

"โรสต้า" สปริงยางรับแรงบิด - แนวทางการออกแบบเพื่อการประยุกต์ใช้งาน (ROSTA Torsional Rubber Spring Modules)

ปริญญา ปราชญ์นิวัฒน์
parinya@virtus.co.th
บริษัท เวอร์ทัส จำกัด

เนื่องจากสปริงยาง (Rubber springs) มีความสามารถในการลดการส่งผ่านแรงสั่นสะเทือน, ความยืดหยุ่น และการดูดซับแรงกระแทก จึงเป็นส่วนประกอบสำคัญของการออกแบบใช้งานสำหรับชิ้นส่วนเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกล, อุปกรณ์จับยึดต่างๆ ในสายการผลิตสินค้า, โครงสร้างทางโยธา รวมถึงชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ [4]

ปัจจุบันมีการออกแบบสปริงยางในรูปแบบต่างๆ มากมาย ทั้งนี้เพื่อทำหน้าที่ 4 ประการ [3], [4] คือ

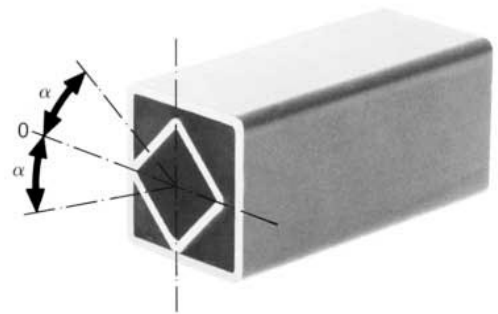
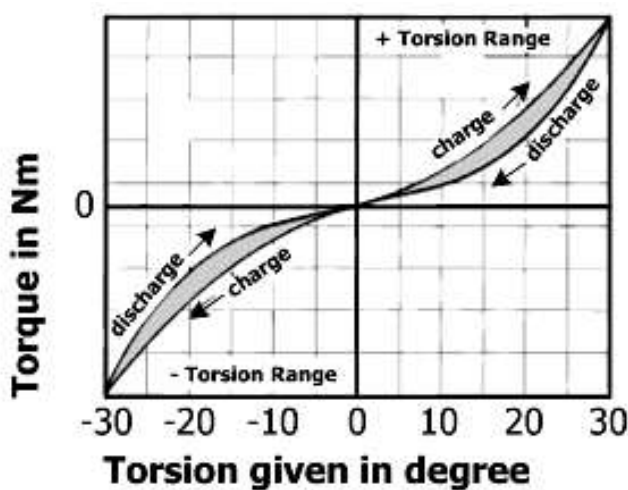
1. มีความยืดหยุ่นสูงแบบสปริงซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญในการลดการส่งผ่านแรงสั่นสะเทือน
2. มีความหน่วงสูง (Dampening) ซึ่งดูดซับแรงสั่นสะเทือนทำให้สามารถลดระดับขนาดของการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการสั่นพ้องหรือการกระแทกได้เป็นอย่างดี
3. มีความสามารถในการรองรับน้ำหนักและรองรับการเคลื่อนตัวของโครงสร้าง (Bearing) เช่น การรับน้ำหนักสะพาน (bridge bearing), ขารองแท่นขุดเจาะ, แท่นรองรับรางเขี้ยวสำหรับการขนถ่ายวัสดุ เป็นต้น
4. มีความสามารถในการสร้างแรงดึงหรือแรงกดต่ออุปกรณ์ต่างๆ เช่น สร้างแรงดึงให้สายพานและโซ่ (belt&chain tensioner), สร้างแรงกดให้กับอุปกรณ์กวาดสายพาน (belt scraper) และการจับยึดชิ้นงานต่างๆ เป็นต้น

ยางธรรมชาติเป็นยางที่นิยมใช้กับงานที่มีการสั่นสะเทือนมากที่สุด เนื่องจากมีความทนทานต่อความล้าได้ดีมาก อย่างไรก็ตามเนื่องจากธรรมชาติของยางที่มีจุดอ่อนในการรับแรงดึง จึงต้องออกแบบให้ทำงานด้วยการรับแรงกดและแรงเฉือนเสมอ[1] ทำให้ในบางกรณีมีความยุ่งยากในการติดตั้งอันเนื่องมาจากความไม่เอื้ออำนวยของพื้นที่, ลักษณะโครงสร้างและการใช้งาน ซึ่งต่อมามีผู้ออกแบบสปริงโรสต้า (ROSTA spring) [5] และสามารถลดปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดี สปริงโรสต้าหรือสปริงนิทแฮท (Neidhart spring) ถูกคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ. 1942 โดยอาจารย์จาก Technischen Berufsschule (Technical High-School) ใน Lenzburg ร่วมกับ Mr.Rohr แห่ง Staufen ผู้ที่พยายามสร้างงานต้นแบบเพื่อใช้กับการพาหนะขนส่งด้วยสปริงนิทแฮทและประสบความสำเร็จในการประดิษฐ์เพลารถลาก (Trailer axles) ซึ่งในปัจจุบันรู้จักกันในนาม Neidhart axles และได้ประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆ ต่อมา โดยจดลิขสิทธิ์ภายใต้ชื่อทางการค้า ROSTA (Rohr Staufen) [5] ซึ่งเป็นที่รู้จักกันมากที่สุดในปัจจุบัน โดยประกอบด้วยชิ้นยางธรรมชาติรูปทรงกระบอก(ความแข็งประมาณ 78-80 shore A) นำมาอัดตัวเข้ากับมุมทั้งสี่ของโครงโลหะ โดยมีแกนเพลลาโลหะเป็นจุดหมุน ดังรูปที่ 1 โดยแรงเสียดทานระหว่างผิวยางและโครงโลหะ ด้านนอกจะเพิ่มขึ้นตามการบิดตัวของแกนเพลลาซึ่งสูงพอที่จะป้องกันไม่ให้เกิดการไถลระหว่างผิวยางและโลหะ [2]



รูปที่ 1 ลักษณะสปริงโรสต้าซึ่งประกอบด้วยชิ้นยางรับแรงกด
ก่อนหน้า (pre-compressed) โดยมีเพลาลโลหะแกน
กลางเป็นจุดหมุน

สำหรับระดับความสามารถในการรับภาระต่างๆ จะอยู่ในรูปแบบของแรงบิด (Torque) ซึ่งเพิ่มขึ้นตามองศา
การบิดตัว ดังรูปที่ 2 โดยไม่ควรบิดตัวมากเกินไปกว่า 40 องศา [2] เมื่อมีการบิดตัวของแกนโลหะทำให้ชิ้นยางภายใน
เกิดความเค้นจากแรงกดและการกลิ้งตัว [2] โดยไม่มีการไหล ดังนั้นไม่ว่าจะติดตั้งลักษณะใดก็ตามชิ้นยางจะไม่มี
ความเค้นจากการดึงทำให้ง่ายต่อการติดตั้ง, มีความทนทานสูงและด้วยวิธีที่ทำให้ยางมีการยุบตัวก่อนหน้าจะช่วยเพิ่ม
สามารถลดการส่งผ่านแรงสั่นสะเทือนได้มากยิ่งขึ้นด้วย



รูปที่ 2 กราฟแสดงความลักษณะความสัมพันธ์ขององศาการบิดตัวที่มีต่อแรงบิด

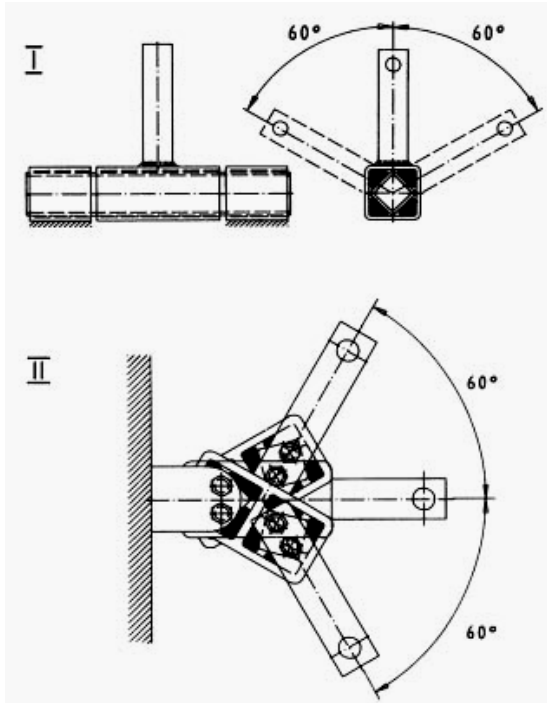
ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้งานหลายรูปแบบโดยผู้ผลิตได้ออกแบบเพียงรูปแบบชิ้นส่วนหรือโมดูล
(Module) [3] ในลักษณะต่างๆ กันเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้เอง โดยตัวอย่างโมดูลดังกล่าว
แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 รูปแบบโมดูลสปริงโรสต้า
(ROSTA AG)

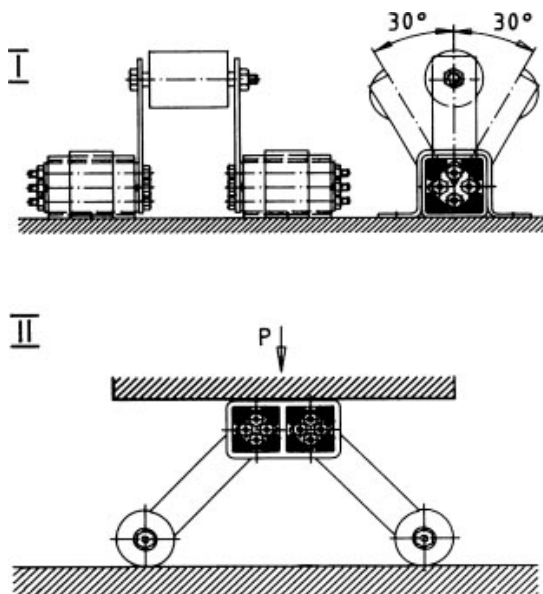
นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้งโมดูลร่วมกัน โดยลักษณะการติดตั้งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท [3] คือ

1. แบบอนุกรม (Serial connection) ทำให้มุมการบิดสูงสุดมากขึ้นเป็น 2 เท่า ในขณะที่แรงบิดจากการบิดตัวเท่าเดิม โดยลักษณะตัวอย่างการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การติดตั้งโมดูลแบบต่ออนุกรม

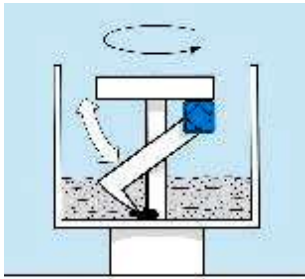
2. แบบขนาน (Parallel connection) ทำให้มุมการบิดสูงสุดมีค่าเท่าเดิม ในขณะที่แรงบิดต่อการบิดตัวเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ดังนั้นเมื่อเทียบกับการต่อแบบอนุกรมหรือโมดูลเดี่ยวพบว่าที่มุมบิดตัวเท่ากันระบบโมดูลแบบต่อขนานจะให้ค่าแรงบิดสูงกว่าเป็น 2 เท่า โดยลักษณะตัวอย่างการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 4.2



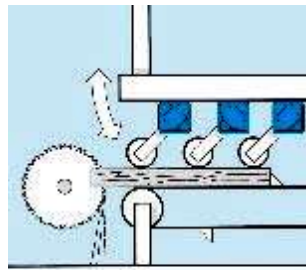
รูปที่ 4.2 การติดตั้งโมดูลแบบต่อขนาน

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน [3]

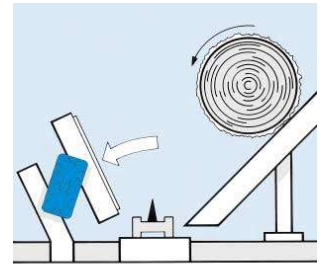
ในปัจจุบันได้รับความนิยมแพร่หลายและครอบคลุมทุกการใช้งาน โดยตัวอย่างการใช้งานแสดงดังรูปที่ 5



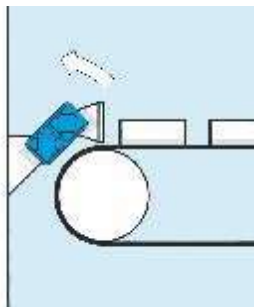
(5.1) Lever Bearing



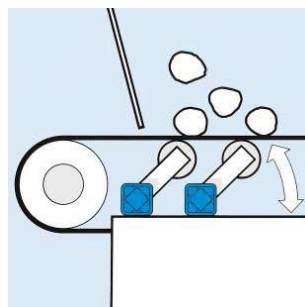
(5.2) Pressure Roller



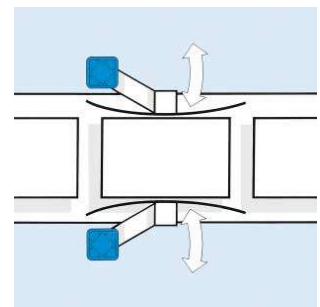
(5.3) Impact suspension



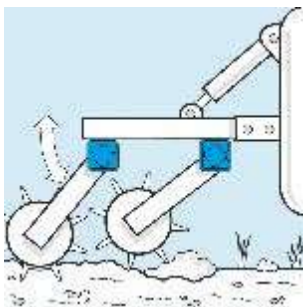
(5.4) Shock absorber



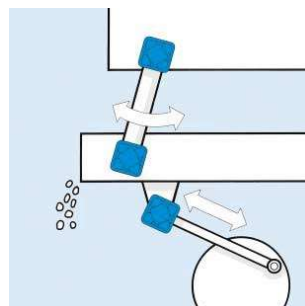
(5.5) Impact-idler suspension



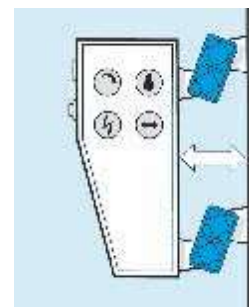
(5.6) Guide rail



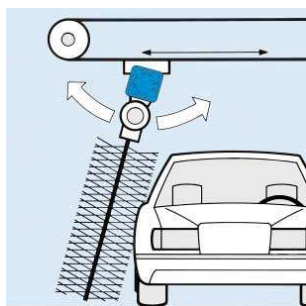
(5.7) Harrow roller



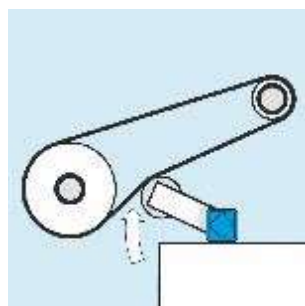
(5.8) Shaker conveyor



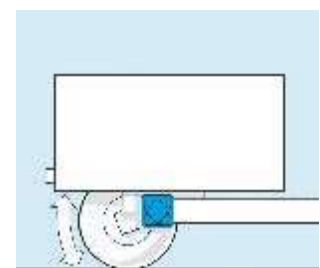
(5.9) Passive insulation



(5.10) Bearing for car brush



(5.11) Chain&belt tensioner

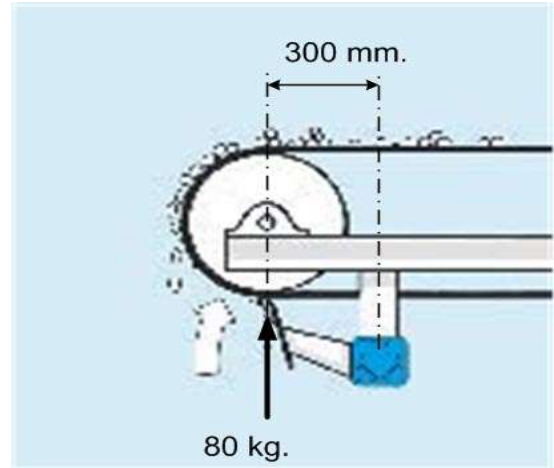


(5.12) Wheel suspension

รูปที่ 5 การติดตั้งเพื่อใช้งานประเภทต่างๆ ที่มีตำแหน่งที่ต้องการสปริงยาง

ตัวอย่างการคำนวณเพื่อเลือกใช้งานโมดูล

ต้องการเลือกใช้โมดูลจำนวน 2 ชิ้นกับงานกวาดสายพาน (belt-scraper) ต้องการแรงกด 80 kg. โดยมีระยะจากจุดหมุนถึงตำแหน่งแรงกระทำเท่ากับ 300 mm. ลักษณะดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การใช้งาน โมดูลสปริงโรสต้าสำหรับกวาดสายพาน

คำนวณแรงบิดได้โดย

$$T = F \times L \quad (1)$$

โดย T = แรงบิดใช้งาน (Nm.)

F = แรงกระทำ (N)

L = ระยะจากจุดหมุนถึงตำแหน่งตั้งฉากกับแนวแรงกระทำ

ดังนั้นสำหรับตัวอย่างนี้

$$\begin{aligned} T &= 80 \times 9.81 \times 300 / 1,000 \\ &= 235.44 \text{ Nm.} \end{aligned}$$

จำนวนโมดูล 2 ชิ้น ต่อแบบขนาน ดังนั้นแรงบิดที่ต้องการสำหรับแต่ละชิ้น คือ

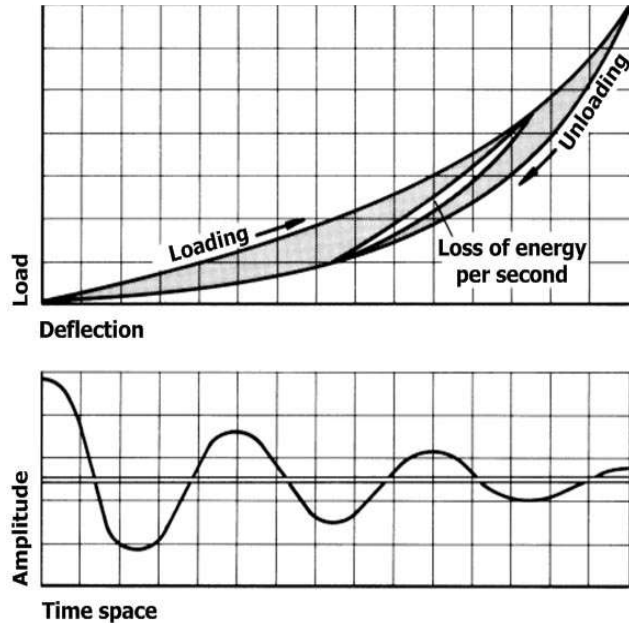
$$\begin{aligned} \text{แรงบิดโมดูล} &= T / \text{จำนวนโมดูลที่ต่อกันแบบขนาน} \\ &= 235.44 / 2 \\ &= 117.72 \text{ Nm.} \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้โมดูลที่สามารถให้ค่าแรงบิดได้ 117.72 Nm.

คุณลักษณะและผลกระทบจากสภาพแวดล้อม

1. ตัวประกอบความหน่วง (Damping factor) [3]

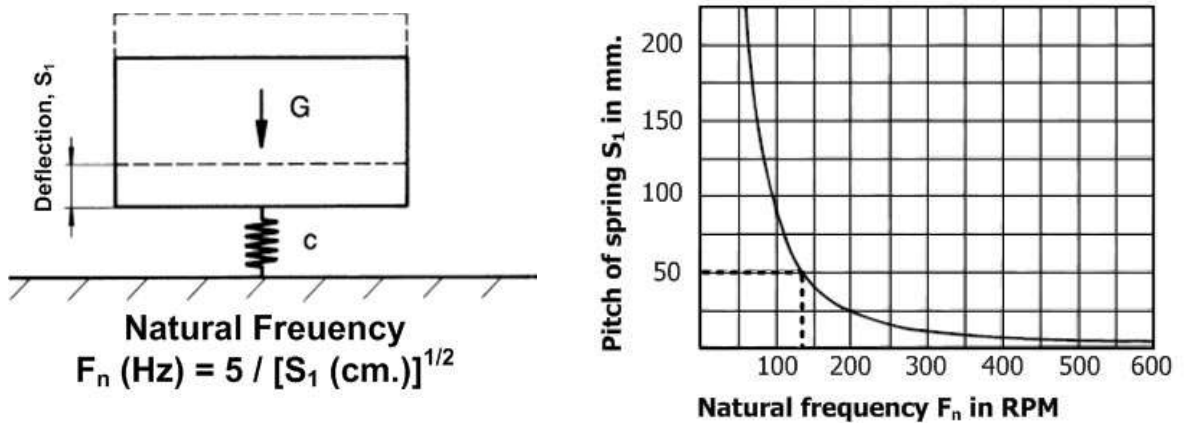
ความหน่วงเป็นคุณสมบัติของยางธรรมชาติที่สามารถดูดซับพลังงานจากการสั่นสะเทือนและแรงกระแทก ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยขนาดของแรงสั่นสะเทือนหลังการกระแทกตกลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับสปริงโลหะ



รูปที่ 7 แสดงความสามารถในการดูดซับพลังงานจากการสั่นสะเทือนของยาง

2. ความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency) [2],[3]

คือ ความถี่ที่เกิดขึ้นหลังจากเกิดแรงกระทำกับ โครงสร้างนั้น ทั้งนี้สำหรับการติดตั้งซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละ โครงสร้าง ทั้งนี้ความถี่ธรรมชาติเป็นตัวแปรสำคัญในการออกแบบระบบป้องกันแรงสั่นสะเทือน โดยสำหรับระบบแท่นรองเครื่องจักร สามารถคำนวณจากสมการหรือจากกราฟในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงระบบแท่นรองกันสะเทือน, สมการและกราฟเพื่อคำนวณค่าความถี่ธรรมชาติ

3. ผลของสารเคมี [3]

ยางธรรมชาติมีสมบัติบางประการในการต้านทานสารเคมีบางประเภทที่โลหะไม่สามารถทำได้ โดยตัวอย่างข้อมูลผู้ผลิต ROSTA AG, ได้แบ่งประเภทยางตามการใช้งาน 4 ประเภท คือ Rubmix 10 (standard type), Rubmix 20 (oil resistant), Rubmix 40 (heat resistant), Rubmix 50 (high torque) ดังแสดงอยู่ในตารางที่ 1

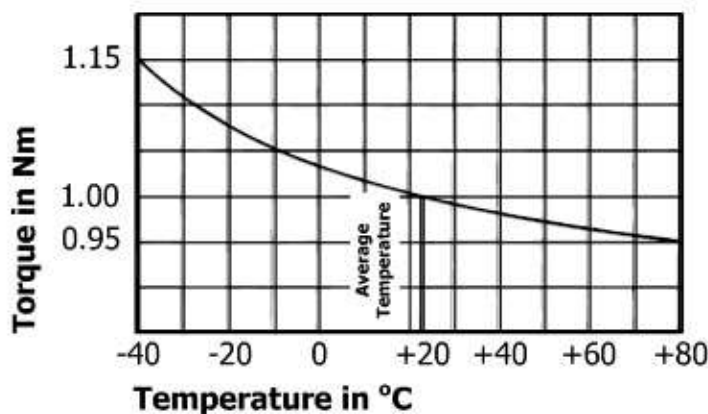
ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติการทนทานต่อสารเคมีของยางในแต่ละประเภท [3]

Rubmix	10	20	40	Rubmix	10	20	40
- Acetic acid up to 25%	+	++	++	- Lubricating oil	oo	+	oo
- Acetone	o	o	++	- Milk	++	++	++
- Alkaline liquids	+	+	++	- Nitric acid up to 10%	oo	+	+
- Alcohol	++	++	++	- Petrol	oo	o	oo
- Ammonia	o	+	++	- Petroleum	oo	+	oo
- Benzene	oo	oo	oo	- Phosphoric acid up to 85%	oo	oo	o
- Citric acid	++	++	++	- Seawater	++	+	++
- Formic acid	+	++	++	- Caustic soda up to 25% (20°)	++	++	++
- Fruit juice	++	++	++	- Sulphuric acid up to 10%	o	+	+
- Fuel oil	oo	+	oo	- Tannic acid	++	++	++
- Glycerine	++	++	++	- Tartaric acid	o	+	+
- Hydraulic oil	oo	+	oo	- Toluene	oo	oo	oo
- Hydrochloric acid up to 15%	+	+	++	- Treade	++	++	++
- Hydrogen sulphide	oo	+	++	- Varnish solvent	oo	oo	oo
- Javel water	+	+	++	- Water	++	++	++
- Lactic acid	++	++	++	- Wine	++	++	++

++ excellent + good o sufficient oo insufficient

4. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการให้แรงบิด [3]

อุณหภูมิในยางที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อความค่านิจสปริงของยาง(stiffness) มีค่าลดลง ส่งผลให้ความสามารถในการให้แรงบิดลดลง โดยปรกติเมื่อมีการรับแรงบิดไปมาเนื้อยางจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของแรงบิด, ระยะการบิดตัวและความถี่ของการบิดตัว ดังนั้นผู้ใช้งานควรศึกษาข้อมูลจากผู้ผลิตในการเลือกใช้อย่างถูกต้องเพราะหากทำงานในสภาวะเกินกำลังก็จะให้เนื้อยางเกิดความเสียหายก่อนเวลาอันควรและไม่ให้แรงบิดตามที่ต้องการ



รูปที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการให้แรงบิดของสปริงโรสต้า

5. อายุการใช้งาน [3]

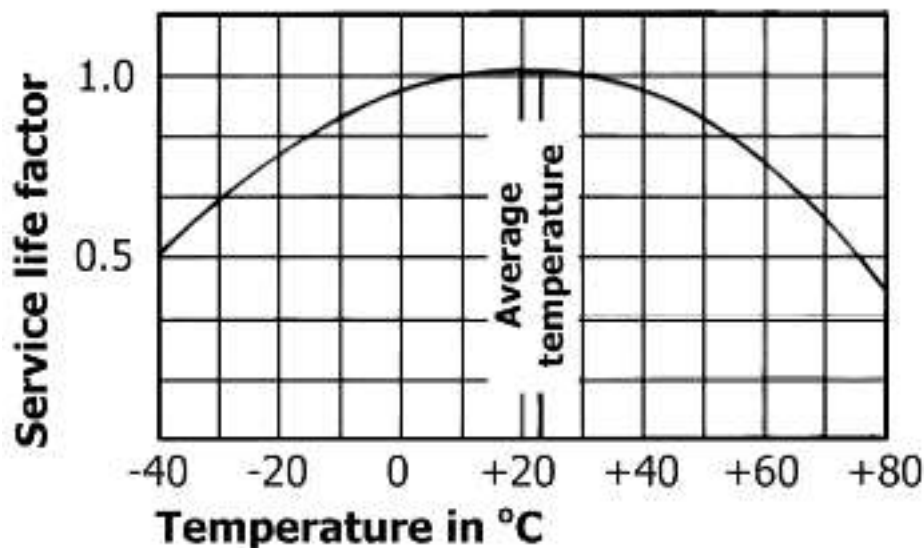
โดยทั่วไปผู้ผลิตออกแบบให้มีอายุการใช้งานระหว่าง 6-15 ปี ขึ้นกับระดับภาระการทำงาน ซึ่งสามารถประมาณอายุการใช้งานสำหรับงานแต่ละประเภทได้ดังนี้

5.1 กรณีที่มีระยะการบิดตัวมาก เช่น งานขนถ่ายวัสดุ เป็นต้น จะมีอายุการใช้งาน 6-9 ปี

5.2 กรณีที่มีระยะการบิดตัวน้อย เช่น ใช้สร้างแรงดึง โซ่สายพาน, อุปกรณ์จับยึดต่างๆ เป็นต้น จะมีอายุการใช้งาน 12-15 ปี

จากกราฟในรูปที่ 10 แสดงผลของอุณหภูมิในยางที่มีต่ออายุการใช้งาน โดยอายุการใช้งานปกติมีค่า Service life factor เท่ากับ 1 หรือที่อุณหภูมิ 20 °C โดยอายุการใช้งานที่อุณหภูมิต่างๆ กัน สามารถประมาณค่าได้จาก

$$\text{อายุการใช้งาน @ อุณหภูมิใดๆ} = \text{อายุการใช้งานปกติ(@ 20 °C)} \times \text{Service life factor} \quad (2)$$

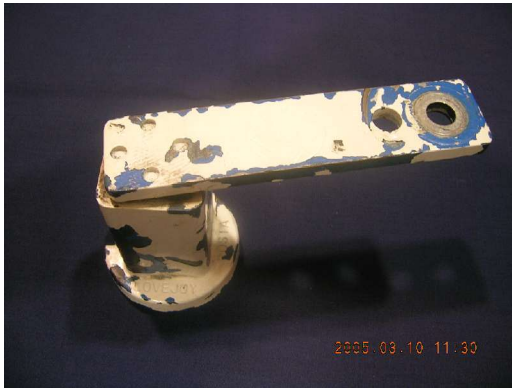


รูปที่ 10 แสดงผลของอุณหภูมิในยางที่มีต่ออายุการใช้งาน

รูปแบบความเสียหาย

1. การหมดอายุการใช้งานเนื่องจากความล้าทำให้ยางเสื่อมสภาพ โดยมีขั้นตอนความเสียหายดังนี้ (รูปที่ 11)

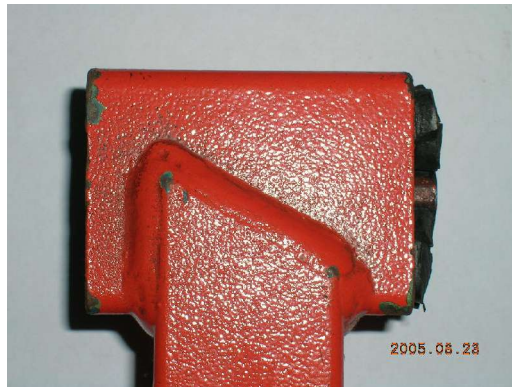
- เกิดการสูญเสียสภาพความยืดหยุ่นของยางทำให้แกนโลหะไม่บิดกลับมามีตำแหน่งเดิม ซึ่งเป็นลักษณะเริ่มแรกของการหมดอายุ (11.1)
- ยางจะเกิดรอยแตกจากกึ่งกลางขึ้นยาง (รูปที่ 11.2)
- ยางเสียรูปจนกลายเป็นรูปร่างหน้าตัดสามเหลี่ยม โดยขึ้นยางจะเกิดการไหลเสียดสีกับโครงโลหะทำให้เกิดความร้อนสูงและไหลออกจากโครงโลหะ (รูปที่ 11.3)



(11.1)



(11.2)



(11.3)

รูปที่ 11 รูปแบบความเสียหายที่เกิดจากความล้า และหมดอายุการใช้งาน [6]

อย่างไรก็ตามด้วยลักษณะทางโครงสร้างเช่นนี้ แม้ยางจะเสื่อมสภาพแต่ก็ยังสามารถใช้งานได้ในระยะหนึ่งซึ่งมีเวลาเพียงพอสำหรับการตรวจสอบและวางแผนติดตั้งชิ้นส่วนทดแทน

2. เนื่องจากการทำงานในสถานะเกินกำลังโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับขนาดและความถี่ของการสั่นสะเทือน, แรงกระแทก รวมถึงสภาพแวดล้อมซึ่งได้แก่อุณหภูมิและสารเคมี โดยส่งผลเสียอย่างร้ายแรงต่อยางและชิ้นส่วนโลหะ ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ความเสียหายที่เกิดการะเกินกำลัง [6]

References

1. E.F. Gobel, “Spring Springs Design”, English Edition, Butterworth & Co (Publisher) Ltd, 1974.
2. Nicholas P. Chironis, “Spring Design and Application”, McGraw-Hill, Inc, 1961.
3. ROSTA AG., “The Blue ones from ROSTA”, CH-5502 Hunzenschwil, Switzerland.
4. Joseph A. Macinante, “Seismic Mountings for Vibration Isolation”, John Wiley & Sons, 1984.
5. ROSTA AG., “Rubber suspension unit from ROSTA – over 60 years!”, ROSTA Info. No. 2/2004.
6. Virtus Company Limited, Bangkok Thailand.