ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการวัลคาไนซ์เซชั่นของยางธรรมชาติคอมปาวด์
ผู้เขียน	นางสาวอารียา มาลากาญจน์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์
ปีการศึกษา	2548

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาสูตรยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมกับยางรองคอสะพาน ยางธรรมชาติที่ใช้ในการศึกษามีทั้งหมด 8 เกรด คือ ยางแท่ง STR 5L ยางแท่ง STR 5CV 60 ยางแท่ง STR 20 ยางแท่ง STR 20CV 60 ยางสกิมแท่ง ยางเครพขาวแท่ง ยางแผ่นผึ่งแห้ง และยางแผ่นรมควันชั้น 3 โดยใช้เครื่องรีโอมิเตอร์ที่อุณหภูมิ 150 ถึง 180 °C เพื่อหาค่าพลังงานกระตุ้นให้เกิดการวัลคาไนซ์และสมมติว่าปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง มีการวัลคาไนซ์ในระบบกำมะถันปกติ เซมิอีวี และอีวี โดยมี N-tert-butyl-2-benzothiazyl sulphenamide (TBBS) เป็นสารตัวเร่ง จากการทดสอบพบว่า ค่าพลังงานการกระตุ้นให้เกิดการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติเกรดต่าง ๆ ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบอีวี มีค่าอยู่ในช่วง 52.20 - 76.36 กิโลแคลอรีต่อโมล ซึ่งมีค่าสูงกว่ายางธรรมชาติที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ (41.42 - 53.85 กิโลแคลอรีต่อโมล) และเซมิอีวี (44.40 - 58.39 กิโลแคลอรีต่อโมล) จากการศึกษาค่าพลังงานกระตุ้นและสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติเกรดต่าง ๆ พบว่ายางแผ่นรมควันชั้น 3 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติมีค่าพลังงานกระตุ้นค่อนข้างต่ำ (45.43 กิโลแคลอรีต่อโมล) และมีสมบัติเชิงกลดี จึงนำมาใช้ศึกษาในการพัฒนาสูตรยางรองคอสะพานเพื่อลดต้นทุนการผลิต ถึงแม้ว่ายางสกิมไม่ทนต่อการถูกออกซิไดซ์ แต่มีความทนต่อแรงดึงและการฉีกขาดดี และมีราคาถูก จึงได้เลือกยางสกิมเป็นส่วนผสมในสูตรยางรองคอสะพานด้วย นำหลักสถิติ Response Surface Methodology มาใช้ออกสูตรยางคอมปาวด์ให้มีสมบัติผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางรองคอสะพาน (มอก.951-2533) โดยศึกษาอิทธิพลของตัวแปร 3 ตัวแปร คือ อัตราส่วนยางแผ่นรมควันต่อยางสกิม ปริมาณกำมะถัน และสารตัวเร่ง TBBS ที่มีผลต่อสมบัติการวัลคาไนซ์และสมบัติเชิงกล ได้สมการเอมไพริคัลแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสามที่มีอิทธิพลต่อสมบัติต่าง ๆ พบว่า สมการและกราฟคอนทัวร์ที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาใช้ได้จริง เนื่องจากสมบัติที่ได้จากการคำนวณโดยใช้หลักสถิติดังกล่าวมีค่าที่แตกต่างจากค่าที่ได้จากการทดลองเพียงเล็กน้อย ยางรองคอสะพานเป็นยางที่มีความหนามาก ($\geq$ 2 นิ้ว) เวลาที่ใช้วัลคาไนซ์จะ

ไม่ใช่เวลาที่ได้จากเครื่องรีโอมิเตอร์ เนื่องจากยางมีสมบัติในการนำความร้อนไม่ดี ดังนั้นเวลาที่ใช้วัลคาไนซ์จริงต้องใช้เวลานานกว่าเวลาที่ได้จากเครื่องรีโอมิเตอร์เพื่อให้ได้ระดับการวัลคาไนซ์ที่ต้องการ จากการคำนวณทำนายระดับการวัลคาไนซ์เพื่อหาระยะเวลาการวัลคาไนซ์ที่เหมาะสมสำหรับชิ้นตัวอย่างหนา 2 นิ้ว โดยใช้สมการการถ่ายเทความร้อนของ Newman พบว่า ค่าระดับการวัลคาไนซ์ที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าการทดลองประมาณ 50 %

Thesis Title	Vulcanization Kinetics Study of Natural Rubber Compound
Author	Miss Areeya Malakarn
Major Program	Polymer Science and Technology
Academic Year	2005

ABSTRACT

Vulcanization kinetics of natural rubber was determined by using a moving die rheometer (MDR) at 150 to 180 °C. NR included STR 5L, STR 5CV60, STR 20, STR 20CV 60, Skim Block, Pale Crepe, Air Died Sheet (ADS) and Ribbed Smoked Sheet (RSS) No. 3. N-tert-butyl-2-benzothiazyl sulphenamide (TBBS) was used as an accelerator and the vulcanization systems were conventional vulcanization (CV), semi-efficient vulcanization (semi-EV) and efficient vulcanization (EV). The activation energy for vulcanization was calculated by assuming that vulcanization was the first-order kinetics. The results indicated that the activation energy of natural rubber vulcanized by EV system was 52.20 - 76.36 kcal/mol, whereas those of the CV system and semi-EV system were 41.42 - 53.85 and 44.40 - 58.39 kcal/mol, respectively. The activation energy and mechanical properties of this study indicated that RSS No. 3 had relatively low activation energy (45.43 kcal/mol) and good mechanical properties. Although the aging resistance of skim rubber is found to be inferior but it had high tensile strength and tear strength, as well as cheap price, therefore RSS No.3/Skim rubber blends were used to develop rubber bridge bearing formulations. Statistical experimental design, Response Surface Methodology, was used to explain the effect of rubber ratio (RSS No.3/ Skim), sulfur and TBBS level on cure characteristics and mechanical properties, and to predict rubber bridge bearing formulations which properties follows TIS 951-2533. Empirical equations and contour plots obtained from multiple linear regression analysis showed that testing results derived from experiment agreed with data derived from calculation. In general, rubber bridge bearing have thickness $\geq$ 2 inch, it is impossible to specify cure time using MDR. It will take very long time to reach a proper state of cure. Hence study of state of cure rubber provides crucial information for processing of thick rubber products. By using the Newman's equation to calculate the state of cure of 2 inch thick

rubber sample, it is observed that the calculated state of cure (degree of vulcanization) was higher than experiment value.