

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

3.1 แผนการดำเนินงานโดยรวม

ส่วนแรกเป็นการเตรียมชิ้นงานทดสอบโดยการนำเฮกซะ โกลบอลโบรอนไนไตรด์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 และ 1.5 ไมโครเมตร ผสมเข้ากับพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน ในอัตราส่วนเฮกซะ โกลบอลโบรอนไนไตรด์เท่ากับร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักทำการผสมและกระจายตัวส่วนผสมดังกล่าวด้วยเอทานอลด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetics Stirrer) เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปอบเพื่อไล่เอทานอลที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำไปขึ้นรูปโดยเครื่องอัดขึ้นรูปร้อน (Compression Molding) ได้ชิ้นงานที่เป็นวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน ในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ขั้นตอนการดำเนินงานโดยรวมแสดงดังรูปที่ 3.1

ส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์ตรวจสอบวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย ศึกษาสมบัติเชิงกล และสมบัติทางไทรโบโลยีของวัสดุเชิงประกอบ ณ อุณหภูมิห้อง ดังแสดงในรูป 3.1a โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การกระจายตัวของอนุภาคพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนและเฮกซะ โกลบอลโบรอนไนไตรด์ขนาดต่างกัน
2. ลักษณะทางกายภาพของวัสดุที่ใช้ วัสดุผสม และวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
3. ทำการขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน
4. ความหยาบผิวของวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนหลังจากอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน
5. ศึกษาผลของปริมาณและขนาดเฮกซะ โกลบอลโบรอนไนไตรด์ ที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบ ได้แก่
 - ความแข็งระดับจุลภาค
 - ความต้านทานแรงดึง
 - ความต้านทานแรงโค้งงอ
6. ศึกษาผลของปริมาณและขนาดเฮกซะ โกลบอลโบรอนไนไตรด์ ที่มีผลต่อสมบัติทางไทรโบโลยี ณ อุณหภูมิห้อง โดยมีปัจจัยในการทดสอบได้แก่น้ำหนักกด 10, 20 และ 30 นิวตัน ระยะทางทดสอบ 1 และ 2 กิโลเมตร

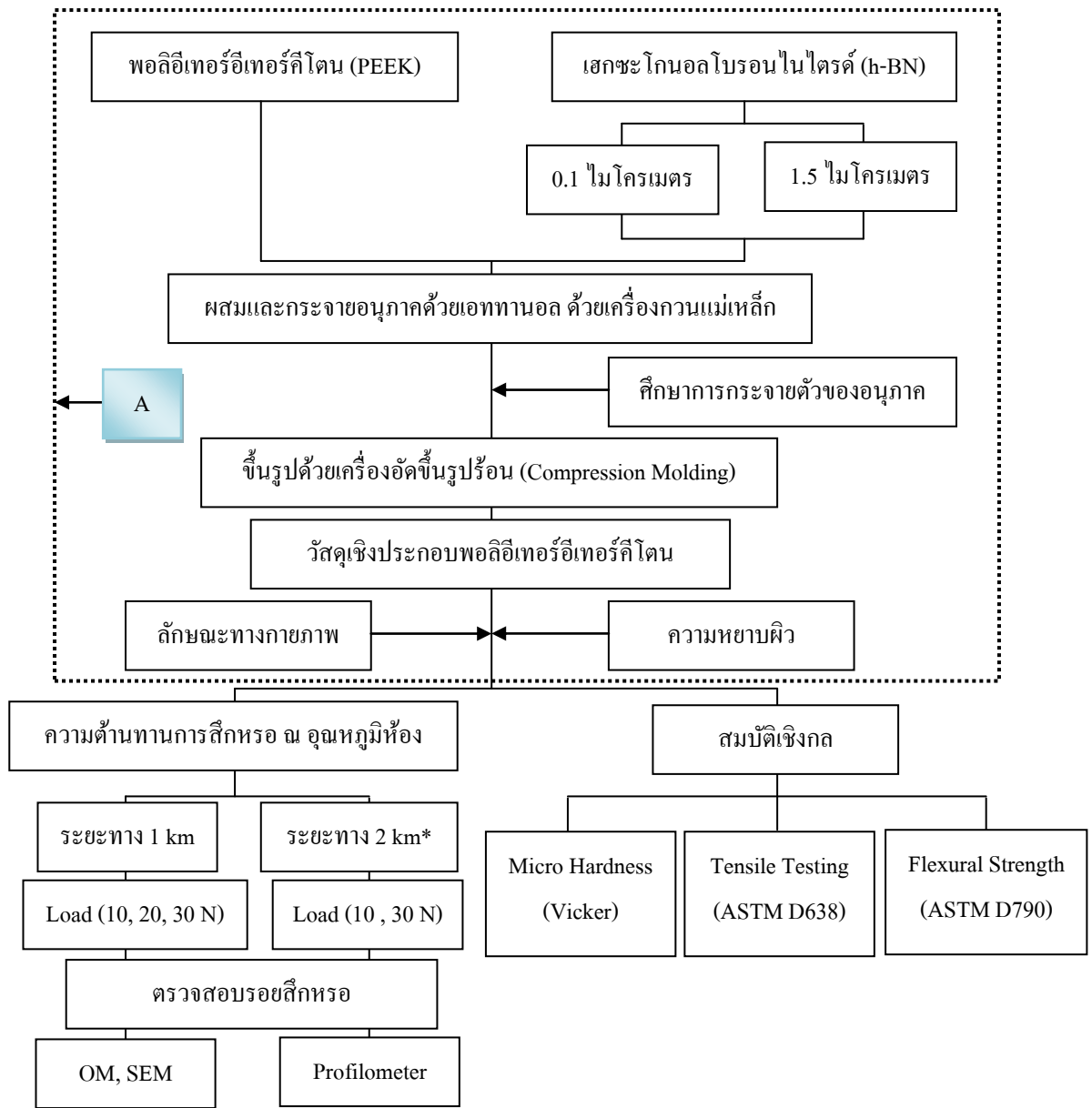
ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาผลของปริมาณ (0, 5, 10, 15, 20 %wt) และขนาด (1.5 ไมโครเมตร) เฮกซะ โกลบอลโบรอนไนไตรด์ ที่มีผลต่อสมบัติทางไทรโบโลยีที่อุณหภูมิสูง ได้แก่ความต้านทานการสึกหรอและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน โดยทำการ

ทดสอบที่ อุณหภูมิ 100, 200 และ 300 องศาเซลเซียส น้ำหนักกด 10 และ 30 นิวตัน ระยะทางทดสอบ 1 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.1b

ส่วนที่ 3 เป็นการศึกษาผลของอนุภาครับอนนาโบทิวบ์ที่มีผลต่อสมบัติทางไทรโบโลยีของวัสดุเชิงประกอบเฮกซะโกนอนโบรอนไนไตรด์/พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่มีปริมาณเฮกซะโกนอนโบรอนไนไตรด์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักและขนาด 1.5 ไมโครเมตร โดยทำการทดสอบที่ อุณหภูมิห้อง น้ำหนักกด 30 นิวตัน ระยะทางทดสอบ 1 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.1c

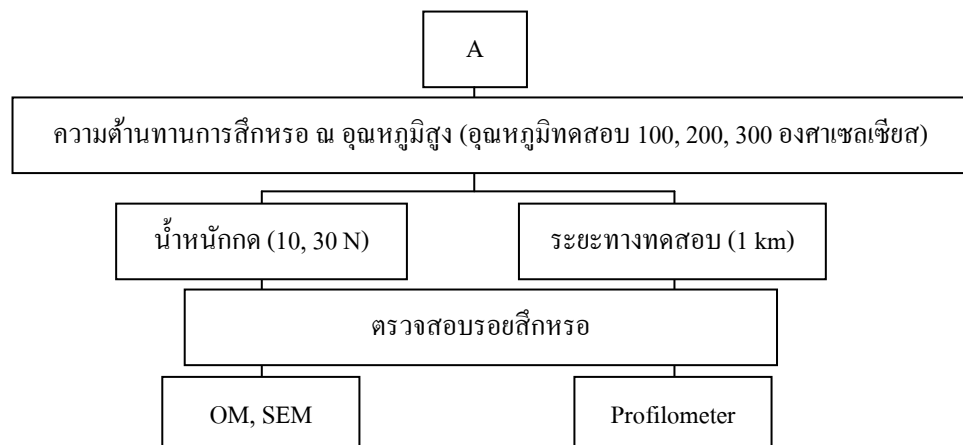
การทดสอบสมบัติทางไทรโบโลยีจากทั้ง 3 ส่วน จะทำการนำชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบการสึกหรอไปตรวจสอบและวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- วัดความกว้าง และความลึกของรอยสึกหรอด้วยเครื่อง Profilometer แล้วคำนวณอัตราการสึกหรอ
- วัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบดิสก์ Ball-on-Disc
- ตรวจสอบรอยการสึกหรอด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

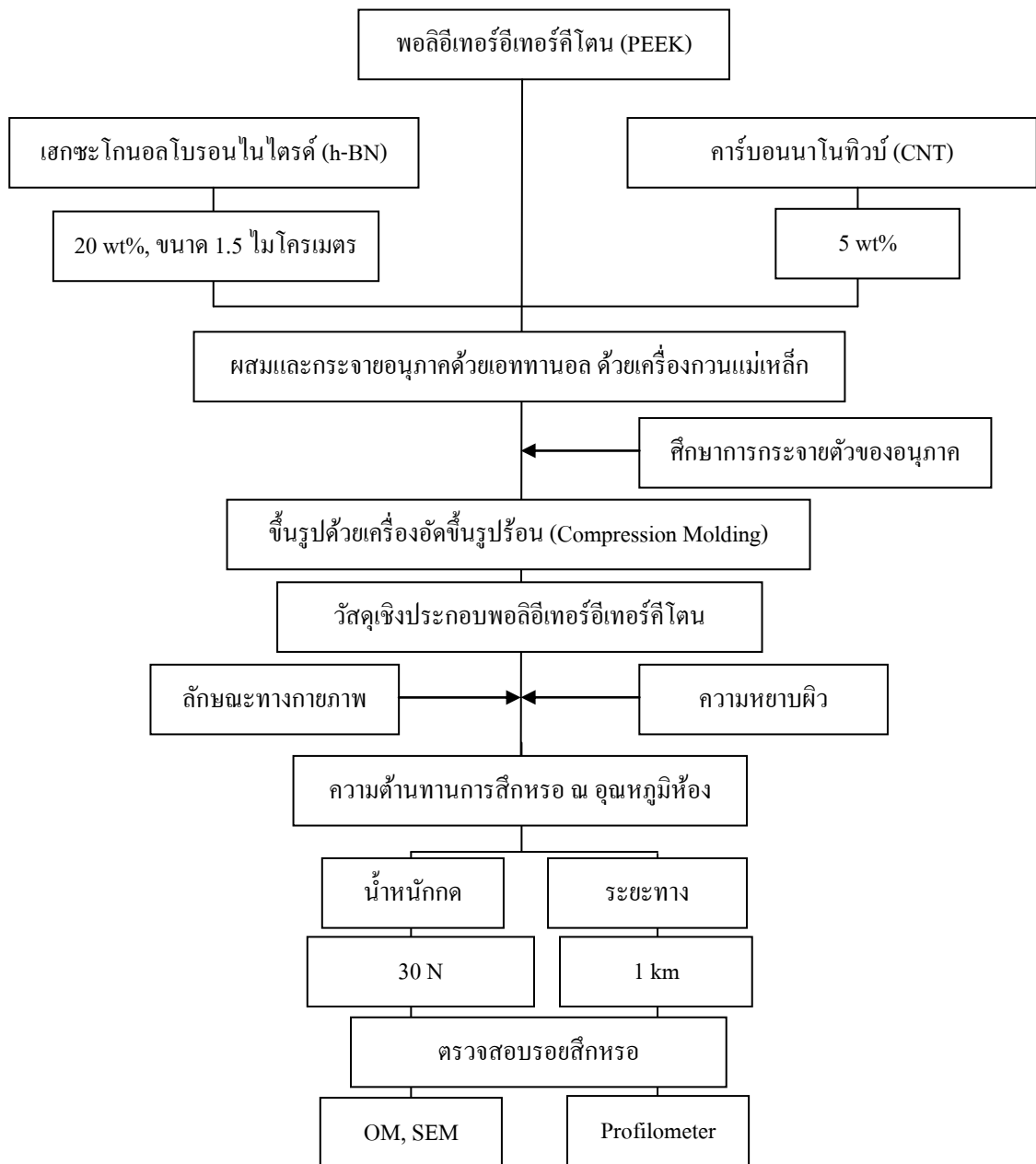


* ระยะทางทดสอบ 2 กิโลเมตร ใช้ h-BN ขนาด 1.5 ไมโครเมตร

a)



b)



c)

รูปที่ 3.1 แผนภาพการทำการทดลองโดยรวม

- ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบสมบัติเชิงกลและความต้านทานการล้าหรือ ฌ อุณหภูมิห้อง
- ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบความต้านทานการล้าหรือ ฌ อุณหภูมิสูง
- ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบความต้านทานการล้าหรือของวัสดุเชิงประกอบเฮกซะ โบรอน ไนไตรด์/พอลิเอทรีเทอร์คีโตนที่เติมอนุภาคคาร์บอนนาโนทิวบ์

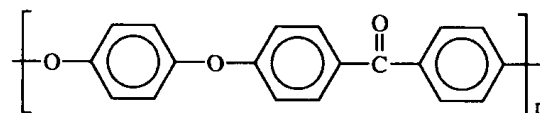
3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน (Polyetheretherketone; PEEK)

พอลิเมอร์ที่ใช้เป็นพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน เกรด 450PF จากบริษัท Victrex ประเทศอังกฤษ มีลักษณะเป็นผงเล็กสีขาวนวล เหมาะสมกับการอัดขึ้นรูปรีออน มีความหนาแน่น 1.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โครงสร้างของพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนประกอบด้วยหมู่ oxy-1,4-phenyleneoxy-1,4-phenylene-carbonyl-1,4-phenylene แสดงในรูปที่ 3.2



a)



b)

รูปที่ 3.2 โครงสร้างของพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน

a) ลักษณะทางกายภาพ

b) โครงสร้างทางเคมี

3.2.2 เฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ (Hexagonal Boron Nitride; h-BN)

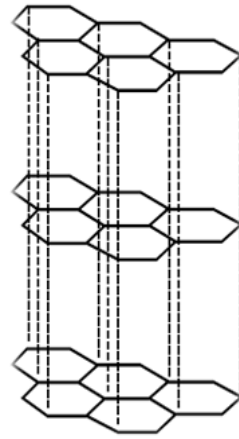
เฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ที่ใช้จากบริษัท M.K. IMPEX ประเทศแคนาดา มีลักษณะเป็นผงสีขาวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 และ 1.5 ไมโครเมตร มีความหนาแน่น 2.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรโดยมีลักษณะดังรูปที่ 3.3

3.2.3 คาร์บอนนาโนทิวบ์ (Carbon Nanotube ; CNT)

คาร์บอนนาโนทิวบ์ เกรด NC7000 ขนาดความยาวเฉลี่ย 1.5 ไมครอนและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5 นาโนเมตร จากบริษัท Nanocyl ประเทศญี่ปุ่นโดยมีลักษณะดังรูปที่ 3.4



a)



b)

รูปที่ 3.3 เฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์

a) ลักษณะทางกายภาพ

b) โครงสร้างทางเคมี



รูปที่ 3.4 คาร์บอนนาโนทิวบ์

3.3 ขั้นตอนการผสม

ในงานวิจัยนี้ทำการผสมผงพอลิเอทรีเทอร์คิโตนกับอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ที่ปริมาณร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักผสมกับเอทานอลในบีกเกอร์ โดยเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการผสมวัสดุเชิงประกอบที่มีสารตัวเติมระดับอนุภาคนาโนเมตรเพื่อให้มีการกระจายตัวดี [89-91] พร้อมกวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กเพื่อทำการกระจายตัวอนุภาคเป็นเวลา 20 นาที

2. นำผงพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่เตรียมไว้ในปริมาณต่างๆ เทลงไปผสมกับอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ในบีกเกอร์ที่เตรียมไว้ในข้อที่ 1 พร้อมกวนส่วนผสมดังกล่าวด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก เพื่อผสมเป็นเวลา 20 นาที
3. นำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 2 ไปอบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อนำไปขึ้นรูปในขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนการผสมแสดงในรูปที่ 3.5

การผสมอนุภาคคาร์บอนนาโนทิวบ์ลงในพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนจะใช้วิธีผสมเดียวกับการผสมผงพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนกับอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ดังที่ได้กล่าวได้ข้างต้น



a)



b)

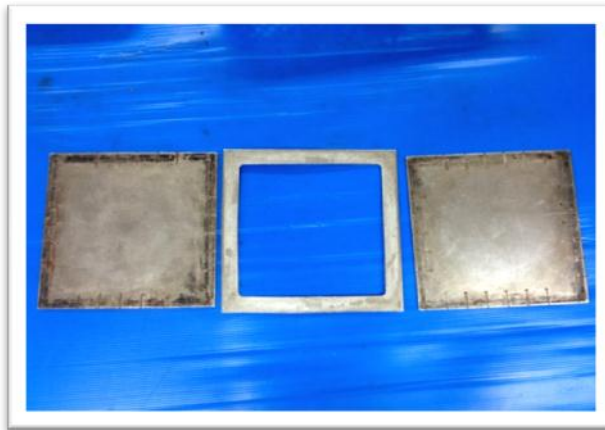
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการผสมผงพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนกับอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์

- a) การผสมด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก
- b) เตาอบเพื่อไล่เอทานอล

3.4 กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

ในงานวิจัยนี้ขึ้นรูปวัสดุที่ผสมด้วยวิธีการอัดขึ้นรูปร้อน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำวัสดุที่ผสมด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก เทลงในแม่พิมพ์ที่มีขนาด 190 x 190 x 3 มิลลิเมตรดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แม่พิมพ์ที่มีขนาด 190 x 190 x 3 มิลลิเมตรและแผ่นประกบ

2. นำแม่พิมพ์ที่ใส่ส่วนผสมในข้อที่ 1 ใส่ในเครื่องอัดขึ้นรูปร้อน แสดงในรูปที่ 3.7 ให้ความร้อนจากอุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 340 องศาเซลเซียส คงอุณหภูมิไว้เป็นเวลา 15 นาที ต่อจากนั้นให้ความดัน 10 เมกาปาสคาล เป็นเวลา 5 นาที และลดความดันเพื่อเปิดแม่พิมพ์ให้ความดัน 10 เมกาปาสคาลอีกครั้งทำให้แม่พิมพ์ปิดเพื่อไล่อากาศออกจากแม่พิมพ์คงความดันไว้เป็นเวลา 10 นาที ปิดชุดให้ความร้อน แล้วรอให้เย็นตัวในแม่พิมพ์และนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์



รูปที่ 3.7 เครื่องอัดขึ้นรูปร้อน

3.5 วิเคราะห์และตรวจสอบ ส่วนผสมและวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน

3.5.1 การตรวจสอบการกระจายตัวของอนุภาคพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน (Particle Size Distribution)

วัดการกระจายตัวของผงพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน โดยใช้เครื่อง Mastersizer S รุ่น 2.19 บริษัท Malvern Instrument ประเทศอังกฤษ โดยนำผงพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนบรรจุลงในคอลัมน์ที่มีน้ำเป็นตัวพาผ่านแสงเลเซอร์ที่ใช้ตรวจวัด ทำให้เกิดการกระเจิงของแสง และแสดงค่าการกระจายตัวพร้อมทั้งขนาดของอนุภาค

3.5.2 การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของส่วนผสมและวัสดุเชิงประกอบเฮกโซนอลโบรอนไนไตรด์/พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของส่วนผสมและวัสดุเชิงประกอบเฮกโซนอลโบรอนไนไตรด์/พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนในส่วนนี้จะใช้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น FM-700e ของบริษัท Future Technology ประเทศจีนตรวจสอบด้วยโหมด Secondary Electron ใช้ศักย์ไฟฟ้า 20 กิโลโวลต์ โดยก่อนทำการส่องจะทำการเคลือบชิ้นงานด้วยโลหะทองเพื่อให้ชิ้นงานนำไฟฟ้าก่อน โดยเคลือบทองด้วยเครื่องเคลือบทองระบบสุญญากาศแรงดัน 10^{-4} ปาสกาลกระแสไฟฟ้า 20 แอมแปร์ เป็นเวลา 60 วินาที

3.5.2.1 การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของส่วนผสม

ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์รูปร่าง ขนาด การกระจายตัวของอนุภาคผงเฮกโซนอลโบรอนไนไตรด์ ที่ผสมในส่วนผสมก่อนทำการขึ้นรูป ชิ้นงานที่จะนำไปวิเคราะห์และตรวจสอบได้แก่ผงพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน ผงอนุภาคเฮกโซนอลโบรอนไนไตรด์ และผงเฮกโซนอลโบรอนไนไตรด์ที่ผสมในผงพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน โดยนำเอาวัสดุที่กล่าวมาข้างต้นมาโรยบนเทปกาารับรองที่ติดอยู่บนอุปกรณ์จับชิ้นงาน (Stub) จากนั้นนำไปเคลือบทอง เพื่อให้ชิ้นงานนำไฟฟ้าก่อนที่จะนำไปตรวจสอบ

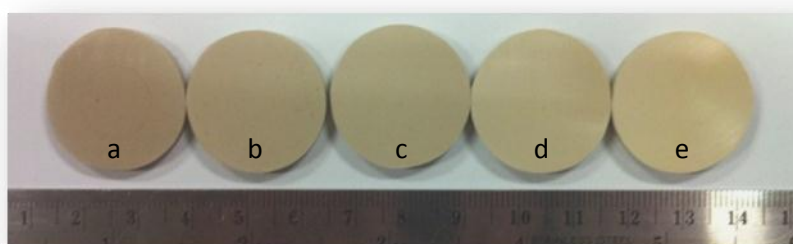
3.5.2.2 การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของวัสดุเชิงประกอบเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์/พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน

ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์รอยแตกของวัสดุเชิงประกอบเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์/พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่เกิดจากการทดสอบหาสมบัติเชิงกล ซึ่งได้แก่ การทดสอบความต้านทานแรงดึงและแรงดัดงอ

3.5.3 การวัดความหยาบผิวของวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนด้วยเครื่อง Profilometer

3.5.3.1 การเตรียมชิ้นงานก่อนการทดสอบ

ตัดและขัดชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้ให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 25.4 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.7 จากนั้นนำมาขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1200 และ 2000 ตามลำดับ เพื่อปรับความหยาบของผิวหน้าชิ้นงานให้มีความหยาบที่ใกล้เคียงกัน โดยขณะที่ขัดจะใช้น้ำหล่อลื่นเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้นและขัดในทิศทางตั้งฉากกับแนวขัดเดิมซ้ำไปมาเพื่อลบรอยขัดเดิม จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดและใช้ความร้อนเป่าชิ้นงานให้แห้ง



รูปที่ 3.7 ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบความต้านทานการสึกหรออัตราส่วนดังนี้ a) 0 wt% h-BN
b) 5 wt% h-BN c) 10 wt% h-BN d) 15 wt% h-BN และ e) 20 wt% h-BN

3.5.3.2 การวัดความหยาบผิวของชิ้นงานก่อนทดสอบ

การวัดความหยาบผิวก่อนทดสอบความต้านทานการสึกหรอจะใช้เครื่อง Surface Roughness Measuring System Unit ของบริษัท Mitutoyo รุ่น SV3000 ประเทศญี่ปุ่น แสดงในรูปที่ 3.8 ทำการวัดโดยการลากหัววัด (Stylus) แบบกรวย มุม 60 องศา รัศมี 2 ไมโครเมตร บนผิวชิ้นงานด้วยความเร็ว (Scan Rate) เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตรต่อวินาที เป็นระยะทาง 3.3 มิลลิเมตร โดยใช้ช่วงคัทออฟ (Cut-off) เท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร ชิ้นงาน 1 ชิ้นทำการวัดค่าความหยาบผิว (R_a) ทั้งหมด 10 ครั้งพร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ย

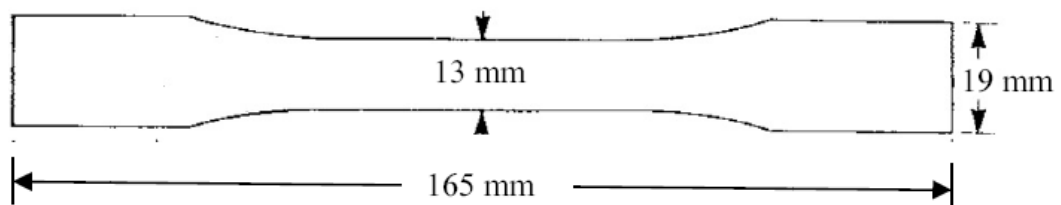


รูปที่ 3.8 เครื่อง Surface Roughness Measuring System Unit

3.6 ทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์/ พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน

3.6.1 ความต้านทานแรงดึง

นำชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้ มาตัดให้มีขนาดและรูปร่างตามมาตรฐาน ASTM 638 ดังแสดงรูปที่ 3.9 โดยตัดชิ้นงานให้มีขนาด 165x19x3 มิลลิเมตรด้วยเลื่อยสายพาน (Band Saw) จากนั้นใช้มีดตัดกลึงเพื่อเตรียมชิ้นงานเป็นรูปคัมเบลเพื่อจะนำไปทดสอบต่อไป



รูปที่ 3.9 ชิ้นงานที่มีขนาดและรูปร่างตามมาตรฐาน ASTM 638

การทดสอบต้านทานแรงดึงนั้นใช้เครื่อง Universal Testing รุ่น Autograph AG-I บริษัท Shimadzu จำกัด แสดงในรูปที่ 3.10 โดยการใช้การทดสอบเป็นแบบแรงดึง (Tension Mode) อัตราการดึงเท่ากับ 5 มิลลิเมตรต่อนาที น้ำหนัก 2500 นิวตัน ระยะจับชิ้นงานเท่ากับ 115 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบด้านทานแรงดึง Universal Testing รุ่น Autograph AG-I

3.6.2 ความแข็งระดับจุลภาค

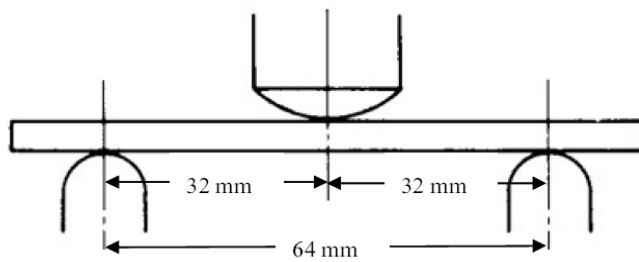
การวัดความแข็งของวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนใช้เครื่องวัดความแข็งในระดับไมโครเมตร (Microhardness Tester) การวัดความแข็งเป็นแบบวิกเกอร์ (Vickers) ของบริษัท Mitutoyo รุ่น SV3000 ประเทศญี่ปุ่น แสดงในรูปที่ 3.11 เตรียมชิ้นงานด้วยการขัดผิวน้ำให้เรียบด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1200 และ 2000 ตามลำดับ ทำการวัดโดยใช้หัวกดเพชรกดลงบนผิวชิ้นงาน น้ำหนักกดเท่ากับ 300 กรัม เป็นเวลา 15 นาที ทำการวัดค่า 15 จุดต่อ 1 ชิ้นงาน และหาค่าเฉลี่ย

3.6.3 ความต้านทานต่อแรงดัดโค้ง

การทดสอบความต้านทานต่อแรงดัดโค้งของวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนใช้เครื่อง Universal Testing รุ่น Autograph AG-I บริษัท Shimadzu จำกัด โดยใช้การทดสอบแบบดัดงอ (3-Point-Bending) ซึ่งชิ้นงานทดสอบจะนำมาตัดให้มีขนาด 120 x 34 x 3 mm ด้วยเลื่อยสายพาน (Band Saw) ให้มีขนาดตามมาตรฐาน ASTM D790 แสดงในรูปที่ 3.12a การทดสอบจะใช้อัตราเร็วเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที น้ำหนัก 2500 นิวตัน ระยะจับชิ้นงาน (Support Span) เท่ากับ 64 มิลลิเมตร การวางชิ้นงานในการทดสอบความต้านทานต่อแรงโค้งงอแสดงดังรูปที่ 3.12b



รูปที่ 3.11 เครื่องวัดความแข็งในระดับไมโครเมตร (Microhardness Tester)



a)



b)

รูปที่ 3.12 การทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง

- a) ขนาดตามมาตรฐาน ASTM D790
- b) การวางชิ้นงานในการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง

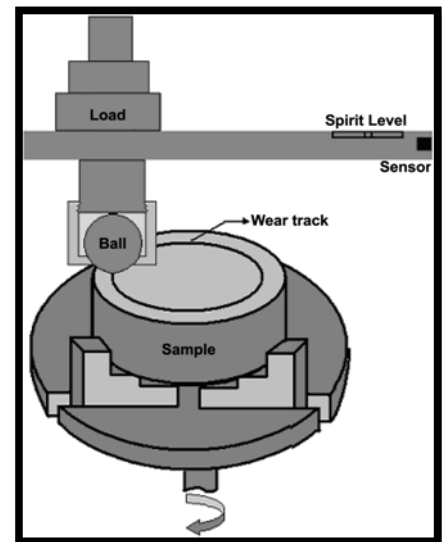
3.7 ทดสอบความต้านทานการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบเสกเซโกนอลโบรอนในไทรด์/พอลิอีเทอร์อีเทอร์อีโตน

3.7.1 การทดสอบการสึกหรอ

การทดสอบความต้านทานการสึกหรอจะใช้แบบการสึกหรอแบบดิสก์ (Ball-on-Disc) ซึ่งการทดสอบนั้นจะเริ่มต้นจากการนำชิ้นงานที่ได้จากการเตรียมผิวชิ้นงานดังข้อ 3.5.3.1 จากนั้นนำมาใส่ในเครื่องการทดสอบการสึกหรอดังแสดงในรูปที่ 3.13a โดยน้ำหนักกดซึ่งเป็นตุ้มน้ำหนักวางบนแท่งซึ่งส่วนปลายของแท่งจะมีลูกบอลที่เป็นเหล็กเจือโครเมียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร ทำหน้าที่เป็นวัสดุคู่สัมผัสการทดสอบในแต่ละครั้งจะต้องมีการเปลี่ยนลูกบอลคู่สัมผัสใหม่ทุกครั้ง การทดสอบจะใช้ความเร็วในการทดสอบ 0.1 เมตรต่อวินาที ใช้น้ำหนักกดเท่ากับ 10-100 นิวตัน และระยะทางการทดสอบเท่ากับ 1 และ 2 กิโลเมตร ทดสอบที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิสูงได้แก่ 100, 200 และ 300 องศาเซลเซียส ซึ่งลักษณะการวางชิ้นงานทดสอบแสดงในรูปที่ 3.13b เมื่อทำการทดสอบเสร็จจะนำชิ้นงานออกแล้วนำไปวัดความกว้าง และความลึกของรอยสึกหรอ รวมถึงศึกษาเศษสึกหรอ นอกจากนี้แล้วขณะทำการทดสอบการสึกหรอเครื่องมือทดสอบจะบันทึกค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นด้วย



a)

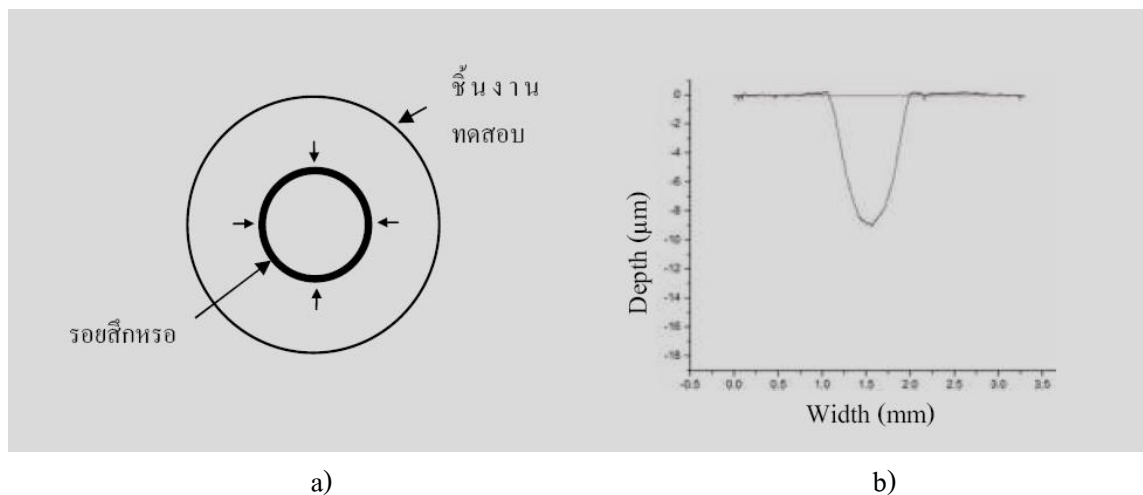


b)

รูปที่ 3.13 การทดสอบการสึกหรอ a) การทดสอบการสึกหรอแบบ Ball-on-Disc
b) การวางชิ้นงานทดสอบ

3.7.2 การวัดผลจากการทดสอบการสึกหรอ

หลังจากทำการทดสอบการสึกหรอจะทำการวัดรอยสึกหรอ Surface Roughness Measuring System Unit ของบริษัท Mitutoyo รุ่น SV3000 ประเทศญี่ปุ่นทำการวัดโดยการลากหัววัด (Stylus) แบบกรวยมุม 60 องศา รัศมี 2 ไมโครเมตร บนผิวชิ้นงานด้วยความเร็ว (Scan Rate) เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตรต่อวินาที เป็นระยะทาง 3.3 มิลลิเมตร โดยใช้ช่วงคัทออฟ (Cut-off) เท่ากับ 2.5 มิลลิเมตรทำการวัดรอยสึกหรอ 4 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 3.14a เมื่อลากหัววัดลากผ่านรอยสึกหรอจะแสดงพื้นที่หน้าตัดขวางของรอย ดังแสดงที่รูป 3.14b ซึ่งจะเป็นความกว้าง และความลึก เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณการสูญเสียเนื้อวัสดุ อัตราการสึกหรอ และอัตราจำเพาะของการสึกหรอ (Specific Wear Rate) โดยการคำนวณจากสมการ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.14 การวัดการทดสอบการสึกหรอ

- a) การวัดรอยสึกหรอ 4 ตำแหน่ง
- b) รอยสึกหรอจากการทดสอบการสึกหรอ

3.7.2.1 ปริมาณการสูญเสียเนื้อวัสดุ (Volume loss)

สำหรับการคำนวณปริมาณการสูญเสียเนื้อวัสดุคำนวณได้จากสมการ (3.1)

$$\text{ปริมาณการสูญเสียเนื้อวัสดุ (mm}^3\text{)} = \text{พื้นที่การสึกหรอเฉลี่ย (mm}^2\text{)} \times \text{เส้นรอบวง (mm)} \dots \dots \dots (3.1)$$

3.7.2.2 อัตราการสึกหรอ(Wear rate)

สำหรับการคำนวณอัตราการสึกหรอคำนวณได้จากสมการ (3.2)

$$\text{อัตราการสึกหรอ (mm}^3\text{/m)} = \frac{\text{ปริมาตรการสูญเสียเนื้อวัสดุ (mm}^3\text{)}}{\text{ระยะทางการทดสอบ (m)}} \dots\dots\dots (3.2)$$

3.7.2.3 อัตราจำเพาะของการสึกหรอ (specific wear rate)

สำหรับการคำนวณอัตราจำเพาะของการสึกหรอคำนวณได้จากสมการ (3.3)

$$\text{อัตราการสึกหรอ (mm}^3\text{/Nm)} = \frac{\text{ปริมาตรการสูญเสียเนื้อวัสดุ (mm}^3\text{)}}{\text{น้ำหนักกด (N) x ระยะทางการทดสอบ (m)}} \dots\dots\dots (3.3)$$

3.7.3 การตรวจสอบและวิเคราะห์รอยสึกหรอ

3.7.3.1 กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscopy)

ตรวจสอบการสึกหรอของลูกบอลคู่สัมผัส ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง รุ่น BHM Metallurgical Microscope จากบริษัท OLYMPUS ประเทศญี่ปุ่น ที่กำลังขยาย 10 และ 20 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 กล้องจุลทรรศน์แบบแสง รุ่น BHM Metallurgical Microscope

3.7.3.1 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Secondary Electron Microscope)

ตรวจสอบรอยสึกหรอ และวิเคราะห์กลไกการสึกหรอที่เกิดขึ้น โดยนำชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบการสึกหรอมาทำการเคลือบทองก่อน แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ด้วยโหมด Secondary Electron ใช้ศักย์ไฟฟ้า 20 กิโลโวลต์