2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. พัฒนายางคอมเปานด์ระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์
2. ศึกษาผลของการเติมท่อนาโนคาร์บอนต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติอื่นๆ ของยางคอมเปานด์ที่ผสมกันระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์

3 ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

ท่อนาโนคาร์บอน (carbon nanotubes) คือ วัสดุที่มีรูปทรงเป็นท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในระดับนาโนเมตร ชื่อของท่อนาโนคาร์บอนมาจากขนาดของมัน ซึ่งมีขนาดระดับนาโน (10^{-9}เมตร) หรือมีความกว้างประมาณ 1 ใน 10,000 ของความกว้างของเส้นผมมนุษย์ มีความยาวประมาณ 1 ล้านเท่าของความกว้างของมัน ท่อนาโนคาร์บอนมีด้วยกัน 2 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 3.1 คือ ชนิดที่มีผนังซ้อนกัน 2 – 50 ชั้น เรียกว่า multi-walled carbon nanotubes (MWNTs) และชนิดที่มีผนังชั้นเดียวหรือเป็นท่อเดี่ยว เรียกว่า single-walled carbon nanotubes (SWNTs) ท่อนาโนคาร์บอนมีความแข็งแกร่งกว่าเพชร มีค่ามอดูลัสสูงถึง 1 TPa ความแข็งแรง 11~63 GPa สามารถยืดตัวได้ 10~13% ก่อนขาด SWNTs อาจมีพื้นที่ผิว 1500 m^2/g มีความหนาแน่น 1.33~1.40 g/cm^3 นำไฟฟ้าได้ดีกว่าทองแดงและนำความร้อนมากกว่า 3000 W/m.K ในสุญญากาศทนความร้อน 2800 °C และในอากาศทนได้ 750 °C (http://www.Digital Library.htm "Carbon nanotube"; http://www.nsru.ac.th/science/article/showarticle.asp?id =0000000012 "Carbon nanotube")

จากสมบัติที่ดีเยี่ยมในหลายด้านของท่อนาโนคาร์บอนทั้งสองชนิด (SWNTs และ MWNTs) จึงได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ มากมาย เช่น การเสริมแรงในวัสดุผสมเพื่อใช้เป็นถังบรรจุไฮโดรเจน Field emission sources ซูเปอร์แคปาซิเตอร์ และเครื่องรับรู้ระดับโมเลกุล มีงานวิจัยจำนวนมากที่นำท่อนาโนคาร์บอนมาเป็นตัวเสริมแรงในวัสดุ และที่นักวิทยาศาสตร์ดำเนินงานวิจัยกันอย่างต่อเนื่องก็คือ การนำมาประยุกต์เป็นตัวเสริมแรงในวัสดุกลุ่มพอลิเมอร์ (Chen et al., 2006; Guo et al., 2005; Kim et al., 2006; Kueseng et al., 2006; Lu et al., 2006; Shanmugharaj et al., 2007; Xiao et al., 2007; Yue et al., 2006)

กระบวนการเตรียมวัสดุผสมพอลิเมอร์-ท่อนาโนคาร์บอน (Moniruzzaman et al, 2006) นั้นมีวิธีการเตรียมมีหลายวิธีแต่วิธีที่นิยมมี 3 วิธี ก็คือ การทำเป็นสารละลาย (solution) การหลอม (melt) และ In situ polymerization

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุผสมระหว่างยาง-ท่อนาโนคาร์บอน จากการสืบค้นนั้นพบว่ามีงานวิจัยไม่มากนักที่จะนำเสนอเกี่ยวกับเรื่องนี้ ดังนั้นจึงเป็นงานวิจัยที่ยังใหม่อยู่ ตัวอย่างงานของวิจัยด้านนี้ได้แก่ Yue และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเตรียมและสมบัติของยางไนไตรล์(HNBR)ที่ใช้ท่อนาโนคาร์บอนเป็นตัวเสริมแรง ซึ่งได้ข้อสรุปว่ากระบวนการหลอมเหมาะสมสำหรับการผสมท่อนาโนคาร์บอนในยาง ซึ่งจะทำให้ยางผสมมีสมบัติเชิงกลสูงขึ้น แต่ Falco และคณะ (2007) ได้สรุปว่าการใช้ท่อนาโนคาร์บอนชนิดผนังหลายชั้นเป็นตัวเสริมแรงในยางเอสบีอาร์นั้นควรใช้กระบวนการทำเป็นสารละลายในการเตรียมวัสดุผสม โดยเริ่มต้นนำยาง SBR มาละลายในโทลูอีน แล้วนำมาผสมกับท่อนาโนคาร์บอนและสารเคมีสำหรับยาง (ท่อนาโนคาร์บอนที่ใช้นั้น 15 มิลลิกรัม และผ่านการทำให้เกิดการกระจายตัวในเอทานอล และอบแห้งมาแล้ว) ซึ่งพบว่าสามารถปรับปรุงค่า

มอดูลัส และค่าทนทานต่อแรงดึงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับยางที่ไม่ผสมท่อนาโนคาร์บอน และยางที่ผสมกับเขม่าดำ (carbon black) เพราะท่อนาโนคาร์บอนมีขนาดเล็กจึงเกิดการกระจายตัวที่ดี และเข้ากันได้ดีในเนื้อยาง

นอกจากกระบวนการผสมจะมีผลต่อสมบัติของยางผสมแล้ว การปรับปรุงผิวท่อนาโนคาร์บอนด้วยไซเลน (silane) ก่อนการผสมด้วยกระบวนการหลอมด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง จะเพิ่มสมบัติต่างๆได้(Shanmugharaj et al, 2007)

จะเห็นว่าการปรับปรุงสมบัติของยางธรรมชาติโดยการเติมสารตัวเติมลงไปในยางคอมเปานด์ ที่ใช้สารตัวเติมระดับนาโน เช่นท่อนาโนคาร์บอนนั้นไม่ว่าจะเป็นชนิด SWNTs หรือชนิด MWNTs เมื่อนำมาผสมในยาง ด้วยกระบวนการแบบนำมาละลายในสารละลายโทลูอีน หรือกระบวนการหลอมก็ตาม ส่งผลให้สมบัติของวัสดุเปรียบเทียบกับยางธรรมชาติ ผลก็คือ ค่าความต้านทานต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น เมื่อผสม CNTs เพิ่มขึ้น เพราะว่าตัวเติมระดับนาโนช่วยทำให้มีพันธะที่รอยต่อ (interface) ระหว่างเนื้อยาง (matrix) กับตัวเติมเพิ่มมากขึ้น (Kim et al, 2006) เช่นเดียวกับค่ามอดูลัสและสภาพการนำความร้อนก็เพิ่มขึ้นเมื่อผสม CNTs เพิ่มขึ้น (Frogley et al, 2003; Zhuo et al, 2006; Kim et al, 2006)

นอกจากนั้นยังมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการจัดเรียงทิศทางของ CNTs ในแนวแกน X และ Z แต่หลังจากการนำไปทดสอบเปรียบเทียบพบว่าการจัดเรียงทิศทางของ CNTs ให้ผลไม่แตกต่างกันทั้งแกน X และแกน Z (Kim et al, 2006) จากการเติม MWNTs ในยางธรรมชาติมีผลต่อสมบัติเชิงกลของยางคอมเปานด์โดย ปริมาณการเติม CNTs ที่ช่วยเสริมแรงในยางได้ดี อยู่ในช่วง1-10 wt% เมื่อเพิ่มปริมาณ CNTs มากเกินไปจะส่งผลทำให้ยางมีความเปราะ

จากตัวอย่างงานวิจัยเกี่ยวข้องทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าเมื่อผสมท่อนาโนคาร์บอนชนิดผนังหลายชั้นลงไปในพอลิเมอร์หรือยางสามารถเพิ่มสมบัติของวัสดุผสมได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับ การทำปฏิกิริยาที่ดีระหว่างท่อนาโนคาร์บอนกับพอลิเมอร์และการกระจายตัวของท่อนาโนคาร์บอน

การเสริมแรงยางผสมระหว่างยางยางธรรมชาติและยางเอสบีอาร์ที่อัตราส่วนต่างๆด้วยสารตัวเติมระดับนาโนได้มีผู้ศึกษาไว้บ้าง (Findik et al, 2004) ได้แก่ การใช้เขม่าดำ ชนิด ISAF และ HAF เป็นสารตัวเติม จากผลการวิจัยพบว่า ยาง NR/SBR ที่เติม ISAF จะให้ค่าความแข็งมากกว่าการเติม HAF การเพิ่มอัตราส่วนของยาง SBR ส่งผลให้ค่ามอดูลัส และการต้านต่อแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย

อย่างไรก็ตามการวิจัยที่เสริมแรงยางคอมเปานด์ระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสบีอาร์ด้วย MWNTs ยังไม่มีผู้ศึกษามาก่อน ดังนั้นเพื่อที่จะให้เข้าใจผลของสารเติมชนิดนี้ต่อกระบวนการขึ้นรูปยางคอมเปานด์ สมบัติเชิงกลและสมบัติอื่นๆ จึงได้ดำเนินการศึกษาในครั้งนี้