งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของระบบการคงรูปด้วยกำมะถันและชนิดของสารคู่ควบไซเลนต่อสมบัติของยางธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยซิลิกา โดยได้มีการศึกษาประสิทธิภาพในการเสริมแรงของสารคู่ควบไซเลน 2 ชนิดคือ Si-69 (Bis-triethoxysilylpropyl tetrasulfide, TESPT) และ Si-264 (3-Thiocyanatopropyl-triethoxy silane, TCPTS) ในระบบการคงรูป 3 ระบบ คือ ระบบการคงรูปแบบดั้งเดิม (CV) ระบบการคงรูปแบบกึ่งประสิทธิภาพ (Semi-EV) และระบบการคงรูปแบบประสิทธิภาพ (EV) นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารคู่ควบไซเลนต่อสมบัติของยางคงรูปอีกด้วย การผสมยางคอมพาวด์ใช้เครื่องผสมยางแบบปิดโดยใช้สัดส่วนการเติม (Fill factor) เท่ากับ 0.7 ความเร็วโรเตอร์ 40 รอบต่อนาที อุณหภูมิเริ่มต้น 40 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการผสม 12 นาที จากนั้นจึงนำยางคอมพาวด์ไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ เช่น ความหนืดมูนนี่ เวลาในการคงรูปที่เหมาะสม และท้ายสุดก็นำยางคอมพาวด์ไปขึ้นรูปและอบคงรูปเพื่อทดสอบสมบัติต่าง ๆ เช่น สมบัติเชิงกลและสมบัติเชิงพลวัต

จากการศึกษา พบว่า ระบบการคงรูปแบบ Semi-EV จะให้ยางคงรูปที่มีสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับระบบการคงรูปแบบ CV และสูงกว่าระบบการคงรูปแบบ EV ผลการทดลองยังชี้ให้เห็นว่าการเติมสารคู่ควบไซเลนนอกจากจะช่วยปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต (เช่น ลดค่าความหนืดมูนนี่ และเวลาในการคงรูปที่เหมาะสม) แล้ว ยังช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ของยางคงรูปอีกด้วย โดยในระบบการคงรูปแบบ CV และ Semi-EV พบว่า Si-264 จะให้ระดับการเสริมแรงที่สูงกว่า Si-69 เนื่องจาก Si-264 เข้าไปทำปฏิกิริยากับซิลิกาได้ง่ายกว่า ทำให้ซิลิกาแตกตัวได้ดีกว่า รวมทั้งยังทำให้ยางมีความหนาแน่นของการเชื่อมโยงที่สูงกว่าเมื่อเปรียบ

เทียบกับ Si-69 อย่างไรก็ตาม สำหรับระบบการคงรูปแบบ EV กลับพบว่า Si-69 จะให้ระดับของการเสริมแรงที่สูงกว่า Si-264 ทั้งนี้ เนื่องจาก Si-69 สามารถให้กำมะถันแก่ยางในระหว่างการคงรูป (Sulfur contribution effect) นอกจากสมบัติเชิงกลแล้ว สารคู่ควบไซเลนยังช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงพลวัตของยางคงรูปอีกด้วย โดยพบว่า Si-264 จะช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงพลวัตของยางได้ดีกว่า Si-69 (ยางมีค่าความร้อนสะสมและค่า tan δ ต่ำกว่า)

เมื่อพิจารณาผลของปริมาณสารคู่ควบไซเลนต่อสมบัติต่าง ๆ ของยาง พบว่าการเพิ่มปริมาณสารคู่ควบไซเลนจะส่งผลทำให้ยางมีกระบวนการผลิตที่ง่ายขึ้น อย่างไรก็ดี การเติมสารคู่ควบไซเลนลงไปในปริมาณที่มากเกินไป (> 4.5 phr) ก็อาจก่อให้เกิดผลในทางลบต่อสมบัติเชิงกลของยางได้เนื่องจากสารคู่ควบไซเลนส่วนที่มากเกินพอจะส่งผลทำให้ยางนิ่ม (เกิด Plasticizing effect)

ABSTRACT

TE 162974

This research studied the effects of sulfur vulcanization system and silane coupling agent types on properties of silica-filled natural rubber (NR). The reinforcing efficiency of coupling agents was studied using two silane types, Si-69 (Bis-triethoxysilylpropyl tetrasulfide, TESPT) and Si-264 (3-Thiocyanatopropyl-triethoxy silane, TCPTS). The vulcanization systems investigated were conventional (CV), semi-efficient (Semi-EV), and efficient (EV) vulcanization systems. Moreover, the effect of silane loading on properties of rubber vulcanizates was included in this research. The rubber compounds were prepared using an internal mixer with fill factor of 0.7, a rotor speed of 40 rpm, an initial temperature of 40 °C and mixing time of 12 minutes. After mixing, the properties of the rubber compounds were tested, i.e., mooney viscosity, cure characteristic. Finally, forming and vulcanization of rubber compounds were performed for further testing such as mechanical and dynamic properties.

The results revealed that the mechanical properties of silica-filled NR using the Semi-EV system were close to those using CV system and higher than those using EV system. The addition of silane coupling agents could improve not only compound processability (such as lower mooney viscosity and cure time), but also enhance the mechanical properties of the rubber vulcanizates. For CV and Semi-EV systems, Si-264 imparted greater degree of reinforcement than Si-69 and this might be attributed to the combined effects of improved wetting on silica surface, better filler dispersion and higher degree of crosslink density. However, for the EV

system, contrary results were obtained, i.e., Si-69 provided better reinforcement than Si-264. Explanation was given to the effect of sulfur contribution of Si-69 which was dominant only in the EV system. In addition to the mechanical properties, the dynamic properties of the rubber vulcanizates were also improved with the presence of silane coupling agents. In this aspect, Si-264 performed better than Si-69 as it provided rubber vulcanizates with lower heat build up and tan δ.

The effects of silane loading on properties of rubber compounds were also examined and it was found that the higher the silane loading, the better the compound processability. However, at high silane contents (more than 4.5 phr), the poorer mechanical properties were observed due to plasticizing effect from excessive silane coupling agents.