สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนายางคอมปาวด์ทำความสะอาดแม่พิมพ์ :

ผลของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ

DEVELOPMENT OF MOLD CLEANING COMPOUNDS :

EFFECTS OF NON-IONIC SURFACTANTS

คัมภีร์ แซ่เตีย

ณัฐ ตั้งเพียรพันธ์

นพพล สัตยดิษฐ์

ลายหนู.....
เลขทะเบียน.....117287
วัน,เดือน,ปี.....20 ก.ค. 2554

b.....12337742
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม

สาขาวิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF MOLD CLEANING COMPOUNDS :

EFFECTS OF NON-IONIC SURFACTANTS

Mr.Kumpee Saetia

Mr.Nut Tangpienphant

Mr.Noppol Sattayadit

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การพัฒนายางคอมปาวด์ทำความสะอาดแม่พิมพ์ : ผลของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ
DEVELOPMENT OF MOLD CLEANING COMPOUNDS : EFFECT OF NON-IONIC SURFACTANTS

ชื่อนักศึกษา นายคัมภีร์ แซ่เตีย
นายณัฐ ตั้งเพียรพันธ์
นายนพพล สัตยดิษฐ์

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2553

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม ประจำปีการศึกษา 2553

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สุภารัตน์ รักชลธี	
ผศ.ดร.วันฉัตร ชื่นชม	
รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การพัฒนายางคอมปาวด์ทำความสะอาดแม่พิมพ์ : ผลของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ

นักศึกษา นายคัมภีร์ แซ่เตีย รหัสนักศึกษา 50050295
นายณัฐ ตั้งเพียรพันธ์ รหัสนักศึกษา 50050313
นายนพพล สัตยดิษฐ์ รหัสนักศึกษา 50050332

ภาควิชา เคมี

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม

คณะ วิทยาศาสตร์

ปีการศึกษา 2553

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสูตรและศึกษาสมบัติต่างๆของยางคอมปาวด์ทำความสะอาดแม่พิมพ์สำหรับงานอุตสาหกรรม ซึ่งเน้นการพัฒนาด้านการทำความสะอาดแม่พิมพ์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยการใส่สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (Non-ionic surfactant) คือ โนนิลฟีนอล (Nonylphenol, NP) ในสูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ทั้งแบบที่เป็นยางโฟมและยางตัน โดยเน้นศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารลดแรงตึงผิวได้แก่ NP6, NP9 และ NP10 ปริมาณ 0-40 phr ยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ใช้ยาง EPDM เป็นยางหลัก โดยใช้ DCP เป็นสารเชื่อมโยง และ DNPT เป็นสารให้ฟอง ผสมวัตถุดิบด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) และขึ้นรูปตัวอย่างโดยการอัดขึ้นรูป (Compression molding) จากนั้นทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่ ลักษณะการเชื่อมโยงและสมบัติเชิงกล รวมทั้งประสิทธิภาพการทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยการใช้งานจริง จากการศึกษาผลของปริมาณและชนิดของสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางโฟมพบว่า การใส่สารลดแรงตึงผิวทำให้ยางโฟมมีการเชื่อมโยงเร็วขึ้น และทำให้สมบัติเชิงกลสูงขึ้น เทียบกับยางสูตรไม่ใส่สารลดแรงตึงผิว อย่างไรก็ดีที่ปริมาณสารลดแรงตึงผิว 10-40 phr ไม่ส่งผลแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดทั้งการเชื่อมโยงและสมบัติเชิงกล จากการเปรียบเทียบผลของสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางโฟมเทียบกับสูตรยางตันพบว่า สูตรยางโฟมใช้เวลาในการเชื่อมโยงสั้นกว่ายางตัน แต่สูตรยางตันเมื่อใส่สารลดแรงตึงผิวจะมีสมบัติเชิงกลลดลงคือค่า ความแข็งแรงดึง (Tensile strength), ความแข็งแรงฉีกขาด (Tear strength) และ มอดุลัสของยางที่เปอร์เซ็นต์การยืด 100% (Rubber modulus, M100) อย่างไรก็ดี ผลการทดลองตรงข้ามในสูตรยางโฟม กล่าวคือเมื่อใส่สารลดแรงตึงผิวทำให้สมบัติเชิงกลของยางดีขึ้น และมีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแม่พิมพ์ดีที่สุดเมื่อใส่สารลดแรงตึงผิว 40 phr ส่วนในสูตรยางตันจะมีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแม่พิมพ์ดีที่สุดเมื่อใส่สารลดแรงตึงผิว 10 phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title	Development Of Mold Cleaning Compounds : Effects Of Non-Ionic Surfactants			
Student Names	Mr.Kumpee	Saetia	Student ID	50050295
	Mr.Nut	Tangpienphant	Student ID	50050313
	Mr.Noppol	Sattayadit	Student ID	50050332
Degree	Bachelor of Science			
Program	Industrial Chemistry			
Academic year	2010			
Advisor	Assoc.Prof.Dr.Ittipol Jangchud			

Abstract

This research focused on developing "Mold Cleaning Compounds" (MCCs) by adding non-ionic surfactants named "Nonylphenol" (NP). Both solid and foam formulas of MCCs were investigated. Types of NP (NP6, NP9, and NP10) and loading amount (0-40 phr) were also studied. MCCs consisted of EPDM based rubber, DCP curing agent, and DNPT blowing agent. The compounds were mixed by a two-roll mill, and shaped into samples by compression molding machine. Samples were then characterized for cure characteristics, mechanical properties, and mold cleaning efficiency by using real molds in rubber industry. It was found that in foam MCCs, curing efficiency and mechanical properties were improved by adding the NP. However, cure characteristics and mechanical properties were not affected by NP types. Plateau modulus (M_{HF}) was decreased when NP loading was increased. Tensile strength and tear strength were decreased slightly when surfactant loading was increased, however %elongation at break and rubber modulus (M100) were unchanged. By comparing solid and foam MCCs, the curing efficiency was improved in the foam MCCs. In the solid MCCs, mechanical properties, i.e., tensile strength, tear strength, and rubber modulus M100 were decreased when the surfactant was incorporated. However, the results were in contrast with the foam MCCs, i.e., the mechanical properties were improved if the surfactant was added. It was found that the foam MCCs with 40 phr NP9 surfactant showed the best mold cleaning efficiency. However, for the solid MCCs, with 10 phr NP9 surfactant yielded the best mold cleaning efficiency.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษเป็นอย่างสูงที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และช่วยเหลือในการทำโครงงานพิเศษนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วันฉัตร ชื่นชม และ ผศ.ดร.สุภารัตน์ รักชลธี ที่กรุณาเป็นกรรมการตลอดจนให้คำแนะนำโครงงานพิเศษนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บริษัท เอส เค พอลิเมอร์ จำกัด โดยเฉพาะ คุณชยุต สุวรรณพิมลกุล และคุณธนพล กสุราษฎร์ ที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกให้ความอนุเคราะห์ยางและสารเคมี รวมทั้งให้คำปรึกษาในการทำโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ คุณกฤษณะ เกษประดิษฐ์ และคุณสุดใจ สอนสะอาด เจ้าหน้าที่ Polymer Workshop สถาบันเทคโนโลยีเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้สอนวิธีใช้เครื่องมือและคอยอำนวยความสะดวกทุกอย่าง

ขอขอบพระคุณ คุณวัฒนา คล้ายรัศมี นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบังและคุณบุษกร ฐิติมุตา จากบริษัท โร-เดีย ไทย อินดัสตรีส์ จำกัด ที่ช่วยเหลือในเรื่องสารเคมีเพื่อทำให้โครงงานพิเศษนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ที่คอยให้แรงกระตุ้นและกำลังใจพร้อมข้อแนะนำดีๆ จนทำให้โครงงานพิเศษนี้ประสบความสำเร็จอย่างงดงาม

สุดท้าย ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ที่ให้ทุกสิ่งทุกอย่าง ต่อคณะผู้วิจัย จนประสบความสำเร็จในการศึกษา

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายคัมภีร์ แซ่เตีย

นายณัฐ ตั้งเพียรพันธ์

นายนพพล สัตยดิษฐ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ช
สารบัญรูป		ซ
<u>บทที่ 1</u> บทนำ		1
1.1	ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2	วัตถุประสงค์	4
1.3	ขอบเขตการวิจัย	5
1.4	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
<u>บทที่ 2</u> ทฤษฎีและหลักการ		6
2.1	การทำความสะอาดแม่พิมพ์	6
	2.1.1 การทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยการขัด	6
	2.1.2 การทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยการจ้างบริษัททำความสะอาดแม่พิมพ์	6
2.2	วัตถุดิบที่ใช้ผลิตยางทำความสะอาดแม่พิมพ์	8
	2.2.1 ยาง EPDM	8
	2.2.2 สารเติมแต่ง	12
	2.2.3 ยางคอมปาวด์	22
2.3	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

<u>บทที่ 3</u> วิธีดำเนินการ 26

3.1 แผนการดำเนินการ 26

3.2 สารเคมี 27

3.3 อุปกรณ์ 27

3.4 วิธีการทดลอง 28

3.4.1 การเตรียมยาง Compound A rubber 28

3.4.2 การศึกษาและเปรียบเทียบสูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ 29

3.4.3 การศึกษาสมบัติของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่เตรียมได้ 31

3.4.4 การทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดกับแม่พิมพ์อุตสาหกรรม 32

<u>บทที่ 4</u> ผลการทดลองและอภิปรายผล 34

4.1 ผลของปริมาณและชนิดของสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางโฟม 34

4.1.1 ลักษณะการเชื่อมโยง 34

4.1.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล 37

4.2 การศึกษาผลของสารลดแรงตึงผิวสูตรยางโฟมและยางตัน 40

4.2.1 ลักษณะการเชื่อมโยง 40

4.2.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล 42

4.3 การศึกษาประสิทธิภาพการทำความสะอาดแม่พิมพ์ของยางในแต่ละสูตร 45

4.3.1 ศึกษาผลของปริมาณและชนิดสารลดแรงตึงผิวที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความสะอาด 45

4.3.2 การศึกษาผลของสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางโฟมและสูตรยางตันที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความสะอาด 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

<u>บทที่ 5</u> ผลการทดลองและอภิปรายผล 51

5.1 สรุปผลการทดลอง 51

5.2 ข้อเสนอแนะ 52

เอกสารอ้างอิง 53

ภาคผนวก 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบการทำความสะอาดแม่พิมพ์วิธีต่างๆ 7

ตารางที่ 2.2 สมบัติทางกายภาพของยางEPDM 10

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบการใช้งานของสารทำให้เกิดฟอง 16

ตารางที่ 3.1 สูตรการผสมของ Compound A rubber 28

ตารางที่ 3.2 สูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้โครงงาน 30

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบScorch time,Cure time,M_{HF}และCure rate index ของสูตรยางโฟมปกติกับสูตรยางโฟมใส่สารลดแรงตึงผิว NP6, NP9 และ NP10 ที่ปริมาณ 40 phr 35

ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบScorch time,Cure time,M_{HF}และCure rate index ของสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6 ที่ปริมาณ 10 – 40 phr 35

ตารางที่ 4.3 ตารางเปรียบเทียบScorch time, Cure time,M_{HF}และCure rate index ของยางตันสูตรปกติ, ยางโฟมสูตรปกติ, NP9 สูตรยางตันและ NP9 สูตรโฟม โดยใช้ NP9 ปริมาณ 10-40 phr 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 ผลผลิตยางธรรมชาติของประเทศไทยแยกตามประเภท 1

รูปที่ 1.2 ปริมาณการใช้ยางธรรมชาติของประเทศไทยแยกตามผลิตภัณฑ์ 2

รูปที่ 1.3มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางของประเทศไทยแยกตามประเภท 2

รูปที่ 1.4 คราบสิ่งสกปรกที่ติดกับแม่พิมพ์ 4

รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของไดอีนที่มีอยู่ในยาง 9

รูปที่ 2.2 โครงสร้าง EPDM 9

รูปที่ 2.3 ลักษณะการสลายตัวของ DCP 12

รูปที่ 2.4 AZ (Azodicarbonamide) 15

รูปที่ 2.5 DNPT (3,7-Di-N-nitrosopentamethylenetetramine) 16

รูปที่ 2.6 ลักษณะโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว 17

รูปที่ 2.7 สูตรโครงสร้าง Nonylphenoxy (polyethyleneoxy) ethanol (NP6) 18

รูปที่ 2.8สูตรโครงสร้าง EtoxylatedNonylphenol(NP10) 19

รูปที่ 2.9 สูตรโครงสร้าง EtoxylatedNonylphenol(NP9) 19

รูปที่ 2.10 โครงสร้างของ Co-agents บางชนิด 20

รูปที่ 2.11 กลไกการเชื่อมโยงด้วย Co-agent ชนิด Type I 21

รูปที่ 2.12 กลไกการเชื่อมโยงด้วย Co-agent ชนิด Type II 21

รูปที่ 3.1 กราฟเชื่อมโยง (Cure curve) ของยางผสมสูตร 29

รูปที่ 3.2 แผนภาพการวัดสี (Lab model) 33

รูปที่ 4.1 เวลาในการเชื่อมโยงระหว่างสูตรยางโฟมที่ใช้ปริมาณและชนิดของสารลดแรงตึงผิวแตกต่างกัน 36

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด (kg_f.cm) กับเวลา (min) ของสูตรยางโฟมที่ใช้สารลดแรงตึงผิว NP6 ปริมาณ 10 – 40 phrและสูตรยางโฟมปกติ 36

รูปที่ 4.3 ค่า Tensile strength ระหว่างสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6, NP9 และ NP10 ปริมาณ 10 – 40 phr 37

รูปที่ 4.4 ค่า Tear strength ระหว่างสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6, NP9 และ NP10 ปริมาณ 10 – 40 phr 38

รูปที่ 4.5 ค่า % Elongation at break ระหว่างสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6, NP9 และ NP10 ปริมาณ 10 – 40 phr 38

รูปที่ 4.6 ค่า Rubber modulus (M100)ระหว่างสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6, NP9 และ NP10 ปริมาณ 10 – 40 phr 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.7 ค่า Hardness ระหว่างสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6, NP9 และ NP10 ปริมาณ 10 – 40 phr 39

รูปที่ 4.8 เวลาในการเชื่อมโยงระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟม ปริมาณ 0 – 40 phr 41

รูปที่ 4.9 ค่า Tensile strength ระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟม ปริมาณ 0-40 phr 42

รูปที่ 4.10 ค่า % Elongation at breakระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟม ปริมาณ 0-40 phr 43

รูปที่ 4.11 ค่า Rubber modulus (M100)ระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟม ปริมาณ 0-40 phr 43

รูปที 4.12 ค่า Tear strength ระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟม ปริมาณ 0-40 phr 44

รูปที่ 4.13 ค่า Hardness (Shore A)ระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟม ปริมาณ 0-40 phr 44

รูปที่ 4.14ผลของปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำความสะอาด 46

รูปที่ 4.15 ผลของชนิดสารลดแรงตึงผิวที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำความสะอาด 46

รูปที่ 4.16 ผลต่างของความสว่าง (ΔL) กับปริมาณของสารลดแรงตึงผิวที่ 0-40 phrโดยใช้สารลดแรงตึงผิวชนิด NP6, NP9 และ NP10 47

รูปที่ 4.17ผลต่างของความสว่าง (ΔL)ระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ครั้งที่ 1 และยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ครั้งที่ 2 ใช้สารลดแรงตึงผิวชนิด NP10 ที่ 10-40 phr 47

รูปที่ 4.18ของสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางโฟมและสูตรยางตันที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความสะอาด 49

รูปที่ 4.19ผลต่างของความสว่าง (ΔL) ระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟมปริมาณ 0-40 phr 50

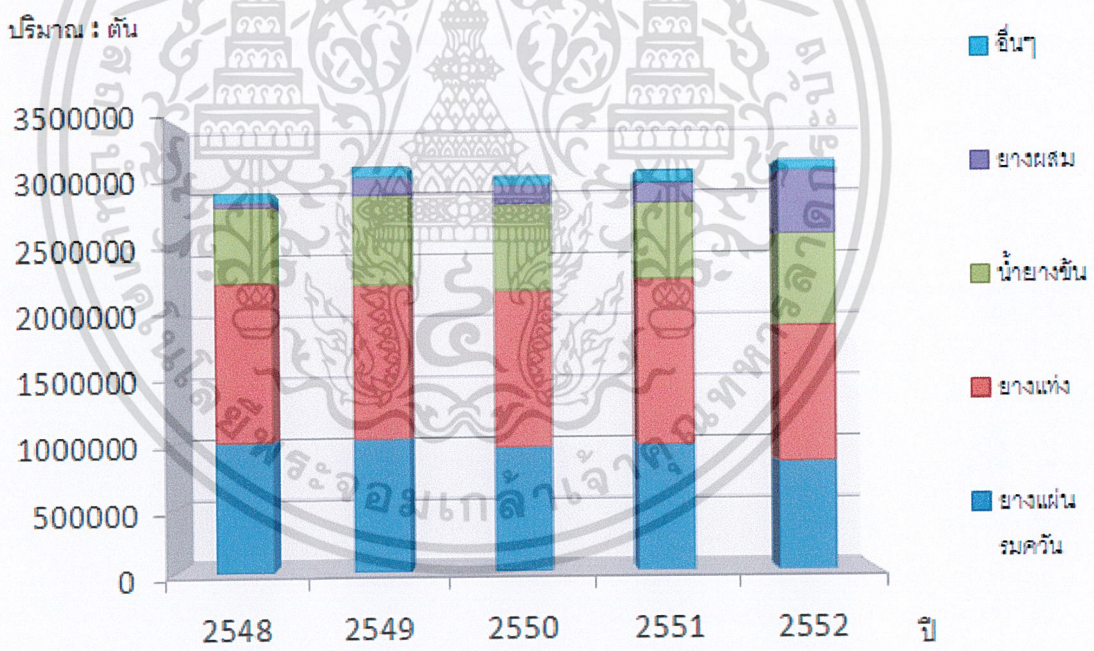
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

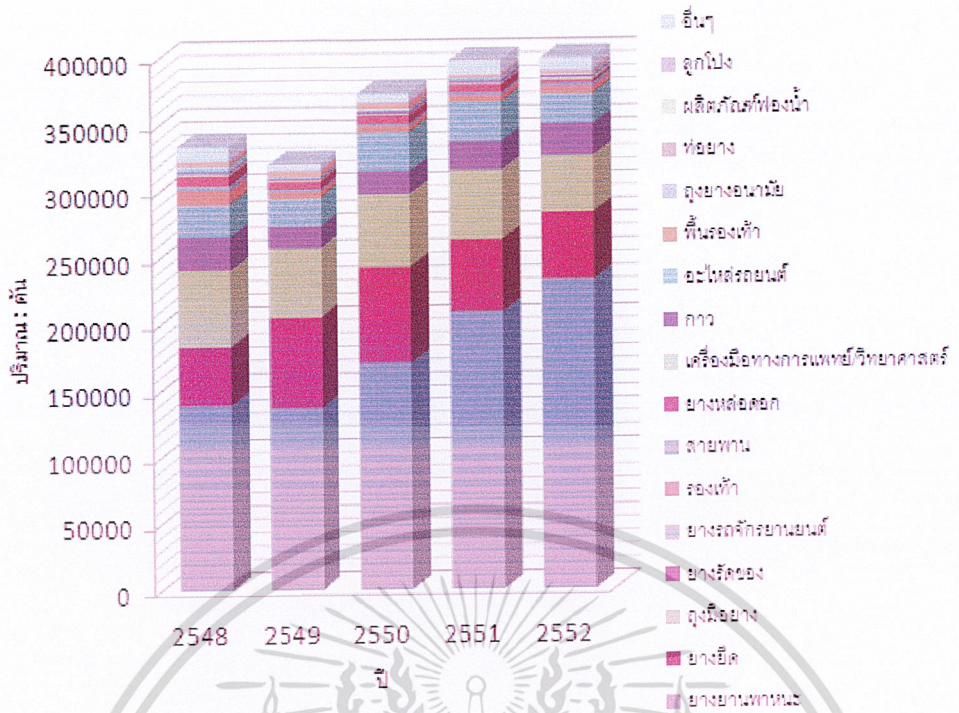
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

ในปัจจุบันมีการนำยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มากขึ้นเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของยาง โดยการผลิตยางธรรมชาติส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในทวีปเอเชีย ซึ่งมี 6 ประเทศหลัก ได้แก่ ประเทศไทย อินโดนีเซีย มาเลเซีย อินเดีย เวียดนามและจีน เป็นผู้ผลิตสำคัญที่มีผลผลิตยางธรรมชาติรวมกันร้อยละ 90 ของผลผลิตยางธรรมชาติทั่วโลก ส่วนการผลิตยางสังเคราะห์มี 6 ประเทศหลัก ได้แก่ สหรัฐอเมริกา จีน ญี่ปุ่น รัสเซีย เกาหลีใต้และเยอรมัน [1]

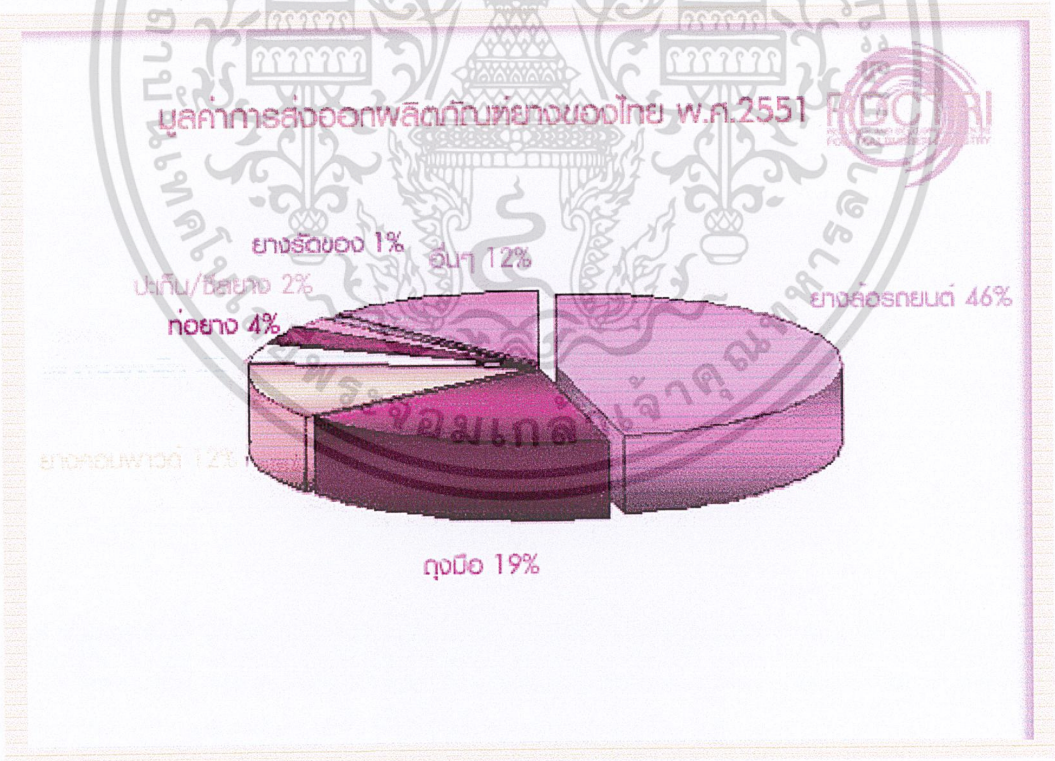


รูปที่ 1.1 ผลผลิตยางธรรมชาติของประเทศไทยแยกตามประเภท [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2ปริมาณการใช้ยางธรรมชาติของประเทศไทยแยกตามผลิตภัณฑ์ [1]



รูปที่ 1.3 มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางของประเทศไทยแยกตามประเภท [1]

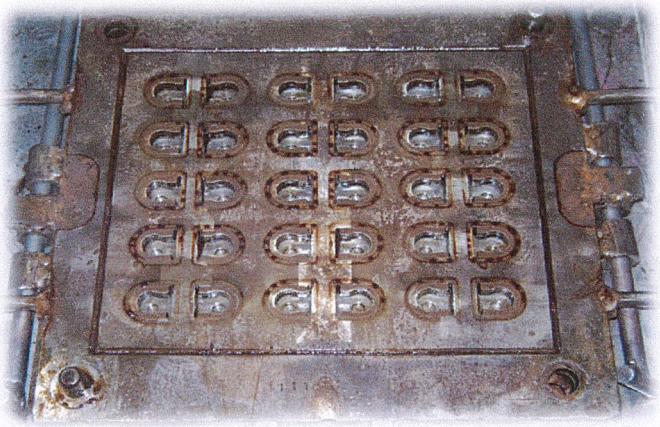
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.1 จะเห็นว่าในแต่ละปีประเทศไทยมีการใช้ยางธรรมชาติเพิ่มขึ้นเกือบทุกปี โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ ยางแผ่นรมควัน, ยางแท่งและน้ำยางข้น โดยคาดว่าในปี 2553 ปริมาณการผลิตยางธรรมชาติทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นเป็น 10.56 ล้านตัน [2]

จากเหตุผลที่กล่าวข้างต้นรวมกับความต้องการผลิตภัณฑ์ยางมากขึ้นทำให้อัตราการผลิตผลิตภัณฑ์ยางในปัจจุบันเพิ่มสูงขึ้น (รูปภาพที่ 1.2) เนื่องจากยางมีสมบัติเด่น คือ มีสมบัติการยืดหด (Elastic), ยืดหยุ่น (Flexible), เหนียว (Tough), แข็งแรง, มีการป้องกันการซึมผ่านของน้ำและก๊าซ สามารถรับแรงกดอัดได้อย่างมาก สามารถเปลี่ยนรูปร่างและกลับคืนรูปร่างได้อย่างรวดเร็วด้วยสมบัติของยางดังกล่าว ทำให้เกิดการแปรรูปยางในรูปแบบต่างๆ เช่น ถุงมือยาง, ยางรัดของ, ยางยานพาหนะ, พื้นรองเท้า ฯลฯ ซึ่งส่วนใหญ่มาจากการอัดขึ้นรูป (Compression molding), การฉีดขึ้นรูป (Injection molding) ฯลฯ เนื่องจากมีความสะดวกและรวดเร็วในกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

เนื่องจากการผลิตผลิตภัณฑ์ยางนั้นจะต้องนำยางมาทำการเชื่อมโยง (Vulcanization) ยางที่อุณหภูมิสูง (150-185 ºC) และด้วยเหตุนี้เอง การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ (Mold) ในแต่ละครั้งจึงทำให้มีสิ่งสกปรกเกิดขึ้นภายในแม่พิมพ์ เช่น คราบสีดำหรือสีน้ำตาลติดที่แม่พิมพ์เนื่องจากการไหม้ของยางหรือวัสดุที่จะทำการผสมลงในตัวยาง, การเกิดคราบสีขาวเนื่องจากสารกำมะถัน (Sulfur) เป็นต้นเมื่อนำแม่พิมพ์ที่มีสิ่งสกปรกเหล่านี้ไปทำการขึ้นรูปชิ้นงานจะทำให้เกิดรอยตำหนิหรือคราบสิ่งสกปรกติดที่ชิ้นงาน ดังรูปที่ 1.4 เกิดเป็นของเสียหรือของด้อยคุณภาพ ทำให้ไม่สามารถส่งต่อให้ผู้บริโภคได้ สิ่งนี้เองคือ ผลกระทบทางด้านการลงทุนของอุตสาหกรรม ทำให้ปัจจุบันต้องมีการทำความสะอาดแม่พิมพ์ โดยมีวิธีต่างๆ เช่นการใช้แรงงานคนในการทำความสะอาดหรือฉีดด้วยทราย แต่มีข้อเสีย คือ แม่พิมพ์ไม่สะอาดเท่าที่ควร เสียเวลามาก ต้องหยุดกระบวนการผลิต เพื่อทำความสะอาด ทำให้กระบวนการผลิตไม่ต่อเนื่อง, การจ้างบริษัททำความสะอาดแม่พิมพ์ ข้อดีคือมีการทำความสะอาดที่ดีกว่าใช้แรงคน แต่มีข้อเสียคือ ทำให้ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายสูงขึ้นและทำให้กระบวนการผลิตไม่ต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.4 คราบสิ่งสกปรกที่ติดกับแม่พิมพ์

จากปัญหาข้างต้น ทำให้มีการค้นคว้าพัฒนาสูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ (Mold Cleaning Compounds, MCCs) เพื่อเป็นการลดต้นทุน ประหยัดเวลาและมีกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่องสามารถทำความสะอาดแม่พิมพ์ได้โดยไม่ต้องหยุดกระบวนการผลิต จึงมีการร่วมมือกันระหว่างภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) กับบริษัท เอส.เค.โพลิเมอร์ จำกัด (S.K.Polymer Co., Ltd.) เพื่อวิจัยเกี่ยวกับยางทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยเป็นงานวิจัยต่อเนื่องจากโครงงานพิเศษ สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม ปีการศึกษา 2552 เรื่อง “การพัฒนาสูตรยางโฟมทำความสะอาดแม่พิมพ์ : ผลของสารเสริมการเชื่อมโยงและก๊าซที่เกิดขึ้น” โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อพัฒนาสูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยใช้สารลดแรงตึงผิว (Surfactants) เพื่อสามารถไปใช้ในอุตสาหกรรมอย่างมีคุณภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาสูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ (Mold Cleaning Compounds, MCCs) ทั้งสูตรยางโฟมและยางตันโดยเน้นการพัฒนาทางด้านประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแม่พิมพ์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยการศึกษาชนิดและปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุที่ใส่ลงไปในสูตรยางผลกระทบที่มีต่อสมบัติต่างๆของยาง เช่นลักษณะการเชื่อมโยง สมบัติเชิงกลและประสิทธิภาพการทำความสะอาดแม่พิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. พัฒนาสูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์แล้วทำการผสมยางด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two roll mill) และอัดขึ้นรูปยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป (Compression molding machine)
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติและประสิทธิภาพการทำความสะอาดแม่พิมพ์ ได้แก่
    - เปรียบเทียบประสิทธิภาพและสมบัติเชิงกลของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ทั้งสูตรยางโฟมและสูตรยางตัน ที่เพิ่มสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ คือ NP6, NP9 และ NP10 ปริมาณ 0 – 40 phr
4. นำตัวอย่างไปทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่
    - ลักษณะการเชื่อมโยง (Cure characteristics) ได้แก่ t_{s2}, t_{c90}, CRI และ M_{HF}
    - สมบัติเชิงกล เช่น ความแข็งแรงดึง (Tensile strength), เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break), มอดุลัสยาง (Rubber modulus, M100)
    - ประสิทธิภาพการทำความสะอาดแม่พิมพ์ (Mold cleaning efficiency) โดยการใช้งานจริง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบผลของการใช้สารลดแรงตึงผิวที่มีผลต่อสมบัติของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์
2. สามารถออกสูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่มีประสิทธิภาพการทำความสะอาดเพิ่มขึ้น
3. สามารถลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการทำความสะอาดแม่พิมพ์ของอุตสาหกรรมแปรรูปยางเพื่อให้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลงและมีกำลังการผลิตเพิ่มสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การทำความสะอาดแม่พิมพ์[2]

วิธีการทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้กันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมยางทำได้หลายวิธี โดยวิธีการทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่จะอ้างถึงต่อไปนี้ เป็นข้อมูลการทำความสะอาดแม่พิมพ์อย่างง่ายและใช้ทั่วไป สามารถแบ่งวิธีการทำความสะอาดแม่พิมพ์ได้ดังต่อไปนี้

2.1.1การทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยการขัด

หลักการคือ เทน้ำมันก๊าดลงบนแม่พิมพ์ที่สกปรก ทิ้งไว้ 5 นาที เพื่อให้เศษยางและคราบเคมีเก่าที่ติดบริเวณผิวแม่พิมพ์เกิดการพองตัว จากนั้นใช้โลหะเส้นแคะบริเวณที่มีคราบสกปรกฝังติดอยู่ แล้วขัดผิวหน้าของแม่พิมพ์ด้วยแผ่นขัด เช่น สก๊อตช์ไบรต์ ผลจากการทำความสะอาดพบว่าคราบเคมีและเศษยางเก่ายังออกไม่หมด สังเกตได้จากการอัดชิ้นงานในครั้งแรกหลังจากทำความสะอาด ซึ่งพบว่าชิ้นงานมีผิวไม่เรียบ แสดงให้เห็นว่าแม่พิมพ์ยังคงมีคราบเคมีและเศษยางเก่าติดค้างอยู่

2.1.2การทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยการจ้างบริษัททำความสะอาดแม่พิมพ์

พนักงานทำความสะอาดได้ใช้หินขัด (Super stone®) ขัดคราบสกปรกในร่องลึก แล้วใช้กระดาษทรายขัดบริเวณผิวหน้าผลจากการทำความสะอาดพบว่า คราบสารเคมีและเศษยางยังออกไม่หมด โดยสังเกตได้จากการอัดชิ้นงานในครั้งแรก หลังจากการทำความสะอาด พบว่าชิ้นงานมีผิวไม่เรียบ จึงต้องใช้พนักงานขัดซ้ำอีกครั้ง แต่ใช้เวลาในการทำความสะอาดน้อยกว่าการใช้พนักงานขัดเองทั้งหมด

จากวิธีการทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการทำความสะอาดต่ำ จึงได้ใช้การทำความสะอาดแม่พิมพ์ด้วยยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดที่สูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบการทำความสะอาดแม่พิมพ์วิธีต่างๆ[2]

การทำความสะอาดโดยการขัดด้วยพนักงาน	**การทำความสะอาดโดยการจ้างบริษัททำความสะอาด**	**การทำความสะอาดโดยการใช้ยางผสมสูตรทำความสะอาดแม่พิมพ์**
1. แม่พิมพ์สะอาด ยังมีคราบยางและเคมีเกาะที่ผิว	1. แม่พิมพ์ไม่สะอาดเท่าที่ควร แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้พนักงานขัด	1.แม่พิมพ์ไม่สะอาดไม่มีคราบสารเคมีเกาะที่ผิว
2. รอบในการทำความสะอาด คือ 2-3 วัน ต่อ 1 ครั้ง	2. รอบในการทำความสะอาด คือ 2-3 วัน ต่อ 1 ครั้ง	2. รอบในการทำความสะอาด คือ 4 วัน ต่อ 1 ครั้ง ครั้งละ 3 mold
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาด คือ 2-3 วันต่อ 1 ครั้ง	3. ระยะเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาดคือ 1-2 วัน ต่อ 1 ครั้ง	3. ระยะเวลาในการทำความสะอาด คือ 45 นาที ต่อ 1 ครั้ง
4. เสียเวลาในการติดตั้งแม่พิมพ์เพราะต้องเอาแม่พิมพ์ลงและต้องเอาแม่พิมพ์ติดตั้งใหม่	4. เสียเวลาในการติดตั้งแม่พิมพ์เพราะต้องเอาแม่พิมพ์ลงและต้องเอาแม่พิมพ์ติดตั้งใหม่	4. ไม่เสียเวลาในการติดตั้งแม่พิมพ์พราะไม่ต้องเอาแม่พิมพ์ลง
5. เสียเวลาในการรออุณหภูมิเพราะต้องติดตั้งเครื่องใหม่	5. เสียเวลาในการรออุณหภูมิเพราต้องติดตั้งเครื่องใหม่	5. ประหยัดเวลาในการทำความสะอาด
6. ทำให้การผลิตหยุดชะงักประมาณ 2-3 วัน หรือเท่ากับ 504 mold หรือ 1,290,240 ชิ้น	6. ทำให้การผลิตหยุดชะงักประมาณ 2-3 วัน หรือเท่ากับ 496 mold หรือ1,269,760 ชิ้น	6. ทำให้การผลิตหยุดชะงักเพียง 1 ชม. หรือ 8 mold หรือ 20,480 ชิ้น
7. ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทำความสะอาด 1 ครั้งคือ 388 - 507 บาท	7. ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทำความสะอาด 1 ครั้ง คือ 2,000 บาท	7. ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทำความสะอาด 1 ครั้ง คือ 345.75 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำความสะอาดของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์

หลักการทำความสะอาดของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ คือ ในตัวยางจะมีสารทำความสะอาดอยู่ นำยางเข้าสู่เครื่องขึ้นรูปเพื่อทำความสะอาดแม่พิมพ์ แล้วทำการให้ความร้อนพร้อมกับการให้ความดัน ยางก็จะติดกับผิวแม่พิมพ์ ส่วนสารทำความสะอาดจะระเหยแล้วไปทำปฏิกิริยากับสิ่งสกปรก ทำให้พันธะระหว่างสิ่งสกปรกกับแม่พิมพ์อ่อนแรงลง สิ่งสกปรกจึงหลุดออกมาจากแม่พิมพ์แล้วติดออกไปกับยาง แม่พิมพ์จึงมีความสะอาดขึ้นหลังจากการใช้ยางทำความแม่พิมพ์

2.2 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตยางทำความสะอาดแม่พิมพ์

2.2.1 ยางเอทธิลีนโพรพิลีนไดอีน (Ethylene-Propylene Diene M-Class Rubber, EPDM)[2,3]

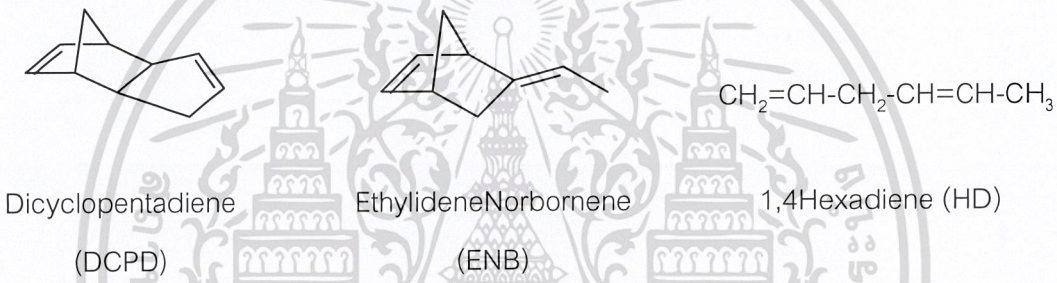
1.)โครงสร้าง การผลิต และสมบัติของยาง EPDM

เป็นที่ทราบกันดีว่าทั้งพอลิเอทธิลีน (PE) และพอลิโพรพิลีน (PP) ต่างก็มีสมบัติเป็นพลาสติกที่อุณหภูมิห้องเนื่องจากพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดดังกล่าวสามารถตกผลึกได้ง่าย แต่หากทำการป้องกันการตกผลึกของพอลิเอทธิลีนโดยการเติมพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่งลงไปในระหว่างกระบวนการพอลิเมอไรเซชันก็จะได้พอลิเมอร์ชนิดใหม่ที่มีโครงสร้างของโมเลกุลแบบอสัณฐานและมีสมบัติเป็นยางที่มีความยืดหยุ่นสูงในระยะแรกเริ่มมีการสังเคราะห์พอลิเมอร์จากการทำปฏิกิริยาโคพอลิเมอไรเซชันระหว่างมอนอเมอร์ของเอทธิลีน (Ethylene) กับโพรพิลีน (Propylene) จะได้พอลิเมอร์ที่มีลักษณะการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบอสัณฐานและมีสมบัติเป็นยางเรียกว่ายาง EPM เนื่องจากโมเลกุลของยางชนิดนี้ไม่มีส่วนที่ไม่อิ่มตัว (ไม่มีพันธะคู่) ดังนั้น ยางชนิดนี้จึงมีสมบัติในด้านความทนทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากแสงแดด ออกซิเจน ความร้อน โอโซน และสารเคมี อย่างไรก็ตาม ข้อเสียหลักของยางชนิดนี้คือไม่สามารถใช้กำมะถันในการคงรูปได้ (เพราะไม่มีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุล) การทำให้ยางคงรูปจึงต้องใช้เปอร์ออกไซด์เท่านั้น ปัจจุบันจึงได้มีการพัฒนายางชนิดใหม่โดยการเติมมอนอเมอร์ตัวที่สามคือไดอีนลงไปเล็กน้อยในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ทำให้ยางที่ได้มีส่วนที่ไม่อิ่มตัวอยู่ในสายโซ่โมเลกุลยางจึงสามารถคงรูปได้ด้วยกำมะถันและเรียกยางชนิดนี้ว่ายาง EPDMเนื่องจากไดอีนที่เติมลงไปไม่ได้ไปแทรกอยู่ในสายโซ่หลักของโมเลกุล แต่จะเกาะอยู่กับสายโซ่หลักเป็นลักษณะกิ่งก้านสาขา ด้วยเหตุนี้ แม้ว่าตำแหน่งพันธะคู่จะเกิดการแตกตัวอันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆเช่น แสงแดด ออกซิเจน โอโซน ฯลฯ แต่สายโซ่หลักยังคงเหมือนเดิมหรือได้รับผลกระทบน้อยมาก ด้วยเหตุนี้ ยาง EPDM จึงมีสมบัติเด่นในด้านการทนทานต่อความร้อน แสงแดด ออกซิเจน และโอโซนได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

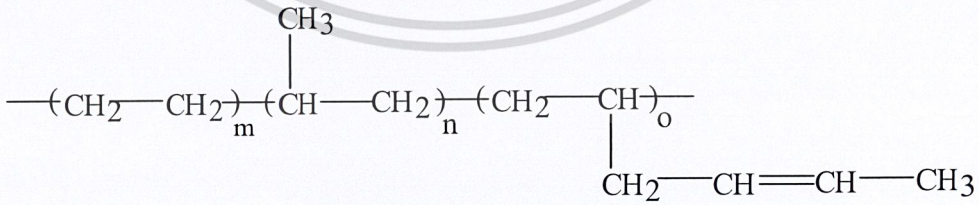
2.)การแบ่งเกรด

ยาง EPDM มีหลายเกรด แต่ละเกรดแตกต่างกันที่สัดส่วนของเอทธิลีนและโพรพิลีนรวมถึงปริมาณของไดอีน โดยทั่วไป ยางชนิดนี้จะมีเอทธิลีนอยู่ในช่วง 45-85% โมล(หรือ 40-80%โดยน้ำหนัก) แต่เกรดที่มีขายกันโดยทั่วไปจะมีปริมาณเอทธิลีนอยู่ประมาณ 50-70% โมลและมีปริมาณของไดอีนอยู่ในช่วง 3-11% โมล แม้ว่าไดอีนที่ใช้กันอย่างกว้างขวางจะมีอยู่ 3 ชนิด คือ dicyclopentadiene (DCPD),ethylidenenorbornene(ENB) และ trans-1,4-hexadiene (1,4 HD) แต่ชนิดที่ใช้กันมากที่สุดได้แก่ ENB เนื่องจากจะทำให้โมเลกุลของยางว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาวัล-คาไนเซชันหรือปฏิกิริยาคงรูปด้วยกำมะถันสูงที่สุด แม้ว่าการใช้ 1,4 HD จะทำให้ยางเกิดการคงรูปได้ช้ากว่า ENB แต่สมบัติบางประการของยางจะดีกว่า เช่น ความทนทานต่อความร้อน รวมถึงการบดผสมและการขึ้นรูปยางก็จะทำได้ง่ายกว่าเนื่องจากโมเลกุลของยางมีโครงสร้างเป็นเส้นตรง (Linear molecules) ส่วนการใช้ DCPD จะทำให้ยางเกิดการคงรูปได้ช้าที่สุด



รูปที่2.1 สูตรโครงสร้างของไดอีนที่มีอยู่ในยาง [10]

สัดส่วนของเอทธิลีนในยางและโพรพิลีนในยางก็มีผลกระทบโดยตรงต่อสมบัติของยาง กล่าวคือ ยางเกรดที่มีปริมาณเอทธิลีนสูงจะมีความแข็งแรงในสภาพที่ยังไม่คงรูปสูง แต่เมื่อปริมาณของเอทธิลีนลดลง ยางก็จะนิ่มและยืดหยุ่นมากขึ้น



รูปที่ 2.2 โครงสร้าง EPDM [2]

นอกจากจะมีการแบ่งเกรดตามชนิดและปริมาณของไดอีนและสัดส่วนของเอทธิลีนและโพรพิลีนแล้ว ยังมีการแบ่งเกรดยาง EPDM ตามความหนืด(น้ำหนักโมเลกุล) อีกด้วย โดยทั่วไปสามารถแบ่งยางตามค่าความหนืดมูนนี่ได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ยางเกรดที่มีความหนืดต่ำถึงปานกลาง (Low-medium viscosity) โดยมีค่าความหนืด ML(1+4)@100°C อยู่ในช่วง 25-60
2. ยางที่มีความหนืดปานกลางถึงสูง (Medium-high viscosity) โดยค่าความหนืด ML(1+4)@125°C อยู่ในช่วง 60-100
3. ยางเกรดที่มีความหนืดสูงมาก (Very high viscosity) โดยค่าความหนืด ML(1+4)@125°C อยู่ในช่วง 100-200

ยางเกรดที่มีความหนืดต่ำแม้ว่าจะสามารถนำไปแปรรูปได้ง่าย แต่ยางจะมีความสามารถในการรับสารตัวเติมได้ในปริมาณปานกลางเท่านั้น จึงเหมาะกับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง ส่วนยางเกรดที่มีความหนืดสูงจะมีความสามารถในการรับสารตัวเติมและน้ำมันได้ในปริมาณมาก จึงเหมาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีราคาถูก

3.)สมบัติทั่วไป

ยาง EPMและ EPDM มีค่าความหนาแน่นที่อุณหภูมิห้องค่อนข้างต่ำกว่ายางชนิดอื่นๆคือประมาณ 0.86-0.87 g/cm^3 และมีค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วประมาณ-60°C ส่วนสมบัติทางกายภาพอื่นๆแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2สมบัติทางกายภาพของยางEPDM[3]

สมบัติทางกายภาพ	
ค่าสัมประสิทธิการขยายตัวทางความร้อน (/°C)	2.2×10^{-4}
ความร้อนจำเพาะ (cal/g°C)	0.52
การแพร่ความร้อน (cm^2/s)	9.2×10^{-4}
การนำความร้อน (cal/cm.s.°C)	8.5×10^{-4}
ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (ohm.cm)	$5\text{-}10\times10^{16}$
Dielectric strength (kV/mm)	30-35
ความหนาแน่น (g/cm^3)	0.86-0.87

<u>ความยืดหยุ่น (Elasticity)</u>ยาง EPDM มีค่าความยืดหยุ่นสูงกว่ายางสังเคราะห์ชนิดอื่นๆแต่ยังต่ำกว่ายางธรรมชาติ

<u>ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength)</u>เนื่องจากการจัดเรียงตัวของมอนอเมอร์ในสายโซ่โมเลกุลเป็นแบบไม่มีรูปแบบ(Random coil) ทำให้ได้พอลิเมอร์อสัณฐาน ยางชนิดนี้จึงไม่สามารถตกผลึกได้ ส่งผลให้ยางมีค่าความทนทานต่อแรงดึงค่อนข้างต่ำและต้องอาศัยการเติมสารตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมเสริมแรงเข้าช่วยโดยค่าความทนทานต่อแรงดึงของยางที่ได้รับการเสริมแรงจะสูงหรือต่ำมากน้อยเพียงไรก็ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณสารตัวเติมที่ใช้

Compression setยาง EPDM มีค่า Compression set ต่ำมาก โดยเฉพาะในยางเกรดที่มี ENB ในปริมาณที่สูงและได้รับการคงรูปด้วยระบบเปอร์ออกไซด์หรืออาจคงรูปด้วยกำมะถันที่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความว่องไวสูงๆ แต่ว่าค่า Compression set ของยางที่คงรูปด้วยระบบเปอร์-ออกไซด์จะไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่ค่า Compression set ของยางที่คงรูปด้วยกำมะถันจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

สมบัติเชิงพลวัต(Dynamic properties)ยาง EPDM มีสมบัติเชิงพลวัตที่ดีมากและมีความต้านทานต่อการล้าตัวสูง โดยเฉพาะในยางที่ได้รับการคงรูปด้วยกำมะถันซึ่งจะมีสมบัติเชิงพลวัตใกล้เคียงกับยาง SBR

ความทนทานต่อการเสื่อมสภาพ (Aging properties)ยาง EPDM มีพันธะคู่ในโมเลกุลน้อยมาก ดังนั้น ยางชนิดนี้จึงทนต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากสภาพอากาศ ออกซิเจน โอโซน แสงแดด และความร้อนได้เป็นอย่างดี (ดีกว่ายาง SBR และ NBR แต่ด้อยกว่ายางซิลิโคน) นอกจากนี้ ยาง EPDM ยังทนต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากสารเคมี กรด และด่างได้อีกด้วย ความทนทานต่อการเสื่อมสภาพดังกล่าวขึ้นอยู่กับปริมาณของไดอีนที่มีอยู่ในโมเลกุล ยาง EPDM เกรดที่มีปริมาณไดอีนต่ำจะมีความทนทานต่อการเสื่อมสภาพสูง (จึงไม่จำเป็นต้องเติมสารป้องกันการเสื่อมสภาพ) แต่ว่าในยางเกรดที่มีปริมาณไดอีนค่อนข้างสูง อาจจำเป็นต้องเติมสารป้องกันการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากออกซิเจนและแสงแดดลงไปด้วย อย่างไรก็ตาม ยางชนิดนี้ทุกเกรดมีความทนทานต่อโอโซนดีมากจึงไม่จำเป็นต้องเติมสารป้องกันโอโซน (Antiozonants) ลงไป ส่วนระบบการคงรูปก็มีผลกระทบโดยตรงต่อความทนทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากความร้อนและโอโซนของยาง เพราะยางที่คงรูปด้วยระบบเปอร์ออกไซด์จะมีความทนทานต่อความร้อนและโอโซนสูงกว่ายางที่คงรูปด้วยระบบกำมะถัน

ความทนทานต่อน้ำมันและสารเคมี (Oil and chemical resistance)จากลักษณะโครงสร้างโมเลกุล จะเห็นว่ายาง EPM และ EPDM เป็นยางไม่มีขั้วดังนั้น ยางจึงไม่ทนต่อน้ำมันและตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว (เช่นเดียวกับยางธรรมชาติและยาง SBR) แต่จะทนต่อตัวทำละลายที่มีขั้วได้ดียางชนิดนี้จึงทนต่อกรด ด่าง น้ำ แอลกอฮอล์ น้ำมันไฮดรอลิก และตัวทำละลายที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบได้เป็นอย่างดี มีความทนทานต่อน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ได้ปานกลาง แต่ไม่ทนต่อตัวทำละลายที่มีฮาโลเจนเป็นองค์ประกอบ กรดอินทรีย์เข้มข้น ตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ตรง (Aliphatic hydrocarbon solvent) และตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนที่มีวงแหวน (Aromatic hydrocarbon solvent) เป็นต้น

ความเป็นฉนวน (Insulation)จากตารางที่ 2.2จะเห็นว่ายางชนิดนี้มีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะสูงมาก ดังนั้น ยางจึงมีความเป็นฉนวนสูงและยังสามารถรักษาสมบัติความเป็นฉนวนได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ที่อุณหภูมิสูงๆ นอกจากนี้ ยางชนิดนี้ยังดูดซึมน้ำได้น้อยมากจึงเหมาะสำหรับใช้ในการผลิตยางหุ้มสายเคเบิ้ลในกรณีที่สายเคเบิ้ลต้องสัมผัสกับน้ำเมื่อเปรียบเทียบระหว่างยาง EPM กับยาง EPDM พบว่ายาง EPM มีความเป็นฉนวนสูงกว่ายาง EDPM เล็กน้อย

การหักงอที่อุณหภูมิต่ำ (Low temperature flexibility)ยาง EPDM มีสมบัติด้านการหักงอที่อุณหภูมิต่ำได้ใกล้เคียงกับยางธรรมชาติ

อุณหภูมิของการใช้งาน (Service temperature)ยาง EPDM ที่ได้รับการคงรูปด้วยกำมะถันจะมีอุณหภูมิสูงสุดในการใช้งานต่ำกว่ายางที่ได้รับการคงรูปด้วยเปอร์ออกไซด์ โดยทั่วไป ยาง EPDM สามารถนำไปใช้งานได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ -40°C ถึง 150°Cปกติยางจะทนอุณหภูมิที่ 165°C ได้นาน 1 เดือนหรือที่ 125°Cได้นาน 1 ปี และที่100°Cได้นาน 5 ปี ทั้งนี้ สมบัติความทนทานต่อความร้อนของยางยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆด้วย เช่น การเลือกใช้ชนิดของสารป้องกันการเสื่อมสภาพ และปริมาณของไดอีนในยาง เป็นต้น

2.2.2 สารเติมแต่ง

การเชื่อมโยงยางด้วยเปอร์ออกไซด์ (Peroxide vulcanization)

1.)ชนิดของเปอร์ออกไซด์

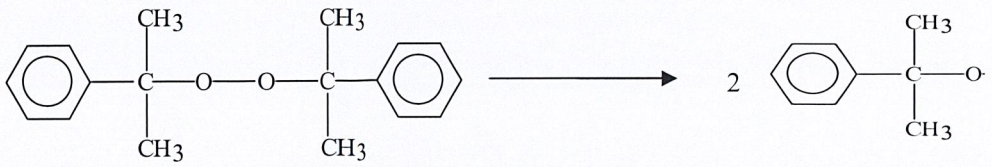
เปอร์ออกไซด์ที่ใช้เป็นสารเชื่อมโยงในยางส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ในกลุ่มไดอัลคิลเปอร์ออกไซด์ (Dialkyl peroxide) สารเปอร์ออกไซด์ที่ใช้กันมากที่สุด ได้แก่ ไดคิวมิลเปอร์ออกไซด์ (DCP) ซึ่งอาจอยู่ในรูปของแข็งหรือของเหลวที่มีความบริสุทธิ์ตั้งแต่ 90-99% แต่เนื่องจากเปอร์ออกไซด์ชนิดนี้ไปผสมกับตัวพาที่เฉื่อย (Inner carrier) เช่น แคลเซียมคาร์บอเนตหรืออาจผสมกับพอลิเมอร์บางชนิดเพื่อทำให้ได้เปอร์ออกไซด์เกรดที่มีความบริสุทธิ์อยู่เพียง 40-50%

กลไกการคงรูปด้วยเปอร์ออกไซด์

เมื่อเปอร์ออกไซด์ได้รับการกระตุ้นจากพลังงานภายนอก เช่น ความร้อน แสงแดด หรือแสงอัลตราไวโอเลต เปอร์ออกไซด์ก็จะเกิดการสลายตัวเป็นอนุมูลอิสระ ดังแสดงในสมการข้างล่าง

$$R\text{-}O\text{-}O\text{-}R \longrightarrow 2R\text{-}O^{*}$$

เช่น ไดคิวมิลเปอร์ออกไซด์ (DCP) เมื่อเกิดการสลายตัวจะได้อนุมูลอิสระของอัลคอกซี 2 ตัวดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3ลักษณะการสลายตัวของ DCP [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.)อัตราเร็วในการคงรูปด้วยเปอร์ออกไซด์

การสลายตัวของเปอร์ออกไซด์ขึ้นอยู่โดยตรงกับอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เปอร์ออกไซด์ก็จะสลายตัวเป็นอนุมูลอิสระได้เร็วขึ้น ทำให้ยางเกิดการคงรูปได้เร็ว

3.)ปริมาณการใช้เปอร์ออกไซด์

โดยทั่วไป ปริมาณของเปอร์ออกไซด์ที่แนะนำให้ใช้มักจะไม่เกิน 2.5 phrแต่ส่วนใหญ่จะใช้ในปริมาณค่อนข้างน้อย (<1 phr) เพราะการใช้เปอร์ออกไซด์ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้ยางแข็งกรอบและสูญเสียสมบัติความยืดหยุ่น อีกทั้งยังต้องประสบกับปัญหาสารเคมี (ที่เป็นผลพลอยได้จากการทำปฏิกิริยา) ตกค้างอีกด้วยระดับความหนาแน่นของการเชื่อมโยง (Crosslink density) จะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ โดยทั่วไป ระบบการคงรูปด้วยเปอร์ออกไซด์ไม่จำเป็นต้องใช้สารกระตุ้นปฏิกิริยาหรือสารตัวเร่งปฏิกิริยาเหมือนในกรณีของการคงรูปด้วยกำมะถัน แต่ระดับความหนาแน่นของการเชื่อมโยงจะสูงขึ้นอย่างมากเมื่อมีการใช้สารกระตุ้นร่วมดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว เพราะสารกระตุ้นร่วมจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องมากมายหลังจากที่เปอร์ออกไซด์เริ่มเกิดการสลายตัว ทำให้ปฏิกิริยาคงรูปเกิดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของเปอร์ออกไซด์ ยางคงรูปที่ได้จะมีค่าการยืด ณ จุดขาดต่ำลง ในขณะที่ค่าความทนทานต่อแรงดึงจะสูงขึ้นจนถึงจุดๆหนึ่งและก็จะเริ่มลดลง อุณหภูมิที่ใช้ในการอบคงรูปส่วนใหญ่จะอยู่ระหว่าง 160-190°Cอย่างไรก็ดีอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ในการคงรูปก็ขึ้นอยู่โดยตรงกับชนิดของเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ เช่น DCP มีอุณหภูมิการคงรูปสูงสุดไม่เกิน 170°Cเป็นต้น หากทำการเพิ่มระยะเวลาในการอบคงรูป (ที่อุณหภูมิคงที่) ยางคงรูปที่ได้จะมีค่าการเสียรูปหลังการกดอัดและค่าการยืดตัว ณ จุดขาดต่ำลงแต่จะมีค่ามอดุลัสที่สูงขึ้น

4.)การเก็บรักษา

เนื่องจากอัตราการสลายตัวของเปอร์ออกไซด์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาเปอร์ออกไซด์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 38°C และต้องเก็บรักษาให้ห่างจากเปลวไฟต่างๆ เพราะเปอร์ออกไซด์ติดไฟง่ายและเมื่อติดไฟแล้วก็จะดับได้ยากอีกด้วย นอกจากนี้ยังต้องระวังปัญหาเรื่องไฟฟ้าสถิตที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างขนส่งอีกด้วย

<u>ข้อดีของระบบการคงรูปด้วยเปอร์ออกไซด์</u>

ระบบการคงรูปด้วยเปอร์ออกไซด์มีข้อดีเหนือระบบการคงรูปด้วยกำมะถันหลายข้อคือ

- การคงรูปด้วยเปอร์ออกไซด์ไม่ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการบลูมของสารเคมีต่างๆ
- การใช้เปอร์ออกไซด์ในการคงรูปไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสี (No discoloration) โดยเฉพาะยางใสที่ต้องสัมผัสกับแสงอัลตราไวโอเลต (UV) โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถใช้เปอร์ออกไซด์ในการคงรูปร่วม (Co-vulcanization) ระหว่างยางกับพอลิเมอร์ชนิดอื่นๆได้ง่าย

- ยางที่ได้จากการคงรูปด้วยเปอร์ออกไซด์จะมีสมบัติการเสียรูปหลังการกดอัด (โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง) ที่ดีและมีความทนทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากความร้อนสูงกว่ายางที่ได้จากการคงรูปด้วยกำมะถัน เพราะพันธะ C-C ที่เกิดจากการคงรูปด้วยเปอร์ออกไซด์จะมีความแข็งแรงกว่าพันธะ C-S และพันธะ S-S ที่เกิดจากการคงรูปด้วยกำมะถัน ตามลำดับ (พลังงานพันธะของ C-C, C-S และ S-S มีค่าประมาณ 344, 279 และ 206 kJ/mol ตามลำดับ)

ข้อเสียของระบบการคงรูปด้วยเปอร์ออกไซด์

แม้ว่าระบบการคงรูปด้วยเปอร์ออกไซด์จะมีข้อดีหลายประการ แต่การใช้เปอร์ออกไซด์เป็นสารทำให้ยางคงรูปก็ก่อให้เกิดผลเสียหลายข้อเช่นกัน ตัวอย่างเช่น ยางคงรูปที่ได้จากการใช้เปอร์ออกไซด์บางชนิดโดยเฉพาะไดคิวมิลเปอร์ออกไซด์ (Dicumyl peroxide, DCP) อาจมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ของอะซิโตฟีโนน (Acetophenone) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำปฏิกิริยาคงรูป นอกจากข้อด้อยต่างๆที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ระบบการคงด้วยรูปเปอร์ออกไซด์ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานอยู่อีกหลายประการดังนี้

- ระบบการคงรูปด้วยเปอร์ออกไซด์ไม่เหมาะสำหรับใช้ในการคงรูปยางที่ใช้อากาศร้อน

-เนื่องจากเปอร์ออกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับสารเคมีชนิดอื่นๆที่เป็นองค์ประกอบของการผสมเคมียาง จึงอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ ดังนั้น เมื่อใช้ระบบเปอร์ออก-ไซด์ในการคงรูปยาง ผู้ออกสูตรจึงจำเป็นต้องเลือกใช้สารเคมีอื่นๆด้วยความระมัดระวัง โดยเฉพาะน้ำมัน สารทำให้ยางนิ่ม และสารป้องกันการเสื่อมสภาพ

สารทำให้เกิดฟอง (Blowing agent)

สารทำให้เกิดฟองคือสารที่มีความเสถียรที่อุณหภูมิห้อง แต่จะสลายตัวที่อุณหภูมิสูง และปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในช่วงก่อนหรือในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาคงรูป ก๊าซที่ปล่อยออกมาจะทำให้ยางมีรูพรุนหรือมีฟองกระจายอยู่ทั่วไป เรียกว่า ยางฟองน้ำ (Sponge)ซึ่งลักษณะของฟองที่เกิดขึ้นอาจเป็นเซลล์เปิด (ฟองหรือช่องว่างติดกันโดยไม่มีผนังเซลล์) แบบเซลล์ปิด (ฟองมีขนาดเล็ก บางส่วนมีผนังเซลล์และบางส่วนไม่มีผนังเซลล์) และแบบเซลล์ขนาดเล็ก (ฟองมีขนาดเล็กและมีผนังเซลล์บางๆ) สารทำให้เกิดฟองที่ดีควรมีสมบัติดังต่อไปนี้

- สามารถปลดปล่อยก๊าซออกมาได้มาก
- ไม่เป็นพิษ
- สารเคมีที่เกิดจากการสลายตัวไม่ควรมีกลิ่นเหม็น

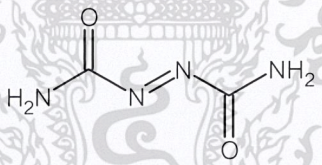
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไม่ควรทำให้ยางคงรูปเกิดการเปลี่ยนสี
- ควรกระจายตัวในยางได้ดีเพื่อทำให้ฟองเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งก้อน
- ไม่ควรมีผลต่อปฏิกิริยาคงรูปและไม่ทำให้ยางเสื่อมสภาพเร็ว
- มีช่วงอุณหภูมิของการสลายตัวอย่างเหมาะสม
- ราคาถูก

โดยทั่วไป สามารถแบ่งสารทำให้เกิดฟองออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือสารอนินทรีย์ และสารอินทรีย์ แม้ว่าสารอนินทรีย์จะมีราคาถูก แต่สารกลุ่มนี้กระจายตัวในยางได้ยากจึงทำให้ความสม่ำเสมอของขนาดและชนิดของฟองที่เกิดไม่ดี

ปัจจุบันการผลิตยางฟองน้ำจะนิยมใช้สารอินทรีย์ที่สลายตัวให้ก๊าซไนโตรเจนในการทำให้เกิดฟองมากกว่าการใช้สารอนินทรีย์ ตัวอย่างที่สำคัญของการใช้สารเคมีในกลุ่มนี้ เช่น

1.)<u>สารประกอบเอโซ (Azo compounds)</u> เช่น เอโซไดคาร์โบนาไมด์ (Azodicarbonamide, AZ)ซึ่งมีอุณภูมิการสลายตัวที่ 215 °C แต่จะเริ่มปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกมาที่อุณหภูมิประมาณ 140°Cและจะปล่อยก๊าซออกมาที่อุณหภูมิการคงรูป (160°Cหรืออาจจะสูงกว่านั้น) AZ สามารถปล่อยก๊าซได้มากถึง 190 cm^3/g ไม่เปลี่ยนสียาง และไม่ทำให้ยางมีกลิ่นอีกด้วย นอกจากนี้ เมื่อใช้ AZ คู่กับสารบางชนิดที่เรียกว่า “สารกระตุ้นหรือคิกเกอร์(Kickers)” ก็จะทำให้อุณหภูมิของการสลายตัวลดลงประมาณ 20-30°Cตัวอย่างที่สำคัญของสารกระตุ้นหรือคิกเกอร์ ได้แก่ ไกลคอลซิงค์-ออกไซด์ และเกลือของซิงค์ เป็นต้น



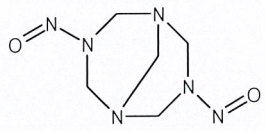
รูปที่ 2.4 AZ (Azodicarbonamide)[3]

2.)<u>สารประกอบไนโทรโซ (N-nitroso compounds)</u> เช่นไดไนโทรโซเพนทะเมทีลลีนเทท-ระมีน (N,N’-dinitrosopentamethylenetetramine, DNPT) ซึ่งจะเริ่มสลายตัวให้ก๊าซไนโตรเจนที่อุณหภูมิประมาณ 120-125°Cเนื่องจาก DNPT สามารถปล่อยก๊าซได้สูงถึง 260 cm^3/g (ที่ความเข้มข้นของ DNPT 80%) การใช้สารทำให้เกิดฟองชนิดนี้จึงช่วยลดต้นทุนการผลิตและใช้กันมากในการผลิตพื้นรองเท้าที่มีรูพรุน (Porous soles)

ปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาในการใช้สารทำให้เกิดฟองคือความหนืดของยางคอมปาวด์ เพราะการเกิดฟองจะเกิดขึ้นได้ยากหากยางมีความหนืดสูงไป ดังนั้นจึงต้องปรับความหนืดของยางให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม สำหรับยางธรรมชาติ ควรทำการปรับลดความหนืดของยางด้วยกระบวนการบดยางหรือมาสติเคชัน (อาจใช้เพปไทเซอร์เข้าช่วย) จนได้ยางที่มีความหนืดมูนนี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 15-30 หน่วยก่อนที่จะเริ่มการผสมเคมี โดยปกติผู้ออกสูตรเคมียางจะใช้สารทำให้เกิดฟองชนิดที่ให้ก๊าซไนโตรเจนในปริมาณที่ไม่เกิน 6 phr



รูปที่ 2.5 DNPT (3,7-Di-N-nitrosopentamethylenetetramine) [3]

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบการใช้งานของสารทำให้เกิดฟอง[10]

	BSH	Benzene-1,3-disulfohydrate	DNPT	AZ
Blowing Process				
Sponge Rubber	ดีมาก	ดี	ใช้ได้	ไม่ดี
Slipper Soles	ดีมาก	ดีมาก	ใช้ได้	ไม่ดี
Closed Cell Sponge Rubber	ดีมาก	ดี	ใช้ได้	ใช้ได้-ดี
Closed Cell Sponge Rubber	ใช้ได้	ดี	ดีมาก	ดีมาก
Expansion Process				
Soft Micro Cellular Rubber	ดีมาก	ดี	ดีมาก	ดีมาก
Porous Soles	ดีมาก	ดี	ดีมาก	ดี
Soft Micro Cellular Rubber	ใช้ได้	ดีมาก	ดีมาก	ดี
Cellular Ebonite	ดีมาก	ดี	ดี	ใช้ได้
ขนาดของฟองหรือรูพรุน	เล็กมาก จนถึงมองไม่เห็น	สามารถมองเห็นได้	เล็กมาก จนถึงมองไม่เห็น	เล็กมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

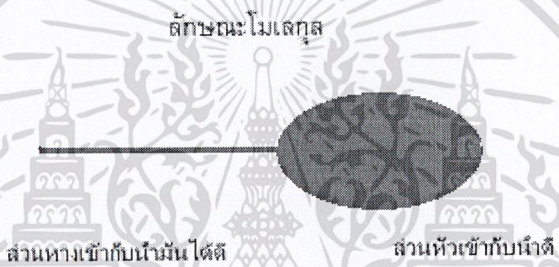
สารที่ใช้ในการทำความสะอาดแม่พิมพ์ (Cleaning agents)

สารทำความสะอาด เป็นสารที่ใช้กำจัดสิ่งสกปรกออกจากแม่พิมพ์ โดยมีสมบัติดังนี้

- สามารถกำจัดสิ่งสกปรกประเภทสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่นยางออกได้ดี
- ไม่ทำปฏิกิริยาหรือ กัดกร่อนวัสดุที่ใช้เป็นแม่พิมพ์ เช่น เหล็ก และสแตนเลส
- สามารถเข้ากันได้กับยางผสมสูตรได้ดี
- สลายตัวเป็นก๊าซทำความสะอาดที่อุณหภูมิขึ้นรูปหรือเชื่อมโยงยาง (150-180 °C)

สารลดแรงตึงผิว[4]

สารลดแรงตึงผิว(Surfactant) คือ สารที่มีลักษณะโมเลกุลประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนหัวที่สามารถรวมกับน้ำได้ดีและส่วนหางที่ไม่รวมกับน้ำแต่สามารถละลายกับน้ำมันได้ดี



รูปที่ 2.6ลักษณะโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว[4]

สารลดแรงตึงผิวเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวโดยส่วนหัวซึ่งเข้ากับน้ำได้ดีจะแสดงประจุและบ่งบอกสมบัติ ของสารนั้นๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดดังนี้

1.)สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ (Anionic Surfactant)

สารนี้เมื่อละลายน้ำแล้วจะแตกตัวและส่วนหัวจะมีประจุเป็นลบสารจำพวกนี้ถูกนำมา ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดต่างๆเช่นน้ำยาล้างจานผงซักฟอกตลอดจนผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น แชมพู ครีมอาบน้ำและอื่นๆทั้งนี้เพราะมีสมบัติในการทำความสะอาดดีมีฟองมาก และละลายน้ำได้ดีขั้นตอนในการทำความสะอาด คือส่วนหางที่เข้ากับน้ำมันได้ดี จะช่วยกันจับคราบน้ำมันหรือสิ่งสกปรกซึ่งเกาะติดกับพื้นผิวหรือเส้นผมไว้ ในขณะที่ส่วนหัวจะรวมตัวกับน้ำและดึงสิ่งสกปรกให้หลุดออกน้ำและแขวนลอยอยู่ในน้ำและไม่กลับเข้าไปติดพื้นผิวนั้นๆอีก

2.) สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก (Cationic Surfactant)

สารในกลุ่มนี้เมื่อละลายน้ำแล้วส่วนหัวจะมีประจุบวก นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยใช้เคลือบผ้า เพื่อให้ความลื่น และป้องกันไฟฟ้าสถิต สารจำพวกนี้ไม่มีความสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

117287

ในการทำความสะอาด และไม่มีฟอง แต่สามารถเกาะเส้นผม และพื้นผิวได้ดี ให้ความลื่นจึงนิยมนำมาใช้ในครีมนวดผม หรือปรับผ้านุ่ม สารตัวอย่างในกลุ่มนี้ที่ใช้ในครีมนวดผม ได้แก่ Dyhyquat AC, Rinse compound เป็นต้น

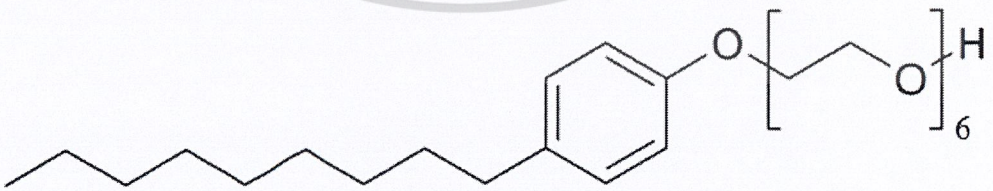
3.)สารลดแรงตึงผิวชนิดที่มีทั้งสองประจุ (Amphoteric Surfactant)

สารกลุ่มนี้มีทั้งประจุบวกและลบอยู่ในโมเลกุลเดียวกัน เมื่อละลายน้ำจะแสดงประจุใดขึ้นอยู่กับสภาพ แวดล้อม โดยถ้าสภาพแวดล้อมเป็นกรดก็จะแสดงประจุบวก ถ้าสภาพแวดล้อมเป็นด่างก็จะแสดงประจุลบ สมบัติหลักของสารกลุ่มนี้คือ สามารถทนน้ำกระด้าง อ่อนละมุนต่อผิว สามารถเข้ากับSLES, SLS ได้ดี เมื่อใช้ร่วมกันจะทำให้สามารถทำให้ข้นได้ง่ายขึ้น มีสมบัติการเกิดป้องกันไฟฟ้าสถิต และให้ความนุ่มได้ ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ได้แก่ สารกลุ่ม Betaine เช่น Miratаine BET C 30, Dehyton K นิยมใช้ร่วมกับ SLES -2EO ในผลิตภัณฑ์แชมพู นอกจากนี้ยังมีกลุ่มAmphoacetateเช่น Miranol LC 32สารกลุ่มนี้ใช้ได้ดีกับผลิตภัณฑ์จำพวกสบู่ ครีมอาบน้ำ โดยช่วยให้ฟองสบู่ที่ได้นุ่ม และละเอียดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ยังให้ความอ่อนนุ่มแก่ผิว โดยช่วยให้ผิวไม่แห้งตึงหลังอาบน้ำหรือล้างหน้า

4.)สารลดแรงตึงผิวชนิดที่ไม่มีประจุ (Nonionic Surfactant)

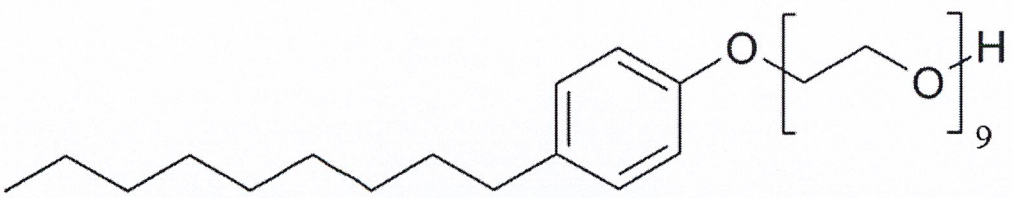
สารชนิดนี้เมื่อละลายน้ำแล้วจะไม่แตกตัวจึงไม่มีประจุ คุณสมบัติของสารกลุ่มนี้จะแตกต่างกันไป ตั้งแต่ละลายน้ำได้จนไม่ละลายน้ำ สารที่ไม่ละลายน้ำมักใช้เป็นตัวดับฟอง และ emulsifier ส่วนสารที่ละลายน้ำมักใช้เป็นสารทำความสะอาด แต่เนื่องจากมีฟองน้อยจึงมักใช้คู่กับ LAS หรือ Anionic Surfactant อื่นๆ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารนี้ได้แก่ ผงซักฟอก สารขจัดคราบฝังแน่น ตัวอย่างสาร ในกลุ่มนี้ได้แก่ Nonylphenol

ในงานวิจัยนี้สารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในสูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดที่ไม่มีประจุ(Nonionic Surfactant)ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.7-2.9

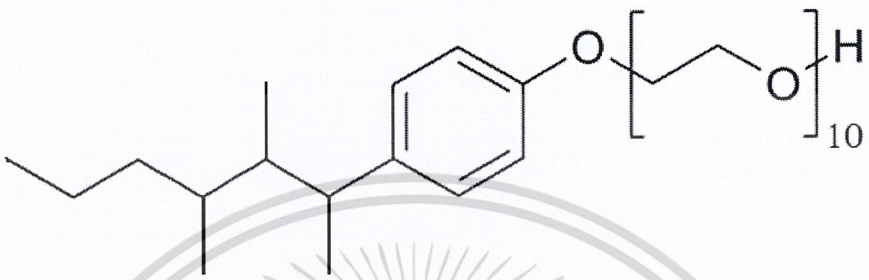


รูปที่ 2.7สูตร โครงสร้าง Nonylphenoxy (polyethyleneoxy) ethanol(NP6) [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8สูตรโครงสร้างEtoxylatedNonylphenol(NP9)[20]



รูปที่ 2.9สูตรโครงสร้าง EtoxylatedNonylphenol(NP10) [6]

สารกระตุ้นหรือคิกเกอร์ (Activator หรือ Kicker)

เป็นสารเคมีที่เติมลงไปเพื่อลดอุณหภูมิสลายตัว (Decomposition temperature, T_d) ของสารให้ฟอง การใช้คิกเกอร์ผสมสารให้ฟองในอัตราส่วนที่เหมาะสม (เช่นที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักสารให้ฟองต่อคิกเกอร์ 1:1) ทำให้อุณหภูมิขึ้นรูปโฟมต่ำลง ประหยัดพลังงาน และลดการเสี่ยงต่อการเสียสภาพหรือการไหม้ เช่น การใช้คิกเกอร์ (Urea ผสม AZ ในอัตราส่วน 1:1) ทำให้อุณหภูมิการสลายตัวของ AZ ลดจาก 200-220°C เหลือ 160-165°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปโฟม และเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงด้วยสารเชื่อมโยงเปอร์ออกไซด์ เช่น DCP

สารเสริมการเชื่อมโยง (Co-agent)[13,14,15]

เป็นโมเลกุลสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันหลายหมู่รวมกัน มีความว่องไวสูงต่ออนุมูลอิสระจะเป็นส่วนที่ช่วยทำให้การเชื่อมโยงด้วยเปอร์ออกไซด์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น Co-agentsส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของ เมลลาอิมิด (Maleimide) และ อะครีลิก(Allylic)การเกิดปฏิกิริยาของเปอร์-ออกไซด์นั้นอาจเกิดได้ไม่สมบูรณ์ จำเป็นต้องมี Co-agents เป็นสารที่ทำหน้าที่เพิ่มอัตราเร็วและเสริมประสิทธิภาพร่วมในการเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงด้วยเปอร์ออกไซด์ [15]

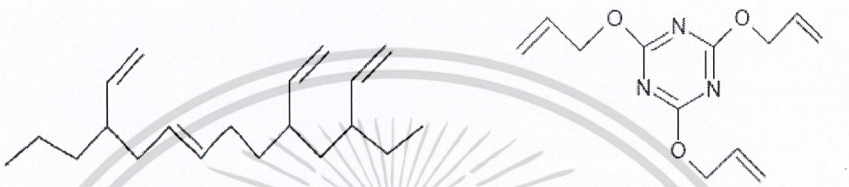
ประเภทของ Co-agents

สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับเปอร์ออกไซด์ ซึ่งได้แก่ ปฏิกิริยาแบบเติม(Addition reaction) และ ปฏิกิริยาการดึงไฮโดรเจน (Hydrogen abstractionreactions) ได้เป็น2ประเภทโครงสร้างแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

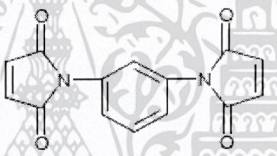
- Type I เกิดปฏิกิริยาได้ทั้งปฏิกิริยาแบบเติม(Addition reaction) และ ปฏิกิริยาการดึงไฮโดรเจน (Hydrogen abstractionreactions)มีมวลโมเลกุลต่ำ จะเข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ หรือตำแหน่งที่มีความว่องไว จะทำให้เวลาก่อนการเชื่อมโยง (Scorch time) เกิดเร็ว Co-agents กลุ่มนี้ ได้แก่ อะคริเลต (Acrylate), เมทาคริเลต (Methacrylate), เกลือของซิงค์(Zinc salt)

- Type II เกิดปฏิกิริยาแบบเติม(Addition reaction) ได้เพียงอย่างเดียว สามารถใช้ได้กับยางที่มีขั้วต่ำ เข้ากันได้กับอิลาสโตเมอร์หลายประเภท Co-agents ในกลุ่มนี้ไม่ทำให้อัตราการเชื่อมโยงในเปอร์ออกไซด์เร็วขึ้น แต่จะทำให้ประสิทธิภาพการเชื่อมโยงสมบูรณ์เท่านั้น ซึ่งได้แก่ ไซยานูเรต (Cyanurate), ไอโซไซยานูเรต (Isocyanurate)



1,2-polybutadiene (1,2-BR)

Triallylcyanurate (TAC)



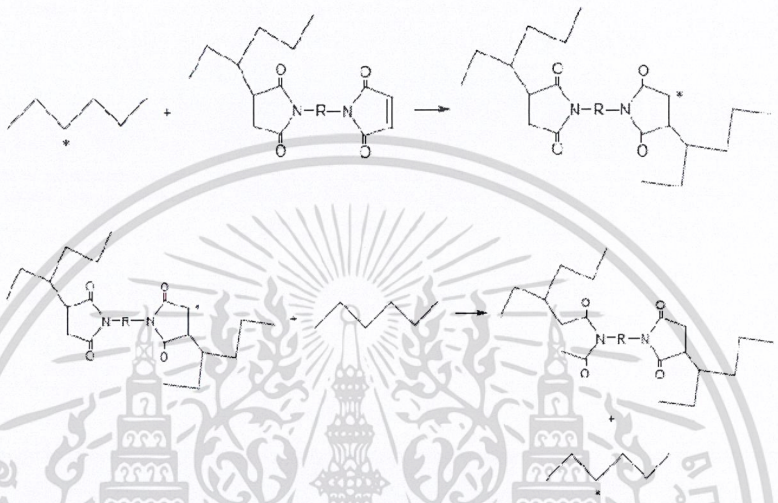
N,N'-m-phenylenedimaleimide (BMI-MP)

รูปที่2.10โครงสร้างของCo-agents บางชนิด[16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

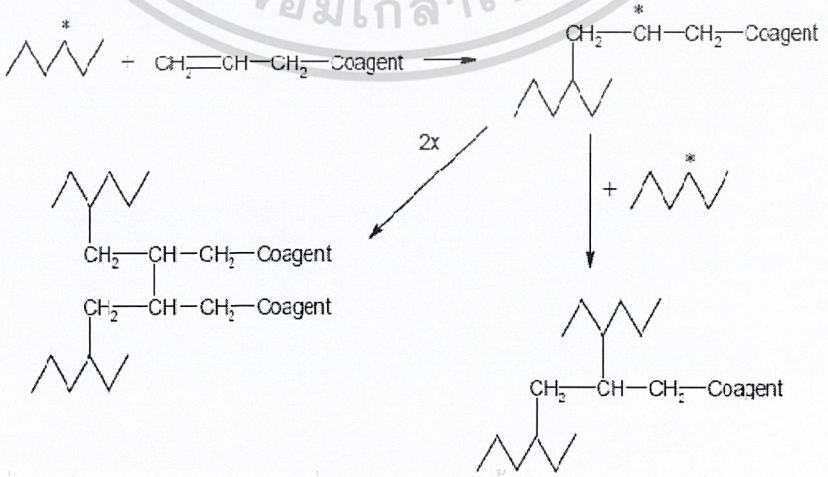
<u>กลไกการเชื่อมโยงด้วย Co-agent</u>

กลไกการเชื่อมโยงด้วยCo-agent ชนิด Type I ปฏิกิริยาเกิดขึ้นในขณะเกิดการเชื่อมโยง แสดงดังรูปที่ 2.11อนุมูลอิสระของเปอร์ออกไซด์ รวมตัว Co-agent เกิดการเคลื่อนย้ายสายโซ่และรวมตัวกับอนุมูลอิสระเกิดการเชื่อมโยงกับพันธะคู่ในยางนอกจากอนุมูลอิสระจะเข้าทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่ในยางไม่อิ่มตัวแล้ว อนุมูลอิสระยังเข้าจับไฮโดรเจนในตำแหน่งที่เกิดปฏิกิริยาง่ายเช่นเดียวกับการเชื่อมโยงด้วย เปอร์ออกไซด์



รูปที่ 2.11กลไกการเชื่อมโยงด้วย Co-agent ชนิด Type I

กลไกการเชื่อมโยงด้วยCo-agent ชนิด Type II สามารถทำปฏิกิริยากับพันธะคู่บนสายโซ่เกิดเป็นพอลิเมอร์ที่มีอนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว (Polymer radicals หรือ Macro radicals) เกิดการตัดสายโซ่ (Chain scission) เกิดการเคลื่อนย้ายสายโซ่ จากนั้นจึงจะเกิดการรวมตัวเกิดเป็นพันธะเชื่อมโยงเช่นเดียวกันกับ Co-agent ชนิด Type Iแสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12กลไกการเชื่อมโยงด้วย Co-agent ชนิด Type II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์เมื่อใช้สารเสริมการเชื่อมโยง

- สามารถใช้กับยางชนิดที่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัว
- มีเสถียรภาพทางความร้อน (Heat stability) สูง
- ความต้านทานต่อแรงอัด (Compression set) สูง
- ความสามารถในการกระเด้งตัว (Resilience) สูง
- ไม่เกิดการเลอะสี(Discoloration)
- ยางคงรูปที่ได้จะมีค่าความแข็ง (Hardness),มอดุลัส(Modulus)และความต้านทานต่อการดึง (Tensile strength) สูงมาก
- ทำหน้าที่เป็น พลาสติไซเซอร์ (Plasticizer) เพิ่มความนิ่มให้กับยางและยังช่วยลดความหนืด ทำให้ขึ้นรูปได้ง่ายขึ้น

ข้อเสีย

- ค่าใช้จ่ายสูง
- พื้นผิวของยางผสมสูตรอาจเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน

2.2.3 ยางคอมปาวด์

ยางคอมปาวด์ คือ ยางที่ผสมสารเคมีต่างๆ เช่น สารทำให้ยางคงรูป สารช่วยในกระบวนการผลิต เป็นต้น พร้อมที่จะนำไปข้อรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ยางคอมปาวด์ทำความสะอาดแม่พิมพ์มีลักษณะสำคัญที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

- สามารถเก็บสารที่ใช้ทำความสะอาดได้ เนื่องจากส่วนประกอบที่สำคัญของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ คือสารที่ใช้ทำความสะอาด ซึ่งจะทำงานได้เมื่อยางเกิดการเชื่อมโยง ดังนั้นยางทำความสะอาดแม่พิมพ์นี้ต้องสามารถเก็บสารที่ใช้ทำความสะอาดไว้ได้จนถึงยางเกิดการเชื่อมโยง
- มีสมบัติเชิงกลที่ดี สามารถดึงออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย เช่น ความแข็งแรงดึง ความแข็งแรงฉีกขาด เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด และ มอดุลัส เนื่องจากแม่พิมพ์มีลักษณะที่ซับซ้อน
- มีประสิทธิภาพการทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ดี และไม่กัดกร่อนแม่พิมพ์
- ยางต้องมีสีขาว เพื่อให้เห็นคราบสิ่งสกปรกที่ติดออกมากับยางได้อย่างชัดเจน
- อุณหภูมิสลายตัวของสารให้ฟองต้องต่ำกว่าหรือใกล้เคียงที่ยางเกิดการเชื่อมโยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขนิษฐา ศรีประทุม และมนต์สุดา บุรารักษ์ [7] เสนอโครงงานพิเศษเรื่อง การศึกษายางทำความสะอาดแม่พิมพ์สำหรับงานอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม สจล. ปีการศึกษา 2546 งานวิจัยนี้ใช้ยางอีพีดีเอ็ม เป็นยางหลัก ซึ่งศึกษาถึงชนิดและปริมาณของสารตัวเติม ได้แก่ ละอองซิลิกา (Fumed silica) และซีโอไลต์โซเดียมเอ (Zeolite Na-A) ปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์ที่เหมาะสม จากผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ พบว่าปริมาณซิลิกาที่เหมาะสมเท่ากับ 40 phrให้สมบัติเชิงที่ดี ส่วนซีโอไลต์โซเดียมเอ เป็นสารตัวเติมที่ไม่เสริมแรงจะเพิ่มเนื้อเพียงอย่างเดียวและเมื่อเพิ่มปริมาณซีโอไลต์ทำให้สมบัติเชิงกลลดลงการปรับปรุงความขาวของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ สามารถทำได้โดย TiO_2จากการทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ TiO_2ยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ได้จะมีสีขาวมากขึ้น แต่สมบัติเชิงกลลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจาก TiO_2เป็นสารตัวเติมที่ไม่เสริมแรง ดังนั้นปริมาณ TiO_2ที่เหมาะสมเท่ากับ 2 phrเนื่องจากมีความแข็งแรงเพียงพอและไม่ทำให้สมบัติเชิงกลด้อยลงมากนัก

ณัฐณิชา เฮงประการ และมลศิริ ชีประวัติชัย [8] เสนอโครงงานพิเศษเรื่อง การปรับปรุงสมบัติการล้างแม่พิมพ์สำหรับงานอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม สจล. ปีการศึกษา 2547 งานวิจัยนี้ใช้ยางอีพีดีเอ็ม เป็นยางหลัก ซึ่งศึกษาสมบัติสารตัวเติมโดยเปรียบเทียบระหว่าง Hi-sil®233 ซึ่งมีขนาดอนุภาคใหญ่ที่สุดHi-sil®HOAและ Hi-sil®255 ซึ่งมีขนาดอนุภาคเล็กลงตามลำดับ พบว่ายางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ Hi-sil®255 เป็นสารตัวเติมที่มีค่าความแข็งแรงฉีกขาดมากที่สุด ซึ่งความแข็งแรงฉีกขาดนี้เป็นสมบัติเชิงกลที่สำคัญ เพราะส่งผลต่อความสามารถในการดึงยางออกจากแม่พิมพ์หลังการทำความสะอาด

นพรัตน์ ศิริแก้วกาญจน์ และคณะ [9] เสนอโครงงานพิเศษเรื่อง การพัฒนาสูตรยางเพื่อลดต้นทุนยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม สจล. ปีการศึกษา 2548 งานวิจัยนี้ใช้ยางอีพีดีเอ็มเป็นยางหลัก โดยสารประกอบเอมีน เป็นสารทำความสะอาดที่มีประสิทธิภาพการทำความสะอาดใกล้เคียงกับสารประกอบแอลกอฮอล์ ซึ่งถูกใช้เป็นสารทำความสะอาดเดิม แม้ว่าการใช้สารประกอบเอมีน เป็นสารทำความสะอาดจะทำให้สมบัติเชิงกลที่สำคัญต่อการนำยางออกจากแม่พิมพ์ ได้แก่ ความแข็งแรงดึงและความแข็งแรงฉีกขาดลดลงเมื่อเทียบกับการใช้สารประกอบแอลกอฮอล์ได้ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณสารทำความสะอาดในสูตรยางมีข้อดีคือประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสูงขึ้น และจำนวนครั้งที่ใช้ทำความสะอาดลดลง แต่มีข้อเสียคือทำให้สมบัติเชิงกลที่สำคัญต่อการนำยางออกจากแม่พิมพ์ลดลงและยากต่อการผสมเพราะไม่สามารถใส่ของเหลวจำนวนมากในยางได้ จุดเหมาะสมสำหรับปริมาณสารประกอบเอมีน ในสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยางอยู่ที่ 30 phrเพราะเป็นปริมาณสูงสุดที่สามารถผสมลงในยางได้ มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสูงสุดเมื่อเทียบกับการใส่ในปริมาณที่น้อยกว่าและสมบัติเชิงกลยังเพียงพอต่อการนำออกจากแม่พิมพ์

ปิยะ ดอกรัก และคณะ [10] เสนอโครงงานพิเศษเรื่อง การพัฒนาสูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ชนิดโฟม ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม สจล. ปีการศึกษา 2549 งานวิจัยนี้ใช้ ยางอีพีดีเอ็มเป็นยางหลัก โดยศึกษาชนิดและปริมาณสารให้ฟอง 2 ชนิด ได้แก่ AZ (Azodicarbonamide) และ DNPT (3,7-Di-N-nitrosopentamethylene-tetramine) ซึ่งใช้ร่วมกับคิกเกอร์ (Kicker) สารประกอบยูเรีย ช่วยในการทำงานของสารให้ฟอง และมีสารประกอบเอมีนเป็นสารทำความสะอาด สารให้ฟองที่มีความเหมาะสม คือ DNPT 2 phrแต่สมบัติเชิงกลของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ชนิดโฟมจะลดลง เนื่องจากรูพรุนที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดรอยตำหนิในชิ้นงานนอกจากนี้ยังพบว่าใช้จำนวนยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ในการทำความสะอาดลดลงเหลือ 4 ครั้ง ต่างจากยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ไม่ได้ใส่สารให้ฟองซึ่งต้องใช้จำนวนทำความสะอาดมากกว่า 7 ครั้ง คาดว่าเนื่องจากก๊าซที่เกิดขึ้นช่วยนำพาสารทำความสะอาดออกจากยางทำให้ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดเทียบต่อจำนวนครั้งดีขึ้น

ชนิตา สังขปรีชา และ สุมิตรา เซี่ยงจง [11] เสนอโครงงานพิเศษเรื่อง การพัฒนาสูตรยางโฟมทำความสะอาดแม่พิมพ์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม สจล. ปีการศึกษา 2551 งานวิจัยนี้ใช้ยางเอทธิลีนโพรพิลีน(Ethylene-propylene diene polymer ; EPDM) เกรด EPT 3072E เป็นวัตถุดิบหลัก โดยจะเน้นศึกษาปัจจัยบางประการและประสิทธิภาพการทำความสะอาดแม่พิมพ์ ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ผลของสารทำความสะอาด (สารประกอบเอมีนกับสารประกอบแอลกอฮอล์) , ผลของชนิดสารให้ฟอง (AZ กับ DNPT) , ปริมาณสารให้ฟอง (0-7 phr) ปริมาณสารตัวเติมซิลิกา (40-50 phr) และปริมาณสารเชื่อมโยง DCP (3-5 phr) โดยทำการผสมยาง EPDM กับสารเติมแต่งต่างๆด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) แล้วนำไปทดสอบลักษณะการเชื่อมโยง (Cure characteristic) จากนั้นนำยางไปทดสอบสมบัติเชิงกลและทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดกับแม่พิมพ์ที่สกปรก จากการเปรียบเทียบชนิดของสารทำความสะอาดและชนิดของสารให้ฟอง พบว่าสารทำความสะอาดประเภทสารประกอบแอลกอฮอล์ และสารให้ฟองชนิด DNPT มีความสามารถในการทำความสะอาดดีกว่า จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารให้ฟองพบว่าเมื่อใช้สารให้ฟอง ทำให้ประสิทธิภาพการทำความสะอาดของแม่พิมพ์ที่ดีขึ้น แต่ทำให้สมบัติเชิงกล (ได้แก่ ความแข็งแรงดึง และ เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด) ต่ำลง ยิ่งใช้สารให้ฟองปริมาณมากขึ้นยิ่งทำให้สมบัติเชิงกลต่ำลง จากการศึกษาสามารถสรุปสูตรที่เหมาะสม คือใช้สารให้ฟอง คือ DNPT 5 phrปริมาณสารเชื่อมโยง DCP 3 phrและปริมาณซิลิกา คือ 50 phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติพงษ์ เรืองวัฒนานนท์และคณะ [12] เสนอโครงงานพิเศษเรื่อง การพัฒนาสูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์: ผลของสารเสริมการเชื่อมโยงและก๊าซที่เกิดขึ้น ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม สจล. ปีการศึกษา 2552 งานวิจัยนี้ใช้ยางเอทธิลีนโพรพิลีน (Ethylene-propylene diene polymer ; EPDM) เกรด EPT 3072E เป็นวัตถุดิบหลักโดยโดยเน้นการพัฒนาทางด้านประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแม่พิมพ์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยการใส่สารเสริมการเชื่อมโยง (Co-agent) พร้อมทั้งเปรียบเทียบสมบัติของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใส่สารให้ฟองและไม่ใส่สารให้ฟอง, ก๊าซที่เกิดขึ้นระหว่างการทำความสะอาดแม่พิมพ์ โดยสารเสริมการเชื่อมโยงไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแม่พิมพ์แต่จะช่วยลดเวลาในการเชื่อมโยงของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ จากการศึกษาผลของสารเสริมการเชื่อมโยง ที่ปริมาณ 1, 2 และ 3 phrพบว่าผลของสารเสริมการเชื่อมโยงที่ 1, 2 และ 3 phrที่อุณหภูมิ 180 °C จะใช้เวลาในการเชื่อมโยงใกล้เคียงกัน ดังนั้นการใส่สารเสริมการเชื่อมโยงปริมาณเพียงเล็กน้อย(1phr) ก็สามารถเพิ่มระยะเวลาในการเชื่อมโยงได้ส่วนยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใส่สารให้ฟองจะมีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ดีกว่ายางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ไม่ใส่สารให้ฟองแต่จะมีสมบัติเชิงกลที่ด้อยกว่ายางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ไม่ใส่สารให้ฟองและจากการศึกษาก๊าซที่เกิดขึ้นระหว่างการทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ไม่ผสมสารให้ฟองจะมีการปลดปล่อย5-Hexyltetrahydro-2-furanoneN-tert-Butylmethylamine, 1-Limonene และ 2H-Pyran-2-methanol ส่วนยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ผสมสารให้ฟองจะมีการปลดปล่อย 1-phenyl-2-propanone ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 แผนการดำเนินการ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยต่อเนื่องจากโครงงานพิเศษสาขาเคมีอุตสาหกรรม ปีการศึกษา 2552 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สจล. เป็นการปรับปรุงสูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ สำหรับงานอุตสาหกรรม โดยเน้นการพัฒนาทางด้านประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแม่พิมพ์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยการปรับเปลี่ยนชนิดและปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ ได้แก่โนนิลฟีนอล (Nonylphenol) เกรด NP6, NP9, และNP10 ปริมาณ 0-40 phr ที่ใส่ลงไปในสูตรยางทั้งสูตรยางโฟมและสูตรยางตัน และทำการศึกษาผลกระทบของการใช้ยางทำความสะอาดแม่พิมพ์มีขั้นตอนในการทำงานวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การศึกษาชนิดและปริมาณสารลดแรงตึงผิว NP6, NP9, และNP10 ปริมาณ 0-40 phr ที่มีผลต่อสมบัติของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยใช้สารทำความสะอาดแอลกอฮอล์
3. ศึกษาผลของสารลดแรงตึงผิวสูตรยางโฟมและยางตัน(ไม่ใส่สารให้ฟอง)
4. ทดสอบสมบัติของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่เตรียมได้
   4.1 การทดสอบการเชื่อมโยงตามมาตรฐาน ASTM D2084
   4.2 การทดสอบสมบัติเชิงกล
   - การทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile test) ตามมาตรฐาน ASTM D412
   - การทดสอบความแข็งแรงฉีกขาด (Tear Test) ตามมาตรฐาน ASTM D624
   - การทดสอบความแข็งกด (Hardness Test) ตามมาตรฐาน ASTM D 2240

   4.3 การทดสอบสมบัติการทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สารเคมี

1. Compound A rubber

No.	Material
1.	EPDM 3072E บริษัท Mitsui Chemical Company (Mooney Viscosity ML (1+4) 125 ºC 51)
2.	ZnO (RA) เกรดการค้า บริษัท Global Chemical Co.,Ltd.
3.	Hisil 255G ซิลิกาชนิดตกตะกอน (Precipitated silica) เกรดการค้า
4.	Polyethylene glycol A16011 Cabowax 3350 PEG
5.	สารแอนตี้ออกซิแดนท์ TMQ (Trimethylquinoline) เกรดการค้า
6.	TiO$_2$บริษัท Kijpaiboon Chemical Co.,Ltd.
7.	Stearic acid บริษัท Kijpaiboon Chemical Co.,Ltd.

2. ไดคิวมิลเปอร์ออกไซด์ (Dicumylperoxide ; DCP) ความเข้มข้น 98% เกรดการค้าบริษัท Kijpaiboon Chemical Co.,Ltd.
3. สารคู่ควบไซเลน (Coupling agent) SR-350 บริษัท Kijpaiboon Chemical Co.,Ltd.
4. สารทำความสะอาด(สารประกอบแอลกอฮอล์) เกรดการค้า
5. สารลดแรงตึงผิว(Surfactant) NP 6 เกรดการค้า บริษัท Rhodia Thai Industries LTD.
6. สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) NP 10 เกรดการค้า บริษัท Rhodia Thai Industries LTD.
7. สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) NP 9 เกรดการค้า บริษัท Rhodia Thai Industries LTD.
8. DNPT (3,7-Di-N-nitrosopentamethyllenetetramine) บริษัท Dongjin Chemical Co.,Ltd.
9. สารประกอบยูเรีย (Urea)บริษัท Dongjin Chemical Co.,Ltd.
10. สารเสริมการเชื่อมโยง (Co-agent)Sarat® SR519HP บริษัท Sartomer Company Inc.

3.3 อุปกรณ์

1. เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression molding machine) รุ่น LP 20 บริษัท แลบเทค เอนจิเนียริง จำกัด
2. เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) บริษัท แลบเทคเอนจิเนียริง จำกัด
3. เครื่องวัดความหนืดแบบมูนนี่ (Mooney viscometer) บริษัท Shimadzu จำกัด Model SMV-201
4. เครื่องวัดสมบัติการคงรูปของยาง (Moving Die Rheometer : Cure elastomer) บริษัท NichigoShigi Model II F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal testing machine, UTM) บริษัท Intro LLOYD Instruments จำกัด
6. เครื่องทดสอบความแข็งกด (Durometer hardness tester) บริษัท Intro Enterprise จำกัด
7. เครื่องอัดขึ้นรูป (Hydraulic press) บริษัท KueminMachinery.Co.Ltdรุ่น VO-200 ความดัน 200 psi
8. เครื่องวัดสี(Tristimulus colorimeters) บริษัท CENTASIA CO., LTD. รุ่น Choma Meter CR-400 Series

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมยาง Compound A rubber

ตารางที่ 3.1 สูตรการผสมของ Compound A rubber

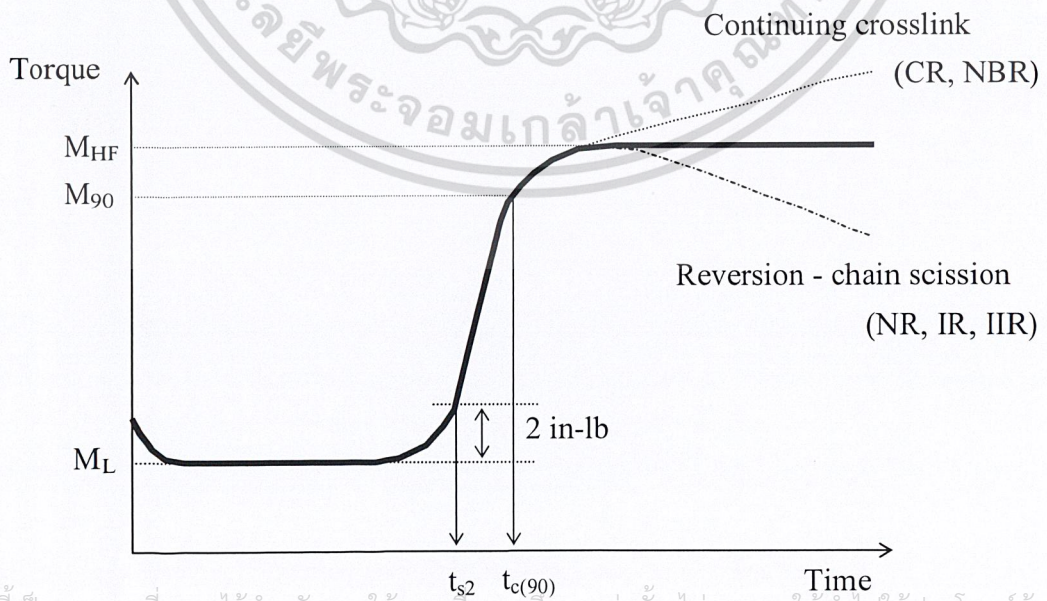
No.	Material	phr
1.	EPDM	140
2.	ZnO	5
3.	Hisil255 G	50
4.	PEG	3
5.	TMQ	1
6.	TiO_2	2
7.	Stearic acid	2

1. ตัดและชั่งสารเคมีต่าง ๆ ตามตารางที่ 3.1
2. ทำการผสมยางสูตรเริ่มจากการนำยาง EPDM มาทำการบดย่อย (Mastication) ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 30°C โดยใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) จนกระทั่งยางพันรอบลูกกลิ้งทำการกรีดพับยางจนกระทั่งยางนิ่มขึ้น ใช้เวลาประมาณ 3 นาที
3. เติมสารเติมแต่งต่าง ๆ ได้แก่ ZnO, TiO_2, TMQ, PEG และค่อย ๆ เติมHisil 255G (Silica) ลงไปเรื่อยๆ จากนั้นเติม Stearic acid ลงไปกรีดพับยางต่อจนสารเคมีกระจายทั่วทั้งยางคอมปาวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การศึกษาและเปรียบเทียบสูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์

1. ตัดยางและช่างสารเคมีต่างๆ ตามตารางที่ 3.2
2. ทำการผสมยางผสมสูตร เริ่มจากการนำยาง Compound Aมาทำการบดย่อย (Mastication) ที่อุณหภูมิห้องโดยใช้เครื่องบดผสมระบบเปิดแบบสองลูกกลิ้ง จนกระทั่งยางพันรอบลูกกลิ้ง ทำการกรีดพับยาง จนกระทั่งยางนิ่ม ใช้เวลาประมาณ 5 นาที
3. จากนั้นทำการใส่สาร SR-350, DCP 98% และสารทำความสะอาดตามลำดับลงไประหว่างลูกกลิ้งแล้วทำการบดผสม โดยกรีดพับ-ยาง (Cut and fold) เพื่อให้เกิดการผสมที่มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในยางใช้เวลาประมาณ 20 นาที แล้วรีดยางออกมาเป็นแผ่นหนา ประมาณ 3-5 มิลิเมตร
4. เติมสารให้ฟอง DNPT,Urea,Sarat® ลงไปตามลำดับ ทำการบดผสมต่อไป โดยการกรีดพับยางจนยางมีความอ่อนตัว และสารเคมีผสมเข้ากับยางเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้เวลาในขั้นตอนนี้ประมาณ 10 นาที (กรณีสูตรที่มีสารให้ฟอง)
5. ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งให้ห่างประมาณ 2-3 มิลลิเมตร แล้วรีดยางออกจากลูกกลิ้ง
6. ตัดแผ่นยางผสมสูตรที่ได้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 2x2 นิ้ว จำนวน 2 แผ่น นำไปวัดความหนืดแบบมูนนี่ (Mooney viscosity)โดยใช้เครื่องมูนนี่วิสโคมิเตอร์ (Mooney viscometer) กำหนดอุณหภูมิการวัดความหนืดที่ 125 °C โดยหาค่าความหนืด ML 1+4(125 °C) ของยางผสมสูตรก่อนการเชื่อมโยงและ ตัดแผ่นยางผสมสูตรเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 2x2 นิ้ว แล้วนำไปทดสอบลักษณะการเชื่อมโยง (Cure characteristic) ด้วยเครื่องวัดสมบัติการคงรูปของยาง เพื่อหาเวลาก่อนการเชื่อมโยง หรือเวลาสกอร์ช (Scorch time ; t_{s2}) และเวลาเชื่อมโยง (Cure time ; $t_{c(90)}$) ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กราฟเชื่อมโยง (Cure curve) ของยางผสมสูตร [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ML คือค่าแรงบิด (Torque) ต่ำสุด
- MHF คือค่าแรงบิด (Torque) สูงสุด
- t_{s2} คือเวลาก่อนการเชื่อมโยง หรือเวลาสกอร์ช (Scorch time) เป็นเวลาที่ค่าแรงบิด (Torque) เพิ่มสูงขึ้น 2 หน่วยของทอร์ค เช่น ปอนด์นิ้ว (in-lb) หรือ กิโลกรัมเซนติเมตร (kg.cm.)
- $t_{c(90)}$ คือเวลาเชื่อมโยง (Cure time) เป็นเวลาที่ยางเกิดการเชื่อมโยงที่ดีที่สุด (Optimum cure time) กำหนดเป็นเวลาที่ยางเชื่อมโยง 90% หรือ แรงบิดเพิ่ม 90% จากค่าแรงบิดต่ำสุด

7. ทำการทดลองจนครบทุกสูตร ตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ในโครงงาน

องค์ประกอบ	ปริมาณ (phr)
Compound A	203
DCP 98 %	3
SR350	3
สารทำความสะอาด	30
DNPT/Urea*	0/0, 5/5
Sarat	3
NP**	0, 10, 20, 30, 40

หมายเหตุ * ความคุมอัตราส่วนสารให้ฟองต่อ Kicker เท่ากับ 1:1

** ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ NP6, NP9 และ NP10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การศึกษาสมบัติของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่เตรียมได้

1. การศึกษาสมบัติเชิงกลของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์

1.1 การทดสอบแรงดึง (Tensile test) ด้วยเครื่อง Universal Tester ตามมาตรฐาน ASTM D412 โดยเตรียมชิ้นงานตัวอย่างรูปดัมเบล (Dumbell shape) กำหนดสภาวะเครื่องทดสอบ ดังนี้

ความเร็วในการดึง	500	มิลลิเมตรต่อนาที
ความยาวเกจ หรือความยาวเริ่มต้น (Gauge length)	2.5	เซนติเมตร
ค่าแรงสูงสุดที่เครื่องรับได้	5	กิโลนิวตัน
จำนวนชิ้นงานตัวอย่างที่ทดสอบ	5	ชิ้นงาน

ผลการทดสอบที่ได้นำมาหาค่าต่างๆดังต่อไปนี้

- ความแข็งแรงดึง (Tensile strength) เท่ากับความเค้นสูงสุด (Maximum stress) ของวัสดุที่รับได้เมื่อให้แรงดึง (หน่วยเป็นแรงต่อพื้นที่) หาได้จากสมการ

  ความแข็งแรงดึง = F/A …(3.1)

  เมื่อ F = แรงที่ใช้ในการดึง ณ จุดขาด (N)

  A = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน (m^2)

- เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break) หาได้จากสมการ

  เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด = $(l - l_0) / l_0 \times 100$ …(3.2)

  เมื่อ l = ความยาวสุดท้ายของชิ้นงาน (m)

  l_0 = ความยาวเริ่มต้นของชิ้นงาน (m)

- มอดุลัสของยาง (Rubber modulus) เป็นค่าความเค้น (Stress) ที่เปอร์เซ็นต์การยืด 100 % รายงานเป็นค่า M100

1.2 การทดสอบความแข็งแรงฉีกขาด (Tear test) ด้วยเครื่อง UTM ตามมาตรฐาน ASTM D624 โดยเตรียมตัวอย่างรูปปีกนก กำหนดสภาวะเครื่องทดสอบดังนี้

ความเร็วในการดึง	500	มิลลิเมตรต่อนาที
ค่าแรงสูงสุดที่เครื่องรับได้	5	กิโลนิวตัน
จำนวนตัวอย่างชิ้นงานที่ทดสอบ	5	ชิ้นงาน

Tear strength = F/t ...(3.3)

เมื่อ F = แรงที่ใช้ในการดึง ณ จุดขาด (N)

t = ความหนาของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การทดสอบความแข็งกด (Hardness test)

นำชิ้นงานที่เตรียมได้มาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งกดแบบน้ำหนักคงที่ (Dead load hardness tester) ชนิด Shore A ที่อุณหภูมิห้องตามมาตรฐาน ASTM D2240 ซึ่งอ่านค่าความแข็งกดได้โดยตรงจากเครื่องจากการกดที่ตัวอย่างหนาอย่างน้อย ¼ นิ้ว อ่านค่าภายใน 1 วินาที รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 10 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง

3.4.4 การทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดกับแม่พิมพ์อุตสาหกรรม

1. เลือกแม่พิมพ์ที่ผ่านการใช้งานจริงที่มีคาบสกปรกติดอยู่ (รอการทำความสะอาดแม่พิมพ์)
2. ขึ้นรูปชิ้นงานครั้งสุดท้ายและเก็บชิ้นงานที่ขึ้นรูปก่อนนำแม่พิมพ์มาอัดขึ้นรูปทำความสะอาด
3. เตรียมยางทำความสะอาดแม่พิมพ์และวัดสียางทำความสะอาดแม่พิมพ์ก่อนนำมาขึ้นรูปทำความสะอาด
4. นำยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่เตรียมได้จากข้อ 2 มาอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 170 °C เป็นเวลา 5 นาที
5. วัดสียางทำความสะอาดแม่พิมพ์หลังจากอัดขึ้นรูปเสร็จ
6. สังเกตความสะอาดแม่พิมพ์ถ้ายังมีคราบสกปรกติดอยู่ที่แม่พิมพ์ให้ทำซ้ำข้อ 3-5
7. ถ้าสังเกตแล้วไม่พบคราบสกปรกติดอยู่ที่แม่พิมพ์ จึงทำการขึ้นรูปชิ้นงานตามปกติโดยเก็บชิ้นงานที่ขึ้นรูปหลังจากทำความสะอาดแม่พิมพ์แล้วทำการเปรียบเทียบกับชิ้นงานในข้อ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดสี

การวัดสีนี้จะวัดกับยางล้างแม่พิมพ์ที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว เพื่อดูสีที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับยางล้างแม่แบบที่ยังไม่ได้ผ่านการทำความสะอาด ซึ่งสามารถบอกถึงคราบสกปรกของแม่แบบ ผลของการวัดสีโดยวัดออกมาในค่า L, a, b, ΔL, Δa, Δb

เมื่อ L = ความสว่าง

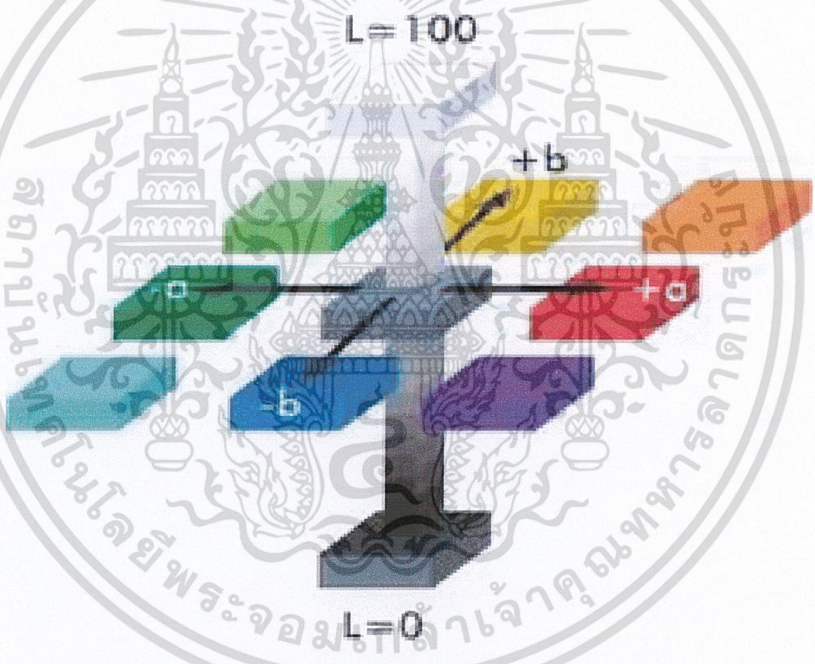
a = เฉดสีเขียว–แดง โดยค่าลบคือ สีเขียว และค่าบวกคือสีแดง

b = เฉดสีน้ำเงิน–เหลือง โดยค่าลบคือ สีน้ำเงินและค่าบวกคือสีเหลือง

ΔL = ค่า L ก่อนทำความสะอาด - ค่า L หลังทำความสะอาด

Δa = ค่า a ก่อนทำความสาอาด - ค่า a หลังทำความสะอาด

Δb = ค่า b ก่อนทำความสะอาด - ค่า b หลังทำความสะอาด



รูปที่ 3.2 แผนภาพการวัดสี (Lab model) [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในงานวิจัยนี้จึงเน้นการพัฒนาประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแม่พิมพ์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นโดยการเติมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (Non-ionic surfactant) คือ โนนิลฟีนอล (Nonylphenol, NP) ชนิดต่างๆ (NP6, NP9 และ NP10) ในปริมาณ 0-40 phrโดยทำการศึกษาเชิงเปรียบเทียบลักษณะการเชื่อมโยง (Cure characteristic) สมบัติเชิงกล (Hardness, Tensile strength, Tear strength, %Elongation atbreak และ Rubber modulus (M100))และประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแม่พิมพ์ (Mold cleaning efficiency) โดยแบ่งเป็น 2ตอนด้วยกันคือ

ตอนที่1การศึกษาผลของปริมาณและชนิดของสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางโฟมโดยใช้ปริมาณของสารลดแรงตึงผิว เท่ากับ 10, 20, 30, 40 phr และใช้สารลดแรงตึงผิวชนิด NP6, NP9, NP10ที่มีต่อลักษณะการเชื่อมโยงและสมบัติเชิงกลของยาง

ตอนที่ 2การศึกษาเปรียบเทียบผลของสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางโฟมและสูตรยางตัน

ตอนที่ 3 การศึกษาแนวเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแม่พิมพ์ของยางแต่ละสูตร

4.1 ผลของปริมาณและชนิดของสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางโฟม

4.1.1 ลักษณะการเชื่อมโยง

จากการศึกษาชนิดของสารลดแรงตึงผิวแต่ละชนิด คือ NP6, NP9 และ NP10 ซึ่งมีโครงสร้างแตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.7–2.9 เมื่อใส่สารลดแรงตึงผิวลงไปจะทำให้เกิดการเชื่อมโยงดีขึ้น เนื่องจากลักษณะของสารลดแรงตึงผิวที่ใช้เป็นของเหลว เมื่อใส่เข้าไปจะทำให้ความหนืดของยางลดลง สายโซ่สามารถเคลื่อนที่เข้าหากันได้ จึงทำให้การเชื่อมโยงเกิดได้ง่ายขึ้น และสารลดแรงตึงผิวชนิดที่ใช้มีสมบัติเป็นด่างอ่อนๆ ซึ่งสมบัติการเป็นด่างนี้ส่งผลให้ยางเกิดการเชื่อมโยงได้เร็วขึ้น

จากการเปรียบเทียบที่ชนิดและปริมาณเท่ากัน พบว่าชนิดของสารลดแรงตึงผิวไม่มีผลต่อลักษณะการเชื่อมโยง เมื่อพิจารณาจากค่า Scorch time(t_{S2}), Cure time (t_{C90}), Cure Rate Index (CRI) และค่าแรงบิดสูงสุด (M_{HF}) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนปริมาณของสารลดแรงตึงผิวตั้งแต่10-40 phrพบว่าปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่เพิ่มขึ้นจะไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญชัดเจนต่อ ค่า Scorch timeและค่า Curetimeแต่จะมีผลต่อค่าแรงบิดสูงสุด (M_{HF})คือเมื่อปริมาณสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าแรงบิดสูงสุด(M_{HF})ต่ำลงทั้งนี้อาจเนื่องจากค่าแรงบิดสูงสุด(M_{HF})สัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งของยางหลังเชื่อมโยงคือสารลดแรงตึงผิวเป็นของเหลวดังนั้นมันอาจทำหน้าที่คล้าย plasticizer ทำให้ยางนั้นนิ่มขึ้นค่าแรงบิดที่ใช้จึงต่ำลง

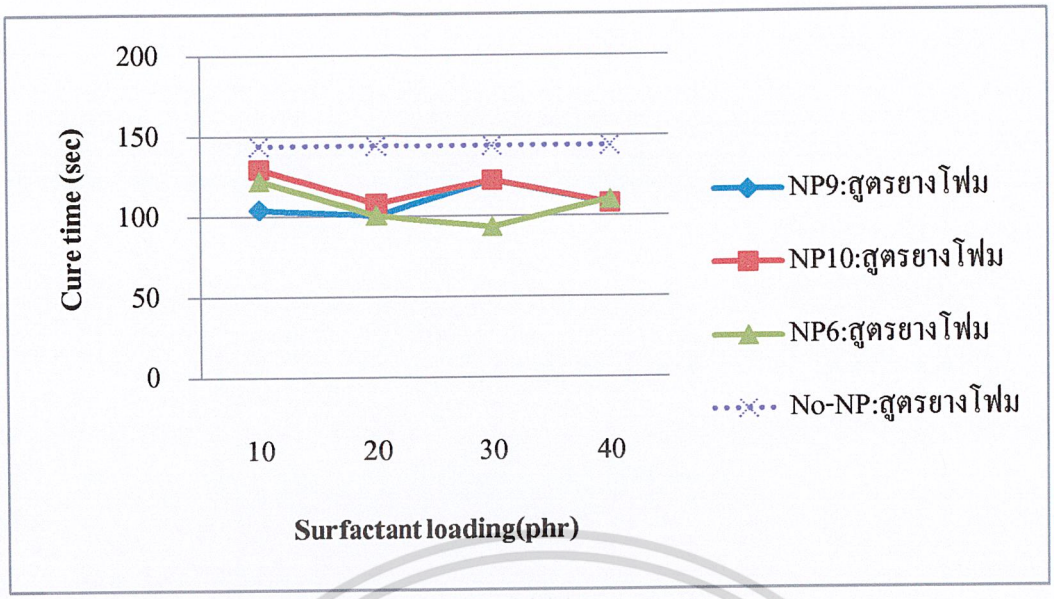
ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบScorch Time,Cure Time,M_{HF}และCure rate index ของสูตรยางโฟม (No-NP) กับสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6, NP9 และ NP10 ที่ปริมาณ 40 phr

ชนิด	Scorch Time (t_{S2}), s	Cure Time (t_{C90}), s	M_{HF} (kg_f.cm)	Cure rate index
สูตรยางโฟม-NP6-40 phr	18	110.4	3	1.082
สูตรยางโฟม-NP9-40 phr	21	108	4	1.149
สูตรยางโฟม-NP10-40phr	15	108	4	1.075
สูตรยางโฟม (No-NP)	30	144	7	0.877

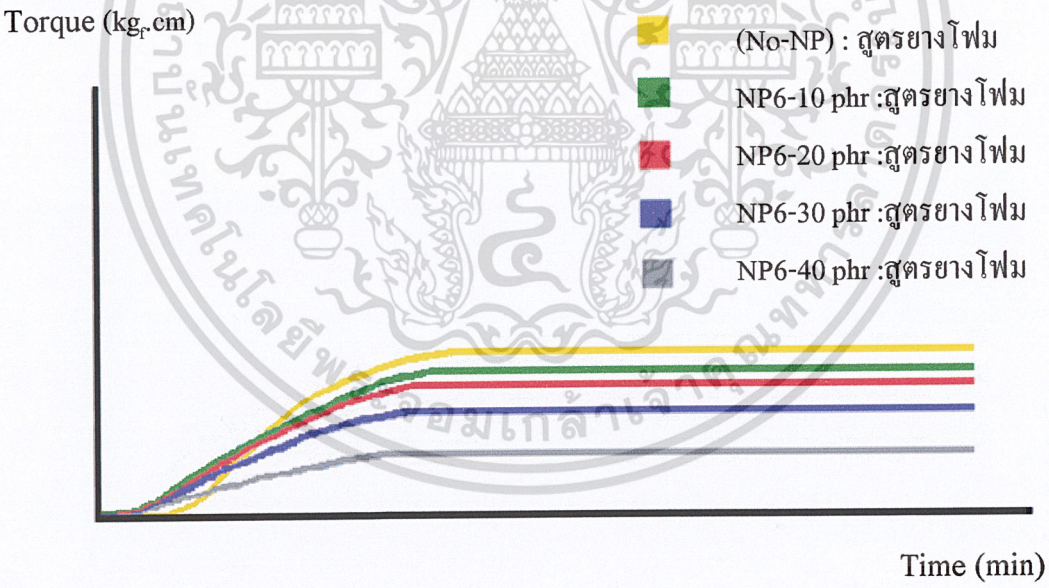
ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบScorch Time,Cure Time,M_{HF}และCure rate index ของสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6 ที่ปริมาณ 10-40 phr

ชนิด	Scorch Time (t_{S2}), s	Cure Time (t_{C90}), s	M_{HF} (kg_f.cm)	Cure rate index
สูตรยางโฟม-NP6-10 phr	21	122.4	6.5	0.986
สูตรยางโฟม-NP6-20 phr	18	100.8	6	1.208
สูตรยางโฟม-NP6-30 phr	18	93.6	5	1.323
สูตรยางโฟม-NP6-40 phr	18	110.4	3	1.082

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 เวลาในการเชื่อมโยงระหว่างสูตรยางโฟมที่ใช้ปริมาณและชนิดของสารลดแรงตึงผิวแตกต่างกัน

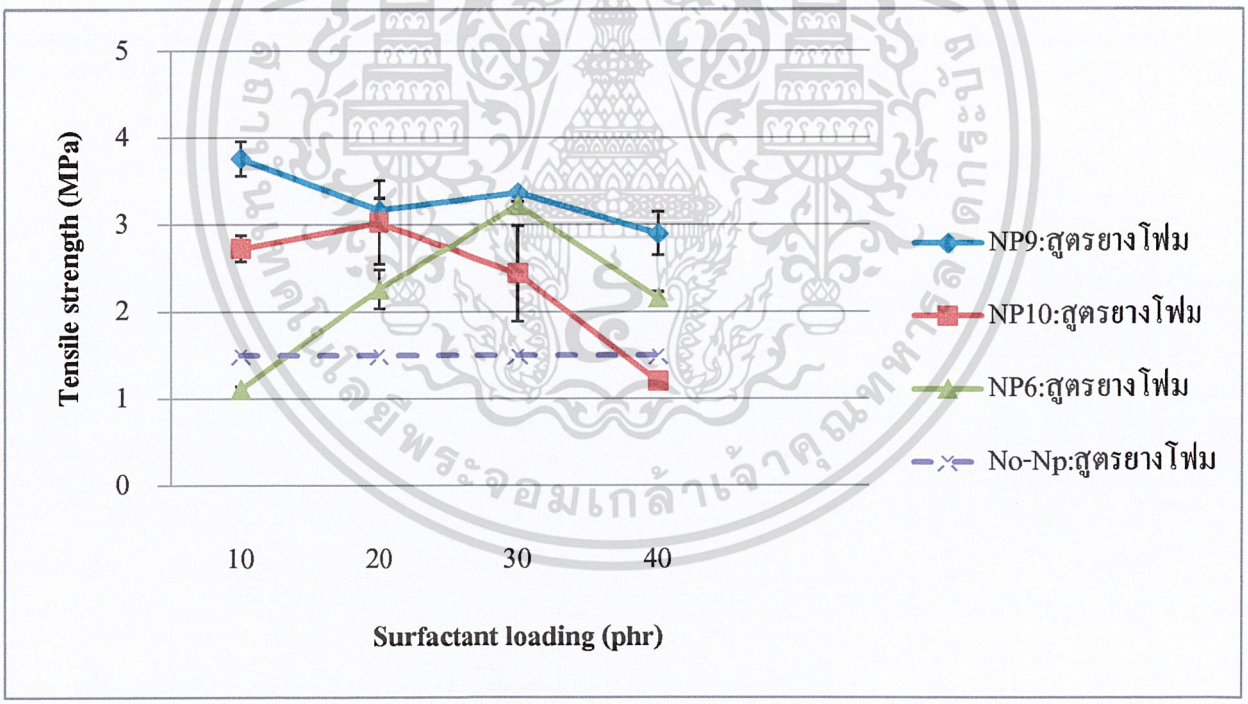


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด (kg_f.cm) กับ เวลา (min) ของสูตรยางโฟมที่ใช้สารลดแรงตึงผิว NP6 ปริมาณ 10–40 phrและสูตรยางโฟม(No-NP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

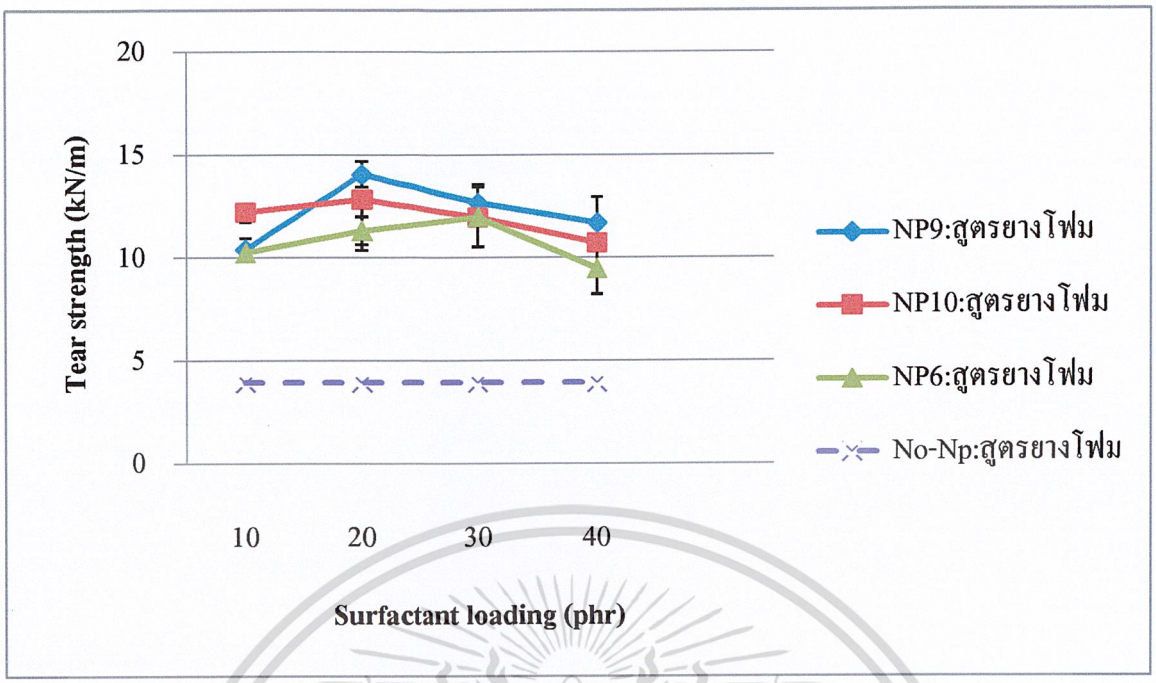
4.1.2การศึกษาสมบัติเชิงกล

จากการพิจารณาผลสมบัติเชิงแสดงดังรูปที่ 4.3-4.7 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบชนิดของสารลดแรงตึงผิวที่ปริมาณเท่ากันพบว่าสารลดแรงตึงผิวแต่ละชนิดNP6, NP9 และ NP10 ไม่ส่งผลอย่างมีนัยต่อสมบัติเชิงกล กล่าวคือค่า Tensile strength, Tear strength, Hardness,Rubber modulus และ%Elongation atbreak ไม่แตกต่างกันมากแต่ว่าค่าค่าสมบัติเชิงกลที่ได้มีความแกว่งค่อนข้างสูง เนื่องจากลักษณะของชิ้นทดสอบมีรูพรุนจากฟองอากาศ ทำให้เกิดจุดบกพร่องในตัวชิ้นงาน ทำให้ไม่สามารถเห็นแนวโน้มได้อย่างชัดเจนจากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่10-40 phrของสารลดแรงตึงผิวแต่ละชนิด เมื่อพิจารณาจากรูป 4.3-4.7พบว่าเมื่อใส่ปริมาณสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้นจะทำให้Hardness,Tensile strength และ Tear strengthมีแนวโน้มลดลงทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องจากสารลดแรงตึงผิวที่ใช้เป็นของเหลว ซึ่งอาจจะไปทำหน้าที่คล้ายplasticizer จึงทำให้ยางนิ่มขึ้นแต่ค่า %Elongation atbreak และ Rubber modulus มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มที่ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

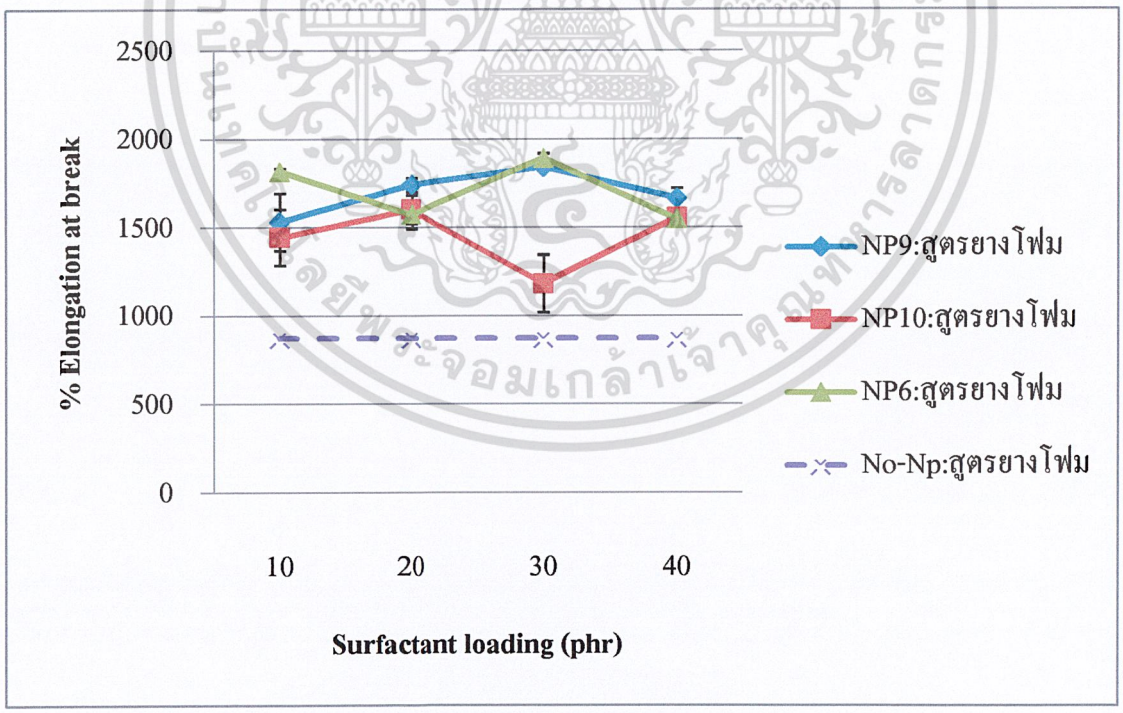


รูปที่ 4.3 ค่า Tensile strength ระหว่างสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6, NP9 และ NP10 ปริมาณ 10-40 phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

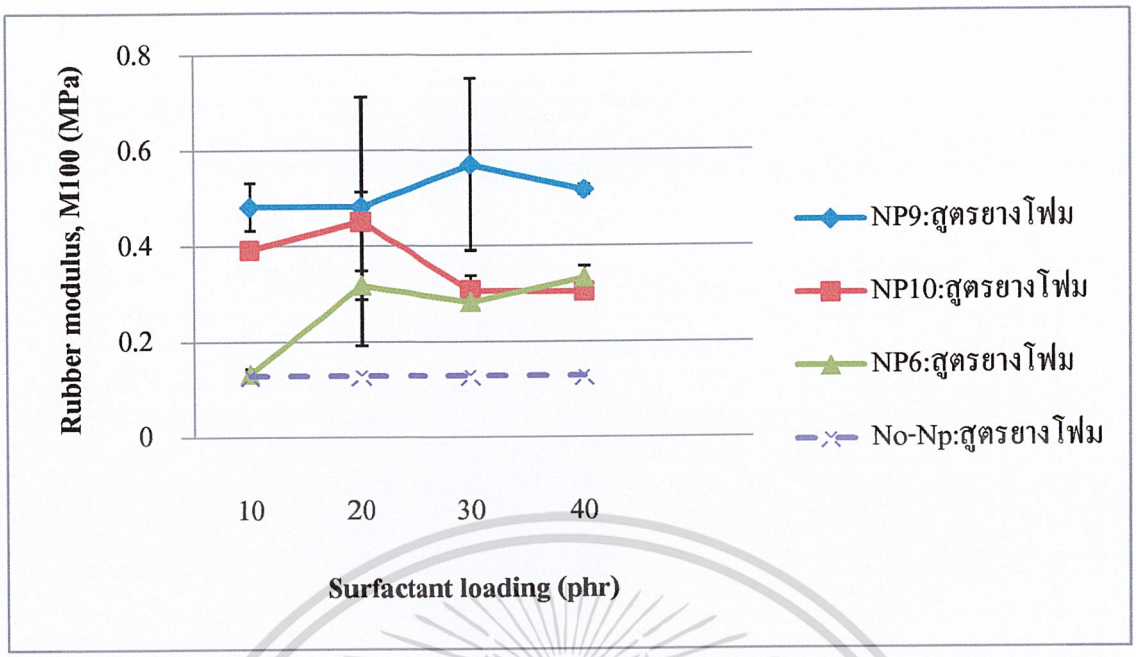


รูปที่ 4.4 ค่าTear strength ระหว่างสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6, NP9 และ NP10 ปริมาณ 10-40 phr

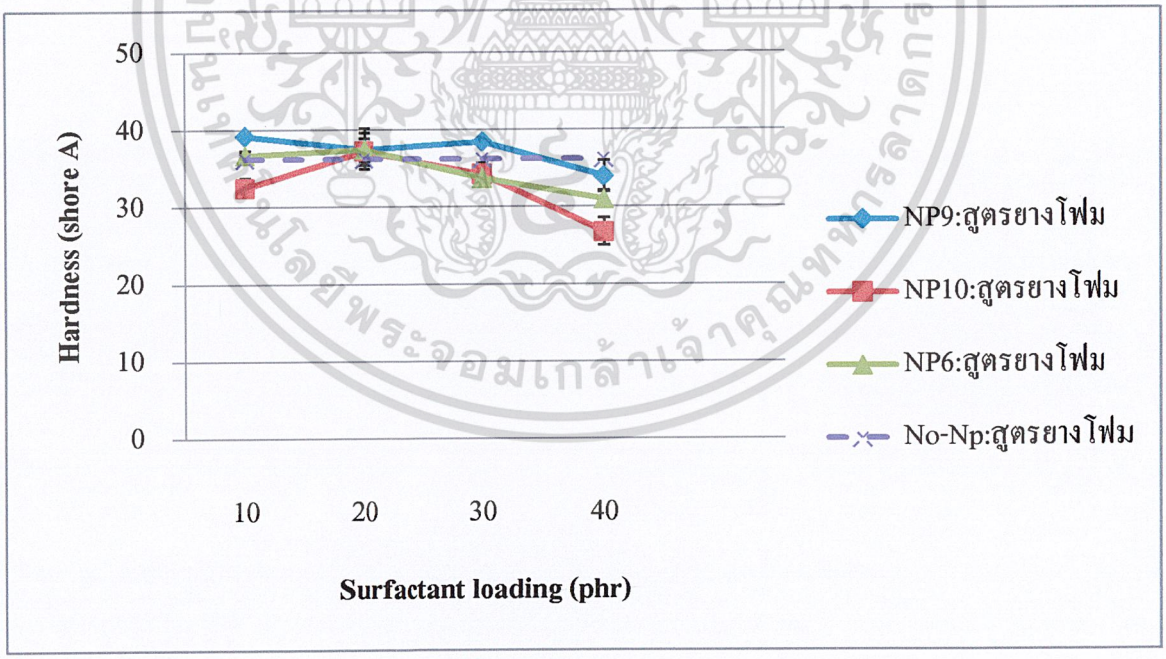


รูปที่ 4.5 ค่า% Elongation at break ระหว่างสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6, NP9 และ NP10 ปริมาณ 10-40 phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ค่าRubber modulus (M100)ระหว่างสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6, NP9 และ NP10 ปริมาณ 10-40 phr



รูปที่ 4.7 ค่าHardnessระหว่างสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6, NP9 และ NP10 ปริมาณ 10-40 phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 <u>การศึกษาผลของสารลดแรงตึงผิวสูตรยางโฟมและสูตรยางตัน</u>

จากการศึกษานี้ได้เลือกเอาสารลดแรงตึงผิวเฉพาะ NP9 มาศึกษาเพื่อเป็นตัวแทนของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ เพราะจากในข้อ 4.1 จะเห็นว่าสารลดแรงตึงผิวแต่ละชนิดให้ค่าสมบัติเชิงกลของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ไม่แตกต่างกันอย่างเป็นนัยสำคัญ

จากการวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าสมบัติเชิงกลส่วนใหญ่ของสูตรยางตันจะดีกว่าสูตรยางโฟม เนื่องมาจากชิ้นงานที่ได้จากสูตรยางโฟมจะมีฟองอากาศหรือจุดบกพร่องในชิ้นงาน เมื่อนำไปทดสอบสมบัติเชิงกลค่าที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนและชิ้นทดสอบสามารถเกิดการฉีกขาดได้มากกว่าปกติ

4.2.1 ลักษณะการเชื่อมโยง

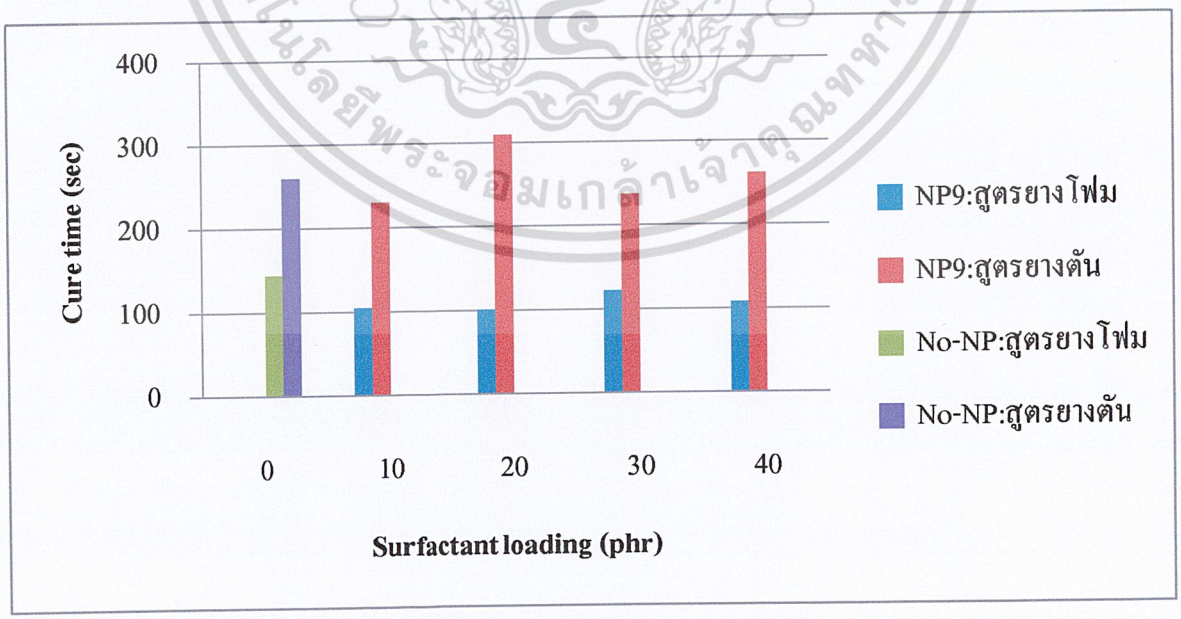
จากตารางที่ 4.3เป็นการศึกษาเวลาในการเชื่อมโยงของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกราฟเชื่อมโยง (Cure curve) ระหว่างสูตรยางโฟมและสูตรยางตันที่ใส่สารลดแรงตึงผิว พบว่าสูตรยางโฟมจะใช้เวลาในการเชื่อมโยงสั้นกว่าสูตรยางตัน เนื่องจากมีการเติมสารให้ฟองและยูเรีย (Kicker) ซึ่งยูเรียมีสมบัติเป็นด่าง จึงช่วยให้การเชื่อมโยงเกิดได้เร็วขึ้นส่งผลให้อัตราเร็วในการเชื่อมโยงเร็วขึ้น [12]

ส่วนสูตรยางตันที่ใส่สารลดแรงตึงผิวจะใช้เวลาในการเชื่อมโยงสั้นกว่าสูตรยางตันที่ไม่ใส่สารลดแรงตึงผิวเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากสารลดแรงตึงผิวมีสมบัติเป็นด่าง ทำให้การเชื่อมโยงของยางเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางเปรียบเทียบScorch Time,Cure Time,M_{HF}และCure rate index ของสูตรยางตัน (No-NP), สูตรยางโฟม(No-NP), NP9 สูตรยางตันและ NP9 สูตรยางโฟม โดยใช้ NP9 ปริมาณ10-40 phr

ชนิด	Scorch Time (t_{S2}), s	Cure Time (t_{C90}), s	M_{HF} (kg_f.cm)	Cure rate index
สูตรยางตัน (No-NP)	42.0	260.4	36.0	0.458
สูตรยางโฟม(No-NP)	30.0	144.0	7.0	0.877
สูตรยางตัน-NP9-10 phr	27.0	230.4	6.5	0.491
สูตรยางตัน-NP9-20 phr	30.0	309.6	6.0	0.358
สูตรยางตัน-NP9-30 phr	30.0	237.6	5.0	0.482
สูตรยางตัน-NP9-40 phr	24.0	262.0	3.0	0.439
สูตรยางโฟม-NP9-10 phr	24.0	104.4	5.5	1.244
สูตรยางโฟม-NP9-20 phr	18.0	100.8	5.0	1.208
สูตรยางโฟม-NP9-30 phr	18.0	122.4	4.0	0.958
สูตรยางโฟม-NP9-40 phr	21.0	108.0	4.0	1.149



รูปที่4.8 เวลาในการเชื่อมโยงระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟม ปริมาณ0-40 phr

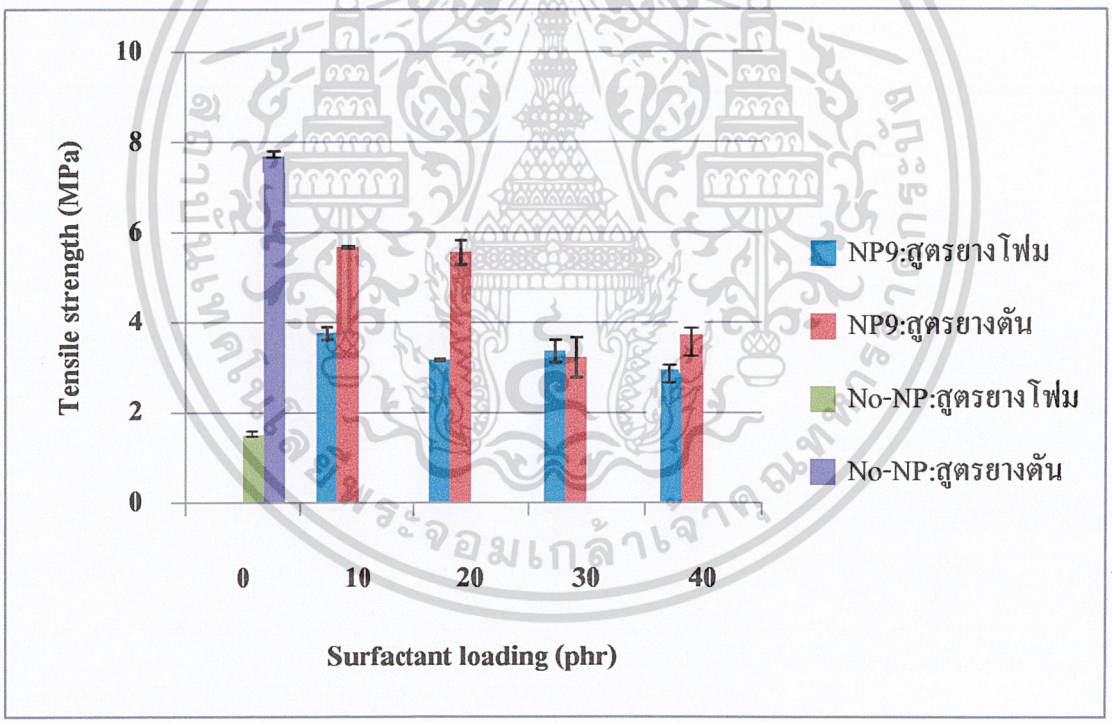
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล

จากผลการเปรียบเทียบระหว่างสูตรยางตันและสูตรยางโฟมทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใส่สารลดแรงตึงผิวพบว่า

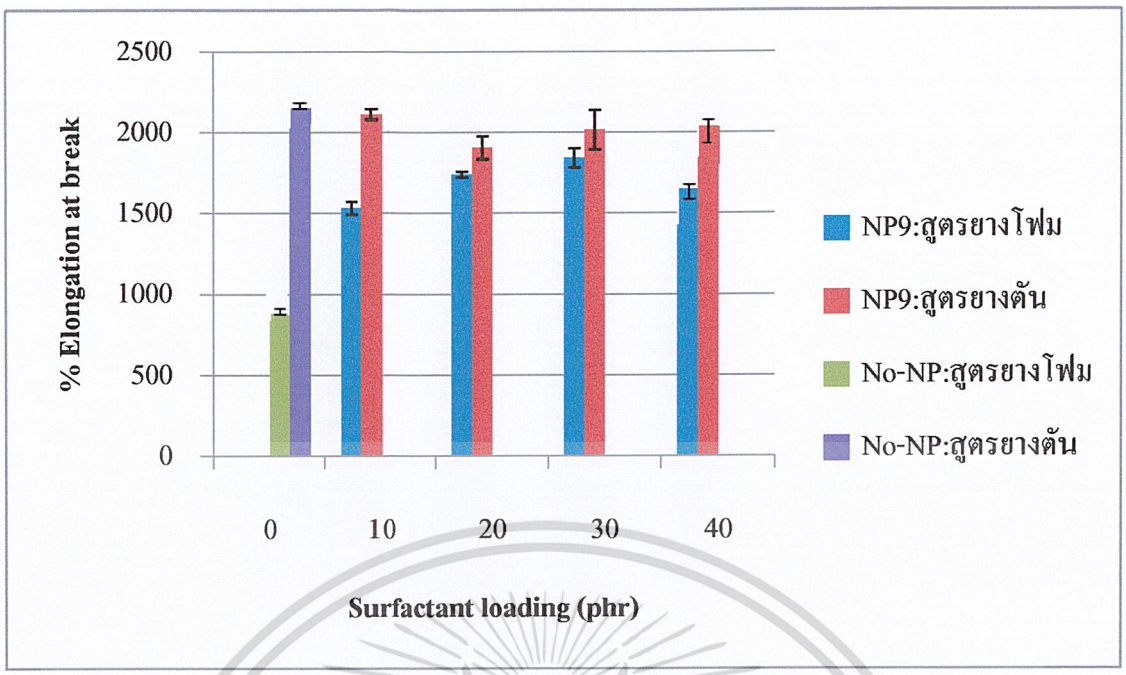
ในสูตรยางตันที่ใส่สารลดแรงตึงผิวพบว่าค่า Tensile strength, Tear strength, Rubber modulus (M100) และ Hardness มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับสูตรยางตันที่ไม่ใส่สารลดแรงตึงผิว และเมื่อใช้ปริมาณสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้นสมบัติเชิงกลมีแนวโน้มลดลงเช่นกัน เนื่องจากการที่สารลดแรงตึงผิวอาจจะไปทำหน้าที่คล้าย plasticizer จึงทำให้สายโซ่เกิดการหลุดออกจากกันเมื่อได้รับแรง (chain disentanglement) ทำให้สมบัติเชิงกลลดลง

ส่วนสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิวชนิด NP9 จะมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าสูตรยางโฟมปกติ เนื่องจากเมื่อใส่สารลดแรงตึงผิวจะทำให้ยางมีความหนืดลดลง ซึ่งอาจจะทำให้ฟองอากาศที่จะเกิดจากการแตกตัวของสารให้ฟอง สามารถเคลื่อนที่หลุดออกจากชิ้นงานระหว่างการขึ้นรูปได้ ทำให้จุดบกพร่องจากฟองอากาศในชิ้นงานน้อยลง สมบัติเชิงกลจึงดีขึ้น

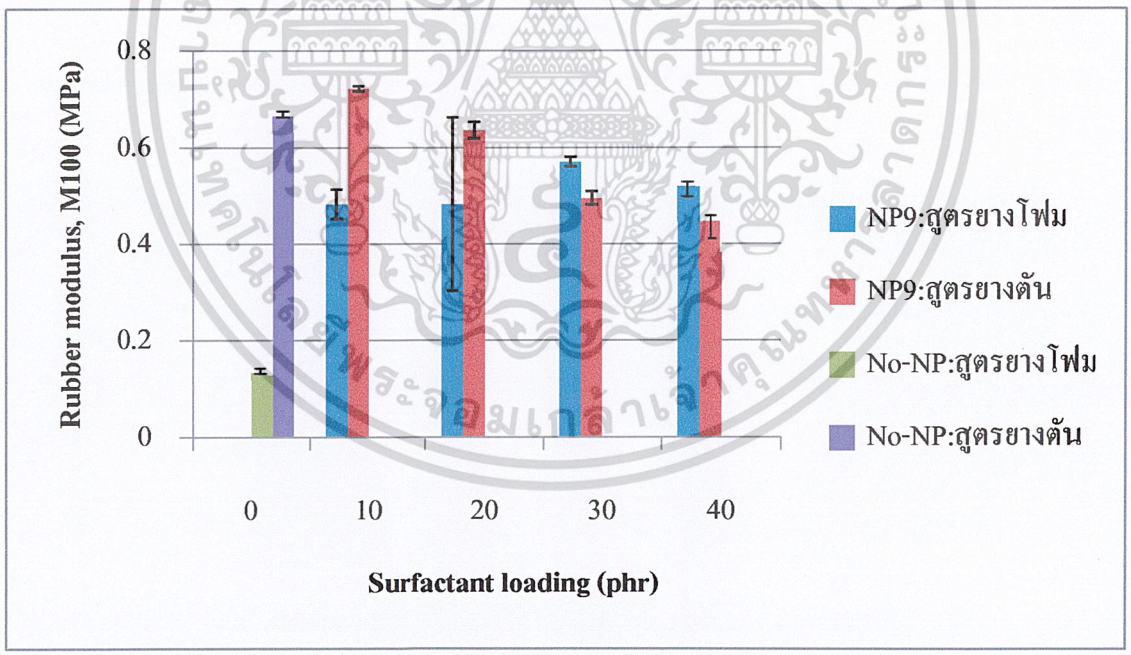


รูปที่ 4.9 ค่าTensile strength ระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟม ปริมาณ 0-40 phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

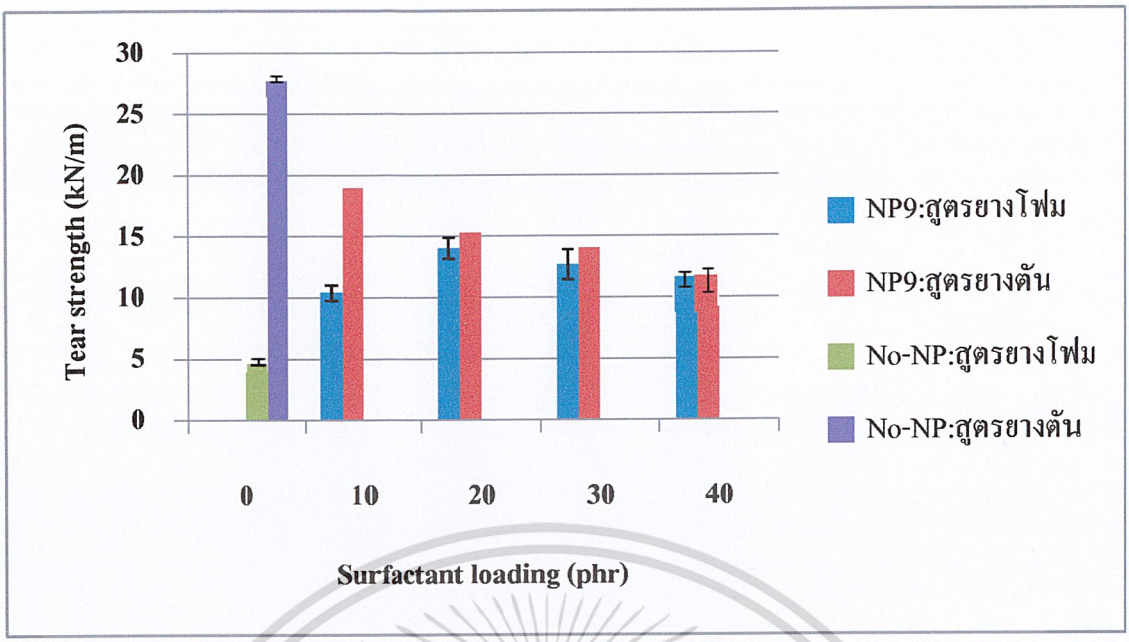


รูปที่ 4.10 ค่า% Elongation at breakระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟม ปริมาณ 0-40 phr

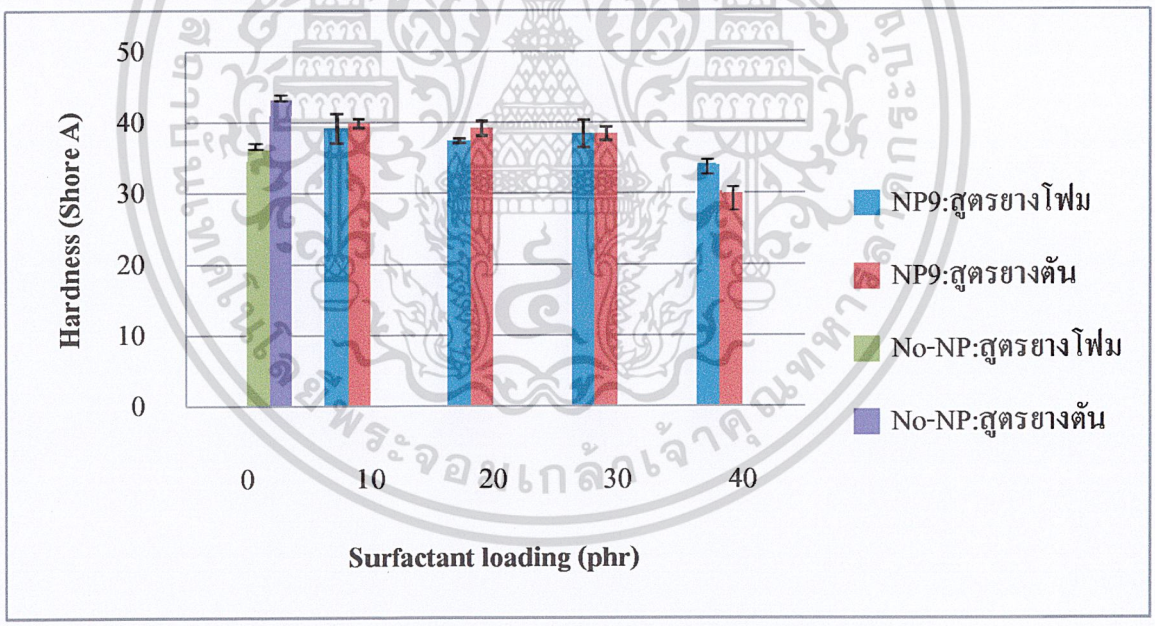


รูปที่ 4.11 ค่าRubber modulus (M100)ระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟม ปริมาณ 0-40 phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.12 ค่าTear strengthระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟม ปริมาณ 0-40 phr



รูปที่ 4.13 ค่าHardness (Shore A)ระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟม ปริมาณ 0-40 phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 <u>การศึกษาประสิทธิภาพการทำความสะอาดแม่พิมพ์ของยางในแต่ละสูตร</u>

หลังจากที่เตรียมยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ทุกสูตรเสร็จแล้ว นำยางทำความสะอาดแม่พิมพ์มาทดสอบการทำความสะอาดกับแม่แบบพิมพ์ที่ใช้งานจริงในอุตสาหกรรมที่บริษัท เอส.เค.โพลิเมอร์ จำกัด โดยทดสอบกับแม่พิมพ์ที่มีลักษณะเป็นหลุม ซึ่งทดสอบกับแม่พิมพ์เดียวกันเพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบ

4.3.1 ศึกษาผลของปริมาณและชนิดสารลดแรงตึงผิวที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความสะอาด

จากการสังเกตชิ้นงานที่ผ่านการทำความสะอาดแม่พิมพ์ด้วยตาเปล่าจากรูป4.14 พบว่าจะเห็นคราบสิ่งสกปรกติดออกมากับยางมากขึ้นเมื่อใช้ปริมาณสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้นและจากรูปที่ 4.15 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณสารลดแรงตึงผิวเท่ากัน สารลดแรงตึงผิวชนิด NP9 จะมีสิ่งสกปรกยึดติดออกมากับแม่พิมพ์มากที่สุด

เพื่อความชัดเจนในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำความสะอาดจึงทำการวัดสีของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ในสูตรโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP6, NP9 และ NP10 ที่ปริมาณ 0-40 phrพบว่าค่า L มีค่าลดอย่างมากเมื่อเทียบกับค่า L ของยางก่อนทำความสะอาดนั่นคือยางมีความสว่างลดลงมีสีเข้มขึ้นมาก แสดงว่าคราบสกปรกติดออกมากับยางมากขึ้น ซึ่งเราจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยดูจากค่า ΔL

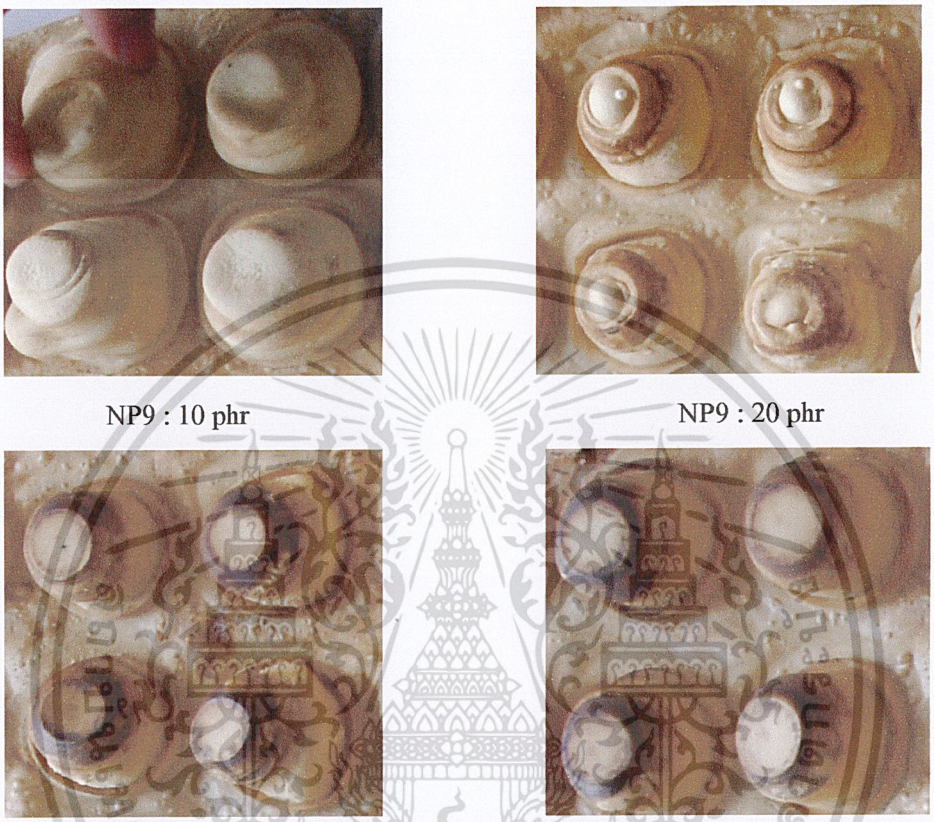
จากรูปที่4.16 เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำความสะอาดระหว่างสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิวกับสูตรยางโฟมที่ไม่ใส่สารลดแรงตึงผิว พบว่าสูตรยางโฟมทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใส่สารลดแรงตึงผิวจะมีประสิทธิภาพดีกว่า อาจเนื่องจากสารลดแรงตึงผิวจะไปช่วยสารทำความสะอาดในการดึงสิ่งสกปรกออกไป กล่าวคือ สารทำความสะอาดจะไปทำให้พันธะระหว่างสิ่งสกปรกกับแม่พิมพ์อ่อนแอลง หลังจากนั้นสารลดแรงตึงผิวจะหันส่วนที่มีขั้วเข้าหาสิ่งสกปรก (ซึ่งโดยส่วนใหญ่สิ่งสกปรกที่ติดอยู่บนแม่พิมพ์จะมีความเป็นขั้ว) แล้วหลุดติดมากับยางทำความสะอาดแม่พิมพ์

และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรยางที่ใส่สารลดแรงตึงผิวชนิดเดียวกันแต่ปริมาณต่างกัน พบว่าที่ปริมาณ 40 phr จะมีค่า ΔL สูงที่สุด ลงลงมาคือที่ปริมาณ 30 phr ,20 phrและ 10 phrจะมีค่า ΔLต่ำที่สุด นั่นแสดงว่าสูตรยางที่ใส่สารลดแรงตึงผิวปริมาณ 40 phrมีคราบสกปรกติดกับยางได้มากที่สุด

ในกรณีที่ใช้สารลดแรงตึงผิวที่ปริมาณเท่ากันแต่ชนิดต่างกัน พบว่า NP9 มีค่าΔL สูงที่สุด แสดงว่าสูตรยางที่ใส่สารลดแรงตึงชนิด NP9 จะมีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดดีที่สุด อาจเนื่องจาก ลักษณะโครงสร้างของ NP9 แม้จะมีความยาวของสายโซ่หลักเท่ากับ NP6 แต่มีส่วนที่มีขั้วยาวกว่า ทำให้จับกับสิ่งสกปรกได้ดีกว่าและเมื่อเทียบกับ NP10 ที่มีส่วนมีขั้วใกล้เคียงกัน สายโซ่

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ...

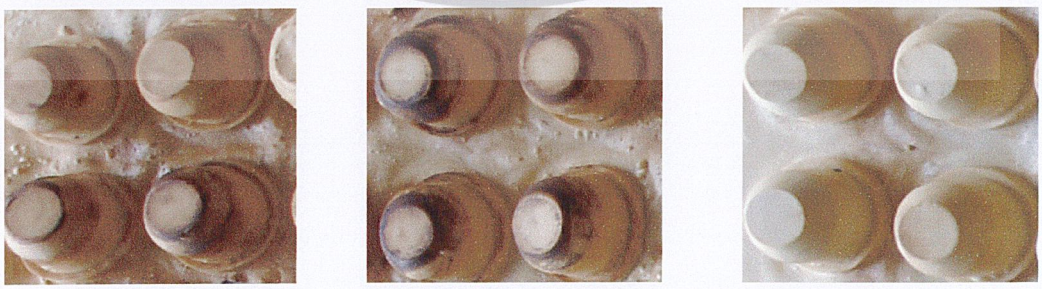
หลักเป็นโซ่กิ่ง แต่ NP9 มีสายโซ่หลักเป็นเส้นตรงและยาวกว่า ทำให้ NP9 สามารถยึดติดกับยางได้ดีกว่า สิ่งสกปรกที่หลุดออกมาจากแม่พิมพ์จึงติดกับยางที่ใช้ทำความสะอาดได้ดีกว่า ค่า ΔL ของสูตรยางโฟมที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวจึงมีค่าสูงที่สุด



NP9 : 10 phr NP9 : 20 phr

NP9 : 30 phr NP9 : 40 phr

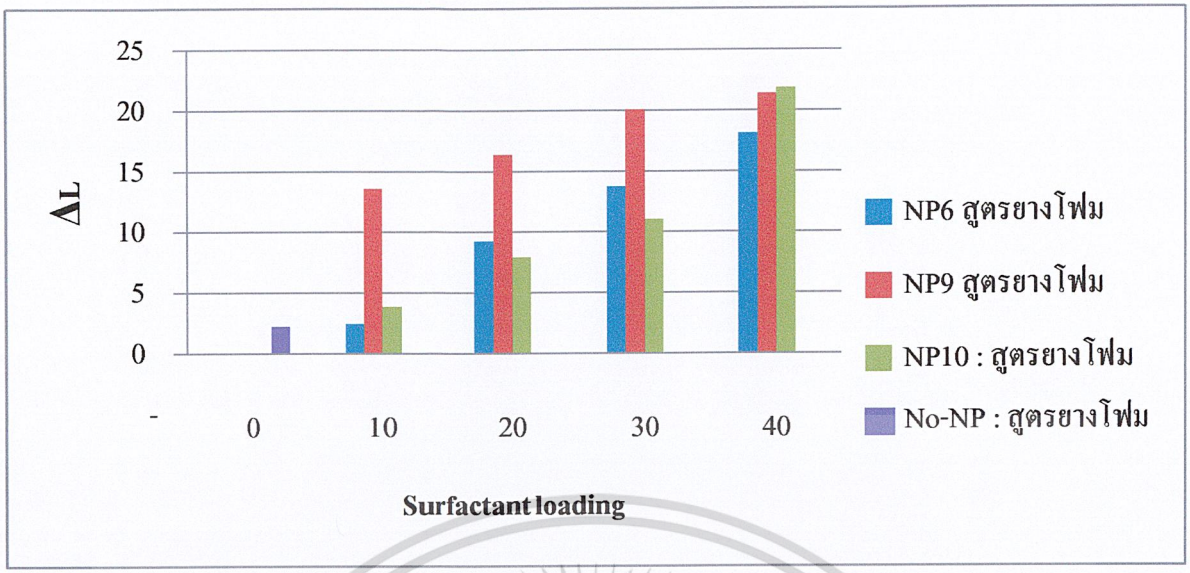
รูปที่ 4.14 ผลของปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำความสะอาด



NP6 : 40 phr NP9 : 40phr NP10 : 40 phr

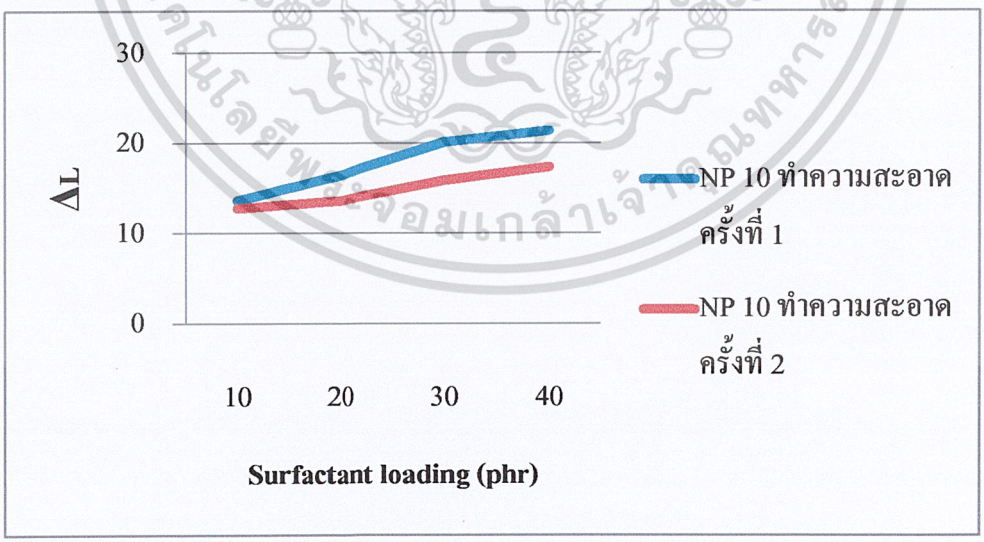
รูปที่4.15 ผลของชนิดสารลดแรงตึงผิวที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ผลต่างของความสว่าง (ΔL) กับปริมาณของสารลดแรงตึงผิวที่ 0-40 phr โดยใช้สารลดแรงตึงผิวชนิด NP6, NP9 และ NP10

จากรูปที่ 4.17เมื่อจำนวนครั้งในการทำความสะอาดมากขึ้นค่า ΔL จะมีค่าลดลงนั่นคือยางจะมีค่าความสว่างหลังทำความสว่างเพิ่มขึ้น แสดงว่าแม่พิมพ์มีความสะอาดมากขึ้นจึงมีคราบสกปรกติดออกมากับยางน้อยลง ซึ่งเห็นได้จากการทำความสะอาดแม่พิมพ์ครั้งที่ 1 โดยค่าΔLจะมีค่ามากกว่า



รูปที่ 4.17 ผลต่างของความสว่าง (ΔL) ระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ครั้งที่ 1 และยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ครั้งที่ 2 ใช้สารลดแรงตึงผิวชนิด NP10 ที่ 10-40 phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การศึกษาผลของสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางโฟมและสูตรยางตันที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำความสะอาด

จากการศึกษาผลของสารให้ฟองกับสารลดแรงตึงผิวที่มีผลต่อสารลดแรงตึงผิวโดยเลือกสารลดแรงตึงผิวชนิด NP9 มาทดลองในสูตรยางโฟมและสูตรยางตันเพื่อดูประสิทธิภาพในการทำความสะอาดที่ปริมาณต่างกัน จากการสังเกตชิ้นงานที่ผ่านการทำความสะอาดแม่พิมพ์ด้วยตาเปล่า จากรูปที่ 4.18 พบว่าในสูตรยางโฟมเมื่อใช้ปริมาณสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้น สิ่งสกปรกจะสามารถหลุดออกมากับยางได้มากขึ้น แต่ในสูตรยางตันเมื่อใช้ปริมาณสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้น สิ่งสกปรกจะหลุดออกมากับยางได้น้อยลง

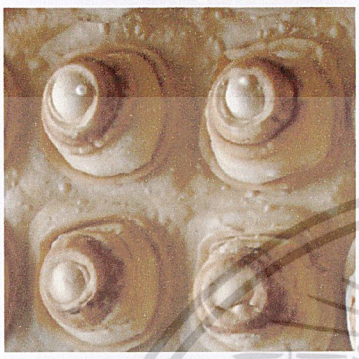
เพื่อความชัดเจนในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำความสะอาดจึงทำการวัดสีของยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ในสูตรโฟมและสูตรยางตันที่ใส่สารลดแรงตึงผิวชนิด NP9 ที่ปริมาณ 0-40 phr พบว่าจากรูปที่ 4.19การเติมสารลดแรงตึงผิวที่ปริมาณมากขึ้นในสูตรยางโฟมจะมีค่า ΔL เพิ่มขึ้น แสดงว่ายางสามารถทำความสะอาดคราบสิ่งสกปรกได้ดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารลดแรงตึงผิวลงไป แต่ในสูตรยางตันเมื่อเพิ่มปริมาณสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้นค่า ΔLกลับมีค่าลดลง แสดงว่าประสิทธิภาพในการทำความสะอาดจะแย่ลงเมื่อเพิ่มปริมาณสารลดแรงตึงผิวซึ่งเป็นไปในแนวโน้มเดียวกันกับการสังเกตด้วยตาเปล่า

คาดว่าเมื่อเราเพิ่มปริมาณสารลดแรงตึงผิวมากเกินไปในสูตรยางที่ไม่ใส่สารให้ฟองจะทำให้ยางเกิดการลื่นไถลกับแม่พิมพ์ เป็นผลให้การยึดติดระหว่างยางกับสิ่งสกปรกที่ติดอยู่บนแม่พิมพ์ได้ไม่ดี ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดจึงแย่ลง แต่ในสูตรยางที่ใส่สารให้ฟอง เนื่องจากจะมีแรงดันที่เกิดจากการสลายตัวของก๊าซในสารให้ฟอง แรงดันที่เกิดขึ้นนี้อาจจะไปดันสารทำความสะอาด, สารลดแรงตึงผิว และเนื้อยางให้ติดกับแม่พิมพ์ได้ดีขึ้น ทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NP9 : 10 phrสูตรยางโฟม

NP9 :10 phrสูตรยางตัน

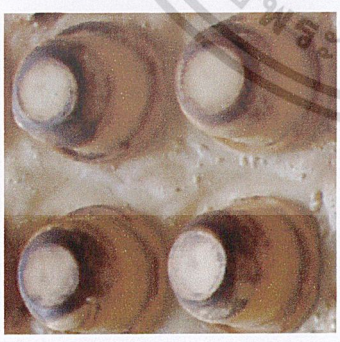


NP9 : 20 phrสูตรยางโฟม

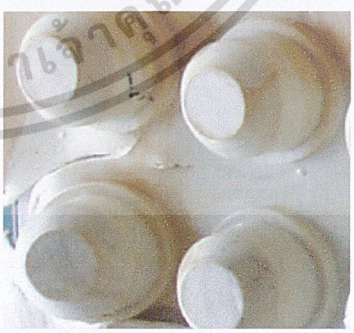
NP9 : 20 phrสูตรยางตัน

NP9 : 30 phrสูตรยางโฟม

NP9 : 30 phrสูตรยางตัน



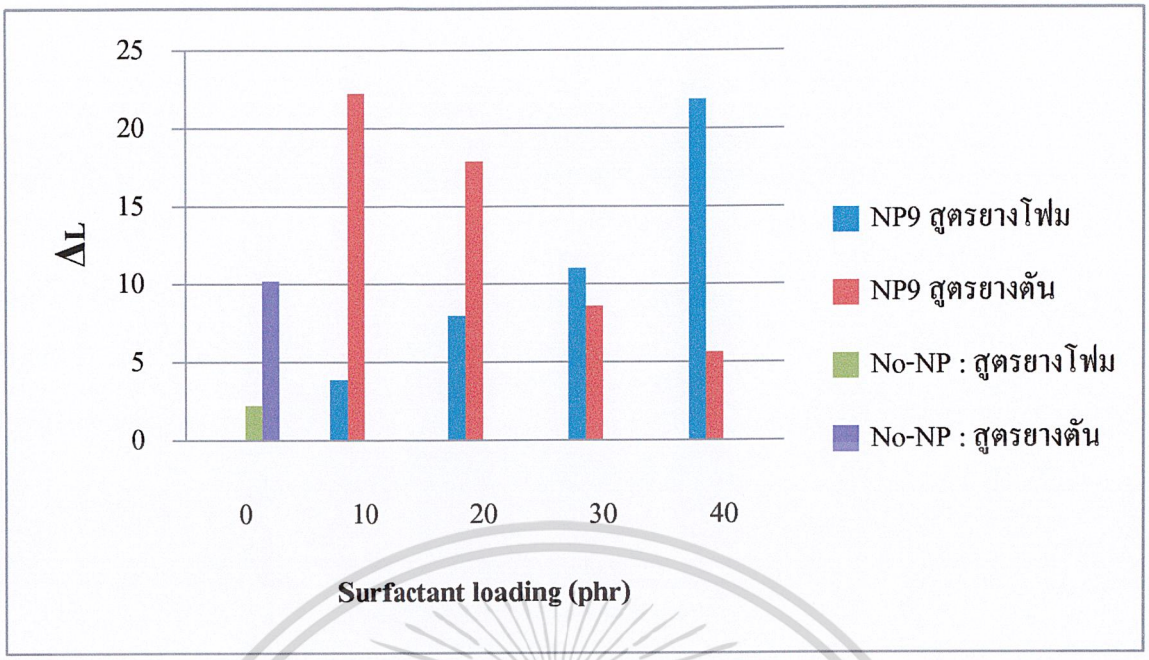
NP9 : 40 phrสูตรยางโฟม



NP9 : 40 phrสูตรยางตัน

รูปที่ 4.18 ผลของสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางโฟมและสูตรยางตันที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 ผลต่างของความสว่าง (ΔL) ระหว่างยางทำความสะอาดแม่พิมพ์ที่ใช้ NP9 เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางตันและสูตรยางโฟม ปริมาณ10-40 phrกับสูตรยางปกติที่ใส่และไม่ใส่สารให้ฟอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลองและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยการเติมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (Non-ionic Surfactants) ลงในสูตรยางโฟมและยางตันทำความสะอาดแม่พิมพ์แล้วทำการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสมบัติเชิงกล เวลาการเชื่อมโยง และประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแม่พิมพ์

ตอนที่ 1 จากการศึกษาผลของปริมาณและชนิดของสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางโฟมที่ผลต่อลักษณะการเชื่อมโยงและสมบัติเชิงกล

- พบว่าการใส่สารลดแรงตึงผิวลงไปในสูตรยางโฟมจะทำให้การเชื่อมโยงของยางเร็วขึ้น แต่ชนิดและปริมาณของสารลดแรงตึงผิวไม่มีผลต่อลักษณะการเชื่อมโยงและสมบัติเชิงกล เช่น Tensile strength, Tear strength, %Elongation at break, Rubber modulus (M100) และ Hardness อย่างมีนัย แต่จะมีผลต่อค่าแรงบิดสูงสุด (M_{HF}) คือเมื่อปริมาณสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าแรงบิดสูงสุด (M_{HF}) ต่ำลง

ตอนที่ 2 จากการศึกษาผลของสารลดแรงตึงผิวสูตรยางโฟมและยางตันที่มีผลต่อลักษณะการเชื่อมโยงและสมบัติเชิงกล

- พบว่าสารลดแรงตึงผิวมีผลต่อสมบัติเชิงกลและเวลาในการเชื่อมโยงในสูตรยางโฟมและสูตรยางตันต่างกัน ดังนี้
  - ยางตันที่ใส่สารลดแรงตึงผิว มีสมบัติเชิงกลด้อยลงเช่น Tensile strength, Tear strength, Rubber modulus (M100) เป็นต้น และเวลาในการเชื่อมโยงลดลงเล็กน้อย
  - ยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว มีสมบัติเชิงกลดีขึ้น เช่น Tensile strength, Tear strength, Rubber modulus (M100) เป็นต้น และ เวลาในการเชื่อมโยงลดลงอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 จากการศึกษาประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแม่พิมพ์

1. ผลของปริมาณและชนิดของสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางโฟม พบว่า
   - ปริมาณของสารลดแรงตึงผิวมีผลต่อประสิทธิภาพการทำความสะอาดคือถ้าปริมาณเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการทำความสะอาดจะดีขึ้น
   - สูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิว NP9 มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรยางโฟมที่ใส่สารลดแรงตึงผิวชนิดอื่นๆ ในปริมาณเท่ากัน
2. ผลของสารลดแรงตึงผิวในสูตรยางโฟมเทียบกับสูตรยางตัน พบว่า
   - ยางตันที่มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดดีที่สุด คือ ใส่สารลดแรงตึงผิว NP9 ปริมาณ 10 phr
   - ยางโฟมที่มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดดีที่สุด คือ ใส่สารลดแรงตึงผิว NP9 ปริมาณ 40 phr

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ศึกษาสารเติมแต่งชนิดอื่นๆ เช่น การเติมสารเพิ่มการยึดติด เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำความสะอาด
- ศึกษาชนิดของสิ่งสกปรกที่ยางทำความสะอาดแม่พิมพ์สามารถจะทำความสะอาดได้
- ศึกษาชนิดของแม่พิมพ์ที่ยางทำความสะอาดแม่พิมพ์สามารถจะทำความสะอาดได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Rubber Information Centre2552 .**สถิติของการใช้ยางในประเทศไทย** [Online].Available : http://www.rubbercenter.org/informationcenter/static/stat_thai.html

2. อิทธิพล แจ้งชัด. 2542 . **เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีการยาง**: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

3.พงษ์ธร แซ่อุย. 2548 .“ระบบการคงรูปด้วยเพอร์ออกไซด์,สารทำให้เกิดฟอง”.หน้า 12-19,หน้า 115-117.**สารเคมียาง**.กรุงเทพฯ.ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC).

4. chemplustrading.**Surfactant (สารลดแรงตึงผิว)** 2551[Online]. Available:http://www.chemplustrading.com/article01.html

5. Wikipedia. N**onylphenoxy (polyethyleneoxy) ethanol** [Online].Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Nonylphenol_ethoxylates

6. Wikipedia. **EtoxylatedNonylphenol**[Online].Available : http://en.wikipedia.org/wiki/(nonylphenoxy)polyethyleneoxide

7. ขนิษฐา ศรีประทุมและ มนต์สุดา บุรารักษ์.2546.**โครงงานพิเศษเรื่องการศึกษายางล้างแม่แบบสำหรับงานอุตสาหกรรม.**: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

8.ณัฐณิชา เฮงประภากร และ มลศิริ ชีประวัติชัย.2547.**โครงงานพิเศษเรื่องการปรับปรุงสมบัติของยางล้างแม่แบบสำหรับงานอุตสาหกรม.**: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

9. นพรัตน์ ศิริแก้วกาญจน์ ,ปรม ศรีวิสุทธิ์ และ อยุทธ์ วิทย์สุธรรมกุล. 2548 .**โครงงานพิเศษเรื่องการพัฒนาสูตรยางเพื่อลดต้นทุนยางล้างแม่แบบชนิดอัดขึ้นรูป**.ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

10. ปิยะ ดอกรักษ์,พงษ์ธาดา คุรุกิจกำจร และ สรวิชญ์ เบญจฤทธิวงศ์. 2549 .**โครงงานพิเศษเรื่องการพัฒนาสูตรยางล้างแม่พิมพ์ชนิดโฟม**.ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

11. ชนิตา สังขปรีชาและ สุมิตรา เซี่ยงจง. 2551 .**โครงงานพิเศษเรื่องการพัฒนาสูตรยางโฟมทำความสะอาดแม่พิมพ์สำหรับงานอุตสาหกรรม.**กรุงเทพฯ:ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

12. กิตติพงษ์ เรืองวัฒนานนท์ ,เฉลิมพล รูปปั้น และ ธนวัฒน์ จันทรัตน์. 2552 .**โครงงานพิเศษเรื่องการพัฒนาสูตรยางทำความสะอาดแม่พิมพ์สำหรับงานอุตสาหกรรม**.ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร โดยต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. พรพรรณ นิธิอุทัย. “สารเคมีสำหรับยาง.” ภาควิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์.คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี . ธันวาคม 2528.

14. พงศธรแซ่อุย .“สารเคมียาง.” ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค). เมษายน 2547

15. P.R. Dluzneski, Rubber Chem. Technol. 74, 2001. 451-……..

16.พงษ์ธร แซ่อุย.2547.“ยางเอทิลีนพรอพิลีนไดอีน (Ethylene-propylene DieneRubber,EPDM)”. **ยาง : ชนิด สมบัติ และการใช้งาน** .หน้า 45-48.กรุงเทพฯ.ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC).

17. ASTM D 412 Committee on standard “Standard Test Method for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Rubbers and Thermoplastic Elastomers Tension.”, Philadephia : American Society for Testing and Materials., 1992.

18. ASTM D 1646 Committee on standard “Standard Test Method for Rubber Vicosity, Stress Relaxation and Pre – Vulcanization Characteristics (Mooney Viscometer).”, Philadephia : American Society for Testing and Materials., 1994.

19. ASTM D 2240 Committee on standard “Standard Test Method for Rubber Property – Durometer Hardness.”, Philadephia : American Society for Testing and Materials., 1991.

20. Wikipedia. **EtoxylatedNonylphenol** [Online].Available :http://en.wikipedia.org/wiki/(nonylphenoxy)polyethyleneoxide

21. RodsmithLab **model** [Online]. Available :http://www.rodsmith.org.uk/photographic%20glossary/rods%20photographic%20glossaryL.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การวัดสีของยางล้างแม่พิมพ์ก่อนทำความสะอาดและหลังการทำความสะอาดครั้งที่ 1

ชื่อสาร (phr)	ทำความสะอาดแม่พิมพ์ครั้งที่ 1									
	ก่อน			หลัง			ΔL	ΔA	ΔB	ΔE
	L	A	B	L	A	B				
NP6:10	68.82	-0.89	4.16	66.32	-1.13	13.54	2.5	0.24	-9.38	9.71
NP6:20	77.14	-2.1	9.24	67.86	0.42	26.59	9.28	-2.52	17.35	19.84
NP6:30	79.37	-3.1	9.68	65.64	1.96	29.34	13.74	-5.06	-19.66	24.51
NP6:40	81.59	-0.96	10.91	63.43	3.5	30.12	18.16	-4.46	-19.21	26.81
NP10:10	84.1	-3.32	12.77	70.49	1.11	28.55	13.62	-4.43	-15.78	21.31
NP10:20	83.63	-3.35	12.48	67.21	4.25	29.98	16.42	-7.6	-17.50	25.17
NP10:30	80.49	-3.20	10.91	60.41	4.96	28.82	20.09	-8.16	-17.91	28.12
NP10:40	82.80	-3.65	12.6	61.41	5.07	28.69	21.39	-8.72	-16.09	28.15
NP9:10	67.77	-2.63	4.46	63.85	-0.35	18.89	3.92	-2.27	-14.43	15.12
NP9:20	78.57	-3.66	9.32	70.59	1.80	26.40	7.99	-5.46	-17.09	19.64
NP9:30	78.48	-1.70	9.49	67.42	2.67	26.63	11.06	-4.37	-17.15	20.87
NP9:40	80.21	-2.33	9.93	58.32	3.43	23.54	21.90	-5.76	-13.61	26.42
*NP9:10	82.03	-0.43	10.95	59.78	5.415	26.09	22.25	-5.84	-15.14	27.54
*NP9:20	83.435	-2.19	11.61	65.55	0.7	19.90	17.89	-2.90	-8.29	19.93
*NP9:30	82.70	-2.17	11.79	74.07	-0.83	16.09	8.63	-1.34	-4.3	9.73
*NP9:40	82.78	-1.72	10.95	76.51	-0.99	15.27	5.67	-0.73	-4.32	7.17
Foam	70.18	-2.85	6.31	67.92	1.63	20.29	2.26	-4.48	-13.99	14.86
Non-Foam	85.23	-1.21	11.9	74.99	-0.06	14.47	10.24	-1.15	-2.57	10.62

หมายเหตุ : * สูตรยางตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดสีของยางล้างแม่พิมพ์ก่อนทำความสะอาดและหลังการทำความสะอาดครั้งที่ 2

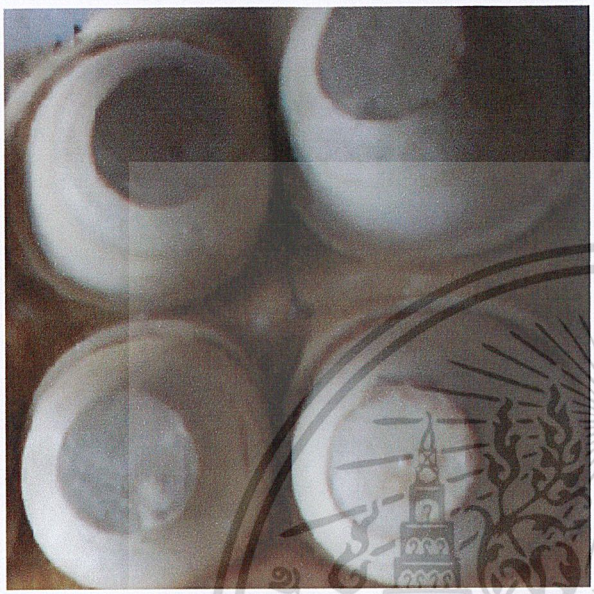
ชื่อสาร (phr)	ทำความสะอาดแม่พิมพ์ครั้งที่ 2									
	ก่อน			หลัง			ΔL	ΔA	ΔB	ΔE
	L	A	B	L	A	B				
NP6:10	68.4	-0.67	3.88	64.28	1.28	18.32	4.13	-1.94	-14.44	15.14
NP6:20	76.92	-1.59	8.86	63.82	4.14	27.24	13.1	-5.72	-18.38	23.28
NP6:30	78.35	-1.45	21.16	68.75	3.04	27.2	9.61	-4.49	-6.05	12.21
NP6:40	80.73	-1.42	10.88	64.8	5.80	29.34	15.93	-7.21	-18.46	25.43
NP10:10	82.91	-1.65	12.38	70.15	4.62	29.30	12.77	-6.26	16.92	22.1
NP10:20	83.13	-1.44	12.11	69.49	5.34	30.01	13.64	-6.77	-17.9	23.5
NP10:30	80.72	-1.36	10.73	64.84	5.44	29.08	15.88	-6.80	-18.35	25.2
NP10:40	82.50	-1.19	11.50	65.13	5.42	28.43	17.37	-6.61	-16.93	25.14
NP9:10	67.39	-1.32	3.72	60.88	0.80	19.49	6.52	-2.11	-15.78	17.2
NP9:20	76.9	-1.49	8.42	65.83	2.80	26.08	11.07	-4.28	-17.67	21.29
NP9:30	77.96	0.40	8.38	64.68	3.62	25.38	13.28	-3.22	-17	21.81
NP9:40	78.99	-0.21	8.80	69.98	2.26	23.82	9.02	-2.47	-15.02	17.69
*NP9:10	75.88	1.96	9.30	66.37	2.49	23	9.51	-0.54	-13.71	16.69
*NP9:20	81.26	0.99	10.13	73.275	0.75	23.79	7.99	0.25	-13.66	15.83
*NP9:30	80.87	1.07	9.87	72.82	-0.1	20.49	8.06	1.17	-10.62	13.38
*NP9:40	79.69	0.95	10.02	72.82	-1.18	16.68	6.87	2.12	-6.66	9.8
Foam	69.49	-0.73	5.82	67.46	-0.18	18.18	2.03	-0.55	-12.36	12.54
Non-Foam	82.51	1.89	10.56	73.84	-0.02	16.99	8.67	1.92	-6.44	10.98

หมายเหตุ : * สูตรยางตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

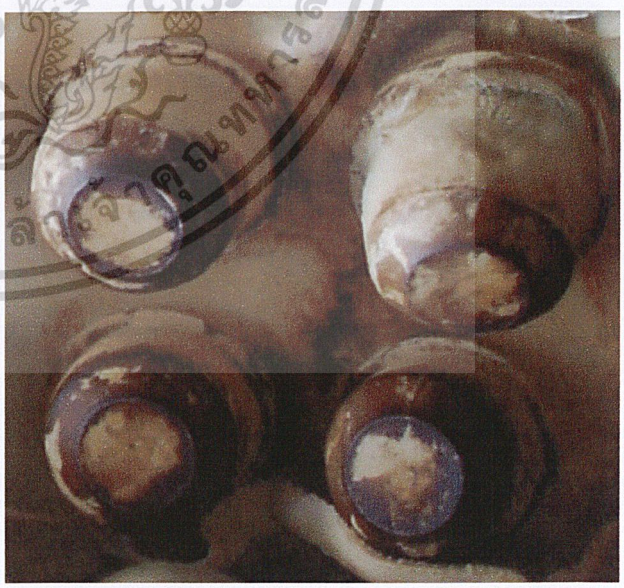
รูปชิ้นงานยางทำความสะอาดแม่พิมพ์หลังจากทำความสะอาด ครั้งที่ 1



NP6 :10 phrสูตรยางโฟม

NP10 : 10 phrสูตรยางโฟม

NP9 :10 phrสูตรยางโฟม

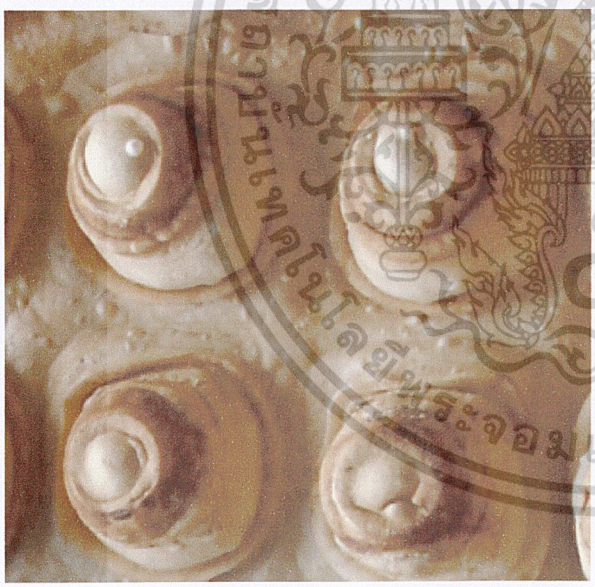


NP9 : 10 phrสูตรยางตัน

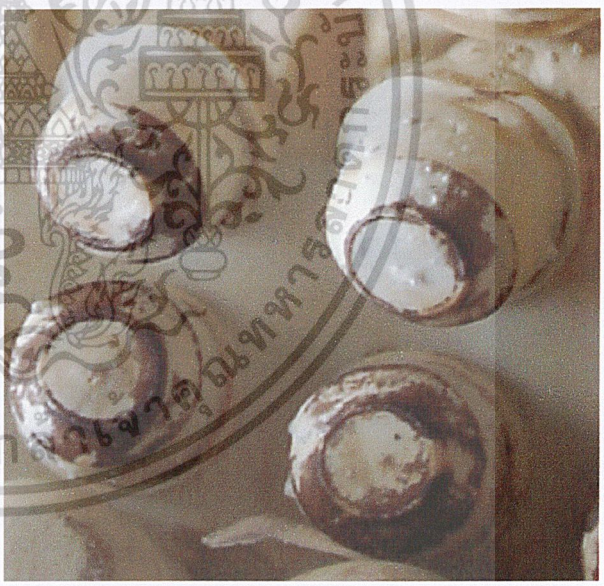
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NP6 :20 phrสูตรยางโฟม

NP10 : 20 phrสูตรยางโฟม



NP9 :20 phrสูตรยางโฟม

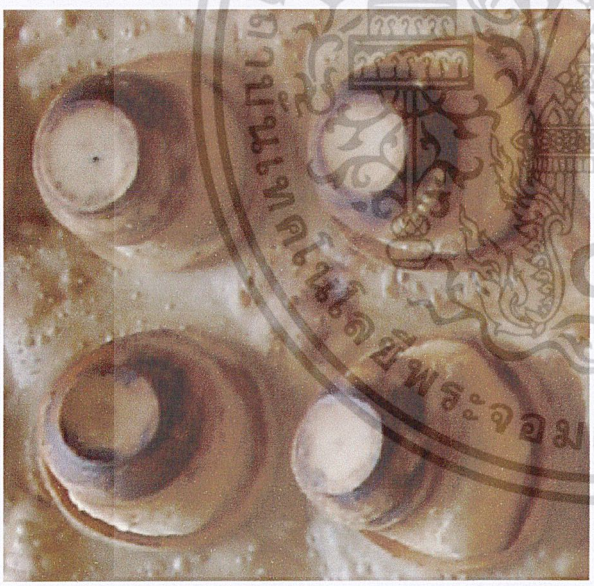


NP9 : 20 phrสูตรยางตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NP6 : 30phrสูตรยางโฟม

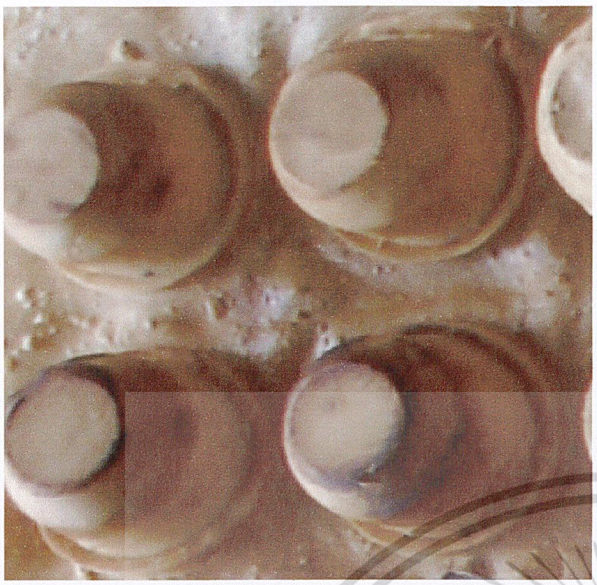
NP10 : 30phrสูตรยางโฟม



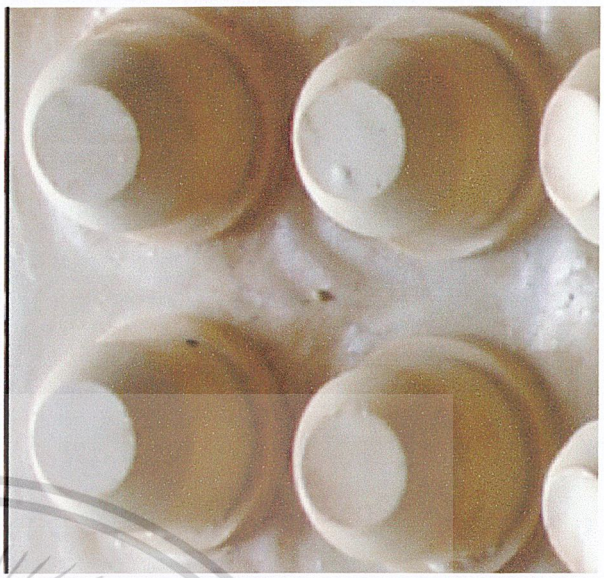
NP9 :30 phrสูตรยางโฟม

NP9 : 30 phrสูตรยางตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



NP6 :40 phrสูตรยางโฟม

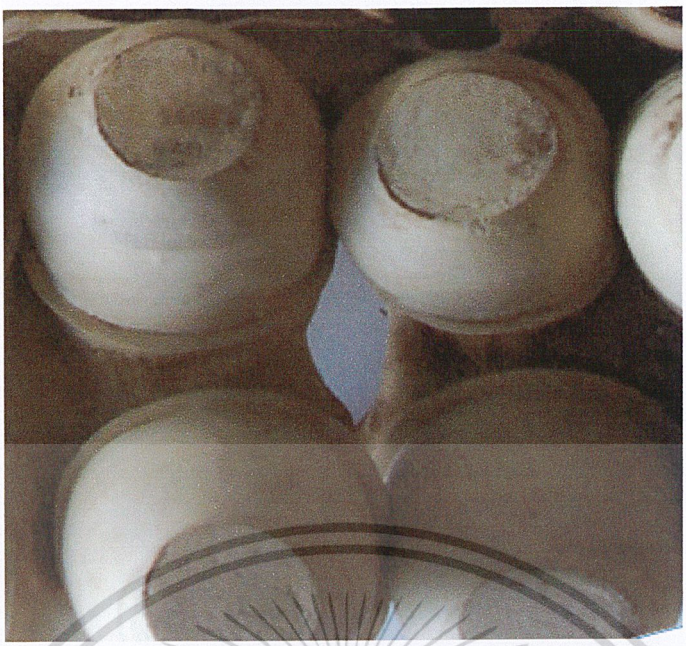


NP10 : 40 phrสูตรยางโฟม

NP9 :40 phrสูตรยางโฟม

NP9 : 40 phrสูตรยางตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



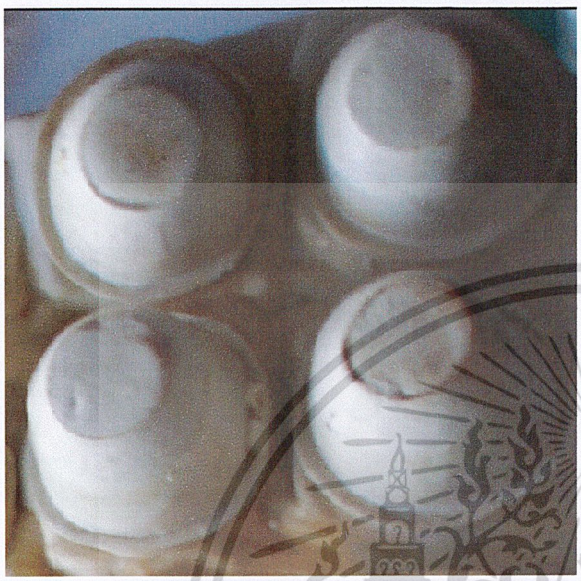
สูตรไม่ใส่สารลดแรงตึงผิว : สูตรยางโฟม

สูตรไม่ใส่สารลดแรงตึงผิว : สูตรยางตัน

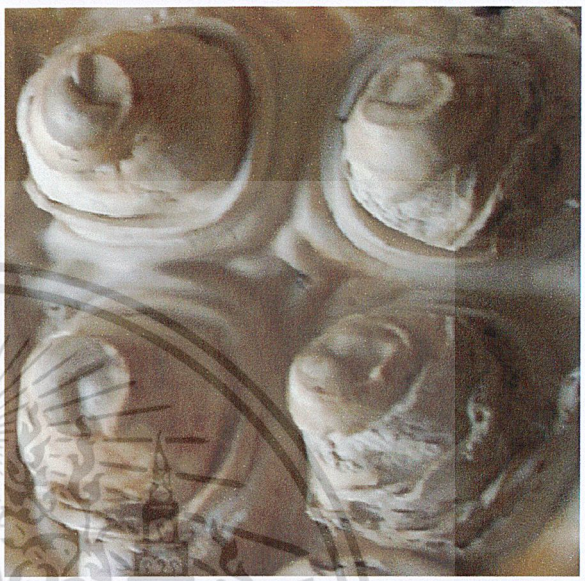
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

รูปชิ้นงานยางทำความสะอาดแม่พิมพ์หลังจากทำความสะอาด ครั้งที่ 1



NP6 :10 phrสูตรยางโฟม



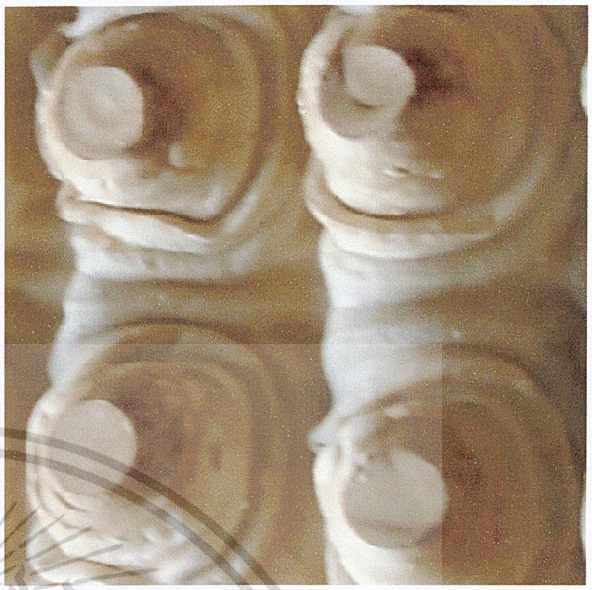
NP10 : 10 phrสูตรยางโฟม

NP9 :10 phrสูตรยางโฟม

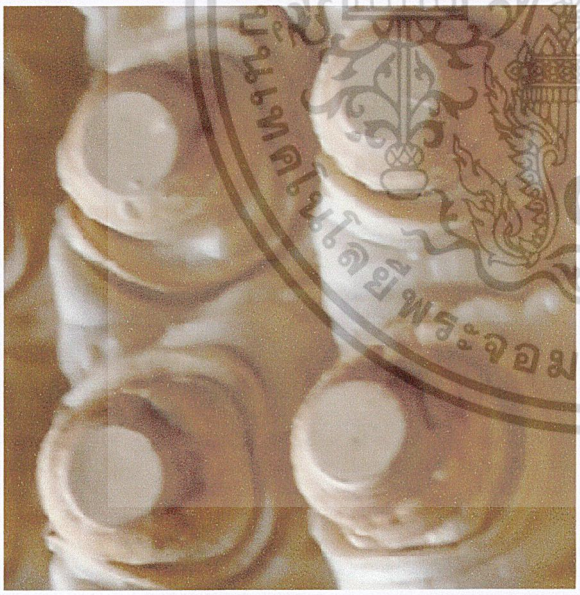
NP9 : 10 phrสูตรยางตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

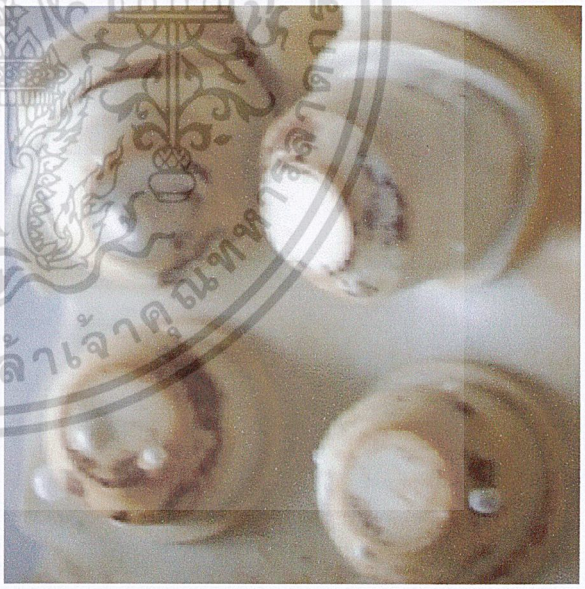
NP6 :20 phrสูตรยางโฟม



NP10 : 20 phrสูตรยางโฟม



NP9 :20 phrสูตรยางโฟม

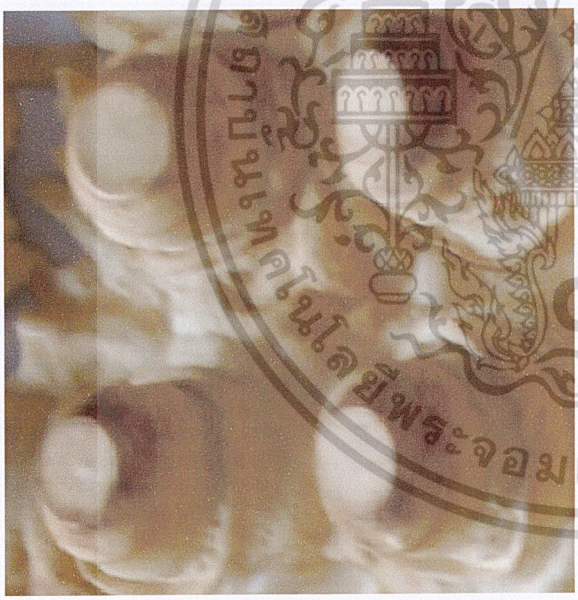


NP9 : 20 phrสูตรยางตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NP6 : 30phrสูตรยางโฟม

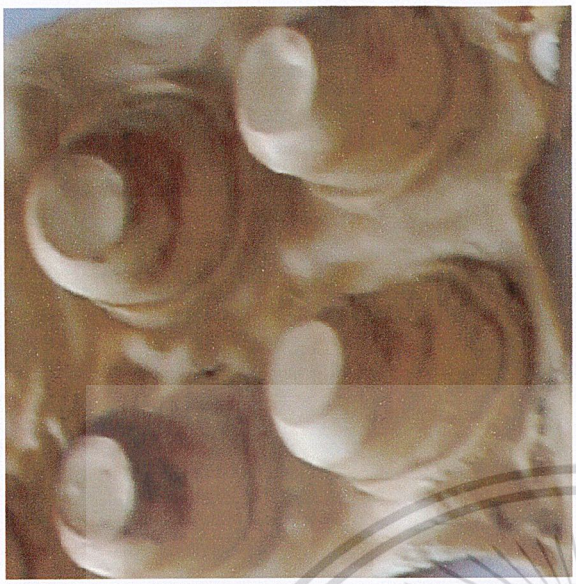
NP10 : 30phrสูตรยางโฟม



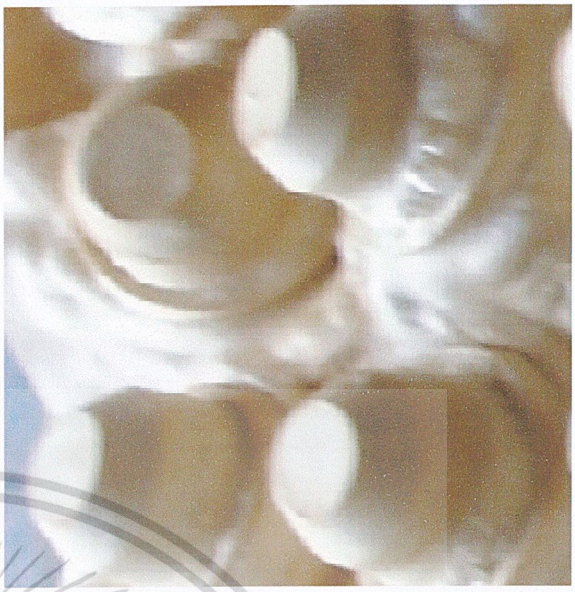
NP9 :30 phrสูตรยางโฟม

NP9 : 30 phrสูตรยางตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



NP6 :40 phrสูตรยางโฟม



NP10 : 40 phrสูตรยางโฟม

NP9 :40 phrสูตรยางโฟม

NP9 : 40 phrสูตรยางตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรไม่ใส่สารลดแรงตึงผิว : สูตรยางโฟม

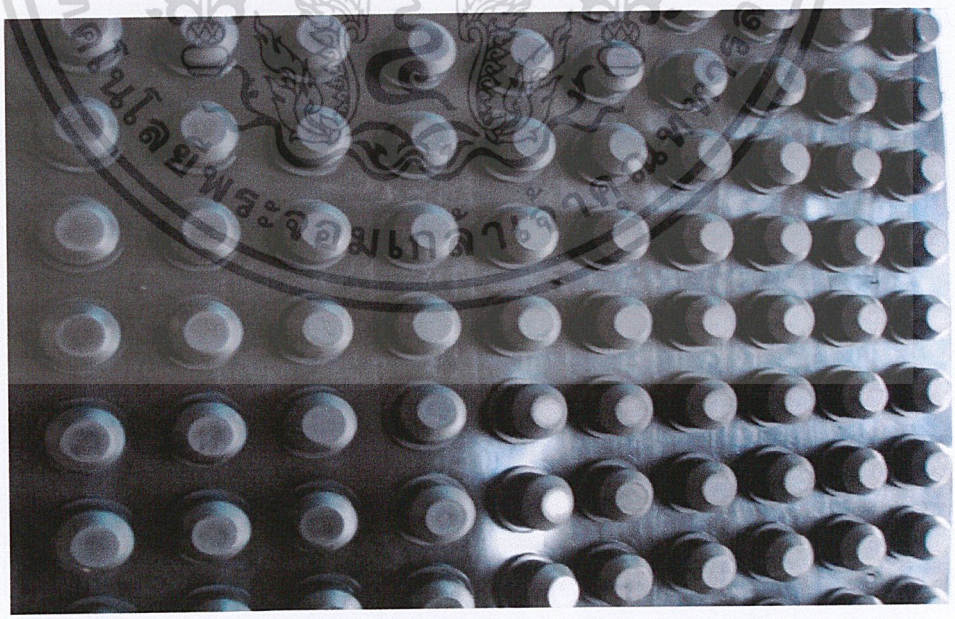
สูตรไม่ใส่สารลดแรงตึงผิว : สูตรยางตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

รูปชิ้นงานก่อนและหลังการทำความสะอาด

ชิ้นงานชุดสุดท้ายก่อนการทำความสะอาดแม่พิมพ์



ชิ้นงานชุดแรกหลังการทำความสะอาดแม่พิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

Rhodia

Product Specification

Beijing Rhodia Eastern Chemical Co.,Ltd

FS Code	BP2061 BP2062 BP2063	Trade Name NP 6 (IGEPAL CO-530)	Version Issue Date	01 Nov 05 04

Test description	Test Method	Specification	
		Min	Max
Appearance (25°C)	RP-0064	Clear to slight hazy liquid	
Color, APHA	RP-0134		100
Moisture(Karl Fisher), %	RP-0327		0.5
Cloud Point (1% in 12.5% IPA/Water),°C	RP-0118	50.0	60.0
Neutralization Number (pH=7), mgKOH/g	RP-0343		0.3

Approved by Technology_____ Approved by lab _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Rhodia

SAFETY DATA SHEET

NP 6 Page: 1 / 9

Date/Revision: 02/06/2010 Version: 1 Cancels and replaces version:

1 Product and company identification.

PRODUCT NAME	:	NP 6
Use	:	Emulsifier. Surfactants for various applications.
SUPPLIER	:	Manufacturer :
Name	:	Beijing Rhodia Eastern Chemical Co., Ltd.
Address	:	178 Binhe Road, Tongzhou District, Beijing 101101, China
Telephone number	:	+86 10 6156 1321
Telefax number	:	+86 10 6156 1325
E-mail	:	Information.FDS@eu.rhodia.com
EMERGENCY TELEPHONE NUMBER		**Multi Lingual Emergency Number (24/7)** **Europe / America / Africa: +44 1235 239 670 (UK)** **Asia Pacific: +65 3158 1074 (Singapore)** **Middle East & Africa (speaking Arabic): +44 1235 239 671 (UK)** **China: +86 10 5100 3039 (Beijing) [*]**

2 Hazards identification

MOST IMPORTANT HAZARDS

Adverse human health effects	:	Irritating to eyes and skin.
Environmental effects	:	Toxic to aquatic organisms. May cause long-term adverse effects to the aquatic environment.
Physical and chemical hazards		
- Fire or explosion	:	Does NOT present any particular fire hazard.
	:	On combustion, toxic gases are released.
- Further hazards	:	Hazardous reactions may occur on contact with certain chemicals. (Refer to the list of incompatible materials section 10: "Stability-Reactivity").
Specific hazards	:	According to EC criteria, this product is classified as : - IRRITANT. - DANGEROUS FOR THE ENVIRONMENT.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rhodia

SAFETY DATA SHEET

3 Composition / information on ingredients

>> SUBSTANCE

Common chemical name	:	Nonyl phenoxy (polyethyleneoxy)ethanol.
CAS number	:	68412-54-4

4 First-aid measures

Inhalation	:	Not specifically applicable.
Skin contact	:	Remove all contaminated clothing and footwear. Wash with soap and water. Wash immediately and thoroughly for a prolonged period (at least 15 minutes). In case of inflammation (redness, irritation, ...) obtain medical attention. Show this sheet to the doctor.
Eye contact	:	Immediately rinse with plenty of running water for a prolonged period, (at least 15 minutes) whilst keeping the eyes wide open If irritation persists, consult a doctor. Show this sheet to the doctor.
Ingestion	:	NEVER attempt to induce vomiting. Rinse mouth out with water.
Further information	:	Use appropriate protective equipment when treating a contaminated person. Place contaminated clothing in a sealed bag for disposal.

5 Fire - fighting measures

Extinguishing media

- Suitable	:	Water spray Multi-purpose powders Foam Carbon dioxide (CO_2)
- Not suitable	:	Strong water jet.
Specific hazards	:	Combustible. However, does not present any particular risk in the event of a fire. During combustion: Toxic gases are released.
Specific fire fighting methods	:	Contain the extinguishing fluids by bunding (the product is hazardous for the environment).
Protection of fire-fighters	:	Self-contained breathing apparatus. Boots, gloves, goggles.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rhodia

SAFETY DATA SHEET

6 Accidental release measures

Personal precautions : Avoid contact with skin and eyes.
Personal protective equipment:
- appropriate gloves.
- safety glasses.
- suitable protective clothing.
Stop the leak. Turn leaking containers leak-side up to prevent the escape of liquid.

Environmental precautions :
DO NOT discharge into drains or rivers (product is hazardous for the environment).
Contain the spilled material by bunding.

Methods for cleaning up
- Recovery : Absorb the product onto porous material.
Sweep up or vacuum up the product.
Collect up the product and place it in a spare container:
- suitably labelled.
Keep the recovered product for subsequent disposal.

- Cleaning/Decontamination : Wash contaminated area with large amounts of water.
Recover the cleaning water for subsequent disposal.

- Disposal : Dispose of materials or solid residues at an authorized site.

Further information : Warning: this product may cause the floor to be slippery

7 Handling and storage

HANDLING

Technical measures : Does not require any specific or particular measures.

Measures : Does not require any particular or specific measures. Respect the general rules for occupational hygiene.

Safe handling advice : Handle and use in accordance with good occupational hygiene and safety practice.

STORAGE

Technical measures : Take all necessary measures to avoid accidental discharge of products into drains and waterways due to the rupture of containers or transfer systems.

Storage conditions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rhodia

SAFETY DATA SHEET

- Recommended	:	Stable under normal storage conditions. Store: - at temperatures of between 15°C and 49°C. - protected from humidity. - in a well-ventilated area - away from any source of ignition. - away from incompatible materials.
Incompatible products	:	Strong oxidizing agents. Strong reducing agents.
Packaging	:	Product must only be kept in the original packaging.
Packaging materials		
- Recommended	:	Plastic materials.

8 Exposure controls / personal protection

Engineering measures	:	No specific measures are required provided the product is handled in accordance with the general rules of occupational hygiene and safety.
Personal protective equipment		
- Hand protection	:	Neoprene protective gloves. Use suitable chemical-resistant protective gloves (compliant with Standard EN 374-1) The selection of gloves must take into account the extent and duration of use at the workstation. Protective gloves must be chosen according to the function of the work station: other chemicals which may be handled, physical protection necessary (resistance to cutting, puncture, heat), dexterity required. Contact a supplier whose gloves are approved to Standard EN 374-1.
- Eye protection	:	Safety spectacles.
- Skin and body protection	:	Protective clothing.
- Selection criteria	:	Personal protective equipment must be defined after risk assessment for the workstation. Protective equipment must be chosen according to current CEN standards and in cooperation with the supplier of protective equipment.
Collective emergency equipment	:	Emergency equipment and first-aid box with instructions readily available. Safety shower. Eye fountain.
Hygiene measures	:	Always wash your hands after handling the product. Do NOT eat or drink in the workplace.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rhodia

SAFETY DATA SHEET

9 Physical and chemical properties

APPEARANCE		
- Physical state	:	Liquid.
- Form	:	viscous.
- Colour	:	slightly yellow.
Odour	:	characteristic.
pH	:	6 - 8 (Aqueous solution - 10g/100 ml).
Specific temperatures		
- Boiling	:	> 200°C.
Flammability characteristics		
- Flash point	:	> 93°C
Oxidizing properties	:	Not considered as oxidizing. (evaluation by structure-activity relationship)
Specific gravity	:	Approx. 1040 kg/m3 at 25°C.
Solubility		
- in water	:	Very slightly soluble.
- in organic solvents	:	Soluble in: - organic polar solvents. - aromatic hydrocarbons.

10 Stability and reactivity

Stability	:	Stable under normal conditions of use.
Hazardous reactions		
- Conditions to avoid	:	No dangerous reactions known under normal conditions of use.
- Materials to avoid	:	- strong oxidizing agents. - strong reducing agents.
- Hazardous decomposition products	:	On combustion or on thermal decomposition (pyrolysis) releases: (Carbon oxides (CO + CO2)).

11 Toxicological information

Acute toxicity		
	:	LD50 dermal (Rabbit) > 3000 mg/kg (Results based on a similar product). (Published data). By analogy to be considered to be : Not classified as harmful if swallowed (Unpublished reports) (CESIO)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rhodia

SAFETY DATA SHEET

Local effects : to be considered to be :
Irritating to the skin. (Rabbit)
(Unpublished internal reports)
to be considered to be :
Irritating to the eyes.
(Unpublished reports)

Sensitisation : no cutaneous sensitisation reaction observed (Guinea-pig)
(Magnusson and Kligman method)
(Published data).

Repeated dose toxicity : Repeated dose toxicity (28 days) (Rat)
No toxic effects observed at a dose of up to 2,5 %
(Unpublished internal reports)

Specific effects
- Mutagenicity : No information available.

12 Ecological information

MOBILITY
Expected behaviour of the product : Ultimate destination of the product : WATER.
BIODEGRADABILITY
- Ultimate aerobic biodegradability : By analogy : To be considered to be :
Not readily biodegradable.
(Unpublished internal reports)

BIOACCUMULATION
Octanol/water partition coefficient : Not applicable (tensio-active)
ECOTOXICITY
Effects on the aquatic environment : By analogy : To be considered to be :
Toxic to aquatic organisms tested.
(Published data).

13 Disposal considerations

RESIDUES FROM PRODUCT
Prohibition : Discharging waste into rivers and drains is forbidden.
Destruction/Disposal : Dispose of in accordance with relevant local regulations.
CONTAMINATED PACKAGING
Prohibition : Do not dispose of the product at a rubbish tip.
Decontamination/cleaning : Completely empty the packaging prior to decontamination.
Carefully drain and then steam clean.
Destruction/Disposal : Recycle following cleaning or dispose of at an authorised site.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rhodia

SAFETY DATA SHEET

FURTHER INFORMATION	:	In accordance with RID/ADR regulations containers or tankers, which have not been cleaned or deodorized and which previously contained a hazardous product, must either be labelled or have hazard signs.
NOTE	:	The user's attention is drawn to the possible existence of local regulations regarding disposal.

14 Transport information

INTERNATIONAL REGULATIONS

Land

- Rail/road (RID/ADR) : UN number: 3082
  Proper Shipping Name (Technical Name) : ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, LIQUID, N.O.S. (NONYL PHENOXY (POLYETHYLENEOXY) ETHANOL)
  Labelling: 9.
  Packing group: III.
  ADR tunnel category : (E)
  Class/Division : 9
  Environmentally hazardous mark : YES
  Hazard identification number: 90

Sea (IMO/IMDG) : UN Number: 3082
Proper Shipping Name (Technical Name) : ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, LIQUID, N.O.S. (NONYL PHENOXY (POLYETHYLENEOXY) ETHANOL)
Labelling: 9.
Packing group: III.
Class/Division : 9
Marine pollutant (environmentally hazardous mark) : YES
Emergency schedule (EmS): F-A, S-F.

Air (ICAO-IATA) : UN number: 3082
Proper Shipping Name (Technical Name) : ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, LIQUID, N.O.S. (NONYL PHENOXY (POLYETHYLENEOXY) ETHANOL)
Labelling: 9.
Packing group: III.
Class/Division : 9
Environmentally hazardous mark : YES
Passenger aircraft : Packing instruction: 914 - Maximum net quantity per package: 450 L
Cargo aircraft : Packing instruction: 914 - Maximum net quantity per package: 450 L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rhodia

SAFETY DATA SHEET

NOTE	:	The above regulatory prescriptions are those valid on the date of publication of this sheet. Given the possible evolution of transport regulations for hazardous materials, it would be advisable to check their validity with your sales office.

15 Regulatory information

LABELLING

EC regulations	:	Mandatory labelling (self-classification) of hazardous substances: **APPLICABLE**
- Identification of the hazardous product	:	Chemical name of the substance : Nonyl phenoxy (polyethyleneoxy)ethanol. EC N° : Not applicable
- Classifications/Symbols	:	**- DANGEROUS FOR THE ENVIRONMENT (N)** **- IRRITANT (Xi)**
- R phrases	:	R 36/38: Irritating to eyes and skin. R 51/53: Toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.
- S phrases	:	S 24/25 : Avoid contact with skin and eyes. S 61: Avoid release to the environment. Refer to special instructions/Safety data sheet.
Market limitation	:	Regulation (EC) no 1907/2006 of the European parliament and of the council Of 18 December 2006 - ANNEX XVII Restrictions on the manufacture, placing on the market and use of certain dangerous substances, preparations and articles
Further information	:	This product is labelled in accordance with current CESIO recommendations regarding toxicity and ecotoxicity data.
NOTE	:	The regulatory information given above only indicates the principal regulations specifically applicable to the product described in the Safety Data Sheet. The user's attention is drawn to the possible existence of additional provisions which complete these regulations. Refer to all applicable national, international and local regulations or provisions.

16 Other information

Registration numbers	:	Registered in the Chinese inventory
* Update	:	This sheet was updated (refer to the date at the top of this page).Subheadings and text which have been modified since the previous version are indicated with an asterisk (*).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rhodia

SAFETY DATA SHEET

This safety data sheet should be used in conjunction with technical sheets. It does not replace them. The information given is based on our knowledge of this product, at the time of publication. It is given in good faith. The attention of the user is drawn to the possible risks incurred by using the product for any other purpose other than that for which it was intended. This does not in any way excuse the user from knowing and applying all the regulations governing his activity. It is the sole responsibility of the user to take all precautions required in handling the product. The aim of the mandatory regulations mentioned is to help the user to fulfil his obligations regarding the use of hazardous products. This information is not exhaustive. This does not exonerate the user from ensuring that legal obligations, other than those mentioned, relating to the use and storage of the product, do not exist.This is solely his responsibility.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกฉ.

Rhodia

Product Specification

Beijing Rhodia Eastern Chemical Co.,Ltd

FS Code	BP2101A BP2102A BP2103A	Trade Name **NP 10**	Version Issue Date	01 Sep 17 04

Test description	Test Method	Specification	
		Min	Max
Appearance (25°C)	RP-0064	Clear to slight hazy liquid	
Color, APHA	RP-0134		60
pH (10% solution)	RP-0420	6.0	8.0
Moisture (Karl Fisher), %	RP-0327		0.3
Cloud Point (1% solution), °C	RP-0124	61.0	67.0
Neutralization Number (pH=7), mgKOH/g	RP-0343		0.4

Approved by Technology _____ Approved by lab _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATERIAL SAFETY DATA

Rhodia Asia Pacific Pte. Ltd.
Singapore Technical Centre. 51 Science Park Road, #04-01/09 The Aries, Singapore Science Park II, Singapore 117586. TEL : (65) 6 775 0833 FAX : (65) 6 773 1641

NP 10

I – PRODUCT AND COMPANY DESCRIPTION

MANUFACTURER / SUPPLIER:
Beijing Rhodia Eastern Chemical Co., Ltd.
178 Binhe Road, Tongzhou District, Beijing 101101, China.
TEL: (86-10) 6156 1321 FAX: (86-10) 6156 1325

EMERGENCY CONTACT NUMBER:
FOR EMERGENCY INVOLVING A SPILL, LEAK, FIRE, EXPOSURE OR ACCIDENT CONTACT:
TEL: 010 6156 1321-3085 / 135 0139 6367 [China]

CHEMICAL NAME OR SYNONYM:
Nonylphenoxy Poly(Ethyleneoxy)Ethanol, Branched

II – COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS

COMPONENTS	CASRN	OSHA HAZARD	WT%
Ethoxylated Nonylphenol, Branched	68412-54-4	Y	>99.5

III – HAZARDS IDENTIFICATION

A. EMERGENCY OVERVIEW:
PHYSICAL APPEARANCE AND ODOUR: Clear to slightly hazy viscous liquid, aromatic odour.
WARNING STATEMENTS: WARNING!! SEVERE SKIN AND EYE IRRITANT.

B. POTENTIAL HEALTH EFFECTS:
ACUTE EYE: Severe irritant. Can cause redness, irritation, tearing, pain.
ACUTE SKIN: Low acute dermal toxicity. Irritant. Can cause redness, inflammation, irritation, on prolonged contact.
ACUTE INHALATION: Inhalation not likely. Mists may cause upper respiratory tract irritation.
ACUTE INGESTION: Low acute oral toxicity. May cause nausea, diarrhoea, abdominal cramps.
CHRONIC EFFECTS: This product does not contain any ingredient designated by IARC, NTP, ACGIH or OSHA as probable or suspected human carcinogens.

IV - FIRST AID MEASURES

FIRST AID MEASURES FOR ACCIDENTAL:
EYE EXPOSURE: Hold eyelids open and flush with a steady, gentle stream of water for at least 15 minutes. Seek medical attention.
SKIN EXPOSURE: In case of contact, immediately wash with plenty of soap and water for at least 5 minutes. Seek medical attention. Remove contaminated clothing and shoes. Clean contaminated clothing and shoes before re-use.
INHALATION: Inhalation is not an expected route of exposure. If respiratory irritation or distress occurs, remove victim to fresh air. Seek medical attention if respiratory irritation or distress continues.
INGESTION: If victim is conscious and alert, give 1 – 2 glasses of water to drink. Do not give anything by mouth to an unconscious person. Seek medical attention. Do not leave victim unattended.

MEDICAL CONDITIONS POSSIBLY AGGRAVATED BY EXPOSURE:
Skin contact may aggravate existing skin disease.

NOTES TO PHYSICIAN:
All treatments should be based on observed signs and symptoms of distress in the patient. Consideration should be given to the possibility that overexposure to materials other than this product may have occurred.
Treat symptomatically. No specific antidote available.

V - FIRE FIGHTING MEASURES

FIRE HAZARD DATA:
FLASH POINT: > 93 °C (200 °F). METHOD USED: Pensky-Martens Closed Cup
Flammability Class: WILL BURN.
FLAMMABILITY LIMITS (vol/vol%): Lower = No Data Upper = No Data
EXTINGUISHING MEDIA: Recommended: Dry chemical, Carbon Dioxide, foam.

Rhodia

*Product Specifications, Technical Service and Safety information are issued as a guide to the properties and applications of chemicals supplied by **Rhodia Asia Pacific Pte. Ltd.**. Every care is taken in compiling this information in good faith. No guarantees are made to the reliability or completeness of the information. **Rhodia Asia Pacific Pte. Ltd.** can assume no responsibility incurred, with regard to either results obtained or patent infringement.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIAL FIRE FIHTIING PROCEDURES:
Fire fighters should wear NIOSH / MSHA approved self-contained breathing apparatus and full protective clothing.

UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARDS:
Product will burn under fire conditions.

HAZARDOUS DECOMPOSITION MATERIALS (UNDER FIRE CONDITIONS):
Smoke and oxides of Carbon.

VI – ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

EVACUATION PROCEDURES AND SAFETY:	Wear appropriate protective gear for the situation. See Personal Protection information in Section VIII.
CONTAINMENT OF SPILL:	Follow procedure described below under CLEANUP AND DISPOSAL OF SPILL.
CLEANUP AND DISPOSAL OF SPILL:	Absorb with an inert absorbent. Shovel up into an appropriate closed container (see Section VII, Handling and Storage).
ENVIRONMENTAL AND REGULATORY REPORTING:	Do not flush to drain. Spills may be reportable to the National Response Centre and to state and / or local agencies.

VII – HANDLING AND STORAGE

MINIMUM / MAXIMUM STORAGE TEMPERATURES: 15 – 49 °C (59 – 120 °F).

HANDLING: Avoid breathing vapours and mists. Avoid direct or prolonged contact with skin and eyes. Use non-sparking tools and grounded / bonded equipment and containers when transferring. In cold weather, this product may stratify and freeze. This does not damage the product. If freezing occurs, thaw and remix before using. Frozen material may be thawed in a warm room. Avoid localised overheating. Vent drums while heating. Mix thoroughly to assure homogeneity.

Ethylene oxide may collect in container head space. Although concentrations are expected to remain below established exposure limits, provide adequate ventilation when accessing or working with open containers and tanks.

STORAGE: Store in tightly closed containers. Store in an area that is dry, well ventilated, away from ignition sources, away from incompatible materials (See Section X. Stability and Reactivity). Expected shelf life if stored at recommended temperatures: 730 days.

VIII – EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

INTRODUCTORY REMARKS:
These recommendations provide general guidance for handling this product. Because specific work environments and material handling practices vary, safety procedures should be developed for each intended application. While developing safe handling procedures, do not overlook the need to clean equipment and piping systems for maintenance and repairs. Waste resulting from these procedures should be handled in accordance with Section XIII: Disposal Considerations.

Assistance with selection, use and maintenance of worker protection equipment is generally available from equipment manufacturers.

EXPOSURE GUILDLINES:	No exposure limits were found for this product or any of its ingredients.
ENGINEERING CONTROLS:	Where engineering controls are indicated by use conditions or a potential for excessive exposure exists, the following traditional exposure control techniques may be used to effectively minimise employee exposures: general area dilution / exhaust ventilation.
RESPIRATORY ROTECTION:	When respirators are required, select NIOSH / MSHA approved equipment based on actual or potential airborne concentrations and in accordance with the appropriate regulatory standards and / or industrial recommendations. For reasonably foreseeable industrial end uses of this material, respiratory protection should not be necessary.
EYE / FACE PROTECTION:	Eye and face protection requirements will vary dependent upon work environment conditions and material handling practices. Appropriate ANSI Z87 approved equipment should be selected for the particular use intended for this material. Eye contact should be prevented through the use of chemical safety glasses with side shields or splash proof goggles. Emergency eyewash must be readily accessible to the work area.
SKIN PROTECTION:	Skin contact should be minimised through the use of gloves and suitable long-sleeved clothing (i.e. shirts and pants). Consideration must be given both to durability as well as permeation resistance.

Rhodia

*Product Specifications, Technical Service and Safety information are issued as a guide to the properties and applications of chemicals supplied by **Rhodia Asia Pacific Pte. Ltd.** Every care is taken in compiling this information in good faith. No guarantees are made to the reliability or completeness of the information. **Rhodia Asia Pacific Pte. Ltd.** can assume no responsibility incurred, with regard to either results obtained or patent infringement.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WORK PRACTICE CONTROLS: Personal hygiene is an important work practice exposure control measure and the following general measures should be taken when working with or handling this material:

1. Do not store, use, and / or consume foods, beverages, tobacco products, or cosmetics in areas where this material is stored.
2. Wash hands and face carefully before eating, drinking, using tobacco, applying cosmetics, or using the toilet.
3. Wash exposed skin promptly to remove accidental splashes of contact with the material.

IX - PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

APPEARANCE:	Clear to slightly hazy viscous liquid				
pH (10% Aq. Soln.):	6.0 – 8.0	BOILING POINT:	> 200 °C @ 760 mmHg	ODOUR:	Aromatic odour.
H2O SOLUBILITY:	Soluble	FREEZING POINT:	< -4 to 5 °C	SPECIFIC GRAVITY:	1.06 @ 25 °C
PERCENT VOLATILE:	< 0.5	MELTING POINT RANGE:	N. Av.	VAPOUR PRESSURE:	< 0.01 mmHg @ 25 °C
VISCOSITY:	190 – 300 cps @ 25 °C@ 25 °C. 12 – 14 cps @ 100 °C				

X – STABILITY AND REACTIVITY

STABILITY:	Stable under normal handling and storage conditions described in Section VII.
CONDITIONS TO AVOID:	Excessive heat, open flame, spark.
MATERIALS TO AVOID:	Strong oxidising agents and strong reducing agents.
HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS:	Thermal decomposition produces smoke and oxides of Carbon.
HAZARDOUS POLYMERISATION:	Will not occur.

XI – TOXICOLOGY INFORMATION

ACCUTE EYE IRRITATION:	Eye = eye irritation, rabbit. Severely irritating.
ACCUTE SKIN IRRITATION:	Skin = skin irritation, rabbit. Severely irritating. Skin = skin sensitisation, 100%, human. (At 48 hrs) Non-irritating. Not sensitising.
ACCUTE DERMAL TOXICITY:	LD50 = lethal dose 50% of test species, 4400 mg/Kg, rabbit.
ACCUTE RESPIRATORY IRRITATION:	No test data found for product.
ACCUTE INHALATION TOXICITY:	No test data found for product.
ACCUTE ORAL TOXICITY:	LD50 = lethal dose 50% of test species, 3000 mg/Kg, rabbit.
CHRONIC TOXICITY:	This product does not contain any substances that are considered by OSHA, NTP, IARC or ACGIH to be "probable" or "suspected" human carcinogens. No additional data found for product.

XII – ECOLOGICAL INFORMATION

ECOTOXICOLOGICAL INFORMATION:	LC50 = lethal concentration 50% of test species, >10 mg/L/96 hr, bluegill sunfish (Lepomis Macrochirus). [Data for specific ingredients.]
CHEMICAL FATE INFORMATION:	Not readily biodegradable.

XIII – DISPOSAL CONSIDERATIONS

WASTE DISPOSAL METHOD:
Chemical additions, processing or otherwise altering this material may make the waste management information presented in the MSDS incomplete, inaccurate or otherwise inappropriate. Please be advised that state and local requirements for waste disposal may be more restrictive or otherwise different from federal laws and regulations. Consult state and local regulations regarding the proper disposal of this material.

CONTAINER HANDLINGN AND DISPOSAL:
Any containers or equipment used should be decontaminated immediately after use.

EPA HAZARDOUS WASTE:
NO.

XIV – TRANSPORTATION INFORMATION

TRANSPORTATION STATUS: IMPORTANT! Statements below provide additional data on listed DOT Classification.
The listed Transportation Classification does not address regulatory variations due to changes in package size, mode of shipment or other regulatory descriptors.

Rhodia

Product Specifications, Technical Service and Safety information are issued as a guide to the properties and applications of chemicals supplied by ***Rhodia Asia Pacific Pte. Ltd.****. Every care is taken in compiling this information in good faith. No guarantees are made to the reliability or completeness of the information.* ***Rhodia Asia Pacific Pte. Ltd.*** *can assume no responsibility incurred, with regard to either results obtained or patent infringement.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION:
Shipping Name: NOT REGULATED.

XV – REGULATORY INFORMATION

INVENTORY STATUS

Inventory	Status
United States (TSCA)	Y
Canada (DSL)	Y
Europe (EINECS / ELINCS)	P
Australia (AICS)	Y
Japan (METI)	Y
South Korea (KECL)	Y

Y = All ingredients are on the inventory.
E = All ingredients are on the inventory or exempt from listing.
P = One or more ingredients fall under the polymer exemption or are on the no longer polymer list. All other ingredients are on the inventory or exempt from listing.
N = Not determined or one or more ingredients are not on the inventory and are not exempt from listing.

FEDERAL REGULATIONS:

Inventory Issues: All functional components of this product are listed on the TSCA Inventory

SARA Title III Hazard Classes:

Fire Hazard	- No
Reactive Hazard	- No
Release of Pressure	- No
Acute Health Hazard	- Yes
Chronic Health Hazard	- No

OTHER FEDERAL REGULATIONS:

FDA Status:
This product meets the compositional requirements of:
21 CFR 175.105 ADHESIVES
21 CFR 176.180 COMP'TS OF PAPER / PAPERBOARD CONT. / DRY FOOD
21 CFR 176.210 DEFOAMING AGENTS USED IN ..... OF PAPER & PAPERBOARD
21 CFR 178.3400 EMULSIFIERS AND / OR SURFACE ACTIVE AGENTS

STATE REGULATIONS:

This product contains the following components that are regulated under California Proposition 65:

INGRADIENT NAME	CANCER LIST	REPRODUCTION LIST	NO SIGNIFICANT RISK LEVEL (µg/day) CALIFORNIA	RPI
DIOXANE	Y	N	30	ND
ETHYLENE OXIDE	Y	Y	2	ND

XVI – OTHER INFORMATION

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATIONHAZARD RATINGS --- NFPA (R):
2 Health Hazard Rating --- Moderate.
1 Flammability Rating --- Slight.
0 Instability Rating --- Minimal.

NATIONAL PAINT & COATING HAZARDOUS MATERIALS IDENTIFICATION SYSTEM --- HMIS (R):
2 Health Hazard Rating --- Moderate.
1 Flammability Rating --- Slight.
0 Reactivity Rating --- Minimal.

REASONS FOR REVISIONS:
Nil.

KEY LEGEND INFORMATION:

ACGIH	--- American Conference of Governmental Industrial Hygienists	STEL	--- Short Term Exposure Limit
OSHA	--- Occupational Safety and Health Administration	NTP	--- National Toxicology Program
TLV	--- Threshold Limit Value	IARC	--- International Agency for Research on Cancer
PEL	--- Permissible Exposure Limit	ND	--- Not Determined
TWA	--- Time Weighted Average	RPI	--- Rhodia Established Exposure Limits

Rhodia

*Product Specifications, Technical Service and Safety information are issued as a guide to the properties and applications of chemicals supplied by **Rhodia Asia Pacific Pte. Ltd.** Every care is taken in compiling this information in good faith. No guarantees are made to the reliability or completeness of the information. **Rhodia Asia Pacific Pte. Ltd.** can assume no responsibility incurred, with regard to either results obtained or patent infringement.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rhodia Asia Pacific Pte. Ltd.
Singapore Technical Centre. 51 Science Park Road, #04-01/09 The Aries, Singapore Science Park II, Singapore 117586 TEL : (65) 6 775 0833 FAX : (65) 6 773 1641

Date Prepared: 30 – 08 – 2006	Prepared By: Rhodia Asia Pacific Pte. Ltd.
Date Superseded: ----------	The information herein is given in good faith but no warranty is expressed nor implied.

END OF MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Product Specifications, Technical Service and Safety information are issued as a guide to the properties and applications of chemicals supplied by ***Rhodia Asia Pacific Pte. Ltd.****. Every care is taken in compiling this information in good faith. No guarantees are made to the reliability or completeness of the information.* ***Rhodia Asia Pacific Pte. Ltd.*** *can assume no responsibility incurred, with regard to either results obtained or patent infringement.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช.

KEM KOTE

Product Information

Ethoxylated Nonyl Phenol

Chemical Name : Ethoxylated Nonyl Phenol
Surfactant Type : Nonionic

Benefits and Applications :

- Excellent detergency
- Outstanding wetting
- Versatile solubility characteristics
- Exceptional handling properties
- Low odor
- Good rinseability
- Cleaners & detergents
- Paper & textile processing
- Laundry
- Paints & coatings
- Dust control
- Agrochemicals
- Metalworking Fluids

Typical Physical Properties :

Actives, wt%	100
Cloud Point (1)	54
HLB (2)	12.9
Moles	EO 9
Pour Point(3)	-1
Appearance	Pale yellow liquid
Density at 20 °C (68°F), g/ml	1.055
Flash Pt, Closed Cup, ASTM D93	247°C (477°F)

1. Cloud point: °C, 1 wt% actives aqueous solution
2. HLB Range: <10 w/o emulsifier, > 10 o/w emulsifier, 10-15 good wetting, 12-15 detergents
3. Pour point: °C

Solubility and Compatibility :

- Soluble in water
- Soluble in chlorinated solvents and most polar solvents
- Chemically stable in the presence of dilute acids, bases and salts
- Compatible with soaps, anionic and other nonionic surfactants, and many organic solvents.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SAFETY DATA SHEET

1. Product and Company Identification

Product Name
ETHOXYLATED NONYL PHENOL
COMPANY IDENTIFICATION
KEM KOTE CO.,LTD.
35/311 Moo 2, T.Bangnamcheud,A.Muang, Samutsakhon 74000, Thailand.
Tel : 66(034)494 799
Fax : 66(034)494 811

2. Hazards Identification

Emergency Overview
Color: Yellow
Physical State: Liquid.
Odor: Mild
Hazards of product:
WARNING! Causes eye irritation. Harmful if inhaled. May be harmful if absorbed through skin. May be harmful if swallowed. Aspiration hazard. Can enter lungs and cause damage. Isolate area. Keep upwind of spill.
OSHA Hazard Communication Standard
This product is a "Hazardous Chemical" as defined by the OSHA Hazard Communication Standard, 29 CFR 1910.1200.
Potential Health Effects
Eye Contact: May cause severe eye irritation. May cause severe corneal injury.
Skin Contact: Prolonged contact may cause slight skin irritation with local redness.
Skin Absorption: Prolonged skin contact is unlikely to result in absorption of harmful amounts. Similar materials have been shown to cause lung effects following contact with the skin of rabbits.
Inhalation: Prolonged excessive exposure may cause serious adverse effects, even death. Vapor may cause irritation of the upper respiratory tract (nose and throat). Mist may cause irritation of upper respiratory tract (nose and throat).
Ingestion: Low toxicity if swallowed. Small amounts swallowed incidentally as a result of normal handling operations are not likely to cause injury; however, swallowing larger amounts may cause injury.
Aspiration hazard: Aspiration into the lungs may occur during ingestion or vomiting, causing lung damage or even death due to chemical pneumonia.
Effects of Repeated Exposure: For this family of materials: In animals, effects have been reported on the following organs: Kidney. Liver.
Birth Defects/Developmental Effects: For this family of materials: Has been toxic to the fetus in laboratory animals at doses toxic to the mother.

3. Composition Information

Component	CAS #	Amount
Nonylphenol polyethylene glycol ether	127087-87-0	>= 97.0 %
Poly(ethylene oxide)	25322-68-3	<= 3.0 %
Dinonylphenyl polyoxyethylene	9014-93-1	<= 2.0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. First-aid measures

Eye Contact: Eye wash fountain should be located in immediate work area. Immediately flush eyes with water; remove contact lenses, if present, after the first 5 minutes, then continue flushing eyes for at least 15 minutes. Obtain medical attention without delay, preferably from an ophthalmologist.
Skin Contact: Wash skin with plenty of water.
Inhalation: Move person to fresh air. If not breathing, give artificial respiration; if by mouth to mouth use rescuer protection (pocket mask, etc). If breathing is difficult, oxygen should be administered by qualified personnel. Call a physician or transport to a medical facility.
Ingestion: Do not induce vomiting. Call a physician and/or transport to emergency facility immediately.
Notes to Physician: Maintain adequate ventilation and oxygenation of the patient. Respiratory symptoms, including pulmonary edema, may be delayed. Persons receiving significant exposure should be observed 24-48 hours for signs of respiratory distress. The decision of whether to induce vomiting or not should be made by a physician. If lavage is performed, suggest endotracheal and/or esophageal control. Danger from lung aspiration must be weighed against toxicity when considering emptying the stomach. No specific antidote. Treatment of exposure should be directed at the control of symptoms and the clinical condition of the patient.
Emergency Personnel Protection: First Aid responders should pay attention to self-protection and use the recommended protective clothing (chemical resistant gloves, splash protection). If potential for exposure exists refer to Section 8 for specific personal protective equipment.

5. Fire Fighting Measures

Extinguishing Media: Water fog or fine spray. Dry chemical fire extinguishers. Carbon dioxide fire extinguishers. Foam. Do not use direct water stream. May spread fire. Alcohol resistant foams (ATC type) are preferred. General purpose synthetic foams (including AFFF) or protein foams may function, but will be less effective.
Fire Fighting Procedures: Keep people away. Isolate fire and deny unnecessary entry. Burning liquids may be extinguished by dilution with water. Do not use direct water stream. May spread fire. Burning liquids may be moved by flushing with water to protect personnel and minimize property damage.
Special Protective Equipment for Firefighters: Wear positive-pressure self-contained breathing apparatus (SCBA) and protective fire fighting clothing (includes fire fighting helmet, coat, trousers, boots, and gloves). If protective equipment is not available or not used, fight fire from a protected location or safe distance.
Unusual Fire and Explosion Hazards: Violent steam generation or eruption may occur upon application of direct water stream to hot liquids.
Hazardous Combustion Products: During a fire, smoke may contain the original material in addition to combustion products of varying composition which may be toxic and/or irritating. Combustion products may include and are not limited to: Carbon monoxide. Carbon dioxide.

6. Accidental Release Measures

Steps to be Taken if Material is Released or Spilled: Contain spilled material if possible. Absorb with materials such as: Sand. Dirt. Collect in suitable and properly labeled containers. Do not use water for cleanup. See Section 13, Disposal Considerations, for additional information.
Ignition Sources Removal: Keep away from sources of ignition.
Dust Control: Not applicable.
Personal Precautions: Isolate area. Keep unnecessary and unprotected personnel from entering the area. Keep upwind of spill. Ventilate area of leak or spill. Use appropriate safety equipment. For additional information, refer to Section 8, Exposure Controls and Personal Protection. Refer to Section 7, Handling, for additional precautionary measures.
Environmental Precautions: Prevent from entering into soil, ditches, sewers, waterways and/or groundwater. See Section 12, Ecological Information.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. First-aid measures

Eye Contact: Eye wash fountain should be located in immediate work area. Immediately flush eyes with water; remove contact lenses, if present, after the first 5 minutes, then continue flushing eyes for at least 15 minutes. Obtain medical attention without delay, preferably from an ophthalmologist.
Skin Contact: Wash skin with plenty of water.
Inhalation: Move person to fresh air. If not breathing, give artificial respiration; if by mouth to mouth use rescuer protection (pocket mask, etc). If breathing is difficult, oxygen should be administered by qualified personnel. Call a physician or transport to a medical facility.
Ingestion: Do not induce vomiting. Call a physician and/or transport to emergency facility immediately.
Notes to Physician: Maintain adequate ventilation and oxygenation of the patient. Respiratory symptoms, including pulmonary edema, may be delayed. Persons receiving significant exposure should be observed 24-48 hours for signs of respiratory distress. The decision of whether to induce vomiting or not should be made by a physician. If lavage is performed, suggest endotracheal and/or esophageal control. Danger from lung aspiration must be weighed against toxicity when considering emptying the stomach. No specific antidote. Treatment of exposure should be directed at the control of symptoms and the clinical condition of the patient.
Emergency Personnel Protection: First Aid responders should pay attention to self-protection and use the recommended protective clothing (chemical resistant gloves, splash protection). If potential for exposure exists refer to Section 8 for specific personal protective equipment.

5. Fire Fighting Measures

Extinguishing Media: Water fog or fine spray. Dry chemical fire extinguishers. Carbon dioxide fire extinguishers. Foam. Do not use direct water stream. May spread fire. Alcohol resistant foams (ATC type) are preferred. General purpose synthetic foams (including AFFF) or protein foams may function, but will be less effective.
Fire Fighting Procedures: Keep people away. Isolate fire and deny unnecessary entry. Burning liquids may be extinguished by dilution with water. Do not use direct water stream. May spread fire. Burning liquids may be moved by flushing with water to protect personnel and minimize property damage.
Special Protective Equipment for Firefighters: Wear positive-pressure self-contained breathing apparatus (SCBA) and protective fire fighting clothing (includes fire fighting helmet, coat, trousers, boots, and gloves). If protective equipment is not available or not used, fight fire from a protected location or safe distance.
Unusual Fire and Explosion Hazards: Violent steam generation or eruption may occur upon application of direct water stream to hot liquids.
Hazardous Combustion Products: During a fire, smoke may contain the original material in addition to combustion products of varying composition which may be toxic and/or irritating. Combustion products may include and are not limited to: Carbon monoxide. Carbon dioxide.

6. Accidental Release Measures

Steps to be Taken if Material is Released or Spilled: Contain spilled material if possible. Absorb with materials such as: Sand. Dirt. Collect in suitable and properly labeled containers. Do not use water for cleanup. See Section 13, Disposal Considerations, for additional information.
Ignition Sources Removal: Keep away from sources of ignition.
Dust Control: Not applicable.
Personal Precautions: Isolate area. Keep unnecessary and unprotected personnel from entering the area. Keep upwind of spill. Ventilate area of leak or spill. Use appropriate safety equipment. For additional information, refer to Section 8, Exposure Controls and Personal Protection. Refer to Section 7, Handling, for additional precautionary measures.
Environmental Precautions: Prevent from entering into soil, ditches, sewers, waterways and/or groundwater. See Section 12, Ecological Information.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Handling and Storage

Handling

General Handling: Avoid contact with eyes, skin, and clothing. Avoid breathing vapor. Do not swallow. Wash thoroughly after handling. Keep container closed. Use with adequate ventilation. See Section 8, EXPOSURE CONTROLS AND PERSONAL PROTECTION.

Storage

No specific requirements. Additional storage and handling information on this product may be obtained by calling your sales or customer service contact. The shelf life given is for unopened containers stored under moderate temperature conditions.

Shelf life: Use within 24 Months

8. Exposure Controls / Personal Protection

Exposure Limits

Component List Type Value

Poly(ethylene oxide) AIHA WEEL TWA
Particulate.
10 mg/m3

Personal Protection

Eye/Face Protection: Use chemical goggles.

Skin Protection: Use protective clothing chemically resistant to this material. Selection of specific items such as face shield, boots, apron, or full body suit will depend on the task.

Hand protection: Use gloves chemically resistant to this material. Examples of preferred glove barrier materials include: Butyl rubber. Chlorinated polyethylene. Polyethylene. Ethyl vinyl alcohol laminate ("EVAL"). Polyvinyl chloride ("PVC" or "vinyl"). Styrene/butadiene rubber. Viton. Examples of acceptable glove barrier materials include: Natural rubber ("latex"). Neoprene. Nitrile/butadiene rubber ("nitrile" or "NBR"). NOTICE: The selection of a specific glove for a particular application and duration of use in a workplace should also take into account all relevant workplace factors such as, but not limited to: Other chemicals which may be handled, physical requirements (cut/puncture protection, dexterity, thermal protection), potential body reactions to glove materials, as well as the instructions/specifications provided by the glove supplier.

Respiratory Protection: Atmospheric levels should be maintained below the exposure guideline. When respiratory protection is required for certain operations, use an approved air-purifying respirator. In dusty or misty atmospheres, use an approved particulate respirator. The following should be effective types of air-purifying respirators: Organic vapor cartridge with a particulate pre-filter. **Ingestion:** Avoid ingestion of even very small amounts; do not consume or store food or tobacco in the work area; wash hands and face before smoking or eating.

Engineering Controls

Ventilation: Provide general and/or local exhaust ventilation to control airborne levels below the exposure guidelines.

9. Physical and Chemical Properties

Physical State	Liquid.
Color	Yellow
Odor	Mild
Odor Threshold	No test data available
Flash Point - Closed Cup	247 °C (477 °F) *ASTM D93*
Flash Point - Open Cup	282 °C (540 °F) *ASTM D92*
Flammability (solid, gas)	Not applicable to liquids
Flammable Limits In Air Lower:	No test data available
Upper:	No test data available
Autoignition Temperature	No test data available
Vapor Pressure	< 0.01 mmHg @ 20 °C *Calculated*
Boiling Point (760 mmHg)	> 250 °C (> 482 °F) *Calculated* Decomposes before boiling.
Vapor Density (air = 1)	>1 *Calculated*
Specific Gravity (H2O = 1)	1.057 20 °C/20 °C *Calculated*
Freezing Point	3.8 °C (38.8 °F) *Calculated*
Melting Point	Not applicable to liquids

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solubility in water (by weight)	Completely soluble but some compositions may form gels
pH	No test data available
Molecular Weight	616 g/mol *Calculated*
Decomposition Temperature	No test data available
Partition coefficient, noctanol/water (log Pow)	No data available for this product.
Evaporation Rate (Butyl Acetate = 1)	No test data available
Kinematic Viscosity	237 cSt @ 25°C Calculated

10. Stability and Reactivity

Stability/Instability

Thermally stable at typical use temperatures.
Conditions to Avoid: Exposure to elevated temperatures can cause product to decompose.
Incompatible Materials: Avoid contact with: Strong acids. Strong bases. Strong oxidizers.

Hazardous Polymerization

Will not occur.

Thermal Decomposition

Decomposition products depend upon temperature, air supply and the presence of other materials.

11. Toxicological Information

Acute Toxicity

Ingestion
Typical for this family of materials. LD_{50}, Rat 960 - 3,980 mg/kg
Dermal
Typical for this family of materials. LD_{50}, Rabbit 2,000 - 2,991 mg/kg
Inhalation
Typical for this family of materials. LC_{50}, 4 h, Aerosol, Rat 1.15 mg/l

Serious eye damage/eye irritation

May cause severe eye irritation. May cause severe corneal injury.

Skin corrosion/irritation

Prolonged contact may cause slight skin irritation with local redness.

Sensitization

Skin
For this family of materials: Did not cause allergic skin reactions when tested in humans.
Respiratory
No relevant information found.

Repeated Dose Toxicity

For this family of materials: In animals, effects have been reported on the following organs: Kidney. Liver.

Chronic Toxicity and Carcinogenicity

For this family of materials: Did not cause cancer in laboratory animals.

Developmental Toxicity

For this family of materials: Has been toxic to the fetus in laboratory animals at doses toxic to the mother.
For this family of materials: Did not cause birth defects in laboratory animals.

Reproductive Toxicity

No relevant information found.

Genetic Toxicology

For this family of materials: In vitro genetic toxicity studies were negative.

12. Ecological Information

ENVIRONMENTAL FATE

Movement & Partitioning

No relevant information found.

Persistence and Degradability

For this family of materials: Based on stringent OECD test guidelines, this material cannot be considered as readily biodegradable; however, these results do not necessarily mean that the material is not biodegradable under environmental conditions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chemical Oxygen Demand: 2.09 - 2.25 mg/mg
Theoretical Oxygen Demand: 2.23 - 2.35 mg/mg
ECOTOXICITY
For this family of materials: Material is moderately toxic to aquatic organisms on an acute basis (LC50/EC50 between 1 and 10 mg/L in the most sensitive species tested).
Fish Acute & Prolonged Toxicity
For this family of materials: LC50, fathead minnow (Pimephales promelas) : 3.8 - 6.2 mg/l
Aquatic Invertebrate Acute Toxicity
For this family of materials: LC50, water flea Daphnia magna : 9.3 - 21.4 mg/l
Toxicity to Micro-organisms
For this family of materials: IC50; bacteria, Growth inhibition, 16 h : > 1,000 mg/l

13. Disposal Considerations

DO NOT DUMP INTO ANY SEWERS, ON THE GROUND, OR INTO ANY BODY OF WATER. All disposal practices must be in compliance with all Federal, State/Provincial and local laws and regulations. Regulations may vary in different locations. Waste characterizations and compliance with applicable laws are the responsibility solely of the waste generator. AS YOUR SUPPLIER, WE HAVE NO CONTROL OVER THE MANAGEMENT PRACTICES OR MANUFACTURING PROCESSES OF PARTIES HANDLING OR USING THIS MATERIAL. THE INFORMATION PRESENTED HERE PERTAINS ONLY TO THE PRODUCT AS SHIPPED IN ITS INTENDED CONDITION AS DESCRIBED IN MSDS SECTION: Composition Information. FOR UNUSED & UNCONTAMINATED PRODUCT, the preferred options include sending to a licensed, permitted: incinerator or other thermal destruction device. Waste water treatment system.

14. Transport Information

DOT Non-Bulk
NOT REGULATED
DOT Bulk
NOT REGULATED
IMDG
Proper Shipping Name: ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCES, LIQUID, N.O.S
Technical Name: NONYLPHENOL POLYETHYLENE GLYCOL ETHER
Hazard Class: CLASS 9 **ID Number:** UN 3082 **Packing Group:** PG III
EMS Number: F-A,S-F
Marine pollutant.: Yes
ICAO/IATA
NOT REGULATED
Additional Information
MARINE POLLUTANT
This information is not intended to convey all specific regulatory or operational requirements/information relating to this product. Additional transportation system information can be obtained through an authorized sales or customer service representative. It is the responsibility of the transporting organization to follow all applicable laws, regulations and rules relating to the transportation of the material.

15. Regulatory Information

OSHA Hazard Communication Standard
This product is a "Hazardous Chemical" as defined by the OSHA Hazard Communication Standard, 29 CFR 1910.1200.
Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 Title III (Emergency Planning and Community Right-to-Know Act of 1986) Sections 311 and 312
Immediate (Acute) Health Hazard Yes
Delayed (Chronic) Health Hazard Yes
Fire Hazard No
Reactive Hazard No

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sudden Release of Pressure Hazard No
Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 Title III (Emergency Planning and Community Right-to-Know Act of 1986) Section 313
To the best of our knowledge, this product does not contain chemicals at levels which require reporting under this statute.
Pennsylvania (Worker and Community Right-To-Know Act): Pennsylvania Hazardous Substances List and/or Pennsylvania Environmental Hazardous Substance List:
To the best of our knowledge, this product does not contain chemicals at levels which require reporting under this statute.
Pennsylvania (Worker and Community Right-To-Know Act): Pennsylvania Special Hazardous Substances List:
To the best of our knowledge, this product does not contain chemicals at levels which require reporting under this statute.
California Proposition 65 (Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act of 1986)
WARNING: This product contains a chemical(s) known to the State of California to cause cancer.

Component	CAS #	Amount
1,4-Dioxane	123-91-1	20.0 PPM
Ethylene oxide	75-21-8	10.0 PPM

California Proposition 65 (Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act of 1986)
WARNING: This product contains a chemical(s) known to the State of California to cause birth defects or other reproductive harm.

Component	CAS #	Amount
Ethylene oxide	75-21-8	10.0 PPM

US. Toxic Substances Control Act
All components of this product are on the TSCA Inventory or are exempt from TSCA Inventory requirements under 40 CFR 720.30
CEPA - Domestic Substances List (DSL)
All substances contained in this product are listed on the Canadian Domestic Substances List (DSL) or are not required to be listed.
European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (EINECS)
This product is a polymer according to the definition in Directive 92/32/EEC (7th Amendment to Directive 67/548/EEC) and all of its starting materials and intentional additives are listed in the European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (EINECS) or in compliance with European (EU) chemical inventory requirements.

16. Other Information

Hazard Rating System

NFPA Health Fire Reactivity

3 1 0

Recommended Uses and Restrictions

Multi-purpose surfactant. NOTICE! NOT TO BE USED AS A BIOCIDE IN INTRAVAGINAL END-USE APPLICATIONS (INCLUDING SPERMICIDES). FOR INDUSTRY USE ONLY. We recommend that you use this product in a manner consistent with the listed use.

Legend

N/A Not available
W/W Weight/Weight
OEL Occupational Exposure Limit
STEL Short Term Exposure Limit
TWA Time Weighted Average
ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc.
DOW IHG Dow Industrial Hygiene Guideline
WEEL Workplace Environmental Exposure Level
HAZ_DES Hazard Designation
Action Level A value set by OSHA that is lower than the PEL which will trigger the need for activities such as exposure monitoring and medical surveillance if exceeded.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

We urges each customer or recipient of this (M)SDS to study it carefully and consult appropriate expertise, as necessary or appropriate, to become aware of and understand the data contained in this (M)SDS and any hazards associated with the product. The information herein is provided in good faith and believed to be accurate as of the effective date shown above. However, no warranty, express or implied, is given. Regulatory requirements are subject to change and may differ between various locations. It is the buyer's/user's responsibility to ensure that his activities comply with all federal, state, provincial or local laws. The information presented here pertains only to the product as shipped. Since conditions for use of the product are not under the control of the manufacturer, it is the buyer's/user's duty to determine the conditions necessary for the safe use of this product.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้