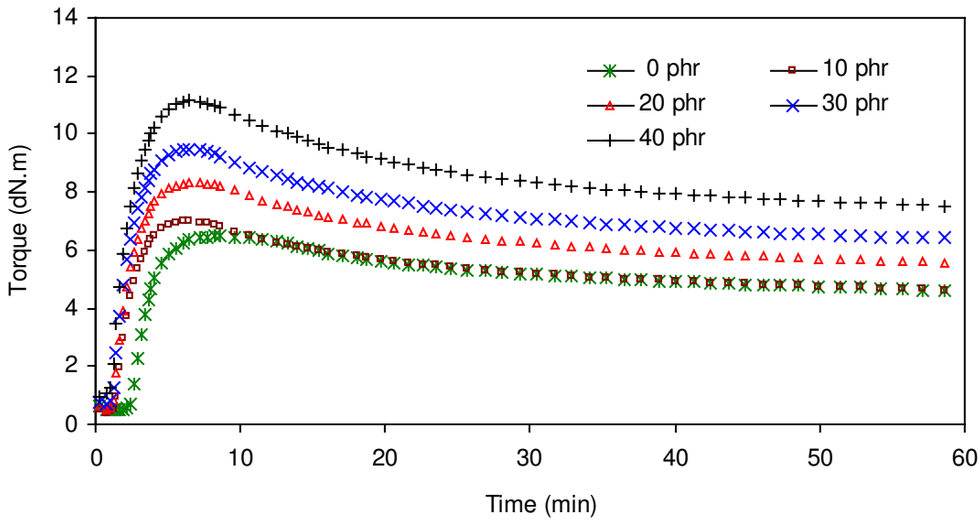
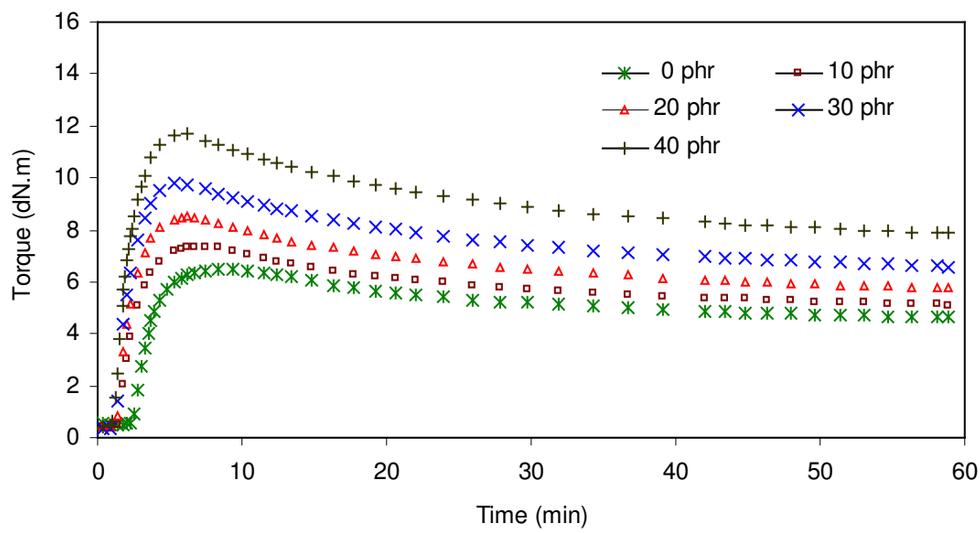
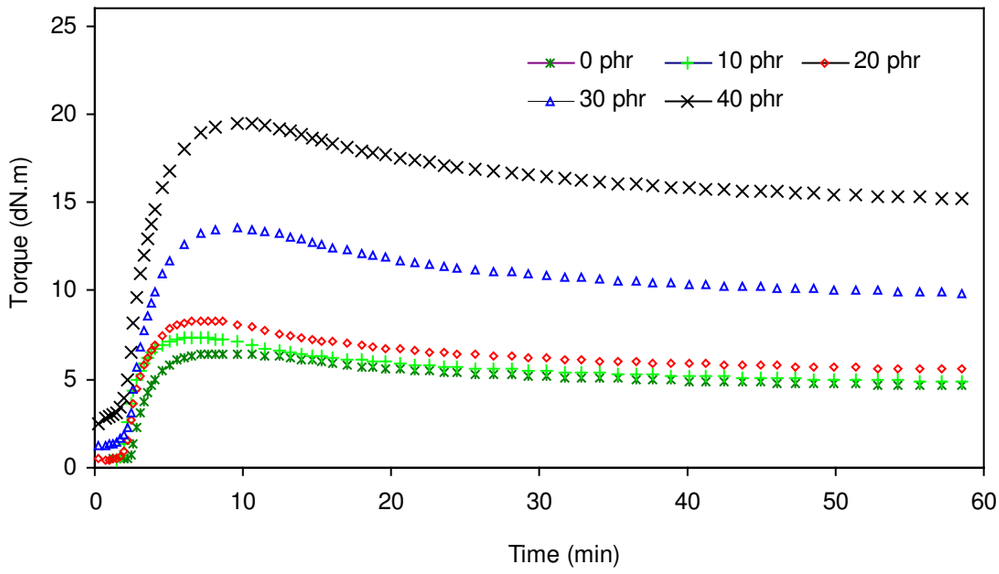
ภาคผนวก ก. กราฟแสดงลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติและยางผสม



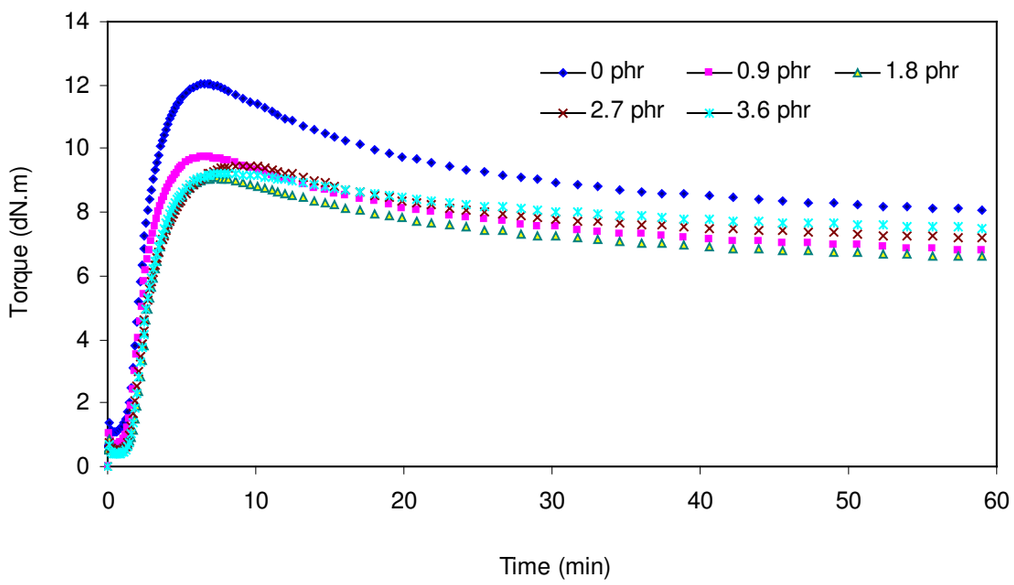
รูป ก.1 ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางที่ใช้เขม่าดำเกรด N220 ที่อุณหภูมิ 160 ^{o}C เวลา 60 นาที



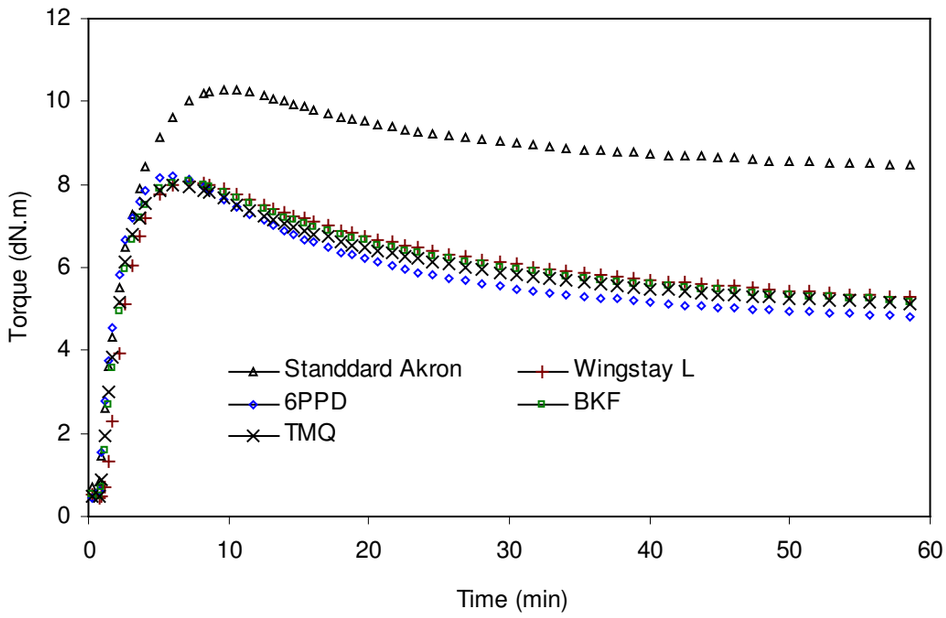
รูป ก.2 ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางที่ใช้เขม่าดำเกรด N330 ที่อุณหภูมิ 160 ^{o}C เวลา 60 นาที



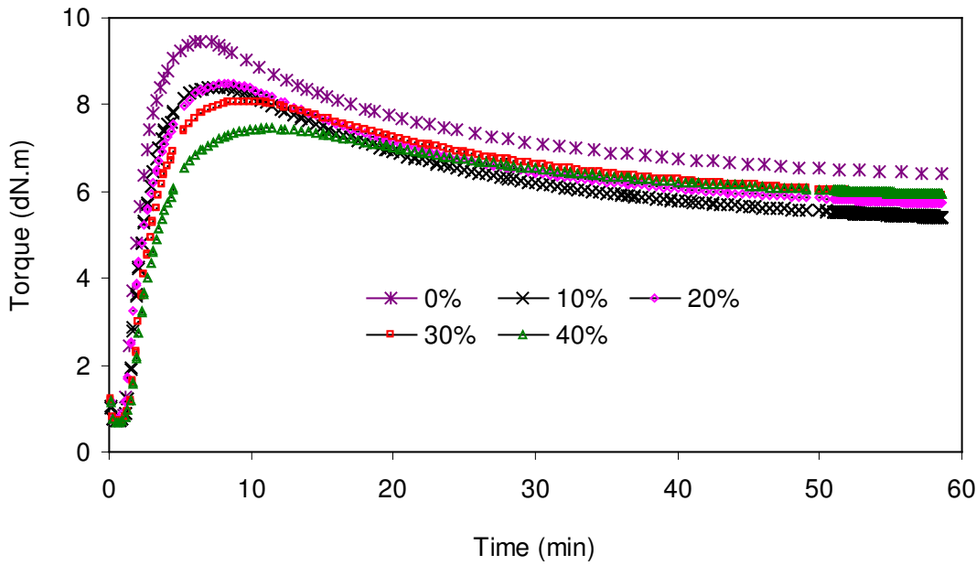
รูป ก.3 ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางที่ใช้สารตัวเติมซิลิกาเกรด Hi-Sil 233 ที่อุณหภูมิ 160 °C เวลา 60 นาที



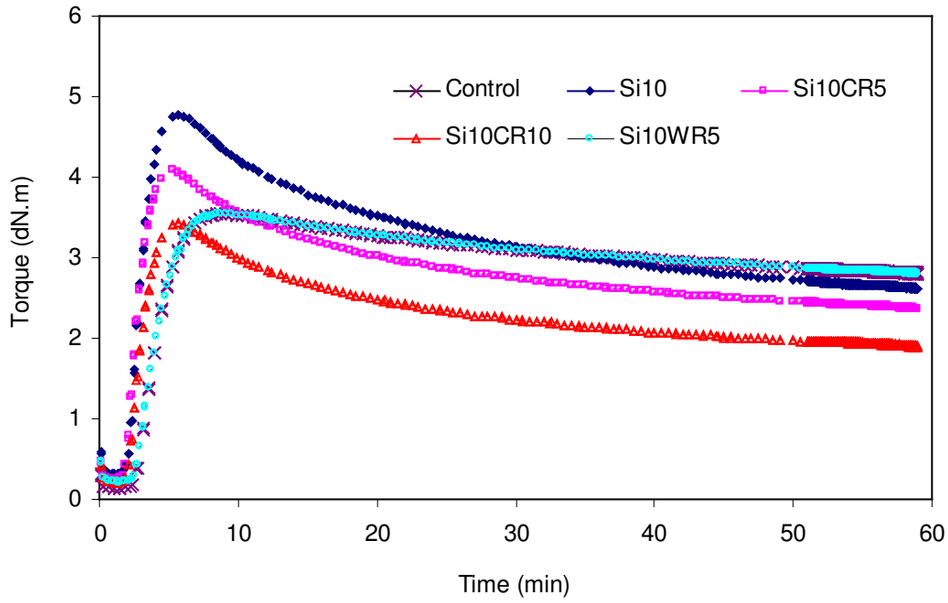
รูป ก.4 ลักษณะการวัลคาไนซ์ ของยางที่ใช้ไซเลนปริมาณต่างๆ ที่อุณหภูมิ 160 °C เวลา 60 นาที



รูป ก.5 ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางที่ใช้สารป้องกันยางเสื่อมชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 160 °C เวลา 60 นาที



รูป ก.6 ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางที่ใช้สัดส่วนยาง EPDM/NR ที่อุณหภูมิ 160 °C เวลา 60 นาที



รูป ก.7 ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางที่ใช้ชนิดและปริมาณสารเพิ่มความเหนียว (Tackifier) ต่างชนิดกันที่อุณหภูมิ 160 °C เวลา 60 นาที

ผลของชนิดและปริมาณสารตัวเติมต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติการยึดติดกับผ้าใบของยางธรรมชาติวัลคาไนซ์

EFFECT OF TYPE AND AMOUNT OF FILLERS ON PHYSICAL AND ADHESION PROPERTIES OF VULCANIZED NATURAL RUBBER

มงคลชัย เชนรัมย์ และ ชลดา เลวิส
Mongkonchai Chainrum and Chonlada Lewis*
*Polymer Science Program, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkla 90112 Thailand. e-mail address: Chonlada.l@psu.ac.th

บทคัดย่อ: ทำการศึกษาอิทธิพลของสารตัวเติมชนิด เขม่าดำเกรด N220 และ N330 สารตัวเติมซิลิกาเกรด Hi Sil-233 ปริมาณ 10, 20, 30 และ 40 ส่วนต่อยางร้อยส่วน ต่อสมบัติทางกายภาพของยางวัลคาไนซ์ และ สมบัติการยึดติดกับผ้าฝ้าย และผ้าไนลอน โดยผสมยางกับสารเคมีด้วยเครื่องบดยาง 2 ลูกกลิ้ง วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ แล้วเตรียมเป็นชิ้นทดสอบด้วยเครื่องอัดเบ้า และ ทดสอบสมบัติความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาด ความทนทานต่อการบ่มเร่ง ความทนทานต่อโอโซน ความทนทานต่อการหักงอ ความทนทานต่อการขยายตัวของรอยแตก ความทนทานต่อการสึกหรอ และ ความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางกับผ้าใบ ผลการทดสอบพบว่า ความทนทานต่อแรงดึงของยางที่ใช้ N220 มากกว่า N330 และ Hi Sil-233 ตามลำดับ ความทนต่อแรงดึงภายหลังการบ่มเร่ง และ ความทนทานต่อการฉีกขาดของยางที่ใช้ Hi Sil-233 มากกว่า N220 และ N330 ความทนต่อการสึกหรอที่ปริมาณสารตัวเติม 10 และ 20 phr ของยางที่ใช้ Hi Sil-233 มากกว่า N220 และ N330 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณสารตัวเติมเป็น 30 ถึง 40 phr ยางที่ใช้ N220 มากกว่า N330 และ Hi Sil-233 ความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางกับผ้าฝ้ายของยางที่ใช้ Hi Sil-233 มากกว่า N330 และ N220 ตามลำดับ แต่การยึดติดระหว่างยางกับผ้าฝ้ายลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณของสารตัวเติม การใช้ไซเลนเป็นสารช่วยยึดติดระหว่างยางกับซิลิกา พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณไซเลนจาก 0.9, 1.8, 2.7 และ 3.6 phr ทำให้ความทนต่อแรงดึง และ ความทนต่อการฉีกขาดดีขึ้น แต่ความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางกับผ้าฝ้ายลดลง เมื่อใช้ผ้าใบชนิดผ้าไนลอนการยึดติดกับยางจะดีกว่าผ้าฝ้าย แต่ถ้าทากาวยางลงบนผ้าฝ้าย ก่อนที่จะเคลือบยางคอมเปาด์จะทำให้การยึดติดระหว่างยางกับผ้าฝ้ายให้ผลใกล้เคียงกับผ้าใบไนลอน

Abstract: The effect of carbon black (N220 and N330) and silica (Hi Sil-233) with various amount of 10, 20, 30 and 40 phr on physical properties of vulcanized rubber and adhesion properties with cotton and nylon fabric were investigated. The chemicals and rubber were mixed by a two-roll-mill and vulcanized with conventional sulphur system. Samples were prepared by compression molding. Properties were tested: tensile strength, tear strength, ageing resistance, ozone resistance, flex cracking resistance, crack growth resistance, abrasion resistance and adhesion strength between rubber to fabric (Peel test). It was found that tensile strength of rubber with N220 was greater than N330 and Hi Sil-233, respectively. The tensile strength after ageing and tear strength of rubber with Hi Sil-233 was higher than N220 and N330, respectively. The abrasion resistance of rubber with 10 and 20 phr Hi Sil-233 was higher than N220 and N330 at the same amount respectively. However, at higher amounts of filler (30 and 40 phr), N220 gave higher abrasion resistance than N330 and Hi sil-233, respectively. Adhesion strength between rubber with Hi Sil-233 and cotton fabric was higher than those with N330 and N220, respectively. However, the adhesion strength decreased with an increase in amount of filler. An increase in amount of silane coupling agent 0.9-3.6 phr, when using Hi Sil-233 at 30 phr, was found to increase tensile strength and tear strength, but decreased the adhesion strength to cotton fabric. Adhesion strength between the rubber and nylon fabric was also measured and found to be higher than those with cotton fabric. However coating rubber adhesive on cotton fabric resulted in similar adhesion strength to the nylon fabric.

Introduction: Thailand is the world's largest producer of natural rubber. Production in 1993 was 1,484,000 tons earning 29,183 million baht. A majority of rubber products are exported in their raw form such as

Technically Specified Rubbers: STR, RSS, Skim Block, ADS, Crape, and Concentrate Latex. Exports account for 90 percent of natural rubber production. The remaining 10 percent is utilized by local manufactures. While, Thailand must import rubber products from abroad in amounts of 15,683 million baht; Thailand can process products from natural rubber to use in the country and export so as to increase income. Furthermore, national production promotes people with more jobs. The aim of this investigation is to study the effect of fillers and amount of silane coupling agent on physical and adhesion properties to fabrics in rubber coated fabric industry.

Methodology: Mixing the rubber compounds was carried out by two-roll-mill. Vulcanization time of each compound was determined by using a Moving Die Rheometer. The compounds were subsequently cured in a compression mould at 150 ^{o}C in a hydraulic press to from test pieces for measuring the technical properties of the rubber. The tested properties were tensile strength (ASTM D412-98), tear strength (ASTM D624), ageing resistance (ASTM D573-99), ozone resistance (ASTM D1149-99), flex cracking resistance (ASTM D430-73), crack growth resistance (ASTM D813-59), abrasion resistance (BS 903) and adhesion strength between rubber to fabric (ASTM D1876-72)**.**

Table 1. Formulation studying the effect of silica.

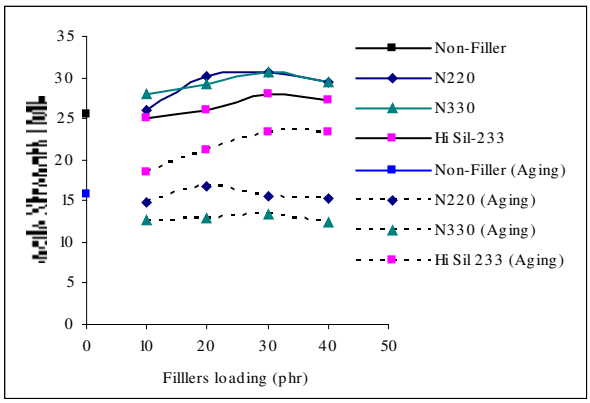
Compound	phr
RSS # 3	100
Sulphur	2.5
Stearic acid	2
Zinc Oxide	5
Hi Sil-233	10, 20, 30, 40
CBS	1
6PPD	1
Silane	3% of silica
PEG 4000	6% of silica
Paraffin Wax	1

Table 2. Formulation studying the effect of carbon black

Compound	phr
RSS# 3	100
Sulphur	2.5
Stearic acid	2
Zinc Oxide	5
CBS	1
N220, N330	10, 20, 30, 40
6PPD	1
Paraffin Wax	1
Spindle Oil	6% of N220

For table 1, silane coupling agent was used with varying amounts of silane 0.9, 1.8, 2.7 and 3.6 phr, selected filler of Hi Sil-233 amount 30 phr. In addition, an antioxidant was used with varying types of antioxidant 6PPD, TMQ, Wingstay-L, and Vulcanox BKF, selected filler of Hi Sil-233 amount 30 phr and silane coupling agent 0.9 phr.

Results, discussion and conclusions:



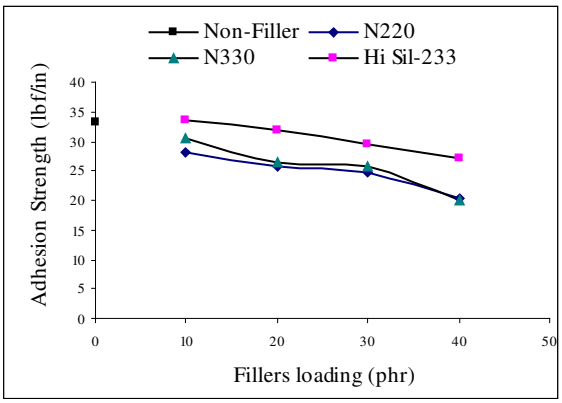


Fig 1. Tensile strength of rubber with N220, N330 and Hi Sil-233. **Fig 2.** Adhesion strength of rubber with N220, N330 and Hi Sil- 233.

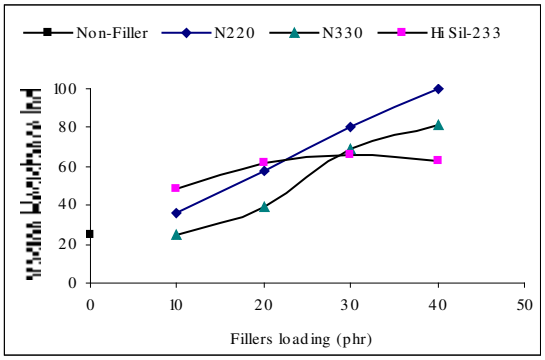


Fig 3. Abrasion resistance of rubber with N220, N330 and Hi Sil-233.

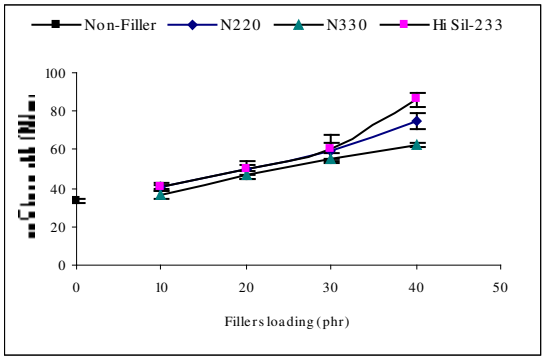


Fig 4. Tear strength of rubber with N220, N330 and Hi Sil-233.

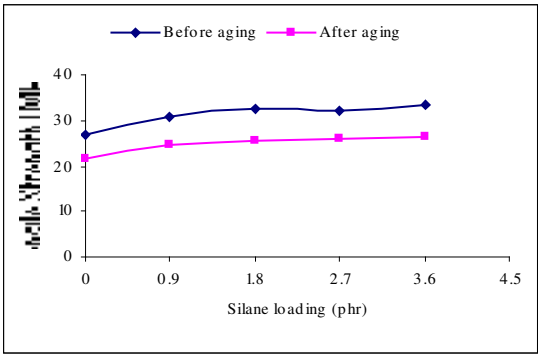


Fig 5. Tensile strength of rubber with silane coupling agent.

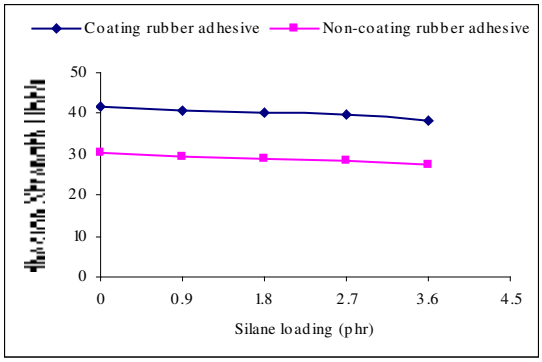


Fig 6. Adhesion strength of rubber with silane coupling agent to cotton.

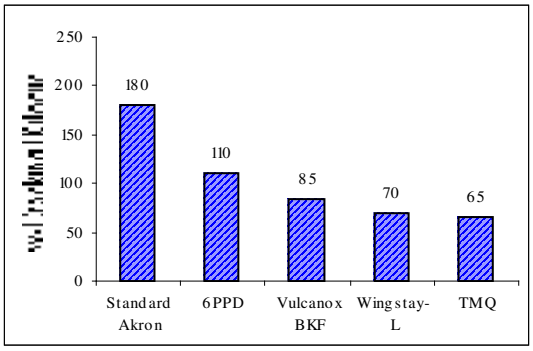


Fig 7. Flex-Cracking of rubber when varying type of antioxidants.

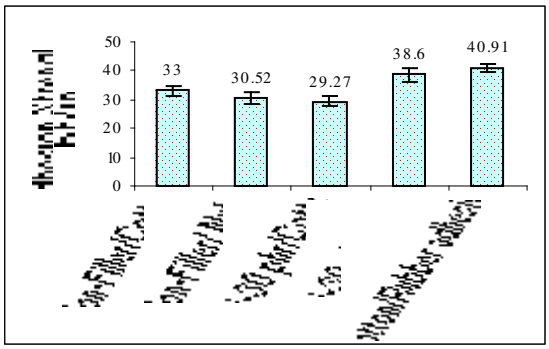


Fig 8. Adhesion strength between rubber to nylon and cotton fabric.

With various studied formulations and properties (Fig.1-8), it was found that using 30 to 40 phr of silica, 2.7 to 3.6 phr of silane coupling agent and wingstay-L as an antioxidant produced products with good tensile strength. 30 to 40 phr of carbon black N220 or N330 and 6PPD as an antioxidant resulted in good tensile strength, abrasion resistance flex-cracking resistance rubber products. Silica and 6PPD or vulcanox BKF antioxidant can be used for good aging and ozone resistance. Good adhesion strength between the rubber and nylon fabric were found when using silica as a filler. Adhesion strength between the rubber and nylon fabric was also measured and found to be higher than cotton fabric. However coating natural rubber adhesive on cotton fabric resulted in similar adhesion strength to the nylon fabric. Finally, coated rubber adhesion on cotton fabric can be applied to increase adhesion strength between the rubber and the fabric.

References

[1]. Morin, B.G., et al. 2002. *Textile/rubber composites*. U.S. Patent. 6497954. Dec. 24, 2002.

[2]. Li, S., et al. 2000. *Composition for promoting adhesion between rubber and textiles.* U.S. Patent. 6046262. Apr. 4, 2000.

[3]. Sakar, P.P., et al. 1989. *Studies on adhesion between rubber and fabric and rubber and rubber in heat resistant conveyor belt.* International Journal of Adhesion and Adhesive, 9(1): 26-32.

Keywords: filler, rubber adhesion, rubber coated fabric, NR