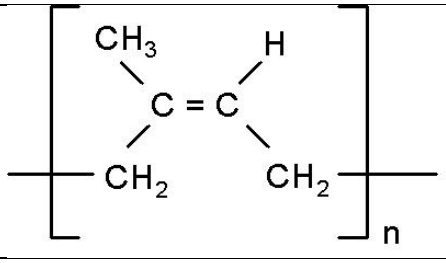
สมบัติทั่วไปของยางสังเคราะห์

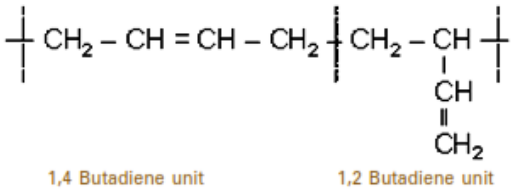
- **ยางพอลิไอโซพรีน (cis -1,4-polyisoprene, IR)** เป็นยางสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติเหมือนยางธรรมชาติ ซึ่งสามารถเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า “Synthetic NR”

เมื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติของยางพอลิไอโซพรีน (IR) ต่อยางธรรมชาติ จะได้ดังต่อไปนี้

โครงสร้างทางเคมีของยางพอลิไอโซพรีน	
ข้อดีเทียบกับยางธรรมชาติ	คุณภาพสม่ำเสมอ สิ่งเจือปนน้อย มีสีขาว ผสมสีได้ง่ายแบะสวยงามกว่า
ข้อเสียเทียบกับยางธรรมชาติ	Tensile strength (ความทนทานต่อแรงดึง) ต่ำกว่า Tear Strength (ความทนทานต่อการฉีกขาด) ต่ำกว่า ราคาแพงมากกว่า

- **ยางบิวตาไดอีน (Butadiene Rubber, BR)** ผลิตจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย (Solution Polymerization) ซึ่งมีการจัดเรียงตัวได้ทั้งแบบ cis-1,4 แบบ tran-1,4 และแบบ vinyl-1,2 โดยยางชนิดนี้จะมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยประมาณ 250,000-300,000

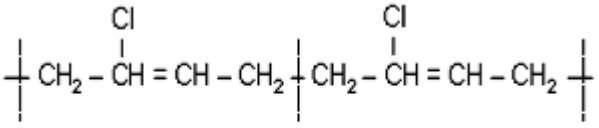
สมบัติทั่วไปของยางบิวตาไดอีน (BR) มีดังต่อไปนี้

โครงสร้างทางเคมีของยางบิวตาไดอีน	
ความยืดหยุ่น (Elasticity)	ความยืดหยุ่นสูงมาก ทำให้มีการกระเด้งกระดอนสูงที่สุดในบรรดายางทั้งหมด
ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)	ค่อนข้างต่ำ ต้องเติมสารเสริมแรงลงไปด้วย (Reinforced Filler)
ความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion Resistance)	สูงมาก
การหักงอที่อุณหภูมิต่ำ (Low Temp. Flexibility)	ดีมาก เนื่องจากมี Tg ต่ำมาก -112 °C

อายุการใช้งาน (Aging Properties)	เสื่อมสภาพในสภาวะที่มีออกซิเจน โอโซน หรือแสงแดด
อุณหภูมิการใช้งาน (Temp. Service)	-70 ถึง 75 °C
การใช้งาน	สมบัติเด่นด้านความยืดหยุ่น ความต้านทานต่อการขัดถู ความสามารถในการหักงอที่อุณหภูมิต่ำ ความร้อนสะสมในยางต่ำ และเป็นยางที่ไม่มีขั้วจึงทนต่อน้ำมันหรือตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว ยางบิวตาไดอีนส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมยางล้อ เพราะเป็นยางที่มีความต้านทานต่อการขัดถูสูง และมักถูกนำไปทำใส้ในลูกกอล์ฟและลูกฟุตบอลเนื่องจากมีสมบัติด้านการกระเด้งตัวที่ดี

- **ยางคลอโรพรีน (Chloroprene Rubber, CR)** มีชื่อทางการค้าว่า ยางนีโอพรีน (Neoprene) เป็นยางที่สังเคราะห์จากมอนอเมอร์ของคลอโรพรีน ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ทำให้โมเลกุลของยางคลอโรพรีนสามารรถจัดตัวได้อย่างเป็นระเบียบ ยางชนิดนี้จึงสามารถตกผลึกได้เช่นเดียวกันกับยางธรรมชาติ ดังนั้นยางคลโรพรีนจึงมีค่าความทนต่อแรงดึงสูง (โดยที่ไม่ใส่สารตัวเติม) นอกจากนั้นยังมีความทนต่อการฉีกขาดและขัดถูสูงด้วย

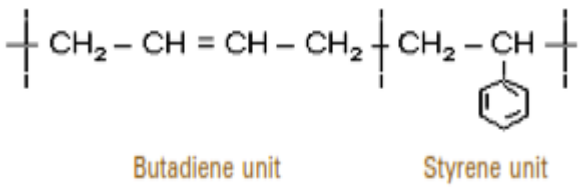
สมบัติทั่วไปของยางคลอโรพรีน (CR) มีดังต่อไปนี้

โครงสร้างทางเคมีของยางคลอโรพรีน	 Chloroprene unit
ความเหนียวติดกัน (Track)	ความเหนี่ยวติดกันดี ไม่เกิดรอยต่อในผลิตภัณฑ์ที่ประกอบจากหลายชิ้นส่วน
ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)	ค่อนข้างสูง เพราะ สามารถเกิด Crystallized ได้
ทนต่อเปลวไฟ (Flammability)	ทนต่อเปลวไฟได้ดี เป็น Self-Extinguish
ความสารถในการทนน้ำมันและสารเคมี (Oil & Chemical Resistance)	ปานกลางถึงดี แต่ไม่ทนต่อน้ำมันเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน ฟอสเฟต เอสเทอร์ คีโตน อัลดีไฮด์ และตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน
อายุการใช้งาน (Aging Properties)	ทนต่อสภาพอากาศ ความร้อน โอโซน
อุณหภูมิการใช้งาน (Temp. Service)	-40 ถึง 100 °C
การใช้งาน	เป็นยางที่มีขั้วเนื่องจากประกอบด้วยอะตอมของคลอรีน

	ทำให้ยางชนิดนี้มีสมบัติด้านการทนไฟ, ความทนต่อสารเคมีและน้ำมัน ซึ่งผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้งานในลักษณะดังกล่าวได้แก่ ยางซีล, ยางสายพานลำเลียงในเหมืองแร่ เป็นต้น

- **ยางสไตรีนบิวตาไดอีน (Styrene-Butadiene Rubber, SBR)** เกิดจากการโคพอลิเมอไรเซชันแบบสุ่มด้วยเทคนิคแบบอิมัลชัน (Emulsion Polymerization) หรือเทคนิคแบบสารละลาย (Solution polymerization) ระหว่างมอนอเมอร์สองชนิด คือ สไตรีนและบิวตาไดอีน ยางเอสบีอาร์มีค่าความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิห้องประมาณ 0.93 และถือว่าเป็นยางสังเคราะห์ที่สำคัญและใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในวงการอุตสาหกรรมยาง เนื่องจากยางชนิดนี้มีการผลิตในปริมาณมากและราคาไม่แพงเมื่อเปรียบเทียบกับยางธรรมชาติ อีกทั้งสามารถแปรรูปได้ง่าย จึงทำให้ประหยัดทั้งต้นทุนวัตถุดิบ และแรงงานการผลิต

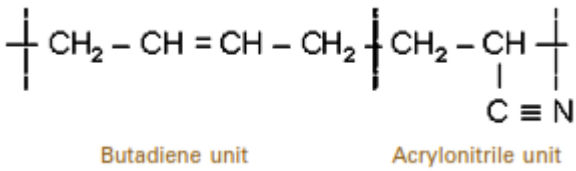
สมบัติทั่วไปของยางสไตรีนบิวตาไดอีน (SBR) มีดังต่อไปนี้

โครงสร้างทางเคมีของยางสไตรีนบิวตาไดอีน	
ความเหนียวติดกัน (Track)	ต่ำ ต้องใช้สารเพิ่มการเหนี่ยวติดในการผลิตผลิตภัณฑ์
ความยืดหยุ่น (Elasticity)	ต่ำกว่ายางธรรมชาติ และยิ่งลดลง ถ้ายาง SBR มี %Stryrene สูงขึ้น
ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)	ต่ำ โดยต่ำกว่า ยางธรรมชาติ 7-10 เท่า
ความสารถในการทนน้ำมันและสารเคมี (Oil & Chemical Resistance)	ทนต่อกรด ด่างเจือจาง แอลกอฮอล์ น้ำ ไกลคอล เกลือ และน้ำมันซิลิโคนได้เป็นอย่างดี แต่ไม่ทนต่อน้ำมันปิโตรเลียมและไฮโดรคาร์บอน
อายุการใช้งาน (Aging Properties)	ทนต่อสภาพอากาศ ความร้อน โอโซน แสงแดด น้อยกว่ายางธรรมชาติ
อุณหภูมิการใช้งาน (Temp. Service)	-50 ถึง 100 °C
การใช้งาน	เป็นยางสังเคราะห์ที่ทนทานต่อการเสียดสีได้ดี ดังนั้นจึงใช้ในการทำพื้นรองเท้า สายพานและยางรถยนต์ เป็นต้น

- **ยางไนไตรล์ (Nitrile or Acrylonitrile-Butadiene Rubber, NBR)** เป็นโคพอลิเมอร์ของ อะไครโลไนไตร์ล และบิวตาไดอีน ยางชนิดนี้มีความเป็นขั้วสูง ยางชนิดนี้จึงมีคุณสมบัติเด่นคือทนต่อน้ำมันปิโตรเลียม และตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วต่างๆ ได้ดี เนื่องจากยางชนิดนี้ประกอบด้วยสองส่วนคือส่วนที่เป็น บิวตาไดอีน ซึ่งจะให้ความยืดหยุ่น และส่วนที่เรียกว่าอะไครโรไนไตร์ลซึ่งเป็นส่วนที่จะทำให้คุณสมบัติของยาง NBR เปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ หากยิ่งเพิ่มปริมาณ อะไครโรไนไรล จะทำให้มี

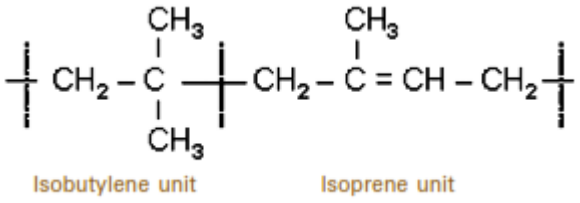
ความทนต่อน้ำมันและตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนสูงขึ้น การกระเด้งกระดอนต่ำลง Compression Set น้อยลง อัตราการซึมผ่านก๊าซลดลง สมบัติการหักงอที่อุณหภูมิต่ำลดลง ความทนทานต่อความร้อนและโอโซนสูงขึ้น ความต้านทานการขัดถูสูงขึ้น ความแข็งและความทนทานต่อแรงดึงสูงขึ้น ความหนาแน่นสูงขึ้น

สมบัติทั่วไปของยางไนไตรล์ (NBR) มีดังต่อไปนี้

โครงสร้างทางเคมีของยางไนไตรล์	
ความยืดหยุ่น (Elasticity)	ต่ำกว่ายางธรรมชาติ และลดลงตาม %Acrylonitrile
ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)	ต่ำ โดยต่ำกว่า ยางธรรมชาติ 7-10 เท่า
ความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion Resistance)	ค่อนข้างดี
การหักงอที่อุณหภูมิต่ำ (Low Temp. Flexibility)	ดีไม่ดี เนื่องจาก Tg สูง
อายุการใช้งาน (Aging Properties)	ทนต่อสภาพอากาศ ความร้อนได้ดี
ความสารถในการทนน้ำมันและสารเคมี (Oil & Chemical Resistance)	ทนต่อน้ำมัน ตัวละลายที่ไม่มีขั้วและสารเคมีได้
การใช้งาน	ยางไนไตรล์เป็นยางที่ไม่ตกผลึกเมื่อถูกยืด ดังนั้นจึงมีค่าความทนต่อแรงดึงต่ำจำเป็นต้องเติมสารตัวเติมเสริมแรงเข้าช่วย ส่วนในเรื่องความยืดหยุ่นจะมีค่าใกล้เคียงกับยาง SBR ยางชนิดนี้ส่วนใหญ่จะถูกใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องสัมผัสน้ำมัน ทนต่อความร้อน และต้านทานต่อการขัดถู เช่น ปะเก็นน้ำมัน ยางโอริง ยางซีล เป็นต้น

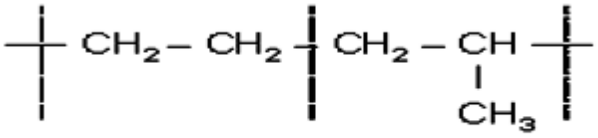
- **ยางบิวไทล์ (Butyl Rubber, IIR)** เป็นยางสังเคราะห์ จากมอนอเมอร์ของไอโซพรีน โดยใช้ตัวเร่ง Ziegler-Natta โดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชั่น ยางชนิดนี้ถูกเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "Synthetic Natural Rubber" เนื่องจากยางนี้มีโครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงกับยางธรรมชาติ ทำให้คุณสมบัติต่าง ๆ ไม่แตกต่างจากยางธรรมชาติมากนัก แต่คุณสมบัติความทนต่อแรงดึงและความทนทานต่อการฉีกขาดต่ำกว่าเล็กน้อย ข้อดีของยาง IIR คือ มีสีขาว สิ่งเจือปนน้อย คุณภาพคงที่ ส่วนมากใช้ผลิตจุกนม และอุปกรณ์การแพทย์

สมบัติทั่วไปของยางบิวไทล์ (IIR) มีดังต่อไปนี้

โครงสร้างทางเคมีของยางบิวไทล์	
ความยืดหยุ่น (Elasticity)	ค่อนข้างต่ำ
ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)	ค่อนข้างสูง
ความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion Resistance)	ค่อนข้างสูงเมื่อ Crosslink แล้ว
การกระเด้งกระดอน (Rebound Resilience)	การกระเด้งกระดอนที่อุณหภูมิต่ำได้ไม่ดีนัก แต่จะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
อายุการใช้งาน (Aging Properties)	ทนต่อสภาพอากาศ ความร้อน ไอน้ำ โอโซน ออกซิเจนได้ดี
ความสารถในการทนน้ำมันและสารเคมี (Oil & Chemical Resistance)	ดีมาก
การซึมผ่านของก๊าซ (Gas Permeability)	ต่ำมาก โดยต่ำกว่ายางธรรมชาติ 8-10 เท่า
การใช้งาน	ใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอัตราการซึมผ่านของก๊าซที่ต่ำและมีความทนทานต่อสภาพอากาศได้ดี ซึ่งทำให้ยางยางบิวไทล์เหมาะสมในการผลิตยางในรถยนต์ ถุงยางลม สำหรับอบล้อให้คงรูป จุกปิดภาชนะ ปลอกหุ้มสายไฟหรือสายเคเบิ้ล เป็นต้น

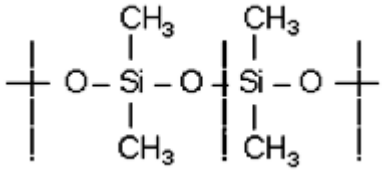
- **ยางเอทิลีนพรอพิลีนไดอีน (Ethylene-Propylene Diene Monomer, EPDM)** ในระยะแรกเริ่มที่ได้มีการสังเคราะห์พอลิเมอร์จากการทำปฏิกิริยาโคพอลิเมอร์ไรเซชั่นระหว่างมอนอเมอร์ของเอทธิลีน (Ethylene) กับโพรพิลีน (Propylene) จะได้พอลิเมอร์ที่มีลักษณะการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบ อสัณฐานและมีสมบัติเป็นยางเรียกว่ายาง EPM เนื่องโมเลกุลของยางชนิดนี้ไม่มีส่วนที่ไม่อิ่มตัว (ไม่มีพันธะคู่) ดังนั้น ยางชนิดนี้จึงมีสมบัติเด่นในด้านความทนทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากแสงแดด ออกซิเจน ความร้อน โอโซน และสารเคมี อย่างไรก็ตาม ข้อเสียหลักของยางชนิดนี้ก็คือไม่สามารถใช้กำมะถันในการคงรูปได้(เพราะไม่มีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุล) การทำให้ยางคงรูปจึงต้องใช้เพอร์ออกไซด์เท่านั้น ปัจจุบันจึงไดมีการพัฒนายางชนิดใหม่โดยการเติมมอนอเมอร์ตัวที่สามคือไดอีนลงไปเล็กน้อยในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่น ทำให้ยางที่ได้มีส่วนที่ไม่อิ่มตัวอยู่ในสายโมเลกุล ยางจึงสามารถคงรูปได้ด้วยกำมะถันและเรียกยางชนิดนี้ว่ายาง EPDM

สมบัติทั่วไปของยางเอทิลีนพรอพิลีนไดอีน (EPDM) มีดังต่อไปนี้

โครงสร้างทางเคมีของยางเอทิลีนพรอพิลีนไดอีน	
ความยืดหยุ่น (Elasticity)	มีค่าสูงกว่ายางสังเคราะห์ชนิดอื่นๆ แต่ต่ำกว่ายางธรรมชาติ
ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)	ค่อนข้างต่ำ
สมบัติเชิงพลวัต (Dynamic Properties)	สมบัติเชิงพลวัตที่ดีมากและมีความทนทานต่อความล้าสูง โดยเฉพาะในยางที่ได้รับการคงรูปด้วยระบบกำมะถัน
อายุการใช้งาน (Aging Properties)	ทนต่อสภาพอากศ ความร้อนไอน้ำ โอโซน ออกซิเจน
ความสารถในการทนน้ำมันและสารเคมี (Oil & Chemical Resistance)	ไม่ทนต่อน้ำมัน หรือตัวทำละลายไม่มีขั้ว
อุณหภูมิการใช้งาน (Temp. Service)	-40 ถึง 150 °C
การใช้งาน	ใช้งานให้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องสมผัสน้ำมัน ทนต่อความร้อนและต้านทานต่อการขัดถู ส่วนมากนิยมในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ท่อยางเครื่องซักผ้า สายพานลำเลียง แผ่นยางกันน้ำ เป็นต้น

- **ยางซิลิโคน (Silicone Rubber , Q)** เป็นยางสังเคราะห์ โดยแกนโซหลักนั้นไม่ได้ประกอบไปด้วยไฮโดรคาร์บอนเหมือนยางชนิดอื่นๆ แต่จะประกอบได้วยอะตอมของซิลิกอน (Si) และออกซิเจน (O) โดยยางซิลิโคนนั้นมีหลายเกรด ซึ่งยางซิลิโคนเป็นยางที่มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลต่ำ ส่วนใหญ่ไม่อยู่ในรูปของแข็ง แต่จะอยู่ในรูปของเหลวหนืดสูงมาก แบะค่าความหนืดก็ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของอุณภูมิเพียงเล็กน้อย ยางซิลิโคนจะมีสมบัติความยืดหยุ่นดี จำเป็นต้องทำให้คงรูปโดยกระบวรการวัลคาไนซ์ด้วยเพอร์ออกไซด์

สมบัติทั่วไปของยางซิลิโคน (Q) มีดังต่อไปนี้

โครงสร้างทางเคมีของยางซิลิโคน	
ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)	ค่อนข้างต่ำ
ความทนต่อแรงกระแทก (Impact Resistance)	ค่อนข้างต่ำ
อายุการใช้งาน (Aging Properties)	ทนต่อสภาพอากาศ โอโซน แสงแดด และความร้อน

	ได้ดีกว่ายางที่เป็นพวกไฮโดรคาร์บอน
ความสารถในการทนน้ำมันและสารเคมี (Oil & Chemical Resistance)	ทนน้ำทันได้ปานกลาง แต่ยางชนิดนี้ไม่ทนต่อกรดและด่าง สารเคมีจำพวก คีโตน และอีเทอร์
การซึมผ่านของก๊าซ (Gas Permeability)	สูงกว่ายางชนิดอื่นๆ
การใช้งาน	การใช้งานของยางซิลิโคนจะถูกจำกัดอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้ยางชนิดอื่นๆ ได้ เพราะยางชนิดนี้มีราคาสูงมาก ส่วนใหญ่จะใช้ในการผลิตยางที่เป็นชิ้นส่วนของเครื่องบินและรถยนต์ ใช้ทำฉนวนเคเบิล และใช้ในงานทางการแพทย์และเภสัชกรรมรวมถึงผลิตภัณฑ์ยางที่ต้องสัมผัสกับอาหาร

<u>การใช้งานยางสังเคราะห์</u>

ยางสังเคราะห์นั้นเมื่อเทียบสมบัติเฉพาะตัวทางด้านเทคนิคกับยางธรรมชาติแล้ว ยางสังเคราะห์จะมีคุณสมบัติที่มีความทนทานต่อการขัดถูและการสึกกร่อน (Abrasion Resistance) ที่ดีกว่า มีความเสถียรทางความร้อน (Thermal Stability) ที่สูงกว่าทำให้ยางสังเคราะห์เสื่อมสภาพได้ช้ากว่ายางธรรมชาติ ทั้งยังมียางสังเคราะห์อีกหลายชนิดที่สามารถคงความยืดหยุ่นได้แม้อยู่ในอุณหภูมิที่ต่ำ สามารถทนต่อน้ำมันและจาระบี รวมทั้งยังทนเปลวไฟได้ดีซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้ทำเป็นฉนวนในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ด้วย ดังนั้นในปัจจุบันยางสังเคราะห์จึงได้รับความนิยมมากกว่ายางธรรมชาติทั้งยังมีหลายชนิดให้เลือกเหมาะกับการใช้งานหลากหลายประเภท ตั้งแต่การนำมาใช้ในอุตสาหกรรมยางรถยนต์ ใช้ผลิตเป็นเครื่องมือแพทย์ หรือใช้ทำชิ้นส่วนแม่พิมพ์ และสายพานในเครื่องจักร เป็นต้น

เปรียบเทียบสมบัติของยางประเภทต่างๆ

สมบัติ	ชนิดของยาง							
	NR	IR	BR	CR	SBR	NBR	IIR	EPDM
ความทนต่อแรงดึง (ไม่มีสารเสริมแรง)	1	2	6	3	5	5	4	5
ความทนต่อแรงดึง (มีสารเสริมแรง)	1	2	4	2	2	2	3	3
การยืดตัวสูงสุด	1	1	3	2	2	2	2	3
ความต้านทานต่อการขัดถู (มีสารเสริมแรง)	4	4	1	3	3	3	4	3
ความทนต่อการฉีกขาด	2	2	5	2	3	2	3	3
การกระเด้งตัว	2	2	1	3	3	3	6	3
ความยืดหยุ่นที่อุณหภูมิต่ำ	2	2	2	3	3	3	2	2
ความทนต่อความร้อน	5	5	4	3	4	3	3	2
ความทนต่อการเกิดออกซิเดชัน	4	4	2	2	3	2	2	1
ความทนต่อแสง UV	4	4	3	2	3	2	2	1
ความทนต่อโอโซนและสภาพอากาศ	4	4	3	2	4	2	2	1
ความทนต่อน้ำมัน	6	6	6	2	5	2	6	4
ความทนต่อน้ำมันเชื้อเพลิง	6	6	6	3	6	3	6	5
ความทนต่อกรด	3	3	3	2	3	2	2	1
ความทนต่อด่าง	3	3	3	2	3	2	2	1
ความทนต่อการติดไฟ	6	6	6	2	6	2	6	6
ความเป็นฉนวนไฟฟ้า	1	1	2	4	2	4	2	2
การซึมผ่านของก๊าซ	5	5	4	3	4	3	1	4

หมายเหตุ:

*1 = ดีมากที่สุด 6 = ด้อยที่สุด

** การใช้งานของยางซิลิโคน (Q) จะถูกจำกัดอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้ยางชนิดอื่นๆ ได้ เพราะยางชนิดนี้มีราคาสูงมาก จึงไม่ได้นำมาเปรียบเทียบ

พงษ์ธร แซ่อุย “ยาง : ชนิด สมบัติ และการใช้งาน” ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ๒๕๔๗.

ดร.พงษ์ธร แซ่อุย “ชนิดของยางและการใช้งาน” ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย.