บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ [1]

ยางธรรมชาติ (Natural Rubber) เป็นยางที่ได้มาจากน้ำยาง (Latex) มีโพลีไอโซพรีน (cis-1,4-polyisoprene) เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งจะต่อกันเป็นโมเลกุลที่ยาวยืดหยุ่น (flexible) โดยสายโซ่โมเลกุลมีการจัดเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ (amorphous) และมีน้ำหนักโมเลกุลสูงมากมีความหนาแน่นประมาณ 0.92-0.93 g/cm^3 ยางธรรมชาติมีสมบัติความยืดหยุ่นสูงโดยสามารถยืดตัวได้หลายเท่าของความยาวเดิม และสามารถหดกลับสู่สภาพเดิมเมื่อหยุดให้แรงมีอุณหภูมิใช้งานในช่วง -70^{o}C ถึง 80^{o}C โดยจะกลายสภาพเป็นของแข็งเปราะที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิสภาพแก้ว (T_g) หรือที่ประมาณ -72^{o}C ซึ่งต่ำกว่ายางสังเคราะห์อื่นๆ ยกเว้นเฉพาะยางบิวทาไดอีนและยางซิลิโคน จากโครงสร้างจะสังเกตเห็นว่ายางธรรมชาติมีพันธะคู่อยู่มากจึงทำให้ถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย ดังนั้นยางจึงเสื่อมสภาพเร็วภายใต้อุณหภูมิสูง แสงแดด โอโซน และออกซิเจน ยางธรรมชาติเป็นยางที่นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์ทั่วๆ ไปที่ไม่ต้องการสมบัติพิเศษเฉพาะ เช่น การทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิสูง การทนต่อการกัดกร่อนของน้ำมัน เป็นต้น ปัจจุบันยางสังเคราะห์ เช่น สไตรีน-บิวทาไดอีน (styrene-butadiene) โพลีบิวทาไดอีน (polybutadiene) ได้ถูกพัฒนาและเข้ามาแทนที่การใช้งานจากยางธรรมชาติ เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลและเชิงความร้อนที่ดีกว่าแต่ความยืดหยุ่นด้อยกว่ายางธรรมชาติ ดังนั้นยางธรรมชาติยังเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจอยู่หากนำมาปรับปรุงสมบัติเพื่อให้สามารถรับแรงได้มากขึ้นและต้านทานการเปลี่ยนรูปได้ดี ซึ่งสามารถทำได้ 3 แนวทางคือ การทำยางวัลคาไนซ์ (vulcanized rubber) การทำยางผสมยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์ (rubber blends) และการทำยางคอมโพสิตจากยางคอมปาวด์ (rubber compound) โดยใส่สารเคมี และตัวเติมลงไปในยาง การผลิตยางวัลคาไนซ์จะทำให้ยางธรรมชาติคงรูปมากขึ้นเนื่องจากการเชื่อมขวางระหว่างโมเลกุลหรือโซ่ของพอลิเมอร์ อย่างไรก็ดียางวัลคาไนซ์ยังมีข้อด้อยด้านสมบัติเชิงกล และเชิงความร้อนอยู่ จากปัญหาข้างต้นการเตรียมคอมโพสิตจากยางธรรมชาติเสริมแรงด้วยอนุภาคขนาดนาโนของซิงค์ออกไซด์ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะและการกระจายตัว จึงเป็นอีก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แนวทางการศึกษาหนึ่งทำให้ทราบประสิทธิภาพในการเสริมแรงของอนุภาคของซิงค์ออกไซด์ในลักษณะต่างๆ

1.2 แนวคิดในการวิจัย

ปัจจุบันมีการศึกษาค้นคว้าวิจัยและพัฒนาวัสดุผสม (composite) เพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพ และสมบัติสูงสุดเพื่อตอบสนองความต้องการในการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ อย่างหลากหลายไม่ว่าจะเป็นด้านโครงสร้างวิศวกรรม ด้านการแพทย์ เครื่องใช้และอุปกรณ์อุปโภคต่างๆ แต่ทั้งนี้การออกแบบวัสดุผสมนั้นยังมีขีดจำกัดการพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้งานในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากวัสดุผสมในบางประเภทนั้นยังต้องอาศัยวัตถุดิบที่มีต้นทุนทางการตลาดสูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการสังเคราะห์นั้นต้องใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อน อีกทั้งยังต้องผ่านการศึกษาออกแบบและควบคุมให้มีสมบัติเฉพาะเจาะจงตามที่ต้องการ เมื่อผลิตออกมาแล้วทำให้ราคาค่อนข้างสูง อีกทั้งความต้องการทางการตลาดนั้นอยู่ในวงจำกัด นอกจากนั้นแล้ววัสดุที่ใช้ในการทำหรือขึ้นรูปเป็นวัสดุผสมบางชนิดอาจส่งผลต่อสภาพแวดล้อมได้เนื่องจากวัสดุผสมในบางชนิดนั้นใช้วัตถุดิบที่มีความเป็นพิษ และต้องใช้เวลาในการย่อยสลายทางธรรมชาติยาวนาน

ยางธรรมชาติเป็นวัตถุดิบธรรมชาติที่น่าสนใจ แต่เนื่องจากมีข้อเสียด้านการทนต่อการทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิสูง การทนต่อการกัดกร่อนของน้ำมันละลาย อีกทั้งถูกออกซิเดชันได้ง่าย โดยหากมีการปรับปรุงสมบัติ 3 แนวทางดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะทำให้สมบัติเชิงกลของยางพาราดีขึ้น โดยเฉพาะการทำยางวัลคาไนซ์ (vulcanized rubber) และการทำยางคอมโพสิตจากยางคอมปาวด์ (rubber compound) ซึ่งจะช่วยทำให้อุตสาหกรรมการผลิตยางธรรมชาติสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น ซึ่งตัวอย่างของการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวัสดุผสมซิงค์ออกไซด์ และวัสดุผสมยางธรรมชาติที่เป็นประโยชน์มีดังต่อไปนี้

ปี ค.ศ. 1999 Zuowan Zhou และคณะ [2] ได้ศึกษาวัสดุผสมของ Tetrapod shaped ZnO Whisker โดยได้ทำการสังเคราะห์ Tetrapod shaped ZnO Whisker ที่มีความบริสุทธิ์สูง และได้ผลผลิตดี (yield of over 95%) ในเวลาการสังเคราะห์ที่สั้น (8-15 นาที) โดยใช้เทคนิคทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับก้อนโลหะสังกะสีที่อุณหภูมิ 500-800^{o}C ภายใต้ความดันบรรยากาศปกติในอัตราส่วนของปริมาตรเตาเผากับปริมาณโลหะสังกะสีที่เหมาะสม ซึ่งเป็นเทคนิคกระบวนการผลิต Tetrapod shaped ZnO Whisker ที่สามารถทำได้ง่ายและประหยัดต้นทุนการผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มาก การศึกษาวัสดุผสมของ Tetrapod shaped ZnO Whisker กับ Chlorobutadiene rubber ตรวจสอบโดย SEM, X-ray diffraction analysis และ microwave absorption ซึ่งจากการศึกษาพบว่าวัสดุผสมให้ผลจาก microwave absorption ที่ดีเยี่ยม การทดสอบ vibration damping test ของวัสดุผสมของ Tetrapod shaped ZnO Whisker กับ polyvinyl chloride (PVC) แสดงถึงการลักษณะการสั่นเฉพาะ (damping characteristics) ของโครงสร้าง Tetrapod shaped ZnO Whisker ที่น่าสนใจ

ปี ค.ศ. 2001 Zuowan Zhou และคณะ [3] ได้ทำการศึกษา strength และ wear resistance วัสดุผสมของยางธรรมชาติที่เสริมแรงด้วย Tetrapod shaped ZnO Whisker โดยได้ทำการนำ Tetrapod shaped ZnO Whisker ไปผ่านกระบวนการเติมสารคู่ควบ (coupling agent) แล้วผสมกับยางธรรมชาติภายใต้กระบวนการผลิตยางธรรมชาติทั่วไป ผลการทดสอบพบว่าค่า tensile strength เพิ่มขึ้นสัมพันธ์ตามปริมาณ Tetrapod shaped ZnO Whisker ที่เพิ่มขึ้น และพบอีกว่ามีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกันในทุกทิศทาง (isotropic) จาก wear test พบว่าวัสดุผสมที่เสริมแรงด้วย Tetrapod shaped ZnO Whisker มีพฤติกรรมทนทานต่อการสึกกร่อนแบบเสียดสี (wear resistance) ที่ดี

ปี ค.ศ. 2003 Biaobing Wang และคณะ [4] ได้ศึกษาอิทธิพลของ Tetrapod shaped ZnO Whisker ต่อ poly (vinylidene fluoride), PVdF ในสถานะเจลของโพลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์ ซึ่งผลของการนำไฟฟ้าของไอออนในวัสดุผสมของ PVdF จะตรวจสอบจาก impedance spectroscopy และจากการศึกษาพบว่า Tetrapod shaped ZnO Whisker ช่วยให้เกิดการเชื่อมต่อและกระบวนการกระจายตัวของผลึกใน PVdF ซึ่งจากปัจจัยนี้ช่วยให้การนำไฟฟ้าของไอออนเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้เกิดความหนืดขึ้นภายในโพลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์ซึ่งไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของไอออน ปริมาณของ Tetrapod shaped ZnO Whisker ที่เหมาะสมที่สุดมีค่าประมาณ 4 Vol% ซึ่งมากกว่าปริมาณวิกฤติ (V_c) ตามทฤษฎีที่คำนวณจาก ideal network channel ส่งผลให้การนำไฟฟ้าของไอออนสูงสุด

ปี ค.ศ. 2007 Suchismita Sahoo และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาผลของอนุภาคขนาดนาโนของซิงค์ออกไซด์ต่อยางธรรมชาติ (NR) และยางไนไตร (NBR) ที่ผ่านการบวนการปรับปรุงสมบัติ โดยได้ทำการสังเคราะห์อนุภาคขนาดนาโนเมตรของซิงค์ออกไซด์โดยวิธีการตกตะกอนและนำไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เผาแคลไซด์ จากผลการตรวจสอบโดยใช้ X-ray diffraction analysis อนุภาคของซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์นั้นยังพบการปนเปื้อน และมีขนาดอนุภาคอยู่ระหว่าง 30-70 นาโนเมตร ที่ค่าเฉลี่ยประมาณ 50 นาโนเมตร สมบัติเชิงกล และสมบัติเชิงกลแบบพลวัต (dynamic mechanical properties) ของซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ขึ้นได้ถูกศึกษาในวัสดุผสมของ NR และ NBR โดยเตรียมเปรียบเทียบกับซิงค์ออกไซด์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตยางธรรมชาติทั่วไป พบว่าจาก rheograph มีค่าทอร์กสูงสุดเพิ่มขึ้นทั้งในวัสดุผสมของ NR และ NBR และจากการตรวจสอบด้วย SEM และ X-ray dot mapping analysis ยังพบการกระจายตัวของอนุภาคซิงค์ ออกไซด์ที่สังเคราะห์ขึ้นในวัสดุผสมดีกว่าซิงค์ออกไซด์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตยางธรรมชาติทั่วไปเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิวจำเพาะของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร การตรวจสอบ tensile strength พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น 80% ใน NR และเพิ่มขึ้น 70% ใน NBR นอกจากนั้นวัสดุผสมทั้งสองยังมีอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะแก้ว (T_g) เพิ่มขึ้น 6^{o}C ทำให้สามารถสรุปได้ว่าอนุภาคขนาดนาโนของซิงค์ออกไซด์ในวัสดุผสมยางธรรมชาติ (NR) และยาง ไนไตร (NBR) ที่ผ่านการบวนการปรับปรุงสมบัติ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสมบัติเชิงกลซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ crosslink ในระหว่างโมเลกุลของยาง

และปี ค.ศ. 2008 Moriyuki Sato และคณะ [6] ได้ทำการการเตรียมและศึกษาวัสดุผสมพอลิเมอร์กับอนุภาคขนาดนาโนเมตรของซิงค์ออกไซด์ควันตัมดอทที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงสมบัติโดยได้เตรียมวัสดุผสมของ poly (methy methacrylate) (PMMA)/ Zinc oxide (ZnO) และ Carbazole polymer (PCEM)/ Zinc oxide (ZnO) ซึ่งประสบความสำเร็จในการเตรียมโดยใช้วิธี atom transfer radical polymerization (ATRP) เริ่มต้นจากการนำกลุ่ม 2-bromo-2-methylpropionyl (BMP) เติมที่ผิวของอนุภาคของซิงค์ออกไซด์ (ZnBM) ซึ่งสามารถทำได้โดยการทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชัน OH (ZnHM) ที่ผิวของซิงค์ออกไซด์ก่อน โดยการเพิ่มหมู่ฟังก์ชัน OH นั้นทำได้จากปฏิกิริยาโซลเจล (solgel reaction) จาก Zinc acetate dehydrate หลังจากนั้นนำอนุภาคของซิงค์ออกไซด์ไปผ่านกระบวนการทรีทเมนต์กับ 2-hydroxypropicnic acid (HPA) ตามลำดับ เมื่อนำ ZnBM ไปทำเป็นวัสดุผสมพบว่าสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุผสม PMMA/ ZnO ดีขึ้นแต่สำหรับ PCEM/ ZnO สมบัติทางความร้อนไม่เปลี่ยนแปลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติโดยการเสริมแรงด้วยอนุภาค Tetrapod shaped ZnO Whisker (T-ZnO) ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะและการกระจายตัวด้วยการเพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะ และการเติมสารคู่ควบยังไม่มีปรากฏมาก่อน ทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาในประเด็นดังกล่าวนี้

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะ และการกระจายตัวของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่มีต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมยางธรรมชาติ
2. เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะ และการกระจายตัวของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ใช้ในการผลิตยางธรรมชาติทั่วไป และอนุภาคซิงค์ออกไซด์เตตราพอดที่มีต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมยางธรรมชาติ

1.4 แผนการดำเนินการ ขอบเขต และวิธีการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ (morphology), ของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ใช้ในการผลิตยางธรรมชาติทั่วไป และอนุภาคซิงค์ออกไซด์เตตราพอด
3. ศึกษาอิทธิพลและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ และ สารลดแรงตึงผิว ต่ออนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ใช้ในการผลิตยางธรรมชาติทั่วไป และอนุภาคซิงค์ออกไซด์เตตราพอด
4. ศึกษาอิทธิพลและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปริมาณสารคู่ควบ ต่ออนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ใช้ในการผลิตยางธรรมชาติทั่วไป และอนุภาคซิงค์ออกไซด์เตตราพอด
5. ตรวจสอบลักษณะเฉพาะและองค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ใช้ในการผลิตยางธรรมชาติทั่วไป และอนุภาคซิงค์ออกไซด์เตตราพอดที่ผ่านกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะ และการกระจายตัวด้วยการใช้เทคนิคต่างๆ เช่น Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Scanning Electron Microscope (SEM) และ X-Ray dot mapping analysis

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. เตรียมวัสดุผสมยางธรรมชาติของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ใช้ในการผลิตยางธรรมชาติทั่วไป และอนุภาคซิงค์ออกไซด์เตตราพอด ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะ และการกระจายตัว

7. ตรวจสอบและเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะวัสดุผสม โดยรูปร่างและการกระจายตัวของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ในวัสดุผสมยางธรรมชาติสามารถตรวจสอบได้จาก SEM และ X-Ray dot mapping analysis สมบัติเชิงกลสามารถวัดค่าได้โดยตรงจากการเทคนิค Tensile test และ Shore type “A” Durometer ส่วนเสถียรภาพเชิงความร้อนอาจตรวจสอบได้จากเทคนิค Thermal Gravimetric Analysis (TGA)

8. รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ อภิปรายและสรุปผล

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา เชิงทฤษฎี/หรือเชิงประยุกต์

1. ทราบถึงผลของปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะ และการกระจายตัวของอนุภาคซิงค์ออกไซด์

2. ทราบถึงอิทธิพลของกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะ และการกระจายตัวของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่มีต่อสมบัติเชิงกล และสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุผสมยางธรรมชาติ

3. ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนต่างๆ ของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่มีอิทธิพลต่อสมบัติเชิงกล และสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุผสมยางธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved