

ภาคผนวก

- (ก) ผลงานที่เสนอในการประชุมวิชาการเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี



อิทธิพลของสารก่อเจลเสริมต่อการหดตัวและสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติ

Influence of Secondary Gelling Agent on Shrinkage

and Properties of Natural Rubber Latex Foam

สุรศักดิ์ เทพทอง¹ อติชัย รุ่งวิชานีวัฒน์² เจริญ นาคะสรรค์² อาชีชัน แกสมาน²

Surasak Theptong¹ Adisai Rungvichaniwat² Charoen Nakason² Azizon Kaesaman²

บทคัดย่อ

การศึกษาถึงอิทธิพลของสารก่อเจลเสริมต่อการหดตัวและสมบัติของฟองน้ำที่เตรียมจากน้ำยางธรรมชาติ โดยใช้โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์เป็นสารก่อเจลหลัก พบว่าปริมาณของสารก่อเจลเสริมชนิด Triethylene tetramine, Diphenyl guanidine, Vulcafor EFA และ Tetraethylene pentamine ที่ต้องใช้เพื่อให้ได้ปริมาตรการหดตัวของฟองน้ำที่ต่ำที่สุดคือ 3, 2.5, 5 และ 2.5 กรัม % ของน้ำหนักเนื้อยางแห้ง ตามลำดับ โดยปริมาตรการหดตัวของฟองน้ำจะมีค่าเท่ากับ 3.2, 5.4, 5.7 และ 7.3% ตามลำดับ และฟองน้ำยางธรรมชาติที่ได้จะมีความหนาแน่น ณ จุดที่ให้ปริมาตรการหดตัวต่ำสุด เท่ากับ 0.080, 0.115, 0.121 และ 0.095 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยให้ค่าของความสามารถในการคืนรูป เท่ากับ 10.00, 8.90 และ 6.50 และ 8.40% ตามลำดับ

Abstract

Effects of secondary gelling agents on shrinkage and properties of natural latex foam, prepared by using Sodium silicofluoride as a primary gelling agent, were studied. The weight of secondary gelling agent for Triethylene tetramine, Diphenyl guanidine, Vulcafor EFA and

¹ แผนกช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคปัตตานี

Department of Machinshop, Pattani Technical College

² ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Department of Rubber Technology and Polymer Science, Faculty of Science and Technology,

Prince of Songkla University



Tetraethylene pentamine that required to provide the lowest volume shrinkage of latex foam were 3, 2.5, 5 and 2.5 gm% of dry rubber content, respectively. Their respective values of lowest foam volume shrinkage were 3.2, 5.4, 5.7, 7.3%. At these lowest foam shrinkage points, the values of foam density and compression set were 0.080, 0.115, 0.121 and 0.095 gm/cm³ and 10.00, 8.90, 6.50 and 8.4% respectively.

บทนำ

ปัจจุบันฟองน้ำที่เตรียมจากยางธรรมชาติเป็นที่นิยมอย่างมาก เนื่องจากมีสมบัติเด่นหลายประการ เช่น มีความยืดหยุ่นที่ดี นุ่ม และมีความคงทนต่อการใช้งาน เหมาะที่จะใช้ทำผลิตภัณฑ์ประเภทเบาะ ที่นอนและหมอน อุปกรณ์ประกอบในงานเฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์ตกแต่งอื่น ๆ แต่กระบวนการผลิตฟองน้ำยางธรรมชาติ ประสบปัญหาหลักที่สำคัญ คือ ปัญหาการหดตัวของฟองน้ำหลังจากการวัลคาไนซ์ในเตาอบไอน้ำ ส่งผลให้การนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการขนาดรูปร่างที่แน่นอน จำเป็นต้องสร้างเบ้าให้มีขนาดที่ใหญ่กว่าขนาดที่ต้องการจริง รวมทั้งต้องขยายขนาดของเตาอบไอน้ำของสายการผลิตฟองน้ำยางธรรมชาติไปแก้ปัญหาดังกล่าว จึงทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น (Blackley, 1966) และจากการศึกษาของ Madge (1962), Calvert (1962) และ Gorton (1971) พบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของสารเคมีหรือสารตัวเติม มีผลทำให้พฤติกรรมหดตัวและสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำยางที่ได้เปลี่ยนแปลงไป ด้วย โดยการศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารก่อเจลเสริม (Secondary gelling agent) ในการเตรียมฟองน้ำ ยังมีค่อนข้างน้อย งานวิจัยนี้จึงศึกษาเน้นถึงอิทธิพลของสารก่อเจลเสริม ได้แก่ Triethylene tetramine (TETA), Tetraethylene pentamine (TEPA), Diphenyl guanidine (DPG) และ Vulcafor EFA โดยการใช้โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (Sodium Silicofluoride) เป็นสารเจลหลัก (Primary gelling agent) ซึ่งเชื่อว่าจะมีผลต่อพฤติกรรมหดตัวและสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติ ผลจากการศึกษาอาจใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการลดปัญหาการหดตัวของฟองน้ำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมผลิตฟองน้ำของประเทศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องตีฟองน้ำ ผลิตโดยบริษัท Kitchen Aid Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. คุ้บ รุ่น ULM 500 ผลิตโดยบริษัท Memmert GmbH ประเทศเยอรมัน
3. เครื่องชั่ง รุ่น Virbra ชั่งได้ละเอียดถูกต้อง 0.01 กรัม ผลิตโดยบริษัท Shiko Denshi Co., Ltd. ประเทศญี่ปุ่น
4. เบ้า เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีขนาด 15.2x15.5x4.8 ซม. ทำจากอลูมิเนียม
5. หม้อนึ่งไอน้ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 44 ซม. ผลิตโดยบริษัท Chud Chin HUA ประเทศจีน
6. ชุดทดสอบความสามารถในการคืนรูป (Compression set apparatus) ทำจากแผ่นเหล็กแบนสามแผ่น ที่มีขนาด 200X15X10 ซม. แผ่นเหล็กทั้งสามถูกยึดด้วยน็อตตรงบริเวณมุมทั้ง 4 มุม มีแท่งเหล็กกั้นระยะ (Spacer) ขนาด 9.5X9.5X150 ซม. กั้นระยะระหว่างแผ่นเหล็ก

สารเคมี

1. น้ำยางธรรมชาติชั้นแอมโมเนียต่ำ (Low Ammonia Concentrated NR Latex) ชนิด LA-TZ ผลิตโดยบริษัทปัตตานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด
2. สารละลายสบู่โพแทสเซียมโอเลอेट (Potassium Oleate solution) ใช้เป็นสารเพิ่มความเสถียรแก่น้ำยาง เตรียมในรูป 20% Solution จากการทำปฏิกิริยาระหว่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide) กับกรดโอเลอิก (Oleic acid) และใช้น้ำเป็นตัวกลาง ได้สารละลายสบู่ที่มีลักษณะใส
3. ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide, ZnO) ใช้เป็นสารกระตุ้นในระบบการวัลคาไนซ์ เป็นเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรมยาง ผลิตโดยบริษัท China National Chemical Construction ประเทศจีน เตรียมในรูป 50% Dispersion
4. สารวัลคาไนซ์ผสม (Mixed Vulcanizing agent) ใช้เป็นสารวัลคาไนซ์ มีลักษณะเป็นของเหลวสีเทา จัดจำหน่ายโดยบริษัทปัตตานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด เตรียมในรูป 50% Dispersion
5. โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (Sodium Silicofluoride, SSF) ใช้เป็นสารก่อเจลหลัก เป็นเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรมยาง จัดจำหน่ายโดยบริษัท เพชรไทยเคมีภัณฑ์ จำกัด เตรียมในรูป 20% Solution



6. Vulcafor EFA ใช้เป็นสารก่อเจลเสริม มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาล จัดจำหน่ายโดยบริษัทปัตตานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด เตรียมในรูปแบบ 50% Solution
7. Triethylene Tetramine (TETA) ใช้เป็นสารก่อเจลเสริม มีลักษณะเป็นของเหลวใสผลิตโดยบริษัท Fluka Chemika ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ เตรียมในรูปแบบ 20% Solution
8. Tetraethylene Pentamine (TEPA) ใช้เป็นสารก่อเจลเสริม มีลักษณะเป็นของเหลวใสผลิตโดยบริษัท Fluka Chemika ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ เตรียมในรูปแบบ 20% Solution
9. Diphenyl Guanidine (DPG) ใช้เป็นสารก่อเจลเสริม มีลักษณะเป็นของเหลวใสจำหน่ายโดยบริษัท เพชรไทยเคมีภัณฑ์ จำกัด เตรียมในรูปแบบ 20% Dispersion

วิธีการเตรียมฟองน้ำยางธรรมชาติ

ชั่งน้ำยางธรรมชาติชั้นแอม โมเนียต่ำและสารเคมีต่างๆ ที่กำหนดไว้ตามสูตรในตารางที่ 1 นำน้ำยางธรรมชาติชั้นที่ได้ใส่ลงในภาชนะผสมของเครื่องตีฟองน้ำ แล้วเติมสารละลายสบู่โพแทสเซียม โอลิเอตและสารวัลคาไนซ์ผสม เดินเครื่องตีฟองเพื่อปั่นกวนส่วนผสม ด้วยความเร็ว 120, 240 และ 360 รอบ/นาที เป็นเวลารวมประมาณ 6 นาที (ประมาณ 2 นาที ในแต่ละความเร็ว) จนได้ความสูงของฟองประมาณ 3 - 4 เท่าของความสูงเริ่มต้น จากนั้นใส่สารก่อเจลเสริมลงไป คือ Triethylene tetramine (แปรปริมาณจาก 1- 7 กรัม) หรือ Tetraethylene pentamine (แปรปริมาณจาก 1-5 กรัม) หรือ Diphenyl guanidine (แปรปริมาณจาก 1-5 กรัม) และ Vulcafor EFA (แปรปริมาณจาก 1-7 กรัม) จากนั้นปั่นกวนต่อด้วยความเร็วประมาณ 120 รอบ/นาที เป็นเวลาอีกประมาณ 5 นาที จึงเติมซิงค์ออกไซด์ กวนต่อด้วยความเร็วเดิมอีกประมาณ 3 นาที จากนั้นให้เติมโซเดียมซัลไฟด์ฟูลออไรด์ลงไป โดยใช้เวลานานประมาณ 1.5 นาที จากนั้นให้หยุดเครื่องตีฟอง นำฟองยางที่ได้เทลงในเบ้าที่เตรียมไว้และใช้ฝาปิดเบ้าทันที ค้างทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที จากนั้นนำไปวัลคาไนซ์ในหม้อน้ำไอน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 100 °C เป็นเวลาประมาณ 40 นาที เมื่อครบตามกำหนดแล้ว นำฟองน้ำยางธรรมชาติที่ได้ออกจากเบ้า ล้างน้ำ แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ฟองน้ำยางธรรมชาติที่ได้จะนำไปทดสอบวัดหาปริมาตรการหดตัว ความหนาแน่น และความสามารถในการคืนรูป

การทดสอบ

1. การวัดหาปริมาตรการหดตัว (Volume Shrinkage) จะยึดถือตามมาตรฐาน ASTM D1055
2. การวัดความหนาแน่น (Density) จะยึดถือตามมาตรฐาน ASTM D1055
3. การทดสอบความสามารถในการคืนรูป (Compression set) จะยึดถือตามมาตรฐาน

ASTM D1055



ตารางที่ 1 สูตรฟองน้ำที่ใช้ในการศึกษาอิทธิพลของสารก่อเจลเสริม

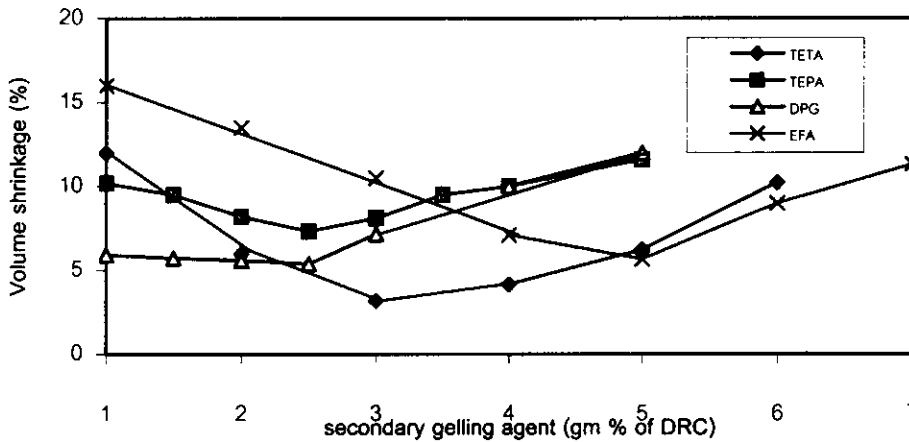
ส่วนประกอบ	น้ำหนักเปียก (กรัม)
Concentrated NR latex (LA-TZ) 60%	167
Potassium oleate solution 20%	5
Mixed vulcanizing agent dispersion 50%	9
Zinc oxide dispersion 50%	10
Sodium silicofluoride dispersion 20%	7
Secondary gelling agent	
TETA solution 20%	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
or TEPA solution 20%	1, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5
or DPG solution 20%	1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5
or Vulcafor EFA solution 50%	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การใช้ชนิดและปริมาณของสารก่อเจลเสริมที่ต่างกัน พบว่าจะให้ฟองน้ำที่มีปริมาตรการหดตัวที่แตกต่างกัน (รูปที่ 1) จากผลการศึกษาพบว่า การใช้ Triethylene tetramine (TETA) จะให้ฟองน้ำที่มีปริมาตรการหดตัวต่ำสุดเมื่อใช้ในปริมาณ 3 กรัม (3% ของน้ำหนักยางแห้ง) โดยมีเปอร์เซ็นต์ของการหดตัวอยู่ที่ระดับประมาณ 3.2% การใช้ Tetraethylene pentamine (TEPA) หรือ Diphenyl guanidine (DPG) จะให้ฟองน้ำที่มีปริมาตรการหดตัวต่ำสุดเมื่อใช้ในปริมาณ 2.5 กรัม (2.5% ของน้ำหนักยางแห้ง) โดยมีเปอร์เซ็นต์ของการหดตัวอยู่ที่ระดับประมาณ 7.3 และ 5.4% ตามลำดับ และการใช้ Vulcafor EFA จะให้ฟองน้ำที่มีปริมาตรการหดตัวต่ำสุดเมื่อใช้ในปริมาณ 5 กรัม (5% ของน้ำหนักยางแห้ง) โดยมีปริมาตรของการหดตัวอยู่ที่ระดับประมาณ 5.7% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารก่อเจลเสริมที่ใช้เป็นสารในกลุ่มอะมีน ซึ่งในโครงสร้างจะมีทั้งส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) และส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) ส่วนที่ไม่ชอบน้ำจะมีสภาพเป็นแบบไม่มีขั้ว

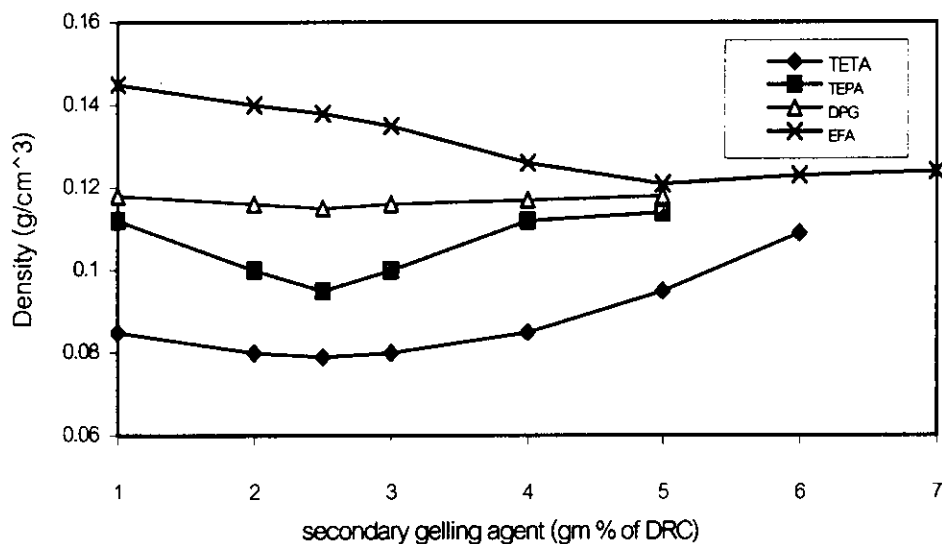


(Non-polar) และเชื่อว่าส่วนนี้จะหันเข้าสู่ส่วนผิวอนุภาคยาง ส่วนที่ชอบน้ำจะมีสภาพเป็นแบบมีขั้ว จะหันเข้าสู่ส่วนที่เป็นน้ำในน้ำยาง และถ้าอามีนมีฤทธิ์เป็นด่างมาก มันจะดูดเอาไฮโดรออกไซด์กับตัวมัน ยังเป็นผลให้ stem potential ของฟองลดลง (นนทศักดิ์, 2523) ด้วยเหตุนี้การใช้สารก่อเจลเสริมทั้ง 4 ชนิดดังกล่าว ซึ่งมีส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำอยู่ในโครงสร้างที่ต่างกัน เป็นเหตุให้เกิดระบบความสมดุลของความเป็นฟองกับการเจลของฟองน้ำต่างกัน มีผลให้ปริมาณของการหดตัวของฟองน้ำยางแตกต่างกันด้วย



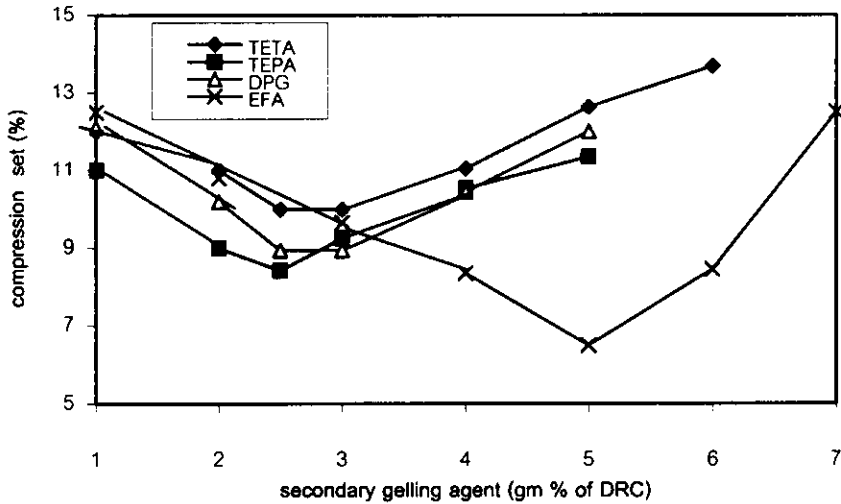
รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของการหดตัวกับสารก่อเจลเสริมที่ใช้

สมบัติด้านความหนาแน่นของฟองน้ำ เมื่อใช้ชนิดและปริมาณของสารก่อเจลเสริมที่แตกต่างกัน พบว่าความหนาแน่นมีความสอดคล้องกับปริมาณของสารก่อเจลเสริมที่ให้ปริมาณการหดตัวของฟองน้ำยางต่ำสุด กล่าวคือ ปริมาณของสารก่อเจลเสริมที่ใช้ที่ให้ปริมาณการหดตัวต่ำที่สุด จะให้ค่าความหนาแน่นของฟองน้ำมีค่าต่ำสุดเช่นกัน โดยฟองน้ำที่ได้มีความหนาแน่นต่ำสุดเท่ากับ 0.080, 0.095, 0.115 และ 0.121 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จากการใช้สารก่อเจลเสริม TETA, TEPA, DPG และ Vulcafor EFA ตามลำดับ (รูปที่ 2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขณะปั่นกวนน้ำยางนั้นเป็นไปด้วยระบบความสมดุลของการเกิดฟองของฟองยางกับเวลาการเจลของฟองยางที่ต่างกัน จากการใช้สารก่อเจลเสริมที่ต่างกัน จึงมีผลให้ฟองยางมีขนาดของเม็ดฟองที่แตกต่างกันด้วย เป็นเหตุให้โครงสร้างเซลล์ของฟองน้ำหลังจากวัลคาไนซ์ แตกต่างกันไปด้วย เป็นผลให้ความหนาแน่นของฟองน้ำยางธรรมชาติที่ได้แตกต่างกัน



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Density กับชนิดและปริมาณสารเจลเสริมที่ใช้

ความสามารถในการคืนรูป (Compression set) ของฟองน้ำที่ใช้ชนิดและปริมาณของสารก่อเจลเสริมที่ต่างกัน พบว่ามีความสอดคล้องกับปริมาณของสารเจลเสริมที่ใช้ที่ให้ปริมาณการหดตัวของฟองน้ำต่ำสุด กล่าวคือ ณ ปริมาณของสารก่อเจลเสริมที่ใช้ที่ให้ปริมาณการหดตัวต่ำที่สุด จะให้ฟองน้ำที่มีความสามารถในการคืนรูปของฟองน้ำจะต่ำที่สุดเช่นกัน และค่าความสามารถในการคืนรูปต่ำของโฟมมีค่าเท่ากับ 10.0, 8.4, 8.9 และ 6.5% เมื่อใช้สารก่อเจลเสริม TETA, TEPA, DPG และ EFA ตามลำดับ (รูปที่ 3) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟองน้ำมีความสม่ำเสมอของโครงสร้างเซลล์มาก จึงทำให้ความยืดหยุ่นมากขึ้น แต่ในทางกลับกันฟองน้ำมีโครงสร้างเซลล์ไม่สมบูรณ์ และโครงสร้างเซลล์ที่ไม่เป็นระเบียบ ทำให้ฟองน้ำที่ได้มีความยืดหยุ่นน้อยลง ความสามารถในการคืนกลับเมื่อถูกแรงกดจึงน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Compression set กับชนิดและปริมาณสารเจลเสริมที่ใช้

สรุป

การเตรียมฟองน้ำจากยางธรรมชาติเมื่อใช้โซเดียมซิติโคฟูออไรด์เป็นสารเจลหลัก และใช้สารก่อเจลเสริมแต่ละชนิดคือ Triethylene tetramine (TETA), Diphenyl guanidine (DPG), Vulcafor EFA และ Tetraethylene Pentamine (TEPA) พบว่าปริมาณที่ใช้และให้ปริมาตรการหดตัวต่ำสุด คือ 3, 2.5, 5 และ 2.5 % ต่อเนื้อยางแห้ง ตามลำดับ โดยปริมาตรการหดตัวฟองน้ำที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 3.2, 5.4, 5.7 และ 7.3% ตามลำดับ ซึ่งในระดับของสารตัวก่อเจลเสริมที่ใช้นี้ ให้ฟองน้ำยางธรรมชาติที่ได้จะมีความหนาแน่นและให้ความสามารถในการคืนรูปต่ำที่สุดเช่นเดียวกัน โดยค่าความหนาแน่นที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 0.080, 0.115, 0.121 และ 0.095 กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร และค่าความสามารถในการคืนรูป มีค่าเท่ากับ 10.00, 8.90 และ 6.50 และ 8.40% ตามลำดับ



เอกสารอ้างอิง

- นนทศักดิ์ สมเกื้อ. 2523 “ผลของสารเคมีต่อคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของฟองน้ำ” วิทยานิพนธ์ของ
การศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการยาง คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- บุญธรรม นิธิอุทัย. 2532. ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- Calvert, K.O. 1962. “Permeability of gelled Latex Foam”. *Transactions*. Vol. 38. April.
p. T56-T67
- Gorton, A.D.T. 1971. “Factor Affecting the Shrinkage of Moulded Latex Foam Rubber”
Journal of The IRI. April. p.66-70
- Madge, E.W. 1962. *Latex Foam Rubber*. London.