

**A STUDY OF TEMPERATURE CYCLING EFFECT ON THE  
VISCOELASTIC BEHAVIOUR OF NATURAL RUBBER**

**CHULEEKORN TANGJAI**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
(POLYMER SCIENCE AND TECHNOLOGY)  
FACULTY OF GRADUATE STUDIES  
MAHIDOL UNIVERSITY  
2004**

**ISBN 974-04-5289-2  
COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY**

การศึกษาสมบัติการหยุ่นหนืดของยางธรรมชาติภายใต้สภาวะการขึ้นลงของอุณหภูมิอย่างป็นวัฏจักร (A STUDY OF TEMPERATURE CYCLING EFFECT ON THE VISCOELASTIC BEHAVIOUR OF NATURAL RUBBER)

ชุลีกร ตั้งใจ 4436295 SCPO/M

วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ชูเดช ดีประเสริฐกุล, Ph.D., กฤษฎา สุชีวะ, Ph.D.,  
ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์, Ph.D.

บทคัดย่อ

ปัจจุบันยางได้นำไปใช้งานทางด้านวิศวกรรม โดยนำไปใช้งานทางด้านการรับแรงทางพลศาสตร์ ซึ่งสามารถเห็นได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น ยางรองคอสะพาน และ ยางที่เป็นส่วนประกอบยานยนต์ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในสภาวะการขึ้นลงของอุณหภูมิอย่างป็นวัฏจักร ส่งผลต่อพฤติกรรมการหยุดหนืดของยาง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการขึ้นลงของอุณหภูมิอย่างป็นวัฏจักรต่อพฤติกรรมการหยุ่นหนืดของยาง โดยเลือกศึกษายางธรรมชาติ ซึ่งมี relaxation rate สูง และศึกษาปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการ relax ตัวของยาง เช่น ระยะเวลาขึ้นลงเริ่มต้น และ crosslink density ซึ่งในงานวิจัยนี้ศึกษาผลของการขึ้นลงของอุณหภูมิอย่างป็นวัฏจักรต่อพฤติกรรมการหยุ่นหนืดของยางในน้ำ โดยใช้เครื่อง micro-tension ทำการทดสอบ

ดังนั้นเพื่อการเข้าใจผลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาผลของการขึ้นลงของอุณหภูมิอย่างป็นวัฏจักรต่อพฤติกรรมการหยุ่นหนืดของยางธรรมชาติ จึงทำการศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับ WLF theory พบว่าผลที่เกิดขึ้นเป็นผลอันเนื่องมาจากการแข่งขันระหว่าง Entropy effect กับ การลดลงของ Internal viscosity โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในสภาวะการขึ้นลงของอุณหภูมิอย่างป็นวัฏจักรจะทำให้ stress ลดลง อันเนื่องมาจากการทำลายแรงยึดเหนี่ยวทางกายภาพระหว่าง ยางกับยาง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในสภาวะการขึ้นลงของอุณหภูมิอย่างป็นวัฏจักรจะเร่งการ relax ตัวของยางมากขึ้น และยังจำนวนการขึ้นลงของอุณหภูมิอย่างป็นวัฏจักรมากขึ้นการทำลายแรงยึดเหนี่ยวทางกายภาพระหว่างยางกับยางมากขึ้นด้วย นอกจากนี้ การทำลายแรงยึดเหนี่ยวทางเคมียังสามารถเกิดขึ้นได้ เมื่ออุณหภูมิในสภาวะการขึ้นลงของอุณหภูมิอย่างป็นวัฏจักร หรือ Temperature gradient มากพอ และพบว่าเวลาช่วงที่มีอุณหภูมิสูงของสภาวะการขึ้นลงของอุณหภูมิอย่างป็นวัฏจักร ส่งผลต่อพฤติกรรมการหยุดหนืดของยาง โดยทั่วไปการใช้งานยางมักมีการเติมสารเติมแต่งเพื่อเพิ่มความแข็งแรง เช่น เขม่าดำ หรือที่เรียกว่า carbon black จากการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในสภาวะการขึ้นลงของอุณหภูมิอย่างป็นวัฏจักรในยางที่มีการเติมเขม่าดำ พบว่าพฤติกรรมการหยุ่นหนืดของยางจะถูกควบคุมโดยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างยางกับยาง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างยางกับเขม่าดำ และ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเขม่าดำกับเขม่าดำ ซึ่งผลของการขึ้นลงของอุณหภูมิอย่างป็นวัฏจักร จะส่งผลต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างยางกับยาง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างยางกับเขม่าดำ และ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเขม่าดำกับเขม่าดำ ในสัดส่วนที่เท่ากัน และจากผลการศึกษานี้สามารถพิสูจน์ได้ว่าการเตรียมยางที่เติมเขม่าดำ โดยวิธี masterbatch แรงยึดเหนี่ยวระหว่างยางกับเขม่าดำน่าจะเป็นแบบกายภาพเป็นส่วนใหญ่

## A STUDY OF TEMPERATURE CYCLING EFFECT ON THE VISCOELASTIC BEHAVIOUR OF NATURAL RUBBER

CHULEEKORN TANGJAI 4436295 SCPO/M

M.Sc. (POLYMER SCIENCE AND TECHNOLOGY)

THESIS ADVISORS: CHUDEJ DEEPRASERTKUL, Ph.D., KRISDA SUCHIVA, Ph.D., PRAMUAN TANGBORIBOONRAT, Ph.D.

### ABSTRACT

Rubber is employed as an engineering material for dynamic absorption applications such as a bridge bearings and an automobile parts. The repeated change in temperature in a cycle affects the viscoelastic behaviour of rubber. Therefore, relaxation behaviour under a temperature cycling process was investigated. Natural rubber (NR), with a high relaxation rate, was chosen as a model in this study. Important factors such as initial strain and crosslink density were controlled in order to simplify the investigation. The micro-tension apparatus was built in order to study the relaxation behaviour in the water environment because the heat conductivity in water is better than in air.

The relaxation behaviour of unfilled NR under the temperature cycling process was firstly investigated. William-Landel-Ferry theory was employed in this study in order to verify that both change in entropy and reduction in the internal viscosity could be considered as the explanation for the relaxation behaviour when the temperature was raised. However, the stress was dramatically decreased when the temperature was immediately reduced during the temperature cycling process. The difference in mobility of the rubber chains due to the non-equilibrium temperature over the rubber system caused a breakdown of physical interaction between elastomer-elastomer. Therefore, the stress relaxation behaviour could be accelerated by performing temperature cycling process. Cycling temperature repeatedly could reduce a large number of elastomer-elastomer interactions. Not only might physical interaction between elastomer and elastomer be diminished but chemical interaction might also be reduced when the temperature gradient of the temperature cycling is high enough. The effect of time interval of the temperature cycling on the relaxation behaviour was also studied. Only time interval in the second step of temperature cycling should be concerned when the rubber was operated under temperature cycling. Furthermore, the relaxation behaviour of the carbon black filled NR under temperature cycling was also studied. The reduction in stress due to the temperature cycling process was governed equally by the break down in elastomer-elastomer interaction, elastomer-filler interaction and filler-filler interaction. The temperature cycling technique was also employed to study the interaction between elastomer and filler in carbon black filled NR prepared by incorporating carbon black into latex NR (NR-Mast). The results indicated that the elastomer interacted with carbon black by the physical linkage.

**KEY WORDS:** STRESS RELAXATION BEHAVIOUR/ TEMPERATURE CYCLING/ VISCOELASTICITY

113 pp. ISBN 974-04-5289-2