

Poisson ratio (푸아송 비) (ν ; nu symbol)

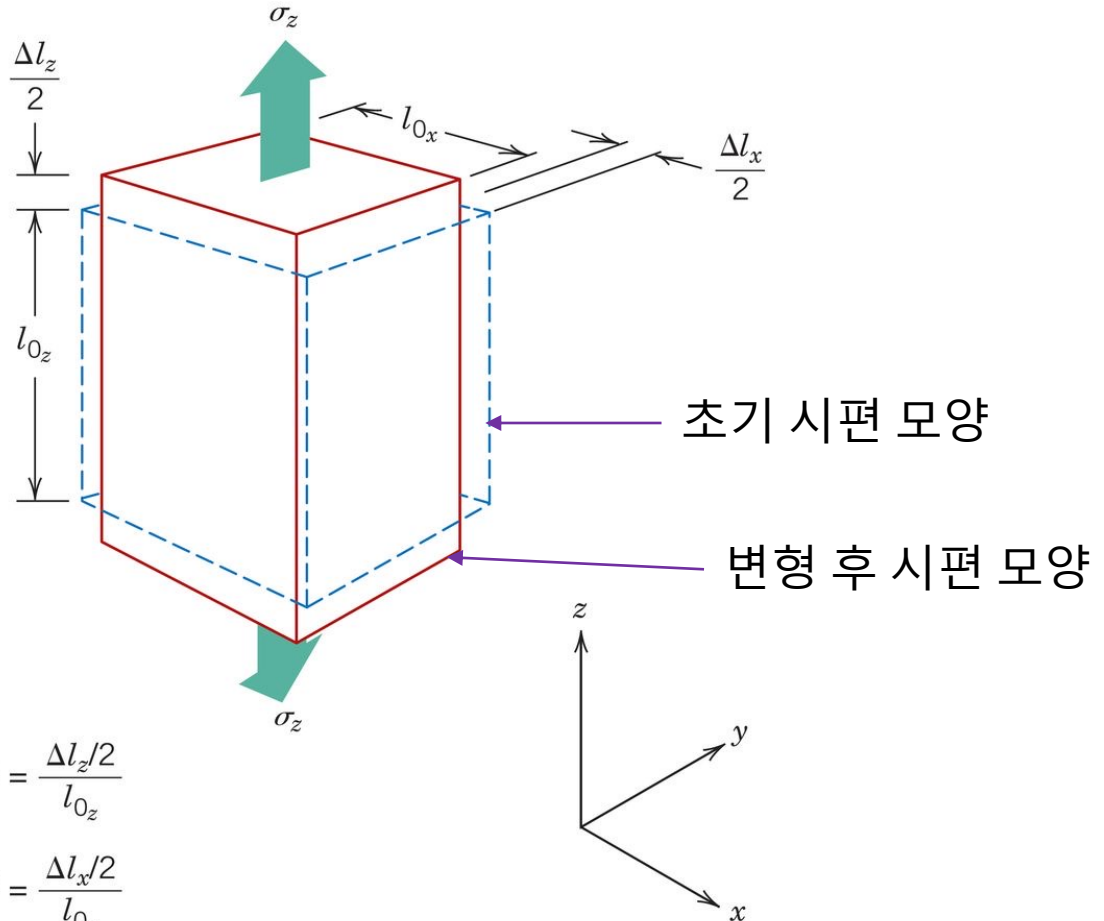
축 방향으로 작용하는
일축 normal stress 방향에
의해서 해당 힘과 같은
방향으로만 변형이
일어나는 것이 아니라
그것과 '수직'으로도
변형이 발생한다.

$$\nu = -\frac{\epsilon_x}{\epsilon_z}$$
$$= -\frac{\epsilon_y}{\epsilon_z}$$

z축 방향
인장시 $\epsilon_y < 0$

등방성(isotropy) 가진 경우

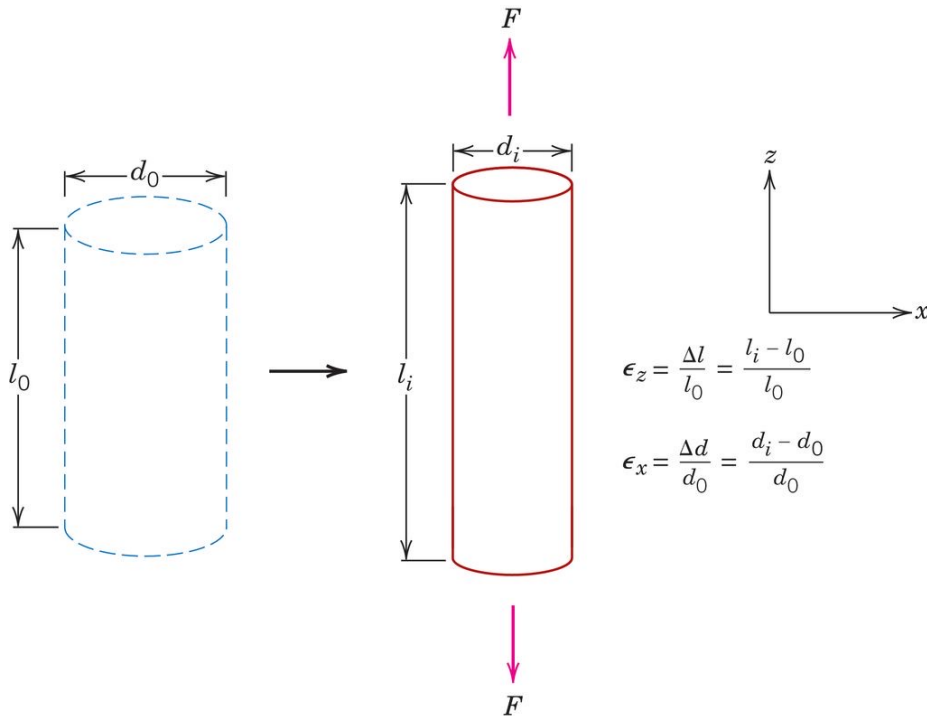
$$\frac{\epsilon_z}{2} = \frac{\Delta l_z/2}{l_{0z}}$$
$$-\frac{\epsilon_x}{2} = \frac{\Delta l_x/2}{l_{0x}}$$



Elasticity 예제

Metal Alloy	Modulus of Elasticity	Shear Modulus	Poisson's Ratio
	GPa	GPa	
Aluminum	69	25	0.33
Brass	97	37	0.34
Copper	110	46	0.34
Magnesium	45	17	0.29
Nickel	207	76	0.31
Steel	207	83	0.30
Titanium	107	45	0.34
Tungsten	407	160	0.28

10mm의 지름을 가진 황동 막대에
장축 방향으로 인장 응력
작용시켜 지름을 $2.5 \times 10^{-3} \text{ mm}$ 로
수축시키는데 필요한 **하중** (힘)을
구하라. 변형은 완전 탄성으로
가정.



$$F = \sigma A_0 = \sigma \left(\frac{d_0}{2} \right)^2 \pi \quad (1)$$

$$\nu = -\frac{\epsilon_x}{\epsilon_z} = 0.34 \quad (2)$$

$$\epsilon_x = \frac{\Delta d}{d_0} = \frac{-2.5 \times 10^{-3}}{10} \quad (3)$$

With (2) and (3), you'll get ϵ_z

Knowing E and ϵ_z you can get the stress
 $\sigma = E \epsilon_z$

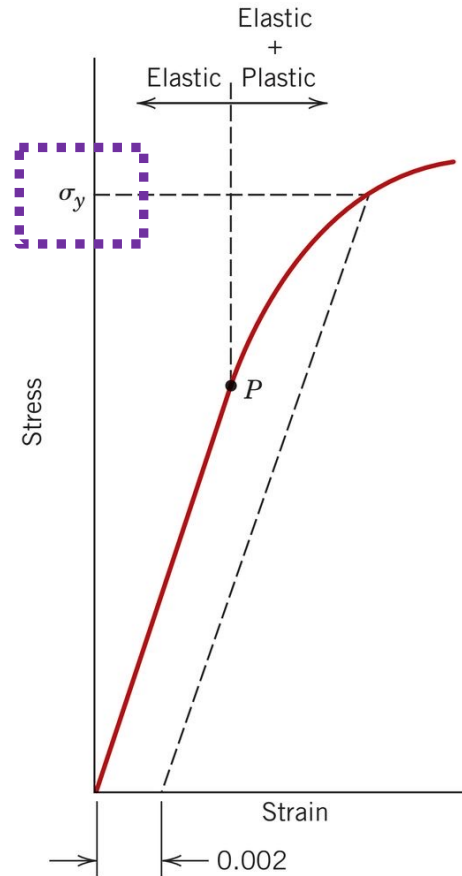
Using (1), you can obtain the force.

Recap: engineering stress/strain

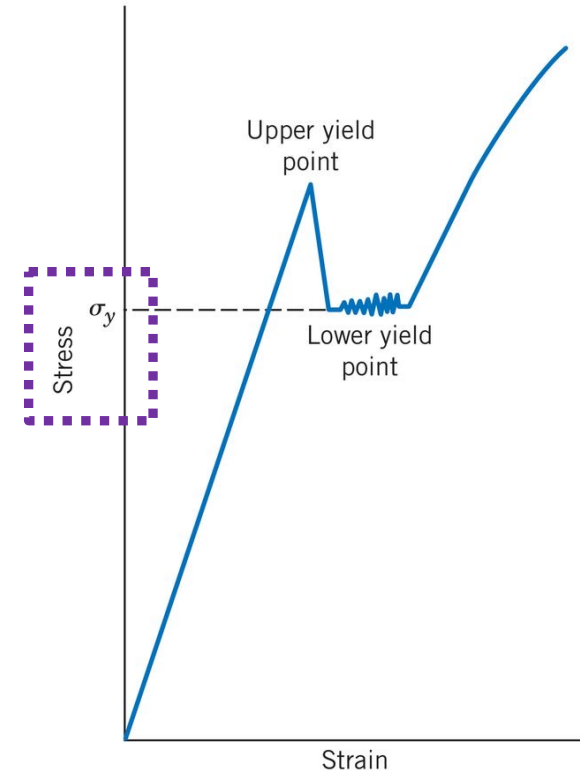
- 기계적 성질을 얻기 위한 실험으로 물리량을 취득할 때 시편의 크기에 무관한 물리량으로 바꾸는 것이 필요하다.
 - 시편의 하중/그리고 모양 변화에 있어서 기하학적 요소를 * **줄이는** 가장 간편한 방법으로 engineering stress (공칭 응력)과 engineering strain (공칭 변형률)을 사용할 수 있다.
 - 차후에 배울 진응력과 공칭 응력은 기하학적 요소를 완전히 * **제거**
- 다양한 응력과 변형률 상태
 - 수직 (압축,인장) 그리고 전단
 - 위 두가지 구성 응력 (변형률) 요소로 모든 응력 (변형률) 상태를 표현할 수 있다.
- 일축 인장 실험을 통해 응력과 변형률간의 '관계'를 커브의 형태로 얻을 수 있다.
 - 탄성과 소성의 차이 구분
- 일축 인장 실험 데이터를 통해서 다양한 기계적 물성 파라미터를 얻을 수 있다.
 - 탄성 계수 (elastic modulus)
 - Poisson ratio
 - 항복 강도 (Yield strength)
 - 인장 강도 (Tensile strength)
 - 연성 (ductility)
 - 탄력 (resilience)
 - 인성 (toughness)

소성 변형 (plastic deformation)

- 대부분의 금속 재료는 약 0.005 정도의 변형율까지만 탄성을 유지. 이후에는 작용 응력이 제거된 이후에도 완벽히 회복되지 않는다.
- 탄성 구간에서 선형적인 관계를 보이던 응력과 변형률의 관계도 비선형이 된다.
- 따라서 Hooke's is not valid any more.
- 작용 응력이 제거된 이후에도 남아 있는 변형을 소성 변형이라 일컫는다.
- Proportional limits
- 0.002 offset (수평이동법) – 항복 강도 정의
- Yield point phenomena (more details in next slide)

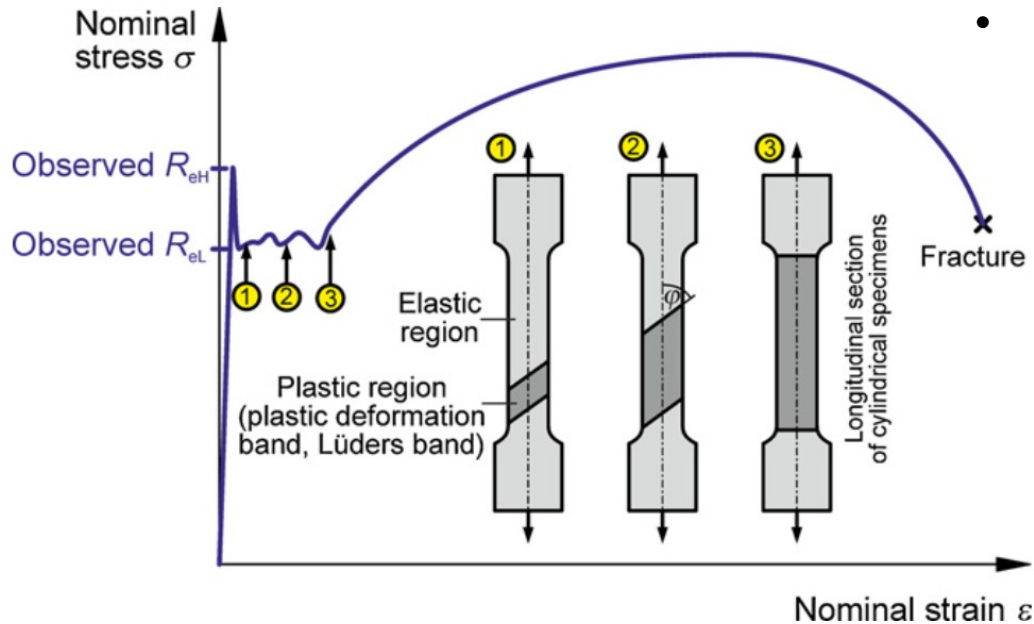


(a)
Smooth
transition



(b)
Yield point
phenomenon

Yield point phenomenon in mild steels



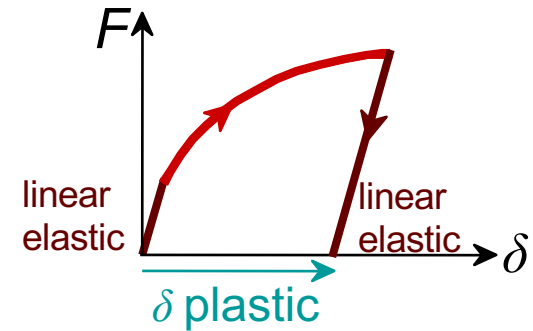
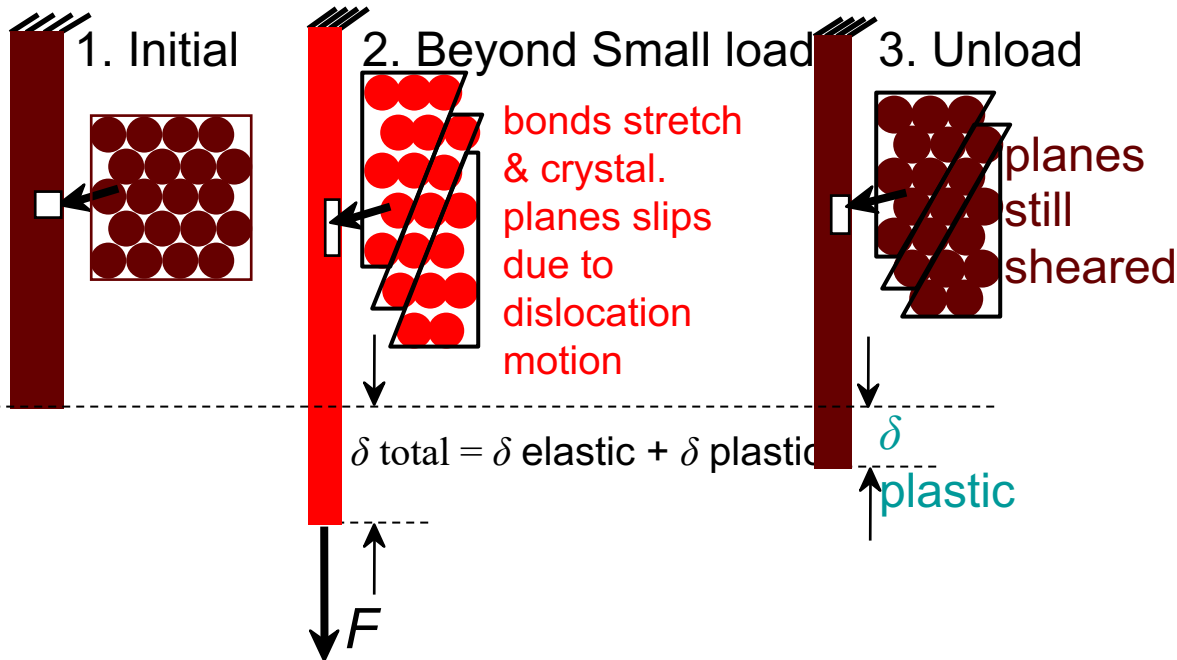
- Lüders band
- Upper and lower yield points



- Schwab and Ruff, *Act Materialia* 62, 2013 p 1798-1808
- (Luders bands image from https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/metal-forming-3/plane_stress.php) - which is originally contributed by Mike Meier, University of California, Davis

Plasticity (소성): thought experiment

Let's conduct a similar thought experiment with an increased magnitude of force

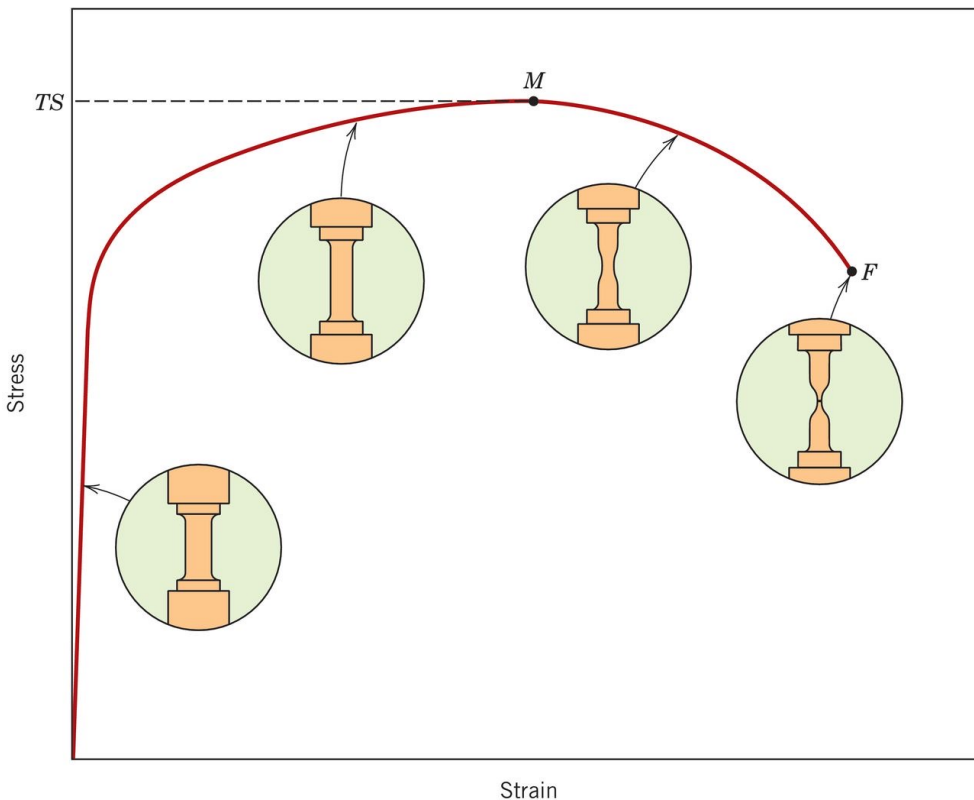


Even after the external load is removed, the material does not **fully** recover to its original shape.

Plastic means permanent!

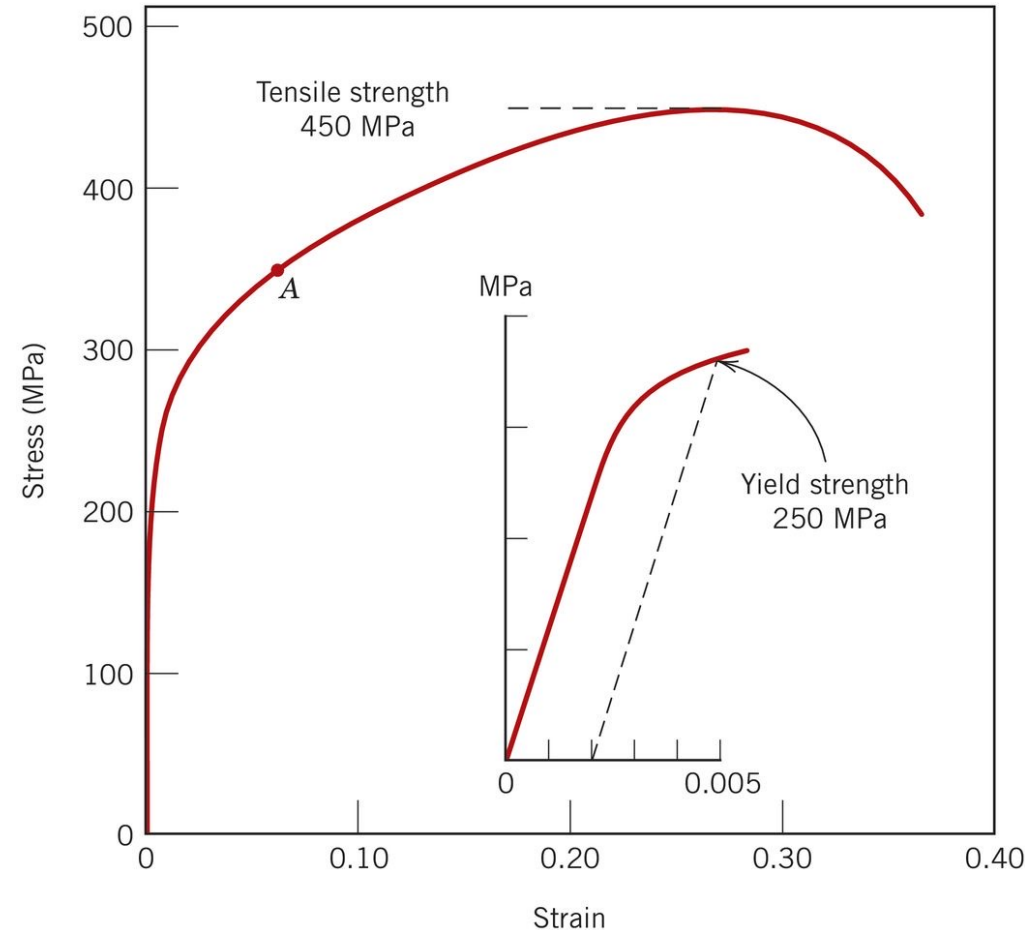
인장 강도 (tensile strength, tensile stress)

- 교재는 strength와 stress를 구분 – 물성의 경우 강도(strength)를 사용. 하지만 해당 과목에서는 뚜렷이 구분하지 않겠다 – since the exact meaning of the term may depend on whom you are talking to.



- 소성 변형후 계속적으로 소성 변형을 일으키기 위해서는 응력이 증가하여야 한다. 이렇게 계속적으로 소성 변형을 일으키는 응력을 유동응력(flow stress)이라 한다.
- 공칭 응력/공칭 변형률 커브에서 최대점의 공칭 응력을 TS라 한다. TS를 지나면 flow stress가 감소, 최종적으로 파괴에 이른다 (F).
- TS까지는 균일한(homogeneous) 변형. 그이후로는 한부분에 변형이 집중되고 이로 인해, 한 부분의 폭이 수축되는 현상(necking) 발생.
- 구조재는 탄성 변형 구간내에서 주어진 하중을 견뎌야 한다.

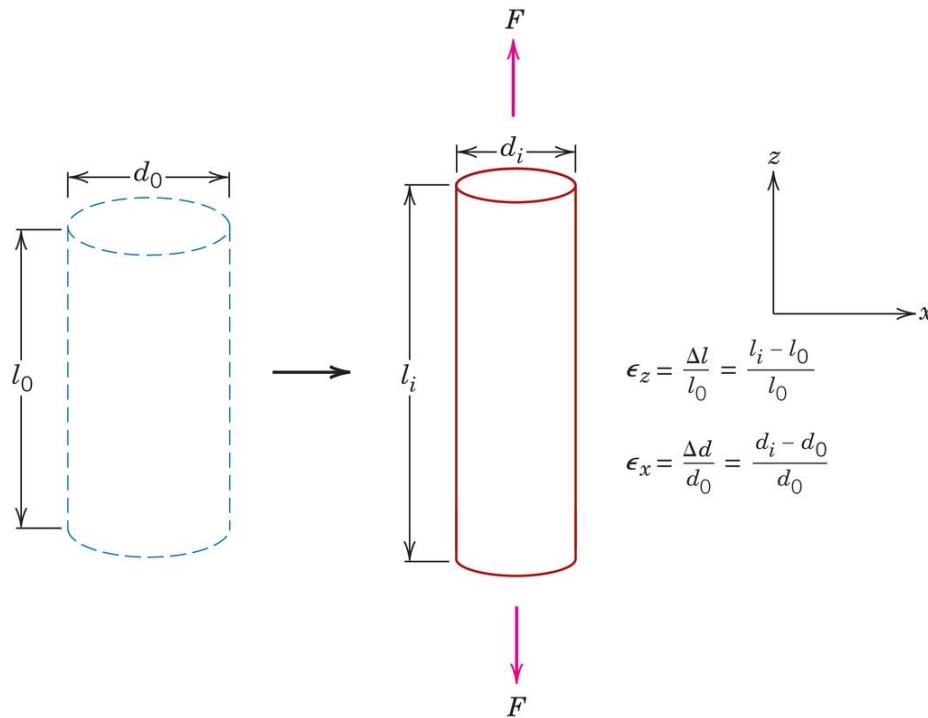
How to extract mechanical properties from stress-strain curve



YS, TS, E .

* You should be able to graphically illustrate how to obtain these properties.

Force required upon plastic yielding

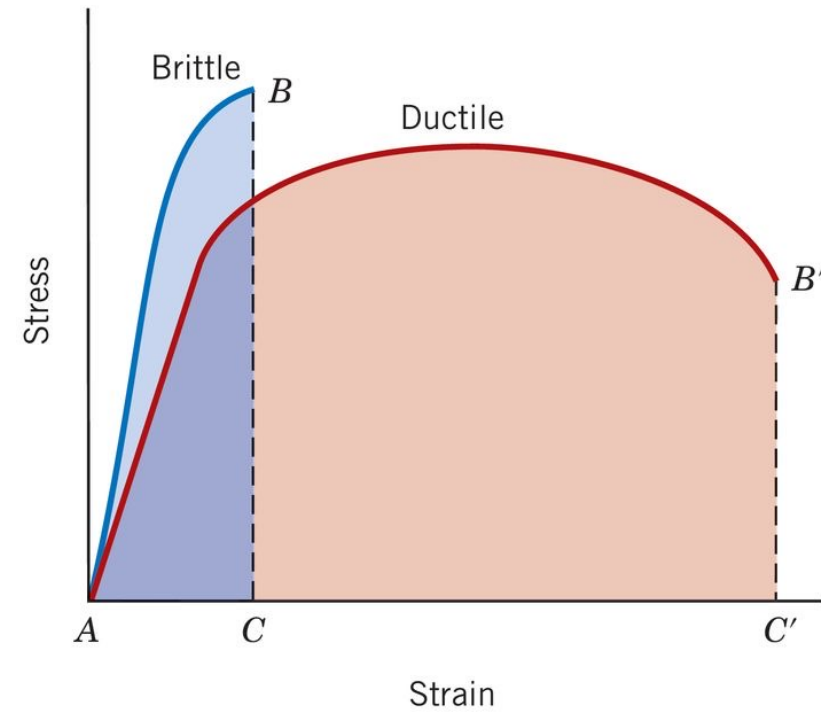


Suppose that the yield stress of the material is 300 MPa ($=300 \times 10^6$ Pa).

- Q1. If the initial diameter $D_0 = 10$ [mm], how much force is required for this material to yield, provided that the yield stress of 300 MPa is an 'engineering' quantity.
- Q2. Repeat Q1 for the conditions that the yield stress of 300 MPa is an 'true' quantity and the Poisson ratio is 0.3.
- Q3. How different is the answers to A1 and Q2, and why is that so?

Ductility (연성)

- 연성은 파괴가 일어날때까지 재료가 얼마나 소성변형 할 수 있는지를 정량화하여 나타내는 지표이다.
- 파괴까지 소성변형이 많이 발생하는 금속은 '연'하다. 무르다. 혹은 연성이 높다.
- 반대로, 파괴까지 소성변형이 거의 발생하지 않은 금속은 brittle하다 (취성).



연성의 경우 온도에 따라 급격히 변할 수 있다.
Ductile to Brittle transition temperature

See Fig. 8.14

Article about Titanic

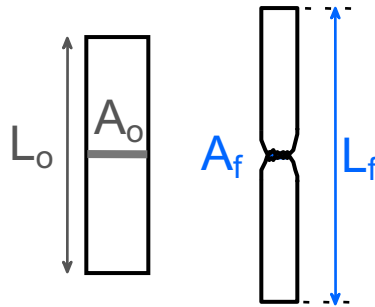
<http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/9801/Felkins-9801.html>

How to quantify ductility?

- 연성은 길이 신장률 (percent elongation)을 사용하여 정량적으로 표현 가능.
- 또한 시편의 단면적 감소율을 이용해 정량적으로 표현 가능.

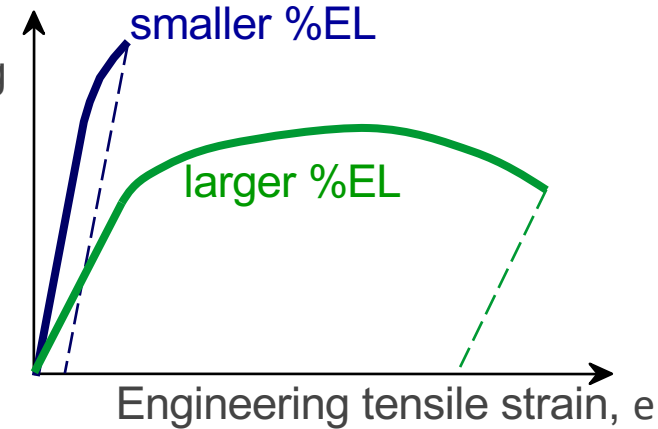
$$\%EL = \left(\frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100$$

$$\%RA = \left(\frac{A_0 - A_f}{A_0} \right) \times 100$$



Engineering
tensile
stress, σ

Adapted from Fig. 8.13,
Callister & Rethwisch 9e.



- 대부분의 구조물들은 탄성 구간내에서 하중을 견디도록 설계.
- 하지만 제품에 따라 구조물의 파괴가 일어날때까지 소성변형의 정도가 중요한 지표가 되기도 한다.