



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการทำฟองน้ำยางธรรมชาติ

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวนีย์ ก่ออุทัยกุลรังษี และ คณะ

15 พฤษภาคม 2548

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “กลุ่มโครงการวิจัยขนาดเล็ก วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ มอ. (5)
: ผลของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการทำฟองน้ำยางธรรมชาติ”

Research and Development of Natural Rubber Latex and Products-PSU small project group (5)
Effect of Calcium Carbonate on Making Natural Rubber

คณะวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวนีย์ ก่ออุดมกุลรังษี
นางสาว นทีภัทร เพชรต้นมณี
ดร.ณัฐพงศ์ นิธิอุทัย

สังกัด

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปของผู้บริหาร (Executive Summary)

ศึกษาผลของแคลเซียมคาร์บอเนตมีผลต่อการทำยางพองน้ำ โดยใช้น้ำยางธรรมชาติชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำความเข้มข้น 60% ผลได้จากบริษัทปิดตานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 62% ปริมาณแอมโมเนีย 0.2% มีค่า pH 10.89 ความหนืด 91 cps และความตึงผิว 38 dyne/cm โดยใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในรูปของ slurry ซึ่งมีค่า pH 9.04 มีขนาดอนุภาค 0.7 μm . ปริมาณต่างๆ (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) ในน้ำยางพบว่า ปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตมีผลต่อสมบัติของน้ำยางที่ใช้ทำพองน้ำ คือ ความหนืดและความตึงผิวของน้ำยางมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น (อยู่ระหว่าง 90-1300 cps และ 40-55 dyne/cm ตามลำดับ) ส่วน pH ของน้ำยางมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และมีแนวโน้มลดลงที่ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต 120 phr การใส่สารเพิ่มความหนืด (5% CMC) มีผลทำให้ค่า pH ของน้ำยางมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย (ความแตกต่างประมาณ 0.2) แต่ค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน การใส่สารประกอบฟอสเฟตชนิด Tetrasodium pyrophosphates (TSPP) ปริมาณ 1% ของแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถควบคุมค่าความหนืดของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตไม่ให้เพิ่มสูงขึ้นได้ เมื่อนำน้ำยางที่ผสมสารเคมีบางส่วนมาบ่มจนได้ระดับการวัลคาไนซ์เบอร์ 2 แล้วนำน้ำยางที่บ่มมาทำพองน้ำโดยวิธีการแบบดันลอป พบว่าการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยางปริมาณต่างๆ มีผลต่อการทำยางพองน้ำ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต > 90 phr มีผลทำให้กระบวนการตีพองยางค่อนข้างยาก ลักษณะของพองยางก่อนการเจดมีความละเอียดและสม่ำเสมอดี ยางพองน้ำเกิดการยุบ (10-15%) และหดตัว (5-10%) เล็กน้อย และมีความแข็งเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตเป็น 150-200 phr มีผลทำให้พองยางเกิดการเจดเร็วขึ้น การตีพองยางค่อนข้างยาก และอาจเกิดปัญหาพองยางยุบตัวหลังใส่แคลเซียมคาร์บอเนต ลักษณะของพองยางจะหยาบและยางพองน้ำแข็ง ในการใส่สารเพิ่มความหนืด (CMC) ปริมาณต่างๆ (0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, และ 1.5 phr) ในน้ำยางคอมปาวด์ที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในรูปของ slurry ปริมาณต่างๆ (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) มีผลทำให้พองน้ำเกิดการยุบ (8-30%) และหดตัว (2-8%) ลดน้อยลงตามปริมาณของ CMC และ แคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม กระบวนการตีพองยางค่อนข้างยาก เนื่องจากความหนืดที่เพิ่มสูงขึ้น การใส่สารประกอบฟอสเฟต ปริมาณ 1% ของแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) ในน้ำยางคอมปาวด์ที่มี 5% CMC ปริมาณ 1.25 phr มีผลทำให้การตีพองง่ายขึ้น พองยางมีความละเอียดมากขึ้นและยางพองน้ำที่วัลคาไนซ์แล้วมีการยุบตัว (อยู่ระหว่าง 6-12%) และหดตัว (อยู่ระหว่าง 2-6%) เล็กน้อย แต่แนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ทำนองเดียวกัน ยางพองน้ำจะมีความหนาแน่น ความแข็ง และการสึกหรอเพิ่มขึ้นตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น

บทคัดย่อ

แคลเซียมคาร์บอเนตในรูปของที่กระจายตัวในของเหลว 72.6% นำมาใส่ในส่วนผสมน้ำยางธรรมชาติชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ เพื่อศึกษาความสามารถในการนำมาใช้เป็นสารตัวเติมในการทำยางพองน้ำ โดยวิธีการแบบดันลอย พบว่า น้ำยางธรรมชาติชั้นที่ใส่สารตัวเติม แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ (30, 60, 90, 120, 150 and 200 phr) มีผลทำให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก และความตึงผิวของน้ำยางค่อยๆ เพิ่มขึ้น ส่วนค่า pH ของน้ำยางมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย สารเพิ่มความหนืด (CMC) ปริมาณ 0.25, .5, .75, 1.0, 1.25, and 1.5 phr นำมาใส่ในส่วนผสมของน้ำยางที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนต เพื่อป้องกันมิให้แคลเซียมคาร์บอเนตเกิดการตกตะกอนอยู่ส่วนล่างของยางพองน้ำที่เตรียม ในระหว่างกระบวนการทำยางพองน้ำ สารประกอบฟอสเฟต 2 ชนิด คือ เตตราโซเดียมไพโรฟอสเฟต (Tetrasodium Pyrophosphates, TSPP) และ โซเดียม เฮกซะเมทาฟอสเฟต (Sodium Hexametaphosphates, SHMP) ใช้เติมลงไปในส่วนผสมของน้ำยางเพื่อป้องกันความหนืดน้ำยางที่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มปริมาณ CMC ในน้ำยางจะทำให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้น และความตึงผิวมีแนวโน้มค่อยๆ สูงขึ้น ทำให้การทำพองน้ำค่อนข้างยาก ต้องใช้เวลาในระหว่างกระบวนการผลิตนานขึ้น การใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณต่างๆ (30, 60, 90, 120, 150 and 200 phr) ร่วมกับ 5% CMC และ สารประกอบฟอสเฟต (TSPP) ปริมาณ 1% ของ แคลเซียมคาร์บอเนต ในกระบวนการตีพองน้ำแบบดันลอย สามารถทำยางพองน้ำที่มีลักษณะรูปร่างดี ผิวเรียบ แต่มีความหนาแน่น ความแข็ง การยุบและหดตัว มากขึ้น ตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : น้ำยางธรรมชาติ ความหนืดของน้ำยาง ยางพองน้ำ สารเพิ่มความหนืด
แคลเซียมคาร์บอเนต สารประกอบฟอสเฟต

Abstract

Calcium carbonate (72.6% slurry) was added in low ammonia concentrated natural rubber latex as a filler into natural rubber latex compounds for study of making natural rubber sponge with Dunlop ' process. It was found that the viscosity of latex compound was dramatically increased as adding different amount of calcium carbonate (30, 60, 90, 120, 150 and 200 phr) and the surface tension was gradually increased, while pH of latex compound was slightly decreased. Carboxyl Methyl Cellulose, CMC, (0.25, .5, .75, 1.0, 1.25, and 1.5 phr) was added into latex compounds to prevent of calcium carbonate precipitate during the process of making sponge. Tetrasodium Pyrophosphates (TSPP) and Sodium Hexametaphosphates (SHMP) were added to against dramatically increase of latex viscosity. It was found that increasing the amount of CMC would also dramatically increased the viscosity of latex and the surface tension of the latex was gradually increased. This effect to difficulty of making rubber sponge. It needed more time during the process of making rubber sponge. When addition of this amount of Calcium carbonate. Addition of Calcium carbonate (30, 60, 90, 120, 150 and 200 phr) together with 5%CMC and phosphates compound TSPP 1% of CaCO_3 could be made a good rubber sponge, smooth skin surface the density, hardness of the sponge was increased and shrinkage and collapse was increased as increasing amounts of Calcium carbonate.

Keywords : Natural rubber latex, Latex viscosity, Sponge, Carboxyl Methyl Cellulose, Calcium carbonate, Phosphate.

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปของผู้บริหาร	i
บทคัดย่อ	ii
Abstract	iii
สารบัญ	iv
สารบัญ รูปภาพ	vi
สารบัญ ตาราง	viii
 เนื้อหาวิสัย	
1. บทนำ	1
2. สารเคมี อุปกรณ์ และการเตรียมน้ำยาง	3
2.1 สารเคมี	3
2.2 อุปกรณ์	4
2.3 การเตรียมน้ำยางและน้ำยาง	7
2.3.1 เตรียมน้ำยางสำหรับยางฟองน้ำ	7
2.3.2 การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์	7
3. วิธีการทดลอง	8
3.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำยางฟองน้ำ	8
3.2 สมบัติทั่วไปของน้ำยาง	8
3.3 สมบัติทางกายภาพของยางฟองน้ำ	10
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	12
4.1 สมบัติทั่วไปของน้ำยางและสารเคมีอื่นๆ	12
4.2 สมบัติของน้ำยางที่ใส่สารตัวเติม	12
4.2.1 สมบัติของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต	12
4.2.2 สมบัติของน้ำยางที่ใส่สารเพิ่มความหนืด	15
4.2.3 สมบัติของน้ำยางที่แปรปริมาณสารเพิ่มความหนืดและเพิ่มปริมาณ	
แคลเซียมคาร์บอเนต	16
4.2.4 ผลของแคลเซียมคาร์บอเนตและสารประกอบฟอสเฟตต่อสมบัติของน้ำยาง	20

4.3 สมบัติน้ำยางคอมปาวด์บ่ม	25
4.4 ตัวแปรพื้นฐานที่ส่งผลต่อการเตรียมยางพองน้ำ	26
4.4.1 ผลของเวลาการตีพองน้ำต่อความหนาแน่นของพองยาง	26
4.4.2 การแปรปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ต่อสมบัติของน้ำยางที่ใช้ทำพองน้ำ	27
4.4.2.1 อิทธิพลของสบู่โพแทสเซียมโอเลเอต	27
4.4.2.2 อิทธิพลของสารเสริมการจับตัว (diphenyl guanidine)	29
4.4.2.3 อิทธิพลของสารประกอบโซเดียมซิติโคฟลูออไรด์	31
4.5 สมบัติของพองน้ำที่แปรปริมาณสารเพิ่มความหนืดและเพิ่มปริมาณ แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ	33
4.5.1 การยวบตัวและหดตัว	33
4.5.2 ความหนาแน่นและความแข็ง	36
4.5.2.1 การยวบตัวและหดตัว	37
4.5.2.2 ความหนาแน่นและความแข็ง	38
4.5.3 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต สารเพิ่มความหนืด และสารประกอบ ฟอสเฟต	41
4.5.3.1 ความหนาแน่น	43
4.5.3.2 การยวบตัว และหดตัว	44
4.5.3.3 ความแข็ง หรือ ความเค้นที่ 25%	46
4.5.3.4 การสึกหรอ	47
4.5.4 ลักษณะผิวยางพองน้ำขัดถู	48
4.5.5 โครงสร้างของยางพองน้ำ	54
5 สรุป และข้อเสนอแนะ	57
5.1 สรุปผลการทดลอง	57
5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย	58
เอกสารอ้างอิง	59

สารบัญ รูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 เครื่องทดสอบการสึกหรอแบบ Taber	6
รูปที่ 2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	6
รูปที่ 3 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อค่า pH ของน้ำยาง	13
รูปที่ 4 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความหนืด (viscosity) ของน้ำยาง	13
รูปที่ 5 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความตึงผิว(surface tension) ของน้ำยาง	14
รูปที่ 6 ผลของปริมาณ CMC ต่อค่าความหนืด (surface tension) ของน้ำยาง	15
รูปที่ 7 ผลของปริมาณ CMC (phr) ต่อค่าความหนืด (surface tension) ของน้ำยาง	16
รูปที่ 8 ค่า pH ของน้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) และมี 5% CMC ปริมาณต่างๆ	17
รูปที่ 9 ค่าความหนืด (viscosity) ของน้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) และมี 5% CMC ปริมาณต่างๆ	18
รูปที่ 10 ค่าความตึงผิว (surface tension) ของน้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) และมี 5% CMC ปริมาณต่างๆ	18
รูปที่ 11 ค่า pH ของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตปริมาณต่างๆ (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% ของแคลเซียมคาร์บอเนต)	22
รูปที่ 12 ความหนืด (viscosity) ของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับสารประกอบฟอสเฟต ปริมาณต่างๆ (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% ของแคลเซียมคาร์บอเนต)	23
รูปที่ 13 ความตึงผิว (surface tension) ของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับสารประกอบ ฟอสเฟต ปริมาณต่างๆ (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% ของแคลเซียมคาร์บอเนต)	24
รูปที่ 14 ความหนาแน่น (density) ของฟองยางเมื่อเพิ่มระยะเวลาการตีฟอง	26
รูปที่ 15 ผลของปริมาณสบู์โพแทสเซียมโอเลอเตตต่อระยะเวลาเจล (gel-time) ของฟองน้ำ	27
รูปที่ 16 ผลของปริมาณสบู์โพแทสเซียมโอเลอเตตต่อสมบัติการหดตัว (shrinkage) และ ยุบตัว (collapse) ของยางฟองน้ำ	28
รูปที่ 17 ผลของปริมาณสารเสริมการจับตัว DPG ต่อระยะเวลาเจล (gel time) ของฟองยาง	29
รูปที่ 18 ผลของสารเสริมการจับตัว DPG ต่อสมบัติการหดตัว (shrinkage) และยุบตัว (collapse) ของฟองน้ำ	30
รูปที่ 19 ผลของปริมาณ SSF ต่อระยะเวลาการเจล (gel time) ของฟองน้ำ	31

รูปที่ 20	ผลของปริมาณ SSF ต่อสมบัติการหดตัว (shrinkage) และยุบตัว (collapse) ของฟองน้ำ	32
รูปที่ 21	ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 5%CMC ต่อการยุบตัว (collapse) ของฟองน้ำ	37
รูปที่ 22	ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 5% CMC ต่อการหดตัว (shrinkage) ของฟองน้ำ	37
รูปที่ 23	ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ต่อความหนาแน่น (density) ของฟองน้ำ	38
รูปที่ 24	ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ต่อความแข็ง (hardness) ของฟองน้ำ	38
รูปที่ 25	ความหนาแน่น (density) ของขึ้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับสารเพิ่มความหนืดและสารประกอบฟอสเฟต (1% และ 2%ของแคลเซียมคาร์บอเนต)	43
รูปที่ 26	การหดตัว (shrinkage) ของขึ้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับสารเพิ่มความหนืดและใช้สารประกอบฟอสเฟต(1% และ 2%ของแคลเซียมคาร์บอเนต)	44
รูปที่ 27	การยุบตัว (collapse) ของขึ้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับสารเพิ่มความหนืดและใช้สารประกอบฟอสเฟต (1% และ 2%ของแคลเซียมคาร์บอเนต)	44
รูปที่ 28	ความแข็ง (harness) ของขึ้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับสารเพิ่มความหนืดและใช้สารประกอบฟอสเฟต (1% และ 2%ของแคลเซียมคาร์บอเนต)	46
รูปที่ 29	การสึกกร่อน (Abrasion loss) ของขึ้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับสารเพิ่มความหนืดและ ใช้สารประกอบฟอสเฟต (1% และ 2%ของแคลเซียมคาร์บอเนต)	47
รูปที่ 30	ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 150 phr	54
รูปที่ 31	ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 150 phr ร่วมกับ 5%CMC ก่อนขัดถู	54
รูปที่ 32	ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 150 phr ร่วมกับ 5%CMC หลังขัดถู	55
รูปที่ 33	ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 120 phr ร่วมกับ 5%CMC และ TSPP 1% ของแคลเซียมคาร์บอเนตก่อนขัดถู	56
รูปที่ 34	ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 120 phr ร่วมกับ 5%CMC และ TSPP1% ของแคลเซียมคาร์บอเนตหลังขัดถู	56

สารบัญ ตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ส่วนผสมของน้ำยางบ่ม	7
ตารางที่ 2 ส่วนผสมของการเตรียมฟองน้ำ	7
ตารางที่ 3 ส่วนผสมของน้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ	12
ตารางที่ 4 ปริมาณและความเข้มข้นต่างๆ ของสารเพิ่มความหนืด (CMC) ใน 60%น้ำยางข้น	15
ตารางที่ 5 ส่วนผสมของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและสารเพิ่มความหนืดปริมาณต่างๆ	17
ตารางที่ 6 (ก) ส่วนผสมของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและสารประกอบฟอสเฟต (0.5% ของ CaCO_3) ปริมาณต่างๆ	20
ตารางที่ 6 (ข) ส่วนผสมของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและสารประกอบฟอสเฟต (1% ของ CaCO_3) ปริมาณ ต่างๆ	20
ตารางที่ 6 (ค) ส่วนผสมของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและสารประกอบฟอสเฟต (1.5% ของ CaCO_3) ปริมาณต่างๆ	21
ตารางที่ 6 (ง) ส่วนผสมของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและสารประกอบฟอสเฟต (2% ของ CaCO_3) ปริมาณต่างๆ	21
ตารางที่ 7 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่แปรปริมาณของสบู่โพแทสเซียม โอลิเอต (20% K-oleate)	27
ตารางที่ 8 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่แปรปริมาณสารเสริมการจับตัว	29
ตารางที่ 9 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่แปรปริมาณของสาร โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์	31
ตารางที่ 10 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต และ 5% CMC ปริมาณต่างๆ	33
ตารางที่ 11 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต Slurry ปริมาณต่างๆ	34
ตารางที่ 12 ลักษณะพฤติกรรมของฟองน้ำก่อนการเจล เวลาในการเจลของฟองน้ำ และ ลักษณะภายนอกของขึ้นฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ	36
ตารางที่ 13 (ก) ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่ใส่สารเพิ่มความหนืด ร่วมกับสารประกอบฟอสเฟต 1% ของแคลเซียมคาร์บอเนต ในน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ	41
ตารางที่ 13 (ข) ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่ใส่สารเพิ่มความหนืด ร่วมกับสารประกอบฟอสเฟต 2% ของแคลเซียมคาร์บอเนต ในน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ	42
ตารางที่ 14 (ก) ลักษณะผิวของขึ้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ร่วมกับการใส่สารเพิ่มความหนืด และใช้สารประกอบฟอสเฟต หลังจากผ่าน การขัดถูด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอบแบบเทเบอร์ 600 รอบ	49

ตารางที่ 14 (ข) ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ร่วมกับการใส่สารเพิ่มความหนืด และใช้สารประกอบฟอสเฟต หลังจากผ่าน การขัดถูด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอบแบบเทเบอร์ 600 รอบ	50
ตารางที่ 14 (ค) ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ร่วมกับการใส่สารเพิ่มความหนืด และใช้สารประกอบฟอสเฟต หลังจากผ่าน การขัดถูด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอบแบบเทเบอร์ 600 รอบ	51
ตารางที่ 14 (ง) ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ร่วมกับการใส่สารเพิ่มความหนืด และใช้สารประกอบฟอสเฟต หลังจากผ่าน การขัดถูด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอบแบบเทเบอร์ 600 รอบ	52
ตารางที่ 14 (จ) ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ร่วมกับการใส่สารเพิ่มความหนืด และใช้สารประกอบฟอสเฟต หลังจากผ่าน การขัดถูด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอบแบบเทเบอร์ 600 รอบ	53

เนื้อหาวิจัย

1. บทนำ

ฟองน้ำธรรมชาติผลิตจากน้ำยางขึ้น ภายในฟองน้ำประกอบด้วยเซลล์ของอากาศ เป็นรู หรือโพรงเล็กๆ ภายในเนื้อยางนั้นอาจจะติดต่อกันทั้งหมด หรือติดต่อกันบางส่วน และอาจมีบางส่วนที่ไม่ติดต่อกัน ส่วนผิวหน้าของยางฟองน้ำค่อนข้างเรียบเกิดจากการสัมผัสกันของผิวหน้าฟองน้ำ กับผิวหน้าของเบ้า ในกระบวนการผลิตยางฟองน้ำอัตราเร็วในการตีฟองมีผลต่อความหนาแน่นของฟองยาง ซึ่งความหนาแน่นของยางฟองน้ำ มีการศึกษาโดยใช้เครื่องจักรผลิตยางฟองน้ำแบบต่อเนื่องในทางเชิงกล พบว่าปริมาณยางคอมพาวด์ที่ใช้ต่อหน่วยเวลา ปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าไปต่อหน่วยเวลา ความเร็วโรเตอร์ตรงหัวผสม และความยาวท่อสายยางที่ใช้ฉีดฟองยาง มีผลต่อความหนาแน่นของยางฟองน้ำที่ผลิตได้

ชนิด ปริมาณสบู่ และความสามารถในการผสมสารเคลือบคาร์บอนเต็นในน้ำยาง มีผลต่อความหนาแน่นของยางฟองน้ำด้วย (โสภณ, 2535) มีการศึกษาอิทธิพลของสบู่ที่มีผลต่อการตีฟองของน้ำยางในการทำผลิตภัณฑ์ฟองยาง (จินตนา, 2526) พบว่าชนิดของสบู่ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ความสามารถในการเกิดฟองของน้ำยางแตกต่างกัน และการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีจะมีผลต่อการเกิดฟองของน้ำยางด้วย ส่วนปริมาณของสารเสริมการก่อเจล และ สาร Secondary Gelling Agent มีการศึกษาพบว่า สามารถทำให้เกิดการแยกชั้นของยางฟองน้ำ ฟองยางเกิดการจับตัวในระหว่างกระบวนการผลิต และมีผลต่อการหดตัวของยางฟองน้ำด้วย (พิพัฒน์, 2527) นอกจากนี้ มีการศึกษาแปรปริมาณสารตัวเติมเคลือบคาร์บอนเต็น ซิลิกา เบนไรต์ และอะลูมิเนียมไตรไฮดรอกไซด์ (Bogdany, 1990) ในน้ำยางสังเคราะห์พอลิยูรีเทนร่วมกับน้ำยางเอสปีอาร์ โดยการแปรปริมาณสารตัวเติมที่ใช้สูงถึง 1,000 phr พบว่าสามารถผลิตแผ่นโฟมขนาดบางได้ ส่วนการใส่สารตัวเติมเขม่าดำ (N330) ในรูปของคิสเฟอร์ชั่น ลงในน้ำยางขึ้นชนิดแอมโมเนียดำ (วิมล, 2543) พบว่าความหนืดของน้ำยางจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามปริมาณของเขม่าดำที่ใส่เพิ่มขึ้น น้ำยางจะเกิดการสูญเสียสภาพจับตัวเป็นก้อนที่ปริมาณเขม่าดำสูง สำหรับ Carboxy Methyl Cellulose, CMC เป็นเพิ่มความหนืด (Kirk-Othmer, 1992) นิยมใส่น้ำยาง () ให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มสูงขึ้น

การใส่สารเคลือบคาร์บอนเต็นลงในน้ำยางสามารถลดต้นทุนการผลิต แต่จะทำให้การเกิดฟองยากขึ้น ความหนืด และความหนาแน่นของฟองยางเปลี่ยนแปลงไปได้ (เสาวนีย์, 2547) การลดความตึงผิวของน้ำยางโดยการเพิ่มปริมาณสบู่จะทำให้การเกิดฟองง่ายขึ้น การใส่สารความคุมความหนืด (CMC) ทำให้การตีฟองยากขึ้น (สุขสมบูรณ์, 2545) มีผลทำให้ความหนาแน่นของฟองยางสม่ำเสมอขึ้น และการปรับปริมาณของสบู่และสารก่อเจลทำให้สามารถผลิตโฟมยางที่ดีได้ เมื่อเพิ่มปริมาณของ CMC ให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มสูงขึ้น ทำให้การตีฟองยากขึ้น ต้องใช้ระยะเวลาการตีฟองนานขึ้น เวลาเจลของฟองยางจะลดลงตามสัดส่วนของความหนืดน้ำยางที่

เพิ่มขึ้น ยางพองน้ำที่วัลคาไนซ์แล้ว มีสมบัติการหดและยุบตัวลดลงตามความหนืดที่เพิ่มสูงขึ้น การใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (< 100 phr) ในการทำยางพองน้ำมีแนวโน้มเป็นไปได้ (เสาวนีย์, 2547) และการใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับ CMC ในน้ำยางคอมปาวด์ มีผลทำให้พองน้ำที่วัลคาไนซ์แล้ว มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวและยุบตัวลดลง ความหนาแน่นและความแข็งแรงของพองน้ำเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าพองน้ำที่ไม่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับ CMC

ดังนั้นเพื่อเป็นการยืนยันความเป็นไปได้ในการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ โดยจะศึกษาการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่มากขึ้น (>100 phr) ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของน้ำยางก่อนทำพองน้ำ และศึกษาลักษณะและสมบัติของยางพองน้ำที่ได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติน้ำยางที่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต
2. เพื่อศึกษาปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต ต่อการทำยางพองน้ำ
3. เพื่อศึกษาแนวทางการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยาง เพื่อลดต้นทุน ในทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง

2. สารเคมี อุปกรณ์ และการเตรียมน้ำยาง

2.1 สารเคมี

2.1.1 น้ำยางข้น ชนิดแอมโมเนียต่ำ (LA Latex) มีปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC) โดยเฉลี่ย 60.0% ปริมาณของแข็งในน้ำยาง (TSC) โดยเฉลี่ย 65.64% ค่าอัลคาไลน์ตี (Alkalinity) 0.25 ผลิตโดยบริษัทปัตตานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด

2.1.2 กำมะถัน (Sulphur, S₈) มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง ใช้ในรูปของสารแขวนลอย 50% (50%Dispersion) ผลิตโดยบริษัท CIECH S.A.ประเทศโปแลนด์

2.1.3 สารตัวเร่ง (Accelerator) เตรียมในรูปของสารแขวนลอย 50% ซึ่งประกอบด้วยสารตัวเร่ง 2 ชนิดในอัตราส่วนที่เท่ากัน ซึ่งสารตัวเร่งที่ใช้ในการทดลองได้แก่

2.1.3.1 Zinc -2- mercaptobenzothiazole (ZMBT) มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง ผลิตโดยบริษัท AKZO Chemicals B.V. ประเทศเนเธอร์แลนด์

2.1.3.2 Zinc -N- Diethyl dithiocarbamate (ZDEC) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ผลิตโดย บริษัทChina National Chemical Construction ประเทศจีน

2.1.4 สารละลายสบู่โพแทสเซียมโอเลเอต (K-oleate soap) มีลักษณะเป็นของเหลว สีน้ำตาลใส ใช้เป็นสารทำให้น้ำยางเกิดเป็นฟอง เพิ่มความเสถียรและลดความตึงผิวของน้ำยาง เตรียมในรูปสารละลาย 20% โดยใช้กรดโอเลอิก ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และน้ำ

2.1.5 ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide, ZnO) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ใช้เป็นสารกระตุ้นปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ (Activator)เตรียมในรูปของสารแขวนลอย 50%ผลิตโดย บริษัท China National Chemical Construction ประเทศจีน

2.1.6 Diphenylguanidine (DPG) เป็นสารช่วยทำให้น้ำยางสามารถจับตัวได้ที่สภาวะความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น และใช้ป้องกันการยุบตัวของฟองน้ำก่อนที่น้ำยางจะจับตัว มีลักษณะเป็นผงสีขาว เตรียมในรูปของสารแขวนลอย 50% และเจือจางให้อยู่ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 10% ก่อนนำไปใช้งาน ผลิตโดย บริษัท China National Chemical Construction ประเทศจีน

2.1.7 โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (SSF) มีลักษณะเป็นผงสีขาวนวล ละเอียด ใช้เป็นสารเจลหลัก ในปฏิกิริยาการจับตัวของฟองน้ำ เตรียมในรูปของสารแขวนลอย 50% และเจือจางให้อยู่ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 20% ก่อนนำไปใช้งาน ผลิตโดยจาก ประเทศจีน

2.1.8 สารประกอบฟอสเฟต (Phosphate compound) เป็นสารแตกตัวให้หมู่ฟอสเฟต อีออน **ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความเสถียร ควบคุมความหนืดน้ำอย่างไม่ให้สูงขึ้น** สารประกอบ ฟอสเฟตที่ใช้ในการทดลองได้แก่

2.1.8.1 Tetrasodium pyrophosphates ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, TSPP) มีลักษณะเป็นผง สีขาว ใช้ในรูปของแข็ง จำหน่ายโดยบริษัทปิดตานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด

2.1.8.2 Sodium hexametaphosphates ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$, SHMP) มีลักษณะเป็นผง สีขาว ใช้ในรูปของแข็ง จำหน่ายโดยบริษัทปิดตานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด

2.1.9 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น ใช้ในการปรับค่า ความเป็นกรด-ด่างในน้ำยาง และสารแขวนลอย SSF เตรียมในรูปสารละลาย 10% ผลิตโดย บริษัท Cario Erba ประเทศฝรั่งเศส

2.1.10 แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ใช้เป็นสารตัวเติมใน ฟองน้ำ ใช้ในรูปของ Slurry 72.6%

2.1.11 Bentonite clay มีลักษณะเป็นผงสีเทา ใช้เป็นสารป้องกันการตกตะกอนของ สารเคมีที่อยู่ในรูปของสารแขวนลอยในตัวกลางที่เป็นน้ำ ผลิตโดยบริษัท Shirashi Calcium Kaisha Ltd. ประเทศญี่ปุ่น

2.1.12 Vultamol เป็นเกลือของ Alkylated naphthalene sulphonic acid มีลักษณะเป็น ผงสีน้ำตาลอ่อน ใช้เป็นสารช่วยในการกระจายตัว ผลิตโดยบริษัท BASF ประเทศเยอรมนี

2.1.13 Carboxyl Methyl Cellulose, CMC เป็นสารช่วยเพิ่มความหนืด ทำให้น้ำยาง สามารถรักษาความเสถียรได้มากยิ่งขึ้น ผลิตโดยบริษัท BASF ประเทศเยอรมนี

2.2 อุปกรณ์

2.2.1 เครื่องตีฟอง Kithche Aid รุ่น K5SS ผลิตโดยบริษัท Kithchen Aid Inc. USA เป็นเครื่องตีผสมที่ใช้สำหรับเตรียมอาหาร แต่นำมาดัดแปลงใช้สำหรับเตรียมฟองน้ำ โดยทำการตี ให้เกิดฟอง สามารถปรับความเร็วได้ 10 Speed มีความจุสูงสุดประมาณ 3 ลิตร

2.2.2 เบ้าอะลูมิเนียม ใช้เป็นเบ้าสำหรับหล่อฟองน้ำเพื่อนำไปทดสอบสมบัติทาง ฟิสิกส์ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 14.04 เซนติเมตร มีความสูง 5.90 เซนติเมตร ใช้เป็นเบ้า สำหรับเตรียมขึ้นฟองน้ำเพื่อทดสอบสมบัติการหดตัว การยุบตัว และความต้านทานต่อการสึกหรอ

2.2.3 เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง รุ่น VIRBRA CG ชั่งได้ถูกต้อง 0.01 กรัม ผลิตโดย บริษัท Shiko Denshi Co. Ltd., ประเทศญี่ปุ่น

2.2.4 ชุดหม้ออบไอน้ำ ใช้อบฟองน้ำให้ฟองน้ำเกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ ประกอบด้วย หม้ออบไอน้ำ และชุดแท่นให้ความร้อน (Hot plate)

2.2.5 ตู้อบอากาศร้อน (Hot air oven) ใช้สำหรับอบชิ้นฟองน้ำ เพื่อให้ชิ้นฟองน้ำแห้ง มีพัดลมเป่ากระจายความร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบให้สม่ำเสมอ สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 25 -200 องศาเซลเซียส

2.2.6 เครื่องบดผสมสารเคมี (Ball mill) ใช้การบดสารเคมีให้อยู่ในรูปของสารแขวนลอย โดยบรรจุสารเคมีลงในภาชนะพลาสติกทรงกระบอกขนาดความจุ 1,000 มิลลิลิตร มีฝาปิดสนิท เพื่อป้องกันการรั่วซึม ภายในบรรจุลูกแก้ว คละขนาดกัน บดผสมด้วยความเร็ว 50 รอบต่อนาที

2.2.7 ชุดกวนผสมสารเคมีกับน้ำยาง ใช้กวนผสมสารเคมีกับน้ำยาง เพื่อเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ ประกอบด้วยมอเตอร์ที่มีกำลัง 0.37 กิโลวัตต์ มีแกนหมุนติดล้อยางกลม หมุนบนจานกลมที่ต่อกับแกนของใบพัดกวนผสม ความเร็วในการกวนประมาณ 70 – 75 รอบต่อนาที

2.2.8 เครื่องวัดค่าความหนืด (Brookfield viscometer) รุ่น RVF – 100 ใช้วัดค่าความหนืดของน้ำยาง ประกอบด้วยแกนหมุน (Spindle) 7 ขนาด คือ RV1 – RV7 สามารถปรับความเร็วในการหมุนได้ 4 ระดับ คือ 10, 20, 50 และ 100 รอบต่อนาที ผลิตโดยบริษัท Brookfield Engineering Laboratories Inc ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.9 เครื่องวัดค่าความตึงผิวของของเหลว แบบ Du Nouy Surface Tension Apparatus ใช้วัดค่าความตึงผิวของน้ำยาง จำหน่ายโดยบริษัท เอส .วี. เมดิโก จำกัด ประเทศไทย

2.2.10 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH meter) รุ่น HI 8417 ใช้วัดค่าความเป็นกรด – ด่าง ของน้ำยางและสารเคมี ผลิตโดยบริษัท Hanna Instruments Inc ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.11 เครื่องหาค่า MST ยี่ห้อ klaxon ใช้สำหรับหาค่า MST ของน้ำยาง

2.2.12 เครื่องทดสอบการสึกหรอแบบเทเบอร์ (Teledyne Taber) ยี่ห้อ Toyoseiki ใช้ทดสอบความต้านทานการสึกหรอของชิ้นฟองน้ำ ประกอบด้วยแท่นจานกลมที่ใช้จับชิ้นตัวอย่าง แขนคู่ที่จับล้อขัดเบอร์ H-18 มีน้ำหนักถ่วงขนาด 250 กรัม ยึดติดกับแขนจับล้อขัดทั้ง 2 ข้าง ผลิตโดยบริษัท Ogawa seiki Co. Ltd., ประเทศญี่ปุ่น



รูปที่ 1 เครื่องทดสอบการสึกหรอแบบ Taber

2.2.13 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

กำลังขยาย 18–300,000 เท่า ทำงานได้ทั้งภายในสุญญากาศต่ำและสูง ใช้สำหรับทดสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphology) ของอนุภาคอีลาสโตเมอร์ที่กระจายตัวในพอลิโพรไพลีน เป็นเครื่องรุ่น JSM-5800 LV ยี่ห้อ Jeol ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น



รูปที่ 2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope)

2.3 การเตรียมสารเคมีและน้ำยาง

2.3.1 เตรียมสารเคมีสำหรับยางพองน้ำ

สารเคมีที่จะใส่ลงในน้ำยางจะต้องเตรียมให้กระจายอยู่ในรูปของเหลวที่เป็นน้ำและมีสารช่วยให้เกิดการกระจายตัว สารเคมีที่เป็นของแข็งจะต้องนำมา บดในเครื่องบดเพื่อให้มีขนาดอนุภาคเล็กใกล้เคียงกับอนุภาคยาง สารเคมีที่ละลายน้ำได้ให้เตรียมในรูปสารละลาย แต่ถ้าละลายน้ำไม่ได้ จะต้องเตรียมให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงให้กระจายในน้ำในรูปของ dispersion โดยใช้เครื่อง Ball Mill ประกอบด้วยถังกลมทรงกระบอก วางอยู่ในแนวนอน ภายในบรรจุลูกหิน (หรือลูกเซรามิกกลม) น้ำและสารเคมีจะบดตามแกนแนวนอน การหมุนจะทำให้ลูกหินตกกระแทกกัน ทำให้สารเคมีที่อยู่ระหว่างหินมีขนาดอนุภาคเล็กลง

2.3.2 การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์

ส่วนผสมสูตรที่ใช้ในการเตรียมน้ำยางพองน้ำ มีการเตรียมโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนผสมที่ใช้บ่มน้ำยางและส่วนผสมน้ำยางที่ใส่ขณะเตรียมน้ำยางพองน้ำ สำหรับส่วนผสมที่ใช้บ่มน้ำยางดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของน้ำยางบ่ม (Maturation)

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (phr)
60 % LA-latex	100
20% K-Oleate	1
50% Sulphur	2.5
50 % สารตัวเร่ง *	3
น้ำหนักรวม	106.5

เทรวมกันแล้วนำไปบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ใช้ใบพัดกวน 70-75 รอบ/นาที)

* 50% ZDEC+ZMBT dispersion)

ตารางที่ 2 ส่วนผสมของการเตรียมน้ำยางพองน้ำ

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักแห้ง (phr)
น้ำยางบ่ม จากตารางที่ 1	106.5
20% K-oleate	2
10% DPG	1
50% ZnO	5
20% SSF	2

3. วิธีการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการเตรียมฟองน้ำ

3.1.1 นำน้ำยางคอมปาวด์ (ตารางที่ 1) ที่ผ่านการบ่มตามเวลาที่กำหนด มาตรวจสอบคลอโรฟอร์ม แล้วนำมาชั่งตามปริมาณที่ต้องการ แล้วเทใส่ภาชนะของเครื่องดี จากนั้นเดินเครื่องด้วยความเร็ว Speed 6 เป็นเวลา 3 นาที แล้วเติมสบู่โฟตัสเชียมโอเลต เดินเครื่องที่ความเร็ว Speed 3 เป็นเวลา 2 นาที เพื่อตีฟองให้ได้ความสูงประมาณ 15 เซนติเมตร

3.1.2 ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตที่แปรปริมาณตามต้องการ (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) และปรับความเร็วเครื่องให้ตีฟองความเร็ว Speed 6 เป็นเวลา 2 นาที เพื่อให้สารแคลเซียมคาร์บอเนตมีการกระจายทั่วฟองน้ำ

3.1.3 ปรับความเร็วของเครื่องที่ระดับความเร็ว Speed 3 เป็นเวลา 1 นาที แล้วต่อจากนั้นปรับความเร็วเครื่องลงให้เป็น Speed 2 อีก 2 นาที สลับกันไป การปรับความเร็วของเครื่องสลับกันนี้เพื่อให้ได้ฟองสม่ำเสมอ ตั้งแต่ส่วนบนจนถึงก้นหม้อ

3.1.4 เมื่อฟองละเอียดดีแล้ว จึงเติมสารเสริมการจับตัว ได้แก่ สารแขวนลอย DPG และ DPG เหลวลงไป แล้วจึงกวนต่อด้วยความเร็วช้า เป็นเวลา 3 นาที เพื่อให้ฟองน้ำมีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

3.1.5 เติมซิงค์ออกไซด์ลงไป กวนด้วย Speed 3 เป็นเวลา 1.5 นาที

3.1.6 เติม 20%SSF ลงไป กวนด้วย Speed 3 เป็นเวลา 1-1.5 นาที

3.1.7 เทฟองน้ำลงในเบ้าที่เตรียมไว้ ปาดฟองยางให้เสมอบนเบ้า จับเวลาการเจลของฟองน้ำพร้อมทั้งสังเกตลักษณะของฟองน้ำหลังเทใส่เบ้า

3.1.8 เมื่อฟองน้ำเกิดการจับตัวแล้ว นำฟองน้ำที่ได้ไปวัดคาโนซ์โดยใช้ชุดหม้ออบไอน้ำ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.1.9 แกะฟองน้ำออกจากเบ้า และล้างทำความสะอาด เพื่อขจัดสารเคมีที่ตกค้างออกไปจากฟองน้ำ

3.1.10 นำฟองน้ำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.2 สมบัติทั่วไปของน้ำยาง

3.2.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (Total Solid Content; TSC) ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง (Dry Rubber Content; DRC) และความเป็นด่างในน้ำยาง (Alkalinity) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 1076-97

3.2.2 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาง ทดสอบด้วยเครื่อง pH metrer ที่อุณหภูมิห้อง

3.2.3 ความเสถียรทางกลของน้ำยาง (MST) ทดสอบดังนี้

- 1) ปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางเท่ากับ 55% ด้วยสารละลายแอมโมเนีย 0.4%
- 2) นำน้ำยางไปอุ่นในอ่างน้ำร้อนจนน้ำยางมีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
- 3) กรองผ่านตะแกรงลวดไร้นิม
- 4) ชั่งน้ำยางมา 80.0 ± 0.5 กรัมเพื่อหาค่าความเสถียรทางกลของน้ำยาง
- 5) ปั่นน้ำยางด้วยความเร็ว $14,000 \pm 200$ รอบ/นาทีจนกระทั่งถึงจุดยุติ

3.2.4 ความตึงผิวของน้ำยาง (Surface Tension)

- 1) นำน้ำยางมา 3-5 กรัม ใส่ในกระจกนาฬิกา วางบนแท่นของเครื่อง Du nouy surface tension
- 2) ปรับ ขก กระจกนาฬิกาขึ้นจนผิวของน้ำยางสัมผัสกับวงแหวนพอดี
- 3) ค่อยๆลดระดับของกระจกนาฬิกาพร้อมกับยกคานที่แขวนวงแหวนขึ้น โดยรักษาระดับของคานแขวนวงแหวนให้อยู่ในแนวระดับตลอดเวลา ทำเช่นนี้เรื่อยๆจนวงแหวนหลุดจากน้ำยาง
- 4) อ่านค่าความตึงผิวที่หน้าปัดของเครื่อง มีหน่วยเป็น dyne /cm

3.2.5 ความหนืดของน้ำยาง (Viscosity)

ก. น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ (LA)

- 1) นำน้ำยางข้น LA มา 500 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร มาวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer โดยใช้แกนหมุนเบอร์เล็กก่อน หลังจากนั้นเลือกความเร็วที่เหมาะสมในการหมุนแกน
- 2) ใช้ Spindle RV 2 หมุนด้วยความเร็วเท่ากับ 100 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง อ่านค่าจากหน้าปัดของเครื่องหลังจากเข็มชี้ตำแหน่งลงที่ ค่าที่วัดได้คูณด้วยค่าคงที่ (เท่ากับ 4) จะได้ค่าความหนืดมีหน่วยเป็นเซ็นติพอยส์ (Centipoise)

ข. น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (Slurry 72.6%)

นำน้ำยางข้น LA มาเติมแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ (0, 30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) แล้วหาค่าความหนืดตามข้อ ก.

3.2.6 ระดับการวัดคลอไรด์ (Chloroform Test)

- 1) นำน้ำยางที่ต้องการทดสอบมาปริมาณ 3 – 5 มิลลิลิตร
- 2) ค่อยๆหยดคลอโรฟอร์มปริมาณ 5 มิลลิลิตรลงไป ในน้ำยาง กวนด้วยแท่งแก้ว จนกระทั่งน้ำยางรวมตัวกัน วางทิ้งไว้ 2-3 นาที
- 3) ตรวจสอบลักษณะก่อนยางที่จับตัว เพื่อจัดเกรดเป็นตัวเลข 1-4 ตัวเลขที่แสดงเป็นระดับการวัดคลอไรด์ “Chloroform Number” (Blackley , 1997)

3.2.7 เวลาเจล (Gelling time)

- 1) นำฟองยางที่ตีเสร็จแล้ว (ใส่ SSF แล้ว) ใส่ลงบนกระชกนาฬิกา
- 2) ใช้แท่งแก้วแตะที่ฟองยางจนฟองยางมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ
- 3) จับเวลาในการเจลโดยรวมเวลาดังแต่เริ่มใส่ SSF

3.2.6 ความหนาแน่นของฟองยาง

นำน้ำยางบ่มที่เตรียมไว้ เติมน้ำที่ระดับความเร็วคงที่เบอร์ 3 โดยแปรระยะเวลาการตีฟอง ที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 และ 20 นาที แล้วนำฟองยางที่ได้เทใส่ภาชนะที่ทราบปริมาตรแน่นอน ทิ้งไว้ให้ฟองยางเกิดการเจล และนำไปอบแห้ง แล้วนำไปชั่งหาความหนาแน่น มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3)

3.3 สมบัติทางกายภาพของยางฟองน้ำ

3.3.1 การหดตัวและยุบตัวของยางฟองน้ำ

วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงโดยเฉลี่ยของเบ้าอะลูมิเนียมและยางฟองน้ำ แล้วนำมาคำนวณอัตราการหดตัวตามแนวเส้นผ่าศูนย์กลางและการยุบตัว

การคำนวณ

$$\text{อัตราการหดตัว} = \frac{[(A-B)/A] \times 100}{(\%)} \quad (\%)$$

$$\text{อัตราการยุบตัว} = \frac{[(C-D)/C] \times 100}{(\%)} \quad (\%)$$

เมื่อ	A	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของเบ้าฟองน้ำ	(เซนติเมตร)
	B	=	เส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของชิ้นฟองน้ำ	(เซนติเมตร)
	C	=	ความสูงของเบ้าฟองน้ำ	(เซนติเมตร)
	D	=	ความสูงโดยเฉลี่ยของชิ้นฟองน้ำ	(เซนติเมตร)

3.3.2 ความหนาแน่นของยางฟองน้ำ (ASTM D3574-95) มีวิธีการดังนี้

ตัดชิ้นฟองน้ำขนาดเท่ากับ $5.0 \times 5.0 \times 5.0$ เซนติเมตร³ และชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) แล้วนำมาคำนวณความหนาแน่นของยางฟองน้ำ มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3)

3.3.3 ความแข็งของยางฟองน้ำ (มาตรฐาน มอก. 173-2519) มีวิธีการดังนี้

นำชิ้นยางฟองน้ำขนาด $5.0 \times 5.0 \times 5.0$ เซนติเมตร³ มาวางบนแท่นอัด ปรับแผ่นกดให้สัมผัสผิวฟองน้ำก่อนที่จะออกแรงกดขึ้นต้น (pre-load) ด้วยแรง 4.5 นิวตัน แล้ววัดความหนาของยางฟองน้ำ โดยถือว่าความหนาที่วัดได้เป็นความหนาเริ่มต้น (H) กดฟองน้ำให้ยุบตัวลง 25%

ของความสูงเดิม บันทึกค่าแรงที่ใช้ในการกด นำค่าที่ได้คำนวณแรงที่ใช้ในการกดต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งถือว่าเป็นความแข็งของยางพองน้ำ

การคำนวณ

$$\text{แรงที่ใช้กดให้ยุบตัว 25 \%} = (A/B) \times 100 \quad (\text{กิโลปาสกาล})$$

$$\text{เมื่อ } A = \text{แรงที่ใช้ในการกดให้พองน้ำยุบตัวลง 25\% (นิวตัน)}$$

$$B = \text{พื้นที่หน้าตัดของชิ้นพองน้ำ (ตารางเซนติเมตร)}$$

3.3.4 การขัดถูยางพองน้ำ (มาตรฐาน ASTM D 3389-85a) มีวิธีการดังนี้

นำยางพองน้ำความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร มาเจาะรูตรงกลาง ชั่งน้ำหนัก แล้วทดสอบการขัดถูด้วยเครื่อง Taber โดยเดินเครื่องติดต่อกัน 200 รอบ ทดสอบ 2 ครั้ง คำนวณ น้ำหนักของพองน้ำเฉลี่ยที่เกิดการสึกหรอไปจากการขัดถู มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อรอบการขัดถู

การคำนวณ

$$\text{Abrasion loss} = (m_0 - m_1)/n \times 1,000 \quad (\text{มิลลิกรัมต่อรอบ})$$

$$\text{เมื่อ } m_0 = \text{น้ำหนักเริ่มต้นของชิ้นพองน้ำ (กรัม)}$$

$$m_1 = \text{น้ำหนักหลังการขัดถูของชิ้นพองน้ำ (กรัม)}$$

$$n = \text{จำนวนรอบที่ขัดถู (รอบ)}$$

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สมบัติทั่วไปของน้ำยางและสารเคมีอื่นๆ

4.1.1 สมบัติน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ มีดังนี้

TSC	=	62.14	%
DRC	=	60.25	%
Surface tension	=	38	dyne / cm.
Viscosity	=	91	centipoise
MST	=	11	min
pH	=	10.89	
Alkalinity	=	0.25	

4.1.2 สมบัติสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃) และสารปรับความหนืด (CMC)

CaCO₃ slurry : 72.6 %

Particle size	=	0.7	μm.
pH	=	9.04	
CMC : pH	=	6.74	

4.2 สมบัติของน้ำยางที่ใส่สารตัวเติม

4.2.1 สมบัติของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต

นำน้ำยางขึ้นมา 167 กรัม (เทียบเท่ากับยางแห้ง 100 กรัม) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 30, 60, 90, 120, 150 และ 200 กรัม ลงไป โดยเติมน้ำเพื่อควบคุมค่า TSC ของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตให้มีค่าเท่ากับ 60% ส่วนผสมน้ำยางและสารเคมีที่ใช้ในการทดลองแสดงดังตารางที่ 3 แล้วนำมาวัดหาค่าความหนืด และความตึงผิว

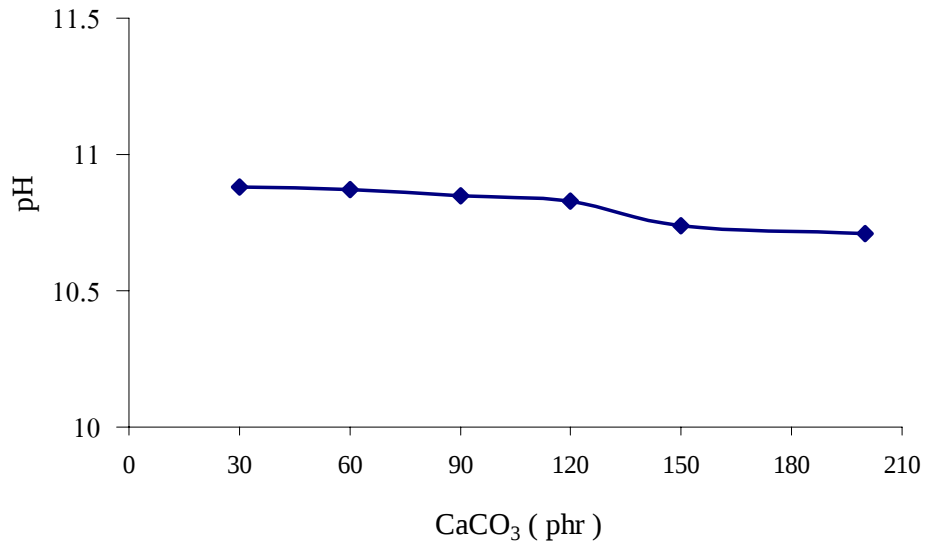
ตารางที่ 3 ส่วนผสมของน้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ (TSC = 60%)

สารเคมี-สูตรที่	น้ำหนัก (phr)					
	1	2	3	4	5	6
60% LA latex	100	100	100	100	100	100
72.6%CaCO ₃	30	60	90	120	150	200
*น้ำที่เติม	8	17	26	34	43	58

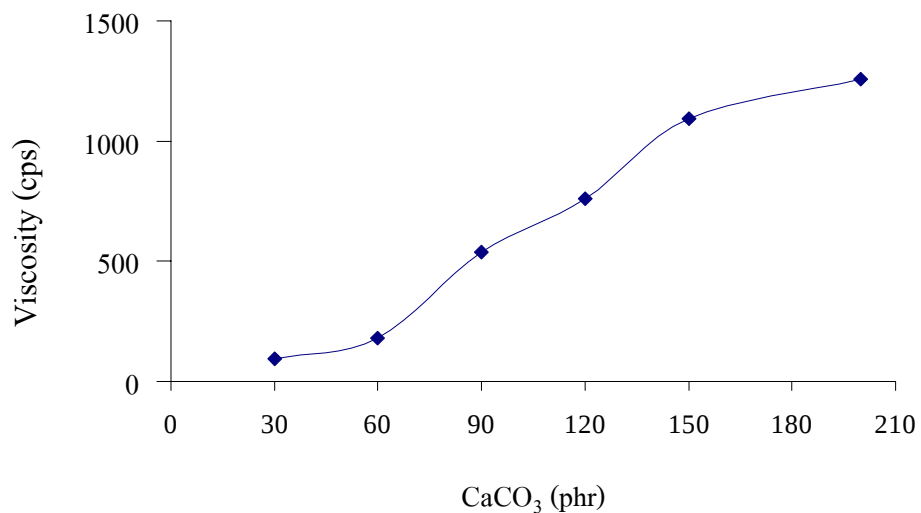
$$* \text{ น้ำที่ } = 100 \frac{[\text{น้ำหนักแห้ง (ยาง+สารตัวเติม)}]}{60} - \text{น้ำหนักเปียก (น้ำยาง + สารตัวเติม)}$$

$$= [100(100+30) / 60] - [(100*100/60) + (30*100/72.6)] = 8.6$$

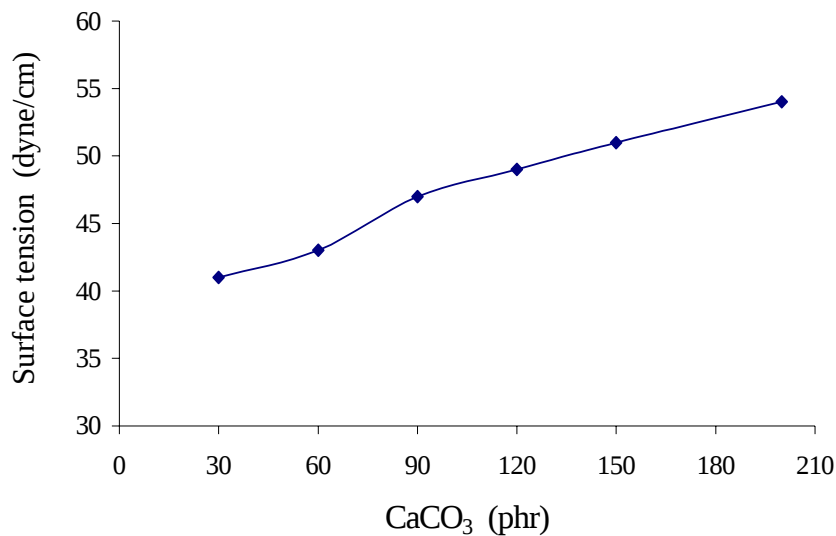
นำยางชั้นชนิดแอมโมเนียดำตามส่วนผสมในตารางที่ 3 ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตแปรปรมาณ
ต่างๆ ดังนี้ 30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr ตรวจสอบค่า pH ความหนืด และความตึงผิวของน้ำ
ยาง ดังรูปที่ 3-5



รูปที่ 3 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อค่า pH ของน้ำยาง



รูปที่ 4 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความหนืด (viscosity) ของน้ำยาง



รูปที่ 5 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความตึงผิว (surface tension) ของน้ำยาง

รูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่า การใส่แคลเซียมคาร์บอเนต ในน้ำยาง ทำให้ค่า pH ของน้ำยางค่อยๆ ลดลง และค่า pH ของน้ำยางจะลดลงอย่างรวดเร็วที่ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต 100-150 phr เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตมีค่า pH เท่ากับ 9.04 ต่ำกว่าน้ำยางซึ่งมีค่า pH 10.89 ดังนั้น การใส่แคลเซียมคาร์บอเนตลงไปในน้ำยางปริมาณไม่มากนักจึงทำให้สภาพความเป็นเบสค่อยๆ ลดลง และจะลดลงอย่างรวดเร็วที่ระดับของจุดสมมูล หากปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นอีก ค่า pH จะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

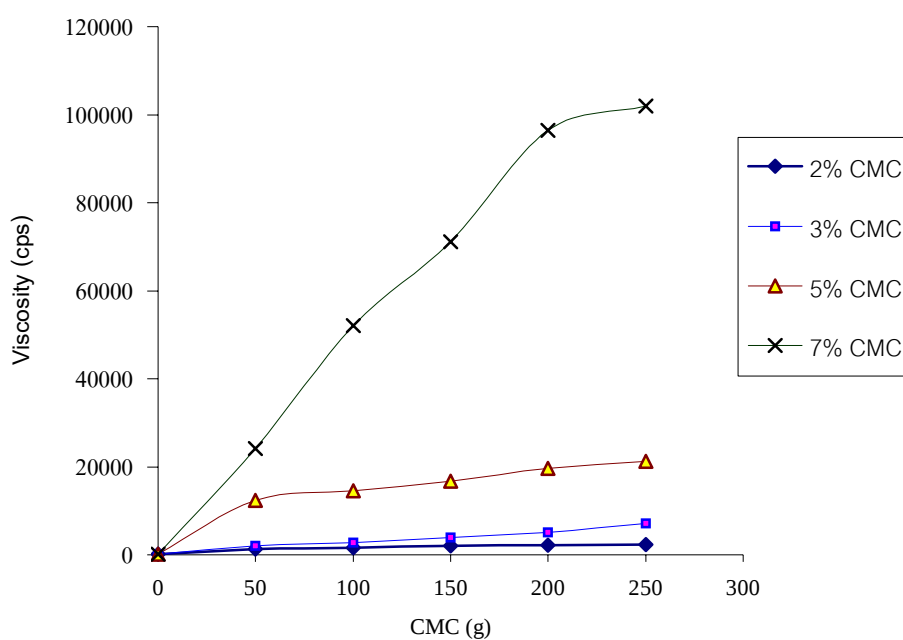
ส่วนค่าความหนืดของ 60% น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียดำที่ใส่ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณต่างๆ คือ 30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr ลงไปในน้ำยาง พบว่าค่าความหนืดของน้ำยางจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ใส่ในน้ำยางดังรูปที่ 4 เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตที่เติมลงไปในน้ำยางจะกระจายตัวอยู่ในน้ำยาง ทำให้ความเข้มข้นของน้ำยางเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันสบูที่กระจายในน้ำยางจะมาอยู่รอบผิวอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตด้วย (blackley, 1997) ทำให้ปริมาณของสบูที่กระจายบนผิวของอนุภาคยางและน้ำยางมีปริมาณลดลงจึงมีผลทำให้ค่าความตึงผิวของน้ำยางมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความตึงผิวของน้ำยางมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้นด้วย ดังรูปที่ 5

4.2.2 สมบัติของน้ำยางที่ได้สารเพิ่มความหนืด

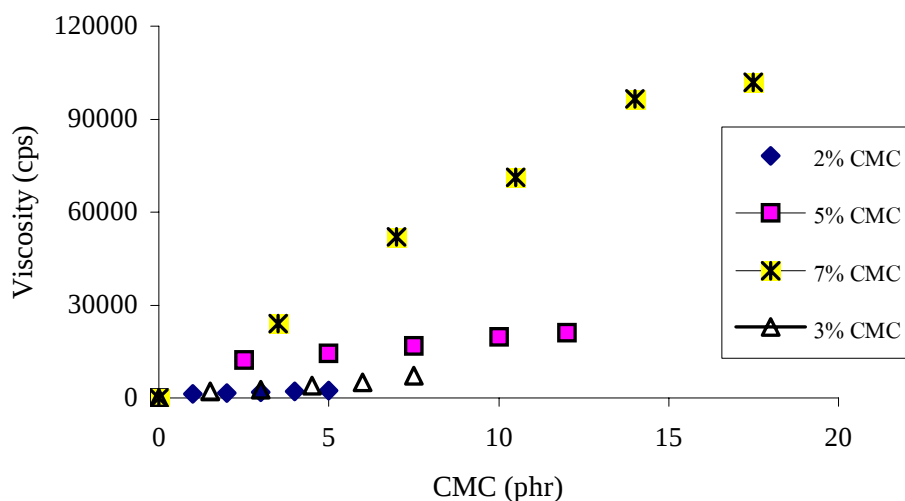
น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำแปรปริมาณของสารเพิ่มความหนืด (CMC) โดยใช้ น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ 167 กรัม นำมาเติม 2%, 3%, 5% และ 7% CMC ปริมาณต่างๆ ลงไป (50, 100, 150, 200 และ 250 กรัม) กวนให้น้ำยางและ CMC เข้ากัน แล้วนำไปวัดค่าความหนืด ส่วนผสมของสารเพิ่มความหนืด (CMC) ใน 60% น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ 167 กรัม (100 phr) ดังแสดงในตารางที่ 4 และ ผลของความหนืดที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 6-7

ตารางที่ 4 ปริมาณและความเข้มข้นต่างๆ ของสารเพิ่มความหนืด (CMC) ใน 60% น้ำยางชั้น

2% CMC		3% CMC		5% CMC		7% CMC	
กรัม	phr	กรัม	phr	กรัม	phr	กรัม	phr
0		0		0		0	
50	1	50	1.5	50	2.5	50	3.5
100	2	100	3	100	5	100	7
150	3	150	4.5	150	7.5	150	10.5
200	4	200	6	200	10	200	14
250	5	250	7.5	250	12.5	250	17.5



รูปที่ 6 ผลของปริมาณ CMC ต่อค่าความหนืด (viscosity) ของน้ำยาง



รูปที่ 7 ผลของปริมาณ CMC ต่อค่าความหนืด (viscosity) ของน้ำยาง

จากตารางที่ 4 และรูปที่ 6-7 แสดงให้เห็นว่า สารเพิ่มความหนืด (CMC) ที่มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นต่างกัน มีผลทำให้น้ำยางมีค่าความหนืดแตกต่างกัน โดยน้ำยางข้นแอมโมเนียดำที่ใส่ 2-3% CMC มีผลทำให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้นค่อนข้างน้อย เนื่องจากความเข้มข้นของ CMC ซึ่งเป็นสารเพิ่มความหนืดมีปริมาณน้อย และมีน้ำเป็นส่วนผสมอยู่มากกว่า 5% และ 7% CMC ตามลำดับ การใส่น้ำยางเพิ่มความหนืดที่มีความเข้มข้นสูง 7% CMC มีผลให้น้ำยางมีความหนืดสูงขึ้นค่อนข้างมาก ทำให้กระบวนการตีฟองยางค่อนข้างยาก ดังนั้นการศึกษาผลของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการทำฟองน้ำยางธรรมชาติ จึงเลือกใช้ 5% CMC เป็นสารเพิ่มความหนืด ใส่น้ำยางปริมาณต่างๆ แล้วศึกษาสมบัติของยางฟองน้ำ

4.2.3 สมบัติของน้ำยางที่แปรปริมาณสารเพิ่มความหนืดและเพิ่มปริมาณแคลเซียม

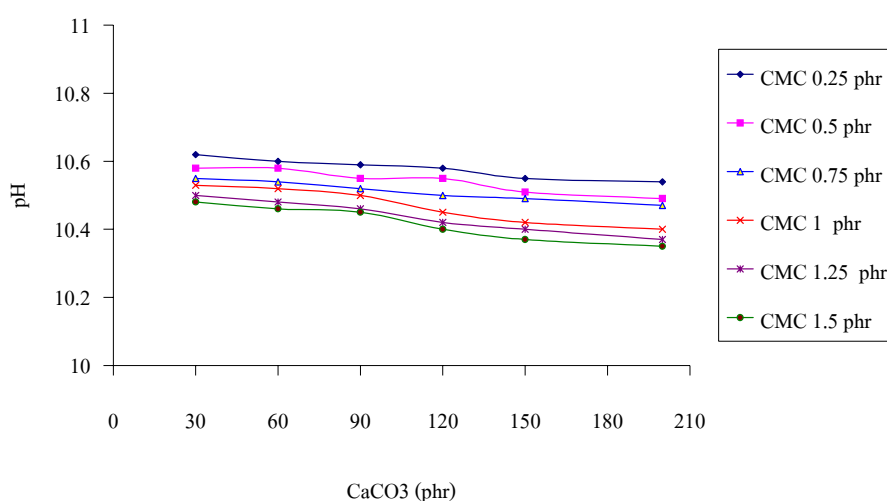
คาร์บอเนต

นำน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียดำมา 167 กรัม (เทียบเท่ากับยางแห้ง 100 กรัม) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมน้ำแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) และ 5% CMC ที่ 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 และ 1.5 phr ดังส่วนผสมในตารางที่ 5 โดยกวนให้น้ำยาง 5% CMC และ CaCO_3 เข้ากัน แล้วนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ความหนืด และความตึงผิวได้ผลดังแสดงในรูปที่ 8-10

ตารางที่ 5 ส่วนผสมของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและสารเพิ่มความหนืดปริมาณต่างๆ

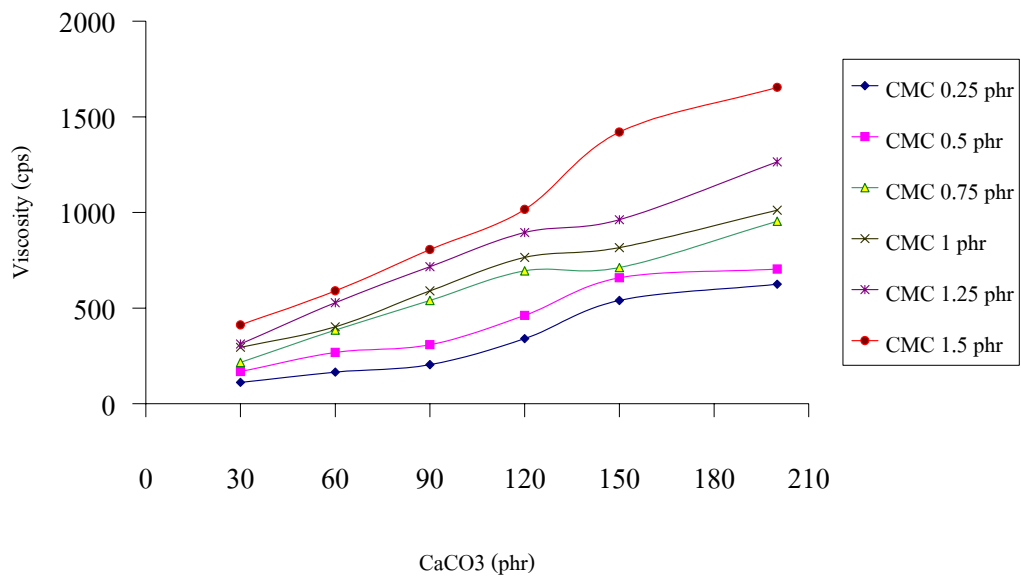
สารเคมี	น้ำหนักร (phr)					
	1	2	3	4	5	6
60% LA-Latex	100	100	100	100	100	100
72.6%CaCO ₃ Slurry	30*	60*	90*	120*	150*	200*
5% CMC	แปรปริมาณต่างๆ					

* ใส่ 5% CMC ปริมาณต่างๆ คือ 0.25 , 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 phr

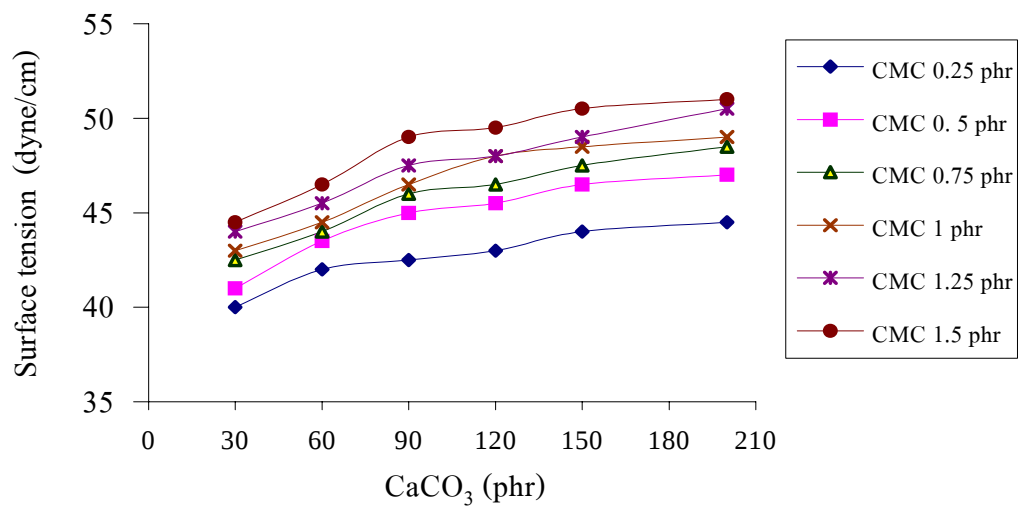


รูปที่ 8 ค่า pH ของน้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) และมี 5% CMC ปริมาณต่างๆ

รูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่า น้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) มีค่า pH ค่อยๆ ลดลง และค่า pH ของน้ำยางจะลดลงค่อนข้างเห็นได้ชัดที่ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต 90-150 phr เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตมีค่า pH เท่ากับ 9.04 ต่ำกว่าน้ำยางซึ่งมีค่า pH 10.89 ดังนั้นการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตลงไปในน้ำยางปริมาณไม่มากนักจึงทำให้สภาพความเป็นเบสค่อยๆ ลดลง และจะลดลงอย่างรวดเร็วที่ระดับของจุดสมมูล หากปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นอีก ค่า pH จะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก สำหรับการใส่สาร CMC ลงไปในน้ำยาง มีผลทำให้ค่า pH ลดต่ำลง เนื่องจาก CMC มีค่า pH เท่ากับ 6.74 เมื่อเพิ่ม CMC ลงไปในน้ำยาง จึงส่งผลให้ค่า pH ลดลง



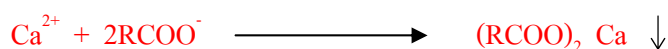
รูปที่ 9 ค่าความหนืด (viscosity) ของน้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) และมี 5% CMC ปริมาณต่างๆ



รูปที่ 10 ค่าความตึงผิว (surface tension) ของน้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) และมี 5% CMC ปริมาณต่างๆ

รูปที่ 9 เมื่อเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) ค่าความหนืดของน้ำยางจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติม เมื่อใส่ลงไป ในน้ำยางจะทำให้ปริมาณของแข็งในน้ำยางมีมากขึ้น ความหนืดของน้ำยางจึงเพิ่มสูงขึ้น และ ความหนืดของน้ำยางจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของ CMC ปริมาณที่เพิ่มขึ้น (0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 และ 1.5 phr) ด้วย โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของความหนืดจะแปรตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต และ CMC ที่ใส่น้ำยาง ค่าความหนืดจะเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันค่อนข้างมากที่ปริมาณของ แคลเซียมคาร์บอเนต 120-150 phr เนื่องจากอนุภาคสารตัวเติมที่ใส่น้ำยางสามารถดูดน้ำ ทำให้อนุภาคยางเข้ามาใกล้ชิดกันมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้น

รูปที่ 10 แสดงให้เห็นว่า ความตึงผิวของน้ำยางมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต เนื่องจากการใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนต ลงไปในน้ำยาง คาร์บอเนตไอออน (free Ca^{2+}) ซึ่งมีประจุบวกในแคลเซียมคาร์บอเนต จะรวมตัวกับสบู่ ทำให้สบู่ซึ่งเป็นสารลดความตึงผิว ที่มีอยู่ในน้ำยางสูญเสียสภาพ เกิดการตกตะกอน ดังสมการ



อย่างไรก็ตามการแตกตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยางเป็นคาร์บอเนตไอออนมีปริมาณน้อยมาก (5.29×10^{-5} โมลต่อลิตร) จึงถือว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความตึงผิวของน้ำยางน้อยมาก นอกจากนี้ สบู่ส่วนหนึ่งจะเคลื่อนมาอยู่รอบๆ อนุภาคของสารที่เติมลงไป ในน้ำยาง (Blackley, 1997) ทำให้อนุภาคสารที่เติมสามารถกระจายตัวอยู่ในน้ำยางได้ ส่งผลให้สบู่ที่อยู่บริเวณผิวของอนุภาคยางและน้ำยางมีปริมาณน้อยลงด้วย ความตึงผิวจึงมีค่าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันเมื่อมีการใส่ CMC ลงไปในน้ำยาง ค่าความตึงผิวของน้ำยางจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

4.2.4 ผลของแคลเซียมคาร์บอเนตและสารประกอบฟอสเฟตต่อสมบัติของน้ำยาง

น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียดำ แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณต่างๆ ลงไป คือ 30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr และใส่สารประกอบฟอสเฟตในปริมาณ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% ของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ส่วนผสมของน้ำยางและสารเคมีที่ใช้ดังแสดงในตารางที่ 6 (ก-ง) สมบัติความเป็นกรด-ด่าง ความหนืดของน้ำยางและ ความตึงผิวของน้ำยาง ผลของชนิดและปริมาณ ของสารประกอบฟอสเฟต (TSPP และ SHMP) ต่อการเตรียมขึ้นฟองน้ำที่แปรปริมาณแคลเซียม คาร์บอเนต ดังแสดงในรูปที่ 11-12

ตารางที่ 6 (ก) ส่วนผสมของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและสารประกอบฟอสเฟต (0.5% ของ CaCO_3) ปริมาณต่างๆ

สูตรที่ สารเคมี	น้ำหนัก (phr)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
60%LA-Latex	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
72.6% CaCO_3 slurry	30	60	90	120	150	200	30	60	90	120	150	200
10%TSPP	0.15	0.3	0.45	0.6	0.75	1.0	-	-	-	-	-	-
10%SHMP	-	-	-	-	-	-	0.15	0.3	0.45	0.6	0.75	1.0
%TSC	62.03	63.45	64.46	65.21	65.79	66.52	62.03	63.45	64.46	65.21	65.79	66.52

ตารางที่ 6 (ข) ส่วนผสมของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและสารประกอบฟอสเฟต (1% ของ CaCO_3) ปริมาณ ต่างๆ

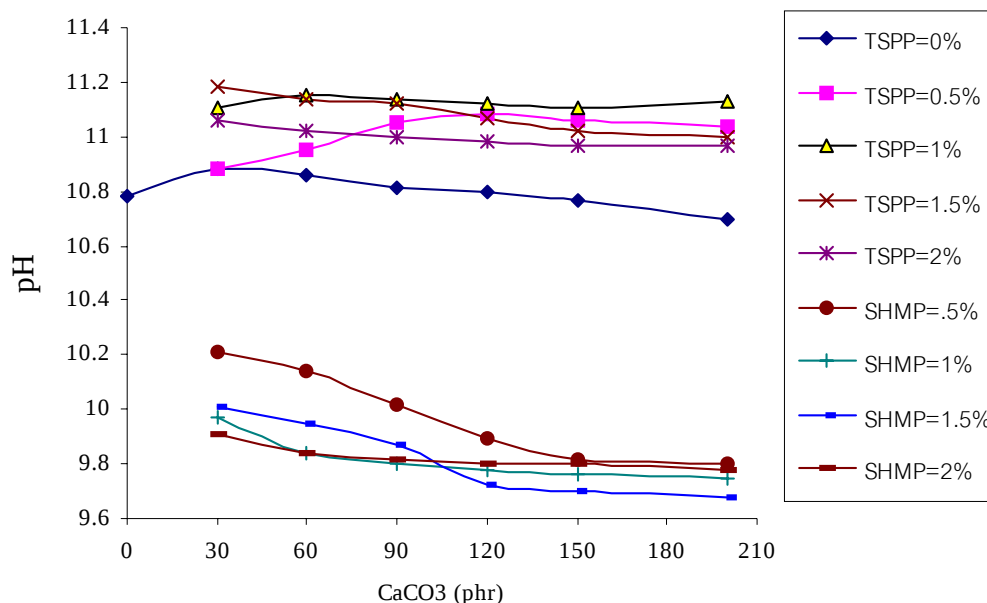
สูตรที่ สารเคมี	น้ำหนัก (phr)											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
60%LA-Latex	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
72.6% CaCO_3 slurry	30	60	90	120	150	200	30	60	90	120	150	200
10%TSPP	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-
10%SHMP	-	-	-	-	-	-	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	2.0
%TSC	61.66	62.82	63.64	64.25	64.72	65.30	61.66	62.82	63.64	64.25	64.72	65.30

ตารางที่ 6 (ค) ส่วนผสมของน้ำยางที่ได้เคลือบคาร์บอนและสารประกอบฟอสเฟต (1.5% ของ CaCO_3) ปริมาณต่างๆ

สูตรที่ สารเคมี	น้ำหนัก (phr)											
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
60%LA-Latex	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
72.6% CaCO_3 slurry	30	60	90	120	150	200	30	60	90	120	150	200
10%TSPP	0.45	0.9	1.35	1.8	2.25	3	-	-	-	-	-	-
10%SHMP	-	-	-	-	-	-	0.45	0.9	1.35	1.8	2.25	3
%TSC	61.30	62.21	62.85	63.32	63.68	64.13	61.30	62.21	62.85	63.32	63.68	64.13

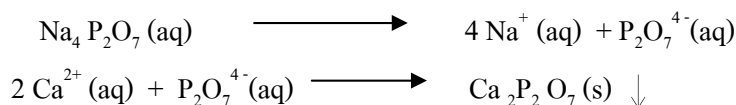
ตารางที่ 6 (ง) ส่วนผสมของน้ำยางที่ได้เคลือบคาร์บอนและสารประกอบฟอสเฟต (2% ของ CaCO_3) ปริมาณต่างๆ

สูตรที่ สารเคมี	น้ำหนัก (phr)											
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
60%LA-Latex	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
72.6% CaCO_3 slurry	30	60	90	120	150	200	30	60	90	120	150	200
10%TSPP	0.6	1.2	1.8	2.4	3	4	-	-	-	-	-	-
10%SHMP	-	-	-	-	-	-	0.6	1.2	1.8	2.4	3	4
%TSC	60.94	61.61	62.08	62.42	62.68	63.01	60.94	61.61	62.08	62.42	62.68	63.01



รูปที่ 11 ค่า pH ของน้ำยางที่ได้เคลือบคาร์บอนร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตปริมาณต่างๆ (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% ของแคลเซียมคาร์บอเนต)

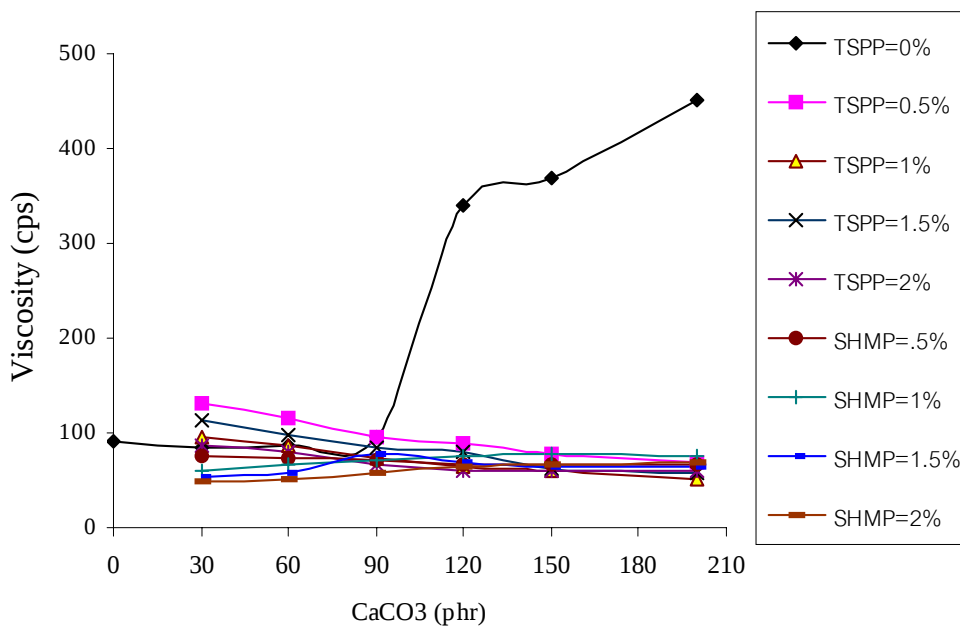
รูปที่ 11 แสดงให้เห็นว่า สารประกอบฟอสเฟตชนิด **TSPP** (Tetrasodium pyrophosphates) ไม่ค่อยมีผลต่อ pH แต่สารประกอบ **SHMP** (Sodium hexametaphosphates) มีผลทำให้ค่า pH ของน้ำยางลดต่ำลง น้ำยางที่ได้เคลือบคาร์บอนโดยไม่มีการใส่สารประกอบฟอสเฟต พบว่า ค่า pH ของน้ำยางจะค่อยๆ ลดลงตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตไอออนที่อยู่เป็นอิสระ (Ca^{2+}) มีปริมาณมากขึ้น ทำให้ความเป็นเบสของน้ำยางค่อยๆ ลดลง การใส่สารประกอบ TSPP ลงไปในน้ำยาง พบว่าค่า pH ของน้ำยางเปลี่ยนน้อยมาก เนื่องจาก TSPP เกิดการแตกตัวให้สารที่มีประจุลบ ซึ่งจะรวมตัวกับ Ca^{2+} ให้เกิดการตกตะกอน ดังสมการ



ดังนั้น pH-ของน้ำยางไม่เปลี่ยนแปลงนัก อย่างไรก็ตามค่า pH จะค่อยๆ ลดลงเล็กน้อยตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น การเพิ่มความเข้มข้นของ TSPP จะส่งผลให้ค่า pH ของน้ำยางที่ได้เคลือบคาร์บอนเพิ่มขึ้นในปริมาณที่น้อยมาก (<0.5) หรือไม่ค่อยมีผลต่อค่า pH ของน้ำยาง

การใส่ SHMP ในน้ำยาง มีผลทำให้ pH ของน้ำยางลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจาก **SHMP** มีสภาพค่อนข้างเป็นกรด (pH 6.5) สามารถให้ประจุบวก ซึ่งจะช่วยให้ประจุลบที่มีอยู่ในน้ำยางมีค่าลดน้อยลง ส่งผลให้ค่า pH ของน้ำยางมีค่าลดต่ำลง และเมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตมากขึ้น (> 150 phr) ค่า pH ของน้ำยางค่อนข้างคงที่ แสดงว่าประจุ

บวกที่มีอยู่ในสาร **SHMP** เกิดปฏิกิริยาสมมูลกับประจุลบที่มีอยู่ในน้ำยาง ส่งผลให้ค่า pH ของ
น้ำ ย า ง ไ ม่ ต ด ง แ ล ะ มี แ น ว โ น้ ม ก ง ที่

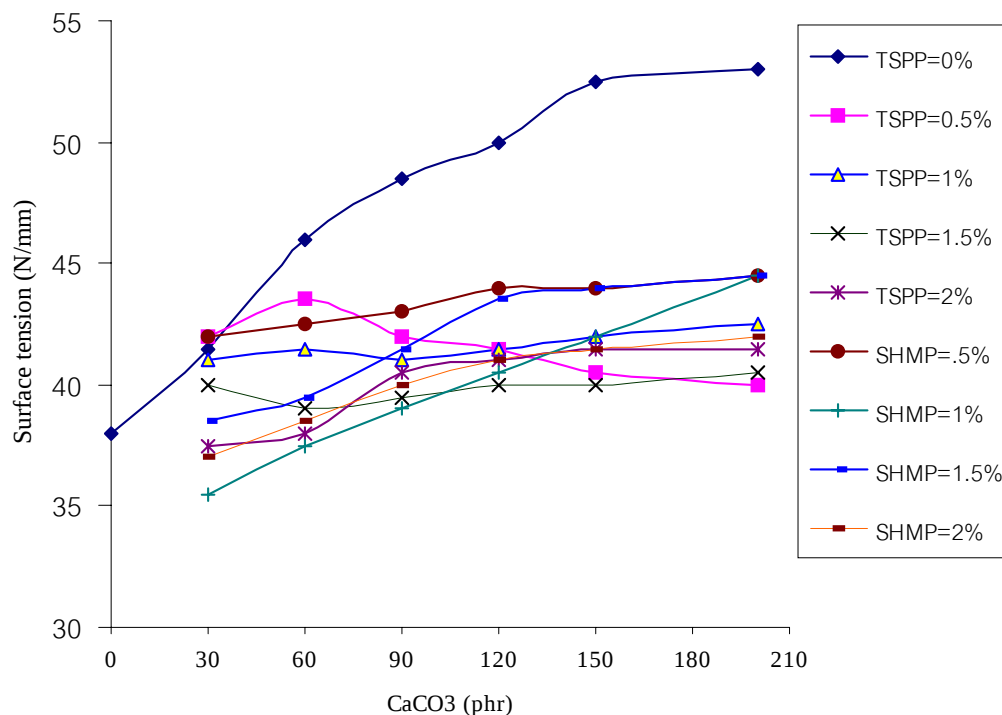


รูปที่ 12 ความหนืด (viscosity) ของน้ำยางที่ได้เคลือบคาร์บอนร่วมกับสารประกอบฟอสเฟต ปริมาณต่างๆ (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% ของเคลือบคาร์บอน)

จากรูปที่ 12 แสดงให้เห็นว่า น้ำยางที่ได้เคลือบคาร์บอน โดยไม่ใส่สารประกอบ ฟอสเฟต ความหนืดของน้ำยางจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

น้ำยางที่ได้เคลือบคาร์บอนร่วมกับสาร TSP 0.5% ของเคลือบคาร์บอน ความ หนืดจะมีการเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และเมื่อมีการเพิ่มปริมาณเคลือบคาร์บอน ความหนืดของน้ำ ยางจะมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับกับน้ำยางที่ใช้สาร TSP ค่าความหนืดของน้ำยางมีค่าไม่ แตกต่างกันมากนัก

น้ำยางที่ได้เคลือบคาร์บอนร่วมกับสาร SHMP ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ค่าความ หนืดของน้ำยางมีค่าเพิ่มขึ้น ก่อนข้างคงที่ เมื่อปริมาณเคลือบคาร์บอนเพิ่มขึ้น



รูปที่ 13 ความตึงผิว (surface tension) ของน้ำยางที่ได้เคลือบคาร์บอนร่วมกับสารประกอบฟอสเฟต ปริมาณต่างๆ (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% ของเคลือบคาร์บอน)

จากรูปที่ 13 แสดงให้เห็นว่า น้ำยางที่ได้เคลือบคาร์บอนโดยไม่ใส่สารประกอบฟอสเฟต ค่าความตึงผิวของน้ำยางจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อปริมาณเคลือบคาร์บอนเพิ่มขึ้น น้ำยางที่ได้เคลือบคาร์บอนร่วมกับสาร TSPP พบว่า น้ำยางที่ใช้สาร TSPP 0.5% ของเคลือบคาร์บอน เมื่อปริมาณเคลือบคาร์บอนเพิ่มขึ้น ความตึงผิวจะเพิ่มขึ้นที่ปริมาณเคลือบคาร์บอน 30-60 phr และค่าความตึงผิวจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเคลือบคาร์บอนเป็น 90-200 phr และเมื่อใส่สารประกอบฟอสเฟต TSPP 1.0 -2.0% ของเคลือบคาร์บอนในส่วนผสมของน้ำยางที่ใช้ดีฟองน้ำ พบว่า ค่าความตึงผิวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย โดยมีแนวโน้มลดลง และน้ำยางที่ได้เคลือบคาร์บอนร่วมกับสาร SHMP พบว่า ค่าความตึงผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

4.3 สมบัติน้ำยางคอมปาวด์บ่ม

น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียดำนํ้าด้วยสารเคมีในหัวข้อ 2.3.2 (ตารางที่ 1) เป็นเวลา 1 วัน (24 ชั่วโมง) โดยมีการกวนอย่างช้าๆ เพื่อให้สารเคมีในน้ำยางเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุกันบางส่วน แล้วนำน้ำยางคอมปาวด์มาตรวจสอบสมบัติ ความหนืด ความตึงผิว pH และ ระดับการวัลคาไนซ์ด้วยคลอโรฟอร์ม ได้ผลดังนี้

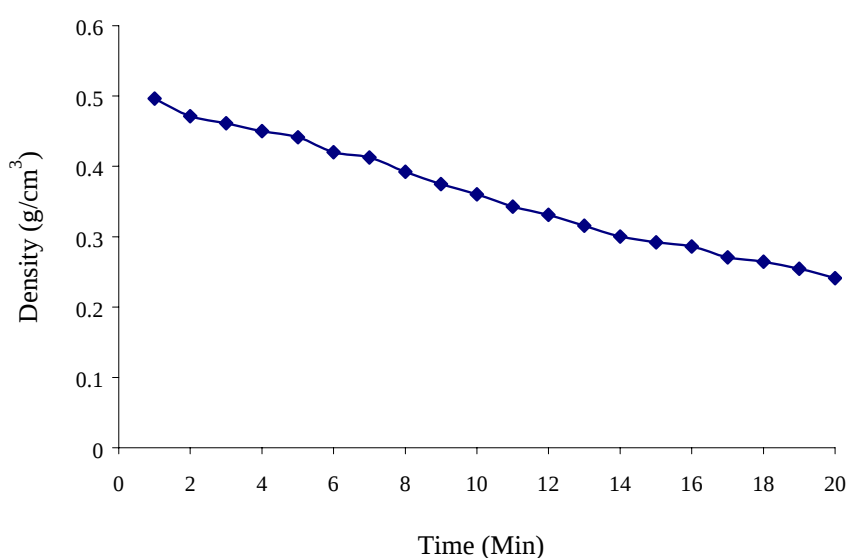
TSC	=	58.5 ± 0.5	%
Viscosity	=	93 ± 4	cps
Surface Tension	=	35 ± 0.5	dyne/cm
pH	=	10.75 ± 0.05	
Chloroform No.	=	2.0-2.5	

ตรวจสอบสมบัติของน้ำยางคอมปาวด์ที่นำมาบ่ม (ตารางที่ 1) พบว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมด 58.50% น้อยกว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียดำ (หัวข้อ 4.1.1) ประมาณ 3-4% เนื่องจากส่วนผสมของน้ำยางคอมปาวด์ที่บ่มมีน้ำผสมอยู่ด้วย จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่มีอยู่ต่ำลง อย่างไรก็ตามการบ่มน้ำยางไว้จะมีการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างยางและสารเคมีที่มีอยู่ในน้ำยาง ทำให้ค่าความหนืดของน้ำยางคอมปาวด์มีค่าสูงขึ้นหลังจากที่บ่มไว้ ส่วนค่าความตึงผิวของน้ำยางคอมปาวด์ที่นำมาบ่ม มีค่าลดลง 3 dyne/cm. จากน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียดำ เนื่องจากการเติมสบู่ลงไปในน้ำยางที่บ่มเพื่อเพิ่มความเสถียรแก่น้ำยางและทำให้น้ำยางคอมปาวด์สามารถทำให้เกิดฟองได้ง่ายในการทำยางฟองน้ำ ซึ่งจะมีการเติมสบู่เพิ่มลงไปในน้ำยางอีกในระหว่างการตียางให้เกิดฟองขณะทำยางฟองน้ำ ค่า pH ของน้ำยางที่บ่ม 1 วัน ไม่มีความแตกต่างจากน้ำยางก่อนบ่ม ส่วนระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมปาวด์ที่บ่ม 1 วัน พบว่ามีค่าคลอโรฟอร์มนัมเบอร์ประมาณ 2 แสดงว่าในระหว่างการบ่มน้ำยางคอมปาวด์จะมีการกวนน้ำยางอย่างช้าๆ นั้น สารเคมีที่ใส่ในน้ำยางที่บ่มไว้มีปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุของสารเคมีเกิดขึ้นพร้อมที่จะนำมาแปรรูปทำยางฟองน้ำต่อไป

4.4 ตัวแปรพื้นฐานที่ส่งผลต่อการเตรียมยางฟองน้ำ

4.4.1 ผลของเวลาการตีฟองน้ำต่อความหนาแน่นของฟองยาง

นำน้ำยางคอมปาวด์ที่บ่มไว้ในหัวข้อที่ 2.3.2 ตามส่วนผสมที่แสดงในตารางที่ 2 มาตีฟองให้เกิดฟอง ที่ระดับความเร็วการเดินเครื่องคงที่ เบอร์ 3 เป็นเวลา 1 นาที นำฟองยางที่ได้ออกมาวัดความหนาแน่นด้วยการใส่ในภาชนะบรรจุที่ทราบปริมาตรที่แน่นอนขนาด 500 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้ฟองยางเกิดการคงรูป และออกจากเบ้า แล้วนำมาวัดซ้ำเพื่อหาความหนาแน่น ทำการทดลองแบบเดียวกัน โดยใช้เวลาเดินเครื่องเพิ่มมากขึ้นคือ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 และ 20 นาที และวัดความหนาแน่นของฟองยางที่ได้ ผลของเวลาการตีฟองที่ระดับความเร็วคงที่ เบอร์ 3 ต่อความหนาแน่นของฟอง ดังในแสดงรูปที่ 14



รูปที่ 14 ความหนาแน่น (density) ของฟองยางเมื่อเพิ่มระยะเวลาการตีฟอง

รูปที่ 14 จะเห็นว่า การตีฟองยางด้วยความเร็วเบอร์ 3 ที่ระยะเวลาการตีฟองน้อย ความหนาแน่นของฟองยางจะมีค่าสูง แต่เมื่อระยะเวลาการตีฟองนานขึ้น ความหนาแน่นของฟองยางจะลดลง เนื่องจากเมื่อเพิ่มเวลาการตีฟองให้มากขึ้น ทำให้อากาศแทรกตัวเข้าไประหว่างอนุภาคของยางและน้ำได้มากขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นของฟองยางลดลงโดยมีแนวโน้มการลดลงค่อนข้างคงที่ สำหรับการศึกษาผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการทำยางฟองน้ำในการทดลองนี้ หลังจากกวนน้ำยางและสารเคมีให้เข้ากันเป็นเวลา 3 นาทีแล้ว เลือกใช้เวลาในการตีฟองยาง เป็นเวลาประมาณ 2 นาที ก่อนที่จะใส่แคลเซียมคาร์บอเนตลงไป และใช้ระยะเวลาในการตีฟองยาง รวมทั้งการใส่สารเคมีลงไปให้น้ำยาง รวมเป็นเวลาประมาณ 13-15 นาที ส่งผลให้สามารถควบคุมความแปรปรวนของความหนาแน่นจากกระบวนการตีฟองยาง

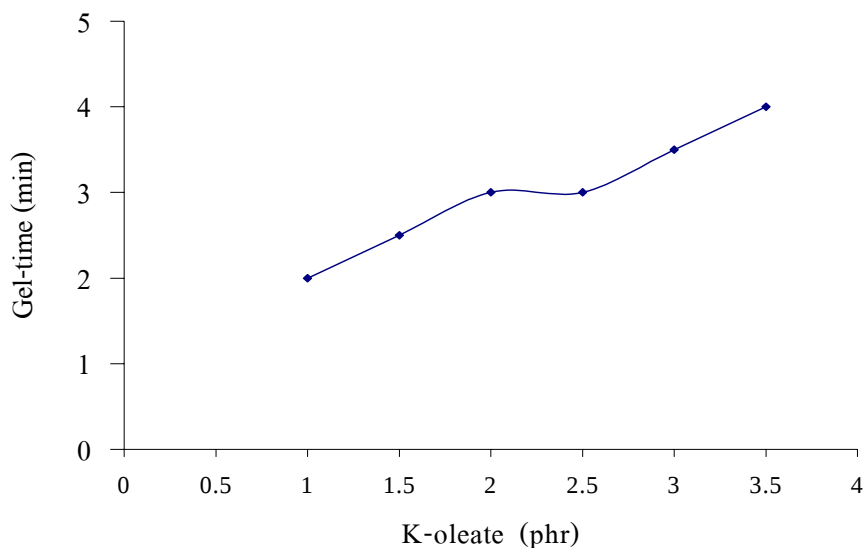
4.4.2 การแปรปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ต่อสมบัติของน้ำยางที่ใช้ทำฟองน้ำ

4.4.2.1 อิทธิพลของสบู่โพแทสเซียมโอเลเอต

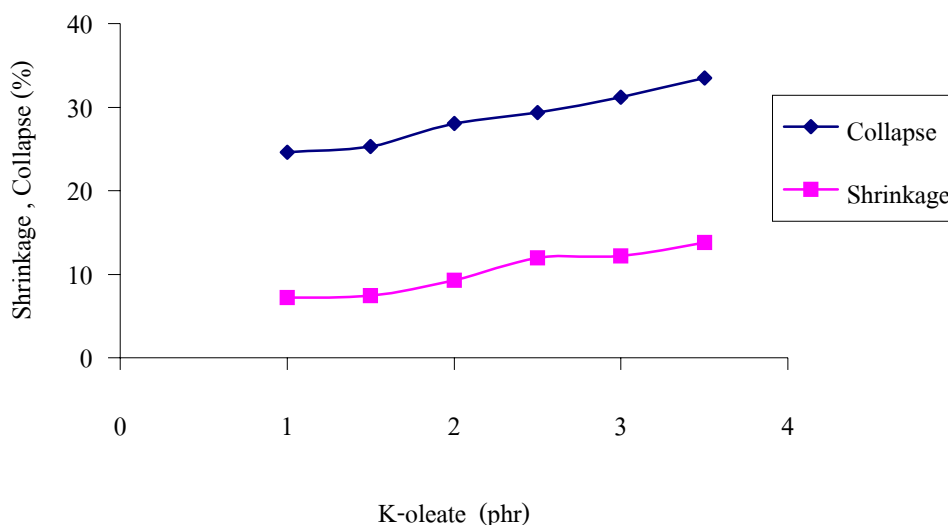
นำน้ำยางคอมปาวด์ที่บ่มเรียบร้อยแล้ว มีส่วนผสมสารเคมีที่ใช้ดังแสดงในตารางที่ 7 มาทำการตีฟองตามหัวข้อที่ 3.1 เพื่อศึกษาอิทธิพลของสบู่โพแทสเซียมโอเลเอต ต่อสมบัติของระยะเวลาเจล การหดตัวตามแนวเส้นผ่าศูนย์กลางและการยุบตัวของยางฟองน้ำ ได้ผลดังแสดงไว้ดังรูปที่ 15

ตารางที่ 7 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่แปรปริมาณของสบู่โพแทสเซียมโอเลเอต (20% K-oleate)

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (phr)
น้ำยางบ่ม (หัวข้อที่ 2.3.2)	106.5
20% K-Oleate	1, 1.5, 2, 2.5, 3 และ 3.5
10% DPG	1
50% ZnO	5
20% SSF	1.5



รูปที่ 15 ผลของปริมาณสบู่โพแทสเซียมโอเลเอตต่อระยะเวลาเจล (gel-time) ของฟองน้ำ



รูปที่ 16 ผลของปริมาณสบู่โพแทสเซียมโอเลอเตตต่อสมบัติการหดตัว (shrinkage) และยุบตัว (collapse) ของยางพองน้ำ

จากรูปที่ 15 แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณสบู่โพแทสเซียมโอเลอเตตในส่วนผสมของน้ำยางที่ใช้ทำยางพองน้ำ มีผลให้ระยะเวลาเจลของพองน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากสบู่โพแทสเซียมโอเลอเตตเป็นสารเพิ่มความเสถียรแก่น้ำยางที่มีประจุลบ จึงทำให้น้ำยางมีความเสถียรเพิ่มขึ้น การมีสารก่อเจลหลัก (SSF) ปริมาณคงที่ 1.5 phr ในส่วนผสมของน้ำยางจึงทำให้พองยางต้องใช้เวลาในการเจลเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากเพิ่มปริมาณสบู่ในน้ำยางมากขึ้น สามารถปรับระยะเวลาเจลให้เร็วขึ้นโดยการเพิ่มปริมาณของ SSF ให้มีปริมาณมากขึ้นในช่วงที่เหมาะสมกับปริมาณสบู่โพแทสเซียมโอเลอเตตที่ใช้เพิ่มขึ้น โดย SSF ที่ใส่ในน้ำยางมากขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในการเจลด้อยลง (รูปที่ 19)

จากรูปที่ 16 แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มสบู่โพแทสเซียมโอเลอเตตในน้ำยาง มีผลทำให้การยุบตัวของยางพองน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจาก ในน้ำยางมีปริมาณของสารก่อเจล (SSF) สารวัลคาไนซ์ ปริมาณคงที่ (เท่าเดิม) การเพิ่มสบู่มากขึ้น ทำให้น้ำยางมีความเสถียรเพิ่มขึ้น และน้ำยางที่ปั่นด้วยความเร็วสูงเกิดฟองมากขึ้น ฟองยางจะมีระยะเวลาในการเจลช้าลง ทำให้ฟองยางเกิดการแตกตัวและยุบตัวมากขึ้น ทำนองเดียวกัน การใส่สบู่โพแทสเซียมโอเลอเตตในปริมาณเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำยางเกิดการหดตัวมากขึ้นด้วย โดยการหดตัวจะมีค่าน้อยกว่าการยุบตัว เนื่องจากภาชนะที่ใส่ฟองยางไม่มีฝาปิด เมื่อฟองยางได้รับความร้อน อากาศภายในยางพองน้ำเกิดการขยายตัว จึงทำให้น้ำยางพองน้ำหลังการวัลคาไนซ์ เกิดการยุบตัวมากกว่าการหดตัว

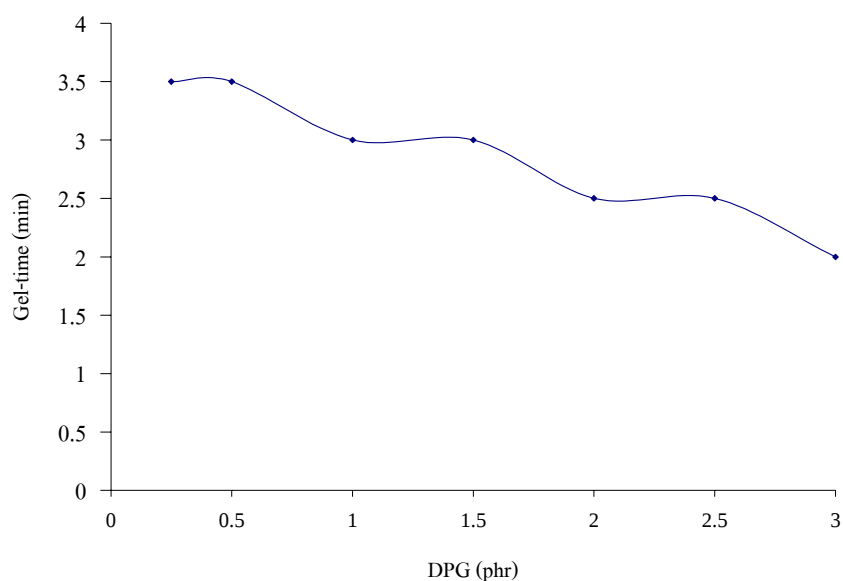
จากรูปที่ 15-16 แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณสบู่โพแทสเซียมโอเลอเตต มีผลทำให้ฟองยางมีระยะเวลาเจลเพิ่มขึ้น และสมบัติของพองน้ำหลังการวัลคาไนซ์มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวและยุบตัวเพิ่มขึ้น

4.4.2.2 อิทธิพลของสารเสริมการจับตัว (Diphenyl Guanidine)

นำน้ำยางคอมปาวด์ที่บ่มเรียบร้อยแล้ว มีส่วนผสมของสารเคมีดังตารางที่ 8 ทำการตีฟองตามหัวข้อที่ 3.1 เพื่อศึกษาอิทธิพลของ Diphenyl Guanidine ต่อระยะเวลาเจล การหดตัวตามแนวเส้นผ่าศูนย์กลางและการยุบตัว ได้ผลดังรูปที่ 17-18

ตารางที่ 8 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่แปรปริมาณสารเสริมการจับตัว

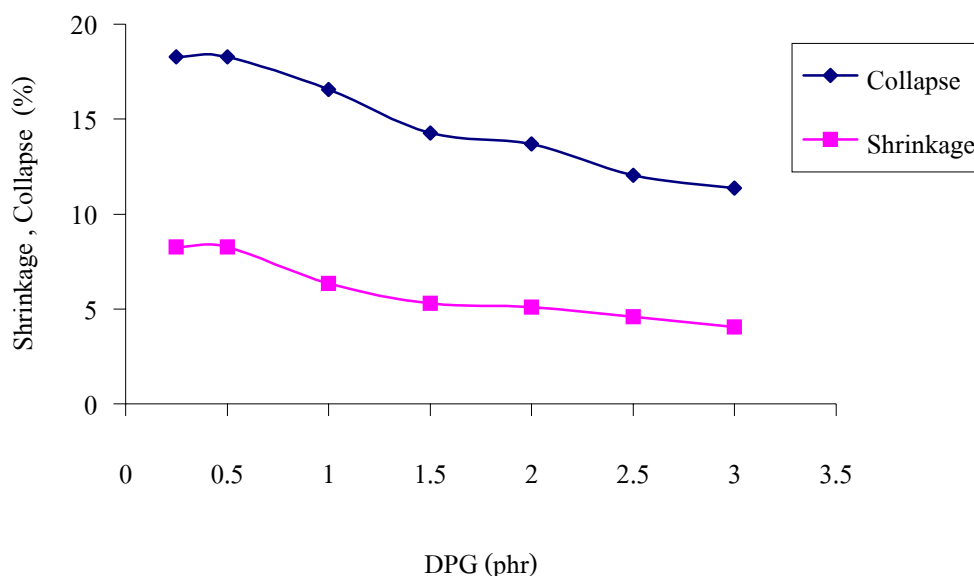
สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (phr)
น้ำยางบ่ม (หัวข้อที่ 2.3.2)	106.5
20% K-Oleate	2
10% DPG	0.25, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, และ 3
50% ZnO	5
20% SSF	1.5



รูปที่ 17 ผลของปริมาณสารเสริมการจับตัว DPG ต่อระยะเวลาเจล (gel time) ของฟองยาง

จากรูปที่ 17 แสดงให้เห็นว่า การใส่สารเสริมการจับตัว DPG ในปริมาณน้อยกว่า 0.5 phr ฟองยางจะใช้เวลาในการเจลเท่ากันประมาณ 3.5 นาที และการเพิ่มปริมาณ DPG ในส่วนผสมของน้ำยาง มีผลทำให้ระยะเวลาการเจลของฟองยางค่อยๆ ลดลง เนื่องจาก DPG ซึ่งเป็นสารก่อเจลเสริม เร่งให้สารก่อเจลหลัก (SSF) เกิดปฏิกิริยาการแตกตัวให้ประจุที่

ทำให้น้ำยางเกิดการเจลเร็วขึ้น การใส่ DPG ในปริมาณที่มากเกินไป มีผลทำให้ปฏิกิริยาการเจลเร็วขึ้น ส่งผลให้ยางพองน้ำเกิดจับตัวเร็วและอาจเกิดปัญหาเทฟองยางใส่เข้าได้ยาก จำเป็นต้องเลือกใช้ปริมาณที่เหมาะสมกับกระบวนการทำยางพองน้ำ ในการศึกษาผลของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการทำพองน้ำยางธรรมชาติ จะเลือกใช้ปริมาณ DPG 1 phr. พองยางใช้เวลาในการเจลประมาณ 3 นาที



รูปที่ 18 ผลของสารเสริมการจับตัว DPG ต่อสมบัติการหดตัว (shrinkage) และยุบตัว (collapse) ของพองน้ำ

จากรูปที่ 18 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณ DPG อยู่ในช่วง 0.25 – 0.5 phr การหดตัวและการยุบตัวของพองน้ำไม่มีความแตกต่างกัน และเมื่อมีการใส่ DPG ในช่วง 1-3 phr การหดตัวและการยุบตัวของพองน้ำมีแนวโน้มลดลง เนื่องจาก DPG เป็นสารตัวเร่งอย่างช้าๆ และทำหน้าที่เป็นสารเสริมการจับตัว ทำให้การเจลเป็นไปได้ดี ยางพองน้ำจะเกิดการรักษารูปทรงได้ดี การหดตัวและการยุบตัวเกิดขึ้นน้อยลงตามปริมาณ DPG ที่เพิ่มขึ้น และในขณะเดียวกันการหดตัวของพองน้ำจะมีค่าน้อยกว่าการยุบตัว เนื่องจากการยุบตัวของพองน้ำ มีความดันบรรยากาศเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ส่งผลให้เกิดการยุบตัวสูงกว่าการหดตัว

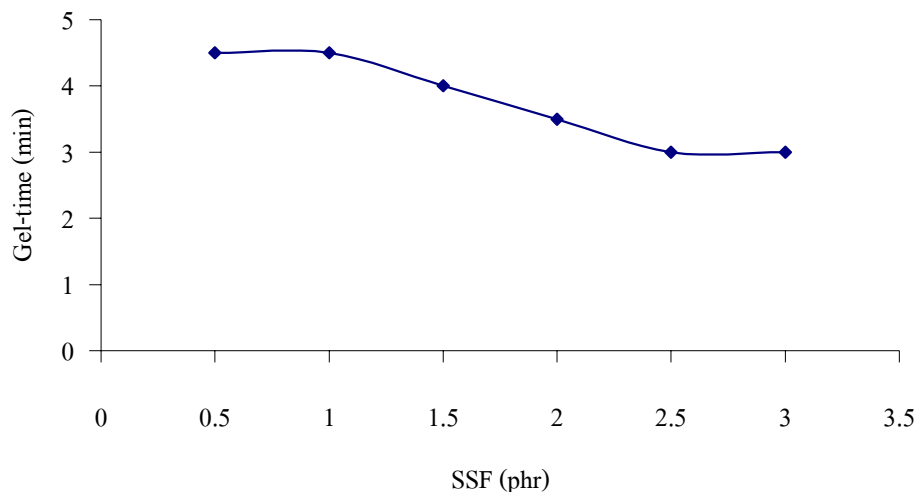
4.4.2.3 อิทธิพลของสารประกอบโซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (Sodium Silico

Fluoride, SSF)

นำน้ำยางคอมปาวด์บ่มเรียบร้อยแล้ว มีส่วนผสมของสารเคมีในตารางที่ 9 ทำการตีฟองตามหัวข้อที่ 3.1 เพื่อศึกษาอิทธิพลของสารก่อเจลหลัก Sodium Silico Fluoride ต่อสมบัติของ ระยะเวลาเจล การหดตัวตามแนวเส้นผ่าศูนย์กลางและการยุบตัว ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 19-20

ตารางที่ 9 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่แปรปริมาณของสารโซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์

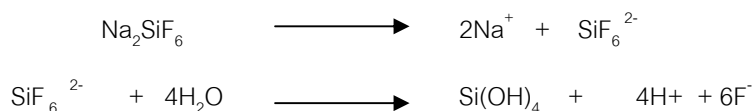
สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (phr)
น้ำยางบ่ม (หัวข้อที่ 2.3.2)	106.5
20% K-Oleate	2
10% DPG	1
50% ZnO	5
20% SSF	0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3



รูปที่ 19 ผลของปริมาณ SSF ต่อระยะเวลาการเจล (gel time) ของฟองน้ำ

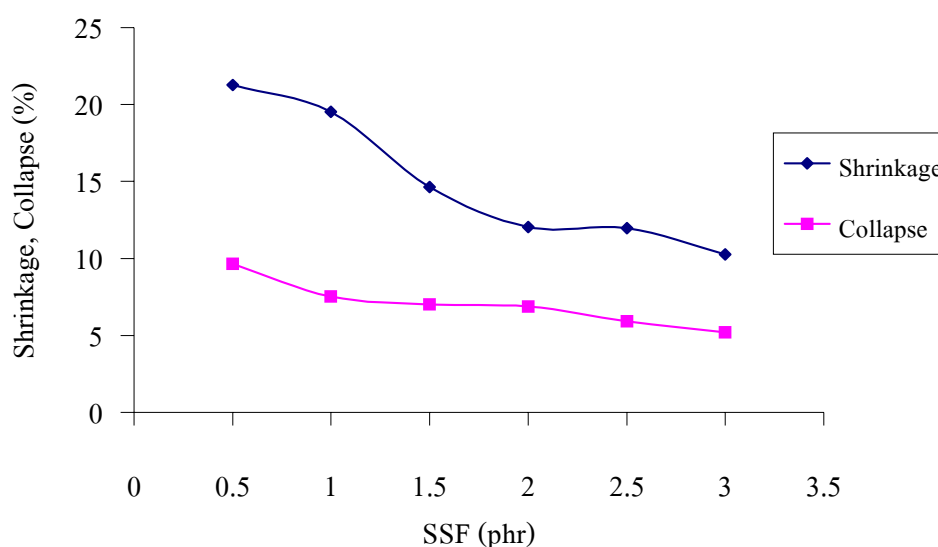
จากรูปที่ 19 แสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณของ Sodium Silico Fluoride เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ระยะเวลาการเจลของฟองยางลดลง โดยในช่วง 0.5-1.0 phr ระยะเวลาการเจลของฟองยางไม่

แตกต่างกัน คืออยู่ในช่วง 4.5 นาที และเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของ SSF ในช่วง 1.5-3.0 phr ระยะเวลาการเจลจะลดลงค่อนข้างคงที่ เนื่องจาก SSF เป็นสารก่อเจลหลัก ส่งผลให้ฟองน้ำเกิดการเจล ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้ (บุญธรรม, พ.ศ. 2532)



ไฮโดรเจนอออนทำให้น้ำยามีค่า pH ลดลง พร้อมกับการเกิด Si(OH)_4 ซึ่งอาจดูดพวกสนุจากอนุภาคยางส่งผลให้ฟองยางเกิดการจับตัว หรือฟองน้ำเกิดการสูญเสียความเสถียรหรือเกิดการเจล โดยทั่วไปการเจลจะเกิดสมบูรณ์ ภายในเวลา 10-15 นาที

การใส่สาร SSF จะช่วยควบคุมเวลาในการเจลของฟองยาง ขณะเดียวกันจะช่วยให้การจับตัวของฟองยางให้มีการจับตัวแน่นขึ้นและสามารถยึดติดกันได้อย่างสมบูรณ์



รูปที่ 20 ผลของปริมาณ SSF ต่อสมบัติการหดตัว (shrinkage) และยุบตัว (collapse) ของฟองน้ำ

จากรูปที่ 20 แสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณของ SSF เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การหดตัวและการยุบตัวของฟองน้ำลดลง เนื่องจาก SSF เป็นสารก่อเจลหลัก ทำให้น้ำยางที่ผสมสารเคมีแล้วเกิดการสูญเสียความเสถียรอย่างช้าๆ มีผลทำให้ค่า pH ลดลง โดยปกติ น้ำยางชั้นจะมีค่า pH มากกว่า 9 แต่หลังจากใส่ SSF ซึ่งเป็นสารก่อเจลหลักแล้ว ค่า pH ของน้ำยางจะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ เหลือประมาณ 7.5 ทำให้เกิดการคงรูปของฟองน้ำ เมื่อมีการเพิ่มปริมาณของ SSF ทำให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น โดยสมบัติการยุบตัวของฟองน้ำมีเปอร์เซ็นต์การลดลงมากกว่าการหดตัว ด้วยมีปัจจัยด้านอากาศคอบริเวณด้านบน

4.5 ผลของแคลเซียมคาร์บอเนต ต่อการทำยางฟองน้ำ และสมบัติ

4.5.1 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต

เตรียมยางฟองน้ำตามวิธีในหัวข้อที่ 3.1 โดยใช้ น้ำยางบ่มตามตารางที่ 1 นำมาแปรปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต คือ 30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr ดังส่วนผสมของสารเคมีในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่ได้แคลเซียมคาร์บอเนต Slurry ปริมาณต่างๆ

สารเคมี	น้ำหนัก (phr)					
	1	2	3	4	5	6
น้ำยางบ่ม (หัวข้อที่ 2.3.2)	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5
20% K-Oleate	2	2	2	2	2	2
10% DPG	1	1	1	1	1	1
50% ZnO	5	5	5	5	5	5
20% SSF	2	2	2	2	2	2
CaCO ₃ Slurry	30	60	90	120	150	200
%TSC	55.42	57.75	59.52	60.91	62.03	63.49

เปรียบเทียบลักษณะพฤติกรรมของฟองน้ำก่อนการเจล เวลาในการเจลของฟองน้ำ และลักษณะภายนอกของชิ้นฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์ ได้ผลดังแสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ลักษณะพฤติกรรมของฟองน้ำก่อนการเจล เวลาในการเจลของฟองน้ำ และ ลักษณะภายนอกของชิ้นฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ

CaCO ₃ (phr)	ลักษณะฟองน้ำก่อนการเจล	เวลาเจล (นาที)	ลักษณะฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์
30	ฟองละเอียดสม่ำเสมอ เกิดฟองได้ง่าย	4.5	ฟองน้ำเกิดการหดตัวน้อย ผิวหน้าเรียบและนุ่ม
60	ฟองละเอียดสม่ำเสมอ เกิดฟองได้ง่าย	4	ฟองน้ำเกิดการหดตัวน้อย ผิวหน้าเรียบและนุ่ม
90	ฟองละเอียดสม่ำเสมอ ดีฟองได้ยากขึ้น	4	ฟองน้ำเกิดการหดตัวน้อย ผิวหน้าเรียบและฟองน้ำแข็งขึ้น
120	ฟองละเอียด ใช้เวลาดีฟองให้เข้ากับ CaCO ₃ นานขึ้น ฟองยุบตัวเล็กน้อยหลังใส่ CaCO ₃	4	ฟองน้ำหดตัวเล็กน้อย ผิวหน้าเรียบและแข็งขึ้น
150	ฟองละเอียด เกิดปัญหาฟองยุบตัวลงหลังใส่ CaCO ₃	3.5	ฟองน้ำยุบตัวมากขึ้น แข็งขึ้นกว่าเดิม ผิวหยาบ และแตกเล็กน้อย
200	ฟองหยาบมาก ดีฟองให้เข้ากับ CaCO ₃ ได้ยาก ฟองน้ำยุบตัวมาก และเกิดปัญหาจับตัวได้ง่าย เมื่อดีฟองนาน	3	ฟองน้ำหดตัวน้อย ผิวเรียบ และฟองน้ำแข็งขึ้น

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่า ฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณ 30 – 60 phr ฟองน้ำก่อนการเจลจะมีลักษณะดี ฟองยางมีความละเอียด สามารถเกิดฟองได้ง่าย ใช้เวลาตีฟองน้อย เวลาเจลของฟองน้ำเท่ากับ 4 – 4.5 นาที ซึ่งเหมาะแก่การผลิตฟองน้ำ ชื่นฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์เกิดการหดตัวเล็กน้อย ผิวหน้าของฟองน้ำเรียบ และชื่นฟองน้ำนุ่ม

ฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 90-120 phr ให้ฟองยางก่อนการเจลมีลักษณะดี เช่นเดียวกัน แต่การตีฟองยางให้เข้ากับแคลเซียมคาร์บอเนตกระทำได้ยากขึ้น กล่าวคือ สามารถตีฟองยางให้ละเอียดสม่ำเสมอ แต่ต้องใช้เวลาในการตีฟองนานขึ้น เวลาในการเจลลดลงเล็กน้อย ลักษณะของชื่นฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์เกิดการหดตัวเล็กน้อย ผิวหน้าเรียบ และชื่นฟองน้ำมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มมากขึ้น

ฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 150 – 200 phr พบว่า มีปัญหาขุ่นตัวลงมาก หลังจากการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตจนหมด ปริมาตรของฟองยางที่ตีได้น้อย และเมื่อเพิ่มเวลาการตีฟองขึ้น ฟองยางก็ไม่เกิดมากขึ้น แต่ทำให้น้ำยางเกิดการจับตัวก่อนใส่สารแขวนลอย SSF ทำให้ไม่สามารถตีฟองยางให้เข้ากับแคลเซียมคาร์บอเนตได้นัก ฟองน้ำเกิดการเจลในเวลาอันรวดเร็ว และเสี่ยงต่อการเจลก่อนเทฟองน้ำเข้าเบ้า ชื่นฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์มีลักษณะดี แต่ลักษณะผิวจะมีความแข็งแรงและหยาบ สามารถสังเกตเห็นเม็ดของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ไม่สามารถตีให้เข้ากับฟองยางได้ง่าย ฟองน้ำที่ได้มีความแข็งแรงมาก

4.5.2 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต และสารเพิ่มความหนืด

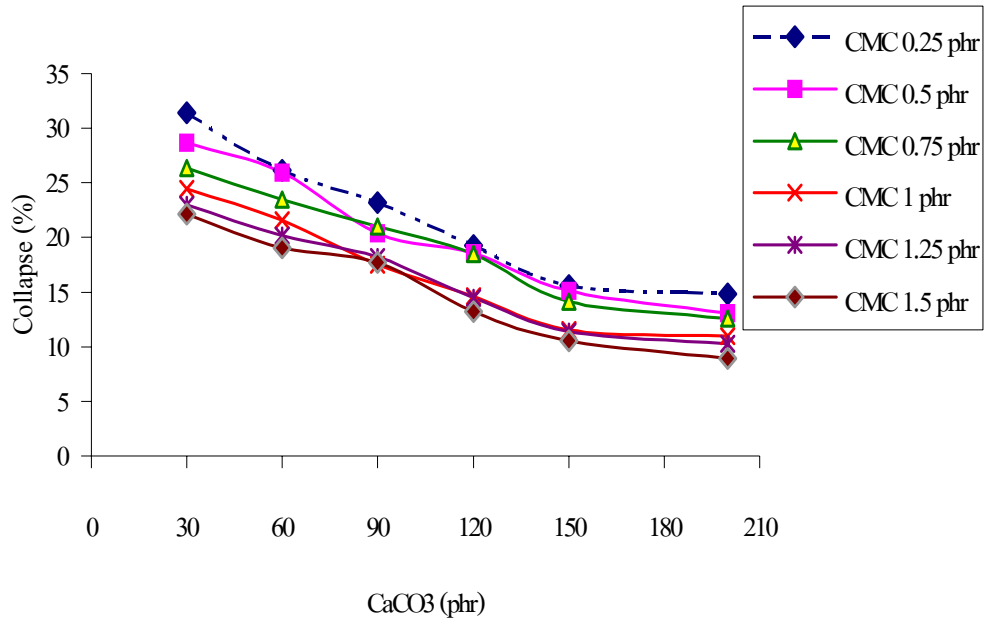
น้ำยางบ่ม (หัวข้อ 2.3.2) มีส่วนผสมของสารเคมีตามตารางที่ 12 โดยการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ลงไปคือ 30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr และ 5% CMC 0.25, 0.5 0.75, 1, 1.25 และ 1.5 phr นำมาตีฟองโดยกระบวนการแบบดันลอปตามวิธีในหัวข้อที่ 3.1 ตรวจสอบผลของ CMC และปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ต่อสมบัติ การยุบตัว-หดตัว ความหนาแน่น และความแข็งของขึ้นฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์ ได้ผลดังรูปที่ 21-24

ตารางที่ 12 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต และ 5% CMC ปริมาณต่างๆ

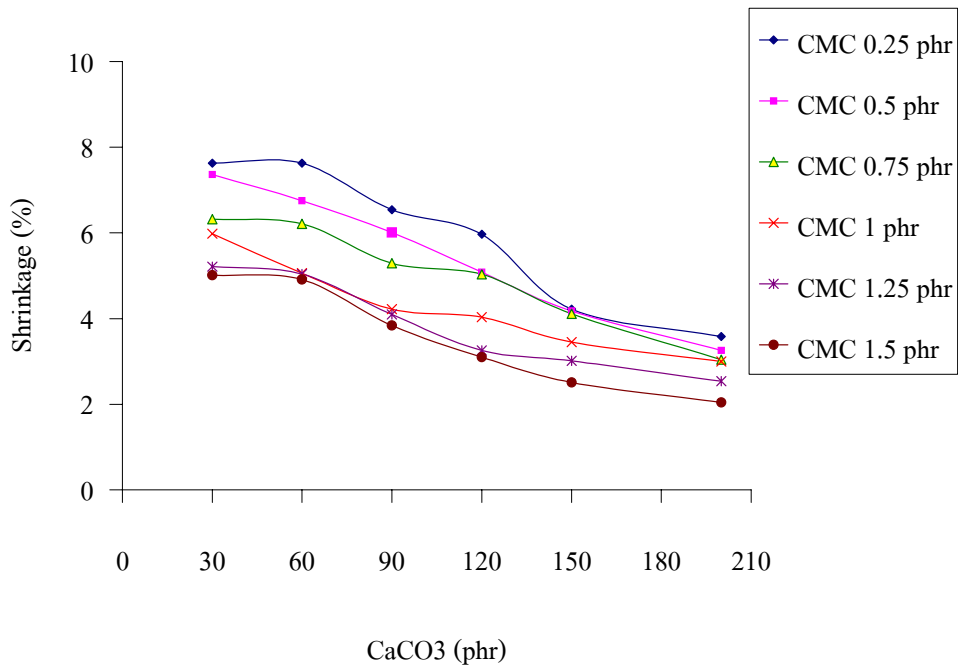
สารเคมี	น้ำหนัก (phr)					
	1	2	3	4	5	6
น้ำยางบ่ม (หัวข้อที่ 2.3.2)	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5
20% K-Oleate	2	2	2	2	2	2
10% DPG	1	1	1	1	1	1
50% ZnO	5	5	5	5	5	5
20% SSF	2	2	2	2	2	2
72.6% CaCO ₃ slurry	30*	60*	90*	120*	150*	200*
5% CMC	แปรปริมาณ					

* ใส่ 5% CMC ปริมาณต่างๆ คือ 0.25 , 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 phr

4.5.2.1 การยุบตัวและหดตัว

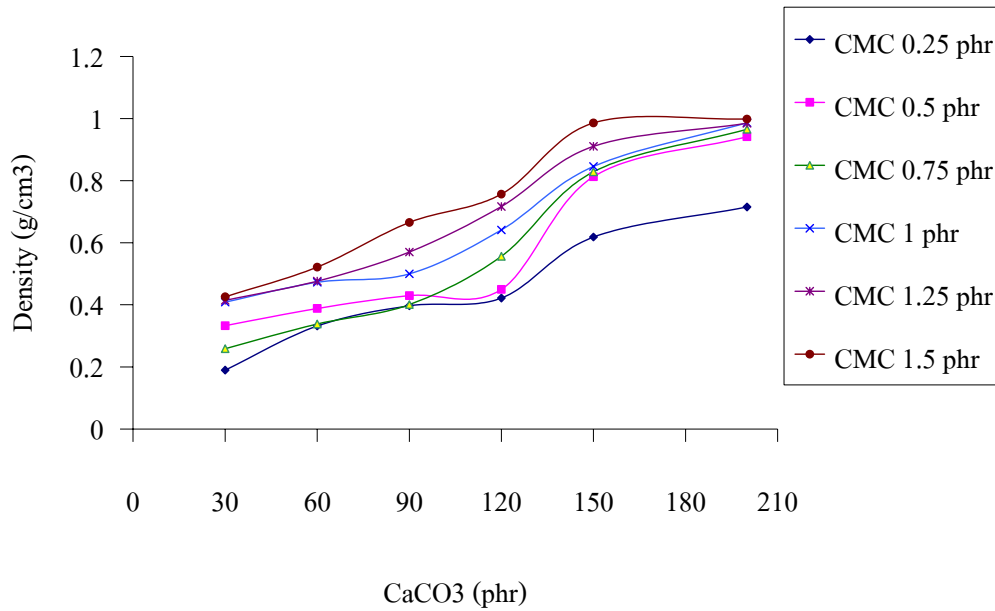


รูปที่ 21 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 5%CMC ต่อการยุบตัว (collapse) ของฟองน้ำ

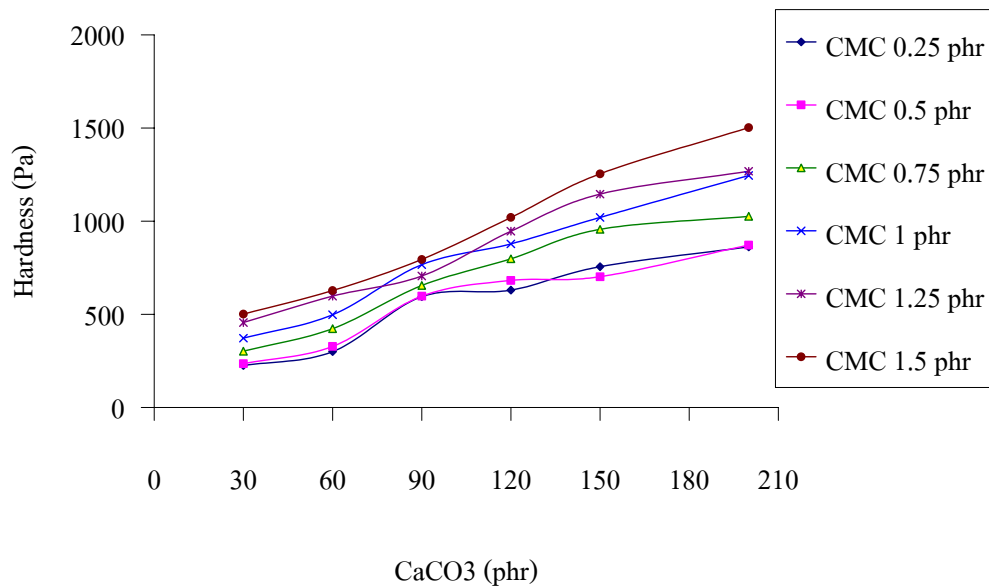


รูปที่ 22 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 5% CMC ต่อการหดตัว (shrinkage) ของฟองน้ำ

4.5.2.2 ความหนาแน่นและความแข็ง



รูปที่ 23 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ต่อความหนาแน่น (density) ของฟองน้ำ



รูปที่ 24 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ต่อความแข็ง (hardness) ของฟองน้ำ

ฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียวในปริมาณเพิ่มขึ้น โดยไม่มีสาร CMC (หัวข้อ 4.5.1) ยางฟองน้ำที่วัลคาไนซ์ จะมีสมบัติการยุบตัวและหดตัวมีค่าค่อนข้างสูง (เสาวนีย์ และ คณะ, 2547) การใส่สาร CMC ในส่วนผสมของน้ำยางที่ใช้ตีฟองยางมีผลทำให้การยุบและหดตัวมีค่าลดลง จากรูปที่ 21-22 แสดงให้เห็นว่า ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ต่อสมบัติการยุบตัวและหดตัวของยางฟองน้ำที่วัลคาไนซ์ โดยการแปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตคือ 30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr ร่วมกับการใช้ 5% CMC (0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 และ 1.5 phr) และไม่เติมน้ำเพื่อปรับ TSC พบว่า การเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในส่วนผสมยางฟองน้ำที่ใส่สาร CMC ปริมาณคงที่ มีผลทำให้การยุบและหดตัวของยางฟองน้ำมีค่าลดลง โดยยางฟองน้ำที่วัลคาไนซ์แล้ว มีสมบัติการยุบตัวลดลงตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต และยางวัลคาไนซ์มีค่าการยุบตัวมากกว่าการหดตัว สำหรับการเพิ่มปริมาณของสาร 5%CMC (0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 และ 1.5 phr) ใส่ในส่วนผสมของน้ำยางที่ใช้เตรียมยางฟองน้ำ ซึ่งใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณคงที่ มีผลทำให้ยางฟองน้ำที่วัลคาไนซ์แล้วมีสมบัติการยุบและหดตัวลดลง เช่นเดียวกัน เนื่องจาก CMC จะไปช่วยเพิ่มความหนืดให้กับน้ำยาง ส่งผลให้ฟองยางก่อนการเจลมืดมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้น ฟองยางสามารถรักษารูปร่างได้ดี หลังจากยางฟองน้ำวัลคาไนซ์แล้ว การยุบและหดตัวของยางฟองน้ำจึงมีค่าลดลง จะพบว่ายางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต ร่วมกับการใส่สาร CMC ปริมาณเพิ่มขึ้น จะสามารถรักษารูปร่างได้ดี มีการยุบและหดตัวลดน้อยลง

ความหนาแน่นของยางฟองน้ำที่เพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90 120, 150 และ 200 phr) ร่วมกับการใช้ 5% CMC (0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 และ 1.5 phr) โดยไม่มีการเติมน้ำเพื่อปรับ TSC ดังรูปที่ 23 พบว่า ความหนาแน่นของยางฟองน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ที่เพิ่มสูงขึ้น การใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่เท่ากัน ค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำที่ใส่สาร CMC ในปริมาณที่สูง จะมีค่ามากกว่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำที่ใส่ CMC ในปริมาณที่ต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย เนื่องจากน้ำยางที่ใส่ CMC ในส่วนผสมที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่สูง การตีฟองยางค่อนข้างยาก ทำให้ฟองยางที่เกิดขึ้นจากการตีฟองในกระบวนการเตรียมฟองน้ำไม่แตกต่างกันมากนัก ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำมีค่าสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย สำหรับการใส่สาร CMC ในปริมาณที่คงที่ แล้วใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น พบว่าค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่สูงขึ้น มีปริมาณของแข็งในน้ำยางเพิ่มสูงขึ้น และมีค่าความหนืดของน้ำยางเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดฟองของน้ำยางทำได้ยากขึ้น

ความเค้นที่ 25% หรือความแข็งแรงของยางฟองน้ำที่มีความหนาแน่นต่อแรงกดให้ฟองน้ำยุบตัว 25% แสดงค่าในรูปของความแข็งดังแสดงในรูปที่ 24 จะเห็นว่า การใส่สาร CMC ปริมาณที่

คงที่และเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในส่วนผสมของน้ำยางที่ใช้ทำยางฟองน้ำ โดยไม่ปรับค่า TSC พบว่าฟองน้ำที่วัลคาไนซ์แล้วจะมีค่าความแข็งสูงขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจาก การใส่แคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มสูงขึ้น อนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตไม่มี ความยืดหยุ่น จะแทรกตัวอยู่ระหว่างอนุภาคของยาง ทำให้ยางฟองน้ำมีความแข็งเพิ่มขึ้น

ทำนองเดียวกัน การใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณคงที่ และแปรปริมาณของสาร CMC ให้เพิ่มสูงขึ้น (0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 และ 1.5 phr) มีผลทำให้ ความแข็งของยางฟองน้ำมีค่า เพิ่มขึ้นตามปริมาณของสาร CMC เนื่องจาก CMC เป็นสารเพิ่มความหนืดแก่น้ำยาง ทำให้ความ หนืดของน้ำยางเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้การตีฟองยางทำได้ยากขึ้น ความหนาแน่นของฟองยางสูง อนุภาคของสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตกระจายตัวอยู่ในน้ำยางได้ดี และฟองยางสามารถรักษารูปร่างได้ดี หลังจากยางฟองน้ำเกิดการวัลคาไนซ์แล้ว ความแข็งของยางฟองน้ำที่เติมแคลเซียม คาร์บอเนตร่วมกับ CMC จึงมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณของสาร CMC ที่เพิ่มสูงขึ้น

4.5.3 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต สารเพิ่มความหนืด และสารประกอบ

ฟอสเฟต

เตรียมยางฟองน้ำตามวิธีในหัวข้อที่ 3.1 โดยแปรปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) และ 5%CMC ปริมาณ 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 และ 1.5 phr ตามลำดับ ร่วมกับการใช้สารประกอบฟอสเฟต (TSPP และ SHMP) ปริมาณ 1% และ 2% ของแคลเซียมคาร์บอเนต ดังส่วนผสมของสารเคมีในตารางที่ 13 (ก-ข) ทดสอบสมบัติความหนาแน่นของขึ้นฟองน้ำ การหดตัวและยุบตัวของขึ้นฟองน้ำ ความแข็งของยางฟองน้ำที่ทนแรงกดให้ยุบตัวลง 25% และการสึกหรอของฟองน้ำจากการขัดถูตามหัวข้อที่ 2.2.12 ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 25-29

ตารางที่ 13 (ก) ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่ใส่สารเพิ่มความหนืด ร่วมกับสารประกอบฟอสเฟต 1% ของแคลเซียมคาร์บอเนต ในน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ

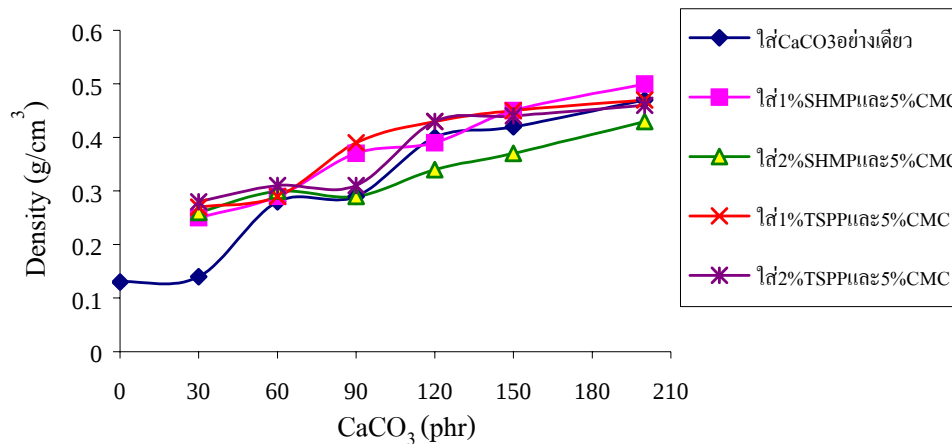
สูตรที่ สารเคมี	น้ำหนัก (phr)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
น้ำยางบ่ม (หัวข้อที่ 2.3.2)	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5
20% K-Oleate	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10% DPG	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
50% ZnO	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20% SSF	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
72.6% CaCO ₃ slurry	30	60	90	120	150	200	30	60	90	120	150	200
5% CMC	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5
10% TSPP	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-
10% SHMP	-	-	-	-	-	-	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	2.0
%TSC	54.00	55.22	56.11	56.79	57.33	58.34	54.00	55.22	56.11	56.79	57.33	58.34

ตารางที่ 13 (ข) ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่ใส่สารเพิ่มความหนืด ร่วมกับสารประกอบฟอสเฟต 2%ของแคลเซียมคาร์บอเนต ในน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ

สูตรที่ สารเคมี	น้ำหนัก (phr)											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
น้ำยางบ่ม (หัวข้อที่ 2.3.2)	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5
20% K-Oleate	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10% DPG	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
50% ZnO	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20% SSF	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
72.6% CaCO ₃ slurry	30	60	90	120	150	200	30	60	90	120	150	200
5% CMC	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5
10% TSPP	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	4.0	-	-	-	-	-	-
10% SHMP	-	-	-	-	-	-	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	4.0
%TSC	53.52	54.39	55.02	55.50	55.87	56.64	53.52	54.39	55.02	55.50	55.87	56.64

ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ชนิด และปริมาณของสารประกอบฟอสเฟต ร่วมกับการใส่สารเพิ่มความหนืดต่อสมบัติของฟองน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 25-29

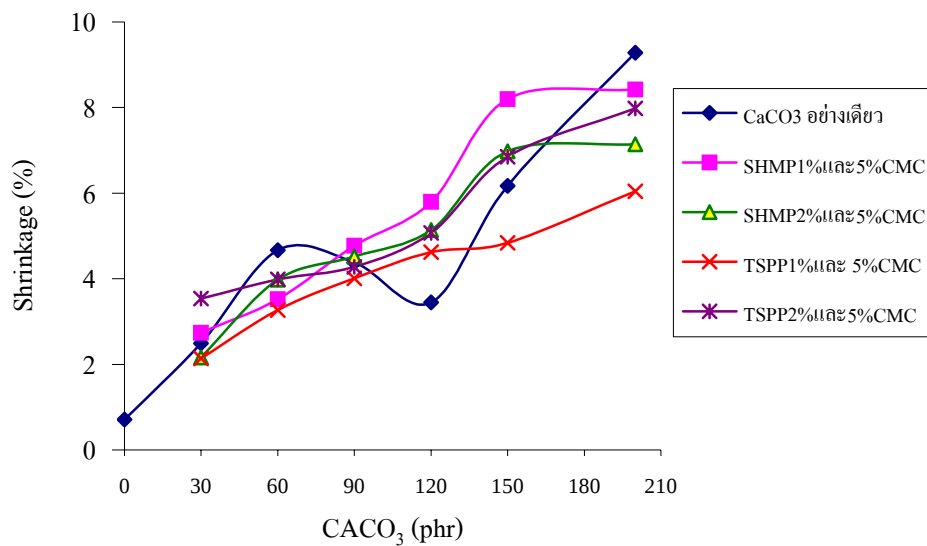
4.5.3.1 ความหนาแน่น



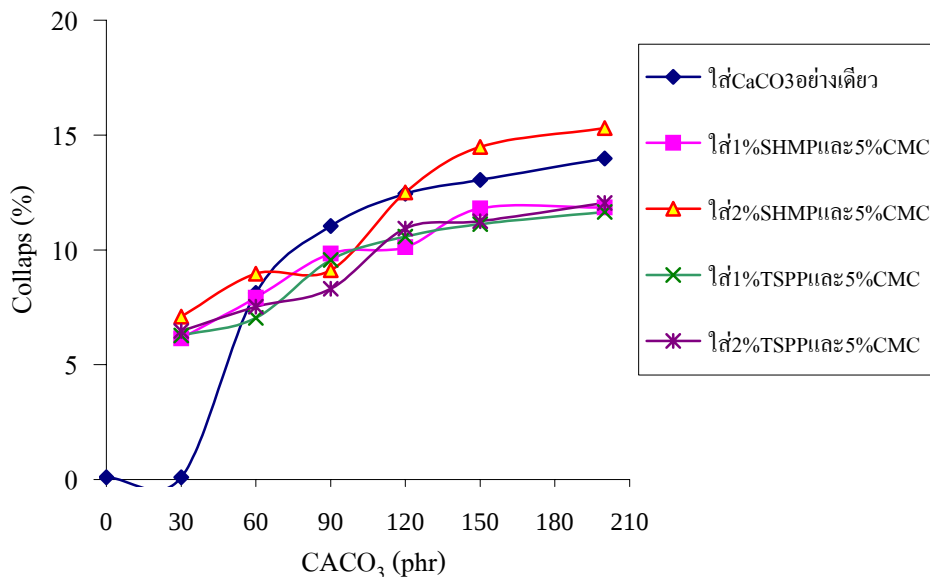
รูปที่ 25 ความหนาแน่น (density) ของชั้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับสารเพิ่มความหนืดและสารประกอบฟอสเฟต (1% และ 2% ของแคลเซียมคาร์บอเนต)

รูปที่ 25 แสดงให้เห็นว่า การใส่สารเพิ่มความหนืด 5% CMC (0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 และ 1.5 phr) ร่วมกับการใช้สารประกอบฟอสเฟต (TSPP และ SHMP) ในยางฟองน้ำที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต พบว่า เมื่อปริมาณสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตมากขึ้น (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) ค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์แล้วมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยเมื่อใส่สารเพิ่มความหนืด และสารประกอบฟอสเฟต TSPP และ SHMP แนวโน้มของความหนาแน่นไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตทั้ง 2 ชนิด มีคุณสมบัติที่ไม่แตกต่างกัน คือ ช่วยปรับและเพิ่มความเข้ากันของ สารเคมีให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ยางฟองน้ำที่ได้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น ลักษณะผิวของฟองน้ำมีความละเอียดสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น

4.5.3.2 การยุบตัว และหดตัว



รูปที่ 26 การหดตัว (shrinkage) ตามแนวเส้นผ่าศูนย์กลางของขึ้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับสารเพิ่มความหนืดและใช้สารประกอบฟอสเฟต(1% และ 2%ของแคลเซียมคาร์บอเนต)



รูปที่ 27 การยุบตัว (collapse) ของขึ้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับสารเพิ่มความหนืดและใช้สารประกอบฟอสเฟต (1% และ 2%ของแคลเซียมคาร์บอเนต)

จากรูปที่ 26-27 แสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การหดตัวและการยุบตัวของฟองน้ำเกิดมากขึ้น โดยเฉพาะฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียว การใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณน้อย (30-60 phr) จะมีเปอร์เซ็นต์การหดตัวและยุบตัวเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (90-120 phr) การหดตัวและยุบตัวจะเปลี่ยนแปลงลดน้อยลงกลายเป็นช่วงที่ค่า pH ของน้ำยางมีการลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ยางเจลเร็วขึ้น ส่งผลให้การยุบและหดตัวของยางฟองน้ำลดต่ำลง แต่การใส่สารประกอบฟอสเฟต ในน้ำยางคอมปาวด์ ค่า pH ของน้ำยางเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ดังนั้น การยุบและหดตัวจึงเป็นไปในแนวโน้มเดียวกัน คือค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น สำหรับการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณที่สูง (150-200 phr) การยุบและหดตัวของยางฟองน้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณมาก และมีความหนาแน่น (2.6 g/cm^3) สูงกว่าน้ำยาง (0.93 g/cm^3) มาก ดังนั้น แคลเซียมคาร์บอเนตจึงเกิดการตกแยกออกมาอยู่ส่วนล่างมากขึ้น ฟองยางเกิดการแตกและมีขนาดไม่สม่ำเสมอ มีการยุบและหดตัวมากขึ้น

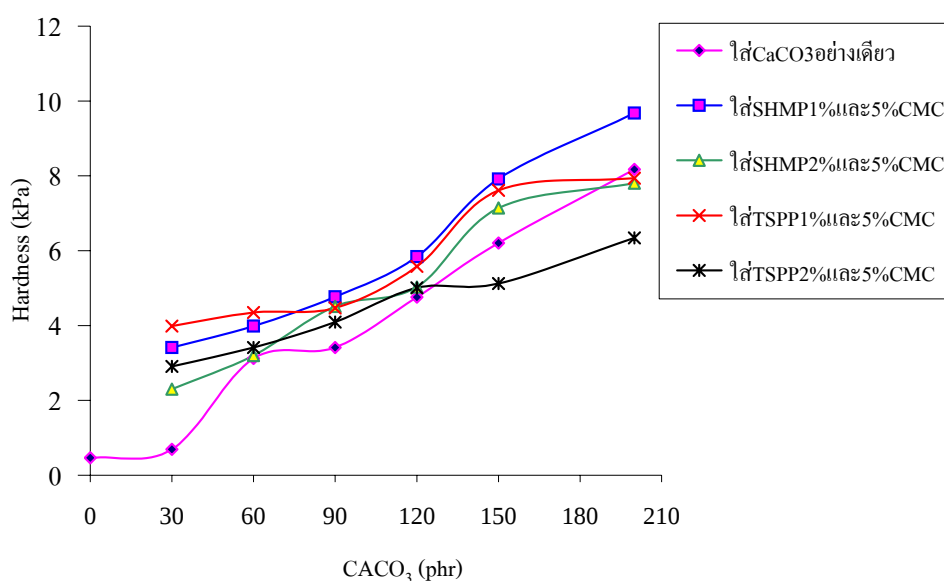
การใส่สารประกอบฟอสเฟตในน้ำยางเพื่อให้สามารถควบคุมความหนืดของน้ำยางที่เพิ่มขึ้นจากการใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต และการใส่สารเพิ่มความหนืด (CMC) ร่วมกับการใส่สารประกอบฟอสเฟต พบว่าการยุบและหดตัวของฟองน้ำมีแนวโน้มลดลงจากการใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียว เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตสามารถควบคุมความหนืดและค่า pH ของน้ำยาง การเพิ่มสารเพิ่มความหนืดในน้ำยางคอมปาวด์ มีผลให้ค่าความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้น ฟองยางก่อนการเจลมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ส่งผลให้สามารถรักษารูปร่างได้ดีขึ้น โดยแนวโน้มการยุบตัวจะมีค่ามากกว่าการหดตัว

การเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต มีผลทำให้สัดส่วนความเป็นยางหรือส่วนที่ความยืดหยุ่นของยางลดน้อยลง เมื่อสัดส่วนของยางลดน้อยลงหรือปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตเพิ่มมากขึ้น ยางฟองน้ำจึงมีความยืดหยุ่นน้อยลง ส่งผลให้ การยุบและหดตัวของยางฟองน้ำจึงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การใส่สารเพิ่มความหนืด (0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 phr) ร่วมกับการใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียว (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) ในหัวข้อ 4.5 รูปที่ 21-22 มีแนวโน้มทำให้การยุบและหดตัวลดลงตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น คาดว่าสารเพิ่มความหนืดที่ใส่เพิ่มลงไปในน้ำยางทำให้สามารถยางเจลเร็ว ส่งผลให้การยุบและหดตัวลดลงเล็กน้อยตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตเพียงที่เพิ่มขึ้น

ในขณะที่ส่วนผสมของน้ำยางคอมปาวด์ที่เพิ่มสารประกอบฟอสเฟต 1-2% แคลเซียมคาร์บอเนต ทำให้ความหนืดของน้ำยาง และค่า pH ของน้ำยางไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก (หัวข้อ 4.2.4 รูปที่ 11-12) ของในน้ำยาง

ของยางแข็งเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตจะไปแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของยางธรรมชาติ ทำให้ความยืดหยุ่นของยางลดลง ส่งผลให้ความแข็งเพิ่มขึ้น

4.5.3.3 ความแข็ง หรือ ความเค้นที่ 25%

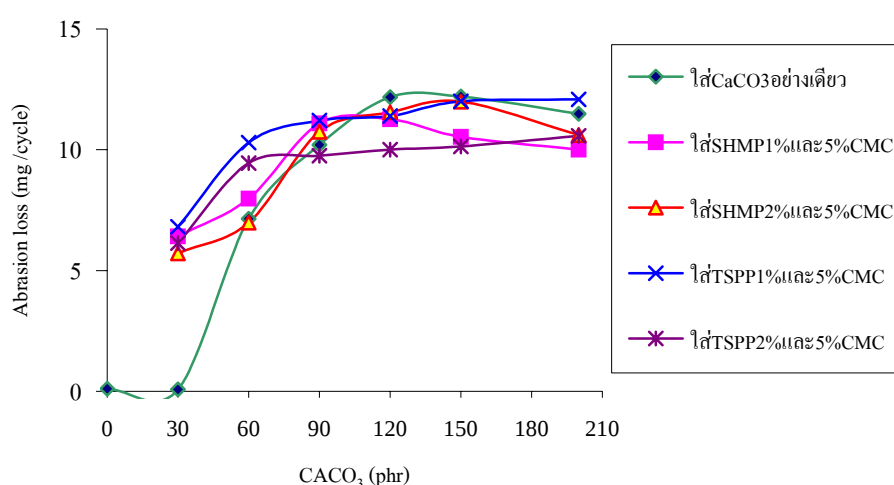


รูปที่ 28 ความแข็ง (harness) ของขึ้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับสารเพิ่มความหนืดและใช้สารประกอบฟอสเฟต (1% และ 2%ของแคลเซียมคาร์บอเนต)

จากรูปที่ 28 แสดงให้เห็นว่า ยางฟองน้ำที่ใส่ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นในปริมาณต่ำกว่า 90 phr จะมีความแข็งแรงน้อยกว่ายางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับการใส่สารเพิ่มความหนืด (5% CMC) สารประกอบฟอสเฟต (TSPP และ SHMP) ซึ่งค่าความเค้นที่ใช้กดให้ขึ้นฟองน้ำให้ยุบตัวลง 25% ของความสูงเดิม มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต แสดงว่า ยางฟองน้ำมีความแข็งเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นจาก 90-200 phr ความแข็งของยางฟองน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง และมีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของความแข็งทิศทางเดียวกับยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับสารประกอบฟอสเฟต (TSPP และ SHMP) และสารเพิ่มความหนืด (5% CMC) การเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตมีผลทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้นเนื่องจากอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตจะไปแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของยางธรรมชาติ ทำให้ความ

ยึดหยุ่นของยางลดลง ส่งผลให้ความแข็งเพิ่มขึ้น การใส่สารประกอบฟอสเฟตในน้ำยางเพื่อให้สามารถควบคุมความหนืดของน้ำยางที่เพิ่มขึ้นจากการใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต และการใส่สารเพิ่มความหนืดในน้ำยางคอมปาวด์ มีผลให้ค่าความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้น ฟองยางก่อนการเจตมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ฟองยางสามารถรักษารูปทรงได้ดีขึ้นตามปริมาณของ CMC ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความแข็งของยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ความแข็งที่ใช้กดให้ขึ้นฟองน้ำยวบตัวลง 25% จึงมีค่าสูงขึ้น

4.5.3.4 การสึกหรอ



รูปที่ 29 การสึกหรอ (Abrasion loss) ของขึ้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนต ร่วมกับสารเพิ่มความหนืดและ ใช้สารประกอบฟอสเฟต (1% และ 2%ของแคลเซียมคาร์บอเนต)

จากรูปที่ 29 แสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียวมีค่า Abrasion loss หลังการขัดถูสูงที่สุด เนื่องจาก เมื่อฟองน้ำได้รับการเลื่อนหรือเกิดการขัดถูบริเวณผิวด้วยเครื่องมือขัดถูที่มีลักษณะผิวสัมผัสหยาบเหมือนกระดาษทราย ผิวสามารถหลุดออกมาได้ง่ายกว่าฟองน้ำที่ใส่สารเพิ่มความหนืด และใช้สารประกอบฟอสเฟต เนื่องจาก สารเพิ่มความหนืด และสารประกอบฟอสเฟตมีผลทำให้สมบัติของฟองน้ำดีขึ้น คือ ฟองน้ำมีความเหนียวต่ำ และผิวสามารถหลุดออกมาเป็นผงหรือก้อนเล็กๆ เมื่อได้รับแรงเลื่อนเนื่องจากการขัดถู โดยผิวที่ถูกขัดถู มีลักษณะเรียบ มีเศษฟองน้ำเหลืออยู่น้อย

4.5.4 ลักษณะผิวยางพองน้ำขี้ดูลู

ลักษณะภายนอกของยางพองน้ำหลังการวัลคาไนซ์ ที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณต่างๆ (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) ในหัวข้อ 4.5.1 (ตารางที่ 10) และลักษณะ ภายนอกของขึ้นพองน้ำหลังการวัลคาไนซ์ ที่มีส่วนผสมของสารเพิ่มความหนืด และสารประกอบ ฟอสเฟต ในหัวข้อ 4.5.3 โดยแปรปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) และ 5%CMC ปริมาณ 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 และ 1.5 phr ตามลำดับ ร่วมกับการ ใช้สารประกอบฟอสเฟต (TSPP และ SHMP) ปริมาณ 1% และ 2 % ของแคลเซียมคาร์บอเนต ดัง ตารางที่ 13 (ก-ข) หลังจากผ่านการขัดถูด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอบแบบเทเบอร์ 600 รอบ ได้ผล ดังแสดงในตารางที่ 14 (ก-จ)

ตารางที่ 14 (ก) ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ร่วมกับการใส่สารเพิ่มความหนืด และใช้สารประกอบฟอสเฟต หลังจากผ่านการขัดถูด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอบแบบเทเบอร์ 600 รอบ

ชนิดของฟองน้ำ	ปริมาณสาร CaCO_3 (phr)	ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำหลังจากผ่านการขัดถู
ฟองน้ำที่ใส่ CaCO_3 เพียง อย่างเดียว	0	ผิวของฟองน้ำหลุดออกมามาก ชุ่มมาก เนื้อฟองน้ำลอกออกมาเป็นแผ่นๆ ขนาดเล็ก-ใหญ่แตกต่างกันและยังติดอยู่ที่ชั้นฟองน้ำ ไม่หลุดออกทั้งหมด
	30	ผิวของฟองน้ำชุ่ม เนื้อฟองน้ำลอกออกมาเป็นแผ่นๆ ขนาดเล็กและยังติดอยู่ที่ชั้นฟองน้ำ ไม่หลุดออกทั้งหมด
	60	ผิวของฟองน้ำชุ่ม เนื้อฟองน้ำลอกออกมาเป็นแผ่นขนาดเล็ก บางชิ้นมีลักษณะเป็นก้อนขนาดเล็กๆ ผิวฟองน้ำขรุขระ มีรอยฉีกขาดเป็นร่องลึกที่บริเวณขอบของเส้นรอบวงที่เกิดจากการขัดถูของหินขัดที่หมุนเป็นวงกลม
	90	ผิวของฟองน้ำมีรอยฉีกขาดเป็นร่องลึกที่บริเวณขอบของเส้นรอบวงที่เกิดจากการขัดถูของหินขัดที่หมุนเป็นวงกลม ผิวฟองน้ำขรุขระ เนื้อฟองน้ำหลุดเป็นก้อนขนาดเล็ก และบางส่วนเป็นก้อนขนาดใหญ่ เกิดรอยฉีกขาดเป็นรูของเนื้อฟองน้ำที่หลุดเป็นก้อนขนาดใหญ่
	120	ชั้นฟองน้ำมีรอยฉีกขาดเป็นร่องลึกที่บริเวณขอบของเส้นรอบวงที่เกิดจากการขัดถูของหินขัด ผิวฟองน้ำขรุขระมาก ฟองน้ำหลุดเป็นก้อนขนาดเล็ก-ใหญ่ แตกต่างกัน เกิดรอยฉีกขาดเป็นรูของเนื้อฟองน้ำที่หลุดเป็นก้อนขนาดใหญ่
	150	ชั้นฟองน้ำมีรอยฉีกขาดเป็นร่องลึกที่บริเวณขอบที่เกิดจากการขัดถูของหินขัด ผิวฟองน้ำขรุขระเล็กน้อย เนื้อฟองน้ำหลุดออกมามากและเนื้อฟองน้ำที่หลุดออกมาเป็นผงบขนาดเล็ก-ใหญ่
	200	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปของหินขัด ผิวฟองน้ำเรียบ เนื้อฟองน้ำหลุดออกมามาก และเนื้อฟองน้ำที่หลุดออกมาเป็นผงบขนาดเล็ก

ตารางที่ 14 (จ) ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำที่ได้สารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ร่วมกับการใส่สารเพิ่มความหนืด และใช้สารประกอบฟอสเฟต หลังจากผ่านการขัดถูด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบเทเบอร์ 600 รอบ

ชนิดของฟองน้ำ	ปริมาณสาร CaCO ₃ (phr)	ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำหลังจากผ่านการขัดถู
ฟองน้ำที่ใส่สาร SHMP1% ของ CaCO ₃ และ 5% CMC	30	ผิวของฟองน้ำขรุขระ เนื้อฟองน้ำลอกออกมาเป็นแผ่นขนาดเล็ก ผิวฟองน้ำขรุขระมาก เกิดรอยฉีกขาดเป็นร่องลึกที่บริเวณขอบ เนื้อฟองน้ำหลุดออกจากชั้นฟองน้ำเล็กน้อย
	60	ผิวของฟองน้ำขรุขระ เนื้อฟองน้ำลอกออกมาเป็นแผ่นขนาดเล็ก ผิวฟองน้ำขรุขระมาก เกิดรอยฉีกขาดเป็นร่องลึกที่บริเวณขอบ เนื้อฟองน้ำหลุดออกจากชั้นฟองน้ำเล็กน้อย
	90	ผิวฟองน้ำเกิดเป็นร่องลึกที่บริเวณขอบของเส้นรอบวงตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำขรุขระมาก ฟองน้ำหลุดเป็นก้อนขนาดเล็กๆ และมีบางส่วนเป็นก้อนขนาดใหญ่ เกิดรอยฉีกขาดเป็นรูของเนื้อฟองน้ำที่หลุดเป็นก้อนขนาดใหญ่
	120	ผิวฟองน้ำเกิดเป็นร่องลึกที่บริเวณขอบของเส้นรอบวงตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำขรุขระมาก ฟองน้ำหลุดเป็นก้อนขนาดเล็กๆ และมีบางส่วนเป็นก้อนขนาดใหญ่ เกิดรอยฉีกขาดเป็นรูของเนื้อฟองน้ำที่หลุดเป็นก้อนขนาดใหญ่
	150	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำขรุขระเล็กน้อย ฟองน้ำหลุดเป็นก้อนขนาดเล็กๆ และมีบางส่วนเป็นก้อนขนาดใหญ่ เกิดรอยฉีกขาดเป็นรูของเนื้อฟองน้ำที่หลุดเป็นก้อนขนาดใหญ่
	200	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำค่อนข้างเรียบ เนื้อฟองน้ำที่หลุดออกมามีลักษณะเป็นผงขนาดเล็ก และหลุดออกมามาก

ตารางที่ 14 (ค) ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำที่ได้สารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ร่วมกับการใส่สารเพิ่มความหนืด และใช้สารประกอบฟอสเฟต หลังจากผ่านการขัดถูด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบเทเบอร์ 600 รอบ

ชนิดของฟองน้ำ	ปริมาณสาร CaCO_3 (phr)	ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำหลังจากผ่านการขัดถู
ฟองน้ำที่ใส่สาร SHMP 2% ของ CaCO_3 และ 5% CMC	30	ผิวของฟองน้ำขรุขระ เนื้อฟองน้ำหลุดออกมาเป็นแผ่นขนาดเล็ก บางส่วนเป็นก้อนขนาดเล็ก ผิวฟองน้ำขรุขระมาก มีรอยฉีกขาดเป็นร่องลึกที่บริเวณขอบรอยขัดถู เนื้อฟองน้ำหลุดออกมาน้อย
	60	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำขรุขระมาก ฟองน้ำหลุดเป็นก้อนขนาดเล็ก เนื้อฟองน้ำหลุดออกจากชั้นฟองน้ำน้อย เกิดรอยฉีกขาดเป็นรู
	90	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำขรุขระมาก ฟองน้ำหลุดเป็นก้อนขนาดเล็ก เกิดรอยฉีกขาดเป็นรู เนื้อฟองน้ำที่เกิดเป็นแผ่นขนาดใหญ่ ยังคงติดอยู่กับชั้นฟองน้ำ
	120	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำขรุขระ เนื้อฟองน้ำขรุขระเป็นก้อนขนาดเล็ก
	150	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำค่อนข้างขรุขระ เนื้อฟองน้ำหลุดเป็นก้อนขนาดเล็ก-ใหญ่ เกิดรอยฉีกขาดเป็นรู
	200	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด เนื้อฟองน้ำที่หลุดออกมามีมากกว่าฟองน้ำที่ใส่ CaCO_3 น้อย ผิวฟองน้ำค่อนข้างเรียบ และเนื้อฟองน้ำที่หลุดออกมามีลักษณะเป็นผองขนาดเล็ก

ตารางที่ 14 (ง) ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ร่วมกับการใส่สารเพิ่มความหนืด และใช้สารประกอบฟอสเฟต หลังจากผ่านการขัดถูด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอบแบบเทเบอร์ 600 รอบ

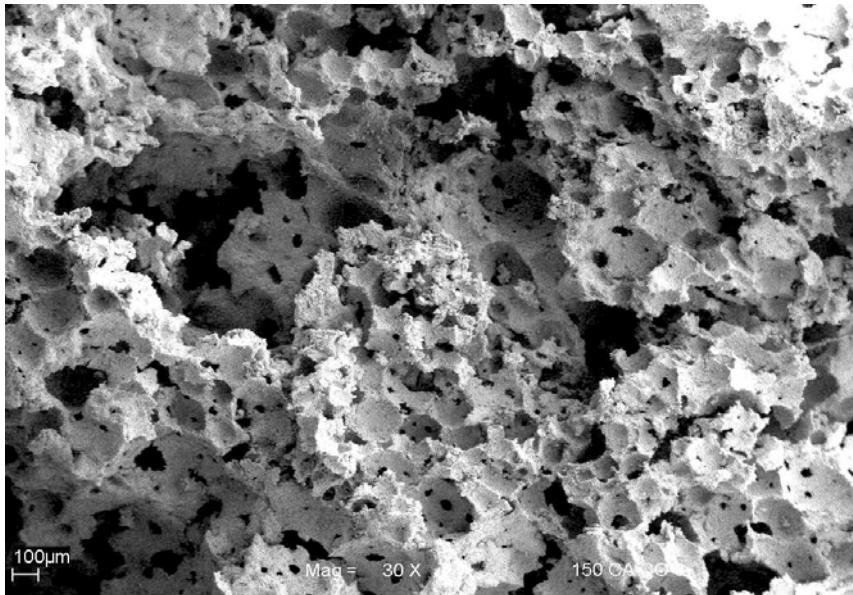
ชนิดของฟองน้ำ	ปริมาณสาร CaCO ₃ (phr)	ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำหลังจากผ่านการขัดถู
ฟองน้ำที่ใส่สาร TSP 1% ของแคลเซียม คาร์บอเนต และ เพิ่มสารเพิ่ม ความหนืด 5% CMC	30	ผิวของฟองน้ำขรุขระ เนื้อฟองน้ำลอกออกมาเป็นแผ่นขนาดเล็ก และเป็นก้อนขนาดเล็ก ผิวฟองน้ำขรุขระมาก มีรอยฉีกขาด เป็นร่องลึกบริเวณขอบ เนื้อฟองน้ำหลุดออกจากชั้นฟองน้ำเล็กน้อย
	60	ผิวของฟองน้ำขรุขระ เนื้อฟองน้ำลอกออกมาเป็นแผ่นขนาดเล็ก และเป็นก้อนขนาดเล็ก ผิวฟองน้ำขรุขระมาก มีรอยฉีกขาด เป็นร่องลึกบริเวณขอบ เนื้อฟองน้ำหลุดออกจากชั้นฟองน้ำน้อย
	90	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำขรุขระเล็กน้อย เนื้อฟองน้ำหลุดเป็นก้อนขนาดเล็ก เกิดรอยฉีกขาดเป็นรู
	120	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำขรุขระเล็กน้อย เนื้อฟองน้ำหลุดเป็นก้อนขนาดเล็ก
	150	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำค่อนข้างขรุขระ เนื้อฟองน้ำหลุดเป็นก้อนขนาดเล็ก
	200	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำค่อนข้างขรุขระ เนื้อฟองน้ำหลุดเป็นผขนาดเล็ก

ตารางที่ 14 (จ) ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ร่วมกับการใส่สารเพิ่มความหนืด และใช้สารประกอบฟอสเฟต หลังจากผ่านการขัดถูด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบเทเบอร์ 600 รอบ

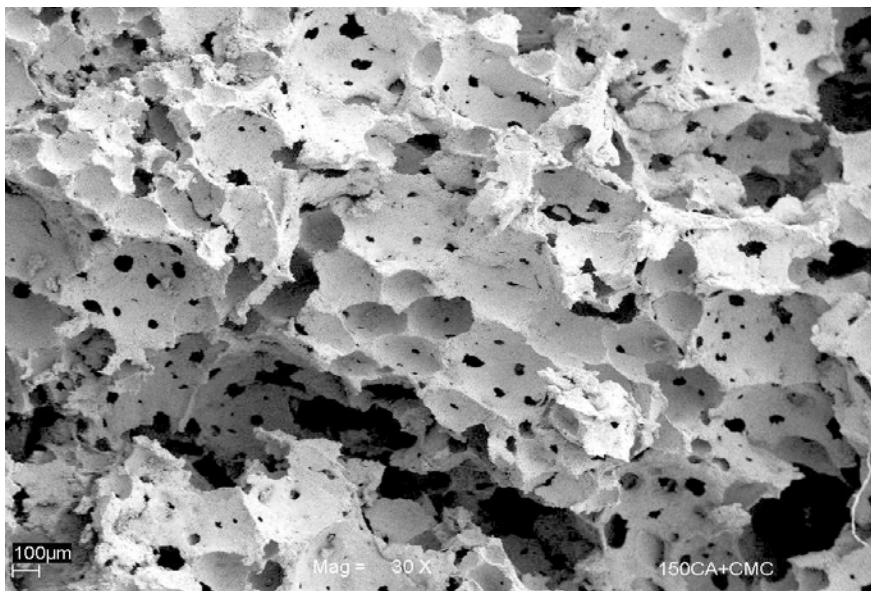
ชนิดของฟองน้ำ	ปริมาณสาร CaCO_3 (phr)	ลักษณะผิวของชั้นฟองน้ำหลังจากผ่านการขัดถู
ฟองน้ำที่ใส่สาร TSP 2% ของแคลเซียม คาร์บอเนต และ เพิ่มสารเพิ่ม ความหนืด 5% CMC	30	ผิวของฟองน้ำขรุขระ เนื้อฟองน้ำลอกออกมาน้อยมาก และมีลักษณะเป็นก้อน ผิวฟองน้ำขรุขระมาก เกิดรอยฉีกขาดเป็นร่องลึกบริเวณขอบ
	60	ผิวของฟองน้ำขรุขระ เนื้อฟองน้ำลอกออกมาน้อย และมีลักษณะเป็นก้อน ผิวฟองน้ำขรุขระ เกิดรอยฉีกขาดเป็นร่องลึกบริเวณขอบตามรูปทรงของหินขัด
	90	ผิวของฟองน้ำขรุขระ เนื้อฟองน้ำลอกออกมาน้อยมาก และมีลักษณะเป็นก้อนขนาดเล็ก ผิวฟองน้ำขรุขระเล็กน้อย เกิดรอยฉีกขาดเป็นร่องลึกบริเวณขอบตามรูปทรงของหินขัด
	120	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำขรุขระมาก ฟองน้ำหลุดออกมาน้อย และยังมีส่วนที่ติดกับชั้นฟองน้ำ
	150	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด ผิวฟองน้ำขรุขระ ฟองน้ำหลุดออกมาเป็นก้อนขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ บางส่วน ประมาณ 5 แผ่น เกิดรอยฉีกขาดเป็นรู และยังมีส่วนที่ติดกับชั้นฟองน้ำ
	200	ชั้นฟองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหินขัด เนื้อฟองน้ำหลุดออกมาก ผิวฟองน้ำขรุขระเล็กน้อย เนื้อฟองน้ำหลุดออกเป็นผงขนาดเล็ก

4.5.5 โครงสร้างของยางฟองน้ำ

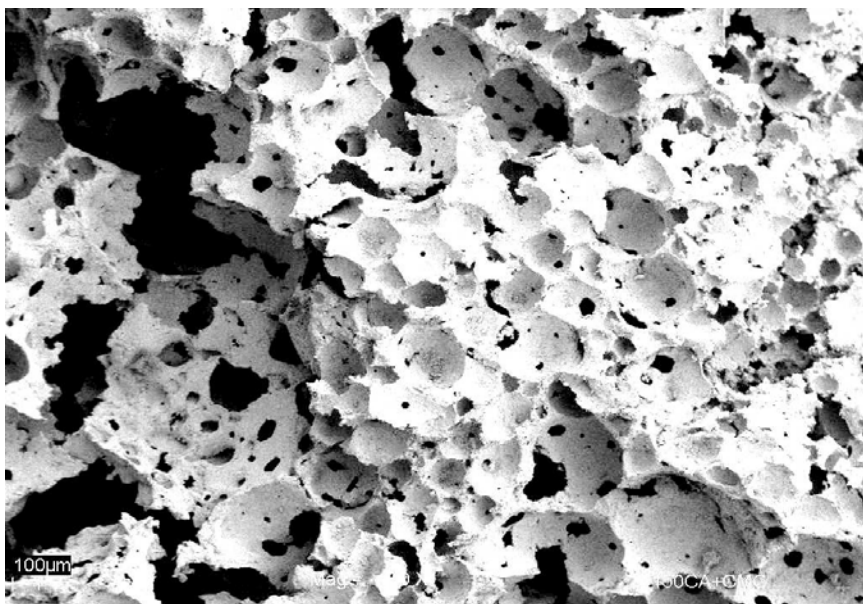
โครงสร้างยางฟองน้ำตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) กำลังขยาย 100 μm ดังแสดงในรูปที่ 30-34



รูปที่ 30 ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 150 phr



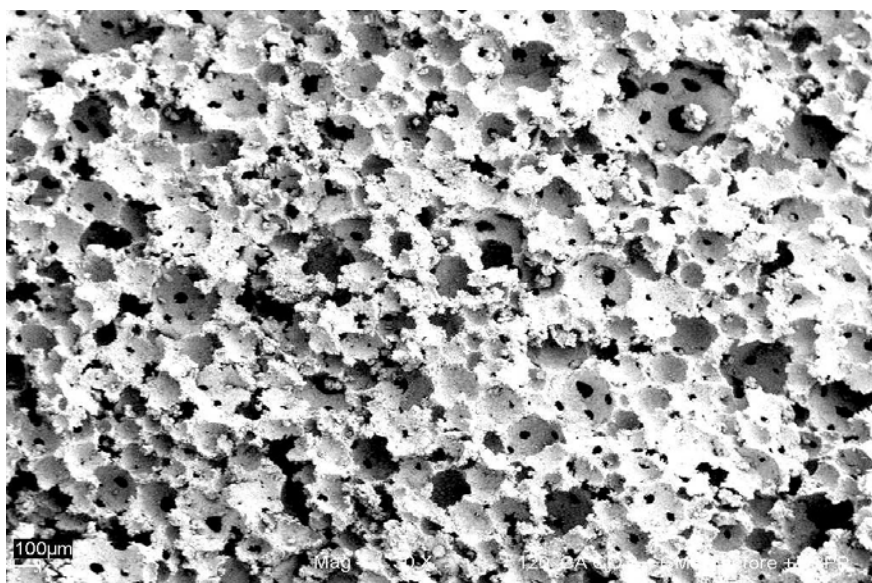
รูปที่ 31 ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 150 phr ร่วมกับ 5%CMC ก่อนขัดถู



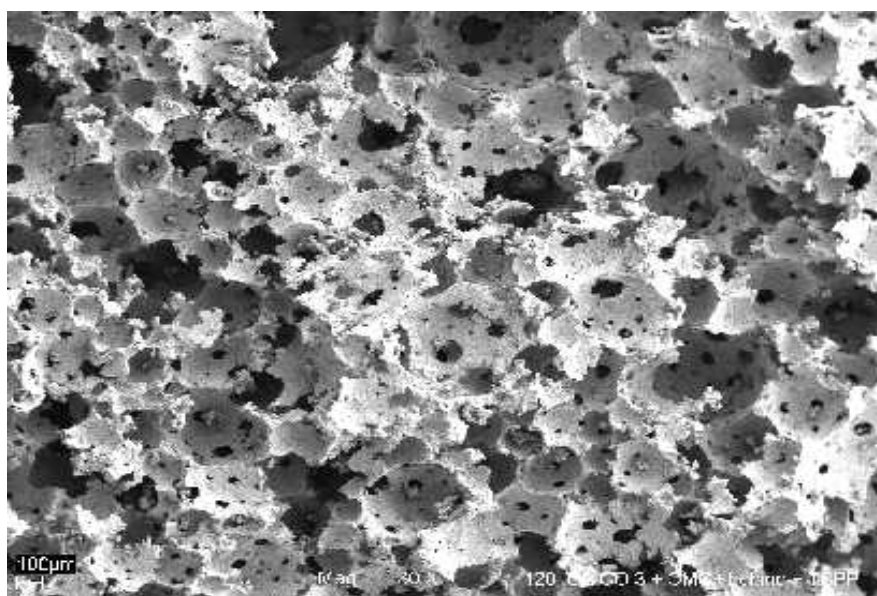
รูปที่ 32 ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 150 phr ร่วมกับ 5%CMC หลังขัดถู

ยางฟองน้ำซึ่งใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 150 phr ในหัวข้อ 4.6.1 (ไม่ใส่สารเพิ่มความหนืด) ตัดคุณลักษณะผิวโครงสร้างยางฟองน้ำภายใน พบว่า โครงสร้างยางฟองน้ำค่อนข้างหยาบ ฟองอากาศไม่สม่ำเสมอ เนื้อยางบางส่วนแยกออกจากกันเนื่องจากไม่สามารถยึดติดกันได้จากแรงเชื่อมตัด และเนื้อยางค่อนข้างยุ่ย ดังรูปที่ 30 ทำนองเดียวกันลักษณะผิวโครงสร้างยางฟองน้ำภายในที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 150 phr ปริมาณเท่ากัน แต่ใส่สารเพิ่มความหนืด (CMC) ลงไปในส่วนผสมของยาง พบว่าโครงสร้างของยางฟองน้ำค่อนข้างสม่ำเสมอมากกว่า เนื้อยางบางส่วนแยกออกจากกันเนื่องจากไม่สามารถยึดติดกันได้จากแรงเชื่อมตัดปริมาณน้อยกว่า เมื่อขัดถูยางด้วยหินขัดเบอร์ 18 มีน้ำหนักถ่วง 250 กรัม จะเห็นว่า การสึกหรอของยาง หลุดออกเป็นชิ้นเล็กๆ อาจมีบางส่วนหลุดออกเป็นก้อนใหญ่ เกิดเป็นรอยฉีกขาดเป็นรูปของเนื้อยางที่หลุดออกไป ดังรูปที่ 32

การใส่สารประกอบฟอสเฟต (TSPP) 1% ของ แคลเซียมคาร์บอเนต ร่วมกับการใส่สารเพิ่มความหนืด ลักษณะผิวโครงสร้างยางฟองน้ำภายในจะมีความละเอียดขึ้น มีความสม่ำเสมอมากกว่า (รูปที่ 33) และหลังจากการนำมาขัดถู จะเห็นว่า การสึกหรอของยาง หลุดออกเป็นชิ้นเล็กๆ มีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่หลุดออกเป็นก้อนใหญ่ และยางไม่เกิดเป็นรอยฉีกขาด ดังรูปที่ 34



รูปที่ 33 ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 120 phr ร่วมกับ 5%CMC และ TSP 1% ของแคลเซียมคาร์บอเนตก่อนขัดถู



รูปที่ 34 ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 120 phr ร่วมกับ 5%CMC และ TSP 1% ของแคลเซียมคาร์บอเนตหลังขัดถู

5 สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

น้ำยางชั้นแอมโมเนียต่ำ (60%LA-latex) มีปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง 62.14% ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง 60.14% มีค่าความตึงผิว 38 dyne/cm ความหนืด 91 cps และ pH 10.89 ส่วนสารตัวเติม CaCO_3 (slurry) มีค่า pH 9.04 และ สารเพิ่มความหนืด (CMC) มีค่า pH 6.74

การใส่ CaCO_3 (slurry) ปริมาณต่างๆ (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) ในน้ำยางพบว่า ความหนืดและความตึงผิวของน้ำยางมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น ส่วน pH ของน้ำยางมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และมีแนวโน้มลดลงที่ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต 120 phr การใส่สารเพิ่มความหนืด (5% CMC) มีผลทำให้ค่า pH ของน้ำยางมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย (ความแตกต่างประมาณ 0.2) แต่ค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน การใส่สารประกอบฟอสเฟตชนิด Tetrasodium pyrophosphates (TSPP) ปริมาณ 1% ของแคลเซียมคาร์บอเนต สามารถควบคุมค่าความของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตไม่ให้เพิ่มสูงขึ้นได้

การใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยางปริมาณต่างๆ มีผลต่อการทำยางฟองน้ำ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต > 90 phr มีผลทำให้กระบวนการตีฟองยากขึ้น ลักษณะของฟองยากก่อนการเจดมีความละเอียดและสม่ำเสมอ ยางฟองน้ำเกิดการยุบ (10-15%) และหดตัว (5-10%) เล็กน้อย และมีความแข็งเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตเป็น 150-200 phr มีผลทำให้ฟองยางเกิดการเจดเร็วขึ้น การตีฟองยากขึ้น และอาจเกิดปัญหาฟองยางยุบตัวหลังใส่แคลเซียมคาร์บอเนต ลักษณะของฟองยางจะหยาบและยางฟองน้ำแข็ง

การใส่สารเพิ่มความหนืด (CMC) ปริมาณต่างๆ (0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 phr) ในน้ำยางคอมปาวด์ที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในรูปของ slurry ปริมาณต่างๆ (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) มีผลทำให้ฟองน้ำเกิดการยุบ (8-30%) และหดตัว (2-8%) ลดน้อยลงตามปริมาณของ CMC และ แคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามกระบวนการตีฟองยากขึ้นเนื่องจากความหนืดที่เพิ่มสูงขึ้น

การใส่สารประกอบฟอสเฟตปริมาณ 1% ของแคลเซียมคาร์บอเนต (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) ในน้ำยางคอมปาวด์ที่มี 5%CMC ปริมาณ 1.25 phr มีผลทำให้การตีฟองง่ายขึ้น ฟองยางมีความละเอียดมากขึ้นและยางฟองน้ำที่วัลคาไนซ์แล้วมีการยุบตัว (อยู่ระหว่าง 6-12%) และหดตัว (อยู่ระหว่าง 2-6%) เล็กน้อย แต่แนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตทำนองเดียวกัน ยางฟองน้ำจะมีความหนาแน่น ความแข็ง และการสึกหรอเพิ่มขึ้นตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

ศึกษาผลของสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตเกรดต่างๆ หรือสารตัวเติมชนิดอื่น เช่น เกล่ แทน แคลเซียมคาร์บอเนต ด้วยวิธีการทำยางพองน้ำแบบดันลอป ศึกษาผลของปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในน้ำยางต่อพฤติกรรมการเกิดฟองและสมบัติของยางพองน้ำ สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการยุบและหดตัวของยางพองน้ำ ที่มีการเพิ่มปริมาณของสารตัวเติม และวิธีการควบคุมมาตรฐานการทำยางพองน้ำให้มีความสม่ำเสมอ

เอกสารอ้างอิง

- จินตนา จิตตพิทักษ์.2526.การศึกษาผลของสบู่ที่มีต่ออัตราการดีฟองของน้ำยาง.
วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พิพัฒน์ ลิ้มปะนะพิทยาธร.2527.การแยกชั้น Splitting และการหัดตัวของโครงสร้างของฟองน้ำ.
วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- มอก. 173-2519. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางฟองน้ำ. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กทม.
- วิมล จันทสุทธี. 2544 .การเตรียมยางผสมเขม่าดำออยล์เอกเทนค์จากน้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ.
วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียาง
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- โสภณ บุญเชิด.2535.การศึกษา Continuous Foaming Process. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขา
เทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- บุญธรรม นิธิอุทัย และคณะ. 2538. เทคโนโลยีน้ำยาง สมบัติ และผลิตภัณฑ์. คณะวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี และคณะ. 2547. ผลความหนืดของน้ำยางต่อการทำยางฟองน้ำ. รายงานวิจัย
ชุดโครงการพัฒนาอุตสาหกรรมยางพารา สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการ
วิจัย (สกว.)
- สุขสมบุรณ์, 2545, อิทธิพลของ Carboxy Methyl Cellulose ต่อการผลิตฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติ,
วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียาง คณะวทท. มอ. ปัตตานี
- ASTM D 1076-97.2000. Speccification for Rubber-Concentrated, Ammonia Preserved, Creamed
and Centrifuged Natural Latex, vol.9.01 p204-215.
- ASTM D 3574-95. 1997. Standard Methods of Testing Flexible Cellular Materials-Slab Bonded and
Moulded Urethane Foam.
- Blackley , D. C. 1997. Polymer Latices Science and Technology. Vol.1.Colloid destability of
latices, Second Edition., London.
- Blackley , D. C. 1997. Polymer Latices Science and Technology. Vol.3. Latex Foam Rubber,
Second Edition., London.
- Bogdany, John. 1990. Composite open-cell foam structure. USA Patent No. US4957798. Mar. 31.
- Kirk–Othmer. 1992 “ Encyclopedia of chemical technology ” 4th edition, vol.4.

ภาคผนวก

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับจากโครงการ
1. เพื่อศึกษาสมบัติของน้ำยางที่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต	1. ศึกษาสมบัติของน้ำยางและน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตที่มีผลต่อการทำยางพองน้ำ - ตรวจสอบสมบัติทั่วไปของน้ำยาง - ตรวจสอบสมบัติของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ใช้ทำยางพองน้ำ - ตรวจสอบสมบัติของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต slurry - ตรวจสอบสมบัติของน้ำยางที่ปั๊มสารเคมี –	- ตรวจสอบสมบัติทั่วไปของน้ำยางชั้น เช่น DRC TSC Alkalinity pH MST, Viscosity และ Surface tension – - ตรวจสอบสมบัติของแคลเซียมคาร์บอเนต (slurry) ที่ใช้ทำยางพองน้ำ เช่น TSC, Particle size และ pH - ตรวจสอบสมบัติของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต slurry (0 30 60 90 120 150 และ 200 phr) เช่น TSC pH Viscosity และ Surface tension	- ทราบสมบัติทั่วไปของน้ำยางที่ใช้ก่อนการเตรียมยางพองน้ำ - ทราบสมบัติของแคลเซียมคาร์บอเนต (slurry) ที่ใช้ก่อนใส่ในน้ำยาง - - ทราบสมบัติของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ - ทราบความหนืดของน้ำยางที่ใส่สารเพิ่มความหนืด (CMC)

		- ตรวจสอบสมบัติความหนืด ของน้ำยางที่ใส่สารเพิ่มความหนืด (CMC) ความเข้มข้น และปริมาณต่างๆ - ตรวจสอบสมบัติ (pH Viscosity และ Surface tension) ของน้ำยางที่ใส่สารเพิ่มความหนืด (5%CMC) ความเข้มข้นต่างๆ (0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 phr) - ตรวจสอบสมบัติ TSC, pH, Viscosity และ Surface tension ของน้ำยางที่ใส่สารประกอบฟอสเฟต (TSPP และ SHMP) ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2 % ของแคลเซียมคาร์บอเนต (0 30 60 90 120 150 และ 200 phr) - ตรวจสอบสมบัติของน้ำยางที่บ่ม	- ทราบสมบัติของน้ำยางที่ใส่สารเพิ่มความหนืด (5%CMC) ได้แก่ สมบัติ pH Viscosity และ Surface tension - ทราบสมบัติของน้ำยางที่ใส่สารประกอบฟอสเฟต (TSPP และ SHMP) และ แคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณต่างๆ ต่อสมบัติ pH Viscosity และ Surface tension - ทราบสมบัติของน้ำยางที่บ่มสารเคมีเพื่อทำยางฟองน้ำ - ได้เทคนิคการเตรียมยางโดยวิธีแบบ ดันลอป
--	--	---	---

		สารเคมี เช่น ระดับการวัดค่าไนซ์ ความหนืด ความตึงผิว และ pH - ศึกษาเทคนิคการเตรียมยางโดยวิธีแบบ ดันลอป	
2. เพื่อศึกษาปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต ต่อการทำยางฟองน้ำ	2.1 ศึกษาเทคนิคการเตรียมฟองน้ำ (แบบดันลอป) 2.2 ศึกษาผลของแคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณต่างๆ ต่อการทำยางฟองน้ำ ด้วยวิธีการแบบดันลอป	- แปรเวลาตีฟอง ชนิดสารเคมี (K-Oleate, DPG และ SSF) และปริมาณต่างๆ ที่มีผลต่อสมบัติ พื้นฐานฟองก่อนการวัดค่าไนซ์ (ความหนาแน่น เวลาเจล) และ สมบัติของยางฟองน้ำหลังการวัดค่าไนซ์ (การยุบและหดตัว) - เตรียมยางฟองน้ำที่ใส่สารตัวเติม แคลเซียมคาร์บอเนตในรูปที่กระจาย ในของเหลว (slurry) - ตรวจสอบ TSC ของน้ำยางที่ใส่ แคลเซียมคาร์บอเนต slurry - ควบคุมสารเพิ่มความหนืด	- ได้เวลาที่เหมาะสมในการตีฟอง - ทราบสัดส่วนของตัวแปรสารเคมี สูตรยางที่เหมาะสมในการเตรียมยางฟองน้ำ - ได้ยางฟองน้ำที่แปรปริมาณของ แคลเซียมคาร์บอเนต และใส่ CMC สามารถตรวจสอบสมบัติ ยางฟองน้ำ ได้แก่ การหดและ ยุบตัว ความหนาแน่น และ ความทนทานต่อแรง การสึกหรอ และ

		(CMC) ในการทำฟองน้ำ (0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 phr) - ตรวจสอบสมบัติของน้ำยางบ่มที่ได้ ส่วนผสมของสารเคมีบางส่วน เช่น ความหนืด pH ความตึงผิว และระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยาง - วัลคาไนซ์ฟองยางด้วยไอน้ำ - ตรวจสอบสมบัติยางวัลคาไนซ์ ฟองน้ำ เช่น ความหนาแน่น การหดและยุบตัว ความทนทานต่อแรงกด การสึกหรอ และโครงสร้างของฟองยางฟองน้ำ	โครงสร้างของฟองยางฟองน้ำ - ทราบสมบัติของน้ำยางหลังบ่มเร่ง
3. เพื่อศึกษาแนวทางการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยางเพื่อลดต้นทุน ในทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง	ดำเนินการตามกิจกรรมที่วางไว้ในข้อ 1 และ 2	ดำเนินการตามกิจกรรมที่กำหนดในข้อ 1 และ 2	ทราบแนวทางใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยาง สามารถลดต้นทุน ในกระบวนการผลิตได้



สรุปโครงการวิจัย

โครงการ “กลุ่มโครงการวิจัยขนาดเล็ก วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ มอ. (5)
: ผลของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการทำฟองน้ำยางธรรมชาติ”

Research and Development of Natural Rubber Latex and Products-PSU small project group
(5)

Effect of Calcium Carbonate on Making Natural Rubber

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวนีย์ ก่ออุดมกุลรังษี และ คณะ

15 พฤษภาคม 2548

สรุปโครงการวิจัย

โครงการ “กลุ่มโครงการวิจัยขนาดเล็ก วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ-มอ.
(5)”

เรื่อง ผลของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการทำฟองน้ำยางธรรมชาติ
(Effect of Calcium Carbonate on Making Natural Rubber)

หัวหน้าโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี

สถาบัน : ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.เมือง จ. ปัตตานี

โทรศัพท์ : 073 312213 โทรสาร : 073 331099 E-mail :
ksaovane@bunga.pn.psu.ac.th

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ยางธรรมชาติเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย มีการผลิตและส่งออกอย่างมากเป็นอันดับหนึ่งของโลกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534¹ ในเดือนมีนาคม 2547 มีมูลค่าการส่งออกยางพาราไปประเทศต่างๆ ทั่วโลก เป็นเงิน 11,945.67 ล้านบาท² ราคาจำหน่ายน้ำยางสดในปัจจุบันค่อนข้างสูง (กิโลกรัมละ 48.5 บาท) ทำให้การใช้ยางธรรมชาติล้วนในการทำผลิตภัณฑ์ยางจึงมีต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นด้วยวัตถุดิบที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ยางฟองน้ำ เช่น เบาะและที่นอน มีการใช้น้ำยางในการผลิตค่อนข้างมาก จึงควรมีการลดต้นทุนในการผลิตโดยการใส่สารตัวเติมที่มีราคาถูกเพิ่มลงไป แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติมที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมยางแห้งเพื่อใช้ลดต้นทุนการผลิต แต่มักไม่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมน้ำยางเนื่องจาก อนุภาคของสารตัวเติมไม่สามารถแทรกเข้าไปในอนุภาคยาง จึงทำให้มีสมบัติความทนทานต่อแรงดึงของผลิตภัณฑ์ยางไม่ดีนัก อย่างไรก็ตามยางฟองน้ำมิได้มีความต้องการสมบัติด้านความทนทานต่อแรงดึง การทำให้เกิดฟองอาจยากขึ้น ความหนืด และความหนาแน่นของฟองยางเปลี่ยนแปลงไปได้ การใส่สารความคุมความหนืด (CMC) จะสามารถอัตราเร็วในการตกตะกอนของสารตัวเติมได้ มีผลทำให้ความหนาแน่นของฟองยางสม่ำเสมอขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณของ CMC ทำให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มสูงขึ้น³ ทำให้การตีฟองยากขึ้น การใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (< 100 phr) ในการทำยางฟองน้ำมีแนวโน้มเป็นไปได้⁴ และการใส่สารตัวเติม

¹ อนันต์ วัฒนธัญกรรม, 2539, “ก้าวใหม่ของยางพาราไทย”, สถาบันวิจัยยาง, กรมวิชาการเกษตร, มีนาคม.

² สมาคมยางพาราไทย, การส่งออกยางพาราไทย มีนาคม 2547, 10 (4) 2547 หน้า 9.

³ สุขสมบูรณ์, 2545, อิทธิพลของ Carboxy Methyl Cellulose ต่อการผลิตฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติ, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียาง คณะวทท. มอ. ปัตตานี

⁴ เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี และคณะ 2547. ผลของความหนืดต่อการทำฟองน้ำ ชุดโครงการพัฒนาอุตสาหกรรม

แคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับ CMC ในน้ำยางคอมเพานด์ มีผลทำให้ฟองน้ำที่วัลคาไนซ์แล้ว มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวและยุบตัวลดลง ความหนาแน่นและความแข็งของฟองน้ำเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า ฟองน้ำที่ไม่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับ CMC

ดังนั้นเพื่อเป็นการยืนยันความเป็นไปได้ในการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ โดยจะศึกษาการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่มากขึ้น (>100 phr) ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของน้ำยางก่อนทำฟองน้ำ และศึกษาลักษณะและสมบัติของยางฟองน้ำที่ได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติน้ำยางที่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต
2. เพื่อศึกษาปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต ต่อการทำยางฟองน้ำ
3. เพื่อศึกษาแนวทางการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยาง เพื่อลดต้นทุน ในทำผลิตภัณฑ์จาก น้ำยาง

แผนการดำเนินงานและผลที่ได้รับ

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินการ\ เดือนที่	การปฏิบัติงาน	1	2	3	4	5	6
1. ศึกษาสมบัติทั่วไปของน้ำยาง DRC TSC Alkalinity pH Viscosity และ Surface tension	แผนงาน	/					
	ปฏิบัติจริง	/					
2. ตรวจสอบสมบัติของแคลเซียม คาร์บอเนตที่ใช้ทำยางพองน้ำ ขนาดอนุภาค ความเป็นกรด-ด่าง	แผนงาน	/					
	ปฏิบัติจริง	/					
3. ศึกษาสมบัติของน้ำยางที่ใส่ แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ เช่น TSC pH Viscosity และ Surface tension ของน้ำยาง	แผนงาน		/				
	ปฏิบัติจริง		/				
4. ศึกษาสมบัติของน้ำยางที่ บ่ม เช่น ความหนืด pH ความตึงผิว ระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยาง	แผนงาน		/	/			
	ปฏิบัติจริง		/	/			
5. ศึกษาเทคนิคการเตรียมยางพองน้ำ (แบบดันลอป)	แผนงาน			/			
	ปฏิบัติจริง			/			
6. เตรียมยางพองน้ำที่แปรปริมาณ แคลเซียมคาร์บอเนต ในรูปที่ กระจายในของเหลว (slurry)	แผนงาน			/	/	/	
	ปฏิบัติจริง			/	/	/	
7. ทดสอบยางพองน้ำวัลคาไนซ์ ความหนาแน่น การหดและยุบตัว ความทนทานต่อแรงกด ลักษณะผิวโฟมยาง โครงสร้างของฟองยางพองน้ำ	แผนงาน			/	/	/	
	ปฏิบัติจริง			/	/	/	
4. วิเคราะห์และประเมินผล	แผนงาน				/	/	
	ปฏิบัติจริง				/	/	
6. เขียนรายงานและทำรูปเล่ม	แผนงาน						/
	ปฏิบัติจริง						/

ตารางที่ 2 ผลที่ได้รับจากกิจกรรม ในข้อเสนอโครงการ

ผลที่ได้รับ		สาเหตุที่ทำให้ล่าช้าและการแก้ไข
กิจกรรม ในข้อเสนอโครงการ	ผลสำเร็จ (%)	
ศึกษาสมบัติของน้ำยางและน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตที่มีผลต่อใช้ทำยางฟองน้ำ - ตรวจสอบสมบัติทั่วไปของน้ำยาง เช่น - DRC TSC Alkalinity pH - Viscosity และ Surface tension - ตรวจสอบสมบัติของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ใช้ทำยางฟองน้ำ เช่น - ขนาดอนุภาค ความเป็นกรด-ด่าง - ตรวจสอบสมบัติของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ (0 30 60 90 120 150 และ 200) ได้แก่ - TSC pH Viscosity และ Surface tension - ตรวจสอบสมบัติของน้ำยางที่ป้อนสารเคมี เช่น - ระดับการวัลคาไนซ์ pH - ความหนืด และ ความตึงผิว - ศึกษาเทคนิคการเตรียมยางโดยวิธีแบบ ดันลอป	100%	-

ศึกษาผลของแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ต่อการทำยางฟองน้ำด้วยวิธีการแบบดันลอป - โดยเตรียมยางฟองน้ำที่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต - ควบคุม TSC ของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต - ควบคุมสารเพิ่มความหนืด (CMC) ในการทำฟองน้ำ - ตรวจสอบสมบัติของน้ำยางบ่มที่ใส่สารเคมีบางส่วน เช่น ความหนืด pH ความตึงผิว และระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยาง - วัลคาไนซ์ฟองยางด้วยไอน้ำ - ตรวจสอบสมบัติยางวัลคาไนซ์ฟองน้ำ เช่น ความหนาแน่น การหดและยุบตัว ความทนทานต่อแรงกด และโครงสร้างของฟองยางฟองน้ำ		-
วิเคราะห์และประเมินผล	100%	
เขียนรายงานและทำรูปเล่ม	100%	

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลที่ได้รับกับวัตถุประสงค์

ผลที่ได้รับจากโครงการ	บรรลุวัตถุประสงค์ข้อที่...	โดยทำให้...
- ทราบสมบัติทั่วไปของน้ำยางและแคลเซียมคาร์บอเนต ก่อนที่จะใช้ในการเตรียมยางพองน้ำ - ทราบความหนืดของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ - ทราบความหนืดของน้ำยางที่ใส่สารเพิ่มความหนืด (CMC) ปริมาณและความเข้มข้นต่างๆ - ทราบสมบัติน้ำยางหลังบ่มเร่ง - ทราบสมบัติของน้ำยางที่ใช้เตรียมยางพองน้ำ เช่น ความหนืด pH ความตึงผิว และระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยาง	1	- ทราบสมบัติเบื้องต้นของน้ำยางและสารตัวเติมที่ใช้ในการแปรรูปทำพองน้ำ - ทราบสมบัติความหนืดของน้ำยางที่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต และ CMC ปริมาณต่างๆ มีผลต่อการทำยางพองน้ำ - เป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพน้ำยางและเลือกใช้ปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมก่อนนำมาใช้ทำยางพองน้ำ
- ได้เทคนิคการเตรียมยางพองน้ำโดยวิธีการแบบดันลอป - ได้สูตรยางที่เหมาะสมในการเตรียมยางพองน้ำ - ได้ยางพองน้ำที่แปรปริมาณของสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตและใส่ CMC สามารถตรวจสอบสมบัติยางพองน้ำ ได้แก่ การหดและยุบตัว ความหนาแน่น ความแข็ง และลักษณะผิวยางพองน้ำที่ชัดเจน	2	- ยางพองน้ำที่ทำมีคุณภาพค่อนข้างสม่ำเสมอ - เป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพน้ำยาง - ทราบสมบัติทางกายภาพของยางพองน้ำวัลคาไรซ์ - ใช้เป็นแนวทางการควบคุมคุณภาพยางพองน้ำที่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต และ CMC ปริมาณต่างๆ
- ทราบแนวทางใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยาง เพื่อลดต้นทุน ในกระบวนการผลิตยางพองน้ำ	3	- น้ำยางที่ใช้ผลิตยางพองน้ำที่ใส่ แคลเซียมคาร์บอเนต มีราคาต้นทุนการผลิตลดลง

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยนี้ทำให้ทราบสมบัติทั่วไปของน้ำยาง และสารตัวเติมชนิดแคลเซียมคาร์บอเนตที่ใส่ในน้ำยาง ความหนืดของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต รวมทั้งความหนืดของน้ำยางที่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ต้องใช้เวลาในการตีฟองนานขึ้น การควบคุมสมบัติของน้ำยางที่บ่มสารเคมี การตรวจสอบระดับการวัลคาไนซ์ด้วยคลอโรฟอร์ม และกระบวนการตีฟองยางด้วยเทคนิคแบบคันลอป การใส่สารประกอบฟอสเฟตชนิด TSPP ในน้ำยางที่มีแคลเซียมคาร์บอเนต และ CMC ในน้ำยาง สามารถควบคุมค่า pH และ ความหนืดของน้ำยาง ไม่ให้เปลี่ยนแปลงมากนัก ทำให้สามารถตีฟองได้ง่ายขึ้น ยางฟองน้ำมีความแข็งเพิ่มขึ้นสามารถนำมาขัดถูและตรวจสอบโครงสร้างของยางฟองน้ำ สามารถใช้เป็นแนวทางนำไปประยุกต์ใช้ในการทำฟองน้ำระดับอุตสาหกรรม

การประชาสัมพันธ์

เผยแพร่ผลงานในรูปแบบโปสเตอร์

ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31 ณ เทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสุรนารี จ. นครราชสีมา 18-20 ตุลาคม 2548

ผลของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการเตรียมฟองน้ำยางธรรมชาติ
Effect of Calcium Carbonate on Making Natural Rubber Sponge

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี และ นทีภัทร เพชรต้นมณี

ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

181 ถนนเจริญประดิษฐ์ ต. รุสมิแล อ. เมือง จ. ปัตตานี 94000

โทรศัพท์ 073 312213 โทรสาร 073 331099 E-mail: ksaovane@bunga.pn.psu.ac.th

บทคัดย่อ

แคลเซียมคาร์บอเนตในรูปของที่กระจายตัวในของเหลว ใช้เป็นสารตัวเติมในการทำยางฟองน้ำ ด้วยวิธีการแบบดันลอป¹ พบว่าความหนืดของน้ำยางเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น (30, 60, 90, 120, 150 and 200 phr) และความตึงผิวของน้ำยางค่อยๆ เพิ่มขึ้น ส่วนค่า pH ของน้ำยางมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย การใส่สารเพิ่มความหนืด (CMC) ในส่วนผสมของน้ำยางร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนต ทำให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้นอย่างมาก และความตึงผิวมีแนวโน้มค่อยๆ สูงขึ้น ทำให้การทำฟองน้ำค่อนข้างยาก ต้องใช้เวลาการตีฟองยางนานขึ้น หากใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ ต่างๆ (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) ร่วมกับ 5%CMC และ สารประกอบฟอสเฟต (TSPP) ปริมาณ 1% ของแคลเซียมคาร์บอเนตในกระบวนการตีฟองน้ำ ทำให้การตีฟองง่ายขึ้น สามารถทำยางฟองน้ำที่มีลักษณะรูปร่างดี ผิวเรียบ แต่มีความหนาแน่น ความแข็ง การยุบและหดตัว มากขึ้น ตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : น้ำยางธรรมชาติ ความหนืดของน้ำยาง ยางฟองน้ำ สารเพิ่มความหนืด
แคลเซียมคาร์บอเนต สารประกอบฟอสเฟต

Abstract

Calcium carbonate slurry was added into LA-latex compounds as filler for making rubber sponge with Dunlop ‘ process. It was found that the viscosity of latex compound was dramatically increased as increasing amount of calcium carbonate (30, 60, 90, 120, 150 and 200 phr) and the surface tension was gradually increased, while pH of latex compound was slightly decreased. Added Carboxyl Methyl Cellulose (CMC) into latex compound together with calcium carbonate would also dramatically increased the viscosity of latex and the surface tension of the latex was gradually increased. This effect to a difficulty of making rubber sponge. It needed more time during the process of making rubber sponge. When addition of this amount of Calcium carbonate. Addition of Calcium

carbonate (30, 60, 90, 120, 150 and 200 phr) together with 5%CMC and phosphates compound TSPP 1% of CaCO_3 could be made a good rubber sponge, smooth skin surface. The density and hardness of the sponge were increased while the shrinkage and collapse were increased as increasing amounts of Calcium carbonate.

Keywords : Natural rubber latex, Latex viscosity, Sponge, Carboxyl Methyl Cellulose, Calcium carbonate, Phosphate.

บทนำ

ฟองน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้จากน้ำยางข้น ภายในฟองน้ำประกอบด้วยเซลล์ของอากาศที่ต่อเนื่องกันไป ทำให้การถ่ายเทของอากาศจากฟองน้ำเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว มีความยืดหยุ่นดี นุ่ม ความหนาแน่นต่ำ และเมื่อถูกกระทำด้วยแรงกดสามารถคืนสู่สภาพเดิมได้ดี การใส่สารตัวเติมลงไปในฟองน้ำในปริมาณสูง จะทำให้ผลิตภัณฑ์ฟองน้ำมีความแข็งเพิ่มขึ้น อาจเกิดการตกตะกอนของสารเคมี และฟองน้ำเกิดการยุบตัวและหดตัวเพิ่มขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จะศึกษาน้ำยางที่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณมาก มีการใส่สารเพิ่มความหนืด (Carboxyl methyl cellulose, CMC) ร่วมกับการใช้สารประกอบฟอสเฟต ในการเตรียมยางฟองน้ำพร้อมกับศึกษาสมบัติของยางฟองน้ำ

การทดลอง

ส่วนผสมที่ใช้ในการเตรียมยางฟองน้ำ แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังแสดงในตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของน้ำยางบ่ม (Maturation) **ตารางที่ 2** ส่วนผสมของการเตรียมฟองน้ำ

สารเคมี	phr	wet (กรัม)
60% LA-latex	100	167
20% K-Oleate	1	5
50% Sulphur	2.5	5
50 % สารตัวเร่ง *	3	6
น้ำหนักรวม	106.5	183
* 50% ZDEC+ZMBT dispersion		

สารเคมี	phr	wet (กรัม)
น้ำยางบ่ม (ตารางที่ 1)	106.5	183
20% K-Oleate	2	10
10% DPG	1	10
50% ZnO	5	10
20 % SSF	2	10
CaCO ₃ , TSPP และ CMC แปรปริมาณต่างๆ		

การเตรียมฟองน้ำ (แบบดันลอป)

1. นำน้ำยางคอมปาวด์บ่ม มากวนด้วยความเร็ว Speed 6 เป็นเวลา 3 นาที
2. เติมสบู่ และ DPG แล้วเดินเครื่องที่ความเร็ว Speed 3 เป็นเวลา 2 นาที ได้ฟองยางความสูงประมาณ 15 เซนติเมตร
3. ค่อยๆ ใส่สารประกอบฟอสเฟต (TSPP) สารเพิ่มความหนืด (CMC) และ CaCO_3 แปรปริมาณตามต้องการ
4. ปรับความเร็วเครื่องให้ดีฟองความเร็ว Speed 6 เป็นเวลา 2 นาที เพื่อให้สารที่เติมมีการกระจายทั่ว
5. ปรับความเร็วของเครื่องที่ระดับความเร็ว Speed 3 เป็นเวลา 1 นาที
6. ปรับความเร็วเครื่องลงให้เป็น Speed 2 อีก 2 นาที สลับกันไป จนได้ฟองยางที่มีความสม่ำเสมอ
7. เมื่อฟองละเอียดดีแล้ว เติมสารเสริมการจับตัว DPG กวนต่อด้วยความเร็วช้า เป็นเวลา 3 นาที เพื่อให้ฟองน้ำมีความละเอียดมากยิ่งขึ้น
8. เติมซิงค์ออกไซด์ลงไป กวนด้วย Speed 3 เป็นเวลา 1.5 นาที
9. เติม 20%SSF ลงไป กวนด้วย Speed 3 เป็นเวลา 1-1.5 นาที
10. เทฟองน้ำลงในเบ้าที่เตรียมไว้ จับเวลาการเจลของฟองน้ำ
11. สังเกตลักษณะของฟองน้ำหลังเทใส่เบ้า
12. เมื่อฟองยางเจลแล้ว เอาไปอบด้วยไอน้ำ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
13. แกะฟองน้ำออกจากเบ้า ล้างทำความสะอาด เพื่อขจัดสารเคมีที่ตกค้างออกไปจากฟองน้ำ
14. นำฟองน้ำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ มีดังนี้

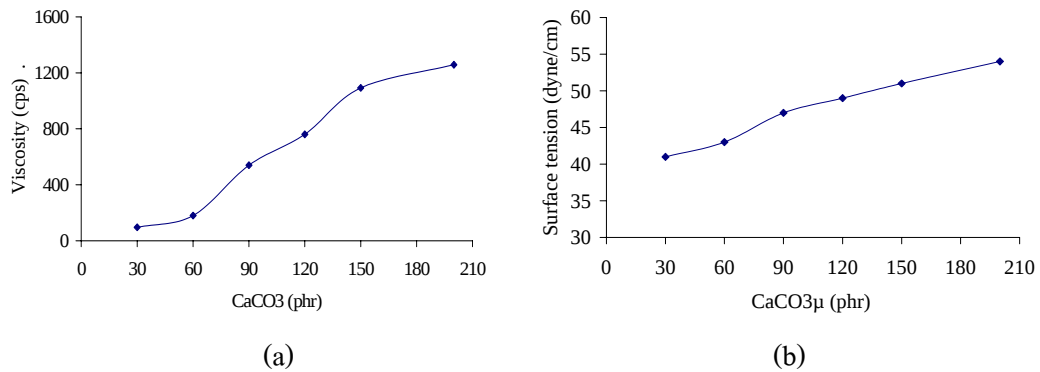
TSC	=	62.14	%	DRC	=	60.25	%
Surface tension	=	38	dyne / cm	Viscosity	=	91	centipoise
pH	=	10.89					

2. สมบัติแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) slurry และ คาร์บอกซี เมทิล เซลลูโลส (CMC)

CaCO_3 slurry	: TSC	=	72.6	%	Particle size	=	0.7	μm .	pH	=	9.04
CMC	:	pH	=	6.74							

3. สมบัติของน้ำยางที่ใส่สารตัวเติม

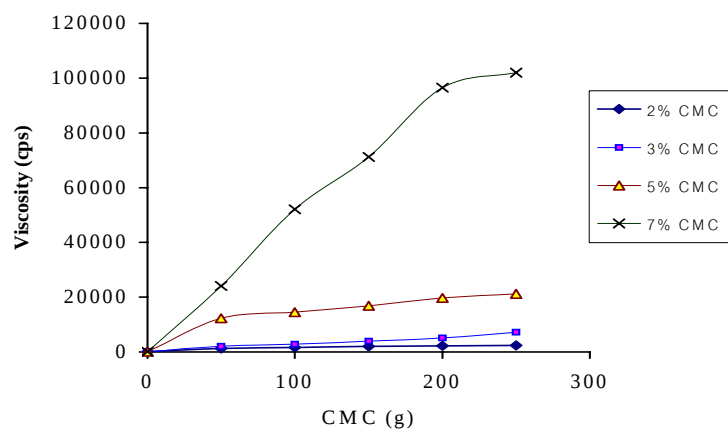
3.1 ผลของแคลเซียมคาร์บอเนตและการใส่สารเพิ่มความหนืด (CMC)



รูปที่ 1 ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อ (a) ความหนืด (b) ความตึงผิวของน้ำยาง

รูปที่ 1 (a) จะเห็นว่าพบว่า 60% น้ำยาง LA ใส่ CaCO_3 (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) ให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นมาก ตามปริมาณ CaCO_3 ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตที่เติมลงไปในน้ำยางจะเกิดการกระจายอยู่ในน้ำยางทำให้ความเข้มข้นของน้ำยางเพิ่มขึ้น ความหนืดของน้ำยางจึงมีค่าสูงขึ้น ขณะเดียวกัน สบู่ที่กระจายอยู่ในน้ำยางจะมาอยู่รอบอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนต ส่งผลให้ปริมาณของสบู่ที่กระจายบนผิวของอนุภาคยางและน้ำยางมีปริมาณลดลง เป็นผลให้ค่าความตึงผิวของน้ำยางเพิ่มสูงขึ้น ดังรูปที่ 1 (b) ส่วนค่า pH มีแนวโน้ม ค่อยๆ ลดลงในช่วงแคบๆ

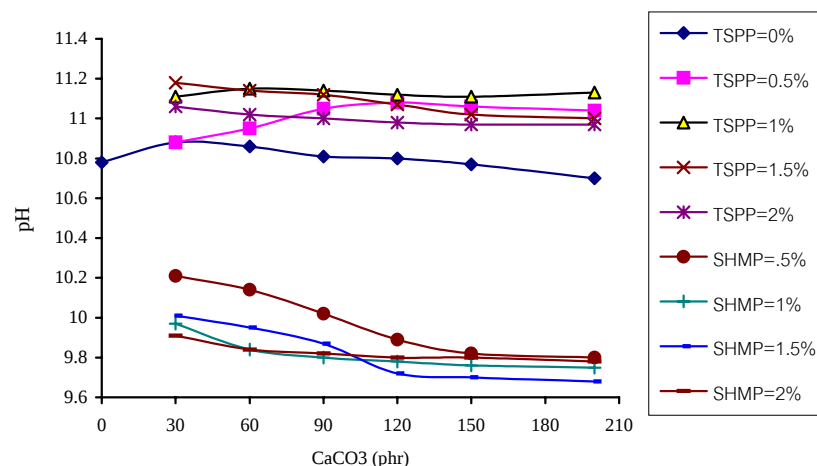
3.2 ความหนืดของน้ำยางที่แปรปริมาณของสารเพิ่มความหนืด



รูปที่ 3 ผลของปริมาณ CMC ต่อค่าความหนืดของน้ำยาง

รูปที่ 3 จะเห็นว่า CMC ความเข้มข้นต่างกัน มีผลให้ค่าความหนืดแตกต่างกัน โดย 2% CMC จะมีค่าความหนืดต่ำสุด เนื่องจากมีปริมาณของน้ำเป็นส่วนผสมอยู่มาก ส่วน 7% CMC มีค่าความหนืดสูงมาก จะดีฟองยาก ดังนั้นจึงใช้ 5% CMC เป็นตัวแปรในการศึกษา เพราะมีความหนืดไม่สูงเกินไป น่าจะพองสารเคมีที่มีปริมาณมากไม่ให้เกิดการตกตะกอนได้

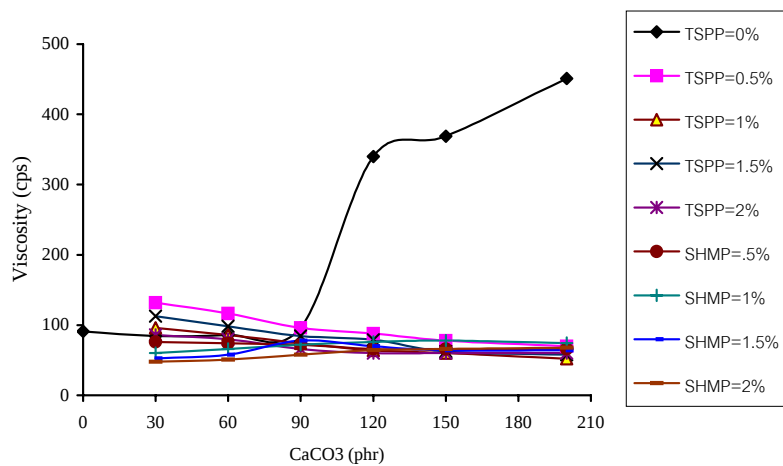
3.3 ผลของแคลเซียมคาร์บอเนตและสารประกอบฟอสเฟตต่อสมบัติของน้ำยาง



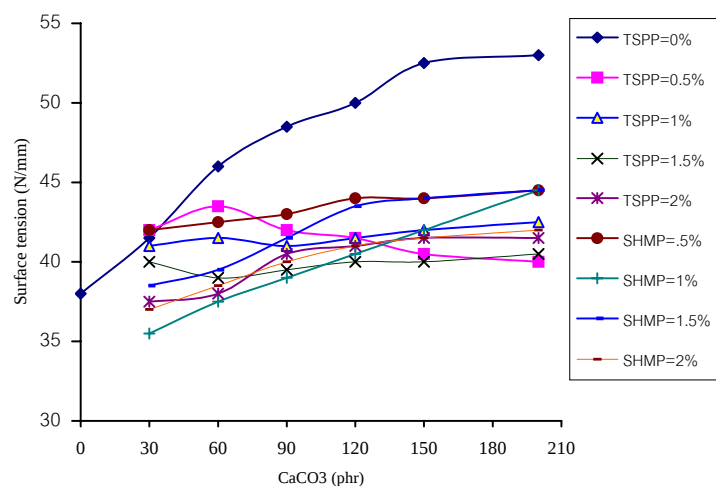
รูปที่ 4 ค่า pH ของน้ำยางที่ได้ CaCO₃ ร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตปริมาณต่างๆ (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% ของ CaCO₃)

รูปที่ 4 น้ำยางที่ได้ CaCO₃ ร่วมกับสาร TSPP พบว่า ค่า pH ของน้ำยางเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ TSPP เพิ่มขึ้น ค่า pH ของน้ำยางที่ได้ CaCO₃ เพิ่มขึ้น มีค่าไม่แตกต่างกันนัก ส่วนน้ำยางที่ได้ CaCO₃ ร่วมกับสาร SHMP ให้ค่า pH ลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณ CaCO₃ มากขึ้น ให้ค่า pH ของน้ำยางค่อนข้างคงที่ แสดงว่า สาร SHMP ทำให้ค่า pH ของน้ำยางลดลงจนถึงระดับหนึ่ง โดยไม่ทำให้น้ำยางสูญเสียความเสถียร แม้จะเพิ่มความเข้มข้น ก็ไม่ส่งผลต่อค่า pH ของน้ำยางมากนัก

จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่า น้ำยางที่ได้ CaCO₃ โดยไม่ใส่สารประกอบฟอสเฟต ความหนืดของน้ำยางจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การใส่ CaCO₃ ร่วมกับสาร TSPP 0.5% ของ CaCO₃ ค่าความหนืดจะมีการเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และเมื่อมีการเพิ่ม CaCO₃ ค่าความหนืดของน้ำยางมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับกับน้ำยางที่ใช้สาร TSPP ปริมาณ 1-2% ของ CaCO₃ ค่าความหนืดของน้ำยางมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก (รูปที่ 12) ส่วนการใส่ CaCO₃ ร่วมกับสาร SHMP ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ค่าความหนืดของน้ำยางมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อปริมาณ CaCO₃ เพิ่มขึ้น



รูปที่ 5 ความหนืดของน้ำยางที่ใส่ CaCO_3 ร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตปริมาณต่างๆ (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% ของแคลเซียมคาร์บอเนต)

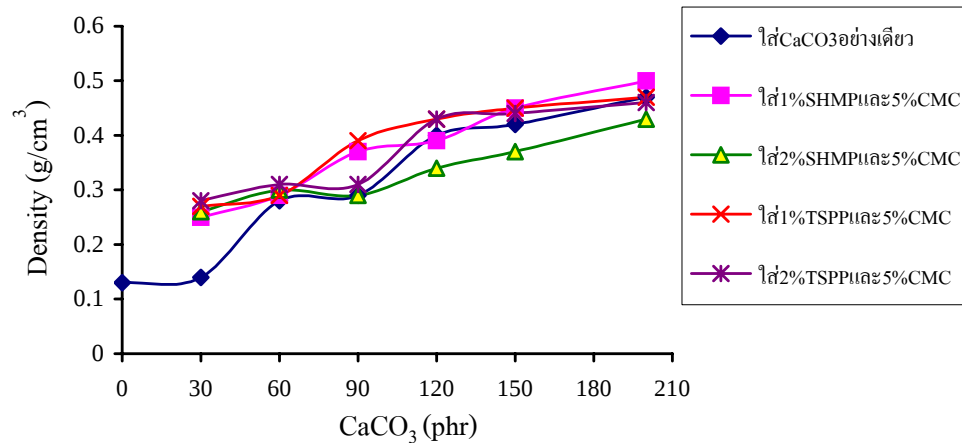


รูปที่ 6 ความตึงผิวของน้ำยางที่ใส่ CaCO_3 ร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตปริมาณต่างๆ (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% ของ CaCO_3)

จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่า น้ำยางที่ใส่ CaCO_3 โดยไม่ใส่สารประกอบฟอสเฟต ค่าความตึงผิวของน้ำยางจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อ CaCO_3 ปริมาณ เพิ่มขึ้น การใส่ CaCO_3 ร่วมกับสาร TSPP พบว่า น้ำยางที่ใช้สาร TSPP 0.5% ของ CaCO_3 ความตึงผิวจะเพิ่มขึ้นที่ CaCO_3 ปริมาณ 30-60 phr และค่าความตึงผิวจะลดลงเมื่อเพิ่ม CaCO_3 เป็น 90-200 phr และเมื่อใส่ TSPP 1.0 -2.0% ของ CaCO_3 ในส่วนผสมของน้ำยางที่ใช้ตีฟองน้ำ พบว่า ค่าความตึงผิวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย โดยมีแนวโน้มลดลง และน้ำยางที่ใส่ CaCO_3 ร่วมกับสาร SHMP พบว่า ค่าความตึงผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

4. ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟอสเฟต และการเพิ่มสารเพิ่มความหนืดต่อสมบัติยางพองน้ำ

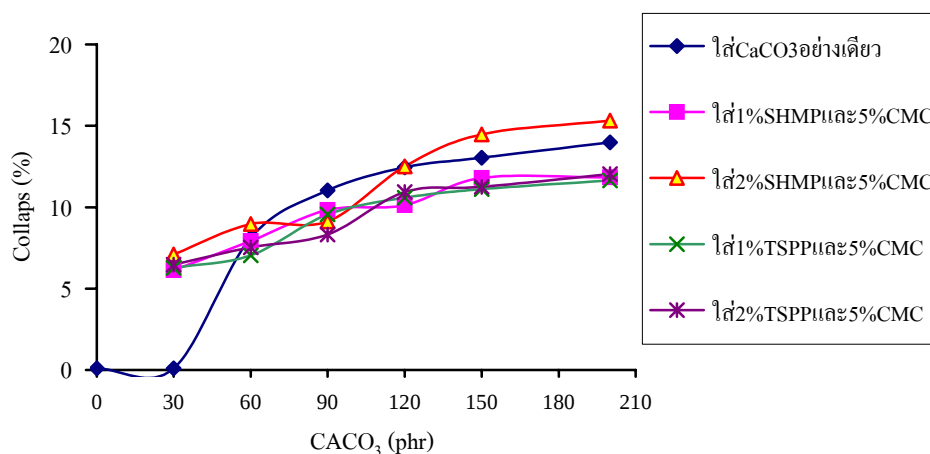
4.1 ความหนาแน่นของยางพองน้ำ



รูปที่ 7 ความหนาแน่นของขึ้นพองน้ำที่ใส่สาร CaCO₃ ร่วมกับ CMC และสารประกอบฟอสเฟต

เมื่อ CaCO₃ มากขึ้น (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) ค่าความหนาแน่นของยางพองน้ำหลังการวัลคาไนซ์แล้วมีค่าเพิ่มสูงขึ้น (รูปที่ 7) เมื่อใส่ CMC ร่วมกับ TSPP และ SHMP แนวโน้มของความหนาแน่นไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตทั้ง 2 ชนิด มีคุณสมบัติที่ไม่แตกต่างกัน คือ ช่วยปรับและเพิ่มความเข้ากันของสารเคมีให้เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้ยางพองน้ำที่ได้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามปริมาณ CaCO₃ ที่เพิ่มขึ้น ลักษณะผิวของพองน้ำมีความละเอียดสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น

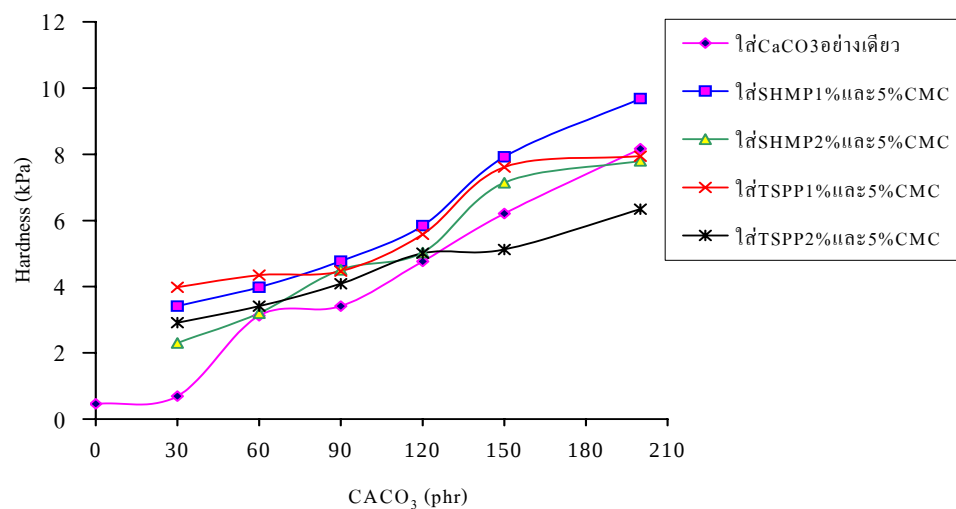
4.2 การยุบตัวของพองน้ำ



รูปที่ 8 การยุบตัวของพองน้ำที่ใส่ CaCO₃ ร่วมกับ CMC และใช้สารประกอบฟอสเฟต

CaCO_3 เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การหดตัวและการยุบตัวของฟองน้ำเกิดมากขึ้น โดยการยุบและหดตัวเป็นไปในแนวโน้มนัยเดียวกัน คือ ค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามปริมาณของ CaCO_3 ที่เพิ่มขึ้น การใส่สารประกอบฟอสเฟตในน้ำยาง พบว่าการยุบและหดตัวของฟองน้ำมีแนวโน้มลดลงเนื่องจาก ฟองยางก่อนการเจมมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นส่งผลให้สามารถรักษารูทรงได้ดีขึ้น (รูปที่ 8)

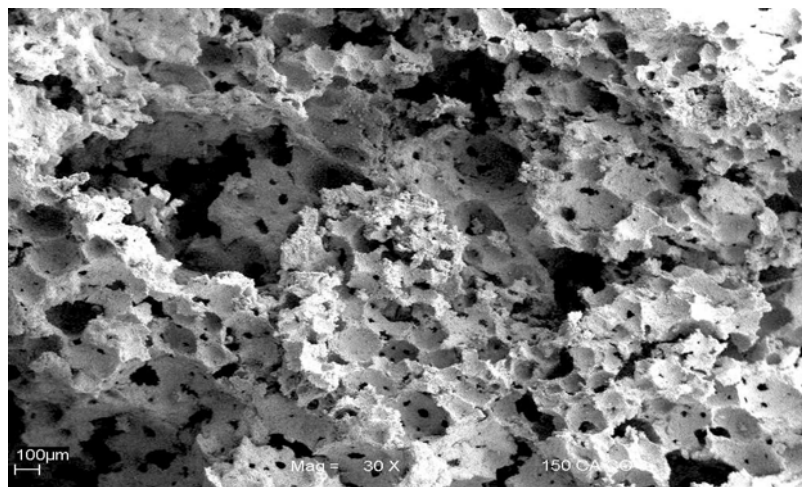
4.3 ความแข็งของยางฟองน้ำ



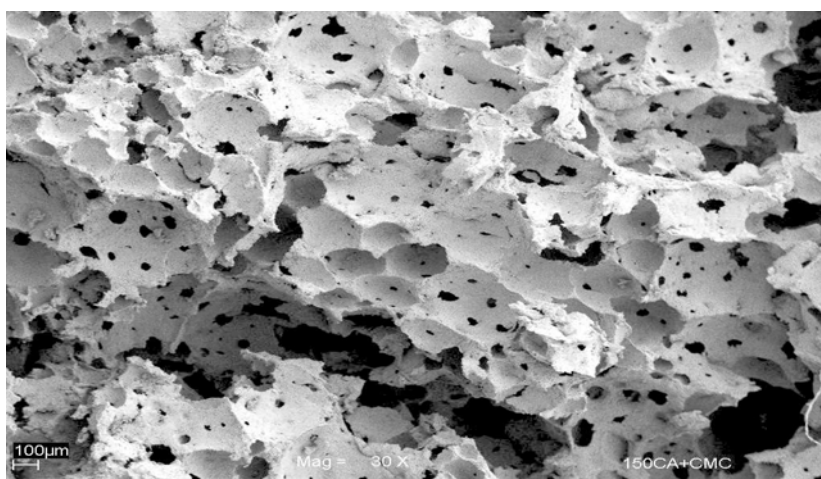
รูปที่ 9 ความเค้นที่ทำให้ฟองน้ำยุบตัวลง 25% ของชิ้นฟองน้ำที่ใส่ CaCO_3 ร่วมกับสารเพิ่มความหนืด และใช้สารประกอบฟอสเฟต (1% และ 2% ของ CaCO_3)

จากรูปที่ 9 การเพิ่มปริมาณของ CaCO_3 มีผลทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาค CaCO_3 จะไปแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของยางธรรมชาติ ทำให้ความยืดหยุ่นของยางลดลง ส่งผลให้ความแข็งเพิ่มขึ้น การใส่สารประกอบฟอสเฟต (TSPP และ SHMP) และสารเพิ่มความหนืด (5% CMC) ในน้ำยาง ทำให้สามารถควบคุมความหนืดของน้ำยางดีขึ้น ฟองยางสามารถรักษารูทรงได้ดีขึ้น ส่งผลให้ความแข็งของยางฟองน้ำที่ใส่ CaCO_3 และ CMC มีค่าเพิ่มสูงขึ้น

4.4 ลักษณะโครงสร้างยางพองน้ำ



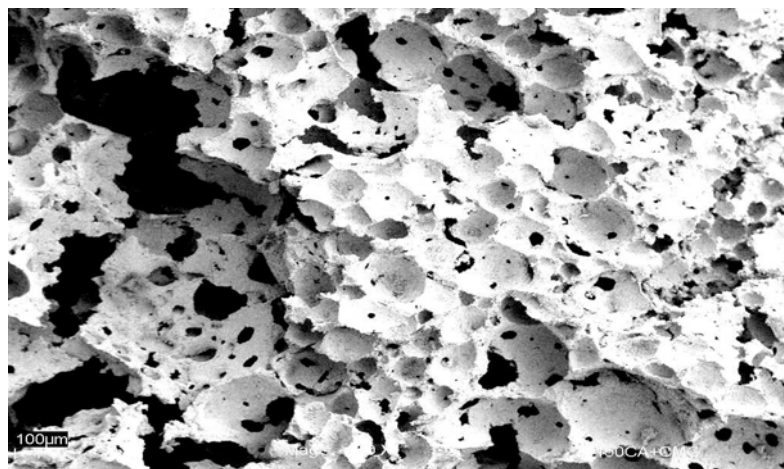
รูปที่ 10 ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 150 phr



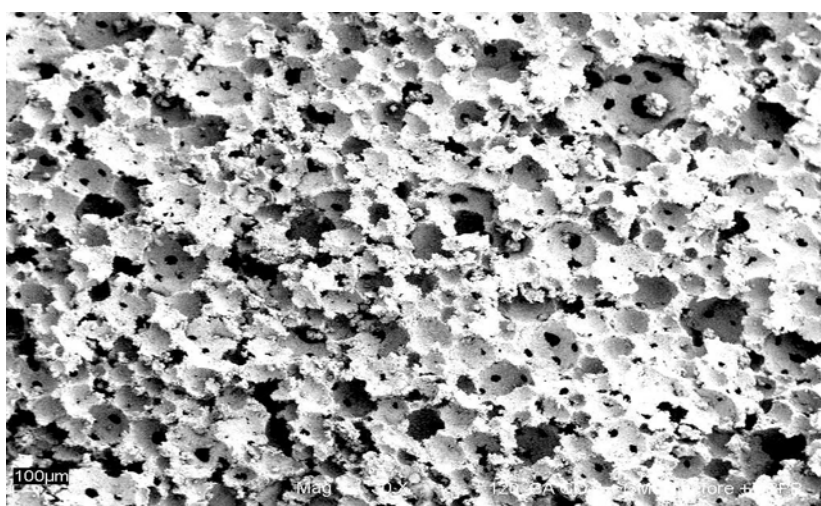
รูปที่ 11 ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 150 phr ร่วมกับ 5%CMC

ลักษณะโครงสร้างยางพองน้ำตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 100 μm ดังแสดงในรูปที่ 10-12 ยางพองน้ำซึ่งใส่ CaCO_3 150 phr (ไม่ใส่สาร CMC) ตัดดูลักษณะผิวโครงสร้างยางพองน้ำภายใน พบว่า โครงสร้างยางพองน้ำค่อนข้างหยาบ ฟองอากาศไม่สม่ำเสมอ เนื้อบางส่วนแยกออกจากกันเนื่องจากไม่สามารถยึดติดกันได้จากแรงเหนียวติด และเนื้อบางส่วนค่อนข้างยุบ (รูปที่ 10) การใส่ 5%CMC ในส่วนผสมของน้ำยาง พบว่าโครงสร้างของยางพองน้ำค่อนข้างสม่ำเสมอ เนื้อบางส่วนแยกออกจากกัน (รูปที่ 11) เนื่องจากไม่สามารถยึดติดกันดี เมื่อขัดถูด้วยหินขัดเบอร์ 18 มีน้ำหนักถ่วง 250 กรัม ยางบางส่วนหลุดออกเป็นก้อนใหญ่ เกิดเป็นรูปของเนื้อยางที่

หลุดออกไป(รูปที่ 12) การใส่สารประกอบฟอสเฟต (TSPP) 1% ของ CaCO_3 ร่วมกับ CMC พบว่า ลักษณะผิวโครงสร้างยางพองน้ำภายในจะมีความละเอียดขึ้น มีความ**สม่ำเสมอมากกว่า** (รูปที่ 13)



รูปที่ 12 ลักษณะผิวของพองน้ำที่ใส่ CaCO_3 150 phr ร่วมกับ 5%CMC หลังจัดดู



รูปที่ 13 ลักษณะผิวของพองน้ำที่ใส่ CaCO_3 120 phr ร่วมกับ 5%CMC และ TSPP 1% ของ CaCO_3

สรุป

ยางพองน้ำ ที่ใส่สารตัวเติม CaCO_3 ปริมาณมากกว่า 100 phr ร่วมกับ 5%CMC และ สารประกอบฟอสเฟต สามารถทำยางพองน้ำที่มีลักษณะรูปร่างดี ผิวเรียบ โดยความหนาแน่น ความแข็งแรง การยุบและหดตัว เพิ่มขึ้น ตามปริมาณของ CaCO_3

¹ Blackley , D. C. 1997. Polymer Latices Science and Technology Vol.3. Second Edition., London.

ผลของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อทำโฟมยางธรรมชาติ

EFFECT OF CALCIUM CARBONATE ON MAKING NATURAL RUBBER FOAM

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี^{1*} ณัฐพงศ์ นิธิอุทัย¹ และ นทีภัทร เพชรรัตนมณี²

Saovane Kovuttikulrangsie^{1*} Nattawut Nithi-U-thai¹ and Nathepat Phetratanamunee

^{1, 1*, 2} Department of Rubber Technology and Polymer Science, Technology, Prince of Songkla University, Pattani, 90400 Thailand; e-mail address : ksaovane@bunga.pn.psu.ac.th

บทคัดย่อ : CaCO_3 ใส่ในน้ำยางธรรมชาติปริมาณสูง มีผลกระทบต่อกระบวนการทำยางพองน้ำแบบดันลอย¹ และสมบัติ การใช้ CaCO_3 รูปแบบที่กระจายตัวในของเหลว (72.6%) มากกว่า 100 phr ใส่ในน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ พบว่า ความหนืดของน้ำยางมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก ความตึงผิวของน้ำยางค่อยๆ เพิ่มขึ้น ส่วน pH ของน้ำยางมีค่าลดลงเล็กน้อย การใส่สารเพิ่มความหนืด (CMC) ในน้ำยาง เพื่อป้องกันการตกตะกอนของ CaCO_3 มีผลทำให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้นและความตึงผิวมีแนวโน้มค่อยๆ สูงขึ้น ทำให้การทำพองน้ำก่อนข้างยาก ต้องใช้เวลาในนานขึ้น สารประกอบฟอสเฟต (TSPP และ SHMP) ใส่ในส่วนผสมของน้ำยางสามารถป้องกันความหนืดน้ำยางเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้กระบวนการทำพองน้ำง่ายขึ้น พองน้ำมีผิวเรียบ

Abstract : High loading CaCO_3 in NR latex effected on making foam with Dunlop process and its properties. More than 100 phr of CaCO_3 (72.6% Slurry) was added into LA-latex as filler. It was found that viscosity of latex compound was dramatically increased as increase loading of CaCO_3 . The surface tension was gradually increased, while pH of latex compound was slightly decreased. Carboxyl Methyl Cellulose, CMC, was added into latex compounds to prevent CaCO_3 precipitate during process of making foam. It was found that increasing CMC would also dramatically increased the viscosity of latex and the surface tension of latex was gradually increased. This effect to a difficulty of making rubber foam. It needed more time to making rubber foam. Tetrasodium Pyrophosphates (TSPP) and Sodium Hexametaphosphates (SHMP), added into latex compounds can against dramatically increase of latex viscosity. Therefore, it could be made a good rubber foam with smooth skin surface.

Methodogy : CaCO_3 (72.6% Slurry) produced by polymer innovation Co., Ltd. was used as filler for making natural rubber foam. A Kithche aid model K5SS made from USA was used to prepare rubber foam with Dunlop process. Added 72% slurry CaCO_3 (30, 60, 90, 120 150 and 200 phr) into 60% LA latex and adjusted TSC to 60% with de-ionize water. The viscosity of latex compound was then measured using Brookfield viscometer model RVF-100 , surface tension and pH of latex compound were also measured

using Du Nouy Surface Tension Apparatus product of KUSS model K68 and pH meter model HI 8417, respectively.

Carboxyl Methyl Cellulose, CMC, and phosphate compound of TSPP and SHMP were also added into latex compounds and measured of its properties. Main foam formulation used was consisted of maturation latex (60%LA latex 100, 20%K-Oleate 1, 50%Sulphur 2.5, 50%ZDEC+ZMBT 3) and ingredients added during process of making foam (20% K-Oleate 1, 10% DPG 1, 50% ZnO 5, 20% SSF 2 phr). Latex foam forming was prepared in aluminum moulds with diameter of 14 and 8 cm and height of 6 and 13 cm, respectively. Rubber foam of 8 cm was divided into 4 specimens. Each piece was 2 cm in height used for measure of density. Foam sample of 8 cm in height, was placed onto machine for testing of foam hardness by compressing a specimen to 25% and measuring the force. This shearing force was reported as hardness of rubber foam. Abrasive measurement of foam sample, 1 cm in thickness, was carried out with ASTM D3389-85a standard using a Taber instrument with a running speed of 200 cycles per min. Abrasion loss was reported as weight loss per unit cycle and the surface appearance were observed.

Result, Discussion and Conclusion:

The pH of 72.6% slurry CaCO_3 and 60% LA latex were 9.04 and 10.89, respectively. Added 72% slurry CaCO_3 (30, 60, 90, 120 150 and 200 phr) into 60% LA latex and adjusted TSC to 60% with de-ionize water. It was found that the increase loading of CaCO_3 only slightly changed in pH of latex and could be noticed rather clearly at CaCO_3 loading at 150 phr Fig. 1 (a). While the viscosity of latex compound was dramatically increased as increase loading of CaCO_3 , Fig. 1 (b), due to CaCO_3 could absorb water and the total solid content also increased. The surface tension of latex compound was gradually increased as shown in Fig. 1 (c). Due to some surfactants in latex were moved to stabilize around CaCO_3 particles. Surfactant around latex particle and surface of latex was decreased.

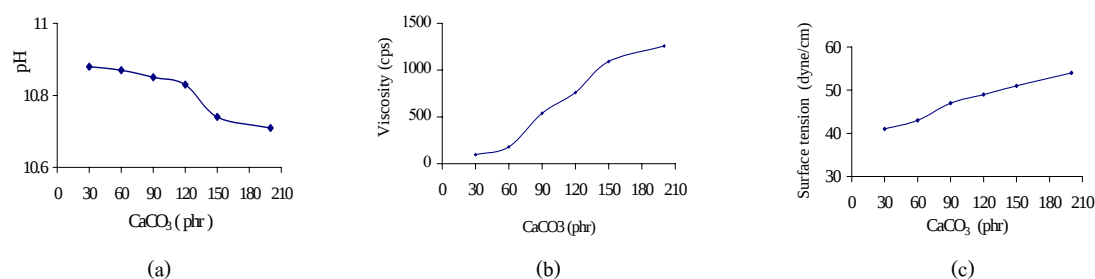


Figure 1 pH, viscosity and surface tension of latex added CaCO_3 (30, 60, 90, 120, 150 and 200 phr).

Added different CMC (0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 and 1.5 phr) in latex compounds contained of CaCO_3 (30, 60, 90, 120, 150 and 200 phr), it was found that increasing CMC would also dramatically increased the

viscosity of latex and the surface tension of latex was gradually increased. While pH was a small different as shown in Fig. 2 (a-c)

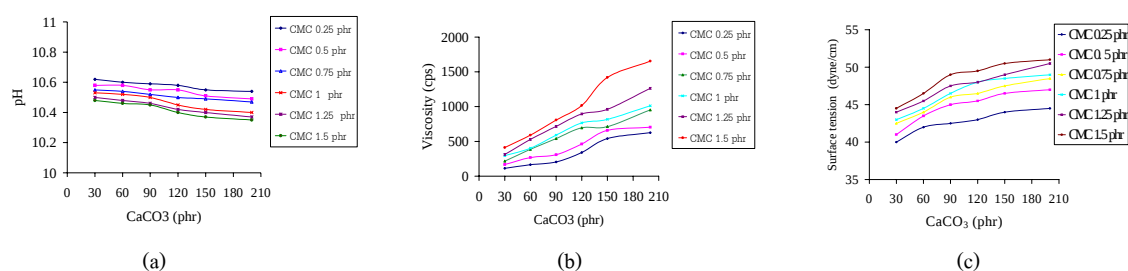


Figure 2 pH, viscosity and surface tension of latex added different amounts of CaCO_3 and CMC .

Added TSPP in latex compounds of CaCO_3 (30, 60, 90, 120, 150 and 200 phr) would increase pH of latex while SHMP would effect pH of latex to be lower as shown in Fig. 3 (a). However, both TSPP and SHMP added into latex compounds could against dramatically increase in viscosity of latex and surface tension was only a small changed (Fig 3 (b-c)). This results to make rubber foam more easily.

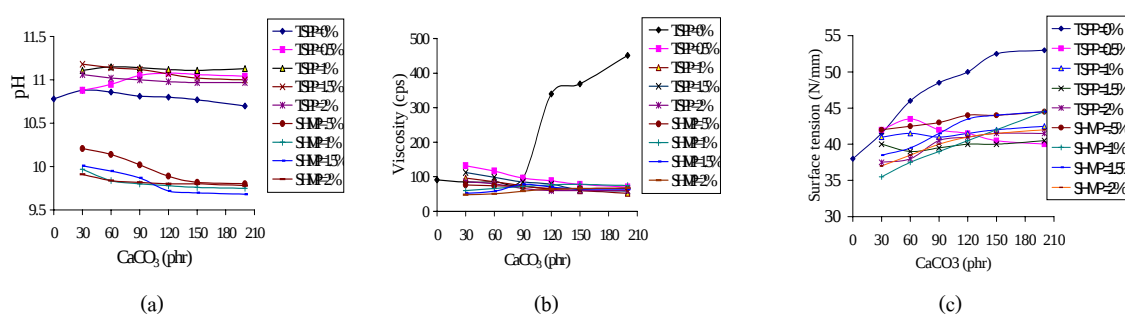


Figure 3 pH, viscosity and surface tension of latex added CaCO_3 with Phosphate compounds.

Latex compounds of high loading CaCO_3 with 5%CMC and TSPP (1% of CaCO_3) could be easily making foam. Vulcanized foam contented CaCO_3 (30, 60, 90, 120, 150, 200 phr) with 5%CMC could prevent CaCO_3 precipitate to the bottom of foam during process and the density of foam was almost equal in each level. Foam hardness, measured by compressing a specimen to 25% and measuring the force, was increased as increase amounts of CaCO_3 . Surface of rubber foam contented of CaCO_3 150 phr could be rubbed and gave of smooth surface.

Acknowledgement : This work was Financial supported by Thailand Research Fund , RDG4850007. is gratefully acknowledged.

Reference: Blackley , D. C., (1997). Polymer Latices Science and Technology, Vol.3. Second Edition., London.

Keywords : natural rubber latex, foam, latex viscosity, calcium carbonate, phosphate.