

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันแผ่นพาร์ทิเคิลเป็นวัสดุทดแทนไม้แท้ที่นิยมนำมาทำเฟอร์นิเจอร์มากที่สุดเนื่องจาก การใช้แผ่นพาร์ทิเคิลช่วยลดปริมาณการตัดต้นไม้ และสามารถใช้ไม้คุณภาพต่ำ รวมถึงสามารถนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการเพิ่มมูลค่าอีกด้วย วัสดุสำคัญที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลคือกาวติดไม้ซึ่งช่วยประสานชิ้นไม้ให้เป็นแผ่นและมีความแข็งแรง กาวติดไม้ในอุตสาหกรรมแผ่นพาร์ทิเคิลส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบของสารฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารเคมีที่ได้จากกระบวนการผลิตปิโตรเลียม สารฟอร์มาลดีไฮด์มักใช้เป็นส่วนผสมในกาว ผสมในสีบางประเภท หรือแม้แต่ในยาทาเล็บ สำหรับเฟอร์นิเจอร์จะพบฟอร์มาลดีไฮด์ในกาวประสานไม้แผ่นพาร์ทิเคิลและไม้อัด เฟอร์นิเจอร์จากไม้อัดตามปกตินั้นจะมีการระเหยของฟอร์มาลดีไฮด์ออกมาตลอดเวลา สังเกตได้ว่าเมื่อซื้อเฟอร์นิเจอร์ใหม่ จะเหม็นและแสบจมูกมาก เมื่อเวลาผ่านไปก็จะจางลงแต่สารฟอร์มาลดีไฮด์ยังคงระเหยออกมาอยู่เรื่อยๆ โดยองค์กรเพื่อการปกป้องสิ่งแวดล้อมของสหรัฐฯ (The U.S. Environmental Protection Agency) และ องค์การนานาชาติเพื่อการค้นคว้าวิจัยโรคมะเร็ง [The International Agency for Research on Cancer (IARC)] ได้ประกาศถึงพิษภัยของสารฟอร์มาลดีไฮด์ว่าเป็นสารก่อภูมิแพ้ เมื่อสูดดมสารระเหยที่ออกมาจากเฟอร์นิเจอร์ที่มีฟอร์มาลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบจะนำไปสู่โรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ซึ่งอาจนำไปสู่โรคมะเร็งในระบบทางเดินหายใจได้ และถ้าสูดดมไอระเหยเกิน 100 ppm อาจทำให้ตายได้

ประเทศตะวันตกจึงได้มีการกำหนดเกณฑ์จำแนกไม้อัดตามปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีอยู่ในไม้อัดออกเป็น 5 กลุ่มคือ E0-E5 โดยที่ E0 หมายถึงปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ หรือมีอยู่ในอัตราที่น้อยมาก ไม่ทำอันตรายใดๆ ต่อผู้ใช้ ขณะที่ E5 หมายถึงมีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์อยู่มาก โดยประเทศพัฒนาแล้วประกาศกฎเกณฑ์นำเข้าไม้อัดไม่ให้มีฟอร์มาลดีไฮด์หรือมีในปริมาณน้อย เนื่องจากประเทศเหล่านี้คำนึงถึงสุขภาพและผลร้ายที่ตามมาต่อประชากรในประเทศมากกว่าราคาไม้ที่มีราคาถูก เพราะไม่อาจปฏิเสธได้ว่าบ้าน ออฟฟิศ อพาร์ตเมนต์ ที่อยู่อาศัยทุกประเภทล้วนต้องมีเฟอร์นิเจอร์ และของตกแต่งอย่างแน่นอน และเมื่อพิสูจน์ได้แล้วว่าเฟอร์นิเจอร์เหล่านั้นกำลังทำร้ายคนในประเทศและเป็นสาเหตุของการสูญเสียค่ารักษาพยาบาลเป็นมูลค่ามหาศาล ฉะนั้นการป้องกันด้วยการใช้เฟอร์นิเจอร์ระดับที่ปลอดภัยจึงเป็นสิ่งที่ควรกระทำ ดังนั้นวัสดุหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิต คือ แผ่นพาร์ทิเคิลก็ต้องมีความปลอดภัยด้วย

รัฐบาลสหรัฐฯ โดยหน่วยงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency: EPA) กำหนดทางเลือกที่จะลดความเสี่ยงที่เกิดจากการปลดปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์จากไม้และผลิตภัณฑ์ไม้

เช่น การกำหนดมาตรฐานบังคับภายใต้กฎหมาย The Toxic Substances Control Act เพื่อกำหนดค่าขั้นต่ำในการปลดปล่อย

ประเทศไทยส่งออกไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ไปจำหน่ายในสหรัฐฯ มีมูลค่าเฉลี่ยปีละ 5,095 ล้านบาท (ปี 2548 - 2550) โดยในปี 2550 มีมูลค่าการส่งออกทั้งสิ้น 4,148 ล้านบาท ลดลงจากช่วงเวลาเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 24 ซึ่งมีมูลค่าส่งออก 5,478 ล้านบาท สำหรับในปี 2551 (ม.ค.-พ.ย.) มีมูลค่าการส่งออกทั้งสิ้น 3,106 ล้านบาท ลดลงจากช่วงเวลาเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 18.8 ดังนั้นการศึกษากระบวนการเบื้องต้นจะช่วยให้ผู้ประกอบการเตรียมความพร้อมในการผลิตไม้ให้สอดคล้องกับระเบียบได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการส่งออกไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ไปยังสหรัฐฯ ด้วย

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนมาใช้แผ่นพาร์ทิเคิลที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ ทำให้ต้นทุนสูงขึ้นเนื่องจากกาวที่ปลอดฟอร์มาลดีไฮด์มีราคาแพงกว่ากาวที่ใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ประมาณ 10-20 เท่า ทำให้เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากไม้พาร์ทิเคิลที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์แพงไปด้วย

งานวิจัยนี้จึงศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ โดยมีองค์ประกอบหลักเป็นพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และน้ำมันธรรมชาติ ซึ่งกาวที่ผลิตได้มีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำไม่มีตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีความเป็นพิษ ไม่มีการปลดปล่อยสารพิษที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน จึงมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งจะเป็นพื้นฐานสำหรับการผลิตในอุตสาหกรรมการส่งออกเฟอร์นิเจอร์ต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1. เตรียมกาวติดไม้ที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) และน้ำมันทั้งเป็นองค์ประกอบหลัก
2. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการเตรียมกาวติดไม้สำหรับการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. เตรียมกาวติดไม้ PVA ที่ทำการปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทั้งที่อัตราส่วนต่างๆ เพื่อเพิ่มความแข็งแรง และสมบัติความต้านทานน้ำ
2. หาสถานะที่เหมาะสมในการเตรียมกาวติดไม้เพื่อขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล
3. ศึกษาสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลโดยทำการปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำมันทั้ง สารลดแรงตึงผิว ปริมาณกาวและขนาดไม้
4. ทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.876

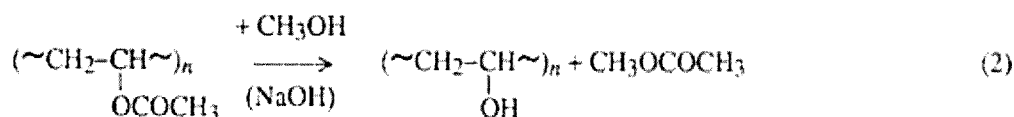
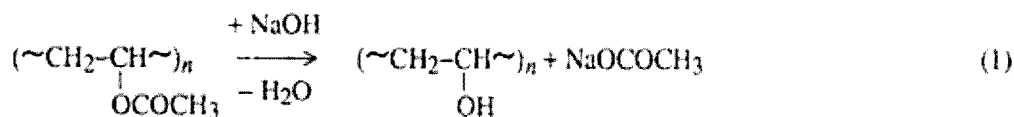
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเตรียมกาวติดไม้ PVA ที่ทำการปรับปรุงโดยน้ำมันทั้ง ซึ่งสามารถนำมาทดแทนกาวที่มีองค์ประกอบของฟอร์มัลดีไฮด์ได้ เพื่อก่อให้เกิดความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
2. กาวติดไม้ที่เตรียมได้ เมื่อนำไปขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล สามารถทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.876
3. นำไปสู่การใช้งานของกาวติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ของประเทศไทย

1.5 ทฤษฎีและหลักการ

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol)

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์โดยเตรียมจากพอลิไวนิลอะซีเตต เนื่องจากไวนิลแอลกอฮอล์มอนอเมอร์ ($\text{CH}_2=\text{CHOH}$) ไม่เสถียร สามารถเกิด tautomerize ไปเป็นอะเซตัลดีไฮด์ (CH_3CHO) ได้ง่าย ดังนั้นจึงไม่นิยมเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากพอลิเมอร์ไรเซชันของไวนิลแอลกอฮอล์มอนอเมอร์โดยตรง โดยจะเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส หรือปฏิกิริยามาโนไลซิสของพอลิไวนิลอะซีเตต ดังสมการที่ 1 และ 2



พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นเทอร์โมพลาสติกประเภทพอลิโอเลฟิน เป็นผงสีขาวจนถึงครีม มีสมบัติพิเศษคือ สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีชีวภาพ และติดไฟได้คล้ายกระดาษ นอกจากนี้ยังสามารถละลายในน้ำได้ มีหลายเกรดตามความหนืดซึ่งขึ้นอยู่กับดีกรีของพอลิเมอร์ไรเซชัน และเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์ไฮซิส สามารถละลายน้ำได้มากขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลลดลง แต่ความแข็งแรง การดึงยืด ความทนต่อการฉีกขาด และโค้งงอดีขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้น สลายตัวในน้ำและเกิดเป็นสารที่มีพันธะคู่ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้

การใช้งานของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

- 1) อาศัยสมบัติการละลายในน้ำ เช่น ใช้เป็นสารข้น (thickening agent) ให้ระบบอิมัลชัน และระบบแขวนลอยต่างๆ ข้นขึ้น และใช้ทำแผ่นฟิล์มเคลือบกระดาษซึ่งมีความใสเหนียวและทนต่อการขีดข่วน

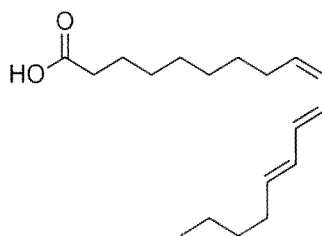
2) นำพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ไปทำปฏิกิริยาเคมีแบบเชื่อมโยงซึ่งจะไม่สามารถละลายได้ในน้ำ แล้วจึงนำมาใช้งาน ซึ่งพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ไม่ละลายในน้ำนี้สามารถดูดน้ำและความชื้นได้เป็นอย่างดี (ประมาณ 30% โดยน้ำหนัก) จึงใช้เป็นเส้นใยแทนผ้าได้ ผ้าที่ทำด้วยเส้นใยพอลิไวนิลแอลกอฮอล์นี้สวมใส่สบาย ซักง่าย ทนทานต่อการสึกหรอ และสามารถคงรูปได้เป็นอย่างดีที่ 230°C

น้ำมันทัง (Tung oil)

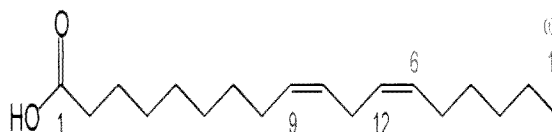
น้ำมันทังได้มาจากต้นทังซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Vernicia montana* Lour. อยู่ในวงศ์ EUPHOBIAACEAE อยู่ใน species *Aleurites* เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางสูง 10-20 เมตร ใบใหญ่ลายแฉก ก้านใบยาว ดอกออกที่ปลายกิ่ง กลีบดอกสีขาวอมชมพู เป็นช่อกระจกระจ ดอกดกแน่น ออกดอกช่วง กุมภาพันธ์-มีนาคม เป็นผลช่วงเมษายน-พฤษภาคม ผลขนาดเท่าลูกมะนาว มีสันนูนแบ่งเป็น 3-4 พู เมล็ด 3-4 เมล็ดตามจำนวนพู เมล็ดใหญ่ มีกะลาหุ้มเนื้อในเมล็ด มีถิ่นกำเนิดอยู่ในหลายพื้นที่ จึงมีชื่อเรียกพืชชนิดนี้หลายชื่อตามถิ่นกำเนิด เช่น ในไทยเรียกว่ามะเขือเหลี่ยม หรือมะเขือหิน ประเทศอินเดีย เรียกว่า Bengal nut ประเทศบราซิลเรียกว่า noguiera de Bancul และสายพันธุ์ที่กำเนิดในจีนชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า China wood oil tree ซึ่งมีประวัติการปลูกกว่า 1,000 ปี ตั้งแต่ราชสมัยราชวงศ์ถัง (Tang Dynasty) โดยคำว่า “Tung” เป็นคำที่มาจากภาษาจีน หมายถึง “หัวใจ” ซึ่งมาจากลักษณะของใบที่คล้ายรูปหัวใจนั่นเอง

องค์ประกอบในน้ำมันทัง

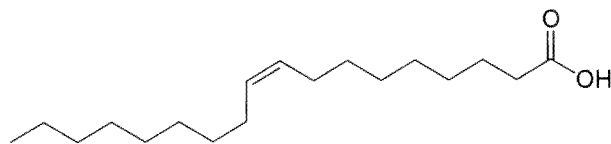
1. Eleostearic acid เป็นกรดไขมันที่มีปริมาณมากที่สุดในน้ำมันทัง โดยมี 3 พันธะคู่ซึ่งอยู่ในระบบคอนจูเกตที่ตำแหน่ง 9-10 cis, 11-12 trans, และ 13-14 trans



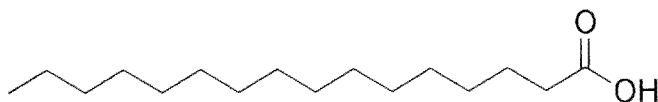
2. Linoleic acid มีพันธะคู่ 2 ตำแหน่ง แต่ไม่เป็นระบบคอนจูเกตกัน



3. Oleic acid มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง



4. Palmitic acid หรืออีกชื่อคือ hexadecanoic ซึ่งไม่มีพันธะคู่อยู่ภายใน โครงสร้าง



ตารางที่ 1.1 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันทั้ง

กรดไขมัน	ปริมาณ
Eleostearic acid	82.0%
Linoleic acid	8.5%
Palmitic acid	5.5%
Oleic acid	4.0%

น้ำมันทั้งสกัดมาจากต้นทั้ง (สายพันธุ์ *Alcurites fordii*) ซึ่งเป็นพืชที่มีในประเทศจีน น้ำมันทั้งจัดว่าเป็นน้ำมันแห้งเร็ว (drying oil) เช่นเดียวกับน้ำมันลินสีด โดยมีสีเหลืองและมีกลิ่น เฉพาะตัว น้ำมันทั้งนิยมใช้ในการทำสี ใช้เป็นสีก้นน้ำ หรือส่วนประกอบของปูนประยงค์กระเบื้อง (caulk) ใช้เป็นส่วนประกอบในหมึกดำ (Indian ink) และยังใช้เป็นน้ำมันทาไม้ให้แวววาว (lustrous finish on wood) มีสมบัติที่แห้งเร็ว และเหนียว โดยพวกช่างทำไม้ถือว่าน้ำมันทั้งเป็นน้ำมันธรรมชาติสำหรับใช้กับไม้ที่ดีที่สุด ในเมืองจีนได้มีการนำมาใช้มานานหลายร้อยปีแล้ว

สมบัติพิเศษของน้ำมันทั้งคือสามารถเกิดการพอลิเมอร์ไรซ์โดยตรงจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ไดอีน (diene synthesis) เนื่องจากน้ำมันทั้งมีกรด Eleostearic อยู่ในปริมาณสูง จะเกิดปฏิกิริยาได้เนื่องจากมีระบบคอนจูเกตในสายโซ่ น้ำมันทั้งมีการเชื่อมโยงที่เร็วกว่าน้ำมันลินสีดและจะมีความแข็งแรงมากกว่าด้วย เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันทั้งที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานๆจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดเป็นเจล (gelation) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆน้ำมันจะดำ หรือถ้าอุณหภูมิสูงมากๆ ก็อาจเกิดการติดไฟขึ้นได้ โดยทั่วไปน้ำมันทั้งดิบจะมีสมบัติดังต่อไปนี้

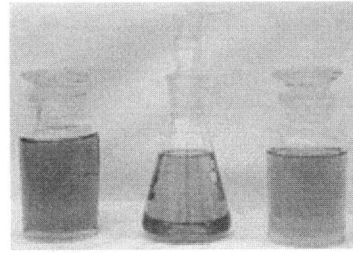
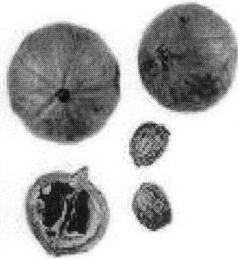
ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ที่ 20 °C	0.9375
ความชื้น และสิ่งเจือปน	0.01%



จุดวาบไฟ (Flash Point)

288.90 °C

อุณหภูมิติดไฟโดยอัตโนมัติ (Autoignition Temp.) 457 °C



(1) ผลทั้งและเมล็ดทั้ง

(2) น้ำมันทั้ง

รูปที่ 1.1 ผลและน้ำมันจากต้นทัง

กาว (Adhesive)

กาวหมายถึงสารที่ใช้สำหรับยึดเหนี่ยวผิวหน้าของวัสดุสองชิ้นให้สามารถยึดติดกันได้โดยมีความแข็งแรงของวัสดุที่เชื่อมยึดกันเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในงานต่างๆ ตามต้องการ แม้ว่าในบางครั้งเราอาจจะไม่ได้เป็นผู้ที่ต้องใช้กาวในการปฏิบัติงานโดยตรง แต่ก็เป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่เป็นผลผลิตจากความจำเป็นในการใช้กาวเป็นสารเชื่อมยึดประกอบขึ้นมา ได้แก่ เครื่องใช้ในสำนักงาน เครื่องเรือน วัสดุตกแต่งบ้าน เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ไม้ต่างๆเป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่ต้องใช้กาวในการยึดติดเป็นส่วนใหญ่ เช่น เครื่องเรือนไม้ ทั้งประเภทเครื่องเรือนจากไม้จริง (Solid wood) และจากไม้ประกอบ (wood composites) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ประกอบ เช่น แผ่นฉินไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นไม้อัด แผ่นไม้บาง ประสาน และไม้ประสาน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้กาวมากที่สุด

กาวแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ

1. กาวธรรมชาติ (Natural adhesives)

กาวธรรมชาติส่วนใหญ่ได้จากพืช เช่น ยางเหนียวของต้นไม้ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งมันฝรั่ง หรือจากสัตว์ เช่น กาวที่ผลิตขึ้นจากหนังและกระดูกสัตว์ ซึ่งโดยปกติกาวที่ได้จากธรรมชาติจะมีความแข็งแรงและความต้านทานน้ำต่ำกว่ากาวที่ได้จากการสังเคราะห์

2. กาวพลาสติก (Plastic glue)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	
ห้องสมุดงานวิจัย	
วันที่.....	1 ส.ค. 2554
เลขทะเบียน.....	234963
เลขเรียกหนังสือ.....	

เป็นกาที่ผลิตจากพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตและเทอร์โมพลาสติก ซึ่งกาประเภทเทอร์โมเซตจะไม่สามารถทำให้อ่อนตัวหรือละลายได้อีก หลังจากได้รับการอบด้วยความร้อนแล้ว แต่กาประเภทเทอร์โมพลาสติกสามารถทำให้อ่อนได้อีก โดยการให้ความร้อนอีกครั้ง หรือด้วยตัวทำละลาย

3. กาเซลลูโลส (Cellulose glue)

กาเซลลูโลส ตัวประสานไพโรกไซลิน ทำจากไนโตรเซลลูโลส(ฟิล์มภาพยนตร์) และสารละลายเคมี เช่น อีเทอร์ แอลกอฮอล์ มีลักษณะเป็นวุ้น ปกติจะยึดหยุ่นมากขึ้นเมื่อผสมกับยางเหนียวหรือยางสน กาประเภทนี้ใช้งานมากในอุตสาหกรรมกาผลิตรองเท้า

กาติดไม้ (Wood adhesive)

ประเภทกาติดไม้

1) กาเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermosetting Resins)

เป็นกาที่ได้รับความร้อนจะแปรสภาพเป็นแผ่นแข็งที่ไม่สามารถหลอมละลายได้อีก เป็นกาเรซินที่แข็งตัวโดยการทำปฏิกิริยาทางเคมีเกิดเป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้างสามมิติ กลายสภาพเป็นของแข็งในเวลาเดียวกันกับเกิดการยึดติดกับไม้ กาชนิดนี้แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม

1. กาเรซินชนิดที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับยูเรีย เมลามีน ฟีนอลหรือสารอื่น
2. กาชนิดที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาแทนนินกับฟีนอลหรือฟอร์มัลดีไฮด์
3. กาเรซินชนิดไอโซไซยานต
4. กาอีพอกซี

1.1 กายูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (UF, Urea Formaldehyde)

กาชนิดแรกที่ได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีการใช้กันมาร่วม 60 กว่าปีแล้ว เป็นกาที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เริ่มจากใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกับยูเรียให้ความร้อนในส่วนผสมที่เป็นด่างทำให้เกิดเมธิลอลยูเรีย แต่ยังไม่เป็นกา แล้วทำปฏิกิริยาในส่วนผสมที่เป็นกรด จึงหยุดปฏิกิริยาโดยเติมด่างให้มีสภาพเป็นกลาง จากนั้นทำการกำจัดน้ำออกจากส่วนผสมที่มากขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยาควบแน่น จนได้ส่วนผสมกาที่เข้มข้นหรือจะระเหยน้ำต่อไปจนได้เป็นผงโดยนำกาเข้มข้นไปพ่นผ่านรูเล็กๆ ในปล่องความร้อนที่ให้ความร้อนสูงถึง 200 องศาเซลเซียส กายูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีการจำหน่ายกันทั้งในสภาพของเหลว และเป็นผง เป็นผงก็จะเป็นทั้ง ถุงเดี่ยวและชนิด 2 ถุง โดยถุงเดี่ยวก็จะมีการผสมสารเร่งแข็งด้วย หากชนิด 2 ถุง ก็จะแยกเป็นถุงกาผงยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 1 ถุง อีกถุงหนึ่งก็จะ เป็นสารเร่งแข็งที่อาจจะผสมสารเพิ่มอื่นได้ด้วย เช่น แป้งสาลี แป้งอื่นๆ หรือ ผงดินขาว (kaolin) หรือแคลเซียมซัลเฟต การเตรียมกาโดยนำกาผงหลักหรือกาน้ำ มาผสมกับน้ำแล้วผสมกับสารช่วยให้กาแข็งตัว (hardener) เมื่อเข้ากันได้ดีแล้ว จึงนำไปทาบนผิวไม้ที่จะทำการยึดติด สารช่วยให้กาแข็งตัวจะมีสภาพเป็นกรด ซึ่งจะปรีเริ่มให้เกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยง โดยมีการให้ความร้อนกับแนวกาเป็นตัวเร่ง

ให้แข็งตัวยิ่งขึ้น สารช่วยให้กาบแข็งตัวที่ใช้กับกาบยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ควรเป็นชนิดกรดอ่อนมากๆ เนื่องจากหากใช้กรดแก่จะทำให้ผิวไม้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเป็นผลให้แนวกาบเสียหาย การลดการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์จากผลิตภัณฑ์ไม้ที่ใช้กาบยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ควรลดสัดส่วนโมล F:U ในการสังเคราะห์กาบเรซินจาก 1.8:1 หรือ 2.0:1 ให้ต่ำกว่า 1.6:1 หรือในบางกรณีต่ำถึง 1.2:1 การใช้สัดส่วนโมล F:U ต่ำๆ นอกจากจะทำให้ต้องเพิ่มระยะเวลาในการสังเคราะห์เรซินแล้ว กาบที่ได้จะต้องใช้ระยะเวลาในการทำให้แข็งตัวนานขึ้นด้วย และยังทำให้ความแข็งแรงของการยึดติดมีแนวโน้มต่ำลง ความต้านทานความชื้นลดลง ระยะเวลาการเก็บรักษา (ความเสถียร) ลดลง การลดสารฟอร์มัลดีไฮด์ของกาบยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในการปฏิบัติงานนั้นสามารถทำได้โดยเติมสารเพิ่มอื่น เช่น ยูเรีย เมลามีน แทนนิน โซเดียมไดซัลไฟต์ และกรดอินทรีย์อย่างอ่อนๆ แต่ก็จะทำให้การกทนต่อน้ำและอุณหภูมิที่สูงขึ้นต่ำลง ซึ่งก็จะไม่แนะนำให้ใช้ในการต่อไม้ที่ต้องใช้ในที่ๆ มีความชื้นและมีความร้อน กาบเรซินยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ พบมีการใช้โดยทั่วไปในการผลิตแผ่น ไม้อัด แผ่นพาร์ทิเกิล แผ่น MDF แผ่นไม้ไผ่ระแนง และนิยมใช้กันมากในการปิดผิวไม้บางบนงานเครื่องเรือน แต่ก็ต้องระมัดระวังว่าเป็นกาบที่เหมาะสมต่อการใช้งานเพียงพอนทนทานต่อความชื้นแต่ไม่ต้านทานน้ำ

1.2 กาบเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์ (MF, Melamine Formaldehyde)

เป็นกาบที่คล้ายคลึงกับกาบ UF มีการนำมาใช้หลังกาบ UF ประมาณ 20 กว่าปี กาบ UF และ MF เกิดจากการทำปฏิกิริยาของส่วนอะมิโน (amino) กับสารฟอร์มัลดีไฮด์ ภายในสถานะที่ให้ความร้อนกับสารละลายผสมที่เหมือนกัน แต่ฟอร์มัลดีไฮด์ใน MF จะทำปฏิกิริยารวดเร็วกว่าใน UF ด้วยเหตุนี้การทำให้กาบ MF จึงมีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ที่น้อยกว่ากาบ UF กาบ UF และ MF ใช้สารช่วยให้แข็งตัวที่เหมือนกัน แม้แต่สารเติมและสารเพิ่มก็จะใช้สารเหมือนกัน ลักษณะของกาบ จะเป็นกาบขาวใสเหมือนกัน ซึ่งก็จะทำให้แนวกาบที่ใส กาบ MF จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิที่ทำให้แข็งตัวที่สูงกว่า UF แต่มีความต้านทานน้ำและอุณหภูมิที่สูงได้ดีกว่า ข้อเสียคือราคา MF สูง ซึ่งสูงกว่าราคา UF ถึง 4-5 เท่า จึงมีการนำมาผสมกับกาบ UF เพื่อลดต้นทุนลง เรียกว่า MUF glues ซึ่งคุณสมบัติของกาบ MUF ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการผสมระหว่าง MF และ UF ยกตัวอย่างเช่น สัดส่วนการผสมของกาบ MF ต่อ UF = 40:60 ก็จะช่วยปรับปรุงความต้านทานต่อสถานะแรงในการบ่มรุนแรงได้อย่างเห็นได้ชัด กาบเมลามีนมักนิยมใช้ในการผลิตแผ่น PB ที่มีคุณสมบัติพิเศษ โดยเฉพาะการต้านทานต่อความชื้นและสภาพฝนฟ้าอากาศร้อนของแผ่น MDF กาบเมลามีน ยังมีการใช้ในการต่อไม้ที่ต้องการใช้ชิ้นงานในสภาพที่เปียกชื้นด้วย

1.3 กาบฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ (PF, Phenol Formaldehyde)

กาบเรซิน PF มีการผลิตใช้ก่อน UF และ MF เรซิน แต่กลับนำเข้ามาใช้ในงานไม้ในราว ปี ค.ศ. 1930 มีการใช้กันมากในการผลิตแผ่น ไม้อัดชนิดใช้งานในทะเล (Marine Plywood) และ FB และ OSB

สำหรับใช้งานในการก่อสร้าง กาว PF มี 2 ชนิด คือ รีโซล (Resoles) และโนโวแลค (Novolacs) ชนิด Resoles เป็นชนิดที่ใช้ในการผลิตแผ่นบอร์ดเช่น ไม้อัด PB MDF Resoles เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับ ฟีนอล ในสารละลายต่าง Resoles ต้องใช้อุณหภูมิในการแข็งตัวที่สูงและได้แนวท่อนที่มีความต้านทานน้ำและความร้อนและเชื้อรา สำหรับกาว PF ชนิด Novolacs สังเคราะห์ขึ้นในสถานะที่เป็นกรดและมีสัดส่วนของ F ที่ต่ำ หากจะต้องทำให้เป็นกาวอัดร้อนจะใช้ Hexamethylene Tetramine ผสม ส่วนใหญ่ใช้ในงานประดิษฐ์กรรมไม้เพื่อผลิตชิ้นงานที่พิเศษ ใช้ผลิต Wafer board ชนิดพิเศษโดยใช้ Novolacs และใช้ในการผลิต densified wood Densified wood ผลิตโดยการนำไม้บางคล้ายกับการทำไม้อัด แต่แทนที่จะตากอบนไม้บางระหว่างชั้นไม้บางก็ใช้ไม้บางแช่ impregnate อัดกาวในสารละลายกาว แล้วปล่อยให้กาวไหลออก แล้วนำมาเรียงประกบกันตามความหนาที่ต้องการ แล้วอัดด้วยแรงดันสูงมาก เพื่อลดความหนาและได้ไม้เพิ่มความแน่นที่มีสมบัติทนทานต่อการสึกหลอได้ดีมาก

1.4 กาวฟีนอล-เรซอร์ซินอล ฟอรัลดีไฮด์ (P-RF, Phenol-Resorcinol Formaldehyde)

P-RF resins ผลิตโดยการเติม resorcinol ผสมในกาว resole ที่ระยะสุดท้ายของการสังเคราะห์ เป็นกาวสีน้ำตาลเข้มใช้ในการผลิตคานไม้ประสาน (laminated beams) โดยมีข้อดี 2 ลักษณะ คือ มีความต้านทานน้ำ และมีความไวในการทำปฏิกิริยาซึ่งหมายความว่าสามารถใช้เป็นกาวที่อุณหภูมิต่ำมากๆ ซึ่งบางครั้งต่ำถึง 5 องศาเซลเซียส ใช้ paraformaldehyde เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) และรอยต่อไม้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และมักนิยมใช้ผงไม้ผสมในกาวเพื่อ ปรับปรุงสมบัติและเป็นการอุดช่องว่างไม้ในการติดไม้แปรรูป

1.5 กาวแทนนิน (Tannin Resins)

สารแทนนินเป็นสารฟีนอลประเภทหนึ่งตามธรรมชาติเกิดอยู่ในเนื้อไม้และเปลือกไม้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะในเปลือกไม้โอ๊ก และวอตเติล แทนนินทำปฏิกิริยากับ PF resin หลังจากกำจัดสารอื่นแล้ว เช่น น้ำตาล และ gums จากการสกัด การใช้งานกาวแทนนินยังไม่แพร่หลายนัก แต่ก็มีการนำไปใช้ในบางประเทศเพื่อผลิต PB และ MDF ซึ่งจะช่วยให้มีความต้านทานความชื้นได้ดี

1.6 กาวไอโซไซยานต (Isocyanate Resins)

แม้ว่าจะถูกใช้เป็น casting resins และตัวกลางของสี (paint media) ตั้งแต่วารปี ค.ศ.1950 แต่ทางด้านงาน ไม้กลับมีการใช้กันน้อยหรือไม่ได้รับความสนใจในการนำมาใช้เลย จนถึงปี ค.ศ.1975 ปัจจุบันถูกใช้ในการผลิต PB, MDF และ OSB เมื่อต้องการชิ้นงานที่มีความทนทานสูง โดยจะเกิดการยึดเหนี่ยวทางเคมีกับ ลิกนิน และเซลลูโลสในไม้ มีราคาสูงแต่เมื่อเทียบปริมาณการใช้ในการผลิต PB แล้วใช้ในปริมาณที่ต่ำและถูกพิสูจน์ว่าคุ้มค่า เช่น เนื่องจากการยึดเหนี่ยวแบบธรรมชาตินี้จะช่วยลดการใช้ไม้วัตถุดิบได้ถึง 15% โดยจะให้ความแข็งแรงทางกลที่ระดับเดียวกัน

1.7 กาวเรซินอีพอกซี (Epoxy Resins)

อีพอกซี เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง bisphenol-A กับ epichlorhydrin ได้เป็น resin ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างๆกัน จึงมีคุณสมบัติต่างกันไป สารหลายชนิดสามารถนำมาใช้เป็นสารเร่งแข็ง (สารทำให้แข็งตัว) แต่ที่ใช้กันมากแพร่หลายในขณะนี้คือ polyamides อีพอกซีเรซิน จะแข็งตัวที่อุณหภูมิห้องโดยใช้แรงดันอัดข้อต่อไม้เล็กน้อย มีสมบัติในการอุดช่องว่างได้ดี โดยหากใช้ในงานไม้จะใช้ Epoxy ที่เป็นของเหลวมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และไม่ใส่ตัวทำละลายอื่นซึ่งจะแข็งตัวโดยปฏิกิริยาแบบรวมตัว (addition reaction)

2) กาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (Therplastic Resins) หรือ ร้อนเหลว (Hot-melts) ต้องให้ความร้อน จึงกลายเป็นสารยึดติดเมื่อเย็น

2.1 กาวเรซินพอลิไวนิลอะซิเตต (PVAc resin)

PVAc นี้โดยปกติให้อยู่ในรูปอิมัลชัน แม้ว่าจะแข็งตัวโดยการใช้ความร้อนบ้าง แต่ก็ยังคงอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงๆ สามารถถูกปรับปรุงให้มีความหนืดสูงหรือต่ำ แข็งหรือยืดหยุ่นได้ (rigidify or flexibility) และซ่อมสีหรือใส่รงควัตถุเพื่อให้เกิดสีอะไรก็ได้ เป็นกาวที่มี 2 แบบ ที่ใช้ในงานไม้คือ

1) แบบโซโมพอลิเมอร์ ซึ่งจะอ่อนตัวทันทีเมื่อได้รับความร้อน

2) แบบโคพอลิเมอร์ ซึ่งจะมีการใช้สารเร่ง (catalyst) เพื่อการยึดเหนี่ยวทำให้มีความต้านทานน้ำและความร้อนดีขึ้น แป้งข้าวโพดหรือแป้งชนิดอื่น สามารถเติมลงไปผสมเพื่อเพิ่มความหนืดและป้องกันไม่ให้กาวเยิ้มออกจากข้อต่อหรือผ่านทะลุ pores ของไม้บางออกมา สารเติมจำพวกแร่ธาตุ (Mineral fillers) ก็มีการนำมาใช้แต่ต้องระมัดระวังอย่าให้โดนหรือใช้กับวัสดุที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งจะลดการแข็งตัวของกาวลง การผสมเกลือโลหะ (metallic salts) เช่น โครเมียมหรืออลูมิเนียมไนเตรท จะปรับปรุงให้การต้านทานน้ำดีขึ้น แต่ก็จะทำให้อายุการใช้งานของกาว (pot life) สั้นลง การเติม UF และ MF และ ไอโซไซยาเนตเรซิน ก็จะช่วยปรับปรุงสมบัติของกาวได้ กาว PVAc ใช้กันแพร่หลายสำหรับการติดไม้บาง การติดกระดาษ และ PVC foils กับ แผ่น PB, hardboard และ MDF และสำหรับการประกอบตู้โต๊ะ เป็นต้น

3) กาวระบบร้อนเหลว (Hot-Melt Systems)

3.1 กาวร้อนเหลวชนิด EVA (EVA Hot-Melts)

กาว Ethylene vinyl acetate เป็นส่วนผสมของ EVA resin ซึ่งเป็นตัวหลักในการเกิดการยึดติด (adhesion) และการแตะติด (tack) และตัวอุดพวกแร่ธาตุ (mineral filler) เพื่อเป็นตัวเสริมการยึดจับ (cohesion) และอุดรูของกาวและยังช่วยลดต้นทุนด้วย นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของซีฟิ่งเล็กน้อย เพื่อควบคุมระยะเวลาการเปิดและอัตราเร่งการแข็งตัว และยังมี anti-oxidant เพื่อใช้ลดแนวโน้มการเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ในหม้อต้มกาวที่ร้อน การผลิตเริ่มโดยการใส่เรซิน, สารเติม (filler), สารแอนติ

ออกซิเจนต์ ลงในเครื่องผสมแบบ Z-blade ที่ร้อน ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้บดและตัดเรซินร้อนและให้แน่ใจว่าผสมได้ทั่วถึงสมบูรณ์ ทันทีที่ส่วนผสมเข้ากันได้ดี ส่วนผสมอื่นที่เหลือถูกเติมและผสมคลุกต่อไปอีก 30 นาที หลังจากนั้นส่วนผสมทั้งหมดจะถูกเทสู่โต๊ะเย็นที่จัดทำขึ้นให้กาวแข็งตัวก่อนจะทำการตัดเป็นเม็ดๆหรืออัดรีด (extrude) ออกมาเป็นเม็ดหรือรูปร่างต่างๆ ขนาดต่างๆ ตามต้องการ รูปร่างของกาวเป็นสิ่งสำคัญมากในการนำไปใช้เพื่อให้แน่ใจว่าได้รับความร้อนที่เร็วในการทา กาว สำหรับการติดขอบ (edge-bander) โดยปราศจากการเกิดการเสื่อมสภาพของกาวจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เม็ดกาวมักจะถูกเคลือบด้วยแป้ง talc เพื่อป้องกันการจับเป็นก้อนในถุง เครื่องอัดรีด (extruders) มีการใช้สำหรับการผสมด้วยเหมือนกัน และสามารถผลิตกาวในลักษณะต่อเนื่อง ซึ่งช่วยให้สามารถทำเป็นเม็ดๆ ได้ง่ายขึ้นมาก อย่างไรก็ตาม เครื่องอัดรีดก็ไม่ใช่ว่าจะประสบความสำเร็จเสมอไป เนื่องจากการผสมของส่วนผสมต่างๆ ไม่ละเอียดเหมือน Z-blade Mixer แต่เป็นการดีในการเริ่มต้น หรือ เปิดเครื่องสำหรับ Z-blade หรือ blender อื่น โครงสร้างพื้นฐานของ EVA polymer อาจจะมีปริมาณ Vinyl acetate สูง, ปานกลาง, ต่ำ หากมี acetate ในปริมาณสูงจะทำให้คุณสมบัติเกิดการยึดเหนี่ยวเข้ากันได้ดีกับสารเติมอื่น มีระยะเวลาก่อนประกบ (open time) ได้นานขึ้น มีความต้านทานความร้อนต่ำลง ละลายในตัวทำละลายได้มากขึ้น กาวร้อนเหลว EVA นี้ นิยมใช้กันมากถึง 80% ในการติดแถบขอบของแผ่นไม้ และก็มีการใช้กันบ้างในการประกบติดไม้ โดยเฉพาะในการใช้ระบบกาวคู่ ร่วมกับกาว PVAc ในระบบนี้กาวร้อนเหลวจะใช้เพื่อยึดข้อต่อหรือส่วนที่ต้องการเชื่อมยึด ในขณะที่กาว PVAc แข็งตัวและเป็นแรงยึดเหนี่ยวหลัก

3.2 กาวโพลีเอไมด์ (Polyamide Resins)

มีการใช้ในปริมาณน้อย ส่วนใหญ่สำหรับการติดขอบที่ต้องการความต้านทานสูงต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น กาวชนิดนี้คล้ายในลอนและเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันพอลิเมอร์ (fatty acid polymers) กับ ไดอะมิน (diamine) ลำบากต่อการนำมาใช้งาน เนื่องจากจุดหลอมเหลวจะสูงมากและง่ายต่อการ oxidation ซึ่งอาจทำให้สมบัติการยึดติดเสียไป ดังนั้นในบางครั้งจึงมีการใช้เครื่องทา กาวภายใต้สภาวะของก๊าซไนโตรเจน กาวโพลีเอไมด์ มีการใช้ใน USA สำหรับการติดขอบ แต่จะไม่แพร่หลายในที่อื่น เนื่องจากมีราคาแพงกว่า EVA และ โพลียูรีเทน หลายเท่าตัว

3.3 กาวพอลิโอสีฟีนส์ (Polyolefines)

ใช้งานน้อยในอุตสาหกรรมไม้ เนื่องจากมีสมบัติการยึดติดไม่ดี กาวชนิดนี้เป็นส่วนผสมของพอลิพรีน พอลิเอทิลีน และเรซินอื่นๆ อาจใช้สำหรับงานติดขอบไม้ มีสมบัติที่ดีน้อยกว่ากาวโพลีเอไมด์ แต่ราคาถูกกว่า

3.4 กาวเรซินพอลิยูรีเทน (Polyurethane Resins)

กาวเรซินร้อนเหลวพอลิยูรีเทน (Polyurethane hot melt resins) ที่ใช้ในการติดแถบขอบจะมีลักษณะการใช้งานและผลิตภัณฑ์คล้ายกับกาวร้อนเหลวเดิม แต่จะทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศ

และวัสดุที่ต้องการติดเกิดเป็นแนวทากที่มีสมบัติคล้ายกับการเกิดจากกาวชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermosetting resins) กาวเรซินพอลิยูรีเทน เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างไดโอล์ (diol) กับไดไอโซไซยาเนต (diisocyanate) เกิดเป็นโครงสร้างร่างแหที่มีหมว่องไวสูงที่จะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลต่อไป การใช้งานจะใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่า EVA เรซิน คือประมาณ 100-140 องศาเซลเซียส ต้องป้องกันความชื้นในการเก็บและระหว่างการใช้ ซึ่งอาจจะต้องใช้อุปกรณ์ปิดภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจน การใช้กาวนี้จะใช้เฉพาะที่ต้องการใช้งานที่มีการยืดเหนียวสูง เช่น เมื่อต้องการติดกาวตรงรอยแตกของประตูกันไฟ มีราคาสูงประมาณมากกว่า 6 เท่าของ EVA แต่ก็คุ้มค่าหากใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูง ในบางกรณีใช้ติดแถบขอบโดยไม่ใช้ nitrogen blanket โดยเครื่องจ่ายกาวจะร้อนเหลวบนผิวที่จะติดกาวทันทีที่แผ่นถูกทากาวแล้ว ด้านหน้าของเครื่องจ่ายกาวจะปิดโดยมีแผ่นเลื่อนมาปิดเพื่อป้องกันกาวจากการสัมผัสกับอากาศหรือความชื้น

ไม้

ไม้เป็นวัสดุธรรมชาติ ที่มนุษย์ใช้ประโยชน์มาตั้งแต่สมัยโบราณ ทั้งในด้านการก่อสร้าง และผลิตเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ในชีวิตประจำวันมากมายหลายชนิด แม้ว่าในปัจจุบันไม้ถูกแทนที่ด้วยวัสดุอื่นๆ เช่น เหล็ก คอนกรีต หรือพลาสติกก็ตาม แต่ผลิตภัณฑ์จากไม้ ยังคงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสวยงาม และมีคุณค่าในตัวเอง เหนือกว่าวัสดุอื่นใด ยิ่งกว่านั้น ไม้ยังเป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ไม้ ประกอบขึ้นจากเนื้อเยื่อที่เป็นเส้นใยหรือเซลล์โลส ซึ่งได้แก่ ท่อลำเลียงน้ำและอาหารจากรากสู่ส่วนต่างๆ ของพืช สารช่วยยึดเส้นใยที่ช่วยทำให้ไม้แข็งแรง หรือลิกนินและแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นส่วนสำคัญในการกำหนดลักษณะเฉพาะของไม้แต่ละพันธุ์ ซึ่งเมื่อเราตัดไม้ออกดูตามขวาง เราจะพบองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่

เปลือก หรือส่วนที่อยู่ด้านนอกสุดของลำต้น ประกอบด้วยเซลล์ที่ตายแล้ว และเซลล์ที่มีชีวิตอยู่ด้านใน ส่วนใหญ่มักถูกเอาส่วนนี้ออก

เยื่อเจริญ เป็นผนังบางๆ ที่อยู่ถัดมาจากเปลือกชั้นใน ซึ่งจะมีการแบ่งตัวใหม่เพิ่มขึ้น

กระพี้ คือส่วนกลางของเนื้อไม้ที่มีการเจริญเติบโตอยู่ระหว่างเปลือกชั้นในและแก่น มีหน้าที่ลำเลียงอาหารและน้ำ (การใช้ขวานควั่นส่วนที่เป็นกระพี้รอบลำต้น เพื่อตัดการลำเลียงอาหารและน้ำ ทำให้ต้นไม้ยืนตาย โดยมากใช้กับต้นสัก) ส่วนกระพี้จะหนาประมาณ 1/2 – 2 นิ้ว หากเป็นไม้ ที่อายุน้อย จะมีความหนาไม่เกินครึ่งนิ้ว

แก่นไม้ คือเซลล์ของต้นไม้ที่ไม่ทำงานแล้ว และแปรสภาพมาจากกระพี้ เป็นส่วนที่เนื้อไม้มีความแข็งแรงและหนาแน่น

วงเจริญ หรือ วงปี เป็นแนวต่อไม้ที่เจริญขึ้นมาในแต่ละปี หรือแต่ละฤดูที่ไม้เจริญเติบโต เราใช้วงปีเป็นตัวชี้อายุของไม้นั้นๆ โดยหนึ่งวงก็เท่ากับ หนึ่งปี (ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ประกอบด้วย เพราะต้นไม้บางต้น หนึ่งปีอาจมีถึงสองวง) วงปีนี้ทำให้ไม้มีลวดลาย

เส้นรัศมี เป็นเซลล์ขางลำต้นออกจากใจไปยังเปลือก

ใจไม้ เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางลำต้นของไม้ทางด้านหน้าตัด เป็นจุดเริ่มการเติบโตของต้นไม้

องค์ประกอบและสมบัติของไม้

องค์ประกอบและสมบัติของไม้ ขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ และสภาพแวดล้อมที่ต้นไม้ต้นนั้นเจริญเติบโต โดยทั่วไป ไม้ที่อบแห้ง จะมีองค์ประกอบโดยน้ำหนักดังนี้ เซลลูโลส 50% ลิกนิน 16-33% เฮมิเซลลูโลส 15-30% สารอินทรีย์อื่นๆ 3-5% และแร่ธาตุ 0.5-3% เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ ที่เกิดจากโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสจำนวนมาก จับตัวกันเป็นเส้นยาว เป็นส่วนประกอบหลักของท่อลำเลียงน้ำ และอาหารของพืช ส่วนลิกนินเป็นพอลิเมอร์ออสฐาน ที่ทำหน้าที่เป็นเมทริกซ์ เชื่อมเส้นใยเซลลูโลส ให้มีความแข็งแรงมากขึ้น โดยเหตุที่เส้นใยเซลลูโลส เรียงตัวกันในแนวนานกับลำต้น ไม้จึงมีสมบัติที่ไม่เท่ากันในทุกทาง (anisotropic) กล่าวคือ ความแข็งแรงในแนวนานกับลำต้น ต่างจากแนวตั้งฉากกับลำต้น ผิดกับวัสดุอื่นๆ เช่นเหล็กหรือคอนกรีต ที่มีความแข็งแรงเท่ากัน ในทุกทิศทาง ดังนั้น การออกแบบผลิตภัณฑ์ไม้ ที่ต้องรับน้ำหนักมากๆ จึงต้องระวังในจุดนี้ด้วย ทางแก้อย่างหนึ่งก็คือทำเป็นไม้อัด (plywood) โดยนำไม้แผ่นบางมาประกบกันหลายชั้น โดยสลับแนวการเรียงตัวของลายไม้ให้ตั้งฉากกันและกัน ช่วยให้การรับแรงในแต่ละทิศทางใกล้เคียงกันมากขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

N. Pankul. [1] ศึกษาการปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด ในขั้นแรกเป็นการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตกับน้ำมันลินสีดด้วยการใช้เทคนิคพอลิเมอร์เรซินแบบสารละลาย โดยปรับเปลี่ยนปริมาณของน้ำมันลินสีด เพื่อศึกษาถึงผลของปริมาณน้ำมันลินสีดต่อสมบัติต่างๆของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน ในขั้นที่ 2 เป็นการเตรียมกาวโดยนำพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่เตรียมได้มาทำปฏิกิริยากับไดไอโซไซยาเนตเป็นกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน จากนั้นศึกษาผลของไดไอโซไซยาเนตที่แตกต่างกัน 2 ชนิดได้แก่ โทลูอินไดไอโซไซยาเนต (TDI) และเมทิลีนไดไอโซไซยาเนต (MDI) โดยทำการปรับอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ไอโซไซยาเนตกับหมู่ไฮดรอกซิลที่อัตราส่วนต่างๆ จากการทดสอบพบว่ากาวที่เตรียมจาก MDI มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและสมบัติความต้านทานน้ำสูงกว่า TDI และการเพิ่มอัตราส่วนของหมู่ ไอโซไซยาเนตต่อไฮดรอกซิลทำให้กาวมีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงขึ้น กาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและสมบัติความต้านทานน้ำสูงกว่ากาวที่ไม่ใช้

น้ำมันลินสีด โดยกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่มีปริมาณของน้ำมันลินสีด 15% โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงที่สุด และได้พบว่าการปรับเปลี่ยนชนิดและอัตราส่วนของมอนอเมอร์ที่ใช้ในพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตมีผลต่อค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน

S.H. Imam และคณะ [2] ได้ศึกษาการติดไม้ที่เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ผสมแป้ง และ Cymel 323 (hexamethoxymethylmelamine) โดยใช้กรดซิตริก (Citric acid) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงจากปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนหมู่เอสเทอร์ (Transesterification) ของหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ที่อยู่ในโมเลกุลแป้ง PVA และไม้ จะถูกแทนที่ที่ตำแหน่งหมู่เมทอกซี (methoxy) ของ Cymel 323 ทำให้เกิดการเชื่อมโยงด้วยพันธะอีเทอร์ระหว่างโมเลกุลของ Cymel 323 ที่มีวงแหวนเบนซีนอยู่ในโครงสร้างกับแป้ง PVA และไม้ จากนั้นนำกาวไปทาลงบนไม้สนโดยใช้ไม้สน 3 ชิ้นประกบกัน ใช้กาว 130 กรัม/ตารางเมตร ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นนำไปอัดที่ความดัน 1.6 MPa ที่อุณหภูมิ 125 – 175°C นาน 15 นาที แล้ววางไว้ในห้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 50% RH นาน 6 เดือน จากนั้นนำไปวัดค่าความแข็งแรงเฉือนตามมาตรฐาน ASTM D-906-64 เมื่อนำค่าความแข็งแรงเฉือนระหว่างกาว 2 สูตรมาเปรียบเทียบกันโดย สูตรที่ 1 เป็นกาวที่ไม่ได้เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 และสูตรที่ 2 เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 พบว่ากาวสูตรที่ 2 ให้ค่าความแข็งแรงเฉือนและ %Veneer Failure สูงกว่ากาวสูตรที่ 1 และยังทำการทดสอบการต้านทานความชื้น (Moisture Resistance, %RH) โดยนำไม้ที่ทาแล้วไปเก็บต่ออีก 2 เดือน ทดสอบการต้านทานความชื้นโดยวิธีวัด %RH ผลการทดสอบพบว่ากาวสูตรที่ 1 มีค่า %RH เท่ากับ 50% และกาวสูตรที่ 2 มีค่า %RH เท่ากับ 75% แสดงให้เห็นว่ากาวที่เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 มีค่าความแข็งแรงเฉือนและมีความต้านทานความชื้นสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากพันธะอีเทอร์เชื่อมโยงระหว่างหมู่ OH ในโมเลกุลของไม้กับ Cymel 323 หลังการเชื่อมโยงทำให้ปริมาณหมู่ OH ลดลง นอกจากนี้ยังปรับปรุงคุณสมบัติของกาวสูตรที่ 2 ด้วยวิธีการเติมลาเทกซ์ลงไป 5-7% โดยน้ำหนัก พบว่ามี %Veneer failure และมีความต้านทานความชื้นสูงขึ้น

S. Tharhate and J. Ngamcharoenthavorn. [3] ได้ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์ โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยการปรับปรุงโดยใช้กรดไขมัน ได้แก่ oleic acid และ linoleic acid ร่วมกับน้ำมันลินสีด เป็นสารเชื่อมโยงโดยมี *p*-toluene sulfonic acid เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา potassium persulfate เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และ sodium lauryl sulfate เป็นสารลดแรงตึงผิวเพื่อช่วยให้กาวมีการกระจายตัวดี สภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกาวติดไม้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์คืออัตราส่วนน้ำหนักของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ : oleic acid : linoleic acid เป็น 90:5:5 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าความต้านทานน้ำสำหรับไม้มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยา esterification ระหว่าง carboxylic acid และหมู่

hydroxyl และมีการเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคู่ใน oleic acid และ linoleic acid ค่าความแข็งแรงเฉือนมีค่าเพิ่มมากขึ้น เป็น 12.52 MPa

N. Rattanaapiromyakit and P. Lakkanapornwisit. [4] ได้ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์โดยเตรียมจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ทำการปรับปรุงสมบัติโดยใช้น้ำมันลินสีด ที่มีอัตราส่วนต่าง ๆ กันคือ 10%, 15% และ 20% โดยน้ำหนัก ใช้ *p*-toluene sulfonic acid เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา potassium persulfate เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และ sodium lauryl sulfate เป็นสารลดแรงตึงผิว จากนั้นนำกาวที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นแผ่นพาร์ทิเคิล โดยใช้ไม้ยูคาลิปตัส 4 ชนิดด้วยกัน ซึ่งมีลักษณะของขึ้นไม้ที่แตกต่างกันดังนี้ ชนิดที่ 1 หยาบและสัน มีความชื้น 9% ชนิดที่ 2 หยาบและยาว ความชื้น 9% ชนิดที่ 3 หยาบและยาว ความชื้น 4% และชนิดที่ 4 สะเอียดและสัน มีความชื้น 9% จากนั้นนำแผ่นพาร์ทิเคิลทดสอบตามมาตรฐาน JIS A5908 จากการทดสอบพบว่าน้ำมันลินสีดช่วยเพิ่มความแข็งแรงดัดโค้ง (bending strength) แต่จะลดความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่น (internal bonding) โดยแผ่นพาร์ทิเคิลที่ผลิตจากไม้ชนิดที่ 4 จะให้ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่นสูงสุด ความแข็งแรงโค้งงอสูงสุด ความหนาแน่นต่ำสุด การดูดซับความชื้นต่ำสุด และการบวมตัวต่ำสุดเช่นกัน ซึ่งไม้ชนิดที่ 4 สามารถทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A5908 ทั้งหมด ยกเว้นการบวมตัวเมื่อแช่น้ำ (swelling test)

Gui-zhuan XU Ph D และคณะ [5] ได้ศึกษาสภาวะของการเกิดปฏิกิริยา transesterification ของน้ำมันทั้ง และเมทานอล โดยใช้ immobilize lipase NOVO435 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยสภาวะเหมาะสมที่ใช้คืออัตราการหมุน 200 รอบ/นาที อัตราส่วนระหว่างเมทานอลกับน้ำมันเป็น 2.2/1 อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาคือ 43°C และใช้ตัวเร่ง 14% ของน้ำหนักน้ำมันที่ใช้ หลังจากเกิดปฏิกิริยา 18 ชั่วโมงพบว่า 67.5% ของน้ำมันถูกเปลี่ยนไปเป็นเมทิลเอสเทอร์ (ตามทฤษฎีจะเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ 73.3%) lipase จะถูกกำจัดออกไปโดยตัวทำละลายอินทรีย์ และหลังจากเกิดปฏิกิริยาไปแล้วจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ น้ำมันทั้งจะถูกเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ลดลง 6% หลังจาก lipase ถูกใช้ไป 120 ชั่วโมง โดยตามทฤษฎีจะเติมเมทานอลลงไป 2 ครั้ง หลังจากปฏิกิริยาผ่านไปอีก 36 ชั่วโมงจะพบว่าถูกเปลี่ยนมาเป็นเอสเทอร์ 85% (จากทฤษฎีต้องเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ 100%) อัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันทั้ง ปริมาณตัวเร่ง อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา และเวลาในการเกิดปฏิกิริยา สิ่งต่างๆ เหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

Suman Yadav และคณะ [6] ได้ทำการสังเคราะห์ Poly (urethane fatty amide) (PULFA) โดยใช้เทคนิค one-short ที่อุณหภูมิห้องจาก diol linseed fatty amide (DLFA) 1 โมล (DLFA เป็นมอนอเมอร์ที่ได้จาก aminolysis โดยเฉพาะจากน้ำมันลินสีดที่มี diethanolamine และ sodium methoxide ซึ่งใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา) และปรับเปลี่ยนอัตราส่วน toluylene-2,4(6)-diisocyanate (TDI 0.08-1.5 โมล) และ xylene ที่ปราศจากสายโซ่ตรงและตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณน้อย ในกระบวนการนี้ปกติจะใช้ phthalic

acid/anhydride ในการสังเคราะห์ polyesteramide ซึ่งจะเสร็จสมบูรณ์เมื่อมีการแทนที่ด้วย TDI กลไกการเกิดปฏิกิริยาสามารถตรวจสอบได้โดยนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี รวมทั้งวิเคราะห์จากสเปกตรัม (spectra analysis) ทดสอบโดยนำไปเคลือบบนเหล็กกล้า ทดสอบความแข็งแรงทางกายภาพและเคมี ทดสอบการกัดกร่อน ทดสอบเสถียรภาพทางความร้อนและพฤติกรรมกรรมการเชื่อมโยงโดยใช้เทคนิค Thermogravimetric analysis (TGA) และ Differential scanning calorimetry (DSC) ทำการทดสอบดังกล่าวเปรียบเทียบกับเรซินที่ทำการสังเคราะห์ขึ้นกับน้ำมันลินสีดที่ผสมใน polyesteramide urethane (Ur-LPEA ซึ่งสังเคราะห์โดยการแทนที่บางส่วน of phthalic anhydride โดย TDI) และ uralkyd เรซินที่สังเคราะห์ขึ้นใหม่นี้ให้ความแข็งแรงทางกายภาพ และความต้านทานการกัดกร่อนเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเทียบกับ Ur-LPEA, alkyol และ uralkyd พบว่า PULFA เรซิน ไม่เพียงแต่ให้สมบัติที่ดีขึ้นเท่านั้น แต่ยังช่วยให้สามารถสังเคราะห์ได้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเทียบกับระบบอื่นซึ่งต้องใช้อุณหภูมิในการสังเคราะห์สูง จากการศึกษาพบว่า PULFA สามารถใช้ทาและเคลือบเพื่อป้องกันการกัดกร่อน ซึ่งสามารถใช้แทน Ur-LPEA, alkyol และ uralkyd ได้

Z.O. Oymane และคณะ [7] ได้ทำการศึกษาการเกิด oxidation ของน้ำมันแห้งเร็วที่เป็นระบบ non-conjugated (น้ำมันลินสีด) และระบบ conjugated (น้ำมันทัง) โดยใช้ Co(II)-2-ethylhexanoate (Co-EH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยน้ำมัน 2 ชนิดนี้จะมีกลไกของการเกิด oxidation ที่แตกต่างกัน สำหรับน้ำมันลินสีดซึ่งเป็น non-conjugated การแตกออกของไฮโดรเจนจะเกิดขึ้นผ่านอัลไลลิกไฮโดรเจนอะตอม ออกซิเจนปริมาณมากที่ใส่ลงไปนำไปสู่การเกิด hydroperoxide ซึ่งสามารถสลายกลายเป็นอนุมูลอิสระของ alkoxy และ peroxy โดยทำให้เกิดการเชื่อมโยง และผลิตภัณฑ์ร่วม น้ำมันทังที่มีระบบ conjugated เป็นหลัก เกิด oxidation โดยเริ่มจากการแตกออกของไฮโดรเจนจาก monoallylic โดยเมื่อเทียบกับน้ำมันลินสีดจะใช้ปริมาณออกซิเจนที่น้อยกว่า และเกิด hydroperoxide รวมทั้งได้ผลิตภัณฑ์ร่วมมากกว่าเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอนุมูลอิสระ ชอบเข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ที่เป็น conjugate มากกว่า โดยจะแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมของ monoallylic