การทำผลิตภัณฑ์ยาง จากน้ำยางข้นโดยวิธีจุ่ม

พายับ นามประเสริฐ
นักวิทยาศาสตร์ 7
กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางข้นมีอยู่หลายชนิด เช่น ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง ยางฟองน้ำ หน้ากากยาง หัวนมยางและสายยาง เป็นต้น วิธีการทำผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีอยู่หลายวิธี ได้แก่ วิธีการหล่อในแบบ (casting), วิธีการอัดแบบ (compression molding) วิธีการ extruding และวิธีจุ่ม (dipping) แต่วิธีจุ่มเป็นวิธีที่ใช้มากที่สุดในการทำผลิตภัณฑ์ยางจากน้ำยางข้น เพราะสามารถทำผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิดและผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีการใช้ในปริมาณมาก เช่น ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย หัวนมยาง เป็นต้น

น้ำยางข้นจากธรรมชาติเป็นน้ำยางชนิดเดียวที่เหมาะสมสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ยางโดยวิธีจุ่ม เพราะน้ำยางธรรมชาติจะเกาะกับแม่แบบ (former) ได้ดี เมื่อแห้งจะไม่หดตัวและให้ฟิล์มยางที่เรียบสม่ำเสมอ เมื่อนำไปอบให้ยางสุก (vulcanization) จะมีความยืดหยุ่นดีและทนแรงดึงได้สูง

1. กระบวนการจุ่ม (The dipping process)

จุ่มแม่แบบที่แห้ง สะอาดและมีรูปร่างตามต้องการ ลงในน้ำยางผสมสารเคมี (Latexmix) ในเวลาที่เหมาะสม แล้วค่อย ๆ นำแม่แบบขึ้นมา เพื่อให้น้ำยางเกาะกับแม่แบบสม่ำเสมอทำให้น้ำยางแห้งและทำให้ยางสุก ก็สามารถนำยางออกจากแม่แบบได้ วิธีการจุ่มในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมี 3 วิธีคือ การจุ่มโดยตรง (straight dipping) การจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบ (coagulant dipping) และการจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางไวต่อความร้อน (heatsensitive dipping)

การจุ่มโดยตรงเป็นวิธีง่ายที่สุด ทำโดยจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางผสมสารเคมี แล้วนำแม่แบบขึ้นช้า ๆ ทำให้ยางแห้งและยางสุก ในการจุ่ม 1 ครั้งจะได้ฟิล์มยางหนาประมาณ 0.05 มิลลิเมตร เหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการฟิล์ม ที่บางมาก เช่น ถุงยางอนามัย

การจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบ วิธีนี้นิยมใช้มากที่สุด โดยจุ่มแม่แบบในสารช่วยให้ยางจับแม่แบบก่อน ทำให้แห้งพอหมาด ๆ จึงจุ่มแม่แบบในน้ำยางผสมสารเคมี เมื่อครบตามเวลาที่ต้องการ ค่อย ๆ นำแม่แบบขึ้นทำให้ยางแห้งและสุก การจุ่ม 1 ครั้งจะได้ฟิล์มยางหนาประมาณ 0.2-0.8 มิลลิเมตร

การจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางไวต่อความร้อน จะผสมสารเคมีที่ช่วยให้ยางจับตัวที่อุณหภูมิสูงลงในน้ำยางด้วย ทำโดยอบแม่แบบให้ร้อนประมาณ 50-80°ซ. และจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางผสมสารเคมีเช่นเดียวกับการจุ่มโดยตรง ในการจุ่ม 1 ครั้งจะได้ฟิล์มยางหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร จึงใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหนามาก ๆ เช่น หัวนมยาง ถุงมือยางสำหรับงานไฟฟ้า

2. องค์ประกอบของกระบวนการจุ่ม (compounding for dipping)

2.1 น้ำยางข้น (latex type)

น้ำยางข้นที่ได้จากการใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifugation) มีเนื้อยางแห้ง (dry rubber content, DRC) ~ 60% เหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ยางโดยวิธีจุ่มมากที่สุด ส่วนน้ำยางข้นที่ได้จากวิธีทำให้เกิดครีม (creaming) และวิธีระเหยน้ำ (evaporating) สามารถนำมาใช้ได้เหมือนกัน แต่ราคาแพงกว่า และต้องระวังในการผสมสารเคมีมาก จึงไม่ค่อยนิยมใช้

น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง (HA) และชนิดแอมโมเนียต่ำที่ช่วยรักษาสภาพด้วยซิงค์-ออกไซด์ และ tetraethyl thiuram disulphide (LA-TZ) เหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ทุกชนิดโดยวิธีจุ่ม ส่วนน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำที่ช่วยรักษาสภาพด้วย sodium pentachlorophenate (LA-SPP) ก็ใช้ได้ แต่ในบางประเทศห้ามใช้ทำผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ และผลิตภัณฑ์ที่จะต้องสัมผัสกับอาหาร

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้มีสีอ่อน เช่น หัวนมสำหรับเด็ก ให้ใช้น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำที่ช่วยรักษาสภาพด้วย boric acid (LA-BA) จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีอ่อน นอกจากนั้นน้ำยางข้นที่ได้จากการหมุนเหวี่ยง 2 ครั้ง (double centrifuged) จะให้ผลิตภัณฑ์สีอ่อน เพราะของแข็งที่ไม่ใช่ยางจะมีน้อย จึงนิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสีอ่อน และยังนิยมใช้ทำถุงมือยางสำหรับงานไฟฟ้า เพราะสารที่ละลายน้ำได้ (hydrophilic material) มีอยู่น้อย จึงไม่ต้องนำถุงมือยางไปล้างน้ำอีก (leaching) แต่น้ำยางข้นจากการหมุนเหวี่ยง 2 ครั้ง ย่อมมีราคาแพงขึ้นตามค่าใช้จ่ายด้วย

น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง ก่อนจะนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ต้องลดปริมาณแอมโมเนียให้เหลือประมาณ 0.2-0.3% โดยการกวนน้ำยางผสมสารเคมีช้า ๆ ขณะทำการบ่ม (maturation) เพื่อให้แอมโมเนียระเหยไป หรืออาจใช้วิธีเติมสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณที่พอเหมาะก็ได้

2.2 น้ำยางพรีวัลคาไนท์ (prevulcanized latex)

น้ำยางพรีวัลคาไนท์นิยมใช้กันอย่างกว้าง-

ขวาง เตรียมได้โดยการผสมน้ำยางข้นกับ dispersion ในน้ำของกำมะถัน ซิงค์ออกไซด์และสารเร่งปฏิกิริยาชนิดเร็วมาก แล้วให้ความร้อนที่ 70°ซ. ประมาณ 2 ชั่วโมง ก็จะได้น้ำยางพรีวัลคาไนท์ โรงงานขนาดเล็กนิยมใช้มาก เพราะใช้สะดวก อาจนำไปใช้งานเลยหรือผสมสารเคมีบางชนิดเพิ่ม เช่น สารป้องกันการเสื่อม (antioxidant) หรือสี (pigment) และเมื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว ไม่ต้องไปผ่านกระบวนการทำให้ยางสุกอีก นอกจากนั้นน้ำยางพรีวัลคาไนท์จะคงสภาพเหมือนเดิม แม้ความหนืด (viscosity) จะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงไป แต่ถ้าเป็นน้ำยางโพสท์วัลคาไนท์ (post-vulcanized) จะเกิดผลกระทบมากถ้าความหนืดเปลี่ยนแปลง

น้ำยางพรีวัลคาไนท์กับน้ำยางโพสท์วัลคาไนท์ ที่ใช้สารทำให้ยางสุกชนิดเดียวกันในปริมาณที่เท่ากัน จะให้ฟิล์มยางแห้งที่มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์เหมือนกัน น้ำยางพรีวัลคาไนท์จะให้ฟิล์มยางที่ใสมากแต่มีข้อเสียคือฟิล์มยางขณะเปียกจะมีความเหนียว (strength) น้อยกว่าฟิล์มยางดิบ (unvulcanized film)

2.3 การทำให้ยางสุก (vulcanizing systems)

สารที่ทำให้ยางสุก เช่น กำมะถัน เมื่อใช้ร่วมกับสารกระตุ้น (activator) เช่น ซิงค์ออกไซด์และสารเร่งปฏิกิริยา (accelerator) ชนิดเดียวหรือ 2 ชนิดจะเกิดปฏิกิริยาทำให้ยางสุก สารเร่งปฏิกิริยาชนิดเร็วมาก (ultra-fast accelerator) สามารถใช้ร่วมกับสารเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่นได้โดยไม่เกิดปัญหายางตาย (scorch) เช่นเดียวกับการผสมยางแห้ง (dry rubber)

ส่วนกำมะถันจะใช้ตั้งแต่ 0.3 ถึง 1.5 ส่วนต่อยางร้อยส่วน (parts per hundred of rubber, phr) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของปฏิกิริยาและค่าโมดูลัส (modulus) ที่ต้องการ รวมทั้งปริมาณของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบตัวอื่น ๆ ด้วย ถ้าต้องการให้ผลิตภัณฑ์ทนความร้อนได้สูงต้องลดปริมาณกำมะถันลง แต่จะทำให้โมดูลัสต่ำลงด้วย และเมื่อใช้กำมะถันน้อย จะทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาลดลง จึงต้องใช้สารเร่งปฏิกิริยาชนิดเร็วมากเพื่อให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเร็วมากขึ้น

ซิงค์ออกไซด์ ใช้ตั้งแต่ 0.1 ถึง 2.0 phr เมื่อใช้ซิงค์ออกไซด์มากขึ้นจะทำให้โมดูลัสสูงขึ้น อัตราการสุก (cure) เร็วมากขึ้น และยางจะไม่เกิดการสุกเกินไป (overcure) ด้วย แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้โปร่งแสง (transparent) ไม่ควรใช้ซิงค์ออกไซด์เกิน 0.25 phr

zinc diethyldithiocarbamate (ZDEC) ใช้ตั้งแต่ 0.3 ถึง 1.5 phr นิยมใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยาของน้ำยางมาก โดยจะช่วยเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 70°ซ. ขึ้นไป แต่จะไม่มีผลต่อกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20° ซ. นอกจากนั้นยังทำให้ยางมี tensile strength และ elongation at break ดีมาก โมดูลัสมีค่าปานกลาง และความยืดถาวร (permanent set) มีค่าต่ำด้วย ในกรณีที่ต้องการยางที่มีโมดูลัสสูงให้ใช้ ZDEC ร่วมกับสารเร่งปฏิกิริยาพวก thiazole zinc 2-mereaptobenzthiazole (ZMBT) ซึ่งนอกจากจะทำให้โมดูลัสเพิ่มขึ้นแล้วยังทำให้ปฏิกิริยาเร็วขึ้นด้วย

dithiocarbamate ตัวอื่นที่ใช้แทน ZDEC ได้เช่น zinc dibutyldithiocarbamate (ZDBC) สามารถเร่งปฏิกิริยาได้เร็วกว่า ZDEC แต่จะทำให้เกิด pre-curing ที่อุณหภูมิห้องอย่างช้า ๆ ส่วน zinc ethylphenyldithircarbamate มีอัตราเร็วในการเร่งปฏิกิริยาเช่นเดียวกับ ZDEC และไม่เกิด pre-cure ที่อุณหภูมิห้องด้วย แต่มันกระจายตัว (disperse) ค่อนข้างยาก ส่วน dithiocarbamate ที่ละลายน้ำได้ เช่น sodium dibutyldithiocarbamate มักใช้กรณีที่ต้องการให้ยางสุกที่อุณหภูมิต่ำอย่างรวดเร็ว

ถ้าต้องการทำให้ยางสุกโดยไม่ใช้กำมะถันอิสระ (free sulphur) ต้องใช้สารที่เป็นตัวจ่ายกำมะถัน (sulphur donor) เช่น tetramethylthiuram disulphide (TMTD) โดยมี thiourea หรือ diphenylthiourea เป็นสารช่วยกระตุ้น เนื่องจากพันธะ (bond) ของกำมะถันที่เชื่อมระหว่างแต่ละโซ่ของยาง (rubber chain) เป็นพันธะชนิด monosulphidic crosslinks จึงทำให้ยางทนความร้อนได้ดี แต่อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะช้ากว่า และโมดูลัสจะต่ำกว่ายางที่ทำให้สุกด้วยกำมะถันอิสระ ดังนั้นเมื่อต้องการให้ยางทนความร้อนดี ควรทำให้ยางสุกโดยใช้สารที่เป็นตัวจ่ายกำมะถันร่วมกับกำมะถันอิสระ (โดยใช้กำมะถันอิสระน้อยกว่า 0.5 phr)

2.4 สารกันเสื่อม (antioxidant)

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางธรรมชาติ จะมีสาร

กันเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) โดยธรรมชาติอยู่แล้ว แต่ผลิตภัณฑ์ที่ทำโดยวิธีจุ่มมักจะค่อนข้างบาง ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศมาก จึงจำเป็นต้องใส่สารกันเสื่อมเพิ่มเติม โดยนิยมใช้สารฟีนอล (phenolic antioxidant) ประมาณ 0.5-2.0 phr

substituted phenols เช่น styrenated phenols สามารถป้องกันความร้อนได้ดีพอสมควรและใช้กับผลิตภัณฑ์สีอ่อน ๆ ที่ไม่ต้องการให้สีเปลี่ยนแปลงได้ ส่วนสารที่ได้จากปฏิกิริยา condensation ของฟีนอลกับ aldehyde หรือกับ aldehyde และ amine เป็นสารกันเสื่อมที่ดีกว่า แต่ไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการให้สีเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างของสารกันเสื่อมที่ใช้กัน เช่น Montaclere (a styrenated phenol, Monsanto), Permanax WSL [2,4-dimethyl-6-(1-methylcyclohenyl)-p-cresol, Vulnax Int], Wingstay L (a hindered phenol, Good year) และ Antioxidant 2246 [2,2-methylene-bis-(4-methyl-6-t-butylphenol), cyanamid]

2.5 สารช่วยให้ไวต่อความร้อน (heat-sensitizing agents)

เป็นสารที่ทำให้น้ำยางจับตัวที่อุณหภูมิสูง สารที่นิยมใช้มาก คือ Polyvinyl methyl ether ซึ่งจะให้ผลดีที่ pH 7.0 ถึง 9.5 หรืออาจใช้ polypropylene glycol หรือสารผสมของเกลือแอมโมเนียกับซิงค์ออกไซด์ (แต่จะมีผลทำให้อายุการเก็บน้ำยางสั้นลง)

2.6 การทำให้องค์ประกอบเกิดความเสถียร (stabilization of dipping mixes)

สารที่ช่วยให้น้ำยางผสมสารเคมี สำหรับใช้กับวิธีจุ่มโดยตรงและวิธีใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบเกิดความเสถียร ได้แก่ ด่างกับสบู่ของกรดไขมัน (fatty acid soap) ที่มีจำนวน carbon ระหว่าง 8-12 อะตอม เช่น potassium caprylate หรือ laurate ส่วนด่างนิยมใช้ potassium hydroxide มากกว่า sodium hydroxide เพราะ sodium ion ทำให้น้ำยางผสมสารเคมีเสียความเสถียรเร็วกว่า potassium ion โดยใช้ประมาณ 0.2-0.5 phr ด่างจะทำให้ผิวของน้ำยางผสมไม่จับตัวกัน ส่วนสบู่จะช่วยให้น้ำยางผสมมีความเสถียรทางเชิงกลเพิ่มขึ้น แต่ถ้าใช้มากเกินไปจะทำให้เกิดฟองได้ ปกติใช้ประมาณ 0.2-0.4 phr

สารช่วยเสถียรสำหรับน้ำยางผสมที่มี polyvinyl methyl ether เป็นสารช่วยให้ยางจับตัวที่อุณหภูมิสูง ณ pH ต่ำ เป็นพวก non-ionic เช่น alkylphenol/ethylene oxide condensate ที่มี ethylene oxide อย่างน้อย 20 กรุ๊ป โดยจะช่วยให้น้ำยางผสมเกิดความเสถียรทางเชิงกลดีและมีอายุการเก็บยาวนาน ขณะเดียวกันก็ไม่เป็นปัญหาในการใช้งานด้วย

2.7 สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบอื่น (other ingredients)

ถ้าต้องการทำผลิตภัณฑ์ที่มีสี ก็ต้องผสมสี (pigment) ที่เหมาะสม และในการทำให้เกิดสีขาวเพื่อจะผสมสีอื่นต่อนั้น มักจะใช้ titanium dioxide หรือ lithopone อาจใช้เพียงตัวเดียวหรือใช้ร่วมกับ whiting ในผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจผสม filler หรือน้ำมัน (oil) บ้างเล็กน้อย เช่น ถุงมือแม่บ้าน สำหรับหน้าที่ของ filler ในผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำยางข้นนั้นจะทำหน้าที่เป็น diluent ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า tensile strength และ elongation at break ลดลง

3. สูตรพื้นฐาน (typical formulations)

สูตรสำหรับวิธีจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบ ตามตารางที่ 1 เป็นสูตรถุงมือยางแม่บ้าน 2 สูตร สูตรแรกใช้กับน้ำยางที่ต้องไปทำให้ยางสุกในภายหลัง (post-vulcanized) ส่วนสูตรที่สองใช้กับน้ำยางพรีวัลคาไนท์ สูตรของถุงมือผ่าตัดใช้ zinc oxide จำนวนน้อย เพราะต้องการให้ถุงมือมีลักษณะโปร่งแสง และสูตรของถุงมือผ่าตัดที่นำมานึ่งฆ่าเชื้อ (sterile) ได้ เพื่อให้สามารถทนความร้อนได้ดี ต้องใช้กำมะถันปริมาณน้อย แต่ใช้สารเร่งปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 2 เป็นสูตรหัวนมสำหรับเด็กและถุงมือยางสำหรับงานไฟฟ้า ซึ่งนิยมใช้น้ำยางข้นจากการหมุนเหวี่ยง 2 ครั้ง (doubly centrifuged latex) เพราะหัวนมสำหรับเด็กนั้นต้องการสีอ่อนและไม่ใช้ zinc oxide เพราะต้องการให้โปร่งแสงด้วย ส่วนถุงมือยางสำหรับงานไฟฟ้า น้ำยางข้นจากการหมุนเหวี่ยง 2 ครั้งจะมีสารที่ไม่ใช่ยางเหลืออยู่น้อย ถุงมือที่ได้จึงมีสารที่ละลายน้ำได้ติดอยู่น้อย ดังนั้นจึงไม่ต้องล้างถุงมือด้วยน้ำ (leaching) อีก ส่วนลูกโป่งนั้นส่วนมากจะทำจากน้ำยางพรีวัลคาไนท์ และสูตรของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบก็มีเพียงไม่กี่ชนิด

ตารางที่ 3 เป็นสูตรของน้ำยางที่ผสมสารช่วยให้ไวต่อความร้อน ในสูตรที่ใช้ polyvinyl methyl ether (PVME) เป็นสารช่วยให้ไวต่อความร้อน ณ pH ต่ำ สารช่วยให้น้ำยางผสมมีความเสถียรใช้พวก non-ionic แทน potassium hydroxide/potassium caprylate และในสูตรที่ใช้ PVME เป็นสารช่วยให้ไวต่อความร้อน จะต้องใช้ formaldehyde ช่วยปรับ pH ด้วยเสมอ

ตารางที่ 4 เป็นสูตรน้ำยางพรีวัลคาไนท์ที่มี PVME เป็นสารช่วยให้ไวต่อความร้อน

Table 1
Coagulant dipping formulations for household and surgeons' gloves

	Parts by weight			
	Household gloves		Surgeons' gloves	
	vulcanizable latex	prevulcanized latex	disposable	sterilizable
60% NR latex	167.0	—	167.0	167.0
60% Prevulcanized latex	—	167.0	—	—
10% Potassium hydroxide solution	4.0	4.0	3.0	4.0
20% Potassium laurate or caprylate solution	2.0	—	1.0	1.0
50% Sulphur dispersion	2.5	—	1.0	0.4
50% Tetramethyl thiuram disulphide dispersion	—	—	—	1.0
50% Zinc diethyldithiocarbamate dispersion	2.0	—	—	—
50% Zinc dibutyldithiocarbamate dispersion	—	—	1.5	2.0
50% Zinc oxide	2.0	—	0.5	0.5
50% Antioxidant dispersion	2.0	2.0	1.0	2.0
50% Titanium dioxide dispersion	6.0	6.0	—	—
Pigment dispersion	as required		—	—
Coagulant solution (see Table 5)	B	B	A	A
Drying and vulcanization time, min at 120°C	20	20	15	15

Table 2

Coagulant dipping formulations for tests, electricians' gloves and toy balloons

	Parts by weight		
	Transparent tests	Electricians' gloves	Toy balloons
60% NR latex (centrifuged or doubly centrifuged)	167.0	167.0	—
60% Prevulcanized latex	—	—	167.0
10% Potassium hydroxide solution	3.0	3.0	2.0
20% Potassium laurate or caprylate solution	1.0	1.5	—
50% Sulphur dispersion	1.0	2.0	—
50% Zinc dibutyldithiocarbamate dispersion	1.5	2.0	—
50% Zinc oxide dispersion	—	1.0	—
50% Antioxidant dispersion	1.5	2.0	2.0
50% Titanium dioxide dispersion	6.0	4.0	6.0
Pigment dispersions		as required	
Coagulant solution (see Table 5)	C	B	A
Drying and vulcanization time, min at 120°C	20	40	20

Table 3

Heat-sensitive formulations

	Parts by weight			
	PVME		Polypropylene glycol	Ammonium acetate
	high pH	low pH		
60% HA latex	167.0	—	167.0	167.0
60% LA latex	—	167.0	—	—
10% Potassium hydroxide solution	2.0	—	1.0	2.0
20% Potassium laurate or caprylate solution	1.0	—	3.0	2.0
25% Stabilizer solution[a]	—	2.0	—	—
40% Formaldehyde solution	to pH 9.3	to pH 7.5	—	—
50% Sulphur dispersion	2.0	2.0	2.0	2.0
50% Zinc diethyldithiocarbamate dispersion	2.0	2.0	2.0	2.0
50% Antioxidant dispersion	2.0	2.0	2.0	2.0
10% PVME solution[b]	10.0	10.0	—	—
25% Polypropylene glycol solution[c]	—	—	10.0	—
15% Ammonium acetate solution	—	—	—	10.0
50% Zinc oxide dispersion	1.0	1.0	1.0	1.0
Drying and vulcanization time, min at 120°C	20	20	20	20

a. eg Texofor FN30 (ABM Chemicals, Stockport, UK) or Lubrol PF (ICI).

b. eg Lutanol M40 (BASF Ltd, Cheadle, UK) or Gantrez M154 (GAF Ltd, Manchester, UK).

c. eg Propylan D702 (Lankro Chem. Ltd, Eccles, UK).

Table 4

Heat-sensitive formulation using prevulcanized latex and PVME

	Parts by weight
60% Prevulcanized latex	167.0
25% Stabilizer solution[a]	2.0
40% Formaldehyde solution	to pH 7.5
50% Zinc oxide dispersion	2.0
50% Antioxidant dispersion	2.0
10% PVME solution	7.5
Drying time, min at 120°C	15

a. eg Texofor FN30 (ABM Chemicals, Stockport, UK).

Table 5

Coagulant solutions

	Parts by weight		
	A	B	C
	Salt concentration, %		
	25	35	20
Calcium nitrate	25	35	—
Cyclohexylamine acetate	—	—	20
Water	25	30	30
Methylated spirits	50	30	50
Micronized talc	—	5	—

(ล่วนต่อฉบับหน้า)