ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมยาง

(Introduction to Rubber Industry)

พายับ นามประเสริฐ

ยางแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือยางธรรมชาติ (natural rubber) และยางสังเคราะห์หรือยางเทียม (synthetic rubber)

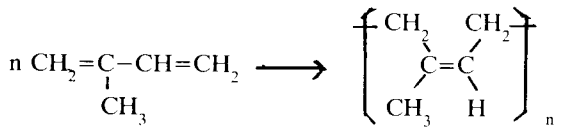
ยางธรรมชาติ (NR)[1]

ยางธรรมชาติได้มาจากต้นยางพารา (Hevea brasiliensis) ต้นยางพาราปลูกกันมากในประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซียและประเทศไทย น้ำยาง (latex) ที่ได้จากต้นยางพารามีลักษณะเป็นน้ำสีขาวคล้ายน้ำนม มีองค์ประกอบดังนี้ ของแข็งทั้งหมด (total solid content) [ซึ่งรวมเนื้อยางแห้ง (dry rubber content, DRC) ประมาณร้อยละ 33 ด้วย] ประมาณร้อยละ 36 สารโปรตีน (proteinous substances) ประมาณร้อยละ 1- 1.5 สารเรซิน (resinous substance) ประมาณร้อยละ 1-2.5 เถ้า(ash) น้อยกว่าร้อยละ 1 น้ำตาล (sugar) ประมาณร้อยละ 1 และน้ำประมาณร้อยละ 60

ผู้ผลิตวัตถุดิบยางออกจำหน่าย สามารถผลิตยางธรรมชาติได้หลายลักษณะ ได้แก่

1. น้ำยางข้น (concentrated latex)[2]
2. ยางแผ่นรมควัน (ribbed smoked sheet)
3. ยางผึ่งแห้ง (air dried sheet)
4. ยางเครพ (crepe rubber)
5. ยางแท่ง (block rubber)

สูตรโครงสร้างของยางธรรมชาติ เป็น cis−1, 4−polyisoprene



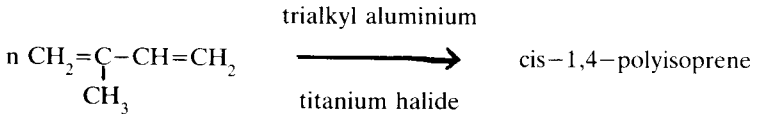
isoprene cis−1,4−polyisoprene

ยางธรรมชาติ มีคุณสมบัติทนแรงดึงและแรงฉีกได้สูง มีความยืดหยุ่นสูง การสะสมความร้อน (heat built up) น้อย ประโยชน์ใช้ทำยางรถยนต์ สายพาน ยางฟองน้ำ กาวยาง ถุงมือยาง และอื่น ๆ

ยางสังเคราะห์

ยางสังเคราะห์ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการทางเคมี ยางสังเคราะห์จึงมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดมีสูตรโครงสร้างและคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังจะได้กล่าวถึงดังต่อไปนี้

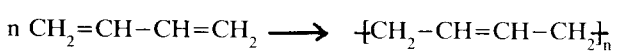
Synthetic polyisoprene (IR)



isoprene IR

เนื่องจาก IR มีสูตรโครงสร้างเหมือนกับยางธรรมชาติคือเป็น cis−1,4−polyisoprene ดังนั้น IR จึงมีคุณสมบัติ คล้ายกับยางธรรมชาติมาก ประโยชน์ในการใช้งานก็คล้ายกัน เช่น ทำยางรถยนต์ ท่อยาง หัวนมยางสำหรับเด็กและยางที่ใช้กับเครื่องจักรกลต่าง ๆ

Polybutadiene (BR)



butadiene BR

[1] ASTM D1418 Standard recommended practice for rubber and rubber latices−nomenclature

[2] พายับ นามประเสริฐ, การทำน้ำยางข้นจากน้ำยางธรรมชาติ, **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ**, ฉบับที่ 125, มกราคม 2534

BR มีคุณสมบัติทนต่อการสึกกร่อนได้ดีมาก ประโยชน์ใช้ทำยางรถยนต์

Styrene–butadiene copolymer (SBR)

$$CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + CH_2{=}\underset{\underset{C_6H_5}{|}}{CH} \longrightarrow \left[(CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2)_{75}(CH_2{-}\underset{\underset{C_6H_5}{|}}{CH})\right]_n$$

butadiene styrene SBR

SBR เป็น copolymer ของ butadiene กับ styrene โดยใช้ butadiene มากกว่าร้อยละ 50 copolymer จะมีคุณสมบัติเป็นยาง แต่ถ้าใช้ styrene มากกว่าร้อยละ 50 copolymer ที่ได้จะมีคุณสมบัติเป็นพลาสติก ซึ่งใช้ทำสีพลาสติก (latex paint) SBR ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ ทนต่อการสึกกร่อนได้ดี (high abrasion resistance) ประโยชน์ใช้ทำยางรถยนต์ประเภทยางรถยนต์นั่งธรรมดาและยางเรเดียล ทำสายพาน ท่อยาง ยางพื้นและส้นรองเท้า

Acrylonitrile–butadiene rubber หรือ Nitrile rubber (NBR)

$$CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + CH_2{=}\underset{\underset{CN}{|}}{CH} \rightarrow \left[(CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2)_{73}(CH_2{-}\underset{\underset{CN}{|}}{CH})\right]_n$$

butadiene acrylonitrile NBR

NBR มีคุณสมบัติทนทานต่อน้ำมันและสารเคมีต่าง ๆ จึงใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความทนทานต่อน้ำมันและสารเคมี เช่น ชิ้นส่วนของรถยนต์ และเครื่องจักรกลต่าง ๆ อุปกรณ์การพิมพ์ อุปกรณ์ไฟฟ้า

Isobutylene–isoprene copolymer หรือ Butyl rubber (IIR)

$$\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH_2{=}C} + CH_2{=}\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}{-}CH{=}CH_2 \rightarrow \left[(CH_2{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}})_{50}(CH_2{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}{=}CH{-}CH_2)\right]_n$$

isobutylene isoprene IIR

IIR เป็น copolymer ของ isobutylene กับ isoprene ร้อยละ 2-3 เพื่อให้โครงการสร้างมีพันธะที่ไม่อิ่มตัว (double bond) ร้อยละ 2-3 ซึ่งพันธะที่ไม่อิ่มตัวนี้ทำให้ IIR สามารถเกิดการคงรูป (vulcanization) ด้วยกำมะถันได้ IIR มีคุณสมบัติพิเศษคือสามารถป้องกันการซึมผ่านของอากาศได้ดี และทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศได้ดีด้วย ประโยชน์ใช้ทำยางในรถยนต์ และผลิตภัณฑ์ยางที่ต้องการความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ

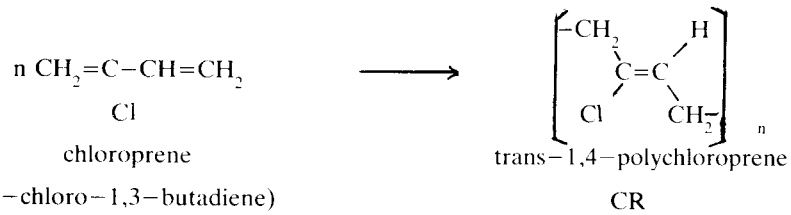
Ethylene–propylene–diene terpolymer (EPDM)

$$CH_2{=}CH_2 + CH_2{=}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} + \text{diene} \rightarrow \left[(CH_2{-}CH)_{37}(CH_2{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH})_{13}{-}\text{diene}\right]_n$$

ethylene propylene EPDM

EPDM จะมีพันธะที่ไม่อิ่มตัว (double bond) อยู่ร้อยละ 2-3 จึงสามารถทำให้คงรูป (vulcanization) ด้วยกำมะถันได้ diene ที่ใช้เช่น butadiene, cyclopentadiene, dicyclopenta diene และ 1-4 hexadiene เป็นต้น EPDM มีคุณสมบัติทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ความร้อนและสารเคมีต่าง ๆ ประโยชน์ ทำท่อยางสำหรับรถยนต์ ยางขอบกระจกขอบประตูรถยนต์หุ้มสายไฟฟ้าสายเคเบิล สายพานลำเลียง

Polychloroprene หรือ Neoprene (CR)



chloroprene trans–1,4–polychloroprene

(2–chloro–1,3–butadiene) CR

CR มีคุณสมบัติทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ น้ำมันและความร้อนได้ดี ประโยชน์ทำท่อยาง สายพาน หุ้มสายเคเบิล

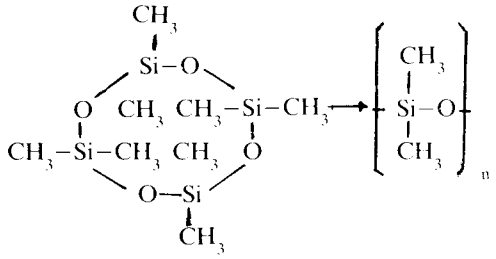
Polysulphide rubber หรือ Thiokol (OT)

$$n\,ClCH_2CH_2OCH_2OCH_2CH_2Cl + nNa_2S_4 \longrightarrow \left\{CH_2CH_2OCH_2OCH_2CH_2-\overset{S}{\overset{\|}{S}}-\overset{S}{\overset{\|}{S}}\right\}_n + 2nNaCl$$

dichloroethyl formal sodium polysulphide — OT

OT เตรียมได้จาก condensation polymerization ของ organic dihalide กับ alkaline polysulphide มีคุณสมบัติทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศและน้ำมันได้ดี ประโยชน์ใช้เคลือบด้านในของถังน้ำมัน ทำซีเมนต์ ทำ sealant และลูกกลิ้งสำหรับงานพิมพ์

Silicone rubber หรือ Polysiloxanes (MQ)



cyclic cyloxane — MQ

MQ เป็น inorganic–organic polymer มีราคาแพง มีคุณสมบัติทนความร้อนได้สูงมาก ไม่ละลายในน้ำและแอลกอฮอล์ ทนสารเคมี ติดไฟยากและไม่เป็นพิษ ใช้ประโยชน์ อาทิ ทำสายพาน สำหรับลำเลียงอาหาร จุกขวดยา หัวนมสำหรับเด็ก

Urethane rubber หรือ Polyurethane (AU)

Polyurethane เตรียมจากปฏิกิริยาของ Polyglycols เช่น polyether $HO\left[R-O\right]_nH$, polyester $HO\acute{R}O\left[C-R-C-O\acute{R}O\right]_nH$ (R = alkyl group, n=10–50) กับ organic diisocyanates ปฏิกิริยาเป็นดังนี้

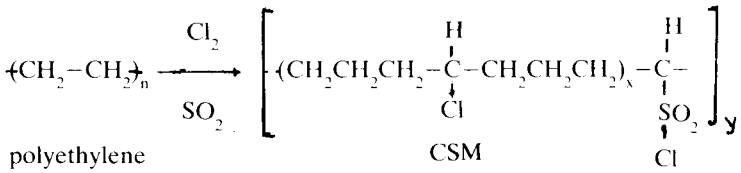
$$HO-P-OH + O=C=N-R-N=C=O \rightarrow HO\left[P-O-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-NH-R-NH-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O\right]_m P-OH$$

m = 50–100

polyglycol diisocyanate — AU

Urethane rubber มีคุณสมบัติทนต่อการสึกกร่อนได้ดี ทนความร้อน ทนตัวทำละลาย ทนออกซิเจน ทนโอโซน ประโยชน์ใช้ทำยางตัน flexible foam และ elastic fibres

Chlorosulfonated polyethylene หรือ Hypalon (CSM)



polyethylene — CSM

x = ~12

y = ~17

CSM มีคุณสมบัติทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ทนความร้อน ทนสารเคมี ทนน้ำมันและทนต่อการสึกกร่อนได้ดี ใช้ทำสายพานลำเลียง อุปกรณ์รถยนต์

นอกเหนือจากยาง 2 ชนิดที่กล่าวมาแล้ว คือ ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ ยังมียางอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญ เช่นเดียวกัน เพราะเป็นการนำยางที่เสียแล้วกลับมาใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ยางได้ใหม่อีก คือ reclaimed rubber การ recycle ยางเก่าจะช่วยประหยัดทรัพยากรธรรมชาติและช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมด้วย

Reclaimed rubber

เป็นยางที่ได้จากการนำยางที่เสีย ยางที่ใช้จนหมดสภาพแล้วกลับมาผ่านกระบวนการต่าง ๆ โดยใช้พลังงานกล พลังงานความร้อนและกระบวนการทางเคมี ทำให้พันธะที่เชื่อมข้าม chain ของยางแตกออก ซึ่งเรียกว่า devulcanization ทำให้ยางกลับมีสภาพเหมือนกับยางดิบอีกครั้งหนึ่ง สามารถนำไปใช้ผสมในอัตราส่วนประมาณ 10–30 ส่วนต่อยางใหม่ 100 ส่วน เพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์ยางต่อไปได้ **(อ่านต่อฉบับหน้า)**