เครื่องทดสอบแรงดึงวัสดุแบบเอนกประสงค์

ดร.สุรเดช มัจฉาเวช
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

การทดสอบแรงดึง

Science Technology and Agriculture

มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดคุณสมบัติความต้านวัสดุต่อแรงดึง

เป็นประโยชน์ในการออกแบบ และการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน

เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ด้านอุตสาหกรรมให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

การทดสอบแรงดึง

Science Technology and Agriculture

เป็นวิธีที่นิยมเพื่อศึกษาความแข็งแรงเชิงกลของวัสดุ โดยใส่แรงกระทำไปยังวัสดุในแนวเดียวจนกระทั่งวัสดุนั้นแตกหักหากกล่าวโดยทั่ว ๆ ไป คือ การดึงชิ้นงานออกจากกันด้วยแรงในแนวแกนเดียวกัน และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชิ้นงาน

- หากค่าความแข็งแรงทางแรงดึงของวัสดุอยู่ในช่วงต่ำกว่าค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้วัสดุเสียรูปถาวร วัสดุนั้นยังคงคุณสมบัติการยืดและคืนตัวได้ เช่น อิลาสโตเมอร์และสปริง

Tensile strength

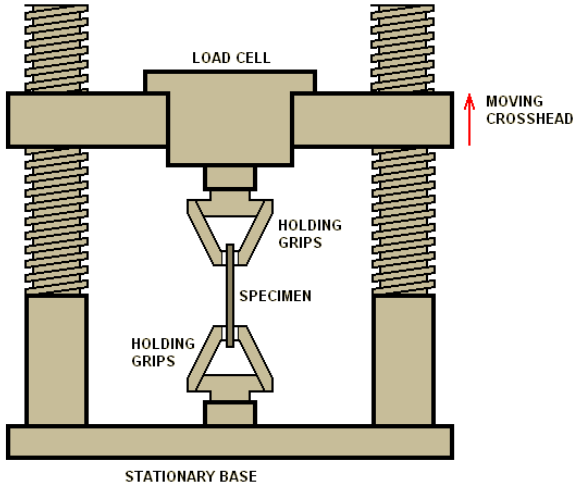
Science Technology and Agriculture

คือ ค่าความแข็งแรงของวัสดุเมื่อถูกแรงดึงมากระทำ

- วิธีการทดสอบจะใช้เครื่องมือทดสอบที่ เรียกว่า Tensile tester, Tensile testing machine หรือ Universal testing machine
  - เครื่องทดสอบแรงดึง หรือ เครื่องทดสอบแรงดึงวัสดุแบบเอนกประสงค์

Science Technology and Agriculture

เครื่องทดสอบแรงดึง หรือ เครื่องทดสอบแรงดึงวัสดุแบบเอนกประสงค์



หลักการทำงานของเครื่อง

- ให้แรงดึงกับชิ้นทดสอบด้วยอัตราเร็วในการดึงคงที่ และบันทึกค่าค่าแรงดึง (Tension force) ที่เปลี่ยนไปตามระยะการยืดตัว (Deformation) ของวัสดุ

- ขณะชิ้นทดสอบยืดออกจะมีแรงต้าน ซึ่งแรงต้านของชิ้นงานทดสอบนี้ มีผลทำให้ตัววัดแรงสามารถวัดแรงออกมาได้ แรงที่วัดออกมา มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) หรือนิวตัน (N)

- การทดสอบจะต้องดึงชิ้นทดสอบจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน ซึ่งแรงต้านสูงสุดของชิ้นทดสอบเป็นผลที่ได้จากการวัดแรง ดังนั้นชิ้นงานทดสอบสามารถทนแรงดึงสูงสุดเท่ากับแรงต้านของชิ้นงานที่ทนได้ก่อนขาดจากกัน

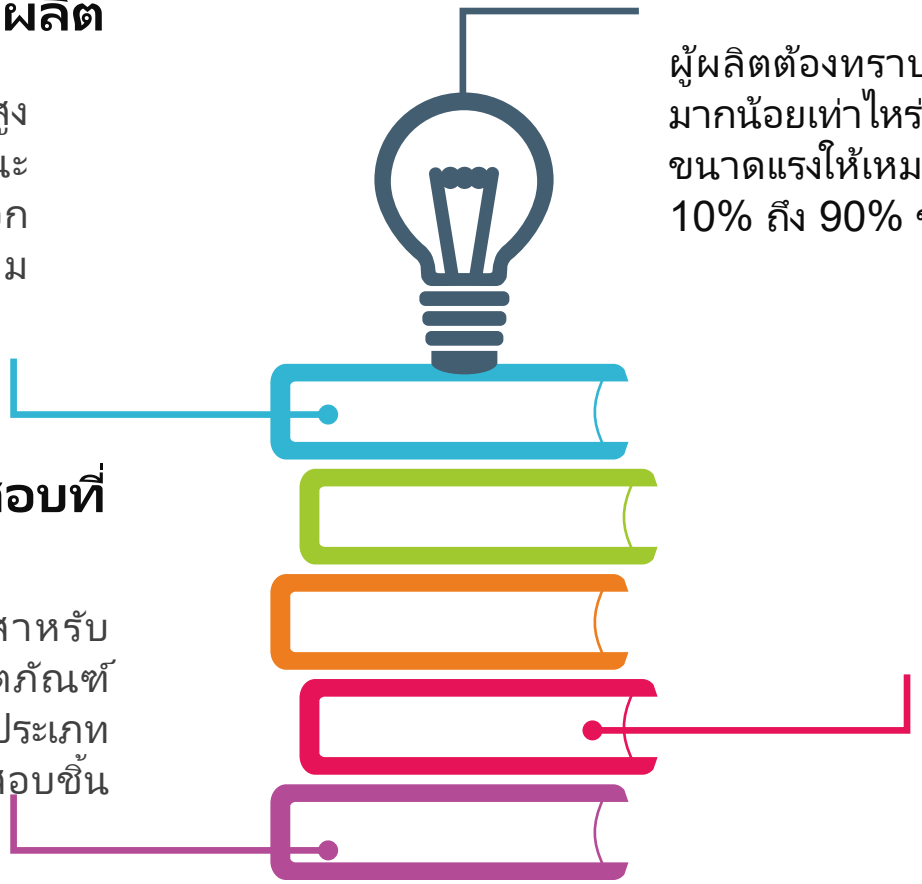
หลักเกณฑ์การเลือกใช้เครื่องทดสอบแรงดึง

การเลือกตามคุณสมบัติของวัสดุที่ผลิต

วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่มีความทนทานต่อการยืดสูง และต้องการอัตราความเร็วในการให้แรงในขณะทดสอบแรงดึงวัสดุอุปกรณ์ จึงต้องพิจารณาเลือกเครื่องทดสอบแรงดึงที่ให้ระยะการดึงที่ยาวตามคุณสมบัติของวัสดุและให้ความเร็วได้สูง

การเลือกตามขนาดขีดความสามารถของเครื่อง (Capacity)

ผู้ผลิตต้องทราบถึงค่าแรงที่วัสดุที่ ผลิตว่ามีความทนต่อแรงดึงมากน้อยเท่าไหร่ เมื่อทราบแล้วจึงพิจารณาเลือกใช้เครื่องทดสอบขนาดแรงให้เหมาะสม และ ช่วงแรงที่ใช้ทดสอบควรให้อยู่ในช่วง 10% ถึง 90% ของขีดความสามารถของเครื่อง



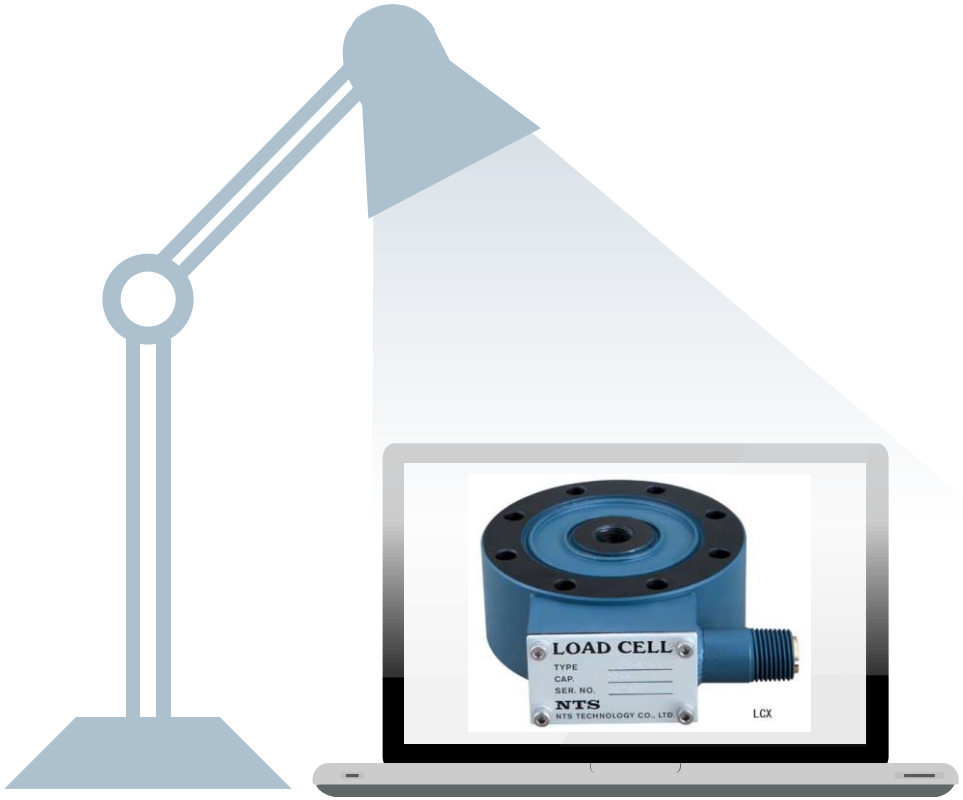
การเลือกตามลักษณะของชิ้นทดสอบที่มีขนาดเฉพาะ

เชือก สลิง สายไฟฟ้า หรือ สายเคเบิ้ล สาหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความยาวในการทดสอบผลิตภัณฑ์ประเภทดังกล่าว ต้องใช้เครื่องทดสอบแรงดึงประเภทที่มีความยาวเป็นพิเศษ เพื่อต้องการใช้ทดสอบชิ้นตัวอย่างที่มีขนาดความยาวได้

การเลือกตามมาตรฐานกำหนดในการทดสอบ

มาตรฐานบางอย่างกาหนดให้การทดสอบแรงดึงต้องดึงในขณะที่ชิ้นทดสอบอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่กาหนด หรือการการทดสอบวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทนต่อแรงดึงในสภาวะแวดล้อมที่ต้องควบคุมอุณหภูมิ

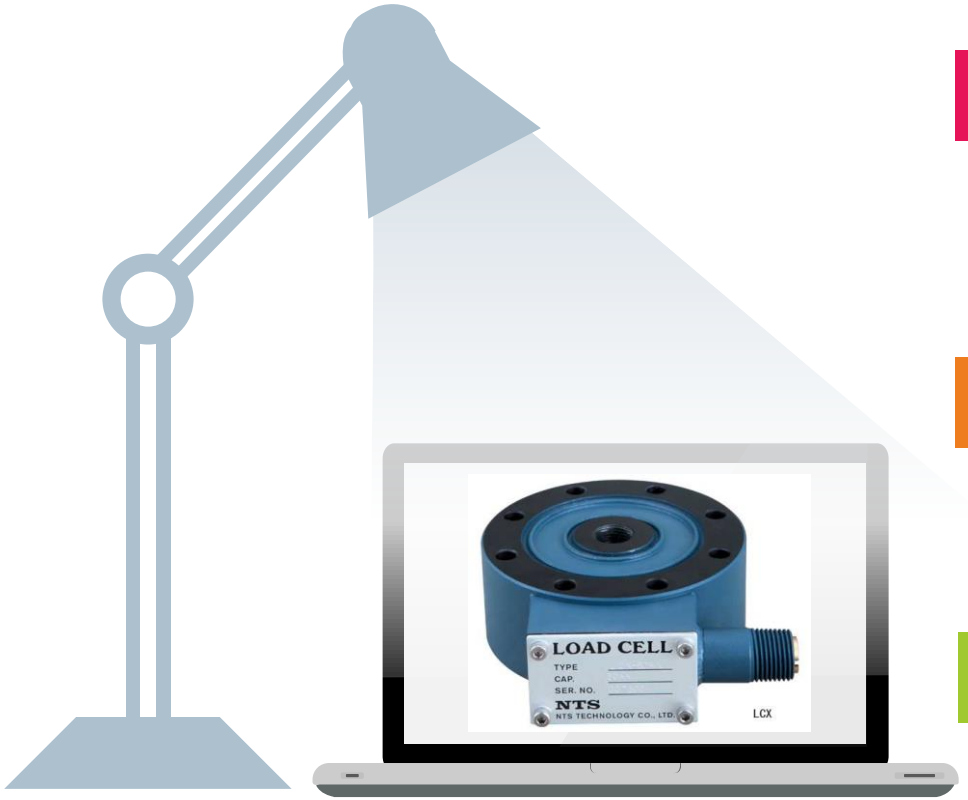
โหลดเซล
Load cell



Load cell โหลดเซล ที่ใช้ในเครื่องทดสอบ Tensile tester คือเซนเซอร์ที่รับแรงกระทำกับวัสดุ จากนั้นทำการเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้าขนาดเล็ก และส่งไปที่ระบบแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลของตัวเครื่องทดสอบ เพื่อประมวลผลแสดงผลเป็นค่าแรงแบบดิจิตอล

- โหลดเซล มีหลายขนาดด้วยกัน เช่น 10N, 50N, 500N, 1KN, 100KN เป็นต้น
- การเลือกขนาดที่ไม่เหมาะสม จะทำให้ค่าการทดสอบไม่เที่ยงตรง (Accuracy) และได้ค่าความละเอียดต่ำ (Resolution) หรืออาจทำให้เกิดความเสี่ยงที่ทำให้ Load cell เสียหายได้

การเลือกใช้ Load cell



1. เลือกใช้ขนาด Load cell เป็น 2 เท่าของแรงสูงสุดที่จะทดสอบ เช่น ค่าแรงสูงสุดการทดสอบคือ 500 N เราควรเลือกโหลดเซลขนาด 1000 N.

2. ย่านการวัด Range ที่ใช้งานได้ดีสำหรับโหลดเซลจะมีค่าระหว่าง 2-98% เช่น โหลดเซลขนาด 1000 N จะมีช่วงใช้งานที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 20-980 N

3. ความเที่ยงตรง Accuracy จะมีสเปกใช้งานทั่วไป เช่น 1% (Class 1.0) และ 0.5% (Class 0.5)

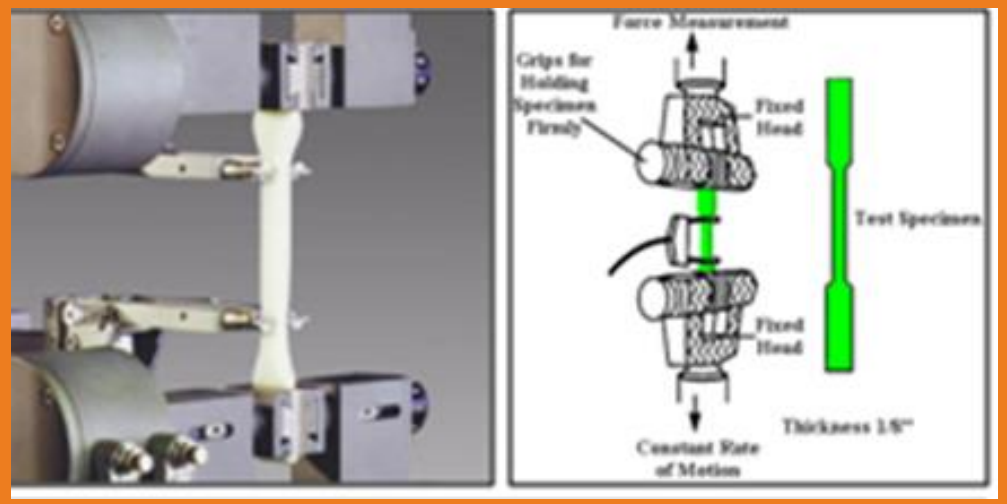
UNIVERSAL TESTING MACHINE

- วิธีการทดสอบโดยใช้แรงดึง (tensile force) ดึงวัสดุอย่างช้า ๆ ทำให้วัสดุจะยืดยาวขึ้น อาจให้แรงดึง เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งชิ้นทดสอบขาด แล้วบันทึกความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดึง (tensile stress) กับความเครียดตามแนวดึง (tensile strain) แสดงความสัมพันธ์เป็นกราฟเรียกว่า กราฟความเค้นกับความเครียด (stress-strain curve) หรือ แรงดึงกับระยะการเปลี่ยนรูป (deformation) ซึ่งเป็นระยะที่วัสดุยืดตัวออกจากระยะเดิม

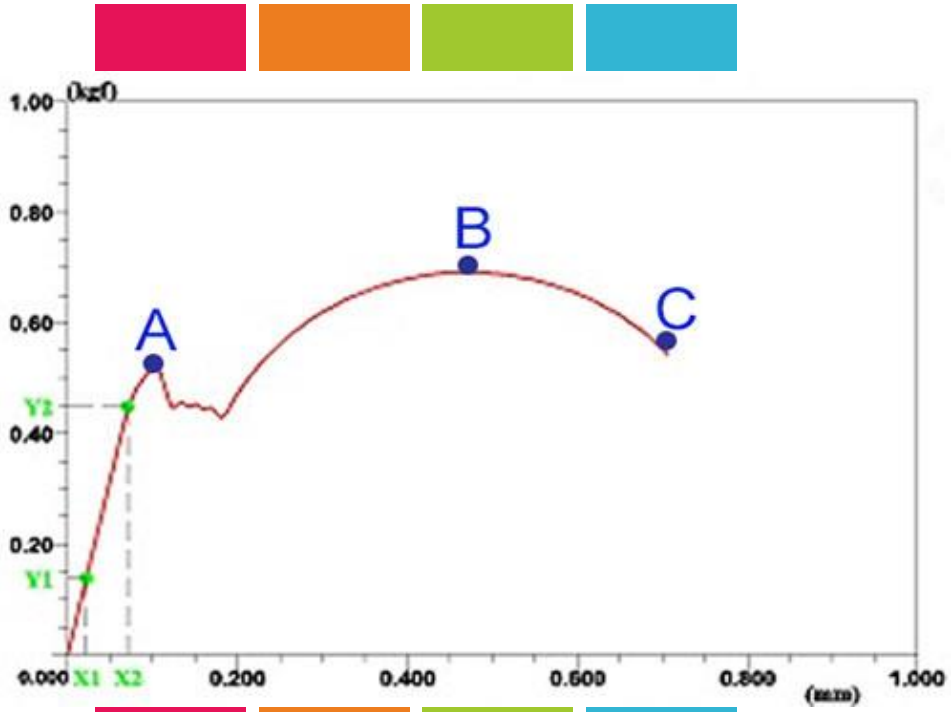
ลักษณะเครื่องทดสอบแรงดึง UNIVERSAL TESTING MACHINE (UTM)

ลักษณะของผลที่ได้

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น (Stress) กับความเครียด (Strain)



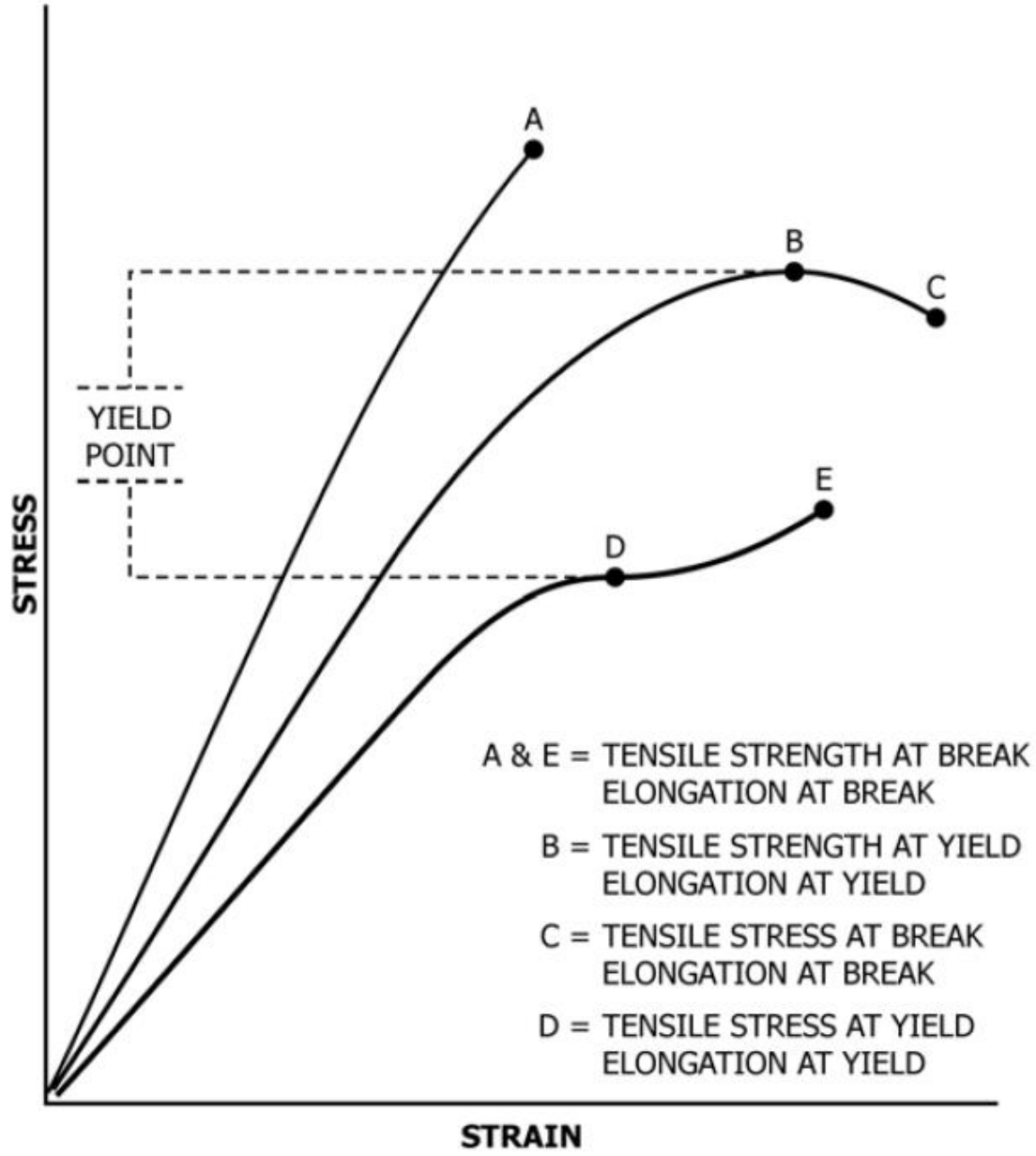
การอ่านค่าผลการทดสอบ Tensile strength



❑ เมื่อวัสดุถูกดึงจากแรงกระทำภายนอกจนกระทั่งขาด โดยแกนตั้งคือแรง Load (Kgf) และแกนนอน คือ ระยะทาง Displacement (mm) เราสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดจากวัสดุได้ 3 จุดดังนี้

- ✓ A เรียกว่า จุด Yield point คือเป็นจุดที่วัสดุเริ่มเปลี่ยนรูปและไม่สามารถกลับมามีสภาพดังเดิมได้
- ✓ B เรียกว่า จุด Maximum load, Maximum Force หรือ Ultimate load คือจุดที่วัสดุสามารถทนแรงได้สูงสุด
- ✓ C เรียกว่า จุด Break point คือจุดที่วัสดุขาด เสียหาย (ข้อสังเกตุคือจุดที่ขาดไม่จำเป็นต้องเป็นจุดที่วัสดุทนแรงสูงสุด ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุนั้น ๆ)

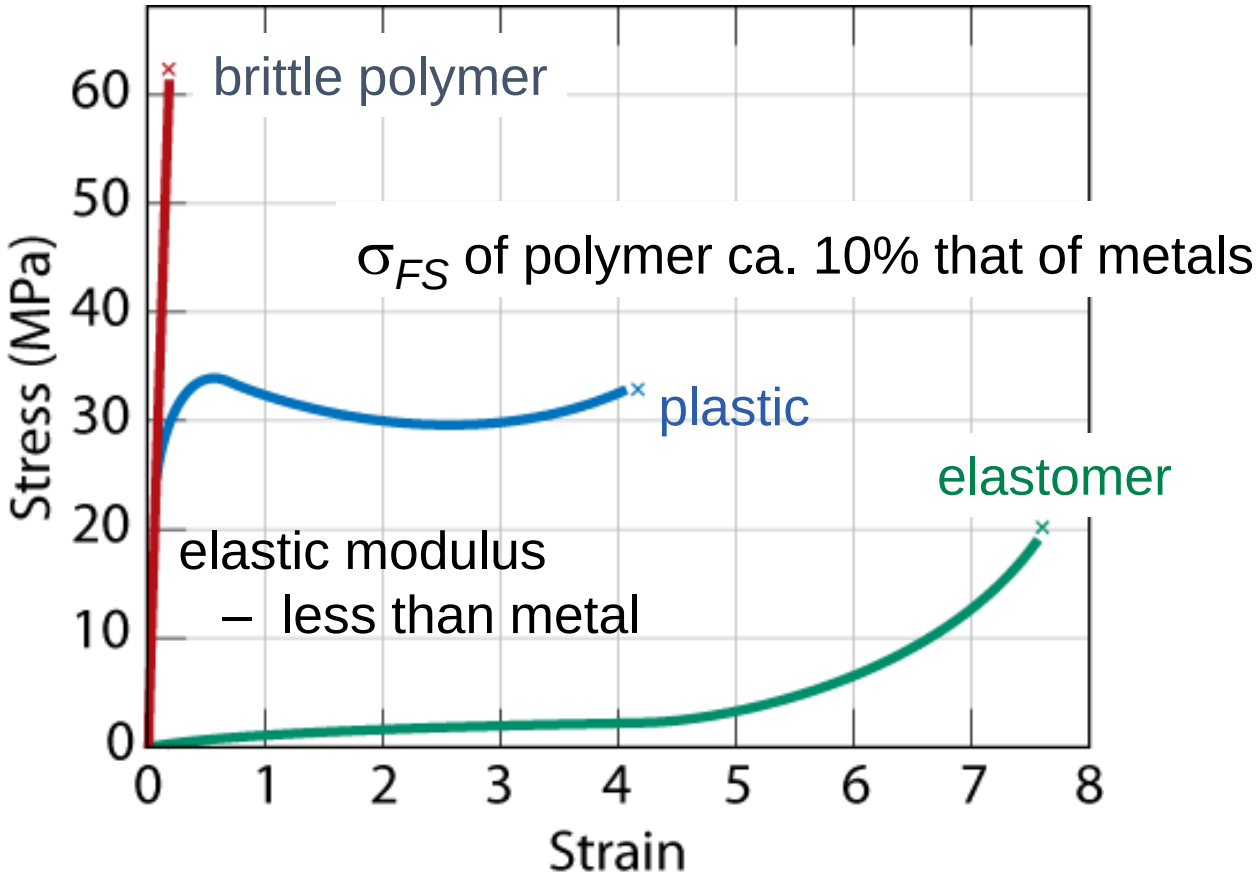
Tensile Designations



Stress-Strain Curve

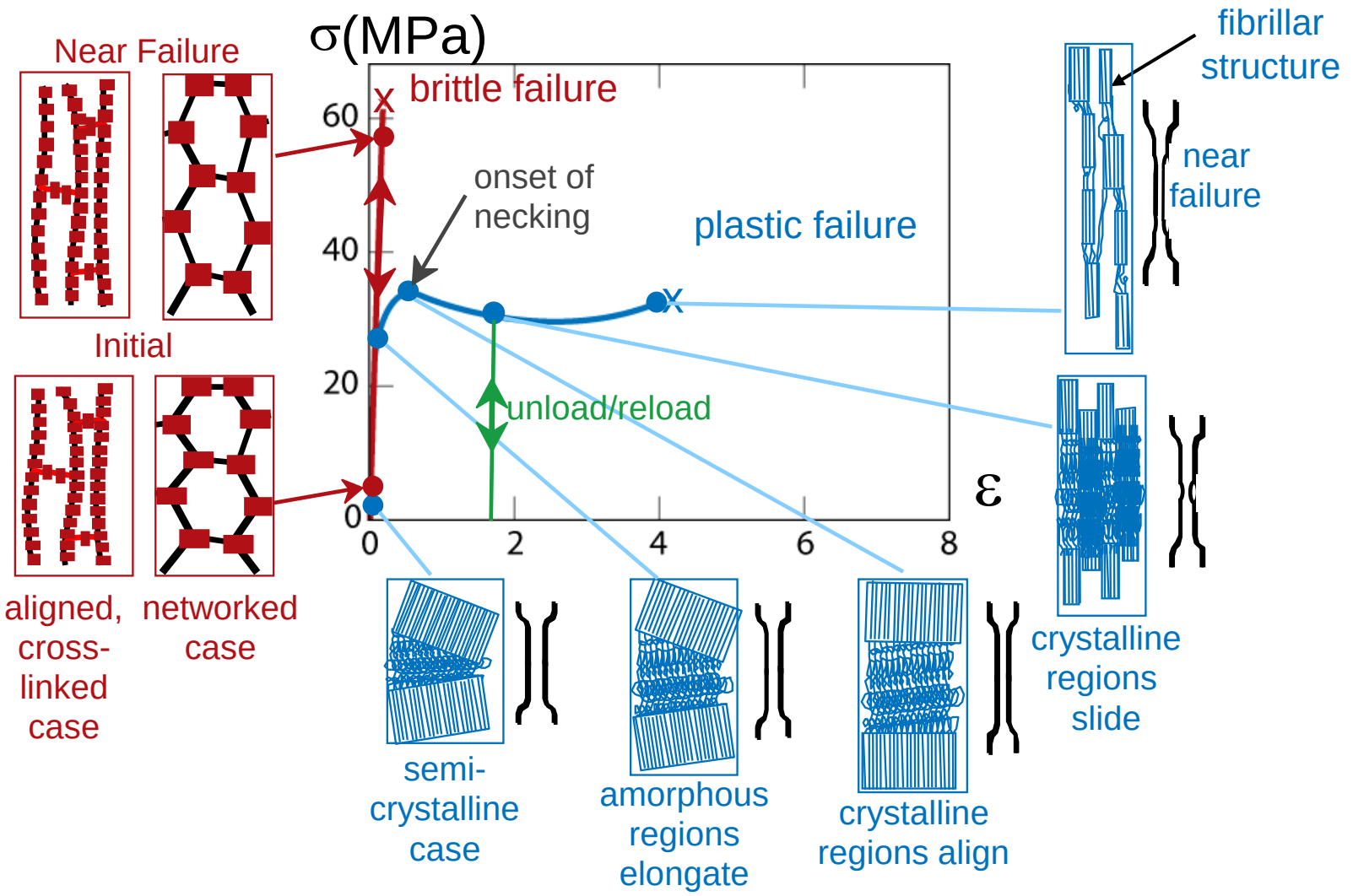
- **i.e. stress-strain behavior of polymers**

Strains – deformations > 1000% possible (for metals, maximum strain ca. 100% or less)



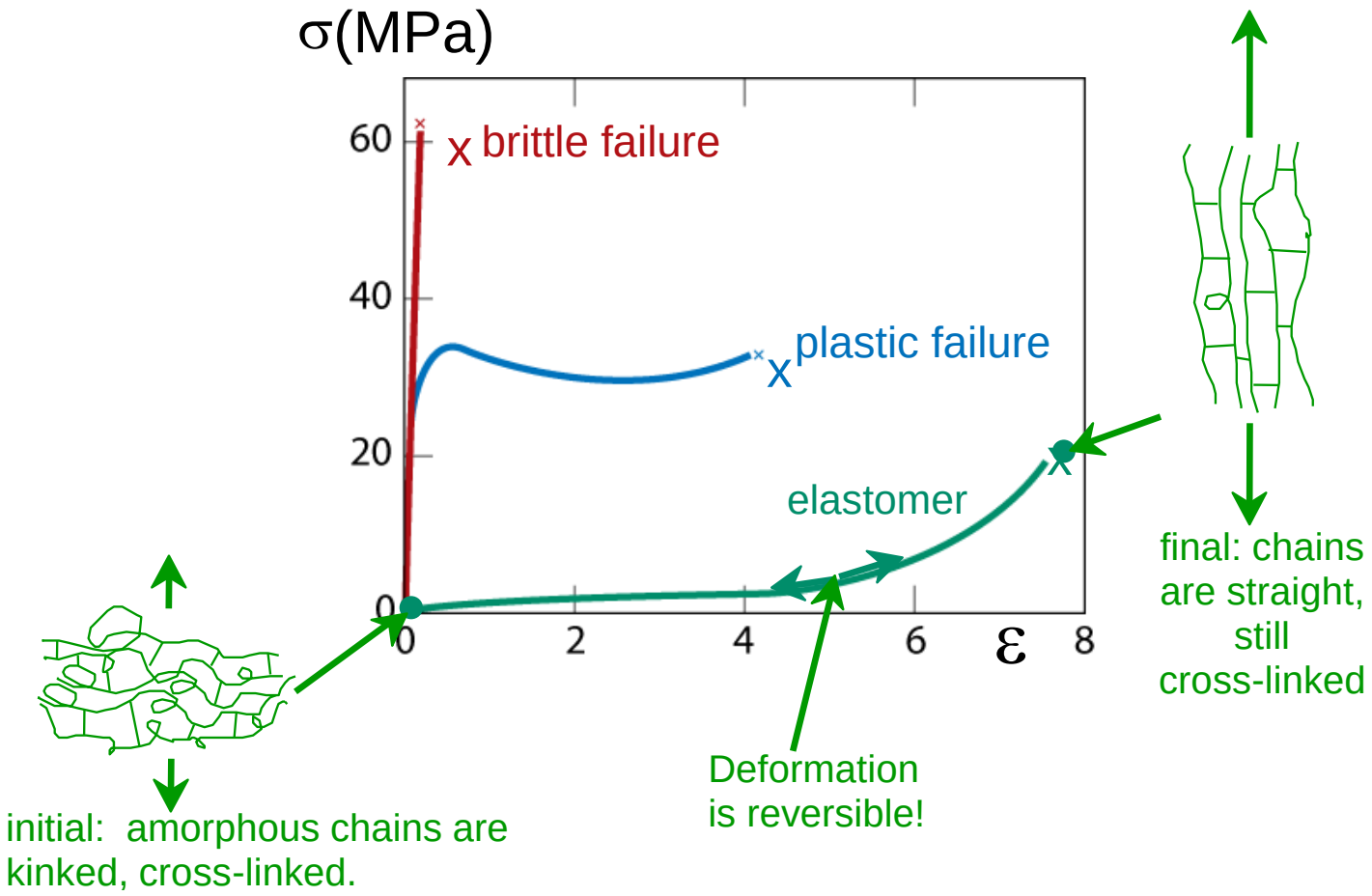
Adapted from Fig. 15.1, *Callister 7e*.

Tensile Response: Brittle & Plastic



Stress-strain curves adapted from Fig. 15.1, *Callister 7e.* Inset figures along plastic response curve adapted from Figs. 15.12 & 15.13, *Callister 7e*. (Figs. 15.12 & 15.13 are from J.M. Schultz, *Polymer Materials Science*, Prentice-Hall, Inc., 1974, pp. 500-501.)

Tensile Response: Elastomer



- Compare to responses of other polymers:
  -- brittle response (aligned, crosslinked & networked polymer)
  -- plastic response (semi-crystalline polymers)

Stress-strain curves adapted from Fig. 15.1, *Callister 7e.* Inset figures along elastomer curve (green) adapted from Fig. 15.15, *Callister 7e*. (Fig. 15.15 is from Z.D. Jastrzebski, *The Nature and Properties of Engineering Materials*, 3rd ed., John Wiley and Sons, 1987.)

การประยุกต์ใช้งาน

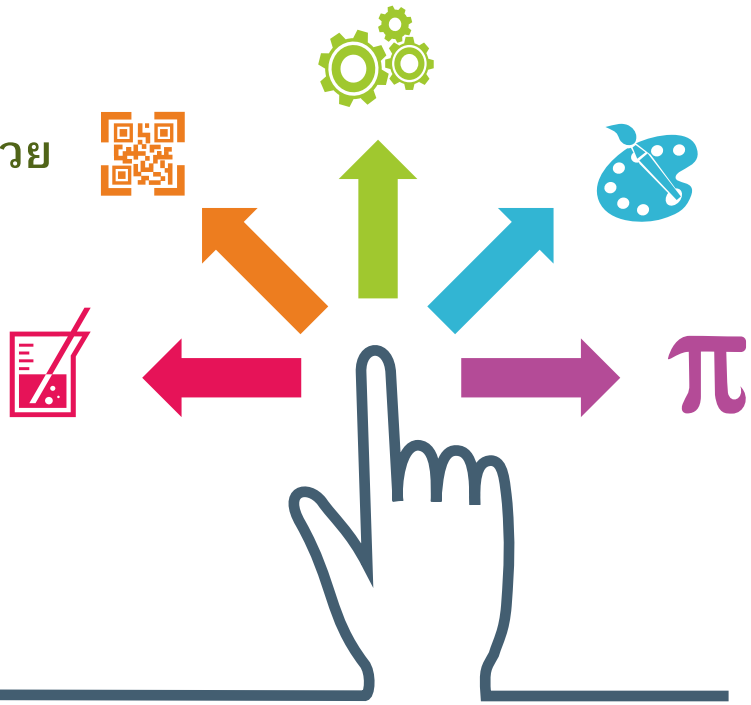
ค่าแรง (Force) คือค่าแรงดึง ที่เกิดจากการอ่านค่าของ โหลดเซลล์ Load cell มีหน่วย เช่น N, Kgf, Ton

ค่าโมดุลัส (Modulus) คือ ค่าความเค้นที่ทำให้วัสดุยืดตัวตามที่กำหนด มีหน่วยเป็น MPa หรือ N/mm^2

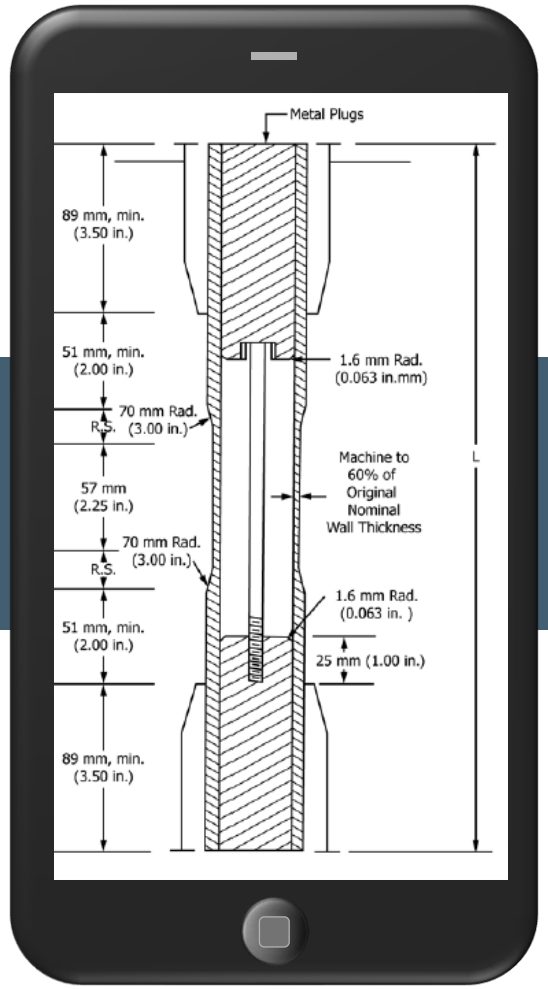
ความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) คือ ความเค้นดึงสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของชิ้นงานที่ได้รับจนเกิดการขาด มีหน่วยเป็น MPa หรือ N/mm^2

การยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at Break) คือ ร้อยละการยืดตัวของชิ้นทดสอบที่จุดขาดเมื่อเปรียบเทียบกับความยาวเริ่มต้น

ความทนทานต่อการฉีกขาด (Tear strength) คือขนาดแรงสูงสุดที่สามารถฉีกแผ่นวัสดุให้ขาดออกจากกัน มีหน่วยเป็นขนาดของแรงกระทำ ณ จุดฉีกขาด เช่น N



ลักษณะตัวอย่างที่ทำการทดสอบ



ตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์จะอยู่ในรูปแบบของแข็ง ตัดแต่งชิ้นทดสอบ (specimen) ให้ได้ขนาดตามมาตรฐานที่ใช้อ้างอิง เช่น ASTM D638 (ชิ้นงานรูปทรงดัมเบลล์ (Types I – V), แท่ง หรือท่อทรงกระบอก) เป็นต้น

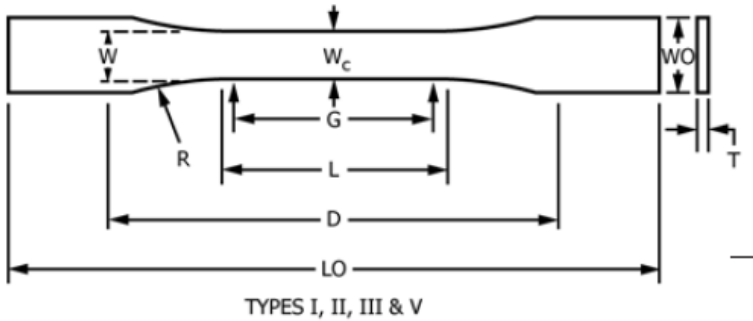
Designation: D638 – 14

Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics[1]

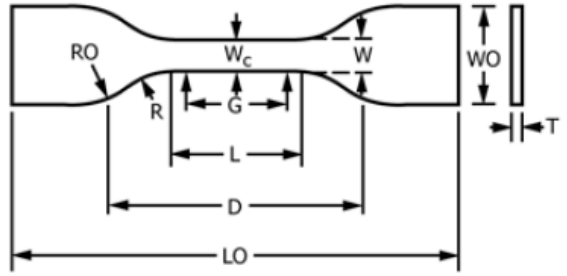
This standard is issued under the fixed designation D638; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

ขนาดชิ้นทดสอบ



TYPES I, II, III & V



TYPE IV

Specimen Dimensions for Thickness, *T*, mm (in.)[A]

Dimensions (see drawings)	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl	4 (0.16) or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV[B]	Type V[C,D]	
W—Width of narrow section[E,F]	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	±0.5 (±0.02)[B,C]
L—Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	±0.5 (±0.02)[C]
WO—Width overall, min[G]	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+ 6.4 (+ 0.25)
WO—Width overall, min[G]	...	...	...	...	9.53 (0.375)	+ 3.18 (+ 0.125)
LO—Length overall, min[H]	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	no max (no max)
G—Gage length[I]	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	±0.25 (±0.010)[C]
G—Gage length[I]	...	...	...	25 (1.00)	...	±0.13 (±0.005)
D—Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5)[J]	25.4 (1.0)	±5 (±0.2)
R—Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	±1 (±0.04)[C]
RO—Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...	±1 (±0.04)