วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม

WAX FILLER STICKS FOR WOOD PLASTIC COMPOSITES (WPCs)

ภานุมาส ไทยเพชร์กุล
ศุทธิณี ไทยเรือง

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WAX FILLER STICKS
FOR WOOD PLASTIC COMPOSITES (WPCs)

PANUMAS THAIPETKUL
SUTTHINEE THAIREUANG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (INDUSTRIAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม Wax Filler Sticks for Wood Plastic Composites (WPCs)
ชื่อนักศึกษา	นางสาวภานุมาส ไทยเพชร์กุล รหัสนักศึกษา 58050527 นางสาวศุทธิณี ไทยเรือง รหัสนักศึกษา 58050551
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	เคมี
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สุภารัตน์ รักชลธี ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.ชลลดา ฤตวิรุฬห์ กรรมการ	
รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม
ชื่อนักศึกษา	นางสาวภานุมาส ไทยเพชร์กุล รหัสนักศึกษา 58050527
	นางสาวศุทธิณี ไทยเรือง รหัสนักศึกษา 58050551
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	เคมี
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด

บทคัดย่อ

วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks, WFSs) เป็นวัสดุที่ใช้สำหรับปกปิดร่องรอยขูดขีดหรือตำหนิที่เกิดขึ้นบนผิวไม้เทียมหรือไม้พลาสติกคอมโพสิต (Wood plastic composites, WPCs) จากการใช้งานหรือการติดตั้ง งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสูตรและเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้า ตอบโจทย์อุตสาหกรรม WPCs ในประเทศ วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสามารถเตรียมได้จากแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์ (Oxidized wax) ผงสี ผงไม้ และน้ำมันพาราฟิน ทำการหลอมผสมแล้วเทหล่อเป็นแท่งในแม่พิมพ์ จากการทดลองพบว่าน้ำมันพาราฟินช่วยเพิ่มความนิ่มและความสามารถในการยึดติด ผงไม้ (WF) ช่วยเพิ่มเนื้อสัมผัสและสีให้ใกล้เคียงกับไม้ เมื่อเพิ่มปริมาณผงไม้ยิ่งทำให้ความหนืดขณะผสมมากขึ้นด้วย เมื่อใช้ปริมาณน้ำมันพาราฟิน 30 phr ปริมาณผงไม้ที่เหมาะสมคือ 40 phr จากการศึกษาการเติมกาวอีวีเอ (EVA) พบว่าของผสมเข้ากันได้ดีขึ้น การกระจายตัวได้ดี ตกตะกอนหรือแยกชั้นน้อยลง ยืนยันได้จากผลการทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ เมื่อทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ EVA ส่งผลให้ความแข็งแรงโค้งงอสูงขึ้น จากการทดลองพบว่าวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตรที่ดีที่สุดที่เตรียมได้คือสูตร Wax/oil30/WF40/EVA5 เมื่อนำวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้เปรียบเทียบกับเชิงพาณิชย์ พบว่ามีสมบัติเชิงกลสูง และมีความสามารถในการยึดติดที่ดีใกล้เคียงกับเชิงพาณิชย์ จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตพบว่า วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้มีต้นทุนวัตถุดิบต่ำกว่าเชิงพาณิชย์มากมีความเป็นไปได้สูงที่จะผลิตจำหน่ายเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ : วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์ ไม้พลาสติกคอมโพสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Wax Filler Sticks for Wood Plastic Composites (WPCs)
Students	Miss Panumas Thaipetkul Student ID 58050527
	Miss Sutthinee Thaireuang Student ID 58050551
Degree	Bachelor of Science (Industrial Chemistry)
Department	Chemistry
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2018
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Ittipol Jangchud

Abstract

Wax filler stick is a material used for decorating and fixing scratches or defects on surfaces of Wood Plastic Composites (WPCs) after they are installed or used. In this research, wax filler sticks were prepared and studied for formulas in order to serve domestic WPC industries. Wax filler sticks can be made from oxidized wax, paraffin oil, wood flour (WF), ethylene vinyl acetate (EVA) and pigment. The wax and additives can be melt-blended and cast into sticks by molding technique. It was found that the wax was softened and better adhered on WPC surfaces when the oil loading was increased. Wood flour (WF) yielded better stick texture and wood-like color. As the WF loading was increased, melt viscosity was increased, resulting in mixing difficulty. When 30 phr oil was used, optimum WF loading was found to be 40 phr. By adding EVA, more homogeneous mixtures were found. Better dispersion was confirmed by optical micrograph. Flexural strength of the wax was improved when EVA was added. From the test results, the optimum formula of wax stick was Wax/oil30/WF40/EVA5. This formula yielded comparatively good overall properties, e.g., mechanical and adhesion properties compared to those of commercial one. From cost analysis, the wax stick had low material costs, resulting in high potentials to be commercialized.

Keywords: Wax filler stick, Oxidized wax, Wood plastic composites (WPCs)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือและดูแลเป็นอย่างดี โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอดการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุภารัตน์ รักชลธี ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ และ ผศ.ดร.ชลลดา ฤตวิรุฬห์ อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ ที่กรุณาตรวจทานและแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบริษัท เอ็ม.บี.เจ เอ็นเตอร์ไพร์ส จำกัด โดยเฉพาะคุณกมลวรรณ ยงค์มาลย์วงศ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมี และคอยช่วยเหลือให้คำปรึกษาต่าง ๆ ตลอดการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ ดร.วัฒนา คล้ายรัศมี ที่คอยให้คำปรึกษา และให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์ทดสอบความสามารถในการยึดติด

ขอขอบพระคุณ SCG Chemicals Co., Ltd. โดยเฉพาะคุณภัททฤทธิ์ สหัสโยธิน ที่ให้ความอนุเคราะห์พอลิเอทิลีนแว็กซ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ คุณกฤษณะ เกษประดิษฐ์ และคุณสุดใจ สอนสะอาด เจ้าหน้าที่ประจำอาคารฝึกงานทางอุตสาหกรรมเคมีและพอลิเมอร์เทคโนโลยี ที่คอยอำนวยความสะดวกตลอดการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี และเจ้าหน้าที่ห้องธุรการ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำโครงงานพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และพี่ ๆ น้อง ๆ เพื่อน ๆ ทุกคน ที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษาจนทำให้โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้

นอกจากนี้ยังมีบุคคลอื่น ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลืออีกมากมาย ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีมาโดยตลอด หากโครงงานพิเศษฉบับนี้ก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ นับเป็นความยินดีอย่างยิ่ง และหากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยไว้ ณ ที่นี้

ภานุมาส ไทยเพชร์กุล
ศุทธิณี ไทยเรือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ช
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 ไม้ธรรมชาติ.....4
2.1.1 องค์ประกอบของไม้ธรรมชาติ.....4
2.1.2 สมบัติของไม้ธรรมชาติ.....5
2.1.3 การประยุกต์ใช้งานไม้ธรรมชาติ.....5
2.1.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานไม้.....6
2.2 ไม้ยางพารา (Rubber wood).....7
2.2.1 ลักษณะทั่วไปของไม้ยางพารา.....7
2.2.2 การใช้งานไม้ยางพารา.....7
2.3 ผงไม้ยางพารา.....9
2.3.1 ลักษณะทั่วไปของผงไม้ยางพารา.....9
2.3.2 การใช้งานผงไม้ยางพารา.....9
2.4 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks).....10
2.4.1 การใช้งานวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม.....10
2.5 พาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax).....11
2.5.1 การจำแนกประเภทของพาราฟินแว็กซ์.....12
2.5.2 กระบวนการผลิตพาราฟินแว็กซ์.....12
2.5.3 ชนิดของพาราฟินแว็กซ์.....13
2.6 น้ำมันพาราฟิน (Paraffin oil).....14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7 สารให้สี (Colorant) 14
2.8 กาวอีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate; EVA) 14
2.9 วัสดุคอมโพสิต 15
2.9.1 นิยามของวัสดุคอมโพสิต 15
2.9.2 ข้อดีและข้อเสียของวัสดุคอมโพสิต 15
2.10 ไม้พลาสติกคอมโพสิต 16
2.10.1 นิยามของไม้พลาสติกคอมโพสิต 16
2.10.2 กระบวนการผลิตไม้พลาสติกคอมโพสิต 17
2.11 การยึดติด (Adhesion) 17
2.11.1 ทฤษฎีการยึดติด 18
2.11.2 การเตรียมพื้นผิว (Surface preparation) 20
2.11.3 ปัญหาของการยึดติด 21
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 27
3.1 สารเคมี 27
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 29
3.3 ขั้นตอนการทดลอง 30
3.4 การวิเคราะห์และทดสอบ 34
3.4.1 การทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม 34
3.4.1.1 การทดสอบสมบัติความแข็งกด (Hardness test) 34
3.4.1.2 การทดสอบสมบัติความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural test) 34
3.4.2 ศึกษาลักษณะการเกิดผลึกด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ (Polarizing microscope) 35
3.4.3 การทดสอบสมบัติทางความร้อน 35
3.4.3.1 การหาอุณหภูมิการหลอมเหลวผลึก ปริมาณและการเกิดผลึก 35
3.4.3.2 การวัดการเปลี่ยนแปลงมวลเนื่องจากความร้อน 36
3.4.4 การทดสอบการยึดติดบนพื้นผิว (Adhesion properties) 36
3.4.5 การทดสอบสีของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม 39
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 42
4.1 ศึกษาสมบัติทางความร้อนของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การทดสอบสีของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้ 44
4.3 การศึกษาผลของปริมาณน้ำมันพาราฟิน 46
4.4 การศึกษาผลของปริมาณผงไม้ 47
4.5 การศึกษาผลของปริมาณกาวอีวีเอ (EVA) 49
4.6 การศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC 52
4.7 การศึกษาลักษณะการเกิดผลึกด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ 53
4.8 การทดสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้เปรียบเทียบกับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ 57
4.9 วิเคราะห์ต้นทุน 58
บทที่ 5 ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 60
5.1 สรุปผลการวิจัย 60
5.2 ข้อเสนอแนะ 61
เอกสารอ้างอิง 62
ภาคผนวก 67
ภาคผนวก ก 68
ภาคผนวก ข 84
ภาคผนวก ค 85
ภาคผนวก ง 87
ภาคผนวก จ 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของไม้ธรรมชาติ 5
2.2 ปริมาณไม้ยางพาราที่ได้จากการโค่น ปี พ.ศ. 2554 8
2.3 สมบัติต่าง ๆ ของพาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax) 13
2.4 ค่าที่ได้จากการทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง 5 สูตร 25
3.1 สมบัติบางประการของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์ 28
3.2 สมบัติบางประการของน้ำมันพาราฟิน 28
3.3 สมบัติบางประการของไม้เทียม 28
3.4 ข้อมูลของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ 29
3.5 สูตรผสมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเตรียมเทียบเป็นส่วนในร้อยส่วน 34
3.6 การจัดลำดับความบกพร่องของสารเคลือบจากการกรีดเป็นตาราง 39
4.1 ชื่ออักษรย่อที่ใช้ในงานวิจัย 42
4.2 ค่าความแข็งกดและภาพด้านหน้า-ด้านหลังของชิ้นงานตัวอย่าง 45
4.3 ผลการทดสอบความสามารถในการยึดติดและค่าความแข็งกดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม เมื่อเติมน้ำมันพาราฟินที่ปริมาณ 20, 30 และ 40 phr 46
4.4 ผลการทดสอบความสามารถในการยึดติดและค่าความแข็งกดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม ที่ปริมาณผงไม้ 40, 50 และ 60 phr 47
4.5 ผลการทดสอบความสามารถในการยึดติดและค่าความแข็งกดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตรต่าง ๆ 49
4.6 ค่าความต่างสีและภาพด้านหน้า-ด้านหลังของชิ้นงานตัวอย่าง 50
4.7 ความสามารถในการยึดติดและสมบัติเชิงกลของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้เทียบกับ วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ 58
4.8 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตที่ใช้ในการผลิตวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้เทียบกับ เชิงพาณิชย์ 58
ก-1 ค่าการทดสอบสีของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม 82
ข-1 ผลการทดสอบความแข็งกด Shore A ของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้ 84
ค-1 ผลการทดสอบความแข็งแรงโค้งงอของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้ 85
จ-1 t_m , พลังงานความร้อนและเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกของชิ้นงาน 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 พื้นไม้ (Decking) จากไม้พลาสติกคอมโพสิต (WPCs) 1
1.2 รอยขีดที่เกิดขึ้นจากการใช้งานไม้เทียม 2
1.3 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks) 2
2.1 องค์ประกอบของไม้ในภาพตัดขวาง 4
2.2 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานไม้เป็นเฟอร์นิเจอร์ 5
2.3 การใช้ปากกาเคมีระบายทับรอยขีดบนพื้นไม้ 6
2.4 ต้นยางพารา (Rubber wood) 7
2.5 ลักษณะโครงสร้างของไม้ยางพารา (Rubber wood) 7
2.6 ผงไม้ยางพารา 9
2.7 ตัวอย่างการใช้งานผงไม้ 9
2.8 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks; WFSs) 10
2.9 การใช้งานวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม 10
2.10 พาราฟินแว็กซ์ 11
2.11 ไม้พลาสติกคอมโพสิต (WPCs) 16
2.12 กระบวนการผลิตไม้พลาสติกคอมโพสิต (Wood Plastic Composites; WPCs) 17
2.13 การยึดติดด้วยชั้นกาว 18
2.14 แรงยึดติดทางกล 18
2.15 การยึดติดด้วยแรงทางไฟฟ้า 19
2.16 การยึดติดด้วยแรงกระทำระหว่างโมเลกุล 19
2.17 การยึดติดที่เกิดจากพันธะเคมี 19
2.18 การใช้กระดาษทรายขัดผิวหน้าวัสดุ 20
2.19 การใช้งานวัสดุเติมเต็มในการเติมเต็มรอยรูตะปู 24
3.1 ส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง 30
3.2 แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์บนเครื่องให้ความร้อน 30
3.3 เติมน้ำมันพาราฟิน 31
3.4 เติมผงไม้ 31
3.5 เติมผงสี 32
3.6 เติมกาวอีวีเอ (EVA) 32
3.7 ชิ้นงานที่ได้ก่อนแกะออกจากแม่พิมพ์ 33
3.8 ตัวอย่างชิ้นงานที่เตรียมได้ 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.9 การทดสอบสมบัติความแข็งแรงโค้งงอแบบ 3 จุด 34
3.10 การเจาะรูไม้เทียม 36
3.11 ไม้เทียมเมื่อเจาะรูแล้ว 36
3.12 ถูวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมลงบนบริเวณที่ทำการเจาะรู (ก) ไม้เทียมเมื่อถูวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมแล้ว (ข) 37
3.13 เช็ดวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมส่วนเกิน (ก) ไม้เทียมเมื่อเช็ดวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมออกแล้ว (ข) 37
3.14 ติดเทปทดสอบลงบนชิ้นงานทดสอบ (ก) เทปมาตรฐานที่ใช้สำหรับทดสอบการยึดติดตามมาตรฐาน ASTM D3359 (ข) 38
3.15 เครื่องวัดสี Color spectrophotometer 40
3.16 แผนผังการทดสอบสมบัติวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks) 41
4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC 43
4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA 43
4.3 ค่าการทดสอบสีที่เปลี่ยนแปลงไปของแว็กซ์เมื่อเติมองค์ประกอบต่าง ๆ 44
4.4 ค่าความแข็งกดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเมื่อเติมน้ำมันพาราฟินและผงไม้ 48
4.5 ค่าความแข็งแรงโค้งงอของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเมื่อเติมน้ำมันพาราฟินและผงไม้ 48
4.6 ค่าความแข็งแรงโค้งงอของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้ 51
4.7 เปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกที่เปลี่ยนแปลงไปของแว็กซ์เมื่อมีองค์ประกอบแตกต่างกัน 52
4.8 (ก) แว็กซ์บริสุทธิ์กำลังขยาย 100 เท่า (ข) แว็กซ์บริสุทธิ์กำลังขยาย 200 เท่า (ค) แว็กซ์ผสมกับน้ำมันพาราฟิน 30 phr กำลังขยาย 100 เท่า (ง) แว็กซ์ผสมกับน้ำมันพาราฟิน 30 phr กำลังขยาย 200 เท่า 53
4.9 (ก) แว็กซ์ผสมกับผงไม้ 20 phr กำลังขยาย 100 เท่า (ข) แว็กซ์ผสมกับผงไม้ 20 phr กำลังขยาย 200 เท่า 54
4.10 (ก) แว็กซ์ผสมกับกาวอีวีเอ (EVA) 1 phr กำลังขยาย 100 เท่า (ข) แว็กซ์ผสมกับกาวอีวีเอ (EVA) 1 phr กำลังขยาย 200 เท่า 55
4.11 (ก) แว็กซ์ผสมกับผงสี 10 phr กำลังขยาย 100 เท่า (ข) แว็กซ์ผสมกับผงสี 10 phr กำลังขยาย 200 เท่า 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.12 (ก) แว็กซ์ผสมกับน้ำมันพาราฟิน 30 phr และผงไม้ 40 phr กำลังขยาย 100 เท่า (ข) แว็กซ์ผสมกับน้ำมันพาราฟิน 30 phr และผงไม้ 40 phr กำลังขยาย 200 เท่า (ค) แว็กซ์ผสมกับน้ำมันพาราฟิน 30 phr ผงไม้ 40 phr และกาวอีวีเอ (EVA) 5 phr กำลังขยาย 100 เท่า (ง) แว็กซ์ผสมกับน้ำมันพาราฟิน 30 phr ผงไม้ 40 phr และกาวอีวีเอ (EVA) 5 phr กำลังขยาย 200 เท่า 56

ก-1 แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์บริสุทธิ์ (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน 68

ก-2 แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติมน้ำมันพาราฟิน (a) น้ำมันพาราฟิน 20 phr ด้านหน้าชิ้นงาน (b) น้ำมันพาราฟิน 20 phr ด้านหลังชิ้นงาน (c) น้ำมันพาราฟิน 30 phr ด้านหน้าชิ้นงาน (d) น้ำมันพาราฟิน 30 phr ด้านหลังชิ้นงาน (e) น้ำมันพาราฟิน 40 phr ด้านหน้าชิ้นงาน (f) น้ำมันพาราฟิน 40 phr ด้านหลังชิ้นงาน 69

ก-3 แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติมกาวอีวีเอ 5 phr (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน 70

ก-4 แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติมผงไม้ 20 phr (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน 71

ก-5 แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติมผงสี 10 phr (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน 72

ก-6 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil20/WF40 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน 73

ก-7 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil20/WF40/EVA5 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน 74

ก-8 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil20/WF40/EVA10 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน 75

ก-9 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil30/WF40 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน 76

ก-10 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil20/WF40/EVA5 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน 77

ก-11 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil30/WF40/EVA10 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน 78

ก-12 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil40/WF40 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน 79

ก-13 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil40/WF40/EVA5 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ก-14 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil40/WF40/EVA10 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน 81
ง-1 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของแว็กซ์บริสุทธิ์ 87
ง-2 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/EVA5 87
ง-3 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil20 88
ง-4 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil30 88
ง-5 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil40 89
ง-6 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil20/WF40 89
ง-7 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil20/WF40/EVA5 90
ง-8 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil20/WF40/EVA10 90
ง-9 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil30/WF40 91
ง-10 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil30/WF40/EVA5 91
ง-11 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil30/WF40/EVA10 92
ง-12 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil40/WF40 92
ง-13 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil40/WF40/EVA5 93
ง-14 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil40/WF40/EVA10 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ง-15 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil40/WF50 94
ง-16 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil40/WF60 94
ง-17 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม เชิงพาณิชย์ 95
จ-1 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม เชิงพาณิชย์ 96
จ-2 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์บริสุทธิ์ 96
จ-3 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติม น้ำมันพาราฟิน 40 phr 97
จ-4 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติม ผงไม้ 20 phr 97
จ-5 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติม ผงสี 10 phr 98
จ-6 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติม กาวอีวีเอ (EVA) 5 phr 98
จ-7 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติม น้ำมันพาราฟิน 30 phr, ผงไม้ 40 phr, ผงสี 10 phr และกาวอีวีเอ (EVA) 5 phr 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

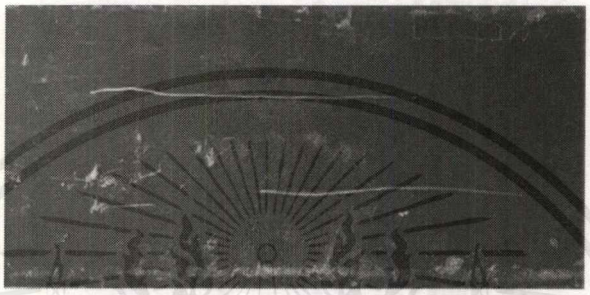
ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาไม้ธรรมชาติ (Natural wood) เป็นที่นิยมอย่างมากเนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในธรรมชาติ และสามารถนำไปแปรรูปได้หลากหลาย อีกทั้งมนุษย์มีความรู้จักคุ้นเคยกับไม้เป็นอย่างดี ตั้งแต่ในอดีตที่มนุษย์สามารถสร้างบ้านที่อยู่อาศัยและเรือที่ใช้เป็นพาหนะขนส่งทางน้ำโดยการใช้ไม้ยังคงเป็นที่นิยมตั้งแต่ในอดีตมาจนถึงปัจจุบัน แต่เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีต่าง ๆ มีความก้าวหน้าเพิ่มมากขึ้นมนุษย์จึงหันมาให้ความสนใจกับการอนุรักษ์ป่าไม้จึงหาวิธีในการลดการใช้ไม้ลง อีกทั้งการใช้ไม้ในสิ่งปลูกสร้างและอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์มีปัญหาในเรื่องของอายุการใช้งานที่ต่ำ เนื่องจากไม้ไม่ทนปลวก รา แมลง และความชื้น จากปัญหาในการใช้งานที่เกิดขึ้นดังกล่าวทำให้เกิดแนวคิดการพัฒนาวัสดุที่ใช้ทดแทนไม้หรือไม้เทียม (Artificial wood) ขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้งานทดแทนไม้ธรรมชาติ

ในปัจจุบันมีการใช้วัสดุทดแทนไม้หรือไม้เทียมเพื่อทดแทนไม้จากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น โดยไม้เทียม (Wood Plastic Composites; WPCs) สามารถทนปลวก รา แมลงและเมื่อสัมผัสกับความชื้นทำให้ไม่เสียรูปร่างและโก่งตัว จึงทำให้ไม้เทียมเข้ามาแทนที่ไม้ธรรมชาติและเป็นที่นิยมใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยเฉพาะการใช้งานเป็นพื้นไม้ (Decking) วงกบประตู หน้าต่าง เก้าอี้สนามและอุปกรณ์ตกแต่งสวนอื่น ๆ

รูปที่ 1.1 พื้นไม้ (Decking) จากไม้พลาสติกคอมโพสิต (WPCs) [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

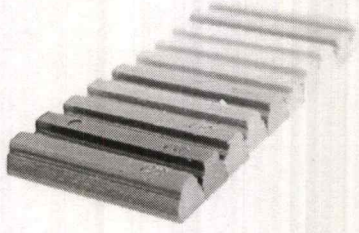
เมื่อใช้งานไปเป็นเวลานานไม้พลาสติกคอมโพสิตอาจเกิดตำหนิ รอยขูดขีดเนื่องจากการกระทำบางอย่าง เช่น การวางหรือการลากเฟอร์นิเจอร์บนพื้นไม้ การซ่อมแซมตกแต่งเพิ่มเติม เป็นต้น ส่งผลให้ความเรียบหรูสวยงามของไม้ลดลงทำให้ผู้ใช้งานเกิดความไม่พึงพอใจกับรอยตำหนิที่เกิดขึ้น และอาจจำเป็นต้องเปลี่ยนไม้แผ่นใหม่เพื่อความสวยงามซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงและก่อให้เกิดความเสียหายต่อไม้แผ่นอื่นเนื่องจากการต่อเติมได้ ดังนั้นหากผู้ใช้งานสามารถแก้ไขรอยตำหนิที่เกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง โดยใช้วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks; WFSs) ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นได้



รูปที่ 1.2 รอยขีดที่เกิดขึ้นจากการใช้งานไม้เทียม

ในประเทศไทยวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมยังไม่เป็นที่นิยมนำมาใช้งานมากนักอีกทั้งยังไม่มีผู้ประกอบการในประเทศรายใดทำผลิตภัณฑ์นี้ออกมาจำหน่าย ดังนั้นผู้ที่ต้องการใช้งานจึงจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงทั้งราคาของผลิตภัณฑ์และค่านำเข้า แต่เนื่องจากวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเป็นที่ต้องการของกลุ่มผู้ใช้งานไม้พลาสติกคอมโพสิต เพราะใช้งานง่ายรวมทั้งยังสามารถปกปิดรอยที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของไม้เทียมได้ดี ดังนั้นผู้ผลิตไม้พลาสติกคอมโพสิตในประเทศไทยจึงหันมาให้ความสนใจในวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเพื่อเป็นทางเลือกให้กับลูกค้าและเพื่อเป็นการทดแทนการนำเข้า

โดยงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยร่วมกับบริษัท เอ็ม.บี.เจ.เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยสำหรับการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks) ประกอบด้วยแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์ (Oxidized wax) น้ำมันพาราฟิน (Paraffin oil) ผงสี (Pigment) ผงไม้ (Wood flour) และกาวอีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate; EVA)



รูปที่ 1.3 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks) [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks) เพื่อใช้ในการปกปิดรอยตำหนิหรือรอยขีดข่วนที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของไม้เทียม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ศึกษาสูตรของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเพื่อใช้สำหรับปกปิดรอยขีดบนพื้นผิวของไม้เทียม โดยทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันพาราฟิน ผงไม้ ผงสี และกาวอีวีเอ (EVA) ที่ใช้ในการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม และเน้นศึกษาสมบัติบางประการ ได้แก่ สมบัติการยึดติด และสมบัติเชิงกลที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. การศึกษาเบื้องต้นของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ ได้แก่ การศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค Differential Scanning Calorimetry (DSC) และเทคนิค Thermogravimetric Analysis (TGA)

2. ทดลองเตรียมสูตรเบื้องต้นของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมและทดสอบสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ สมบัติการยึดติด สมบัติทางสัณฐานวิทยา สมบัติทางความร้อน สมบัติเชิงกล และการทดสอบสี

3. ศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม ได้แก่ การศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำมันพาราฟิน ผงไม้ ผงสี และกาวอีวีเอ (EVA)

4. ศึกษาเปรียบเทียบวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้กับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์

5. ศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์โดยการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้า

2. ได้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเพื่อนำไปพัฒนาสมบัติต่าง ๆ และต่อยอด

3. เพื่อช่วยอุตสาหกรรมไม้พลาสติกคอมโพสิตในประเทศ โดยการแก้ไขปัญหาในเรื่องของรอยขูดขีดที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของไม้พลาสติกคอมโพสิต

4. พัฒนาอุตสาหกรรมแว็กซ์ภายในประเทศเพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

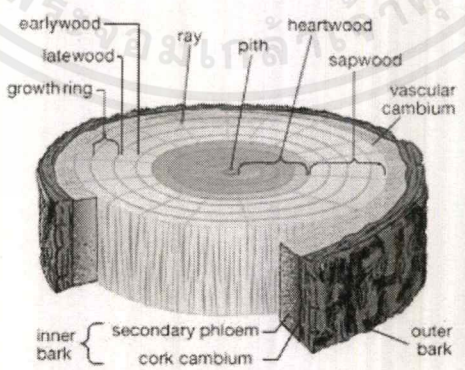
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไม้ธรรมชาติ

2.1.1 องค์ประกอบของไม้ธรรมชาติ

ไม้เป็นอินทรียวัตถุที่มีองค์ประกอบหลักสำคัญคือส่วนเนื้อเยื่อที่เป็นเส้นใยหรือเซลลูโลส มีสัดส่วนประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และสารช่วยยึดเส้นใยเข้าไว้ด้วยกันช่วยเสริมทำให้ไม้มีความแข็งแรงหรือลิกนิน 28 เปอร์เซ็นต์ และอีก 12 เปอร์เซ็นต์ เป็นน้ำตาลและสารประกอบอื่น ๆ [5] เมื่อตัดไม้ออกตามขวางจะพบองค์ประกอบ [6] ดังนี้

1. เปลือก (Bark) เป็นส่วนที่อยู่ด้านนอกสุดของลำต้น ประกอบด้วยเซลล์ที่ตายแล้วและเซลล์ที่ยังมีชีวิต
2. กระพี้ไม้ (Sapwood) เป็นส่วนกลางของเนื้อไม้ที่มีการเจริญเติบโตเปลือกไม้ชั้นในและแก่นไม้มีหน้าที่ในการลำเลียงอาหารและน้ำ
3. แก่นไม้ (Heartwood) เป็นส่วนของเซลล์ของต้นไม้ที่ไม่มีการทำงานแปรสภาพมาจากส่วนกระพี้ เนื้อไม้ส่วนนี้มีความแข็งแกร่งและหนาแน่น
4. วงปี (Annual rings) เป็นแนวต่อของไม้ที่เจริญขึ้นในแต่ละฤดูการเติบโตของไม้ ใช้ในการบ่งบอกอายุของไม้นั้น ๆ ทำให้เกิดลวดลายของไม้
5. เส้นรัศมี (Ray) เป็นเซลล์ขวางลำต้น มีหน้าที่ในการลำเลียงน้ำออกด้านข้าง
6. ใจไม้ (Pith) เป็นจุดเริ่มต้นการเจริญเติบโตของต้นไม้ อยู่ตรงส่วนกลางของลำต้น



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของไม้ในภาพตัดขวาง [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 สมบัติของไม้ธรรมชาติ

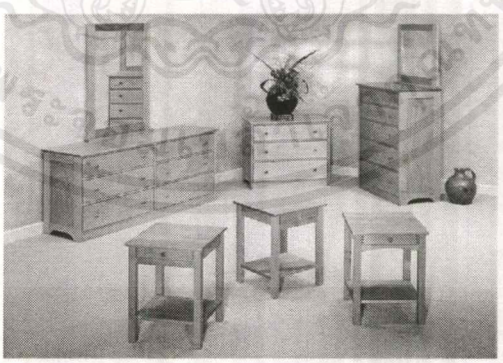
ไม้ธรรมชาติที่จะนำมาใช้ในงานก่อสร้างจะต้องผ่านกระบวนการอบแห้ง และอาบน้ำยามาก่อนเพื่อเพิ่มความสามารถในการป้องกันปลวก รา แมลง ลดความชื้นในเนื้อไม้ และยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น [8]

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของไม้ธรรมชาติ [8]

ข้อดี	ข้อเสีย
มีความสวยงามจากลวดลายตามธรรมชาติ	ดูดความชื้นได้ดี
หาได้ง่าย	ไม่ทนต่อ ปลวก รา และแมลง
สามารถนำไปทำพื้นผิวได้ตามต้องการ	ไม่ทนทานต่อแสง UV
ทนทาน อายุการใช้งานยาวนาน	เมื่อใช้งานเป็นเวลานานทำให้เกิดการซีดจางของไม้
สามารถนำไปแปรรูปได้ง่าย	ติดไฟได้ง่ายและเกิดการลามไฟ

2.1.3 การประยุกต์ใช้งานไม้ธรรมชาติ

มนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากไม้อย่างแพร่หลายตั้งแต่ในอดีตมาจนถึงปัจจุบัน โดยใช้งานเป็นเชื้อเพลิง ทำเฟอร์นิเจอร์ ทำเป็นอาวุธ ทำเครื่องดนตรี หรือเป็นส่วนประกอบในการก่อสร้างที่อยู่อาศัย โดยเป็นส่วนสำคัญในด้านการเสริมโครงสร้าง เช่น คาน เสา หรือเป็นวัสดุเสริมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสร้างหลังคา พื้น หรืออุปกรณ์ประดับตกแต่งภายนอกบ้าน [9]



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานไม้เป็นเฟอร์นิเจอร์ [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานไม้

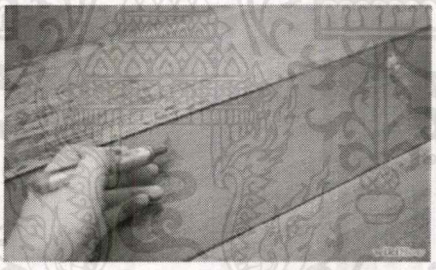
1. การเกิดรอยตำหนิบนพื้นไม้

เมื่อใช้งานไปเป็นเวลานานพื้นไม้อาจเกิดรอยตำหนิขึ้นได้ เช่น รอยขูดขีดจากการลากเฟอร์นิเจอร์ การตกกระทบของของมีคม หรือการกระทำอื่น ๆ ที่ส่งผลทำให้พื้นไม้เกิดร่องรอยขูดขีด ทั้งนี้ร่องรอยดังกล่าวยังเกิดขึ้นจากการติดตั้งหรือการตกแต่งเพิ่มเติม เช่น การตอกตะปู การเจาะรูบนพื้นไม้ เป็นต้น โดยการกระทำเหล่านี้ส่งผลให้พื้นไม้เกิดรอยตำหนิ ทำให้ความสวยงามของพื้นไม้ลดลง และถ้าหากความลึกของร่องรอยที่เกิดขึ้นนั้นลึกมาก อาจจำเป็นต้องเปลี่ยนไม้แผ่นใหม่ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง และยังอาจส่งผลกระทบต่อไม้แผ่นอื่นให้เกิดรอยขึ้นได้อีก แต่ถ้ารอยที่เกิดขึ้นไม่ลึกมากก็สามารถทำการซ่อมแซมแก้ไขได้ด้วยตนเอง

วิธีการแก้ไขรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนพื้นไม้

1. ใช้แปรงทาสีจุ่มสีย้อมไม้ แล้วค่อย ๆ ระบายลงบนตำแหน่งที่เป็นรอย จากนั้นใช้ผ้าแห้งถูวนเบา ๆ เพื่อเกลี่ยสีให้เข้าไปในพื้นไม้ และแต้มสีซ้ำจนกว่าพื้นไม้จะดูกลมกลืนจนไม่เห็นรอย [11]

2. ใช้ปากกาเคมีที่มีสีใกล้เคียงกับพื้นไม้ ระบายลงบนรอย หรือใช้สำลีจุ่มสีย้อมไม้แต้มบนรอยชำรุด [12]



รูปที่ 2.3 การใช้ปากกาเคมีระบายทับรอยขีดบนพื้นไม้ [12]

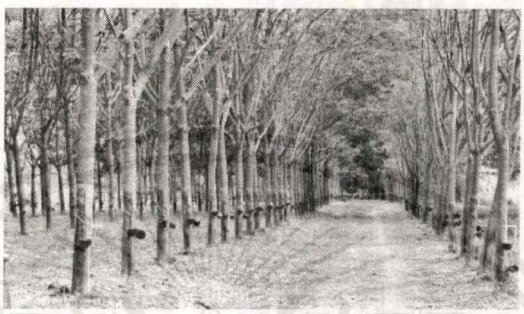
3. ใช้กระดาษทรายเบอร์ 120 หรือ P120 มาขัดตรงบริเวณที่เป็นรอยตามลายไม้ หลังจากขัดเสร็จใช้น้ำยาเคลือบเงาทาทับ

4. ใช้ฝอยขัดหม้อชนิดเส้นใยบาง นำมาถูตรงบริเวณรอยต่าง ๆ ตามลายเนื้อไม้ หลังจากนั้นใช้ผ้าชุบน้ำสะอาดบิดให้หมาดแล้วเช็ดทำความสะอาดอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไม้ยางพารา (Rubber wood)

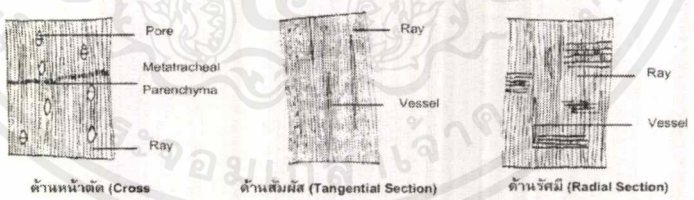
ไม้ยางพารา (Rubber wood) [4] เป็นไม้ยืนต้นที่อยู่ในสกุล Hevea และวงศ์ Euphorbiaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบลุ่มแม่น้ำอะเมซอนในทวีปอเมริกาใต้ เป็นไม้ที่มีลำต้นกลมสูงปานกลาง เปลือกสีเทาดำ เนื้อของไม้ยางพารามีสีขาวอมเหลือง มีความถ่วงจำเพาะ 0.70 g/cm^3 ที่ความชื้นในเนื้อไม้ 12%



รูปที่ 2.4 ต้นยางพารา (Rubber wood) [13]

2.2.1 ลักษณะทั่วไปของไม้ยางพารา

เส้นใยไม้ยางพารามีขนาดความยาวประมาณ 1.26 มิลลิเมตร กว้าง 0.021 มิลลิเมตร คุณสมบัติทางเคมีของไม้ยางพาราสดเมื่อคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ประกอบด้วยสารแทรก (Extractives) 13.28%, เซลลูโลส (Cellulose) 50.63%, เพนโตซาน (Pentosan) 17.17%, ลิกนิน (Lignin) 18.06% และเถ้า 0.86% [4]



รูปที่ 2.5 ลักษณะโครงสร้างของไม้ยางพารา (Rubber wood) [4]

2.2.2 การใช้งานไม้ยางพารา

ปริมาณไม้ยางพาราที่มีอยู่ในประเทศไทย เป็นผลพลอยได้จากการทำอาชีพสวนยาง เมื่อต้นยางมีอายุมาก ประมาณ 18 ปีขึ้นไป ต้นยางพาราจะผลิตน้ำยางได้น้อยไม่คุ้มค่าต่อการกรีด เกษตรกรจึงทำการโค่นยางเก่าเพื่อปลูกยางใหม่ โดยไม้ยางเก่าที่ได้จะถูกนำมาผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์หรือสิ่งปลูกสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ปริมาณไม้ยางพาราที่ได้จากการโค่น ปี พ.ศ. 2554 [4]

ส่วนต่าง ๆ ของไม้ยางพารา	ปริมาณไม้เฉลี่ยจากการตัดโค่น (ตัน/ไร่)*	สัดส่วนปริมาณไม้ 1 ไร่ (ร้อยละ)	ปริมาณการโค่นยางเฉลี่ยทั้งประเทศ (306,495 ไร่)***			
			รวมทั้งหมด (ตัน)	ใช้ในประเทศ (ตัน)	ส่งออก** (ตัน)	นำเข้า** (ตัน)
รากไม้	2.1	4.6	643,639.5	643,693.5	-	-
ขี้เลื่อยและเศษไม้	1.5	3.3	459,742.5	459,742.5	-	-
ไม้ท่อน	42	92.1	12,872,790.0	12,872,790.0	-	-
- ไม้ฟืน	6	14.3	1,838,970.0	1,838,970.0	-	-
- กิ่งไม้และปลายไม้	6	14.3	1,838,970.0	1,838,970.0	-	-
- ไม้เลื่อย	30	71.4	9,194,850.0	9,194,850.0	17.0	76.0
ไม้ยางพารา	45.6	100.0	13,976,172.0	13,976,172.0	-	-

หมายเหตุ : สวนยางพารา 1 ไร่ โดยเฉลี่ยมีต้นยางพาราประมาณ 70 ต้นต่อไร่

ที่มา : * สมาคมธุรกิจไม้ยางพาราไทย

** กรมป่าไม้ อ้างอิงกรมศุลกากร (2554)

*** สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง (2554)

ไม้ยางพาราที่ได้จากการโค่นสามารถแบ่งไปใช้งานได้ 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนของรากไม้และตอไม้ ส่วนของไม้ยางพารา และส่วนของเสีย [4]

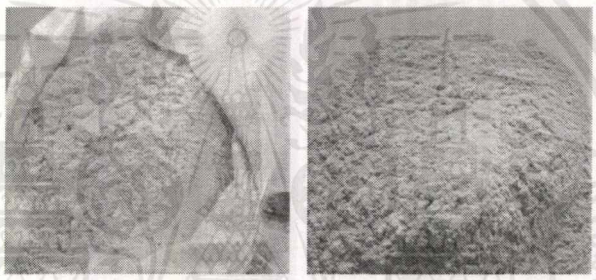
1. **ส่วนของรากไม้และตอไม้** เป็นส่วนที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในเชิงพาณิชย์ เกษตรกรมักที่จะเก็บเอาส่วนนี้ไปเผาทิ้ง หรือนำไปผลิตไฟฟ้าชีวมวล (Biomass power)
2. **ส่วนของไม้ยางพารา** ซึ่งก็คือส่วนที่สามารถนำไปแปรรูปใช้งานได้ ประกอบด้วยไม้ฟืน กิ่งไม้ และไม้เลื่อยหรือไม้ชุง โดยส่วนนี้จะถูกนำไปผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์หรือส่งออกต่างประเทศ
3. **ส่วนของเสีย** คือส่วนของขี้เลื่อยและเศษไม้ ซึ่งส่วนนี้เป็นส่วนที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เกษตรกรจึงเลือกที่จะเผาทิ้งเช่นเดียวกับรากไม้และตอไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ผงไม้ยางพารา

2.3.1 ลักษณะทั่วไปของผงไม้ยางพารา

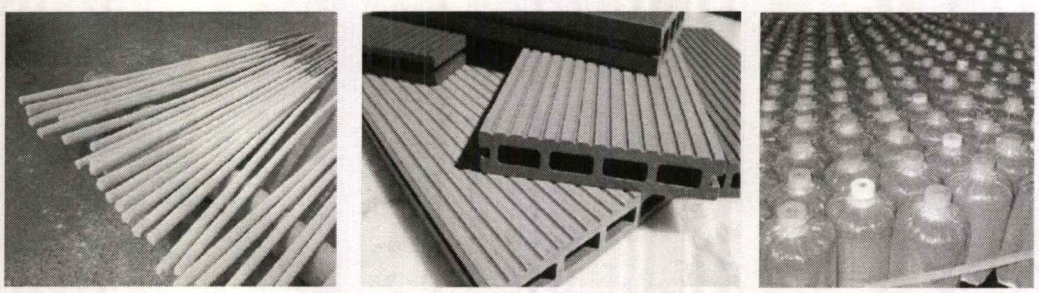
ผงไม้ยางพาราหรือขี้เลื่อย (Sawdust) มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวถึงน้ำตาลอ่อน เป็นเศษเหลือที่ได้จากกระบวนการแปรรูปไม้ยางพาราโดยปริมาณของขี้เลื่อยที่ได้จากการโค่นไม้มีปริมาณมากถึง 1.5 ตันต่อไร่ ขี้เลื่อยเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติที่มีราคาถูก ซึ่งในประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพารารวมทั้งสิ้นประมาณ 19 ล้านไร่ และในปัจจุบันมีปริมาณการโค่นต้นยางเพื่อปลูกทดแทนปีละประมาณ 200,000 ไร่ ได้เนื้อไม้ประมาณ 9 ล้านลูกบาศก์เมตร ประมาณการว่านำไปใช้ประโยชน์ได้เพียงร้อยละ 30 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 70 ถูกเผาทิ้งไปเพราะอยู่ห่างไกลจากถนนไม่สามารถนำรถบรรทุกออกมาได้ [14] และบางส่วนก็คือส่วนของขี้เลื่อยซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้มีปริมาณขี้เลื่อยจำนวนมากที่ไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์



รูปที่ 2.6 ผงไม้ยางพารา [15]

2.3.2 การใช้งานผงไม้ยางพารา

ตามที่กล่าวมาในข้างต้นผงไม้ยางพารามีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จากการโค่นต้นยางพารา จึงทำให้ผงไม้ยางพาราถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายในเชิงอุตสาหกรรมเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับขี้เลื่อย เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งบางโรงงานจะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำ หรือนำไปเพาะเห็ด ทำธูป และใช้เป็นส่วนเสริมแรงในวัสดุคอมโพสิต เพราะหาได้ง่าย และมีราคาถูก อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติทำให้ช่วยลดเวลาในการย่อยสลายของไม้เทียมอีกด้วย และนอกจากนี้ผงไม้ยังมีสีที่อ่อนจึงง่ายต่อการทำสี [4]

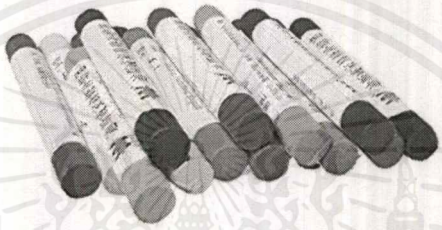


รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการใช้งานผงไม้ [16-18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks)

วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks; WFSs) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อความรวดเร็วและความสะดวกสบายในการปกปิดรอยขูดขีดที่เกิดขึ้นบนพื้นไม้เทียม เนื่องจากวิธีการแบบดั้งเดิม เช่น การใช้ไม้เปลือกแข็งถู หรือใช้กระดาษทรายขัดเพื่อปกปิดรอยตำหนิที่เกิดขึ้น ยังเป็นวิธีที่ให้ประสิทธิภาพการปกปิดรอยได้ไม่ดีเท่าที่ควร ถึงแม้ว่าวิธีการดังกล่าวจะสามารถปกปิดรอยที่เกิดขึ้นได้แต่ว่ายังคงมีปัญหาในเรื่องของความเรียบเนียนและสีที่สม่ำเสมอ โดยวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมจะใช้ในการปกปิดรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนไม้เทียม เช่น รูที่เกิดขึ้นจากการเจาะตะปู รอยขูดขีด หรือหลุมที่เกิดขึ้นบนไม้เทียมจากการใช้งาน



รูปที่ 2.8 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks; WFSs) [19]

2.4.1 การใช้งานวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม

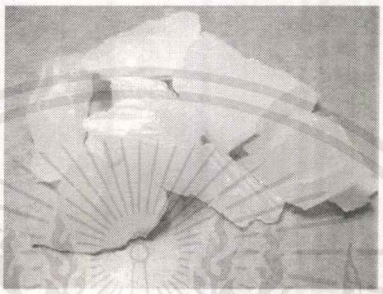
1. เลือกโทนสีของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เหมาะสมกับสีของไม้เทียม
2. ถูวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมลงบนบริเวณที่มีรอยตำหนิ
3. ใช้แท่งพลาสติกในการเกลี่ยและกำจัดวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมส่วนเกิน
4. ใช้ผ้าหยาบที่ไม่มีขน หรือกระดาษทิชชู่ มาถูบริเวณที่เติมเต็มเพื่อทำให้พื้นผิวมีความเรียบเนียน

รูปที่ 2.9 การใช้งานวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม [30]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 พาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax)

พาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax) เป็นสารประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) เป็นแว็กซ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มปิโตรเลียมแว็กซ์ (Petroleum wax) โดยมีสูตรโครงสร้างทางเคมีคือ C_nH_{2n+2} จำนวนคาร์บอนในห่วงโซ่โมเลกุล 19-36 อะตอม (C19-C36) มีลักษณะเป็นของแข็ง มีสีเหลืองอ่อนถึงขาว คล้ายขี้ผึ้ง มีกลิ่นเล็กน้อย ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถละลายได้ใน Ether, Benzene และ Ester บางชนิด มีจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 48-68 องศาเซลเซียส [20]



รูปที่ 2.10 พาราฟินแว็กซ์ [21]

พาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax) เป็นเพียงผลิตภัณฑ์ประเภทหนึ่งเท่านั้นจากผลิตภัณฑ์อีกมากมายที่ได้จากกระบวนกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม พาราฟินแว็กซ์เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลพลอยได้มาจากกระบวนการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Lube base oil process) วัตถุดิบสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคือกากที่เหลือจากการกลั่นภายใต้หอกลั่นบรรยากาศหรือ Long residue ซึ่งจะต้องนำ Long residue ไปผ่านกระบวนการตามขั้นตอนของการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจนถึงกระบวนการกำจัดไขออกจากน้ำมัน ซึ่งไขที่แยกมาเรียกว่าสแลคแว็กซ์ (Slack wax) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการนำไปผลิตภัณฑ์แว็กซ์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตเทียนและอุตสาหกรรมอื่น ๆ [22]

ซึ่งผลิตภัณฑ์แว็กซ์จากปิโตรเลียม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. พาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax) จะมีลักษณะเป็นผลึกใหญ่ซึ่งประกอบด้วย Normal Paraffin เป็นส่วนใหญ่ โดยจะมีจำนวนคาร์บอนอะตอมอยู่ระหว่าง 18-36 อะตอมต่อโมเลกุล

2. ไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ (Microcrystalline wax) และปิโตรลาทัม (Petrolatum) หรือที่เรารู้จักกันในชื่อเชิงพาณิชย์ว่าวาสลีน (Vaseline) นั้นจะมีลักษณะเป็นผลึกที่ละเอียดและเหนียว ซึ่งประกอบด้วย Isoparaffins และ Cycloparaffins เป็นส่วนใหญ่

แว็กซ์ที่ได้นั้นเป็นผลพลอยได้จากหลายอุตสาหกรรมการผลิตและจากหลายแหล่งที่มา เช่น

- ผลิตภัณฑ์แว็กซ์ที่ได้จากปิโตรเลียม (Petroleum waxes) เช่น พาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax) คือแว็กซ์ที่เป็นผลพลอยได้มาจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปิโตรเลียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลิตภัณฑ์แว็กซ์ที่ได้จากพืช (Vegetable waxes) เช่น ปาล์มแว็กซ์ (Palm wax) เป็นแว็กซ์ที่เป็นผลพลอยได้มาจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์ม และซอยแว็กซ์ (Soy wax) เป็นแว็กซ์ที่เป็นผลพลอยได้มาจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง
- ผลิตภัณฑ์แว็กซ์ที่ได้จากสัตว์ (Animal waxes) เช่น ขี้ผึ้งหรือบีแว็กซ์ (Beeswax) เป็นแว็กซ์ที่เป็นผลพลอยได้มาจากอุตสาหกรรมการเลี้ยงผึ้งเพื่อการผลิตน้ำผึ้ง
- ผลิตภัณฑ์แว็กซ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ (Synthetic waxes) เช่น เจลแว็กซ์ (Gel wax) คือแว็กซ์ที่ได้จากการนำมาผสมกันระหว่างน้ำมันขาว (White oil) กับเรซินผงซึ่งเป็นสารประเภทพอลิเมอร์ คือ “Thermoplastic powder resin” ซึ่งมักนิยมใช้เจลแว็กซ์ในการทำเทียนหล่อในภาชนะใส เช่น แก้ว เนื่องจากเนื้อของเจลแว็กซ์มีความใสจนสามารถทำให้มองเห็นสิ่งของตกแต่งต่าง ๆ ในแก้วได้

2.5.1 การจำแนกประเภทของพาราฟินแว็กซ์

พาราฟินแว็กซ์สามารถแบ่งเกรดโดยการใช้ปริมาณน้ำมันในแว็กซ์ (Oil content) โดยแบ่งออกได้เป็น 3 เกรด [24] ดังนี้

- พาราฟินแว็กซ์ฟูลลี่รีไฟน์ (Paraffin wax fully refined) จะมีค่าของปริมาณน้ำมันในแว็กซ์ ตั้งแต่ 0.1% - 0.5% ของน้ำหนักพาราฟินแว็กซ์ (%wt)
- พาราฟินแว็กซ์เซมิรีไฟน์ (Paraffin wax semi refined) จะมีค่าของปริมาณน้ำมันในแว็กซ์ ตั้งแต่ 0.5% - 1.5% ของน้ำหนักพาราฟินแว็กซ์ (%wt)
- พาราฟินแว็กซ์เซมิรีไฟน์ (Paraffin wax semi refined) หรือสแลคแว็กซ์ (Slack wax) จะมีค่าของปริมาณน้ำมันในแว็กซ์ตั้งแต่ 3% - 5% ของน้ำหนักพาราฟินแว็กซ์ (%wt)

พาราฟินแว็กซ์แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

- พาราฟินแว็กซ์แบบแผ่น (Slab form)
- พาราฟินแว็กซ์แบบเม็ด (Granule form)

2.5.2 กระบวนการผลิตพาราฟินแว็กซ์

พาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax) เป็นแว็กซ์ที่ได้มาจากกากส่วนที่เหลือที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบแบบหอกลั่นลำดับส่วน ไขหรือกากแว็กซ์ที่ได้จากกระบวนการกลั่นนี้เรียกว่าสแลคแว็กซ์ (Slack wax) ซึ่งยังมีปริมาณน้ำมันในแว็กซ์สูง จึงต้องนำสแลคแว็กซ์ที่ได้มาผ่านกระบวนการการสกัดน้ำมันออกจากแว็กซ์เพื่อให้ได้พาราฟินแว็กซ์ที่มีปริมาณน้ำมันในแว็กซ์ตามค่ามาตรฐานของพาราฟินแว็กซ์ที่สามารถนำมาใช้ทำเทียนไขและใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สมบัติต่าง ๆ ของพาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax) [23]

สมบัติ	ค่าประมาณ
จุดหลอมเหลว	48-68 องศาเซลเซียส
ความถ่วงจำเพาะ	0.82-0.92 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
จุดเริ่มแข็งกลับตัว (วุ้น)	66-69 องศาเซลเซียส
จุดวาบไฟ	204-271 องศาเซลเซียส
จุดเริ่มติดไฟ	238-263 องศาเซลเซียส
จุดเดือด	350-430 องศาเซลเซียส
ค่าความหนืดที่ 100 องศาเซลเซียส	3.1-7.1 เซนติสโตก
ค่าความอ่อนแข็งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	20 Max/ค่าสูงสุด

2.5.3 ชนิดของพาราฟินแว็กซ์ [24]

1. ขี้ผึ้ง (Bees wax)

เป็นแว็กซ์ที่ได้มาจากผึ้ง มีจุดเด่นคือให้ความนุ่ม เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าแว็กซ์ชนิดอื่น ๆ เหมาะสำหรับใช้เป็นสารเพิ่มความนุ่มชุ่มชื้น ทำให้ผิวนุ่มลื่น หากผลิตภัณฑ์สูตรที่ต้องการความแข็งไม่ควรใช้ขี้ผึ้งเพียงอย่างเดียว แต่ควรใช้ร่วมกับแว็กซ์ชนิดอื่น ๆ ที่มีความแข็งกว่ามีจุดหลอมเหลวสูงกว่า เพื่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

2. Carnauba wax

ได้มาจากพืช Copernicia cerifera มีจุดเด่นคือ มีจุดหลอมเหลวสูง เนื้อแข็ง เหมาะสำหรับช่วยเพิ่มความเสถียรให้แก่สูตรที่ต้องการความแข็ง เช่น ลิปสติก สามารถช่วยป้องกันไม่ให้ลิปสติกเหลวหรืออ่อนตัวแม้ที่ในอุณหภูมิสูง

3. Candelilla wax

ได้มาจากพืช Euphorbia cerifera มีเนื้ออ่อนกว่า Carnauba wax แต่แข็งกว่า Beeswax และมีจุดหลอมเหลวสูงกว่า มีลักษณะพิเศษคือช่วยเพิ่มความเงางามให้กับผลิตภัณฑ์ได้

4. Microcrystalline wax

ได้มาจากแร่ธาตุ (Mineral wax) มีจุดเด่นคือสามารถดูดซับน้ำมันได้มากกว่าแว็กซ์ชนิดอื่น ๆ รวมถึงมีเนื้อที่เนียน จึงมักใช้ในสูตร Lip Balm หรือ Lipstick เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อเนียน และป้องกันการเกิดการแยกชั้นของน้ำมัน (Sweating) ออกจากเนื้อผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 น้ำมันพาราฟิน (Paraffin oil)

น้ำมันพาราฟิน (Paraffin oil) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเช่นเดียวกันกับพาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax) แต่มีความยาวของสายโซ่ที่สั้นกว่าทำให้มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสีและไม่มีกลิ่น เป็นน้ำมันที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ โดยการให้ความร้อนแปรสภาพน้ำมันให้กลายเป็นไอจนลอยขึ้นสู่ชั้นบนของหอกลั่น

2.7 สารให้สี (Colorant)

เป็นสารที่ทำให้เกิดสีสันต่าง ๆ ตามต้องการ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท [25] ดังนี้

1. ผงสี (Pigment) ทำให้เกิดสีในวัสดุโดยไม่ต้องใช้ตัวกลาง เช่น น้ำ ในการทำให้เกิดสีแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มของผงสีชนิดอินทรีย์ (Organic pigment) และผงสีชนิดอนินทรีย์ (Inorganic pigment)

1.1 ผงสีชนิดอินทรีย์ (Organic pigment)

ผงสีชนิดอินทรีย์ (Organic pigment) เป็นสารประกอบในกลุ่มอินทรีย์ มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ได้จากธรรมชาติและการสังเคราะห์ มีความโปร่งใสกว่าผงสีอนินทรีย์ ให้สีเข้ม มันวาว สดใส ตัวอย่างผงสีชนิดอินทรีย์ ได้แก่ Hansa yellow, Carbon black, Phthalocyanine เป็นต้น

1.2 ผงสีชนิดอนินทรีย์ (Inorganic pigment)

ผงสีชนิดอนินทรีย์ (Inorganic pigment) เป็นสารประกอบในกลุ่มอนินทรีย์ มีความเข้มของสีต่ำ สีมีลักษณะทึบแสงสูง ต้านทานแสง และความชื้นได้ดี ได้แก่ สารประกอบออกไซด์ของโลหะต่าง ๆ เช่น Iron oxide, Chrome yellow, Titanium dioxide เป็นต้น

2. สีย้อม (Dye) [26] เป็นสารให้สีที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ ให้สีแก่วัสดุโดยต้องการการละลายสีในตัวกลาง เช่น น้ำ สีย้อมมีความเสถียร ความต้านทานสารเคมี ความร้อน และแสงน้อยกว่าผงสี แต่สีมีความโปร่งใส และสว่างกว่า สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือสีย้อมธรรมชาติ (Natural dye) และสีย้อมสังเคราะห์ (Synthetic dye) โดยสีย้อมสังเคราะห์มักมีราคาถูกกว่าและนิยมใช้มากกว่าสีย้อมธรรมชาติ

2.8 กาวอีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate; EVA)

กาว (Adhesive) [27] เป็นวัสดุที่ใช้สำหรับยึดติดวัสดุตั้งแต่สองชนิดเข้าด้วยกัน ในอดีตมีการใช้กาวที่ได้จากธรรมชาติ เช่น น้ำยางจากต้นไม้ แป้ง ไข่ขาว แต่ในปัจจุบันนิยมใช้เป็นสารจำพวกพอลิเมอร์สังเคราะห์ทั้งชนิดเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่แข็งและให้การยึดติดที่ดีที่อุณหภูมิห้อง และเทอร์โมเซต (Thermoset) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชนิดที่แข็ง และทนทานต่อความร้อนได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กาวอีวีเอ (EVA) เป็นกาวที่ปราศจากตัวทำละลายมีลักษณะเป็นของแข็ง เมื่อต้องการนำไปใช้งานจะต้องนำไปให้ความร้อน จนกลายเป็นของเหลวและเมื่อเย็นตัวลงจะแข็งตัวและสามารถยึดติดวัสดุ 2 ชิ้นเข้าด้วยกันได้ โดยมีส่วนผสมหลักเป็น EVA เรซิน (Ethylene vinyl acetate resin) เป็นองค์ประกอบหลักในการเกิดการยึดติด (Adhesion) กาวชนิดนี้จำเป็นต้องเติมสารต้านอนุมูลอิสระป้องกันการเสื่อมสภาพ เพื่อยืดอายุการใช้งานของกาว เพราะต้องมีการสัมผัสกับความร้อนในระหว่างการใช้งาน [28] เวลาใช้กาวชนิดนี้จะต้องอาศัยปืนยิงกาวไฟฟ้าเป็นตัวช่วยในการละลายกาวจึงจะสามารถนำไปใช้งานได้ ลักษณะของกาวเหมาะที่จะนำไปใช้งานที่ต้องการการยึดติดอย่างรวดเร็วแต่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก เช่น งานเฟอร์นิเจอร์ ของเล่น รองเท้า เป็นต้น [29]

2.9 วัสดุคอมโพสิต

2.9.1 นิยามของวัสดุคอมโพสิต

วัสดุประกอบหรือวัสดุคอมโพสิต (Composite) คือวัสดุที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ชนิดขึ้นไปโดยมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน โดยองค์ประกอบทั้งสองส่วนทำให้สมบัติโดยรวมของเนื้อพอลิเมอร์ดีขึ้นตามสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดที่ผสมเข้าไป เป็นการนำเอาสมบัติเด่นของวัสดุทั้งสองชนิดรวมเข้าด้วยกัน ทำให้วัสดุประกอบมีจุดเด่นหลายอย่าง เช่น มีค่าความแข็งแรงและความแข็งตึง (Stiffness) สูง สามารถขึ้นรูปได้ง่าย น้ำหนักเบา และทนทานต่อสภาพแวดล้อม โดยวัสดุประกอบจะประกอบไปด้วยส่วนเสริมแรง (Reinforcement) และวัสดุหลัก (Matrix) [31]

1. ส่วนเสริมแรง (Reinforcement) เป็นส่วนที่ทำให้วัสดุประกอบมีความแข็งแรงหรือเป็นส่วนรับแรงหลัก ช่วยเพิ่มหรือปรับปรุงสมบัติของวัสดุให้ดีขึ้น ซึ่งส่วนเสริมแรงอาจอยู่ในรูปของเส้นใย เช่น เส้นใยธรรมชาติ (Natural fiber) เส้นใยแก้ว (Glass fiber) เส้นใยคาร์บอน (Carbon fiber) เป็นต้น หรืออาจเป็นอนุภาคขนาดเล็กฝังตัวอยู่ในวัสดุหลัก

2. วัสดุหลักหรือเมทริกซ์ (Matrix) เป็นส่วนที่มีความต่อเนื่อง (Continuous phase) ซึ่งก็คือเนื้อพอลิเมอร์ (Polymer) ทำหน้าที่รองรับส่วนเสริมแรงให้อยู่ในรูปร่างที่กำหนด ช่วยในการกระจายแรงที่กระทำต่อวัสดุไปที่ส่วนเสริมแรงและช่วยป้องกันการเสียสภาพของส่วนเสริมแรงจากสิ่งแวดล้อม เช่น การเสียดสี การกระแทก ความร้อน และความชื้น เป็นต้น

2.9.2 ข้อดีและข้อเสียของวัสดุคอมโพสิต [32]

1. ข้อดีของวัสดุคอมโพสิต
   - น้ำหนักเบา เนื่องจากมีความหนาแน่นต่ำ
   - ทนทานต่อการเสียดสีขัดถู (Wear resistance) และทนการสึกกร่อน (Corrosion resistance)
   - อายุการใช้งานยาวนาน
   - คงรูป มีเสถียรภาพของรูปร่างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

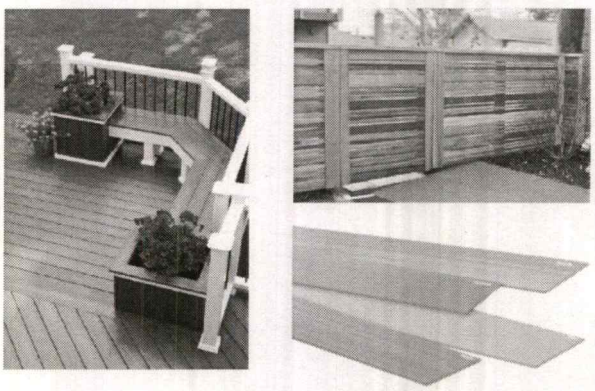
- สมบัติเชิงกลสูง เช่น ความแข็งแรง (Stiffness) การรับแรง (Damping) ความทนทานต่อการล้า (Fatigue resistance)
- เลือกกระบวนการขึ้นรูปได้หลากหลาย
- มีสมบัติให้เลือกใช้งานได้หลากหลายขึ้นกับชนิดของพลาสติก เส้นใยที่ใช้ และกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

2. ข้อเสียของวัสดุคอมโพสิต
   - ต้นทุนการผลิตสูง ทั้งราคาของวัตถุดิบและเครื่องจักร
   - ตรวจวิเคราะห์สมบัติของคอมโพสิตได้ยาก
   - การเชื่อมติดกับวัสดุชนิดอื่นทำได้ยาก
   - ส่วนใหญ่มีสมบัติในแต่ละทิศทางไม่เท่ากัน (Anisotropy) เนื่องจากการจัดเรียงตัวของเส้นใยที่เป็นส่วนเสริมแรง
   - การนำกลับมาหลอมขึ้นรูปใหม่ทำได้ยาก

2.10 ไม้พลาสติกคอมโพสิต

2.10.1 นิยามของไม้พลาสติกคอมโพสิต

ไม้พลาสติกคอมโพสิต (Wood Plastic Composites; WPCs) หรือไม้เทียม คือวัสดุทดแทนไม้ ที่ประกอบด้วยไม้จริงซึ่งอยู่ในรูปแบบของเส้นใย ผงไม้ หรือชิ้นไม้ขนาดเล็กซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนเสริมแรง (Reinforcement) ผสมร่วมกับพอลิเมอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นวัสดุหลักหรือเมทริกซ์ (Matrix) ได้เป็นวัสดุประกอบหรือวัสดุคอมโพสิต (Composite material) เพื่อผลิตเป็นไม้เทียมประเภทต่าง ๆ ไม้เทียมถูกทำเลียนแบบไม้ธรรมชาติ มีสีสัน รูปลักษณ์ภายนอกที่ใกล้เคียงกับไม้จริง และสามารถนำมาใช้ทดแทนไม้จริงและถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายทั้งไม้พื้น (Decking) ไม้ระแนง (Lath) ไม้ฝา (Siding board) ไม้รั้ว (Fencing) เป็นต้น เพื่อช่วยลดข้อจำกัดในการใช้ไม้จากธรรมชาติ เช่น ปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า การยืดและหดตัว และปัญหาจากการกัดกินของปลวกราและแมลง เป็นต้น [33]

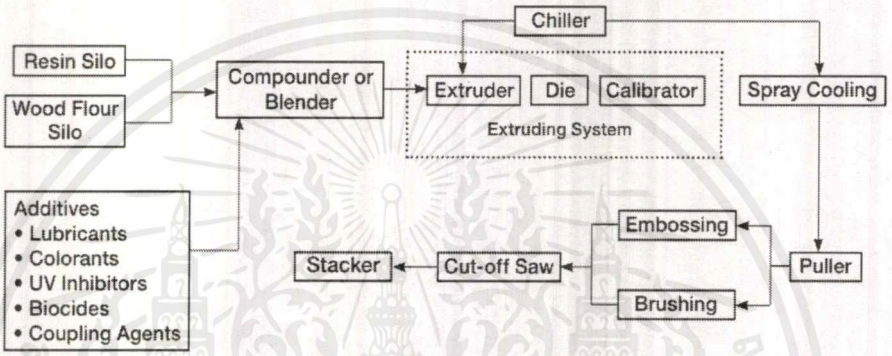


รูปที่ 2.11 ไม้พลาสติกคอมโพสิต (WPCs) [34-36]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 กระบวนการผลิตไม้พลาสติกคอมโพสิต

ไม้พลาสติกคอมโพสิต (Wood Plastic Composites; WPCs) ประกอบด้วยผงไม้และพอลิเมอร์ โดยผงไม้เป็นวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ ส่วนพอลิเมอร์เป็นวัสดุที่ได้จากการสังเคราะห์นำมาผสมกันและขึ้นรูปด้วยวิธีการที่แตกต่างกันขึ้นกับความต้องการของผู้ผลิต เช่น ขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดรีด (Extrusion molding) และกระบวนฉีดขึ้นรูป (Injection molding) เป็นต้น โดยแต่ละวิธีการผลิตมีข้อจำกัดในเรื่องของการขึ้นรูปที่แตกต่างกัน ทั้งเรื่องของรูปร่าง ขนาด การเตรียมและการผสมวัตถุดิบ กำลังการผลิต และปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง [37]



รูปที่ 2.12 กระบวนการผลิตไม้พลาสติกคอมโพสิต (Wood Plastic Composites; WPCs) [37]

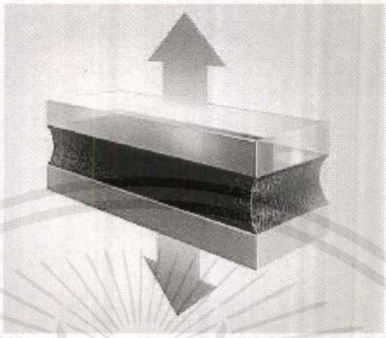
อุตสาหกรรมไม้พลาสติกคอมโพสิตเติบโตขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน จึงนำไปสู่กระบวนการผลิตที่หลากหลายเพื่อตอบสนองความต้องการทั้งในรูปของกำลังการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยปัจจุบันไม้พลาสติกคอมโพสิตจะนิยมผสมวัตถุดิบให้อยู่ในรูปของเม็ดคอมปาวด์ (WPCs compound) จากนั้นนำไปขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดรีด (Extrusion molding) ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความยาวต่อเนื่อง เหมาะสำหรับงานไม้พื้น (Decking) และไม้รั้ว (Fencing) เป็นต้น แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการลวดลาย หรือความละเอียดสูงก็จะใช้เทคนิคการขึ้นรูปด้วยวิธีฉีดขึ้นรูป (Injection molding) เช่น ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ และอุปกรณ์ตกแต่ง เป็นต้น

2.11 การยึดติด (Adhesion)

การยึดติดระหว่างผิวหน้าวัสดุ [38] อาจกระทำได้โดยการใช้กาวหรือไม่ใช้กาว ถ้าผิวหน้าทั้งสองมีสภาพที่พร้อมสำหรับการยึดติดด้วยปัจจัยทางกายภาพหรือปัจจัยทางเคมี หรือปัจจัยทั้งสองประกอบเสริมกันก็จะช่วยให้การยึดติดมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น ปัจจัยทางกายภาพมักเป็นโครงสร้างพื้นผิวที่สามารถยึดเนื้อวัสดุไว้ในลักษณะที่เป็นโพรงหรือช่องว่าง เช่นเดียวกับการอุดฟันที่วัสดุอุดฟันจะแข็งตัวแล้วถูกยึดอยู่ภายในช่องว่างที่เป็นโพรงของฟัน การยึดติดลักษณะนี้เป็นไปตามกลไกที่เรียกว่าการยึดติดเชิงกล (Mechanical interlocking) ที่อาศัยการยึดติดที่เป็นสมบัติทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กายภาพ ส่วนการใช้หลักการทางเคมีในการยึดผิวหน้าวัสดุต่างชนิดกันที่มีโครงสร้างเคมีแตกต่างกัน การที่ยึดติดกันไม่ดีโดยธรรมชาติ เนื่องจากสภาพขั้วแตกต่างกัน ถ้าอาศัยหลักการนี้ การยึดติดพื้นผิวที่มีสภาพขั้วแตกต่างกันจะต้องมีการปรับโครงสร้างทางเคมีของพื้นผิวที่ต้องการนำมาติดกันด้วยวิธีทางเคมี (Chemical modification) เพื่อให้มีหมู่ฟังก์ชันที่พร้อมทำปฏิกิริยากัน

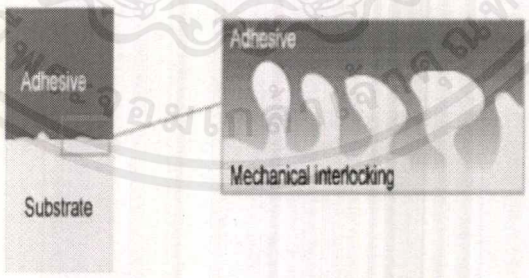


รูปที่ 2.13 การยึดติดด้วยชั้นกาว [39]

2.11.1 ทฤษฎีการยึดติด

กลไกการยึดติดมีอยู่ด้วยกันหลายทฤษฎี [27] ประกอบไปด้วย

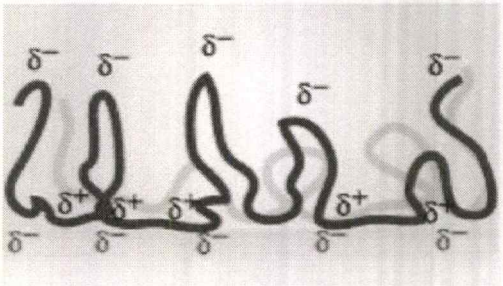
1. Mechanical interlocking เป็นแรงยึดติดทางกล เกิดขึ้นเนื่องจากการไหลของสารยึดติดหรือกาวเข้าไปแทนที่อากาศในช่องว่างบนพื้นผิวของวัสดุ หรือมีการแพร่ผ่านลงไปยังเนื้อวัสดุ ซึ่งการยึดติดประเภทนี้ จะเกิดขึ้นเมื่อผิวหน้าของวัสดุมีความขรุขระทำให้เพิ่มพื้นผิวสัมผัสระหว่างสารยึดติดและวัสดุ



รูปที่ 2.14 แรงยึดติดทางกล [27]

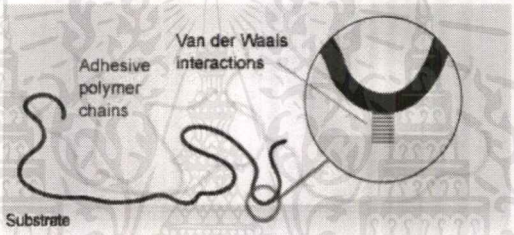
2. Electrostatic theory เป็นการยึดติดด้วยแรงทางประจุไฟฟ้า ซึ่งเป็นแรงดึงดูดที่เกิดจากการแยกชั้นของประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เช่น การยึดติดของพอลิเมอร์กับโลหะ อิเล็กตรอนจะเคลื่อนย้ายจากโลหะไปยังพอลิเมอร์เกิดเป็นประจุไฟฟ้าที่ต่างกันขึ้นที่พื้นผิวของวัสดุทั้งสองชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



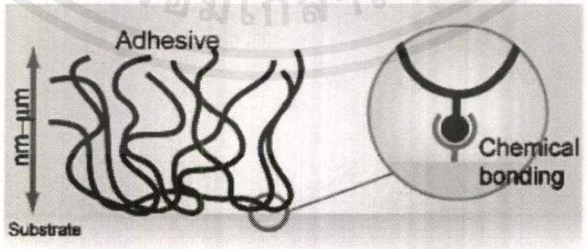
รูปที่ 2.15 การยึดติดด้วยแรงทางไฟฟ้า [27]

3. Adsorption mechanism เป็นการยึดติดด้วยแรงกระทำระหว่างโมเลกุล เช่น แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der waal) แรงกระทำที่เกิดขึ้นจากความเป็นกรดด่าง หรือความสามารถในการเปียกผิวของกาวบนผิวของวัสดุ



รูปที่ 2.16 การยึดติดด้วยแรงกระทำระหว่างโมเลกุล [27]

4. Chemisorption theory เป็นการยึดติดที่เกิดจากพันธะเคมี ซึ่งมีพลังงานพันธะของสารยึดติดหรือกาวกับผิวสัมผัสไม่เท่ากัน ส่งผลต่อความแข็งแรงของการยึดติด โดยถ้าหากพลังงานพันธะสูงแสดงว่าพันธะที่เกิดขึ้นนั้นมีความแข็งแรงมาก



รูปที่ 2.17 การยึดติดที่เกิดจากพันธะเคมี [27]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 การเตรียมพื้นผิว (Surface preparation)

นอกเหนือจากการปรับผิว [38] หรือการใช้กาวระหว่างผิวทั้งสองจะมีความสำคัญต่อความแข็งแรงในการยึดติดแล้ว การเตรียมพื้นผิวก่อนที่จะนำผิวทั้งสองมาติดกันก็สำคัญมากต่อการยึดติดด้วยเช่นกัน การเตรียมพื้นผิวที่ดีจะช่วยให้การยึดติดมีค่าสูงสุดตามต้องการ เป้าหมายของการเตรียมพื้นผิวมีดังนี้

1. กำจัดสิ่งสกปรกที่ผิวหน้า

อาจเป็นสารหรือโมเลกุลที่ลอยมาจากอากาศโดยรอบที่เป็นฝุ่นผง ละอองน้ำมัน ความชื้นหรือสารโมเลกุลต่ำที่ผสมอยู่ในวัสดุและแพร่ออกมาที่ผิวหน้าของวัสดุ

2. ทำให้โมเลกุลของหมู่เคมีสามารถสัมผัสกันได้ดี (Intermate contact) เพื่อการเชื่อมโยงที่ดี

3. ทำให้แรงยึดติดที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสมีค่าสูงสุดทั้งช่วงเริ่มต้นและตลอดอายุการใช้งาน

4. เพื่อสร้างพื้นผิวเฉพาะของวัสดุตามที่ต้องการ เช่น เพิ่มความขรุขระเพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างตัวเชื่อมประสานกับผิวหน้าของวัสดุ และสร้างหมู่เคมีได้ตามต้องการ

รูปที่ 2.18 การใช้กระดาษทรายขัดผิวหน้าวัสดุ [40]

การเตรียมพื้นผิวอาจกระทำได้ด้วยวิธีการทั้งทางกายภาพและเคมี ผลที่ได้อาจเกิดผลทั้งกายภาพและเคมีได้พร้อม ๆ กัน การกำจัดสิ่งสกปรกบนผิวหน้าแบบง่าย ๆ อาจใช้กระดาษทรายขัดถู ผลที่ได้นอกจากจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสเนื่องจากเกิดผิวที่ขรุขระมากขึ้นแล้ว ยังเป็นการกำจัดสิ่งสกปรกออกด้วย การกระทำและผลที่ได้นี้เป็นผลในทางกายภาพ อีกวิธีการหนึ่งที่ทำกันมากเช่นกันคือการล้างผิวด้วยสารออกซิไดซ์ (Oxidizing agent) ซึ่งเป็นสารที่ประกอบด้วยออกซิเจนหลายอะตอมอยู่ในโมเลกุลผสมกับกรดแก่เข้มข้น เช่น ของผสมโพแทสเซียมไดโครเมตกับกรดกำมะถัน เป็นต้น สารพวกนี้สามารถกัดพื้นผิววัสดุ (Etch) ให้เกิดความขรุขระได้เหมือนการขัดถูด้วยกระดาษทรายและสามารถเปลี่ยนสภาพความเป็นขั้วของพื้นผิวได้อีกด้วย โดยส่วนใหญ่มักเกิดปฏิกิริยาการเติมหมู่ที่มีออกซิเจนที่พื้นผิว ทำให้เกิดการเพิ่มสภาพขั้วหรือเพิ่มพลังงานพื้นผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Surface energy) ที่ช่วยให้เกิดการยึดติดด้วยตัวเชื่อมประสานสามารถเกิดได้ง่ายขึ้นและเกิดปฏิกิริยาว่องไวมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการเชื่อมโยงที่พื้นผิวเป็นพันธะเคมีที่แข็งแรงขึ้นด้วย พื้นผิวที่เหมาะสมและให้ผลดีที่จะใช้วิธีนี้คือ พื้นผิวของวัสดุพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างอสัณฐาน (Amorphous polymer) หรือโครงสร้างไม่เป็นผลึก กล่าวคือวัสดุพวกยางต่าง ๆ ส่วนวัสดุที่มีโครงสร้างเป็นผลึก (Crystalline polymer) อย่างเช่น พอลิเอทิลีนซึ่งเป็นพลาสติกที่มีความเป็นผลึกสูง สารชะล้างประเภทนี้จะกัดกร่อนได้เฉพาะส่วนที่เป็นโครงสร้างอสัณฐานของพอลิเอทิลีนเท่านั้น

การปรับพื้นผิวที่ให้ผลการยึดติดที่ดีอีกทางหนึ่งคือการติดสายโซ่ของพอลิเมอร์หนึ่งที่ผิวหน้าวัสดุเรียกทั่วไปว่าการกราฟท์ (Grafting) ที่นิยมทำกันมาก เช่น การติดสายโซ่ของพอลิเมทิล-เมทาคริเลต (Polymethylmethacrylate; PMMA) ลงบนผิวหน้ายางธรรมชาติเพื่อเพิ่มสภาพขั้ว หรือการเพิ่มหมู่มาเลอิกแอนไฮไดรด์ (Maleic anhydride) ที่เรียกชื่อทั่ว ๆ ไปว่าพอลิเมอร์กราฟท์มาเลอิกแอนไฮไดรด์ ทั้ง ๆ ที่ไม่ได้เป็นสายโซ่พอลิเมอร์เหมือนนิยาม แต่เป็นโมเลกุลเดี่ยวของมาเลอิกแอนไฮไดรด์ที่ใช้พันธะคู่ในการทำปฏิกิริยาบนสายโซ่หลักของพอลิเมอร์ ที่เรียกเช่นนี้เพราะตำแหน่งของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนสายโซ่พอลิเมอร์นี้ว่องไวและสามารถทำปฏิกิริยาสังเคราะห์ต่อเป็นสายโซ่พอลิเมอร์ชนิดที่สองได้

2.11.3 ปัญหาของการยึดติด

ปัญหาที่เกิดจากการยึดติด [38] ไม่ว่าจะใช้กาวหรือไม่ใช้กาว ส่วนใหญ่มักเกิดจากการที่ผู้ปฏิบัติขาดความรู้พื้นฐานเรื่องการยึดติด ในการใช้งานจริงนั้นผู้ปฏิบัติมักทำงานด้วยความเคยชิน จึงมักไม่ระวังหรือตระหนักเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการยึดติดสูงสุด โดยปัญหาจากการยึดติดมักเกิดจากสิ่งต่อไปนี้

1. การเตรียมพื้นผิวที่ไม่เหมาะสม

ผิวหน้าวัสดุมีสารแปลกปลอมไม่พึงประสงค์ เนื่องจากสิ่งแปลกปลอมเหล่านี้จะเข้าไปขัดขวางการทำปฏิกิริยาหรือการทำหน้าที่ในการยึดติดของสารยึดติด หรือการทำความสะอาดผิวหน้าไม่เหมาะสมที่อาจเกิดจากการใช้ตัวทำละลายที่ทำให้เกิดชั้นฟิล์มบางหลงเหลือที่ผิวหน้า อีกประการหนึ่งคือผิวหน้าที่ปรับเตรียมไว้แล้วมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งก่อนการประกบติดผิวหน้าวัสดุอาจมีการปรับผิวทางกายภาพหรือทางเคมี หมู่เคมีที่ผิวอาจสูญเสียเสถียรภาพและเปลี่ยนโครงสร้างเป็นหมู่อนุพันธ์ที่มีความว่องไวลดลง

2. การเลือกใช้สารยึดติดไม่เหมาะสม

ชนิดและโครงสร้างของสารยึดติดเชื่อมติดกับพื้นผิวได้ไม่ดี ถ้ารู้กลไกหรือปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นก็จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ รวมทั้งอาจทราบและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้สารยึดติดไม่ถูกวิธีและเหมาะสม

ต้องทราบว่าสภาวะในการทำงานที่ดีที่สุดของสารยึดติดคืออะไร เช่น ความหนืด ความเข้มข้น โดยความเข้มข้นจะมีผลโดยตรงต่อปริมาณความแข็งแรงในการสร้างพันธะการยึดติด ส่วนความหนืดทำให้การเคลือบหรือสัมผัสผิวหน้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

John Schierlmann [41] คิดค้นอุปกรณ์สำหรับปกปิดรอยขีดบนพื้นไม้ โดยวัสดุปกปิดรอยขีดไม้นี้มีชื่อว่า Wax filler sticks ซึ่งประกอบด้วยไขถั่วเหลือง (Soy wax) ขี้ผึ้งสังเคราะห์ (Synthetic bees wax) และผงสี (Pigment) วัสดุปกปิดรอยขีดไม้ที่นำมาใช้ปกปิดร่องรอยที่เกิดขึ้นบนพื้นไม้จากรอยหลุมของตะปู รอยขูดขีดจากของมีคม ถูกออกแบบมาให้มีสีที่หลากหลายเพื่อให้สามารถเลือกใช้งานได้เหมาะสมกับสีของไม้ดั้งเดิม

ในอดีตการซ่อมแซมหรือปกปิดร่องรอยขูดขีดบนพื้นไม้มักนิยมใช้ไม้เปลือกแข็ง เช่น Brazil nut, Black walnut เป็นต้น โดยใช้วิธีการถูเปลือกไม้ลงบนบริเวณที่มีรอยขูดขีด หรืออีกวิธีการหนึ่งคือใช้ผงกาแฟ สีเทียน น้ำยาขัดรองเท้า หรือไอโอดีนในการปกปิดร่องรอยที่เกิดขึ้น

ในปัจจุบันจึงได้มีการคิดค้นและพัฒนาวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เพื่อความสะดวกสบายในการใช้งาน และสามารถปกปิดร่องรอยที่เกิดขึ้นบนพื้นไม้ โดยทำการหลอมไขถั่วเหลือง (Soy wax) และขี้ผึ้งสังเคราะห์ (Synthetic bees wax) จนละลาย เติมพอลิซอร์เบต (Polysorbate) และผงสีคนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทใส่ลงในแม่พิมพ์ทิ้งไว้จนเย็นแล้วแกะออกจากแม่พิมพ์ได้วัสดุปกปิดรอยขีดไม้ที่พร้อมใช้งาน วัสดุปกปิดรอยขีดไม้ที่ได้ถูกออกแบบมาให้มีทั้งหมด 6 เฉดสี คือสีดำ สีขาว และโทนสีน้ำตาลอีก 4 โทนสี ซึ่งสีเหล่านี้สามารถใช้งานผสมร่วมกัน (Blendable) ได้เพื่อให้ได้สีที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับสีไม้ดั้งเดิม

Choi Young-ho [42] คิดค้นวัสดุที่ใช้เติมเต็มรอยขูดขีด หรือรอยหลุมบนพื้นผิว เช่น พื้นไม้ พลาสติก หรือเหล็ก โดยมีองค์ประกอบหลักคือพาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax) ไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ (Microcrystalline wax) ทำหน้าที่ช่วยปรับความข้นหนืดให้กับพาราฟินแว็กซ์ ช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอของสี (Color uniformity) และป้องกันการแยกชั้น (Sweating) ขี้ผึ้งสีน้ำตาล (Montan wax) ชันสน (Liquid rosin) ทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการยึดติด และสารต้านการออกซิเดชัน (Antioxidant) เพื่อป้องกันการซีดจางของสี โดยการใช้งานต้องให้ความร้อนกับแท่งแว็กซ์จนเริ่มหลอมแล้วนำไปทาลงบริเวณที่ต้องการเติมเต็มรอยหลุมหรือบริเวณที่ต้องการปกปิดร่องรอยการขีดข่วนบนพื้นผิวของวัสดุ

Liu Junliang, Ye Kelin, Wang Hongda และ Huang Peiwei [43] ได้กล่าวถึงการเตรียมผงสำหรับใช้อุดรูและรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนไม้ โดยประเทศจีนมีทรัพยากรป่าไม้ที่น้อย จึงทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการป้องกันป่าไม้ธรรมชาติ (Natural forest protection project) ขึ้น โดยมีการจัดพื้นที่สำหรับปลูกป่าไม้เพิ่ม ต้นไม้ที่ปลูกประกอบไปด้วยต้นเฟอร์ (Fir) ต้นสนสแลช (Slash pine) ต้นยูคาลิปตัส (Eucalyptus) ต้นอะคาเซีย (Acacia) และอื่น ๆ อีกหลายชนิด แต่ต้นไม้เหล่านี้มีวงจรการเติบโตที่สั้น ทำให้ได้ไม้ที่มีความหนาแน่นต่ำ โดยเฉพาะไม้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก ทำให้มีปัญหาในการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ไม้เกิดการหดตัว บวมตัว ผิวด้านนอกมีรอยแตก มีรูที่เกิดขึ้นจากการเจาะของหนอน และการกระทบกระแทกอื่น ๆ โดยมักเกิดขึ้นกับกรอบประตู หน้าต่าง ซึ่งจะแก้ไขโดยการใช้ผงอุดรู (Putty) ดังนั้นคุณภาพของผงอุดรูจึงมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แปรรูปโดยตรง

ในปัจจุบันวัสดุที่ใช้ทั่วไปในการซ่อมแซมรอยตำหนิบนพื้นไม้ก็คือใช้ผงอุดรู (Putty) ที่ทำจากคาร์บอเนต ซึ่งมีความเหนียวและการยึดเกาะที่ไม่ดีในสภาพแวดล้อมที่เปียกชื้นเพราะมีความต้านทานน้ำต่ำ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แปรรูประหว่างการขนส่งทางไกล

ผงไม้ (Wood flour) เป็นวัสดุที่ใช้แทนที่คาร์บอเนต เพื่อเป็นการเตรียมผงสำหรับอุดรูที่มีสีของไม้เองสำหรับลูกค้าในต่างประเทศ

ในหลายปีที่ผ่านมามีรายงานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ซ่อมแซมไม้เพิ่มเข้ามา เช่น ในสิทธิบัตรเลขที่ CN1051374A ได้คิดค้นผงปูนที่ละลายน้ำได้ ประกอบด้วยแมกนีเซียมคลอไรด์ แมกนีเซียมออกไซด์ ควอตซ์ ผงไม้ แคลเซียมและแมกนีเซียมฟอสเฟต 6 ชนิดของผงผสมเฟอรัสซัลเฟต เมื่อนำไปใช้งานจะต้องนำไปผสมกับน้ำ โดยปริมาณผงไม้ที่เหมาะสมอยู่ที่ 4.5%

สิทธิบัตรเลขที่ CN1361212A ผงอุดรู (Putty) ประกอบไปด้วยแป้ง กาว ผงสี ผงไม้ น้ำ และวัสดุเซลลูโลส

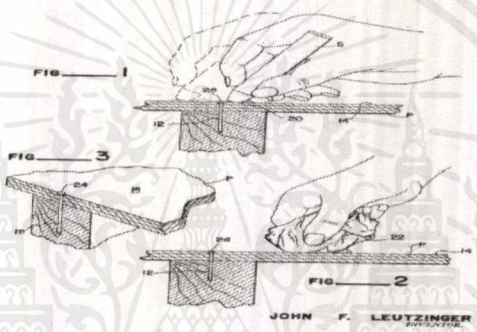
สิทธิบัตรเลขที่ CN1506427A สารเติมเต็มผิวอเนกประสงค์สำหรับไม้ มีองค์ประกอบของผงไม้หรือชังข้าวโพด ผงฟาง โดยจะนิยมใช้งานกับแผ่นไม้อัดเป็นหลัก

และการคิดค้นในงานสิทธิบัตรนี้คือการเตรียมผงอุดรูโดยมีผงไม้ (Wood flour) เป็นองค์ประกอบหลัก ประกอบไปด้วยน้ำยางขาว (White latex) 100 ส่วนโดยน้ำหนัก ผงไม้ละเอียด 40 ส่วนโดยน้ำหนัก สารฆ่าเชื้อรา (Fungicide) และสารเชื่อมโยง (Curing agent) 1-3 ส่วนโดยน้ำหนัก โดยขนาดของผงไม้ที่ใช้อยู่ที่ 300-1,000 เมช ซึ่งควรใช้ที่ขนาดเล็กมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อการกระจายตัวที่ดี เมื่อผสมผงไม้กับวัสดุอื่นจะทำให้เกิดโครงสร้างเครือข่ายสามมิติ ทำให้มีความทนทานและยึดเกาะได้ดี ผงไม้ก่อนที่จะนำไปใช้ต้องผ่านการอบแห้งและควรมีค่าความชื้น (Moisture content) ไม่เกิน 10%

ขั้นตอนการผสม เริ่มต้นโดยการผสมผงไม้กับน้ำยางขาว จากนั้นใส่สารฆ่าเชื้อราและสารเชื่อมโยง คนส่วนประกอบทั้งหมดให้เข้ากัน ก็จะทำให้ได้ผงไม้อุดรู (Wood putty) ที่ต้องการ โดยผงไม้อุดรูที่ได้นั้นได้ผ่านการทดสอบสมบัติต่าง ๆ พบว่ามีความสามารถในการทนทานต่อน้ำและความแข็งแรงยึดติดที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

John F. Leutzinger [44] คิดค้นวัสดุสำหรับเติมเต็มรอยที่เกิดขึ้นจากการเจาะตะปู (Nail hole) ลงบนผิวหน้าของไม้หรือรอยเล็ก ๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานไม้หรือของมีคมขีดข่วน ในอดีตรอยที่เกิดขึ้นจากการเจาะตะปูถูกเติมเต็มด้วยปูนผสมกับสารให้สีเพื่อให้มีสีใกล้เคียงกับไม้ แต่มีปัญหาคือเกิดการหดตัวของวัสดุเติมเต็มหลังจากเติมเต็มลงในรอยแล้ว วัสดุที่เติมลงไปมีความขุ่นเมื่อเทียบกับพื้นที่บริเวณรอบข้างที่มีความเงา สีที่ได้ไม่เหมือนกับสีไม้แบบดั้งเดิม เกิดรอยขูดขีดขึ้นเพิ่มเติมเนื่องจากการเกลี่ยวัสดุอุดรูให้เรียบเนียน จึงได้มีการคิดค้นวัสดุเพื่อเติมเต็มรอยขีดไม้ขึ้นใหม่เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ โดยมีวิธีการใช้งานคือถูแท่งวัสดุเติมเต็มรอยบนรอยที่ต้องการเติมเต็มไปมาจนแน่ใจว่าวัสดุปกปิดรอยขีดไม้ถูกเติมเต็มลงบนรอย แล้วนำผ้าแห้งหยาบ เช่น ผ้าป่านหยาบ มาเช็ดที่ผิวหน้าชิ้นงานเพื่อกำจัดส่วนเกินของวัสดุเติมเต็มออกจากผิวหน้าของชิ้นงานและทำให้พื้นผิวเรียบเนียน



รูปที่ 2.19 การใช้งานวัสดุเติมเต็มในการเติมเต็มรอยรูตะปู [44]

โดยวัสดุเติมเต็มรอยขีดไม้นี้มีหลายสูตร โดยบางสูตรสามารถปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมกับสภาวะการใช้งานได้ โดยแต่ละสูตรจะประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- สูตรที่ 1 มีองค์ประกอบ คือ Boiled linseed oil 20 เปอร์เซ็นต์, Paraffin143-145 AMP 15 เปอร์เซ็นต์, Ceramid wax 25 เปอร์เซ็นต์, Synthetic wax 35 เปอร์เซ็นต์ และ Carbocera 5 เปอร์เซ็นต์
- สูตรที่ 2 มีองค์ประกอบ คือ Boiled linseed oil 24 เปอร์เซ็นต์, Paraffin125-127 AMP 11.5 เปอร์เซ็นต์, Emulsowax1530 58 เปอร์เซ็นต์ และ Carnauba No.3 north country 6.5 เปอร์เซ็นต์
- สูตรที่ 3 มีองค์ประกอบ คือ Boiled linseed oil 15 เปอร์เซ็นต์, Paraffin143-145 AMP 30 เปอร์เซ็นต์, Flexowax C 20 เปอร์เซ็นต์, Ceramid 30 เปอร์เซ็นต์ และ Carboccera1191 5 เปอร์เซ็นต์
- สูตรที่ 4 มีองค์ประกอบ คือ Boiled linseed oil 10 เปอร์เซ็นต์, Paraffin143-145 AMP 40 เปอร์เซ็นต์, Flexowax C 20 เปอร์เซ็นต์ และ Ceramid 30 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สูตรที่ 5 มีองค์ประกอบ คือ Boiled linseed oil 25 เปอร์เซ็นต์, Paraffin125-127 AMP 15 เปอร์เซ็นต์, Flexowax C 17 เปอร์เซ็นต์, Carnauba, N.C.No.3 14 เปอร์เซ็นต์ และ Emulsowax1530 25 เปอร์เซ็นต์

มีการเติมผงสี (Pigment) เพิ่มเข้าไป ในปริมาณที่แตกต่างกันเพื่อให้เข้ากับเฉดสีของไม้ โดยปกติจะใส่ในปริมาณ 3 - 15 เปอร์เซ็นต์ หรือบางครั้งอาจใส่มากถึง 20 เปอร์เซ็นต์ เตรียมชิ้นงานโดยการหลอมส่วนผสมต่าง ๆ เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเติมผงสีตามปริมาณที่ต้องการและเทลงในแม่พิมพ์ ขณะเทลงในแม่พิมพ์ควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 150-170 องศาฟาเรนไฮต์ ทิ้งไว้จนเย็นเพื่อให้ชิ้นงานแข็งตัวและแกะออกจากแม่พิมพ์ จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุที่เตรียมได้ ได้ค่าดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่าที่ได้จากการทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง 5 สูตร [44]

ชิ้นงานตัวอย่าง	Needle Penetration (50 กรัมที่ 72 องศาฟาเรนไฮต์ 20 วินาที), เซนติเมตร	จุดหลอมเหลว (องศาฟาเรนไฮต์)
สูตรที่ 1	0.04	172
สูตรที่ 2	0.05	169
สูตรที่ 3	0.04	162
สูตรที่ 4	0.04	158
สูตรที่ 5	0.02	170

Donald F. Burch และ Richard L. Seitzinger [45] คิดค้นชุดอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการซ่อมแซมพื้นไม้โดยไม่ต้องใช้การขัดด้วยกระดาษทราย เนื่องจากวิธีการดั้งเดิมที่ใช้ในการปกปิดรอยขูดขีดที่เกิดขึ้นบนพื้นไม้คือการใช้กระดาษทรายขัดหรือการรื้อออกและติดตั้งใหม่อีกครั้ง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องใช้แรงงานซึ่งเสียเวลามาก และเต็มไปด้วยฝุ่นจากการขัดด้วยกระดาษทราย ในการซื้อและติดตั้งพื้นไม้จะต้องใช้เงินจำนวนมาก ผู้ใช้งานจึงต้องการที่จะยืดระยะเวลาการใช้งานไม้ให้นานที่สุดด้วยการใช้อุปกรณ์ซ่อมแซมพื้นผิวไม้ที่ใช้ง่าย มีสีที่เข้ากันและมีผิวสัมผัสที่เข้ากันกับไม้ โดยไม่ต้องใช้การขัดด้วยกระดาษทรายหรือรื้อไม้ใหม่ทั้งแผ่น และจำเป็นต้องมีความยืดหยุ่นและทนทานด้วย

ชุดอุปกรณ์นี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกคืออีพ็อกซี่ที่ใช้สำหรับอุดรู (Epoxy putty) เป็นส่วนผสมของอีพ็อกซี่ เรซิ่น (Epoxy resin) สารเพิ่มเนื้อ (Fillers) สารทำให้แข็ง (Hardener) อุปกรณ์ส่วนที่สองประกอบไปด้วยแผ่นสีพลาสติก และสารละลายตัวกระตุ้น (Activator solution) ซึ่งแผ่นสีพลาสติกแต่ละแผ่นจะถูกเคลือบด้วยผงสีที่มีเฉดสีต่าง ๆ กัน เพื่อให้สามารถเลือกให้เข้ากับเฉดสีของไม้ โดยชุดอุปกรณ์มีวิธีการใช้งานคือ การใช้อีพ็อกซี่สำหรับอุดรู (Epoxy putty) เติมเต็มลงไปบนรอยขูดขีดหรือรอยบุ๋มของไม้ แล้วใช้แผ่นพลาสติกเกลี่ยให้เรียบเนียน จากนั้นเลือกแผ่นสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาสติกที่มีสีใกล้เคียงกับสีของไม้และนำสารละลายตัวกระตุ้นมาเพื่อละลายสารที่เคลือบอยู่บนผิวหน้าของแผ่นสีพลาสติกออก สารละลายตัวกระตุ้นและสารเคลือบที่ได้จะถูกนำไปใช้โดยการใช้แปรงไปทาบริเวณผงสำหรับอุดรูที่เติมเต็มลงบนรอยแล้วเพื่อให้อีพ็อกซี่ที่เติมเต็มมีสีที่กลมกลืนกับสีของไม้ ผู้ใช้งานอาจจะใช้พอลิยูรีเทนทาบริเวณด้านบนเพื่อเป็นการเคลือบสำหรับเพิ่มความทนทานได้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าในอดีตรอยที่เกิดขึ้นบนผิวของไม้เทียม นิยมใช้เปลือกไม้แข็งหรือกระดาษทรายขัดบนรอย หรือการใช้ผงอุดรูผสมกับสารให้สีเพื่อให้สีมีความใกล้เคียงกับสีของไม้เทียมแล้วนำมาอุดลงบริเวณรอยที่ต้องการปกปิด แต่วิธีการแบบดั้งเดิมดังกล่าวยังให้ผลที่ไม่น่าพึงพอใจมากนัก เนื่องจากยังไม่สามารถปกปิดรอยได้อย่างเรียบเนียน และสีที่ได้ยังไม่เข้ากันกับเฉดสีของไม้เทียม จึงได้มีการพัฒนามาใช้วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมโดยใช้องค์ประกอบหลักเป็นแว็กซ์ชนิดต่าง ๆ น้ำยางขาว หรืออีพ็อกซี่เรซิ่น มีการเติมผงสีเข้าไปเพื่อให้วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่ได้มีสีใกล้เคียงกับไม้เทียมที่ต้องการปกปิดรอย ทำให้สามารถปกปิดรอยได้อย่างเรียบเนียน ในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม ซึ่งเตรียมโดยใช้ส่วนผสมของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เป็นองค์ประกอบหลัก และนำวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้ไปศึกษาประสิทธิภาพในการใช้งานปกปิดรอยขีดไม้เทียมโดยการทดสอบความสามารถในการยึดติด และทดสอบสมบัติเชิงกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมที่ใช้ในการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม โดยงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ศึกษาสมบัติทางความร้อน (Thermal properties) ด้วยเทคนิค Differential Scanning Calorimetry (DSC) และเทคนิค Thermogravimetric Analysis (TGA) ของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ตอนที่ 2 ศึกษาการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมโดยเตรียมที่อัตราส่วนวัตถุดิบที่แตกต่างกัน ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ประกอบไปด้วยแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์ (Oxidized wax) ผงสี (Pigment) ผงไม้ (Wood flour) น้ำมันพาราฟิน (Paraffin oil) และกาวอีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate; EVA)

ตอนที่ 3 ศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้

3.1 สารเคมี

1. แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์ (Oxidized PE wax, EL-Wax™, เกรด OX-3, SCG Chemical Co., Ltd) สมบัติต่าง ๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.1
2. ผงสี (Pigment, WPC006-GR Brown Color, Pigment Zeal Chemical Co., Ltd)
3. ผงไม้ (Wood flour ขนาด 80 mesh, BBJ Co., Ltd)
4. กาวอีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate; EVA, Bostik)
5. น้ำมันพาราฟิน (Paraffin oil, Lube base oil 150SN, บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด) สมบัติต่าง ๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.2
6. ไม้เทียมสำหรับทดสอบการยึดติด (WPC006-GR Brown Color, M.B.J. Enterprise Co., Ltd) สมบัติต่าง ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 3.3
7. วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ยี่ห้อ Guardsman ข้อมูลของผลิตภัณฑ์สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 สมบัติบางประการของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์

สมบัติ	มาตรฐานการทดสอบ	ค่าทดสอบ	หน่วย
Viscosity @ 149 °C	ASTM D3236	10	cPs
Density	ASTM D1505	0.95	g/cm^3
Penetration hardness	ASTM D1321	5	d.mm
Dropping point	ASTM D3954	102	°C
Acid value	ASTM D1386	28-30	mg KOH/g wax

หมายเหตุ : อ้างอิงข้อมูลจากบริษัท

ตารางที่ 3.2 สมบัติบางประการของน้ำมันพาราฟิน

สมบัติ	มาตรฐานการทดสอบ	ค่าทดสอบ	หน่วย
ASTM Color	ASTM D1500	1.5 Max	-
Flash point (COC)	ASTM D92	204 Min	°C
Pour point	ASTM D5950	-9 Max	°C
Kinematic viscosity @ 40 °C	ASTM D3954	28.0-33.0	cSt
Viscosity index	ASTM D2270	100 Min	-
Total acid number	ASTM D664	0.05 Max	mg KOH/g

หมายเหตุ : อ้างอิงข้อมูลจากบริษัท

ตารางที่ 3.3 สมบัติบางประการของไม้เทียม

สมบัติ	มาตรฐานการทดสอบ	ค่าทดสอบ	หน่วย
Flexural strength	ASTM D 790	40.1 ± 1.54	MPa
Flexural modulus	ASTM D 790	2,086 ± 89.0	MPa
Impact strength	ASTM D 256	4.11 ± 0.15	(kJ/m^2)
Density	ASTM D 792	1.26 ± 0.009	g/cm^3
Hardness shore D	ASTM D 2240	71.4 ± 0.84	-

หมายเหตุ : อ้างอิงข้อมูลจากบริษัท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

Technical details	
Item weight	10.1 ounces
Product dimensions	1 x 4 x 8.1 inches
Size	Pack of 1
Style	Filler Sticks
Included components	Guardsman Wood Repair Filler Sticks 5 Colors Plus Sharpener - Repair and Restore Scratched Furniture - 500300

หมายเหตุ : อ้างอิงข้อมูลจากเว็บไซต์ผลิตภัณฑ์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

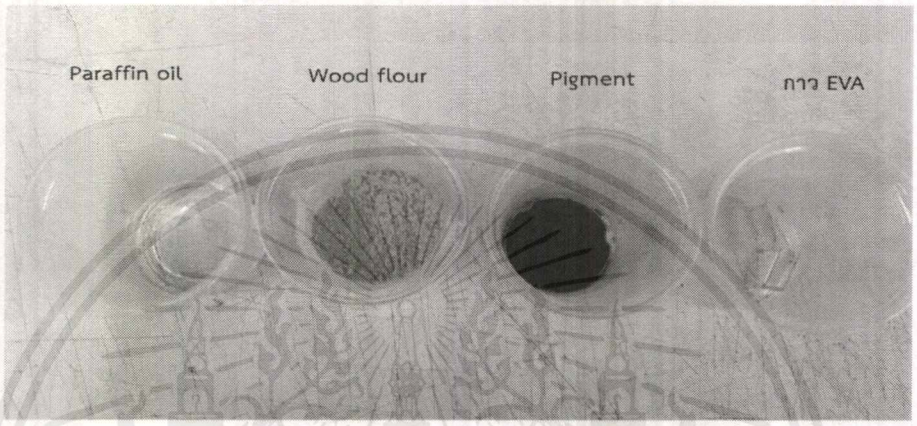
1. เครื่องให้ความร้อน (Hot plate, Fisher scientific, 11-500-49H)
2. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 150 มิลลิลิตร
3. แท่งแก้ว (Glass rod)
4. แม่พิมพ์ (Mold)
5. กระจกสไลด์ (Microscope slide)
6. กระจกปิดสไลด์ (Cover glass)
7. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Mettler toledo, New classic MF)
8. เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ (Vernier calipers, Mitutoyo)
9. เครื่องทดสอบความแข็งกด (Hardness tester, Shore A, รุ่น GS-719N, Teclock Co., Ltd.)
10. เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine; UTM รุ่น LR5K, Lloyd instrument)
11. เครื่องวัดสีมาตรฐาน (Color spectrophotometer HunterLab, Miniscan TMXE Plus)
12. สว่านไฟฟ้า (TIGER สว่านแท่น 13 mm. รุ่น T-13)
13. ดอกสว่านขนาด 1.5 มิลลิเมตร
14. เทปมาตรฐานสำหรับทดสอบการยึดติด (Adhesion tape, Nichiban tape)
15. เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC, รุ่น DSC 204 F1, Netzsch Co., Ltd.)
16. เครื่อง Thermogravimetric Analyzer (TGA, รุ่น TG 209 F3, Tarsus, Netzsch Co., Ltd.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. กล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ (Polarizing microscope, Model Optiphot-pol Nikon, บริษัท ฮอลลีวู้ดอินเตอร์เนชัน จำกัด)

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

1. ชั่งส่วนผสมทั้งหมดตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ตามตารางที่ 3.5



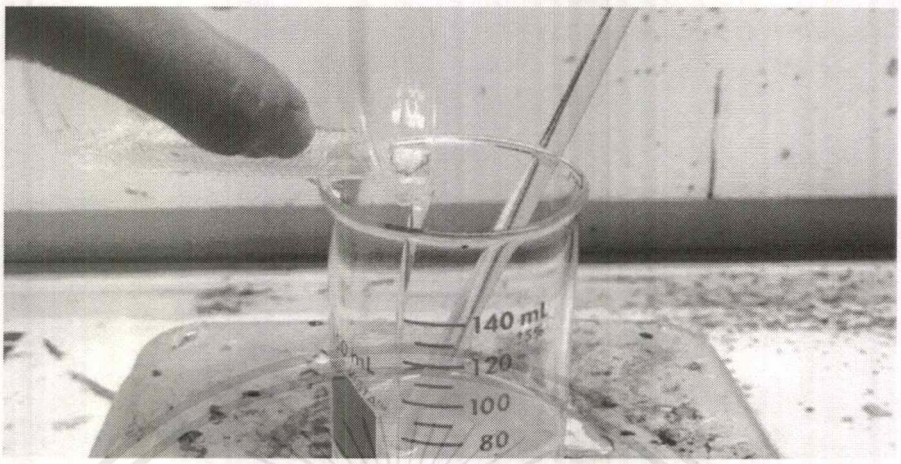
รูปที่ 3.1 ส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง

2. ใส่แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์ (Oxidized wax) ลงในบีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร ปล่อยให้หลอมจนหมดบนเครื่องให้ความร้อน (Hot plate) โดยแว็กซ์จะเริ่มหลอมที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3.2 แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์บนเครื่องให้ความร้อน

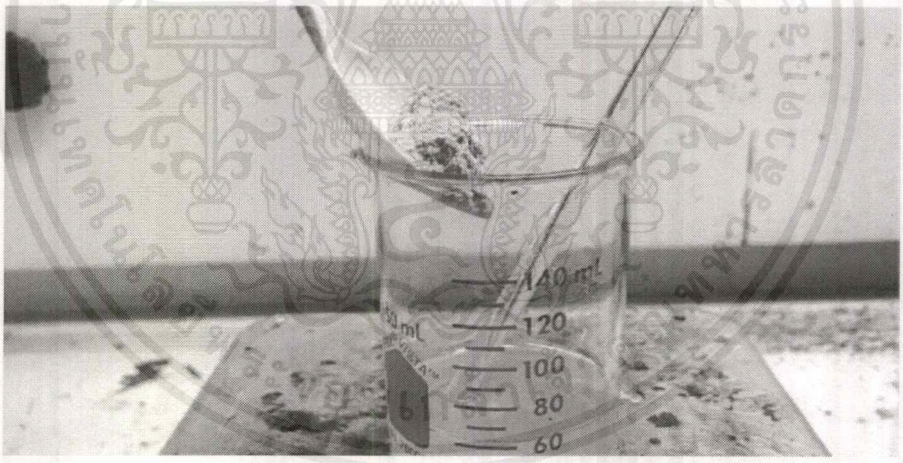
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เติมน้ำมันพาราฟิน (Paraffin oil) แล้วคนสารละลายทั้งหมดให้เข้ากัน



รูปที่ 3.3 เติมน้ำมันพาราฟิน

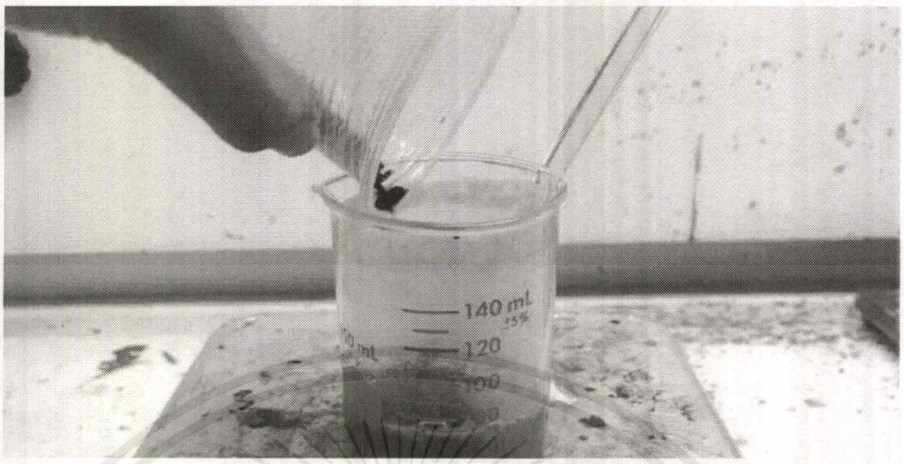
4. เติมผงไม้ (Wood flour) โดยค่อย ๆ เติมทีละน้อย เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของผงไม้



รูปที่ 3.4 เติมผงไม้

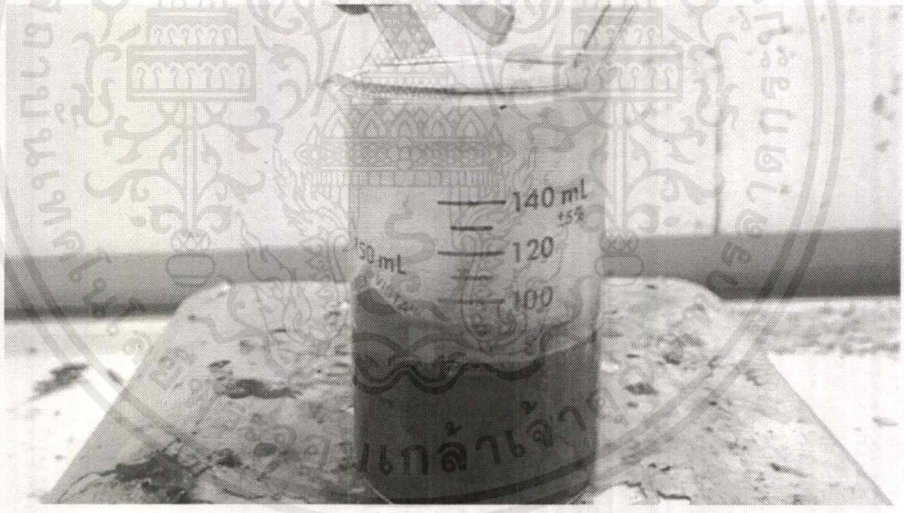
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เติมผงสี (Pigment) แล้วคนจนหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน



รูปที่ 3.5 เติมผงสี

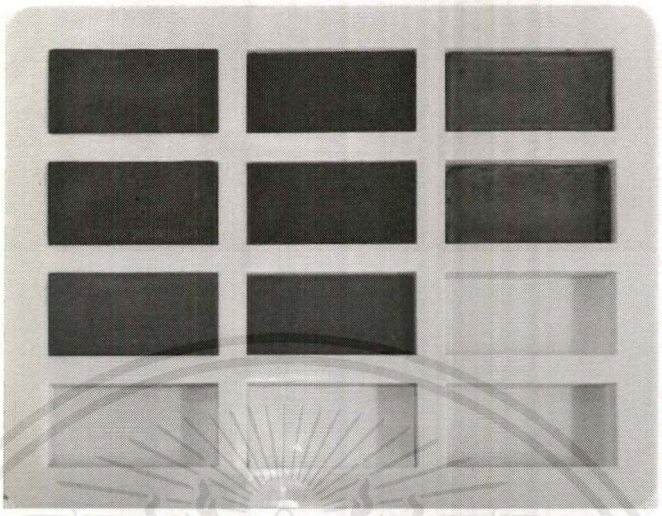
6. เติมกาวอีวีเอ (EVA) แล้วคนต่อจนของผสมทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกัน



รูปที่ 3.6 เติมกาวอีวีเอ (EVA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ยกบีกเกอร์ลงจากเครื่องให้ความร้อน แล้วเทของผสมทั้งหมดลงในแม่พิมพ์



รูปที่ 3.7 ชิ้นงานที่ได้ก่อนแกะออกจากแม่พิมพ์

8. ทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 20 นาที ก่อนแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างชิ้นงานที่เตรียมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 สูตรผสมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเตรียมเทียบเป็นส่วนในร้อยส่วน

องค์ประกอบ	phr
แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์	100
น้ำมันพาราฟิน	20,30,40
ผงไม้	40,50,60
กาวอีวีเอ (EVA)	0,5,10
ผงสี	10

3.4 การวิเคราะห์และทดสอบ

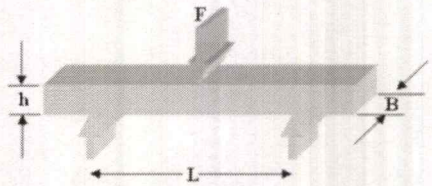
3.4.1 การทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม

3.4.1.1 การทดสอบสมบัติความแข็งกด (Hardness test)

เป็นการทดสอบสมบัติของวัสดุที่บ่งบอกถึงความต้านทานในการเกิดรอยกดที่พื้นผิวตามมาตรฐาน ASTM D2240 [46] ชิ้นงานทดสอบมีความหนาไม่น้อยกว่า 6 mm ใช้หัวกดแบบ Shore A ซึ่งใช้กับชิ้นงานที่ค่อนข้างนิ่ม พื้นผิวชิ้นงานเรียบ ทดสอบโดยการใช้หัวเข็มกดลงบนชิ้นงานจนกระทั่งสุดระยะของหัวเข็ม กำหนดระยะเวลาคงที่เป็นเวลา 3 วินาที แล้วทำการอ่านค่าความแข็งจากหน้าปัด ค่าที่วัดได้จะเป็นค่าที่ไม่มีหน่วย

3.4.1.2 การทดสอบสมบัติความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural test)

เป็นการทดสอบพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุเมื่อได้รับแรงกระทำ ซึ่งจะทำให้วัสดุได้รับทั้งแรงเค้นดึง (Tensile stress) และแรงเค้นกด (Compression stress) ซึ่งเกิดขึ้นด้านล่างและด้านบนของชิ้นงานตามลำดับ ทำให้ชิ้นงานเกิดการโก่งงอ การทดสอบนี้เป็นวิธีการทดสอบความทนทานต่อแรงโค้งงอแบบ 3 จุด (Three-point bending) ซึ่งชิ้นงานจะถูกวางในแนวนอน และหัวกดจะกดลงมาในทิศทางตั้งฉากกับชิ้นงานทดสอบที่วางอยู่ในแนวนอนโดยมีแท่นรองรับซึ่งทำหน้าที่กำหนดระยะห่าง (Span length; L) โดยการทดสอบจะใช้ชิ้นงานที่มีขนาด 3.2 x 6.2 x 0.3 เซนติเมตร ทั้งหมด 3 ชิ้นตามมาตรฐาน ASTM D790 [47]



รูปที่ 3.9 การทดสอบสมบัติความแข็งแรงโค้งงอแบบ 3 จุด [48]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะที่ใช้ในการทดสอบดังนี้ [42]

1. โหลดเซลล์ (Load cell) 100 N
2. ความเร็วในการทดสอบ (Speed) 0.8 mm/min
3. ระยะห่างระหว่างแท่นรองรับ 40±1 มิลลิเมตร

โดยความแข็งแรงโค้งงอ สามารถคำนวณได้ตามสูตร [48] ดังต่อไปนี้

ความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural strength) = $\frac{3FL}{2Bh^2}$

โดยที่ F คือ แรงกระทำ (N)

L คือ ระยะห่างระหว่างจุดรองรับที่ปลายทั้งสองด้าน (mm)

h คือ ความหนาของชิ้นงานทดสอบ (mm)

B คือ ความกว้างของชิ้นงานทดสอบ (mm)

3.4.2 ศึกษาลักษณะการเกิดผลึกด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ (Polarizing microscope)

เพื่อศึกษาปริมาณและขนาดของผลึกเมื่อเติมน้ำมันพาราฟิน ผงไม้ ผงสี และกาวอีวีเอ ลงในแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์ในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยนำชิ้นงานวางลงบนกระจกสไลด์ให้ความร้อนจนนิ่ม และปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ จากนั้นนำไปศึกษาการเกิดผลึกด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ที่กำลังขยาย 100 เท่า และ 200 เท่า

3.4.3 การทดสอบสมบัติทางความร้อน

3.4.3.1 การหาอุณหภูมิการหลอมเหลวผลึก ปริมาณและการเกิดผลึก

เป็นการศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคการวัดค่าพลังงานความร้อนของชิ้นงานตัวอย่างเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ หรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) [31]

สภาวะที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

อุณหภูมิที่ใช้	40-120	องศาเซลเซียส
อัตราการให้ความร้อน	10	องศาเซลเซียสต่อนาที
อัตราการเย็นตัว	10	องศาเซลเซียสต่อนาที

โดยเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกสามารถคำนวณได้ตามสูตร [52] ดังต่อไปนี้

$$\%X_c \text{ (\% Crystallinity)} = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^0} \times \frac{100}{\%PE\ wax} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย $\%X_c$ คือ เปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึก

ΔH_f คือ เอนทาลปีของการหลอมเหลวผลึกแว็กซ์ที่ได้จากการทดลอง (J/g)

ΔH^0_f คือ เอนทาลปีของการหลอมเหลวผลึกแว็กซ์ตามทฤษฎีที่ความเป็นผลึก 100 เปอร์เซ็นต์ (ΔH^0_f ของพอลิเอทิลีนแว็กซ์ = 277 J/g)

3.4.3.2 การวัดการเปลี่ยนแปลงมวลเนื่องจากความร้อน

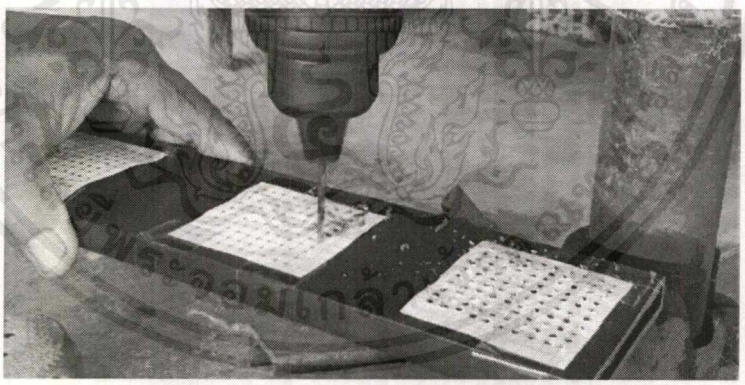
เป็นการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของสารตัวอย่าง โดยอาศัยเทคนิค TGA (Thermogravimetric Analysis) วัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารตัวอย่างเมื่อได้รับความร้อนภายใต้อุณหภูมิที่สามารถควบคุมได้ ข้อมูลที่ได้แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของสารตัวอย่างกับอุณหภูมิ หรือเวลา [49]

สภาวะที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

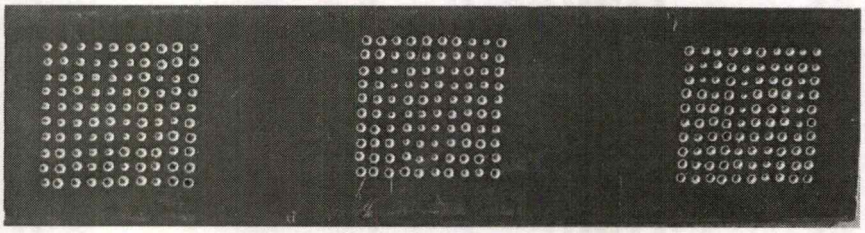
อุณหภูมิที่ใช้	40-600	องศาเซลเซียส
อัตราการให้ความร้อน	10	องศาเซลเซียสต่อนาที
อัตราการเย็นตัว	10	องศาเซลเซียสต่อนาที

3.4.4 การทดสอบการยึดติดบนพื้นผิว (Adhesion properties)

1. นำไม้เทียมมาทำการเจาะรูด้วยสว่านไฟฟ้า จำนวน 10x10 รู แต่ละรูมีความลึกประมาณ 1 มิลลิเมตร



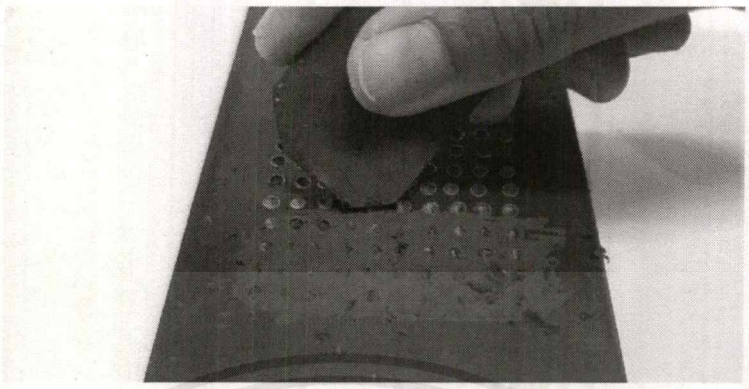
รูปที่ 3.10 การเจาะรูไม้เทียม



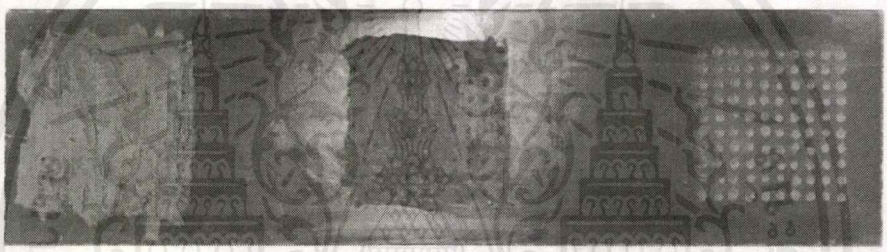
รูปที่ 3.11 ไม้เทียมเมื่อเจาะรูแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้ถูลงบนบริเวณที่ทำการเจาะรู



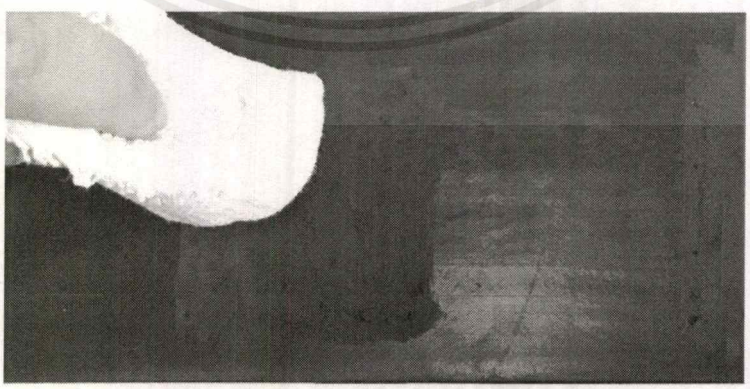
(ก)



(ข)

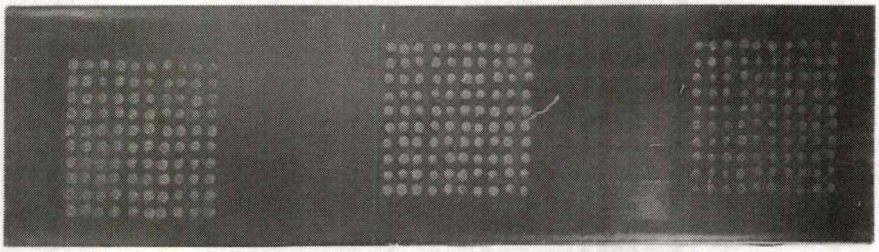
รูปที่ 3.12 ถูวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมลงบนบริเวณที่ทำการเจาะรู (ก) ไม้เทียมเมื่อถูวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมแล้ว (ข)

3. ใช้ผ้าสะอาดเช็ดวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมส่วนเกินออก



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

รูปที่ 3.13 เช็ดวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมส่วนเกิน (ก) ไม้เทียมเมื่อเช็ดวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมออกแล้ว (ข)

4. นำเทปมาตรฐานที่ใช้สำหรับการทดสอบการยึดติดมาติดบริเวณที่ทำการทดสอบโดยใช้ยางลบช่วยถูให้เทปกาวติดแนบสนิทจนไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่แล้วดึงเทปกาวออกโดยดึงเข้าหาตัวทำมุมประมาณ 60 องศา สังเกตวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่ติดเทปที่ใช้ในการทดสอบออกมา แล้วรายงานผลโดยการเปรียบเทียบกับตารางที่ 3.6

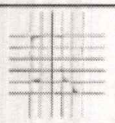
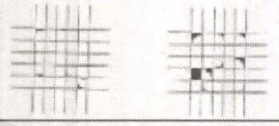
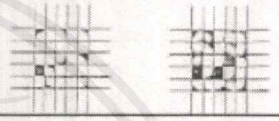
(ก)

(ข)

รูปที่ 3.14 ติดเทปทดสอบลงบนชิ้นงานทดสอบ (ก) เทปมาตรฐานที่ใช้สำหรับทดสอบการยึดติดตามมาตรฐาน ASTM D3359 [53] (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 การจัดลำดับความบกพร่องของสารเคลือบจากการกรีดเป็นตาราง [3]

เกรด	ลักษณะของฟิล์ม	ภาพ
5B	ขอบของรอยตัดเรียบ ไม่มีส่วนเสียหาย	
4B	เกิดการหลุดล่อนของส่วนที่ตัดกัน แต่ความเสียหายต้องไม่เกิน 5%	
3B	เกิดการหลุดล่อนตามขอบและส่วนที่ตัดกัน ความเสียหายมากกว่า 5% แต่ไม่เกิน 15%	
2B	เกิดการหลุดล่อนตามขอบและตามแนวยาวของส่วนที่ถูกตัด ความเสียหายมากกว่า 15%	
1B	เกิดการหลุดล่อนตามขอบและตามแนวยาวของส่วนที่ถูกตัด ความเสียหายมากกว่า 35% แต่ไม่เกิน 65%	
0B	เกิดการหลุดล่อนมากและเกิดทุกจุดบนสารเคลือบผิวจนไม่สามารถจัดอยู่ในเกรด 1B ได้	

3.4.5 การทดสอบสีของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม

ทำการวัดสีของชิ้นงานตัวอย่างด้วยเครื่องวัดสี Color spectrophotometer โดยทำการตรวจวัดสีในระบบ Hunterlab scale ในการบรรยายลักษณะสีบนชิ้นงานตัวอย่าง ผลของการวัดสีที่ได้แสดงในรูปแบบสเกล L*-a*-b* และคำนวณค่าความต่างสี (ΔE) [50] จากสูตร

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}$$

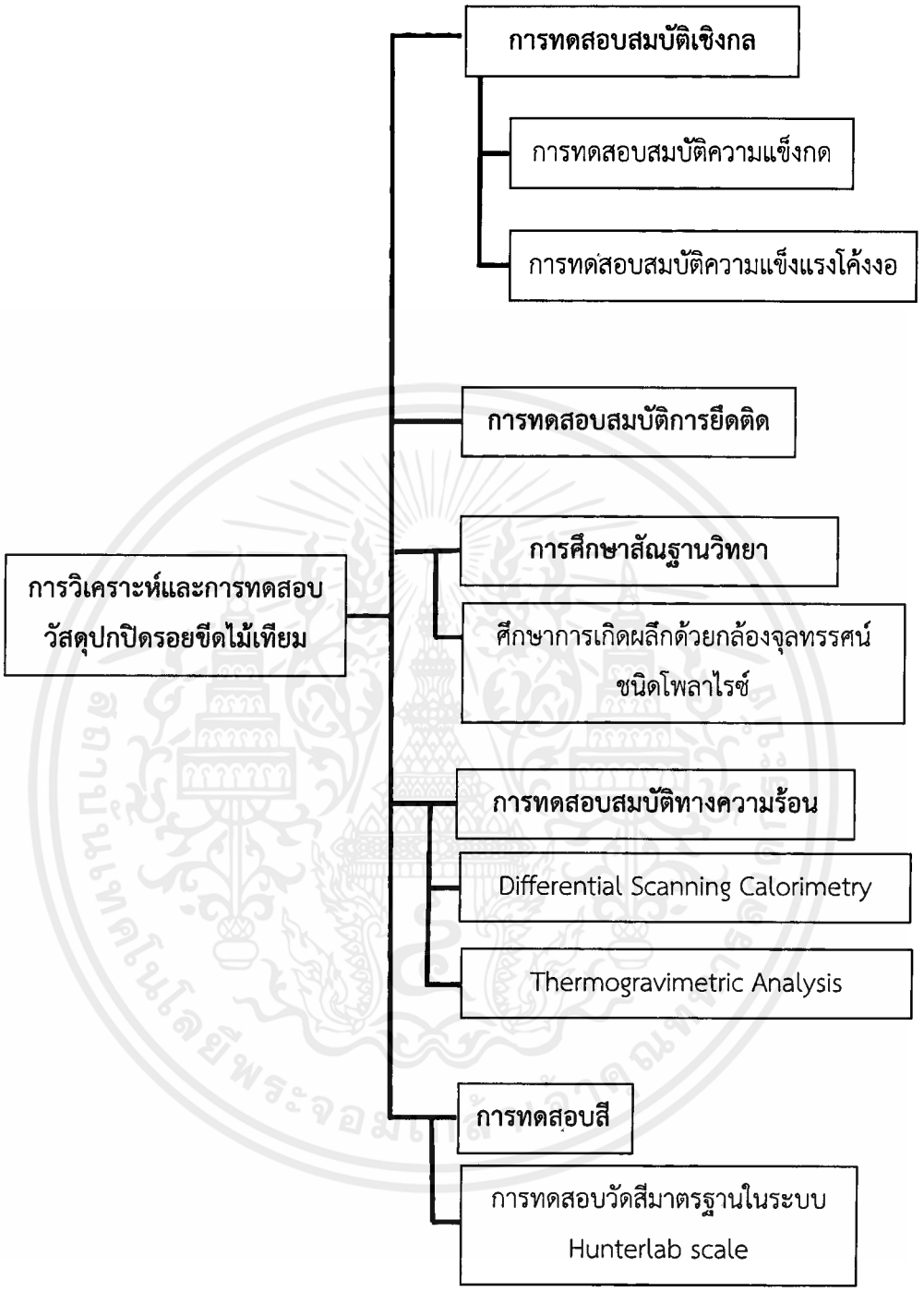
โดยที่ - L* บ่งบอกถึงความสว่าง +L* สีขาวจนถึง -L* สีดำ

- a* บ่งบอกถึงความเป็นสีแดง +a* จนถึง -a* สีเขียว
- b* บ่งบอกความเป็นสีเหลือง +b* จนถึง -b* สีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 เครื่องวัดสี Color spectrophotometer [51]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แผนผังการทดสอบสมบัติของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks) ที่เตรียมจากแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์ (Oxidized wax) โดยในการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมในงานวิจัยนี้มีการเติมผงไม้ (Wood flour) เพื่อช่วยในการเสริมแรงซึ่งส่งผลต่อสมบัติเชิงกลและเป็นการเพิ่มเนื้อสัมผัสให้มีความใกล้เคียงกับไม้ ใช้ผงสี (Pigment) เพื่อทำให้วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้มีสีใกล้เคียงกับไม้เทียม กาวอีวีเอ (EVA) ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความเข้ากันได้ (Compatibilizers) ช่วยในการกระจายตัวของผงไม้และผงสี และน้ำมันพาราฟิน (Paraffin oil) ทำหน้าที่ปรับความนิ่มแข็งของแว็กซ์ โดยเตรียมที่ปริมาณของผงไม้ น้ำมันพาราฟิน และกาวอีวีเอ (EVA) ที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่มีประสิทธิภาพในการยึดติด และเติมเต็มรอยขีดบนไม้เทียมได้ดีที่สุด รวมทั้งศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้ ได้แก่ สมบัติการยึดติด สมบัติเชิงกล สมบัติทางสัณฐานวิทยา สมบัติทางความร้อน และการทดสอบสี

ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลและสมบัติการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้เทียบกับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์

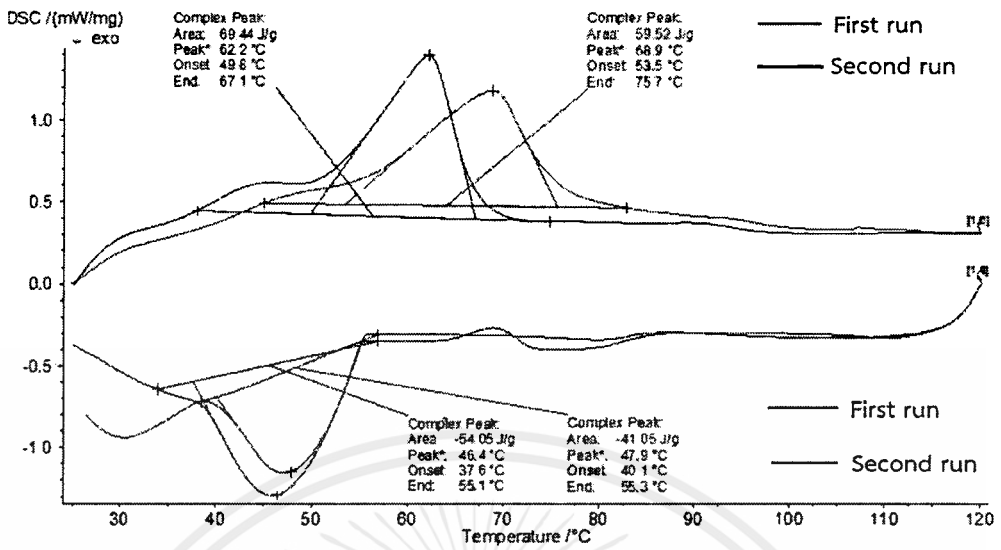
ตารางที่ 4.1 ชื่ออักษรย่อที่ใช้ในงานวิจัย

อักษรย่อ	ความหมาย
แว็กซ์ (Wax)	พอลิเอทิลีนแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์
oil	น้ำมันพาราฟิน
WF	ผงไม้
Commercial	วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ยี่ห้อ Guardsman

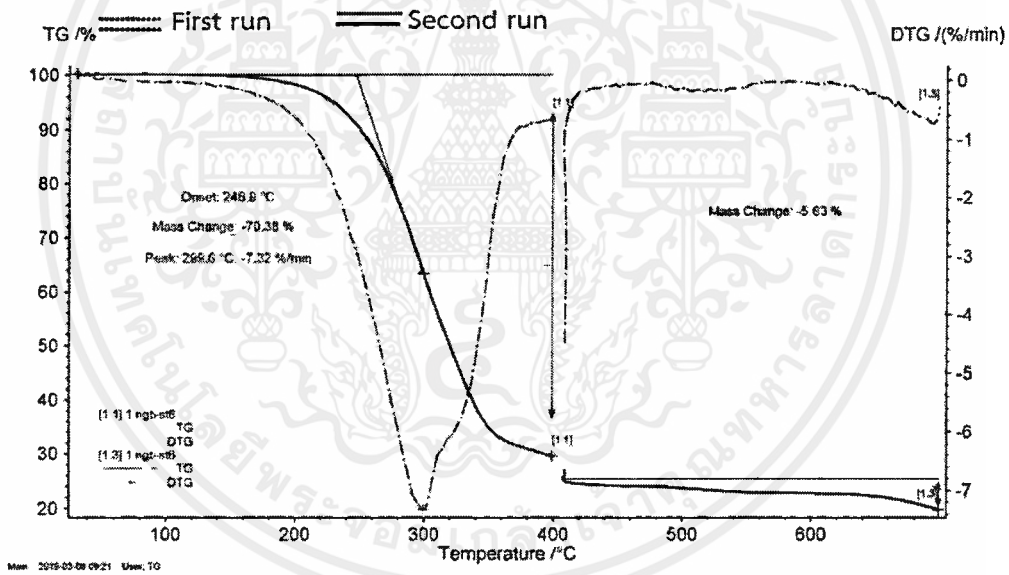
4.1 ศึกษาสมบัติทางความร้อนของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์

จากผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ในรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าแว็กซ์ที่ใช้สำหรับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ประกอบด้วยแว็กซ์เพียง 1 ชนิด โดยมีอุณหภูมิหลอมเหลวผลึกที่ 62.2 องศาเซลเซียส และจากผลการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ดังรูปที่ 4.2 เห็นได้ว่าที่อุณหภูมิมากกว่า 600 องศาเซลเซียส ยังมีส่วนขององค์ประกอบที่สลายไม่หมดประมาณ 20 % ซึ่งอาจสันนิษฐานได้ว่าวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์นี้มีแว็กซ์เป็นองค์ประกอบหลักถึงประมาณ 80 % และที่เหลืออีก 20 % เป็นส่วนของผงสี หรือสารเติมแต่งอื่น ๆ ที่ไม่สามารถสลายตัวได้ในช่วงอุณหภูมิที่ทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC

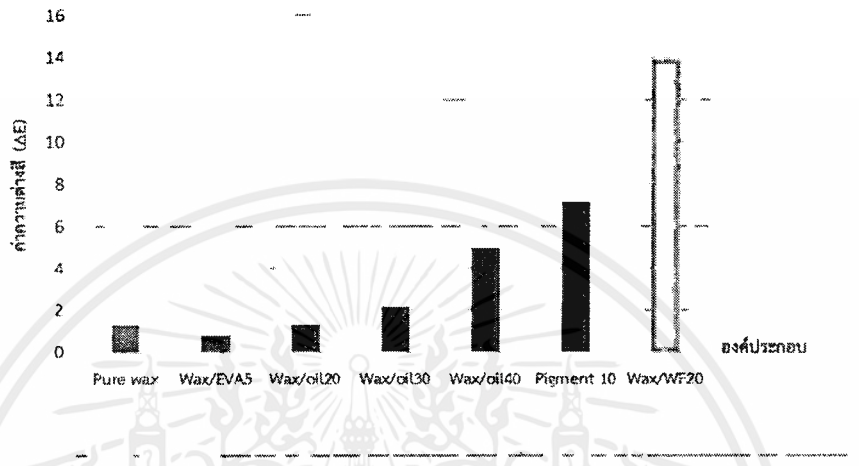


รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบสีของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้

การทดสอบสีเป็นการศึกษาการกระจายตัวของน้ำมันพาราฟิน ผงไม้ ผงสี และกาวอีวีเอในแว็กซ์ว่าเกิดการตกตะกอนหรือไม่ โดยทำการวัดค่าความต่างสีที่ผิวด้านหน้าและด้านหลังของชิ้นงาน ผลที่ได้จากการทดสอบเป็นดังนี้

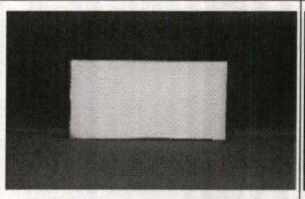
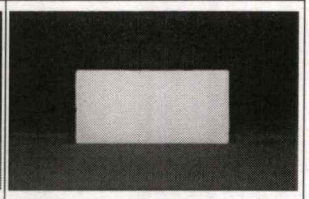
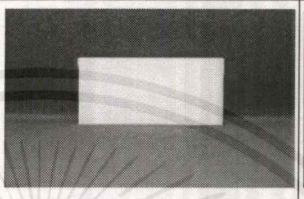
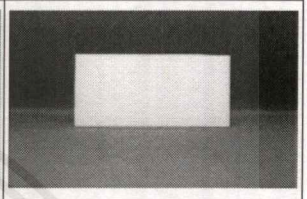
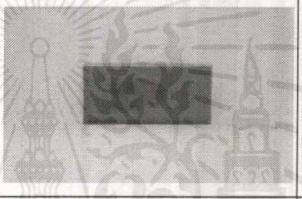
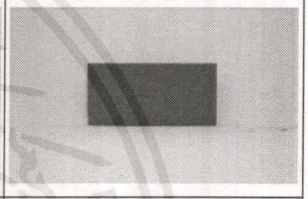
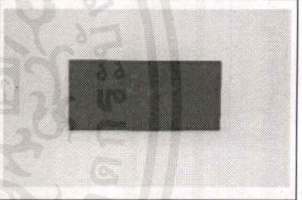
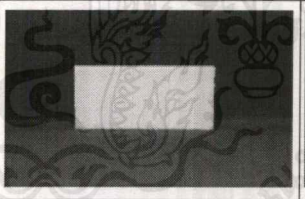
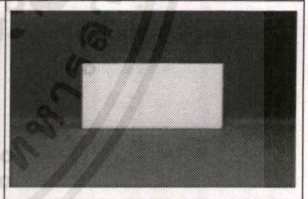
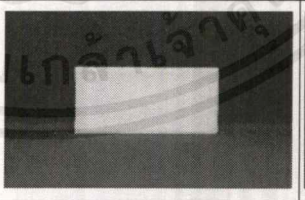
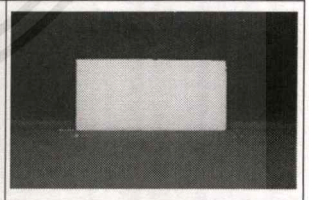
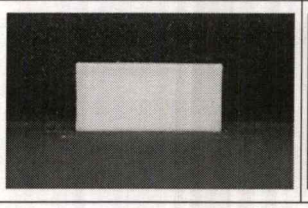
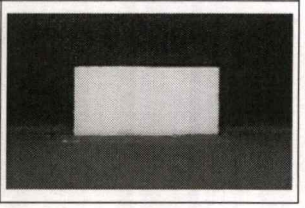


รูปที่ 4.3 ค่าการทดสอบสีที่เปลี่ยนแปลงไปของแว็กซ์เมื่อเติมองค์ประกอบต่าง ๆ

จากผลการทดสอบสีดังรูปที่ 4.3 พบว่าเมื่อเติมผงไม้และผงสีลงในแว็กซ์ทำให้ค่าความต่างสีที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการตกตะกอนของผงไม้และผงสี ส่งผลให้สีที่ผิวด้านหน้าและด้านหลังแตกต่างกันมาก แต่ผงสีมีค่าความต่างสีที่น้อยกว่าผงไม้เพราะใส่ในปริมาณที่น้อยกว่าและมีขนาดที่เล็กกว่าผงไม้ และเมื่อเติมน้ำมันพาราฟินส่งผลให้ความต่างสีที่ผิวด้านหน้าและด้านหลังแตกต่างกันมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันพาราฟิน เนื่องจากเมื่อเติมน้ำมันพาราฟินส่งผลให้ความความหนืดขณะผสมของแว็กซ์ลดลงและทำให้เกิดการแยกตัวระหว่างน้ำมันพาราฟินกับแว็กซ์ แต่ในทางตรงกันข้ามเมื่อเติมกาวอีวีเอ (EVA) ลงในแว็กซ์ ทำให้ค่าการทดสอบสีที่ได้ลดลง เนื่องจากกาวอีวีเอ (EVA) มีทั้งส่วนที่มีขั้วและไม่มีขั้วจึงทำให้เกิดการผสมเข้ากันได้ดีกับแว็กซ์ ส่งผลทำให้สีที่ผิวทั้งสองด้านของชิ้นงานมีความแตกต่างกันน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าความแข็งกดและภาพด้านหน้า-ด้านหลังของชิ้นงานตัวอย่าง

สูตร	ความแข็งกด (Shore A)	ชิ้นงานด้านหน้า	ชิ้นงานด้านหลัง
Pure wax	96.0		
Wax/EVA5	76.2		
Wax/WF20	85.4		
Wax/pigment10	91.4		
Wax/oil20	60.6		
Wax/oil30	50.9		
Wax/oil40	38.6		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การศึกษาผลของปริมาณน้ำมันพาราฟิน

ในการศึกษาสูตรของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมพบว่าน้ำมันพาราฟินมีผลอย่างมีนัยต่อความหนืดขณะผสมและการแยกตัวตามที่กล่าวในหัวข้อที่ 4.2 ดังนั้นในงานวิจัยตอนนี้จึงได้ทำการศึกษาปริมาณของน้ำมันพาราฟินที่เหมาะสม โดยทำการศึกษาที่ปริมาณน้ำมันพาราฟิน 20, 30 และ 40 phr ได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความสามารถในการยึดติดและค่าความแข็งกดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเมื่อเติมน้ำมันพาราฟินที่ปริมาณ 20 30 และ 40 phr

สูตร	ความแข็งกด (Shore A)	ความสามารถในการยึดติด*
Pure wax	96.0 ± 2.2	1B
Wax/oil20	60.6 ± 2.1	2B
Wax/oil30	50.9 ± 1.3	3B
Wax/oil40	38.6 ± 1.2	3B
Commercial	77.8 ± 2.0	4B

* ผลการทดสอบความสามารถในการยึดติดสามารถแสดงได้ดังภาคผนวก ง

จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันพาราฟินทำให้ชิ้นงานที่ได้มีความสามารถในการยึดติดดีขึ้น แสดงให้เห็นว่าชิ้นงานมีความนิ่มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันพาราฟิน โดยถ้ายิ่งชิ้นงานมีความนิ่มมากก็จะยิ่งทำให้ประสิทธิภาพในการถูและยึดติดบนแผ่นไม้เทียมดีขึ้น เพราะชิ้นงานสามารถเข้าไปเติมเต็มในรูช่องว่างของไม้เทียมได้ดีขึ้นเกิดเป็นแรงยึดติดทางกล (Mechanical interlocking) ที่ดีกว่า ยืนยันได้จากการทดสอบสมบัติการยึดติดดังตารางที่ 4.3 โดยจะเห็นว่าเมื่อปริมาณน้ำมันพาราฟินเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการถูติดก็ดีขึ้นด้วย จากการทดลองนี้สูตรของปริมาณน้ำมันพาราฟินที่ 30 phr และ 40 phr เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การศึกษาผลของปริมาณผงไม้

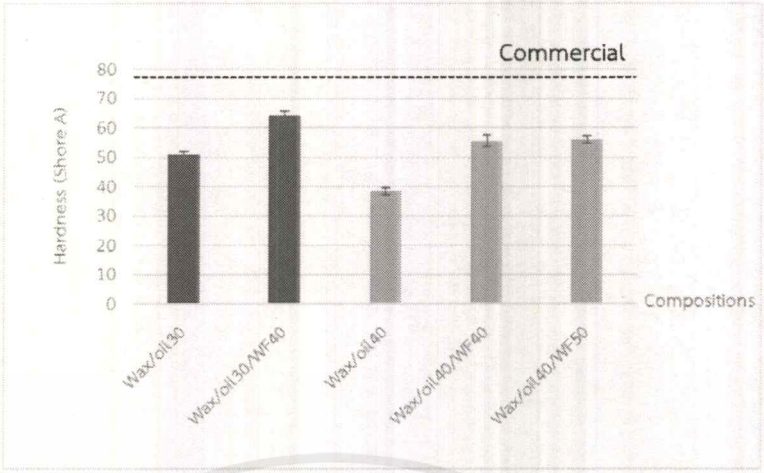
การเติมผงไม้ (Wood flour) ช่วยในการเสริมแรงซึ่งมีผลต่อสมบัติเชิงกล และเป็นการเพิ่มเนื้อสัมผัสและสีให้มีความใกล้เคียงกับไม้เทียม โดยสูตรของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เลือกนำมาใช้ในขั้นตอนนี้ คือสูตรที่มีปริมาณน้ำมันพาราฟิน 30 และ 40 phr โดยทำการศึกษาปริมาณผงไม้ที่ 40 50 และ 60 phr ที่มีผลต่อสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมพบว่าที่ปริมาณการเติมน้ำมันพาราฟิน 30 phr สามารถเติมผงไม้ได้มากที่สุดแค่เพียง 40 phr เท่านั้น ถ้าเพิ่มปริมาณผงไม้มากกว่า 40 phr ส่งผลให้ความหนืดของของผสมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแว็กซ์อิ่มตัวไปด้วยผงไม้ ทำให้เทลงแม่พิมพ์ได้ยากและได้ชิ้นงานที่มีผิวไม่เรียบ ดังนั้นถ้าหากใช้ผงไม้ที่ปริมาณมากกว่า 40 phr จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณน้ำมันพาราฟินที่ใช้เป็น 40 phr

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความสามารถในการยึดติดและค่าความแข็งกดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่ปริมาณผงไม้ 40, 50 และ 60 phr

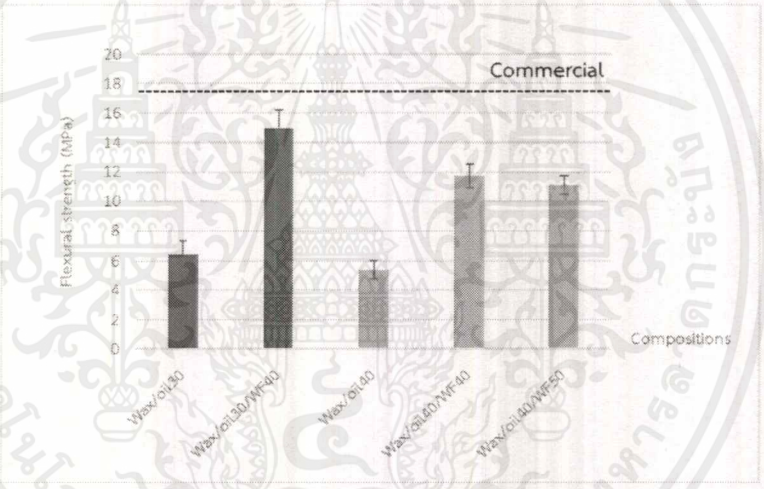
สูตร	ความแข็งกด (Shore A)	ความสามารถในการยึดติด*
Wax/oil30/WF40	64.2 ± 1.6	4B
Wax/oil40/WF40	55.7 ± 1.9	4B
Wax/oil40/WF50	56.1 ± 1.2	4B
Wax/oil40/WF60	57.6 ± 2.8	2B
Commercial	77.8 ± 2.0	4B

* ผลการทดสอบความสามารถในการยึดติดสามารถแสดงได้ดังภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ค่าความแข็งกดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเมื่อเติมน้ำมันพาราฟินและผงไม้



รูปที่ 4.5 ค่าความแข็งแรงโค้งงอของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเมื่อเติมน้ำมันพาราฟินและผงไม้

จากผลการทดสอบความสามารถในการยึดติดดังตารางที่ 4.4 พบว่าที่สูตร Wax/oil30/WF40, Wax/oil40/WF40 และ Wax/oil40/WF50 ให้ผลการยึดติดที่ดีไม่แตกต่างกันมากนักจึงนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล และจากการทดสอบสมบัติเชิงกลดังรูปที่ 4.4 และ 4.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเติมผงไม้ส่งผลให้ค่าความแข็งกดและค่าความแข็งแรงโค้งงอเพิ่มสูงขึ้น อาจเป็นเพราะว่าผงไม้มีความแข็ง จึงทำให้ความแข็งกดและความแข็งแรงโค้งงอของแว็กซ์เพิ่มมากขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรที่ยังไม่ได้เติมผงไม้ โดยจะเห็นได้ว่าสูตร Wax/oil30/WF40 มีค่าความแข็งกดและความแข็งแรงโค้งงอที่ใกล้เคียงกับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ จึงเลือกใช้เพื่อเป็นสูตรในการทดลองขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การศึกษาผลของปริมาณกาวอีวีเอ (EVA)

กาวอีวีเอ (EVA) ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความเข้ากันได้ (Compatibilizers) โดยช่วยในการผสมกันระหว่างผงสี ผงไม้ซึ่งเป็นส่วนที่มีขั้วกับส่วนของเมทริกซ์หรือส่วนของแว็กซ์ซึ่งเป็นส่วนที่มีขั้วน้อย โดยในตอนนี้ทำการศึกษาปริมาณของกาวอีวีเอ (EVA) ที่ 5 และ 10 phr ได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบความสามารถในการยึดติดและค่าความแข็งกดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตรต่าง ๆ

สูตร	ความแข็งกด (Shore A)	ความสามารถในการยึดติด*
Pure wax	96.0 ± 2.2	1B
Wax/EVA5	76.2 ± 1.0	1B
Wax/oil30/WF40	64.2 ± 1.6	4B
Wax/oil30/WF40/EVA5	64.7 ± 2.1	4B
Wax/oil30/WF40/EVA10	64.2 ± 2.0	4B
Commercial	77.8 ± 2.0	4B

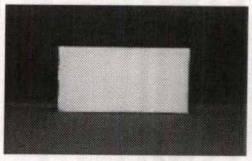
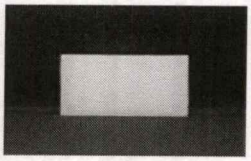
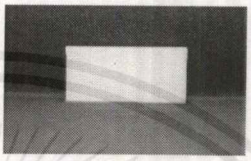
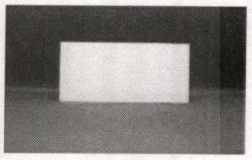
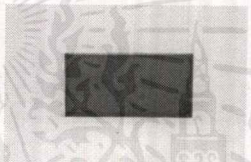
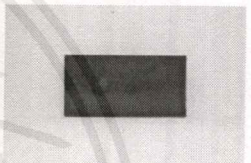
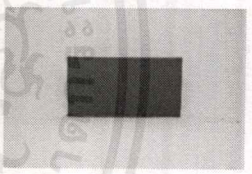
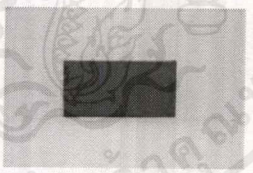
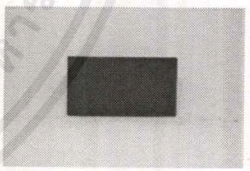
* ผลการทดสอบความสามารถในการยึดติดสามารถแสดงได้ดังภาคผนวก ง

จากผลการทดสอบความสามารถในการยึดติดในงานวิจัยนี้พบว่าการเติมกาวอีวีเอ (EVA) ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม เห็นได้จากผลการทดสอบดังตารางที่ 4.5 สูตร Wax/EVA5 ให้ความสามารถในการยึดติดที่ไม่แตกต่างกับแว็กซ์บริสุทธิ์ เช่นเดียวกับสูตร Wax/oil30/WF40 เมื่อเติมกาวอีวีเอที่ 5 และ 10 phr มีความสามารถในการยึดติดที่ดีไม่แตกต่างกัน

จากการทดสอบสมบัติความแข็งกดพบว่าสูตร Wax/EVA5 มีค่าความแข็งกดลดลงเมื่อเทียบกับแว็กซ์บริสุทธิ์ (Pure wax) เนื่องมาจาก EVA มีความนิ่มและยืดหยุ่นตัวสูง ทำให้รับแรงกดได้มากขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งกดลดลง แต่เมื่อเติมกาวอีวีเอ (EVA) ลงในสูตร Wax/oil30/WF40 พบว่าให้ค่าความแข็งกดที่ไม่แตกต่างกันเมื่อเพิ่มปริมาณกาวอีวีเอ (EVA) จาก 5 phr เป็น 10 phr ซึ่งแสดงว่ากาวอีวีเอไม่ส่งผลต่อความแข็งกดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้

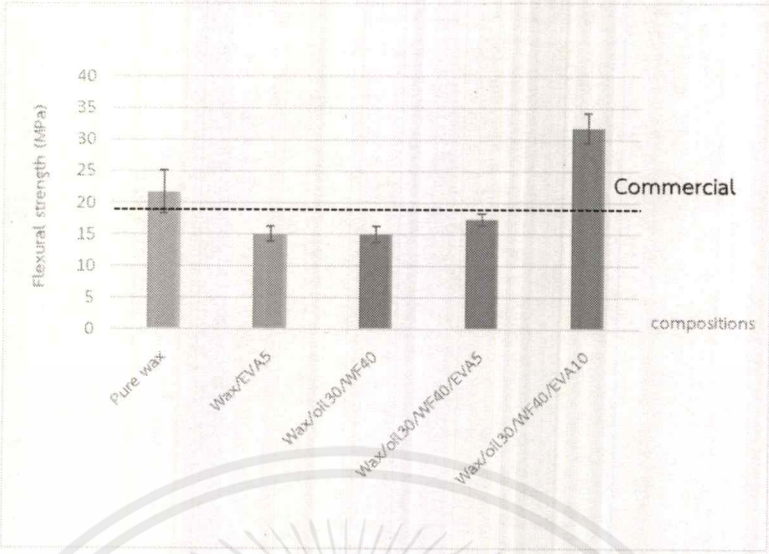
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าความต่างสีและภาพด้านหน้า-ด้านหลังของชิ้นงานตัวอย่าง

สูตร	ค่าความต่างสี (ΔE)	ชิ้นงานด้านหน้า	ชิ้นงานด้านหลัง
Pure wax	1.33		
Wax/EVA5	0.80		
Wax/oil30/WF40	16.12		
Wax/oil30/WF40/EVA5	8.52		
Wax/oil30/WF40/EVA10	8.27		

จากผลการทดสอบสีพบว่าเมื่อเติมกาวอีวีเอแล้วทำให้ค่าความต่างสีที่ผิวทั้งสองด้านของชิ้นงานต่ำลง เนื่องจากกาวอีวีเอช่วยทำให้เกิดการกระจายตัวที่ดีของผงไม้และผงสี ทำให้ผงสีและผงไม้ไม่ตกตะกอน โดยสูตร Wax/oil30/WF40/EVA5 และ Wax/oil30/WF40/EVA10 ให้ค่าความต่างสีที่ดีไม่แตกต่างกัน จึงนำไปทดสอบสมบัติความแข็งแรงโค้งงอเพื่อเลือกปริมาณการเติมกาวอีวีเอที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



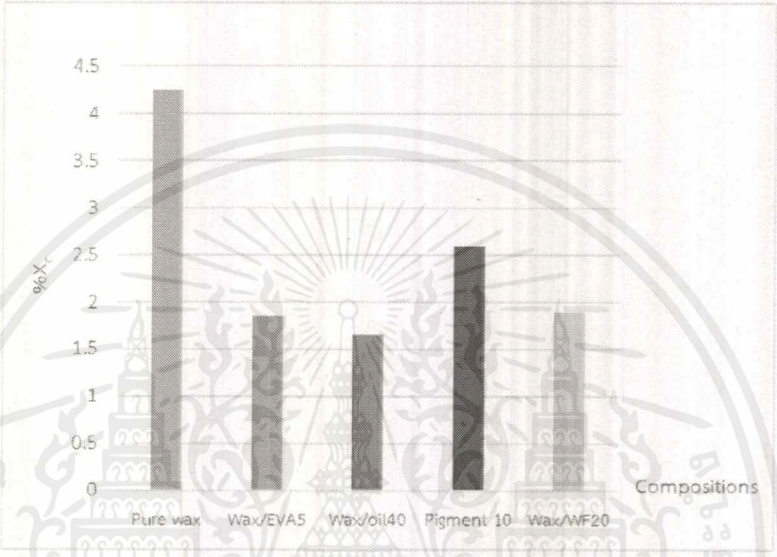
รูปที่ 4.6 ค่าความแข็งแรงโค้งงอของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้

จากรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าสูตร Wax/EVA5 มีค่าความแข็งแรงโค้งงอลดลงเมื่อเทียบกับแว็กซ์บริสุทธิ์ เนื่องมาจาก EVA มีความนิ่ม แต่เมื่อเติมกาวอีวีเอ (EVA) ลงในสูตร Wax/oil30/WF40 กาวอีวีเอจะทำหน้าที่ช่วยในการกระจายตัวของผงไม้และผงสีในแว็กซ์ โดยจะทำให้ค่าความแข็งแรงโค้งงอเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของกาวอีวีเอ (EVA) ที่เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าสูตร Wax/oil30/WF40/EVA10 ให้ค่าความแข็งแรงโค้งงอที่สูงกว่าสูตร Wax/oil30/WF40/EVA5 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์แล้วพบว่าสูตร Wax/oil30/WF40/EVA5 ให้ค่าความแข็งแรงโค้งงอที่ใกล้เคียงกว่า ดังนั้นจึงเลือกใช้กาวอีวีเอ (EVA) ที่ปริมาณ 5 phr เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC

ศึกษาปริมาณการเกิดผลึกของแว็กซ์ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเติมน้ำมันพาราฟิน 40 phr ผงไม้ 20 phr ผงสี 10 phr และกาวอีวีเอ (EVA) 5 phr เพื่อต้องการศึกษาว่าเมื่อเติมองค์ประกอบดังกล่าวในแว็กซ์แล้วจะส่งผลให้ปริมาณการเกิดผลึกของแว็กซ์เปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ โดยจากการทดลองให้ผลดังนี้



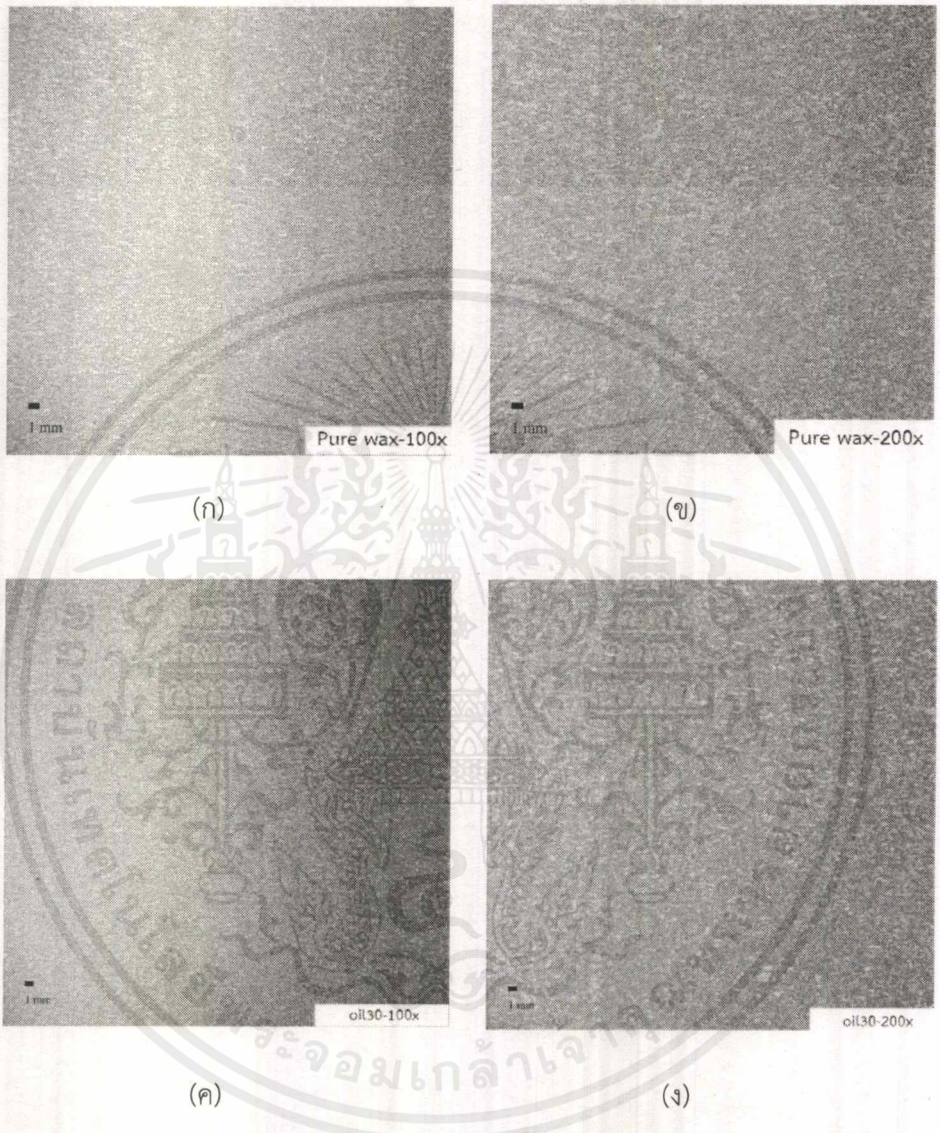
รูปที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกที่เปลี่ยนแปลงไปของแว็กซ์เมื่อมีองค์ประกอบแตกต่างกัน

จากรูปที่ 4.7 เห็นได้ว่าเมื่อเติมน้ำมันพาราฟิน ผงไม้ ผงสี และกาวอีวีเอ (EVA) ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกของแว็กซ์ลดลง โดยการเติมองค์ประกอบดังกล่าวเข้าไปขัดขวางการเกิดผลึกของแว็กซ์ เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้เข้าไปแทรกในสายโซ่โมเลกุลแว็กซ์ ทำให้สายโซ่อยู่ห่างกันมากขึ้น โอกาสการเกิดเป็นผลึกยากขึ้น จึงส่งผลให้การเกิดผลึกของแว็กซ์ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การศึกษาลักษณะการเกิดผลึกด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์

เพื่อศึกษาการกระจายตัวขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่เติมลงไปในแว็กซ์ ได้ผลการทดสอบดังนี้



(ก) (ข)

(ค) (ง)

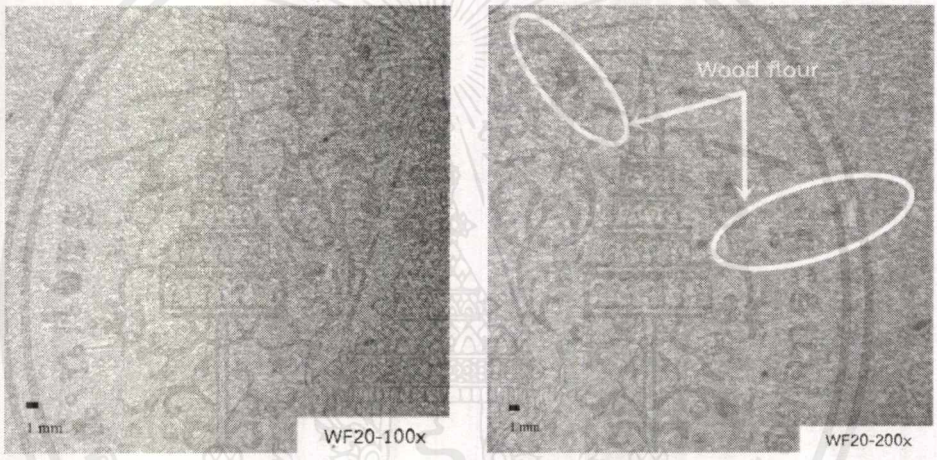
รูปที่ 4.8 (ก) แว็กซ์บริสุทธิ์กำลังขยาย 100 เท่า (ข) แว็กซ์บริสุทธิ์กำลังขยาย 200 เท่า (ค) แว็กซ์ผสมกับน้ำมันพาราฟิน 30 phr กำลังขยาย 100 เท่า (ง) แว็กซ์ผสมกับน้ำมันพาราฟิน 30 phr กำลังขยาย 200 เท่า

จากรูปที่ 4.8 (ข) แสดงให้เห็นถึงผลึกขนาดเล็กของแว็กซ์จำนวนมาก และเมื่อเติมน้ำมันพาราฟินจากรูปที่ 4.8 (ง) สังเกตเห็นการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของน้ำมันพาราฟินในแว็กซ์ โดยเมื่อเติมน้ำมันพาราฟินลงในแว็กซ์แล้ว พบว่าน้ำมันพาราฟินจะเข้าไปแทรกระหว่างสายโซ่โมเลกุลของแว็กซ์ ทำให้สายโซ่โมเลกุลอยู่ห่างกันมากขึ้น เคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้การเกิดผลึกลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากน้ำมันพาราฟินเข้าไปขัดขวางการเกิดผลึกของแว็กซ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของวรศักดิ์ เพชรวโรทัย และนีรนุช ภู่สันติ [54] กระบวนการเสริมสภาพพลาสติก (Plasticization) ถูกใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติการยืดตัว (Elongation) และความเหนียว (Toughness) เนื่องจากพลาสติไซเซอร์ (Plasticizers) หรือสารเพิ่มสภาพพลาสติกจะทำหน้าที่เพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหวได้ของสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้สายโซ่เกิดการเคลื่อนผ่านกันได้ง่ายขึ้น ปริมาตรอิสระ (Free volume; v_f) จึงสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature; t_g) ลดลง และทำให้ช่วงอุณหภูมิการเกิดผลึก (Crystallization temperature window) มีแนวโน้มลดลงจากการเคลื่อนไหวของสายโซ่ส่วนที่เป็นอสัณฐานเกิดได้ดีขึ้น ดังนั้นโอกาสในการก่อตัวเป็นผลึกจึงยากขึ้น

ยืนยันได้จากการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC จากรูปที่ 4.7 เห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกของแว็กซ์ลดลงเมื่อเติมน้ำมันพาราฟิน 40 phr เมื่อเทียบกับแว็กซ์บริสุทธิ์



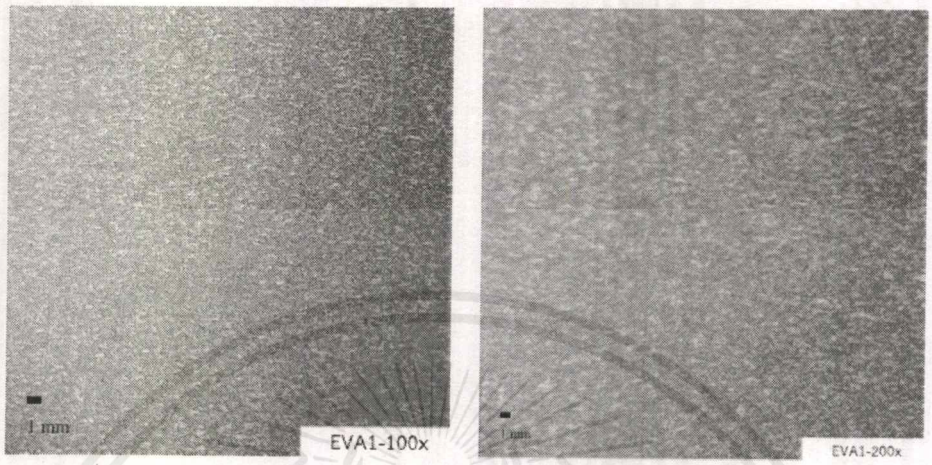
(ก) (ข)

รูปที่ 4.9 (ก) แว็กซ์ผสมกับผงไม้ 20 phr กำลังขยาย 100 เท่า (ข) แว็กซ์ผสมกับผงไม้ 20 phr กำลังขยาย 200 เท่า

จากรูปที่ 4.9 (ข) เมื่อเติมผงไม้ลงในแว็กซ์จะเห็นได้ว่ามีบางส่วนของผงไม้ที่กระจายตัวได้ดีและบางส่วนมีการรวมกลุ่มกัน โดยจากผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ดังรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าเมื่อเติมผงไม้ลงในแว็กซ์แล้วส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกของแว็กซ์ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Raid Banat และ Mohammad M. Fares [55] การเติมเส้นใยไม้ลงในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) ทำให้ปริมาณการเกิดผลึกของ HDPE ลดลง โดยเมื่อเพิ่มปริมาณของเส้นใยไม้มากขึ้น เส้นใยไม้จะเข้าไปขัดขวางการเติบโตของผลึกส่งผลให้การเกิดผลึกลดลง และทำให้อุณหภูมิหลอมเหลวผลึก (Melting temperature; t_m) ลดลงด้วย อาจเกิดจากการสูญเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสมบูรณ์ของโครงสร้าง (Structural integrity) เนื่องจากเส้นใยไม้เกิดการผสมเข้ากันได้ไม่ดีกับเมทริกซ์ ส่งผลให้ความต่อเนื่องของเมทริกซ์ลดลง เกิดเป็นจุดบกพร่องของชิ้นงาน

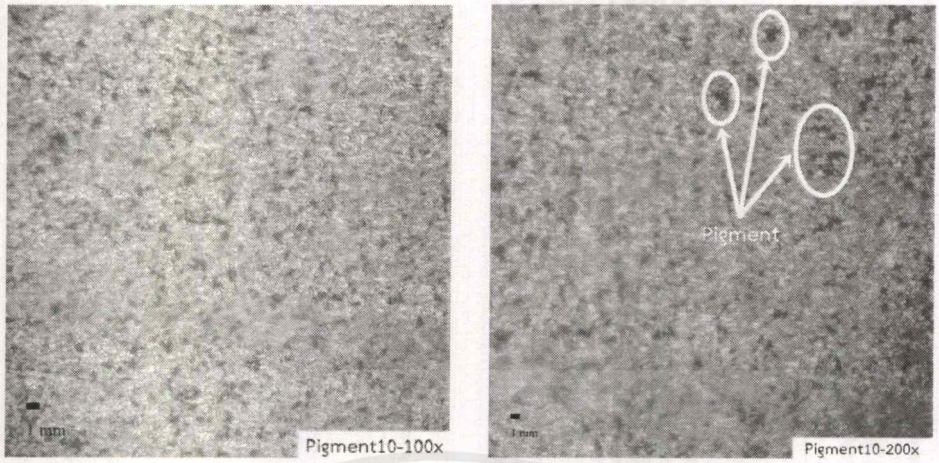


(ก) (ข)

รูปที่ 4.10 (ก) แว็กซ์ผสมกับกาวอีวีเอ (EVA) 1 phr กำลังขยาย 100 เท่า (ข) แว็กซ์ผสมกับกาวอีวีเอ (EVA) 1 phr กำลังขยาย 200 เท่า

จากรูปที่ 4.10 (ข) สังเกตเห็นได้ว่ากาวอีวีเอ (EVA) มีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอในแว็กซ์ และจากรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าเมื่อเติมกาวอีวีเอ (EVA) ลงในแว็กซ์แล้วส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mahmoud Borhani Zarandi และ Hojjat Amrollahi Bioki [56] แสดงให้เห็นว่า EVA มีผลต่อการเกิดผลึกของ LDPE ในพอลิเมอร์ผสม เมื่อใส่ EVA ลงใน LDPE ความเป็นผลึกจะลดลง และอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลวผลึกก็จะลดลงด้วย เป็นผลมาจากการเกิดผลึกร่วมของ EVA กับ LDPE

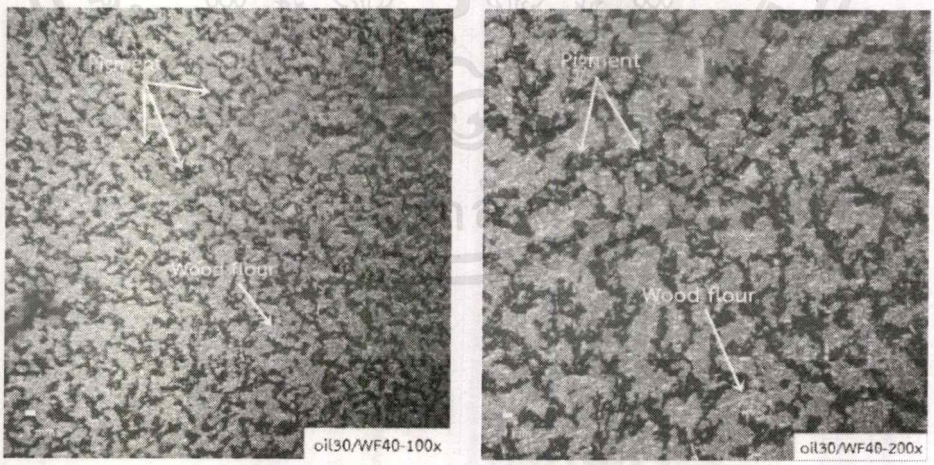
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

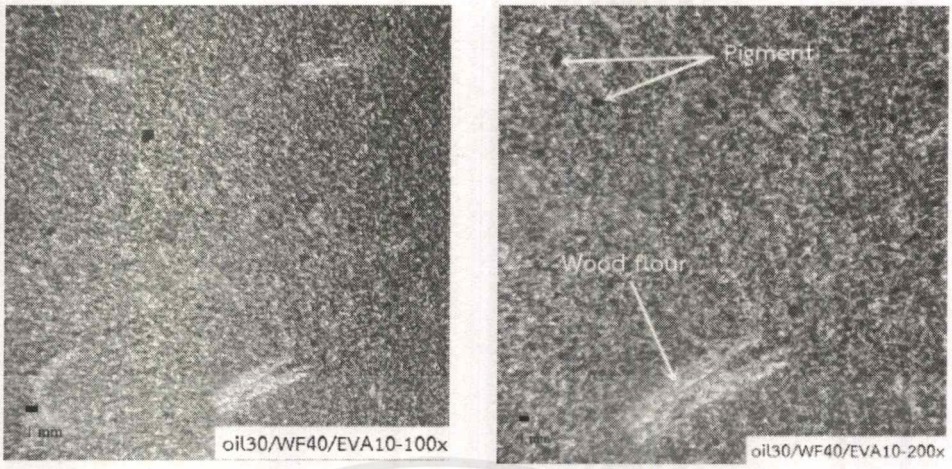
รูปที่ 4.11 (ก) แว็กซ์ผสมกับผงสี 10 phr กำลังขยาย 100 เท่า (ข) แว็กซ์ผสมกับผงสี 10 phr กำลังขยาย 200 เท่า

จากรูปที่ 4.11 (ข) แสดงให้เห็นอนุภาคของผงสีขนาดเล็กกระจายอยู่ในแว็กซ์ เห็นได้ว่าอนุภาคบางส่วนสามารถกระจายตัวได้ดี บางส่วนมีการเกาะรวมตัวกันเป็นกลุ่ม โดยจากรูปที่ 4.7 เห็นได้ว่าเมื่อเติมผงสีลงในแว็กซ์แล้วพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกลดลง เมื่อเทียบกับแว็กซ์บริสุทธิ์ แสดงให้เห็นว่าผงสีไม่ส่งผลต่อการเป็นสารก่อผลึก (Nucleating agent) ในแว็กซ์



(ก) (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) (ง)

รูปที่ 4.12 (ก) แว็กซ์ผสมกับน้ำมันพาราฟิน 30 phr และผงไม้ 40 phr กำลังขยาย 100 เท่า (ข) แว็กซ์ผสมกับน้ำมันพาราฟิน 30 phr และผงไม้ 40 phr กำลังขยาย 200 เท่า (ค) แว็กซ์ผสมกับน้ำมันพาราฟิน 30 phr ผงไม้ 40 phr และกาวอีวีเอ (EVA) 5 phr กำลังขยาย 100 เท่า (ง) แว็กซ์ผสมกับน้ำมันพาราฟิน 30 phr ผงไม้ 40 phr และกาวอีวีเอ (EVA) 5 phr กำลังขยาย 200 เท่า

จากรูปที่ 4.12 (ข) เป็นรูปที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์เห็นได้ว่าผงสี (Pigment) มีการเกาะรวมตัวกันเป็นกลุ่มภายในชิ้นงาน แต่เมื่อเติมกาวอีวีเอ (EVA) ลงไปในรูปที่ 4.12 (ง) แสดงให้เห็นว่าผงสีกระจายตัวได้ดีขึ้นอย่างชัดเจน ไม่พบการรวมกลุ่มกันของผงสี เนื่องจากกาวอีวีเอ (EVA) ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความเข้ากันได้ (Compatibilizers) ช่วยให้ผงสีและผงไม้ไม่ตกตะกอน และกระจายตัวได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศิวานนท์ ศักดาเดชฤทธิ์ [57] การเติม EVA ลงใน PLA/PP Blend แล้วสังเกตเห็นการยึดติด PLA/PP เฟสที่ดีขึ้น การเติม EVA เสมือนเป็นการเติมสารเพิ่มความเข้ากันได้ (Compatibilizers) ช่วยเพิ่มแรงยึดติดระหว่างเฟสทำให้ความเข้ากันได้ของ PLA กับ PP เพิ่มขึ้น

4.8 การทดสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้เปรียบเทียบกับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์

จากผลการทดลองพบว่าสูตร Wax/oil30/WF40/EVA5 มีสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานที่สุด ทั้งในด้านสมบัติเชิงกลและสมบัติการยึดติด จึงนำสูตรดังกล่าวมาทำการทดสอบเปรียบเทียบกับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ โดยจากผลการทดสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติการยึดติดได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลความสามารถในการยึดติดและสมบัติเชิงกลของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้เทียบกับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์

สูตร	ความแข็งกด (Shore A)	ความแข็งแรงโค้งงอ (MPa)	ความสามารถในการยึดติด
Commercial	77.8 ± 2.0	18.59 ± 2.72	4B
Wax/oil30/WF40/EVA5	46.2 ± 0.8	17.39 ± 0.95	4B

จากผลการทดสอบดังตารางที่ 4.7 เห็นได้ว่าวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้มีค่าความแข็งกดที่ต่ำกว่าวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ แต่มีค่าความแข็งแรงโค้งงอและความสามารถในการยึดติดที่ดีไม่แตกต่างกัน

4.9 วิเคราะห์ต้นทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนเป็นการแสดงถึงค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการผลิตวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเพื่อใช้ในการประเมินราคาสินค้าเพื่อการขายและใช้ในการเปรียบเทียบกับราคาวัสดุที่ต้องการแข่งขัน

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตที่ใช้ในการผลิตวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้เทียบกับเชิงพาณิชย์

		วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้		วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์	
รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาท/กิโลกรัม)	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	คิดเป็นเงิน (บาท)	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	คิดเป็นเงิน (บาท)
พอลิเอทิลีนแว็กซ์	100	30	3.00	-	-
น้ำมันพาราฟิน	80	9	0.72	-	-
ผงไม้	7.8	12	0.09	-	-
ผงสี	108	3	0.32	-	-
กาวอีวีเอ (EVA)	150	1.5	0.23	-	-
รวมราคาวัตถุดิบต่อ 1 แท่ง		4.36 บาท		-	
รวมราคาต้นทุนการผลิตต่อ 1 แท่ง		10.36 บาท		43.80 บาท	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตดังตารางที่ 4.8 สำหรับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้กำหนดให้ราคาต้นทุนการผลิตต่อ 1 แท่งประกอบด้วยราคารวมของวัตถุดิบที่ใช้ ราคาค่าไฟที่ใช้ในการผลิตประมาณการเป็น 1 บาท ค่าแรงงาน 300 บาทต่อ 1 วัน โดยใน 1 วันสามารถผลิตวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมได้ประมาณ 60 แท่ง โดยจากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตพบว่าวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้มีราคาต่อแท่งต่ำกว่าเชิงพาณิชย์ถึง 4 เท่า ซึ่งมีความเป็นไปได้สูงที่จะผลิตจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม (Wax filler sticks) ซึ่งเตรียมได้จากแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์ปริมาณ 100 phr ผสมกับน้ำมันพาราฟิน ผงไม้ ผงสี และกาวอีวีเอ (EVA) จากนั้นหาอัตราส่วนการเติมที่เหมาะสมโดยการศึกษาความสามารถในการยึดติด ทดสอบสี ทดสอบสมบัติเชิงกล ทดสอบสมบัติทางความร้อน และศึกษาสมบัติทางสัณฐานวิทยา แล้วนำไปเปรียบเทียบกับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ สามารถสรุปผลได้ว่าสูตรที่ดีที่สุดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้คือสูตร Wax/oil30/WF40/EVA5 โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. น้ำมันพาราฟินทำหน้าที่ช่วยปรับความนิ่มแข็งของวัสดุโดยที่ปริมาณน้ำมันพาราฟิน 30 และ 40 phr มีความสามารถในการยึดติดและเข้าไปแทรกระหว่างรูช่องว่างของไม้เทียมหรือเกิดแรงยึดติดทางกล (Mechanical interlocking) ได้ดีไม่แตกต่างกัน

2. ทำการศึกษาปริมาณผงไม้ที่ 40 50 และ 60 phr โดยจากการทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่าเมื่อเติมผงไม้ลงในแว็กซ์แล้วส่งผลให้ค่าความแข็งกดและความแข็งแรงโค้งงอเพิ่มสูงขึ้น โดยเมื่อนำไปทดสอบความสามารถในการยึดติดพบว่าสูตร Wax/oil30/WF40 ให้ผลการยึดติดที่ดี และให้สมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ทั้งสมบัติความแข็งกดและความแข็งแรงโค้งงอ

3. การเติมกาวอีวีเอ (EVA) ส่งผลต่อการทดสอบสี โดยกาวอีวีเอทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความเข้ากันได้ (Compatibilizers) ค่าความต่างสีลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณกาวอีวีเอ โดยปริมาณกาวอีวีเอที่ 5 และ 10 phr ให้ผลความต่างสีที่ดีไม่แตกต่างกัน จึงนำไปทดสอบความแข็งแรงโค้งงอพบว่าที่ปริมาณกาวอีวีเอ 5 phr ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณกาวอีวีเอที่ 5 phr เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนการผลิตและจากผลการทดสอบยังพบว่าปริมาณของกาวอีวีเอไม่ส่งผลต่อสมบัติความแข็งกด

4. เมื่อนำวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้สูตร Wax/oil30/WF40/EVA5 ไปทำการเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลและความสามารถในการยึดติดกับวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ พบว่าวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้มีค่าความแข็งกดที่ต่ำกว่าวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์ แต่มีค่าความแข็งแรงโค้งงอและความสามารถในการยึดติดที่ดีไม่แตกต่างกัน

5. จากการศึกษาสมบัติทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์พบว่าน้ำมันพาราฟิน ผงไม้ ผงสี และกาวอีวีเอ (EVA) มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในแว็กซ์ แต่เมื่อเติมองค์ประกอบดังกล่าวลงในแว็กซ์แล้วพบว่าทำให้เปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกของแว็กซ์ลดลงซึ่งยืนยันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ซึ่งการเติมองค์ประกอบดังกล่าวเข้าไปขัดขวางการเกิดผลึกของแว็กซ์ เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้เข้าไปแทรกในสายโซ่โมเลกุลแว็กซ์ ทำให้สายโซ่อยู่ห่างกันมากขึ้น โอกาสการเกิดเป็นผลึกยากขึ้น จึงส่งผลให้การเกิดผลึกของแว็กซ์ลดลง

6. จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตพบว่าวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้มีราคาต้นทุนการผลิตต่อแท่งต่ำกว่าเชิงพาณิชย์ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะผลิตจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสีอื่น ๆ เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานกับไม้เทียมได้อย่างหลากหลายมากขึ้น

2. ศึกษาปรับสูตรที่ใช้ในการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม เช่น ศึกษาการเติมสารเพิ่มความเข้ากันได้ (Compatibilizers) ชนิดอื่นเพื่อทำให้องค์ประกอบต่าง ๆ สามารถกระจายตัวในแว็กซ์หลอมเหลวได้ดีขึ้น ศึกษาการประยุกต์ใช้แว็กซ์ชนิดอื่นหรือมากกว่า 1 ชนิด เพื่อปรับปรุงสมบัติความนิ่มแข็งให้ได้ตามต้องการ ศึกษาการใช้ผงไม้ชนิดอื่นหรือเปลี่ยนขนาดของผงไม้ที่ใช้ในการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม เป็นต้น

3. ปรับปรุงวิธีการเตรียมวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม เช่น เพิ่มแรงเฉือนที่ใช้ในการปั่นกวนของผสมเพื่อทำให้องค์ประกอบต่าง ๆ สามารถกระจายตัวในแว็กซ์ได้ดีขึ้น

4. ปรับปรุงสมบัติของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมได้เพิ่มเติม เพื่อทำให้คุณภาพของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้ดีขึ้น เช่น การปรับปรุงกลิ่นเพื่อเพิ่มความน่าใช้งาน

5. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำไปใช้งานจริง เช่น ศึกษาความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่นำไปใช้งาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Sati Charon. 2018. **50+ Awesome Backyard Patio Design Ideas.** [Online]. Available : https://www.pinterest.com/pin/752593787706971100/

[2] Lee Valley. n.d. **Wax Filler Stick.** [Online] Available : http://www.leevalley.com /en/wood/page.aspx?p=20069&cat=1,190,42997&ap=1

[3] คณิตดา เมณฑ์กูล, ฐิติพร จิรานุวัฒน์วงศ์ และอรนุช อัจฉริยวงศ์เมธี. 2560. **วัสดุทดแทนยางรักในงานศิลปะจากน้ำมันเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดัดแปร.** โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[4] กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2557. **โครงการพัฒนาความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมกับประเทศเพื่อนบ้าน (ยุทธศาสตร์การพัฒนาความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมภายใต้กรอบโครงการพัฒนาเขตเศรษฐกิจสามฝ่าย(IMT-GT)** [Online] Available : http://www.thaifta.com/thaifta/Home.

[5] มหาลัยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ป. **คุณสมบัติของไม้.** [Online]. Available : http://pirun.ku.ac.th /~b5410101111

[6] ห้างหุ้นส่วนจำกัด ตั้งย่งฮั่วเฮง. 2557. **องค์ประกอบของไม้.** [Online]. Available : http://pop.thaitechno.net/dip/knowledge_detail.php?id=1783&uid=40324

[7] Araya Unchoaban. 2557. **พืชใบเลี้ยงเดี่ยว.** [Online]. Available : https://jun 75229.files.wordpress.com/2014/02/image008.jpg

[8] Bankok PVC Group Co,.Ltd. 2558. **ข้อดี-ข้อเสียของไม้จริงกับไม้สังเคราะห์.** [Online]. Available : http://www.bangkokpvc.com/knowledgedetail.php?id=66

[9] วราสิทธิ์ สุขมาก. ม.ป.ป. **อุตสาหกรรมไม้แปรรูปและตลาดส่งออก.** [Online] Available : https://www.ditp.go.th/contents_attach/78712/78712.pdf

[10] Decor Report. ม.ป.ป. **ประเภทของเฟอร์นิเจอร์ไม้.** [Online]. Availble : http://www.decorreport.com/images/th/344036.jpg

[11] บัณฑิตเซ็นเตอร์. 2558. **กำจัดรอยขูดขีดบนพื้นไม้ให้หายวับด้วยเทคนิคง้ายง่าย.** [Online]. Available : https://home.kapook.com/ view119571.html.

[12] Mthai.com. 2561. **3 เคล็ดลับง่ายๆ แก้รอยขูดขีดบนพื้นไม้ให้กลับมาสวยอีกครั้ง.** [Online]. Available : https://decor.mthai.com/home-idea/tips-home-idea/ 47324.html.

[13] พลังเกษตร. 2552. **บรรยากาศภายในสวนยาง.** [Online]. Available : https:// www.palangkaset.com.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] RYT9. 2552. **ไม้ยางพารา.** [Online]. Available : https://www.ryt9.com/s/ryt9/127775?fbclid=IwAR2DoAb1L1eVLU7Q8M1t4VjLepQrJvyWY2ZFYALvjoZ0O1QIOAlH8nlLXpY.

[15] Alibaba.com. ม.ป.ป. **60-100 ตาข่ายยางไม้/ไม้ผสมผง.** [Online]. Available : https://thai.alibaba.com/product-detail/60-100-mesh-rubber-wood-mix-wood-powder-141178345.html?fbclid=IwAR3Q0pK6ewCi1whWUhMJ9RbWfnbVAtt8DxIMR6wicBLaZXyMb0gtqH13h_A

[16] ธูปรักษ์โลก. ม.ป.ป. **ความเป็นมาของ "ธูปรักษ์โลก".** [Online]. Available : https://raklokincense.com.

[17] พื้นไม้เทียมภูเก็ต. 2560. **พื้นไม้เทียมภูเก็ต รับติดตั้งพื้นไม้.** [Online]. Available : https://xn--12c4behyofbi3qsa5a9fg5c4cvad.weebly.com/

[18] ศูนย์แนะแนวประจำเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงราย เขต 1 (โรงเรียนบ้านหัวดอย). ม.ป.ป. **การเพาะเห็ดนางฟ้า.** [Online]. Available : https://sites.google.com/a/a/huadoi.ac.th/counseling/activities/5

[19] Ramcet.com. 2018. **Wood Filler Crayon.** [Online]. Available : http://ramcet.com/blog/remodeling-your-kitchen-should-you-hire-a-decorator-marvelous-tips/#

[20] เคมีภัณฑ์. ม.ป.ป. **Paraffin wax.** [Online]. Available : https://www.chemipan.com

[21] Accessories of Candle And Other at Baan Fatonee. 2555. **ประเภทของพาราฟินแว็กซ์.** [Online]. Available : https://www.facebook.com/Baan Fatonee/photos

[22] ED Chal. 2013. **Candles Technology.** [Online]. Available : http://candles technology.blogspot.com/2013/

[23] Wikipedia. 2562. **พาราฟิน.** [Online] Available : https://th.wikipedia.org/wiki.

[24] Myskinrecipes. n.d. **Microcrystalline Wax (Refined).** [Online]. Available : http://www.myskinrecipes.com

[25] ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา. ม.ป.ป. **อันตรายจากสีทาอาคารบ้านเรือน.** [Online]. Available : http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=70

[26] มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. ม.ป.ป. **สารให้สี.** [Online]. Available : http://www.elfit.ssru.ac.th/krairop/pluginfile.php/117/block_html/content/%E0%B

[27] มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ม.ป.ป. **กาว (adhesive).** [Online]. Available : http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2289/7/271661_ch2.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[28] โครงการพัฒนากาวติดไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. ม.ป.ป. **กาวเรซินอ่อนตัวเมื่อร้อน.** [Online] Available : http://forprod.forest.go.th/forprod/wood_ industries /wood_industries/WoodComposite/adhesiveweb/thermo-plastic.htm.

[29] Magazine Online Thai Inventor. 2556. **กาวชนิดต่างๆ.** [Online]. Available : http://www.inventor.in.th

[30] Briwax. 2010. **How do you use the Briwax Wax Filler Stick?.** [Online]. Available : https://briwax.wordpress.com/2010/01/23/how-do-you-use-the-briwax-wax-filler-stick/

[31] หฤทภัค กีรติเสวี และคณะ. 2552. **ภาพรวมของวัสดุเชิงประกอบ.** [Online]. Available : file:///C:/Users/Acer/Downloads/18-32%20%C3%8B%C3%84%C2%B7%C3%80%C3%91%C2%A4.pdf

[32] สุธิดา แซ่มชื่น. 2560. "การศึกษาการต้านการลามไฟระบบอินตูเมสเซ้นต์ชนิดใหม่ที่เตรียมได้จากเปลือกหอยแมลงภู่สำหรับไม้เทียม." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[33] SCG. 2559. **ศัพท์คนสร้างบ้าน ไม้สังเคราะห์.** [Online]. Available : https:// www.scgbuildingmaterials.com/th/LivingIdea/NewBuild/Synthetic-Wood-Plank.aspx?fbclid=IwAR0167KR8gGbDZmpsRe2XQc_Sd_ywQYMXBg7zTdRR_8RrY0PjIyt1Gsll0E

[34] Home and Gardening. 2017. **65+ Creative Built-In Planter Ideas and Designs for 2018.** [Online]. Available : https://www.pinterest.com/pin/644507396647824596/

[35] pistilsdesign. 2009. **Custom cedar fence with gate.** [Online]. Available : https://www.pinterest.com/pin/37436240624766166/

[36] บริษัท ทีพีไอ โพลีน จำกัด (มหาชน). ม.ป.ป. **ไม้ฝาทีพีไอ รุ่น Straight Grain Texture.** [Online]. Available : http://www.tpipl.co.th/thai/WoodSeries.html#

[37] The University of Tennessee Institute of Agriculture. n.d. **Wood Plastic Composites-A Primer.** [Online]. Available : https://ag.tennessee-.edu/fwf/Documents/ATaylor/Wood-plastic-composites- primer_ PB1779.pdf?fbclid=IwAR2GvW0LHGvopWGfXOPHHiTzPAlGw2q-DL8gdpp2MopMNX12O0NTQ8xn5ac

[38] เครือข่ายพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางและไม้ยางพารา. 2559. **รู้จักและเข้าใจการยึดติดเพื่อนำไปใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ.** [Online]. Available : file:///C:/Users /Acer/Downloads/Documents/adhesion_2.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[39] Tesa. 2559. **คุณต้องใช้น้ำผึ้งเท่าไหร่เพื่อแขวนรูปภาพ.** [Online]. Available : https://www.tesa.com/th-th/wikitapia/how-much-honey-do-you-need-to-hang-up-a-picture.html

[40] BS SHOP DIRECTOR. 2560. **ความต่างของไม้เนื้อแข็งและเนื้ออ่อน ข้อควรรู้ก่อนเริ่มงานซ่อมแซม.** [Online]. Available : https://beelievesourcing.co.th

[41] John Schierlmann. **Blendable stick for coloration of wood and furniture.** United states. patent no. US20060278561A1. 14 December 2006.

[42] Choi Young-ho. **A scratch filler.** Korea. patent no. KR101788146B1. 23 August 2017.

[43] Liu Junliang, Ye Kelin, Wang Hongda and Huang Peiwei. **Wood flour putty and preparation process thereof.** China. patent no. CN100519672C. 11 December 2006.

[44] John F. Leutzinger. **Composition stick for filling small regular cavities.** U.S patent no.468784. 15 November 1954.

[45] Donald F. Burch and Richard L. Seitzinger. **Exact match no sand wood floor repair kit.** U.S. patent no. US20110189387A1. 15 April 2011

[46] American Standard for Testing and Material. **Standard test method for rubber property-durometer hardness.** [Online]. Available : https://www.plantech.com/wp-

[47] American Standard for Testing and Material. **Standard test method for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating material.** [Online]. Available : http://mahshahr.aut.ac.ir/lib/exe/fetch.php?media=labs:astm_d790.pdf

[48] MaxTechnology. ม.ป.ป. **การทดสอบแรงดัดงอ (Bending test).** [Online]. Available : https://tmaxtech.co.th.

[49] ฉกาจ จบนุช. 2556 "การศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบจากยูคาลิปตัส และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[50] ประเสริฐ ชุมปัญญา, จักรกฤษณ์ ยิ้มแฉ่ง. 2558. "การวิจัยและพัฒนาโลหะเงินเจือสีชมพูเพื่อผลิตตัวเรือนเครื่องประดับด้วยการหล่อระบบเหวี่ยง." มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[51] Phamaceutical Online. n.d. **MiniScan® EZ Portable Color-Measurement Spectrophotometer.** [Online]. Available : https://www.pharmaceuticalonline.com/doc/miniscan-ze-portable-color-measurement-0003

[52] Wiesława Ciesinska, Barbara Liszynska and Janusz Zielinski. (2016). **Selected thermal properties of polyethylene waxes.** Poland : Springer.

[53] American Standard for Testing and Material. **Standard test method for mesuring adhesion by tape test.** [Online]. Available : http://psatape.com.tw/astm/d3359.pdf

[54] วรศักดิ์ เพชรวโรทัย และนีรนุช ภู่สันติ. 2559. "พฤติกรรมและจลนศาสตร์การเกิดผลึกของพอลิแลกไทด์ผ่านกระบวนการก่อผลึกแบบเนื้อผสมและการเสริมสภาพพลาสติก." วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 44(3) : 458-474.

[55] Raid Banat and Mohammad M. Fares. 2015. "Thermo-Gravimetric Stability of High-Density Polyethylene Composite Filled with Olive Shell Flour." American Journal of Polymer Science. 5(3) : 65-74.

[56] Mahmoud Borhani Zarandi and Hojjat Amrollahi Bioki. 2013. "Thermal and Mechanical properties of blends of LDPE and EVA crosslinked by electron beam radiation." The European Physical Journal Applied Physics. 63(2) : 1-7.

[57] ศิวานนท์ ศักดาเดชฤทธิ์. 2557. "การปรับปรุงอุณหภูมิคงรูปทางความร้อนและความทนแรงกระแทกของพอลแลกติกแอซิดด้วยการผสมกบพอลิโพรพิลีนและพอลเอทิลีนโคไวนิลอะซิเตท." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

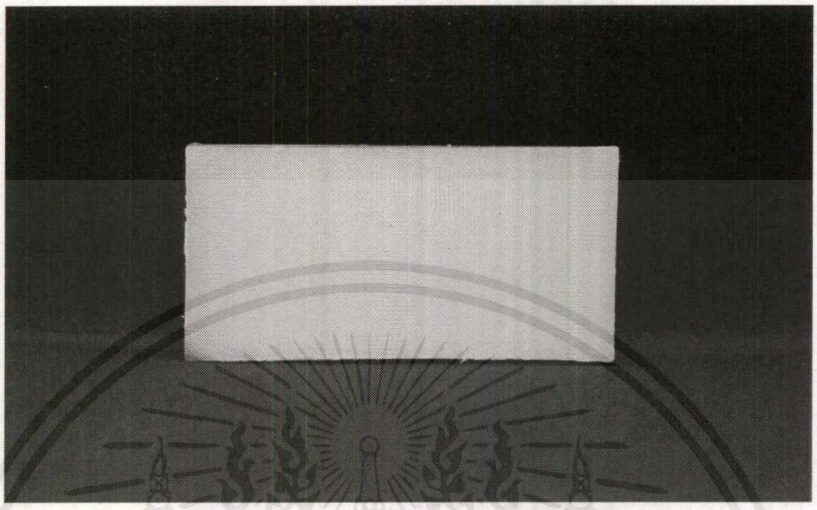
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้

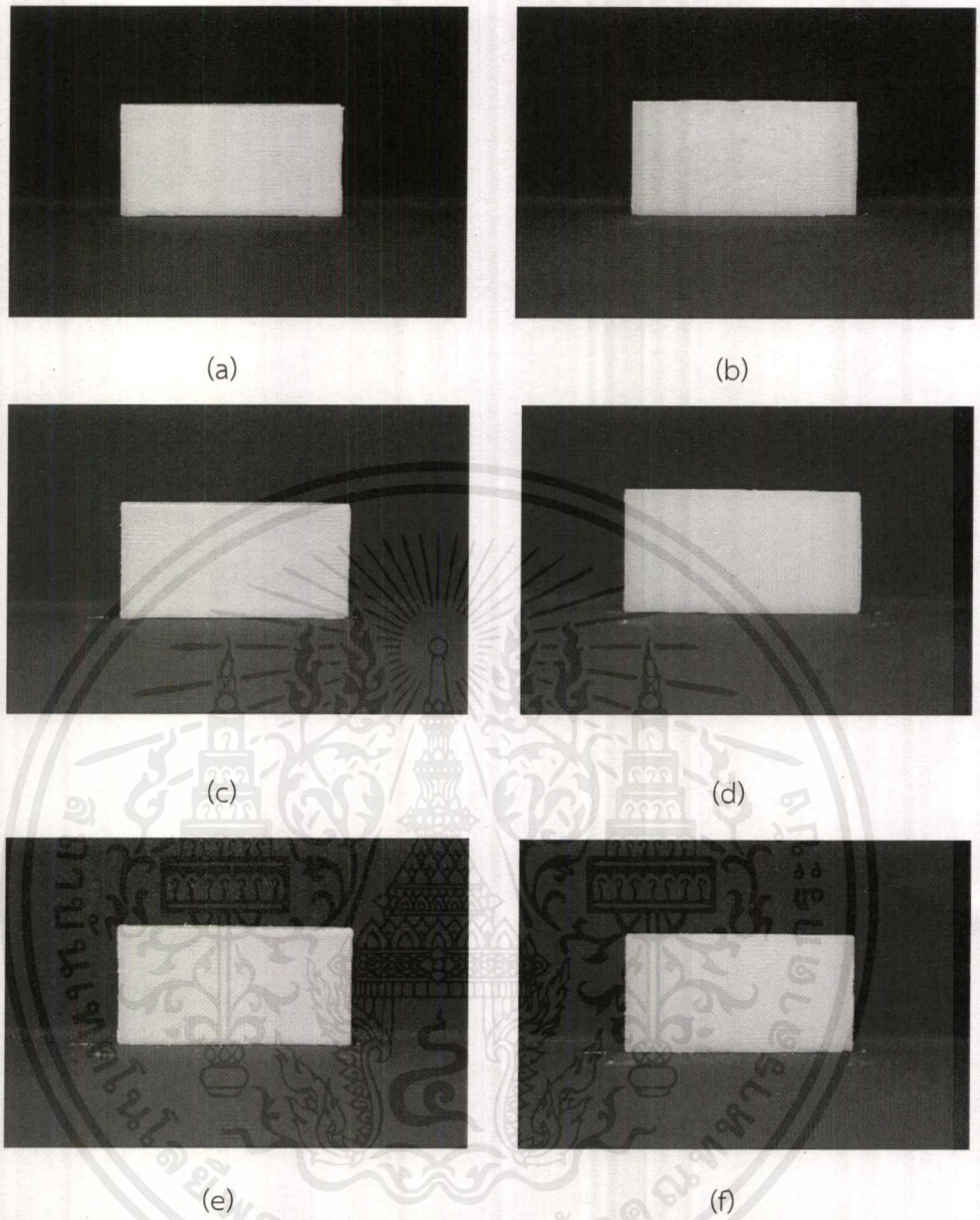


(a)

(b)

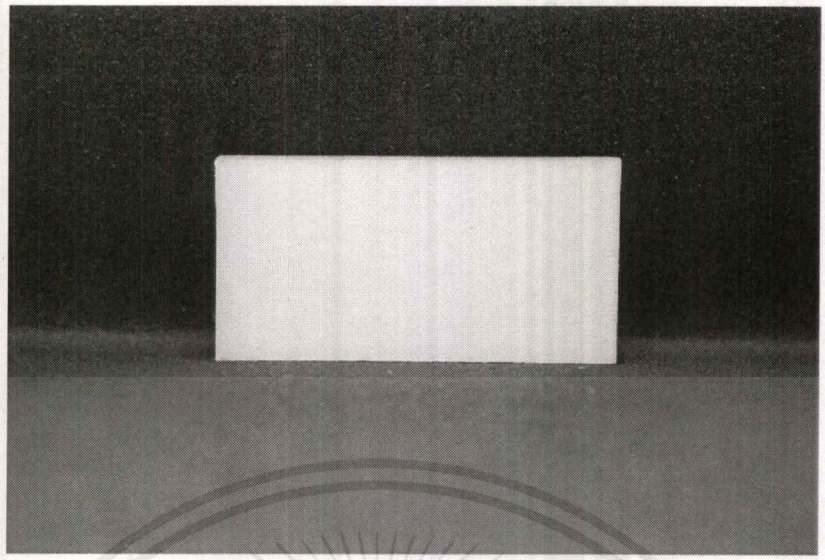
รูปที่ ก-1 แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์บริสุทธิ์ (a) ด้านหน้าขึ้นงาน และ (b) ด้านหลังขึ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

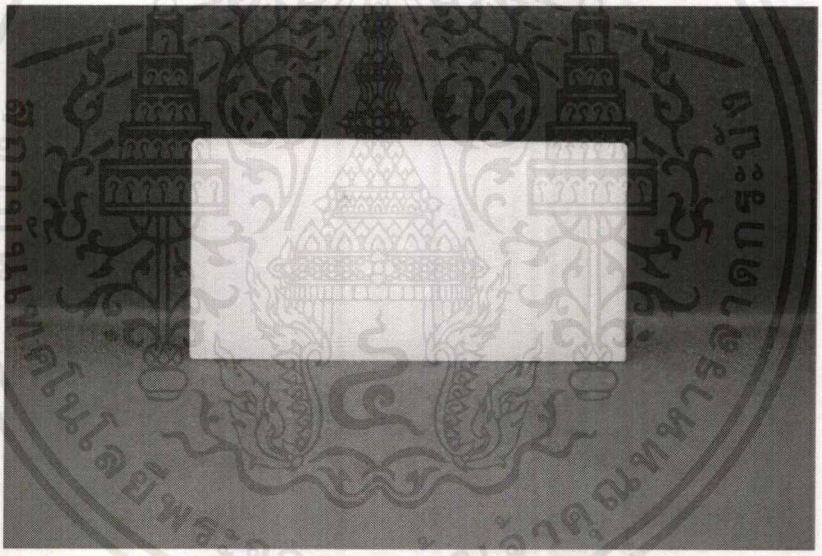


รูปที่ ก-2 แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติมน้ำมันพาราฟิน (a) น้ำมันพาราฟิน 20 phr ด้านหน้าชิ้นงาน (b) น้ำมันพาราฟิน 20 phr ด้านหลังชิ้นงาน (c) น้ำมันพาราฟิน 30 phr ด้านหน้าชิ้นงาน (d) น้ำมันพาราฟิน 30 phr ด้านหลังชิ้นงาน (e) น้ำมันพาราฟิน 40 phr ด้านหน้าชิ้นงาน (f) น้ำมันพาราฟิน 40 phr ด้านหลังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



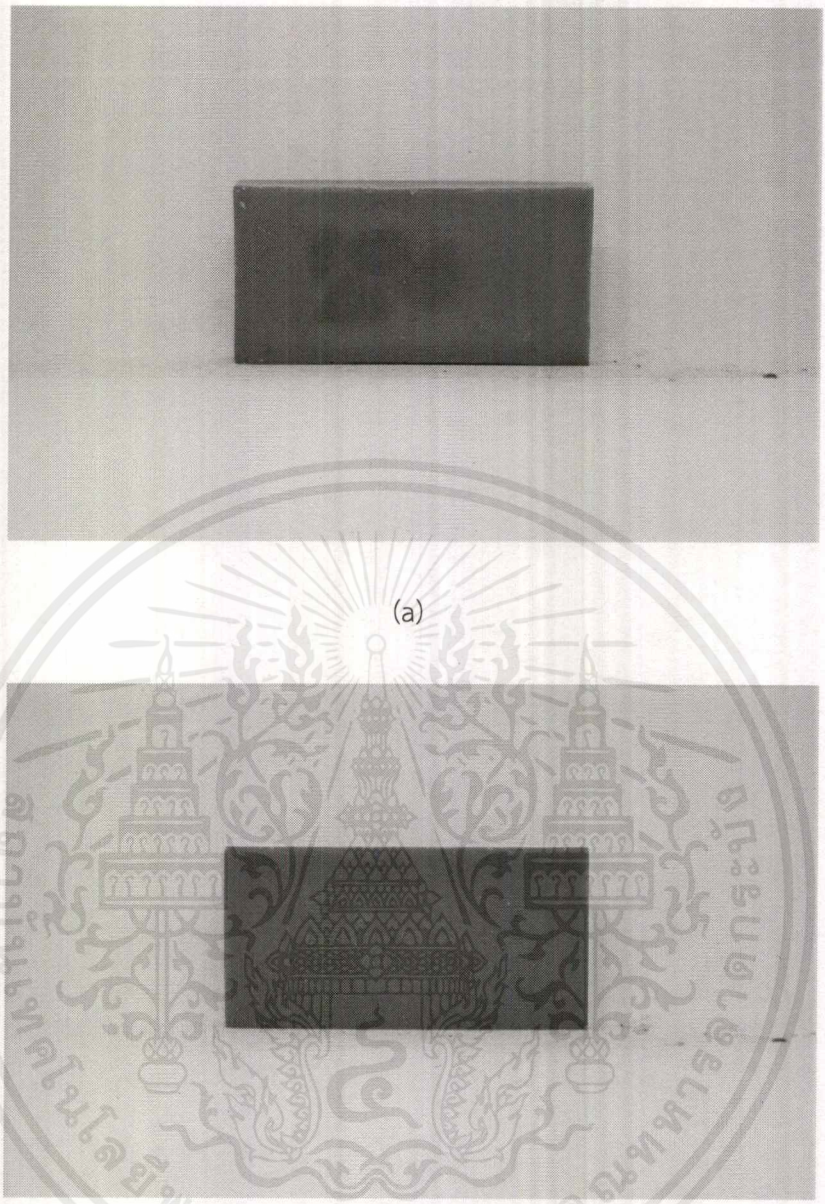
(a)



(b)

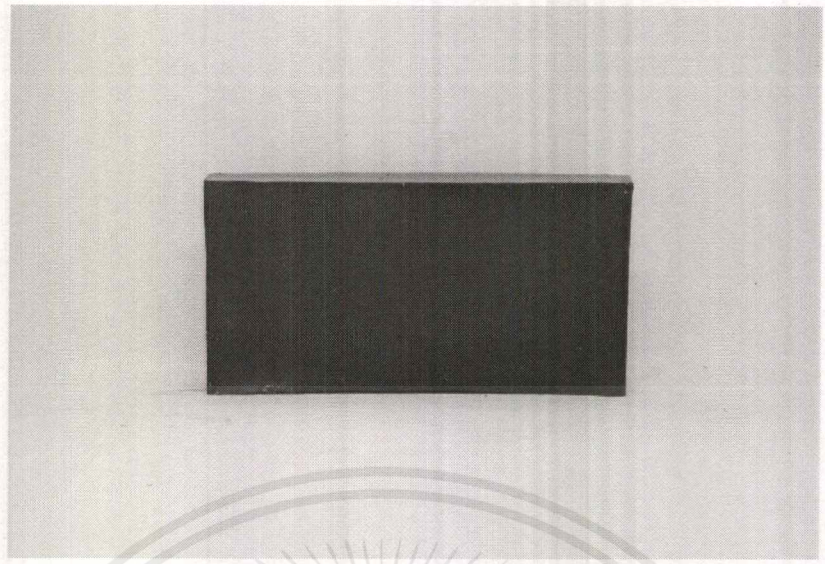
รูปที่ ก-3 แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติมกาวอีวีเอ 5 phr (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-4 แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติมผงไม้ 20 phr (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

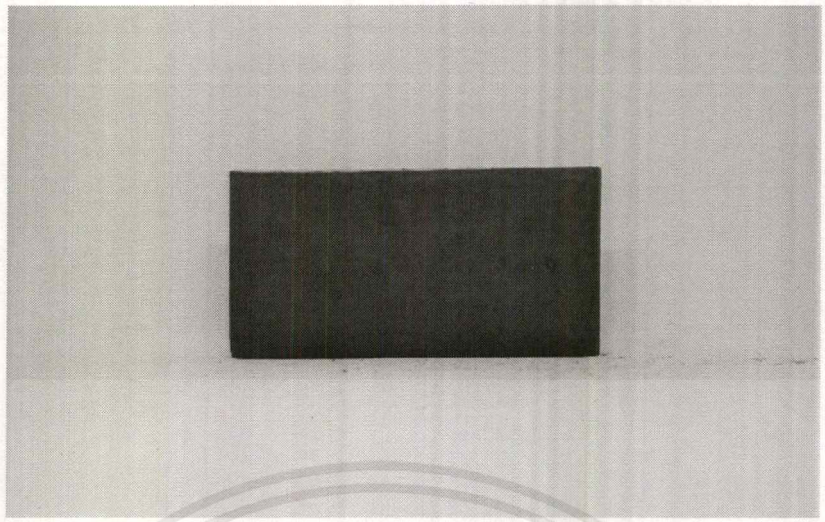


(a)

(b)

รูปที่ ก-5 แว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติมผงสี 10 phr (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

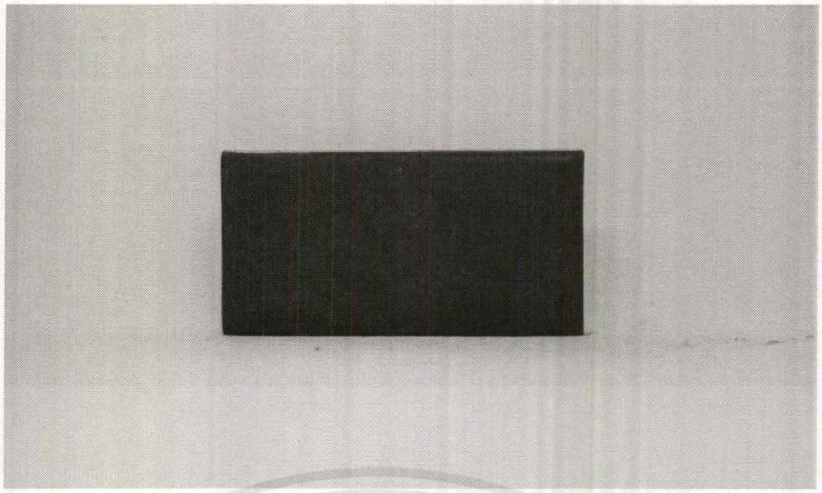


(a)

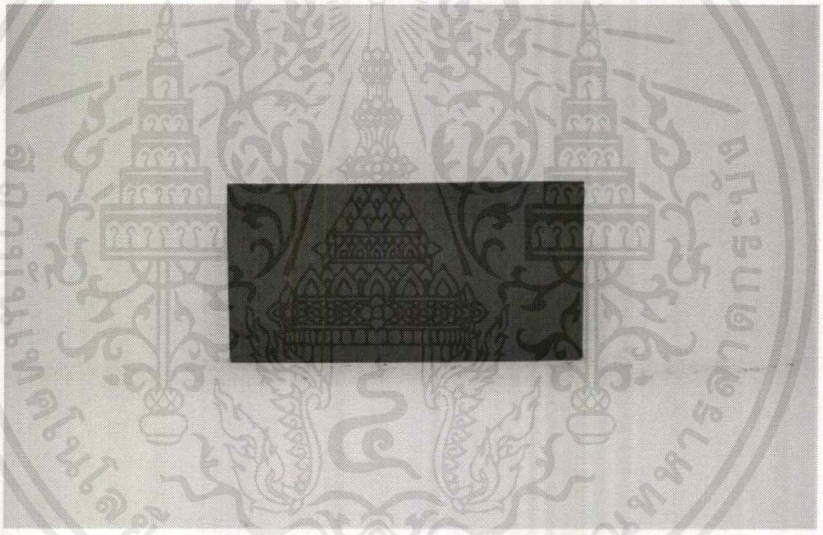
(b)

รูปที่ ก-6 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil20/WF40 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



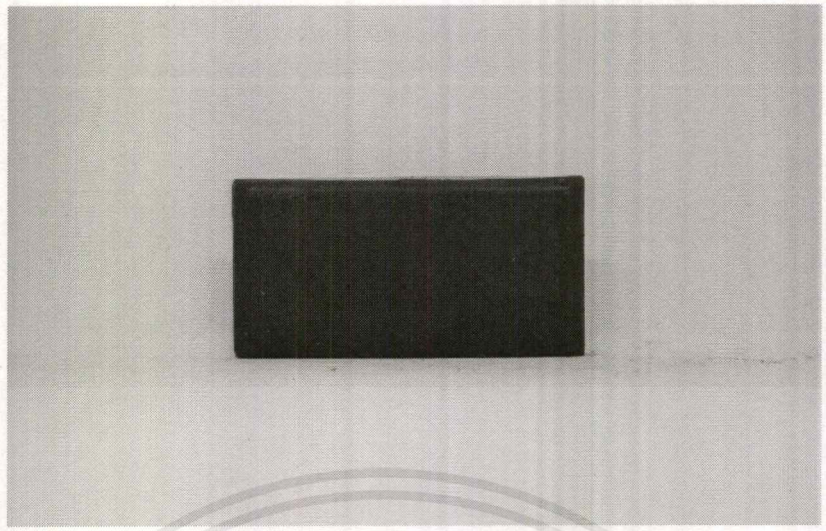
(a)



(b)

รูปที่ ก-7 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil20/WF40/EVA5 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

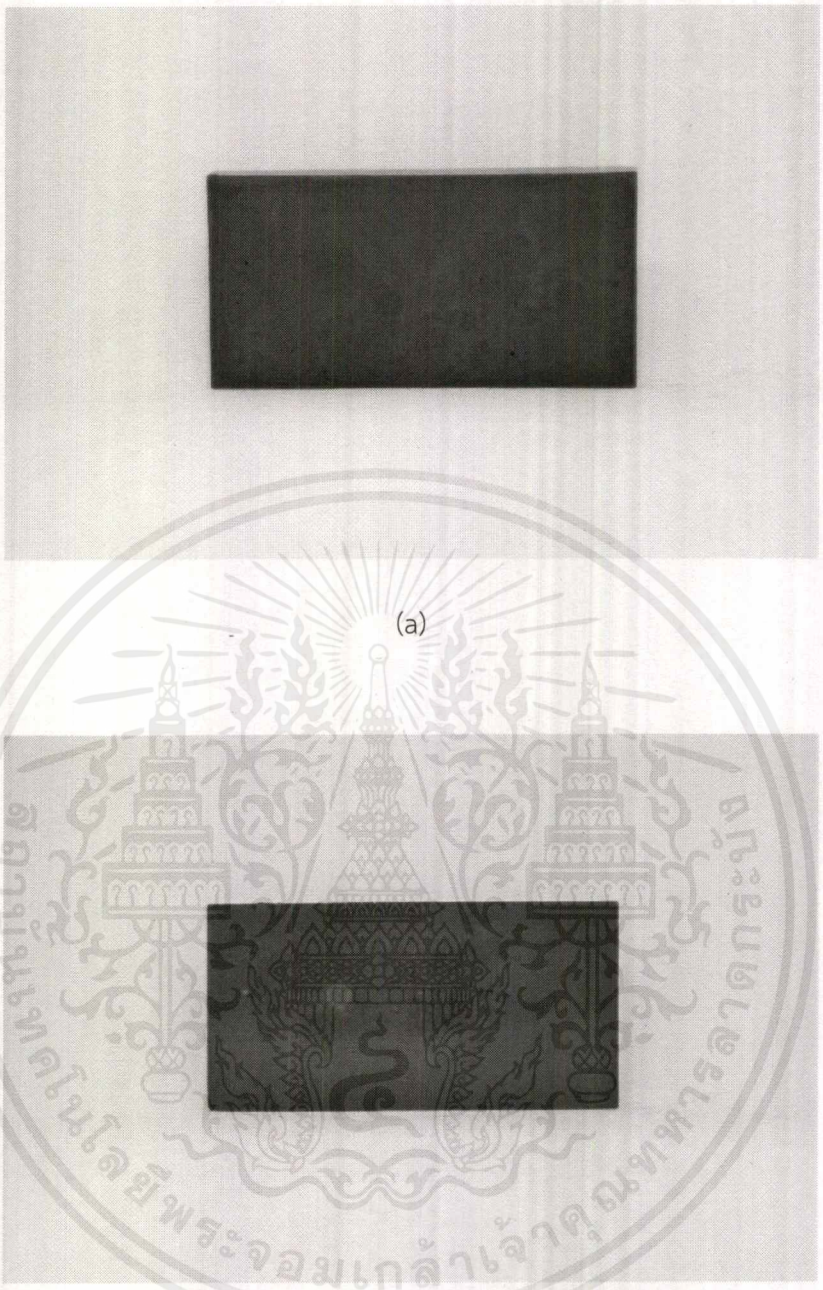


(a)

(b)

รูปที่ ก-8 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil20/WF40/EVA10 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

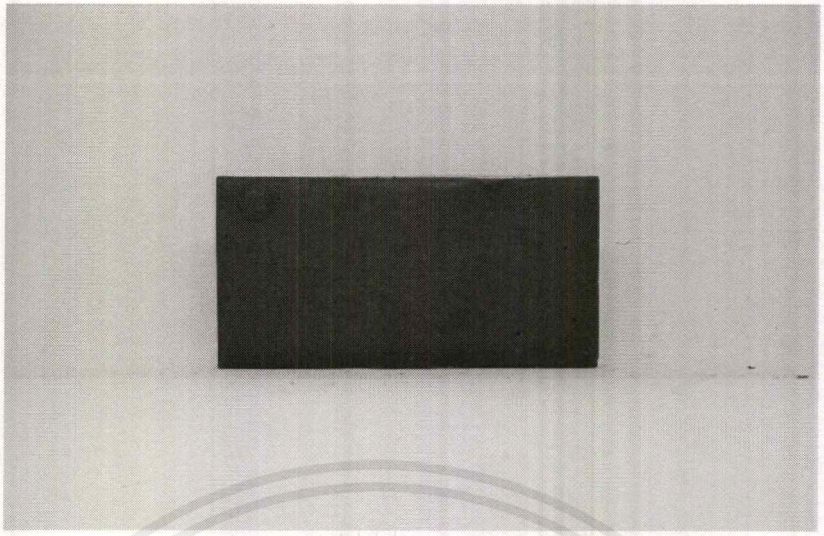


(a)

(b)

รูปที่ ก-9 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil30/WF40 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

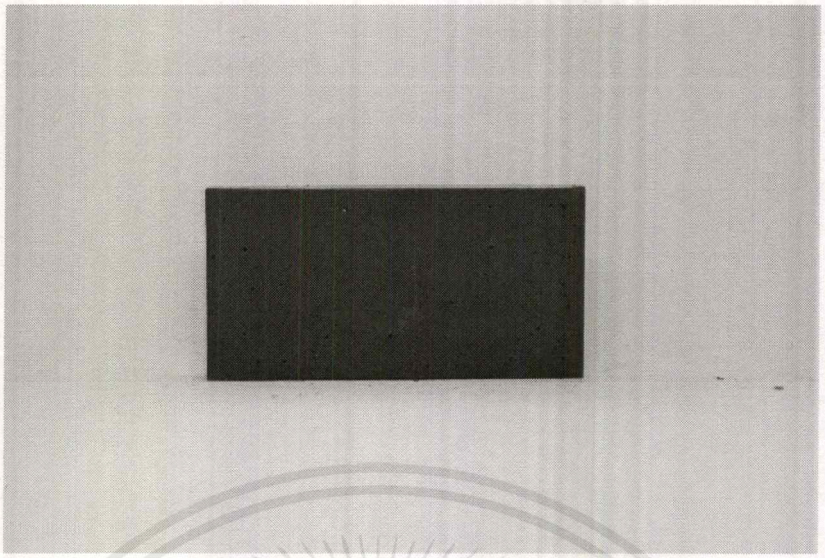


(a)

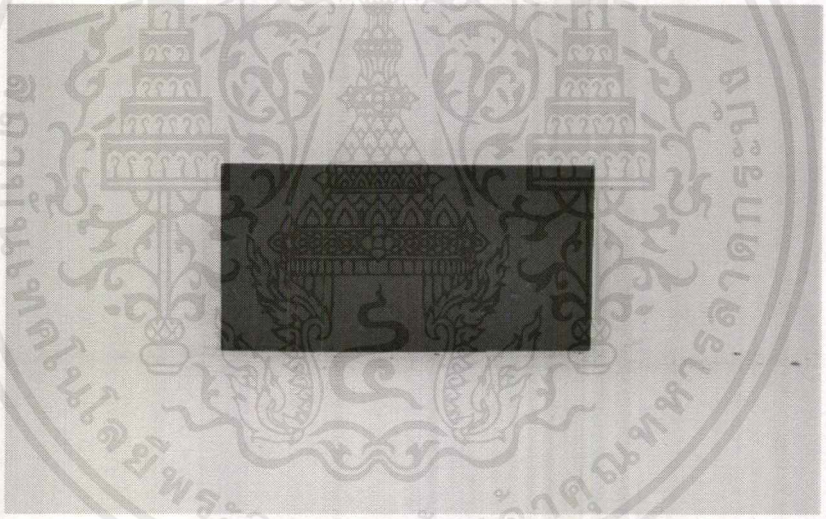
(b)

รูปที่ ก-10 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil20/WF40/EVA5 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



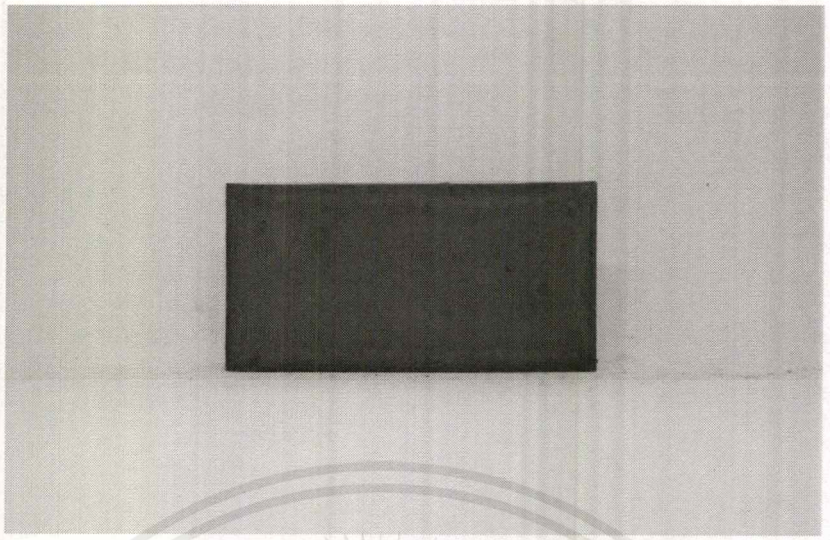
(a)



(b)

รูปที่ ก-11 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil30/WF40/EVA10 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

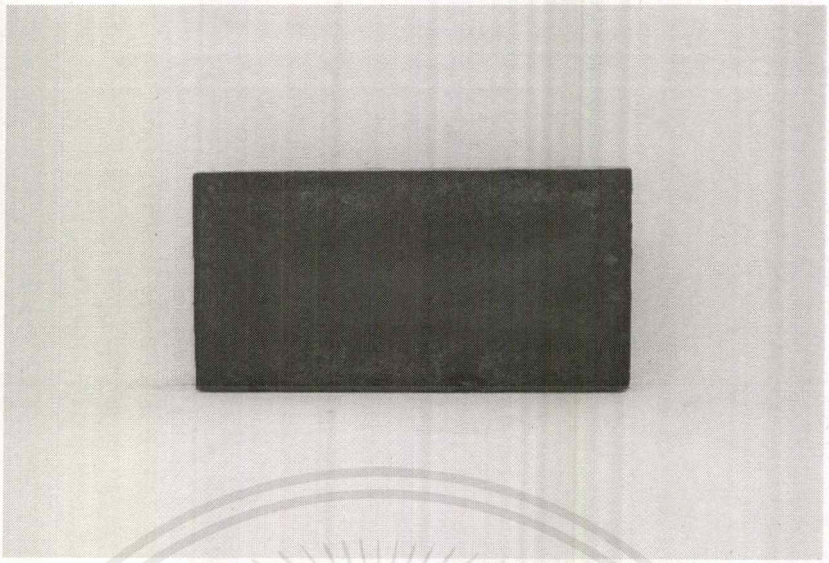


(a)

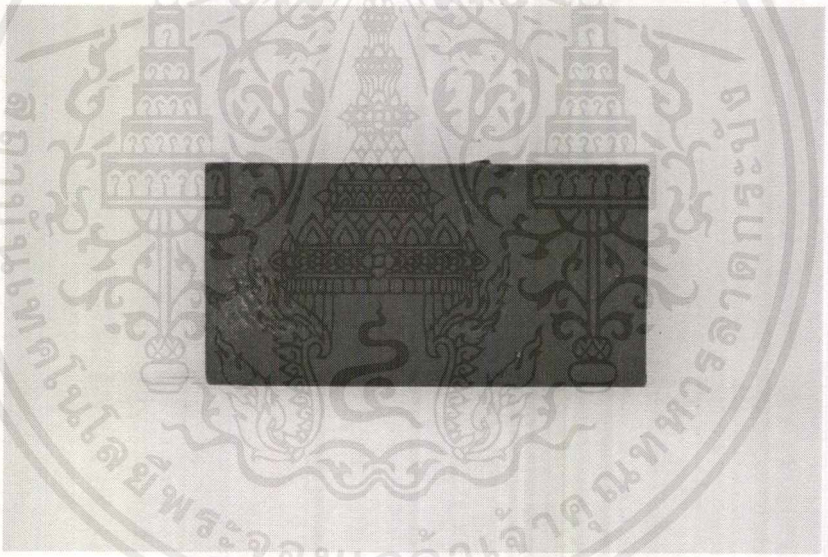
(b)

รูปที่ ก-12 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil40/WF40 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



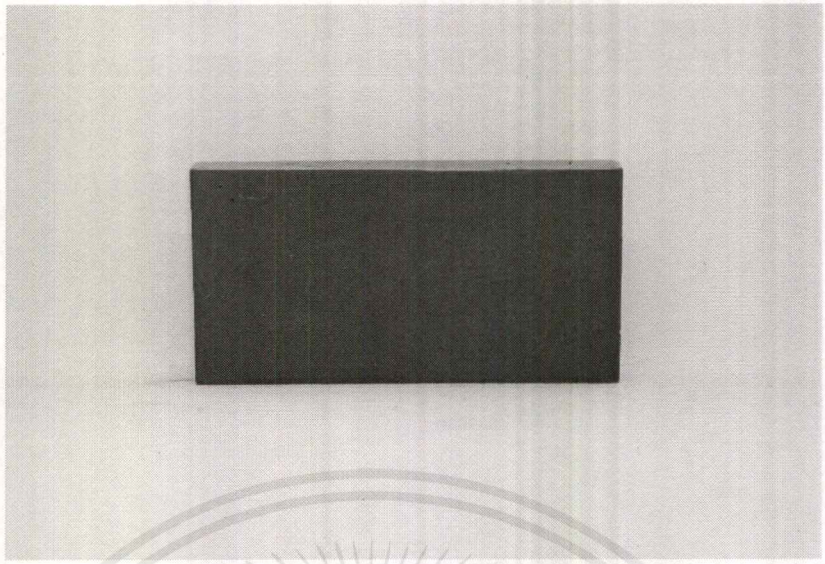
(a)



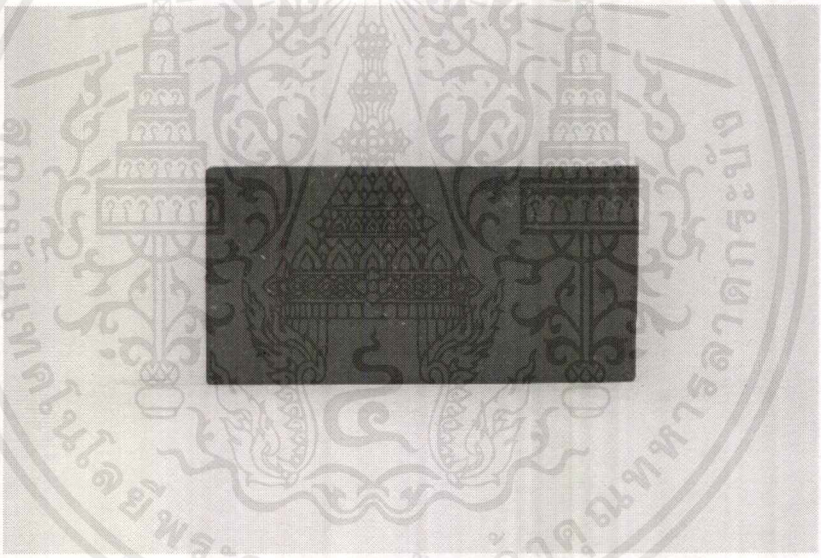
(b)

รูปที่ ก-13 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil40/WF40/EVA5 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)

รูปที่ ก-14 วัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมสูตร Wax/oil40/WF40/EVA10 (a) ด้านหน้าชิ้นงาน และ (b) ด้านหลังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1 ค่าการทดสอบสีของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม

สูตร	ค่าการทดสอบสี (ΔE)
Pure wax	1.33
Pigment 10	7.15
Wax/EVA5	0.80
Wax/WF10	13.91
Wax/oil20	2.19
Wax/oil30	4.98
Wax/oil40	1.31
Wax/oil20/WF40	10.73
Wax/oil20/WF40/EVA5	8.46
Wax/oil20/WF40/EVA10	9.35
Wax/oil30/WF40	16.12
Wax/oil30/WF40/EVA5	8.52
Wax/oil30/WF40/EVA10	8.27
Wax/oil40/WF40	14.57
Wax/oil40/WF40/EVA5	6.62
Wax/oil40/WF40/EVA10	4.24
Wax/oil40/WF50	7.01
Wax/oil40/WF60	10.01
Wax/oil40/WF60/EVA10	8.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถคำนวณความต่างสี (ΔE) ได้จากสูตรดังนี้

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}$$

โดยที่ L* บอกถึงความสว่าง +L* สีขาวจนถึง -L* สีดำที่ผิวด้านหน้า

L^*_0 บอกถึงความสว่าง +L* สีขาวจนถึง -L* สีดำที่ผิวด้านหลัง

a* บอกถึงความเป็นสีแดง +a* จนถึง -a* สีเขียวที่ผิวด้านหน้า

a^*_0 บอกถึงความเป็นสีแดง +a* จนถึง -a* สีเขียวที่ผิวด้านหลัง

b* บอกความเป็นสีเหลือง +b* จนถึง -b* สีน้ำเงินที่ผิวด้านหน้า

b^*_0 บอกความเป็นสีเหลือง +b* จนถึง -b* สีน้ำเงินที่ผิวด้านหลัง

ตัวอย่างวิธีการคำนวณ

สูตร Wax/oil30/WF40/EVA10

ด้านหน้า

						ค่าเฉลี่ย
L^*	25.94	26.29	27.43	25.82	26.04	26.30
a^*	4.15	3.47	4.15	4.19	3.99	3.99
b^*	4	6.51	6.26	6.04	5.56	5.68

ด้านหลัง

						ค่าเฉลี่ย
L^*_0	19.14	19.17	19.41	18.93	18.33	18.99
a^*_0	6.77	6.99	6.76	7.24	7.33	7.02
b^*_0	7.98	8.05	8.18	8.07	8.2	8.09

$$\Delta E = \sqrt{(26.30 - 18.99)^2 + (3.99 - 7.02)^2 + (5.68 - 8.09)^2}$$

$$= 8.27$$

ดังนั้น สูตร Wax/oil30/WF40/EVA10 มีค่าความต่างสีเท่ากับ 8.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข-1 ผลการทดสอบความแข็งกด Shore A ของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้

สูตร	Hardness (Shore A)
Guardsman	77.8 ± 2.0
Pure wax	96.0 ± 2.2
Wax/EVA5	76.2 ± 1.0
Wax/WF20	85.4 ± 1.1
Wax/pigment10	91.4 ± 1.1
Wax/oil20	60.6 ± 2.1
Wax/oil30	50.9 ± 1.3
Wax/oil40	38.6 ± 1.2
Wax/oil20/WF40	76.5 ± 1.7
Wax/oil20/WF40/EVA5	70.3 ± 1.7
Wax/oil20/WF40/EVA10	71.7 ± 1.9
Wax/oil30/WF40	64.2 ± 1.6
Wax/oil30/WF40/EVA5	64.7 ± 2.1
Wax/oil30/WF40/EVA10	64.2 ± 2.0
Wax/oil40/WF40	55.7 ± 1.9
Wax/oil40/WF40/EVA5	46.2 ± 0.8
Wax/oil40/WF40/EVA10	49.7 ± 2.5
Wax/oil40/WF50	56.1 ± 1.2
Wax/oil40/WF60	57.6 ± 2.8
Wax/oil40/WF60/EVA10	53.3 ± 1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค-1 ผลการทดสอบความแข็งแรงโค้งงอของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมที่เตรียมได้

สูตร	ความหนา (mm)	Maximum load (N)	Flexural strength (MPa)
Guardsman	3.08	9.41 ± 2.72	18.60
Pure wax	3.53	14.46 ± 3.41	21.76
Wax/EVA5	3.27	8.57 ± 1.18	15.03
Wax/WF20	3.43	9.65 ± 0.49	15.38
Wax/pigment10	3.45	12.91 ± 1.57	20.34
Wax/oil20	3.49	6.34 ± 0.33	9.76
Wax/oil30	3.58	4.39 ± 0.97	6.42
Wax/oil40	3.17	2.87 ± 0.62	5.36
Wax/oil20/WF40	3.24	10.97 ± 2.25	19.59
Wax/oil20/WF40/EVA5	3.32	10.41 ± 1.46	17.71
Wax/oil20/WF40/EVA10	3.25	14.39 ± 1.31	25.54
Wax/oil30/WF40	3.48	9.67 ± 1.26	14.97
Wax/oil30/WF40/EVA5	3.54	11.62 ± 0.95	17.39
Wax/oil30/WF40/EVA10	3.84	24.99 ± 2.33	31.78
Wax/oil40/WF40	3.73	8.68 ± 0.81	11.70
Wax/oil40/WF40/EVA5	3.35	10.26 ± 1.51	17.14
Wax/oil40/WF40/EVA10	3.86	18.45 ± 0.38	23.22
Wax/oil40/WF50	3.60	7.68 ± 0.62	11.11
Wax/oil40/WF60	3.42	8.21 ± 0.83	13.16
Wax/oil40/WF60/EVA10	3.78	15.20 ± 1.35	19.95

โดยความแข็งแรงโค้งงอสามารถคำนวณได้ตามสูตร ดังต่อไปนี้

ความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural strength) $= \frac{3FL}{2Bh^2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ F คือ แรงกระทำ (N)

L คือ ระยะห่างระหว่างจุดรองรับที่ปลายทั้งสองด้าน (mm)

h คือ ความหนาของชิ้นงานทดสอบ (mm)

B คือ ความกว้างของชิ้นงานทดสอบ (mm)

ตัวอย่างการคำนวณ

สูตร Wax/oil30/WF40/EVA10

ความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural strength) = $\frac{3(24.99\ N)(40\ mm)}{2(3.20\ mm)(3.84\ mm)^2}$

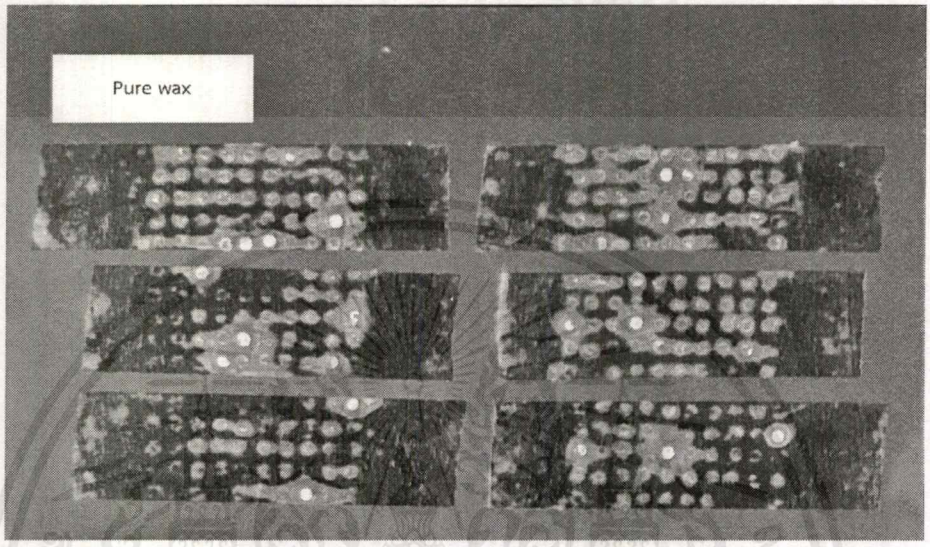
= 31.78 MPa

ดังนั้นสูตร Wax/oil30/WF40/EVA10 มีค่าความแข็งแรงโค้งงอเท่ากับ 31.78 MPa

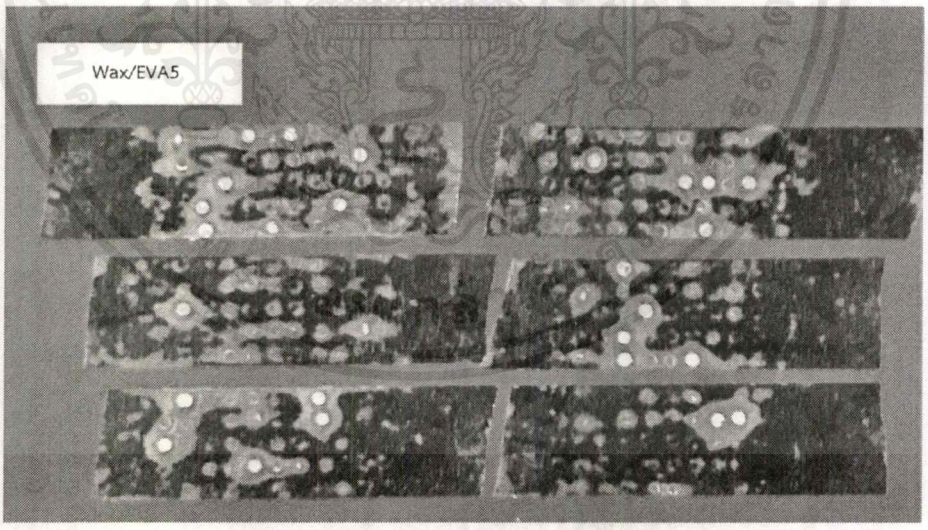
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม

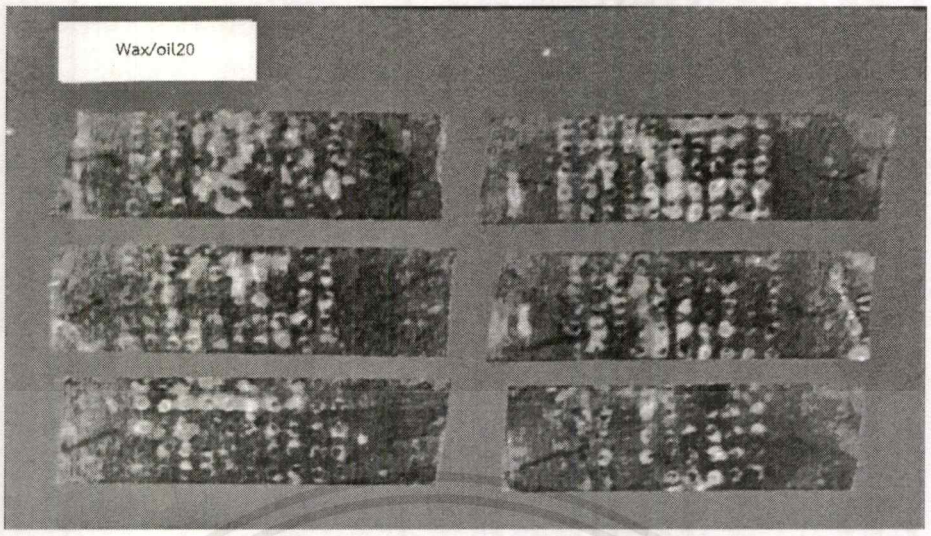


รูปที่ ง-1 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของแว็กซ์บริสุทธิ์

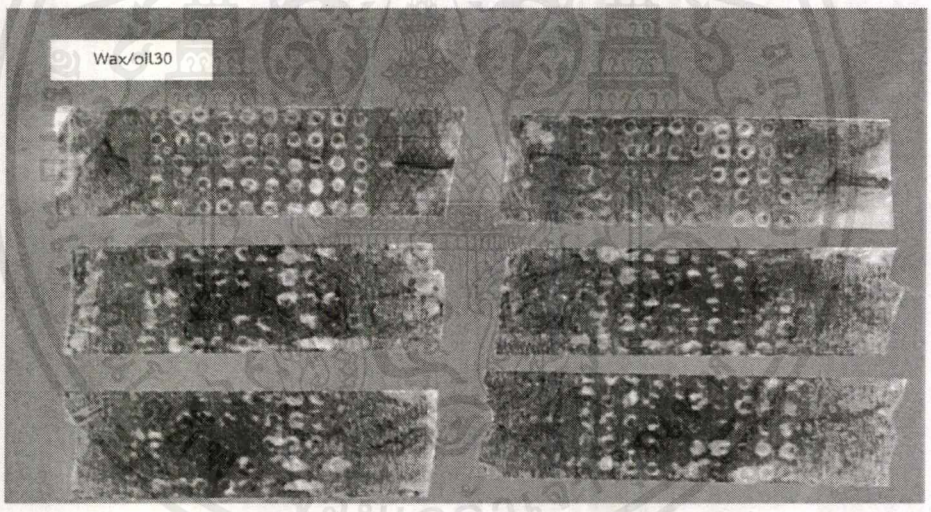


รูปที่ ง-2 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/EVA5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

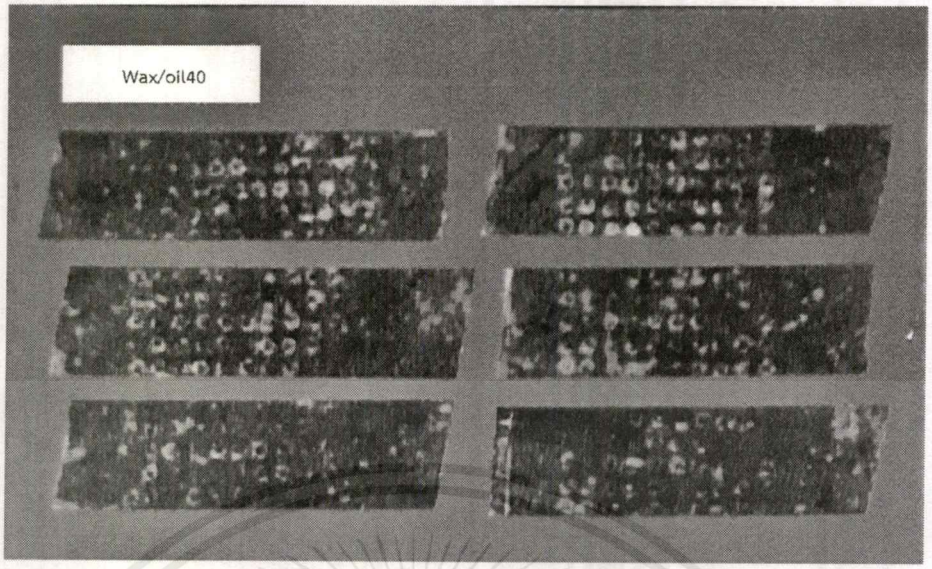


รูปที่ ง-3 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil20



รูปที่ ง-4 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตรWax/oil30

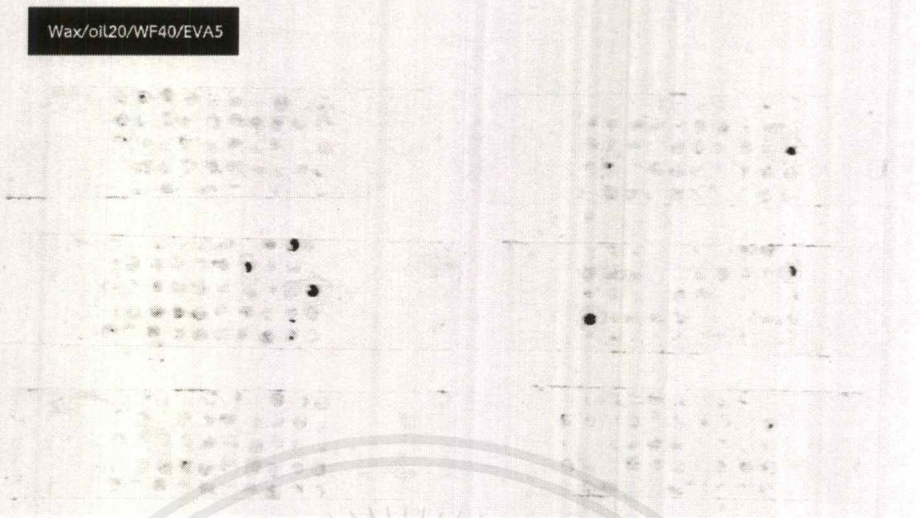
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง-5 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil40

รูปที่ ง-6 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil20/WF40

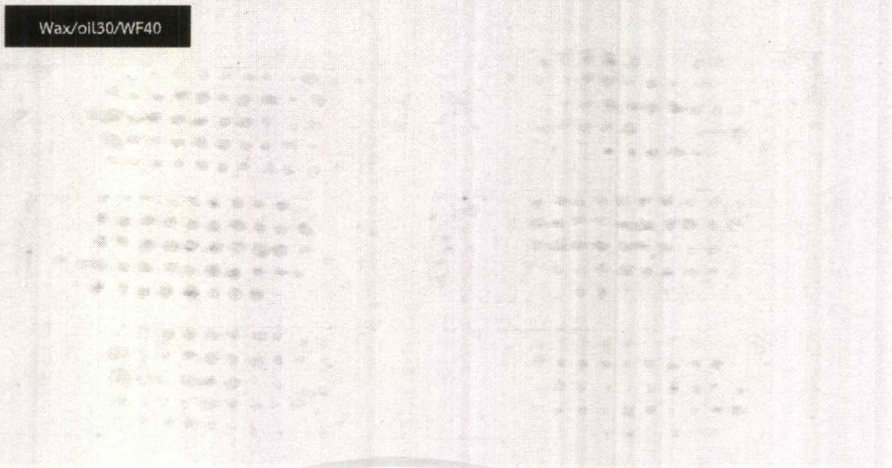
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง-7 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil20/WF40/EVA5

รูปที่ ง-8 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil20/WF40/EVA10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง-9 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil30/WF40

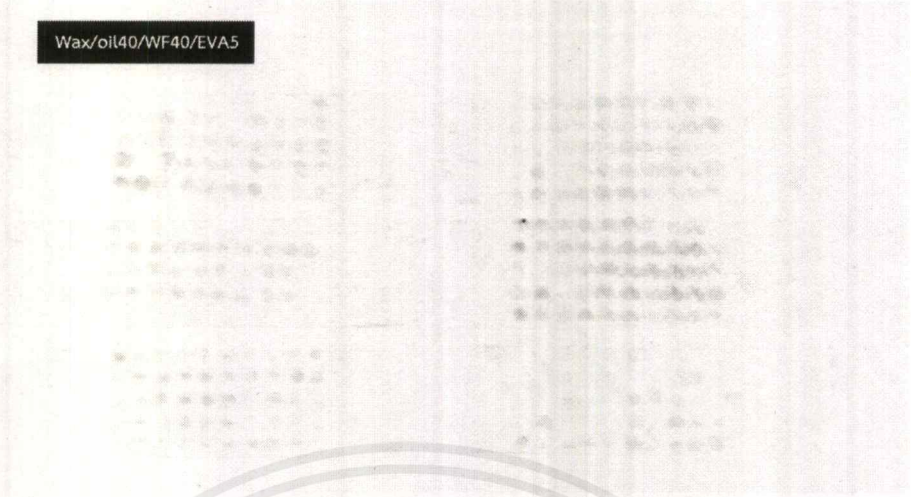
รูปที่ ง-10 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil30/WF40/EVA5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

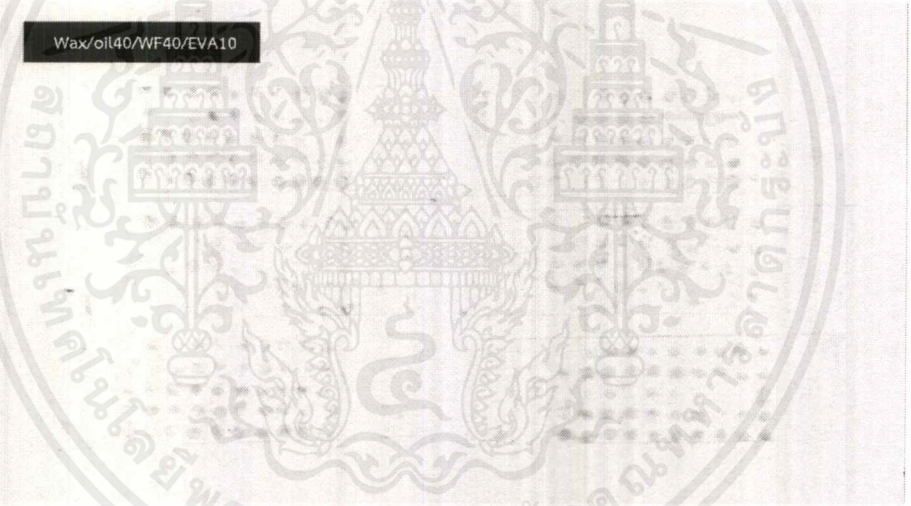
รูปที่ ง-11 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil30/WF40/EVA10

รูปที่ ง-12 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil40/WF40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

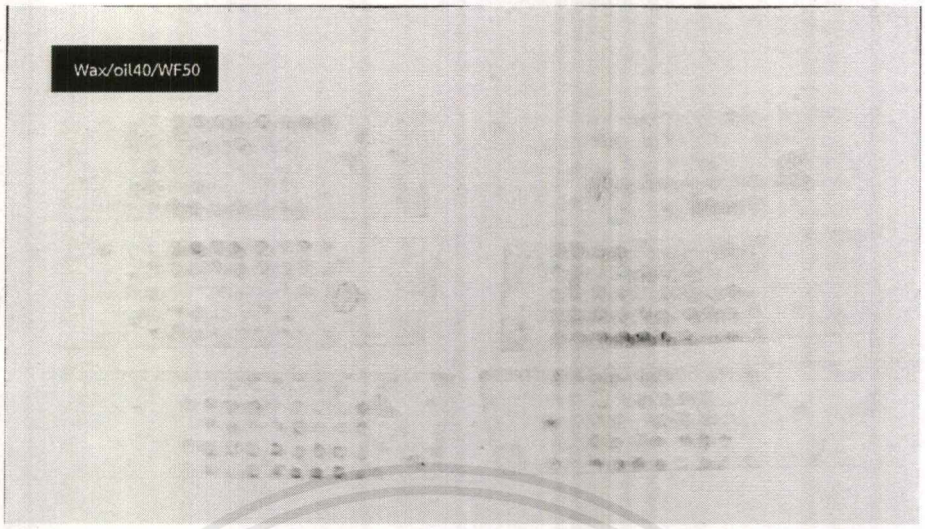


รูปที่ ง-13 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil40/WF40/EVA5

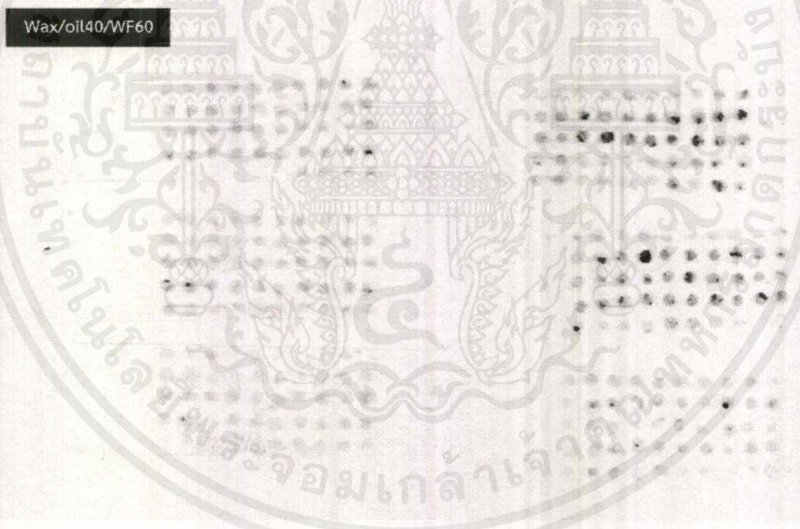


รูปที่ ง-14 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil40/WF40/EVA10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

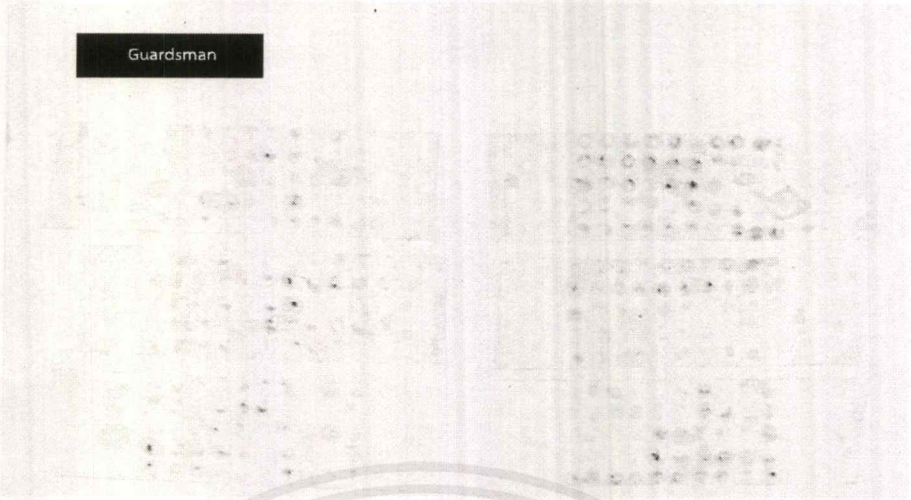


รูปที่ ง-15 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil40/WF50



รูปที่ ง-16 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียม สูตร Wax/oil40/WF60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

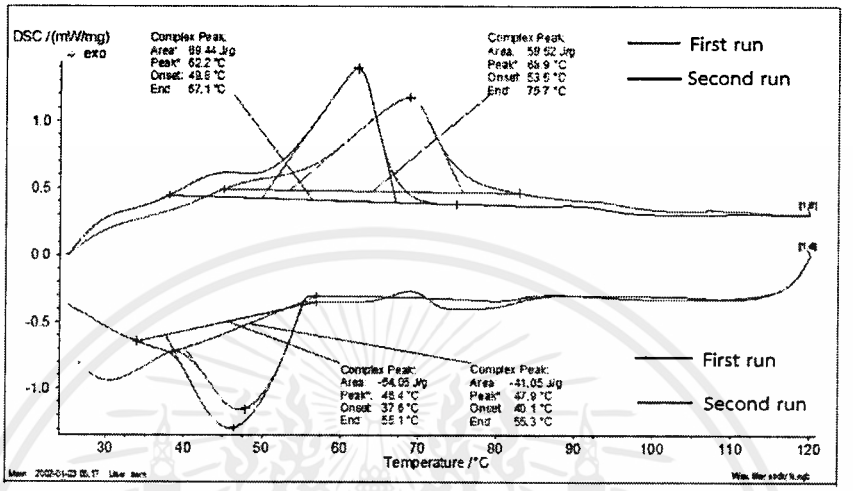


รูปที่ ง-17 ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์

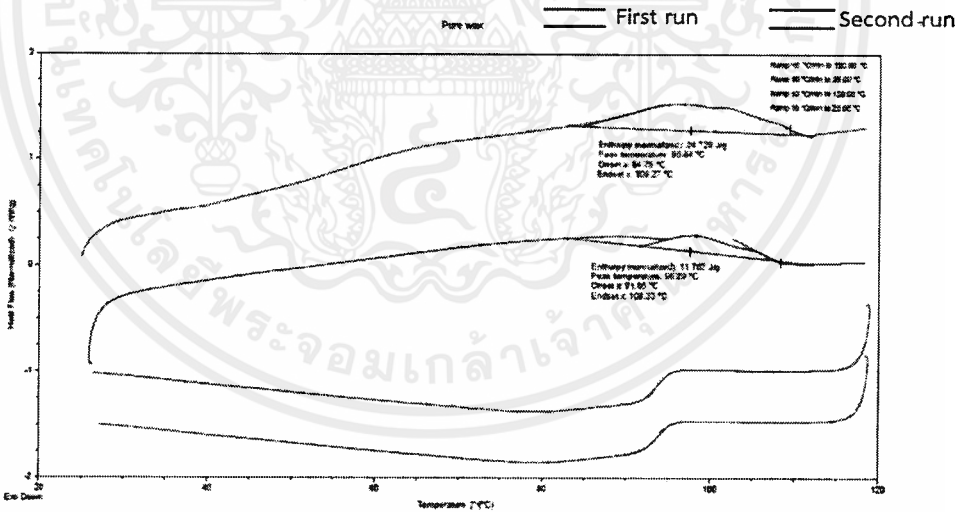
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค Differential Scanning Calorimeter (DSC)

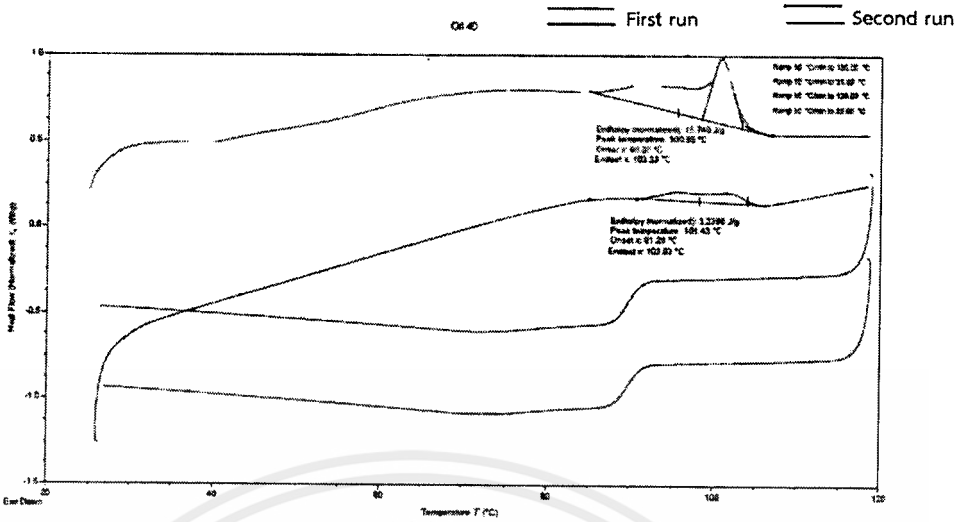


รูปที่ จ-1 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของวัสดุปกปิดรอยขีดไม้เทียมเชิงพาณิชย์

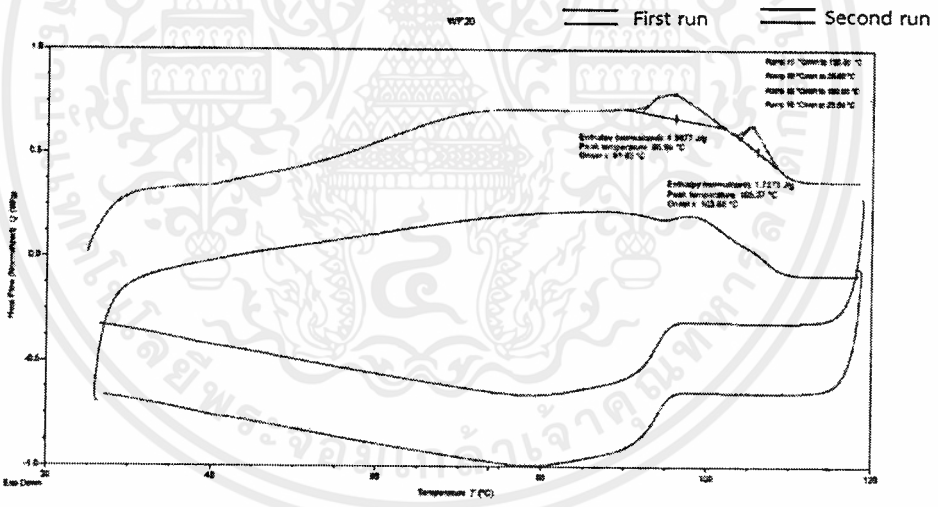


รูปที่ จ-2 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์บริสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

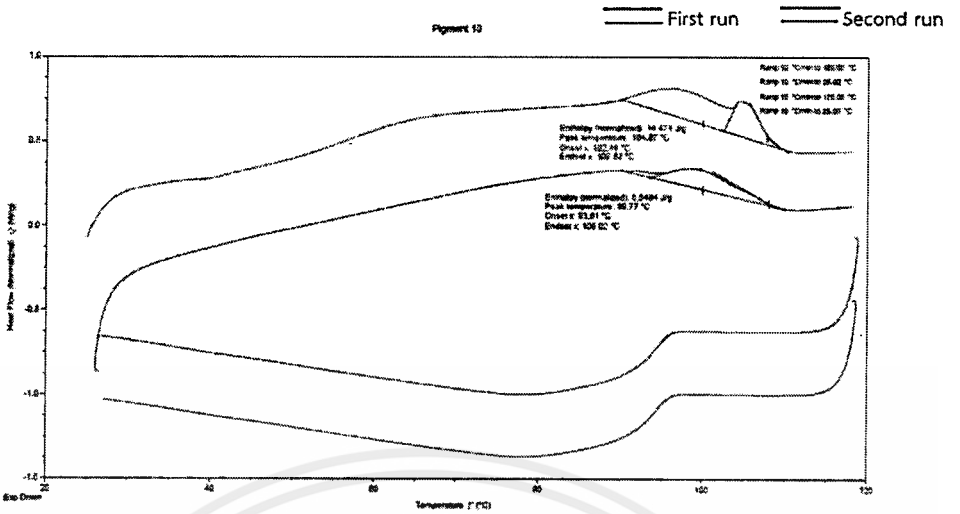


รูปที่ จ-3 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติมน้ำมันพาราฟิน 40 phr

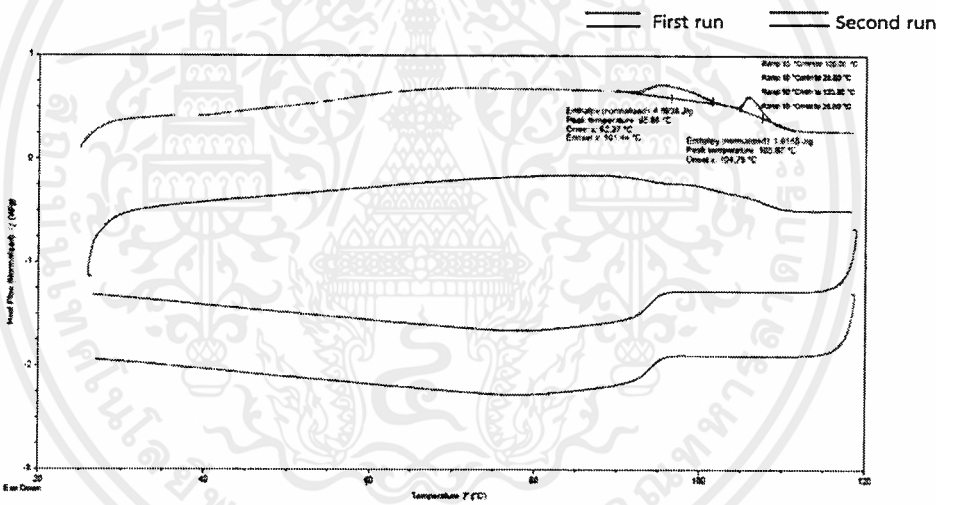


รูปที่ จ-4 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติมผงไม้ 20 phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

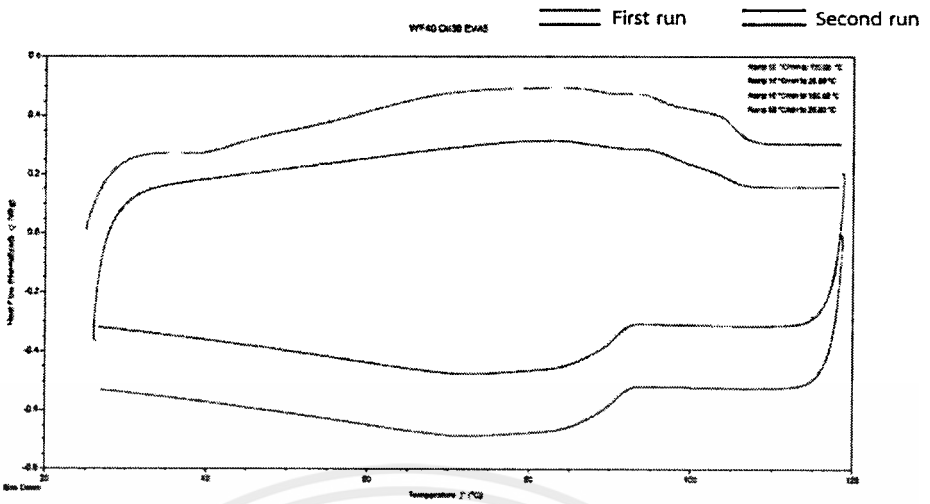


รูปที่ จ-5 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติมผงสี 10 phr



รูปที่ จ-6 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติมกาวอีวีเอ (EVA) 5 phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-7 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของแว็กซ์ชนิดออกซิไดซ์เมื่อเติมน้ำมันพาราฟิน 30 phr, ผงไม้ 40 phr, ผงสี 10 phr และกาวอีวีเอ (EVA) 5 phr

ตารางที่ จ-1 t_m , พลังงานความร้อนและเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกของชิ้นงาน

สูตร	t_m (°C)	ΔH (J/g)	ความเป็นผลึก (%)
Guardsman	68.90	59.52	21.49
Pure wax	98.29	11.76	4.25
Wax/oil40	96.00	3.24	1.65
Wax/WF20	95.99	4.37	1.89
Wax/pigment10	99.77	6.55	2.60
Wax/EVA5	95.85	4.69	1.86

คำนวณเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึก

โดยสามารถคำนวณความเป็นผลึกได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\% \text{ Crystallinity} = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^0} \times \frac{100}{\%PE\ wax} \times 100$$

โดย $\%X_c$ คือ เปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึก

ΔH_f คือ เอนทาลปีของการหลอมเหลวผลึกแว็กซ์ที่ได้จากการทดลอง (J/g)

ΔH^0_f คือ เอนทาลปีของการหลอมเหลวผลึกแว็กซ์ตามทฤษฎีที่ความเป็นผลึก 100 เปอร์เซ็นต์ (ΔH^0_f ของพอลิเอทิลีนแว็กซ์ = 277 J/g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

สูตร Wax/EVA5

$$\% \text{ Crystallinity} = \frac{4.69\ J/g}{277\ J/g} \times \frac{100}{91} \times 100$$

$$= 1.86$$

ดังนั้น สูตร Wax/EVA5 มีความเป็นผลึกเท่ากับ 1.86 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้