

แผ่นขัดจากเส้นใยธรรมชาติสำหรับกระบวนการขัดผิวซัพไฟร์
โดยใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกล
NATURAL FIBER-BASED POLISHING PAD FOR CHEMICAL
MECHANICAL POLISHING OF SAPPHIRE SUBSTRATE

วันที่รับ: 29 กันยายน 2564

วันที่แก้ไข: 14 ธันวาคม 2564

วันที่ตอบรับ: 1 กุมภาพันธ์ 2565

ณัฐพล บุญอึ้ง^{1*}, สิริวรรณ บริพัตรโกศล¹,

อไพพรรณ รัตนพันธ์¹, ปณาท ขจรรุ่งเรือง²,

Keisuke Suzuki² และ ธรรมรัตน์ สมทอง³

Natthaphon Bun-athuek^{1*}, Siriwan Boripatkosol¹,

Apaipan Rattanapan¹, Panart Kajornrungruang²,

Keisuke Suzuki² and Thammarat Somthong³

¹วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

¹College of Industrial Technology,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

²สถาบันเทคโนโลยีคิวชู ฟุกุโอกะ ประเทศญี่ปุ่น 820-8502

²Kyushu Institute of Technology, Fukuoka, Japan 820-8502

³สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ จังหวัดปทุมธานี 12120

³National Institute of Metrology (Thailand), Pathum Thani 12120

*Corresponding author e-mail: natthaphonb@kmutnb.ac.th



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบคุณสมบัติเชิงกล รวมไปถึงประสิทธิภาพของแผ่นขัดจากเส้นใยกาบมะพร้าวและเส้นใยฟางข้าวผสมกับโพลียูรีเทน โดยเส้นใยที่ผ่านการคัดแยกขนาดแล้วจะถูกนำไปผสมกับโพลียูรีเทนด้วยอัตราส่วน 5, 7.5 และ 10 phr เพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นขัดแล้วจึงนำไปวัดค่าความแข็ง และทดสอบการขัดผิวซัพไฟร์ด้วยกระบวนการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกล จากผลการวิจัยพบว่าแผ่นขัดทุกประเภทสามารถขึ้นรูปและคงตัวอยู่ได้ดี มีการกระจายตัวของเส้นใยทั่วบริเวณพื้นที่ผิวสัมผัส โดยค่าความแข็งของแผ่นขัดที่ถูกสร้างขึ้นนั้นมีค่าแตกต่างจากแผ่นขัดเชิงพาณิชย์ในภาคอุตสาหกรรมอยู่ในช่วง 3.6–11.7% และผลการทดสอบประสิทธิภาพการขัดแสดงให้เห็นว่าแผ่นขัดจากเส้นใยกาบมะพร้าวที่ผสมกับโพลียูรีเทน

ด้วยอัตราส่วน 10 phr และแผ่นขัดจากฟางข้าวที่ผสมกับโพลียูรีเทนด้วยอัตราส่วน 7.5 phr สามารถขัดผิวซัพไฟร์ได้ ค่าความหยาบผิวเป็น 1.0 และ 1.3 นาโนเมตร ตามลำดับ ด้วยอัตราการขัดสูงสุดใกล้เคียงกันที่ 0.015 ไมโครเมตรต่อชั่วโมง คิดเป็น 30% ของอัตราการขัดด้วยแผ่นขัดเชิงพาณิชย์ในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งบ่งบอกได้ว่าเส้นใยทั้งสองชนิดมีความสามารถนำมาใช้สร้างแผ่นขัดเพื่อเพิ่มมูลค่า และลดปริมาณของเศษเหลือในภาคการเกษตรได้

คำสำคัญ: การขัดผิวซัพไฟร์, แผ่นขัดจากเส้นใยธรรมชาติ, โพลียูรีเทน



Abstract

This research aims to create and to test a mechanical property, including a performance of natural fiber-based polishing pad produced by using fibers of coconut coir and rice straw mixed with polyurethane. After sizing, those fibers will be mixed with polyurethane at ratios of 5, 7.5, and 10 phr to form as polishing pad before measure a hardness and test a performance in sapphire chemical mechanical polishing. The experiment results showed that natural fiber-based polishing pads could be formed and stable. The natural fibers in polishing pads distributed all contact surface. Hardness of natural fiber-based polishing pads was smaller than conventional pad in range of 3.6–11.7%. Polishing results revealed that polishing pads made from coconut coir mixed with polyurethane at mixing ratio of 10 phr, and rice straw fiber mixed with polyurethane at mixing ratio of 7.5 phr could produce surface roughness of sapphire as 1.0 and 1.3 nm, respectively. Both pads produced the similar highest material removal rate of 0.015 $\mu\text{m/hr}$ or 30% of polishing result obtained conventional pad. These results indicate that both fibers able to be used as a material to manufacture a polishing pad for adding value and reducing the waste from the agricultural.

Keywords: Sapphire Polishing, Natural Fibers-based Polishing Pad, Polyurethane



บทนำ

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศเกษตรกรรมที่มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะข้าวและมะพร้าวที่เป็นสินค้าส่งออกสำคัญ (จินตตามณี นิสัยนต์ และอภิชาติ อาจนาศีล, 2563; จักกฤชณ์ พนาลี, พันธศักดิ์ พ่วงพงษ์, และ ชีรภัทร์ รอดคลองตัน, 2559) ทำให้ในแต่ละปีมีวัตถุดิบที่เป็นเศษเหลือจากภาคการเกษตรจำพวกฟางข้าวและกาบมะพร้าวเป็นปริมาณมาก โดยที่ผ่านมาได้มีการนำไปใช้ประโยชน์และสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เช่น การนำฟางข้าวไปใช้เป็นอาหารสัตว์ การทำเยื่อกระดาษ หรือการใช้เส้นใยมะพร้าวในการทำที่นอนและพรมเช็ดเท้า เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม จากปริมาณของเศษเหลือทางการเกษตรทั้งสองชนิดที่มีอยู่อย่างมากมาย ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวและมะพร้าวต้องใช้วิธีการกำจัดเศษเหลือเหล่านี้โดยการเผาทำลาย (ปราโมทย์ วิจารณ์กุล, กิตติพงษ์ สุวิโร, และ อิทธิ วีรานุกุล, 2561) ซึ่งทำให้เกิดมลภาวะในอากาศและทำลายธาตุอาหารในชั้นดิน ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาและใช้เศษเหลือจากภาคการเกษตรเหล่านี้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยสร้างเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งจะทำให้ความต้องการใช้งานของเส้นใยเหล่านี้มีปริมาณสูงมากขึ้น โดยจากการศึกษาพบว่า ในเส้นใยของฟางข้าวและกาบมะพร้าวมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นส่วนประกอบ (สำราญ พิมราช, เหล็กไหล จันทะบุตร, พรพิชญ ธรรมปัทม์, และ สุนันท์ บุตรศาสตร์, 2563; Sanjay & Rajeev, 2015) ที่สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์แผ่นขัดในการขัดผิวซีพไฟร์ได้ เนื่องจากในกระบวนการขัดผิวซีพไฟร์ด้วยการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกล (Chemical Mechanical Polishing: CMP) เป็นกระบวนการขัดผิวโดยการใช้ออนุภาคซิลิกอนไดออกไซด์ที่กระจายตัวอยู่ในสารละลายชั้น (Slurry) ทำหน้าที่เป็นตัวขัดถู (Abrasive) โดยสารละลายชั้นจะถูกปล่อยลงมาบนแผ่นขัดที่ทำหน้าที่เป็นตัวลำเลียงอนุภาคซิลิกอนไดออกไซด์ไปสัมผัส และทำให้เกิดชั้นปฏิกิริยาเคมีกับพื้นผิวของแผ่นซีพไฟร์ ทำให้เกิดอะลูมินาซิลิเกต (Alumina Silicate) ที่มีค่าความแข็งน้อยกว่าผิวซีพไฟร์ (Vovk, Budnikov, Dobrotvorskaya, Krivonogov, & Dan'ko, 2012) จากนั้น อนุภาคซิลิกอนไดออกไซด์ส่วนอื่นๆ จะวิ่งเข้ามาจับตัวและนำเอาอะลูมินาซิลิเกตออกจากพื้นผิวของซีพไฟร์ ทำให้เกิดเป็นพื้นผิวที่มีความเรียบสูง ซึ่งจากกระบวนการดังกล่าว จะเห็นได้ถึงบทบาทและความสำคัญของแผ่นขัดซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำงานร่วมกันกับอนุภาคซิลิกอนไดออกไซด์ในสารละลายชั้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของกระบวนการขัดผิว อย่างไรก็ตาม แผ่นขัดที่มีการใช้งานอยู่ทั่วไปในปัจจุบันนั้นมักจะสร้างมาจากวัสดุพอลิเมอร์ เช่น โพลียูรีเทน และโพลีเอสเตอร์ เป็นต้น ซึ่งแผ่นขัดเหล่านี้มีราคาสูง โดยเมื่อรวมกับสารละลายชั้นแล้วนั้นจะทำให้ค่าใช้จ่ายสิ้นเปลือง คิดเป็นร้อยละ 50

ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด (Bahr, Sampurno, Han, & Philipossian, 2017) เป็นเหตุทำให้แผ่นขัดที่มีคุณภาพดีและราคาถูกเป็นที่ต้องการในปัจจุบันเพื่อเป็นการลดต้นทุนในกระบวนการดังกล่าว ซึ่งจากการวิจัยของสันต์สุวรรณ (Sansuwan Chansatarnpornkul, 2019) ที่ได้ศึกษาและสร้างแผ่นขัดจากเส้นใยของต้นไผ่ ชานอ้อย ใบสับปะรด และใบกล้วยผสมกับโพลียูรีเทน พบว่าแผ่นขัดที่สร้างจากเส้นใยของต้นไผ่และชานอ้อยนั้นสามารถใช้ในการขัดผิวซีพีไฟร์ได้ดี เนื่องจากในเส้นใยของต้นไผ่และชานอ้อยนั้นมีส่วนประกอบของซิลิกอนไดออกไซด์ ซึ่งจะทำหน้าที่ดูดซับอนุภาคซิลิกาในสารละลายชั้นให้มายึดเกาะที่ผิวของเส้นใยและช่วยส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่พื้นผิวของซีพีไฟร์ได้มากขึ้น ตรงกันข้ามกับแผ่นขัดจากใบสับปะรดและใบกล้วย ซึ่งไม่สามารถใช้ในการขัดได้เนื่องจากไม่มีซิลิกอนไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบในเส้นใย

จากข้อมูลที่ได้ศึกษาดังกล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดและวัตถุประสงค์ที่จะสร้างแผ่นขัดจากเส้นใยธรรมชาติที่เป็นเศษเหลือจากภาคการเกษตรซึ่งมีซิลิกอนไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบ ได้แก่ เส้นใยจากกาบมะพร้าวและเส้นใยฟางข้าวมาผสมกับโพลียูรีเทนในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและประสิทธิภาพในการทำงานของแผ่นขัดแต่ละชนิดในกระบวนการขัดผิวซีพีไฟร์ด้วยการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกล ซึ่งจะเป็นการแสวงหาและบ่งบอกถึงความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยจากเศษเหลือในภาคการเกษตรที่มีมูลค่าน้อยมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในอุตสาหกรรมการขัดผิว อันจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของเศษเหลือเพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นได้อีกทางหนึ่งเช่นกัน



วัตถุประสงค์การวิจัย

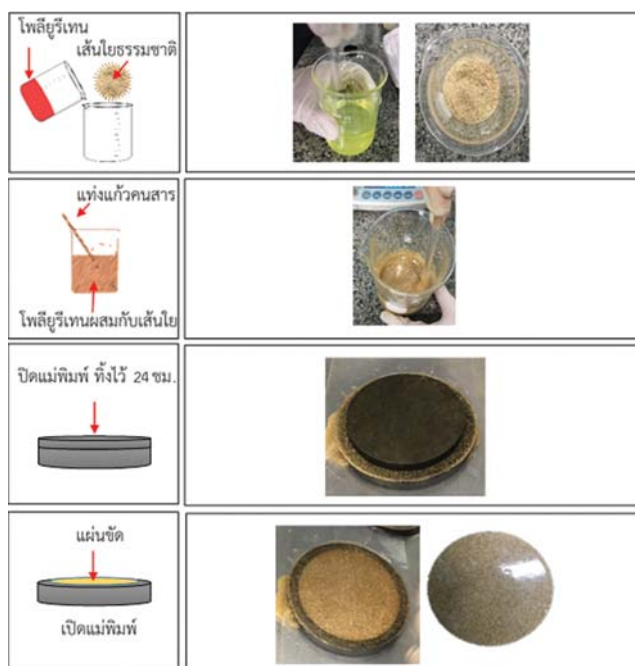
1. เพื่อสร้างแผ่นขัดจากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมกับโพลียูรีเทนและแผ่นขัดจากเส้นใยฟางข้าวผสมกับโพลียูรีเทน สำหรับการขัดผิวซีพีไฟร์ด้วยการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกล
2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นขัดจากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมกับโพลียูรีเทนและแผ่นขัดจากเส้นใยฟางข้าวผสมกับโพลียูรีเทน
3. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นขัดจากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมกับโพลียูรีเทนและแผ่นขัดจากเส้นใยฟางข้าวผสมกับโพลียูรีเทนในกระบวนการขัดผิวซีพีไฟร์ด้วยการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกล



วิธีดำเนินการวิจัย

1. การขึ้นรูปแผ่นขัด

การขึ้นรูปแผ่นขัดทำได้โดยการนำเส้นใยกาบมะพร้าวและฟางข้าวที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาตัดให้มีขนาดเล็กกลง แล้วจึงนำไปบดไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำไปบดด้วยเครื่องบดบอลมิลล์ (Ball Mill) เพื่อลดขนาดของเส้นใยแต่ละชนิดให้เป็นผงที่มีความยาวเฉลี่ยประมาณ 1 ถึง 2 มิลลิเมตร แล้วจึงนำไปคัดแยกขนาดโดยการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 (Mesh 30) จากนั้นจึงนำเส้นใย กาบมะพร้าวหรือฟางข้าวที่ผ่านการคัดแยกขนาดเรียบร้อยแล้วมาผสมกับโพลียูรีเทนชนิด ความแข็ง 40 shore A ที่อยู่ในสถานะของเหลว ในอัตราส่วน 5, 7.5 และ 10 phr แล้วจึง ทำการเทหรือหล่อขึ้นรูปลงในแม่พิมพ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตร ดังแสดง รายละเอียดในรูปที่ 1 จากนั้นทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อรอให้แผ่นขัดเกิดความคงตัว แล้วจึงทำการแกะออกจากแม่พิมพ์ หลังจากนั้นจึงทำการปรับผิวหน้าสัมผัสและปรับความราบ ของแผ่นขัดให้ได้ความระดับด้วยการใช้เครื่องทดสอบการขัด (Abrasion Test) แล้วจึง ตรวจสอบความระดับของพื้นผิวหน้าสัมผัสโดยใช้ระดับน้ำเครื่องกลมาตรวจสอบ จากนั้น จึงวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของแผ่นขัดที่ถูกสร้างขึ้นโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล (Digital Microscope)



รูปที่ 1 ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นขัดจากเส้นใยธรรมชาติผสมกับโพลียูรีเทน

2. การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นขัด

คุณสมบัติเชิงกลที่ถูกทดสอบของแผ่นขัด ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) โดยใช้เครื่องวัดค่าความแข็งแบบชอร์ดูโรมิเตอร์ (Shore A) ตามมาตรฐาน ASTM D 2240 โดยเตรียมชิ้นงานหรือแผ่นขัดที่ขึ้นรูปแล้วในหัวข้อที่ 1. ซึ่งแผ่นขัดมีความหนา 10 มิลลิเมตร มาทำการวัดค่าความแข็งโดยใช้หัวกดของเครื่องวัดความแข็งกดตามแนวตั้งฉากกับชิ้นงานด้วยแรงที่มากพอที่จะทำให้ฐานของหัวกดแนบสนิทกับชิ้นงานทดสอบ ที่เวลาทดสอบ 1 วินาที โดยทำการกดวัดทั้งหมด 10 จุดของแผ่นขัดแต่ละชนิด แล้วจึงคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. การทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นขัดในกระบวนการขัดผิวซัพไฟร์ด้วยการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกล

ทำได้โดยนำแผ่นขัดที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้ในกระบวนการขัดผิวซัพไฟร์ด้วยการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกล โดยการทดสอบการขัดผิวทั้งหมดจะดำเนินการด้วยการใช้เครื่องขัดที่มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งใช้ระบบนำสารละลายชั้นที่มีอนุภาคซิลิกา (Silica Slurry) ที่ผ่านกระบวนการใช้งานแล้วกลับมาใช้ใหม่ทั้งหมดโดยไม่มีการกรอง ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยทำการทดสอบแผ่นขัดชนิดละ 3 รอบ และกำหนดเงื่อนไขของกระบวนการขัดผิวในแต่ละครั้งให้เป็นไปตามแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นจึงทำการวัดประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นขัดโดยพิจารณาจากอัตราการขัดผิวของซัพไฟร์และค่าความหยาบผิว (Surface Roughness) ที่ได้ ซึ่งการวัดผลอัตราการขัดทำได้โดยใช้วิธีวัดผลต่างของน้ำหนักชิ้นงานก่อนและหลังการขัดเทียบกับหน่วยเวลา แล้วจึงคำนวณเป็นอัตราการขจัดเนื้อวัสดุ (Material Removal Rate: MRR) โดยมีสมการในการคำนวณดังต่อไปนี้

$$MRR = \frac{60 \times 10^4 \times \Delta m}{\rho A t} \quad (1)$$

เมื่อ MRR คือ อัตราการขจัดเนื้อวัสดุ (ไมโครเมตรต่อชั่วโมง)

Δm คือ มวลของซัพไฟร์ที่เปลี่ยนแปลงไปก่อนและหลังขัดผิว (กรัม)

ρ คือ ความหนาแน่นของซัพไฟร์ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

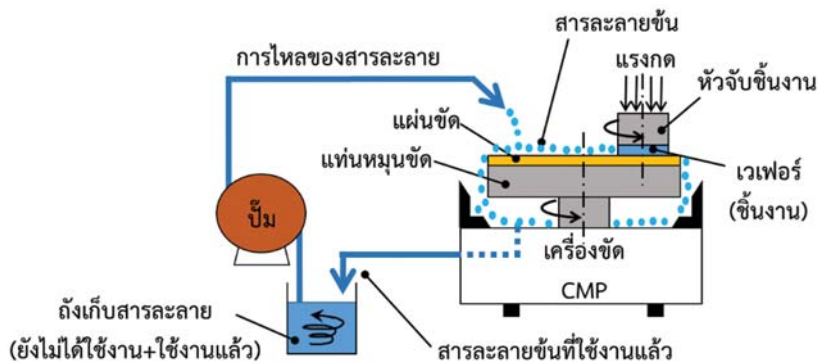
A คือ พื้นที่ผิวหน้าตัดของซัพไฟร์ (ตารางเซนติเมตร)

t คือ เวลาที่ใช้ในการขัด (นาท)

จากนั้นจึงนำซีพีไฟร์ที่ผ่านกระบวนการขัดผิวแล้วไปทำการวัดค่าความหยาบผิวด้วยเครื่องออฟติคัล โปรไฟล์มิเตอร์ (Optical Profilometer) ซึ่งวัดค่าความหยาบผิวของชิ้นงานด้วยหลักการใช้แสง ในการสแกนชิ้นงานเพื่อสร้างเป็นโปรไฟล์ของผิวชิ้นงานโดยไม่มีการสัมผัส จากนั้นระบบประมวลผลจึงประเมินค่าความหยาบของผิวโปรไฟล์ดังกล่าว



รูปที่ 2 เครื่องขัดผิวชิ้นงานด้วยกระบวนการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกล



รูปที่ 3 ระบบการใช้สารละลายชั้นแบบวนกลับของเครื่องขัดผิวชิ้นงาน

ตารางที่ 1 เงื่อนไขในกระบวนการขัดผิวซัพไฟร์ด้วยการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกล

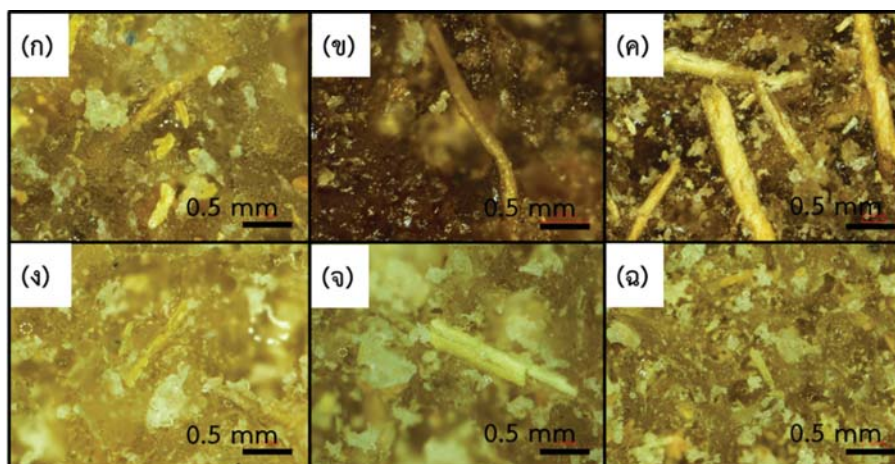
ชนิดของแผ่นขัด (Types of polishing pad)	1. เส้นใยคาบมะพร้าวผสมโพลียูรีเทน 2. เส้นใยฟางข้าวผสมโพลียูรีเทน 3. แผ่นขัดในอุตสาหกรรม (SUBA 600)
เวเฟอร์ (Wafer)	
• ประเภทของเวเฟอร์ (Wafer type)	ซัพไฟร์ ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$)
• ขนาดของเวเฟอร์ (Wafer size)	Ø 2.54 ซม., ความหนา 1 มม.
แรงกดในการขัด (Down force pressure)	16.6 กิโลปาสคาล
เวลาในการขัด (Polishing time)	60 นาที
จำนวนเวเฟอร์ที่ทดสอบในแต่ละชนิดแผ่นขัด	3 ชิ้น
ความเร็วของแท่นหมุนขัด/หัวขัด (Platen and polishing head speed)	60/60 รอบต่อนาที
สารละลายชั้นที่ใช้ในการขัด (Slurry)	
• ประเภทของสารละลายชั้น (Slurry type)	5 wt% SiO_2 ขนาด 55 นาโนเมตร
• อัตราการไหลของสารละลายชั้น (Slurry flow rate)	60 มิลลิลิตรต่อนาที
• ค่า pH ของสารละลายชั้น (pH value)	11



ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างแผ่นขัด

รูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงลักษณะพื้นผิวสัมผัสของแผ่นขัดที่สร้างจากเส้นใยคาบมะพร้าวผสมกับโพลียูรีเทนและแผ่นขัดจากเส้นใยฟางข้าวผสมกับโพลียูรีเทน ที่อัตราส่วนต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ ซึ่งพบว่าลักษณะทางกายภาพของแผ่นขัดที่ถูกสร้างขึ้นด้วยเส้นใยชนิดเดียวกัน ในแต่ละอัตราส่วนนั้นมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดยมีการกระจายตัวของเส้นใยที่ยึดเกาะหรือเชื่อมต่อกันด้วยโพลียูรีเทนทั่วบริเวณผิวสัมผัส และสังเกตได้ว่าปริมาณความหนาแน่นของเส้นใยบริเวณผิวหน้าสัมผัสของแผ่นขัดจะเพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนการผสม นอกจากนี้ยังพบว่า แผ่นขัดจากเส้นใยธรรมชาติทั้ง 6 แผ่นนั้น มีลักษณะความคงตัวและมีความสามารถยึดเกาะเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ผิวหน้าสัมผัสของแผ่นขัดไม่มีเส้นใยหลุดร่วงหรือร่อนออกมา บ่งบอกให้เห็นว่าแผ่นขัดที่ถูกสร้างขึ้นทุกประเภทยานั้น มีลักษณะทางกายภาพที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการขัดผิวซัพไฟร์ด้วยการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกลได้



รูปที่ 4 แสดงลักษณะทางกายภาพ (กำลังขยาย 100 เท่า) ของพื้นผิวสัมผัสของแผ่นขัดจากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมโพลียูรีเทนที่อัตราส่วน (ก) 5 (ข) 7.5 (ค) 10 phr และแผ่นขัดจากเส้นใยฟางข้าวผสมกับโพลียูรีเทนที่อัตราส่วน (ง) 5 (จ) 7.5 และ (ฉ) 10 phr

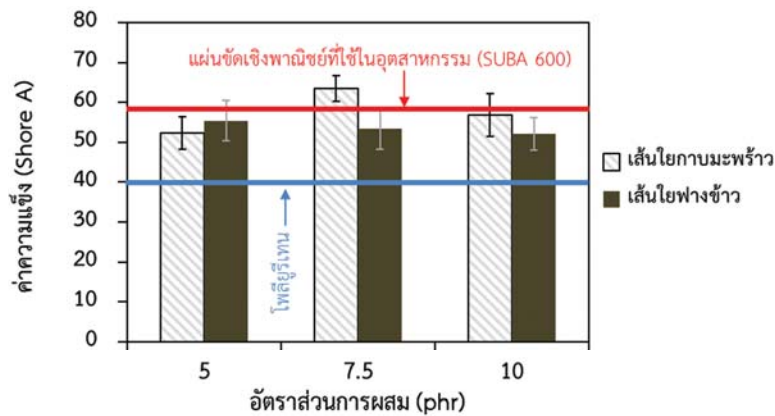
2. ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นขัด

ผลการวัดค่าความแข็งของแผ่นขัดจากเส้นใยธรรมชาติผสมโพลียูรีเทน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5 จะพบว่าแผ่นขัดทุกชนิดมีค่าความแข็งสูงกว่าโพลียูรีเทนที่ใช้เป็นส่วนผสมตั้งต้นที่มีค่าความแข็ง 40 shore A โดยที่อัตราส่วนผสม 5, 7.5 และ 10 phr นั้น ค่าความแข็งของแผ่นขัดที่สร้างจากเส้นใยฟางข้าวผสมกับโพลียูรีเทนมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน คือ 55.4, 53.4 และ 52.1 shore A ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความแข็งของแผ่นขัดที่สร้างจากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมกับโพลียูรีเทนนั้น มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันมากกว่าในแต่ละอัตราส่วน คือ 52.3, 63.5 และ 56.9 shore A ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นขัดเชิงพาณิชย์ที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม (SUBA 600) ซึ่งมีค่าความแข็ง 80 Asker C (Pureon, n.d.) หรือเทียบเท่า 59 shore A จะพบว่าแผ่นขัดจากเส้นใยกาบมะพร้าวที่อัตราส่วน 7.5 phr มีค่าความแข็งมากกว่าแผ่นขัดเชิงพาณิชย์อยู่ 7.6% ส่วนแผ่นขัดอื่นๆ นั้นมีค่าความแข็งน้อยกว่าแผ่นขัดเชิงพาณิชย์อยู่ระหว่าง 3.6–11.7%

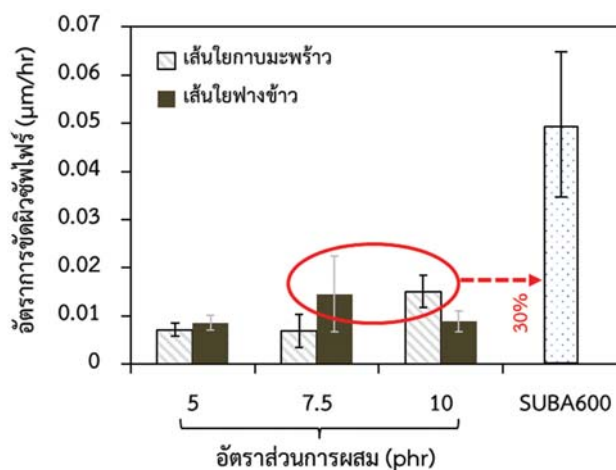
3. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นขัดในกระบวนการขัดผิวซัพไฟร์ด้วยการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกล

รูปที่ 6 แสดงให้เห็นถึงอัตราการขัดผิวของซัพไฟร์ที่ได้จากการใช้แผ่นขัดชนิดต่างๆ ในกระบวนการขัดด้วยการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกลภายใต้เงื่อนไขการขัดแบบเดียวกัน ซึ่งทำให้เห็นว่าแผ่นขัดทุกประเภทที่ทำจากเส้นใยฟางข้าวหรือกาบมะพร้าวที่นำมาผสมกับโพลียูรีเทนสามารถทำการขัดผิวของซัพไฟร์ได้ โดยพบว่าอัตราการขัดที่ได้จากแผ่นขัดเส้นใย

กาบมะพร้าวผสมกับโพลียูรีเทนมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.007 ไมโครเมตรต่อชั่วโมง ที่อัตราส่วนการผสม 5 และ 7.5 phr มาเป็นอัตราการขัดสูงสุด 0.015 ไมโครเมตรต่อชั่วโมง ที่อัตราส่วนผสม 10 phr ในขณะที่อัตราการขัดที่ได้จากแผ่นขัดเส้นใยฟางข้าวผสมกับโพลียูรีเทนมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.009 ไมโครเมตรต่อชั่วโมง ที่อัตราส่วนผสม 5 phr มาเป็นอัตราการขัดสูงสุด 0.0145 ไมโครเมตรต่อชั่วโมง ที่อัตราส่วนผสม 7.5 phr แล้วจึงลดลงเหลือ 0.009 ไมโครเมตรต่อชั่วโมง ที่อัตราส่วนผสม 10 phr ซึ่งอัตราการขัดสูงสุดที่ได้จากแผ่นขัดที่สร้างจากเส้นใยทั้งสองชนิดนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน และคิดเป็น 30% ของอัตราการขัดด้วยแผ่นขัดเชิงพาณิชย์ที่ใช้งานในภาคอุตสาหกรรม (SUBA 600) ซึ่งสามารถขัดผิวซัพไฟร์ออกได้ด้วยอัตรา 0.05 ไมโครเมตรต่อชั่วโมง

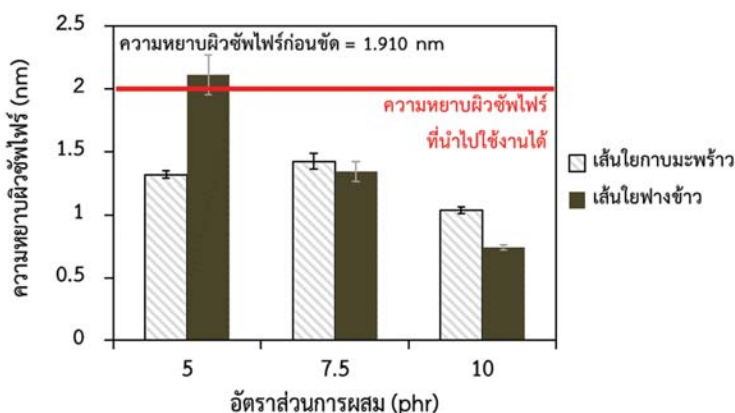


รูปที่ 5 ค่าความแข็งของแผ่นขัดจากเส้นใยธรรมชาติผสมกับโพลียูรีเทน



รูปที่ 6 อัตราการขัดผิวซัพไฟร์โดยแผ่นขัดชนิดต่างๆ

รูปที่ 7 แสดงให้เห็นถึงผลการวัดค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (R_a) ของซัพไฟร์ที่ได้หลังจากกระบวนการขัดผิวด้วยการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกล โดยพบว่าที่อัตราส่วนการผสม 5, 7.5 และ 10 phr นั้น ค่าความหยาบผิวที่ได้จากแผ่นขัดที่สร้างจากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมโพลียูรีเทนมีค่าเป็น 1.4, 1.5 และ 1.0 นาโนเมตร ตามลำดับ และค่าความหยาบผิวที่ได้จากแผ่นขัดที่สร้างจากเส้นใยฟางข้าวผสมกับโพลียูรีเทนมีค่าเป็น 2.2, 1.4 และ 0.7 นาโนเมตร ตามลำดับ ซึ่งแผ่นขัดที่ถูกสร้างขึ้นจากเส้นใยธรรมชาติผสมกับโพลียูรีเทนในเกือบทุกอัตราส่วนสามารถปรับคุณภาพผิวของซัพไฟร์ให้ดีขึ้นได้อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับผิวก่อนที่จะทำการขัดและอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้ นั่นคือต้องมีค่าความหยาบผิวเฉลี่ยน้อยกว่า 2 นาโนเมตร (Sapphire, n.d.) ยกเว้นแผ่นขัดที่สร้างจากเส้นใยฟางข้าวผสมกับโพลียูรีเทนที่อัตราส่วนการผสม 5 phr ที่ทำให้เกิดค่าความหยาบผิวเฉลี่ยมากกว่า 2 นาโนเมตร



รูปที่ 7 ค่าความหยาบผิวของซัพไฟร์โดยใช้แผ่นขัดที่สร้างจากเส้นใยธรรมชาติผสมโพลียูรีเทน



อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสร้างแผ่นขัดจากเส้นใยธรรมชาติซึ่งเป็นเศษเหลือจากภาคเกษตรกรรม ซึ่งได้ผลว่าเส้นใยจากกาบมะพร้าวหรือฟางข้าวที่นำมาผสมกับโพลียูรีเทนด้วยอัตราส่วน 5, 7.5 และ 10 phr สามารถขึ้นรูปและสร้างเป็นแผ่นขัดเพื่อใช้ในการขัดผิวซัพไฟร์ด้วยกระบวนการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกลได้เป็นอย่างดี โดยไม่เกิดการเสียรูปหรือแยกตัวออกจากกันเนื่องจากมีโพลียูรีเทนทำหน้าที่เป็นตัวประสานหรือยึดเหนี่ยวเส้นใยต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน แต่การกระจายตัวของเส้นใยธรรมชาติในแผ่นขัดแต่ละประเภทนั้นอาจไม่หนาแน่นเท่ากันในแต่ละตำแหน่ง เนื่องจากการใช้แรงงานคนในการผสมเส้นใยและโพลียูรีเทนให้เข้ากันจึงไม่สามารถทำให้เกิดการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทุกส่วนได้ อย่างไรก็ตาม

ภายหลังจากที่ได้ปรับความราบของผิวหน้าสัมผัสแล้วนั้น พบว่าลักษณะทางกายภาพในภาพรวมของแผ่นขัดที่ถูกสร้างขึ้นทั้งหมด โดยเฉพาะเส้นใยที่ปรากฏอยู่บนผิวสัมผัส ยังคงเป็นที่น่าพอใจว่าสามารถนำแผ่นขัดเหล่านี้ไปใช้ในการทำงานจริงได้ และเมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบคุณสมบัติทางกล ซึ่งได้แก่ค่าความแข็งแรงของแผ่นขัดที่ถูกสร้างขึ้น พบว่าเส้นใยจากมะพร้าวหรือฟางข้าวที่ผสมลงในแผ่นขัดนั้นมีผลทำให้มีค่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยแผ่นขัดที่สร้างจากเส้นใยธรรมชาติทั้งสองชนิดเมื่อนำมาผสมกับโพลียูรีเทนจะมีค่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้น 30–50% เมื่อเทียบกับค่าความแข็งแรงดั้งเดิมของโพลียูรีเทนเพียงอย่างเดียว (40 shore A) เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติที่ผสมลงในโพลียูรีเทนเพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นขัดนั้นจะทำหน้าที่เป็นวัสดุเสริมแรง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของผกามาต ชูสิทธิ์ และ กิตติพงษ์ สุวิโร (2558) ที่ได้ศึกษาการนำเส้นใยมะพร้าวมาเป็นวัสดุในการเสริมแรงของผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ ซึ่งพบว่าเส้นใยจากมะพร้าวสามารถเพิ่มคุณสมบัติทางกลของแผ่นยางได้อย่างดี เช่นเดียวกับกับ Nazerian & Sadeghiipanah (2013) ที่ได้ศึกษาการนำเอาเส้นใยฟางข้าวสาธิตและไม้มาผสมกับแผ่นซีเมนต์บอร์ด และพบว่าเส้นใยฟางข้าวสาธิตสามารถทำหน้าที่เป็นวัสดุเสริมแรงได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้จากผลการทดลองจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณของเส้นใยในอัตราส่วนผสมของแผ่นขัดทั้งสองชนิดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งแรงที่แตกต่างกัน โดยค่าความแข็งแรงของแผ่นขัดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของเส้นใยจากมะพร้าวเพิ่มสูงขึ้นจนถึงอัตราส่วนผสมที่ 7.5 phr แล้วจากนั้นจึงมีค่าลดลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปริมาณของเส้นใยจากมะพร้าวที่เพิ่มขึ้นมากเกินไปที่โพลียูรีเทนจะสามารถยึดเหนี่ยวเข้าด้วยกันได้ทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Natsa, Akindapo, & Garba (2015) ที่พบว่าการใช้เส้นใยจากมะพร้าวมาผสมในปริมาณที่มากเกินไปกว่าวัสดุเมทริกซ์จะทำการยึดเหนี่ยวได้นั้นจะทำให้ค่าความแข็งแรงลดลง ในทางตรงกันข้ามนั้น ค่าความแข็งแรงของแผ่นขัดมีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ เมื่อมีปริมาณของเส้นใยฟางข้าวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการที่เส้นใยฟางข้าวมีความหนาแน่นน้อยกว่าเส้นใยจากมะพร้าว (Greeshma & Joseph, 2011; Naveen & Prasad, 2013) จึงทำให้มีปริมาณเส้นใยฟางข้าวมากเกินไปความเหมาะสมกับปริมาณของวัสดุเมทริกซ์ (โพลียูรีเทน) ในแผ่นขัดที่อัตราส่วนผสมตั้งแต่ 5 phr ขึ้นไป และส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของแผ่นขัดในทำนองเดียวกันกับแผ่นขัดจากเส้นใยจากมะพร้าวที่มีอัตราส่วนผสมมากกว่า 7.5 phr อย่างไรก็ตาม จะพบว่าปริมาณของเส้นใยฟางข้าวที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนการผสมแผ่นขัดในงานวิจัยนี้ (5, 7.5 และ 10 phr) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากจำนวนของเส้นใยฟางข้าวส่วนที่สามารถยึดเหนี่ยวเข้ากับโพลียูรีเทนได้นั้นถูกกำหนดโดยปริมาณของโพลียูรีเทน ซึ่งทำหน้าที่เป็นวัสดุเมทริกซ์นั้น มีค่าเท่าเดิมในทุกอัตราส่วน นอกจากนี้ ผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นอาจเกิดจากเส้นใย

กาบมะพร้าวและฟางข้าวเหล่านี้ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพผิวด้วยกระบวนการทางเคมี ก่อนนำมาใช้ขึ้นรูปด้วยการผสมกับโพลียูรีเทน จึงทำให้การยึดเกาะกันระหว่างเส้นใยกับเมทริกซ์พอลิเมอร์ไม่ดีเท่าที่ควร ส่งผลต่อสมบัติโดยรวมของวัสดุผสมตามรายงานของ วันดี ธรรมจारी (2556) และอาจเป็นผลทำให้คุณสมบัติทางกลของแผ่นขัดลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของทศพร ศรีวรกุล, กุลทัศน์ สุวัฒน์, จันทร์ฉาย ทองปิ่น, นวพันธ์ ภูภักดี, วรุต ธรรมวิชัย, และ ชีวิตา สุวรรณขวลิต (2559) ที่รายงานว่าเส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพผิวด้วยกระบวนการทางเคมีจะสามารถเพิ่มคุณภาพการรวมตัวของเส้นใยกับเนื้อสารพอลิเมอร์ได้ดีมากขึ้น และจะส่งผลให้มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าการใช้เส้นใยที่ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพผิว

ในส่วนของการขัดผิวซีพีไฟร์ด้วยกระบวนการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกลโดยแผ่นขัดที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ เป็นสิ่งยืนยันว่าเส้นใยกาบมะพร้าวและฟางข้าวที่เป็นเศษเหลือจากภาคการเกษตรซึ่งมีซิลิกอนไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบอยู่ภายในเส้นใยนั้นมีความสามารถในการขัดผิวของซีพีไฟร์ได้ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Sansuwan Chansatarnpornkul (2019) ที่พบว่าเส้นใยจากธรรมชาติที่มีซิลิกอนไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบนั้นสามารถสร้างเป็นแผ่นขัดในกระบวนการขัดผิวขึ้นงานด้วยการใช้สารเคมีร่วมกับแรงทางกลได้เป็นอย่างดี โดยพบว่าแผ่นขัดจากเส้นใยของต้นไผ่และขานอ้อยสามารถขัดผิวของซีพีไฟร์ด้วยอัตราการขัดที่สูงกว่าแผ่นขัดในภาคอุตสาหกรรม (SUBA 600) 57% และ 91% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาที่อัตราการขัดผิวสูงสุดของแผ่นขัดที่สร้างจากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมกับโพลียูรีเทนที่อัตราส่วนผสม 10 phr และอัตราการขัดผิวสูงสุดของแผ่นขัดจากฟางข้าวผสมกับโพลียูรีเทนที่อัตราส่วนผสม 7.5 phr นั้น จะพบว่าแผ่นขัดทั้งสองสามารถทำให้เกิดอัตราการขัดผิวของซีพีไฟร์ได้เป็นค่าสูงสุดเพียง 30% ของอัตราการขัดผิวที่ได้จากแผ่นขัดในภาคอุตสาหกรรม (SUBA 600) ซึ่งเป็นอัตราการขัดที่น้อยกว่าแผ่นขัดจากเส้นใยต้นไผ่และขานอ้อย โดยผลที่เกิดขึ้นนี้อาจมาจากปริมาณเส้นใยกาบมะพร้าวและฟางข้าวที่ผสมกับโพลียูรีเทน มีสัดส่วนที่น้อยกว่าเส้นใยของต้นไผ่และขานอ้อยในงานวิจัยดังกล่าว ที่มีอัตราส่วนผสมของแผ่นขัดคือเส้นใยจากต้นไผ่:โพลียูรีเทน:น้ำ อยู่ที่ 15g:30g:20g และ เส้นใยจากขานอ้อย:โพลียูรีเทน:น้ำ อยู่ที่ 15g:30g:15g จึงทำให้ปริมาณของซิลิกอนไดออกไซด์ทั้งหมดในแผ่นขัดในงานวิจัยนี้มีน้อยกว่าในแผ่นขัดจากเส้นใยของต้นไผ่และขานอ้อย นอกจากนี้ยังเห็นว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใยในแผ่นขัดแต่ละชนิดมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการขัดในลักษณะที่แตกต่างกัน โดยอัตราการขัดที่ได้จากแผ่นขัดเส้นใยกาบมะพร้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยในแผ่นขัดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใยในแผ่นขัดนั้น จะเป็นการเพิ่มพื้นที่สัมผัสของซิลิกอนไดออกไซด์ในเส้นใยกับพื้นผิวของ

แผ่นซีพีไฟร์และส่งเสริมให้อัตราการเกิดขึ้นปฏิกิริยาเคมี (อะลูมินาซิลิเกต) มากขึ้น ทำให้อัตราการขัดเพิ่มสูงขึ้นไปด้วยเช่นกัน (Wang, Zhang, & Lu, 2018; Zhou, Pan, Shi, Gong, Xu, & Zou, 2015) ในขณะที่อัตราการขัดที่ได้จากแผ่นขัดเส้นใยฟางข้าวจะเพิ่มสูงขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วจึงกลับลดลงมาเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น โดยเกิดขึ้นเนื่องจากการที่เส้นใยฟางข้าวมีส่วนประกอบของซิลิกอนไดออกไซด์ที่มากกว่าเส้นใยกาบมะพร้าว (El-Adly, Yossef, Modather, Ismail, & Abbas, 2015; Malaluan, Sescar, & Sescar, 2019) จึงทำให้การเพิ่มขึ้นของอัตราการเกิดขึ้นปฏิกิริยาเคมีบนพื้นผิวของซีพีไฟร์มากเกินไป จนทำให้เสียสมดุลระหว่างอัตราการเกิดขึ้นปฏิกิริยาเคมีและแรงกระทำทางกลที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการขัดผิว และส่งผลให้อัตราการขัดลดน้อยลง (Cui, Niu, Zhou, Wang, Wang, & Zhang, 2019) เมื่ออัตราส่วนผสมมากกว่า 7.5 phr

ในส่วนของความหยาบผิวของซีพีไฟร์ที่ได้จากกระบวนการขัดผิวนั้นจะเห็นได้ว่าแผ่นขัดที่สร้างจากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมกับโพลียูรีเทนที่อัตราส่วนผสม 5, 7.5 และ 10 phr และแผ่นขัดจากเส้นใยฟางข้าวผสมกับโพลียูรีเทนที่อัตราส่วนผสม 7.5 และ 10 phr นั้นสามารถปรับคุณภาพผิวของซีพีไฟร์ให้มีค่าความหยาบผิวเฉลี่ยน้อยกว่า 2.0 นาโนเมตร ซึ่งสามารถนำไปใช้ในงานในภาคอุตสาหกรรมได้ ทั้งนี้จะพบว่าค่าความหยาบผิวของซีพีไฟร์ที่ได้จากแผ่นขัดจากเส้นใยทั้งสองชนิดมีแนวโน้มลดน้อยลงเมื่อปริมาณของเส้นใยในแผ่นขัดเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราส่วนการผสม เป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่สัมผัสระหว่างซิลิกอนไดออกไซด์ในเส้นใยและพื้นผิวของแผ่นซีพีไฟร์ ทำให้เกิดขึ้นปฏิกิริยาเคมีสูงมากขึ้น ทำให้ค่าความหยาบผิวลดน้อยลง (Kong et al., 2016; Zhou, Pan, Gong, Shi, & Zou, 2017)

ดังนั้นจากการศึกษาที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงบ่งบอกได้ว่าเส้นใยกาบมะพร้าวที่ผสมกับโพลียูรีเทนในอัตราส่วนผสม 10 phr และเส้นใยฟางข้าวที่ผสมกับโพลียูรีเทนในอัตราส่วนผสม 7.5 phr นั้นมีความเหมาะสมที่จะนำมาทำเป็นแผ่นขัดผิวของซีพีไฟร์ เนื่องจากเป็นอัตราส่วนการผสมที่ทำให้สามารถขัดผิวของซีพีไฟร์ได้ด้วยอัตราสูงสุด พร้อมทั้งทำให้ได้ความหยาบผิวที่ตามเกณฑ์ที่ต้องการได้



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ทำให้สามารถสรุปได้ว่า เส้นใยคาบมะพร้าวและฟางข้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากทางธรรมชาติที่มีราคาถูกและมีปริมาณมาก ทั้งยังมีซิลิกอนไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบนั้น มีความสามารถในการนำมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นขัดผิวซีพีไฟร์ ในกระบวนการขัดด้วยสารเคมีร่วมกับแรงทางกลได้ด้วยการนำเส้นใยดังกล่าวมาผสมกับโพลียูรีเทน โดยอัตราส่วนการผสมของเส้นใยคาบมะพร้าวและโพลียูรีเทนที่เหมาะสมคือ 10 phr ในขณะที่อัตราส่วนการผสมของเส้นใยฟางข้าวและโพลียูรีเทนที่เหมาะสมคือ 7.5 phr ซึ่งจะทำให้แผ่นขัดมีค่าความแข็งเป็น 56.9 และ 52.1 shore A ตามลำดับ โดยแผ่นขัดทั้งสองประเภทสามารถขัดผิวซีพีไฟร์ได้ด้วยอัตราการขัดสูงสุดใกล้เคียงกันที่ 0.015 ไมโครเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าความหยาบผิวของซีพีไฟร์ที่ขัดได้อยู่ในช่วงระหว่าง 1.0–1.3 นาโนเมตร

1. ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้ผลการวิจัย

ควรส่งเสริมให้มีการรวมกลุ่มเกษตรกรเป็นวิสาหกิจชุมชน โดยร่วมมือกับภาคเอกชนที่มีความต้องการใช้งานแผ่นขัดจากเส้นใยธรรมชาติผสมกับโพลียูรีเทนเพื่อใช้ในการขัดผิวของซีพีไฟร์ในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งจะทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นและภาคอุตสาหกรรมสามารถลดต้นทุนจากการซื้อแผ่นขัดที่มีราคาแพงได้ โดยควรจะต้องมีการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ และเครื่องจักรมาช่วยเพิ่มกำลังการผลิตและควบคุมให้แผ่นขัดที่ถูกสร้างขึ้นให้มีประสิทธิภาพคงที่มากยิ่งขึ้น รวมไปถึงจะต้องกำหนดอัตราส่วนการผสมเส้นใยจากธรรมชาติและโพลียูรีเทนให้เป็นไปตามที่ได้จากการวิจัย

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

เพื่อเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานของแผ่นขัดที่สร้างจากเส้นใยธรรมชาติผสมกับโพลียูรีเทนให้สูงมากยิ่งขึ้น ควรมีการปรับปรุงคุณภาพผิวของเส้นใยจากธรรมชาติที่มีซิลิกอนไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบด้วยกระบวนการทางเคมี ก่อนที่จะนำมาใช้ผสมกับโพลียูรีเทนเพื่อขึ้นรูปและสร้างเป็นแผ่นขัดผิวต่อไป



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตามสัญญาเลขที่ Res-CIT0332/2020 ขอขอบคุณ ดร.นรินทร์ จันทวงศ์ และ ดร.จิรยา บัวเจริญ จากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ สำหรับคำปรึกษาในการวัดคุณภาพผิวชิ้นงาน รวมถึงนายเกรียงไกร โคตรชมภู นายจตุพล สีนสายรัมย์ และนายวรุตม์ สมบัติภิญโญ ที่ได้ทำการทดลองสร้างแผ่นขัดชนิดต่างๆ ขึ้นมาในการวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



เอกสารอ้างอิง

- จักกฤษณ์ พนาลี, พันธุ์ศักดิ์ พ่วงพงษ์, และ อธิภัทร์ รอดคลองตัน. (2559). การศึกษาและออกแบบเฟอร์นิเจอร์สำนักงานจากเส้นใยจากมะพร้าว. *รมยสาร*, 14(ฉบับพิเศษ), 165–172.
- จินตามณี นิสนันต์ และ อภิชาติ อาจนาเสียว. (2563). การเพิ่มประสิทธิภาพโรงสีข้าวหอมมะลิ. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 12*, (น. 328–336). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ทศพร ศรีวรกุล, กุลทัศน์ สุวัฒน์พัฒน์, จันทร์ฉาย ทองปิ่น, นวพันธุ์ ภูักกดี, วรุต ธรรมวิชัย, และ ชีวิตา สุวรรณขวลิต. (2559). การเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากเส้นใยมะพร้าวด้วยกระบวนการเคมีเพื่อใช้เป็นสารเสริมแรง. *วารสารวิชาการ Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 3(5), 206–216.
- ปราโมทย์ วีรานุกุล, กิตติพงษ์ สุวิโร, และ อธิ วิรานุกุล. (2561). ผลกระทบแผ่นผ้าเปดานผสมขุยมะพร้าวที่มีสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลชัยบุรี*, 16(2), 129–138.
- ผกามาศ ขุสิทธิ์ และ กิตติพงษ์ สุวิโร. (2558). *การใช้ขุยมะพร้าวเพื่อเสริมแรงด้านทานแรงดึงของผลิตภัณฑ์แผ่นยางธรรมชาติ*. สืบค้น 11 สิงหาคม 2564, จาก https://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/2061/TECH_59_03.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- วันดี ธรรมจारी. (2556). *การดัดแปรพื้นผิวเส้นใยธรรมชาติ*. สืบค้น 11 สิงหาคม 2564, จาก http://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/tn227a_p061-64.pdf
- สำราญ พิมราช, เหล็กไหล จันทะบุตร, พรพิชญ ธรรมปัทม, และ สุนันท์ บุตรศาสตร์. (2563). ความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมปริมาณซิลิกอนกับการให้ผลผลิตของข้าว. *วารสารเกษตรพระวรุณ*, 17(2), 209–222.
- Bahr, M., Sampurno, Y., Han, R., & Philipossian, A. (2017). Slurry Injection Schemes on the Extent of Slurry Mixing and Availability during Chemical Mechanical Planarization. *Micromachines*, 8(6), 170–182.
- Cui, Y., Niu, X., Zhou, J., Wang, Z., Wang, R., & Zhang, J. (2019). Effect of Chloride Ions on the Chemical Mechanical Planarization Efficiency of Sapphire Substrate. *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, 8(9), 488–495.

- El-Adly, R. A., Yossef, M. A., Modather, F. H., Ismail, E. A., & Abbas, D. M. (2015). Biogrease Based on Biochar from Rice Straw and Waste Cooking Oil. *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*, 4(1), 91–97.
- Greeshma, P., & Joseph, M. (2011). Rice Straw Reinforcement for Improvement in Kuttanad Clay. In *Indian Geotechnical Conference*, (pp. 449–452). Kochi: India.
- Kong, H. et al. (2016). Polydisperse Spherical Colloidal Silica Particles: Preparation and Application. *Chinese Physics B*, 25(11), 118202-1–118202-6.
- Malaluan, L. E., Sescar, W. J. E., & Sescar, J. J. E. (2019). Lignocellulosic Plant Fibers (lpf) for Concrete Masonry Blocks (cmb): an Inspiration to Innovation Response to the 21st Century’s Endeavor for Environmental Challenges. *International Journal of Scientific Research*, 10(01(F)), 30656–30666.
- Natsa, S., Akindapo, J. O., & Garba, D. K. (2015). Development of a Military Helmet using Coconut Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite. *European Journal of Engineering and Technology*, 3(7), 55–65.
- Naveen, P. N. E., & Prasad, R. V. (2013). Evaluation of Mechanical Properties of Coconut Coir/Bamboo Fiber Reinforced Polymer Matrix Composites. *International Journal of Metallurgical & Materials Science and Engineering (IJMMSE)*, 3(4), 15–22.
- Nazerian, M., & Sadeghiipah, V. (2013). Cement-bonded Particleboard with a Mixture of Wheat Straw and Poplar Wood. *Journal of Forestry Research*, 24, 381–390.
- Pureon. (n.d.). *Suba™ 600 Felt Polishing Pad*. Retrieved August 15, 2021, from <https://pureon.com/products/polishing-pads/suba-600>
- Sanjay, S., & Rajeev, C. (2015). Effect of Coconut Fibre Ash on Strength Properties of Concrete. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 5(4), 33–35.
- Sansuwan Chansatarnpornkul. (2019). *Development of Organic Fibers in the Polishing Pad for Chemical Mechanical Polishing of Sapphire*. Master Thesis, Graduate School of Computer Science and System Engineering, Kyushu Institute of Technology.

- Sapphire. (n.d.). Retrieved August 15, 2021, from <https://logitech.uk.com/what-we-offer/by-material/sapphire/>
- Vovk, E. A., Budnikov, A. T., Dobrotvorskaya, M. V., Krivonogov, S. I., & Dan'ko, A. Y. (2012). Mechanism of the Interaction between Al_2O_3 and SiO_2 during the Chemical-mechanical Polishing of Sapphire with Silicon Dioxide. *Journal of Surface Investigation X-ray Synchrotron and Neutron Techniques*, 6(1), 115–121.
- Wang, H., Zhang, Z., & Lu, S. (2018). Study of Several Silica Properties Influence on Sapphire CMP. *Journal of Electrical Engineering and Technology*, 13(2), 886–891.
- Zhou, Y., Pan, G., Gong, H., Shi, X., & Zou, C. (2017). Characterization of Sapphire Chemical Mechanical Polishing Performances using Silica with Different Sizes and their Removal Mechanisms. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 513, 153–159.
- Zhou, Y., Pan, G., Shi, X., Gong, H., Xu, L., & Zou, C. (2015). AFM and XPS Studies on Material Removal Mechanism of Sapphire Wafer during Chemical Mechanical Polishing (CMP). *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 26, 9921–9928.