

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างของเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน และวัสดุเชิงประกอบเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์/พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน

1. การกระจายตัวของผงเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ ทั้ง 2 ขนาดนี้มีการกระจายตัวอยู่ในช่วงที่แคบล้ายกัน ลักษณะของกราฟค่อนข้างแคบและสูง
2. ผงพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนมีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 23.19 – 111.45 ไมโครเมตร ขนาดเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 63.15 ไมโครเมตร
3. ผงเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ทั้งขนาด 0.1 และ 1.5 ไมโครเมตรจะกระจายตัวได้ดีและผงบางส่วนจะเกาะอยู่บริเวณผิวและซอกมุมของพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน

5.1.2 สมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์/พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน

1. ค่าอิลาสติกมอดุลัส มอดุลัสการดัดงอ และความแข็งที่ผิว ของวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ร้อยละ 5 ถึง 20 โดยน้ำหนัก ส่วนค่าความต้านทานแรงดึง ร้อยละการยืดตัว ณ จุดขาด และความต้านต่อการดัดงอ มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ร้อยละ 5 ถึง 20 โดยน้ำหนัก
2. ขนาดของอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ทั้ง 2 ขนาด ส่งผลทำให้ค่าอิลาสติกมอดุลัส ร้อยละการยืดตัว ณ จุดขาด มอดุลัสการดัดงอ และความแข็งที่ผิวของวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนแตกต่างกันเล็กน้อย ส่วนความต้านทานแรงดึง และความต้านต่อการดัดงออนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ขนาด 1.5 ไมโครเมตร จะส่งผลทำให้วัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนมีสมบัติดังกล่าวดีกว่าอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ขนาด 0.1 ไมโครเมตร

5.1.3 สมบัติความต้านทานการสึกหรอของวัสดุเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์/พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน

5.1.3.1 ความต้านทานการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์/พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน

● สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

1. เมื่อเพิ่มปริมาณอนุภาคเสกชะ โกนอล โบรอนไนไตรด์ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่น้ำหนักกด 10, 20 และ 30 นิวตัน มีแนวโน้มลดลง
2. เมื่อเพิ่มน้ำหนักกดจาก 10 นิวตัน เป็น 20 นิวตัน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่ไม่มีการเติมอนุภาคเสกชะ โกนอล โบรอนไนไตรด์มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากนั้นมียาลดลงเมื่อเพิ่มน้ำหนักกดเป็น 30 นิวตัน ส่วนพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่มีการเติมอนุภาคเสกชะ โกนอล โบรอนไนไตรด์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย เมื่อเพิ่มน้ำหนักกดจาก 10, 20 เป็น 30 นิวตัน ตามลำดับ
3. เมื่อเพิ่มระยะทางการทดสอบจาก 1 เป็น 2 กิโลเมตร ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่เติมและไม่เติมเสกชะ โกนอล โบรอนไนไตรด์มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย

● ความต้านทานการสึกหรอ

1. อัตราการสึกหรอที่น้ำหนักกด 10 นิวตัน เมื่อเพิ่มปริมาณอนุภาคเสกชะ โกนอล โบรอนไนไตรด์ที่ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก อัตราการสึกหรอไม่เปลี่ยนแปลงมากนักแต่เมื่อเพิ่มปริมาณจากร้อยละ 10 ถึง 20 โดยน้ำหนัก ส่งผลให้อัตราการสึกหรอมีค่าเพิ่มขึ้นส่วนอัตราการสึกหรอที่น้ำหนักกด 20 และ 30 นิวตัน เมื่อเพิ่มปริมาณอนุภาคเสกชะ โกนอล โบรอนไนไตรด์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก อัตราการสึกหรอมีค่าเพิ่มสูงขึ้น การเพิ่มปริมาณอนุภาคเสกชะ โกนอล โบรอนไนไตรด์ในช่วงร้อยละ 5 ถึง 20 โดยน้ำหนัก ทำให้อัตราการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนมีแนวโน้มลดลง
2. เมื่อทำการเพิ่มน้ำหนักกดจาก 10 เป็น 20 และ 30 นิวตัน ตามลำดับ และเพิ่มระยะทางการทดสอบจาก 1 เป็น 2 กิโลเมตร ส่งผลให้อัตราการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนทั้งที่ไม่เติมและเติมอนุภาคเสกชะ โกนอล โบรอนไนไตรด์จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น

5.1.3.2 ความต้านทานการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบเสกชะ โกนอล โบรอนไนไตรด์/พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน ทดสอบที่อุณหภูมิสูง

● สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

1. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการทดสอบจากอุณหภูมิห้องเป็น 100 องศาเซลเซียสพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่ไม่เติมอนุภาคเสกชะ โกนอล โบรอนไนไตรด์ มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานลดลง ส่วนพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่เติมอนุภาคเสกชะ โกนอล โบรอนไนไตรด์มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยกับอุณหภูมิห้อง จากนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 200 และ 300 องศาเซลเซียส ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทั้งพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่เติมและไม่เติมอนุภาคเสกชะ โกนอล โบรอนไนไตรด์
2. เมื่อเพิ่มปริมาณอนุภาคเสกชะ โกนอล โบรอนไนไตรด์พบว่า ที่น้ำหนักกด 10 นิวตัน ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ณ อุณหภูมิห้องและ 100 องศาเซลเซียส และมีค่าลดลงที่

อุณหภูมิเท่ากับ 200 และ 300 องศาเซลเซียส ส่วนที่น้ำหนักกด 30 นิวตัน ทุกๆ อุณหภูมิทดสอบ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของวัสดุเชิงประกอบจะมีค่าลดลงตามการเพิ่มปริมาณอนุภาค

3. เมื่อเพิ่มน้ำหนักกดจาก 10 นิวตัน เป็น 30 นิวตัน พบว่า ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของวัสดุเชิงประกอบที่เติมอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์มีค่าแตกต่างเล็กน้อยและไม่เติมมีค่าเพิ่มขึ้นส่วนการทดสอบที่อุณหภูมิทดสอบเท่ากับ 200 และ 300 องศาเซลเซียส ทั้งพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่เติมและไม่เติมอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเพิ่มสูงขึ้น

● ความต้านทานการสึกหรอ

1. อัตราการสึกหรอมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้อง เป็น 100 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 200 และ 300 องศาเซลเซียส อัตราการสึกหรอมีค่าเพิ่มขึ้น

2. เมื่อทำการเพิ่มปริมาณอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ ณ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส อัตราการสึกหรอจะมีแนวโน้มเดียวกับการทดสอบความต้านทานการสึกหรอที่อุณหภูมิห้องและการทดสอบการสึกหรอที่อุณหภูมิ 200 และ 300 องศาเซลเซียส อัตราการสึกหรอมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มปริมาณของอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์

3. เมื่อทำการเพิ่มน้ำหนักกดจาก 10 เป็น 30 นิวตัน อัตราการสึกหรอจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ณ ทุกๆ อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ

5.1.3.3 ความต้านทานการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์/คาร์บอนนาโนทิวบ์/พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน

● สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

การเติมอนุภาคคาร์บอนนาโนทิวบ์ปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักในวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่เติมเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่เติมเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก

● ความต้านทานการสึกหรอ

การเติมอนุภาคคาร์บอนนาโนทิวบ์ปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่เติมเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก พบว่าอัตราการสึกหรอจะมีค่าลดลงจากวัสดุเชิงประกอบพอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่เติมเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการหาและเลือกอัตราส่วนของอนุภาคคาร์บอนนาโนทิวบ์ที่จะนำมาปรับปรุงความต้านทานการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบพอลิเอทีเทอร์อีเทอร์คีโตนที่เติมเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก
2. ควรเพิ่มภาระกระทำโดยการเพิ่มความเร็วในการทดสอบพร้อมศึกษาหากลไกการสึกหรอที่เปลี่ยนแปลง
3. ควรเพิ่มพื้นที่สัมผัสในการทดสอบระหว่างชิ้นงานและวัสดุคู่สัมผัสให้มากขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะการใช้งานจริงของเบร้ง
4. วัสดุที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานคือวัสดุที่มีการเติมอนุภาคคาร์บอนนาโนทิวบ์ร่วมกับอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ และควรใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสภาพคล้ายแก้วเป็นขีดหุ่่น