

บทที่ 3

โลหะ

1. ความหมายของโลหะ

โลหะ (Metals) คือ กลุ่มของสารที่ได้จากการถลุงสินแร่ จากนั้นจะถูกนำมาขึ้นรูปและแปรรูปให้เป็นวัสดุที่มีลักษณะทางกายภาพที่แข็ง มีความหนาแน่น ไม่ยอมให้แสงผ่าน และมีความมันวาว มักจะเป็นตัวนำความร้อนและตัวนำไฟฟ้าได้ดี อีกทั้งยังทนทานต่อการกัดกร่อนและความร้อนได้ดี จึงมักถูกนำมาใช้ในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ การผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องจักรกล การผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และงานก่อสร้าง นอกจากนี้ยังมีการนำโลหะไปใช้ในงานศิลปะ อุปกรณ์ทำเครื่องประดับ และงานฝีมือต่าง ๆ โลหะที่พบบ่อยที่สุด ได้แก่ เหล็ก อลูมิเนียม สแตนเลส ทองแดง ทองคำ สังกะสี เงิน และดีบุก



ภาพที่ 3.1 วัสดุโลหะประเภทต่างๆ
ที่มา (Iowa State University, n.d.)

2. ประเภทของโลหะ

โลหะแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม ตามคุณสมบัติและลักษณะทางเคมี คือโลหะกลุ่มเหล็ก และ โลหะนอกกลุ่มเหล็ก (Non-ferrous metals) ซึ่งเป็นประเภทของโลหะหลักที่พบในธรรมชาติและนิยมใช้ในอุตสาหกรรม

2.1 โลหะกลุ่มเหล็ก (Ferrous metals) : เป็นโลหะที่มีส่วนผสมของเหล็ก มากกว่า 50% โลหะกลุ่มเหล็กเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติแข็งแรง สามารถขึ้นรูปและแปรรูปได้หลายวิธี เช่นการหล่อ, การกลึง, การรีด, การปั๊ม เหมาะกับการนำมาใช้งานในอุตสาหกรรมการผลิต การก่อสร้าง ทำโครงสร้างอาคาร และเครื่องจักรอุตสาหกรรม

2.2 โลหะนอกกลุ่มเหล็ก (Non-ferrous metals) เป็นโลหะที่ไม่มีส่วนผสมของเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก มีความแข็งแรงทางด้านโครงสร้างหรือคุณสมบัติทางเชิงกลน้อยกว่าเหล็ก คุณสมบัติโดยทั่วไปจะทนต่อการกัดกร่อนได้มากกว่าเหล็ก มักถูกใช้ในรูปแบบของการเพิ่มเติมคุณสมบัติพิเศษให้กับโลหะอื่น ๆ เช่น เพิ่มการนำไฟฟ้าหรือทำให้โลหะอื่นง่ายต่อการขึ้นรูป

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงประเภทของโลหะ

ประเภทของโลหะ	ชื่อโลหะ
โลหะกลุ่มเหล็ก	เหล็กเหนียว, เหล็กหล่อ, เหล็กกล้า, สแตนเลส
โลหะนอกกลุ่มเหล็ก	อลูมิเนียม, ทองแดง, สังกะสี, ตะกั่ว, ดีบุก, ทองคำ, ทองเหลือง, ไทเทเนียม, นิกเกิล

จุฑาศินี พรพุทธศรี (2567)

3. คุณสมบัติของโลหะ

คุณสมบัติของโลหะ สามารถใช้ธาตุทางเคมีตามตารางธาตุเป็นตัวแบ่ง โดยทั่วไปแล้วโลหะเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติและความสามารถมากมาย เช่น ความสามารถในการทนความร้อน มีความมันวาว มีคุณสมบัติในการคงรูปหรือเสียรูป เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง และสามารถนำไฟฟ้าได้ดี จะเห็นได้ว่าคุณสมบัติของโลหะ ค่อนข้างมีความแตกต่างและหลากหลาย ทำให้ในปัจจุบันโลหะได้ถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง สามารถแบ่งออกได้ตามประเภทของโลหะ ได้ 4 ประเภท ดังนี้

3.1 คุณสมบัติทางกล (Mechanical properties)

คุณสมบัติทางกล คือ พฤติกรรมของวัสดุที่แสดงออกมาเมื่อมีแรงภายนอกกระทำ เช่น แรงดึง แรงกด แรงเฉือน หรือแรงบิด เพื่อวัดว่าวัสดุนั้นๆ จะตอบสนองต่อแรงนั้นอย่างไร เช่น ยืดหยุ่น, เปลี่ยนรูปถาวร, แข็งแรง, หรือแตกหักง่ายหรือไม่. คุณสมบัติเหล่านี้สำคัญมากในการเลือกวัสดุสำหรับวิศวกรรมและงานออกแบบต่างๆ

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดคือ พฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงกระทำ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไปตาม กฎของฮุก ภายในขีดจำกัดความยืดหยุ่น โดย ความเค้น จะแปรผันตรงกับ ความเครียด โดยมีค่าคงที่เรียกว่า โมดูลัสของยัง เป็นตัวกำหนดความสัมพันธ์นี้ ซึ่งแสดงผ่าน กราฟความเค้น-ความเครียด ที่บอกคุณสมบัติทางกลของวัสดุ เช่น ความแข็งแรง และความสามารถในการยืดหยุ่น/เสียรูป

3.1.1 ความเค้น (Stress, σ) คือ แรงภายในต่อหน่วยพื้นที่ที่เกิดจากแรงภายนอก แบ่งออกได้เป็น ความเค้นดึง (Tensile Stress), ความเค้นอัด (Compressive Stress) และ ความเค้นเฉือน (Shear Stress) มีสูตรพื้นฐาน ดังสมการที่ 3.1

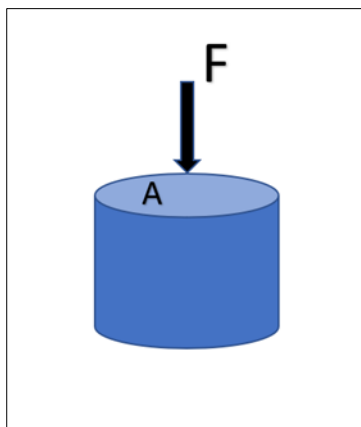
$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

โดยที่

σ (ซิกมา) คือ ความเค้น (หน่วย N/m² หรือ Pa)

F คือ แรงภายนอกที่กระทำ (หน่วย นิวตัน, N)

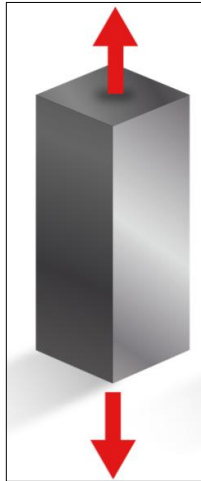
A คือ พื้นที่หน้าตัดที่แรงกระทำ (หน่วย ตารางเมตร, m²)



ภาพที่ 3.2 ความเค้น (Stress)

ที่มา (จุฬาศินี พรพุทศรี, 2567)

1) ความเค้นดึง (Tensile Strength, σ_t) คือ ค่าความเค้นสูงสุดที่วัสดุสามารถรับได้ก่อนจะแตก เป็นตัวบ่งชี้ความแข็งแรงสูงสุดของวัสดุ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการเลือกใช้วัสดุที่ต้องรับแรงดึง เช่น ในการผลิตสายเคเบิลหรือโครงสร้างสะพานแขวน วัสดุที่มีค่า Tensile Strength สูงจะสามารถรองรับน้ำหนักได้ดีกว่าและความปลอดภัยสูงกว่า



ภาพที่ 3.3 ความเค้นดึง (Tensile Strength)

ที่มา (Koff S., 2024)

ตัวอย่างที่ 3.1 แท่งเหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 500 mm ยาว 800 mm ด้วยแรง 50 kg จงหาความเค้นดึงในแท่งเหล็ก



วิธีทำ หาค่าแรงดึง, $F = ma = 50 \times 9.81 = 490.5 \text{ N}$

หาค่าพื้นที่, $A = \text{กว้าง} \times \text{ยาว} = 500 \times 800 = 400,000 \text{ mm}^2$

แทนค่าลงในสูตร $\sigma_t = \frac{F}{A}$

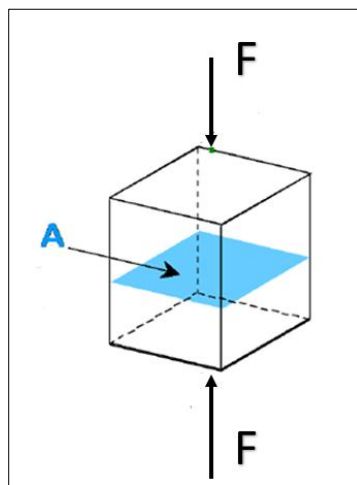
$$\sigma_t = \frac{490.5 \text{ N}}{400,000 \text{ mm}^2} \times \frac{1,000,000 \text{ mm}^2}{1 \text{ m}^2}$$

$$= 1,226.25 \text{ N/m}^2$$

สรุปได้ว่า ความเค้นดึงในแท่งเหล็ก มีค่าเท่า กับ $1,226.25 \text{ N/m}^2$

Ans.

2) ความเค้นอัด (Compressive Strength , σ_c) คือแรงกระทำจากด้านในวัสดุ ทำให้วัสดุเกิดการหดตัว หรือถูกบีบอัด ความเค้นอัด จะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุถูกบีบหรือกดจากทิศทางตรงข้าม ในชีวิตประจำวัน ความเค้นอัดพบได้ทั่วไปในโครงสร้างและวัสดุหลายชนิด เช่น น้ำหนักของอาคารทำให้เกิดความเค้นอัดในผนังและฐานราก ในทำนองเดียวกันเมื่อคนยืน กระดูกในขาจะได้รับความเค้นอัดเนื่องจากน้ำหนักของร่างกายกดลง ความเค้นอัดอาจนำไปสู่การเสียรูปหากมีความรุนแรงมากพอ ซึ่งอาจทำให้วัตถุเปลี่ยนรูปร่าง หรือในกรณีที่รุนแรงอาจทำให้แตกหักได้ ความสามารถของวัสดุในการทนต่อความเค้นอัดโดยไม่เสียหายเรียกว่าความแข็งแรงต่อแรงอัด



ภาพที่ 3.4 ความเค้นอัด (Compressive Strength)

ที่มา (จุฑาศินี พรพุทธรศรี., 2567)

ตัวอย่างที่ 3.2 เสาคอนกรีตรูปทรงกระบอกตันหนึ่ง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 เมตร ต้องรับน้ำหนักกดทับจากโครงสร้างด้านบน 150 กิโลนิวตัน (kN) จงคำนวณหาความเค้นอัดที่เกิดขึ้นในเสาดันนี้ (ตอบในหน่วย Megapascal หรือ MPa)

วิธีทำ จากโจทย์ทราบ แรงกด (F) = 150kN = 150,000 N

เส้นผ่านศูนย์กลาง (d) = 0.2 m

คำนวณหาพื้นที่หน้าตัด (A) ; เสาคอนกรีตเป็นรูปทรงกระบอก พื้นที่หน้าตัดคือ

$$\text{วงกลม ใช้สูตร } A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.141 \times 0.2^2}{4} \approx 0.031 \text{ m}^2$$

คำนวณหาความเค้นอัด (σ_c) ใช้สูตรความเค้นพื้นฐาน ตามสมการที่ 3.1

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{150,000\text{N}}{0.031\text{ m}^2}$$

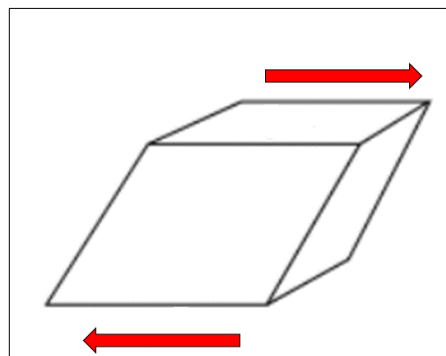
$$= 4,838,709.677\text{ Pascal}$$

แปลงหน่วยเป็น MPa ; 1Mpa = 1,000,000 Pascal

สรุปได้ว่า ความเค้นอัดที่เกิดขึ้นในเสาคอนกรีตมีค่าประมาณ 4.838 MPa

Ans.

3) ความเค้นเฉือน (Shear Strength , τ) คือ ความเค้นที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำในแนวขนานหรือตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดของวัตถุ พยายามทำให้เนื้อวัตถุเลื่อนไถลออกจากกัน เช่น การใช้กรรไกรตัดกระดาษ



ภาพที่ 3.5 ความเค้นเฉือน (Shear Strength)

ที่มา (จุฑาศินี พรพุทศรี., 2567)

ตัวอย่างที่ 3.3 ต้องการใช้เครื่องกดเจาะรูบนแผ่นเหล็กหนา 5 มิลลิเมตร ให้เป็นรูวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร หากวัสดุนี้ทนความเค้นเฉือนสูงสุดได้ 300 MPa ต้องใช้แรงกดอย่างน้อยเท่าใด

วิธีทำ จากโจทย์ทราบ แผ่นเหล็กหนา (t) = 5 mm

ความเค้นเฉือน (τ) = 300 Mpa

เส้นผ่านศูนย์กลางรูเจาะ (d) = 20 mm

คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดที่ถูกตัดเฉือน (A) ; ในกรณีการเจาะ พื้นที่คือเส้นรอบวงคูณด้วยความหนา

$$\text{ใช้สูตร } A = \pi \times d \times t$$

$$= 3.141 \times 20 \times 5$$

$$= 314.1\text{ mm}^2$$

$$\text{คำนวณแรงกด } F = \tau \times A$$

$$= 300 \times 314.1$$

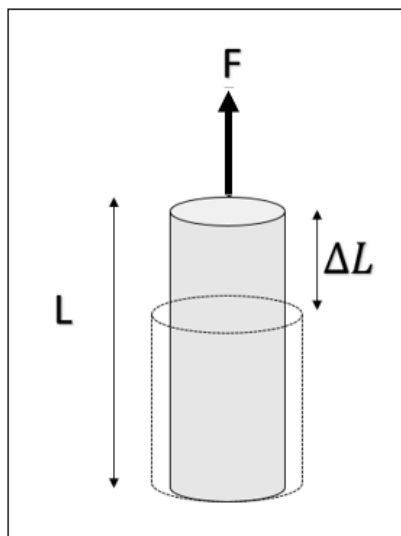
$$= 94,230 \text{ N}$$

สรุปได้ว่า ต้องใช้แรงกดอย่างน้อย 94,230 N หรือ 94.230 kN

Ans.

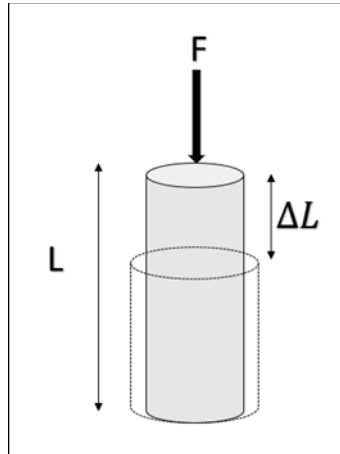
3.1.2 ความเครียด (Strain, ϵ) คือ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือขนาดของวัสดุเมื่อได้รับแรงกระทำ เป็นอัตราส่วนระหว่างการยืดหรือหดตัวกับขนาดเดิมของวัสดุ Strain ไม่มีหน่วย เนื่องจากเป็นค่าเชิงสัดส่วน ประกอบไปด้วย ความเครียดทางวิศวกรรม (Engineering strain), ความเครียดจริง (True strain) เกิดขึ้นได้ทั้งความเครียดดึง (Tensile strain) ความเครียดอัด (Compressive strain) และความเครียดเฉือน (บิดเบี้ยว)

1) ความเครียดทางวิศวกรรม (Engineering strain) คือการวัดการเสียรูปของวัสดุที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกระทำ โดยคำนวณจากอัตราส่วนระหว่าง การเปลี่ยนแปลงความยาวต่อความยาวเดิม ของวัตถุนั้นๆ เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย และบอกถึงปริมาณการยืด (ค่า Strain มีค่าบวก) หรือการหดตัว (ค่า Strain มีค่าลบ) ที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับขนาดเริ่มต้นของวัสดุ ซึ่งใช้ในการสร้างกราฟความเค้น-ความเครียด เพื่อประเมินคุณสมบัติทางกลของวัสดุ.



ภาพที่ 3.6 ความเครียดดึง (Tensile strain)

ที่มา (จุฑาศินี พรพุทธรศรี., 2567)



ภาพที่ 3.7 ความเครียดอัด (Compressive strain)

ที่มา (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2567)

จะได้ความสัมพันธ์ ดังสมการที่ 3.2

$$\epsilon_c = \frac{\Delta L}{L_o} \dots\dots\dots (3.2)$$

โดยที่ F คือ แรงภายนอกที่กระทำ (หน่วย นิวตัน, N)

L_o คือ ความยาวเดิมของวัตถุ (หน่วย เมตร, m)

ΔL คือ ความยาวที่เปลี่ยนไปของวัตถุ (หน่วย เมตร, m)

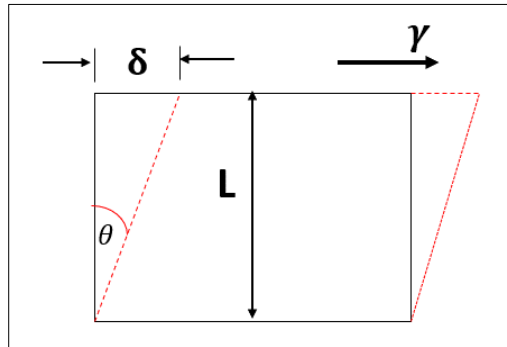
ความเครียดเฉือน (Shear strain, γ) คือ การวัดการเสียรูปเชิงมุมของวัสดุ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อมีแรงเฉือน กระทำขนานกับหน้าตัดของวัสดุ ทำให้มุมที่ตั้งฉากกันเดิมเปลี่ยนไป คือการบิดเบี้ยวหรือเปลี่ยนรูปร่างของวัตถุในทิศทางที่ขนานกับแรงที่กระทำ โดยวัดเป็นค่าเรเดียน โดยมีสูตรพื้นฐานคือ

$$\gamma = \tan\theta = \frac{\delta}{L} \dots\dots\dots (3.3)$$

โดยที่ γ (แกรมม่า) คือ ความเครียดเฉือน (หน่วย เรเดียน, Radian)

δ คือ ระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ในทิศทางแรงเฉือน (หน่วย เมตร, m)

L คือ ความยาวตั้งฉากกับทิศทางแรงเฉือน (หน่วย เมตร, m)



ภาพที่ 3.8 ความเครียดเฉือน (Shear strain)

ที่มา (จุฬาศินี พรพุทธรศรี., 2567)

ตัวอย่างที่ 3.4 แท่งโลหะชิ้นหนึ่งอยู่ภายใต้ความเครียดเฉือน 0.0053 ทำให้เกิดระยะเลื่อนจากแนวเดิม 1.5 mm จงหาความยาวเดิมของแท่งโลหะนี้

วิธีทำ จากโจทย์ทราบ ความเครียดเฉือน (γ) = 0.0053

ระยะเลื่อนจากแนวเดิม (δ) = 1.5 mm

ใช้สูตรตามสมการที่ 3.3

$$\gamma = \frac{\delta}{L}$$

$$L = \frac{1.5}{0.0053}$$

$$= 283.0188 \text{ mm}$$

สรุปได้ว่า ความยาวเดิมของแท่งโลหะมีค่า 283.0188 mm

Ans.

2) ความเครียดจริง (True strain, ϵ_t) คือ การวัดการเปลี่ยนรูปร่างของวัสดุที่คำนวณโดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงขนาด ณ ขณะนั้นๆ เทียบกับขนาดปัจจุบัน โดยเป็นการรวมผลของการเปลี่ยนขนาดเล็กๆ ที่เกิดขึ้นตลอดเวลา ทำให้ได้ค่าที่แม่นยำกว่าความเครียดทางวิศวกรรม สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 3.4

$$\epsilon_t = \ln \frac{L}{L_0} \dots\dots\dots(3.4)$$

โดยที่ L คือ ความยาวสุดท้าย (หน่วย เมตร, m)

L_0 คือ ความยาวเริ่มต้น (หน่วย เมตร, m)

ตัวอย่างที่ 3.5 ลวดเหล็กกล้ามีความยาวเริ่มต้น (Gauge length) 200 mm เมื่อถูกดึงด้วยแรงจนยืดออก มีความยาวเป็น 250 mm จงหาค่าความเครียดวิศวกรรมและความเครียดจริงของลวดเหล็กกล้าที่จุดนี้

วิธีทำ หาความยาวที่เปลี่ยนไป

$$\Delta L = L - L_o = 250 - 200 = 50 \text{ mm}$$

หาค่าความเครียดทางวิศวกรรม ใช้สูตรจากสมการที่ 3.2

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{50}{200} = 0.25$$

สรุปได้ว่า ค่าความเครียดทางวิศวกรรมมีค่าเท่ากับ 0.25 หรือ 25%

หาความเครียดจริง ใช้สูตรจากสมการที่ 3.4

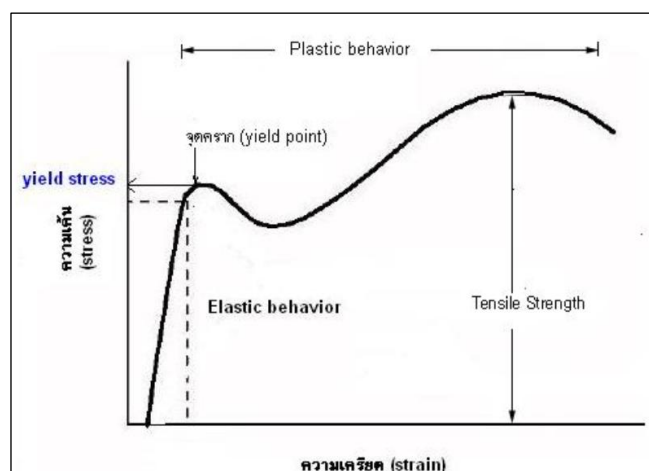
$$\varepsilon_t = \ln \frac{L}{L_o} = \ln \frac{250}{200} = \ln(1.25) \approx 0.223$$

สรุปได้ว่า ความเครียดจริงมีค่าประมาณ 0.223

Ans.

3.1.3 การแปรรูปแบบยืดหยุ่น (Elastic deformation) คือ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือขนาดของวัสดุเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ แต่จะกลับคืนสู่รูปร่างเดิมได้อย่างสมบูรณ์เมื่อหยุดออกแรงนั้น เหมือนกับยางยืดหรือสปริงที่ถูกดึงแล้วปล่อยกลับคืนสภาพเดิม เป็นการเสียรูปชั่วคราวที่ไม่ถาวร

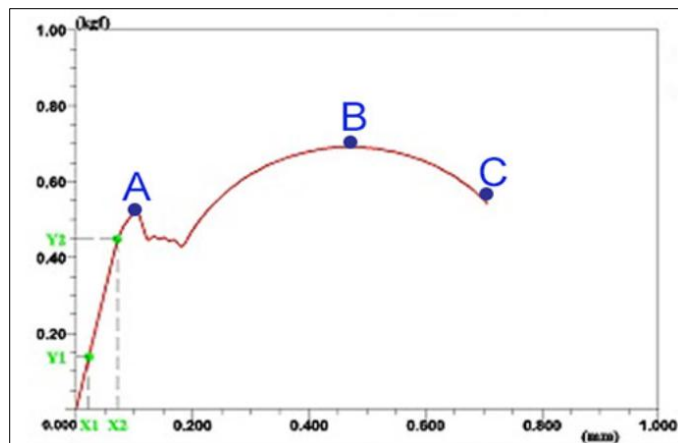
3.1.4 การเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก (plastic deformation) เป็นการเปลี่ยนรูปที่ถึงแม้ว่าจะปลดแรงกระทำนั้นออกแล้ววัสดุก็ยังคงรูปร่างตามที่ถูกเปลี่ยนไปนั้น โดยอะตอมที่เคลื่อนที่ไปแล้วจะไม่กลับไปตำแหน่งเดิม



ภาพที่ 3.9 กราฟความสัมพันธ์ ความเค้นและความเครียด

ที่มา (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และคณะ., n.d.)

3.1.5 จุดคราก (yield point) คือจุดที่วัสดุเริ่มเปลี่ยนจากการเสียรูปยืดหยุ่น สามารถกลับคืนสภาพเดิมได้ ไปสู่การเสียรูปพลาสติก เป็นการเสียรูปถาวรและกลับคืนไม่ได้ เมื่อถูกแรงกระทำ หมายถึงจุดที่วัสดุเริ่ม "คราก" หรือ "ไหล" อย่างถาวร และโครงสร้างจะทำงานได้อย่างไม่ปลอดภัย หากรับแรงเกินจุดนี้



ภาพที่ 3.10 กราฟแสดงผล ค่าแรงต่อระยะทาง
ที่มา (Astro Instrument Co., Ltd., 2021)

จากภาพที่ 3.10 เมื่อวัสดุถูกดึงจากแรงกระทำภายนอกจนกระทั่งขาด ผลการทดสอบการดึง วัสดุจากแรงกระทำภายนอกจนกระทั่งขาด โดยแกนตั้งคือแรง (Kgf) และแกนนอน คือระยะทาง (mm) สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดจากวัสดุได้ 3 จุดดังนี้

- 1) จุด A เรียกว่า จุด Yield point คือเป็นจุดที่วัสดุเริ่มเปลี่ยนรูปและไม่สามารถกลับมามีสภาพดังเดิมได้
- 2) จุด B เรียกว่า จุด Maximum load, Maximum Force หรือ Ultimate load คือจุดที่วัสดุสามารถทนแรงได้สูงสุด
- 3) จุด C เรียกว่า จุด Break point คือจุดที่วัสดุขาด เสียหาย ข้อสังเกตคือจุดที่ขาด ไม่จำเป็นต้องเป็นจุดที่วัสดุทนแรงสูงสุด ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุนั้นๆ

3.1.6 โมดูลัสของยัง (Young's Modulus, E) คือค่าที่บ่งบอกถึง ความแข็งแรง (stiffness) หรือความต้านทานการเสียรูปของวัสดุ เมื่อวัสดุถูกดึงหรือถูกอัด โดยเป็นอัตราส่วนระหว่าง ความเค้น (stress) และ ความเครียด (strain) ในช่วงที่วัสดุก่ออยู่ในสภาพยืดหยุ่น (Elastic Region) ค่านี้นับบอกว่าวัสดุนั้นยืดหรือหดมากน้อยแค่ไหนเมื่อได้รับแรงกระทำ และยิ่งค่าสูง วัสดุยิ่งแข็งแรงและเสียรูปยาก ในทางกลับกัน ค่าต่ำจะหมายถึงวัสดุนั้นยืดหยุ่นง่าย สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 3.5

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(3.5)$$

ตัวอย่างที่ 3.6 ลวดเหล็กเส้นหนึ่งยาว 3 m มีพื้นที่หน้าตัด 0.8 cm เมื่อนำมวลขนาด 600 kg มาแขวนไว้ที่ปลายลวด ปรากฏว่าลวดยืดออก 0.5 mm จงหาค่าโมดูลัสของยังของลวดเหล็กนี้ (กำหนดให้ค่า $g=9.8 \text{ m/s}^2$)

วิธีทำ จากโจทย์ทราบ ความยาวเดิม (L_0) = 3 m

$$\text{พื้นที่หน้าตัด (A)} = 0.8 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{มวล (m)} = 600 \times 9.8 = 5,880 \text{ N}$$

$$\text{ระยะที่ยืดออก } (\Delta L) = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

หาความเค้น (σ)

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{5,880}{0.8 \times 10^{-4}} \\ &= 73,500,000 \text{ Pa หรือ } 73.5 \times 10^6 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

หาค่าความเครียด (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{0.5 \times 10^{-3}}{3} = 1.66 \times 10^{-4}$$

หาค่าโมดูลัสของยัง (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{73.5 \times 10^6}{1.66 \times 10^{-4}} = 4.42 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

สรุปได้ว่า โมดูลัสของยังของลวดเหล็กนี้เท่ากับ $4.42 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

Ans.

3.2 คุณสมบัติทางเคมี (Chemical properties)

คุณสมบัติทางเคมีของโลหะคือ การสูญเสียอิเล็กตรอน เพื่อสร้างไอออนบวก ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นออกไซด์ที่มีสมบัติเป็นเบส และทำปฏิกิริยากับกรดได้ดี ยกเว้นโลหะมีค่า จะเกิดก๊าซไฮโดรเจน นอกจากนี้ โลหะยังมีความสามารถในการเกิดสนิมและการกัดกร่อน

Potassium	React with water		Very reactive		
Sodium					
Lithium					
Calcium					
Magnesium	React with acids				
Aluminium					
Zinc					
Iron					
Tin					
Lead					
Copper	React with oxygen				
Mercury					
Silver					
Gold					

ภาพที่ 3.11 แสดงปฏิกิริยาของโลหะหลายชนิด
ที่มา (Jean Brainard., 2024)

3.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้า (Electrical properties)

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของโลหะคือ การเป็นตัวนำไฟฟ้า เนื่องจากมีอิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่ได้ทั่วทั้งโครงสร้าง จึงยอมให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนผ่านได้ง่าย ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ดี โดยมีค่า ความต้านทานไฟฟ้าต่ำ และ ค่าการนำไฟฟ้าสูง สามารถหาได้จากสมการ 3.6 และ 3.7

$$\rho = R \frac{A}{l} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

โดยที่ ρ (โร) คือ ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ มีหน่วยเป็น โอห์ม เมตร (Ωm)

R คือ ความต้านทานทางไฟฟ้า

A คือ พื้นที่หน้าตัดของตัวนำไฟฟ้า

l คือ ความยาวตัวนำไฟฟ้า

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

โดยที่ σ (ซิกมา) คือ ค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ คือส่วนกลับของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ แสดงถึงความสามารถของวัสดุในการนำกระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น ซีเมนส์ ต่อ เมตร (S/m)

ตารางที่ 3.2 ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของโลหะที่ 20 °C

ชนิดของโลหะ	ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ที่ 20 °C (Ωm)
เงิน (Silver)	1.59×10^{-8}
ทองแดง (Copper)	1.68×10^{-8}
ทองคำ (Gold)	2.44×10^{-8}
อลูมิเนียม (Aluminium)	2.82×10^{-8}
เหล็ก (Iron)	10×10^{-8}
ทังสเตน (Tungsten)	5.60×10^{-8}
สังกะสี (Zinc)	5.90×10^{-8}
นิกเกิล (Nickel)	6.99×10^{-8}
ตะกั่ว (Lead)	22×10^{-8}
สแตนเลส (Stainless Steel)	69×10^{-8}
ปรอท (Mercury)	98×10^{-8}

จุฑาศินี พรพุทธศรี (2567)

3.4 คุณสมบัติทางความร้อน (Thermal properties)

คุณสมบัติทางความร้อนของโลหะที่สำคัญคือ นำความร้อนได้ดีเยี่ยม เนื่องจากมีอิเล็กตรอนอิสระช่วยถ่ายเทพลังงาน และมีจุดหลอมเหลวสูง จากพันธะโลหะที่แข็งแรง นอกจากนี้ยังมีการ ขยายตัว/หดตัว เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน และมีค่าการนำความร้อน และการแพร่ความร้อน ที่แตกต่างกันไปในแต่ละชนิด

4. โครงสร้างของผลึกของโลหะ

โครงสร้างผลึกของโลหะที่พบบ่อยมี 3 แบบหลัก คือ แบบ BCC, FCC และ HCP ซึ่งแต่ละแบบมีความหนาแน่นและการจัดเรียงอะตอมที่ต่างกัน ทำให้มีคุณสมบัติทางกายภาพเฉพาะตัว เช่น BCC จะพบในเหล็กที่อุณหภูมิต่ำ, FCC ในทองแดง/เงิน, และ HCP ในสังกะสี/แมกนีเซียม

การคำนวณในเรื่องโครงสร้างผลึกโลหะ คือการหาความหนาแน่นเชิงทฤษฎี (Theoretical Density, ρ) ของโลหะ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมวลของอะตอมในเซลล์หน่วยและปริมาตรของเซลล์หน่วยนั้น สามารถหาได้จากสมการ 3.8

$$\rho = \frac{n \times A}{V_c \times N_A} \dots\dots\dots (3.8)$$

โดยที่ n คือ จำนวนอะตอมต่อ 1 หน่วยเซลล์ (BCC = 2, FCC = 4)

A คือ มวลอะตอม (กรัมต่อโมล)

V_c คือ ปริมาตรของหน่วยเซลล์

N_A คือ เลขอาโวกาโดร มีค่าคงที่ เท่ากับ 6.022×10^{23} อะตอมต่อโมล

ตัวอย่างที่ 3.7 ทองแดงมีโครงสร้างแบบ FCC, รัศมีอะตอม (R) เท่ากับ 0.1278 นาโนเมตร (nm) และมวลอะตอม (A) เท่ากับ 63.55 (g/mol)

วิธีทำ หาจำนวนอะตอม (n) จากโจทย์เป็นโครงสร้างแบบ FCC จึงมีค่า n = 4

หาความยาวของขอบเซลล์ (a) โครงสร้างแบบ FCC ใช้สูตร $a = 2R\sqrt{2}$

แทนค่าจะได้ $a = 2 \times 0.1278 \times 1.414$ จะได้ 0.3615 nm หรือ 3.615×10^{-8} cm

หาปริมาตรหน่วยเซลล์ (V_c) = $a^3 = (3.615 \times 10^{-8})^3$ จะได้ค่าเท่ากับ 4.723×10^{-23} cm³

แทนค่าลงในสมการที่ 3.8 จะได้

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{4 \times 63.55}{4.723 \times 10^{-23} \times 6.022 \times 10^{23}} \\ &= 8.94 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

สรุปได้ว่า ความหนาแน่นเชิงทฤษฎีของทองแดงคือประมาณ 8.94 g/cm³

Ans.

5. ระบบผลึกของโลหะ

ระบบผลึก ใช้จำแนกการจัดเรียงตัวของอะตอมในของแข็ง โดยเฉพาะโลหะ มี 7 ระบบหลักคือ ลูกบาศก์, เตตระโกนัล, ออร์โธโรมบิก, โมโนคลินิก, ไตรคลินิก, เฮกซาโกนัล และรวมโอบีตรัล

โลหะส่วนใหญ่มักพบในระบบที่สมมาตร เช่น ลูกบาศก์ ในรูปแบบ FCC เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม หรือ BCC เช่น เหล็ก (ที่อุณหภูมิห้อง) และเฮกซาโกนัล ในรูปแบบ HCP เช่น สังกะสี ไทเทเนียม ระบบเหล่านี้เป็นพื้นฐานที่ทำให้โลหะมีสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน

6. การใช้ประโยชน์โลหะ

การใช้ประโยชน์จากวัสดุประเภทโลหะ มีความสำคัญมากในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรมต่างๆ ดังนี้

6.1 งานก่อสร้างและโครงสร้างพื้นฐาน (Construction & Infrastructure)

6.1.1 เหล็กและเหล็กกล้า เป็นวัสดุหลักในการทำโครงสร้างอาคาร สะพาน ถนน และรางรถไฟ เนื่องจากมีความต้านทานแรงดึงสูงและทนทาน

6.1.2 อะลูมิเนียมและสังกะสี นิยมใช้ทำวัสดุหลังคาและกรอบประตูหน้าต่าง เพราะมีน้ำหนักเบาและทนทานต่อการกัดกร่อน

6.2 อุตสาหกรรมการขนส่ง (Transportation)

6.2.1 ยานยนต์ ใช้เหล็กผลิตตัวถังและชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ขณะที่อะลูมิเนียมถูกนำมาใช้มากขึ้นเพื่อลดน้ำหนักรถยนต์ไฟฟ้า (EV)

6.2.2 การบินและอวกาศ ใช้โลหะผสมพิเศษ เช่น ไทเทเนียมและเซอร์โคเนียม ในการผลิตเครื่องบินและโครงการวิทยาศาสตร์อวกาศ เนื่องจากทนความร้อนสูงและแข็งแรง

6.3 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยีพลังงานสะอาด (Electronics & Green Energy)

6.3.1 ทองแดง ใช้ทำสายไฟฟ้าและส่วนประกอบในแผงวงจร เนื่องจากนำไฟฟ้าได้ดี

6.3.2 โลหะเงิน ถูกจัดเป็น วัสดุหายากสำหรับโลกพลังงานใหม่ โดยใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในแผงโซลาร์เซลล์และเซ็นเซอร์อัจฉริยะ

6.4 เครื่องใช้ในครัวเรือนและงานตกแต่ง (Household & Decoration)

6.4.1 เครื่องครัว สแตนเลสและอะลูมิเนียมใช้ทำหม้อ กระทะ และอ่างล้างจาน เนื่องจากทนความร้อนและทำความสะอาดง่าย

6.4.2 งานตกแต่ง ทองเหลืองและทองแดงนิยมใช้ทำลูกบิดประตู ก๊อกน้ำ และเครื่องดนตรี เนื่องจากมีความสวยงามและขึ้นรูปง่าย

6.5 การแพทย์และการวิจัย (Medical & Research)

6.5.1 เหล็กกล้าไร้สนิม ใช้ในการวิจัยทางชีวเคมีและโลหกรรม

6.5.2 อุปกรณ์ฝังตัว โลหะประเภทไทเทเนียมใช้ทำวัสดุฝังตัวในร่างกายมนุษย์ เช่น กระดูกเทียม เนื่องจากไม่เป็นพิษต่อร่างกาย

7. บทสรุป

โลหะ คือ กลุ่มของสารที่ได้จากการถลุงสินแร่ จากนั้นจะถูกนำมาขึ้นรูปและแปรรูปให้เป็นวัสดุที่มีลักษณะทางกายภาพที่แข็ง มีความหนาแน่น ไม่ยอมให้แสงผ่าน และมีความมันวาว มักจะเป็นตัวนำความร้อนและตัวนำไฟฟ้าได้ดี อีกทั้งยังทนทานต่อการกัดกร่อนและความร้อนได้ดี จึงมักถูกนำมาใช้ในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ การผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องจักรกล การผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และงานก่อสร้าง

โลหะแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม ตามคุณสมบัติและลักษณะทางเคมี คือโลหะกลุ่มเหล็ก และ โลหะนอกกลุ่มเหล็ก สามารถใช้ธาตุทางเคมีตามตารางธาตุเป็นตัวแบ่ง โดยทั่วไปแล้วโลหะเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติและความสามารถมากมาย เช่น ความสามารถในการทนความร้อน มีความมันวาว มีคุณสมบัติในการคงรูปหรือเสียรูป เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง และสามารถนำไฟฟ้าได้ดี จะเห็นได้ว่าคุณสมบัติของโลหะ ค่อนข้างมีความแตกต่างและหลากหลาย ทำให้ในปัจจุบันโลหะได้ถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง สามารถแบ่งออกได้ตามประเภทของโลหะ ได้ 4 ประเภท คือ คุณสมบัติทางกล, คุณสมบัติทางเคมี, คุณสมบัติทางไฟฟ้า และคุณสมบัติทางความร้อน

โครงสร้างผลึกของโลหะที่พบบ่อยมี 3 แบบหลัก คือ แบบ BCC, FCC และ HCP โลหะส่วนใหญ่ มักพบในระบบที่สมมาตร เช่น ลูกบาศก์ ในรูปแบบ FCC เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม หรือ BCC เช่น เหล็ก (ที่อุณหภูมิห้อง) และเฮกซะโกนัล ในรูปแบบ HCP เช่น สังกะสี ไทเทเนียม