

**DEVELOPMENT OF PETROLEUM INDUSTRY BYPRODUCT  
SULFUR TO BE USED IN RUBBER VULCANIZATION**



**PATHOMPONG PANGAMOL**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR  
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY  
(POLYMER SCIENCE AND TECHNOLOGY)  
FACULTY OF GRADUATE STUDIES  
MAHIDOL UNIVERSITY**

**2014**

**COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY**

**DEVELOPMENT OF PETROLEUM INDUSTRY BYPRODUCT SULFUR TO BE USED IN RUBBER VULCANIZATION**

PATHOMPONG PANGAMOL 5437830 SCPO/D

Ph.D. (POLYMER SCIENCE AND TECHNOLOGY)

THESIS ADVISORY COMMITTEE: CHAKRIT SIRISINHA, Ph.D., PONGDHORN SAE-OUI, Ph.D., SUPA WIRASATE, Ph.D.

**ABSTRACT**

In this research, the chemical structure of petroleum-based sulfur received from IRPC Plc. Co., Ltd. was investigated using various characterization techniques. Moreover, efficiency of petroleum-based sulfur as vulcanizing agent in 3 types of rubber matrices (i.e., NR, SBR, and NBR) was examined and compared with commercial natural-based sulfur and commercial petroleum-based sulfur coming from various manufacturers. Finally, in order to add value to the IRPC petroleum-based sulfur, a masterbatch of sulfur with TDAE oil as carrier was developed and then determined for its properties after being used in different rubber matrices. Enhancement in sulfur dispersion was focused and compared with uncoated petroleum-based sulfur.

The results measured from various techniques such as FT-IR, TGA, DSC, XRD, XRF, and XANES revealed that the chemical structure of petroleum-based sulfur possesses similarity to that of commercial natural-based sulfur with rhombic structure. Furthermore, the sulfur content of the petroleum-based sulfur was analogous compared with that of the commercial natural-based sulfur. The apparent quantity was approximately 97% as determined by SEM-EDX technique.

As a vulcanizing agent in different rubbers, the processability, mechanical properties, and dynamic properties of rubbers incorporated with the petroleum-based sulfur remained comparable to those incorporated with both the commercial natural-based and petroleum-based sulfurs. As a result, the petroleum-based sulfur received from IRPC Plc. Co., Ltd. possessed potential utilization as the vulcanizing agent in rubber as substitution for the commercial natural-based sulfurs.

Finally, the TDAE oil was used to coat the petroleum-based sulfur as dispersing agent. The ratio of sulfur:oil was kept constant at 80:20 %wt. The obtained results revealed the enhancement in dispersion of sulfur in rubber matrices. The crosslink density was increased leading to improvement in mechanical properties of vulcanizates whereas the processability remained unchanged. Therefore, development of TDAE oil-coated petroleum-based sulfur as a new product for the rubber industry is possible, which would be beneficial to IRPC Plc. Co., Ltd. as manufacturer of the TDAE oil and the petroleum-based sulfur.

**KEY WORDS:** SULFUR / VULCANIZATION / RUBBER / PETROLEUM /  
MECHANICAL AND DYNAMIC PROPERTIES

204 pages

การพัฒนากำมะถันที่เป็นผลิตภัณฑ์เหลือใช้จากกระบวนการกลั่นปิโตรเลียมในอุตสาหกรรมยาง  
DEVELOPMENT OF PETROLEUM INDUSTRY BYPRODUCT SULFUR TO BE USED IN  
RUBBER VULCANIZATION

ปฐมพงศ์ พันธุ์กมล 5437830 SCPO/D

ปร.ด. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ชาคริต สิริสิงห, Ph.D., พงษ์ธร แซ่อูย, Ph.D., สุภา วิเศษฐ์, Ph.D.

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาโครงสร้างทางเคมีของกำมะถันที่เป็นผลิตภัณฑ์เหลือใช้จากกระบวนการกลั่นปิโตรเลียมจากบริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) ด้วยเทคนิคต่างๆ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาสมบัติของกำมะถันจากปิโตรเลียมเมื่อถูกใช้เป็นสารเชื่อมขวางในยาง 3 ชนิด (ยางธรรมชาติ, ยางเอสปีอาร์, และยางไนไตรล์) โดยเปรียบเทียบกับกำมะถันจากธรรมชาติและกำมะถันที่มาจากกระบวนการกลั่นปิโตรเลียมที่ขายในท้องตลาดจากหลากหลายผู้ผลิต ทำที่สุด ได้ทำการศึกษาพัฒนากำมะถันจากปิโตรเลียมโดยเคลือบด้วยน้ำมันทีดีเออี (TDAE oil) เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายตัวของกำมะถันในยาง และทำการศึกษาสมบัติของกำมะถันดังกล่าวที่ทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมขวางเปรียบเทียบกับกำมะถันที่ไม่ได้ทำการเคลือบด้วยน้ำมันทีดีเออี

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น FTIR, TGA, DSC, XRD, XRF, และ XANES พบว่ากำมะถันจากปิโตรเลียมมีโครงสร้างทางเคมีเหมือนกันกับกำมะถันที่ขายในท้องตลาดคือ โครงสร้างแบบบรอมบิก นอกจากนี้ ปริมาณของกำมะถันจากปิโตรเลียมก็มีปริมาณใกล้เคียงกันกับกำมะถันที่ขายในท้องตลาดคือประมาณ 97% ซึ่งวัดได้จากเทคนิค SEM-EDX

ในการทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมขวางในยางแต่ละชนิด พบว่าสมบัติการขึ้นรูป สมบัติเชิงกล และสมบัติเชิงพลวัตของยางที่ใช้กำมะถันจากปิโตรเลียมเป็นสารเชื่อมขวาง มีค่าใกล้เคียงกันกับสมบัติของยางที่ใช้กำมะถันที่ขายในท้องตลาด (ทั้งกำมะถันจากธรรมชาติและกำมะถันจากปิโตรเลียม) เป็นสารเชื่อมขวาง จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า กำมะถันจากปิโตรเลียมของบริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) มีศักยภาพเพียงพอที่จะใช้ทดแทนกำมะถันเชิงการค้าชนิดอื่นในฐานะที่เป็นสารเชื่อมขวางในอุตสาหกรรมยางได้

ในส่วนท้าย ได้ทำการศึกษากำมะถันจากปิโตรเลียมที่เคลือบด้วยน้ำมันทีดีเออีเพื่อเป็นสารช่วยในการกระจายตัวในยาง โดยสัดส่วนของกำมะถันต่อน้ำมันที่ใช่คือ 80:20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ผลการทดลองพบว่า การกระจายตัวของกำมะถันในยางดีขึ้นและความหนาแน่นเชื่อมขวางเพิ่มขึ้น ทำให้คุณสมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์สูงขึ้น ในขณะที่สมบัติการขึ้นรูปไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นการพัฒนากำมะถันจากปิโตรเลียมเคลือบด้วยน้ำมันทีดีเออี เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ในอุตสาหกรรมยางสามารถทำได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อบริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) อย่างยิ่ง ในฐานะผู้ผลิตทั้งกำมะถันจากปิโตรเลียมและน้ำมันทีดีเออี