

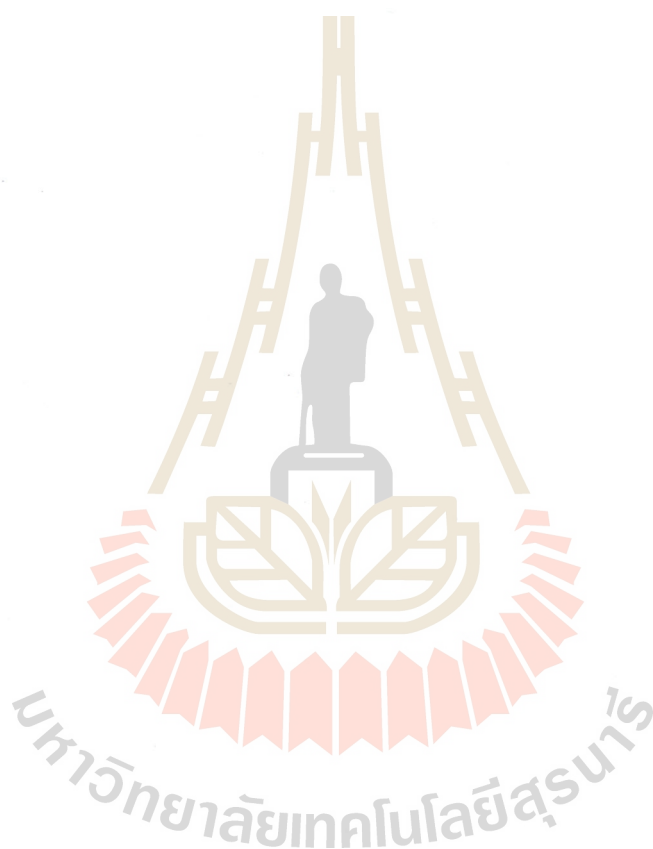
อนุพงศ์ บุญมี : การเตรียมและตรวจสอบนาโนซิลิกาจากเถ้าชานอ้อยเพื่อใช้เป็นสารตัวเติม  
ในยางธรรมชาติ (PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF SILICA  
NANOPARTICLES FROM SUGARCANE BAGASSE ASH FOR USE AS A FILLER  
IN NATURAL RUBBER) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. กษมา จารุกัจฉา,  
117 หน้า.

ในวิทยานิพนธ์นี้เตรียมนาโนซิลิกาจากเถ้าชานอ้อยโดยกระบวนการโซล-เจล ได้นาโนซิลิกาความบริสุทธิ์สูงมีขนาดอนุภาคระหว่าง  $90 \pm 10$  นาโนเมตร ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของนาโนซิลิกายืนยันคุณลักษณะของซิลิกา การวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์บ่งชี้ว่านาโนซิลิกาเป็นอสัณฐาน ในขณะที่เถ้าชานอ้อยแสดงโครงสร้างผลึกของโลหะออกไซด์ที่เหลืออยู่ การอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้อนุภาคนาโนซิลิกาที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะและรูพรุนสูงกว่า เมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยความร้อนทั่วไป

ค่าทอร์กสูงสุดและค่าทอร์กต่ำสุดของยางธรรมชาติคอมโพสิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเพิ่มปริมาณนาโนซิลิกา เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของคอมโพสิต และการลดลงของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโมเลกุลของยางธรรมชาติ เวลาสกรอว์ และเวลาคงรูปของยางธรรมชาติคอมโพสิตเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณนาโนซิลิกา เนื่องจากการดูดซับสารตัวเร่งในกระบวนการเกิดพันธะแบบเชื่อมโยงโดยพื้นผิวของซิลิกา ยางธรรมชาติคอมโพสิตที่เติมนาโนซิลิกาที่อบแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้เวลาการสกรอว์ และเวลาคงรูปนานกว่ายางธรรมชาติคอมโพสิตที่เติมนาโนซิลิกาที่อบแห้งด้วยความร้อน เนื่องจากการมีพื้นที่ผิวที่สูงกว่าของนาโนซิลิกาที่อบแห้งแบบแช่เยือกแข็งนำไปสู่การรบกวนกระบวนการเกิดพันธะแบบเชื่อมโยง ความหนืดมูนิของยางธรรมชาติคอมโพสิตเพิ่มขึ้นตามปริมาณนาโนซิลิกา โมดูลัสและความแข็งแรงของยางธรรมชาติคอมโพสิตเพิ่มขึ้น ในขณะที่การยืดตัว ณ จุดแตกหักลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณนาโนซิลิกา เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรง ความทนทานต่อแรงดึงของยางธรรมชาติคอมโพสิตเพิ่มขึ้นตามปริมาณนาโนซิลิกา ถึง 5 ส่วนในหนึ่งร้อยส่วนของยางธรรมชาติ และลดลงที่ปริมาณนาโนซิลิกาสูงขึ้นเนื่องจากการเกาะกลุ่มกันของนาโนซิลิกา ความทนทานต่อการขัดถูของคอมโพสิตเพิ่มขึ้น เมื่อเติมนาโนซิลิกาจนถึง 3 ส่วนในหนึ่งร้อยส่วนของยางธรรมชาติ และลดลงที่ปริมาณนาโนซิลิกาสูงขึ้น ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงของคอมโพสิตเพิ่มขึ้นตามปริมาณนาโนซิลิกา และลดลงที่ปริมาณนาโนซิลิกา 10 ส่วนในหนึ่งร้อยส่วนของยางธรรมชาติ

การเติมบิส [3-(ไตรเอทอกซีไซลิล) โพรพิล] เตตระซัลไฟด์เป็นสารคู่ควบลงในกับยางธรรมชาติคอมโพสิตเพิ่มค่าทอร์กสูงสุด และค่าทอร์กต่ำสุดของคอมโพสิต เนื่องจากปรับปรุงความเข้ากันได้ดีขึ้นระหว่างนาโนซิลิกาและยางธรรมชาติ เวลาสกรอว์และเวลาคงรูปของยาง

ธรรมชาติคอมพิวเตอร์ที่มีสารคู่ควบไชนเลนส์ดีกว่าของยงธรรมชาติคอมพิวเตอร์ที่ไม่ใส่สารคู่ควบไชนเลน เนื่องจาก การดูดซับสารตัวเร่งที่น้อยลง การปรับปรุงมอดูลัส ความทนทานต่อแรงดึง ความแข็ง ความทนทานต่อการฉีกขาด และความทนทานต่อการขัดถูของคอมพิวเตอร์ เมื่อมีสารคู่ควบไชนเลน เนื่องจาก การเพิ่มขึ้นของการยึดติดระหว่างนาโนซิลิกาและยงธรรมชาติ การใส่สารคู่ควบไชนเลนเพิ่มความหนาแน่นของพันธะเชื่อมขวางของคอมพิวเตอร์ เพราะสารคู่ควบไชนเลนให้บางส่วนของกำมะถันแก่คอมพิวเตอร์ทำให้เพิ่มปริมาณกำมะถันอิสระ



สาขาวิชา วิศวกรรมพอลิเมอร์

ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อนักศึกษา เอกพงศ์ อรุณจิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา กษมา สารภักดิ์

ANUPONG BOONMEE : PREPARATION AND CHARACTERIZATION  
OF SILICA NANOPARTICLES FROM SUGARCANE BAGASSE ASH  
FOR USE AS A FILLER IN NATURAL RUBBER. THESIS ADVISOR :  
ASSOC. PROF. KASAMA JARUKUMJORN, Ph.D., 117 PP.

SILICA NANOPARTICLES/SUGARCANE BAGASSE ASH/NATURAL RUBBER/  
COMPOSITES/SILANE COUPLING AGENT

In this thesis, silica nanoparticles from sugarcane bagasse ash (SBA) were prepared using a sol-gel process. High purity of silica nanoparticles in the size range of  $90\pm 10$  nm were obtained. Fourier transform infrared spectrum of prepared silica nanoparticles confirmed silica characteristics. X-ray diffraction analysis indicated that silica nanoparticles were amorphous while SBA showed a crystalline structure from metal oxide residues. Freeze drying (FD) process provided silica nanoparticles with higher specific surface area and porosity compared to conventional heat drying (HD) process.

Maximum torque (MH) and minimum torque (ML) of natural rubber (NR) composites continuously increased with increasing silica nanoparticle content due to an increment of stiffness of the composites and a reduction of the deformation of NR molecules. Scorch time and cure time of NR composites increased with increasing silica nanoparticle content due to the adsorption of accelerator in vulcanization process by silica surface. FD-silica/NR composites provided longer scorch time and cure time compared to HD-silica/NR composites due to higher active surface area of FD-silica leading to disturbance of the vulcanization process. Mooney viscosity of NR composites increased with silica nanoparticle content. Modulus and hardness of NR composites

were increased while elongation at break was decreased with increasing silica nanoparticle content because of an increase in stiffness. Tensile strength of NR composites increased with silica nanoparticle content up to 5 phr then dropped at higher silica nanoparticle content due to aggregate formation of silica nanoparticles. Abrasion resistance of the composites was enhanced with the incorporation of silica nanoparticle up to 3 phr and declined at higher content of silica nanoparticle. Crosslink density of the composites increased with increasing silica nanoparticle content and decreased at 10 phr of silica nanoparticles.

The incorporation of Bis [3-(triethoxysilyl) propyl] tetrasulfide (Si-69) as a coupling agent into NR composites increased MH and ML of the composites due to the improved compatibility between silica nanoparticles and NR matrix. Scorch time and cure time of the composites with silane coupling agent were shorter than those of the composites without silane coupling agent because of less absorption of accelerator. Modulus, tensile strength, hardness, tear strength and abrasion resistance of the composites were improved with the presence of silane coupling agent because of enhanced adhesion between silica and NR. Incorporating silane coupling agent increased crosslink density of the composites because silane coupling agent donated some of its sulfur to the compound to implicitly raised the amount of free sulfur.

School of Polymer Engineering

Academic Year 2019

Student's Signature Anupong Boonmee

Advisor's Signature Kasama Janyakumjorn