

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การเพิ่มสมบัติในการนำไฟฟ้าของยางธรรมชาติโดยการผสมกับคาร์บอนแบล็กที่มีลักษณะต่างกันไปพบว่า การผสมคาร์บอนแบล็กลงในยางนอกจากเพิ่มสมบัติเชิงกลของยาง ยังสามารถเพิ่มสมบัติในการนำไฟฟ้า ยางธรรมชาติที่ไม่ใส่คาร์บอนแบล็ก มีค่าการนำไฟฟ้าโดยประมาณ คือ $10^{-14} \Omega^{-1}$ ซึ่งการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงที่เป็นฉนวนไฟฟ้า เมื่อผสมคาร์บอนแบล็กลงในยางที่ปริมาณ 5 phr จนถึง 25 phr การนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในระดับ $10^{-8}-10^{-2} \Omega^{-1}$ โดยประมาณซึ่งการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงวัสดุกึ่งตัวนำไฟฟ้าจนถึงวัสดุนำไฟฟ้า เมื่อเพิ่มปริมาณคาร์บอนแบล็กลงในยางมากกว่า 25 phr ไม่ทำให้การนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งช่วงการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากการผสมคาร์บอนแบล็กลงในยางธรรมชาติ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตอุปกรณ์จำพวกเซ็นเซอร์ได้ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการนำไฟฟ้าของวัสดุเชิงประกอบได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพของคาร์บอนแบล็กที่ผสม สมบัติเชิงกลที่กระทำกับวัสดุเชิงประกอบและอุณหภูมิ

5.1.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติกับคาร์บอนแบล็ก

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติกับคาร์บอนแบล็กแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของคาร์บอนแบล็กในเนื้อยางโดยพบว่าเมื่อปริมาณคาร์บอนแบล็กที่ผสมในเนื้อยางเพิ่มขึ้นจะทำให้สัดส่วนของคาร์บอนแบล็กในเนื้อยางเพิ่มขึ้น การเกาะกลุ่มกันของอนุภาคคาร์บอนแบล็กเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างสัณฐานวิทยาของคาร์บอนแบล็กโครงสร้างสูงและสัณฐานวิทยาของคาร์บอนแบล็กโครงสร้างต่ำพบว่าคาร์บอนแบล็กโครงสร้างสูงจะมีลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคคาร์บอนแบล็กในเนื้อยางธรรมชาติมากกว่าและลักษณะการจัดเรียงตัวของอนุภาคคาร์บอนแบล็กในเนื้อยางต่อเนื่องกันออกจากแกนกลางของกลุ่มอนุภาคคาร์บอนแบล็กมากกว่าคาร์บอนแบล็กโครงสร้างต่ำ

5.1.2 ผลของปัจจัยทางกายภาพของคาร์บอนแบล็กที่มีต่อสมบัตินำไฟฟ้าของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัตินำไฟฟ้าของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติที่ผสมคาร์บอนแบล็กได้แก่ ปริมาณคาร์บอนแบล็ก ขนาดอนุภาคคาร์บอนแบล็ก และลักษณะโครงสร้างคาร์บอนแบล็ก จากผลการศึกษาพบว่า สภาพการนำไฟฟ้าของเชิงประกอบยางธรรมชาติจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณ

คาร์บอนแบล็กที่ผสม แต่แนวโน้มค่าการนำไฟฟ้าจะมีค่าเข้าใกล้ค่าหนึ่งเมื่อปริมาณคาร์บอนแบล็กที่ผสมเพิ่มขึ้น ขนาดอนุภาคคาร์บอนแบล็กส่งผลต่อสมบัตินำไฟฟ้าของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติคือเมื่อขนาดอนุภาคคาร์บอนแบล็กที่ผสมกับยางธรรมชาติมีขนาดใหญ่ขึ้น จะส่งผลให้แนวโน้มสมบัติในการนำไฟฟ้าของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติมีค่าลดลง และโครงสร้างคาร์บอนแบล็กส่งผลต่อสมบัติการนำไฟฟ้าคือ เมื่อผสมคาร์บอนแบล็กโครงสร้างต่างๆ กับยางธรรมชาติ ค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุเชิงประกอบจะมีแนวโน้มค่ามากขึ้นตามลักษณะโครงสร้างคาร์บอนแบล็กที่มีค่าสูงขึ้น โดยลักษณะโครงสร้างคาร์บอนแบล็กวัดได้จากร้อยละการดูดซับ DBP ลักษณะคาร์บอนแบล็กที่มีโครงสร้างสูงกว่าจะสามารถดูดซับ DBP ได้มากกว่าคาร์บอนแบล็กที่มีค่าต่ำ

5.1.3 ผลจากสมบัติเชิงกลที่มีต่อสมบัตินำไฟฟ้าของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติ

สมบัติเชิงกลได้แก่การดึงยืด ส่งผลต่อวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติที่ผสมกับคาร์บอนแบล็ก โดยลักษณะการดึงยืดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้สมบัติในการนำไฟฟ้าลดลงซึ่งเกิดขึ้นกับคาร์บอนแบล็กทุกชนิดและทุกความเข้มข้น ที่ปริมาณคาร์บอนแบล็กที่ต่ำจะพบว่าการนำไฟฟ้ามีการลดลงมากกว่าที่ปริมาณคาร์บอนแบล็กสูง

5.1.4 ผลของปัจจัยเชิงกลที่เป็นผลมาจากการผสมคาร์บอนแบล็ก

การผสมคาร์บอนแบล็กลงในยางธรรมชาติ เพื่อทำเป็นวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติกับคาร์บอนแบล็กจะสามารถเพิ่มสมบัติเชิงกลของยางได้ดีขึ้นโดยเมื่อผสมคาร์บอนแบล็กในเนื้อยางในปริมาณสูงขึ้นสมบัติเชิงกลคือความต้านทานการดึงที่จุดขาด ร้อยละการยืดตัวที่จุดขาด และความต้านทานการดึงที่ร้อยละการยืดตัว 100 มีแนวโน้มค่าเพิ่มขึ้นจนถึงช่วงหนึ่งแล้วลดลง คาร์บอนแบล็กที่มีโครงสร้างของคาร์บอนแบล็กสูงกว่าจะสามารถเพิ่มสมบัติเชิงกลได้ดีกว่า คาร์บอนแบล็กโครงสร้างต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบสมบัติทั้งสามกับยางธรรมชาติพบว่า การเพิ่มสมบัติความต้านทานแรงดึงที่จุดขาดดีกว่ายางธรรมชาติสามารถใช้กับคาร์บอนแบล็กบางชนิด ตั้งแต่ช่วงปริมาณ 20 ถึง 30 ร้อยละปริมาณโดยน้ำหนักในยาง การเพิ่มปริมาณคาร์บอนแบล็กสูงไปกว่านี้จะทำให้สมบัติของวัสดุลดลง การเพิ่มสมบัติการยืดตัวสูงสุดที่จุดขาดดีกว่ายางธรรมชาติสามารถผสมคาร์บอนแบล็กบางชนิดกับยางตั้งแต่ 15 ถึง 25 ร้อยละปริมาณโดยน้ำหนักในยาง การเพิ่มปริมาณคาร์บอนแบล็กสูงมากกว่านี้จะทำให้สมบัติการยืดตัวสูงสุดที่จุดขาดโดยมากลดลง และการเพิ่มสมบัติการต้านทานการดึงที่ร้อยละการดึงยืด 100 ให้ดีกว่ายางธรรมชาติ สามารถใช้กับปริมาณคาร์บอนแบล็กทุกชนิดที่มากกว่า 10 ร้อยละปริมาณโดยน้ำหนักในยางแต่ปริมาณคาร์บอนแบล็กที่มากกว่า 25 ร้อยละโดยน้ำหนักในยาง ทำให้สมบัติการต้านทานการดึงที่ร้อยละการดึงยืดลดลง

5.1.5 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อสมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติ

การนำไฟฟ้าที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนของอุณหภูมิของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติกับคาร์บอนแบล็กโดยได้ศึกษาอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการนำไฟฟ้าตามปัจจัยได้แก่ปริมาณคาร์บอนแบล็ก ชนิดลักษณะโครงสร้างคาร์บอนแบล็ก และที่ร้อยละการดัดยัดต่างๆ พบว่าที่ปริมาณคาร์บอนแบล็กต่ำ ผลของอุณหภูมิจะส่งผลต่อสภาพการนำไฟฟ้าได้มากกว่าที่ปริมาณที่คาร์บอนสูง โดยที่ปริมาณคาร์บอนแบล็กต่ำ การเปลี่ยนแปลงในช่วงอุณหภูมิไม่มาก จะทำให้สภาพการนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป คาร์บอนแบล็กทุกชนิดและลักษณะโครงสร้างคาร์บอนแบล็กจะส่งผลในแนวโน้มเดียวกันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และการดัดยัดที่สูงขึ้นอุณหภูมิจะทำให้ต่อสมบัติการนำไฟฟ้าลดลงโดยที่ระยะการดัดยัดสูงขึ้นการนำไฟฟ้าของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติกับคาร์บอนแบล็กจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงขึ้น สรุปโดยรวมที่ช่วงอุณหภูมิไม่สูงมาก สภาพการนำไฟฟ้าของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติกับคาร์บอนแบล็กมีค่าการเปลี่ยนแปลงไม่มาก

ยางธรรมชาติมีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าโดยมีการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง $10^{-14} \Omega^{-1}$ สามารถเพิ่มสมบัตินำไฟฟ้าด้วยการผสมคาร์บอนแบล็กลงในเนื้อยางธรรมชาติ สมบัติในการนำไฟฟ้าของวัสดุเชิงประกอบที่เพิ่มขึ้นจากการผสมกับคาร์บอนแบล็ก สามารถเพิ่มการนำไฟฟ้าให้อยู่ในช่วงวัสดุกึ่งตัวนำไปจนถึงวัสดุนำไฟฟ้า ประกอบกับสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติกับคาร์บอนแบล็กที่ได้ที่มีการยืดหยุ่นตัวสูงขึ้น ความต้านทานการดึงและการฉีกขาดสูงขึ้น จึงอาจใช้เป็นแนวทางเพื่อผลิตวัสดุเชิงประกอบจากยางธรรมชาติผสมกับคาร์บอนแบล็กเป็นเซ็นเซอร์ในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรับแรงกระแทกสูงเพื่อตรวจสอบการเสื่อมสภาพ ไปจนถึงใช้เป็นวัสดุตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระยะของชิ้นงานเช่น บานพับประตู

5.2 ข้อเสนอแนะ

การเพิ่มสมบัติในการนำไฟฟ้าของยางธรรมชาติโดยการผสมกับคาร์บอนแบล็กจะสามารถเพิ่มการนำไฟฟ้าได้ในช่วงหนึ่ง แต่จากการประยุกต์การเพิ่มสมบัติในการนำไฟฟ้าของยางธรรมชาติโดยการเติมวัสดุนำไฟฟ้าอื่นๆที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าคาร์บอนแบล็ก ลงในยางธรรมชาติอาจเป็นแนวทาง เพิ่มสมบัติในการนำไฟฟ้าได้สูงกว่าคาร์บอนแบล็กแต่อาจทำให้สมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติลดลง จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่จะศึกษาการเพิ่มสมบัติการนำไฟฟ้าของยางธรรมชาติโดยการผสมคาร์บอนแบล็กร่วมกับวัสดุนำไฟฟ้าชนิดอื่นเพื่อเพิ่มสมบัติในการนำไฟฟ้าให้สูงขึ้นและสามารถคงสมบัติเชิงกลที่ดีของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติเพื่อการใช้งานที่หลากหลายเพิ่มขึ้น

แนวทางหนึ่งหลังจากประยุกต์สมบัติในการนำไฟฟ้าของยางธรรมชาติจากการผสมคาร์บอนแบล็กคือการปรับปรุงสมบัติการยึดติดกับชิ้นงาน เช่น แผ่นโลหะ วัสดุพลาสติก อื่นๆเป็นต้น เพื่อ

ส่งเสริมและศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติกับคาร์บอนแบล็กไปใช้เป็นเส้นเชอร์มากขึ้น