



โครงการ การปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการใช้ เลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น

โดย นายสุธี วิสุทธิเทพกุล และคณะ

มิถุนายน 2546

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการใช้เลื่อยสายพาน
แปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น

คณะผู้วิจัย

1. นายสุธี วิสุทธิเทพกุล หัวหน้าโครงการ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้
กรมป่าไม้
2. นายวรวิทย์ สุนทรบุระ นักวิจัย สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
3. ผศ. ไพโรจน์ ศิริรัตน์ นักวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
4. นายสันหัตถ์ แสงกุล ที่ปรึกษาโครงการ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ชุดโครงการวิจัย “การพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ยางพารา” สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุน
สนับสนุนการวิจัย (สกว)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยครั้งนี้ได้รับความร่วมมือจากหลายหน่วยงาน คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้สนับสนุนและสร้างนักวิจัยให้มีความเชี่ยวชาญในภาคอุตสาหกรรมไม่ยิ่งพารา โดยเฉพาะการแปรรูปไม้ ที่ไม่ได้อยู่ในความสนใจของผู้ประกอบการมากนัก

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทสยามทิมเบอร์แมชชีนเนอรี่ จำกัด ที่ได้กระตุ้นให้เกิดการวิจัยเกี่ยวกับเลื่อยสายพานและเป็นผู้ร่วมสนับสนุนทุนวิจัยให้โครงการนี้สามารถดำเนินการได้ตามหลักเกณฑ์การสนับสนุนทุนวิจัยของสกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย 5) ที่ต้องมีเอกชนมาร่วมสนับสนุนทุนวิจัย นอกจากนี้ บริษัท สยามทิมเบอร์แมชชีนเนอรี่ จำกัด ยังให้ความช่วยเหลือในรูปแบบตกแต่งใบเลื่อยและจัดส่ง ให้ถึงสถานที่ทดลอง

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โรงเลื่อย เอ แอนด์ ไอ จำกัด ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่โต๊ะเลื่อยพนักงานเลื่อย และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ จนทำให้ผลการทดลองการแปรรูปไม้ยิ่งพาราสำเร็จได้ด้วยดี

และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณกรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และโรงเลื่อยต่าง ๆ ที่ได้อนุเคราะห์บุคลากร และให้เยี่ยมชมกิจการมา ณ ที่นี้ด้วย

ความสำเร็จที่แท้จริงของโครงการนี้ คือ ผู้ประกอบการโรงเลื่อยไม้ยิ่งพารา ภาครัฐและสถานที่ศึกษา ที่ได้นำผลงานวิจัยนี้ไปใช้เพื่อปรับปรุงให้การแปรรูปไม้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

คำนำ

สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้เห็นความสำคัญในการพัฒนาการแปรรูปไม้ ซึ่งเป็นกระบวนการแปรรูปไม้ที่เป็นต้นน้ำกระบวนการหนึ่งของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา จึงสนับสนุนให้กรมป่าไม้ และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทำวิจัยเรื่อง การปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการใช้เลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบใบเลื่อยเพื่อให้ได้ผิวหน้าไม้แปรรูปที่ลดการใช้พลังงานและการสูญเสียของวัตถุดิบ และเพื่อพัฒนาบุคลากร ด้านการบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์การแปรรูปไม้ และทักษะพิจารณารูปแบบการแปรรูปไม้ให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น

ผลงานวิจัยนี้ คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการ และพนักงานในโรงเลื่อยไม้ยางพาราทั่วประเทศ เพื่อใช้ในการปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการแปรรูปไม้ด้วยใบเลื่อยสายพาน ให้ได้ไม้แปรรูปและมีคุณภาพที่ดีขึ้น อีกทั้งลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูปไม้ อันนำไปสู่การลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน

บทสรุปผู้บริหาร

Executive summary

โครงการ การปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการใช้เลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพารา ให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น ดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องดังนี้ คือ

1. การสำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพารา

สำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพารา จำนวน 12 โรง ภาคตะวันออก 6 โรง คือ จังหวัด จันทบุรี และระยอง จังหวัดละ 3 โรง ภาคใต้ 6 โรง จังหวัดยะลา ตรัง จังหวัดละ 3 โรง และโรงเลื่อย เอ แอนด์ ไอ จำกัด โดยการสำรวจมีรายละเอียดแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

- ข้อมูลทั่วไป เกี่ยวกับการดำเนินการแปรรูปไม้ ปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงาน รวมทั้งข้อคิดเห็นอื่น ๆ โดยบันทึกข้อมูล สัมภาษณ์เจ้าของหรือผู้จัดการโรงเลื่อย
- ข้อมูลเฉพาะ สำหรับรายละเอียดอุปกรณ์ของเครื่องเลื่อยสายพานการบำรุงรักษา (Maintenance) ลักษณะฟันของใบเลื่อย (Tooth profile) การลับตกแต่งใบเลื่อย (Saw doctoring) และรายละเอียดอื่น ๆ เกี่ยวกับการแปรรูปไม้ (Sawing pattern)

ผลการสำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพารา

ข้อมูลทั่วไป :-

1.1 ลักษณะทั่วไปของโรงเลื่อยไม้ยางพารา

โรงเลื่อยไม้ยางพาราทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ ใช้แรงงานคนเป็นหลัก การแปรรูปไม้เป็นการจ้างเหมา โดยแต่ละชุดใช้คนประมาณ 5-7 คน ได้รับค่าจ้างเหมาเลื่อย 11-12 บาทต่อลูกบาศก์ฟุต เลื่อยไม้แปรรูปได้ 190-120 ลูกบาศก์ฟุต/วัน ไม้ยางพาราแปรรูปจะผ่านขบวนการอัดน้ำยาไม้และอบไม้ก่อนนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์หรือจำหน่ายเป็นไม้แปรรูป โรงเลื่อยไม้ยางพาราภาคตะวันออกมีกำลังการผลิตไม้แปรรูปต่อปีประมาณ 2,500-8,500 ลูกบาศก์เมตร/โรง ส่วนทางภาคใต้มีกำลังการผลิตประมาณ 6,000-27,000 ลูกบาศก์เมตร/โรง เจ้าของกิจการของโรงเลื่อยไม้ยางพาราทั้ง 2 ภาคไม่ให้ความสนใจในการปรับปรุงเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยให้มีสภาพดีเท่าที่ควร เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลที่ยืนยันเกี่ยวกับผลผลิตที่จะได้สูงขึ้นจากการปรับปรุงใบเลื่อยและเครื่องเลื่อย

1.2 ลักษณะและขนาดไม้ท่อนยางพารา

ภาคตะวันออก ไม้ท่อนยางพาราที่ใช้ยาว 1.30 เมตร จังหวัดระยอง ไม้ท่อนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 - 36 ซม. เฉลี่ย 21.0 ซม. ส่วนจังหวัดจันทบุรี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 - 45.5 ซม. เฉลี่ย 22.8 ซม. ลักษณะของไม้ท่อนโคนมีขนาดใหญ่ โคนทรงตาล คือ มีขนาดความโตของด้านหัวท้ายแตกต่างกันมากและมีตำหนิจากรอยกริดยาง

ภาคใต้ ไผ่ท่อนยาวพาราที่ใช้ยาว 1.0-1.30 เมตร จังหวัดตรัง ไผ่ท่อนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15-45.9 ซม. เฉลี่ย 27 ซม. จังหวัดยะลามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15-70 ซม. เฉลี่ย 25.9 ซม. ลักษณะรูปทรงเหมือนทางภาคตะวันออก โดยเฉลี่ยภาคใต้จะมีขนาดไผ่ท่อนใหญ่กว่าทางภาคตะวันออก ไม่มีการคัดขนาดของไผ่ท่อนก่อนเข้าเลื่อยเหมือนภาคตะวันออก

ข้อมูลเฉพาะ:-

1. เครื่องเลื่อยสายพาน

ภาคตะวันออก เครื่องเลื่อยสายพานมีจำนวน ตั้งแต่ 9-15 โต๊ะ/โรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง วงล้อ 3-3 1/2 ฟุต ส่วนมากนิยมใช้ขนาด 3 1/2 ฟุต เครื่องเลื่อยสายพาน ใช้กำลังมอเตอร์ 20-30 แรงม้า ความเร็วมอเตอร์ 1,450-1,460 รอบ/นาที ความเร็วเพลารับ 498-543 รอบ/นาที การป้อนไม้เข้าเลื่อยใช้แรงงานคน ระบบการตั้งความตึง (Strain) ของใบเลื่อยใช้แบบต้อนน้ำหนัก ไม่มีระบบหล่อลื่น มีระบบดูดขี้เลื่อย

ภาคใต้ เครื่องเลื่อยสายพานมีจำนวน ตั้งแต่ 17-60 โต๊ะ/โรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง วงล้อ 2 2/3 -3 1/2 ฟุต ที่นิยมใช้มาก ขนาด 3 1/2 ฟุต ใช้กำลังมอเตอร์ 15-25 แรงม้า ความเร็วมอเตอร์ 1,436-1,480 รอบ/นาที ความเร็วเพลารับ 462-614 รอบ/นาที การป้อนไม้เข้าเลื่อยระบบการตั้ง ความตึงใบเลื่อยเช่นเดียวกับภาคตะวันออก

2. การแปรรูปไม้ยางพารา

รูปแบบการแปรรูปไม้ยางออกเป็น 2 แบบ คือ ภาคตะวันออก เลื่อยแบบผ่าครึ่งโต๊ะ แล้วซอยให้ได้ขนาดความกว้าง แล้วส่งต่อไปยังโต๊ะ 2 และ โต๊ะ 3 ส่วนภาคใต้จะทำการเปิดปีกไม้เล็กน้อยในคลองแรกแล้วพลิกคว่ำหน้าไม้ลง ซอยไม้ให้ได้ขนาดความหนาที่ต้องการแล้วส่งให้โต๊ะ 2 เพื่อซอยเก็บด้านข้างของไม้แปรรูป

2.1 อัตราการแปรรูปไม้ (Recovery)

เปอร์เซ็นต์การแปรรูปไม้ทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ไม่แตกต่างกัน คือ ได้ไม้แปรรูปเกรด A เฉลี่ย 7-9 ลบ.ฟุตต่อไม้ท่อน 1 ต้น หากคิดรวมเกรดจะได้ไม้แปรรูปเฉลี่ย 10-11 ลบ.ฟุต/ต้น และเมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ ไม้แปรรูปโดยปริมาตรเทียบน้ำหนักไม้ท่อน 1 ต้น มีปริมาตร 1.30 ลบ.เมตร (45.91 ลบ.ฟุต) จะได้อัตราการแปรรูปไม้ เกรด A 15-20% และรวมเกรดได้ 22-24%

2.2 ขนาดและคุณภาพไม้แปรรูป

ขนาดของไม้ยางพาราแปรรูปสำหรับใช้ทำเครื่องเรือนของภาคตะวันออกและภาคใต้ มีความหนา 1-2 นิ้ว ขนาดความหนา 1 นิ้ว ใช้มากที่สุด ความกว้างที่นิยมเลื่อยขนาด 3-4 นิ้ว มีการเลื่อยเผื่อขนาดความหนา 1/4 นิ้ว และเผื่อความกว้าง 1/8 นิ้ว บางโรงเลื่อยมีโต๊ะซอยไม้สำหรับเลื่อยไม้ ความหนา 1/2-3/4 นิ้ว เพื่อใช้ประโยชน์ด้านประดิษฐ์กรรมอื่น ๆ ด้วย ผลการสุ่มตัวอย่างเพื่อวัดขนาดของไม้ยางพาราแปรรูป ปรากฏว่า ทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ขนาดไม้ยางพาราที่แปรรูปได้มีขนาดความหนาและความกว้างสูงกว่าขนาดไม้ที่ต้องการ

3. การลับและตกแต่งใบเลื่อย (Saw doctoring)

ห้องลับและตกแต่งใบเลื่อยทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ มีพื้นที่ค่อนข้างจำกัด พื้นห้องส่วนมากเป็นพื้นคอนกรีตบางแห่งพื้นชำรุดไม่ได้รับการซ่อมแซม สภาพห้องไม่สะอาด แสงสว่างในการทำงานไม่เพียงพอ อากาศถ่ายเทไม่ดี ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำงานของช่างแต่งเลื่อย โดยเฉพาะด้านความเที่ยงตรงของมุมฟันเลื่อย (Tooth angles) ขนาดคลองเลื่อย (Kerf) การนวดใบเลื่อย (Tensioning)

4. การบำรุงรักษาเครื่องเลื่อยและใบเลื่อย

การบำรุงรักษาเครื่องเลื่อย ค่อนข้างน้อยมากหากไม่เกิดอาการชำรุดหรือทำงานไม่ได้ การซ่อมบำรุงมีน้อยมาก ระบบการดูแลรักษาและฝุ่นภายในโรงเลื่อยยังไม่มีประสิทธิภาพ มีชีเลื่อยสะสมภายในได้เครื่องเลื่อยเป็นจำนวนมากทำให้ชีเลื่อยบางส่วนเข้าติดภายในมู่เล่ขณะแปรรูป จากการสำรวจพบว่าใบเลื่อยสายพานหลายใบ หลังจากลับคมแล้วยังมีร่องรอยของยางไม้ติดอยู่ที่ใบเลื่อย ซึ่งจะมีผลทำให้ไม่สามารถเห็นรอยแตกบนใบเลื่อยเป็นอันตรายมากถ้านำใบเลื่อยนี้ไปใช้งาน

5. คุณภาพช่างและผู้ปฏิบัติงาน

ช่างช่างแปรรูปไม้หรือนายม้า (Head sawyer) ที่มีประสบการณ์ ส่วนมากจะเป็นการเลื่อนชั้นจากผู้รับไม้ (หางม้า) ขึ้นมาแทน สำหรับช่างตกแต่งใบเลื่อย (Saw doctor) ส่วนมากความชำนาญเกิดจากการบอกเล่าของช่างคนก่อนหรือเป็นลูกมือต่อ ๆ กันมา การปฏิบัติงานเชิงวิทยาการในการบำรุงรักษาเครื่องเลื่อยมีน้อยมาก

6. ปีกไม้และเศษไม้

ปีกไม้และเศษไม้ที่เหลือจากการแปรรูป ส่วนมากถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบไม้ ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด (Particle board) และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium density fiber board) โรงเลื่อยบางแห่งนำปีกไม้ส่วนที่เหลือมาเลื่อยเป็นไม้ขนาดเล็กใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ของเด็กเล่น

7. พลังงานที่ใช้ในการแปรรูปไม้ยางพารา

จากผลการสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าในการแปรรูปไม้ยางพาราภาคตะวันออกจำนวน 5 โรง ความหนาของไม้แปรรูปที่เลื่อย 0.5-10 นิ้ว และภาคใต้ จำนวน 7 โรง ความหนาของไม้แปรรูปที่เลื่อย 0.5-12 นิ้ว พลังงานที่ใช้เป็นดังนี้

ก) กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (KW) ขณะเลื่อยจะแปรผันโดยตรงตามความหนาและความกว้างของไม้ที่ใช้เลื่อย

ข) มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด 15-30 แรงม้า

ค) กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องเปล่าอยู่ระหว่าง 2.57-9.40 KW

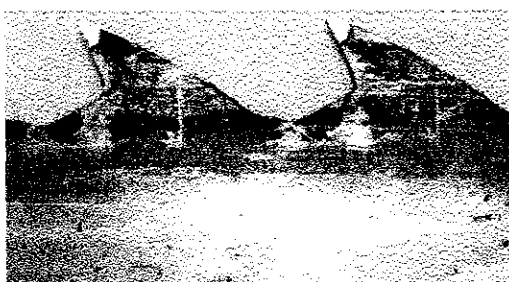
2. ศึกษาเครื่องเลื่อยและการพัฒนารูปแบบใบเลื่อยเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

2.1 แผนการดำเนินงาน/วิธีการทดลอง

2.1.1 ออกแบบรูปฟันเลื่อย 3 รูปแบบ สำหรับใช้กับโต๊ะผ่าและโต๊ะซอย โดยการปรับปรุงและพัฒนาจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพารา และทดลองการแปรรูปไม้ยางพาราโดยมีองค์ประกอบฟันเลื่อยตามตาราง

ข้อมูลจำเพาะ	ใบเลื่อยเดิม แบบที่ 4	ใบเลื่อย แบบที่ 1	ใบเลื่อย แบบที่ 2	ใบเลื่อย แบบที่ 3
ความหนาใบเลื่อย (Blade thickness) มม.	1.24	-	-	-
ความกว้างคมฟัน (Kerf) มม.	2.18	2.52	2.31	2.52
คลองข้างใบเลื่อย (Side clearance) มม.	0.47	0.64	0.53	0.64
ความกว้างใบเลื่อย (Blade width) นิ้ว	5	6	$5\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$
ระยะห่างระหว่างฟัน (Pitch) มม.	โต๊ะ1 35	-	-	-
	โต๊ะ2 35	-	-	-
พื้นที่ท้องฟันเลื่อย (Gullet area) มม. ²	200	240	260	200
ความสูงฟัน (Height or Depth) มม.	10	12	13	10
ความหนาซี่เลื่อย (Tooth bite) มม.	0.62	-	-	-
มุมหลังคม (Clearance angle) องศา	9	12	14	14
มุมฟัน (Tooth angle) องศา	53	52	49	50
มุมหน้าคม (Hook angle) องศา	28	26	27	26

รูปใบเลื่อยทั้ง 3 แบบและแบบเลื่อยเดิม



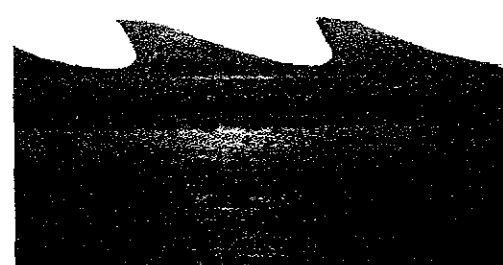
แบบที่ 1



แบบที่ 2



แบบที่ 3



แบบที่ 4

2.1.2 วิจัยแปรรูปไม้ยางพารา โดยใช้โต๊ะเลื่อยสายพาน 2 โต๊ะ วางแผนการวิจัยแบบสปลิท-พล็อต ใช้ไม้ท่อนทั้งหมด 300 ท่อน มีขนาดไม้ท่อน (Size) เป็นปัจจัยหลักและวิธีการแปรรูป (Method) เป็นปัจจัยรอง แบ่งออกเป็น 4 บล็อก แต่ละบล็อกใช้ไม้ 75 ท่อน ทำการวิจัยแปรรูป 4 ครั้ง โดยใช้ใบเลื่อยแบบที่ 1, 2, 3 และใบเลื่อยเดิม(แบบที่ 4) ในแต่ละบล็อกตามลำดับ การแปรรูปในแต่ละครั้งหรือแต่ละบล็อกใช้ไม้ 75 ท่อน มีไม้ท่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว ขนาดละ 15 ท่อน และใช้วิธีการแปรรูป 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ (Through and Through) แบบตีปอน (Cant) และแบบแบ่งครึ่ง (Half cut) โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

- เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของขนาดไม้ท่อนและวิธีการแปรรูปที่มีต่อผลผลิตหรืออัตราการแปรรูปไม้และความสัมพันธ์กันของแต่ละปัจจัย
- ศึกษาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูปไม้ ของรูปแบบฟันเลื่อยแบบที่ 1, 2 และ 3 เปรียบเทียบกับรูปแบบฟันเลื่อยเดิม (แบบที่ 4)
- ตรวจวัดขนาดและคุณภาพของไม้แปรรูป

2.2 ผลการวิจัย

2.2.1 รูปแบบการแปรรูปไม้ทั้ง 3 แบบให้ผลผลิตไม้แตกต่างกันทางสถิติโดยอัตราการแปรรูปไม้แบบเลื่อยตะได้ 39.32% แบบตีปอน 38.3% และแบบแบ่งครึ่งได้ 37.08% ขนาดของไม้ท่อนให้อัตราการแปรรูปไม้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแบ่งออกเป็นได้ 2 กลุ่ม คือ ขนาดไม้ท่อนเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-7 นิ้ว ให้อัตราการแปรรูปไม้ 33.62-34.64% เฉลี่ย 34.13% และขนาดไม้ 8-10 นิ้ว ให้อัตราการแปรรูปไม้ 40.02 - 42.68% เฉลี่ย 41% สูงกว่าขนาด 6-7 นิ้ว ประมาณ 7% ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดไม้ท่อนกับวิธีการแปรรูปมีผลต่ออัตราการแปรรูปไม้เฉพาะขนาดไม้ท่อนเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้วเท่านั้น คือ การใช้วิธีแปรรูปแบบตีปอน ให้อัตราการแปรรูปมากที่สุด 38.92% สูงกว่าแบบเลื่อยตะและแบบแบ่งครึ่ง 32.40 และ 29.56% ตามลำดับ ส่วนไม้ท่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว การแปรรูปเลื่อยทั้ง 3 แบบ ไม้แปรรูปที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อัตราการแปรรูปไม้รวมทุกขนาดและทุกวิธีการแปรรูปเฉลี่ย 38.26%

2.2.2 การตรวจวัดขนาดและคุณภาพไม้แปรรูป

โดยพิจารณาจาก Sw - ค่าความเบี่ยงเบนภายในแผ่นไม้

Sb - ค่าความเบี่ยงเบนขนาดของกลุ่มไม้

ค่า Sw > Sb แสดงว่าใบเลื่อย เครื่องเลื่อย และการป้อนไม้ไม่เที่ยงตรง

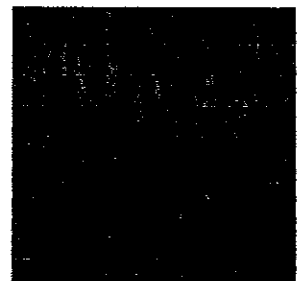
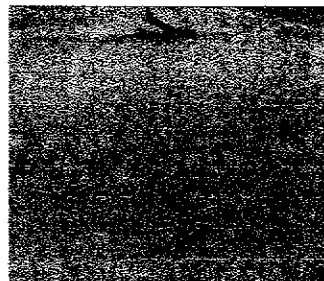
Sb > Sw แสดงว่าการเลื่อยไม้ไม่มั่นคงและขนาดที่ตั้งไม้ปกติ

ผลการตรวจวัดขนาดความหนาของไม้แปรรูป โดยใช้ใบเลื่อยแบบที่ 1, 2, 3 และ 4 (เดิม) พบว่าขนาดของไม้แปรรูปมีความแปรปรวน เมื่อเทียบภายในแผ่นเดียวกัน (Sw) และต่างแผ่นในแต่ละกลุ่ม (Sb)

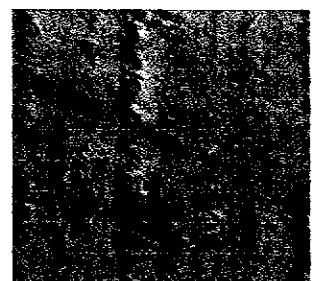
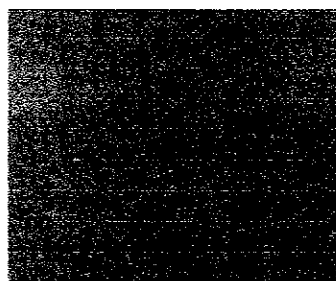
ขนาดความหนาของไม้แปรรูปที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 2.77-3.01 ซม. มีทั้งมากกว่าและน้อยกว่าขนาดที่ต้องการคือ 2.90 ซม. ส่วนคุณภาพของไม้แปรรูปมีผิวหน้าไม่สม่ำเสมอเนื่องมาจากการสั่นพัวของใบเลื่อย คลองเลื่อยที่ตัดพื้นเลื่อยสองข้างไม่เท่ากัน การตั้งเครื่องเลื่อย การบำรุงรักษาพื้นเลื่อยและใบเลื่อยไม่ดีเท่าที่ควร

2.2.3 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูปไม้ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูปไม้จะขึ้นอยู่กับรูปแบบพื้นเลื่อย ความหนาของไม้ที่เข้าเลื่อย และความเร็วในการป้อนไม้ ผลจากการวิจัยรูปแบบพื้นเลื่อยมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าเล็กน้อยเพียงใด พบว่าใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 1, 3 และ 4 โดยใบเลื่อยแบบ 4 ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างใบเลื่อยแบบที่ 2 กับใบเลื่อยแบบที่ 4 โดยการแปรรูปไม้ท่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 นิ้ว และ 10 นิ้ว พบว่า ใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าแบบที่ 4 เท่ากับ 11.9% และ 26.7% ตามลำดับ โดยมีความเร็วในการป้อนไม้อยู่ระหว่าง 26-31 เมตรต่อนาที และผลการวิจัยแปรรูปไม้ด้วยใบเลื่อยแบบที่ 2 ทั้ง 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ (Through and Through) แบบตีปอน (Cant) และแบบแบ่งครึ่ง (Half cut) ใช้ไม้ท่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว จำนวนอย่างละ 5 ท่อน ปรากฏว่า การแปรรูปทั้งสามวิธีใช้พลังงานไฟฟ้าไม่แตกต่างกันมากมีดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า 25-30 kWh/m³

2.2.4 คุณภาพผิวหน้าไม้แปรรูปที่ได้พบว่าการบำรุงรักษาใบเลื่อยถูกวิธี โดยมีขนาดคลองเลื่อยเท่ากันทุกพื้นเลื่อยระยะห่างของพื้นเลื่อยเหมาะสม (กรณีศึกษาการแปรรูปใช้ระยะห่างพื้นเลื่อย 35 มม) ผิวหน้าไม้ให้ความเรียบใกล้เคียงกัน เนื่องจากใบเลื่อยแบบที่ 4 ขนาดคลองเลื่อยกว้าง ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดเป็นริ้วที่ผิวหน้าไม้ อีกสาเหตุหนึ่ง คือ การสั่นพัวของใบเลื่อย ขณะเลื่อยจะทำให้ผิวหน้าไม้ไม่เรียบเนื่องจากขณะแปรรูปไม้ท่อนไม้นิ่ง เพราะไม่มีอุปกรณ์ยึดท่อนไม้ทำให้ไม้ขยับตัวได้



ผิวหน้าไม้ที่ได้จากการบำรุงรักษาถูกต้องและขนาดคลองซ้ายขวาสม่ำเสมอและคม



ผิวหน้าไม้ที่ได้จากการคัดคลองซ้ายขวาสม่ำเสมอและคม

2.2.5 การหาน้ำหนักเปรียบเทียบกับปริมาตรของไม้ท่อนยาวพารา จากการสุ่มตัวอย่างขนาดไม้ท่อน จำนวน 125 ท่อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-10 นิ้ว ยาว 1.05 เมตร ขนาดละ 25 ท่อน ได้ผลดังนี้ คือ น้ำหนักของไม้ท่อน 1 ต้น มีปริมาตรเท่ากับ 0.948 ลูกบาศก์เมตร หรือปริมาตรของไม้ท่อน(รวมเปลือก) 1 ลูกบาศก์เมตร มีน้ำหนัก เท่ากับ 1,054.34 กก. ที่ความชื้นไม้เฉลี่ย 67.66%

3. สรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขในกิจกรรมโรงเลื่อย

3.1 การออกแบบพื้นเลื่อย กรรมวิธีในการทำพื้นเลื่อยขึ้นมาใหม่เป็นการแต่งลูกเบี้ยวที่หินเจียรนัย เพื่อลบใบเลื่อยให้มีรูปทรงเหมือนที่ได้ออกแบบ ดังนั้น หินเจียรนัย ไม่สามารถคงรูปทรงเหมือนเดิมได้ตลอด การปฏิบัติงานจำเป็นต้องใช้หินเจียรนัยหลายแผ่นเพื่อปรับให้รูปทรงของหินเจียรนัยสม่ำเสมอ และได้รูปทรงของพื้นเลื่อยเท่ากันตลอดปิ่น ดังนั้นในการปฏิบัติงานจริงของโรงเลื่อย ควรมีที่ป้อนพื้นเลื่อยตรงตามลักษณะของลูกเบี้ยวเครื่องลับพื้นเลื่อย จะทำให้สามารถลดการสึกหรอของหินเจียรนัย และรักษาคุณภาพของเนื้อเหล็กใบเลื่อยให้คงสภาพเดิม เพราะการเจียรนัยหลาย ๆ รอบเกินความจำเป็น ทำให้ใบเลื่อยเกิดความร้อนมีผลต่อความแข็งแรงของใบเลื่อยบริเวณพื้นเลื่อย และทำให้เปราะได้ง่าย

3.2 การพิจารณาออกแบบพื้นเลื่อยในกรณีอื่น ๆ ควรคำนึงถึงความเป็นไปได้ของการปฏิบัติงานของช่างตกแต่งใบเลื่อย ความพร้อมของเครื่องมือในการทำและลับคมพื้นเลื่อย การลงมือตัดถูกโดยไม่คำนึงถึงหลักวิชาการจะทำให้เกิดอันตรายจากการใช้งาน เนื่องจากออกแบบพื้นเลื่อยผิดพลาด ดังนั้นจำเป็นต้องศึกษาให้ถ่องแท้ประกอบการออกแบบพื้นเลื่อยและเกี่ยวข้องกับเครื่องเลื่อยสายพานโดยตรง

3.3 กิจกรรมต่าง ๆ ในโรงเลื่อย มีลักษณะการดำเนินงานคล้ายคลึงกันจะแตกต่างกันบ้างในเรื่องความชำนาญ และประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานหลัก การบริหารจัดการภายในโรงเลื่อยมีส่วนทำให้การเคลื่อนตัวของไม้ท่อนดำเนินไปอย่างมีระบบก่อนจะได้ไม้แปรรูปที่มีคุณภาพ

4. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

รูปทรงพื้นเลื่อยที่ได้พิจารณาออกแบบทั้ง 3 รูปแบบ เห็นได้ว่า รูปแบบพื้นเลื่อยที่ 2 (ลักษณะ S shape) เป็นรูปแบบที่ให้ผลผลิตและการดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามรูปแบบทั้ง 3 นี้ สามารถนำไปใช้งานในการแปรรูปไม้ได้เป็นอย่างดี หากมีการบำรุงรักษาและออกแบบให้เหมาะสมกับเครื่องเลื่อยสายพานที่จะนำไปใช้งาน กล่าวได้ว่าหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สถาบันการศึกษากรมปวไม้ม สมาคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ไม้ หากจัดบุคลากรที่มีประสิทธิภาพภายในองค์กรต่าง ๆ นำมาสัมมนาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อจัดทำแนวทางถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านนี้สู่ผู้ประกอบการหรือบุคคลที่สนใจนำไปประกอบอาชีพด้านการตกแต่งใบเลื่อย กรณีเครื่องเลื่อยสายพานสำหรับใช้แปรรูปไม้ยาวพาราท่อน หากมีการพัฒนาที่จับท่อนไม้ให้ตั้งเรียงอยู่กับที่ขณะแปรรูป ที่ตั้งขนาดกว้าง, หนาอัตโนมัติ จะทำให้ได้ขนาดและผิวหน้าไม้ดีขึ้น ปัจจุบันตัวจับไม้ท่อนและที่ตั้งขนาดไม้แปรรูปใช้มีอนายม้าบังคับ บางครั้งบนโต๊ะเลื่อยมีเศษไม้อยู่ทำให้ท่อนไม้สะดุดหรือเคลื่อนตัวได้ เห็นควรมีการพัฒนาเครื่องเลื่อยสายพานควบคู่ไปกับการพัฒนาบุคลากรด้านการตกแต่ง ใบเลื่อยและสร้างบุคลากรด้านการแปรรูปไม้ (นายม้า) ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นพร้อมกันไป

บทคัดย่อ

การวิจัยปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการใช้เลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น โดยออกแบบใบเลื่อยเพื่อให้ได้ไม้แปรรูปที่ลดการใช้พลังงานและการสูญเสียของวัตถุดิบ ผลการวิจัยสรุปได้คือ ก) การสำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพาราทั้งสองภาคระบบการแปรรูปคล้ายคลึงกันเครื่องเลื่อย 2-3 เครื่องต่อหนึ่งชุด ขนาดมู่เล่ 3 1/2 ฟุต ใบเลื่อยกว้าง 5-6 นิ้ว แบบฟันเลื่อย N-shape โดยภาคตะวันออกแปรรูปแบบผ่าครึ่ง(half-cut)และภาคใต้แบบเลื่อยตะและตีปอนผสมผสานกัน ข) การแปรรูปไม้แบบ สปลิท-ฟลอต พบว่า การแปรรูปทั้ง 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ แบบตีปอน และแบบแบ่งครึ่ง ได้อัตราการแปรรูปไม้ 39.32% 38.39% และ 37.08% (เฉลี่ย 38.26%) แบบการแปรรูปไม้มีผลต่อไม้แปรรูป แต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม้ท่อนมีผลต่ออัตราการแปรรูปไม้อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ กลุ่มไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-7 นิ้ว ได้อัตราการแปรรูปไม้ ประมาณ 33.63-34.69% (เฉลี่ย 34.16%) และกลุ่มไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8-10 นิ้ว ประมาณ 40.02-42.68% (เฉลี่ย 41.00 %) มากกว่าอัตราการแปรรูปไม้ของกลุ่มแรกอยู่ 7% ค) การตรวจวัดความหนาไม้แปรรูปที่ได้ โดยใช้ค่าความเบี่ยงเบนของแผ่นไม้ (Sw) และของกลุ่มไม้ (Sb) เป็นตัวชี้วัด พบว่าความหนาของไม้แปรรูปมีความแปรปรวน และแตกต่างกันอยู่ระหว่าง 2.77-3.01 ซม. (ขนาดที่ต้องการ คือ 2.90 ซม.) แสดงว่าเครื่องเลื่อย ใบเลื่อย และการป้อนไม้เข้าแปรรูปไม้เพียงตรง ผิดหน้าไม้แปรรูปจากการแปรรูปด้วยใบเลื่อยแบบที่ 4 (benchmark) ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการสั่นพัวของใบเลื่อย การตั้งเครื่องเลื่อยและการบำรุงรักษาใบเลื่อยไม่ดีเท่าที่ควร ง) การตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แปรรูปพบว่า ใบเลื่อยแบบที่ 2 (S-shape) เหมาะสำหรับการแปรรูปไม้ยางพารา ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าแบบอื่น ๆ กล่าวคือ ใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปริมาตรไม้แปรรูปประมาณ 27.511 kWh/m³ น้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 4 เท่ากับ 1.11 kWh/m³ (หรือประมาณ 4.04%) การแปรรูปไม้ทั้งสามแบบโดยใบเลื่อยแบบที่ 2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 27.511 kWh/m³ 25.391 kWh/m³ และ 30.980 kWh/m³ ตามลำดับ แบบตีปอนใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าแบบอื่น ๆ เวลาที่ใช้ในแต่ละโต๊ะสำหรับแปรรูปทั้ง 3 แบบ มีค่าใกล้เคียงกัน ประมาณ 92 - 200 นาที/ลบ.ม. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องเลื่อยที่ไม่ได้แปรรูปไม้ประมาณ 3.5 - 4.5 kW เวลาเฉลี่ยส่งไม้กลับมาแปรรูปใหม่ประมาณ 0.6-15 วินาที

Abstract

Research project had the objectives of improving bandsaw profile for better quality and recovery yield of rubberwood lumber as well as reducing electric consumption during sawing process. To achieve the objective by performing several activities by developing of bandsaw toothprofile and sawing pattern to improve yield and quality of lumber. Results of the experiment as (A) Field survey on Sawmill, both Eastern and Southern part of Thailand, similar in sawing pattern generally some was mixed both patterns of through & through -Cant sawing and some of Half-cut. The Typical combination of 2-3 saw machines for 5-6 inches blade width and N-shape tooth profile. (B) Sawing pattern vs. Log diameter from 3 difference tooth profiles tested by using Split-plot design found that through & through, Cant and Half-cut patterns produced lumber with 39.32%, 38.39% and 37.08%, mean of the recovery was 38.26%. Log diameter class showed highly significant in recovery rate, on the contrary, sawing pattern was not showed. There were 2 separate groups of log diameter, *one*, group of 6-7 inches and, *two*, group of 8-10 inches diameter of log, recovery yield of lumber for group one between 33.63-34.69% (average 34.16%) and group two between 40.02-42.68% (average 41%) that about 7% higher from the group one. (C) Dimension of lumber, using variation within board (Sw) and variation between board (Sb) were the indicator of the performance of machine and operator, found that the difference from the target size of 2.90 cm between 2.77-3.01 cm. Analyzed from 2 indicators found that feeding performance and machine alignment were poor surface quality of lumber depended on saw filing performance. (D) 3-toothprofile with difference in shape found that S-shape tooth profile (Type 2 of the test) was suitable for sawing rubberwood log by mean of lowest electric consumption (measured from through & through pattern) per cubic meter of lumber only 27.51 kWh/m³ which less than type 4 by 1.11kWh/m³ (4.04%). 3-Sawing patterns by blade type 2 power consumed by 27.511 kWh/m³, 25.391 kWh/m³ and 30.98 kWh/m³ respectively. For Cant sawing consumed less power than other patterns. Sawing time for 3 patterns showed similar figure of 92-100 min/m³ and reversed for second sawing time was between 0.6-15 second. Idle speed power consumption was 3.5-4.5 kW.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
คำนำ	ii
บทสรุปผู้บริหาร (Executive summary)	iii
บทคัดย่อ	
Abstracts	
สารบัญ	
สารบัญตาราง	
สารบัญรูป	
1. บทนำ	1-1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	
1.3 แผนการดำเนินการวิจัย	1-2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	
1.5 การถ่ายทอดผลงานวิจัยสู่ผู้ใช้	
2. การสำรวจข้อมูลและศึกษารายละเอียดโรงเลื่อยไม้ยางพารา	2-1
2.1 โรงเลื่อยไม้ยางพารา	2-2
2.2 ลักษณะและขนาดเครื่องเลื่อยสายพาน	2-3
2.3 ลักษณะใบเลื่อยและองค์ประกอบ	2-4
2.4 รูปแบบและอัตราการแปรรูปไม้	2-6
2.5 พลังงานที่ใช้ในการแปรรูปไม้	2-7
2.6 อุปสรรคและปัญหา	2-10
3. การออกแบบฟันเลื่อย	3-1
3.1 พัฒนารูปแบบใบเลื่อย	3-1
3.2 ข้อมูลใบเลื่อยที่ใช้ทดลองแปรรูปไม้	3-3
4. การแปรรูปไม้ยางพารา	4-1
4.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์	4-1
4.1.1 วัตถุดิบไม้ยางพาราท่อน	4-1

4.1.2	เครื่องมือเลื่อยสายพานสำหรับแปรรูปไม้	4-2
4.1.3	เครื่องมือวัดขนาดสำหรับท่อนไม้ยางพารา	4-3
4.1.4	เครื่องมือวัดขนาดไม้แปรรูป	4-3
4.1.5	เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า	4-3
4.1.6	เครื่องมือหาความชื้นไม้	4-3
4.2	วิธีดำเนินการวิจัยแปรรูปไม้	4-4
4.2.1	แผนการวิจัย	4-4
4.2.2	การหาน้ำหนักเปรียบเทียบกับปริมาตรไม้ท่อน และความชื้นในไม้โดยวิธีอบแห้ง	4-7
4.2.3	การหาอัตราการแปรรูปไม้	4-8
4.2.4	การตรวจวัดขนาด และคุณภาพไม้แปรรูป	4-11
4.2.5	การหาพลังงานไฟฟ้า	4-15
4.3	ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	4-16
4.3.1	น้ำหนักเปรียบเทียบกับปริมาตรไม้ท่อน	4-16
4.3.2	อัตราการแปรรูปไม้	4-17
4.3.3	การตรวจวัดขนาดและคุณภาพไม้แปรรูป	4-22
4.3.4	พลังงานไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการแปรรูปไม้	4-23
5.	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	5-1
5.1	สรุปผลการสำรวจ	5-1
5.2	สรุปผลการแปรรูปไม้	5-2
5.2.1	รูปแบบใบเลื่อยสายพานที่เหมาะสมใช้แปรรูปไม้ยางพาราท่อน	5-2
5.2.2	อัตราการแปรรูปไม้	5-3
5.2.3	คุณภาพไม้แปรรูป	5-4
5.2.4	เวลาที่ใช้ในการแปรรูปไม้	5-4
5.3	ข้อเสนอแนะ	5-5

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

สารบัญตาราง

ลำดับ	เรื่อง	หน้า
ตาราง 2.1	ข้อมูลเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยโต๊ะที่ 1 ท้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี และจังหวัดตรัง ยะลา	2-4
ตาราง 2.2	ข้อมูลเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยโต๊ะที่ 2 ท้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี และจังหวัดตรัง ยะลา	2-5
ตาราง 2.3	ข้อมูลเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยโต๊ะที่ 3 ท้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี	2-5
ตาราง 2.4	การใช้พลังงานไฟฟ้าในการแปรรูปไม้ยางพารา	2-8
ตาราง 4.1	ข้อมูลเปรียบเทียบน้ำหนัก (กก.) กับปริมาตร (m^3) ของไม้ยางพาราท่อน	4-16
ตาราง 4.2	อัตราการแปรรูปไม้ จากการทดลองแปรรูปไม้ครั้งที่ 1 แยกตามขนาดไม้ และวิธีการแปรรูปด้วยใบเลื่อยแบบ 1 , 2 และแบบ 4 (เดิม)	4-17
ตาราง 4.3	สรุปอัตราการแปรรูปไม้ท่อนยางพารา จากการทดลองแปรรูปไม้ครั้งที่ 1	4-18
ตาราง 4.4	อัตราการแปรรูปไม้ จากการทดลองแปรรูปไม้ครั้งที่ 2 แยกตามขนาดไม้ และวิธีการแปรรูปด้วยใบเลื่อย 4 แบบ	4-19
ตาราง 4.5	สรุปอัตราการแปรรูปไม้ท่อนยางพารา จากการทดลองแปรรูปไม้ครั้งที่ 2	4-19
ตาราง 4.6	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการแปรรูปไม้	4-20
ตาราง 4.7	เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอัตราการแปรรูปไม้เฉลี่ยกับขนาดไม้ท่อน (Φ) โดยวิธีดีเอ็นแคน (DMRT)	4-21
ตาราง 4.8	เปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการแปรรูปไม้เฉลี่ยที่ขนาดไม้ท่อน (Φ) เดียวกันกับวิธีการแปรรูป 3 แบบ	4-21
ตาราง 4.9	เปรียบเทียบผลการตรวจวัดขนาดไม้แปรรูปจากใบเลื่อย 4 แบบ	4-22
ตาราง 4.10	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการแปรรูปไม้ท่อนยางพาราขนาด 7" และ 10" ด้วยใบเลื่อย 4 แบบ	4-24
ตาราง 4.11	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการแปรรูปไม้ท่อนยางพาราขนาดต่างๆ ด้วยใบเลื่อย 4 แบบ	4-24
ตาราง 4.12	เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า และเวลาในการแปรรูปแบบตะของใบเลื่อยแบบ 2 และ 4	4-25
ตาราง 4.13	ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้เวลาในการแปรรูปไม้ ด้วยใบเลื่อยแบบ 2	4-26

สารบัญรูป

ลำดับ	เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1	พื้นที่ปลูกสวนยาง และจังหวัดที่สำรวจกิจกรรมโรงเลื่อยไม้ยางพาราทองที่ จังหวัดระยอง จันทบุรี ตรัง และยะลา	2-1
รูปที่ 2.2	ลักษณะรูปทรง และขนาดของไม้ท่อนยางพารา จากการสำรวจทางภาค ตะวันออก และภาคใต้	2-2
รูปที่ 4.1	เครื่องเลื่อยสายพานสำหรับแปรรูปไม้	4-2
รูปที่ 4.2	เครื่องมือและอุปกรณ์ สำหรับวัดพลังงานไฟฟ้า	4-3
รูปที่ 4.3	วิธีการแปรรูปแบบเลื่อยตะ	4-9
รูปที่ 4.4	วิธีการแปรรูปแบบตีปอน	4-9
รูปที่ 4.5	วิธีการแปรรูปแบบผ่าครึ่ง	4-10
รูปที่ 4.6	ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดขนาดความกว้างหรือหนาของไม้ตัวอย่าง	4-11
รูปที่ 4.7	ผิวหน้าไม้แปรรูปที่ได้	4-22
รูปที่ 4.8	ความสัมพันธ์ของพลังงานไฟฟ้ากับความหนาของไม้สำหรับใบเลื่อยที่ 2	4-28
รูปที่ 4.9	รูปแบบกำลังไฟฟ้าของการแปรรูปไม้ท่อนขนาด 7 นิ้ว ด้วยใบเลื่อย แบบที่ 2	4-29
รูปที่ 4.10	รูปแบบกำลังไฟฟ้าของการแปรรูปไม้ท่อนขนาด 10 นิ้ว ด้วยใบเลื่อย แบบที่ 2	4-29
รูปที่ 5.14	คุณภาพผิวหน้าไม้จากการแปรรูป	5-4

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบัน ต้นยางที่ถูกตัดฟันลงมานั้น นำมาใช้ประโยชน์เกือบทั้งต้น อุตสาหกรรมไม้ นำไม้ยางพาราที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 2 นิ้ว มาใช้ประโยชน์ ประมาณว่าสวนยาง 1 ไร่ ให้เนื้อไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ประมาณ 5 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี เมื่อนำไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ท่อนโตกว่า 6 นิ้ว ไปแปรรูป จะได้ผลผลิตไม้แปรรูปประมาณ 25-30% คิดเป็นไม้ยางพาราแปรรูป ประมาณ 1.25 ล้านลูกบาศก์เมตร จากการศึกษาของโครงการใช้ประโยชน์ไม้ยางพารา และการตลาด แห่งประเทศไทย PPD 1/98 Rev.2(I) พบว่า อุตสาหกรรมไม้ยางพาราทำผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก มีความต้องการใช้ไม้แต่ละปีไม่น้อยกว่า 1 ล้านลูกบาศก์เมตร จากเปอร์เซ็นต์ ผลผลิตไม้แปรรูปที่ได้ ประมาณ 25-30% นั้น จะได้ไม้คุณภาพดีสำหรับทำผลิตภัณฑ์เครื่องเรือนเพื่อการส่งออกได้เพียง 10-15 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าปริมาณไม้ยางพาราแปรรูปที่ได้นั้น ค่อนข้างเสี่ยงต่อการขาดแคลน วัตถุดิบในระยะยาว จึงจำเป็นต้องหาวิธีการเพิ่มผลผลิตไม้แปรรูปที่ได้ให้สูงขึ้น และมีคุณภาพ ดีเพียงพอกับความต้องการของอุตสาหกรรมไม้ หากสามารถเพิ่มผลผลิตได้เพียง 1 % ทำให้ได้ไม้แปรรูป เพิ่มขึ้นถึง 12,500 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ในแต่ละปี การส่งออกผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา สามารถนำเงินเข้า ประเทศสูงกว่าหนึ่งหมื่นล้าน (กรมเศรษฐกิจ การพาณิชย์ 2545) โรงเลื่อย คือ ต้นธารในการผลิต ไม้แปรรูปที่ดีมีคุณภาพสู่อุตสาหกรรมไม้ การแปรรูปไม้ยางพาราด้วยเครื่องเลื่อยสายพานที่ใช้ไม้ท่อน ยาว 1.0-1.30 เมตร พบว่าเทคนิคและความชำนาญการแปรรูปเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ได้ผลผลิตมาก หรือน้อย และรวมถึงคุณภาพของไม้แปรรูป ปัจจัยที่กล่าวมานี้ หากมีการศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบ พื้นเลื่อย มุมพื้นเลื่อย ที่เหมาะสม สำหรับการแปรรูปไม้ เช่น ขนาดคลองเลื่อยที่เสียเนื้อไม้เนื้อไม้ที่สูญเสีย จะทำให้ผลผลิตไม้แปรรูปเพิ่มมากขึ้น คุณภาพผิวหน้าไม้เรียบมากขึ้น อีกทั้งลดพลังงานไฟฟ้า ในการแปรรูปให้น้อยลงเป็นการประหยัดต้นทุนอีกทางหนึ่ง โครงการปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพ การใช้ใบเลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น ตระหนักในปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ข้างต้น เห็นควรให้มีการศึกษาและทดลองเพื่อพัฒนาปัจจัยดังกล่าวให้ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

โครงการ"การปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพในการใช้ใบเลื่อยสายพานแปรรูป ไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น" มีวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานคือ

1.2.1 พัฒนารูปแบบใบเลื่อยเพื่อให้ได้ผิวหน้าไม้แปรรูปที่มีคุณภาพดี ลดการใช้ พลังงานและการสูญเสียของวัตถุดิบ

1.2.2 พัฒนาคู่มือการ ด้านการบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์การแปรรูปไม้ และ ทักษะพิจารณาแบบการแปรรูปไม้ให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น

1.3 แผนการดำเนินการวิจัย

- 1.3.1 สํารวจข้อมูลและศึกษารายละเอียดของโรงเลื่อยไม้ยางพารา 12 โรง ภาคตะวันออก (จังหวัดจันทบุรี, ระยอง) ภาคใต้ (จังหวัดยะลา, ตรัง) จังหวัดละ 3 โรง และจังหวัดสงขลา บริษัท โรงเลื่อย เอ แอนด์ ไอ จำกัด (โรงเลื่อยที่ร่วมโครงการฯ ใช้เป็นสถานที่ทดลองการแปรรูปไม้)
- 1.3.2 ออกแบบฟันเลื่อย 3 รูปแบบ สำหรับโต้ะเลื่อยผ่า และโต้ะซอย
- 1.3.3 ทดลองแปรรูปไม้ยางพารา โดยใช้ใบเลื่อยสายพานที่กำหนดรูปแบบ และองค์ประกอบ จากข้อ 1.3.2 ที่ บริษัท โรงเลื่อย เอ แอนด์ ไอ จำกัด จ.สงขลา 2 ครั้ง
- 1.3.4 รวบรวมข้อมูลจากผลการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และเขียนรายงาน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

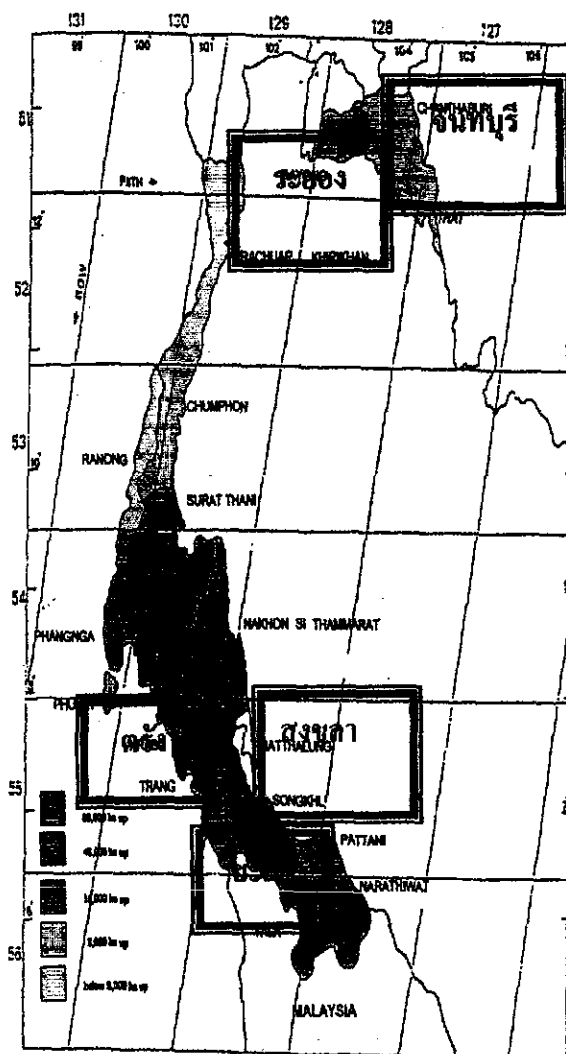
- 1.4.1 เอกสารทางวิชาการ การดำเนินงานของโครงการ 20 เล่ม
- 1.4.2 คู่มือการบำรุงรักษาใบเลื่อยสายพาน 100 เล่ม
- 1.4.3 CD เทคนิคการตกแต่งใบเลื่อยสายพานเพื่อแปรรูปไม้ยางพาราอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 การถ่ายทอดผลงานวิจัยสู่ผู้ใ้

ผลงานของการดำเนินงาน คือ เอกสารวิชาการ คู่มือการบำรุงรักษาใบเลื่อยสายพาน ประกอบ CD เทคนิคการตกแต่งใบเลื่อยสายพานเพื่อแปรรูปไม้ยางพาราอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมเอกสารวิชาการ เป็นแหล่งข้อมูลใช้สำหรับผู้ประกอบการ แปรรูปไม้ยางพารา นำไปศึกษาและให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเรียนรู้ และฝึกฝนตนเองให้ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง เป็นการเพิ่มทักษะให้มากขึ้น ตลอดจนให้สถาบันการศึกษาต่าง ๆ เช่น มหาวิทยาลัย วิทยาลัยเทคนิค ที่มีการสอนความรู้เกี่ยวกับการแปรรูปไม้ นำไปใช้เป็นเอกสารประกอบการสอนให้นักศึกษา เพื่อเพิ่มภูมิปัญญาในการผลิตบุคลากรทางด้านการแปรรูปไม้ให้กับอุตสาหกรรมไม้ของประเทศต่อไป อนึ่ง โครงการพัฒนาการใช้ประโยชน์ไม้ยางพาราและการตลาดในประเทศไทย ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากองค์การไม้เขตร้อนระหว่างประเทศ (ITTO) ในการดำเนินการฝึกอบรมบุคลากรด้านตกแต่งใบเลื่อย มีความสนใจนำผลงานนี้ ไปใช้ในกิจกรรมของโครงการ และมีการประสานงานกันอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน

2. การสำรวจข้อมูลและศึกษารายละเอียดโรงเลื่อยไม้ยางพารา

การสำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพาราตะวันออกและภาคใต้ของโครงการปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพในการใช้เลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบปัจจัยต่างๆ ที่มีผลเกี่ยวข้องกับผลผลิตไม้แปรรูป (Recovery) ที่ได้จากการแปรรูปต้นยางพาราที่ตัดพื้นออก เนื่องจากให้น้ำยางน้อยและถึงรอบต้นพื้นออกเพื่อรับเงินช่วยเหลือจากสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง (Office of Rubber Replanting Aid Fund: ORRAF) ต้นยางพาราที่ตัดออกดังกล่าวมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 5 นิ้วขึ้นไป เมื่อนำไปแปรรูปจะได้ไม้แปรรูปประมาณ 25-30% ไม้ส่วนนี้เป็นไม้คุณภาพดีสำหรับทำผลิตภัณฑ์เครื่องเรือนเพียง 10-15% จัดว่าให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ



เนื่องจากโรงเลื่อยไม้ยางพาราสวนมากอยู่ทางภาคใต้และภาคตะวันออกซึ่งเป็นแหล่งปลูกสวนยางพาราของประเทศ การสำรวจโดยการสุ่มเลือกโรงเลื่อย จำนวน 12 โรง แบ่งออกเป็น ภาคตะวันออก 6 โรง (จังหวัดระยองและจังหวัดจันทบุรี จังหวัดละ 3 โรง) ภาคใต้ 6 โรง (จังหวัดยะลา และจังหวัดตรัง จังหวัดละ 3 โรง)

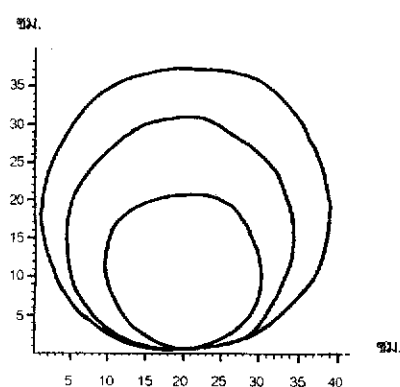
ทำการสำรวจข้อมูลโรงเลื่อยไม้ยางพารา โดยมีรายละเอียดเป็น 2 ส่วน คือ

1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการดำเนินการแปรรูปไม้ ปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงาน รวมทั้งข้อคิดเห็นอื่น โดยบันทึกข้อมูลสัมภาษณ์เจ้าของหรือผู้จัดการโรงเลื่อย
2. ข้อมูลเฉพาะสำหรับรายละเอียดอุปกรณ์ของเครื่องเลื่อยสายพาน การบำรุงรักษา (maintenance) ลักษณะฟันของใบเลื่อย (Knife angles) การลับคมแต่งใบเลื่อย (Saw doctoring) และรายละเอียดอื่นๆ เกี่ยวกับการแปรรูป (Sawing patterns)

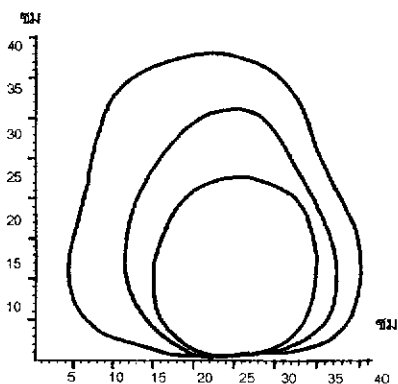
รูปที่ 2.1 พื้นที่ที่ปลูกสวนยางและจังหวัดที่สำรวจกิจกรรมโรงเลื่อยไม้ยางพารา ท้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี ตรัง และยะลา

2.1 โรงเลื่อยไม้ยางพารา

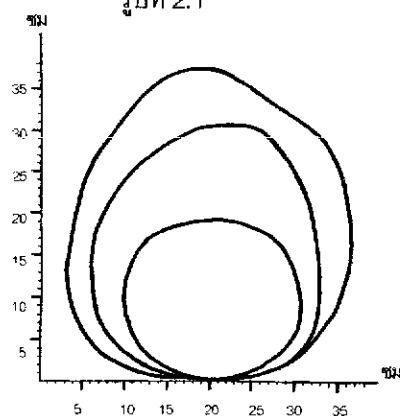
ผลการสำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพารา พบว่าการจัดการโรงเลื่อยและการดำเนินการของโรงเลื่อยไม้ยางพาราทั้งทางภาคตะวันออกและภาคใต้ใช้แรงงานคนเป็นหลัก มีการใช้เครื่องทุ่นแรงในการทำงานน้อยมาก การเลื่อยไม้เป็นการจ้างเหมา โดยเริ่มตั้งแต่การแบกไม้เข้าโต๊ะเลื่อย นายม้าหางม้า และเรียงไม้ เรียกเป็น 1 ชุด ใช้คนประมาณ 5-7 คน ค่าจ้างเหมาเลื่อยลูกบาศก์ฟุตละ 11-12 บาท เลื่อยไม้แปรรูปได้ประมาณ 190-200 ลูกบาศก์ฟุต/วัน เครื่องเลื่อยสายพานที่ใช้โดยทั่วไปมีเส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เล่ (Pulley) ประมาณ 3.5 ฟุต ใช้ใบเลื่อยหน้ากว้าง 5"-6" ความหนาทั่วไปเบอร์ 17 BWG. มีเตาอบไม้ และถังสำหรับอัดน้ำยาไม้ภายในโรงเลื่อยไม้ยางพาราแปรรูป จะผ่านขบวนการอัดน้ำยาและอบไม้ ก่อนที่นำไปทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ หรือจำหน่ายเป็นไม้แปรรูป โรงเลื่อยไม้ยางพาราแปรรูปในภาคตะวันออก มีกำลังผลิตไม้แปรรูปต่อปีของแต่ละโรงประมาณ 2,500-8,500 ลูกบาศก์เมตร (ผู้ประกอบการบางแห่งสั่งซื้อไม้ยางพาราแปรรูปจากแหล่งอื่นประกอบกับขนาดของไม้ที่ค่อนข้างเล็กทำให้ได้ผลผลิตต่ำ) จัดเป็นโรงเลื่อยแปรรูปไม้ขนาดกลาง ส่วนโรงเลื่อยไม้ยางพาราของภาคใต้ มีกำลังผลิตไม้แปรรูปต่อปีของแต่ละโรงประมาณ 6,000-27,000 ลูกบาศก์เมตร สูงกว่าภาคตะวันออก จัดเป็นโรงเลื่อยแปรรูปไม้ขนาดใหญ่ ขนาดของไม้ท่อนที่เข้าแปรรูปมีขนาดใหญ่กว่าภาคตะวันออกดังการจำแนกขนาดรูปหน้าตัดไม้ท่อนที่ได้สำรวจทั้ง 2 ภาค ดังรูปข้างล่างนี้



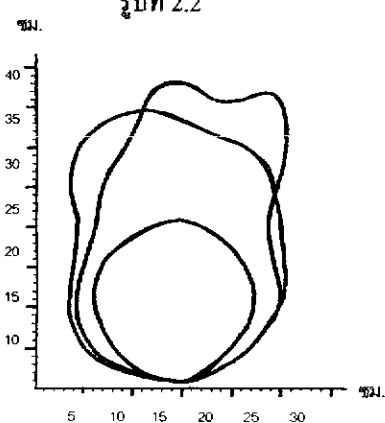
รูปที่ 2.1



รูปที่ 2.2



รูปที่ 2.3



รูปที่ 2.4

รูปที่ 2.2 ลักษณะและขนาดของหน้าตัดไม้ท่อนยางพารา จากการสำรวจทางภาคตะวันออกและภาคใต้

2.2 ลักษณะและขนาดเครื่องเลื่อยสายพาน

ภาคตะวันออก เครื่องเลื่อยสายพานที่ใช้มีจำนวน ตั้งแต่ 9-15 โต๊ะ/โรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง มุมเล่ 3-3 1/2 ฟุต ส่วนมากนิยมใช้ขนาด 3 1/2 ฟุต เป็นเครื่องเลื่อยที่ผลิตภายในประเทศ บางโรงซื้อเครื่องเลื่อยที่เคยใช้งานแล้ว การป้อนไม้เข้าเลื่อยใช้แรงงานคน ระบบการตั้งความตึง (strain) ของใบเลื่อยใช้แบบดัดมน้ำหนัก จุดปรับความเที่ยงตรงของเครื่องเลื่อยและใบเลื่อย (precision pressure guide) ไม่มีระบบหล่อลื่น มีระบบดูดขี้เลื่อย แต่ประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร แต่ละโรงจะมีช่างแต่งใบเลื่อยประจำ 1-2 คน มีประสบการณ์ในการทำงานแตกต่างกันไป ตั้งแต่ 5-10 ปี ในส่วนของการลับและตกแต่งใบเลื่อย ประกอบด้วยเครื่องเจียรณียพื้นเลื่อย เครื่องรีด และขนาดใบเลื่อย บางโรงมีเครื่องสำหรับต่อใบเลื่อย และปั๊มพื้นเลื่อย

สำหรับ เลื่อยสายพานโต๊ะ 1-3 ใช้กำลังมอเตอร์ในการขับเคลื่อน 30-20 แรงม้า ความเร็วมอเตอร์ 1,450-1,460 รอบ/นาที ความเร็วเพลาลูกเบี้ยว 498-543 รอบ/นาที ความเร็วของใบเลื่อย โต๊ะ (1) โต๊ะ (2) และโต๊ะ (3) 1,804-1,821 เมตร/นาที, 1,469-1,726 เมตร/นาที และ 1,272-1,726 เมตร/นาที ตามลำดับ ขนาดของชิ้นขี้เลื่อยของแต่ละโต๊ะเป็นดังนี้ โต๊ะ (1) 0.25-1.00 มม., โต๊ะ (2) 0.5-1.2 มม. และโต๊ะ (3) 0.76-1.2 มม.

ภาคใต้ เครื่องเลื่อยสายพานที่ใช้มีจำนวนตั้งแต่ 17-60 โต๊ะ/โรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง มุมเล่ 2 2/3 – 3 1/2 ฟุต ที่นิยมใช้มาก ใช้ขนาด 3 1/2 ฟุต เป็นเครื่องเลื่อยที่ผลิตภายในประเทศ มีบางส่วนที่เป็นของต่างประเทศ การป้อนไม้เข้าเลื่อย ระบบการตั้งความตึงของใบเลื่อย ระบบการหล่อลื่นจุดปรับความเที่ยงตรงของเครื่องเลื่อย และใบเลื่อย ระบบดูดขี้เลื่อย มีลักษณะเช่นเดียวกันกับภาคตะวันออก แต่ละโรงมีช่างแต่งเลื่อยประจำ 1-2 คน มีประสบการณ์ในการทำงาน 7-10 ปี สำหรับใน ส่วนของการลับและตกแต่งเลื่อยมีเครื่องหลัก ๆ คือ เครื่องเจียรณียพื้นเลื่อย เครื่องรีด และขนาดใบเลื่อย เครื่องปั๊มพื้น เครื่องต่อใบเลื่อย

สำหรับ เลื่อยสายพานโต๊ะ 1-2 ใช้กำลังมอเตอร์ในการขับเคลื่อน 25-15 แรงม้า ความเร็วมอเตอร์อยู่ระหว่าง 1,430-1,480 รอบ/นาที ความเร็วเพลาลูกเบี้ยว โต๊ะ (1) 472-614 รอบ/นาที, โต๊ะ (2) 462-565 รอบ/นาที ความเร็วของใบเลื่อย โต๊ะ (1) 1,347-2,157 เมตร/นาที โต๊ะ (2) 1,328-1,921 เมตร/นาที ขนาดของชิ้นขี้เลื่อย โต๊ะ (1) 0.25-0.76 มม. และโต๊ะ (2) 0.7-1.2 มม.

2.3 ลักษณะใบเลื่อยและองค์ประกอบใบเลื่อย

ใบเลื่อยสายพานที่ใช้ทั้งภาคตะวันออก และภาคใต้ เป็นผลิตภัณฑ์ต่างประเทศ โดยเฉพาะจากประเทศสวีเดนหรือเยอรมัน มีบางโรงใช้ใบเลื่อยจากประเทศอื่น ลักษณะใบเลื่อยและองค์ประกอบต่าง ๆ ของภาคตะวันออกและภาคใต้ไม่แตกต่างกันมากนัก มีรายละเอียดดังนี้

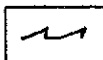
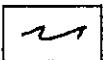
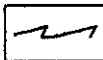
ภาคตะวันออก

ใบเลื่อยสายพานขนาดความกว้าง 5-8 นิ้ว ความยาว 6.20-8.30 เมตร/ปิ่น ความหนาใบเลื่อยเบอร์ 17-18 BWG. (1.47-1.24 มม.) การต่อใบเลื่อยเชื่อมด้วยแก๊สอะเซทิลีน การใช้งานของใบเลื่อยเฉลี่ย 3-7 ชั่วโมง/ปิ่น ลักษณะของฟันเลื่อยแบบหลังฟันตรงท้องฟันเป็นมุมแหลมตัน ระยะระหว่างฟัน $1\frac{3}{8}$ – $1\frac{5}{8}$ นิ้ว ความสูงของฟัน $\frac{3}{8}$ – $\frac{5}{16}$ นิ้ว พื้นที่ท้องฟัน 0.24-0.46 ตารางนิ้ว ขนาดของคลองเลื่อย 2.44-2.65 มม. การจัดมุมฟันของใบเลื่อย มุมหน้าคม 15-26 องศา มุมฟัน 44-61 องศา และ มุมหลังคม 13-21 องศา

ภาคใต้

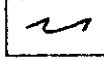
ใบเลื่อยสายพานกว้าง 4-6 นิ้ว ความยาว 6.40-7.60 เมตร/ปิ่น ความหนาใบเลื่อยเบอร์ 18 BWG. (1.24 มม.) การต่อใบเลื่อยมี 2 ลักษณะ คือ เชื่อมด้วยแก๊สและเชื่อมด้วยไฟฟ้า (MIG) การใช้งานของใบเลื่อย เฉลี่ย 2-4 ชั่วโมง/ปิ่น ลักษณะของฟันเลื่อยเหมือนทางภาคตะวันออก ระยะห่างระหว่างฟัน $1\frac{3}{8}$ – $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ความสูงของฟัน $\frac{3}{8}$ – $\frac{7}{16}$ นิ้ว พื้นที่ท้องฟัน 0.29-0.35 ตารางนิ้ว คลองเลื่อย 2.50-2.93 มม. มีมุมหน้าคม 20-28 องศา มุมฟัน 39-52 องศา และมุมหลังคม 17-25 องศา

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยโต๊ะที่ 1 ท้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี และ จังหวัดตรัง

ใบเลื่อย รหัสเครื่องเลื่อย.....
ชนิดประเภทเครื่องเลื่อย.....
ลำดับโต๊ะที่ ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4
ชนิดเครื่องเลื่อยไฟฟ้า ☐ ไฟฟ้า ☐ ไขว้ ☐ อื่นๆ.....
รูปแบบฟันเลื่อย
  
Density ไม้ไฟเลื่อย ไม้ยางพารา Density 0.56 g/cm³
ความหนาไม้ไฟเลื่อยสูงสุด 6.11 นิ้ว
ความเร็วในการเลื่อย ไม้ไฟเลื่อย (m/min) 31.12-56.00/31.12-56.00/31.12

ข้อมูลเฉพาะ		
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางล้อ	3 1/2	ฟุต
ความเร็วรอบของ R.P.M.	1,450-1,480	RPM
เกาซี่	515-543	RPM
*ความเร็วในการเลื่อย (mm/min)	1,804-1,821	ม.ต./น.
ความหนาใบเลื่อย	17 มม. 18	มม./BWG
ความกว้างของฟัน (mm)	2.39 - 2.84	มม.
ช่องว่างใบเลื่อย (mm)	0.46 - 0.76	มม.
ความกว้างใบเลื่อย	3	นิ้ว
ระยะห่างระหว่างฟัน	$1\frac{3}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	นิ้ว
พื้นที่ท้องฟัน	0.243 - 0.30	นิ้ว ²
ความสูงฟัน	5/16 - 1/2	นิ้ว
**ระยะเลื่อยต่อโต๊ะ (mm/min)	0.25-1.00/0.01-0.04	มม./นิ้ว
มุมหลังคม	15 - 18	องศา
มุมฟัน	61 - 65	องศา
มุมหน้าคม	16 - 26	องศา

หมายเลข.....

ใบเลื่อย รหัสเครื่องเลื่อย.....
ชนิดประเภทเครื่องเลื่อย.....
ลำดับโต๊ะที่ ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4
ชนิดเครื่องเลื่อยไฟฟ้า ☐ ไฟฟ้า ☐ ไขว้ ☐ อื่นๆ.....
รูปแบบฟันเลื่อย
  
Density ไม้ไฟเลื่อย ไม้ยางพารา Density 0.56 g/cm³
ความหนาไม้ไฟเลื่อยสูงสุด 6.28 นิ้ว
ความเร็วในการเลื่อย ไม้ไฟเลื่อย (m/min) 31.12-56.00/31.12-56.00/31.12

ข้อมูลเฉพาะ		
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางล้อ	3 - 3 1/2	ฟุต
ความเร็วรอบของ R.P.M.	1,460-1,480	RPM
เกาซี่	472-614	RPM
*ความเร็วในการเลื่อย (mm/min)	1,347-2,137	ม.ต./น.
ความหนาใบเลื่อย	1.24/18	มม./BWG
ความกว้างของฟัน (mm)	2.58 - 3.18	มม.
ช่องว่างใบเลื่อย (mm)	0.47 - 0.90	มม.
ความกว้างใบเลื่อย	4 - 6	นิ้ว
ระยะห่างระหว่างฟัน	$1\frac{3}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	นิ้ว
พื้นที่ท้องฟัน	0.294 - 0.359	นิ้ว ²
ความสูงฟัน	3/8 - 7/16	มม.
**ระยะเลื่อยต่อโต๊ะ (mm/min)	0.25-0.76/0.01-0.03	มม./นิ้ว
มุมหลังคม	17-23	องศา
มุมฟัน	40 - 52	องศา
มุมหน้าคม	20 - 28	องศา

หมายเลข.....

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยโต๊ะที่ 2 ห้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี และ จังหวัดตรัง ยะลา

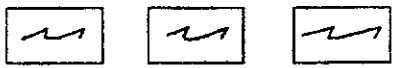
โรงเลื่อย โรงเลื่อยจันทบุรี

ชนิดอุปกรณ์เครื่องเลื่อย ส.พ.พ.พ.

ส่วนโค้งที่ ☐ 1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4

ชนิดพลังงานที่ใช้ ไฟฟ้า ไบโอดี ปิโตรล ☐ ไฟฟ้า ☐ ไบโอดี ☐ ปิโตรล

รูปแบบฟันเลื่อย



Density ไม้ที่เข้าเลื่อย ไม้ยางพารา 0.56 g/cm³

ความหนาไม้ที่เข้าเลื่อยสูงสุด 3-3 นิ้ว

ความเร็วในการป้อนไม้เข้าเลื่อย (Feed) 22-28 ม./น.ท.

ข้อมูลจำเพาะ		
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบเลื่อย	3 1/2	ฟุต
ความเร็วรอบรอบ/น.ท.	1,450-1,460	RPM
เกลาฟัน	511-515	RPM
*ความเร็วในการเลื่อย (cutting)	1,460-1,726	ม./น.ท.
ความหนาใบเลื่อย	18	BWG
ความกว้างคมฟัน (Kerf)	2.24 - 2.58	มม.
ช่องว่างใบเลื่อย (Side clearance)	0.26 - 0.86	มม.
ความกว้างใบเลื่อย	6	นิ้ว
ระยะห่างระหว่างฟัน	1 1/2 - 1 3/8	นิ้ว
พื้นที่ที่ฟัน	0.264 - 0.464	นิ้ว ²
ความสูงฟัน	3/8 - 1/2	นิ้ว
**ระยะเลื่อยต่อฟัน (new bite)	0.5-1.2/0.03-0.05	มม./นิ้ว
มุมหักมุม	15 - 21	องศา
มุมฟัน	60 - 64	องศา
มุมหน้าคม	15 - 25	องศา

หมายเหตุ

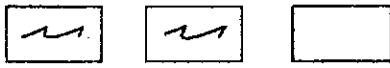
โรงเลื่อย โรงเลื่อยยะลา

ชนิดอุปกรณ์เครื่องเลื่อย ส.พ.พ.พ.

ส่วนโค้งที่ ☐ 1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4

ชนิดพลังงานที่ใช้ ไฟฟ้า ไบโอดี ปิโตรล ☐ ไฟฟ้า ☐ ไบโอดี ☐ ปิโตรล

รูปแบบฟันเลื่อย



Density ไม้ที่เข้าเลื่อย ไม้ยางพารา 0.54 g/cm³

ความหนาไม้ที่เข้าเลื่อยสูงสุด 1.5 นิ้ว

ความเร็วในการป้อนไม้เข้าเลื่อย (Feed) ☐ ไฟฟ้า ☐ ไบโอดี ☐ ปิโตรล

ข้อมูลจำเพาะ		
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบเลื่อย	2.25 - 3 1/2	ฟุต
ความเร็วรอบรอบ/น.ท.	1,450-1,462	RPM
เกลาฟัน	482-565	RPM
*ความเร็วในการเลื่อย (cutting)	1,328-1,821	ม./น.ท.
ความหนาใบเลื่อย	1.24/18	มม./BWG
ความกว้างคมฟัน (Kerf)	2.37 - 2.69	มม.
ช่องว่างใบเลื่อย (Side clearance)	0.56 - 0.66	มม.
ความกว้างใบเลื่อย	4 - 5	นิ้ว
ระยะห่างระหว่างฟัน	1 1/2 - 1 7/16	มม./นิ้ว
พื้นที่ที่ฟัน	0.321 - 0.359	มม./นิ้ว ²
ความสูงฟัน	5/8 - 7/16	มม./นิ้ว
**ระยะเลื่อยต่อฟัน (new bite)	0.7-1.2/0.03-0.05	มม./นิ้ว
มุมหักมุม	18 - 25	องศา
มุมฟัน	28 - 47	องศา
มุมหน้าคม	23 - 27	องศา

หมายเหตุ

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยโต๊ะที่ 3 ห้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี

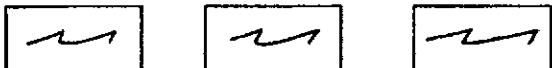
โรงเลื่อย โรงเลื่อยจันทบุรี

ชนิดอุปกรณ์เครื่องเลื่อย ส.พ.พ.พ.

ส่วนโค้งที่ ☐ 1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4

ชนิดพลังงานที่ใช้ ไฟฟ้า ไบโอดี ปิโตรล ☐ ไฟฟ้า ☐ ไบโอดี ☐ ปิโตรล

รูปแบบฟันเลื่อย



Density ไม้ที่เข้าเลื่อย ไม้ยางพารา 0.56 g/cm³

ความหนาไม้ที่เข้าเลื่อยสูงสุด 1-3 นิ้ว

ความเร็วในการป้อนไม้เข้าเลื่อย (Feed) 39.0-61 ม./น.ท.

ข้อมูลจำเพาะ		
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบเลื่อย	3 1/2	ฟุต
ความเร็วรอบรอบ/น.ท.	1,460	RPM
เกลาฟัน	498-515	RPM
*ความเร็วในการเลื่อย (cutting)	1,272-1,726	ม./น.ท.
ความหนาใบเลื่อย	18	BWG
ความกว้างคมฟัน (Kerf)	2.25 - 3.06	มม.
ช่องว่างใบเลื่อย (Side clearance)	0.48 - 0.51	มม.
ความกว้างใบเลื่อย	5 - 6	นิ้ว
ระยะห่างระหว่างฟัน	1 1/2	นิ้ว
พื้นที่ที่ฟัน	0.267	นิ้ว ²
ความสูงฟัน	5/8	นิ้ว
**ระยะเลื่อยต่อฟัน (new bite)	0.76-1.2/0.03-0.05	มม./นิ้ว
มุมหักมุม	14 - 19	องศา
มุมฟัน	56 - 45	องศา
มุมหน้าคม	20 - 26	องศา

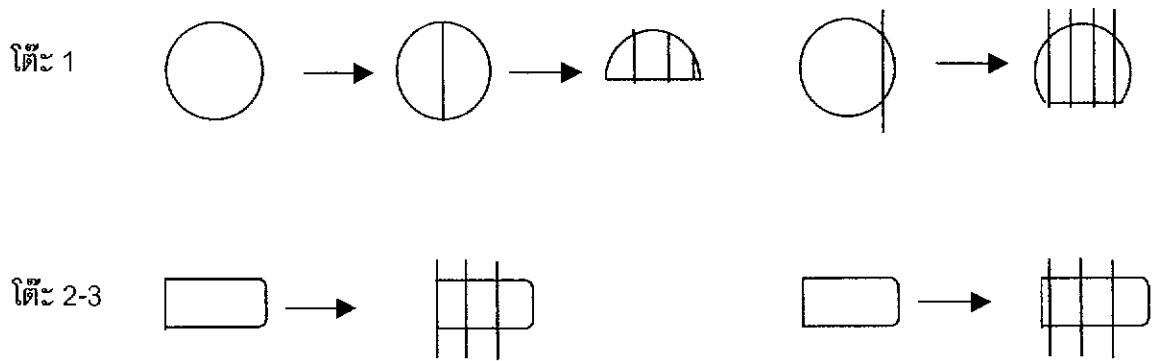
หมายเหตุ

2.4 รูปแบบและอัตราการแปรรูปไม้

2.4.1 การแปรรูปไม้ยางพารา

รูปแบบการแปรรูปไม้ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามแผนภูมิข้างล่างนี้

แผนภูมิรูปแบบการแปรรูปไม้ของโต๊ะต่างๆ มีลำดับขั้นตอน ดังนี้



ภาคตะวันออก

ภาคใต้

ภาคตะวันออก เลื่อยแบบผ่าครึ่ง โต๊ะ 1 จะผ่าครึ่งไม้ท่อนแล้วซอยให้ได้ขนาดกว้าง แล้วส่งต่อไปยังโต๊ะ 2 และโต๊ะ 3 ภาคใต้ จะทำการเปิดปีกไม้เล็กน้อยในคลองเลื่อยแรกแล้วพลิกไม้คว่ำลง ซอยไม้ให้ได้ขนาดความหนาที่ต้องการ แล้วส่งต่อไปยังโต๊ะ 2 เพื่อซอยเก็บขอบด้านข้างของไม้แปรรูป

2.4.2 อัตราการแปรรูป (Recovery)

เปอร์เซ็นต์ของไม้แปรรูปที่ได้จากการแปรรูปไม้ยางพาราทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ ไม่แตกต่างกันมากนัก คือได้ไม้แปรรูปเกรด A โดยเฉลี่ย 7-9 ลบ.ฟุตต่อไม้ท่อน 1 ต้น หากคิดรวมเกรดทั้งหมดแล้วจะได้ไม้แปรรูปเฉลี่ย 10-11 ลบ.ฟุตต่อไม้ท่อน 1 ต้น (เมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ไม้แปรรูป (โดยปริมาตร) โดยเทียบน้ำหนักไม้ท่อน 1 ต้น มีปริมาตร 1.30 ลบ.เมตร (45.91ฟ³) จะได้อัตราการแปรรูปไม้ เกรด A 15-20% และรวมเกรดได้ 22-24%)

2.5 พลังงานที่ใช้ในการแปรรูปไม้ยางพารา

ผลจากการปฏิบัติงานของช่างลับคมเลื่อย วิศวกร และนักวิจัยที่มีความสามารถ ได้มีการพัฒนาหลักการ ในการหาพลังงานที่ใช้สำหรับเลื่อยสายพานในการแปรรูปไม้ เป็นสิ่งที่รับรู้ไปทั่วว่า ไม้เป็นวัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมายเกี่ยวกับระดับของพลังงาน ที่ใช้ในการตัดหรือการเลื่อย จากเหตุผลที่กล่าวข้างต้น ผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ได้เชื่อถือจากประสบการณ์ที่มีมาหรือให้คำแนะนำจากคนอื่น ๆ ในการคัดเลือกมอเตอร์ใช้งานสำหรับโรงเลื่อย ขณะที่หลาย ๆ คนยังคงเชื่อถือตามประสบการณ์หรือคำแนะนำที่มีมาอยู่นั้นเป็นเรื่องที่ควรรู้ถึงความก้าวหน้าของหลักการในการที่จะคิดคำนวณถึงขนาดของกำลังม้าใช้งานในโรงเลื่อย ความก้าวหน้านี้มีพื้นฐานจากความจริงที่ว่า ขนาดกำลังม้าของโรงเลื่อยประกอบด้วยหลักการสองส่วน คือ กำลังงานที่ใช้ในการหมุนเครื่องจักรภายใต้แรงเค้น (เดินเครื่องเปล่า) และกำลังงานที่ใช้ในการตัดหรือเลื่อยไม้ โดยที่ว่าการกำลังที่ใช้ในการตัดหรือเลื่อยไม้จะคำนวณได้จาก ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความลึกในการตัด (depth of cut) ขนาดของคลองเลื่อย (Kerf) อัตราการป้อนไม้ (feed speed) และกำลังงานเฉพาะในการตัด (Specific cutting energy) ซึ่งโครงการปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการใช้เลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นนี้ เป็นส่วนหนึ่งที่ได้คำนึงถึงหลักการในการใช้พลังงานในการแปรรูปไม้และได้มีการบันทึกข้อมูลบางส่วนที่เกี่ยวข้องไว้ ดังนี้

ตารางที่ 2.4 การใช้พลังงานไฟฟ้าในการแปรรูปไม้ยางพารา

	โต๊ะตัวที่	พิกัดมอเตอร์ hp	กำลังที่ใช้เดินเครื่องเปล่า KW
ภาคตะวันออก โรงเลื่อยที่ 1	-	-	-
โรงเลื่อยที่ 2	1	25	5.03
	2	25	4.9
	3	25	4.95
โรงเลื่อยที่ 3	1	25	3.28
	2	25	4.28
	3	25	3.35
	4	25	5.40
	5	15	3.45
โรงเลื่อยที่ 4	1	30	2.63
	2	25	4.77
	3	20	4.98
โรงเลื่อยที่ 5	1	30	5.20
	2	25	3.88
	3	15	2.81

ตารางที่ 2.4 การใช้พลังงานไฟฟ้าในการแปรรูปไม้ยางพารา (ต่อ)

	โต๊ะตัวที่	พิกัดมอเตอร์ hp	กำลังที่ใช้เดินเครื่องเปล่า KW
ภาคใต้ โรงเลื่อยที่ 6	1	20	-
	2	20	-
โรงเลื่อยที่ 7	1	20	3.79
	2	15	2.57
โรงเลื่อยที่ 8	1	25	3.16
		15	3.00
โรงเลื่อยที่ 9	1	25	1.90
	2	20	1.62
โรงเลื่อยที่ 10	1	25	-
	2	15	
โรงเลื่อยที่ 11	1	20	3.4
	2	20	2.61
โรงเลื่อยที่ 12	1	25	9.40
	2	25	9.1

จากข้อมูลการสำรวจการใช้พลังงานในการแปรรูปไม้ยางพาราข้างต้นสรุปได้ดังนี้

1. จำนวนโรงเลื่อยที่ทำการสำรวจ

1.1 ภาคตะวันออก สำรวจจำนวน 5 โรงเลื่อย ความหนาของไม้แปรรูป 0.5"-10"

1.2 ภาคใต้ สำรวจจำนวน 7 โรงเลื่อย ความหนาของไม้แปรรูป 0.5"-12"

2. พลังงานที่ใช้

2.1 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ขณะเลื่อย (KW) จะแปรผันตรงตามความหนาและความกว้างของไม้ที่ใช้เลื่อย

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด 15-30 แรงม้า

2.3 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องเปล่าอยู่ระหว่าง 2.57-9.40 KW.

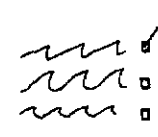
2.6 อุปสรรคและปัญหา

1. คุณภาพวัตถุดิบ ปัจจุบันมีการใช้ไม้ท่อนที่มีอายุค่อนข้างน้อยและขนาดเล็กมาใช้งาน ทำให้ไม้แปรรูปที่อบแห้งมีตำหนิ บิด โค้ง มากขึ้น ขนาดไม้ท่อนที่เล็กทำให้ปริมาณไม้แปรรูปที่ได้ต่ำไปด้วย
2. คุณภาพช่างแปรรูป (นายมา) และช่างตกแต่งใบเลื่อยมีไม่มากพอ ขาดความรู้ในเชิงวิชาการและไม่มีการฝึกอบรมเป็นการจำมาจากประสบการณ์ที่เห็นเท่านั้น
3. การพัฒนาบุคลากรเป็นไปได้ยาก เนื่องจากได้รับการอบรมแล้ว มักย้ายงานไปทำที่อื่น โดยได้รับค่าตอบแทนสูงกว่าที่เดิม
4. ความรู้ทางวิชาการจากหน่วยงานของรัฐยังมีอยู่น้อย น่าจะได้ร่วมมือกันทั้งภาครัฐและเอกชน ให้ความรู้เชิงวิชาการที่ถูกต้องแก่ผู้ประกอบการโรงเลื่อยต่อไป
5. ควรมีการพัฒนาเครื่องเลื่อยให้เหมาะสมต่อการแปรรูปไม้ยางพารา ที่มีขนาดท่อนค่อนข้างเล็กและขนาดสั้น

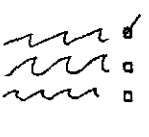
3. การออกแบบพื้นเลื่อย

3.1 พัฒนารูปแบบใบเลื่อย

ผลของการดำเนินงานสำรวจข้อมูลกิจกรรมโรงเลื่อยไม้ยางพารา ในภาคตะวันออก และภาคใต้ ตอนเริ่มกิจกรรมโครงการฯ ได้ผลสรุปเกี่ยวกับใบเลื่อยสายพานดังนี้

โรงเลื่อย	ระยอง และ ชันบุรี	ลักษณะประเภทใบเลื่อย		สายพาน				
เครื่องเลื่อยที่ใช้งาน	3 1/2	ชุด	คำนวณเครื่องเลื่อย	โต๊ะ ที่ 1, 2, 3	อุปกรณ์อื่นๆ	-		
ลักษณะใบเลื่อย 	ปีที่	ความยาว ม.ฟ.	ความกว้าง นิ้ว	ความหนา BWG/มม./นิ้ว	การต่อใบเลื่อย	ค่าพื้นที่พบ	การใช้งานเมื่อ ต่อเป็น ซม.	หมายเหตุ
	1	7.00-8.30	8.00	17/1.47/0.058, 18/1.24/0.049	เชื่อมด้วย แก๊ส Acetylene	1. พื้นผิวเรียบ	3-5-7	1. จำนวนใบเลื่อยใช้ ประมาณ >5 ใบ
	2	6.50-8.30	6.00	18/1.24/0.049		2. หลังใบเรียบ		2. การใช้งานตามขนาดความหนาของฟันเลื่อยขึ้นอยู่กับ
	3	6.20-8.00	5.00-6.00	18/1.24/0.049		3. เนื้อใบเรียบ		2.1 คุณภาพไม้ดิบ
	4					4. ยางไม้ดี		2.2 พายัพไม้ยาง
	5							2.3 คุณภาพงานผิวใบเลื่อย

ลักษณะรูปร่างฟันเลื่อย	ปีที่	จำนวนฟันเลื่อย		ระยะห่าง ระหว่างฟัน นิ้ว (P)	ลักษณะคัตของ (เจ็ท)			มุม หน้าคม องศา	มุมฟัน องศา	มุมหลังคม องศา	ความ สูงฟัน นิ้ว (D)	พื้นที่ของ ฟัน ตร. นิ้ว	หมายเหตุ
		ต่อ/ม.	ต่อ/ชุด		เต็ม	บีบ (Set in.)	ขนาดคัตของ (เอียง) (มม.)						
	1	26	8	1.38 - 1.34	-	0.56	2.56	16-26	61-45	13-19	5/16 - 1/2	0.2450-0.50	
	2	26	8	1.38 - 1.34	-	0.54	2.44	15-25	60-44	15-21	3/8 - 1/2	0.294-0.464	
	3	26	8	1.12	-	0.49	2.65	20-26	56-45	14-19	5/16	0.267	

โรงเลื่อย.	ศรีสะเกษ	ลักษณะประเภทใบเลื่อย		สายพาน					
เครื่องเลื่อยที่ใช้งาน	2 2/3 - 3 1/2	ชุด คำนวณเครื่องเลื่อย	โต๊ะ 1 และ 2	อุปกรณ์อื่นๆ					
ลักษณะใบเลื่อย 	ปีที่	ความยาว ม.	ความกว้าง นิ้ว	ความหนา BWG/มม./นิ้ว	การต่อใบ เลื่อย	ค่าพื้นที่พบ	การใช้งานเมื่อ ต่อเป็น ซม.	หมายเหตุ	
	1	6.70-7.60	4-5	18/1.24/0.049		เชื่อมด้วย แก๊สและ MRG	ห้องพื้นและ หลังใบเลื่อย แตก	- เปลี่ยนทุก 2 ชั่วโมง - เปลี่ยนครึ่งวัน	หากฟันเลื่อยไม่เจอ
	2	6.40-7.60	4-5	18/1.24/0.049					ปัญหาเลื่อยกรวดหรือ
	3								ฟันใบท่อนไม้
	4								
	5								

ลักษณะรูปร่างฟันเลื่อย	ปีที่	จำนวนฟันเลื่อย		ระยะห่าง ระหว่างฟัน นิ้ว (P)	ลักษณะคัตของ (เจ็ท)			มุม หน้าคม องศา	มุมฟัน องศา	มุมหลังคม องศา	ความ สูงฟัน นิ้ว (D)	พื้นที่ของ ฟัน ตร. นิ้ว	หมายเหตุ
		ต่อ/ม.	ต่อ/ชุด		เต็ม	บีบ (Set in.)	ขนาดคัตของ (เอียง) (มม.)						
	1	26-30	8-9	1.38 - 1.7/16	-	0.61-0.72	2.77-2.93	20-28	40-52	17-23	3/8 - 7/16	0.294-0.359	
	2	30	9	1.12 - 1.7/16	-	0.56-0.62	2.50-2.53	23-27	39-47	18-25	3/8 - 7/16	0.321-0.359	

หมายเหตุ: ก. ปัญหาฟัน 1. คุณภาพการต่อแผ่นใบเลื่อย

2. ความชำนาญและจำนวนฟันเลื่อยกับขนาดใบเลื่อยมีน้อยเกินไป

ข. ข้อสรุปได้เป็นค่าเฉลี่ยรวม 2 จังหวัด ในแต่ละภาค

ค. พื้นที่ของฟัน = $P \times D \times 1.75$ นิ้ว

ง. การใช้งานของฟันที่ของฟันประมาณ 60-70% ของพื้นที่ที่คำนวณได้

รูปแบบใบเลื่อยที่ใช้เป็น Benchmark สำหรับการทดลองออกแบบฟันเลื่อย เพื่อเปรียบเทียบกับใบเลื่อยของ บริษัทโรงเลื่อย เอ แอนด์ ไอ จำกัด กับที่โครงการได้พิจารณาแก้ไข ใช้ในการทดลองรูปแบบใบเลื่อยครั้งที่ 1 มีข้อมูลจำเพาะเปรียบเทียบดังนี้

	ข้อมูลจำเพาะ (benchmark)	ข้อมูลแก้ไข/หมายเหตุ รูปแบบ 1 และ รูปแบบ 2
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมูเล่	3 1/2 ฟุต	-
ความเร็วมอเตอร์/H.P.	1460 รอบ/นาที	-
เพลาชับ	438 รอบ/นาที	-
*ความเร็วในการเลื่อย (cutting) (โต๊ะ 1,2)	1,460 เมตร/นาที	-
ความหนาใบเลื่อย	1.25 มม.	-
ความกว้างคมฟัน (Kerf)	2.32 มม.	2.24
คลองข้างใบเลื่อย (Side clearance)	0.40-0.50 มม.	0.5
ความกว้างใบเลื่อย	4 □-5 นิ้ว	6 1/8 นิ้ว
ระยะห่างระหว่างฟัน	(โต๊ะ 1) 33 มม. (โต๊ะ 2) 36.5 มม.	35
พื้นที่ท้องฟัน	181-195 มม. ²	(รูปแบบ 1) 300 มม. ² (รูปแบบ 2) 350 มม. ²
ความสูงฟัน	9.5 มม.	13
**ระยะเลื่อยแต่ละฟัน (toothbite)	0.67-0.74 มม.	0.71
มุมหลังคม	7-6 องศา	15
มุมฟัน	47-55 องศา	48
มุมหน้าคม	36-29 องศา	27

เมื่อการทดลองแปรรูปไม้ครั้งที่ 1 เสร็จสิ้นลง โดยการทดลองแปรรูปครั้งนี้ใช้รูปแบบของใบเลื่อยเพียง 2 รูปแบบ หลังการทดลองโครงการ ได้พิจารณาเพิ่มเติมรูปแบบที่ 3 เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งที่ 2 และนำมาปรับรูปแบบฟันให้เหมาะสมอีกครั้งได้ รายละเอียดของรูปแบบฟันเลื่อยทั้ง 3 แบบ ดังนี้

3.2 ข้อมูลใบเลื่อยที่ใช้วิจัยแปรรูปไม้แบบที่ 1, 2 และ 3

ข้อมูลจำเพาะ	ใบเลื่อยเดิม (แบบที่ 4)	ใบเลื่อยแบบที่ 1	ใบเลื่อยแบบที่ 2	ใบเลื่อยแบบที่ 3
ความหนาใบเลื่อย (Blade thickness) มม.	1.24	-	-	-
ความกว้างคมฟัน (Kerf) มม.	2.18	2.52	2.31	2.52
คลองข้างใบเลื่อย (Side clearance) มม.	0.47	0.64	0.53	0.64
ความกว้างใบเลื่อย (Blade width) นิ้ว	5	$6\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	6
ระยะห่างระหว่างฟัน (Pitch) มม.	ได้ ๑ 35	-	-	-
มม.	ได้ ๒ 35	-	-	-
พื้นที่ช่องฟันเลื่อย (Gullet area) มม. ²	200	240	260	200
ความสูงฟัน (Height or Depth) มม.	10	12	13	10
ความหนาซี่เลื่อย (Tooth bite) มม.	0.62	-	-	-
มุมหลังคม (Clearance angle) องศา	9	12	14	14
มุมฟัน (Tooth angle) องศา	53	52	49	50
มุมหน้าคม (Hook angle) องศา	28	26	27	26

4. การแปรรูปไม้ยางพารา

4.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์

4.1.1 วัดถุดิบไม้ยางพาราท่อน

การวิจัยครั้งที่ 1

ใช้ไม้ท่อนทั้งหมด 480 ท่อน ยาวท่อนละ 1.05 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว ขนาดละ 96 ท่อน แต่ละขนาดทาสีที่หัวไม้เพื่อแยกขนาดให้เห็นได้ชัดเจน การทดลองแปรรูปไม้ทั้งหมดจำนวน 4 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ไม้รวม 120 ท่อน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว ขนาดละ 24 ท่อน) โดยมีการแปรรูป 3 รูปแบบ คือ แบบเลื่อยตะ (Through & Through) แบบตีปอน(Cant) และแบบแบ่งครึ่ง(Half-cut) แบบละ 8 ท่อน

การทดลองแปรรูปครั้งที่ 1	ใช้ใบเลื่อย	แบบที่ 1
การทดลองแปรรูปครั้งที่ 2	ใช้ใบเลื่อย	แบบที่ 2
การทดลองแปรรูปครั้งที่ 3	ใช้ใบเลื่อย	ของโรงเลื่อย A&I

การวิจัยครั้งที่ 2

ใช้ไม้ท่อนทั้งหมด 300 ท่อน ยาวท่อนละ 1.05 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว ขนาดละ 60 ท่อน แต่ละขนาดทาสีที่หัวไม้เพื่อแยกให้เห็นได้ชัดเจน แปรรูปไม้ทั้งหมดจำนวน 4 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ไม้ทดลองทุกขนาดรวมทั้งสิ้น 75 ท่อน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว ขนาดละ 15 ท่อน) โดยมีการแปรรูป 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ(Through & Through) แบบตีปอน(Cant) และแบบแบ่งครึ่ง(Half-cut) แบบละ 5 ท่อน

แปรรูปไม้ครั้งที่ 1	ใช้ใบเลื่อย	แบบที่ 1
แปรรูปไม้ครั้งที่ 2	ใช้ใบเลื่อย	แบบที่ 2
แปรรูปไม้ครั้งที่ 3	ใช้ใบเลื่อย	แบบที่ 3
แปรรูปไม้ครั้งที่ 4	ใช้ใบเลื่อย	แบบที่ 4 (ของโรงเลื่อย A&I)

4.1.2 เครื่องเลื่อยสายพานสำหรับแปรรูปไม้



โต๊ะ 1 (โต๊ะผ่า)



โต๊ะ 2 (โต๊ะซอย)

รูปที่ 4.1 เครื่องเลื่อยสายพานสำหรับแปรรูปไม้

โต๊ะเลื่อยที่ใช้แปรรูปทั้งสองโต๊ะมีรายละเอียด ดังนี้

เครื่องเลื่อยสายพานโต๊ะ 1, โต๊ะ 2

- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมูลี่	3 1/2 ฟุต
- ความเร็วมอเตอร์	1460 รอบ/นาที
- ความเร็วเพลาชัป	438 รอบ/นาที
- ความเร็วในการเลื่อย (Cutting speed)	1,460 เมตร/นาที
- ความหนาไม้ที่เข้าเลื่อย โต๊ะ 1	250 มม.
โต๊ะ 2	150 มม.
- ความเร็วในการป้อนไม้เข้าเลื่อย (Feed)	26-30 เมตร/นาที

4.1.3 เครื่องมือ : วัดขนาดไม้ท่อน

- 4.2.3.1 เทปเหล็กยาว 2.00 เมตร
- 4.2.3.2 คาลิปเปอร์เขาควาย ขนาดยาว 80 ซม.
- 4.2.3.3 กระดาษสมุดวาดเขียนเล่มใหญ่
- 4.2.3.4 ปากกาและดินสอ
- 4.2.3.5 Veneer ขนาดยาว 8 นิ้ว

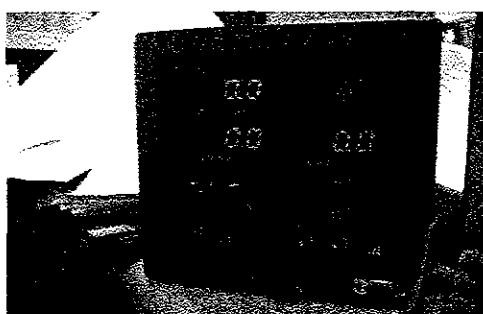
4.1.4 เครื่องมือ : วัดขนาดไม้แปรรูป

- 4.2.4.1 ปากกา และกระดาษ
- 4.2.4.2 Veneer ขนาดยาว 8 นิ้ว
- 4.2.4.3 สีนํ้า

4.1.5 เครื่องมือ : วัดพลังงานไฟฟ้า

เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้ารุ่น A 2000 ของบริษัท GOSSEN-METRAWATT GMBH เป็นเครื่องมือที่วัดค่าเป็น TRUE RMS ใช้สำหรับวิเคราะห์และติดตามระบบไฟฟ้า 3 เฟส สามารถใช้วัด กระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าและตัวประกอบกำลัง สามารถบันทึกและเก็บข้อมูลได้ทุก ๆ 0.32 วินาที ถ่ายโอนข้อมูลมาที่เครื่องคอมพิวเตอร์ และแปลงเป็นข้อมูลในโปรแกรม Excel ได้

ในการวัดพลังงานไฟฟ้าขณะแปรรูป ใช้เครื่องวิดีโอ ดิจิตอล Cannon รุ่น MV500 บันทึก ภาพการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำข้อมูลภาพมากำหนดข้อมูลที่ใช้คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวัดพลังงานไฟฟ้า

4.1.6 เครื่องมือ : หาความชื้นในไม้ (ไม้แปรรูป/ไม้ท่อน)

- 4.2.6.1 Moisture meter 1 เครื่อง
- 4.2.6.2 ตาชั่งน้ำหนักละเอียด 0.01 กรัม/เครื่องชั่งน้ำหนัก 100 กก.
- 4.2.6.3 เตาอบไฟฟ้าขนาดจุ 1 ลบ.ฟุต
- 4.2.6.4 ปากกาและกระดาษบันทึกน้ำหนัก
- 4.2.6.5 เครื่องคิดเลข
- 4.2.6.6 Descicator (โหลชื้น)

4.2 วิธีดำเนินการวิจัยแปรรูปไม้

4.2.1 แผนการวิจัย

การทดลองครั้งที่ 1

ทดลองแปรรูปไม้ท่อนโดยใช้รูปแบบการเลื่อย 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ (Through and Through) แบบตีปอน (Cant) และแบบแบ่งครึ่ง (Half-cut) แต่ละรูปแบบใช้ไม้ท่อน จำนวน 40 ท่อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว ขนาดละ 8 ท่อน ใช้ใบเลื่อยแบบ 1, 2, 3 และ 4 (เดิม) เพื่อให้เป็น bench mark นำมาแก้ไขและพัฒนาวางแผนการวิจัยในครั้งที่ 2

การวิจัยครั้งที่ 2

วางแผนการวิจัยแบบ Split-plot ประกอบด้วย

ก) ปัจจัยหลัก (Main unit) คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของไม้ท่อน 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว มีการจัดแบบบล็อกสมบูรณ์ (RCB)

ข) ปัจจัยรอง (Sub unit) คือ วิธีการแปรรูป (Method) 3 แบบ แบบเลื่อยตะ (Through and Through) แบบตีปอน (Cant) และแบบแบ่งครึ่ง (Half Cut)

การวิจัยทั้งหมดมี 4 Block (ซ้ำ) แต่ละ Block ใช้ไม้ทดลอง 75 ท่อน Block ที่ 1 ใช้ฟันเลื่อยแบบที่ 1, Block ที่ 2 ใช้ฟันเลื่อยแบบที่ 2, Block ที่ 3 ใช้ฟันเลื่อยแบบที่ 3 และ Block ที่ 4 ใช้ฟันเลื่อยเดิม

ผังการทดลองครั้งที่ 1

	M_0	M_1	M_2
Block 1	S_0	S_0	S_0
	S_1	S_1	S_1
	S_2	S_2	S_2
	S_3	S_3	S_3
	S_4	S_4	S_4
Block 2	S_0	S_0	S_0
	S_1	S_1	S_1
	S_2	S_2	S_2
	S_3	S_3	S_3
	S_4	S_4	S_4
Block 3	S_0	S_0	S_0
	S_1	S_1	S_1
	S_2	S_2	S_2
	S_3	S_3	S_3
	S_4	S_4	S_4

ผังการวิจัยครั้งที่ 2 ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม้ท่อน(Size) เป็นปัจจัยหลัก (Main unit)
และวิธีการแปรรูป (Method) เป็นปัจจัยรองมีการจัดแบบ RCB

*Size(S) - Main unit 5 ขนาด

**Method(M) - Sub unit 3 วิธี

จำนวน - 4 Block (แต่ละ Block ใช้ไม้ 75 ท่อน)

1 Block - ใช้ไม้ทดลอง 5 ขนาด ๆ ละ 15 ท่อน

Block 1	7 (S1)	6 (S0)	9(S3)	8(S2)	10(S4)
	M1	M0	M1	M0	M1
	M0	M1	M2	M1	M0
Block 2	8 (S2)	10 (S4)	6(S0)	7(S1)	9(S3)
	M2	M0	M1	M1	M0
	M0	M1	M2	M0	M1
Block 3	6 (S0)	10(S4)	9(S3)	7(S1)	8(S2)
	M2	M0	M1	M2	M2
	M0	M2	M2	M0	M1
Block 4	10(S4)	9(S3)	8(S2)	6 (S0)	7(S1)
	M0	M0	M1	M0	M2
	M2	M1	M0	M1	M0

*S - ขนาดไม้ท่อน

S0 - 6"

S1 - 7"

S2 - 8"

S3 - 9"

S4 - 10"

**M - วิธีการแปรรูป

M0 - แบบเสียดะ (Through & Through)

M1 - แบบตีปอน (Cant)

M2 - แบบแบ่งครึ่ง (Half cut)

การคำนวณหาขนาดตัวอย่าง

เพื่อหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมของจำนวนไม้ท่อนที่ใช้ในการวิจัยเพื่อให้ผลการปฏิบัติงานมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ

โดย ให้ d = ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์สูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นจากการใช้ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (sample) ($\bar{y}$) ไปประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร (population) ($\bar{Y}$)

และให้ ระดับความเชื่อมั่นในการประมาณ = $(1-\alpha)$ 100%

สามารถคำนวณหาขนาดตัวอย่างได้จาก

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{d^2}$$

โดยค่า Z หาได้จากตาราง แจกแจงปกติมาตรฐานที่ระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha)$ 100%

S^2 = ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวอย่าง

$$= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

ใช้ไม้ท่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว 5 ท่อนในการประมาณค่า

ปริมาตรของไม้รวม (y) = 0.2693 ม.³

ปริมาตรเฉลี่ย ($\bar{y}$) = $\frac{0.2693}{5} = 0.05386$ ม.³

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \\ &= \frac{1}{5-1} [(0.0627-0.05386)^2 + (0.0603-0.05386)^2 + (0.0577-0.05386)^2 + \\ &\quad (0.0580-0.05386)^2 + (0.0572-0.05386)^2] \\ &= 2.631 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

กำหนดให้ d = ความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ 5% และ 1% ของค่าที่แท้จริง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($\alpha = .01$)

$Z = 2.575$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

กรณีที่ 1 $d = 5\%$ ของ $\bar{y}$

$$= \frac{5}{100} \times 0.05926$$

$$d = .002963$$

$$d^2 = 8.779 \times 10^{-6}$$

$$\begin{aligned} n_0 &= \frac{Z^2 S^2}{d^2} \\ &= \frac{(2.575)^2 \times 2.631 \times 10^{-6}}{8.779 \times 10^{-6}} \end{aligned}$$

$$= 1.98$$

จำนวนตัวอย่างที่ใช้ ≈ 2 ท่อน

กรณีที่ 2 $d = 1\%$ ของ $\bar{y}$

$$= \frac{1}{100} \times 0.05926$$

$$d^2 = 3.513 \times 10^{-6}$$

$$\begin{aligned} n_0 &= \frac{Z^2 S^2}{d^2} \\ &= \frac{(2.575)^2 \times 2.631 \times 10^{-6}}{3.513 \times 10^{-6}} \\ &= 4.96 \end{aligned}$$

จำนวนตัวอย่างที่ใช้ ≈ 5 ท่อน

การวิจัยแปรูปไม้ครั้งนี้ให้ขนาดตัวอย่างของไม้ท่อนแต่ละขนาด จำนวน 5 ท่อน ในการเลือกแต่ละรูปแบบตามแผนผังการวิจัยครั้งที่ 2

4.2.2 การหาน้ำหนักเปรียบเทียบกับปริมาตรไม้ท่อนและความชื้นในไม้โดยวิธีอบแห้ง การหาความชื้นในไม้

อุปกรณ์ : 1. ไม้ที่ต้องการทดสอบ

2. เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 0.1 กรัม

3. ตู้อบความร้อนด้วยไฟฟ้า

4. Desiccator

5. ถุงพลาสติก

วิธีดำเนินการ 1. ตัดชิ้นไม้ห่างจากปลายเข้ามาประมาณ 30-50 ซม. โดยชิ้นไม้ที่ตัดมีความกว้าง 1.5-2.0 ซม.

2. ชั่งน้ำหนักชิ้นไม้ (น้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักก่อนอบแห้ง)

3. นำชิ้นไม้เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ $105 \pm 2^\circ \text{C}$. (นานประมาณ 24-48 ชั่วโมง)

4. นำชิ้นไม้ชั่งน้ำหนัก และอบต่อจนน้ำหนักชิ้นไม้คงที่ (น้ำหนักหลังอบแห้ง)

5. นำผลน้ำหนักที่ได้จากข้อ 2 และ 4 มาคำนวณโดยสูตร

$$\% \text{ปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักหลังอบแห้ง}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ

ไม้แปรรูปตัวอย่างตัดขนาดตามต้องการ ซึ่งน้ำหนักสดได้ 22.50 กรัม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ $105 \pm 2^{\circ} \text{C}$. จนน้ำหนักไม้คงที่หนัก 13.50 กรัม

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณความชื้นในไม้แปรรูปตัวอย่าง} &= \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักหลังอบแห้ง}} \times 100 \\ &= \frac{22.50 - 13.50}{13.50} \times 100 \\ &= 66.67 \% \end{aligned}$$

4.2.3 การหาอัตราการแปรรูปไม้

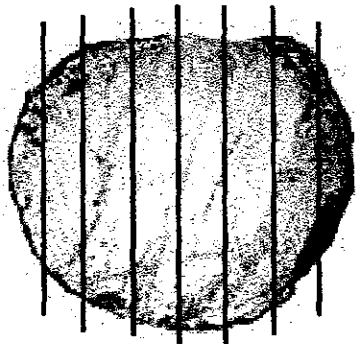
แปรรูปไม้ยางพาราโดยใช้เลื่อยสายพาน จำนวน 2 ติ๊ยะ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมูเล่ 31/2 ฟุต เป็นไม้แปรรูปละคุณภาพความยาว 1.05 เมตร ดังขนาดข้างล่างนี้

(กว้าง x หนา)	(กว้าง x หนา)
2 1/4" x 1 1/8"	2 3/4" x 1 3/16"
2 3/4" x 1 1/8"	2 7/8" x 1 3/16"
3 1/4" x 1 1/8"	3 3/8" x 1 3/16"
3 3/4" x 1 1/8"	4" x 1 3/16"
4 1/4" x 1 1/8"	4 3/8" x 1 3/16"

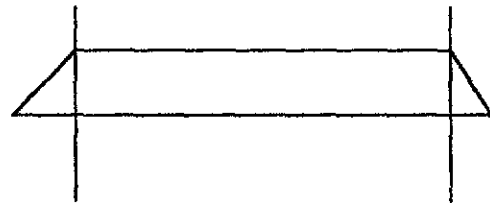
โดยขนาดความกว้างและความหนาของไม้แปรรูปเผื่อขนาด 1/8" สำหรับการหดตัวและการไสปรับตกแต่งหน้าไม้

ทำการแปรรูปไม้ท่อนดังต่อไปนี้

4.2.3.1 แบบเลื่อยตะ (Through and Through - Mo)



โต๊ะ 1



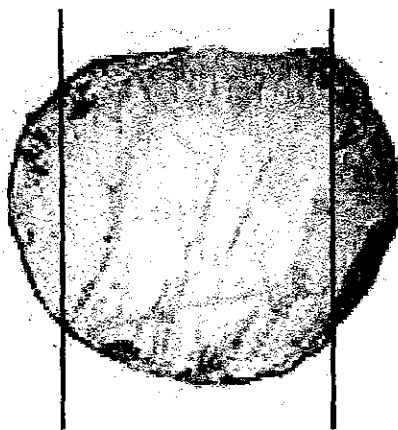
โต๊ะ 2

รูปที่ 4.3 วิธีการแปรรูปแบบเลื่อยตะ

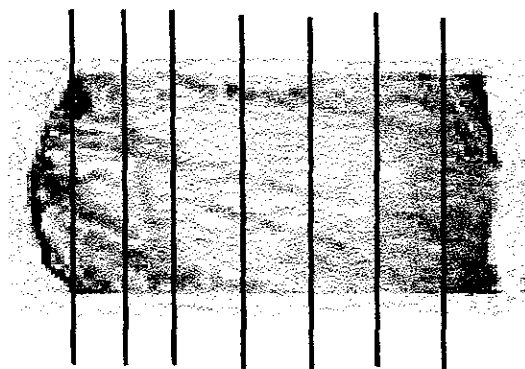
ทำการเปิดปีกไม้เล็กน้อยในคลองเลื่อยแรกแล้วพลิกคว่ำหน้าไม้ด้านเปิดปีกลงบนพื้นโต๊ะ แล้วซอยไม้ให้ได้ขนาดความหนาที่ต้องการ แล้วส่งต่อไปยังโต๊ะเลื่อย 2 เพื่อซอยเก็บขอบด้านข้างไม้แปรรูปให้ได้ขนาดความกว้างตามต้องการต่อไป

4.2.3.2 แบบตีปอน (Cant sawing - M1)

เปิดปีกแรกเหมือนแบบเลื่อยตะ เมื่อพลิกคว่ำหน้าไม้ด้านเปิดปีกลงบนโต๊ะ แล้วซอยไม้ให้ได้ขนาดความกว้างตามต้องการ แล้วส่งต่อไปยังโต๊ะเลื่อย 2 เพื่อซอยความหนาของไม้แปรรูปตามที่ต้องการ



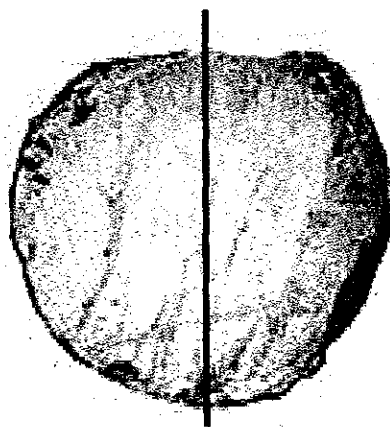
โต๊ะ 1



โต๊ะ 2

รูปที่ 4.4 วิธีการแปรรูปแบบตีปอน

4.2.3.3 แบบแบ่งครึ่ง (Half cut – M2)



โต๊ะ 1



โต๊ะ 2

รูปที่ 4.5 วิธีการแปรรูปแบบแบ่งครึ่ง

ทำการแบ่งครึ่งไม้ท่อนออกเป็น 2 ส่วน แล้วซอยไม้ให้ได้ขนาดความกว้างหรือความหนา ตามความเหมาะสมของหน้าไม้ แล้วส่งต่อไปยังโต๊ะ 2 เพื่อซอยไม้ให้ได้ขนาดต่อไป

เมื่อปฏิบัติการแปรรูปไม้เสร็จ ทำการคำนวณหาไม้แปรรูปที่ได้ กล่าวคือ

อัตราแปรรูปไม้ คือ ผลผลิตของไม้แปรรูปที่ได้จากการเลื่อยไม้ โดยคิดเป็นสัดส่วนของปริมาตรไม้แปรรูปที่ได้ต่อปริมาตรของไม้ท่อน – เป็นเปอร์เซ็นต์ เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{อัตราการแปรรูปไม้} = \frac{\text{ปริมาตรของไม้แปรรูป}}{\text{ปริมาตรของไม้ท่อน}} \times 100 \%$$

$$\text{ปริมาตรไม้ท่อน (V)} = G^2 L / 4 \pi$$

$$\text{หรือ} = .0795 G^2 L \text{ ม}^3$$

$$\text{หรือ} = 0.783 D^2 L \text{ ม}^3$$

G - ขนาดเส้นรอบวง (เฉลี่ย) เป็นเมตร

L - ความยาว เป็นเมตร

D - ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง เป็นเมตร

$$\text{ปริมาตรไม้แปรรูป} = \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{หนา} \text{ (ม}^3 \text{ หรือ ฟ}^3 \text{)}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

ไม้ท่อนหนึ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว ยาว 1 เมตร นำมาแปรรูปได้ไม้แปรรูป ปริมาตร .015 ม³

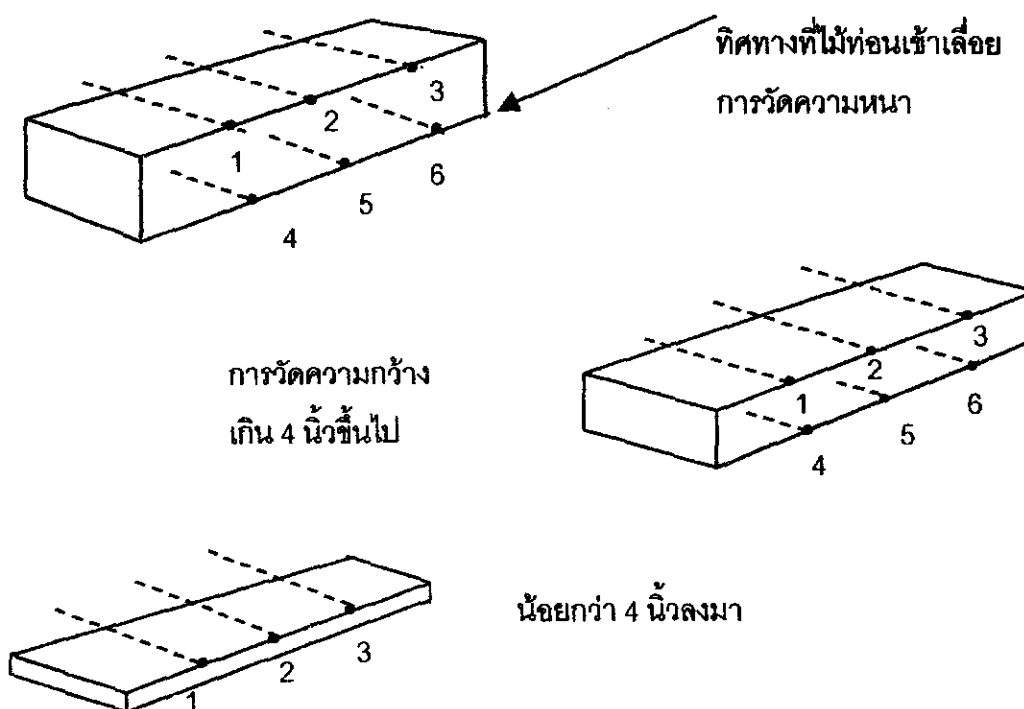
$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรไม้ท่อน} &= 0.783 D^2 L \\
 &= 0.783 \times 0.25^2 \times 1 = 0.048 \text{ ม}^3 \\
 \text{อัตราการแปรรูปไม้} &= \frac{\text{ปริมาตรของไม้แปรรูป}}{\text{ปริมาตรของไม้ท่อน}} \times 100 \% \\
 &= \frac{0.015}{0.048} \times 100 \\
 &= 31.25\%
 \end{aligned}$$

4.2.4 การตรวจวัดขนาดและคุณภาพไม้แปรรูป

การตรวจวัดขนาดไม้แปรรูปเป็นการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และเป็นการเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น สามารถชี้ให้เห็นว่าการทำงานของเครื่องเลื่อยมีประสิทธิภาพเป็นอย่างดี รวมถึงทราบความสัมพันธ์ระหว่าง ผู้ปฏิบัติงานกับอุปกรณ์ที่ใช้ว่า มีการบำรุงรักษาหรือตรวจสอบดีพอหรือไม่ การตรวจคุณภาพไม้แปรรูปทำการตรวจสอบผิวหน้าโดยใช้แว่นขยาย

ขั้นตอนการดำเนินงานตรวจวัดขนาดไม้แปรรูปมีดังนี้

ขั้นแรก รวบรวมไม้แปรรูปที่ต้องการ ดำเนินการวัดขนาดกว้างหรือหนาจำนวน 6 จุด ดังรูป การวัดความหนา



รูปที่ 4.6 ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดขนาดความกว้างหรือหนาของไม้ตัวอย่าง

ขั้นที่สอง วัดขนาดเฉลี่ยของไม้แปรรูปแต่ละแผ่น

1. ในแต่ละแผ่นคำนวณหาค่าพิสัย (Range) (R_w)

$$\text{ค่าสูงสุด} - \text{ค่าต่ำสุด}$$

2. คำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละแผ่น (Average size) = $\frac{\text{ผลบวกของค่าทุกค่า}}{\text{จำนวนค่าที่วัด}}$

3. คำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม

ค่าพิสัย (Range) (R_w) ของกลุ่มไม้แปรรูปที่วัด

$$\overline{R_w} = \frac{\text{ค่าพิสัยเฉลี่ยของแต่ละแผ่นในกลุ่มตัวอย่าง}}{\text{จำนวนแผ่นไม้แปรรูปที่วัดของกลุ่ม}}$$

(พิสัยเฉลี่ย) $\overline{R_b} = \text{ค่าเฉลี่ยของแผ่นไม้มากที่สุด} - \text{ค่าเฉลี่ยของแผ่นไม้ที่น้อยสุด}$

$$\text{ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม (Average size)} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของทุกแผ่นในกลุ่ม}}{\text{จำนวนแผ่นในกลุ่ม}}$$

4. การคำนวณค่าเพื่อทราบขนาดของไม้แปรรูปที่ได้เกิดจากการสันจากสาเหตุใด

การคำนวณหาการพลัวของการแปรรูปมีอยู่ 3 ลักษณะคือ

4.1 ค่าความคาดเคลื่อนแต่ละแผ่น

4.2 ค่าความคาดเคลื่อนระหว่างแผ่น

4.3 ค่าความคลาดเคลื่อนของการแปรรูปทั้งหมด

กำหนดให้ $St = \text{ค่าความคลาดเคลื่อนของการแปรรูปทั้งหมด}$

โดยค่า St มีส่วนประกอบ 2 ปัจจัย คือ

$Sw = \text{ค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละแผ่น (เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงการแปรรูปมีความแม่นยำหรือถูกต้องเพียงใด)}$

$Sb = \text{ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างแผ่น (เป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มที่สุ่มตรวจวัดมีความถูกต้องของกลุ่มตัวอย่างมากน้อยเพียงใด)}$

การคำนวณค่า S_w และ S_b

นำค่า $\bar{Rw}$ ที่ได้จากการคำนวณค่าเฉลี่ยของ Rw ทั้งหมดในแต่ละกลุ่มมาใช้

ตัวอย่างเช่น 5 กลุ่มตัวอย่าง $R_{w1} - R_{w5}$

$$\therefore \bar{Rw} = \frac{R_{w1} + R_{w2} + R_{w3} + \dots + R_{w5}}{5}$$

$$R_b = \frac{R_{b1} + R_{b2} + \dots + R_{b5}}{5}$$

$$\therefore S_w = \frac{\bar{Rw}}{d_2} \quad \text{โดยค่า } d_2 = 2.534^*$$

$$S_b = \sqrt{\left(\frac{R_b}{d_2}\right)^2 - \frac{(S_w)^2}{6}} \quad \text{โดยค่า } d_2 = 2.326^*$$

ค่า d_2 = ค่า factor ขนาดของกลุ่มย่อยซึ่งได้แปลงค่าพิสัยเป็นค่า Standard deviation จากตาราง

Factor สำหรับใช้คำนวณค่าควบคุมขนาดจำกัด

ขนาดตัวอย่าง	$\bar{X}$ Chart	R Chart		Estimating σ from R d_2
	A_2	D_3	D_4	
2	1.880	0	3.267	1.128
3	1.023	0	2.575	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.115	2.326*
6	0.483	0	2.004	2.534*
7	0.419	0.076	1.924	2.704

$$\text{ค่า } St = \sqrt{S_w^2 + S_b^2}$$

การแปรค่าเปรียบเทียบความแปรปรวนแต่ละแผ่นและระหว่างแผ่นไม้แปรรูป

ถ้าค่า $S_w > S_b$ เมื่อค่าความแปรปรวนหรือคลาดเคลื่อนในแผ่นสูงกว่า ต้องตรวจสอบเครื่องเลื่อย และอัตราเร็วของการป้อนไม้เข้าเลื่อยว่าผิดปกติอย่างไร

และถ้าค่า $S_b > S_w$ ค่าความแปรปรวนหรือคลาดเคลื่อนระหว่างแผ่นสูงกว่า ต้องตรวจสอบชุดทำงานทั้งหมดว่าเกิดจากเครื่องเลื่อยที่ไม่เที่ยงหรือต้องปรับตั้งเครื่องเลื่อยทั้งหมดใหม่

ค่า S_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนหรือแปรปรวนของการแปรรูปทั้งหมดเป็นค่าที่ใช้เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของการแปรรูปไม้ ปกติมีการใช้เพียง 1 SD หรือ 2 SD ทั่วไปแล้วนิยมใช้ 2 SD สำหรับไม้แปรรูปเพราะเผื่อขนาดที่ต้องใส่ทั้งด้วย

การกำหนดขนาดของตัวอย่าง (Sample size) โดยใช้ค่า S_w และ S_b หลังจากได้ทดลองทำการศึกษาคู่ค่าครั้งแรก เมื่อได้ค่า S_w และ S_b แล้วนำมาพิจารณาจากตารางดังกล่าวข้างล่างนี้

ค่า S_w จากการวัดคู่ครั้งแรก	ค่า S_b จากการวัดคู่ครั้งแรก				
	≤ 0.02	0.02-0.04	0.04-0.06	0.06-0.08	> 0.08
≤ 0.02	13	13	25	38	63
0.02-0.04	13	13	25	38	63
0.04-0.06	63	25	38	50	63
0.06-0.08	63	38	38	50	63
> 0.08	63	50	50	63	63

ที่มา : WARREN, W.G How to Calculate target thickness from Green Lumber, WFPL Inf. Rep. UP-X-112 P.7

จากการศึกษาคู่ค่าครั้งแรกกับขนาดไม้ 9.0 X 2.9 ซม. ปรากฏว่า

S_w อยู่ระหว่าง 0.037 – 0.04

และ S_b อยู่ระหว่าง 0.04 – 0.046

เพราะฉะนั้นจำนวนตัวอย่างที่ใช้ตรวจวัดอยู่ระหว่าง 13-25 ชิ้น

(สำหรับการทดลองนี้ใช้แผ่นไม้แปรรูปจำนวน 18 ตัวอย่าง เนื่องจากตัวอย่างไม้ท่อนที่เข้าแปรรูปได้ขนาดไม้แปรรูปตามต้องการสูงสุดเพียง 18 แผ่น จึงใช้เป็นตัวอย่างในการตรวจวัดแต่ละครั้ง)

การตรวจสอบผิวหน้าไม้แปรรูปที่ได้จากการวิจัย โดยใช้สายตาสังเกตผิวหน้าไม้แปรรูปว่าเรียบหรือขรุขระอย่างไรบ้าง รวมทั้งใช้แว่นขยาย เพื่อศึกษาลักษณะผิวหน้าที่ผิดปกติไปจากปกติ

4.2.5 การหาพลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาเลือกชนิดของใบเลื่อยและวิธีการแปรรูปเพื่อการประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต เนื่องจากค่าพลังงานไฟฟ้ามีผลโดยตรงต่อต้นทุนการแปรรูปไม้ โดยทั่วไปโรงเลื่อยไม้ใช้มอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 15-30 แรงม้า โดยโต๊ะผ่าจะใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่กว่าโต๊ะซอย หรือใช้มอเตอร์ขนาดเท่ากันทั้งสองโต๊ะเลื่อย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าในการบันทึกเวลา กระแส กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูปไม้ โดยแยกแต่ละโต๊ะเลื่อย ตามแผนการวิจัยบันทึกข้อมูลทุก ๆ 0.32 วินาทีตลอดการปฏิบัติงาน เนื่องจากการแปรรูปไม้แต่ละครั้งเร็วมากโดยเฉพาะที่โต๊ะซอยใช้เวลาประมาณ 0.9-3.0 วินาที และต้องการให้การแปรรูปเป็นไปอย่างต่อเนื่องตามภาวะปกติของการทำงาน จึงใช้วิดีโอบันทึกภาพในแต่ละครั้งแล้วนำข้อมูลภาพมาพิจารณารวบรวมข้อมูลกำลังไฟฟ้าสำหรับใช้คำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูป ข้อมูลที่เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าบันทึกไว้จะถูกถ่ายโอนและแปลงเป็นข้อมูลในโปรแกรม Excel และประมวลผลหาค่าพลังงานไฟฟ้า (Wh) ต่อไป

4.3 ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.3.1 น้ำหนักเปรียบเทียบกับปริมาตรของไม้ท่อน

ผลการสุ่มตัวอย่างขนาดไม้ท่อนยางพารา จำนวน 125 ท่อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-10 นิ้ว ยาว 1.05 เมตร ขนาดละ 25 ท่อน นำไปชั่งน้ำหนัก แต่ละท่อน พร้อมทั้งสุ่มตัวอย่างไม้ท่อน จากจำนวนดังกล่าวมาหาความชื้นในไม้ท่อนได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1 น้ำหนักของไม้ท่อนยางพารา 1 ตัน มีปริมาตร = 0.948 ม³ หรือปริมาตรของไม้ท่อนทั้งเปลือก 1 ม³ มีค่า = 1,054.34 กก. ที่ความชื้นของไม้เฉลี่ย 67.66%

ข้อสังเกต น้ำหนักของไม้ท่อนยางพาราจะเปลี่ยนแปลงไปตามความชื้นของไม้ท่อน การคิดหาอัตราการแปรรูปไม้ โดยใช้น้ำหนักของไม้ท่อนเป็นเกณฑ์ ต้องคำนึงถึงความชื้นของไม้ในขณะดำเนินการด้วย สภาพแต่ละพื้นที่ความชื้นของไม้แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเปรียบเทียบน้ำหนัก (กก.) กับปริมาตร (ม³) ของไม้ท่อนยางพาราจำนวน 125 ท่อน ขนาดโตเส้นผ่าศูนย์กลางเหนือเปลือก ตั้งแต่ 6-10 นิ้ว ยาว 1.05 เมตร ความชื้นไม้ขณะทดลองเฉลี่ย 67.66%

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง โตเหนือเปลือก (นิ้ว)	ยาว (เมตร)	ปริมาตรทั้งสิ้น (ม ³)	น้ำหนักที่ชั่งได้ (กก.)
6	1.02-1.09	0.4779	553.12
7	1.02-1.09	0.6546	708.12
8	1.02-1.08	0.8442	825.37
9	1.02-1.08	1.0778	1,070.12
10	1.00-1.08	1.3117	1,446.75
รวมแต่ละขนาด		4.3662	4,603.48

นน. ไม้ท่อน 1 ตัน = 0.9484 ม³

หรือ ปริมาตรไม้ทั้งเปลือก 1 ม³ = 1054.34 กก.

4.3.2 อัตราการแปรรูปไม้ (Lumber recovery)

ผลการวิจัยแปรรูปไม้ครั้งที่ 1

อัตราการแปรรูปของไม้ท่อนแยกตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 – 10 นิ้ว ขนาดท่อนละ 8 ท่อน ด้วยวิธีการแปรรูปแบบเลื่อยตะ แบบตีปอน และแบบแบ่งครึ่ง ด้วยใบเลื่อยแบบ 1, 2 และ 4 (เดิม) พบว่า การแปรรูปแบบเลื่อยตะของไม้ขนาด 6 – 9 นิ้ว ให้อัตราการแปรรูปไม้มากกว่าแบบแบ่งครึ่ง และแบบตีปอน ส่วนไม้ขนาด 10 นิ้ว การแปรรูปแบบแบ่งครึ่งให้อัตราการแปรรูปไม้สูงกว่า แบบเลื่อยตะ และแบบตีปอน รายละเอียด ตามตารางที่ 4.2 อัตราการแปรรูปไม้ของไม้ท่อนรวมทุกขนาด ด้วยวิธีการเลื่อย ทั้ง 3 รูปแบบ พบว่า การแปรรูปแบบเลื่อยตะให้ผลมากที่สุด คือ 33.28% แบบแบ่งครึ่ง 28.65% และแบบตีปอน 26.21% หากคิดอัตราการแปรรูปไม้ รวมทั้ง 3 วิธี แยกแต่ละขนาดของไม้ท่อน พบว่า ไม้ท่อน 6 – 10 นิ้ว ได้ไม้แปรรูป 20.29, 26.17, 31.16, 32.78 และ 36.51% ตามลำดับ และอัตราการแปรรูปไม้ รวมทุกขนาดและทุกวิธีการแปรรูปเฉลี่ย 29.38% รายละเอียดตามตารางที่ 4.3 ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ ใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการวิจัยแปรรูปไม้ครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.2 อัตราการแปรรูปไม้จากการวิจัยครั้งที่ 1 แยกตามขนาดไม้และวิธีการแปรรูป

ขนาด (Size) นิ้ว	วิธีการแปรรูป (Method)	แบบฟันเลื่อย (Type)			อัตราการแปรรูปเฉลี่ย %
		1	2	ของบริษัทย	
6"	M ₀	22.90	27.71	31.54	27.22
	M ₁	10.09	-	23.69	16.89
	M ₂	18.79	-	14.74	16.77
7"	M ₀	28.34	30.36	30.11	29.60
	M ₁	24.14	-	23.55	23.85
	M ₂	22.32	-	27.81	25.07
8"	M ₀	18.16	47.02	36.22	33.80
	M ₁	22.30	-	38.37	30.34
	M ₂	24.21	-	34.49	29.35
9"	M ₀	29.74	44.09	45.36	39.73
	M ₁	22.25	-	27.64	24.95
	M ₂	33.11	-	34.23	33.67
10"	M ₀	36.49	38.99	32.70	36.06
	M ₁	34.80	-	35.32	35.06
	M ₂	41.54	-	35.29	38.42

ตารางที่ 4.3 อัตราการแปรรูปไม้จากการวิจัยแปรรูปไม้ครั้งที่ 1

ขนาด ϕ ไม้ท่อน นิ้ว	อัตราการแปรรูปไม้ %			
	วิธีการแปรรูป			เฉลี่ย
	แบบเลื่อยตะ	แบบตีปอน	แบบแบ่งครึ่ง	
6	27.22	16.89	16.77	20.29
7	29.60	23.85	25.07	26.17
8	33.80	30.34	29.35	31.16
9	39.73	24.95	33.67	32.78
10	36.06	35.06	38.42	36.51
เฉลี่ย	33.28	26.21	28.65	29.38

ผลการวิจัยแปรรูปไม้ครั้งที่ 2

อัตราการแปรรูปไม้แยกตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 – 10 นิ้ว ขนาดละ 5 ท่อน ด้วยวิธีการแปรรูปแบบเลื่อยตะ แบบตีปอน และแบบแบ่งครึ่ง ด้วยใบเลื่อยแบบ 1, 2, 3 และ 4 (แบบเดิม) พบว่า ไม้ท่อนขนาด 6 นิ้ว การแปรรูปแบบตีปอน ให้อัตราการแปรรูปมากที่สุด 38.92% แบบเลื่อยตะ 32.40% แบบแบ่งครึ่ง 29.56% ไม้ท่อนขนาด 7 นิ้ว ทั้ง 3 แบบให้อัตราการแปรรูปไม่แตกต่างกัน 34% ไม้ท่อนขนาด 8 นิ้ว การเลื่อยแบบแบ่งครึ่งให้อัตราการแปรรูปมากกว่า แบบเลื่อยตะ และแบบตีปอน คือ 41.76, 40.16 และ 38.98% ตามลำดับ ไม้ท่อนขนาด 9 นิ้ว การแปรรูปแบบเลื่อยตะ ให้อัตราการแปรรูป 44.35% แบบแบ่งครึ่ง 38.23% และแบบตีปอน 37.50% สำหรับไม้ขนาด 10 นิ้ว นั้น การแปรรูปแบบเลื่อยตะให้อัตราการแปรรูป 44.88% แบบตีปอน และแบบแบ่งครึ่ง ให้ผลผลิตเท่ากัน คือ 41% รายละเอียดตามตารางที่ 4.4

อัตราการแปรรูปไม้ของไม้ท่อนรวมทุกขนาดด้วยการแปรรูปทั้ง 3 แบบ พบว่า แบบเลื่อยตะ ให้อัตราการแปรรูปไม้ 39.32% แบบตีปอน 38.39% และแบบแบ่งครึ่ง 37.08% หากคิด อัตราการแปรรูปไม้รวมทั้ง 3 แบบ แยกแต่ละขนาดของไม้ท่อน พบว่า ขนาดไม้ท่อน 6 – 10 นิ้ว ให้ผลผลิต 33.63, 34.69, 40.30, 40.02 และ 42.68% ตามลำดับ และอัตราการแปรรูปไม้รวมทุกขนาดและทุกแบบ เฉลี่ย 38.26% รายละเอียดตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 อัตราการแปรรูปไม้จากการวิจัยครั้งที่ 2 แยกตามขนาดไม้และวิธีการแปรรูปด้วยใบเลื่อย
4 แบบ

ขนาด (Size)	วิธีการแปรรูป (Method)	แบบฟันเลื่อย (Type)				อัตราการแปรรูป %
		1	2	3	4	
6"	M ₀	26.37	34.17	32.53	36.54	32.40
	M ₁	36.33	40.69	39.50	39.17	38.92
	M ₂	27.72	27.98	28.28	34.29	29.56
7"	M ₀	25.62	37.39	33.61	42.71	34.69
	M ₁	31.95	40.42	30.87	36.10	34.83
	M ₂	40.11	30.06	33.0	34.48	34.41
8"	M ₀	35.57	38.86	47.13	39.11	40.16
	M ₁	37.33	40.03	34.09	44.49	38.98
	M ₂	46.97	40.04	36.59	43.44	41.76
9"	M ₀	42.34	47.70	45.98	41.38	44.35
	M ₁	35.05	38.28	36.78	39.89	37.50
	M ₂	37.80	40.11	32.77	42.25	38.23
10"	M ₀	40.89	46.08	44.23	48.33	44.88
	M ₁	35.68	42.83	43.11	45.28	41.72
	M ₂	33.07	43.94	41.29	47.51	41.45

ตารางที่ 4.5 อัตราการแปรรูปไม้จากการวิจัยครั้งที่ 2

ขนาด ϕ ไม้ ท่อน นิ้ว	อัตราการแปรรูปไม้ %			
	วิธีการแปรรูป			เฉลี่ย
	แบบเลื่อยตะ	แบบตีปอน	แบบแบ่งครึ่ง	
6	32.40	38.92	29.56	33.63
7	34.83	34.83	34.41	34.69
8	40.16	38.98	41.76	40.30
9	44.35	37.50	38.23	40.02
10	44.88	41.72	41.45	42.68
เฉลี่ย	39.32	38.39	37.08	38.26

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการแปรรูปไม้ พบว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของไม้ท่อนมีผลต่ออัตราการแปรรูปไม้อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Very highly significant) ตารางที่ 4.6 และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธีของดันแคน (Duncan's new multiple range test, DMRT) ตารางที่ 11 ปรากฏว่าอัตราการแปรรูปไม้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแบ่งออกเป็นได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่หนึ่งขนาดไม้ท่อน ϕ 6-7 นิ้ว มีค่าอยู่ระหว่าง 33.63 -34.69% กับกลุ่มที่สองขนาดไม้ท่อน ϕ 8-10 นิ้ว มีค่าอยู่ระหว่าง 40.02-42.68%

วิธีการแปรรูปไม้ทั้ง 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ, แบบตีปอน และแบบแบ่งครึ่ง ให้อัตราการแปรรูปไม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติมีค่าอยู่ระหว่าง 37.08-39.32% ส่วนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของขนาดไม้ท่อน (ϕ) กับวิธีการแปรรูปไม้ (ตารางที่ 4.6) ปรากฏว่าอัตราการแปรรูปไม้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของอัตราการแปรรูปไม้ที่ขนาดไม้ท่อนเดียวกันกับการแปรรูปทั้ง 3 แบบ ตามวิธีของดันแคน (DMRT) ปรากฏว่าไม้ท่อนขนาด ϕ 6 นิ้ว ใช้การแปรรูปแบบตีปอน ให้อัตราการแปรรูปได้ดีกว่าแบบเลื่อยตะ และแบบแบ่งครึ่ง ส่วนขนาดไม้ท่อน ϕ 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว การแปรรูปทั้ง 3 แบบ ให้อัตราการแปรรูปไม้ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.8)

ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของขนาดไม้ท่อน

$$CV(a) = \frac{\sqrt{\frac{\text{Error}(a)MS}{\bar{Y}}}}{38.26} \times 100\% = \frac{\sqrt{8.33}}{38.26} = 7.54\%$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของการแปรรูปไม้

$$CV(b) = \frac{\sqrt{\frac{\text{Error}(b)MS}{\bar{Y}}}}{38.26} \times 100\% = \frac{16.12}{38.26} = 10.49\%$$

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการแปรรูปไม้

Sov.	Df.	SS.	MS	F-value	Sig.level
Block	3	252.75	84.25	5.22	0.0051
Size (S)	4	732.57	183.14	21.97	.0001***
Error (a)	12	100.02	8.33	0.52	0.8870
Method (M)	2	50.78	25.36	1.57	.2241 ^{ns}
Sxm	8	291.59	36.44	2.26	.0506 [*]
Error (b)	30	483.84	16.12		
Total	59	1911.53			

$$CV(a) = 7.54 \%$$

$$CV(b) = 10.49 \%$$

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าอัตราแปรรูปไม้เฉลี่ยกับขนาดไม้ท่อน (ϕ) โดยวิธีของดันแคน (DMRT) (ระดับความเชื่อมั่น 95%)

ขนาดไม้ท่อน ϕ นิ้ว	อัตราการแปรรูปไม้ % (เฉลี่ย)
6	33.63 ก
7	34.69 ก
9	40.02 ข
8	40.30 ข
10	42.68 ข

(ก, ข) ค่าเฉลี่ยของอัตราการแปรรูปไม้ เพื่อแสดงค่าเฉลี่ยที่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญจะใช้อักษรร่วมกัน จากตารางที่ 4.7 ขนาดไม้ท่อน ϕ 6 กับ 7 นิ้ว ใช้ ก ร่วมกัน จึงไม่แตกต่างกันและขนาดไม้ท่อน ϕ 8, 9 และ 10 นิ้ว ใช้ ข ร่วมกันจึงไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการแปรรูปไม้เฉลี่ยที่ขนาดไม้ท่อน ϕ เดียวกันกับวิธีการแปรรูป 3 แบบ

		ขนาดไม้ท่อน(ϕ) นิ้ว						
		6	7	8	9	10		
วิธีการแปรรูป	M ₀	✓	✓	✓	✓	✓	39.32%	อัตราการแปรรูป เฉลี่ยแยกตามวิธี
	M ₁	*	✓	✓	✓	✓	38.39%	
	M ₂	✓	✓	✓	✓	✓	37.08%	
			33.63%	34.69%	40.30%	40.02%	42.68%	

อัตราการแปรรูป
เฉลี่ยแยกตามขนาด

* แตกต่างกัน

✓ ไม่แตกต่างกัน

4.3.3 การวัดขนาดและคุณภาพไม้แปรรูป

ผลการตรวจวัดขนาดความหนาของไม้ยางพาราแปรรูป จากการวิจัยโดยใช้เลื่อยแบบ 1, แบบ 2, แบบ 3, และแบบ 4 (เดิม) ผลการแปรรูปทั้ง 4 ครั้ง พบว่าขนาดไม้แปรรูปมีความแปรปรวนเมื่อเปรียบเทียบภายในแผ่นเดียวกัน (S_w) และต่างแผ่นแต่ละกลุ่ม (S_b) ขนาดความหนาของไม้แปรรูปเฉลี่ย ($\bar{X}$) ที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 2.77-3.01 ซม. มีทั้งมากกว่าและน้อยกว่าขนาดที่ต้องการ คือ 2.90 ซม.

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบผลการตรวจวัดขนาดไม้แปรรูป จากใบเลื่อย 4 แบบ

ใบเลื่อย	S_w	S_b	St	$\bar{X}$	
แบบ 1	0.042	0.078	0.062	3.00	$S_b > S_w$
แบบ 2	0.041	0.032	0.053	2.77	$S_w > S_b$
แบบ 3	0.041	0.032	0.053	2.84	$S_w > S_b$
แบบ 4	0.047	0.048	0.067	3.01	$S_b > S_w$

S_w - ค่าความเบี่ยงเบนภายในแผ่นไม้

S_b - ค่าความเบี่ยงเบนขนาดของกลุ่มไม้

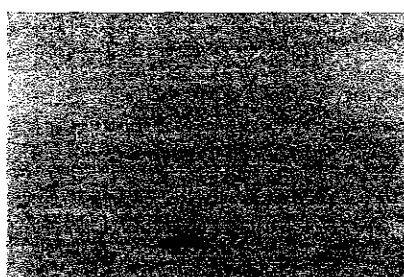
$\bar{X}$ - ขนาดความหนาของไม้แปรรูป

ค่า $S_w > S_b$ แสดงว่าใบเลื่อย เครื่องเลื่อย และการป้อนไม้ไม่เที่ยงตรง

$S_b > S_w$ แสดงว่าการแปรรูปไม่มั่นคงและขนาดที่ตั้งไม้ปกติควรตรวจสอบกระบวนการแปรรูปทั้งหมด

St - ค่าความเบี่ยงเบนรวมทั้งสิ้น

คุณภาพของไม้แปรรูปมีข้อจำกัดเนื่องจากเป็นธรรมชาติของเนื้อไม้ที่มีอายุน้อยและตำแหน่งของท่อนในต้นแตกต่างกันไป ผิวหน้าไม้แปรรูปมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอเนื่องจากการสั่นไหวของใบเลื่อย สาเหตุเพราะเครื่องเลื่อยมีการบำรุงรักษาน้อย ปะกับใบเลื่อยตัวบนและล่างไม่อยู่ในแนวตั้งเดียวกัน ทำให้ฟันเลื่อยปรากฏอยู่บนแผ่นไม้ไม่เป็นแนวเดียวกัน อีกสาเหตุที่สำคัญคือ คลองเลื่อยที่ตัดฟันเลื่อยทั้งสองข้างไม่เท่ากัน ทำให้ผิวหน้าไม้เป็นริ้วได้เช่นกัน ดังนั้นคุณภาพผิวหน้าไม้เกิดจากข้อผิดพลาดในการตั้งเครื่องเลื่อย และการบำรุงรักษาฟันเลื่อยและใบเลื่อยไม่ดีเท่าที่ควร



รูปที่ 4.7 ผิวหน้าไม้แปรรูปที่ได้

4.3.4 พลังงานไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการแปรรูป

การแปรรูปไม้ยางพาราด้วยใบเลื่อยสายพาน พลังงานไฟฟ้าที่ใช้แบ่งออกได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้หมุนตัวเปล่าและส่วนที่ใช้แปรรูปไม้ ทั้งนี้การใช้พลังงานไฟฟ้าขณะแปรรูปไม้ขึ้นกับองค์ประกอบพื้นของใบเลื่อย ความหนาของไม้ที่ผ่านใบเลื่อย และความเร็วของการป้อนไม้

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูปเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาเลือกรูปแบบของฟันเลื่อย โครงการวิจัยนี้จึงได้แปรรูปไม้ท่อนเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว และ 10 นิ้ว ที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 ด้วยวิธีการเลื่อยตะ(Through and Through) อย่างละ 5 ท่อน ด้วยใบเลื่อย 4 แบบ ผลการวิจัยได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.10 และแปรรูปไม้ที่ความหนาคงที่ คือ 1/2" 1" 2" 3" และ 4" ผลการวิจัยได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.11

ผลการศึกษารูปแบบฟันเลื่อยที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างไร โดยแสดงให้เห็นว่า ใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบ 1, 3 และ 4 โดยใบเลื่อยแบบที่ 4 เป็นใบเลื่อยที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด การวิจัยครั้งนี้ได้แสดงข้อมูลเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างใบเลื่อยแบบที่ 2 และใบเลื่อยแบบที่ 4 ในตารางที่ 4.10 พบว่าการแปรรูปไม้ท่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว ที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 ใบเลื่อยแบบที่ 2 และใบเลื่อยแบบที่ 4 ใช้พลังงานเท่ากับ 242.1 Wh และ 274.9 Wh ตามลำดับ โดยใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 4 เท่ากับ 11.9% และในการแปรรูปไม้ท่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 ใบเลื่อยแบบที่ 2 และใบเลื่อยแบบที่ 4 ใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 523.0 Wh และ 713.9 Wh ตามลำดับ ใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 4 เท่ากับ 26.7% การวิจัยครั้งนี้ใช้การป้อนไม้ด้วยความเร็วที่ไม่แตกต่างกันมาก กล่าวคือมีค่าประมาณ 27 – 30 เมตรต่อนาที

ส่วนผลการวิจัยแปรรูปไม้แปรรูปความยาว 1 เมตร ที่ความหนาต่าง ๆ 1/2" 1" 2" 3" และ 4" พบว่า ใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 4 ประมาณ 9 – 50% ดังแสดงในตารางที่ 4.11

การแปรรูปทั้ง 2 โต๊ะเลื่อยใช้ไม้ท่อนจำนวน 25 ท่อน โดยการเลื่อยตะที่โต๊ะเลื่อย 1 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ใบเลื่อยแบบที่ 2 กับใบเลื่อยแบบที่ 4 ดังในตารางที่ 4.12 พบว่า ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของใบเลื่อยแบบที่ 2 และใบเลื่อยแบบที่ 4 มีค่าเท่ากับ 27.511 kWh/m³ และ 28.622 kWh/m³ ตามลำดับดังในตารางที่ 4.13 เช่นกัน ดังนั้นการแปรรูปให้ไม้แปรรูปจำนวน 1 ลบ.เมตร โดยการใช้ใบเลื่อยแบบที่ 2 จะประหยัดพลังงานไฟฟ้ากว่าการใช้ใบเลื่อยแบบที่ 4 เท่ากับ 1.11 kWh/m³ (4.04%)

ตารางที่ 4.10 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการแปรรูปไม้ท่อนยาวพารขนาด 7" และ 10" ด้วยใบเลื่อย 4 แบบ

วิธีการแปรรูป M0 จำนวนไม้ท่อน 5 ท่อน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Wh)			
	ใบเลื่อยแบบที่ 1	ใบเลื่อยแบบที่ 2*	ใบเลื่อยแบบที่ 3	ใบเลื่อยแบบที่ 4*
ไม้ท่อนขนาด 7"				
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ (s)	76	70	80	71
ความเร็วป้อนไม้ (m/min)	27	30	27	28
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (kW)	13.3	12.3	12.6	13.6
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Wh)	285.6	242.1	282.8	274.9
ไม้ท่อนขนาด 10"				
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ (s)	100	93	98	108
ความเร็วป้อนไม้ (m/min)	27	31	29	26
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (kW)	20.0	21.0	20.1	23.6
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Wh)	545.7	523.0	546.1	713.9

หมายเหตุ เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเลื่อยตะเภาที่ตะเลื่อยที่ 1 พบว่า ใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 4 ในการแปรรูปไม้ท่อน 7 นิ้ว จำนวน 5 ท่อน เท่ากับ 32.8 Wh (11.9%) และในการแปรรูปไม้ท่อน 10 นิ้ว จำนวน 5 ท่อน เท่ากับ 190.9 Wh (26.7%)

ตารางที่ 4.11 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการแปรรูปไม้ยาวพารขนาดต่าง ๆ ด้วยใบเลื่อย 4 แบบ

ความหนาไม้ยาวพาร	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Wh)			
	ใบเลื่อยแบบที่ 1	ใบเลื่อยแบบที่ 2*	ใบเลื่อยแบบที่ 3	ใบเลื่อยแบบที่ 4*
1/2"	1.969	1.086	1.252	2.188
1"	2.282	1.659	1.496	2.034
2"	3.504	2.699	2.132	2.997
3"	4.858	3.894	3.905	5.055
4"	6.101	4.595	5.537	6.900

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าและเวลาในการแปรรูปแบบเลื่อยตะ ของใบเลื่อยแบบที่ 2 และ 4

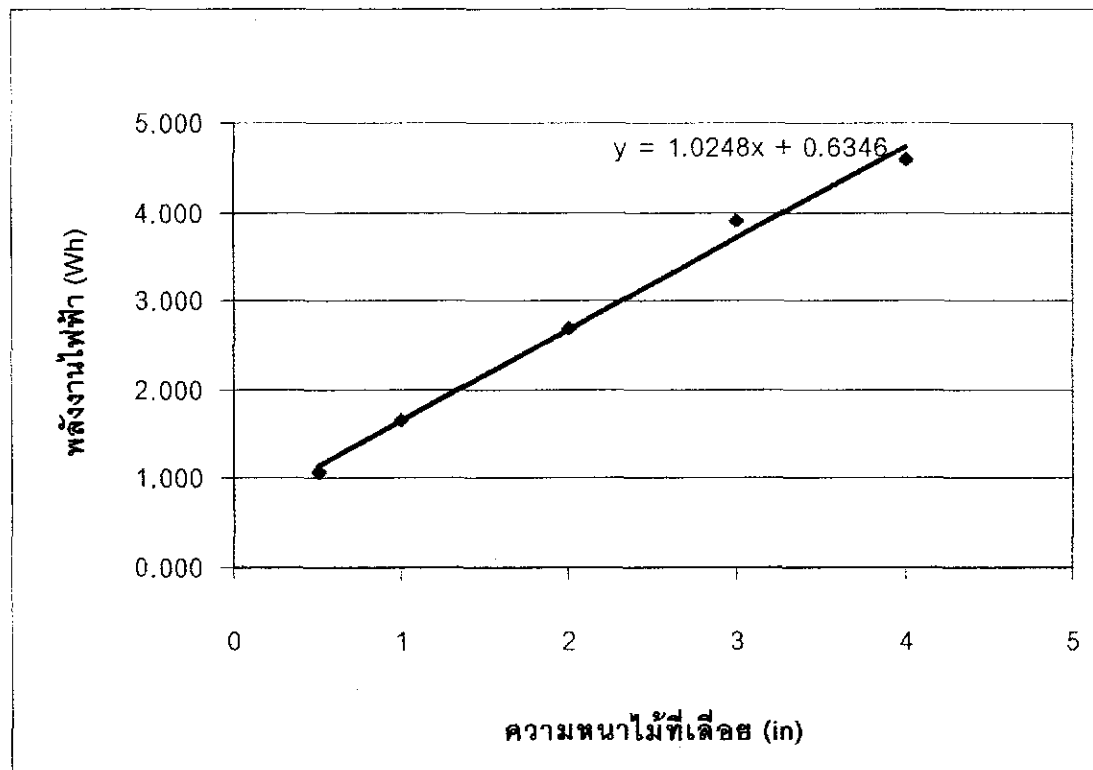
ชนิดของใบเลื่อย	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ท่อนยางพารา					รวม
	6"	7"	8"	9"	10"	
ใบเลื่อยแบบที่ 2						
พลังงานไฟฟ้า (Wh) ไม้เลื่อยที่ 1	187.354	242.098	330.718	424.615	496.593	1681.378
พลังงานไฟฟ้า (Wh) ไม้เลื่อยที่ 2	56.868	73.543	105.087	96.65	127.701	49.849
พลังงานไฟฟ้ารวม (Wh)	244.222	315.641	435.805	521.265	624.294	2141.227
ปริมาตรไม้แปรรูป (m ³)	0.0393	0.0543	0.0733	0.1122	0.1276	0.4067
ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh/m ³)	6.214	5.813	5.945	4.646	4.893	27.511
เวลาที่ใช้เลื่อย (s) ไม้เลื่อยที่ 1	54	70	89	102	116	431
เวลาที่ใช้เลื่อย (s) ไม้เลื่อยที่ 2	32	44	50	57	75	258
เวลาที่ใช้เลื่อยรวม (s)	86	115	139	159	190	690
ดัชนีการใช้เวลาเลื่อย (min / m ³)	36.6	35.2	31.1	23.6	24.8	28.3
ใบเลื่อยแบบที่ 4						
พลังงานไฟฟ้า (Wh) ไม้เลื่อยที่ 1	183.369	274.944	314.431	439.263	565.551	1777.558
พลังงานไฟฟ้า (Wh) ไม้เลื่อยที่ 2	51.054	96.673	79.844	146.16	150.256	523.987
พลังงานไฟฟ้ารวม (Wh)	234.423	371.617	394.275	585.423	715.807	2301.545
ปริมาตรไม้แปรรูป (m ³)	0.0391	0.0583	0.0735	0.099	0.1439	0.4138
ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh/m ³)	5.995	6.374	5.364	5.913	4.974	28.622
เวลาที่ใช้เลื่อย (s) ไม้เลื่อยที่ 1	52	71	74	106	125	428
เวลาที่ใช้เลื่อย (s) ไม้เลื่อยที่ 2	26	46	41	69	86	268
เวลาที่ใช้เลื่อยรวม (s)	78	117	118	175	211	696
ดัชนีการใช้เวลาเลื่อย (min / m ³)	33.2	33.4	26.1	29.5	24.4	28.0

ตารางที่ 4.13 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าและการใช้เวลาในการแปรรูปไปด้วยใบเสียแบบที่ 2

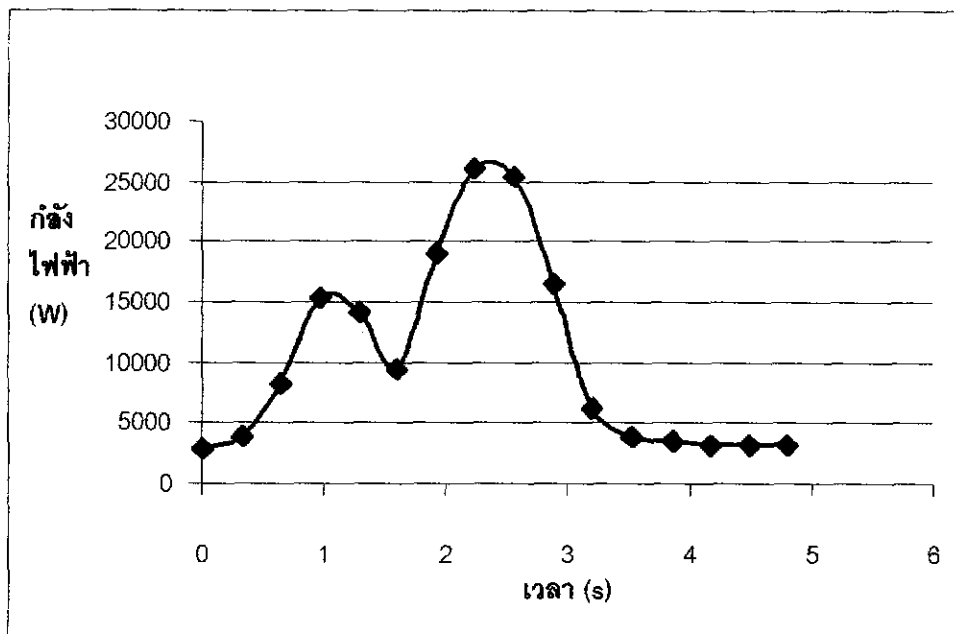
วิธีแปรรูป	ขนาดไม้ท่อน	ปริมาตรไม้แปรรูป m ³	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (ไม่รวมเดินเครื่องเปล่า)	Wh	เวลาที่ใช้เฉพาะตอนเลื่อย (ไม่รวมเดินเครื่องเปล่า) (s)		ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า	ดัชนีการใช้เวลาเลื่อย	
					ได้เลื่อยที่ 1	ได้เลื่อยที่ 2		ได้เลื่อยที่ 1	ได้เลื่อยที่ 2
แบบเลื่อยดะ (M0)									
	6"	0.0393	244.222		54	32		1374	814
	7"	0.0543	315.641		70	44		1289	810
	8"	0.0733	435.805		89	50		1214	682
	9"	0.1122	521.265		102	57		909	508
	10"	0.1276	624.294		116	75		909	588
	รวม	0.4067	2141.227		431	258		5696	3402
แบบเลื่อยตีปอน (M1)									
	6"	0.0442	237.178		43	49		973	1109
	7"	0.0574	274.449		45	58		784	1010
	8"	0.0757	396.158		47	91		621	1202
	9"	0.0889	459.126		58	99		652	1114
	10"	0.1363	660.526		77	145		565	1064
	รวม	0.4025	2027.437		270	442		3595	5499
แบบเลื่อยแบ่งครึ่ง (M2)									
	6"	0.0295	217.145		52	29		1763	983
	7"	0.0405	280.147		67	41		1654	1012
	8"	0.0728	444.851		100	76		1374	1044
	9"	0.0864	488.943		115	60		1331	694
	10"	0.1213	598.314		124	68		1022	561
	รวม	0.3505	2029.4		458	274		7144	4294

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.10 4.11 4.12 และ 4.13 แสดงให้เห็นว่าใบเลื่อยแบบที่ 2 ถือได้ว่าเป็นรูปแบบใบเลื่อยที่ดีที่สุด จากการศึกษาคุณลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการแปรรูปโดยใช้ใบเลื่อยแบบที่ 2 แปรรูปไม้ท่อนทั้ง 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ (M0) แบบตีปอน (M1) และแบบแบ่งครึ่ง (M2) ใช้ไม้ท่อนเส้นผ่านศูนย์กลาง 6" 7" 8" 9" และ 10" จำนวนอย่างละ 5 ท่อน ข้อมูลในตารางที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่า แบบเลื่อยตะ แบบตีปอน และแบบแบ่งครึ่ง ใช้พลังงานไฟฟ้า 27.511 kWh/m³ 25.391 kWh/m³ และ 30.980 kWh/m³ ตามลำดับ สรุปได้ว่าการแปรรูปแบบตีปอนเป็นวิธีที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้ากว่าวิธีอื่น เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการแปรรูปไม้ยาวพาราเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการวางแผนการผลิต โดยพิจารณาจากดัชนีการใช้เวลา คือ สัดส่วนของเวลาที่ใช้ในการแปรรูปต่อปริมาตรไม้ จากข้อมูลของการแปรรูปไม้ด้วยใบเลื่อยแบบที่ 2 จำนวน 25 ท่อน ในตารางที่ 4.13 พบว่า แบบเลื่อยตะและแบบแบ่งครึ่งใช้เวลาในการแปรรูปไม้ที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 มากกว่าการซอยไม้ที่โต๊ะเลื่อยที่ 2 แต่การแปรรูปแบบตีปอนใช้เวลาในการแปรรูปไม้ที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 (59.9 min/m³) น้อยกว่าซอยไม้ที่โต๊ะเลื่อยที่ 2 (91.7 min/m³) เท่ากับ 31.7 min/m³ เราสามารถลดเวลาในการแปรรูปไม้ โดยเลือกใช้วิธีการแปรรูปแบบตีปอนและเพิ่มโต๊ะซอยอีกหนึ่งโต๊ะรวมเป็น 3 โต๊ะ เลื่อยต่อ 1 ชุดการแปรรูป จะใช้เวลาสำหรับการแปรรูปไม้ทั้งหมด 59.9 min/m³ ต่อ 1 ชุดโต๊ะเลื่อย (เป็นเวลาที่ใช้เฉพาะในการแปรรูปไม้เท่านั้น ไม่รวมเวลาที่เครื่องเดินตัวเปล่า) หากใช้โต๊ะเลื่อย 2 โต๊ะต่อ 1 ชุดโต๊ะเลื่อย การแปรรูปแบบเลื่อยตะและแบบแบ่งครึ่ง จะใช้เวลาในการแปรรูป 94.9 min/m³ และ 119.91 min/m³ ตามลำดับ ใช้เวลามากกว่าการแปรรูปแบบตีปอน ที่ใช้โต๊ะเลื่อย 3 โต๊ะ อย่างไรก็ตามการแปรรูปแบบตีปอนด้วยโต๊ะเลื่อย 3 เครื่อง สามารถลดเวลาการแปรรูป ลงได้ 31.7 min/m³ แต่ก็ต้องเพิ่มแรงงานอีก 2 คน ดังนั้นต้องพิจารณาความเหมาะสมอีกครั้ง

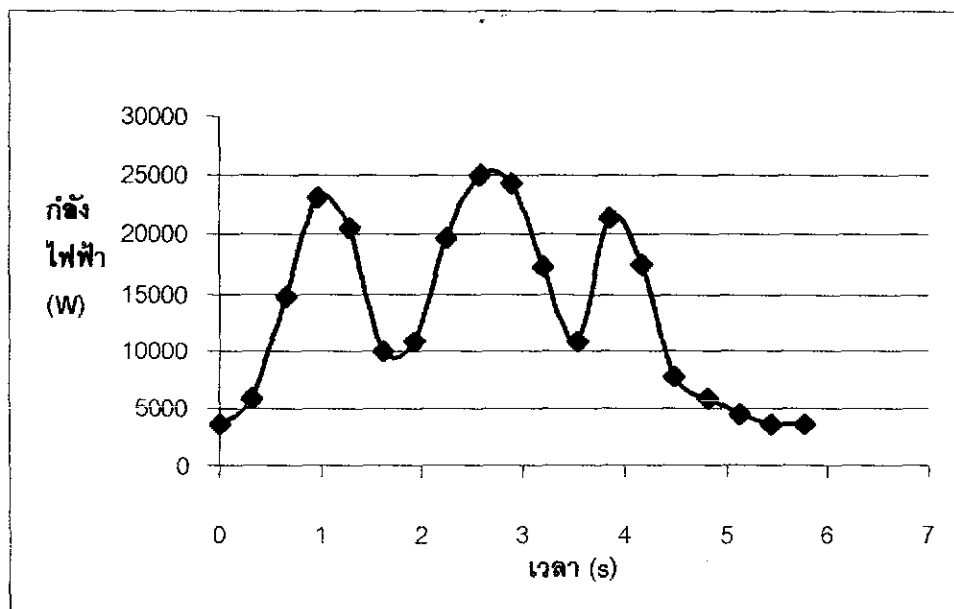
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการแปรรูปไม้มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นตรงกับความหนาของไม้ที่เลื่อย จากข้อมูลการแปรรูปไม้ความยาว 1 เมตร ที่มีความหนา $\frac{1}{2}$ " 1" 2" 3" และ 4" พบว่า มีความสัมพันธ์ดังนี้ $y = 1.0248x + 0.6346$ เมื่อ y = ค่าพลังงานไฟฟ้า (Wh) และ x = ความหนาไม้ (in) ดังในรูป



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของพลังงานไฟฟ้ากับความหนาของไม้ สำหรับใบเลื่อยแบบที่ 2 (ไม้มีความยาว 1 เมตร)



รูปที่ 4.9 กำลังไฟฟ้าของการแปรรูปไม้ท่อนขนาด 7 นิ้ว ด้วยใบเลื่อยแบบที่ 2



รูปที่ 4.10 กำลังไฟฟ้าของการแปรรูปไม้ท่อนขนาด 10 นิ้ว ด้วยใบเลื่อยแบบที่ 2

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการแปรรูปไม้แต่ละครั้งมีค่าไม่คงที่ จะเปลี่ยนแปลงตามการออกแรงผลักไม้ของนายม้า การดึงไม้และรับไม้ของหางม้า ผลจากการแปรรูปไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว และ 10 นิ้ว โต๊ะเลื่อยที่ 1 ด้วยใบเลื่อยแบบที่ 2 พบว่า มีกำลังไฟฟ้าเป็น 2 รูปโค้งสำหรับการแปรรูปไม้ท่อน 7 นิ้ว และเป็น 3 รูปโค้ง สำหรับการแปรรูปไม้ท่อน 10 นิ้ว (รูปที่ 13 และ 14) เมื่อคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูปไม้แต่ละครั้ง พบว่า การแปรรูปไม้ท่อน 7 นิ้ว ใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 10 – 12 Wh และการแปรรูปไม้ท่อน 10 นิ้ว ใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 18 – 28 Wh

เมื่อพิจารณากำลังไฟฟ้าและระยะเวลาขณะเปิดเครื่องเลื่อยโดยไม่ได้แปรรูปไม้ พบว่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้มีค่าคงที่อยู่ระหว่าง 3.5 – 4.5 kW ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเสียหายของระบบ โดยเฉพาะความเสียหายที่ปะกับใบเลื่อย(Saw Guides)ระยะเวลาที่ใช้สำหรับเครื่องเลื่อยโต๊ะแรกไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับหางม้าส่งไม้กลับมาแปรรูปอีกครั้ง ประมาณ 2 – 3 วินาที และ 0.6-1.3 วินาที สำหรับโต๊ะซอย อาจสรุปได้ว่าเวลาเครื่องเดินตัวเปล่าประมาณ 5 – 15 วินาที สำหรับโต๊ะเลื่อยที่ 1 และ 0.6–2.6 วินาที สำหรับโต๊ะเลื่อยที่ 2 นอกจากนี้พนักงานเลื่อยหยุดพักบ้างขณะรอการแปรรูปครั้งต่อไปซึ่งไม่สามารถประเมินได้

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการสำรวจข้อมูล

โรงเลื่อยไม้ยางพารา 12 โรง ภาคตะวันออก 6 โรง จังหวัดจันทบุรี และระยอง จังหวัดละ 3 โรง ภาคใต้ 6 โรง จังหวัดยะลา ตรัง จังหวัดละ 3 โรง และโรงเลื่อย เอ แอนด์ ไอ พบว่า โรงเลื่อยไม้ยางพาราทั้งสองภาคใช้แรงงานคนเป็นหลัก การจัดการภายในโรงเลื่อยทางภาคใต้มีประสิทธิภาพมากกว่าทางภาคตะวันออก

ลักษณะและขนาดไม้ท่อนยางพาราของทั้งสองภาค ไม้ท่อนโคนมีลักษณะแบบโคนทรงตาล และมีตำหนิจากรอยกรีดยาง ส่วนไม้ท่อนถัดจากโคนขึ้นไปมีความโตค่อนข้างสม่ำเสมอ บางท่อนมีปมที่เกิดจากกิ่ง บางท่อนคดงอ ไม่มีการคัดขนาดไม้ท่อนก่อนนำเข้าแปรรูป ภาคตะวันออกใช้ไม้ท่อนยาว 1.30 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 – 45.5 ซม. ภาคใต้ใช้ไม้ท่อนยาว 1.0 – 1.30 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 – 70 ซม.

เครื่องเลื่อยสายพานที่ใช้ในการแปรรูปไม้ ภาคตะวันออก มีโต๊ะเลื่อยตั้งแต่ 9-15 โต๊ะ/โรง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมู่เล่ 3 – 3 1/2 ฟุต ระบบการตั้งความตึง (Strain) ของใบเลื่อยใช้แบบต้อนน้ำหนัก ไม่มีระบบหล่อลื่น มีระบบดูดขี้เลื่อย ภาคใต้ มีโต๊ะเลื่อย 17 – 60 โต๊ะ/โรง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมู่เล่ 2 2/3 – 3 1/2 ฟุต ระบบการตั้งความตึงใบเลื่อยเหมือนภาคตะวันออก

ลักษณะและองค์ประกอบของใบเลื่อยสายพาน รูปแบบฟันใบเลื่อยของทั้งภาคตะวันออก และภาคใต้ เป็นแบบหลังฟันตรง ท้องฟันเป็นมุมแหลมตื้น โดยภาคตะวันออกใช้ใบเลื่อยกว้าง 5-8 นิ้ว ความหนา 1.47-1.24 มม. (เบอร์ 17-18 BWG) ระยะห่างระหว่างปลายฟัน 1 3/8-1 5/8 นิ้ว ความสูงของฟัน 3/8-5/16 นิ้ว ฟันที่ท้องฟัน 0.24-0.46 ตารางนิ้ว คลองเลื่อย 2.44-2.65 มม. ความเร็วใบเลื่อย 1,272-1,821 เมตร/นาที ความหนาซี่เลื่อย 0.2-1.2 มม. มุมหน้าคม 15-26 องศา มุมฟัน 44-61 องศา มุมหลังคม 13-21 องศา ส่วนภาคใต้ใช้ใบเลื่อยกว้าง 4-6 นิ้ว ความหนา 1.24 มม. (เบอร์ 18 BWG) ระยะห่างระหว่างปลายฟัน 1 3/8-1 1/2 นิ้ว ความสูงของฟัน 3/8-7/16 นิ้ว ฟันที่ท้องฟัน 0.29-0.35 ตารางนิ้ว คลองเลื่อย 2.50-2.93 มม. ความเร็วใบเลื่อย 1,328-2,157 เมตร/นาที ความหนาซี่เลื่อย 0.25-1.20 มม. มุมหน้าคม 20-28 องศา มุมฟัน 39-52 องศา และมุมหลังคม 17-25 องศา ได้อัตราการแปรรูปไม้เกรด A 15 – 20% และรวมเกรดได้ 22 – 24%

ขนาดและคุณภาพไม้แปรรูป ทั้งสองภาคใช้ขนาดของไม้ยางพาราแปรรูป สำหรับใช้ทำเครื่องเรือน ความหนา 1 – 2 นิ้ว ขนาด 1 นิ้ว ใช้มากที่สุด ความกว้างขนาด 3 – 4 นิ้ว มีการเลื่อยเผื่อขนาดความหนา 1/4 นิ้ว และเผื่อความกว้าง 1/8 นิ้ว พบว่าทั้งสองภาคขนาดของไม้ยางพาราที่แปรรูปได้มีความหนา และความกว้างสูงกว่าขนาดที่ต้องการ

ห้องลับและตกแต่งใบเลื่อยทั้งภาคตะวันออก และภาคใต้ มีพื้นที่ค่อนข้างจำกัด สภาพห้องไม่สะอาด แสงสว่างในการทำงานไม่เพียงพอ การถ่ายเทอากาศไม่ดี อุปกรณ์ที่ใช้ในการลับ และตกแต่งเลื่อยมีอายุการใช้งานนานและขาดการบำรุงรักษาเครื่องไม่ค่อยเที่ยงตรงเท่าใดนัก ช่างแต่งเลื่อยส่วนมาก ความชำนาญเกิดจากการเรียนรู้ และบอกเล่าจากช่างคนก่อน

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW) ขณะแปรรูปแปรรูปไม้โดยตรงตามความหนาและความกว้างของไม้ที่ใช้เลื่อย ระหว่าง 3.06 – 17.0 kW มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด 15 – 30 แรงม้า หรือกำลังไฟฟ้าที่ใช้สูงสุด ระหว่าง 15.75 – 22.5 kW กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องเปล่า 2.57 – 9.40 kW

5.2 สรุปผลการแปรรูปไม้

5.2.1 รูปแบบใบเลื่อยสายพานที่เหมาะสมใช้แปรรูปไม้ยางพาราท่อน

ศึกษาใบเลื่อยที่มีลักษณะพื้นเลื่อยแตกต่างกัน 4 ชนิด เพื่อเลือกใบเลื่อยที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปไม้ยางพารา โดยใช้เกณฑ์ใบเลื่อยที่ดีควรเป็นใบเลื่อยที่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ใบเลื่อยแบบที่ 2 เป็นใบเลื่อยที่เหมาะสมสำหรับใช้เลื่อยไม้ยางพารา เนื่องจากใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 27.511 kWh/m³ เมื่อเทียบกับเลื่อยเดิมของโรงเลื่อยหรือใบเลื่อยแบบที่ 4 ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 28.622 kWh/m³ ใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 4 เท่ากับ 1.11 kWh/m³ การใช้เวลาในการแปรรูปไม้ใกล้เคียงกันคือ 28.0 min/m³ ข้อมูลการแปรรูปไม้ขนาด 7" และ 10" ที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 แปรรูปไม้ที่มีความหนาต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่า ใบเลื่อยแบบที่ 3 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 1 แบบที่ 3 และแบบที่ 4

การแปรรูปไม้ที่มีความหนา 1/2" 1" 2" 3" และ 4" ด้วยใบเลื่อยแบบที่ 2 พบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความหนาไม้ที่แปรรูป ตามสมการดังนี้ $y = 1.0248X + 0.6346$ เมื่อ y = ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Wh) และ x = ความหนาของไม้ที่เลื่อย (in)

การออกแบบพื้นเลื่อย 3 แบบ โดยการปรับปรุงและพัฒนาจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพารา และทดลองการแปรรูปไม้ยางพารา โดยพิจารณาจาก

- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการออกแบบพื้นเลื่อย ได้แก่
 - ชนิดและคุณภาพของไม้ที่เข้าเลื่อย (Quality of Timber)
 - ทิศทางในการเลื่อย (Direction of cut)
 - ความเร็วในการเลื่อย (Cutting speed)
 - ความเร็วในการป้อนไม้เข้าเลื่อย (Feed speed)
 - ความหนาของไม้ที่เข้าเลื่อย (Depth of cut)
 - ความหนาใบเลื่อย (Thickness)

- ข้อกำหนดเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบฟัน
 - ระยะห่างระหว่างปลายฟัน (Pitch)
 - ความสูงของฟันและพื้นที่ท้องฟัน (height & gullet capacity)
 - มุมหลังคม (clearance)
 - มุมฟัน (Tooth angle)
 - มุมหน้าคม (hook angle)

โครงการฯ ได้ออกแบบฟันเลื่อยเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของตัวฟัน โดยเลือกรูปฟันเลื่อยแบบ S-shape SB-shape และ O-shape เพื่อเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้จากฟันเลื่อยทั้ง 3 แบบ ดังกล่าว ผลการวิจัย พบว่ารูปแบบฟันเลื่อยที่ 2 (S-shape) ให้ประสิทธิภาพในการแปรรูปไม้ดีที่สุด

5.2.2 อัตราการแปรรูปไม้

วิธีการแปรรูปและขนาดของไม้ท่อนเป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่มีผลต่อ อัตราการแปรรูปไม้ โดยแปรรูปไม้เพื่อศึกษาผลของวิธีการแปรรูปและขนาดของไม้ท่อนสรุปได้ดังนี้

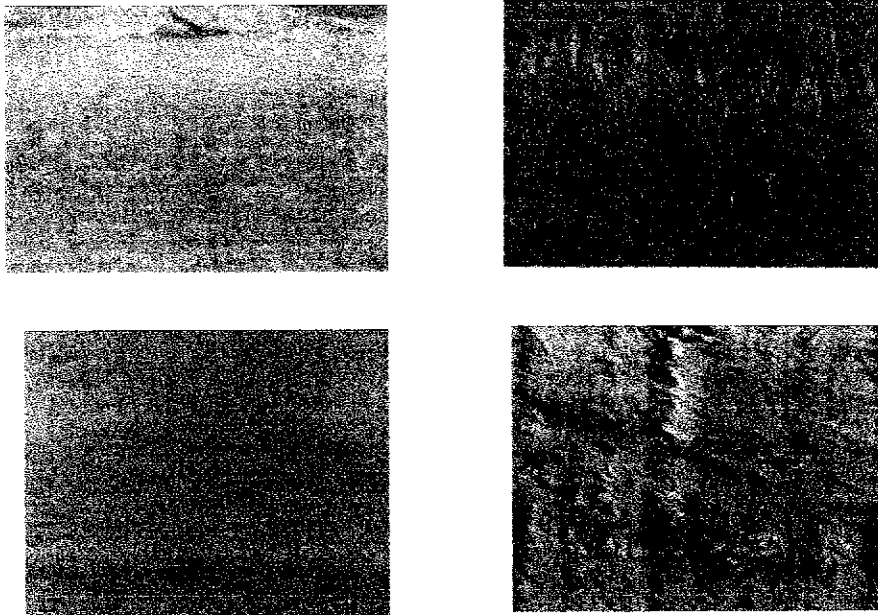
วิธีการแปรรูปไม้ยางพาราในปัจจุบันมีอยู่ 3 วิธี คือ แบบเลื่อยตะ แบบตีปอน และแบบแบ่งครึ่ง จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของวิธีการแปรรูปกับไม้แปรรูปที่ได้ ผลปรากฏว่า การแปรรูปไม้แต่ละวิธีให้ไม้แปรรูปหรืออัตราการแปรรูปไม้แตกต่างกันมาก กล่าวคือ ให้อัตราการแปรรูปไม้ 39.32% 38.39% และ 37.08% ตามลำดับ (แบบแบ่งครึ่งให้ไม้แปรรูปน้อยที่สุด คือ 37.08%)

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของไม้ท่อนยางพาราเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่มีผลต่อ อัตราการแปรรูปไม้อย่างชัดเจน โดยสามารถจัดแบ่งกลุ่มขนาดไม้ท่อนตามการให้อัตราการแปรรูปที่ใกล้เคียงกันได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มไม้ท่อนขนาดเล็ก 6"-7" ให้อัตราการแปรรูปไม้ 33.62-34.64% หรือค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34% และกลุ่มไม้ท่อนขนาดใหญ่ 8"-10" ให้อัตราการแปรรูปไม้ 40.02-42.68% หรือค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41% โดยกลุ่มไม้ท่อนขนาดใหญ่ 8"-10" จะให้อัตราการแปรรูปไม้มากกว่ากลุ่มไม้ท่อนขนาดเล็กประมาณ 7%

ไม้ท่อนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 7" ขึ้นไป สามารถเลือกใช้การแปรรูปไม้แบบใดก็ได้ให้ไม้แปรรูปใกล้เคียงกัน ส่วนไม้ท่อนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 7 นิ้ว ลงมานั้น ควรเลือกใช้แบบตีปอน เนื่องจากให้ไม้แปรรูปมากกว่าการใช้วิธีอื่น การแปรรูปไม้ท่อนคณะทุกขนาดคือ 6" 7" 8" 9" และ 10" โดยแปรรูปทั้ง 3 วิธี คือ ได้อัตราการแปรรูปไม้เฉลี่ยเท่ากับ 38.26%

5.2.3 คุณภาพไม้แปรรูป

ผลการแปรรูปไม้โดยใบเลื่อยของโรงเลื่อยและของโครงการ พบว่า คุณภาพการตกแต่งใบเลื่อยโครงการทำได้ดีกว่า ผิวหน้าไม้แปรรูปค่อนข้างเรียบ ส่วนผิวหน้าไม้แปรรูปจากใบเลื่อยเดิม ขนาดช่วงคัดคลองซ้าย – ขวาไม่เท่ากันทำให้ผิวหน้าเป็นริ้วดังภาพ



รูปที่ 14 คุณภาพผิวหน้าไม้จากการแปรรูป

5.2.4 เวลาที่ใช้ในการแปรรูป

การแปรรูปไม้มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานและต่อการผลิตไม้แปรรูปของโรงเลื่อย การแปรรูปไม้ทั้ง 3 แบบ โดยการแปรรูปไม้คละขนาด คือ 6" 7" 8" 9" และ 10" ใช้ใบเลื่อยแบบที่ 2 พบว่า การแปรรูปด้วยแบบตีปอนใช้เวลาที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 เท่ากับ 59.9 min/m^3 และที่โต๊ะเลื่อยที่ 2 เท่ากับ 91.7 min/m^3 การแปรรูปแบบนี้ใช้เวลาที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 น้อยกว่า ตรงกันข้ามกับการแปรรูปแบบเลื่อยตะและแบบผ่าครึ่งใช้เวลาแปรรูปที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 มากกว่า หากต้องการเพิ่มการผลิตไม้แปรรูป โดยแปรรูปแบบตีปอนและเพิ่มโต๊ะเลื่อยที่ 2 และ 3 จะใช้เวลาในการแปรรูปประมาณ 59.9 min/m^3 (เป็นเวลาที่ใช้เฉพาะแปรรูปไม้เท่านั้น)

เครื่องเดินเปล่าในช่วงการส่งไม้กลับมาอีกครั้ง ใช้เวลาประมาณ 2-3 วินาทีที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 และใช้เวลาประมาณ 0.6-1.3 วินาทีที่โต๊ะเลื่อยที่ 2 เครื่องเดินตัวเปล่าในช่วงการส่งกลับไม้มาแปรรูปอีกครั้ง ใช้เวลาประมาณ 5-15 วินาทีที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 และใช้เวลาประมาณ 0.6-2.6 วินาทีที่โต๊ะเลื่อยที่ 2 เครื่องเลื่อยที่เดินตัวเปล่า ใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 3.5 – 4.5 kW

5.3 ข้อเสนอแนะ

ก) คุณภาพวัตถุดิบ

ลักษณะรูปร่างและขนาดไม้ท่อนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อผลผลิตไม้ยางพาราแปรรูปไม้ท่อนที่มีขนาดเล็ก คงจะทำให้ได้ผลผลิตไม้แปรรูปต่ำ หากต้องการเพิ่มผลผลิตไม้แปรรูปยางพาราให้สูงขึ้น ควรใช้ไม้ยางพาราที่มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 8 นิ้วขึ้นไป การส่งเสริมให้มีการปลูกพันธุ์ยางที่ให้เนื้อไม้ โดยคัดเลือกที่โตเร็ว ลักษณะรูปทรงต้นตรงจะช่วยให้ได้ผลผลิตไม้แปรรูปมากขึ้น

ข) การคัดขนาดไม้ท่อน

โรงเลื่อยไม้ยางพาราส่วนมากไม่มีการคัดขนาดของไม้ท่อนก่อนนำเข้าเลื่อย โดยเลื่อยขนาดเล็กลงและขนาดใหญ่รวมกันทุกโต๊ะ การเลื่อยคละขนาดทำให้การแปรรูปไม้คล่องแวกเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง การเปิดปึกคล่องแวกมากเกินไปจนมีความจำเป็นมีผลทำให้ได้ไม้แปรรูปน้อยลง การคัดขนาดของไม้ท่อนก่อนเข้าแปรรูปทำให้นายม้าแต่ละโต๊ะมีความชำนาญในการแปรรูปแต่ละกลุ่มมากขึ้น ช่วยให้งานกำหนดขนาดของไม้แปรรูปที่ต้องการเลื่อยได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง

ค) การลับตกแต่งและบำรุงรักษาใบเลื่อย

การลับตกแต่งและบำรุงรักษาใบเลื่อยที่ถูกต้องตามหลักวิชาการจะช่วยลดปัญหาและการสูญเสียต่าง ๆ เช่น การสูญเสียเนื้อไม้จากการคัดคล่องเลื่อยมากเกินไปจนมีความจำเป็น การเปลี่ยนใบเลื่อยบ่อย ๆ หรือการแตกของใบเลื่อย อนึ่งการนวดและรีดใบเลื่อยที่ถูกต้องทำให้การทำงานนานขึ้น ใบเลื่อยยึดติดกับมูลี่เลื่อยแปรรูปไม้ และไม่ส่ายไปมา

ง) นอกจากขนาดของไม้ท่อนและรูปแบบการแปรรูปไม้แล้วยังมีปัจจัยอีกหลายประการที่มีผลต่ออัตราการแปรรูปไม้ เช่น ขนาดของคล่องเลื่อย ที่เหมาะสมต้องไม่เกิน 2 เท่าของความหนาใบเลื่อย การเลื่อยเปิดปึกคล่องแรก (Best opening face) ขึ้นอยู่กับนายม้าเป็นผู้ตั้งหน้าไม้ที่จะแปรรูป การเปิดปึกคล่องแรกหากทำได้ดีและเหมาะสมแล้ว ช่วยทำให้ผลผลิตของไม้แปรรูปเพิ่มมากขึ้น เครื่องเลื่อยและอุปกรณ์ประกอบการเลื่อย ที่มีความเที่ยงตรงสามารถกำหนดขนาดของไม้แปรรูปได้ตามต้องการไม่คลาดเคลื่อนมากทำให้ได้ไม้แปรรูปเพิ่มขึ้น เนื่องจากไม่ต้องสูญเสียเนื้อไม้ในส่วนเกินขนาดที่กำหนดไว้

จ) ห้องทดลองปฏิบัติงานสำหรับการวิจัยเครื่องเลื่อยสายพาน ใบเลื่อยและการแปรรูปไม้ยังไม่มี ทั้งภาครัฐและเอกชนน่าที่จัดให้มีสำนักงานวิจัยและพัฒนาครบวงจรสำหรับกิจกรรมของการแปรรูปไม้ สำนักงานนี้สามารถช่วยเหลือกิจกรรมต้นธารของการใช้ประโยชน์ไม้ท่อนได้หลากหลาย

เอกสารอ้างอิง

FAO.1985 Sawdoctoring Manual. FAO Forestry Paper No.58 Rome.

Ho Kam Seng.1988 Bandsaw maintenance Technique. Paper given at Sawmill Productivity Improvenment Workshop, Malaysia.

Page, W.P.1981 Maximizing Recovery in the sawmill. Paper presented at 4th South East Asia Wood Industry Conference, Jakarta.

Sandvik. 1977 Care and maintenance of wood bandsaw blades, Sweden.

Uddeholm. 1987 How to increase profit in Bandsawing, Sweden.

Uddeholm. 1987 Tooth Geometry and Feed speeds in Bandsawing, Sweden.

Wray G. 1989 Performance Quality Control and Lumber Size Control. Paper given at Workshop on Sawmill Productivity Improvement, People Replubic of China.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

Type 1 M0

การวัดความหนาของไม้แปรรูปจากขนาดไม้ (กว้างxหนา) 9.0x2.9 ซม. แต่ละรูปแบบด้วยใบเลื่อย แบบ I

กลุ่มที่	แผ่นที่	ตำแหน่งที่วัด (หนา) (ตามความยาว)						(Rw)	(x)	$\overline{(Rw)}$	$\overline{x}$	ลักษณะ
		1	2	3	4	5	6	ขนาดใหญ่สุด เล็กสุด ซม.	ขนาดเล็ก ซม.			
1	1	3.00	3.05	3.10	3.10	3.12	3.10	0.12	3.08	0.10	3.01	
	2	3.00	3.00	2.98	2.93	2.94	2.96	0.07	2.97			
	3	3.00	3.00	2.94	2.95	3.00	3.05	0.11	2.99			
	Σ								0.11			
2	1	3.02	3.00	3.12	3.04	3.02	2.98	0.14	3.03	0.09	3.07	
	2	3.07	3.11	3.10	3.10	3.10	3.06	0.05	3.09			
	3	3.10	3.04	3.07	3.10	3.05	3.11	0.07	3.08			
	Σ								0.06			
3	1	3.03	3.05	3.04	3.05	3.05	3.07	0.04	3.05	0.05	3.06	
	2	3.00	3.00	3.08	3.07	3.01	3.00	0.08	3.03			
	3	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.08	0.02	3.10			
	Σ								0.07			
4	1	3.07	3.11	3.11	3.06	3.10	3.06	0.05	3.09	0.06	3.05	
	2	3.05	3.08	3.06	3.03	3.10	3.05	0.07	3.06			
	3	2.97	3.03	3.00	3.00	3.00	3.00	0.06	3.00			
	Σ								0.09			
5	1	3.13	3.12	3.11	3.10	3.06	3.09	0.07	3.10	0.07	3.09	
	2	3.10	3.12	3.10	3.10	3.10	3.07	0.05	3.10			
	3	3.04	3.06	3.09	3.10	3.10	3.00	0.10	3.07			
	Σ								0.03			
6	1	2.97	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.03	3.00	0.08	3.06	
	2	3.07	3.10	3.06	3.04	3.04	3.04	0.06	3.06			
	3	3.10	3.14	3.10	3.04	3.20	3.12	0.16	3.12			
	Σ								0.12			
	1								Rb = 0.08	0.075	3.05	
	2											
	3											
	Σ											

Rw = 0.075

Rb = 0.08

Type - หมายถึง รูปแบบใบเลื่อย

Sw = 0.029

M - หมายถึง วิธีการเลื่อย

Sb = 0.045

Mo - Through & Through

St = 0.053

M1 - Cant

M2 - half cut

ภาคผนวก ก (ต่อ)

กลุ่มที่	แผ่นที่	ตำแหน่งที่วัด (หนา) (ตามความยาว)						(Rw)	(x)	$\overline{(Rw)}$ Rw/n	$\overline{x}$ (x/n)	ลักษณะ แผ่น
		1 (ซม.)	2 (ซม.)	3 (ซม.)	4 (ซม.)	5 (ซม.)	6 (ซม.)	ขนาดใหญ่สุด เล็กสุด ซม.	ขนาดเฉลี่ย ซม.			
1	1	2.88	2.83	3.03	3.10	2.88	2.37	0.73	2.85	0.33	3.00	
	2	3.08	3.13	3.17	3.15	3.06	3.05	0.12	3.11			
	3	3.05	3.07	3.05	3.12	3.03	2.98	0.14	3.05			
	Σ								0.26			
2	1	3.02	3.05	3.04	2.78	3.01	3.00	0.27	2.98	0.13	3.01	
	2	2.95	2.98	3.04	3.05	3.05	2.97	0.10	3.01			
	3	3.05	3.04	3.01	3.04	3.05	3.02	0.04	3.03			
	Σ								0.05			
3	1	3.04	2.99	2.94	3.07	3.03	3.09	0.15	3.02	0.11	3.01	
	2	3.02	2.94	2.98	2.88	2.90	2.93	0.14	2.94			
	3	3.03	3.08	3.05	3.08	3.05	3.02	0.06	3.05			
	Σ								0.11			
4	1	2.92	2.92	2.94	2.96	2.90	2.89	0.07	2.92	0.09	2.97	
	2	3.02	3.05	3.04	3.04	3.00	2.98	0.07	3.02			
	3	2.98	2.96	2.99	3.05	3.02	2.91	0.14	2.98			
	Σ								0.10			
5	1	3.08	3.13	3.05	3.04	3.14	3.08	0.10	3.09	0.17	3.01	
	2	3.06	3.10	3.05	2.97	3.05	3.04	0.13	3.04			
	3	2.92	3.03	2.95	2.72	2.88	2.86	0.31	2.89			
	Σ								0.20			
6	1	2.90	2.97	2.92	2.90	2.94	2.89	0.08	2.92	0.12	2.92	
	2	2.89	2.91	2.93	3.00	2.93	2.92	0.11	2.93			
	3	2.98	2.95	2.99	2.86	2.84	2.81	0.18	2.91			
	Σ								0.02			
	1								Rb = 0.12	0.16	2.98	
	2											
	3											
	Σ											

$$Rw = 0.16$$

$$Rb = 0.12$$

$$Sw = 0.063$$

$$Sb = 0.066$$

$$St = 0.008$$

Type 1 M2

ภาคผนวก ก (ต่อ)

กลุ่มที่	แผ่นที่	ตำแหน่งที่วัด (หนา) (ตามความยาว)						(Rw) ขนาดใหญ่สุด เล็กสุด ซม.	(x) ขนาดเฉลี่ย ซม.	$\overline{(Rw)}$ Rw/n	$\overline{X}$ (x'/n)	ลักษณะ แผ่น
		1 (ซม.)	2 (ซม.)	3 (ซม.)	4 (ซม.)	5 (ซม.)	6 (ซม.)					
1	1	2.90	2.90	2.90	2.90	3.00	2.90	0.10	2.92	0.14	2.96	
	2	3.06	3.09	3.17	3.13	3.10	3.07	0.11	3.10			
	3	2.82	2.88	2.78	2.83	3.00	2.92	0.22	2.87			
	Σ								0.23			
2	1	3.11	3.13	3.12	3.10	3.13	3.12	0.03	3.12	0.06	3.02	
	2	2.86	2.83	2.82	2.80	2.80	2.85	0.06	2.83			
	3	3.10	3.18	3.12	3.10	3.15	3.10	0.08	3.13			
	Σ								0.3			
3	1	2.95	3.07	3.05	3.05	3.05	3.00	0.12	3.03	0.08	3.03	
	2	3.10	3.10	3.10	3.07	3.06	3.07	0.04	3.08			
	3	2.95	2.95	2.95	3.02	2.96	2.98	0.07	2.97			
	Σ								0.11			
4	1	2.87	2.90	2.92	2.90	2.89	2.88	0.05	2.89	0.05	2.96	
	2	2.87	2.90	2.84	2.82	2.90	2.85	0.08	2.86			
	3	3.13	3.12	3.11	3.12	3.12	3.13	0.02	3.12			
	Σ								0.26			
5	1	2.88	2.87	2.90	2.90	2.88	2.88	0.03	2.89	0.14	3.01	
	2	3.10	3.16	3.00	3.10	3.10	3.10	0.16	3.09			
	3	3.20	3.11	3.08	3.00	3.00	2.98	0.22	3.06			
	Σ								0.2			
6	1	2.87	2.90	2.90	2.90	2.88	2.89	0.03	2.89	0.08	2.97	
	2	3.13	3.10	3.11	3.11	3.07	3.08	0.06	3.10			
	3	2.87	2.86	2.87	2.92	2.94	3.00	0.14	2.91			
	Σ								0.21			
	1								Rb = 0.21	0.09	2.99	
	2											
	3											
	Σ											

$$Rw = 0.09$$

$$Rb = 0.21$$

$$Sw = 0.035$$

$$Sb = 0.123$$

$$St = 0.127$$

Type 2 M0

ภาคผนวก ก การวัดความหนาของไม้แปรรูปจากขนาดไม้ (กว้างxหนา) 9.0x2.9 ซม. แต่จะรูปแบบด้วย ใบเลื่อย
แบบ II

กลุ่มที่	แผ่นที่	ตำแหน่งที่วัด (หนา) (ตามความยาว)						(Rw)	(x)	$\overline{(Rw)}$ Rw/n	$\overline{x}$ (x'/n)	ลักษณะ แผ่น
		1 (ซม.)	2 (ซม.)	3 (ซม.)	4 (ซม.)	5 (ซม.)	6 (ซม.)	ขนาดใหญ่สุด เล็กสุด ซม.	ขนาดเฉลี่ย ซม.			
1	1	2.95	2.90	2.87	2.84	2.85	2.91	0.11	2.89	0.12	2.88	
	2	2.77	2.87	2.89	2.84	2.90	2.82	0.13	2.85			
	3	2.88	2.94	2.93	2.88	2.90	2.81	0.13	2.89			
	Σ								0.04			
2	1	2.74	2.78	2.79	2.87	2.91	2.90	0.17	2.83	0.10	2.90	
	2	2.97	2.95	2.89	2.90	2.91	2.95	0.08	2.93			
	3	2.94	2.95	2.90	2.91	2.96	2.95	0.06	2.94			
	Σ								0.11			
3	1	2.96	2.92	2.87	2.94	2.91	2.92	0.09	2.92	0.07	2.91	
	2	2.93	2.92	2.89	2.92	2.90	2.91	0.04	2.91			
	3	2.86	2.93	2.85	2.89	2.93	2.88	0.08	2.89			
	Σ								0.03			
4	1	2.85	2.89	2.87	2.84	2.92	2.79	0.13	2.86	0.10	2.84	
	2	2.89	2.89	2.81	2.82	2.88	2.89	0.08	2.86			
	3	2.76	2.75	2.83	2.85	2.83	2.84	0.10	2.81			
	Σ								0.05			
5	1	2.78	2.78	2.81	2.84	2.79	2.81	0.06	2.80	0.11	2.84	
	2	2.92	2.90	2.79	2.79	2.87	2.82	0.13	2.85			
	3	2.82	2.83	2.88	2.96	2.93	2.88	0.14	2.88			
	Σ								0.08			
6	1	2.85	2.98	2.94	2.94	2.98	2.86	0.13	2.93	0.11	2.88	
	2	2.96	2.98	2.90	2.91	2.95	2.96	0.08	2.94			
	3	2.72	2.75	2.77	2.80	2.83	2.78	0.11	2.78			
	Σ								0.16			
	1								Rb=0.078	0.101	2.87	
	2											
	3											
	Σ											

$$Rw = 0.101$$

$$Rb = 0.078$$

$$Sw = 0.040$$

$$Sb = 0.043$$

$$St = 0.059$$

Type 2 M1

ภาคผนวก ก (ต่อ)

กลุ่มที่	แผ่นที่	ตำแหน่งที่วัด (หนา) (ตามความยาว)						(Rw) ขนาดใหญ่สุด เล็กสุด ซม.	(x) ขนาดเฉลี่ย ซม.	$\overline{(Rw)}$ Rw/n	$\overline{x}$ (x/n)	ลักษณะ แผ่น
		1 (ซม.)	2 (ซม.)	3 (ซม.)	4 (ซม.)	5 (ซม.)	6 (ซม.)					
1	1	2.60	2.63	2.62	2.60	2.65	2.60	0.03	2.62	0.09	2.63	
	2	2.65	2.70	2.74	2.60	2.70	2.68	0.14	2.68			
	3	2.55	2.60	2.64	2.64	2.63	2.55	0.09	2.60			
	Σ								0.08			
2	1	2.64	2.54	2.50	2.50	2.40	2.60	0.24	2.53	0.20	2.58	
	2	2.42	2.50	2.64	2.71	2.73	2.53	0.31	2.59			
	3	2.61	2.62	2.65	2.60	2.60	2.60	0.05	2.61			
	Σ								0.08			
3	1	2.70	2.70	2.62	2.54	2.73	2.64	0.19	2.66	0.14	2.64	
	2	2.50	2.60	2.64	2.60	2.64	2.50	0.14	2.58			
	3	2.70	2.65	2.63	2.70	2.70	2.72	0.09	2.68			
	Σ								0.10			
4	1	2.52	2.60	2.60	2.64	2.60	2.50	0.14	2.58	0.11	2.59	
	2	2.60	2.60	2.56	2.64	2.64	2.62	0.08	2.61			
	3	2.53	2.60	2.53	2.65	2.62	2.57	0.12	2.58			
	Σ								0.03			
5	1	2.60	2.60	2.53	2.53	2.52	2.55	0.08	2.56	0.07	2.59	
	2	2.60	2.62	2.60	2.61	2.63	2.60	0.03	2.61			
	3	2.54	2.63	2.63	2.60	2.61	2.54	0.09	2.59			
	Σ								0.05			
6	1	2.60	2.62	2.60	2.55	2.52	2.50	0.12	2.57	0.09	2.59	
	2	2.64	2.60	2.60	2.60	2.60	2.57	0.07	2.60			
	3	2.60	2.56	2.60	2.64	2.60	2.60	0.08	2.60			
	Σ								0.03			
	1								Rb = 0.062	0.116	2.6	
	2											
	3											
	Σ											

Rw = 0.116

Rb = 0.062

Sw = 0.046

Sb = 0.031

St = 0.055

ภาคผนวก ก (ต่อ)

กลุ่มที่	แผ่นที่	ตำแหน่งที่วัด (หนา) (ตามความยาว)						(Rw)	(x)	$\overline{(Rw)}$ Rw/n	$\overline{x}$ (x'/n)	ลักษณะ แผ่น
		1 (ซม.)	2 (ซม.)	3 (ซม.)	4 (ซม.)	5 (ซม.)	6 (ซม.)	ขนาดใหญ่สุด เล็กสุด ซม.	ขนาดเฉลี่ย ซม.			
1	1	2.84	2.93	2.90	2.90	2.85	2.94	0.10	2.89	0.10	2.85	
	2	2.91	2.82	2.80	2.85	2.82	2.82	0.11	2.84			
	3	2.80	2.80	2.80	2.82	2.90	2.83	0.10	2.83			
	Σ								0.06			
2	1	2.84	2.80	2.81	2.83	2.90	2.80	0.10	2.83	0.10	2.83	
	2	2.84	2.80	2.80	2.81	2.90	2.87	0.10	2.84			
	3	2.80	2.81	2.81	2.85	2.90	2.83	0.10	2.83			
	Σ								0.01			
3	1	2.81	2.80	2.84	2.84	2.80	2.90	0.10	2.83	0.11	2.83	
	2	2.80	2.80	2.93	2.81	2.82	2.80	0.13	2.83			
	3	2.90	2.84	2.80	2.80	2.83	2.81	0.10	2.83			
	Σ								0.00			
4	1	2.93	2.90	2.90	2.90	2.91	2.90	0.03	2.91	0.04	2.85	
	2	2.84	2.80	2.80	2.80	2.82	2.80	0.04	2.81			
	3	2.80	2.83	2.86	2.82	2.83	2.84	0.06	2.83			
	Σ								0.10			
5	1	2.90	2.92	2.95	2.80	3.00	2.80	0.20	2.90	0.13	2.88	
	2	2.83	2.81	2.84	2.90	2.80	2.80	0.10	2.83			
	3	2.90	2.90	2.90	3.00	2.93	2.90	0.10	2.92			
	Σ								0.09			
6	1	2.90	2.92	2.90	2.84	2.83	2.80	0.12	2.87	0.11	2.88	
	2	2.83	2.94	2.92	2.93	2.88	2.75	0.19	2.88			
	3	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.87	0.03	2.90			
	Σ								0.03			
	1								Rb = 0.048	0.10	2.85	
	2											
	3											
	Σ											

$$Rw = 0.10$$

$$Rb = 0.048$$

$$Sw = 0.039$$

$$Sb = 0.023$$

$$St = 0.045$$

Type 3 M0

ภาคผนวก ก การวัดความหนาของไม้แปรรูปจากขนาดไม้ (กว้างxหนา) 9.0x2.9 ซม. แต่ละรูปแบบด้วยไม้อยู่แบบ III

กลุ่มที่	แผ่นที่	ตำแหน่งที่วัด (หนา) (ตามความยาว)						(Rw)	(x)	$\overline{(Rw)}$	$\overline{X}$	ลักษณะแผ่น
		1 (ซม.)	2 (ซม.)	3 (ซม.)	4 (ซม.)	5 (ซม.)	6 (ซม.)	ขนาดใหญ่สุด เล็กสุด ซม.	ขนาดเฉลี่ย ซม.			
1	1	2.83	2.89	2.86	2.94	2.95	2.95	0.12	2.90	0.11	2.88	
	2	2.84	2.87	2.89	2.85	2.81	2.84	0.08	2.85			
	3	2.86	2.93	2.82	2.89	2.94	2.91	0.12	2.89			
	Σ								0.05			
2	1	2.86	3.07	2.93	2.90	2.96	2.90	0.21	2.94	0.15	2.90	
	2	2.80	2.96	2.92	2.91	2.93	2.85	0.16	2.89			
	3	2.95	2.86	2.87	2.88	2.87	2.87	0.09	2.88			
	Σ								0.06			
3	1	2.95	2.89	2.87	2.86	2.87	2.94	0.09	2.90	0.09	2.90	
	2	2.91	2.91	2.99	2.89	2.92	2.89	0.10	2.92			
	3	2.94	2.89	2.86	2.85	2.88	2.88	0.09	2.88			
	Σ								0.04			
4	1	2.87	2.96	2.89	2.83	2.95	2.86	0.13	2.89	0.12	2.85	
	2	2.79	2.70	2.84	2.82	2.87	2.78	0.17	2.80			
	3	2.87	2.84	2.82	2.87	2.87	2.89	0.07	2.86			
	Σ								0.09			
5	1	2.82	2.89	2.87	2.86	2.92	2.82	0.06	2.86	0.11	2.87	
	2	2.90	2.91	2.91	2.97	2.93	2.84	0.13	2.91			
	3	2.80	2.93	2.85	2.78	2.87	2.83	0.15	2.84			
	Σ								0.07			
6	1	2.82	2.79	2.83	2.87	2.82	2.82	0.08	2.83	0.08	2.84	
	2	2.82	2.81	2.80	2.81	2.83	2.81	0.03	2.81			
	3	2.83	2.93	2.89	2.88	2.86	2.81	0.12	2.87			
	Σ								0.06			
	1								Rb=0.06	0.110	2.87	
	2											
	3											
	Σ											

$$Rw = 0.110$$

$$Rb = 0.06$$

$$Sw = 0.043$$

$$Sb = 0.031$$

$$St = 0.053$$

Type 3 M1

ภาคผนวก ก (ต่อ)

กลุ่มที่	แผ่นที่	ตำแหน่งที่วัด (หนา) (ตามความยาว)						(Rw)	(x)	$\overline{(Rw)}$ Rw/n	$\overline{x}$ (x'/n)	ลักษณะ แผ่น
		1 (ซม.)	2 (ซม.)	3 (ซม.)	4 (ซม.)	5 (ซม.)	6 (ซม.)	ขนาดใหญ่สุด เล็กสุด ซม.	ขนาดเฉลี่ย ซม.			
1	1	2.76	2.80	2.84	2.83	2.90	2.76	0.14	2.82	0.13	2.81	
	2	2.90	2.80	2.82	2.78	2.80	2.90	0.12	2.83			
	3	2.82	2.80	2.75	2.73	2.80	2.86	0.13	2.79			
	Σ								0.04			
2	1	2.85	2.88	2.88	2.90	2.80	2.83	0.10	2.86	0.06	2.83	
	2	2.80	2.80	2.80	2.80	2.84	2.81	0.04	2.81			
	3	2.84	2.80	2.84	2.85	2.80	2.84	0.05	2.83			
	Σ								0.05			
3	1	2.80	2.84	2.82	2.80	2.84	2.78	0.06	2.81	0.08	2.82	
	2	2.85	2.80	2.84	2.80	2.82	2.90	0.10	2.84			
	3	2.86	2.82	2.77	2.80	2.82	2.85	0.09	2.82			
	Σ								0.03			
4	1	2.90	2.85	2.84	2.83	2.92	2.81	0.11	2.86	0.13	2.84	
	2	2.84	2.73	2.80	2.70	2.72	2.87	0.17	2.78			
	3	2.83	2.85	2.93	2.94	2.85	2.85	0.11	2.88			
	Σ								0.10			
5	1	2.94	2.90	2.85	2.90	2.91	2.94	0.09	2.91	0.12	2.85	
	2	2.90	2.84	2.80	2.75	2.81	2.86	0.15	2.83			
	3	2.76	2.80	2.73	2.85	2.84	2.82	0.12	2.80			
	Σ								0.11			
6	1	2.90	2.85	2.80	2.80	2.90	2.90	0.10	2.86	0.10	2.83	
	2	2.80	2.84	2.80	2.75	2.80	2.83	0.09	2.80			
	3	2.80	2.84	2.85	2.90	2.85	2.80	0.10	2.84			
	Σ								0.06			
	1								Rb = 0.065	0.103	2.83	
	2											
	3											
	Σ											

$$Rw = 0.103$$

$$Rb = 0.065$$

$$Sw = 0.041$$

$$Sb = 0.035$$

$$St = 0.054$$

ภาคผนวก ก (ต่อ)

กลุ่มที่	แผนที่	ตำแหน่งที่วัด (หนา) (ตามความยาว)						(Rw)	(x')	$\overline{(Rw)}$ Rw/n	$\overline{x}$ (x'/n)	ลักษณะ แผ่น
		1 (ซม.)	2 (ซม.)	3 (ซม.)	4 (ซม.)	5 (ซม.)	6 (ซม.)	ขนาดใหญ่สุด เล็กสุด ซม.	ขนาดเฉลี่ย ซม.			
1	1	2.90	2.83	2.80	2.80	2.85	2.90	0.10	2.85	0.11	2.83	
	2	2.90	2.90	2.80	2.80	2.80	2.87	0.10	2.85			
	3	2.86	2.80	2.80	2.80	2.83	2.72	0.14	2.80			
	Σ								0.05			
2	1	2.87	2.90	2.73	2.75	2.90	2.86	0.17	2.84	0.12	2.86	
	2	2.90	2.87	2.85	2.84	2.86	2.80	0.10	2.85			
	3	2.92	2.87	2.86	2.84	2.90	2.92	0.08	2.89			
	Σ								0.05			
3	1	2.84	2.87	3.00	2.90	2.86	2.83	0.17	2.88	0.13	2.82	
	2	2.80	2.80	2.83	2.83	2.81	2.82	0.03	2.82			
	3	2.73	2.75	2.68	2.74	2.86	2.80	0.18	2.76			
	Σ								0.12			
4	1	2.84	2.87	2.88	2.86	2.87	2.84	0.04	2.86	0.06	2.83	
	2	2.83	2.82	2.86	2.84	2.80	2.83	0.06	2.83			
	3	2.80	2.84	2.80	2.80	2.83	2.76	0.08	2.81			
	Σ								0.05			
5	1	2.80	2.86	2.86	2.85	2.90	2.81	0.10	2.85	0.13	2.84	
	2	2.80	2.84	2.85	2.90	2.85	2.80	0.10	2.84			
	3	2.80	2.83	2.93	2.82	2.90	2.75	0.18	2.84			
	Σ								0.01			
6	1	2.77	2.83	2.83	2.83	2.85	2.80	0.08	2.82	0.08	2.87	
	2	2.90	2.94	2.90	2.87	2.92	2.92	0.07	2.91			
	3	2.84	2.90	2.90	2.91	2.90	2.83	0.08	2.88			
	Σ								0.09			
	1								Rb = 0.061	0.103	2.84	
	2											
	3											
	Σ											

Rw = 0.103

Rb = 0.061

Sw = 0.041

Sb = 0.032

St = 0.052

Type 4 M0

ภาคผนวก ก การวัดความหนาของไม้แปรรูปจากขนาดไม้ (กว้างxหนา) 9.0x2.9 ซม. แต่ละรูปแบบด้วยใบเลื่อย แบบ IV

กลุ่มที่	แผ่นที่	ตำแหน่งที่วัด (หนา) (ตามความยาว)						(Rw)	(x)	$\overline{(Rw)}$ Rw/n	$\overline{X}$ (x/n)	ลักษณะ แผ่น
		1 (ซม.)	2 (ซม.)	3 (ซม.)	4 (ซม.)	5 (ซม.)	6 (ซม.)	ขนาดใหญ่สุด เล็กสุด ซม.	ขนาดเฉลี่ย ซม.			
1	1	2.92	2.88	2.99	3.02	2.71	2.75	0.31	2.88	0.22	2.94	
	2	2.86	2.73	2.95	3.01	2.97	3.00	0.28	2.92			
	3	3.03	3.00	3.06	3.07	3.03	3.00	0.07	3.03			
	Σ								0.15			
2	1	3.07	3.02	3.01	3.04	3.04	3.13	0.12	3.05	0.32	2.96	
	2	2.24	2.97	2.91	2.87	2.97	2.96	0.73	2.82			
	3	3.04	3.02	2.94	2.99	3.05	3.04	0.11	3.01			
	Σ								0.23			
3	1	3.02	3.02	2.99	2.91	3.03	2.99	0.12	2.99	0.13	2.99	
	2	3.04	2.95	2.94	3.03	3.02	3.05	0.11	3.00			
	3	2.97	2.98	3.03	2.99	2.97	2.88	0.16	2.97			
	Σ								0.03			
4	1	3.00	3.01	3.00	3.02	3.01	3.00	0.02	3.01	0.12	3.02	
	2	2.90	3.04	3.05	3.10	3.05	2.82	0.28	2.99			
	3	3.03	3.08	3.04	3.05	3.09	3.02	0.07	3.05			
	Σ								0.06			
5	1	3.00	3.02	2.99	2.99	3.02	3.01	0.03	3.00	0.05	2.98	
	2	3.00	2.99	2.94	2.94	2.95	2.97	0.06	2.96			
	3	2.93	2.96	3.00	2.96	2.99	3.00	0.07	2.97			
	Σ								0.04			
6	1	2.94	3.05	3.03	3.07	3.08	3.03	0.13	3.03	0.14	3.03	
	2	2.97	2.96	2.85	2.87	3.02	2.99	0.17	2.94			
	3	3.14	3.15	3.05	3.04	3.14	3.12	0.11	3.11			
	Σ								0.17			
	1								Rb = 0.113	0.163	2.98	
	2											
	3											
	Σ											

$$Rw = 0.163$$

$$Rb = 0.113$$

$$Sw = 0.064$$

$$Sb = 0.061$$

$$St = 0.088$$

Type 4 M1

ภาคผนวก ก (ต่อ)

กลุ่มที่	แผ่นที่	ตำแหน่งวัด (หนา) (ตามความยาว)						(Rw)	(x)	$\overline{(Rw)}$ Rw/n	$\overline{x}$ (x/n)	ลักษณะ แผ่น
		1 (ซม.)	2 (ซม.)	3 (ซม.)	4 (ซม.)	5 (ซม.)	6 (ซม.)	ขนาดใหญ่สุด เล็กสุด ซม.	ขนาดเฉลี่ย ซม.			
1	1	3.00	3.11	3.10	3.10	3.11	3.03	0.11	3.08	0.11	3.07	
	2	3.02	3.04	3.01	3.03	3.10	3.04	0.09	3.04			
	3	3.05	3.12	3.17	3.10	3.14	3.06	0.12	3.11			
	Σ								0.07			
2	1	3.13	3.07	3.11	3.04	3.10	3.12	0.09	3.10	0.15	3.10	
	2	3.06	3.06	3.20	3.15	3.00	3.12	0.20	3.10			
	3	3.12	3.15	3.03	3.04	3.20	3.14	0.17	3.11			
	Σ								0.01			
3	1	3.20	3.17	3.15	3.16	3.16	3.12	0.08	3.16	0.08	3.10	
	2	3.10	3.11	3.13	3.06	3.10	3.05	0.08	3.09			
	3	3.00	3.06	3.08	3.07	3.05	3.01	0.08	3.05			
	Σ								0.11			
4	1	3.17	3.15	3.20	3.15	3.21	3.21	0.06	3.18	0.07	3.13	
	2	3.12	3.12	3.11	3.08	3.08	3.07	0.05	3.10			
	3	3.10	3.13	3.06	3.06	3.17	3.06	0.11	3.10			
	Σ								0.08			
5	1	3.03	3.06	3.01	3.10	3.16	3.07	0.15	3.07	0.11	3.10	
	2	3.15	3.22	3.10	3.10	3.16	3.10	0.12	3.14			
	3	3.07	3.07	3.10	3.14	3.10	3.10	0.07	3.10			
	Σ								0.07			
6	1	3.11	3.20	3.15	3.13	3.20	3.18	0.09	3.16	0.11	3.08	
	2	3.10	3.04	3.00	2.98	3.04	3.04	0.12	3.03			
	3	3.02	3.06	3.10	3.08	3.05	2.99	0.11	3.05			
	Σ								0.13			
	1								Rb = 0.078	0.105	3.09	
	2											
	3											
	Σ											

$$Rw = 0.105$$

$$Rb = 0.078$$

$$Sw = 0.041$$

$$Sb = 0.043$$

$$St = 0.060$$

ภาคผนวก ก (ต่อ)

กลุ่มที่	แผ่นที่	ตำแหน่งที่วัด (หนา) (ตามความยาว)						(Rw)	(x)	$\overline{(Rw)}$ Rw/n	$\overline{x}$ (x'/n)	ลักษณะ แผ่น
		1 (ซม.)	2 (ซม.)	3 (ซม.)	4 (ซม.)	5 (ซม.)	6 (ซม.)	ขนาดใหญ่สุด เล็กสุด ซม.	ขนาดเฉลี่ย ซม.			
1	1	3.01	3.01	2.95	2.94	3.00	3.00	0.07	2.99	0.10	2.96	
	2	2.98	2.93	2.90	2.90	2.95	2.94	0.08	2.93			
	3	2.95	2.86	3.00	2.96	2.94	2.97	0.14	2.95			
	Σ								0.06			
2	1	2.94	2.94	2.95	2.94	2.94	2.98	0.04	2.95	0.11	2.96	
	2	3.03	3.00	2.93	2.97	3.00	3.08	0.15	3.00			
	3	2.87	2.94	2.95	3.00	2.93	2.86	0.14	2.93			
	Σ								0.07			
3	1	3.01	3.06	3.03	3.00	3.01	2.97	0.09	3.01	0.10	3.01	
	2	3.07	2.94	2.96	2.95	3.10	3.05	0.16	3.01			
	3	3.00	3.02	3.00	3.00	3.04	3.00	0.04	3.01			
	Σ								-			
4	1	2.96	2.97	2.95	2.94	2.92	2.95	0.05	2.95	0.10	2.95	
	2	2.80	2.92	2.94	3.00	2.96	2.87	0.20	2.92			
	3	2.95	2.97	3.00	3.00	2.96	3.00	0.05	2.98			
	Σ								0.06			
5	1	2.93	2.96	2.94	2.95	2.95	2.96	0.03	2.95	0.09	3.01	
	2	3.10	3.14	3.06	3.04	3.18	3.15	0.14	3.11			
	3	2.90	3.00	2.94	2.94	3.00	3.00	0.10	2.96			
	Σ								0.16			
6	1	3.00	2.95	3.00	3.00	3.00	2.98	0.05	2.99	0.05	2.98	
	2	3.00	3.00	3.00	2.96	2.95	2.93	0.07	2.97			
	3	2.97	3.00	3.00	3.01	3.00	2.98	0.04	2.99			
	Σ								0.02			
	1								Rb = 0.074	0.092	2.97	
	2											
	3											
	Σ											

Rw = 0.092

Rb = 0.074

Sw = 0.036

Sb = 0.041

St = 0.055

ภาคผนวก ข

หลักสถิติ แบบ Split-Plot เพื่อการคำนวณขนาดไม้ท่อน กับวิธีการแปรรูปไม้ยางพาราท่อน จากผังการทดลอง แบบ สปลิต-พลอต ที่ใช้ main unit (Size) เป็นขนาดของไม้ท่อน 5 ระดับ (6, 7, 8, 9, 10 นิ้ว) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกที่มี 4 บล็อก กับ sub unit (Method) เป็นวิธีการเลื่อย 3 ระดับ (M_0 , M_1 , M_2)

Size	Method	Yield (%)			
		BLK 1	BLK 2	BLK 3	BLK 4
6	M_0	26.37	34.17	32.53	36.54
	M_1	36.33	40.69	39.50	39.17
	M_2	27.72	27.98	28.28	34.29
7	M_0	25.62	37.39	33.61	42.71
	M_1	31.95	40.42	30.87	36.10
	M_2	40.11	30.06	33.00	34.48
8	M_0	35.57	38.86	47.13	39.11
	M_1	37.33	40.03	34.09	44.49
	M_2	46.97	40.04	36.59	43.44
9	M_0	42.34	47.70	45.98	41.38
	M_1	35.05	38.28	36.78	39.89
	M_2	37.80	40.11	32.77	42.25
10	M_0	40.89	46.08	44.23	48.33
	M_1	35.68	42.83	43.11	45.28
	M_2	33.07	43.94	41.29	47.51

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

Source	df.	SS.	MS.	F-value	Sig.lev.
Block	3	252.75	84.25	5.22	0.0051
Size(s)	4	732.57	183.14	21.97	0.0001***
Error(a)	12	100.02	8.33	0.52	0.8870
Method(M)	2	50.73	25.36	1.57	0.2241 ^{ns}
S x M	8	291.59	36.44	2.26	0.0506*
Error(b)	30	483.84	16.12		
Total	59	1911.53			

$$CV. (a) = \frac{\sqrt{\text{Error(a)MS}}}{\bar{Y}} \times 100\% = \frac{\sqrt{8.33}}{38.26} = 7.54\%$$

$$CV (b) = \frac{\sqrt{\text{Error(b)MS}}}{\bar{Y}} \times 100\% = \frac{\sqrt{16.12}}{38.26} = 10.49\%$$

เปรียบเทียบความแตกต่างของขนาดไม้ท่อนวิธีของ Duncan's multiple range test

อันดับที่	1	2	3	4	5
Size	10	8	9	7	6
ค่าเฉลี่ย	42.68	40.30	40.02	34.69	33.63

1) คำนวณค่า $\bar{SY}$ (Standard error)

$$\begin{aligned} \bar{SY} &= \sqrt{\frac{S^2}{r}} = \sqrt{\frac{\text{error mean square}}{r}} \\ &= \sqrt{\frac{8.33}{4}} = 1.44 \end{aligned}$$

2) คำนวณหาค่า "Least significant range" (LSR) สำหรับช่วงการเปรียบเทียบต่าง ๆ โดยอาศัยตาราง "Significant Studentized Ranges"(SSR) ในหนังสือสถิติทั่วไป

$$\text{สูตรคำนวณหาค่า } LSR = (SSR_{\alpha, p})(\bar{SY})$$

df. ของ error 12

P	2	3	4	5
$SSR_{.05}$	3.08	3.23	3.33	3.36
$LSR_{.05}$	4.43	4.65	4.79	4.83

3) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละขนาด (Size) กับ $LSR_{.05}$ ที่มีค่า P ต่าง ๆ กันได้ดังนี้

P = 5	P = 4	P = 3	P = 2
$LSR_{.05} = 4.83$	$LSR_{.05} = 4.79$	$LSR_{.05} = 4.65$	$LSR_{.05} = 4.43$
$\bar{Y}_{10} - \bar{Y}_6 = 9.05^*$	$\bar{Y}_{10} - \bar{Y}_7 = 7.99^*$	$\bar{Y}_{10} - \bar{Y}_9 = 2.66^{ns}$	$\bar{Y}_{10} - \bar{Y}_8 = 2.38^{ns}$
	$\bar{Y}_8 - \bar{Y}_6 = 6.67^*$	$\bar{Y}_8 - \bar{Y}_7 = 5.61^*$	$\bar{Y}_8 - \bar{Y}_9 = 0.28^{ns}$
		$\bar{Y}_9 - \bar{Y}_6 = 6.39^*$	$\bar{Y}_9 - \bar{Y}_7 = 5.33^*$
			$\bar{Y}_7 - \bar{Y}_6 = 1.06^{ns}$

สรุปผลการเปรียบเทียบขนาดของไม้ท่อน

ขนาด	10	8	9	7	6
ค่าเฉลี่ย	42.68	40.30	40.02	34.69	33.63

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย B (Method) 2 ค่า ที่ A(Size) ระดับเดียวกัน

$$\text{โดยใช้ } S\bar{d} = \sqrt{\frac{2 E b}{r}}, \quad \text{Error(b) df} = 30$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{2 \times 16.12}{4}} = 2.83$$

$$LSR = SSR_{\alpha, p} (S\bar{d})$$

$$= SSR_{.05, P,} \times 2.83$$

$$\text{ที่ df} \rightarrow \text{Error(b)} = 30$$

P	2	3
$SSR_{.05}$	2.89	3.04
$LSR_{.05}$	8.18	8.60

ก) ที่ Size 6 (A)

Method(B)	M_1	M_0	M_2
ค่าเฉลี่ย	38.92	32.40	29.57

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเลือก ที่ Size 6

P = 3	P = 2
$LSR_{.05} = 8.60$	$LSR_{.05} = 8.18$
$\bar{Y}_{M1-M2} = 9.35^*$	$\bar{Y}_{M1-M0} = 6.52^{ns}$
	$\bar{Y}_{M0-M2} = 2.83^{ns}$

สรุปผลที่ Size 6

วิธีเลือก	M_1	M_0	M_2
ค่าเฉลี่ย	38.92	32.40	29.57

ข) ที่ Size 7 (A)

Method(B)	M_0	M_1	M_2
ค่าเฉลี่ย	34.83	34.83	34.41

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเลือกที่ Size 7

P = 3	P = 2
$LSR_{.05} = 8.60$	$LSR_{.05} = 8.18$
$\bar{Y}_{M0-M2} = 0.42^{ns}$	$\bar{Y}_{M0-M1} = 0^{ns}$
	$\bar{Y}_{M1-M2} = 0.42^{ns}$

สรุปผลที่ Size 7

วิธีเลือก	M_0	M_1	M_2
ค่าเฉลี่ย	34.83	34.83	34.41

ค) ที่ Size 8(A)

Method(B)	M_2	M_0	M_1
ค่าเฉลี่ย	41.76	40.16	38.98

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเลือกที่ Size 8

P = 3	P = 2
LSR = 8.60	LSR _{.05} = 8.18
$\bar{Y}_{M2-M1} = 2.78^{ns}$	$\bar{Y}_{M2-M0} = 1.60^{ns}$
	$\bar{Y}_{M0-M1} = 1.23^{ns}$

สรุปผลที่ Size 8

วิธีเลือก	M_0	M_1	M_2
ค่าเฉลี่ย	41.76	40.16	38.98

ง) ที่ Size 9(A)

Method(B)	M_2	M_0	M_1
ค่าเฉลี่ย	44.35	38.23	37.50

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ Size 9

P = 3	P = 2
$LSR_{.05} = 8.60$	$LSR_{.05} = 8.18$
$\bar{Y}_{M_0-M_1} = 6.85^{ns}$	$\bar{Y}_{M_0-M_2} = 6.12^{ns}$
	$\bar{Y}_{M_2-M_1} = 0.73^{ns}$

สรุปผลที่ Size 9

วิธีเลือก	M_0	M_1	M_2
ค่าเฉลี่ย	44.35	38.23	37.50

๑) ที่ Size 10(A)

Method(B)	M_2	M_0	M_1
ค่าเฉลี่ย	44.88	41.72	41.45

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ Size 10

P = 3	P = 2
$LSR_{.05} = 8.60$	$LSR_{.05} = 8.18$
$\bar{Y}_{M_0-M_2} = 3.43^{ns}$	$\bar{Y}_{M_0-M_1} = 3.16^{ns}$
	$\bar{Y}_{M_1-M_2} = 0.27^{ns}$

สรุปผลที่ Size 10

วิธีเลือก	M_0	M_1	M_2
ค่าเฉลี่ย	44.88	41.72	41.45

สรุปผลวิธีการเลื่อยที่ขนาดไม้ต่าง ๆ กัน

		ขนาดไม้ท่อน(ϕ) นิ้ว						
วิธีการเลื่อย		6	7	8	9	10		
		M_0	M_1	M_2	M_0	M_1		
	M_0	✓	✓	✓	✓	✓	39.32%	อัตราการแปรรูปเฉลี่ย แยกตามวิธี
	M_1	*	✓	✓	✓	✓	38.39%	
	M_2	✓	✓	✓	✓	✓	37.08%	
		33.63%	34.69%	40.30%	40.02%	42.68%		

* แตกต่างกัน อัตราการแปรรูปเฉลี่ย

✓ ไม่แตกต่างกัน แยกตามขนาด

อัตราการแปรรูปไม้ของไม้ท่อนยาวพาราแต่ละขนาดจากวิธีการเลื่อยแต่ละรูปแบบ

Size	Method			Mean
	M_0	M_1	M_2	
6	32.40	38.92	29.56	33.63
7	34.83	34.83	34.41	34.69
8	40.16	38.98	41.76	40.30
9	44.35	37.50	38.23	40.02
10	44.88	41.72	41.75	42.68
Mean	39.32	38.39	37.08	38.26

อัตราการแปรรูปไม้แยกตามวิธีการเลื่อย

Method	Yield
M_0	39.32
M_1	38.39
M_2	37.08
Mean	38.26

อัตราการแปรรูปไม้แยกตามขนาดของไม้ท่อน

Size	Yield
6	33.63
7	34.69
8	40.30
9	40.02
10	42.68
Mean	38.26

ภาคผนวก ค

ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าและเวลาในการแปรรูปไม่ท่อนยางพาราด้วยใบเลื่อยแบบที่ 2

วิธีแปรรูป	ขนาดไม้ท่อน	ปริมาตรไม้แปรรูป m ³	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (ไม่รวมเดินเครื่องเปล่า) Wh	เวลาที่ใช้เฉพาะดอมนแปรรูป (ไม่รวมเดินเครื่องเปล่า) (s)		ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า		ดัชนีการใช้เวลาแปรรูป ต่อปริมาตรไม้แปรรูป (s/m ³)
				ได้เฉลี่ยที่ 1	ได้เฉลี่ยที่ 2	ต่อปริมาตรไม้แปรรูป (kWh/m ³)	ได้เฉลี่ยที่ 1	
แบบเลื่อยตะ (M0)	6"	0.0393	244.222	54	32	6.214	1374	814
	7"	0.0543	315.641	70	44	5.813	1289	810
	8"	0.0733	435.805	89	50	5.945	1214	682
	9"	0.1122	521.265	102	57	4.646	909	588
	10"	0.1276	624.294	116	75	4.893	909	588
	รวม	0.4067	2141.227	431	258	27.511	5696	3402
แบบตีป้อน (M1)	6"	0.0442	237.178	43	49	5.366	973	1109
	7"	0.0574	274.449	45	58	4.781	784	1010
	8"	0.0757	396.158	47	91	5.233	621	1202
	9"	0.0889	459.126	58	99	5.165	652	1114
	10"	0.1363	660.526	77	145	4.846	565	1064
	รวม	0.4025	2027.437	270	442	27.511	5696	3402
แบบแบ่งครึ่ง (M2)	6"	0.0295	217.145	52	29	7.361	1763	983
	7"	0.0405	280.147	67	41	6.917	1654	1012
	8"	0.0728	444.851	100	76	6.111	1374	1044
	9"	0.864	488.943	115	60	5.659	1331	634
	10"	0.1213	598.314	124	68	4.933	1022	561
	รวม	0.3505	2029.4	458	274	30.980	7144	4294

ภาคผนวก ง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการเลื่อยแปรรูปไม้ท่อนยาวพาราดด้วยใบเลื่อยแบบที่ 4

	การเลื่อย	เวลา	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้ารวม	เวลารวม
	ครั้งที่	s	kW	Wh	Wh	s
โต๊ะเลื่อยที่ 1	1	2.88	9.580	7.664	565.551	124.80
วิธีการเลื่อย M0 ขนาดไม้ท่อน 10"	2	2.24	13.675	8.509		
	3	2.56	19.144	13.614		
	4	2.88	20.260	16.208		
	5	2.88	21.490	17.192		
	6	1.60	10.433	4.637		
	7	1.60	14.533	6.459		
	8	1.60	17.883	7.948		
	9	1.92	16.457	8.777		
	10	1.92	16.829	8.975		
	11	1.92	15.029	8.015		
	12	0.96	12.250	3.267		
	1	3.20	12.309	10.941		
	2	1.92	13.029	6.949		
	3	2.56	18.367	13.061		
	4	2.56	19.422	13.811		
	5	2.56	19.344	13.756		
	6	1.60	9.683	4.304		
	7	1.60	13.900	6.178		
	8	1.92	13.529	7.215		
	9	1.92	13.486	7.192		
	10	1.60	15.867	7.052		
	11	1.92	14.957	7.977		
	12	1.92	12.571	6.705		
	1	2.24	13.063	8.128		
	2	2.24	15.700	9.769		
	3	3.20	19.891	17.681		
	4	3.20	22.555	20.048		
	5	3.52	18.150	17.747		
	6	1.92	9.071	4.838		
	7	1.60	14.617	6.496		
	8	1.60	16.750	7.444		
	9	1.92	15.786	8.419		
	10	1.92	15.614	8.328		
	11	1.60	16.883	7.504		
	12	1.60	14.850	6.600		
	13	0.64	10.333	1.837		
	1	1.60	12.583	5.593		
	2	1.92	14.243	7.596		
	3	3.20	16.909	15.030		
	4	3.20	20.564	18.279		
	5	3.20	21.109	18.764		
	6	1.60	9.567	4.252		
	7	1.60	15.600	6.933		
	8	1.60	16.383	7.281		

การเลือก	เวลา	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้ารวม	เวลารวม
ครั้งที่	s	kW	Wh	Wh	s
9	1.92	16.029	8.549		
10	1.60	18.400	8.178		
11	1.60	17.367	7.719		
12	1.60	16.467	7.319		
13	1.92	13.157	7.017		
1	1.92	15.071	8.038		
2	1.92	16.286	8.686		
3	2.56	21.789	15.494		
4	2.56	23.411	16.648		
5	1.60	12.300	5.467		
6	1.60	17.617	7.830		
7	1.92	17.029	9.082		
8	1.92	17.929	9.562		
9	1.92	18.257	9.737		
10	1.92	16.600	8.853		
11	0.96	9.000	2.400		
โต๊ะเลือกที่ 2	1	0.96	5.900	1.573	150.256
วิธีการเลือก M0	2	1.60	5.900	2.622	86.08
ขนาดไม้ท่อน 10"	3	0.96	6.375	1.700	
	4	0.96	6.750	1.800	
	5	0.64	7.467	1.327	
	6	0.96	6.375	1.700	
	7	0.96	7.825	2.087	
	8	0.64	7.433	1.321	
	9	0.96	6.975	1.860	
	10	0.96	6.825	1.820	
	11	0.96	5.700	1.520	
	12	0.64	6.767	1.203	
	13	0.64	6.933	1.233	
	14	0.96	5.975	1.593	
	15	0.96	6.375	1.700	
	16	1.60	5.500	2.444	
	17	0.96	6.475	1.727	
	18	0.96	5.850	1.560	
	19	0.96	6.450	1.720	
	20	0.96	6.425	1.713	
	21	1.60	5.600	2.489	
	22	1.28	6.200	2.204	
	23	1.28	5.940	2.112	
	24	0.96	6.075	1.620	
	25	0.96	6.075	1.620	
	26	0.96	6.075	1.620	
	27	0.96	6.125	1.633	
	28	0.96	6.025	1.607	
	29	1.28	5.780	2.055	
	30	0.64	6.700	1.191	
	31	0.96	5.850	1.560	
	32	0.64	6.967	1.239	
	33	1.28	5.840	2.076	

การเลือก ครั้งที่	เวลา s	กำลังไฟฟ้า kW	พลังงานไฟฟ้า Wh	พลังงานไฟฟ้ารวม Wh	เวลารวม s
34	0.64	6.600	1.173		
35	1.28	5.720	2.034		
36	0.96	6.575	1.753		
37	0.96	6.225	1.660		
38	0.64	6.067	1.079		
39	0.96	6.525	1.740		
40	0.96	5.975	1.593		
41	0.96	6.175	1.647		
42	0.96	5.950	1.587		
43	0.96	6.125	1.633		
44	0.96	5.575	1.487		
45	0.96	6.075	1.620		
46	0.96	5.800	1.547		
47	0.64	5.000	0.889		
48	0.96	6.025	1.607		
49	1.28	5.420	1.927		
50	0.96	6.250	1.667		
51	0.96	6.525	1.740		
52	0.96	5.850	1.560		
53	0.64	6.000	1.067		
54	0.96	5.650	1.507		
55	0.96	5.925	1.580		
56	0.96	5.900	1.573		
57	0.96	6.625	1.767		
58	0.96	6.100	1.627		
59	0.96	6.600	1.760		
60	0.96	6.725	1.793		
61	0.64	7.300	1.298		
62	0.64	6.733	1.197		
63	0.96	6.125	1.633		
64	0.64	6.567	1.167		
65	0.96	6.950	1.853		
66	1.92	7.543	4.023		
67	0.64	6.367	1.132		
68	0.64	6.500	1.156		
69	0.64	6.333	1.126		
70	0.64	6.067	1.079		
71	0.64	5.900	1.049		
72	0.64	6.333	1.126		
73	0.96	6.450	1.720		
74	0.64	6.967	1.239		
75	0.96	6.950	1.853		
76	0.96	6.250	1.667		
78	0.96	6.500	1.733		
79	0.96	6.450	1.720		
80	0.96	5.975	1.593		
81	0.64	6.500	1.156		
82	0.96	6.300	1.680		
83	0.96	6.875	1.833		

	การเลือก ครั้งที่	เวลา s	กำลังไฟฟ้า kW	พลังงานไฟฟ้า Wh	พลังงานไฟฟ้ารวม Wh	เวลารวม s
	84	0.96	6.800	1.813		
	85	0.96	5.975	1.593		
	86	0.96	6.575	1.753		
	87	0.96	6.850	1.827		
	88	0.64	6.667	1.185		
	89	0.96	7.225	1.927		
	90	0.64	5.833	1.037		
	91	0.64	5.867	1.043		
	92	0.64	6.133	1.090		
	93	1.28	5.420	1.927		
	94	0.64	6.533	1.161		
โต๊ะเลือกที่ 1	1	2.88	10.520	8.416	439.263	105.92
วิธีการเลือก MO	2	1.92	12.357	6.590		
ขนาดไม้ท่อน 9"	3	2.56	16.911	12.026		
	4	2.88	18.850	15.080		
	5	1.60	10.733	4.770		
	6	1.60	14.967	6.652		
	7	1.60	15.800	7.022		
	8	1.60	16.067	7.141		
	9	1.92	15.329	8.175		
	10	1.92	13.271	7.078		
	1	2.24	10.600	6.596		
	2	1.92	13.657	7.284		
	3	2.56	18.356	13.053		
	4	2.88	19.510	15.608		
	5	3.20	19.418	17.261		
	6	1.28	11.240	3.996		
	7	1.60	13.783	6.126		
	8	1.60	14.567	6.474		
	9	1.60	14.917	6.630		
	10	1.60	14.583	6.481		
	11	1.60	13.050	5.800		
	12	1.60	10.767	4.785		
	1	2.24	11.738	7.303		
	2	1.92	13.900	7.413		
	3	3.20	14.536	12.921		
	4	2.88	17.140	13.712		
	5	1.28	10.780	3.833		
	6	1.92	14.086	7.512		
	7	1.92	15.943	8.503		
	8	1.60	15.850	7.044		
	9	1.60	15.817	7.030		
	10	2.24	12.488	7.770		
	1	2.56	11.033	7.846		
	2	1.60	10.133	4.504		
	3	2.88	16.850	13.480		
	4	2.88	18.430	14.744		
	5	2.56	21.111	15.012		
	6	1.28	10.160	3.612		

	การเลือก ครั้งที่	เวลา s	กำลังไฟฟ้า kW	พลังงานไฟฟ้า Wh	พลังงานไฟฟ้ารวม Wh	เวลารวม s
	7	1.60	14.150	6.289		
	8	1.60	14.700	6.533		
	9	1.92	14.086	7.512		
	10	1.60	15.467	6.874		
	11	1.60	14.983	6.659		
	12	0.96	6.275	1.673		
	1	2.24	11.513	7.163		
	2	1.92	16.571	8.838		
	3	2.56	17.956	12.768		
	4	2.24	20.813	12.950		
	5	1.28	13.520	4.807		
	6	1.60	15.283	6.793		
	7	1.60	16.733	7.437		
	8	1.60	15.933	7.081		
	9	1.60	13.800	6.133		
	10	1.28	12.560	4.466		
โต๊ะเลือกที่ 2 วิธีการเลือก MO ขนาดไม้ท่อน 9"	1	1.60	6.500	2.889	146.610	69.12
	2	1.28	6.920	2.460		
	3	1.28	7.100	2.524		
	4	0.96	7.725	2.060		
	5	0.96	7.550	2.013		
	6	1.28	7.560	2.688		
	7	2.24	7.225	4.496		
	8	0.96	7.700	2.053		
	9	0.96	8.175	2.180		
	10	0.96	8.075	2.153		
	11	0.96	8.125	2.167		
	12	1.28	7.740	2.752		
	13	0.96	7.450	1.987		
	13	0.96	7.450	1.987		
	15	0.96	7.850	2.093		
	16	0.96	7.275	1.940		
	17	0.96	7.400	1.973		
	18	1.28	7.700	2.738		
	19	0.96	8.225	2.193		
	20	0.96	8.175	2.180		
	21	0.96	7.875	2.100		
	22	0.96	8.450	2.253		
	23	0.96	8.225	2.193		
	24	1.28	7.660	2.724		
	25	0.96	7.850	2.093		
	26	0.96	8.025	2.140		
	27	0.96	8.000	2.133		
	28	0.96	8.200	2.187		
	29	0.96	8.150	2.173		
	30	0.96	7.725	2.060		
	31	0.96	8.075	2.153		
	32	0.96	7.800	2.080		
	33	0.96	7.850	2.093		

	การเลือก ครั้งที่	เวลา s	กำลังไฟฟ้า kW	พลังงานไฟฟ้า Wh	พลังงานไฟฟ้ารวม Wh	เวลารวม s
	34	0.96	8.075	2.153		
	35	0.96	7.950	2.120		
	36	0.96	7.900	2.107		
	37	0.96	7.125	1.900		
	38	0.64	6.367	1.132		
	39	1.60	7.850	3.489		
	40	0.96	7.550	2.013		
	41	0.96	7.475	1.993		
	42	0.64	7.833	1.393		
	43	1.28	7.500	2.667		
	44	0.96	7.600	2.027		
	45	0.96	8.000	2.133		
	46	0.96	7.625	2.033		
	47	0.96	7.600	2.027		
	48	0.96	8.325	2.220		
	49	0.96	7.775	2.073		
	50	1.28	7.520	2.674		
	51	0.96	7.750	2.067		
	52	0.96	7.525	2.007		
	53	0.96	7.225	1.927		
	54	0.96	7.625	2.033		
	55	0.96	7.375	1.967		
	56	0.96	7.500	2.000		
	57	0.96	7.025	1.873		
	58	0.96	7.525	2.007		
	59	0.96	8.000	2.133		
	60	0.96	7.400	1.973		
	61	0.96	7.375	1.967		
	62	1.28	7.760	2.759		
	63	0.96	7.175	1.913		
	64	0.96	7.575	2.020		
	65	0.96	7.200	1.920		
	66	0.96	7.275	1.940		
	67	0.96	7.650	2.040		
โต๊ะเลือกที่ 1	1	2.88	10.780	8.624	314.431	73.60
วิธีการเลือก M0	2	1.92	13.571	7.238		
ขนาดไม้ท่อน 8"	3	2.24	18.525	11.527		
	4	2.24	20.138	12.530		
	5	1.28	11.820	4.203		
	6	1.28	16.440	5.845		
	7	1.28	17.400	6.187		
	8	1.60	16.750	7.444		
	9	1.60	15.750	7.000		
	1	2.24	9.800	6.098		
	2	1.92	12.371	6.598		
	3	1.60	16.383	7.281		
	4	2.24	17.113	10.648		
	5	1.60	11.033	4.904		
	6	1.28	17.420	6.194		

	การเลือก ครั้งที่	เวลา s	กำลังไฟฟ้า kW	พลังงานไฟฟ้า Wh	พลังงานไฟฟ้ารวม Wh	เวลารวม s
	7	1.60	16.367	7.274		
	8	1.60	16.433	7.304		
	9	1.60	16.283	7.237		
	10	0.96	14.075	3.753		
	1	1.60	11.700	5.200		
	2	1.92	14.914	7.954		
	3	1.92	20.514	10.941		
	4	2.24	19.038	11.846		
	5	2.24	18.400	11.449		
	6	2.24	15.738	9.792		
	1	1.60	9.783	4.348		
	2	1.28	14.180	5.042		
	3	1.92	18.843	10.050		
	4	1.92	20.900	11.147		
	5	1.28	9.920	3.527		
	6	1.28	13.940	4.956		
	7	1.28	14.840	5.276		
	8	1.28	14.940	5.312		
	9	0.96	14.275	3.807		
	1	1.28	11.080	3.940		
	2	2.56	11.589	8.241		
	3	1.60	14.217	6.319		
	4	1.92	18.514	9.874		
	5	1.92	19.214	10.248		
	6	2.24	17.050	10.609		
	7	2.56	15.811	11.243		
	8	1.60	12.200	5.422		
โต๊ะเลือกที่ 2 วิธีการเลือก MO ขนาดไม้ท่อน 8"	1	1.28	5.760	2.048	79.844	40.64
	2	0.96	6.775	1.807		
	3	0.96	7.150	1.907		
	4	0.64	7.767	1.381		
	5	0.64	8.167	1.452		
	6	0.64	8.100	1.440		
	7	0.64	7.600	1.351		
	8	0.64	7.467	1.327		
	9	0.96	7.375	1.967		
	10	0.96	8.600	2.293		
	11	0.64	7.500	1.333		
	12	0.64	7.300	1.298		
	13	0.64	7.300	1.298		
	14	0.64	6.600	1.173		
	15	0.64	7.133	1.268		
	16	0.64	7.367	1.310		
	17	0.64	7.400	1.316		
	18	0.64	7.333	1.304		
	19	0.64	7.600	1.351		
	20	0.64	7.100	1.262		
	21	0.64	6.967	1.239		
	22	0.64	7.267	1.292		

	การเลือก ครั้งที่	เวลา s	กำลังไฟฟ้า kW	พลังงานไฟฟ้า Wh	พลังงานไฟฟ้ารวม Wh	เวลารวม s
	23	0.64	7.267	1.292		
	24	0.64	7.200	1.280		
	25	0.64	6.900	1.227		
	26	0.96	6.775	1.807		
	27	0.64	6.933	1.233		
	28	0.64	6.700	1.191		
	29	0.64	7.467	1.327		
	30	0.64	7.200	1.280		
	31	0.64	7.033	1.250		
	32	0.64	6.733	1.197		
	33	0.64	7.067	1.256		
	34	0.64	7.300	1.298		
	35	0.64	6.867	1.221		
	36	0.64	6.567	1.167		
	37	0.64	7.367	1.310		
	38	0.64	7.100	1.262		
	39	0.64	6.567	1.167		
	40	0.64	7.100	1.262		
	41	0.64	7.033	1.250		
	42	0.96	6.325	1.687		
	43	0.64	7.333	1.304		
	44	0.64	7.467	1.327		
	45	0.64	6.367	1.132		
	46	0.64	6.900	1.227		
	47	0.64	6.367	1.132		
	48	0.64	6.533	1.161		
	49	0.64	5.767	1.025		
	50	0.64	6.733	1.197		
	51	0.64	7.033	1.250		
	52	0.64	6.233	1.108		
	53	0.64	6.600	1.173		
	54	0.64	6.633	1.179		
	55	0.64	6.433	1.144		
	56	0.64	7.500	1.333		
	57	0.96	7.825	2.087		
	58	0.64	8.667	1.541		
	59	0.64	6.433	1.144		
โต๊ะเลือกที่ 1	1	2.24	8.875	5.467	274.944	71.360
วิธีการเลือก MO	2	1.92	14.971	7.985		
ขนาดไม้ท่อน 7"	3	2.24	18.688	11.583		
	4	2.56	17.133	12.060		
	5	1.6	8.983	3.993		
	6	1.28	12.660	4.501		
	7	1.28	14.540	5.170		
	8	1.28	14.660	5.212		
	9	1.28	11.900	4.231		
	1	1.28	11.000	3.911		
	2	1.92	14.300	7.627		
	3	2.24	19.025	11.709		

	การเลือก ครั้งที่	เวลา s	กำลังไฟฟ้า kW	พลังงานไฟฟ้า Wh	พลังงานไฟฟ้ารวม Wh	เวลารวม s
	4	1.28	12.940	4.601		
	5	1.6	14.550	6.467		
	6	1.6	15.883	7.059		
	7	1.6	13.917	6.185		
	8	0.64	8.933	1.588		
	9	1.6	10.950	4.867		
	1	1.6	8.600	3.822		
	2	1.28	12.820	4.558		
	3	1.92	17.857	9.524		
	4	1.92	18.629	9.935		
	5	1.6	18.983	8.437		
	6	2.56	16.711	11.811		
	7	1.6	10.283	4.570		
	1	1.28	7.580	2.695		
	2	1.92	12.771	6.811		
	3	2.56	14.033	10.004		
	4	1.6	12.167	5.407		
	5	1.6	15.317	6.807		
	6	1.6	15.133	6.726		
	7	1.6	12.950	5.756		
	8	1.6	10.400	4.622		
	1	2.88	10.030	7.967		
	2	2.24	13.075	8.048		
	3	2.56	17.233	12.243		
	4	1.28	13.240	4.708		
	5	1.6	14.717	6.541		
	6	1.6	13.683	6.081		
	7	1.6	14.950	6.644		
	8	1.92	13.143	7.010		
โต๊ะเลือกที่ 2	1	0.96	7.325	1.953	96.673	46.080
วิธีการเลือก M0	2	1.6	7.250	3.222		
ขนาดไม้ท่อน 7"	3	0.96	7.500	2.000		
	4	0.96	8.175	2.180		
	5	0.96	7.800	2.080		
	6	0.96	7.650	2.040		
	7	0.96	8.275	2.207		
	8	0.96	7.925	2.113		
	9	0.96	7.775	2.073		
	10	0.96	8.200	2.187		
	11	0.96	8.375	2.233		
	12	0.96	7.825	2.087		
	13	0.96	8.025	2.140		
	14	0.96	7.525	2.007		
	15	0.96	7.825	2.087		
	16	0.96	7.950	2.120		
	17	0.96	7.525	2.007		
	18	0.96	7.425	1.980		
	19	0.96	7.975	2.127		
	20	0.96	7.100	1.893		

	การเลือก ครั้งที่	เวลา s	กำลังไฟฟ้า kW	พลังงานไฟฟ้า Wh	พลังงานไฟฟ้ารวม Wh	เวลารวม s
	21	0.96	7.375	1.967		
	22	0.96	6.900	1.840		
	23	0.96	7.925	2.113		
	24	0.96	7.075	1.887		
	25	0.96	7.925	2.113		
	26	0.96	7.300	1.947		
	27	0.96	7.725	2.060		
	28	0.96	7.050	1.880		
	29	0.96	7.050	1.880		
	30	0.96	7.300	1.947		
	31	0.96	7.150	1.907		
	32	0.96	7.500	2.000		
	33	0.96	7.500	2.000		
	34	0.64	7.700	1.369		
	35	0.96	7.575	2.020		
	36	0.96	7.425	1.980		
	37	0.96	7.700	2.053		
	38	0.96	7.675	2.047		
	39	0.96	6.850	1.827		
	40	0.96	7.650	2.040		
	41	0.96	7.400	1.973		
	42	0.96	7.975	2.127		
	43	0.96	7.575	2.020		
	44	0.96	7.175	1.913		
	45	0.96	7.100	1.893		
	46	0.96	7.250	1.933		
	47	0.64	7.433	1.321		
	48	0.96	7.050	1.880		
โต๊ะเลือกที่ 1	1	1.60	9.483	4.215	183.369	51.52
วิธีการเลือก M0	2	1.28	11.660	4.146		
ขนาดไม้ท่อน 6"	3	1.28	14.440	5.134		
	4	1.60	15.433	6.859		
	5	0.96	11.525	3.073		
	6	0.96	12.450	3.320		
	7	0.96	12.050	3.213		
	8	1.28	12.660	4.501		
	9	0.96	7.350	1.960		
	1	1.28	8.580	3.051		
	2	1.28	18.060	6.421		
	3	1.60	19.050	8.467		
	4	1.28	10.660	3.790		
	5	1.60	14.200	6.311		
	6	1.60	12.067	5.363		
	7	1.28	14.380	5.113		
	8	1.28	11.260	4.004		
	1	0.64	7.700	1.369		
	2	1.28	8.560	3.044		
	3	1.28	15.980	5.682		
	4	1.60	16.267	7.230		

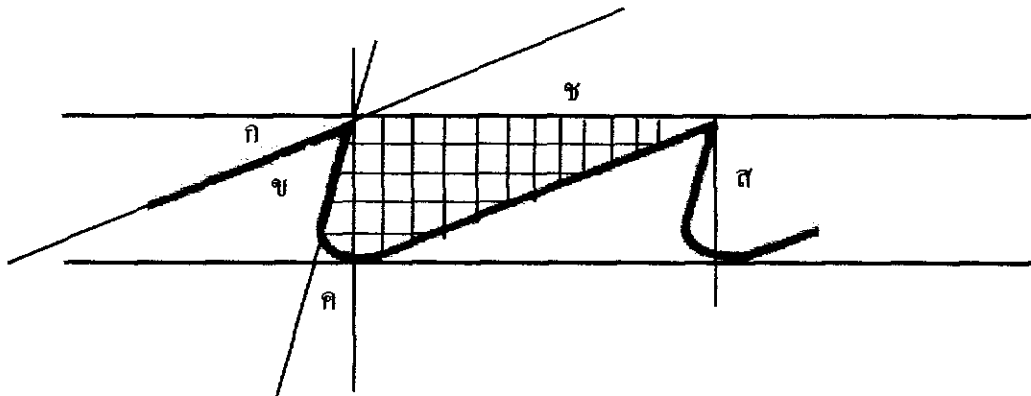
	การเลือก ครั้งที่	เวลา s	กำลังไฟฟ้า kW	พลังงานไฟฟ้า Wh	พลังงานไฟฟ้ารวม Wh	เวลารวม s
	5	0.96	10.300	2.747		
	6	1.28	13.500	4.800		
	7	1.28	12.960	4.608		
	8	1.28	13.480	4.793		
	1	1.28	7.700	2.738		
	2	1.60	14.050	6.244		
	3	1.60	15.117	6.719		
	4	1.28	8.720	3.100		
	5	1.28	10.920	3.883		
	6	1.28	10.900	3.876		
	7	0.96	10.525	2.807		
	1	0.96	12.150	3.240		
	2	1.28	12.820	4.558		
	3	1.60	17.350	7.711		
	4	1.28	9.360	3.328		
	5	1.28	14.620	5.198		
	6	1.28	14.460	5.141		
	7	1.28	15.120	5.376		
	8	1.60	14.033	6.237		
โต๊ะเลือกที่ 2 วิธีการเลือก MO ขนาดไม้พอน 6"	1	0.32	6.400	0.569	51.054	25.92
	2	0.64	6.600	1.173		
	3	0.96	7.325	1.953		
	4	0.64	5.833	1.037		
	5	0.64	7.100	1.262		
	6	0.64	7.533	1.339		
	7	0.64	7.533	1.339		
	8	0.96	6.375	1.700		
	9	0.64	7.600	1.351		
	10	0.96	7.900	2.107		
	11	0.96	6.850	1.827		
	12	0.96	7.200	1.920		
	13	0.64	6.533	1.161		
	14	0.64	7.433	1.321		
	15	0.64	6.933	1.233		
	16	0.64	7.100	1.262		
	17	0.96	7.475	1.993		
	18	0.64	7.500	1.333		
	19	0.96	7.400	1.973		
	20	0.64	7.267	1.292		
	21	0.96	6.825	1.820		
	22	0.96	6.225	1.660		
	23	0.64	7.233	1.286		
	24	0.96	7.100	1.893		
	25	0.64	7.267	1.292		
	26	0.64	7.367	1.310		
	27	0.64	7.767	1.381		
	28	0.64	6.733	1.197		
	29	0.64	7.100	1.262		
	30	0.64	7.467	1.327		

การเลือก ครั้งที่	เวลา s	กำลังไฟฟ้า kW	พลังงานไฟฟ้า Wh	พลังงานไฟฟ้ารวม Wh	เวลารวม s
31	0.64	6.500	1.156		
32	0.64	6.900	1.227		
33	0.64	7.333	1.304		
34	0.64	7.267	1.292		
35	0.64	7.133	1.268		
36	0.64	6.933	1.233		

ภาคผนวก จ

แนวทางการออกแบบฟันเลื่อยสายพาน

ก่อนที่จะได้กล่าวถึงการออกแบบฟันและพิจารณาเลือกแบบฟันเลื่อยเพื่อใช้แปรรูปไม้ที่ต้องการขอกำลังถึงคำเรียกในส่วนต่าง ๆ ของฟันเลื่อย ดังนี้



Clearance angle	=	มุมหลังคม (ก)	Pitch	=	ระยะห่างระหว่างฟัน (ช)
Tooth angle	=	มุมฟัน (ข)	Tooth height	=	ความสูงของฟัน (ศ)
Hook angle	=	มุมหน้าคม (ค)	Gullet area	=	พื้นที่ท้องฟัน 

ทั้งนี้มุมฟันทั้ง 3 เมื่อรวมกันแล้วได้เท่ากับ 90 องศา

ฟันเลื่อยสายพานที่ใช้ในการแปรรูปไม้วิธีทำให้เกิดคลองเลื่อย คายซี่เลื่อยออก อยู่ 3 วิธี คือ

1. โดยการคัดฟัน (spring set)

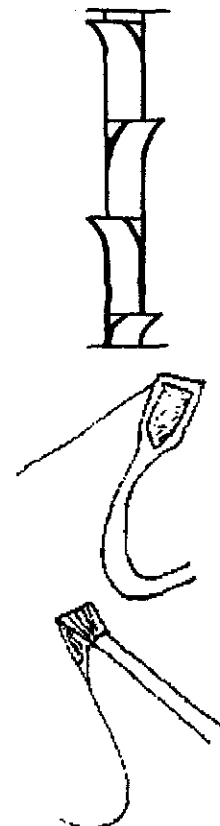
คัดฟันเลื่อยตามขนาดคลองเลื่อยที่ต้องการสลับซ้ายขวาของแต่ละฟัน การคัดฟันเลื่อยแบบนี้ได้แก่ เลื่อยลันดาหรือใบเลื่อยขนาดที่มีความกว้างไม่เกิน 2 นิ้ว

2. โดยการบีบฟันเลื่อย (Swage set)

ทำฟันเลื่อยโดยการบีบด้วยเครื่องบีบฟันและตบข้าง (Swage and shaper) โดยตั้งขนาดกว้างของฟันเลื่อยจากเครื่องตบข้าง

3. โดยการแต้ม Stellite

ทำฟันเลื่อยโดยใช้ Stellite แต้มที่ปลายฟันให้มีขนาดโตพอที่จะเจียรนัยหน้าคม และเจียรนัยข้างฟันให้ได้ขนาดคลองเลื่อยตามต้องการ การทำฟันแบบนี้ต้องใช้ช่างเชื่อมที่มีความชำนาญมากพอเพราะอาจทำให้การยึดติดของ Stellite กับใบเลื่อยไม่มั่นคงหลุดออกได้ง่าย



ขนาดของคลองเลื่อยที่ตั้งไว้ขึ้นอยู่กับชนิดไม้ต่าง ๆ ที่ทำการแปรรูปเมื่อทราบองค์ประกอบของพื้นและลักษณะการทำพื้นเพื่อให้เลื่อยไม้ได้คลองเลื่อยตามต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปสำหรับการออกแบบพื้นเลื่อยมีปัจจัยที่ต้องพิจารณา คือ

1. ชนิด คุณภาพและความหนาของไม้ที่เข้าแปรรูป
2. ทิศทางในการแปรรูป

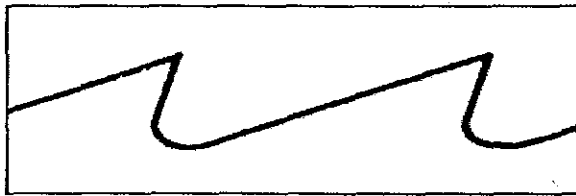
การแปรรูปขนานกับเส้นไม้พื้นเลื่อยจะเกิดแรงเค้น (Stress) น้อยกว่าการแปรรูปไม้ตั้งฉากกับเส้นไม้จึงมีส่วนพิจารณาออกแบบพื้นเลื่อยให้มีความแข็งแรงมากขึ้น และแตกต่างกันไป

3. ความเร็วในการแปรรูปไม้

หากไม้ที่ใช้แปรรูปเป็นไม้เนื้อแข็ง (hardwood) ความเร็วรอบในการแปรรูปย่อมช้ากว่าไม้เนื้ออ่อน (soft wood) สัมพันธ์กับความเร็วในการป้อนไม้เข้าแปรรูป

4. ความหนาของใบเลื่อย

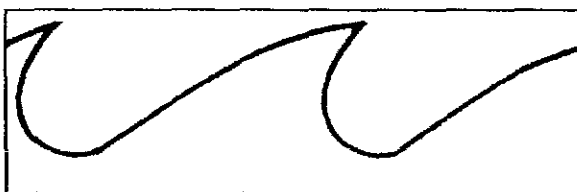
ใบเลื่อยบาง รูปแบบพื้นเลื่อยต้องแข็งแรงมากกว่าใบเลื่อยที่หนา จากปัจจัยดังที่กล่าวมาแล้วนี้ การออกแบบรูปแบบพื้นเลื่อยได้มีผู้เชี่ยวชาญจากแหล่งต่าง ๆ สรุปไว้ดังนี้



1. รูปพื้นเลื่อยสำหรับใบเลื่อยที่มีความกว้างไม่เกิน 2 นิ้ว

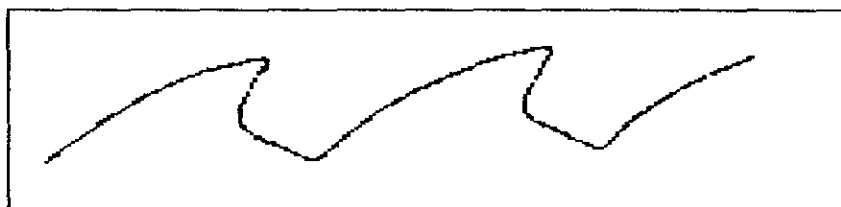
รูปพื้นแข็งแรงแต่พื้นที่ท้องพื้นค่อนข้างน้อย

2. รูปพื้นเลื่อยสำหรับใบเลื่อยที่มีความกว้างมากขึ้น



ขนาดท้องพื้นปานกลางเหมาะสำหรับแบบบีบพื้น (Swage set)

3. รูปพื้นเลื่อยสำหรับไม้ที่มีความแน่นสูงและสัดขณะแปรรูป



รูปพื้นเลื่อยแข็งแรงความสูงของพื้นประมาณ 1/2 ของระยะห่างของพื้น

เห็นได้ว่ารูปแบบฟันทั้ง 3 ที่กล่าวมาแล้วมีความแข็งแรงทนทานเหมาะที่จะใช้ในการแปรรูปไม้ ไม่สามารถได้กล่าวได้ว่ารูปแบบใดดีกว่ากันทั้งนี้ช่างทำเลื่อยจำเป็นต้องพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ว่าสามารถอำนวยความสะดวกในการจัดทำรูปแบบฟันเพียงพอหรือไม่ การออกแบบสามารถดำเนินการได้หลากหลาย แต่ในการปฏิบัติงานจริงสามารถดำเนินการได้หรือไม่เป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญยิ่งต่อการปฏิบัติงานหรือออกแบบ อนึ่งในการใช้ใบเลื่อยแปรรูปไม้ของโต๊ะ 1 (Headering) และโต๊ะ 2 (resaw) การแปรรูปไม้แตกต่างกันไปเนื่องจากโต๊ะ 2 ไม้ที่เข้าแปรรูปมีขนาดเล็กลง ดังนั้นในการพิจารณาออกแบบฟันเลื่อยต้องหาความเหมาะสมให้ได้ว่ารูปแบบฟันเลื่อยควรเป็นอย่างไร เพื่อที่จะใช้ได้ทั้ง 2 โต๊ะ หรือพิจารณาแยกใช้งานตามความต้องการของแต่ละท่านต่อไป

วิธีพิจารณาการออกแบบฟัน

1. ชนิด คุณภาพ และความหนาของไม้ที่เข้าแปรรูป (Dimension and properties of wood)
 ขึ้นคุณภาพของชนิดไม้ต่าง ๆ กรมป่าไม้ได้กำหนด ดังนี้

ไม้เนื้อแข็ง	ความแข็งแรงในการตัด (กก/ซม ²)	สูงกว่า 1000
ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	"	600-1000
ไม้เนื้ออ่อน	"	ต่ำกว่า 600

ที่มา : ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย เลขที่ ร.188 กรมป่าไม้ 2528

เมื่อทราบชนิดและคุณภาพของไม้แล้ว นำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองมุมฟันที่ใช้ตามตารางข้างล่าง

ความแน่นของไม้ที่ เข้าแปรรูป	ความเร็วที่ป้อน ไม้ ม./นาที	องศาฟันเลื่อยต่าง ๆ		
		มุมหลังคม	มุมฟัน	มุมน้ำคม
เนื้อแข็ง	8-30	10°	56°	24°
เนื้อแข็งปานกลาง*	30-50	11°-12°	49-52°	26-30°
เนื้ออ่อน	50-60	16°	44°	30°

ที่มา : Ho Kam Seng, FRIM

กรณีการทดลองนี้ใช้ความแน่นของไม้ปานกลาง* ในการทดลองแปรรูปไม้ เป็นไม้ท่อนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตตั้งแต่ 6 นิ้ว ถึง 10 นิ้ว จำนวนฟันเลื่อยต้องมีไม่น้อยกว่า 3 ฟัน ต่อความหนาไม้เข้าเลื่อย (ฟันเลื่อยที่ออกแบบมีฟันเลื่อย 8-9 ฟันเลื่อยต่อ 1 ฟุต)

เมื่อได้ข้อมูลของสภาพพื้นที่เป็นส่วนประกอบของพื้นที่แล้วขั้นต่อมาพิจารณาขนาดของคลองเล็กๆที่เหมาะสมกับการแปรรูปเพื่อให้ได้คลองเล็กๆที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยพิจารณาเปรียบเทียบจากแหล่งผู้ผลิตหรือการทดลองต่าง ๆ โครงการฯ ได้พิจารณาใช้แนวทางของผู้ผลิต ดังนี้

ชนิด/ประเภทไม้ที่เข้าแปรรูป	ขนาดบัพพื้นที่หลังจากตกแต่งเรียบร้อยแล้ว	
	(มม)	นิ้ว
ไม้เนื้อแข็ง	0.30-0.35	0.012-0.014
เนื้อไม้แข็งปานกลาง	0.40-0.45	0.016-0.018
ไม้เนื้ออ่อน	0.50-0.60	0.020-0.024

ที่มา : Uddeholm

โครงการฯ พิจารณาเลือกขนาดของการบัพ (Swage set) 0.40 – 0.50 มม.

2. ทิศทางการแปรรูป (Sawing direction)

การแปรรูปโดยเครื่องเลื่อยสายพานนี้เป็นการแปรรูปตามเส้นไม้ดัดนั้นแรงเค้นของพื้นเลื่อยเกิดน้อยกว่าการแปรรูปแบบตั้งฉากกับเส้นไม้อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงตาไม้ และสิ่งแปลกปลอมที่มีอยู่ในไม้ เช่น กวอด เศษหิน หรือ ตะปู ที่อาจติดหรือฝังอยู่ในเนื้อไม้

3. ความเร็วในการแปรรูปไม้ (Cutting speed)

ความเร็วของการแปรรูปไม้ของเครื่องเลื่อย บริษัท A & I จำกัด มีความเร็วในการแปรรูปประมาณ 1460 เมตร/นาที และความเร็วในการบ่อนไม้เข้าแปรรูปเฉลี่ยประมาณ 20 เมตร/นาที ดังนั้น การคำนวณหาขนาดของซี่เลื่อยสามารถหาได้จากสูตร

$$\text{ความหนาของซี่เลื่อย} = \frac{\text{ระยะห่างของพื้น} \times \text{ความเร็วในการบ่อนไม้}}{\text{ความเร็วในการแปรรูปไม้}}$$

ในการปฏิบัติความหนาของซี่เลื่อยสำหรับแปรรูปไม้เนื้อแข็งที่มีขนาดเล็กอยู่ในช่วง 0.5-0.8 มม. หากความหนาของซี่เลื่อยต่ำกว่า 0.3 มม. ซี่เลื่อยที่ได้จะมีลักษณะเหมือนแป้งสังเกตได้จากผิวหน้าไม้แปรรูป ทำให้ทราบได้ว่าปัจจัยที่กล่าวมาแล้วต้องปรับแก้ไขอะไร

อนึ่ง ความเร็วในการแปรรูปไม้ (Cutting speed) ได้มีการทดลองและแนะนำให้ใช้ปฏิบัติงานได้ปลอดภัย มีดังนี้

ชนิด/ประเภทไม้	ความเร็วในการแปรรูปไม้(Cutting speed)	
	เมตร/นาที	ฟุต/นาที
ไม้เนื้ออ่อน (soft woods)	สูงสุด 2990	สูงสุด 9850
ไม้เนื้อแข็ง (hardwood)	2400-2800	7900-9200
ไม้เนื้อแข็งมาก (dense hardwood)	1800-2200	6000-7300

ที่มา : Sandvik

จะเห็นได้ว่าความเร็วของการแปรรูปไม้ของบริษัท A & I จำกัด มีความเร็วในการแปรรูปไม้ค่อนข้างต่ำกว่ามาตรฐาน ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น อายุการใช้งานของเครื่องเลื่อย การบำรุงรักษาเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยเพราะหากปัจจัยดังกล่าวไม่ดีพอเมื่อเพิ่มความเร็วของการแปรรูป (Cutting speed) อาจเกิดอันตรายขณะปฏิบัติงานได้ ความเร็วของการแปรรูปไม้ที่ช้าลง มีผลต่อการแปรรูปไม้ให้ได้ผลผลิตต่อชั่วโมงลดลงได้เช่นกัน

4. ความหนาของใบเลื่อย

เครื่องเลื่อยที่ใช้ปฏิบัติงานมีขนาดของมูเลย์ 3 □ ฟุต ดังนั้นความหนาของใบเลื่อยที่สามารถใช้ได้กับเครื่องเลื่อยนี้ คือ ขนาด 18 BWG (1.24 มม.) หากใช้ใบเลื่อยที่หนามากกว่านี้จะทำให้ใบเลื่อยแตกได้ ความกว้างสูงสุดที่ใช้กับเครื่องเลื่อยนี้ประมาณ 6 1/8 นิ้ว ดังนั้นในกรณีที่ทำรูปฟันเลื่อยแบบการบีบฟัน (Swage set) เพื่อแปรรูปไม้เนื้อแข็งระยะห่างระหว่างฟันแต่ละฟันไม่ควรเกิน 38 มม. หรือ 1 □ นิ้ว เพื่อความแข็งแรงของฟันเลื่อย

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการออกแบบฟันเลื่อย ได้แก่

1. ชนิดและคุณภาพของไม้ที่เข้าเลื่อย (Quality of Timber)
2. ทิศทางในการเลื่อย (Direction of cut)
3. ความเร็วในการเลื่อย (Cutting speed)
4. ความเร็วในการป้อนไม้ที่เข้าเลื่อย (Feed speed)
5. ความหนาของไม้ที่เข้าเลื่อย
6. ความหนาใบเลื่อย

ข้อกำหนดเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบฟันเลื่อย

1. ระยะห่างระหว่างฟันเลื่อย(pitch)
2. ความสูงของฟันและพื้นที่ท้องฟัน (height & gullet capacity)
3. มุมหลังคม (clearance angle)
4. มุมฟัน (tooth angle)
5. มุมคมฟัน (hook angle)

ใบเลื่อยกว้าง	เบอร์ BWG	เลื่อยไม้เนื้อแข็ง/ฟันแบบบีบ	ระยะห่างระหว่างฟัน
6 1/8" (156 มม.)	18(1.25 มม.)		1 1/2 (38 มม.)

ที่มา : Uddeholm /recommended tooth pitch

ชนิดไม้	ความเร็วในการป้อนไม้	มุมหลังคม	มุมฟัน	มุมหน้าคม
เนื้อแข็งปานกลาง	30-50 เมตร/นาที	(11-12)°	(49-52)°	(26-30)°

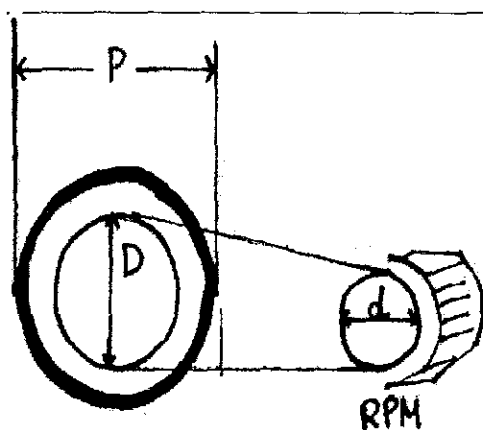
ที่มา : Ho Kam Seng,Frim/Tooth angle requirements

ชนิดไม้	ขนาดห่างของปลายฟันเลื่อยที่บีบ
เนื้อแข็ง	0.30-0.35 มม.

ที่มา : Uddeholm/ขนาดห่างของปลายฟันเลื่อยที่บีบ

ภาคผนวก จ

วิธีการคำนวณหาความเร็วการแปรรูปไม้ (Cutting speed) ของเครื่องเลื่อยสายพาน



ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

1. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมู่เล่ เครื่องเลื่อย (P)
2. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมู่เล่ ทดรอบใหญ่ (D)
3. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมู่เล่ มอเตอร์ (d)
4. ความเร็วของมอเตอร์ (rpm)

สูตรที่ใช้คำนวณ

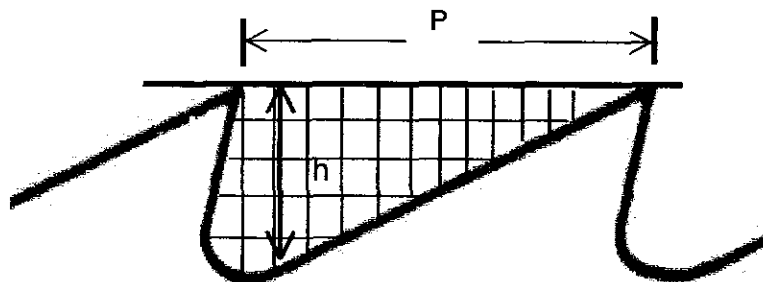
$$\begin{aligned}
 \text{ความเร็วของการแปรรูปไม้} &= \frac{\text{ความเร็วมอเตอร์} \times \text{มู่เล่มอเตอร์ (d)} \times \text{เส้นรอบวงของมู่เล่เครื่องเลื่อย}}{(\text{Cutting speed}) \quad (\text{RPM}) \quad \text{มู่เล่ทดรอบ (D)}} \\
 &= \frac{\text{rpm} \times d \times P \times \pi}{D}
 \end{aligned}$$

กรณี (1) หน่วยเป็น เมตร/นาที ค่า $P = \frac{\text{หน่วยเป็น มม}}{1000}$

(2) หน่วยเป็น ฟุต/นาที ค่า $P = \frac{\text{หน่วยเป็น นิ้ว}}{12}$

ภาคผนวก ช

วิธีคำนวณหาค่าพื้นที่ท้องพื้นเลื่อย



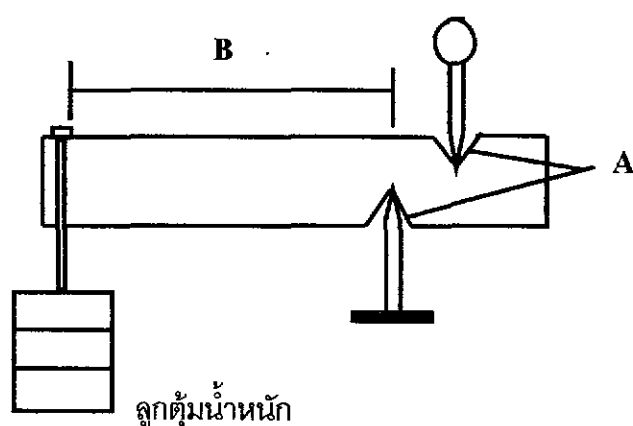
$$\text{สูตรคำนวณพื้นที่ท้องพื้น} = \frac{\text{ระยะห่างระหว่างพื้น (P) \times ความสูงของพื้นเลื่อย (h)}}{1.75}$$

ขณะเลื่อยผ่านท่อนไม้การนำขี้เลื่อยออกจากชิ้นไม้โดยพื้นที่ท้องพื้นเลื่อย กระทำได้ไม่เต็มที่ (100%) ในการปฏิบัติให้ประเมินค่าของพื้นที่ท้องพื้นเลื่อยที่นำขี้เลื่อยออกได้เพียง 60-75 % ดังนั้น สูตรคำนวณพื้นที่ท้องพื้นจึงคิดให้ท้องพื้นสามารถใช้งานเพียง 75% นอกจากนี้การคำนวณหาพื้นที่ท้องพื้นเลื่อย อาจใช้กระดาษกราฟทาบบแล้วนับจำนวนพื้นที่ท้องพื้นเลื่อยได้เช่นกัน ซึ่งให้ค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด หากรูปแบบพื้นเลื่อยไม่ได้เป็นรูปทรงมาตรฐานสากล

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณหาแรงดึงตึงของใบเลื่อยในการใช้แปรรูปไม้

ทิศทางของปฏิกิริยาของเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยเมื่อประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับใช้งาน ดังรูปข้างล่างนี้



เหตุผลที่จำเป็นต้องเพิ่มแรงดึงตึงให้กับใบเลื่อย เพราะให้ใบเลื่อยคงอยู่บนมุมเลื่อยได้อย่างมั่นคงในขณะที่ทำการแปรรูปไม้ และการขับเคลื่อนมุมเลื่อยตัวล่างให้มุมเลื่อยตัวบนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่สั่นพลิ้ว

การเพิ่มแรงดึงตึงให้กับใบเลื่อย ส่วนใหญ่แล้วผู้ผลิตใบเลื่อยแต่ละยี่ห้อจะกำหนดแรงดึงตึงว่าควรเป็นเท่าใด เมื่อใช้ใบเลื่อยนั้น ๆ แปรรูปไม้ อย่างไรก็ตามรอยต่อของแผ่นใบเลื่อยเป็นจุดที่อ่อนของใบเลื่อยโดยมีค่าความแข็งแรงของจุดนี้ประมาณ 65% ของเนื้อใบเลื่อยบริเวณอื่น ดังนั้นค่าของแรงดึงตึงใบเลื่อย (Strain value) จึงมีค่าที่แตกต่างกันดูได้จากตารางข้างล่างนี้

ผู้ผลิตใบเลื่อย	ค่าแรงดึงตึงของใบเลื่อยต่อพื้นที่หน้าตัดหนึ่ง	
	กก/ม.ม. ²	หรือ ปอนด์/นิ้ว
Normal Strain (Stenner, UK)	7	9,954
Medium strain (Brenta-Canali, Germany)	15	21,330
High Strain (Gillet, France)	20-25	28,440-35,550
China machines	7-9	9,954-12,798

ที่มา : Deherve (modified)

วิธีคำนวณ

จากรูป เห็นได้ว่าน้ำหนักแรกที่เพิ่มเข้าไปเป็นน้ำหนักที่ทำให้ผู้เลื่อยบนสมดุลงบัจจัยเกี่ยวกับ
Lever multi- plication factor เป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณตามสมการ ดังนี้

$$\text{Lever multiplication factor (LMF)} = \frac{\text{ความยาวของแขนน้ำหนัก (B)}}{\text{ระยะระหว่างคมมีดบน-ล่าง (A)}}$$

$$\text{ดังนั้น แรงดึงตึง} = \text{น้ำหนักที่ใส่} \times \text{LMF}$$

(Force)

$$\text{หรือ} = \frac{\text{น้ำหนักที่ใส่} \times \text{ความยาวของแขนน้ำหนัก}}{\text{ระยะระหว่างคมมีดบน-ล่าง}}$$

เพราะฉะนั้น

$$\text{จำนวนน้ำหนักที่ใส่} = \frac{\text{แรงดึงตึงที่ใบเลื่อย} \times \text{ระยะระหว่างคมมีดบน-ล่าง}}{\text{ความยาวของแขนน้ำหนัก}} \quad \text{..... ก}$$

$$\text{หรือ แรงดึงตึงที่ใบเลื่อย} = \frac{\text{จำนวนน้ำหนักที่ใส่} \times \text{ความยาวของแขนน้ำหนัก}}{\text{ระยะระหว่างคมมีดบน-ล่าง}} \quad \text{..... ข}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

เครื่องเลื่อยสายพานเครื่องหนึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- | | |
|----------------------------|--------------|
| 1. ระยะระหว่างคมมีดบน-ล่าง | 25.0 ม.ม. |
| 2. ความยาวของแขนน้ำหนัก | 500.0 ม.ม. |
| 3. น้ำหนักที่ใส่ | 10.0 กก. * |
| 4. แรงดึงตึงที่ใบเลื่อย | 200.0 kgf ** |

การคำนวณกรณีไม่ทราบน้ำหนักที่ใส่ลงไป *

$$\text{แทนค่าในสูตร} \quad \text{ก} = \frac{200 \text{ kgf} \times 25}{500} = 10.0 \text{ กก.}$$

กรณีต้องการทราบแรงเค้นที่ใบเลื่อย เนื่องจากใช้น้ำหนัก 10 กก. ถ่วง **

$$\text{แทนค่าในสูตร} \quad \text{ข} = \frac{10 \times 500}{25} = 200 \text{ kgf}$$

ค่าแรงดึงตึงที่ได้นี้เกิดในส่วนที่เป็นความกว้างและหนาในพื้นที่หน้าตัดของใบเลื่อย

การเพิ่มน้ำหนักเพื่อให้ใบเลื่อยตึงมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องเลื่อยและคุณภาพของใบเลื่อยว่าเหมาะสมกับเครื่องเลื่อยนั้น ๆ ตารางปริมาณแรงตึงตึงที่ได้มีผู้ทดลองและแนะนำให้ใช้ในการแปรรูปต่อไปนี้ สามารถนำไปพิจารณาปรับปรุงเพื่อใช้ในการปฏิบัติงาน โดยนำไปแทนค่าในสูตรการคำนวณที่กล่าวมาแล้วเพื่อนำไปใช้ต่อไป

ความกว้างใบเลื่อย		ความหนาใบเลื่อย		แรงตึงตึงที่ใช้	แรงตึงตึงต่อหน้าพื้นที่หน้าตัดของใบเลื่อย	
ม.ม.	นิ้ว	BWG	ม.ม.	kgf	N/mm ²	kgf/mm ²
100	3.93	20	0.89	650	71.6	7.3
125	4.92	19	1.06	950	70.3	7.2
150	5.91	18	1.24	1300	68.5	7.0
175	6.89	17	1.47	1800	68.6	7.0
200	7.87	17	1.47	2050	68.3	7.0
225	8.85	16	1.65	2600	68.6	7.0
250	9.84	15	1.82	3200	68.9	7.0
275	10.82	15	1.82	3500	68.5	7.0
300	11.81	14	2.10	4500	70.0	7.1
325	12.80	13	2.10	4800	68.9	7.0

หมายเหตุ 1 kgf = 9.80 N

ที่มา : Ho Kam Seng (modified)

เนื่องจากใบเลื่อยเมื่อผ่านการลับคมนาน ๆ ความกว้างของใบเลื่อยย่อมน้อยลงดังนั้นน้ำหนักของลูกคัมจำเป็นต้องลดลงตามความกว้างของใบเลื่อย โดยการคำนวณหากใบเลื่อยลดลงเหลือเพียง 80% ของความกว้างเดิม ดังนั้นแรงตึงตึงย่อมลดลงตาม คือ เหลือประมาณ $0.80 \times$ แรงตึงตึงครั้งแรก แรงตึงตึงของใบเลื่อย อาจแสดงเป็นค่าแรงตึงตึงต่อพื้นที่หน้าตัดของใบเลื่อยได้

หมายเหตุ

การที่จะทราบน้ำหนักของมูลี่ตัวบนเป็นไปค่อนข้างยากอาจทำได้โดยการทดลองเพิ่มน้ำหนักที่แขนครั้งแรกก่อนว่าแขนน้ำหนักอยู่ในแนวสมดุลย์ต้องใช้น้ำหนักเท่าใด อีกวิธีหนึ่งกรณีต้องซ่อมหรือมีอะไหล่มูลี่ตัวบนสามารถทำการชั่งน้ำหนักมูลี่นั้นว่าเท่าใดจากนั้นเอาความยาวของแขนถ่วงมาหารน้ำหนักของมูลี่ที่ได้ทำให้ทราบน้ำหนักว่าต้องใส่เข้าไปเท่าไรก่อนที่จะใช้น้ำหนักที่คำนวณจากสูตรข้างบนมาใส่เพิ่มเข้าไปให้ได้แรงตึงตึงตามต้องการ

ปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดแรงตึงตึงของใบเลื่อยโดยเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าติดที่ใบเลื่อยเมื่อเพิ่มน้ำหนักที่แขนถ่วงทำให้สามารถอ่านค่าแรงตึงตึงของใบเลื่อยได้ทันที ทำให้การทำงานรวดเร็วและสะดวกขึ้น อุปกรณ์ดังกล่าวผลิตจากประเทศสวีเดน ยี่ห้อ Sandvik

ภาคผนวก ๗ Standard Saw Gauges

Gauge (Birmingham)	Fraction	Thousandths	
	In.	In.	mm
	1	1.000	25.40
	7/8	0.875	22.225
	3/4	0.750	19.05
	5/8	0.625	15.875
	1/2	0.500	12.70
	15/32	0.4688	11.905
0000	29/64	0.454	11.53
000	27/64 full	0.425	10.79
00	3/8 full	0.380	9.65
0	11/32 scant	0.340	8.64
1	5/16 scant	0.300	7.62
2	9/32	0.284	7.21
3	1/4 full	0.259	6.57
4	15/64	0.238	6.04
5	7/32	0.220	5.59
6	13/64	0.203	5.18
7	3/16 scant	0.180	4.57
8	5/32 full	0.165	4.19
9	5/32 scant	0.148	3.76
10	1/8 full	0.134	3.40
	1/8 scant	0.120	3.05
12	7/64	0.109	2.77
13	3/32	0.095	2.41
14	5/64 full	0.083	2.10
15	5/64 scant	0.072	1.82
16	1/16 full	0.065	1.65
17	1/16 scant	0.058	1.47
18	3/64	0.049	1.24
19	-	0.042	1.06
20	-	0.035	0.89
21	1/32	0.032	0.81
22	-	0.028	0.71
23		0.025	0.64
24		0.022	0.56
25		0.020	0.51
26	-	0.018	0.46
27	1/64	0.016	0.41
28	-	0.014	0.36
29		0.013	0.33
30		0.012	0.30

Source Williston 1976