

อิทธิพลของรูปร่างใบตัด จำนวนใบตัด และทิศทางการเติมต่อเศษการตัดทางปาล์ม ของเครื่องตัดทางปาล์มใบตั้ง

Effect of Blade Geometries, Blade Amount, and Feed Direction on Palm Cutting Chip of Orbital Cutting Blade Palm Chopping Machine

ไพบูลย์ แยมเพื่อน^{1*} ปราโมทย์ พูนนายม² วรญา วัฒนจิตสิริ³ สุรัตน์ ตรีนวนพงศ์⁴ และกิตติพงษ์ กิมะพงศ์⁵
Paiboon Yaemphurn^{1*} Pramot Poonnayom² Voraya Wattanjitsiri³ Surat Triwanapong⁴
and Kittipong Kimapong⁵

paiboon.y@en.rmutt.ac.th^{1*}, promote.p@en.rmutt.ac.th², voraya.w@en.rmutt.ac.th³, surat.t@
en.rmutt.ac.th⁴, kittipong.k@en.rmutt.ac.th⁵

¹⁻⁵ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

¹⁻⁵ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received: August 7, 2017
Revised: September 7, 2017
Accepted: January 30, 2018

บทคัดย่อ

หนึ่งในตัวแปรสำคัญในการเพิ่มผลผลิตปาล์ม คือการบริหารจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในสวนปาล์ม วัสดุเหลือใช้ เช่น กิ่งและใบปาล์ม มักถูกตัดให้มีขนาดเล็กและนำไปใช้ในการทำปุ๋ยหรือเลี้ยงสัตว์กบในพื้นที่ชนบท ด้วยเหตุนี้วิธีการตัดย่อยทางปาล์มที่เหลือใช้จึงมีการดำเนินการและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง บทความนี้มีจุดประสงค์ในการเลือกกรูปร่างใบตัด จำนวนใบตัด และทิศทางการเติม ที่มีความเหมาะสมในการตัดย่อยทางปาล์มด้วยเครื่องย่อยทางปาล์มใบตั้งแนวตั้ง ในการทดลองนี้ใบตัดที่ออกแบบถูกผลิตขึ้นด้วยสภาวะที่กำหนดถูกประยุกต์ใช้ในการตัดย่อยทางปาล์มด้วยสภาวะการตัดที่กำหนด ผลการทดลองโดยสรุปมีดังนี้ ใบตัดทางปาล์มที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนไม่ควรทำการอบคืนไฟหลังจากการชุบแข็งเพราะทำให้ความแข็งและความต้านทานการสึกหรอของใบตัดลดลง ใบตัดทางปาล์มกึ่งวีเป็นใบตัดที่ให้ความต้านทานการสึกหรอและความแข็งที่ดีกว่าใบตัดวี โดยแสดงค่าความแข็ง 481 HV และน้ำหนักสูญหายที่ปลายมีด 6.24% ใบตัดกึ่งวีให้อัตราการผลิตเศษในแนวโน้มที่สูงขึ้นมากกว่าใบตัดวี ที่ความเร็วรอบสูงสุด 1200 รอบต่อนาทีสามารถผลิตเศษเท่ากับ 3878 กรัม จำนวนใบตัดที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพการตัดย่อยทางปาล์ม เช่นปริมาณการตัดที่สูงขึ้น เศษทางปาล์มที่ลดลง และใช้เวลาตัดย่อยลดลง ทิศทางการป้อนที่มีความเอียงส่งผลทำให้เกิดการลดแรงเสียดทานและทำให้ลดแรงในการกดตัดทางปาล์ม และทำให้ง่ายต่อการเติมทางปาล์ม

คำสำคัญ: ใบตัด, การสึกหรอ, ความแข็ง, เศษทางปาล์ม,

Abstract

One of important factors for increasing palm productivity is an palm residue management. Some palm tree residues such as palm branch and leaf were always cut to small size and then utilized as a fertilizer or a hoof food in a rural area. Therefore, a palm chopping method for utilizing a palm residue was always conducted and developed continuously. This article aimed to select an optimized cutting blade shape, blade amount, and feed direction for cutting a palm branch by an orbital cutting blade palm chopping machine. In this experiment, the designed cutting blades that were produced by a specified condition, were applied for cutting the palm branch using a specified cutting condition. The summarized results are as follows. The cutting lade that made of carbon steel should not apply the tempering after the hardening because it affected to decrease hardness and cutting edge wear. The semi-V cutting blade

showed the higher wear resistance and hardness than that of the V cutting blade and indicated hardness of 481 HV and weight loss of 6.24%. The semi-V cutting blade produced higher and larger palm chopping scrap than that of the V cutting blade and could produce the scrap of 3878 g at the cutting speed of 1200 rpm. Increase of the cutting blade amount affected to increase the palm cutting efficiency such as the increase of scrap amount, the decrease of scrap dimension, and the decrease of operation time. Feed direction that inclined to the horizontal axis could decrease a friction force and cutting force between the cutting edge and palm surface and also assisted easily to feed the palm branch.

Keywords: cutting blade, wear, hardness, palm scrap,

1. บทนำ

ปาล์มจัดเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญของโลก แหล่งปลูกปาล์มน้ำมันที่สำคัญในปัจจุบันอยู่ในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งได้แก่ ประเทศ มาเลเซีย อินโดนีเซีย และไทย มีพื้นที่ปลูกรวมมากกว่า 50 ล้านไร่ สำหรับประเทศไทยปาล์มเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญของประเทศไทย โดยรัฐบาลมีเป้าหมายให้มีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มอีกประมาณ 5 ล้านไร่ [1] ในการปลูกปาล์มเพื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำมันพืช สบู่ หรือไบโอดีเซลนั้น พบว่าต้นปาล์มที่ประกอบด้วยลำต้น กิ่ง ใบ ดอก และผล นั้นมีส่วนของผลปาล์มเพียง 20-30% เท่านั้นที่ถูกนำมาแปรรูป [2] และมีกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์บางกลุ่มได้นำทางปาล์มมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยการตัดแขวนให้สัตว์แทะกินโดยตรงหรือนำทางปาล์มสดมาสับให้มีขนาด 1-3 เซนติเมตร ซึ่งสามารถนำไปเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้เป็นอย่างดี [3] ขณะที่ส่วนอื่นๆ นั้นเมื่อสิ้นอายุการให้ผลปาล์มของต้นปาล์ม เกษตรกรจะทำการย่อยให้มีขนาดเล็กเล็กเพื่อนำไปใช้งานรูปแบบอื่นต่อไป เครื่องจักรที่ใช้ในการย่อยทางปาล์มหรือส่วนประกอบต่างๆ ของต้นปาล์มมีรูปร่างคล้ายดังเครื่องย่อยกิ่งไม้ทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งมีขนาดใหญ่และมีราคาสูง



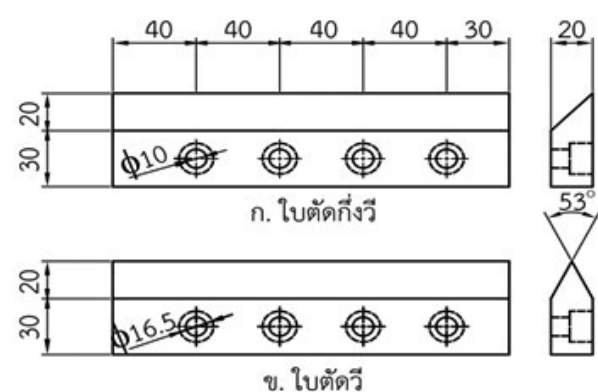
รูปที่ 1 ลักษณะเครื่องย่อยกิ่งไม้

ด้วยเหตุนี้เกษตรกรที่ปลูกต้นปาล์มจึงได้คิดค้นเครื่องย่อยทางปาล์มขนาดเล็กขึ้นมาใช้งาน เครื่องย่อยปาล์มขนาดเล็กนี้สามารถทำการเคลื่อนย้ายไปตำแหน่งต่างๆ ในไร่ปาล์มได้โดยอาศัยรถไถขนาดเล็กและใช้ต้นกำลังจากรถไถขนาดเล็กนั้นในการทำให้ระบบการย่อยเศษเกิดขึ้น อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดทางด้านวิศวกรรม การศึกษาและพัฒนาในการเลือกรูปร่างใบตัดและตัวแปรการตัดที่เหมาะสมสำหรับเครื่องย่อยทางปาล์มขนาดเล็กจึงมีค่อนข้างจำกัด ปัญหาสำคัญดังกล่าวจึงมีความสำคัญที่ต้องการแก้ไขและพัฒนาต่อไป ที่ผ่านมามีการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการเลือกตัวแปรการตัดต่างๆ ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับการตัดย่อยทางปาล์ม เช่น การวิเคราะห์ช่องว่างระหว่างใบมีดในการตัดแผ่นโลหะโดยใช้ไฟไนท์อีลิเมนต์รวมทั้งการวิเคราะห์ความหนาแน่นของโลหะและแรงตัดของช่องว่างใบตัดเพื่อใช้ในการออกแบบ

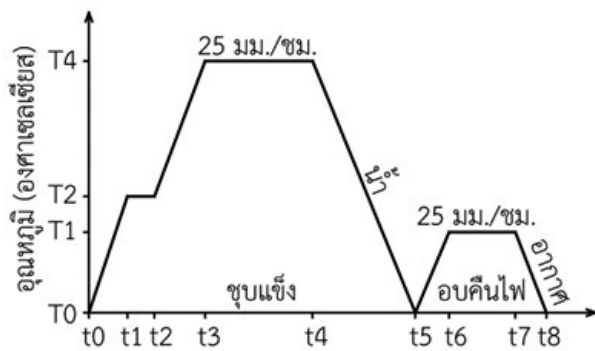
ระบบการตัดทางปาล์ม ค่าที่ได้ถูกนำไปใช้ทำการเปรียบเทียบกับสูตรการคำนวณแบบดั้งเดิม [4] ผลการจำลองสถานการณ์พบว่าค่าการวิเคราะห์ ที่ควบคุมโดยเกณฑ์การพังทลายแบบเหนียวมีค่าใกล้เคียงกับค่าการทดลองมีความเบี่ยงเบนอยู่ในช่วง 10.8-20.8% สำหรับเหล็กชนิดเดียวกันถ้าความหนามีค่ามากกว่า ช่องว่างใบมีดจะมีค่ามากกว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและช่องว่างใบมีดมีค่าค่อนข้างเป็นเส้นตรง ค่าแรงเฉือนสูงสุดที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และค่าการตัดมีค่า 7.7 ถึง 12.0 % และแสดงให้เห็นว่าค่าการจำลองสถานการณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าการตัด การเพิ่มช่องว่างใบมีดและความหนาส่งผลต่อการเพิ่มแรงตัดเฉือน หรือการศึกษาอิทธิพลของทิศทางการตัด จำนวนของใบมีด และขนาดเกรนของวัสดุขัดผิวต่อความหยาบผิวของไม้ทิวส์ซีดาร์ [5] การศึกษาได้ทำการพัฒนาทิศทางการทำมุมต่างๆ กับใบมีด ใบตัดของเครื่องตัดไม้ประกอบด้วย แบบ 1 ใบมีด และ 3 ใบมีด และผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 60 และ 100 ตามลำดับ ขึ้นงาน 80 ตัวอย่าง ประกอบด้วย การศึกษาทิศทางการตัด 2 ทิศทาง ใบมีด 2 แบบ การขัด 2 แบบ ความหยาบผิวทำการขัดตาม ISO42878 ค่าที่ได้ถูกทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ทิศทางการตัดและเทคนิคการเตรียมผิวสำเร็จมีผลต่อความหยาบผิวและการตัดไม้ในทิศทางที่ทำมุม ทำให้เกิดผิวที่มีความเรียบมากกว่าการตัดแบบสัมผัสหรือทำมุมน้อย ความเรียบของผิวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อกระดาษทรายมีค่าละเอียดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นได้มีการศึกษาการออกแบบและสร้างชุดทดสอบใบมีดสำหรับวัสดุเหลือใช้จากข้าว โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ ความเร็วรอบของเพล 540 และ 720 รอบ ต่อนาที ลักษณะใบมีดแบบใบเรียบและแบบใบเลื่อย และระดับของใบมีด คือ 4-6 ใบ โดยทดสอบนำต่อซึ่งข้าวมาเรียงบนเหล็กหนีบที่เตรียมไว้

ทำการทดสอบกับชุดทดสอบโดยใช้ความเร็วรอบ 540 และ 720 รอบ ต่อนาที โดยใช้ใบมีด 2 แบบ และระดับของใบมีด 3 ระดับ โดยทำการทดสอบกับใบมีดทั้ง 2 แบบ กับทุกความเร็วรอบ และทุกระดับของใบมีด เก็บผลซ้ำ 3 ครั้ง ผลการทดสอบพบว่า ที่ความเร็วรอบ 720 รอบ ต่อนาที ที่ระดับใบมีด 6 ใบ ใบมีดแบบเลื่อย สามารถย่อยต่อซึ่งข้าวได้มากที่สุดเท่ากับ 66% ช่วงความยาวของซึ่งข้าวที่ขาดสูงที่สุดคือ 8.1-12 ซม. จำนวน 35.7% [6]

ด้วยข้อมูลปัญหาการใช้งานเครื่องย่อยปาล์มที่ใบตัดมีอายุการใช้งานสั้น และมักเกิดคำถามถึงประสิทธิภาพการตัดที่ดีกับจำนวนและรูปแบบใบตัดที่เหมาะสม งานวิจัยจึงมีจุดประสงค์ในการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของใบตัด 2 แบบ จำนวนใบตัดและทิศทางการเดิมที่เหมาะสม ใบมีดที่ออกแบบถูกประยุกต์ใช้ในการตัดย่อยเศษทางปาล์มด้วยสภาวะการตัดที่กำหนดในเครื่องย่อยทางปาล์มแบบใบตัดตั้งฉากขนาดเล็กที่มีความเร็วรอบใบตัดที่ 200-1250 รอบต่อนาที ผลการทดลองที่ได้สามารถทำให้เกิดการพัฒนากระบวนการย่อยเศษทางปาล์มที่สามารถเผยแพร่ไปสู่กลุ่มเกษตรกรสวนปาล์ม สามารถใช้เป็นข้อมูลทางเลือกของเกษตรกรและช่างซ่อมบำรุงเครื่องย่อยทางปาล์ม และส่งผลต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรของประเทศต่อไป

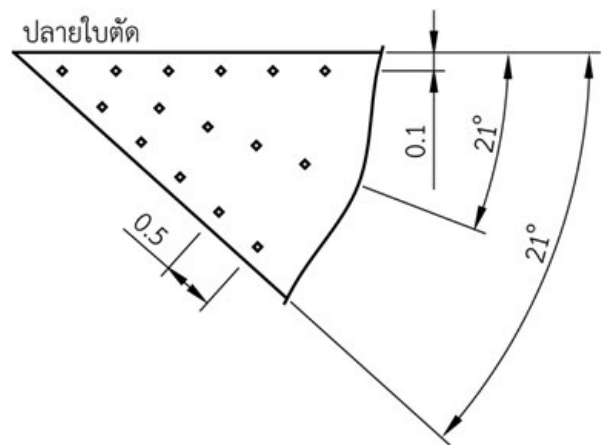


รูปที่ 2 ชิ้นงานทดสอบ (หน่วย: มิลลิเมตร)



รูปที่ 3 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเวลา อุณหภูมิ และการปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อน

วัสดุในการทดลองที่ใช้ในการผลิตใบตัดของเครื่องย่อยทางปาล์มแบบใบตัดตั้ง คือ เหล็กกล้าคาร์บอนเกรด S45C ที่มีส่วนผสมทางเคมีโดยน้ำหนักประกอบด้วย Fe 0.42% C 0.23% Si 0.67% Mn 0.02% P 0.02% S 0.04% Ni 0.98% Cr 0.17% Mo 0.01% Cu 0.02% Al 0.04% W เหล็กกล้าถูกนำมาทำการขึ้นรูปด้วยวิธีการกัด (Milling) ที่มีการหล่อเย็นด้วยเครื่องกัดอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เชิงตัวเลข (Computer numerical control: CNC) ให้มีรูปร่างเป็นใบตัดสำหรับเครื่องย่อยทางปาล์มใบตัดแนวตั้งขนาดเล็ก ขนาดของใบตัดมีขนาดกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 190 มิลลิเมตร และหนา 18 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 1 รูปร่างใบตัดในการทดลองนี้แบ่งออกเป็น 1) ใบตัดกึ่งวี (Semi-V cutting blade) และ 2) ใบตัดวี (V cutting blade) เมื่อทำการขึ้นรูปชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ชิ้นงานถูกนำไปทำการปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อนด้วยวิธีการชุบแข็ง (Hardening) และวิธีการชุบแข็ง + การอบคืนไฟ (Hardening+tempering) ดังรูปที่ 3

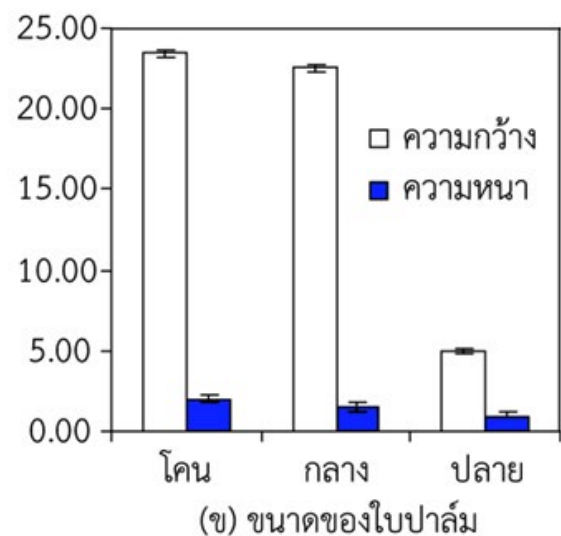
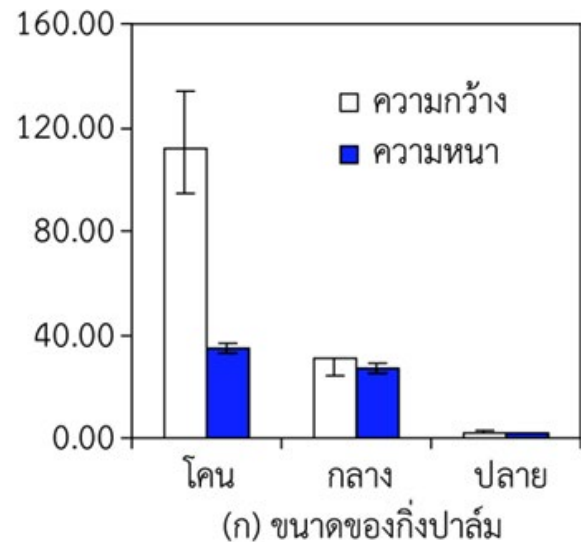


รูปที่ 4 ตำแหน่งวัดความแข็งที่ปลายคมตัด (หน่วย: มิลลิเมตร)

ชิ้นงานที่ผ่านการปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อนถูกนำมาทำการเตรียมขึ้นทดสอบความต้านทานการสึกหรอโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของโคนใบตัดที่มีขนาดกว้าง 25 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร และหนา 20 มิลลิเมตร และส่วนปลายของใบตัดที่มีขนาดกว้าง 25 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร และหนาตามความลาดเอียงของคมตัด การทดสอบความต้านทานการสึกหรอเป็นไปตาม ASTM G65-94 ดำเนินการเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญหายของชิ้นทดสอบ ความต้านทานการสึกหรอที่มีค่าสูง คือ เปอร์เซ็นต์การสูญหายของน้ำหนักที่ต่ำ การทดสอบดำเนินการโดยการกัดชิ้นงานด้วยแรง 130 นิวตันลงบนผิวล้ออย่างที่เหมาะสมด้วยความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ขณะล้ออย่างและชิ้นงานเกิดการขัดสีกัน กึ่งกลางระหว่างผิวขัดสีถูกเติมด้วยทรายธรรมชาติแห้งที่มีขนาดมากกว่า 80 เมช เป็นเวลา 30 นาที หรือระยะทางประมาณ 4000 เมตร [7]

ความแข็งของชิ้นงานก่อนและหลังการปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อนถูกทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งไมโครวิกเกอร์สโดยใช้แรงทดสอบ 300 กรัมแรง เวลาทดสอบ 10 วินาที [8] แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบความแข็ง

ที่โคนใบตัดและปลายใบตัดโดยการทดสอบความแข็งแรงบนพื้นผิวการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค การทดสอบความแข็งแรงบริเวณโคนใบตัดทำการทดสอบแบบสุ่มจำนวน 15 จุด แต่ละจุดห่างกันอย่างน้อย 0.5 มิลลิเมตร ขณะที่การทดสอบความแข็งแรงที่บริเวณปลายใบตัดกำหนดให้มีจุดทำการทดสอบดังรูปที่ 4 โดยจุดทำการทดสอบห่างจากปลายใบมีดประมาณ 0.5 มิลลิเมตร และทำการทดสอบห่างจากผิวด้านข้าง 0.1 มิลลิเมตร ระยะห่างการทดสอบ 0.5 มิลลิเมตร ใบตัดที่ได้จากการผลิตทั้งสองแบบถูกนำไปทำการทดสอบตัดย่อยทางปาล์มโดยติดตั้งเข้ากับเครื่องตัดย่อยทางปาล์มแบบใบตัดแนวตั้ง โดยใช้ความเร็วรอบ 250-1200 รอบต่อนาที การทดสอบการตัดใช้กิ่งทางปาล์มที่มีอายุเฉลี่ย 3 ปี ความสูงเฉลี่ยของต้นปาล์มของ 3.0 เมตร การเก็บข้อมูลกระทำโดยการวัดขนาดทางปาล์มจำนวน 100 กิ่งในพื้นที่กรณีตัวอย่างอำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ระหว่างเดือนกรกฎาคม-กันยายน 2559 พบว่าทางปาล์มมีน้ำหนักเฉลี่ย 3.55 กิโลกรัมต่อกิ่ง มีความยาวกิ่งปาล์มที่ตัดออกมาเฉลี่ย 3,761 มิลลิเมตร ความยาวใบปาล์มที่ตัดออกมาเฉลี่ย 971 มิลลิเมตร โคนกิ่งปาล์มมีความหนาเฉลี่ย 34.74 มิลลิเมตร กว้าง 111.91 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นส่วนที่มีความหนามากที่สุดของทางปาล์ม ส่วนกลางกิ่งปาล์มมีความหนาเฉลี่ย 27.19 มิลลิเมตร กว้าง 31.14 มิลลิเมตร และส่วนปลายของกิ่งปาล์มมีความหนาเฉลี่ย 2.16 มิลลิเมตร และกว้างประมาณ 2.10 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 5 (ก) ขณะที่ส่วนโคนใบปาล์มมีความหนาเฉลี่ย 34.74 มิลลิเมตร กว้าง 111.91 มิลลิเมตร ส่วนกลางใบปาล์มมีความหนาเฉลี่ย 27.19 มิลลิเมตร กว้าง 31.14 มิลลิเมตร และส่วนปลายของใบปาล์มมีความหนาเฉลี่ย 2.16 มิลลิเมตร และกว้างประมาณ 2.10 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 5 (ข)

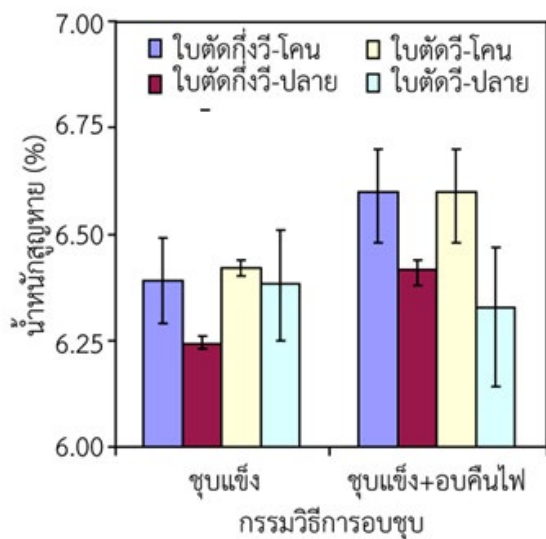


รูปที่ 5 ขนาดของทางปาล์มที่นำมาทำการตัดย่อย

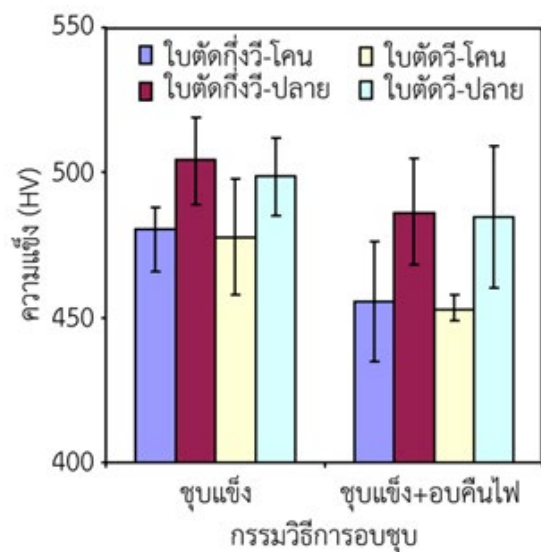
3. ผลการทดลองและการวิจารณ์

รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบการสึกหรอที่แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบการสึกหรอ ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2 วิธีการทดลอง ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญหายที่มีค่าต่ำนั้นแสดงความต้านทานการสึกหรอที่มีค่าสูง และค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญหายที่มีค่าสูงนั้นแสดงความต้านทานการสึกหรอที่มีค่าต่ำ ในผลการทดลองแสดงการทดสอบความต้านทานการสึกหรอของโลหะใบตัดในสภาวะการทดลอง 3 สภาวะ ประกอบด้วย

1) สภาวะจำหน่วย 2) สภาวะชุปแข็ง และ 3) สภาวะที่นำชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งไปทำการอบคืนไฟ ผลการทดลองพบว่าเมื่อเปรียบเทียบเหล็กกล้าคาร์บอนในสภาวะจำหน่วยหรือสภาวะที่ไม่มีการปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อนที่มีน้ำหนักสูญหายสูงสุด (ความต้านทานการสึกหรอต่ำสุด) ประมาณ 7.45% นั้น



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการสึกหรอ การปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อน และรูปแบบของใบตัด

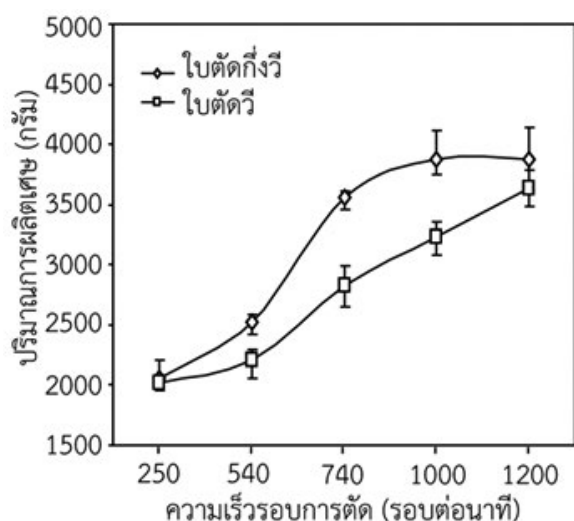


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็ง การปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อน และรูปแบบของใบตัด

ค่าน้ำหนักสูญหายของใบตัดมีค่าลดลงเมื่อทำการชุบแข็ง และมีค่าน้ำหนักสูญหายเพิ่มขึ้นเมื่อใบตัดชุบแข็งถูกนำไปทำการอบอ่อน ผลการทดลองที่ได้นี้เกิดขึ้นกับใบตัดกึ่งวีและใบตัดวีที่ตำแหน่งโคนและปลายของใบตัดทั้งสองแบบ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักสูญหายของใบตัดกึ่งวีและใบตัดวีที่ตำแหน่งโคนและปลายของใบตัด พบว่าค่าน้ำหนักสูญหายของใบตัดกึ่งวีมีค่าต่ำกว่าใบตัดวี ซึ่งหมายถึงใบตัดกึ่งวีมีความต้านทานต่อการสึกหรอมากกว่าใบตัดวี

การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักสูญหายของใบตัดกึ่งวีและใบตัดวีที่เกิดขึ้นส่งผลทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งเฉลี่ยของใบตัดดังรูปที่ 7 ความต้านทานการสึกหรอที่มีค่าสูงเกิดขึ้นเนื่องจากความแข็งสูงของใบตัด ใบตัดที่ผ่านการชุบแข็งมีความแข็งสูงกว่าใบตัดที่ผ่านการชุบแข็ง+การอบคืนไฟ ความแข็งที่ลดลงและเป็นผลทำให้ความต้านทานการสึกหรอลดลง เมื่อพิจารณาตำแหน่งการตรวจสอบความแข็งระหว่างโคนใบตัดและปลายของใบตัดของใบตัดกึ่งวีและใบตัดวี พบว่าที่บริเวณโคนของใบตัดมีค่าความแข็งต่ำกว่าปลายใบตัด และใบตัดกึ่งวีมีค่าความแข็งสูงกว่าใบตัดวี การเกิดลักษณะนี้เกิดจากความหนาที่สูงกว่าส่งผลทำให้การถ่ายเทความร้อนผ่านโลหะสู่สภาวะแวดล้อมมีค่าช้ากว่า [9] การเย็นตัวที่ช้ากว่าหรืออัตราการเย็นตัว (Cooling rate) ที่เร็วกว่าส่งผลทำให้ความสามารถในการชุบแข็งหรือความสามารถในการเปลี่ยนโครงสร้างจุลภาคของเฟสออสเทนไนต์เป็นเฟสมาเทนไซต์ของเหล็กกล้าคาร์บอนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หนึ่งในตัวแปรที่ทำให้เกิดโครงสร้างมาเทนไซต์ในปริมาณสูงละมีขนาดเล็ก คือหากเกรนของออสเทนไนต์มีขนาดใหญ่ซึ่งเกิดขึ้นได้จากการเพิ่มอุณหภูมิออสเทนไนต์หรืออุณหภูมิในการอบแช่ของการชุบแข็งให้มีค่าสูงกว่า สามารถทำให้ปริมาณเฟส

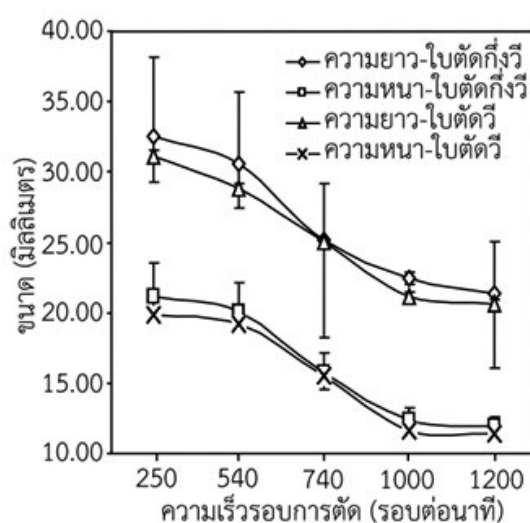
มาแทนไซท์ในเหล็กกล้าคาร์บอนเมื่อเย็นตัวสู่อุณหภูมิห้องได้สูงกว่าและเล็กละเอียดกว่า [10] อย่างไรก็ตามการพิจารณาตัวแปรในการชุบแข็ง เช่น อัตราการเย็นตัว อุณหภูมิในการชุบแข็ง หรือระยะเวลาในอบแช่ ควรนำมาทำการทดลองกับใบตัดรูปร่างต่างๆ สำหรับการย่อยทางปาล์มต่อไป



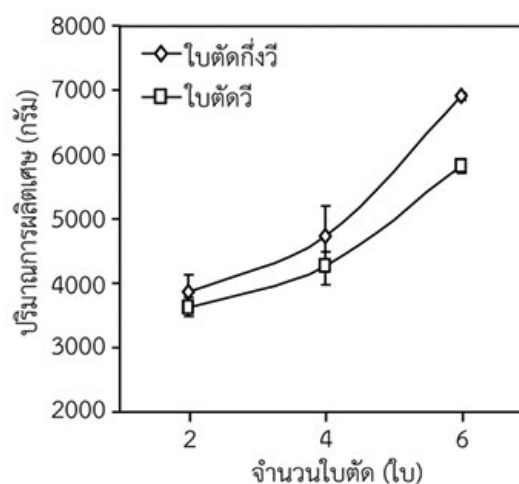
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษทางปาล์ม ความเร็วรอบ และใบตัด 2 ชนิด

รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการผลิตเศษทางปาล์ม ความเร็วรอบการตัด และรูปแบบของใบตัด 2 แบบ ใบตัดทั้งสองแบบที่ใช้ในการตัดย่อยทางปาล์มในรูปที่ 8 นั้นเป็นใบตัดที่ผ่านการชุบแข็งเท่านั้น เนื่องจากเป็นสภาวะที่ทำให้เกิดความต้านทานการสึกหรอและความแข็งสูงสุด ในการทดลองตัดทางปาล์มกำหนดให้ทิศทางการป้อนทางปาล์มทำมุมตั้งฉากกับใบตัดเท่านั้น ผลการทดลองการตัดย่อยทางปาล์มพบว่าความเร็วรอบการตัดที่เพิ่มขึ้นส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเศษที่ได้ เมื่อพิจารณา รูปแบบของใบตัดทั้งสองแบบที่ใช้ในการตัดพบว่า ปริมาณการผลิตเศษทางปาล์มนั้นมีความแตกต่างกัน กล่าวคือเมื่อใช้ใบตัดที่มีรูปร่างตัววีนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการผลิตเศษทางปาล์มและความเร็ว

รอบการตัดมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง ขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการผลิตเศษทางปาล์มและความเร็วรอบของใบตัดที่มีรูปร่างกึ่งวีนั้นมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นที่แตกต่างไป ใบตัดกึ่งวีมีการผลิตเศษทางปาล์มที่เพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบการตัดเพิ่มขึ้นระหว่างความเร็วรอบการตัด 540-740 รอบต่อนาที ขณะที่ใช้ความเร็วรอบการตัดระหว่าง 1000-1200 รอบต่อนาที อัตราการผลิตเศษของใบตัดกึ่งวีมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น

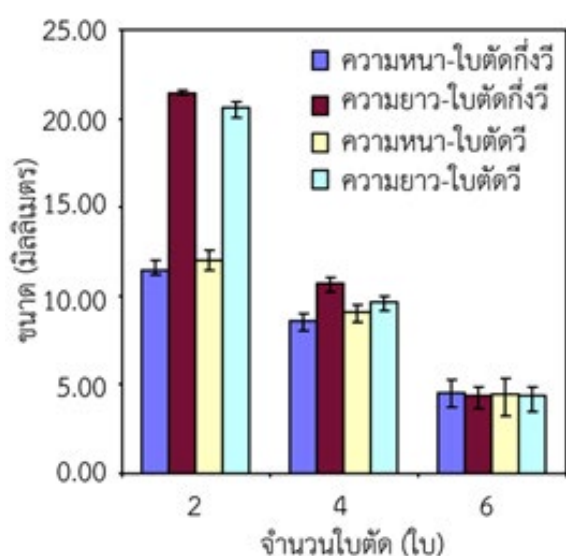


รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเศษทางปาล์ม ความเร็วรอบ และใบตัด 2 ชนิด



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษทางปาล์ม รูปแบบใบตัด และจำนวนใบตัด

รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเศษทางปาล์ม ความเร็วรอบการตัด และรูปแบบของใบตัด 2 แบบ ขนาดของเศษทางปาล์มที่ได้มีแนวโน้มที่ลดลงในด้านความยาวและความหนาเมื่อความเร็วรอบของการตัดเพิ่มขึ้น ความเร็วรอบสูงสุด 1200 รอบต่อนาที และใบตัดวี สามารถทำให้เกิดเศษทางปาล์มที่มีค่าต่ำกว่าใบตัดกึ่งวี คือหนา 11.46 มิลลิเมตร และยาว 20.61 มิลลิเมตร ขณะเดียวกันเมื่อทำการเปรียบเทียบใบตัดกึ่งวีและใบตัดวีพบว่าใบตัดวีสามารถทำให้เกิดเศษการตัดที่มีขนาดเล็กกว่าใบตัดกึ่งวี



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเศษทางปาล์ม รูปแบบใบตัด และจำนวนใบตัด

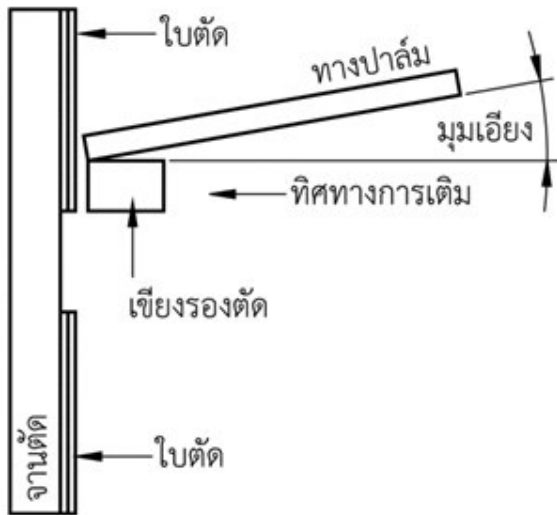
รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษทางปาล์ม รูปแบบใบตัด และจำนวนใบตัดบนจานตัดเครื่องย่อยทางปาล์มที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ระหว่าง 2 ถึง 6 ใบ ในการทดลองหาจำนวนใบตัดที่เหมาะสมในรูปที่ 10 กำหนดใช้ความเร็วรอบการตัด 1200 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบการตัดที่ทำให้เกิดปริมาณเศษการตัดสูงสุดดังรูปที่ 8 ขณะเดียวกันใบตัดกึ่งวีและใบตัดวีถูกนำมาทำการทดสอบตัดย่อยทางปาล์ม ผลการทดสอบตัดย่อยทางปาล์มพบว่าจำนวนใบตัดที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณเศษการตัดทางปาล์มเพิ่มขึ้น และแสดงค่าสูงสุดเมื่อใช้จำนวน

ใบตัด 6 ใบ ผลการทดลองสรุปได้ว่าใบตัด 6 ใบแสดงค่าปริมาณการผลิตเศษสูงสุดที่ประมาณ 6910 กรัม เมื่อเปรียบเทียบผลการใช้ใบตัด 2 แบบ พบว่าใบตัดกึ่งวีแสดงการผลิตเศษได้สูงกว่าใบตัดวี

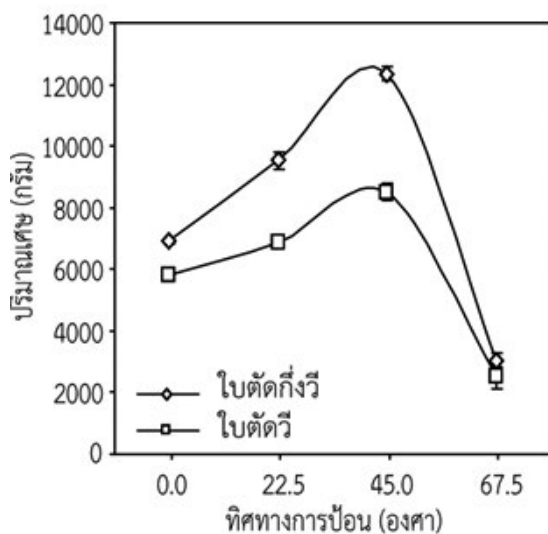
นอกจากนั้นเมื่อทำการเปรียบเทียบขนาดความหนาและความกว้างของเศษการตัดทางปาล์มด้วยใบตัด 2-6 ใบ ด้วยใบตัดกึ่งวีและใบตัดวี พบว่าขนาดของเศษมีการลดลงเมื่อจำนวนใบตัดเพิ่มขึ้น และแสดงค่าความหนาและความยาวของเศษการตัดที่มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อทำการตัดด้วยใบตัด 6 ใบดังรูปที่ 11 และมีขนาดความหนาและความยาวของเศษต่ำกว่า 5 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ใกล้เคียงกับเศษทางปาล์ที่ถูกนำไปทำการเลี้ยงสัตว์และใช้ประโยชน์ในทางเกษตรสวนปาล์ม [3] นอกจากนี้ผลการทดลองยังสอดคล้องกับการตัดย่อยวัสดุเหลือใช้จากการทำนา เช่น ฟางข้าว ที่แสดงผลการใช้ความเร็วสูงประมาณ 720 รอบต่อนาที และจำนวนใบตัดสูงสุด 6 ใบ ที่ทำให้เกิดเศษการตัดที่มีปริมาณสูงและมีขนาดเล็กสุดเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนใบตัดที่ต่ำกว่า [6]

ในการพิจารณาตัวแปรการตัดเพื่อให้ได้เศษตัดที่มีขนาดเล็ก ปริมาณการผลิตเศษสูง ความยากง่ายในการตัดเฉือน และความคงทนของคมตัด ใบตัดที่มีรวมที่ปลายมีดและคมตัดที่น้อยสุด สามารถทำให้เกิดคมตัดที่มีความคมสูง และสามารถกดจมลึกลงไปในเนื้อวัสดุมากกว่า นอกจากนั้นทำให้เกิดการการคลายเศษที่ดีกว่า [11-13] นอกจากนั้นใบตัดที่มุมเอียงรวมของปลายมีดและคมตัดน้อยส่งผลในการลดแรงเสียดทานที่ทำให้เกิดความเสียดทานขณะทำการตัดและเกิดความร้อนขึ้นที่ผิวของคมตัดและวัสดุ ความร้อนเสียดทานที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เกิดความท้อหรือการลดความคมของใบตัดอันส่งผลถึงการลดความสามารถในการตัดเฉือนของใบตัดได้ อย่างไรก็ตามการเพิ่มความร้อนเสียดทานบนผิววัสดุนั้นสามารถทำให้เกิดการตัดเฉือนได้ง่ายขึ้น ผิววัสดุที่มีอุณหภูมิสูงเมื่อถูกกดด้วยแรงตัดเฉือนมักเกิดการเปลี่ยนรูปและคมตัดจมลงไปในเนื้อวัสดุง่ายกว่า ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอน

สำคัญในการตัดเฉือนวัสดุเพราะทำให้เกิดการตัดเฉือนง่ายกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปบนพื้นผิว [14]



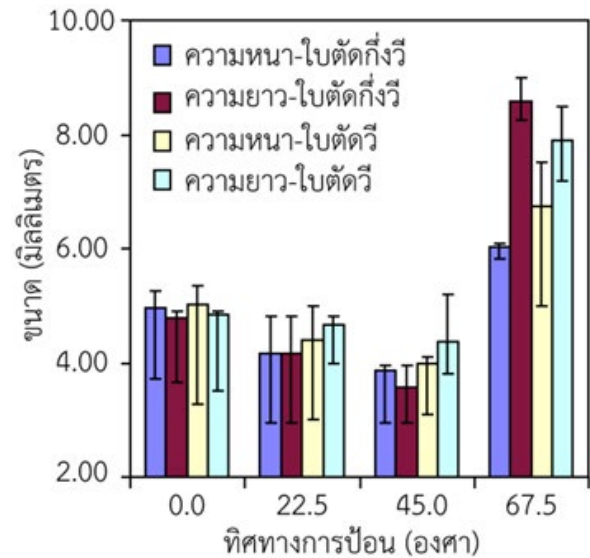
รูปที่ 12 การปรับทิศทางการเดิมทางปาล์ม



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษทางปาล์ม รูปแบบใบตัด และทิศทางการป้อน

แนวคิดในการลดแรงเสียดทานและแรงตัด โดยทำการเพิ่มมุมเอียงของใบมีดที่กระทำต่อเนื้อวัสดุจึงถูกนำมาออกแบบการทดลองโดยทำการปรับทิศทางการเดิมและความเอียงของการเดิมทางปาล์มเข้าสู่ใบตัดดังรูปที่ 12 มุมเอียง 0 องศาตั้งที่ทำการทดลองที่ผ่านมา คือมุมที่ทางปาล์มวางขนานกับแนวระนาบ

การปรับมุมเอียงทิศทางการเดิม คือการทำมุมเอียงกับแนวระนาบดังรูปที่ 12 มุมเอียงนี้กำหนดให้ทำการทดลองที่ 4 มุม คือ 0 ถึง 67.5 องศา



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเศษทางปาล์ม รูปแบบใบตัด และทิศทางการป้อน

รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษทางปาล์ม รูปแบบใบตัด และทิศทางการป้อน ทางปาล์มเข้าสู่ใบตัด พบว่า มุมเอียงที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการตัดเฉือนได้ง่ายขึ้น ดังปริมาณการผลิตเศษทางปาล์มที่เพิ่มขึ้น ทิศทางการเดิมทางปาล์มที่มีมุมเอียง 45 องศาเป็นทิศทางการเดิมทางปาล์มที่ทำให้เกิดปริมาณการผลิตเศษสูงสุดในการทดลอง มุมเอียงที่เพิ่มขึ้นนั้นทำให้คมตัดถูกกดลงบนเนื้อวัสดุด้วยลักษณะที่เป็นแรงเฉือนเพิ่มขึ้น และมีความต้านทานการกดคมตัดจมลงไปสู่เนื้อไม้ลดลง [11] นอกจากนั้นเมื่อทำการตัดย่อยทางปาล์มด้วยทิศทางการเดิมที่มีมุมเอียงเพิ่มมากขึ้น น้ำหนักของทางปาล์มก่อให้เกิดแรงดันทางปาล์มเข้าสู่ใบตัดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเพิ่มทิศทางการเดิมให้มีมุมเอียงที่มากกว่า 45 องศา ปัญหาในการใช้งานเครื่องย่อยทางปาล์มได้เกิดขึ้น กล่าวคือการเกิดปริมาณเศษการตัดที่ลดลงเนื่องเกิดการติดตัวโค้งของทางปาล์มที่มีความยาวทำให้ยากแก่การป้อนเข้าสู่ใบตัด นอกจากนั้นน้ำหนักของ

ทางปาล์มเพิ่มแรงดันทางปาล์มเข้าสู่ใบตัดเร็วเกินไป เกิดการติดตัวออกจากใบตัดของทางปาล์ม และทำให้ การตัดย่อยที่มีเสียงดังเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ ทิศทางการเดิมอื่นๆ

เศษทางปาล์มที่ถูกทำการตัดย่อยด้วย มุมเอียงต่างๆ ถูกนำมาทำการวัดเปรียบเทียบกับเศษ ทางปาล์มที่ถูกตัดย่อยด้วยทิศทางการเดิมที่มีมุมเอียง 0 องศาและแสดงผลการตรวจสอบดังรูปที่ 14 พบว่า มุมเอียงที่เพิ่มขึ้นส่งผลดีในการทำให้เศษปาล์มมีขนาด เล็กกลง และมีค่าเล็กกว่าเศษทางปาล์มที่สามารถนำไป ใช้ประโยชน์ในสวนปาล์มได้ [6] อย่างไรก็ตามปัญหา ที่เกิดขึ้นในการเดิมทางปาล์มที่มีทิศทางมากกว่า 45 องศา ส่งผลทำให้เศษทางปาล์มที่ได้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น และมีค่าที่แตกต่างกันในความหนาและความยาว ของเศษดังแสดงด้วยค่าความผิดพลาดในการวัดขนาด ของเศษทางปาล์มของทิศทางการเดิม 67.5 องศา ในรูปที่ 14

4. สรุปผลการทดลอง

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาสมบัติของ ใบตัดสองชนิดที่มีความเหมาะสมในการตัดย่อยทาง ปาล์มด้วยเครื่องย่อยทางปาล์มใบตัดแนวตั้ง และทำ การประยุกต์ใช้ใบตัดทั้งสองแบบในการตัดย่อยทาง ปาล์มเพื่อหารูปทรงใบตัด จำนวนใบตัด และทิศทาง การเดิมทางปาล์ม ที่สามารถทำให้เกิดเศษทางปาล์ม ที่ปริมาณสูงและขนาดเศษทางปาล์มที่มีขนาดเล็ก ผลการทดลองโดยสรุปมีดังนี้

4.1 ใบตัดทางปาล์มที่ทำจากเหล็กกล้า คาร์บอนไม่ควรทำการอบคืนไฟหลังจากการชุบแข็ง เพราะทำให้ความแข็งและความต้านทานการสึกหรอ ของใบตัดลดลง

4.2 ใบตัดทางปาล์มกึ่งวีเป็นใบตัดที่ให้ความ ต้านทานการสึกหรอและความแข็งที่ดีกว่าใบตัดวี โดยแสดงค่าความแข็ง 481 HV และน้ำหนักสูญหายที่ ปลายมีด 6.24%

4.3 ใบตัดกึ่งวีให้อัตราการผลิตเศษใน แนวโน้มที่สูงขึ้นมากกว่าใบตัดวี ที่ความเร็วรอบสูงสุด 1200 รอบต่อนาทีสามารถผลิตเศษเท่ากับ 3878 กรัม

4.4 จำนวนใบตัดที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้การ ตัดย่อยทางปาล์มมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และทำให้เกิด เศษการตัดที่สามารถไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร สวนปาล์มได้

4.5 ทิศทางการป้อนที่มีความเอียงส่งผล ทำให้เกิดการลดแรงเสียดทานและทำให้ลดแรงในการ กดตัดทางปาล์ม และทำให้ง่ายต่อการเดิมทางปาล์ม เข้าสู่ใบตัด

5. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากเครื่องตัดย่อยทางปาล์มที่ใช้ในการ ศึกษาเป็นเครื่องจักรต้นแบบที่พัฒนาขึ้นในห้อง ปฏิบัติการ ด้วยเหตุนี้อายุการใช้งานของเครื่องจักร รวมทั้งชิ้นส่วนต่างๆ ในสภาวะการใช้งานจริงควรมี การศึกษาและพัฒนาต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยประจำ ปี 2559 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

7. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Eksomtramage W. and Eksomtramage T. Heritability and Correlations of Argonomic Charaters in Tenera Oil Palm Hybrid. Article Journal of Agriculture. 2553;26: 231-239. (in Thai)
- [2] Wikipidia. Palm. Available from: <https://th.wikipedia.org/wiki>. (in Thai).
- [3] Poksawat A., Songkong S. Cutting and Separating Machine Oil Palm Leaves and Fronds Used as Ruminant Animal Feed. Proceeding of the 5th UBU Coference. 2011;August 4-5: 226-234 (in Thai).

- [4] Li Y.G., Ye Q, Fan F., Bao Y., and Huang QX. Finite Element Method Analysis of Effect of Blade Clearance on Plate Shearing Process. *Journal of Iron and Steel Research, International*. 2012;19: 26-29.
- [5] Aslan S., Coşkun, H., and Kılıç, M. The effect of the cutting direction, number of blades and grain size of the abrasives on surface roughness of Taurus cedar (*Cedrus Libani* A. Rich.) woods. *Building and Environment*; 43:696-701.
- [6] Kosoom K. Study and Design of Cutting Blade from Rid Residues. *Proceeding of the 5th Rajamangala University of Technology Conference*. 2014;June 23-25:79-86 (in Thai).
- [7] Kimapong K., Poonnayom P., and Wattanjitsiri V. Microstructure and Wear Resistance of Hardfacing Weld Metal on JIS-S50C Carbon Steel in Agricultural Machine Parts. *Materials Science Forum*. 2016;872:55-61.
- [8] Kimapong K., Triwanapong S., Prasomthong S., and Wattanjitsiri V. Effect of Buffer layer and Hard-faced Welding on Mechanical properties of JIS-S50C Carbon Steel Weld Metal. *Journal of Engineering, RMUTT*. 2016;14:77-90. (in Thai).
- [9] Adelaja AO, Dirker J., and Meyer JP. Effects of the thick walled pipes with convective boundaries on laminar flow heat transfer. *Applied Energy*. 2014;130:838-845.
- [10] Hwang B., Suh DW., and Kim SJ. Austenitizing temperature and hardenability of low-carbon boron steels. *Scripta Materialia*. 2011;64:1118-1120.
- [11] McCarthy CT., Hussey M., and Gilchrist MD. On the sharpness of straight edge blades in cutting soft solids: Part I – indentation experiments. *Engineering Fracture Mechanics*. 2007;74: 2205-2224.
- [12] McCarthy CT., Annaidh AN., and Gilchrist MD. On the sharpness of straight edge blades in cutting soft solids: Part II – Analysis of blade geometry. *Engineering Fracture Mechanics*. 2010;77: 437-451.
- [13] Reilly GA., McCormack BAO., and Taylor D. Cutting sharpness measurement: a critical review," *Journal of Materials Processing Technology*. 2004;153–154:261-267.
- [14] Brown T., James SJ., and Purnell GL. Cutting forces in foods: experimental measurements. *Journal of Food Engineering*. 2005;70:165-170.