การทำผลิตภัณฑ์ยาง จากน้ำยางข้นโดยวิธีจุ่ม

พายับ นามประเสริฐ
นักวิทยาศาสตร์ 7 กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

4. กระบวนการผลิต (Processing)

4.1 การเตรียมสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบ (preparation of compounding ingredients)

เพื่อให้น้ำยางสามารถผสมกับสารเคมีต่าง ๆ เป็นเนื้อเดียวกันอย่างสม่ำเสมอและไม่เกิดการแยกตัวในภายหลัง จะต้องเตรียมสารเคมีก่อนที่จะนำไปผสมกับน้ำยาง โดยสารเคมีที่ละลายน้ำได้ให้ละลายในน้ำ ส่วนสารเคมีที่ไม่ละลายน้ำให้เตรียมเป็น dispersion หรือ emulsion ในน้ำ (เป็นอนุภาคเล็ก ๆ ที่แขวนลอยในน้ำ) โดยใช้น้ำอ่อนหรือน้ำ de-ionized

นำกำมะถัน, zinc oxide, สารเร่งปฏิกิริยา และสารกันเสื่อมมาทำให้เป็น dispersion ในบอลล์มิล (ball mill) หรือ attritor โดยใช้ condensation products ของ sodium salts ของ naphthalene sulphonic acids กับ formaldehyde (เช่น Vulcastab LR, Vulnax Int.; Anchoid, Anchor Chemicals) เป็นสารช่วยให้เกิด dispersion (dispersing agents) และมักใช้ร่วมกับ colloidal clay Bentonite ในปริมาณที่เท่ากัน (ประมาณ 2% ของน้ำหนักของของแข็ง) ส่วนสารเคมีที่เป็นของเหลวและไม่ละลายน้ำ ทำให้แตกตัวเป็น emulsion ในน้ำด้วยเครื่องกวนความเร็วสูง (high speed stirrer) หรือเครื่องทำให้เกิดเป็นเนื้อเดียวกัน (homogenizer) โดยใช้แอมโมเนีย หรือ potassium oleate เป็น emulsifying agent

ในการเตรียม dispersion นั้น ขนาดของสาร (porticle size) ต้องเล็กกว่า 5 ไมครอน (microns) สารที่มีขนาดใหญ่จะทำให้ยุ่งยากต่อกระบวนการผลิต เนื่องจากของแข็งจะตกตะกอนในถังจุ่ม (dipping tank) และอาจทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายได้

4.2 การผสมและการบ่มน้ำยางผสม (mixing and maturation)

ลำดับของการผสมสารเคมีกับน้ำยางมีความสำคัญต่อความเสถียรของน้ำยางผสมมาก ดังนั้นสูตรต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วจึงได้ลำดับไว้ตามลำดับของการผสม

เมื่อผสมน้ำยางกับสารเคมีต่าง ๆ แล้ว จะต้องนำน้ำยางผสมไปบ่ม (matured) ก่อนจะนำไปใช้ ระยะเวลาและอุณหภูมิในการบ่มในแต่ละโรงงานจะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่ว่าต้องการให้น้ำยางผสมเกิดพรีวัลคาไนท์ (crosslinking) มากหรือน้อย และเพื่อให้แน่ใจว่าสารเคมีต่าง ๆ ได้กระจายตัวในน้ำยางอย่างดีแล้ว กรณีที่ไม่ต้องการให้เกิดพรีวัลคาไนท์ ให้บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 ชั่วโมง แต่ถ้าต้องการให้เกิดพรีวัลคาไนท์ ระยะเวลาในการบ่มจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารช่วยเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ และอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มด้วย

การบ่มน้ำยางผสม ถ้าให้เกิดพรีวัลคาไนท์ด้วย จะมีข้อดีคือน้ำยางผสมจะมีความหนืด (viscosity) คงที่มากขึ้น และช่วยให้เกิด vulcanization เร็วขึ้นด้วย นอกจากนั้นการบ่มน้ำยางผสมจะทำให้มีช่วงเวลาสำหรับฟองอากาศเคลื่อนที่ออกไปด้วย

ในระหว่างการบ่มน้ำยางผสม ควรกวนน้ำยางผสมช้า ๆ เพื่อป้องกันการเกิดครีม (creaming) และฝ้าที่ผิว (skin formation) หลังจากบ่มน้ำยางผสมแล้ว ให้ลดอุณหภูมิลงถึงระหว่าง 18-20°ซ. แล้วกรองน้ำยางผสมผ่านตะแกรงกรอง (ไนล่อนหรือ stainless steel) ขนาด 80-100 mesh โดยระวังอย่าให้มีฟองอากาศ แล้วจึงนำไปใส่ในถังจุ่มต่อไป

4.3 วิธีการจุ่ม (dipping procedures)

4.3.1 การจุ่มโดยตรง (straight dipping)

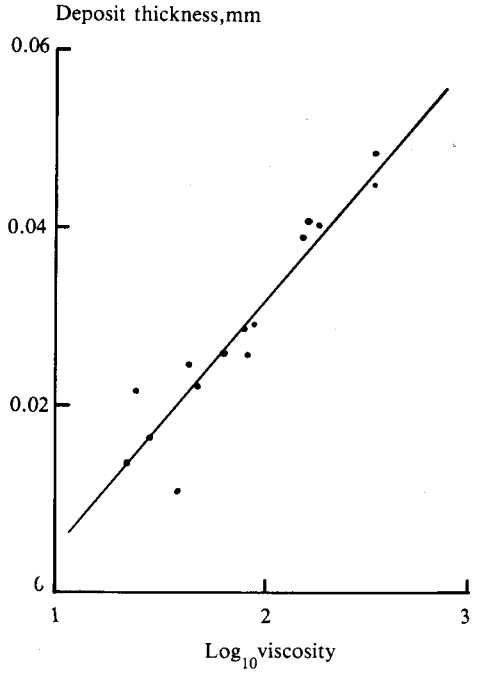
ทำโดยจุ่มแม่แบบ (former) ที่แห้งและสะอาดลงในน้ำยางผสมปล่อยไว้ช่วงเวลาหนึ่ง แล้วค่อย ๆ นำแม่แบบขึ้นช้า ๆ น้ำยางจะเกาะแม่แบบเป็นฟิล์มบาง ๆ นำไปทำให้แห้งและทำให้ยางสุกต่อไป ถ้าต้องการทำให้ฟิล์มหนาขึ้น จะต้องทำให้ยางชั้นแรกแห้งไปเพียงบางส่วน แล้วจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางผสมอีกครั้งหนึ่ง แต่ต้องระวังอย่าให้ฟิล์มยางชั้นแรกแห้งเกินไป มิฉะนั้นฟิล์มยางชั้นที่สองจะไม่จับเป็นเนื้อเดียวกับฟิล์มยางชั้นแรก การจุ่มซ้ำนี้จะจุ่มกี่ครั้งก็ได้ จนได้ฟิล์มยางหนาตามความต้องการ

* ต่อจากฉบับที่แล้ว

ความหนาของฟิล์มยางขึ้นอยู่กับความหนืดและปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางผสม ในการจุ่มโดยตรง 1 ครั้ง จะได้ฟิล์มยางหนาประมาณ 0.05 มิลลิเมตร รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของความหนาของฟิล์มยางกับความหนืดของน้ำยาง เมื่อให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงที่

Figure 1

Variation of deposit thickness with latex viscosity for straight dipping



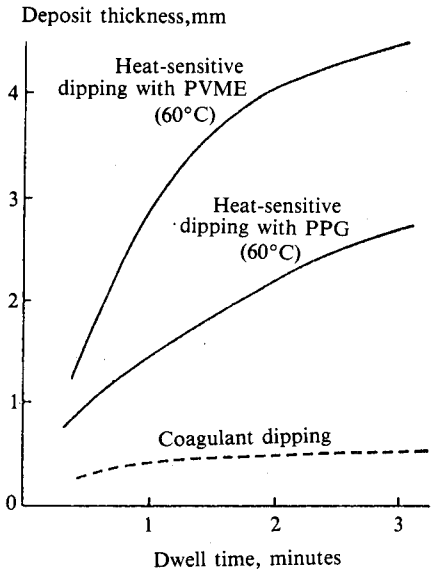
4.3.2 การจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบ (coagulant dipping)

ทำโดยจุ่มแม่แบบที่สะอาดและแห้งลงในสารละลายของสารช่วยให้ยางจับแม่แบบ ทำให้แห้งพอหมาด ๆ เพื่อให้มันติดกับผิวของแม่แบบสม่ำเสมอ จุ่มแม่แบบในน้ำยางผสม ทิ้งไว้ตามเวลาที่กำหนด แล้วค่อย ๆ นำแม่แบบขึ้นทำให้ฟิล์มยางแห้งและทำให้ยางสุกต่อไป ในทำนองเดียวกับการจุ่มโดยตรง ถ้าต้องการความหนาของฟิล์มยางเพิ่มขึ้น ก็ทำให้ฟิล์มยางชั้นแรกแห้งเพียงบางส่วน แล้วจุ่มแม่แบบในสารช่วยให้ยางจับแม่แบบ และจุ่มในน้ำยางผสมอีกเช่นเดียวกับครั้งแรก

ความหนาของฟิล์มยางจากการจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารช่วยให้ยางจับแม่แบบ เวลาในการจุ่มและปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางผสมแต่จะไม่ขึ้นกับความหนืด การจุ่มโดยวิธีนี้ 1 ครั้งโดยทั่วไปจะได้ฟิล์มยางหนาประมาณ 0.2-0.8 มิลลิเมตร รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของความหนาของฟิล์มยางกับเวลาในการจุ่ม โดยการใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบ และสารช่วยให้ไวต่อความร้อน

Figure 2

Typical deposit thicknesses obtained with coagulant and heat-sensitive dipping



ได้มีการปรับปรุงเทคนิคการจุ่มให้ดีขึ้น โดยการจุ่มแม่แบบด้วยวิธีจุ่มโดยตรงก่อน และหลังจากทำให้ฟิล์มยางแห้งลงบ้างแล้วจึงจุ่มโดยวิธีการใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบอีกครั้งหนึ่ง วิธีนี้จะช่วยให้ยางจับกับแม่แบบได้ดีกว่าการจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบเพียงอย่างเดียว เพราะน้ำยางผสมจำนวนมากที่จับแม่แบบอาจเลื่อนลงจากแม่แบบหลังจากนำแม่แบบขึ้นมาจากถังน้ำยางผสม

สารช่วยให้ยางจับแม่แบบ ส่วนมากใช้สารละลายเกลือแคลเซียม (calcium salts) เช่น แคลเซียม ไนเตรท (calcium nitrate) หรือสารอื่น เช่น cyclohexylamine acetate หรือ zinc chloride โดยอาจทำเป็นสารละลายในน้ำหรือในแอลกอฮอล์ (methylated spirits) หรืออาจใช้น้ำผสมแอลกอฮอล์ก็ได้ น้ำได้เปรียบในแง่ที่ราคาถูก แต่แอลกอฮอล์ได้เปรียบที่ระเหยเร็ว จึงทำให้กระบวนการผลิตเร็วขึ้น ความเข้มข้นของเกลือใช้ตั้งแต่ 10-50% ขึ้นอยู่กับความหนาของฟิล์มยางที่ต้องการ ตารางที่ 5 เป็นตัวอย่างของสารละลายช่วยให้ยางจับแม่แบบ

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	—

4.3.3 การจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางไวต่อความร้อน (heat-sensitive dipping)

การจุ่มวิธีนี้ต้องทำให้แม่แบบร้อนประมาณ 50-80°ซ. แล้วจึงจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางผสมที่ผสมสารช่วยให้ยางไวต่อความร้อนทิ้งไว้ช่วงเวลาหนึ่งจึงค่อย ๆ นำแม่แบบขึ้น ทำให้ฟิล์มยางแห้งและทำให้ยางสุกต่อไป

ความหนาของฟิล์มยางจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำยางผสม อุณหภูมิความจุความร้อนของแม่แบบ และเวลาในการจุ่ม วิธีนี้เหมาะสำหรับใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่มีความหนามาก เพราะในการจุ่ม 1 ครั้งสามารถทำให้ฟิล์มยางหนาถึง 4 มิลลิเมตรได้

วิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ครั้งละมาก ๆ เพราะการจุ่มแม่แบบที่ร้อนลงไปในน้ำยางผสมซ้ำ ๆ กันจะทำให้น้ำยางผสมร้อนขึ้น ซึ่งจะทำให้น้ำยางผสมไม่เสถียรได้ดังนั้นถังจุ่ม (dipping tank) ควรมีวิธีควบคุมความร้อนอย่างดี เพื่อควบคุมอุณหภูมิของน้ำยางผสมให้คงที่ จะได้ไม่เสียความเสถียรไป

4.4 การทำให้ฟิล์มยางแห้งและสุก (drying and vulcanizing)

ผลิตภัณฑ์ยางจากการจุ่ม จะถูกทำให้แห้งและสุกในตู้อบลมร้อน (hot-air oven) โดยฟิล์มยางจะถูกทำให้แห้งบางส่วนบนแม่แบบที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ประมาณ 80-90°ซ. แล้วจึงจะนำไปทำให้ยางสุก สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างหนาการทำให้ยางบางส่วนแห้งมีความจำเป็นมาก เพราะจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดรูพรุนอันเนื่องมาจากน้ำระเหยไปอย่างรวดเร็ว เมื่อ

ยางได้รับความร้อนสูงเกิน 100°ซ.

ในทำนองเดียวกัน การทำให้ยางแห้งบางส่วนในระหว่างขั้นตอนที่มีการจุ่มหลายครั้งจะต้องทำที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำด้วย ส่วนขั้นตอนสุดท้ายในการทำให้ยางแห้งและสุก มักใช้อุณหภูมิระหว่าง 100-140°ซ. หรืออาจใช้อุณหภูมิสูงกว่านี้ได้ ถ้าได้ผสมสารป้องกันปฏิกิริยาย้อนกลับไว้ด้วย

4.5 การม้วนขอบ (beading)

ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางบางชนิด เช่น ถุงมือ จะต้องม้วนขอบที่ปากถุงมือด้วย การม้วนขอบทำโดยม้วนส่วนบนสุด (ปาก) ของถุงมือบนแม่แบบ ซึ่งอาจใช้พนักงานม้วนหรือม้วนด้วยเครื่องจักรก็ได้

การม้วนขอบกระทำหลังจากยางแห้งไปบางส่วนแล้ว ดังนั้นหลังจากทำให้ยางสุกความเหนียวตามธรรมชาติของยางจะทำให้ขอบที่ม้วนไว้เกาะติดกันอยู่ในสภาพเดิมตามต้องการ

4.6 การแกะผลิตภัณฑ์ออกจากแม่แบบ (stripping)

กระบวนการสุดท้ายของการผลิต คือ การแกะผลิตภัณฑ์ออกจากแม่แบบ โดยใช้พนักงานและใช้ลมช่วยดันออก ในการแกะยางออกจากแม่แบบบางครั้งอาจใช้น้ำหรือน้ำแป้งช่วยก็ได้ แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะต้องนำไปทำให้แห้งอีกครั้งหนึ่ง หรืออาจใช้กับผลิตภัณฑ์ที่จะต้องไปขั้นตอนในน้ำอีก เช่น การล้างน้ำ (leaching) หรือนำไปทำปฏิกิริยาเติมคลอรีน (chlorination) ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านั้นจะต้องไปผ่านขั้นตอนการทำให้แห้งอีกครั้งอยู่แล้วก็ได้

ในการแกะผลิตภัณฑ์ออกจากแม่แบบจะทำให้กลับด้านในเป็นด้านนอก สำหรับผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ต้องการให้ด้านในเป็นด้านนอกอยู่แล้วก็ไม่จำเป็นต้องกลับด้านอีก เช่น ถุงมือยางแม่บ้านที่ด้านในบุด้วยฝ้ายหรือเส้นใยต่าง ๆ (การบุจะทำขณะที่ถุงมือยังติดอยู่กับแม่แบบ) แต่ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้ด้านนอกที่เกาะกับแม่แบบเป็นด้านนอกของผลิตภัณฑ์ เช่น การทำผิวของถุงมือให้หยาบ จะต้องกลับผลิตภัณฑ์นั้นหลังจากแกะออกจากแม่แบบแล้ว

4.7 วิธีการเสริมในการทำผลิตภัณฑ์โดยวิธีจุ่ม

นอกจากวิธีการต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีวิธีการเสริมที่จำเป็นอีก ซึ่งวิธีการเหล่านี้อาจจะเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตหรือจะแยกออกมาต่างหากเลยก็ได้ เช่น การล้างผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำ (leaching) การบุด้านใน (flocking) การทำปฏิกิริยาเติมคลอรีน (chlorination) การทำให้ลื่น และการใช้ตัวทำละลาย (solvent) ทำให้ถุงมือหยาบ

4.7.1 การล้างผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำ (leaching)

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำยางโดยวิธีจุ่ม เมื่อล้างน้ำสารที่ละลายน้ำได้จะถูกกำจัดออกไป เนื้อยางใสขึ้น ไม่เกิด surface bloom ระหว่างการเก็บ การดูดซึมน้ำลดลง ทำให้มีความต้านทานไฟฟ้าดีขึ้น การล้างน้ำใช้ในการผลิตหัวนมสำหรับเด็ก และถุงมือยางสำหรับงานไฟฟ้าซึ่งต้องการให้มีความต้านทานไฟฟ้าสูง

กระบวนการล้างน้ำอาจรวมอยู่ในกระบวนการผลิต หรือแยกต่างหากจากกระบวนการผลิตก็ได้ ถ้าการล้างน้ำรวมอยู่ในกระบวนการผลิตจะล้างด้วยน้ำร้อนประมาณ 60-80°ซ. ในขณะที่เนื้อยางยังเปียก แล้วจึงนำไปทำให้แห้ง (ยกเว้นกรณีการจุ่มโดยตรงซึ่งมีเนื้อยางน้อยมาก ต้องทำให้ยางแห้งเสียก่อน) เพราะน้ำร้อนจะละลายสารที่ละลายน้ำได้ดีกว่าน้ำเย็น แต่เนื่องจากการล้างน้ำในกระบวนการผลิตมีเวลาค่อนข้างจำกัด จึงมักใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เข้มงวดในการล้าง เช่น ถุงมือยางแม่บ้าน

ส่วนการล้างน้ำนอกกระบวนการผลิต จะเป็นการล้างผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จแล้ว มักเป็นกระบวนการที่ช้า อาจใช้เวลาเป็นชั่วโมงหรือเป็นวัน ทั้งนี้ขึ้นกับความหนาและคุณภาพที่ต้องการเนื่องจากกระบวนการนี้ เป็น batch process ที่แยกต่างหากจากกระบวนการผลิต จึงไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต โดยมักจะล้างผลิตภัณฑ์ที่ต้องการกำจัดสารที่ละลายน้ำได้ออกไป เช่น ถุงมือยางสำหรับงานไฟฟ้าเป็นต้น

4.7.2 การบุด้านในด้วยเส้นใย (flocking)

ถุงมือยางแม่บ้านบางชนิดด้านในจะบุด้วยใยฝ้าย หรือใยชนิดอื่น การบุด้านในทำให้สวมใส่ง่ายและรู้สึกสบายขึ้น กระบวนการนี้จะรวมอยู่ในกระบวนการผลิต โดยการจุ่มถุงมือยางที่เกาะกับแม่แบบและแห้งพอเหมาะลงในน้ำยางผสมกาว (ส่วนผสมของน้ำยางผสมกาวจะคล้ายกับส่วนผสมของน้ำยางที่ใช้ทำถุงมือ)

ในตอนแรกจะจุ่มแม่แบบตามปกติ โดยวิธีใช้สารเคมีช่วยให้ยางเกาะแม่แบบ หลังจากทำให้ฟิล์มยางแห้งพอเหมาะแล้ว นำไปจุ่มในน้ำยางผสมสารเคมีและกาว (adhesive latex mix) ด้วยวิธีจุ่มโดยตรง เนื่องจากยางธรรมชาติมีคุณสมบัติเป็นกาวอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องใช้สารช่วยให้เหนียว (tackifying agent) หรือสารเรซิน (resin) และนำไปติดกับเส้นใยในขณะที่กาวยังเหลวอยู่ เพราะจะทำให้เส้นใยเปียกสามารถแทรกเข้าในเนื้อกาวได้ง่าย ทำให้เส้นใยติดได้แน่น ถ้าปล่อยให้กาวเกิดเป็นวุ้น (gel) จะทำให้เส้นใยเกาะติดไม่ดี สาเหตุของการเกิดวุ้นอาจเกิดจากการแพร่กระจายของอิออนของสารช่วยให้ยางจับตัว (coagulating ion) จากการจุ่มครั้งแรก หรืออาจเกิดจากอุณหภูมิห้องสูงเกินไปก็ได้ สูตรในตารางที่ 6 สามารถป้องกันปัญหานี้ได้ โดยสาร surfactant ที่ช่วยให้เสถียรสามารถป้องกัน calcium ions ได้ ส่วน thickening agent ช่วยเพิ่มความหนืดทำให้กาวมีความเสถียรมากขึ้นและแห้งยากขึ้นด้วย

สำหรับวิธีทำให้เส้นใยไปเกาะติดกับกาว อาจทำโดยวิธีทางไฟฟ้าสถิต (electrostatic) หรือวิธีทางเชิงกล (mechanic) ข้อดีของวิธีทางไฟฟ้าสถิตคือ การเรียงตัวของเส้นใยจะเป็นระเบียบ แต่เครื่องมือมีราคาแพง จึงมักนิยมใช้วิธีทางเชิงกลโดยการทำให้เกิด flock cloud ขึ้น ส่วนวิธีทำให้เส้นใยเกาะกับถุงมืออย่างทั่วถึง ทำโดยการหมุนแม่แบบในภาชนะบรรจุเส้นใย (flocking unit)

4.7.3 การเติมคลอรีน (chlorination)

ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางจำนวนมาก โดยเฉพาะถุงมือยางแม่บ้าน หลังการผลิตจะนำไปเติมคลอรีนเพื่อลดความเหนียวของผิวลง การเติมคลอรีนทำได้โดยจุ่มถุงมือในน้ำคลอรีนเจือจาง (0.3%) นาน 2-5 นาที คลอรีนจะทำปฏิกิริยากับผิวยางเป็นยางคลอริเนตเต็ด ทำให้สัมประสิทธิ์ความเสียดทานลดลง (ถ้าใช้น้ำโบรมีนก็จะให้ผลทำนองเดียวกัน) โดยคุณสมบัติอื่น ๆ ของยางไม่เปลี่ยนแปลง (สำหรับยางที่มี

ความหนาตามปกติ)

น้ำคลอรีนอาจเตรียมโดยผสมกรดเกลือเข้มข้น 1 ส่วนโดยน้ำหนักกับสารละลายของโซเดียมไฮโปรคลอไรต์ 7.5% ในน้ำ หรืออาจเตรียมจากแก๊สคลอรีนและน้ำ โดยใช้เครื่องผสมแบบอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3 เนื่องจากคลอรีนเป็นสารที่มีอันตรายมาก ดังนั้นในบริเวณที่ทำปฏิกิริยาการเติมคลอรีน อากาศต้องถ่ายเทได้ดีและต้องมีเครื่องกำจัดคลอรีนด้วย

หลังจากเติมคลอรีน จะต้องนำผลิตภัณฑ์ไปล้างคลอรีนส่วนเกินออกด้วยสารละลายแอมโมเนียอย่างอ่อน (2%) เพื่อทำให้เป็นกลาง แล้วจึงนำไปล้างน้ำ และทำให้แห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40-60°ซ. ใน tumbler drier ถ้าเติมคลอรีนมากเกินไปหรืออุณหภูมิในการทำให้แห้งสูงเกินไป จะทำให้ยางเปลี่ยนสีได้ แต่ถ้าเติมคลอรีนน้อยไปในการทำให้แห้งถ้าใช้อุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลาสั้นลง ยางจะไม่เปลี่ยนสี

Table 6

Flock adhesive formulation

	Parts by weight
60% Natural rubber latex	167.0
20% Stabilizer solution[a]	2.5
10% Potassium hydroxide solution	2.0
50% Sulphur dispersion	2.0
50% Zinc diethyldithiocarbamate dispersion	2.0
50% Zinc oxide dispersion	2.0
50% Antioxidant dispersion	2.0
Antifoaming agent[b]	0.1
10% Thickener[c] solution	2.0, or as required[d]

a. Non-ionic surfactants are recommended, *eg Texofor FN30* (ABM Chemicals Ltd, Leeds, UK) or *Lubrol PF* (ICI).

b. Tnmethyl hexanol. Other proprietary antifoaming agents can also be used.

c. Polyacrylate type, *eg Rohagit S* (Rohm and Haas). Cellulose derivatives may also be used.

d. To give a viscosity of 200-300 cP as measured on the Brookfield LVT viscometer at 23°C, using spindle 2 at 60 rev/min.

4.7.4 การทำให้ลื่น (lubrication)

การลดความเหนียวของผิวยางนอกจากวิธีเติมคลอรีนแล้ว อาจใส่สารช่วยให้ลื่น (lubricant) แทน เช่น tale, mica, แป้ง (starch), lycopodium และน้ำมันซิลิโคน เป็นต้น การจะเลือกใช้สารช่วยให้ลื่นชนิดใดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งานการใส่สารช่วยให้ลื่นนั้นง่ายกว่าการเติมคลอรีน จึงอาจทำไปพร้อมกับกระบวนการผลิตได้ โดยอาจใช้ในลักษณะเป็นผง สารละลาย หรือสารแขวนลอยในน้ำ (suspension) ก็ได้ ข้อเสียของการใส่สารช่วยให้ลื่นคือสารไม่ติดอยู่ถาวร เมื่อถูหรือล้างก็จะหลุดออกไปได้ แต่การเติมคลอรีนนั้นถาวร ดังนั้นการเติมคลอรีนจึงมักใช้กับผลิตภัณฑ์ที่จะต้องใช้ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เช่น ถุงมือยางแม่บ้าน ส่วนการใส่สารช่วยให้ผิวลื่นมักใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง เช่น ถุงมือผ่าตัด และถุงยางอนามัย เป็นต้น

4.7.5 การทำให้ผิวหยาบด้วยตัวทำละลาย (solvent roughening)

เป็นวิธีทำผิวของถุงมือยางให้มีลักษณะหยาบ โดยการจุ่มถุงมือยางขณะยังมีลักษณะเป็นวุ้น (gel) ลงไปในตัวทำละลายที่ทำให้ยางพอง เช่น โทลูอีนเป็นเวลา 10 นาที โดยทั่วไปการทำให้ผิวหยาบด้วยตัวทำละลายจะกระทำหลังจากผ่านกระบวนการทำให้ยางจับแม่แบบด้วยวิธีใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบครั้งที่ 2 แล้ว ผิวของถุงมือที่มีลักษณะหยาบจะทำให้ดูสวยงามขึ้น และการหยิบจับสิ่งของมั่นคงขึ้นด้วย

5. เครื่องมือ (equipment)

5.1 ถังเก็บน้ำยางข้น (storage tank)

ในโรงงานอุตสาหกรรม ถังเก็บน้ำยางข้นจะต้องเหมาะสม มีที่กวนน้ำยางเพื่อกวนน้ำยางเป็นครั้งคราว และต้องอยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำประมาณ 10-15°ซ.

5.2 ถังผสมน้ำยาง (mixing tank)

ถังผสมน้ำยางเป็นถังทรงกระบอก ก้นเป็นรูปกรวยและมีทางออกที่ก้น ถังอาจทำจากเหล็กและเคลือบภายในด้วยสารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับยางและสารเคมีผสมยาง หรืออาจทำจากสเตนเลสก็ได้ ภายในถังมีใบพัดขนาดใหญ่สำหรับกวน (หมุนได้ตั้งแต่ 20-150 รอบ/นาที) ถังควรอยู่ในที่สูง เพื่อปล่อยให้น้ำยางผสมไหลไปลงถังจุ่มหรือถังเก็บน้ำยางผสมได้สะดวก

5.3 ถังจุ่มน้ำยาง (dipping tank)

ถังจุ่มน้ำยาง เป็นหัวใจของกระบวนการผลิตโดยวิธีจุ่ม จึงต้องออกแบบอย่างดีเพื่อให้ได้กระบวนการผลิตที่ดี ถังต้องมีที่ให้น้ำเย็นไหลหมุนเวียน เพื่อควบคุมอุณหภูมิของน้ำยางภายในถังและต้องมีอุปกรณ์สำหรับหมุนเวียนน้ำยางโดยไม่เกิดฟองอากาศ เพื่อป้องกันการตกตะกอนและการเกิดฟิล์มที่ผิว เนื่องจากน้ำระเหยออกไป นอกจากนี้ควรมีตะแกรงสำหรับกวาดเอายางที่จับตัวกันออกไปจากน้ำยางดังรูปที่ 4

Figure 4

Stainless steel circulating tank for latex (Figures 4, 5 and 6 are courtesy of Process Dipping Equipment Ltd.)

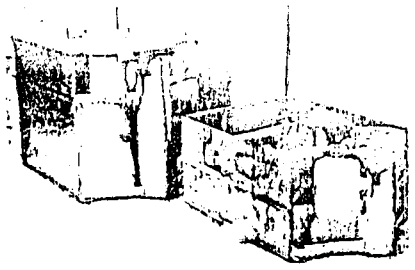
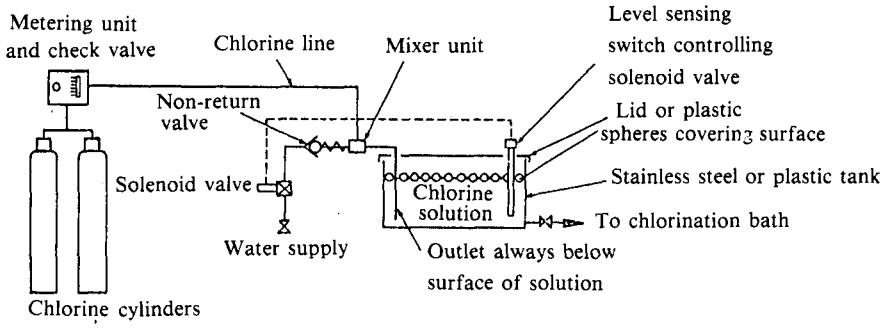


Figure 3

Scheme for automatic production of chlorinating solution



5.4 ถังใส่สารช่วยให้ยางจับแม่แบบ (coagulant tank)

โดยทั่วไปถังใส่สารช่วยให้ยางจับแม่แบบไม่ต้องมีที่หล่อเย็น แต่ถ้าในสารช่วยให้ยางจับแม่แบบผสมพวก talc ด้วย จะต้องมีที่กวนเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการตกตะกอน

5.5 แม่แบบ (former)

แม่แบบมักทำจากกระเบื้องดินเผา แก้ว สเตนเลส หรืออะลูมิเนียม และบางครั้งอาจทำจากเหล็กชุบโครเมียมก็ได้ ในการทำถุงมือยางมักใช้กระเบื้องดินเผาทำแม่แบบ เพราะสามารถทำให้ผิวมีลักษณะเรียบหรือเป็นลักษณะอื่นได้ แม่แบบที่ผิวที่ลักษณะอื่น เช่น มีลักษณะหยาบ มักใช้สำหรับทำถุงมือเพื่อให้สามารถหยิบจับสิ่งของได้มั่นคงไม่ลื่นง่าย สำหรับถุงยางอนามัย แม่แบบมักทำด้วยแก้วและเนื่องจากมีความบางมาก จึงใช้เวลาน้อยในการให้ความร้อนและทำให้เย็น ทำให้สามารถผลิตได้เร็ว ส่วนหัวนมสำหรับขวดนมและหัวนมหลอก แม่แบบมักทำจากเหล็กชุบแข็ง (hard-chromed) เพราะสามารถทำให้ผิวเรียบเนียนเป็นพิเศษได้

5.6 กลไกของกระบวนการจุ่ม (dipping mechanism)

กระบวนการจุ่มมีสิ่งสำคัญที่ต้องควบคุม คือ อัตราเร็วในการจุ่มแม่แบบและการนำแม่แบบขึ้น สำหรับกระบวนการแบบกึ่งอัตโนมัติหรือ batch process อาจทำโดยตั้งเวลาเครื่องไฮดรอลิกไว้ล่วงหน้าหรือใช้พนักงานควบคุม ดังรูปที่ 5

Figure 5

Electrohydraulic laboratory dipping equipment incorporating rotation of formers on axis of mounting

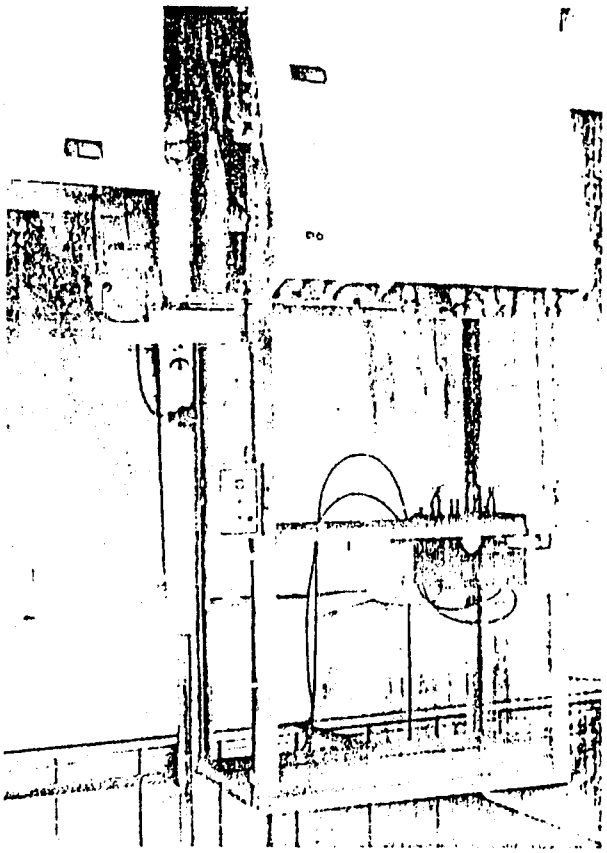
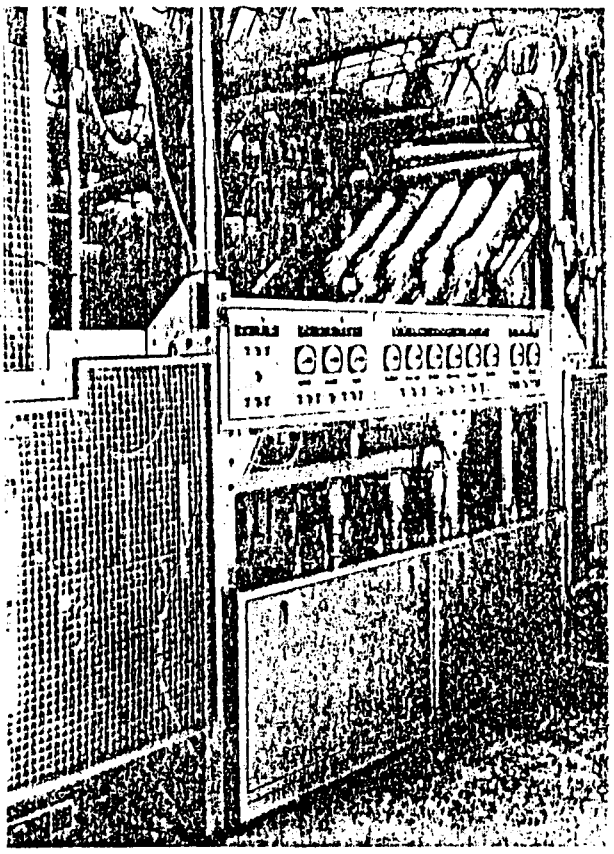


Figure 6

An automatic dipping unit for ambidextrous gloves. The unit is fully automated through multiple dipping stages



ในเครื่องอัตโนมัติสมบูรณ์แบบ แม่แบบจะถูกยึดอยู่ในไลน์ (line) ของกระบวนการผลิตและเคลื่อนที่ด้วยโซ่ อัตราเร็วในการจุ่มแม่แบบและการนำแม่แบบขึ้นถูกควบคุมด้วยอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของแม่แบบและจะจุ่มและขึ้นตามมุมของการเคลื่อนที่ของแม่แบบ ดังรูปที่ 6 แต่ไม่ว่าจะเป็นการจุ่มโดยวิธีใด สิ่งที่สำคัญคือการเคลื่อนที่ของแม่แบบจะต้องเรียบสม่ำเสมอและไม่มีการสั่นเกิดขึ้น หลังจากนำแม่แบบขึ้นพ้นจากน้ำยางผสมแล้ว ต้องหมุนแม่แบบหรือกลับแม่แบบทันที เพื่อให้น้ำยางที่ยังไม่เป็นวุ้น (ungelled latex) กระจายทั่วผิวอย่างสม่ำเสมอ

5.7 การทำให้ยางแห้งและสุก (drying and vulcanizing)

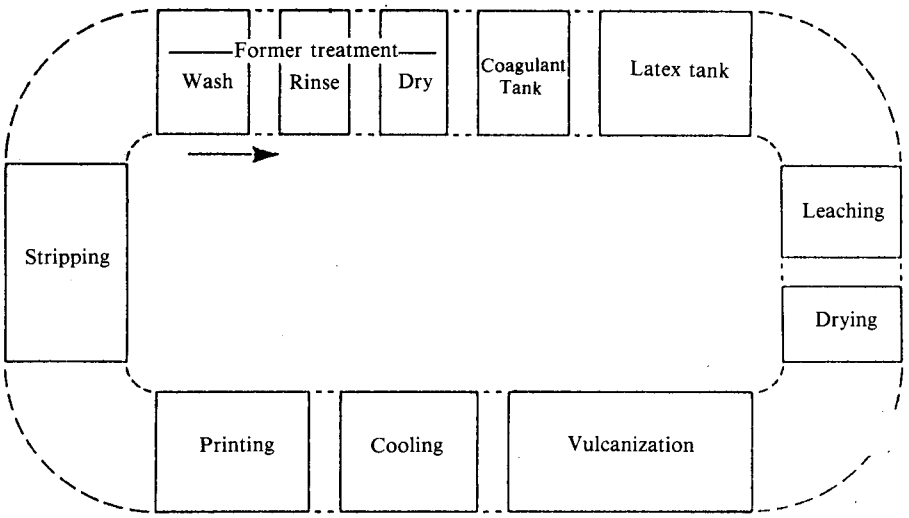
โดยทั่วไปจะใช้ตู้อบความร้อนแบบใช้ลมร้อน ด้วยการถ่ายเทความร้อนจากแก๊สหรือไอน้ำ หรืออาจใช้ความร้อนจากไฟฟ้าโดยตรงก็ได้ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บางมาก มักใช้แสงอินฟราเร็ด (infra-red) แต่จะไม่ใช้ความร้อนจากแก๊สโดยตรง เพราะสิ่งที่ได้จากการเผาไหม้ของแก๊สอาจทำให้ยางเปลี่ยนสีได้

5.8 เครื่องมือที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ (associated equipment)

เครื่องมือประกอบอื่น เช่น อุปกรณ์ล้างแม่แบบและทำให้แม่แบบแห้ง เครื่องแกะผลิตภัณฑ์ออกจากแม่แบบหลังจากยางสุกแล้ว ถังล้างถ้าเป็นการล้างแบบเปียก (wet-gel leaching) จะรวมอยู่เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตด้วย แต่ถ้าเป็นการล้างแบบแห้งก็จะแยกออกไปต่างหาก เครื่องม้วนขอบ (beading) เครื่องบุด้านในด้วยเส้นใย (flocking), เครื่องเติมคลอรีน (chlorination) และการทำให้ผิวลื่น (lubrication) จะใช้หรือไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และนอกจากนั้นยังอาจมีเครื่องพิมพ์เครื่องหมายบนผลิตภัณฑ์อีกด้วย แผนผังโรงงานสำหรับกระบวนการจุ่มแบบอัตโนมัติ ดังรูปที่ 7

Figure 7

Layout of an automatic dipping unit



เอกสารอ้างอิง

1. Pendle, TD., and Gordon, ADT **Dipping with natural later.** NR Technical bulletin, England : Hertford Offset Ltd., 1980.