

บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาคุณสมบัติความต้านทานแรงดึงในไฟเบอร์กลาสผสมน้ำยาพาราและเส้นใยจากเปลือกทุเรียนในครั้งนี้เป็นการศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 2.1 ทุเรียน
- 2.2 ยางพารา
- 2.3 เส้นใยธรรมชาติ
- 2.4 ไฟเบอร์กลาส
- 2.5 การทดสอบคุณสมบัติความต้านทานแรงดึง
- 2.6 มาตรฐาน ASTM
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทุเรียน

ทุเรียนเป็นไม้ผลในวงศ์ฝ้าย (Malvaceae) ในสกุลทุเรียน (Durio) ถึงแม้ว่านักอนุกรมวิธานบางคนจัดให้อยู่ในวงศ์ทุเรียน (Bombacaceae) ก็ตาม ทุเรียนเป็นผลไม้ซึ่งได้ชื่อว่าเป็นราชา ของผลไม้ ผลทุเรียนมีขนาดใหญ่และมีหนามแข็งปกคลุมทั่วเปลือก อาจมีขนาดยาวถึง 30 ซม. และอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาวถึง 15 ซม. โดยทั่วไปมีน้ำหนัก 1-3 กิโลกรัม ผลมีรูปรีถึงกลม เปลือกมีสีเขียวถึงน้ำตาล เนื้อในมีสีเหลืองซีดถึงแดง แตกต่างกันไปตามสปีชีส์ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Durio Zibenthinus* Murr. เป็นไม้ผลเขตร้อนอยู่ในวงศ์ Bombacaceae ชื่อ “ทุเรียน” ในภาษาไทย มีรากศัพท์มาจากคำในภาษามลายูและอินโดนีเซียว่า “ดูเรียน” ซึ่งมาจากคำว่า “ดูริ” แปลว่า “หนาม” ต่อมาสำเนียงแปลงเป็น “ทุเรียน ” และ “ทุเรียน ” ในที่สุด ใน ภาษาอังกฤษเรียกชื่อทุเรียนว่า “Durian” ทุเรียนเป็นไม้ผลยืนต้นไม่ผลัดใบ ลำต้นตรง สูง 25-50 เมตรขึ้นกับชนิด แตกกิ่งเป็นมุมแหลม ปลายกิ่งตั้งกระจายกึ่งกลางลำต้นขึ้นไป เปลือกชั้นนอกของลำต้นสีเทาแก่ ผิวขรุขระ หลุดลอกออกเป็นสะเก็ด ไม่มียาง ใบเป็นใบเดี่ยว เกิดกระจายทั่วกิ่ง เกิดเป็นคู่อยู่ตรงกันข้ามระนาบเดียวกัน ก้านใบกลมยาว 2-4 ซม. แผ่นใบรูปไข่แกมขอบขนานปลายใบใบเรียวแหลม ยาว 10-18 ซม. ผิวใบเรียบลื่น มีไขนวล ใบด้านบนมีสีเขียว ท้องใบมีสีน้ำตาลเส้นใบด้านล่างนูนเด่น ขอบใบเรียบ ดอกเป็นดอกช่อ มี 3-30 ช่อบนกิ่งเดียวกัน เกิดตามลำต้น และกิ่งก้านยาว 1-2 ซม. ลักษณะดอกสมบูรณ์เพศ มีกลีบเลี้ยงและกลีบดอก 5 กลีบ (บางครั้งอาจมี 4 หรือ 6 กลีบ) มีสีขาวหอม ลักษณะดอกคล้ายระฆัง มีช่วงเวลาออกดอก 1-2 ครั้งต่อปี ช่วงเวลาออกดอกขึ้นกับชนิด สายพันธุ์ และสถานที่ปลูกเลี้ยง โดยทั่วไปทุเรียนจะให้ผลเมื่อมีอายุ 4-5 ปี โดยจะออกตามกิ่งและสุกหลังจากผสมเกสรไปแล้ว 3 เดือน ผลเป็นผลสดชนิดผลเดี่ยว อาจยาวมากกว่า 30 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางอาจยาวกว่า 15 ซม. มีน้ำหนัก 1-3 กก. เป็นรูปรีถึงกลม เปลือกทุเรียนมีหนามแหลมเมื่อแก่ผลมีสีเขียว เมื่อสุกมีสีน้ำตาลอ่อน แตกตามแต่ละส่วนของผลเรียกเป็นพู เนื้อในมีตั้งแต่สีเหลืองอ่อนถึงแดง ขึ้นกับชนิด เนื้อในจะนุ่ม กิ่งอ่อนกึ่งแข็ง มีรสหวาน เมล็ดมีเยื่อหุ้ม กลมรี เปลือกหุ้มสีน้ำตาล ผิวเรียบ เนื้อในเมล็ดสีขาว รสชาติฝาด (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, ออนไลน์ : 2555)

2.1.1 พันธุ์ทุเรียนที่นิยมปลูกในประเทศไทย

(1) พันธุ์หมอนทอง ผลมีขนาดใหญ่ น้ำหนักประมาณ 3-4 กิโลกรัม ทรงผลค่อนข้างยาวมีบ่าผล ปลายผลแหลม พูมักไม่ค่อยเต็มทุกพู หนามแหลมสูง ฐานหนามเป็นเหลี่ยม ระหว่างหนามใหญ่จะมีหนามเล็กวางแซมอยู่ทั่วไป ซึ่งเรียกหนามชนิดนี้ว่า เขี้ยวงู ก้านผลใหญ่แข็งแรง ช่วงกลางก้านผลจนถึงปากปลิงจะ

อ้วนใหญ่เป็นทรงกระบอก เนื้อหนาสีเหลืองอ่อนละเอียด เนื้อค่อนข้างแห้งไม่ฉะติดมือ รสชาติหวานมัน เมล็ดน้อยและลีบเป็นส่วนใหญ่

(2) พันธุ์ชะนี ผลมีขนาดปานกลางถึงใหญ่ น้ำหนักประมาณ 2.5-3 กิโลกรัม ผลมีรูปทรงหวด กล่าวคือ กลางผลป่อง หัวเรียว ก้นตัด ร่องพูค่อนข้างลึกเห็นได้ชัด ขั้วผลใหญ่และสั้น เนื้อละเอียด สีเหลืองจัดเกือบเป็นสีจำปา ปริมาณมาก รสชาติหวานมัน เมล็ดค่อนข้างเล็กและมีจำนวนเมล็ดน้อย

(3) พันธุ์ก้านยาว ผลมีขนาดปานกลาง น้ำหนักประมาณ 3 กิโลกรัม ทรงผลกลมเห็นพูไม่ชัดเจน พูเต็มทุกพู หนามเล็กถี่สั้นสม่ำเสมอทั้งผล ก้านผลใหญ่และยาวกว่าพันธุ์อื่นๆ เนื้อละเอียดสีเหลืองหนาปานกลาง รสชาติหวานมัน เมล็ดมากค่อนข้างใหญ่

(4) พันธุ์พวงมณี ผลรูปรี ปลายผลแหลม ฐานผลป้าน ก้านผลยาว 5-11 เซนติเมตร หนามผลนูนปลายแหลม หนามตรง ผลยาว 18.38 เซนติเมตร กว้าง 14.88 เซนติเมตร เส้นรอบวงผล 48.16 เซนติเมตร น้ำหนักผล 1.36 กิโลกรัม มีกลิ่นอ่อนๆ รสชาติหวานมันพอดี เนื้อละเอียดไม่มี เส้นใย

(5) พันธุ์กระดุม ผลจะมีขนาดค่อนข้างเล็ก น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม ผลมีลักษณะค่อนข้างกลมด้านหัวและด้านท้ายผลค่อนข้างป้าน ก้นผลบวมเล็กน้อย หนามเล็กสั้นและถี่ ขั้วค่อนข้างเล็กและสั้น ลักษณะของพูเต็มสมบูรณ์ ร่องพูค่อนข้างลึก เนื้อละเอียดอ่อนนุ่มสีเหลืองอ่อน เนื้อค่อนข้างบาง รสชาติหวานไม่ค่อยมัน และง่ายเมื่อสุกจัด เมล็ดมีขนาดใหญ่

นอกจากนี้เปลือกทุเรียนยังประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นเยื่อเส้นใยเซลลูโลสซึ่งสามารถนำมาเป็นวัสดุเสริมแรงในไฟเบอร์กลาสได้ โดยเส้นใยทุเรียนได้ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยต่างๆมากมายอาทิเช่น การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมระหว่างเส้นใยจากเปลือกทุเรียนกับน้ำยางพารา โดยเมื่อเพิ่มเส้นใยจากเปลือกทุเรียนเข้าไปทำให้มีความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่า โดยเส้นใยทุเรียนจะมีลักษณะเป็นเส้นใยที่มีการเชื่อมด้วยเจลและเพคติน ทำให้ต้านทานการซึมของน้ำและไขมันคล้ายเส้นใยที่ได้จากไม้เนื้อแข็ง (พอพันธ์ สุทธิวิวัฒน์, 2553 : 6) หรือ การใช้ดินขาวผสมกากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพด และเส้นใยจากเปลือกทุเรียนเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนและลดน้ำหนักในผนังคอนกรีตบล็อก พบว่าการใส่เส้นใยในคอนกรีตบล็อกกากดินขาวทำให้ความหนาแน่นสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและความต้านทานแรงอัดมีค่าน้อยลง (ปราโมทย์ วีรานุกูล, 2554 : 1)

2.2 ยางพารา

ชาวพื้นเมืองในแถบอเมริกากลางและอเมริกาใต้เรียกต้นไม้ที่ให้ยางว่า "เกาซู" (Cao tchu) แปลว่า ต้นไม้ร้องไห้ จนถึงปี พ.ศ. 2313 โจเซฟพริสตี พบว่ายางสามารถบร่ายคำของดินสอได้โดยที่กระดาษไม่เสีย จึงเรียกยางว่า ยางลบหรือตัวลบ (Rubber) ซึ่งเป็นคำเรียกยางเฉพาะในอังกฤษและฮอลแลนด์ ต่อมาได้มีการปลูกและมีการซื้อขายยางอย่างแพร่หลาย และศูนย์กลางของการซื้อขายยางอยู่ที่เมือง ชื่อพารา (Para) บริเวณบนฝั่งแม่น้ำอะเมซอน ประเทศบราซิล จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "ยางพารา"

ประมาณ พ.ศ. 2425 ได้มีการขยายเมล็ดกล้ายางพารา จากพันธุ์ยาง 22 ต้น นำมาปลูกในทวีปเอเชีย โดยพระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี ได้นำต้นยางพารามาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรังเป็นครั้งแรก หลังจากนั้นก็ได้มีการขยายพื้นที่ปลูกยาง ในภาคใต้ก่อน ตั้งแต่ชุมพรไปถึงจังหวัดที่ติดชายแดนประเทศมาเลเซีย ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมดประมาณ 12.62 ล้านไร่ โดยภาคใต้คิดเป็นร้อยละ 90 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 10 กระจายอยู่ในภาคตะวันออก ตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ปัจจุบันมียางพาราประมาณ 2.6 ล้านต้น ส่งออกประมาณ ร้อยละ 89 ที่เหลือร้อยละ 11 ใช้ในอุตสาหกรรมภายในประเทศ ผลผลิตยางพาราที่เกษตรกรผลิตได้จะถูกนำไปแปรรูป สำหรับอุตสาหกรรมได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง เป็นต้น วัตถุดิบจากอุตสาหกรรมยางสามารถนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ยางชนิดต่างๆ เช่น ยางถุงมือ ยาง ยางอนามัย ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ เป็นต้น

2.2.1 ชนิดและคุณสมบัติของยาง

ยางเป็นวัสดุพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งและเป็นวัตถุดิบสำคัญในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางต่างๆ ยางที่ได้จากต้นพืชเรียกว่ายางธรรมชาติ (Natural Rubber) และยางที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีเรียกว่า ยางเทียมหรือยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber) ยางมีสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์คือความยืดหยุ่น (Elasticity) เมื่อให้แรงดึงหรือกดยางจะยืดหรือยุบได้ และสามารถกลับสู่สภาพเดิมได้เมื่อปล่อยให้ยางเป็นอิสระ (พงษ์ธร แซ่ฮุย, 2554 : ม.ป.ป.)

ชนิดของยาง และคุณสมบัติของยาง แบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลัก ๆ ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์

(1) ยางธรรมชาติ (NR) คือ ยางที่มาจากต้นยางพาราโดยตรง ไม่ผ่านกรรมวิธีการใดๆ การนำยางธรรมชาติไปใช้งานมีอยู่ 2 รูปแบบคือ รูปแบบน้ำยาง และรูปแบบยางแท่ง ในรูปแบบน้ำยางนั้นน้ำยางสดจะถูกนำมาแยกน้ำออกเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของเนื้อยางขึ้นตอนหนึ่งก่อนด้วยวิธีการต่าง ๆ แต่ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมคือการใช้เครื่องเซนตริฟิวส์ ในขณะที่การเตรียมยางแท่งนั้นมักจะใช้วิธีการใส่กรดอะซิติกลงในน้ำยางสด การใส่กรดอะซิติกเจือจางลงใน น้ำยาง ทำให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อน เกิดการแยกชั้นระหว่างเนื้อยางและน้ำ ส่วนน้ำที่ปนอยู่ในยางจะถูกกำจัดออกไปโดยการรีดด้วยลูกกลิ้ง 2 ลูกกลิ้ง วิธีการหลักๆ ที่จะทำให้น้ำยางแท่งสนิทมี 2 วิธีคือ การรมควันยาง และการทำยางเครพ แต่เนื่องจากยางผลิตได้มาจากเกษตรกรจากแหล่งที่แตกต่างกัน ทำให้ต้องมีการแบ่งชั้นของยางตามความบริสุทธิ์ของยางนั้นๆ ผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ ได้แก่ ยางรถยนต์, รองเท้า, ท่อยาง, ปูพื้น, ลูกกลิ้ง, ยางแท่นเครื่อง

(2) ยางสังเคราะห์ คือ ยางวิทยาศาสตร์เป็นยางที่มนุษย์ผสมขึ้นมาเองได้แก่ ยาง NBR, SR, EPDM, SILICONE, VITON, HYPALON, CR, NEOPRENE, THERMOPLASTIC POIYURTEHANES และ URETHANE แต่ละชนิดมีคุณสมบัติดังนี้ ยางสังเคราะห์ (Synthesis Rubber SR) เป็นยางสังเคราะห์ที่ใช้งานกันมากในสหรัฐอเมริกา ยางมีส่วนผสมของบิวทาไดน์ ร้อยละ 78 กับสไตรีน ร้อยละ 22 มันอาจจะถูกผสมกัน ที่อุณหภูมิ 40 องศาฟาเรนไฮต์ เมื่อนำมาผสมกันที่ 40 องศาฟาเรนไฮต์ยางจะมีคุณสมบัติพิเศษกว่า ยางธรรมชาติจึงนำไป ใช้ทำยางรถยนต์ ยางสังเคราะห์มีความต้านทานต่อการขูดถลอก สภาวะของลมฟ้าอากาศที่

แปรเปลี่ยนไป ด้านทานไฟฟ้าได้ดี เมื่อทิ้งไว้ให้ตากแดด ตากลม โอโซน แก๊สโซลีน และน้ำมัน ยางจะชำระ
เสียหายได้ ใช้น้ำยังใช้ทำทุกอย่าง พื้นฉนวน สายพานลำเลียง วัสดุหีบห่อ พื้นรองเท้า

(3) น้ำยางข้น (Concentrated latex) : หมายถึงน้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความ
เข้มข้น แล้วจะมีปริมาณเนื้อยางประมาณร้อยละ 55-65 ซึ่งสูงกว่าน้ำยางสดที่มีปริมาณเนื้อยางประมาณร้อยละ
25-30 ทำให้สามารถทำการขนส่งได้ง่ายขึ้นเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ น้ำยางขั้ยังเป็นวัตถุดิบสำคัญในการ
นำมาทำเป็นแบบแม่พิมพ์ ถูยง ลูกโป่ง เครื่องมือทางการแพทย์ อื่นๆ

ขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้น โดยออกมาในรูปของน้ำยางบริสุทธิ์ซึ่งเป็นวัตถุดิบประเภทยางพารา
ที่สะอาดที่สุด หลังจากนั้นจะถูกนำไปจัดเก็บโดยเติมสารเคมีและผ่านเครื่องแยกอีกครั้งเพื่อให้ได้น้ำยางขั้ที่มี
ค่า DRC 60% (ค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางในน้ำยาง) โดยสารเคมีที่เติมลงไปคือ สารแอมโมเนีย มีคุณสมบัติในการ
รักษาสภาพน้ำยาง แต่สัดส่วนการผสมขึ้นอยู่กับความต้องการคุณภาพน้ำยางขั้ 60% - ชนิดไฮแอมโมเนีย (HA)
น้ำยางขั้ 60% - ชนิดโลแอมโมเนีย (LA) น้ำยางขั้ 60% - ชนิดมีเดียมแอมโมเนีย (MA)

2.3 เส้นใยธรรมชาติ

ใยธรรมชาติ แบ่งได้หลายชนิดตามแหล่งที่มา เช่น พืช สัตว์ และแร่ต่างๆ เส้นใยจากพืช ทุกชนิด
ประกอบด้วยเซลลูโลส และมาจากหลายแหล่ง เช่น ก้าน ใบ ผล เมล็ด เนื้อ และเปลือก เป็นต้น ในขณะที่
เส้นใยจากสัตว์ประกอบด้วยโปรตีน เช่น เส้นผม ไหม และขนสัตว์ เป็นต้น การนำเส้นใย ธรรมชาติเหล่านี้มา
ประยุกต์ใช้เป็นสารเสริมแรงในคอมโพสิตมีมานานหลายสิบปี และมีแนวโน้ม เพิ่มขึ้นเนื่องจากคอมโพสิตที่ได้มี
ราคาถูกลง นำมาใช้ใหม่ได้ และมีความแข็งแรงสูงและน้ำหนักเบา เส้นใยจากพืชเป็นเส้นใยที่ได้รับความนิยม
มากที่สุด เส้นใยจากพืชประกอบด้วยสายเซลลูโลส (Cellulose fibrils) หลายๆ สายรวมกันโดยมีลิกนินเป็น
สารช่วยประสาน องค์ประกอบหลักของเส้น ใยพืช ได้แก่

- 1) แอลฟา-เซลลูโลส (α -Cellulose)
- 2) เฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses)
- 3) ลิกนิน (Lignin)
- 4) เพคติน (Pectin)
- 5) แวกซ์ (Wax) (John & Thomas, 2008)

สายเซลลูโลสเหล่านั้นจะเรียงตัวตาม แนวยาวของเส้นใยซึ่งเป็นผลให้เส้นใยมีความทนต่อแรงดึง
ความทนต่อแรงดัด และความแข็ง (Rigidity) สูง อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการเสริมแรงของเส้นใย
ธรรมชาติก็ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของ เซลลูโลสและความเป็นผลึกของเส้นใยสมบัติเชิงกลของเส้นใย-ธรรมชาตินั้น
ด้อยกว่าเส้นใยคอมโพสิตที่เสริมแรงด้วยใยแก้วมาก แต่เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีความ หนาแน่นต่ำจึงมี
สมบัติที่น่าสนใจ เช่น ความแข็งแรงสูงเมื่อเทียบกับความหนาแน่น จึงเป็นจุดเด่นที่ แข่งขันกับเส้นใยแก้วได้
นอกจากนี้เส้นใยจากพืชยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและสามารถปลูกทดแทนได้

2.4 ไฟเบอร์กลาส

ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส หรือผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใส่วัสดุอื่นเพื่อเสริมความแข็งแรง (มีวัสดุมากกว่า
2 ชนิดมาประสานกัน) วัสดุที่นำมาเสริมแรงให้พลาสติกคือ “ใยแก้ว” ซึ่งมีลักษณะอ่อนนุ่มแต่เหนียวทนความ
ร้อนได้สูงส่วนพลาสติกที่นำมาใช้เป็นเนื้อมีความแข็งแรงมากซึ่งถ้าหากไม่มีการเสริมแรงแล้วตัวชิ้นงานจะเปราะ
ดังนั้นเราจึงเลือกเอาพลาสติกประเภทโพลีเอสเตอร์เรซินไวนิลเอสเตอร์เรซินและอีพอกซีเรซินพลาสติกจำพวก
นี้เป็นพลาสติกเหลวซึ่งภายหลังจากการผสมกับตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาหรือตัวทำให้แข็งแล้วจะเกิดปฏิกิริยาทาง

เคมีเกิดความร้อนขึ้นสูงกว่า 100 °C แล้วจะเปลี่ยนเป็นพลาสติกแข็งและจะไม่คืนรูปอีกซึ่งเรียกว่ากระบวนการนี้ว่าเทอร์โมเซตติ้ง (Thermoseting)

2.4.1 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส

ใยแก้วหรือไฟเบอร์กลาสเป็นวัสดุสังเคราะห์ชนิดหนึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการขึ้นรูปงานไฟเบอร์กลาส

ประเภทของใยแก้วแบ่งเป็น

- (1) ชนิด A glass (Alkali) ใช้สำหรับงานที่ต้องการทนสารเคมีที่เป็นด่าง
- (2) ชนิด C glass (Chemical) ใช้สำหรับงานที่ต้องการทนสารเคมีที่เป็นกรดและกัดกร่อน
- (3) ชนิด E glass (Electrical) ใช้สำหรับงานที่ต้องการรับแรงและเป็นฉนวน
- (4) ชนิด S glass (High Strength) ใช้สำหรับงานที่ต้องการรับแรงสูงที่สูงกว่าชนิด E glass

2.4.2 ชนิดของผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส

ใยแก้วแบ่งเป็นชนิดต่างๆดังนี้

(1) ใยแก้วชนิดผืนเส้นสั้น (Chopped Strands Mat) เป็นใยแก้วที่นิยมโดยทั่วไปมีขนาดแตกต่างกัน เช่น เบอร์ 300, 450 และ 600 กรัม/ ตร.ม โดยใยแก้วที่เบาใช้กับงานขึ้นเล็กงานขึ้นใหญ่ใช้ใยแก้วหนา

(2) ใยแก้วตาสาน (Woven Roving) เป็นใยแก้วเส้นยาวนำมาทอเป็นผืนรูปตาสาน (90 องศา) ใช้สำหรับงานไฟเบอร์กลาสที่ต้องการการเสริมกำลังรับแรงให้สูงขึ้น ขนาดที่นิยมได้แก่ เบอร์ 400, 600 และ 800 กรัม/ ตร.ม

(3) ใยแก้วทอผ้า (Glass Fabrics, Glass Cloth) เป็นใยแก้วเส้นเหมือนด้าย นำมาทอเป็นผืนเหมือนผ้า ใช้สำหรับงานไฟเบอร์กลาสที่ต้องการทำชิ้นงานน้ำหนักเบาและได้ชิ้นงานที่บางเบา แต่รับแรงกระแทกสูงๆเช่น กระจาดนไต้คลื่น เครื่องบินวิทยุบังคับ ขนาดที่นิยมใช้ได้แก่ เบอร์ 100, 160 และ 200 กรัม/ ตร.ม.

(4) ใยสานแบบเย็บติด (Stitch mat) เป็นใยแก้วแบบผืนเย็บด้วยเส้นใยโพลีเอสเตอร์ตลอดทั้งผืน เวลานำไปใช้งานแล้วเส้นใยแก้วจะไม่เคลื่อนตัว ใช้สำหรับงานที่มีการรับแรงสูงแทนที่ ใยแก้วตาสานหรือใยแก้วผืนธรรมดาได้ แต่ในเมืองไทยไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้กันขนาด 300, 450, 600 และ 900 กรัม/ตร.ม

(5) ใยแก้วผิว (Surfacing mat) เป็นใยแก้วแบบผืนบางเหมือนกระดาษทิชชู มีขนาดน้ำหนัก 20, 30 และ 50 กรัม/ตารางเมตรช่วยยึดเกาะผิวชั้นเจลโค้ทให้แข็งแรงขึ้นและช่วยลดปริมาณฟองอากาศของชั้นเจลโค้ทกับใยแก้วได้

(6) เทปไฟเบอร์ (Glass tape) เป็นเส้นใยแก้วนำมาทอเป็นผืนกว้าง 2 นิ้ว, 3 นิ้วและ 4 นิ้วไว้ใช้สำหรับเชื่อมรอยต่อระหว่างแผ่นใยแก้วและเสริมกำลังบริเวณขอบของชิ้นงาน

(7) ใยแก้วเส้นด้าย (Roving) เป็นเส้นใยแก้วยาวตลอดทั้งม้วนเรียกตามน้ำหนัก/ความยาว 1 กม. เช่น TEX1200 = ความยาว 1 กม. น้ำหนัก 1 กก. ที่นิยมใช้มีขนาด 1,200, 2,200, 2,400 และ 4,800 เป็นต้น

(8) ใยแก้วเส้นสั้น (Chopped strand) เป็นเส้นใยแก้วเส้นสั้นขนาดความยาวเส้น 3, 6, 9 และ 12 มิลลิเมตรใช้เพิ่มความแข็งแรงของชิ้นงาน

(9) ใยแก้วผง (Glass powder) เป็นผงใยแก้วสีขาวใช้เพิ่มความแข็งแรงป้องกันการขีดข่วนและแรงกระแทกบนผิวงาน

(10) โยแก้วแบบทิศทางเดียว (Unidirection mat) เป็นโยแก้วเส้นยาวเรียงเป็นแถวในแนวเดียวกันตลอดทั้งผืน เย็บติดกันด้วยเส้นด้าย Polyester เรียงตัวแบบแนวยาวหรือแนวตรง ใช้สำหรับงานที่ต้องการรับแรงดึงสูงๆในแนวยาว

2.4.3 หลักการและกระบวนการผลิตไฟเบอร์กลาส

วิธีการผลิตไฟเบอร์กลาสมีหลายวิธีได้แก่

2.4.3.1 วิธีการทำแม่แบบ (Hand-Lay-Up)

1) เตรียมแม่แบบที่จะทำชิ้นงาน ซึ่งอาจเป็นแม่แบบไม้ ปูนพลาสติก โลหะ หรือพลาสติกก็ได้ผิวของแม่แบบจะต้องขัดเรียบและช่วยถอดแบบได้ง่าย

2) ทาหรือพ่นน้ำยาถอดแบบ (Release Agent) ซึ่งส่วนมากจะใช้พวกซ์ฝังถอดแบบ (Mold Release Wax) หรือ พี.วี.เอ. (P.V.A)

3) ทาหรือพ่นเจลโค้ต (Gel coat) โดยใช้แปรงหรือเครื่องพ่นเป็นชั้นรองพื้นหรือชั้นผิวหน้าหนาพอสมควร ทิ้งไว้ให้แข็งตัว

4) นำวัสดุเสริมกำลังในรูปแผ่นเช่น โยแก้ววางทับลงไป

5) ใช้ลูกกลิ้งหรือแปรง กลิ้งหรือทาพลาสติกเหลวโพลีเอสเตอร์เรซินให้ซึมเข้าแผ่นโยแก้วให้ทั่ว และไล่ฟองอากาศออกให้หมดวางแผ่นโยแก้วชั้นต่อไปทับลงไปอีกเพื่อเพิ่มความหนาแล้วทาพลาสติกเหลวทับลงไป

6) ปลอ่ยให้พลาสติกเหลวแข็งตัวโดยอุณหภูมิปกติ หรือจะนำไปอบให้แข็งตัวเร็วขึ้นในห้องอบก็ได้ ขณะที่พลาสติกกำลังหมาดอยู่ ควรรีบตกแต่งขอบนอกโดยใช้มีดคมๆ ฉีดยาออกจะสะดวกมาก หากปลอ่ยให้พลาสติกแห้งแข็งตัวจะทำงานลำบาก

7) ถอดชิ้นงานออกจากแม่แบบโดยใช้ลิ้มไม้ดอกหรือใช้ลมหรือใช้น้ำอัดออกแล้วนำชิ้นส่วนอื่นๆ เข้าประกบหรือตกแต่งผิวชิ้นงานให้สวยงามมากขึ้นอีกก็ได้ ชิ้นงานจะมีผิวเรียบด้านเดียวคือด้านที่ติดกับแม่แบบ

2.4.3.2 แบบใช้เครื่องพ่น

กรรมวิธีเหมือนกันกับใช้มือทา ผิดกันตรงที่วัสดุเสริมกำลังจะไม่ใช้แผ่น แต่ใช้ในรูปเส้นโยเส้นยาว (Roving) แล้วตัดให้เป็นท่อนสั้นๆ พ่นออกมาพร้อมกับพลาสติกเหลวลงไปในผิวหน้าของแบบ และใช้ลูกกลิ้งกดทับช่วยอีก แรงอัดจากเครื่องพ่นจะทำให้เส้นโยกับพลาสติกเหลวเกาะผิวหน้าอย่างสนิท กรรมวิธีแบบนี้ใช้กับการผลิตที่มีจำนวนมากชิ้นงานมีผิวเรียบด้านเดียวที่ติดกับแม่แบบ

2.4.3.3 แบบใช้แม่แบบอัด

เป็นกรรมวิธีที่ใช้แรงอัดกับความร้อน ใช้กับการผลิตชิ้นงานที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษ ชิ้นงานมีผิวเรียบ 2 ด้าน เช่น ช่วงล่างของตัวถังรถยนต์ แก้วใช้งานสาธารณะ สนามกีฬา และใช้ผลิตชิ้นงานปริมาณที่มาก

1) ทาหรือพ่นแม่แบบซึ่งปกติเป็นโลหะเป็นแม่แบบคู่ คือมีทั้งตัวผู้ตัวเมียด้วยน้ำยาถอดแบบ

2) นำวัสดุเสริมกำลังในรูปแผ่นหรือเส้นโยสั้นวางหรือพ่นในแม่แบบตัวล่าง

3) เทพลาสติกเหลวให้ทั่วบนวัสดุเสริมกำลัง

4) กดแม่แบบตัวบนลงมาพร้อมทั้งให้ความร้อนในแม่แบบ ทิ้งไว้ตามเวลาที่กำหนด

5) ถอดชิ้นงานออกได้ (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์, 2542 : ม.ป.ป.)

2.4.4 โพลีเอสเตอร์เรซิน (Polyester Resin)

โพลีเอสเตอร์เรซินหรือเรซินคือพลาสติกหล่อชนิดหนึ่งเกิดจากการรวมตัวเป็น โพลีเมอร์แบบ Condensation Polymerization ของสารประกอบจำพวกไกลคอล (Glycol) และไดเบซิกอะซิด (Dibasic Acid) โดยทั่วไปแบ่งเป็นสองชนิดได้แก่ชนิดอิ่มตัว (Saturated Polyester Resin) และชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated Polyester Resin) ซึ่งชนิดไม่อิ่มตัวเป็นเรซินที่จำหน่ายในปัจจุบันโพลีเอสเตอร์เรซินอยู่ในสภาพของเหลวหลังเกิดปฏิกิริยาความร้อนจะทำให้แข็งตัวเป็นพลาสติกแข็งที่ไม่สามารถแปรสภาพเป็นพลาสติกเหลวคืนรูปได้อีกเรียกพลาสติกชนิดนี้ว่า Thermosetting Plastic

2.4.4.1 ประเภทของโพลีเอสเตอร์เรซิน

เรซินเป็นพลาสติกเหลวชนิดหนึ่งมีลักษณะข้นคล้ายน้ำมันเครื่องกลื่นฉุนแข็งตัวด้วยความร้อนสูงเป็นวัตถุไวไฟชนิดหนึ่งมีอัตราการหดตัว 2 - 8 % หลังเซทตัวเต็มที่เรซินสามารถหล่อขึ้นรูปได้มากมายหลากหลายรูปแบบเรซินสำหรับหล่องานทั่วไปเช่นหล่อพระหล่อของที่ระลึกหล่อตุ๊กตา ฯลฯ เรซินสำหรับหล่องานไฟเบอร์กลาสและเรซินสำหรับงานเคลือบเช่นงานเคลือบกรอบรูปวิทยาศาสตร์ในขณะที่ทำการหล่อเรซินจะปล่อยกลิ่นเคมีออกมาซึ่งมีกลิ่นเหม็นฉุนสถานที่ทำงานควรเป็นที่โปร่งอากาศถ่ายเทสะดวกไม่ควรทำงานในสถานที่ที่เป็นห้องที่บึบไม่มีการไหลเวียนของอากาศหรือการระบายอากาศที่ดีพอเรซินแบ่งได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

ประเภท ก แบ่งตามคุณสมบัติของเนื้อเรซิน

- 1) เกรด Ortho - Phthalic Type คือชนิดเกรดใช้งานได้ทั่วไป
- 2) เกรด Isophthalic Type คือชนิดที่ทนกรด - ต่างได้ดี
- 3) เกรด Bisphenol Type คือชนิดที่ทนกรด - ต่างสูง
- 4) เกรด Chlorendics Type คือชนิดทนกรด - ต่างสูง
- 5) เกรด Vinyl Ester คือชนิดที่ทนกรด - ต่างสูงมากแข็งแรงมีคุณสมบัติที่เป็นรอง

แต่ Epoxy Resin

ประเภท ข แบ่งตามเนื้อเรซิน

1) Promote คือเรซินชนิดที่ผสมสารช่วยเร่งปฏิกิริยามาแล้วลักษณะของเนื้อเรซินจะเป็นของเหลวข้นคล้ายน้ำมันเครื่องมีสีชมพูบานเย็นเพราะเป็นเรซินที่ได้ผสมสารช่วยเร่งปฏิกิริยาแล้วเมื่อนำมาใช้งานก็แค่เติมสารเร่งฯลงไปบางบริษัทผู้ผลิตอาจมีการใช้สารช่วยเร่ง ที่แตกต่างกันดังนั้นเรซินชนิดผสมสารช่วยเร่งบางตัวจะมีสีคล้ายน้ำเฉาก๊วยและสำหรับชนิดที่ใช้กับงานหล่อใสแล้วเรซินจะมีสีใสอมน้ำเงินอ่อนๆจุดเด่นคือใช้งานง่ายและคล่องไม่ยุ่งยากแต่ข้อเสียคือมีอายุการเก็บสั้นอายุการเก็บไม่เกิน 2 เดือนในการใช้งานจริงควรใช้ให้หมดภายใน 1 เดือน

2) Non Promote คือเรซินชนิดที่ยังไม่ผสมสารช่วยเร่งปฏิกิริยาลักษณะของเนื้อเรซินจะเป็นของเหลวข้นคล้ายน้ำมันมีสีใสอมเหลืองและมีจุดเด่นคือมีอายุการเก็บ 3 เดือน สำหรับประเทศไทยมีอากาศร้อนชื้นควรใช้ให้หมดภายใน 1 เดือนเพราะเมื่อเข้าสู่เดือนที่ 2 และ 3 เรซินจะเริ่มมีความเหนียวขึ้นขึ้นเรื่อยๆและสามารถประยุกต์สูตรได้อีกมากมายเพื่อให้เหมาะสมกับรูปแบบงานต่างๆ

ประเภท ค แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

- 1) High Reactive Type ชนิดปฏิกิริยาสูง (การแข็งตัวเร็ว)
- 2) Middle Reactive Type ชนิดปฏิกิริยาปานกลาง (แข็งตัวใช้เวลาปานกลาง)
- 3) Low Reactive Type ชนิดปฏิกิริยาดำ (การแข็งตัวช้า)
- 4) General Purpose (G) Type ชนิดธรรมดาทั่วไป
- 5) Flexible Type ชนิดยืดหยุ่นตัวได้

- 6) Heat Resistant Type ชนิดทนความร้อน
- 7) Corrosion Resistant Type ชนิดทนทานต่อสารเคมี
- 8) Flame Retardant Type ชนิดไฟไม่ลุกลาม
- 9) Low Shrinkage Type ชนิดหดตัวต่ำ
- 10) Good Weather Ability Type ชนิดทนทานสภาพดินฟ้าอากาศ

2.4.4.2 คุณสมบัติของโพลีเอสเตอร์เรซิน

1) คุณสมบัติทั้งทางกายภาพมีคุณสมบัติให้เนื้อแข็งใสเงาทนอุณหภูมิสูงดีกว่าพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) แต่น้อยกว่าโลหะเมื่อเสริมแรงด้วยใยแก้วจะได้รับความแข็งแรงที่เพิ่มมากขึ้นมีความเบาแข็งแรงเหนียวไม่เปราะ

2) คุณสมบัติทางไฟฟ้าเรซินมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ครบถ้วนสามารถนำไปใช้เป็นฉนวนไฟฟ้า (Insulator) ได้

3) คุณสมบัติทางเคมีมีความสามารถในการทนการกัดกร่อนของสารเคมีได้ดีและไม่เป็นสนิม

ลักษณะการใช้งานของโพลีเอสเตอร์เรซิน

เรซินนำไปใช้งานได้มากมายหลายกลุ่มงานโดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่

1) กลุ่มงานหล่อ (Casting) เช่นหล่อพระหล่อของชำร่วย หล่อตุ๊กตาหล่อกระดุม หล่อแก้วเทียม ฯลฯ

2) กลุ่มงานเคลือบ (Laminate) เช่นงานเคลือบกรอบรูปวิทยาศาสตร์

3) กลุ่มงานขึ้นรูปแบบ (Molding) เช่นการผลิตงานไฟเบอร์กลาสหรือ FRP (Fiberglass Reinforce Plastic) พลาสติกเสริมแรงด้วยใยแก้ว

การแข็งตัวของเรซิน

โพลีเอสเตอร์เรซินสามารถแข็งตัวได้หลายวิธีดังนี้

1) โดยใช้ตัว Catalyst หรือตัวทำให้แข็ง + ความร้อน
 2) โดยใช้ตัว Catalyst หรือตัวทำให้แข็ง + ตัวช่วยเร่งปฏิกิริยา Promote / Accelerator ที่อุณหภูมิห้อง

3) โดยใช้แสงอุลตราไวโอเล็ต

4) โดยใช้ไอเล็กตรอน

5) โดยให้แสงแดด

6) โดยใช้ความร้อน

โดยทั่วไปการแข็งตัวของเรซินแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือช่วงที่ 1) Gel Time คือช่วงหลังจากเติมตัว Catalyst แล้วจนเรซินจับตัวเป็นวุ้นช่วงที่ 2) Cure Time คือช่วงที่เรซินแข็งตัวเต็มที่และเป็นช่วงที่เรซินเย็นตัวลงหลังจากที่มีความร้อนสูงในขณะที่ทำปฏิกิริยา

องค์ประกอบที่มีผลต่อการแข็งตัวของเรซิน

1) อุณหภูมิอุณหภูมิสูงเรซินแข็งตัวเร็วกว่าอุณหภูมิต่ำ
 2) ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาปริมาณที่มากแข็งตัวเร็วกว่าปริมาณที่น้อย

3) ความชื้นหรือน้ำความชื้นสูงการแข็งตัวของเรซินจะช้าลงผิวงานขึ้นฝ้าขาวโดยปกติปริมาณน้ำที่อยู่ในเรซินจะต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 0.05

4) ปริมาณออกซิเจนออกซิเจนเป็นตัวป้องกันการแข็งตัวของเรซินถ้าปริมาณออกซิเจนสูงเช่นการกวนเรซินมากๆ เป็นเวลานานการแข็งตัวของเรซินจะช้าลงและออกซิเจนมีประโยชน์มากในเรื่องการยืดอายุการเก็บของเรซินหากเริ่มเก็บเรซินไว้นานขึ้นควรสร้างออกซิเจนให้เกิดในถังหรือปิดด้วยการกลิ้งถังไปมาเพื่อให้เรซินข้างในเกิดการเคลื่อนไหวจะเกิดออกซิเจนและจะทำให้เรซินมีอายุการเก็บเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย (All Art Center ออลอาร์ทเซ็นเตอร์, ม.ป.ป.)

2.4.5 สารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวหรือ Surfactant เดิมมาจากภาษาเยอรมันว่า Tensid ซึ่งตั้งโดย นักเคมีชาวเยอรมันในปี 1960 และ Surfactant มาจากคำสามคำว่า Surface Active Agent หรือสารที่มีการแยกที่ฟหรือทำงานบนผิวหรือผิวที่แตกต่างเพสกันสารลดแรงตึงผิวเป็นสารที่มีผลต่อพื้นผิวหรือระหว่างพื้นผิว (Surface or interface) โดยที่จะไปขจัดความแตกต่างระหว่างผิวหรือไปช่วยลดแรงตึงผิวตัวอย่างเช่นโดยปกติ น้ำและน้ำมันจะไม่รวมตัวกันโดยน้ำมันจะลอยอยู่บนน้ำเสมอเมื่อใส่สารลดแรงตึงผิวลงไปอินเทอร์เฟสระหว่างน้ำและน้ำมันจะถูกขจัดไปทำให้สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้

คุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิวเกิดจากโครงสร้างที่มีลักษณะพิเศษคือสารลดแรงตึงผิวประกอบด้วยสองส่วนคือส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) ส่วนที่ไม่ชอบน้ำนั้นเรียกว่าส่วนที่ชอบน้ำมัน (Lipophilic) เนื่องจากส่วนประกอบสองส่วนที่มีสมบัติตรงข้ามกันทำให้สารลดแรงตึงผิวเข้าไปเชื่อมระหว่างสองเฟสที่ต่างกันให้เข้ากันได้

1) คุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวจะทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวของน้ำให้น้ำซึมเข้าไปสัมผัสกับ สิ่งสกปรกต่างๆ ได้และยังทำให้ไขมันละลายน้ำหรือมีสมบัติเป็น Emulsifier จึงช่วยในการกำจัด สิ่งสกปรกและคราบไขมันเมื่อใส่สารลดแรงตึงผิวลงไปใต้น้ำจะมีการจัดเรียงตัวของน้ำโดยด้านหาง ที่ไม่ชอบน้ำจะพยายามวางตัวไปด้านบนส่วนหัวซึ่งเป็นด้านที่ชอบน้ำจะอยู่ในน้ำทำให้เสมือนว่าผิวน้ำถูกทำให้เป็นช่องๆจึงทำให้ความตึงผิวของน้ำลดลงเมื่อผิวหน้าของน้ำเต็มไปด้วยสารลดแรงตึงผิวส่วนที่เพิ่มขึ้นมาจำเป็นต้องไปอยู่ในน้ำโมเลกุลสารลดแรงตึงผิวจะเรียงในลักษณะที่เอาส่วนหางมารวมกันตรงกลางและส่วนหัวจะชี้ออกไปดูเหมือนเป็นก้อนกลมๆก่อนที่เกิดจากการรวมตัวแบบนี้เรียกทับศัพท์ว่าไมเซลล์ (Micell) ไมเซลล์เหล่านี้มีรูปร่างหลายๆแบบ อาจจะเป็นก้อนกลมๆเป็นแท่งหรือเป็นชั้นๆ ก็ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวในน้ำ

สารลดแรงตึงผิวที่เป็นส่วนประกอบหลักในผงซักฟอกมีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสองประการคือขจัดคราบมันบนใยผ้าโดยการจับให้คราบมันรวมกันเป็นก้อนๆ แล้วนำพาออกจากเส้นใยผ้าเมื่อไม่มีคราบมันจะสามารถเข้าถึงเส้นใยผ้าได้กระบวนการนี้เรียกว่าการทำให้เปียกอีกครั้งหรือ รีเวตติง (Rewetting) ความสามารถอีกอย่างในการทำความสะอาดคือการดึงคราบสกปรกขึ้นมาจากพื้นผิวโดยที่ส่วนหางจะเกาะจับคราบสกปรกและหันส่วนหัวไปด้านหน้าวิธีดังกล่าวสิ่งสกปรกที่ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำมันจะถูกดึงออกมาจากพื้นผิวหรือใยผ้าได้และจะถูกน้ำชะล้างออกไป

2) ประเภทของสารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวทุกชนิดมีโครงสร้างหลักคล้ายกันคือมีส่วนหาง (ไม่ชอบน้ำ) และส่วนหัว (ชอบน้ำ) แต่อย่างไรก็ตามไม่ใช่ทุกตัวจะมีคุณสมบัติที่เหมือนกันแต่ละชนิดกลับมีความแตกต่างกันทาง

คุณสมบัติเป็นผลมาจากความแตกต่างของส่วนหัวที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) เมื่อสารลดแรงตึงผิวละลายในน้ำมันจะแตกตัวเป็นไอออน (สารที่มีประจุไฟฟ้า) ตัวอย่างเมื่อสบู่ละลายในน้ำโซเดียมไอออน (ประจุเป็นบวก) จะทำให้ตัวเองเป็นประจุลบรูปแบบเช่นที่เป็นประจุลบคือสารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวแบ่งออกเป็นหลายกลุ่มขึ้นกับประจุไฟฟ้าบนส่วนประกอบที่ละลายน้ำเช่น ชนิดประจุลบ (Anionic), ประจุบวก (Cationic), ไม่มีประจุ (Nonionic) และสองประจุ (Amphoteric) ซึ่งมีความเหมาะสมในการใช้งานต่างกันตัวอย่างของสารลดแรงตึงชนิดต่างๆ แสดงได้ดังต่อไปนี้

ก) สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ

สารลดแรงตึงผิวประจุลบใช้เป็นส่วนประกอบหลักในผลิตภัณฑ์ซักล้าง, น้ำยาซักผ้า, น้ำยาล้างจานและผงซักฟอกเนื่องจากมีความสามารถในการขจัดสิ่งสกปรกและให้ฟองมากตัวอย่างเช่น Alkyl sulphate, Alkanesulphonate, Linear Alkylbenzene (LAS) เช่น Sodium Dodecyl Benzene Sulphonate, Olefin Sulphonate, Sarcosinate, Sodium Lauryl EthoxySulphate, Sulphosuccinate, α -SulphoMethyl Ester

ข) สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก

สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวกใช้เป็น Antistatic agent และสารปรับสภาพเส้นผมในแชมพูตัวอย่างเช่น Quaternary Ammonium Compound เช่น Polyquaternium-6,-7,-10,-16, Alkyltrimethyl Ammonium chloride

ค) สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ

สารลดแรงตึงผิวไม่มีประจุนี้ไม่แตกตัวเมื่อละลายในน้ำมีความเป็นกลางทางไฟฟ้า ตัวอย่างคือแอลกอฮอล์ไขมันอีทอกซิลเอต (fatty alcohol ethoxylates) และอัลคิลโพลีกลูโคไซด์ (alkyl polyglucosides) โดยสามารถใช้งานได้ในหลายๆผลิตภัณฑ์เช่นน้ำยาทำความสะอาด, น้ำยาล้างจาน, น้ำยาซักผ้าหรือในแชมพูตัวอย่างเช่น Alcohol, alkylphenolEthoxylate, Alkyl Diethanol, Monoethanol และ Isopropanol Amides, Alkyl Ethoxylate, Alkyl Polyglucoside, Amine Oxides, Fatty Alcohol Ethylene Oxide/ Propylene เช่น Cetyl Steary Alcohol

ง) สารลดแรงตึงผิวชนิดสองประจุ

โครงสร้างมีทั้งประจุบวกและประจุลบอยู่ในโมเลกุลการทำงานจะขึ้นอยู่กับสภาวะกรดต่างในสารละลายที่อยู่เช่นที่สภาวะเป็นกรดจะแสดงความเป็นประจุบวกมากกว่าในขณะที่สภาวะเป็นด่างจะแสดงความเป็นประจุลบมากกว่าจึงเรียกว่าสารลดแรงตึงผิวชนิดสองประจุ (Amphoteric surfactant) ตัวอย่างสารประเภทนี้เช่นพวกบีเทน (Cocamidopropyl Betaine, CAPB) สารกลุ่มนี้ใช้ผสมร่วมกับสารลดแรงตึงผิวประจุลบในแชมพูน้ำยาล้างจานและผลิตภัณฑ์ซักล้างที่ต้องการฟองมากพบว่า มีความอ่อนโยนต่อผิว ตัวอย่างเช่น Acetate, Alkylamphocarboxyglycinate, Amphoacetate, Betaine, Imidazoline derivatives, Propionate, Sultaine

3) ความเป็นพิษของสารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวโดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนที่ละลายในน้ำและส่วนที่ละลายในไขมันซึ่งส่วนที่ละลายในไขมันจะซึมผ่านเข้าไปในเหงือกปลาทำให้ความสามารถในการควบคุมปริมาณเกลือเสียไป นอกจากนี้สารลดแรงตึงผิวแต่ละชนิดย่อยสลายทางชีวภาพได้แตกต่างกันบางชนิดสลายตัวได้ยากเกิดการสะสมและตกค้างในแหล่งน้ำทำให้สมดุลในสภาวะแวดล้อมทางน้ำเปลี่ยนแปลงอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำได้อย่างไรก็ตามการย่อยสลายทางชีวภาพของสารลดแรงตึงผิวจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

ปัจจัยหลายประการเช่นปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำปริมาณจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำหรือระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายหากปัจจัยเหล่านี้มีจำกัดจะทำให้การสลายตัวช้าลง

2.4.6 สารลดแรงตึงผิวไตรตันX-100 (Triton X-100)

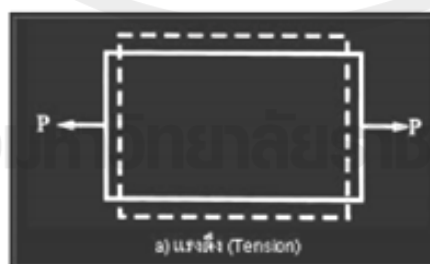
มีสูตรโมเลกุล $C_{14}H_{22}O(C_2H_4O)_n$ เป็นลดแรงตึงผิวไม่มีประจุ (ไม่มีไอออน) ที่มีห่วงโซ่ออกไซด์เอทิลีนน้ำเป็นของเหลวหนืด (มีความหนืดน้อยกว่ากลีเซอรอล) เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนของเอทิลีนออกไซด์ ส่วนของน้ำไม่เจือปน Triton X-100 มีสีเหลืองอ่อนความหนืดของประมาณ 270 centipoise ที่ 25 °C ซึ่งลงมาประมาณ 80 centipoise ที่ 50 °C Triton X-100 เป็นที่ละลายน้ำได้ดีมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย 80,000 molwt 625 สามารถแยกอนุภาคของแข็งออกจากกันได้และช่วยเสริมสภาพการละลายของน้ำมันในน้ำให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น Triton X-100 เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ใช้กันทั่วไปในห้องปฏิบัติการสามารถในการละลายได้ดีในสารละลายที่มีขั้วสูง (Polar Organic Solvents) เสถียรในสารละลายกรดแก่และเบสแก่เข้ากันได้ดีกับสารชะล้างพวกไอออนที่มีประจุลบ (Anionic) ไอออนที่มีประจุบวก (Cationic) และไม่มีไอออน (Nonionic) ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการสกัดโปรตีนหรือเยื่อหุ้มเซลล์ในสิ่งมีชีวิตและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ

2.5 การทดสอบคุณสมบัติการต้านทานแรงดึง

การทดสอบด้วยการดึงเป็นการทดสอบเพื่อหาสมบัติของวัสดุ เป็นที่รู้จักดี การทดสอบนี้ ช่วยให้ได้ค่าสมบัติด้านความยืดหยุ่น ความแข็งแรงคราก (Yield strength) หรือจุดที่วัสดุรับแรงได้สูงสุดโดยไม่เสียรูป ความแข็งแรงแรงดึง (Tensile strength หรือ Ultimate strength) หรือจุดที่วัสดุรับแรงสูงสุด และอัตราส่วนการหดตัวสัมพัทธ์ของหน้าตัด (Poison ratio) ซึ่งเหล่านี้เป็นสมบัติที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของวัสดุ นอกจากนี้ยังสามารถที่จะหาการยืดตัวเมื่อแตกหักของวัสดุได้อีก ด้วยการทดสอบด้วยการดึงโดยทั่วไป เป็นการให้แรงในแนวแกนเดียว (Uniaxial tensile test) แก่ชิ้นทดสอบ โดยแรงดึงนี้จะกระจาย อย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ หากนำขนาดของแรงดึงกล่าวหารด้วยพื้นที่หน้าตัดที่รับแรงก็จะได้ค่าที่เรียกว่า “ความเค้น (Stress)” ซึ่งมีหน่วยเป็น N/m^2 หรือ Pa ในขณะที่รับแรงดึงวัสดุ จะเกิดการเสียรูปโดยยืดตัวออก สัดส่วนระหว่างระยะยืดตัว ต่อความยาวเดิมของชิ้นงานทดสอบเรียกว่า “ความเครียด (Strain)” ซึ่งมีหน่วยเป็น m/m หรือไม่มีหน่วย

ความเค้น (Stress) ตามความเป็นจริงความเค้นหมายถึงแรงต้านทานภายในเนื้อวัสดุที่มีต่อแรงภายนอกที่มากกระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่แต่เนื่องจากความไม่เหมาะสมทางปฏิบัติและความยากในการวัดหาค่านี้เราจึงมักจะพูดถึง ความเค้นในรูปของแรงภายนอกที่มากกระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ด้วยเหตุผลที่ว่าแรงกระทำภายนอกมีความ สมดุลกับแรง ต้านทานภายในโดยทั่วไปความเค้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะของแรงที่มากกระทำ

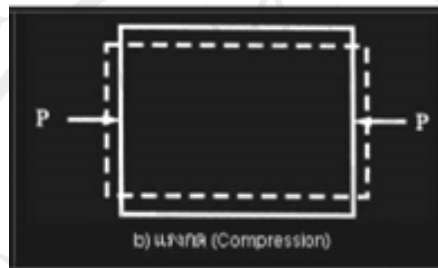
2.5.1 ความเค้นแรงดึง (Tensile Stress) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงดึงมากกระทำตั้งฉากกับพื้นที่ภาคตัดขวาง โดย พยายามจะแยกเนื้อวัสดุให้แยกขาดออกจากกัน ภาพประกอบ 2.1



ภาพประกอบ 2.1 ความเค้นแรงดึง

ที่มา : (<http://www.rmutphysics.com/charud/metal/1/mechanical%20properties.htm>)

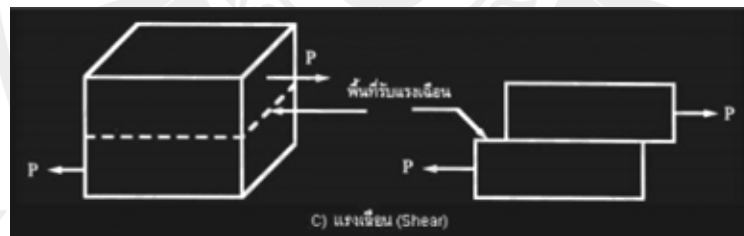
2.5.2 ความเค้นแรงอัด (Compressive Stress) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกดมากระทำตั้งฉากกับพื้นที่ภาคตัดขวาง เพื่อพยายามอัดให้วัสดุมีขนาดสั้นลง ภาพประกอบ 2.2



ภาพประกอบ 2.2 ความเค้นแรงอัด

ที่มา : (<http://www.rmutphysics.com/charud/metal/1/mechanical%20properties.htm>)

2.5.3 ความเค้นแรงเฉือน (Shear Stress) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำให้ทิศทางขนานกับพื้นที่ภาคตัดขวาง เพื่อให้วัสดุเคลื่อนผ่านจากกัน ภาพประกอบ 2.3 มีค่าเท่ากับแรงเฉือน (Shear Force) หารด้วยพื้นที่ ภาคตัดขวาง A ซึ่งขนานกับทิศทางของแรงเฉือน ในทางปฏิบัติความเค้นที่เกิดขึ้นจะมีทั้ง 3 แบบนี้พร้อม ๆ กัน



ภาพประกอบ 2.3 ความเค้นแรงเฉือน

ที่มา : (<http://www.rmutphysics.com/charud/metal/1/mechanical%20properties.htm>)

ความเครียดและการเปลี่ยนรูป (Strain and Deformation) ความเครียด (Strain) คือการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุ (Deformation) เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ (เกิดความเค้น) การเปลี่ยนรูปของวัสดุนี้เป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ภายในเนื้อวัสดุซึ่งลักษณะของมันสามารถ แบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. การเปลี่ยนรูปแบบยืดหยุ่นหรือความเครียดแบบคืนรูป (Elastic Deformation or Elastic Strain) เป็น การเปลี่ยนรูปในลักษณะที่เมื่อลดแรงกระทำอะตอมซึ่งเคลื่อนไหวเนื่องจากผลของความเค้นจะเคลื่อนกลับ เข้าตำแหน่งเดิม ทำให้วัสดุคงรูปร่างเดิมไว้ได้ ตัวอย่างได้แก่ พวงยางยืด สปริงถ้าเราดึงมันแล้วปล่อยมันจะ กลับไปมีขนาดเท่าเดิม

2. การเปลี่ยนรูปแบบพลาสติกหรือความเครียดแบบคงรูป (Plastic Deformation or Plastic Strain) เป็น การเปลี่ยนรูปที่ถึงแม้ว่าจะปลดแรงกระทำนั้นออกแล้ววัสดุก็ยังคงรูปร่างตามที่ถูก

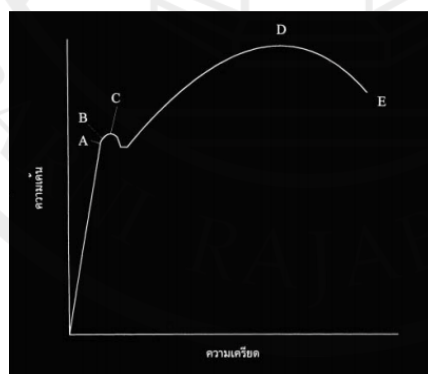
เปลี่ยนไปโดยอะตอมที่ เคลื่อนที่ไปแล้วจะไม่กลับไปตำแหน่งเดิมวัสดุทุกชนิดจะมีพฤติกรรมการเปลี่ยนรูปทั้งสองชนิดนี้ขึ้นอยู่กับแรงที่มากระทำหรือความเค้นว่ามีมากน้อยเพียงใด หากไม่เกินพิกัดการคืนรูป (Elastic Limit) วัสดุนั้นก็จะมี พฤติกรรมคืนรูปแบบอีลาสติก (Elastic Behavior) แต่ถ้าความเค้นเกินกว่าพฤติกรรมการคืนรูปแล้ววัสดุก็จะเกิดการ เปลี่ยนรูปแบบถาวรหรือแบบพลาสติก (Plastic Deformation)นอกจากความเครียดทั้ง 2 ชนิดนี้แล้วยังมี ความเครียดอีกประเภทหนึ่งซึ่งพบในวัสดุประเภทโพลีเมอร์เช่น พลาสติก เรียกว่าความเครียดกึ่งอีลาสติกจะมี ลักษณะที่เมื่อปราศจากแรงกระทำวัสดุจะมีการคืนรูป แต่จะไม่กลับไปจนมีลักษณะเหมือนเดิม การวัดและ คำนวณหาค่าความเครียดมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

1. แบบเส้นตรงความเครียดที่วัดได้จะเรียกว่าความเครียดเชิงเส้น (Linear Strain) จะใช้ได้เมื่อแรงที่มากระทำมีลักษณะเป็นแรงดึงหรือแรงกดค่าของความเครียดจะเท่ากับความยาว ที่เปลี่ยนไป ต่อความยาวเดิม

2. แบบเฉือน เรียกว่าความเครียดเฉือน (Shear Strain) ใช้กับกรณีที่แรงมากระทำ มีลักษณะเป็นแรงเฉือน ค่าของความเครียดจะเท่ากับระยะที่เคลื่อนที่ไป ต่อระยะห่างระหว่างระนาบ

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด (Stress-Strain Relationship) ในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดในที่นี้เราจะใช้เส้นโค้งความเค้นและความเครียด (Stress-Strain Curve) ซึ่งได้จากการทดสอบแรงดึง (Tensile Test) เป็นหลักโดยจะพล็อตค่าของ ความเค้นในแกนตั้งและความเครียดในแกนนอน การทดสอบแรงดึง นอกจากจะให้ความสัมพันธ์ ระหว่าง ความเค้น-ความเครียด แล้วยังจะแสดงความสามารถในการรับแรงดึงของวัสดุความเปราะเหนียวของวัสดุ (Brittleness and Ductility) และบางครั้งอาจใช้บอกความสามารถในการขึ้นรูปของวัสดุ (Formability) ได้ อีกด้วย

การทดสอบแรงดึง (Tension Test) วิธีการทดสอบนั้น เราจะนำตัวอย่างที่ทดสอบมาดึงอย่างช้า ๆ แล้วบันทึกค่าของความเค้นและ ความเครียดที่เกิดขึ้นไว้แล้วมาพล็อตเป็นเส้นโค้ง ภาพประกอบที่ 2.4 ขนาดและรูปร่างของชิ้นทดสอบมีต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ นั้น ๆ มาตรฐานต่าง ๆ ของการทดสอบ เช่น มาตรฐานของ ASTM (American Society of Testing and Materials), BS (British Standards), JIS (Japanese Industrial Standards) หรือแม้แต่ มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย) ได้กำหนดขนาดและรูปร่างของชิ้นทดสอบไว้ทั้งหมดนี้เพื่อให้ผลของการทดสอบเชื่อถือได้พร้อมกับกำหนดความเร็วในการเพิ่มแรงกระทำเอาไว้ด้วย

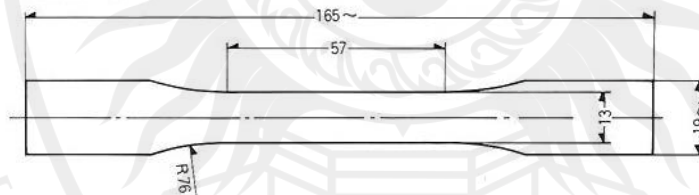


ภาพประกอบ 2.4 เส้นโค้งความเค้นและความเครียด

ที่มา : (<http://www.rmutphysics.com/charud/metal/1/mechanical%20properties.htm>)

จากการศึกษาเส้นโค้งความเค้น-ความเครียดเราพบว่า เมื่อเราเริ่มดึงชิ้นทดสอบอย่างช้า ๆ ชิ้นทดสอบจะค่อย ๆ ยืดออกจนถึงจุดจุดหนึ่ง (จุด A) ซึ่งในช่วงนี้ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดจะเป็นสัดส่วนคงที่ทำให้เราได้กราฟที่เป็นเส้นตรง ตามกฎของฮุก (Hook's law) ซึ่งกล่าวว่าความเค้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ ความเครียดจุด A นี้เรียกว่าพิคัดสัดส่วน (Proportional Limit) และภายใต้พิคัดสัดส่วนนี้วัสดุจะแสดง พฤติกรรมการคืนรูปแบบอีลาสติก (Elastic Behavior) นั่นคือเมื่อปล่อยแรงกระทำ ชิ้นทดสอบจะกลับไปมี ขนาดเท่าเดิม เมื่อเราเพิ่มแรงกระทำต่อไปจนเกินพิคัดสัดส่วน เส้นกราฟจะค่อย ๆ โค้งออกจากเส้นตรงวัสดุหลายชนิด จะยังคงแสดงพฤติกรรมการคืนรูปได้อีกเล็กน้อยจนถึงจุด ๆ หนึ่ง (จุด B) เรียกว่า พิคัดยืดหยุ่น (Elastic limit) ซึ่งจุดนี้จะเป็นจุดกำหนดว่าความเค้นสูงสุดที่จะไม่ทำให้เกิดการแปรรูปถาวร (Permanent Deformation or Offset) กับวัสดุนั้น เมื่อผ่านจุดนี้ไปแล้ววัสดุจะมีการเปลี่ยนรูปอย่างถาวร (Plastic Deformation) ลักษณะการ เริ่มต้นของความเครียดแบบพลาสติกนี้เปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของวัสดุ ในโลหะหลายชนิดเช่น พุกเหล็กกล้า คาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel) จะเกิดการเปลี่ยนรูป อย่างรวดเร็ว โดยไม่มีการเพิ่มความเค้น (บางครั้งอาจลดลงก็มี) ที่จุด C ซึ่งเป็นจุดที่เกิดการเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก จุด C นี้เรียกว่าจุดคราก (Yield Point) และค่าของ ความเค้นที่จุดนี้ เรียกว่าความเค้นจุดคราก (Yield Stress) หรือ Yield Strength ค่า Yield Strength นี้มีประโยชน์ กับวิศวกรมากเพราะเป็นจุดแบ่งระหว่างพฤติกรรมการคืนรูปกับพฤติกรรมการคงรูป และในกรณีของโลหะจะ เป็นค่าความแข็งแรงสูงสุดที่เราคงใช้ประโยชน์ได้โดยไม่เกิดการเสียหาย

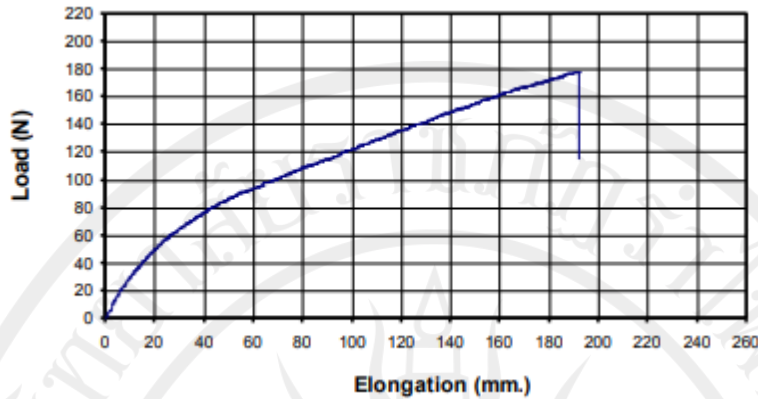
การทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile test) สิ่งที่สำคัญของการทดสอบสมบัติด้านแรงดึงของพอลิเมอร์ คือ ชิ้นงานทดสอบจะต้องมีรูปร่าง dumbbell ตามมาตรฐาน ASTM D638 ภาพประกอบ 2.5



ภาพประกอบ 2.5 มาตรฐาน ASTM D638

ที่มา : (www.google.co.th/search?q=มาตรฐาน+astm+d638)

ในขณะที่ทดสอบจะใช้เครื่อง Universal testing machine (ภาพประกอบที่ 2.8) โดยจะทำการจับชิ้นงานที่ตำแหน่ง ปลายทั้งสองด้านด้วยระยะคงที่ (ตามมาตรฐานกำหนด) แล้วทำการดึงยืดชิ้นงานด้วยอัตราการดึงที่คงที่ทำการ บันทึกการเปลี่ยนแปลงของแรงและระยะยืดของชิ้นงานบริเวณตรงกลางผลที่ได้เบื้องต้นจากการทดสอบคือ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับระยะทาง ภาพประกอบที่ 2.6 ซึ่ง อาจจะมีรูปร่างแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของพอลิเมอร์และสภาวะ (ความเร็ว , อุณหภูมิ) ที่ทำการดึง



ภาพประกอบ 2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับระยะยืดตัว
ที่มา : (จตุพร วุฒิภักกกาญจน์. ม.ป.ป. : 10)

การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัตถุก็จะเปลี่ยนไปในลักษณะใด มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะของรูปร่างหรือสภาพของวัตถุ รวมทั้งลักษณะและขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้นๆ แรงที่กระทำต่อวัตถุนั้น ความเค้น (Stress) หมายถึงแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวตั้งฉากหรือขนานกับพื้นที่ ต่อพื้นที่นั้น

ดังนั้น ความเค้น = แรงในแนวตั้งฉากหรือขนานกับพื้นที่ / พื้นที่ที่แรงกระทำ มีหน่วยเป็น นิวตัน / ตารางเมตร (N/m²) (ไพศักดิ์ ธัมมวิจยะ. 2550 : 40)

เมื่อเกิดความเค้นขึ้นในวัตถุ จนทำให้วัตถุเปลี่ยนรูปร่างไปจากเดิมปริมาณที่เปลี่ยนไป ต่อปริมาณรูปร่างเดิมของวัตถุเรียกว่า ความเครียด (Strain)

ดังนั้น ความเครียด = ปริมาตรรูปร่างที่เปลี่ยนไปของวัตถุ / ปริมาตรรูปร่างเดิมของวัตถุ ความเครียดไม่มีหน่วย

ดังนั้น ค่าความยืดหยุ่น (Young's Modulus) = ความเค้น / ความเครียด มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล (MPa)

การคำนวณหาค่าความเค้น

จากลักษณะของแรงกระทำที่เป็นแรงดึงและแรงอัดเราสามารถหาความเค้นที่เกิดขึ้นได้โดยคิดเป็นอัตราส่วนระหว่างแรงกระทำต่อพื้นที่หน้าตัด ดังสมการ

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

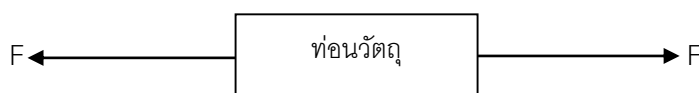
เมื่อ σ แทนความเค้น (Stress) หน่วย พาสคัล (Pa) 1 Pa = 1N/m² หรือ kg/fmm²หรือปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) lbf/in²

F แทน แรงภายนอกที่มากระทำ หน่วย N หรือ kgf หรือ lbf

A แทน พื้นที่ภาคตัดขวางที่แรงกระทำ หน่วย m² หรือ mm² หรือ in²

การคำนวณหาค่าความเครียด

ความเครียด ใช้ สัญลักษณ์ ϵ อักษรกรีก เรียกว่า *Epsilon* เป็นการเปลี่ยนแปลงของวัตถุเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงต่อขนาดเดิมซึ่งหมายถึงความยาวที่เปลี่ยนไปต่อความยาวเดิม จะได้ ภาพประกอบ 2.7



ภาพประกอบ 2.7 การเกิดความเครียด (ϵ)

ความเครียด สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\epsilon = L / \Delta L$$

เมื่อ ϵ แทน ความเครียดไม่มีหน่วย

ΔL แทน ความยาวที่เปลี่ยนไป หน่วย มิลลิเมตร (mm.)

L แทน ความยาวเดิมของวัตถุ หน่วย มิลลิเมตร (mm.)

การคำนวณหาความยืดหยุ่นของโมดูลัสยัง (Young's Modulus)

ค่าความยืดหยุ่นใช้ E เป็นสัญลักษณ์ แทนค่าความชันของกราฟความเค้นกับความเครียดในช่วงสภาวะยืดหยุ่น ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นไปตามกฎของฮุก (Hooke's Law) นั่น คือการเปลี่ยนแปลงขนาดและความเค้นของวัสดุในช่วงที่มีสภาวะยืดหยุ่นจะเป็นอัตราส่วนหรือสัดส่วนกับความเครียดดังสมการ

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

เมื่อ E แทน ความยืดหยุ่น

σ แทน ความเค้น (Stress) หน่วย พาสคัล (Pa) 1 Pa = 1N/m² หรือ kg/fmm²หรือปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) lbf/in²

ϵ แทน ความเครียดตามยาว



ภาพประกอบ 2.8 ตัวอย่างเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง (Universal testing machine)

ที่มา : (จตุพร วุฒิกนกกาญจน์. ม.ป.ป. : 9)

2.6 มาตรฐาน ASTM

มาตรฐาน ASTM เป็นมาตรฐานที่เกิดจากสมาคมวิชาชีพ ทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่กำหนด และจัดทำมาตรฐาน ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ และเป็นที่ยอมรับทั่วโลก สมาคม ASTM มีชื่อย่อมาจาก American Society for Testing and Materials ซึ่งจัดตั้งขึ้นในสหรัฐอเมริกา เมื่อปี ค.ศ.1898 ทำหน้าที่ส่งเสริมสนับสนุน ทางด้านวิชาการ เพื่อเป็นการช่วยเหลืออุตสาหกรรม หน่วยงานของรัฐ และสาธารณชน

ทั่วไป โดยการพัฒนามาตรฐาน ที่เกี่ยวข้องกับ ลักษณะและการทำงานของ วัสดุ ผลิตภัณฑ์ การบริการ ระบบ การใช้งานASTM ถือได้ว่าเป็นสมาคมที่ใหญ่ที่สุดในโลก ในด้านของระบบ การพัฒนามาตรฐาน ที่ใช้โดยความ สมัยครุใจ มาตรฐาน ASTM จัดขึ้น โดยมติของกรรมการวิชาการเฉพาะสาขาวิชาต่างๆ ถึง 132 คณะ และมีการ จัดพิมพ์มาตรฐานมากกว่า 9,800 เรื่อง ในแต่ละปี โดยมีสมาชิกที่ทรงคุณวุฒิ ทางวิชาการถึง 35,000 คน ประกอบด้วย ตัวแทนกลุ่มผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้สนใจทั่วไป รวมทั้งองค์การที่เกี่ยวข้องต่างๆ ทั้งภาครัฐ และ ภาคเอกชน ทำให้เชื่อได้ว่า มาตรฐาน ASTM นี้ ครอบคลุมวิชาการต่างๆ มากมาย และมีความละเอียด ลึกซึ้ง นอกจากนี้ มาตรฐาน ASTM ยังได้รับการพิจารณา ทบทวนปรับปรุง และแก้ไขเพิ่มเติมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ ทันสมัยอยู่เสมอ

2.6.1 การจัดแบ่งมาตรฐาน ASTM

มาตรฐาน ASTM ที่ผ่านการรับรองของสมาคมฯ และประกาศใช้เป็นมาตรฐาน สามารถแบ่ง ตามเนื้อหา ออกได้เป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

1) Classification เป็นมาตรฐานของ ระบบการจัดการ และการจัดแบ่ง วัสดุผลิตภัณฑ์ การบริการ ระบบ หรือการใช้งาน ออกเป็นกลุ่มๆ โดยอาศัยคุณลักษณะ ที่เหมือนกัน เช่น แหล่งกำเนิด ส่วนประกอบ คุณสมบัติหรือประโยชน์ใช้สอย

2) Specification เป็นข้อกำหนดที่ระบุแน่นอน ถึงคุณลักษณะ และสมบัติต่างๆ ที่ต้องการของวัสดุ ผลิตภัณฑ์ ระบบหรือการใช้งาน ข้อกำหนดเหล่านี้ มักจะแสดงค่าเป็นตัวเลข และมีข้อกำหนดไว้ พร้อม ทั้งวิธีหาค่าเหล่านั้นด้วย

3) Terminology เป็นเอกสารมาตรฐาน ที่กำหนดคำนิยาม คุณลักษณะ คำอธิบายของศัพท์ต่างๆ เครื่องหมาย ตัวอย่าง คำย่อที่ใช้ในมาตรฐานต่างๆ

4) Test method เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับกรรมวิธี ที่กำหนดให้ใช้ในการตรวจสอบ พิสูจน์วัด และ ปริมาณคุณภาพ คุณลักษณะ คุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างของวัสดุ ระบบหรือ การใช้งาน ซึ่งมี ผลการทดสอบ ที่สามารถนำไปใช้ ในการประเมินค่าตามข้อกำหนด

5) Guide เป็นคำแนะนำ หรือทางเลือก ให้ผู้ใช้เลือกใช้เทคนิคต่างๆ ที่มีอยู่ รวมทั้งสิ่ง ที่ได้จากการ ประเมิน และการมาตรฐานที่ใช้อื่นๆ ด้วย

6) Practice เป็นวิธีการปฏิบัติเฉพาะ สำหรับงานเฉพาะอย่าง ได้แก่ การเขียนรายงาน การสุ่ม ตัวอย่าง ความแม่นยำ ความละเอียด การเลือก การเตรียม การประยุกต์ การตรวจสอบ ข้อควรระวังใน การใช้ การกำจัดทิ้ง การติดตั้ง การบำรุงรักษา ตลอดจนการใช้เครื่องมือทดสอบ

นอกจากนี้ ASTM มีการจัดแบ่งมาตรฐานออกเป็นกลุ่มๆ เฉพาะเรื่อง โดยใช้ตัวอักษร เป็นสัญลักษณ์แทน กลุ่มของเนื้อเรื่อง เรียงตามลำดับดังนี้

A : Ferrous Metals

B : Nonferrous Metals

C : Cementations, Ceramic, Concrete, and Masonry Materials

D : Miscellaneous Materials

E : Miscellaneous Subjects

F : Materials for Specific Applications

ASTM D638 คือการกำหนดวิธีการทดสอบสำหรับการทดสอบแรงดึงในการทดสอบแรงดึงมาตรฐาน ผลลัพธ์จะขึ้นอยู่กับความเร็วแรงดึงของตัวอย่างที่กำหนดไว้บนตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม โหลดของส่วนประกอบ

หรือโครงสร้างในการให้บริการจริงอาจมีอัตราการเปลี่ยนรูปที่กว้างมาก เนื่องจากคุณสมบัติการยืดหยุ่นตัวของพอลิเมอร์ สมบัติทางกลที่แตกต่างจากที่วัดในชิ้นงานทดสอบที่ได้มาตรฐานมักจะให้ผลลัพธ์ภายใต้อัตราความเครียดที่ต่างกัน ดังนั้น ค่าคุณลักษณะที่กำหนดในการทดสอบแรงดึงจึงมีความเกี่ยวข้องจำกัดสำหรับการออกแบบส่วนประกอบเท่านั้น แต่ให้พื้นฐานที่เชื่อถือได้มากสำหรับการเปรียบเทียบวัสดุ ตามขั้นตอนการทดสอบแรงดึงของ ASTM D638 ตัวอย่างจะถูกล้างที่ระยะการยึดจับที่กำหนดจากส่วนจับของเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ และดึงออกมาจนกว่าจะล้มเหลว อัตราการทดสอบสำหรับ ASTM D638 ถูกกำหนดโดยข้อมูลจำเพาะของวัสดุ เครื่องวัดการยึดใช้เพื่อกำหนดโมดูลัสการยึดตัวและแรงดึง การคำนวณต่อไปนี้สามารถทำได้ด้วยการทดสอบ ASTM D638 ความต้านทานแรงดึง (ให้ผลและแตกหัก) โมดูลัสแรงดันไฟฟ้า ความดึงเครียด การยึดตัวในผลผลิตและเปอร์เซ็นต์การยึดตัวการยึดตัวที่จุดขาดและเปอร์เซ็นต์การยึดตัว (EUROLAB Laboratory, ออนไลน์ : ม.ป.ป.)

2.7 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

เชษฐภักดิ์ ตำนานวัน (2562 : บทคัดย่อ) การศึกษาสมบัติทางกลด้วยวิธีการทดสอบแรงดึง ของวัสดุพลาสติก PLA (Polylactic acid) จากกระบวนการพิมพ์ 3 มิติ ได้ทำการศึกษาลักษณะสมบัติทางกลของวัสดุพลาสติก PLA (Polylactic acid) เพื่อให้สามารถนำผลการทดลองในครั้งนี้ไปช่วย ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมและปลอดภัยโดยสร้างชิ้นงานทั้งหมด 18 ชิ้น 6 แบบ แบบละ 3 ชิ้น ซึ่งจะมีความแตกต่างกัน จากกระบวนการผลิตคือการเดินหัวพิมพ์ที่แตกต่างกัน และลดเปอร์เซ็นต์การเติมปริมาณเนื้อพลาสติกลง คือเดินหัวพิมพ์แบบ 45 องศา และ 90 องศา ปริมาณเนื้อวัสดุ 60 %, 80 %, 100 % ตามลำดับ ผลการศึกษารูปได้ ว่า ผลการทดลองทำให้ทราบค่า Young's Modulus , Ultimate Tensile Strength และ Elongation โดยที่ชิ้นงานที่มีปริมาณเนื้อวัสดุ 100 % จะได้ค่า Young's Modulus , Ultimate Tensile Strength และ Elongation ดีที่สุด ซึ่งในการทดลองผู้วิจัยได้นำชิ้นงานมาทำให้ได้ตามมาตรฐาน ASTM D638

ปราโมทย์ วีรานุกุลและคณะ(2554 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาค่าการใช้กากมะพร้าวต้นข้าวโพด และเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุประกอบชีวภาพทดแทนไม้ในแผ่นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าการใช้กากมะพร้าวต้นข้าวโพดและเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุประกอบชีวภาพใช้ทดแทนไม้ในแผ่นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.786 – 2547 จากผลการทดสอบพบว่า อัตราส่วน MM33 (เส้นใยมะพร้าว : เส้นใยต้นข้าวโพด : เส้นใยเปลือกทุเรียน เท่ากับ 0.33 : 0.33 : 0.33) และอัตราส่วน CC50 (เส้นใยมะพร้าว : เส้นใยต้นข้าวโพด : เส้นใยเปลือกทุเรียน เท่ากับ 0.50 : 0.25 : 0.25) มีสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลผ่านตามที่มาตรฐานกำหนดนอกจากนี้แผ่นใยชีวภาพอัดยังมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี

ปราโมทย์ วีรานุกุลและคณะ(2554 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่องการใช้ดินขาวผสมกากมะพร้าวเส้นใยจากต้นข้าวโพดและเส้นใยจากเปลือกทุเรียนเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนและลดน้ำหนักในผนังคอนกรีตบล็อก พบว่า การใส่เส้นใยลงในคอนกรีตบล็อกกาดินขาวทำให้ความหนาแน่นสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและความต้านทานแรงอัดคอนกรีตบล็อกมีค่าน้อยลงแต่การเปลี่ยนแปลงความยาวและการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นโดยคอนกรีตบล็อกกาดินขาวที่ไม่ผสมเส้นใยมีความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด รองลงมาคือคอนกรีตบล็อกกาดินขาวผสมต้นข้าวโพด คอนกรีตบล็อกกาดินขาวผสมใยจากมะพร้าว และคอนกรีตบล็อกกาดินขาวผสมเส้นใยจากเปลือกทุเรียนมีความต้านทานแรงอัดต่ำที่สุด ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ใ้มีความเป็นไปได้ที่จะใช้เส้นใยดังกล่าวมาเป็นวัสดุผสมเพิ่มเพื่อลดน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกกาดินขาวให้น้อยลง

วิจิตรา เจริญชัย (2543: บทคัดย่อ) การศึกษาเส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุเสริมแรงในโพลีพรอพิลีน. ได้ศึกษาการศึกษาการใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุเสริมแรงในโพลีพรอพิลีน โดยงานวิจัยนี้ได้นำเส้นใยคาบิลัสซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติเป็นสารเสริมแรงให้กับโพลีพรอพิลีน แล้วจึงทำการทดสอบความแข็งและแรงดึง ผลการวิจัยพบว่า ความแข็ง แรงดึงของโพลีพรอพิลีนที่เสริมเส้นใยมีค่าสูงกว่าโพลีพรอพิลีนที่ไม่มีเส้นใยและเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มช่วงความแตกต่างของขนาดเส้นใยแคบลง และเมื่อเติมสาร MAPP จะช่วยให้ โพลีพรอพิลีนมีค่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 12 ซึ่งเห็นได้ว่าการเสริมเส้นใยธรรมชาติจะทำให้โพลีพรอพิลีนมีค่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและยังลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

อุกฤษฏ์ นาจำปา (2558 : บทคัดย่อ) ผลิตแผ่นวัสดุกันกระแทกจากไฟเบอร์กลาสผสมยางพารา เพื่อศึกษาวิธีการผลิตแผ่นวัสดุกันกระแทกจากไฟเบอร์กลาสผสมน้ำยางพารา คุณสมบัติ การกระแทก การทนความร้อน ความยืดหยุ่นของแผ่นวัสดุที่ผลิตขึ้น เปรียบเทียบกับแผ่นทดสอบกันชนหน้ารถยนต์ โดยใช้อัตราส่วนผสมน้ำยางพาราชั้น ผสมกับเรซิน สารลดแรงตึงผิว (Triton X-100) ตัวทำแข็ง(Hardener) และตัวช่วยเร่งปฏิกิริยา (Cobalt) ในอัตราส่วน 10: 100 : 10 : 0.2 : 0.2 และใช้แผ่นใยแก้วชนิดฝืนเส้นสั้น (Chopped strands mat) เบอร์ 600 กรัม /ตารางเมตร พบว่า แผ่นวัสดุกันกระแทกจากไฟเบอร์กลาสผสมยางพาราสามารถดูดซับพลังงานหรือรับแรงกระแทกได้มากกว่าแผ่นทดสอบกันชนหน้ารถยนต์โดยแผ่นวัสดุกันกระแทกจากไฟเบอร์กลาสผสมยางพาราดูดซับได้ 3.2737J และแผ่นทดสอบกันชนหน้ารถยนต์ ดูดซับได้ 2.7612 J นอกจากนี้ แผ่นวัสดุกันกระแทกจากไฟเบอร์กลาสผสมยางพาราสามารถต้านทานแรงดึงสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 73.23 MPa ค่าการยืดตัว ณ จุดขาดของวัสดุกันกระแทกจากไฟเบอร์กลาสผสมยางพารา โดยมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด 2.47 % ค่าโมดูลัสของวัสดุกันกระแทกจากไฟเบอร์กลาสผสมยางพารามีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 5,098.25 MPa แผ่นวัสดุกันกระแทกจากไฟเบอร์กลาสผสมยางพารา และแผ่นทดสอบกันชนหน้ารถยนต์ มีลักษณะทางกายภาพ ทั้งการทดสอบความโค้งงอ ลักษณะผิวสัมผัสไม่เปลี่ยนแปลง พบกลิ่นเรซินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และสีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม และพบกลิ่นพลาสติกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

อนรรักษ์ รอดบำรุง (2561 : บทคัดย่อ) ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลในไฟเบอร์กลาสผสมน้ำยางพาราและเส้นใยธรรมชาติ โดยเติมอัตราส่วนของใยแก้วและเส้นใยสับปะรด 5 สัดส่วนเท่ากับ 600:0, 550:50, 500:100, 450:150 และ400:200 กรัมต่อตารางเมตร พบว่าการเพิ่มสัดส่วนเส้นใยสับปะรด ทำให้ไฟเบอร์กลาสมีความต้านทานแรงดึงที่ใกล้เคียงกับการใช้เส้นใยแก้วและความต้านทานแรงกระแทกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยความต้านทานแรงดึงเท่ากับ 10.11 MPa ความต้านทานแรงดึง ไฟเบอร์กลาสผสมน้ำยางพาราและเส้นใยธรรมชาติที่อัตราส่วนผสม 400:200 มีคุณสมบัติดีที่สุด และการทดสอบความต้านทานแรงกระแทก โดยความต้านทานแรงกระแทกเท่ากับ 12J/m ไฟเบอร์กลาสผสมน้ำยางพาราและเส้นใยธรรมชาติที่มีอัตราส่วนผสม 450:150 จะมีความต้านทานแรงกระแทกสูงที่สุด และไฟเบอร์กลาสที่ผสมน้ำยางพาราและเส้นใยสับปะรดจะมีคุณสมบัติในการรับแรงกระแทก ได้ดีสามารถนำไปประยุกต์เป็นวัสดุในการรับแรงกระแทกและทดแทนวัสดุที่มีต้นทุนสูงได้ต่อไป

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นว่า การผสมน้ำยางพาราจะทำให้ชิ้นงานมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ดูดซับพลังงานเพิ่มขึ้นดังนั้นการนำเส้นใยจากเปลือกทุเรียนซึ่งเป็นเส้นใยจากธรรมชาติมา ผสมกับเรซินและน้ำยางพาราในสัดส่วนที่สามารถผสมได้เข้ากันพอดีคือ อัตราส่วนของ ยางพาราชั้น 60% และ เรซิน, สารลดแรงตึงผิว, ตัวทำแข็ง, ตัวเร่งปฏิกิริยา สัดส่วน 10 : 100 : 10 : 0.2 : 0.2 โดยสัดส่วนที่ทำให้ น้ำยางพาราและไฟเบอร์กลาสผสมเข้ากันได้พอดีคือสัดส่วนที่ใช้ใยแก้วชนิดเส้นสั้น 600 กรัม / ตารางเมตร (อุกฤษฏ์ นาจำปา, 2558 : 55) ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริง เช่น วัสดุกันกระแทก แบรีเออร์ เรือ อ่างเก็บน้ำหรือเป็นส่วนประกอบอื่นๆ

