

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อเครื่องมือ	บริษัทที่ผลิต	รุ่น
1. เครื่องชั่งละเอียด	Denver Instrument Company	S-234
2. เวอร์เนีย	ZIM-ZEEM	-
3. เครื่องแยกเส้นใยจากพืชธรรมชาติ	Pen knife	-
4. เครื่องตัดเส้นใย	สร้างขึ้นเอง	-
5. เครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonication)	Bandelin electronic GmbH&Co.KG	-
6. เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile testing machine)	HOUNSFIELD	H10KS
7. เครื่องทดสอบความต้านทานแรงกระแทก (Impact testing machine)	DMG Denison Mayes Group	00026
8. เครื่องทดสอบความต้านทานแรงอัด (Compressive testing machine)	HOUNSFIELD	H10KS
9. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope)	Joel Techniques Co.,Ltd	JSM 6335F

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. อีพ็อกซีเรซิน (Epoxy resin) ของบริษัท พงษ์ธนา จำกัด
2. ตัวทำแข็ง (Hardener) ของบริษัท พงษ์ธนา จำกัด
3. เส้นใยไผ่รวกต้นแก่อายุประมาณ 2-3 ปี จากจังหวัดร้อยเอ็ด ดังรูป 3.1 เป็นส่วนเสริมแรง

4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เกรด AR
5. เอทานอล (C_2H_5OH) เกรด AR
6. ท่อนาโนคาร์บอน (Carbon Nanotube, CNT) จากหน่วยวิจัยวัสดุผสมและวัสดุผสมนาโน เสริมแรง ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งใช้เทคนิคการสังเคราะห์แบบการตกเคลือบด้วยไอทางเคมี (Chemical vapor deposition : CVD) โดยผ่านการทรีทเมนต์ด้วยการเผาที่อุณหภูมิ $430\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ดังรูป 3.2 เพื่อกำจัดอนุภาคอื่นๆ ที่ไม่ใช่ท่อนาโนคาร์บอน เช่น อัญฐาน (Amorphous) อนุภาคจากสารตั้งต้น เป็นต้น



รูป 3.1 ต้นไผ่รวกจากจังหวัดร้อยเอ็ด



รูป 3.2 ผงท่อนาโนคาร์บอนที่ผ่านการทรีทเมนต์ด้วยการเผาที่อุณหภูมิ $430\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมเส้นใยไฟ

ในการแยกเส้นใยออกจากต้นไผ่นั้น ใช้มีดพกขนาดเล็ก (Pen knife) เป็นอุปกรณ์ในการแยกเส้นใยพืชธรรมชาติ นำเส้นใยไฟที่ได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ ปล่อยให้แห้งในบรรยากาศเป็นเวลา 5 วัน แล้วนำเส้นใยไปเก็บไว้ในโถเก็บความชื้น เพื่อรอขึ้นรูปต่อไป



รูป 3.3 เส้นใยไฟ

3.3.2 การเตรียมชิ้นงาน [1, 5]

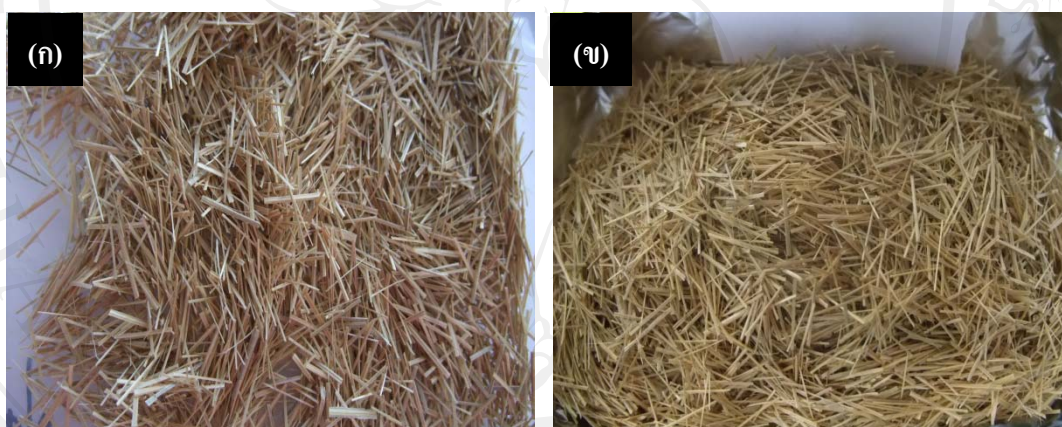
1. ชั่งอิฟ็อกซีเรซินและตัวทำแข็ง ให้ได้อัตราส่วน 100:27 โดยปริมาตร เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของเส้นใย คนให้เข้ากัน
2. นำเส้นใยไฟอัตราส่วน 20 wt% ผสมกับอิฟ็อกซีเรซินและตัวทำแข็งในขั้นตอนแรก
3. เมื่อส่วนผสมเข้ากันดีแล้ว เทลงบนแผ่นแม่แบบที่เตรียมไว้ปิดทับด้วยแผ่นไมลาร์ เคลือบให้เสมอกัน ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วลอกแผ่นไมลาร์ออก ปล่อยให้แห้งตัวในบรรยากาศเป็นเวลา 5 วัน
4. เอาแผ่นชิ้นงานออกจากแม่แบบ
5. นำแผ่นชิ้นงานไปใช้ทดสอบสมบัติเชิงกลต่างๆ

หมายเหตุ

สภาวะต่างๆที่ใช้ในการเตรียมชิ้นงาน เช่น ค่าอัตราส่วน และเวลา เป็นสภาวะที่เหมาะสม โดยได้มีการทดลองและค้นคว้าผลงานวิจัยเพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมชิ้นงานมาก่อนแล้ว ซึ่งเป็นสภาวะที่ให้สมบัติเชิงกลในเกณฑ์ดี

3.3.3 การศึกษาผลจากการตัดแปรเส้นใยด้วยวิธีอัลคาไลน์ทรียทเมนต์เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยที่ไม่ผ่านการตัดแปรต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุผสม [35, 36]

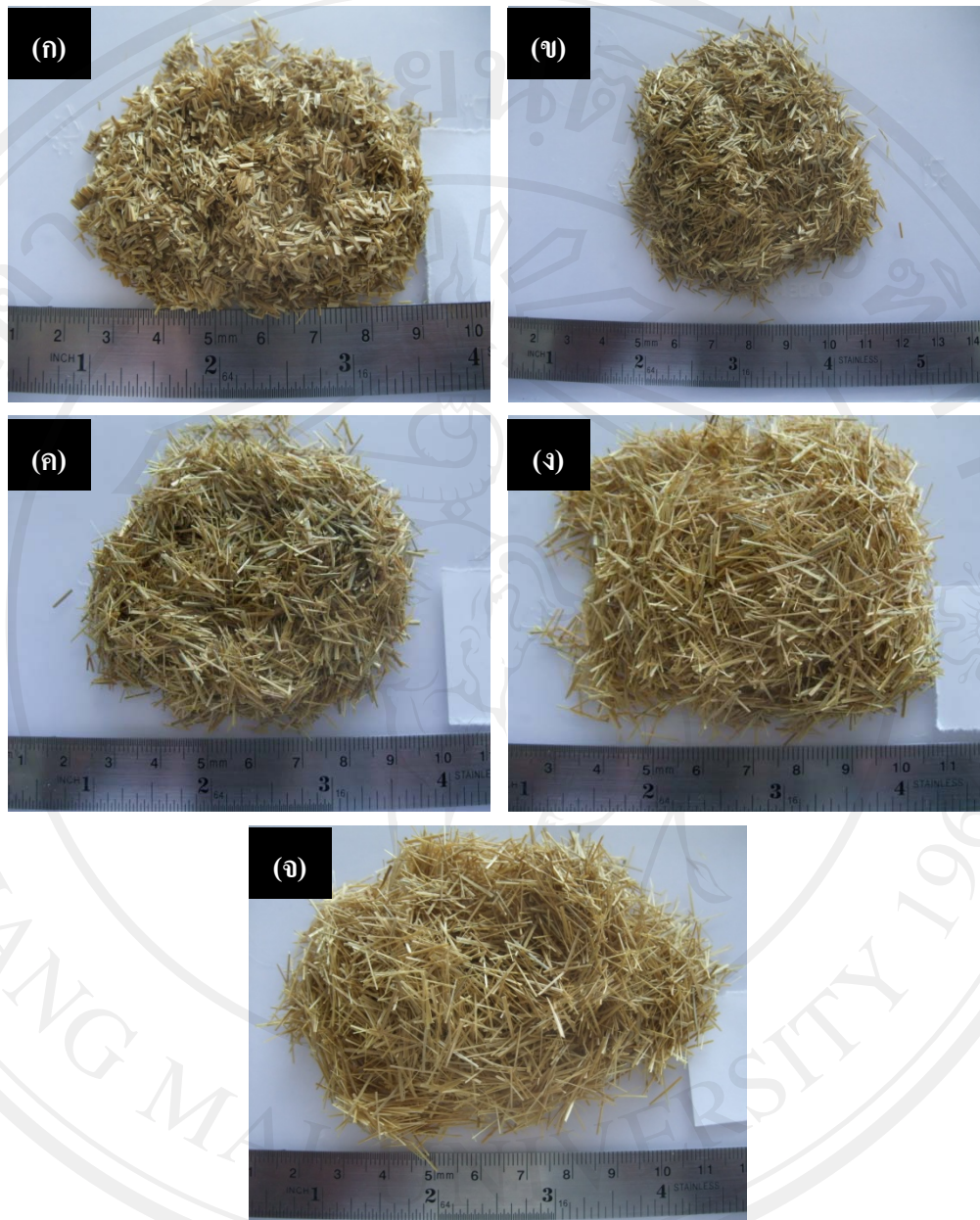
1. นำเส้นใยไผ่ 1000 g แช่ในสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.25 M เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง
2. กรอง แล้วล้างเส้นใยไผ่ที่ผ่านการตัดแปรแล้วด้วยน้ำกลั่น (pH 7) ประมาณ 3-4 ครั้ง เพื่อกำจัดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ออกให้หมด ปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิห้อง
3. นำเส้นใยที่แห้งแล้วหลังผ่านการตัดแปร และเส้นใยที่ไม่ผ่านการตัดแปร มาตัดให้ได้ขนาดความยาว 10 mm ดังรูป 3.4
4. นำเส้นใยไผ่ที่ได้ทั้งสองสภาวะไปขึ้นรูปวัสดุผสมตามหัวข้อ 3.3.2 เพื่อเตรียมทดสอบต่อไป



รูป 3.4 เส้นใยไผ่ขนาด 10 mm (ก) เส้นใยไผ่ที่ไม่ผ่านการตัดแปร (ข) เส้นใยที่ผ่านการตัดแปร

3.3.4 การศึกษาขนาดความยาวเส้นใยที่เหมาะสมในการเตรียมวัสดุผสม

เตรียมขึ้นทดสอบตามหัวข้อ 3.3.2 แต่นำเส้นใยจากหัวข้อ 3.3.3 ที่ให้ผลเชิงกลดีที่สุดเป็นตัวเสริมแรง และเปลี่ยนขนาดความยาวเส้นใยเป็น 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 และ 10.0 mm ดังรูป 3.5 จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล



รูป 3.5 เส้นใยไฟเบอร์ขนาดต่างๆ (ก) 2 mm, (ข) 4 mm, (ค) 6 mm, (ง) 8 mm และ(จ) 10 mm

3.3.5 การศึกษาสัดส่วนท่อนาโนคาร์บอนที่เหมาะสมในการเตรียมวัสดุผสม

เตรียมชิ้นทดสอบตามหัวข้อ 3.3.2 แต่เปลี่ยนขนาดความยาวเส้นใยที่ให้ผลสมบัติเชิงกลดีที่สุดจากหัวข้อ 3.3.4 เป็นตัวเสริมแรง และเพิ่มสัดส่วนท่อนาโนคาร์บอน เป็น 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 และ 10.0 wt% จากนั้นนำไปทดสอบค่าความต้านทานแรงดึง ค่าความต้านทานแรงอัด และค่าความต้านทานแรงกระแทกต่อไป

3.3.6 การทดสอบชิ้นงาน

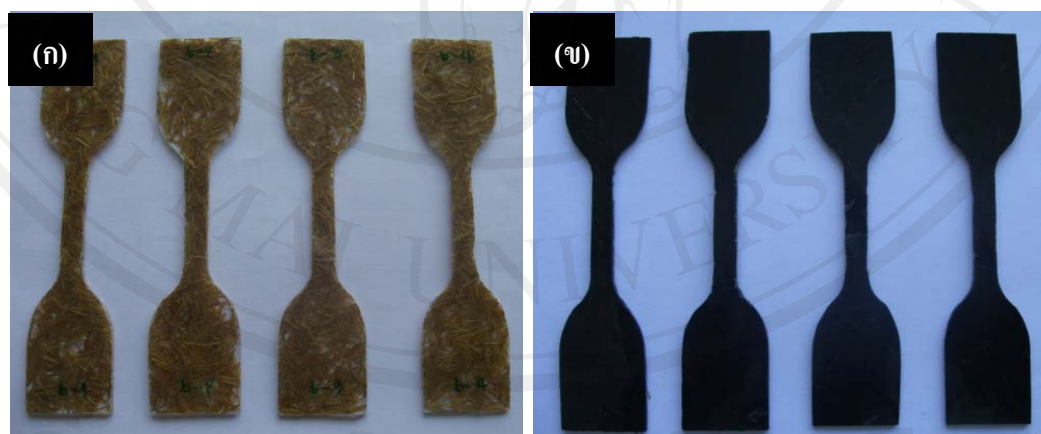
3.3.6.1 การทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile testing)

1. เตรียมชิ้นงานทดสอบ ดังรูป 3.6
2. วัดขนาดความกว้าง ความหนาตรงบริเวณช่วงกลางของชิ้นทดสอบ
รูปดัดเบลเพื่อคำนวณหาพื้นที่หน้าตัด
3. นำชิ้นงานไปติดตั้งกับหัวจับของเครื่องทดสอบ ดังรูป 3.8 โดยตั้งสภาวะ
การทำงานของเครื่องทดสอบดังนี้

Load	500.0	N
Extension	20.00	%
Speed	50.00	mm/min
Sample length	33.00	mm

4. กดสวิทช์สั่งให้เครื่องเริ่มทำงาน
5. รอจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน แล้วจึงนำชิ้นทดสอบออก
6. ทำการทดลองซ้ำข้อ 2-5 จนครบชิ้นทดสอบ แล้วหาค่าเฉลี่ย
7. ชิ้นงานวัสดุผสมที่ขึ้นรูปด้วยสภาวะอื่น ทำการทดสอบเช่นเดียวกับวิธี

ข้างต้น



รูป 3.6 ชิ้นงานทดสอบความต้านทานแรงดึง (ก) เสริมแรงด้วยเส้นใยไฟ (ข) เสริมแรงด้วยเส้นใยไฟผสมท่อนาโนคาร์บอน

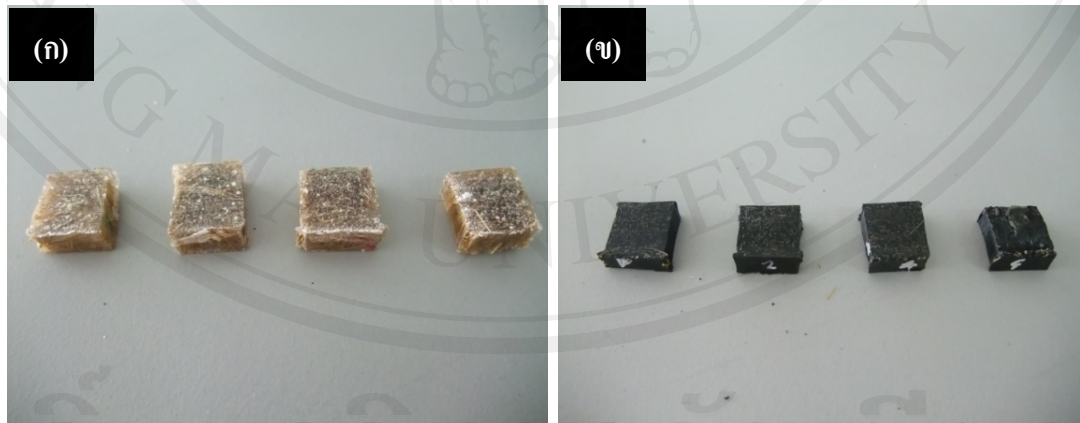
3.3.6.2 การทดสอบความต้านทานแรงอัด (Compressive testing)

1. เตรียมชิ้นงานทดสอบ ดังรูป 3.7
2. วัดขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบเพื่อคำนวณหาพื้นที่หน้าตัด
3. เปลี่ยนหัวจับจากการทดสอบแรงดึงเป็นหัวจับทดสอบแรงอัด
4. นำชิ้นงานไปติดตั้งกับเครื่องทดสอบ ดังรูป 3.8 โดยตั้งสภาวะการทำงานของเครื่องทดสอบดังนี้

Load	500.0	N
Extension	5.00	%
Speed	15.00	mm/min
End	4.00	mm

4. กดสวิทช์สั่งให้เครื่องเริ่มทำงาน
5. รอจนกระทั่งเครื่องหยุดบีบอัดชิ้นทดสอบ แล้วจึงนำชิ้นทดสอบออก
6. ทำการทดลองซ้ำข้อ 2-5 จนครบชิ้นทดสอบ แล้วหาค่าเฉลี่ย
7. ชิ้นงานวัสดุผสมที่ขึ้นรูปด้วยสภาวะอื่น ทำการทดสอบเช่นเดียวกับวิธีข้างต้น

ข้างต้น



รูป 3.7 ชิ้นงานทดสอบความต้านทานแรงอัด (ก) เสริมแรงด้วยเส้นใยไฟ (ข) เสริมแรงด้วยเส้นใยไฟผสมท่อนาโนคาร์บอน



รูป 3.8 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึงและความต้านทานแรงอัด

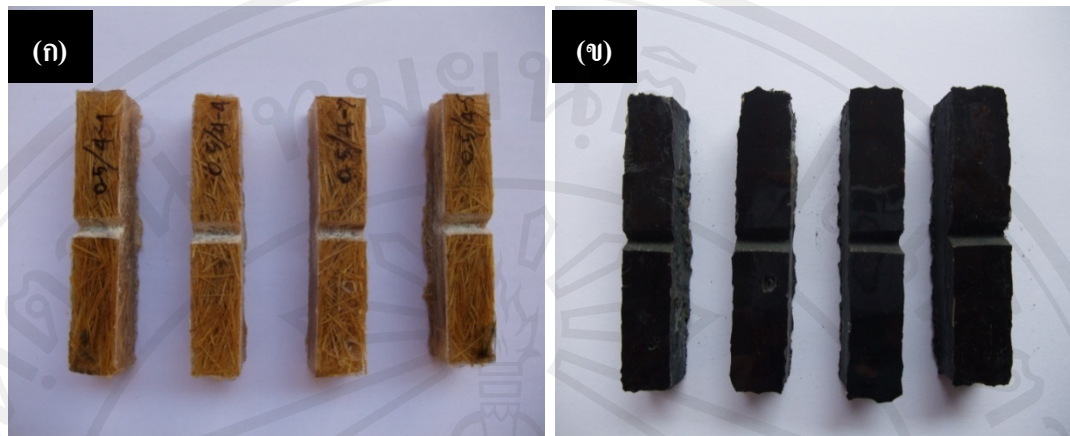
3.3.6.3 การทดสอบความต้านทานแรงกระแทก (Impact testing)

1. เตรียมชิ้นทดสอบโดยตัดให้ยาว 6.3 เซนติเมตร แล้วบากตรงกลางด้วยตะไบให้ลึก 3 mm ให้มีลักษณะดังรูป 3.9
2. วางชิ้นทดสอบกับฐานรองรับให้รอยบากอยู่ตรงกับสันค้อนพอดี
3. ยกค้อนขึ้นล็อกไว้ที่ตำแหน่งเริ่มต้น ตั้งเข็มไว้ที่ตำแหน่งเริ่ม ดังรูป 3.10
4. ปลดปล่อยค้อนลงตีกระแทกด้านตรงข้ามกับรอยบากชิ้นทดสอบลงในระนาบ

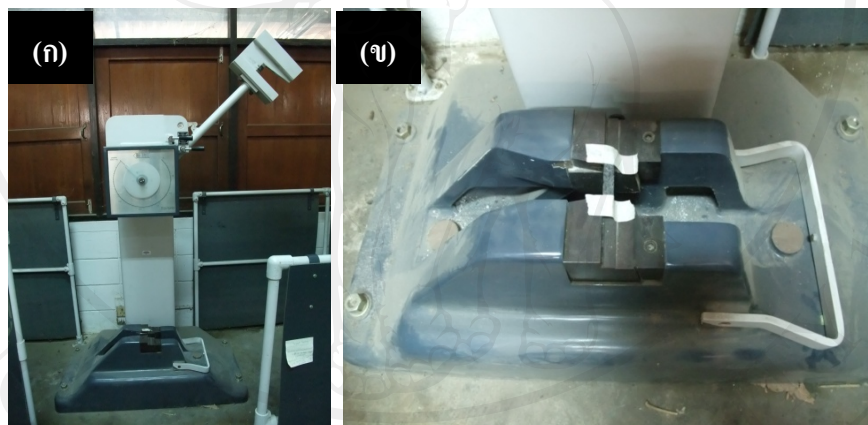
สมมาตร

5. บันทึกขนาดของพลังงานกระแทกที่ทำให้ชิ้นทดสอบแตกหัก
6. ทำการทดสอบซ้ำจนครบทุกชิ้นงาน เพื่อหาค่าเฉลี่ย
7. ชิ้นงานวัสดุผสมที่ขึ้นรูปด้วยสภาวะอื่นๆก็ทำการทดสอบด้วยวิธี

เช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น



รูป 3.9 ชิ้นทดสอบความต้านทานแรงกระแทก (ก) เสริมแรงด้วยเส้นใยไฟเบอร์ (ข) เสริมแรงด้วยเส้นใยไฟเบอร์ผสมท่อนาโนคาร์บอน



รูป 3.10 (ก) เครื่องทดสอบความต้านทานแรงกระแทก (แบบ Charpy) และ(ข) ลักษณะการวางชิ้นทดสอบ

3.3.6.4 การหาความหนาแน่นของวัสดุผสม

งานวิจัยนี้ ทำการหาความหนาแน่นของวัสดุผสมจากหัวข้อ 3.3.3, 3.3.4 และ 3.3.5 โดยวิธีการแทนที่น้ำ ที่มีวิธีการทดลองดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักชิ้นงานที่จะทำการทดสอบ (M_2)
2. ชั่งน้ำหนักชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาความหนาแน่นที่มีน้ำบรรจุอยู่ (M_2)

ดังรูป 3.11

3. นำชิ้นงานที่ต้องการทดสอบแขวนให้ลอยน้ำอย่างอิสระในชุดอุปกรณ์ จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (M_3)

4. เอน้ำหนักที่ชั่งได้ในข้อ 3 (M_3) หักออกด้วยน้ำหนักที่ชั่งได้ในข้อ 2 (M_2) จะได้น้ำหนักของชิ้นงานเมื่อทำการชั่งในน้ำ
5. ความถ่วงจำเพาะของสารหาได้จากการเอน้ำหนักในข้อ 1 (M_1)หารด้วย น้ำหนักที่คำนวณได้ในข้อ 4
6. เมื่อนำค่าความถ่วงจำเพาะของสารที่ได้ในข้อ 5 คูณด้วยค่าความหนาแน่นของน้ำ ก็จะได้ค่าความหนาแน่นของวัสดุ



รูป 3.11 ชุดอุปกรณ์ในการหาความหนาแน่นของวัสดุผสม

3.3.6.5 การศึกษาลักษณะพื้นผิวของเส้นใยไฟ และลักษณะพื้นผิวที่เสียหายของวัสดุผสม

สำหรับงานวิจัยนี้ทำการศึกษาลักษณะพื้นผิวของเส้นใยทั้งก่อนและหลังการคัดแปร และพื้นผิวที่เสียหายของชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบความต้านทานแรงดึงที่มีขนาดความยาวเส้นใย 2, 4, 6, 8 และ 10 mm และชิ้นงานที่มีสัดส่วนท่อนาโนคาร์บอน 2, 4, 6, 8 และ 10 wt% โดยการถ่ายภาพลักษณะพื้นผิวที่ต้องการศึกษากับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) แสดงดังรูป 3.12 ที่กำลังขยายต่างกัน

ในการถ่ายภาพลักษณะพื้นผิวที่เสียหายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ทำได้โดยการนำชิ้นงานที่ต้องการศึกษาใส่ในช่องชิ้นงาน (Specimen chamber) แล้วเปิดปั๊มสุญญากาศเพื่อปรับสภาพภายในคอลัมน์ให้เป็นสุญญากาศ หาดำแหน่งของชิ้นงานที่

ต้องการถ่ายภาพ ปรับความคมชัด ความละเอียด ความสว่าง เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการและภาพที่เหมาะสมแล้วจึงทำการถ่ายภาพ



รูป 3.12 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด