บทคัดย่อ

ยางไนไตรล์ชนิดอิ่มตัวจัดเป็นยางชนิดพิเศษที่มีสมถนะการใช้งานที่สูงเหมาะกับงานประเภทที่ต้องทนต่อน้ำมันและความร้อนสูงต่อเนื่อง ซึ่งรวมถึงงานด้านอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ อย่างไรก็ตาม แม้ว่ายางไนไตรล์ชนิดอิ่มตัวมีสมบัติเชิงกลที่สูง แต่การเสริมแรงยางชนิดนี้ด้วยสารตัวเติมเสริมแรงยังคงมีความจำเป็นทั้งในแง่ของสมบัติเชิงกล สมบัติทนต่อน้ำมันและความร้อนที่ดีขึ้นตลอดจนราคาที่ลดลงของผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางไนไตรล์ชนิดอิ่มตัวนี้เพื่อนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางลูกกลิ้งอุตสาหกรรม (Industrial rolls) ที่เน้นใช้งานในอุตสาหกรรมกระดาษ (Paper mill industry) โดยตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ ชนิดและปริมาณของสารตัวเติมเสริมแรง อันได้แก่เขม่าดำ (ทั้งชนิดระบบเดี่ยวและระบบผสม) ซิลิกา และดินขาวอนุภาคนาโน

ผลการทดลองด้านพฤติกรรมการสุกตัว แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของสมบัติการสุกตัวต่อการใส่เขม่าดำทั้งชนิดระบบเดี่ยวและระบบผสม ในทางตรงกันข้ามการเติมซิลิกาและดินขาวอนุภาคนาโนส่งผลอย่างชัดเจนต่อพฤติกรรมการสุกตัวโดยแสดงปรากฏการณ์การส่งเสริมการสุกตัว (Cure promotion phenomenon) ส่งผลให้มีค่าเวลาไหลตัวหรือเวลาสก็อต (Scorch time) และเวลาการสุกตัว (Optimum cure time) ที่สั้นลงพร้อมกับมีค่าความหนาแน่นพันธะเชื่อมโยงที่สูงขึ้น ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดจากการเกิดโครงสร้างตาข่ายสามมิติระหว่างอนุภาคสารตัวเติมและระหว่างยางกับอนุภาคสารตัวเติม

ในด้านของสมบัติเชิงกล พบว่าการเพิ่มปริมาณสารตัวเติมเสริมแรงส่งผลให้มีค่าความแข็งและมอดูลัสที่สูงขึ้น และเมื่อลดขนาดอนุภาคสารตัวเติมเสริมแรงส่ผลให้มีการเสริมแรงที่ดี แต่มีค่าความร้อนสะสมจากการใช้งานที่สูงผ่านทางกระบวนการฮิสเทอริซิส และเมื่อเปรียบระบบเขม่าดำแบบระบบ

เดี่ยวกับระบบลูกผสม พบว่าระบบผสมให้ความยืดหยุ่นในการออกสูตรยางเพื่อให้ได้สมบัติที่ดีทั้งในแง่สมบัติเชิงกลและเชิงพลวัตได้ดีกว่า ส่วนในกรณีการใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมเสริมแรง พบว่าได้ค่ามอดูลัสที่ความเครียดต่ำสูงมากอันเนื่องมาจากการโครงตาข่ายสามมิติของสารตัวเติมดังที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้ และค่ามอดูลัสดังกล่าวมีค่าลดลงชัดเจนเมื่อความเครียดเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากแตกตัวของโครงร่างตาข่ายสามมิติที่จับกันแบบหลวมผ่านทางอันตรกิริยาระหว่างหมู่ไซลานอลบนผิวซิลิกากับหมู่อะคลิโรไนไตรล์บนยางไนไตรล์ชนิดอิ่มตัวส่งผลให้มีค่าความร้อนสะสมจากการใช้งานที่สูง สำหรับระบบดินขาวอนุภาคนาโนพบผลการทดลองในลักษณะแนวโน้มเดียวกันกับซิลิกาแต่ด้วยความเด่นชัดที่มากกว่าอันเนื่องมาจากปริมาณพื้นผิวที่มากกว่าของดินขาวขนาดอนุภาคนาโน

การปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต (Processability) ในงานนี้ สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยอาศัยการใช้สารประเภทไตรเมธิโลโพรเพน ไตรเมธาไครเลท (Trimethylolpropane trimethacrylate;TRIM) ซึ่งนอกจากให้สมบัติด้านการไหลที่ดีแล้วยังไม่ส่งผลเสียต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ได้ภายหลักการสุกตัว ซึ่งเหนือกว่าการใช้ซิงค์ไดอะคลิเลท (zinc diacrylate; ZDA) และไตรออกทิล ไทรมิลลิเอท (Trioctyl trimellitate; TOTM)

คำสำคัญ: การเสริมแรง; สมบัติหยุ่นหนืด; เขม่าดำ; ความร้อนสะสมจากการใช้งาน;
ยางไนไตรล์ชนิดอิ่มตัว

Abstract

Hydrogenated acrylonitrile butadiene rubber (HNBR) is a high-performance rubber specifically used in applications where high resistances to hydrocarbon oil and thermal ageing are required. Consequently, HNBR is widely adopted in automotive, industrial, and performance-demanding applications [1,2]. Despite its high mechanical properties, further reinforcement with the uses of reinforcing fillers is still of interest in order to gain the HNBR vulcanisates having excellent mechanical properties, oil resistance and thermal ageing resistance in conjunction with reduced production cost in some circumstances. The present work deals with the development of HNBR vulcanisates to be used for manufacturing the industrial rolls for paper mill application. Parameters to be investigated include types and loadings of reinforcing fillers, namely, carbon black (single and hybrid systems), precipitated silica and organoclay.

Results of cure behaviour show that there is only small alteration in cure characteristics by the addition of carbon black either single or hybrid system. By contrast, in the cases of precipitated silica and organoclay, the cure promotion phenomenon is observed leading to decreases in scorch and optimum cure time with the increase in crosslink density. The formation of transient filler network via filler-filler and rubber-filler interactions is believed to be responsible for the cure promotion effect.

In the cases of mechanical properties, the increase in filler loading gives rise to the increase in modulus and hardness as expected. The smaller the filler size, the greater the reinforcement magnitude, and the poorer the heat-build up via hysteretic process. Compared with single system, the hybrid systems of carbon blacks provide more flexibility in balancing the mechanical and dynamic mechanical properties. With the use of precipitated silica, the modulus increases sharply particularly at low deformation strain which could be explained by the high magnitude of transient filler network caused by the interaction between silanol groups of silica aggregates and acrylonitrile groups of HNBR as well as between silica aggregated themselves. However, at high strain, such transient network could be disrupted leading to the high magnitude of hysteresis loss and thus heat-build up. This circumstance is more pronounced in organoclay than precipitated silica due to the greater surface area.

In order to enhance processability in this work, the use of Trimethylolpropane trimethacrylate (TRIM) is found to offer good processability with minimal reduction in modulus of vulcanisates, as compared with the zinc diacrylate (ZDA) and Trioctyl trimellitate (TOTM).

Key words: Reinforcement; Viscoelastic properties; Carbon black; Heat buildup;

Hydrogenated nitrile rubber