

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการตัดพันธะเชื่อมโยงก้ำมะถันของผลิตภัณฑ์ยางที่เตรียมจากยางธรรมชาติ (STR20) ยางธรรมชาติเติมเขม่าดำ (STR20CB) และหน้ายางรถบรรทุก (TIR) โดยการแช่ในกรดไนตริกเข้มข้น 40% (v/v) ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง พบว่าปริมาณพันธะเชื่อมโยงที่วิเคราะห์ได้จากวิธีการบวมตัวของผลิตภัณฑ์ยางหลังการตัดพันธะเชื่อมโยงก้ำมะถันทางเคมีมีค่าลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ยางที่เตรียมโดยใช้ระบบวัลคาไนเซชันแบบ CV (conventional vulcanization) จะมีประสิทธิภาพในการตัดพันธะเชื่อมโยงทางเคมีได้มากกว่าผลิตภัณฑ์ยางที่เตรียมโดยใช้ระบบวัลคาไนเซชันแบบ EV (efficient vulcanization) นอกจากนี้ยังพบว่าเขม่าดำทำหน้าที่เป็นตัวเร่งในกระบวนการตัดพันธะเชื่อมโยงก้ำมะถันทั้งทางความร้อนในขณะขึ้นรูป และทางเคมีที่ใช้กรดไนตริก จากผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณก้ำมะถันในผลิตภัณฑ์ยางหลังการตัดพันธะเชื่อมโยงก้ำมะถันโดยใช้เทคนิค XANES พบการลดลงของพื้นที่ใต้พีคของพันธะเชื่อมโยงก้ำมะถันซึ่งปรากฏที่พลังงานโฟตอนที่ 2471 eV และการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใต้พีคของหมู่ซัลโฟเนต และหมู่ซัลเฟต ซึ่งปรากฏที่พลังงานโฟตอนที่ 2478 eV และ 2481 eV ตามลำดับ นอกจากนี้จากผลจากการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค solid state ^{13}C -NMR spectroscopy พบว่ามีการลดลงของพื้นที่ใต้พีคของพีคที่ 14.5 ppm ซึ่งแสดงถึงพันธะเชื่อมโยงก้ำมะถันแบบพอลิซัลไฟดิก และพบการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใต้พีคของพีคที่ 16.5 ppm ซึ่งแสดงถึงพันธะเชื่อมโยงก้ำมะถันแบบพอลิซัลไฟดิก และ/หรือแบบสายโซ่ภายในโมเลกุล และพื้นที่ใต้พีคของพีคที่ 40.7 ppm ซึ่งแสดงถึงพันธะเชื่อมโยงแบบมอนอซัลไฟดิก จะเห็นได้ว่าสารละลายกรดไนตริกตัดเฉพาะพันธะเชื่อมโยงก้ำมะถันแบบพอลิซัลไฟดิกแต่ไม่ตัดพันธะเชื่อมโยงก้ำมะถันแบบมอนอซัลไฟดิก จากการศึกษาสมบัติทางความร้อน พบว่าอุณหภูมิการสลายตัว (T_d) ซึ่งวัดโดยใช้ TGA ของยางธรรมชาติหลังการตัดพันธะเชื่อมโยงมีค่าลดลงเล็กน้อย ในขณะที่อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ซึ่งวัดโดยใช้ DSC และ DMA ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับค่า T_d และค่า T_g ของยางก่อนการตัดพันธะเชื่อมโยง การเติมผลิตภัณฑ์ยางที่ผ่านการตัดพันธะเชื่อมโยงก้ำมะถันในผลิตภัณฑ์ยางที่เติมเขม่าดำมีผลทำให้ความร้อนสะสมและสมบัติเชิงกลมีค่าต่ำลงเมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากผลิตภัณฑ์ยางเติมเขม่าดำเพียงอย่างเดียว

This research work concentrated on devulcanization of rubber products prepared from natural rubber (STR20), carbon black-filled natural rubber (STR20CB) and tire (TIR) using 40% (v/v) aqueous solution of nitric acid at ambient temperature for 1 h. It was found that the decrease of crosslink density determined using swelling method was observed after chemical devulcanization. Especially, rubber products prepared from CV (conventional vulcanization) system was devulcanized via chemical oxidation more efficiently than that prepared from EV (efficient vulcanization) system. Moreover, carbon black was found to play a role as an accelerator for devulcanization processes of both thermal oxidation during molding and chemical oxidation using nitric acid. The results from XANES measurements clarified that the peak area at photon energy of 2472 eV corresponding to total sulfidic crosslinks present in the rubber products decreased whereas the peak area at 2478 eV and 2481 eV corresponding to sulfonate groups and sulfate groups, respectively, decreased. Besides, the solid state ^{13}C -NMR showed the decrease in peak area of polysulfidic crosslink at chemical shift of 14.5 ppm and the increases in peak area of polysulfidic crosslink and/or cyclic crosslink at chemical shift of 16.5 ppm and monosulfidic crosslink at chemical shift of 40.7 ppm. These indicated that the polysulfidic crosslink was chemically devulcanized but not the monosulfidic crosslink. From thermal property study using TGA, it was found that decomposition temperatures (T_d) of chemically devulcanized rubber products slightly decreased, while glass transition temperatures (T_g) determined using DSC and DMA techniques did not change as compared to those before devulcanization. The addition of devulcanized rubber in carbon black-filled rubber products caused lower heat build-up but decreased the mechanical properties in comparison to those of STR20CB.