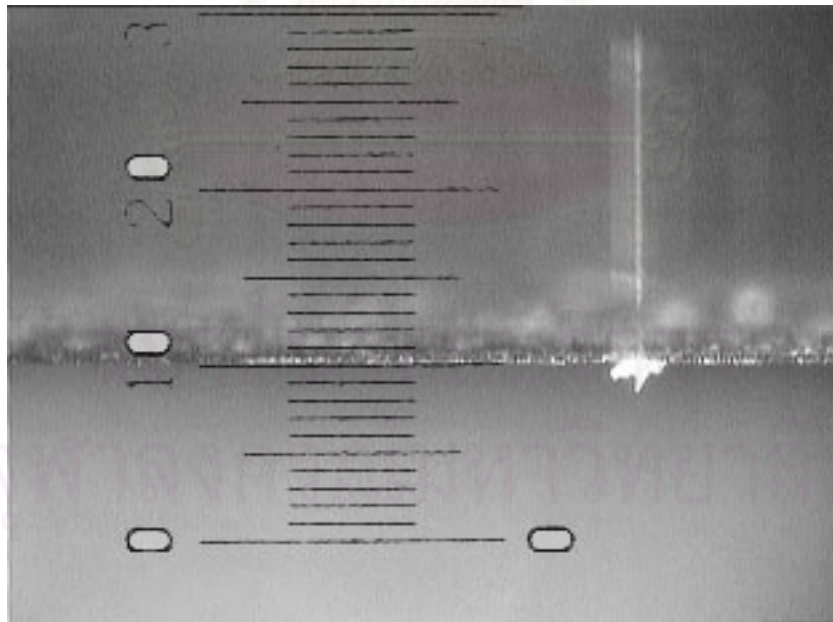
รูปที่ ข (4) - 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



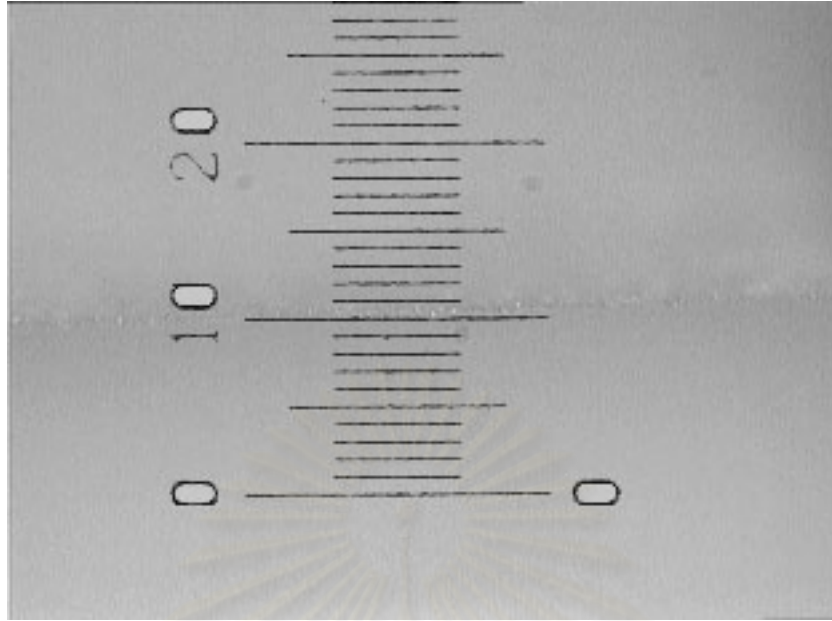
รูปที่ ข (4) - 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดตัดหลังการใช้ ที่อัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



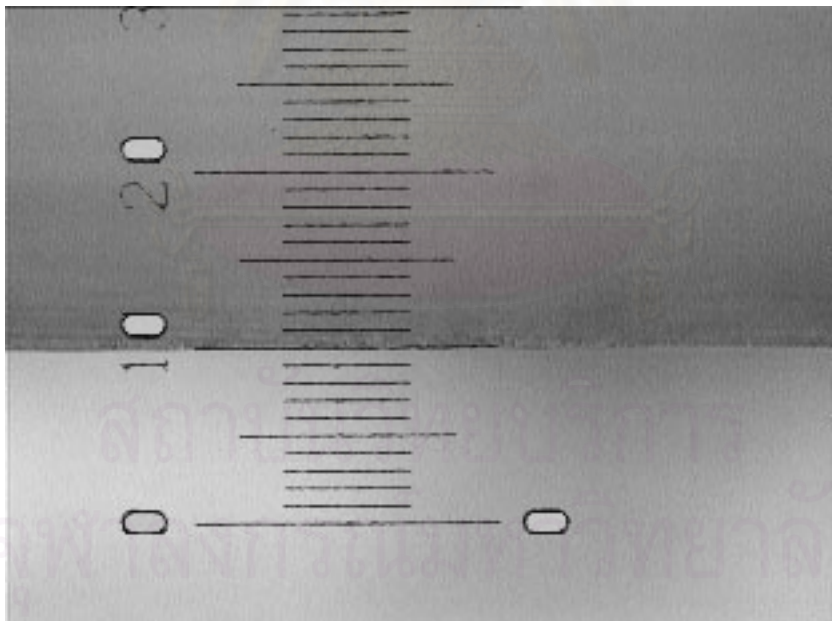
รูปที่ ข (4) - 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



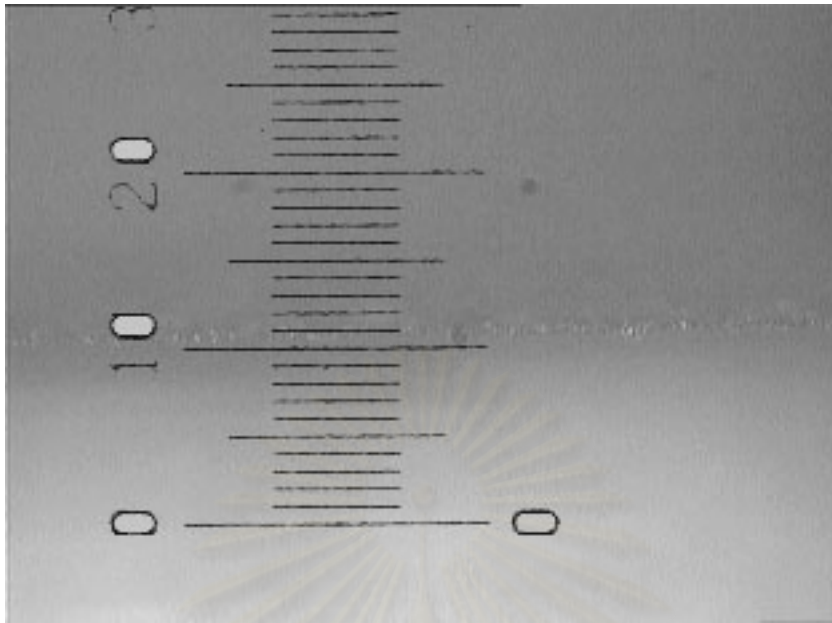
รูปที่ ข (4) - 6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวสันคมมีดตัดหลังการใช้ ที่อัตราป้อน 7 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 4900 รอบ/นาที



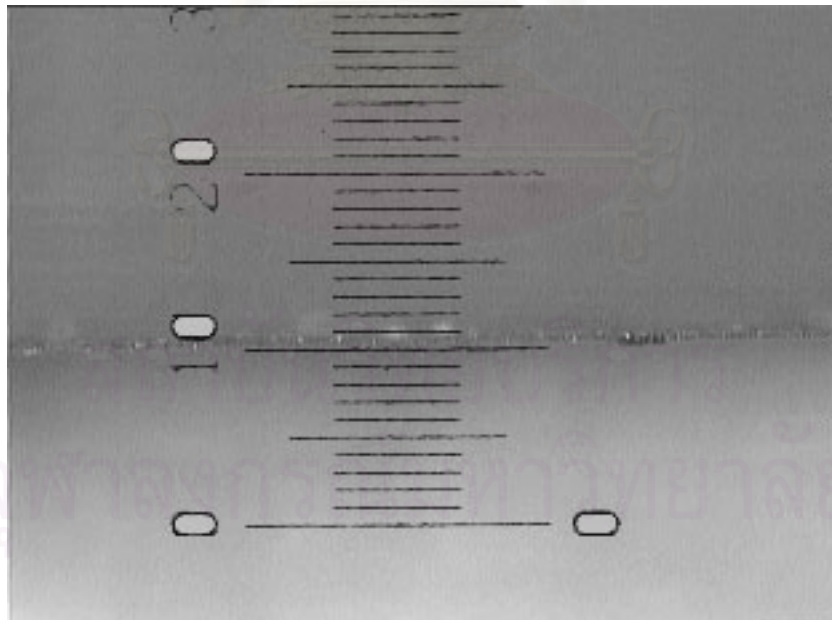
รูปที่ ข (4) - 7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้งานอัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



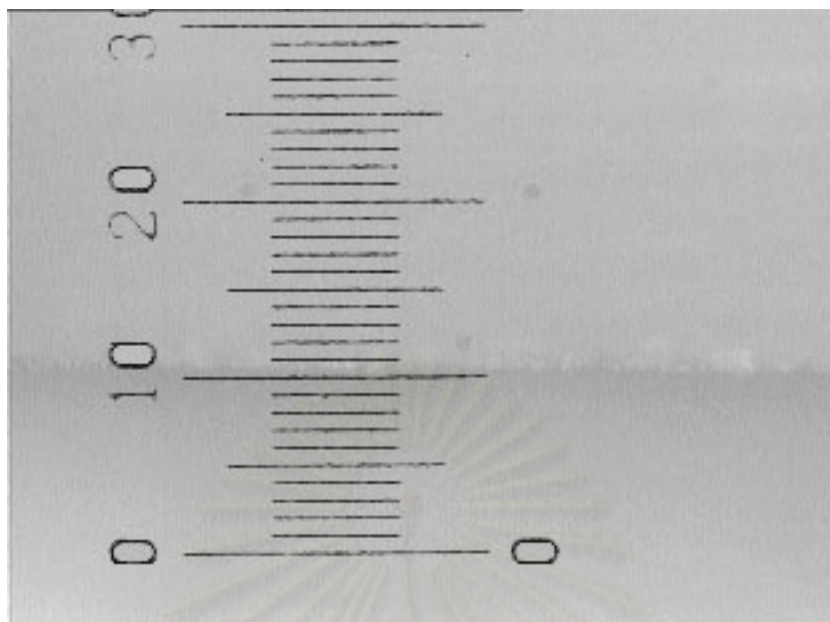
รูปที่ ข (4) - 8 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดตัดหลังการใช้ที่อัตราป้อน 3 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



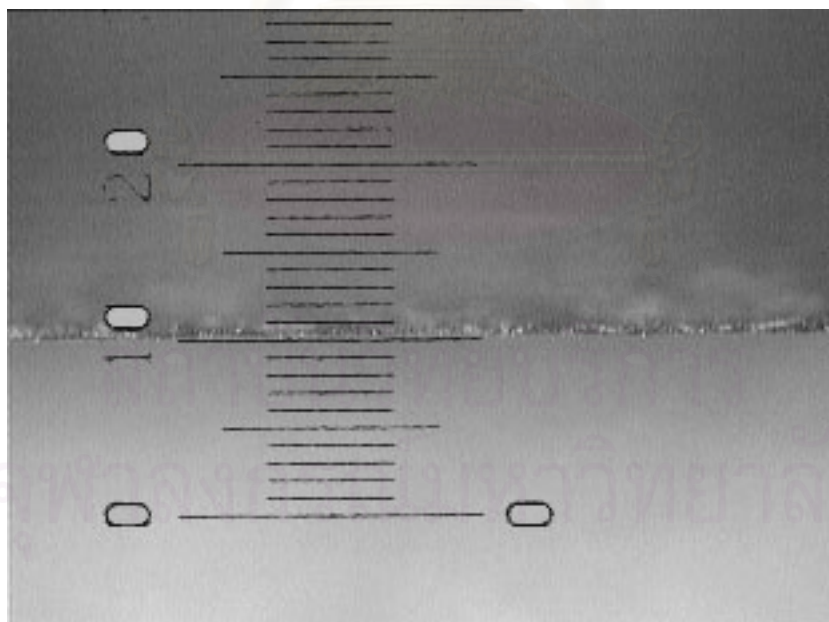
รูปที่ ข (4) - 9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดก่อนการใช้ งานอัตราป้อน 5 เมตร/นาที และความเร็วรอบ 7900 รอบ/นาที



รูปที่ ข (4) -10 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า ของแนวเส้นคมมีดตัดหลังการ 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

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ดุสิต ธรรมแสง เกิดเมื่อวันที่ 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2520 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม เกียรตินิยมอันดับ 2 จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปี 2542 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทในปีการศึกษา 2543 ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย