

# I 편 기초 이론

## 1장 서론

### 1.1 소성(Plasticity)

외력을 어느 정도 가하여 힘을 제거하게 될 때 일부 변형이 남게 된다(항복).  
이 때 발생한 변형을 영구변형이라 하고, 소재의 이러한 성질을 '소성'이라 함.

- cf.) • 소성 변형이 계속 진행되면 → 파단이 발생 : 파괴(fracture)  
• 소성 변형 또는 탄성 변형이 생기지 않는 가상적 물체 → 강체(rigid body)

#### \* 소성 가공(Metal Forming)

물질의 소성 변형 성질을 이용하여 가공하는 방법

#### ① Sheet Metal Forming (박판 소성 가공) : 대부분 냉간 가공

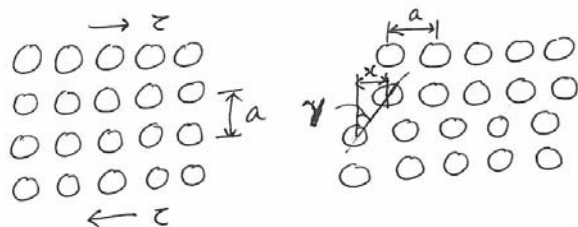
- Cutting 
 { Shaped Rolling  
Plat Rolling
- Bending 
 → issue : Springback
- Drawing ( or Deep Drawing)

#### ② Bulk Metal Forming (벌크 소성 가공) : 냉간, 열간 가공

- Rolling 
 { Shaped Rolling  
Plat Rolling
- Extrusion
- Forging 
 { 전방 압출  
후방 압출

- Yielding(항복)

Consider a simple cubic material subjected to a pure shear stress,  $\tau$



하중(force) 부가 → 원자 간의 거리를 변형  
interatomic distance

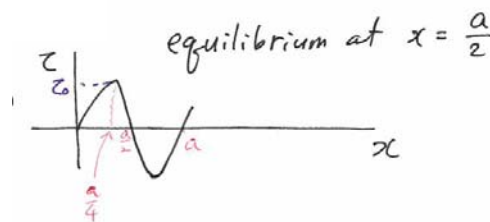
탄성 영역: (Hook's law)  
 $\left| \frac{x}{a} \right| \ll 1$   
소성 영역

Frenkel assumed it was sinusoidal

$$\tau(x) = \tau_0 \frac{2\pi}{a} \cos\left(\frac{2\pi x}{a}\right) \quad \text{--- ①}$$

Differentiating gives

$$\frac{d\tau}{dx} = \tau_0 \frac{2\pi}{a} \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right) \quad \text{--- ②}$$



$$\text{Shear Strain, } \gamma = \frac{x}{a} \quad \text{--- ③}$$

$$\text{Shear Modulus, } G = \frac{d\tau}{d\gamma} \rightarrow \text{for small } x \text{ gives, } G = \frac{d\tau}{d\gamma} \quad \text{--- ④}$$

$$\sin\theta \approx \theta$$

$$\tau(x) = \tau_0 \left(\frac{2\pi x}{a}\right) = \tau_0 2\pi \gamma$$

③ → ② 대입, 미분하면

$$G = \frac{d\tau}{d\gamma} = \tau_0 2\pi \quad \text{--- ⑤}$$

$$\therefore \tau_0(\text{max shear stress}) = \frac{G}{2\pi} (\text{theoretical})$$

$$\tau_0 = \frac{G}{2\pi} = \frac{E}{2(1+\nu)} \cdot \frac{1}{2\pi} \approx 12.5 \text{ Gpa (too large)}$$

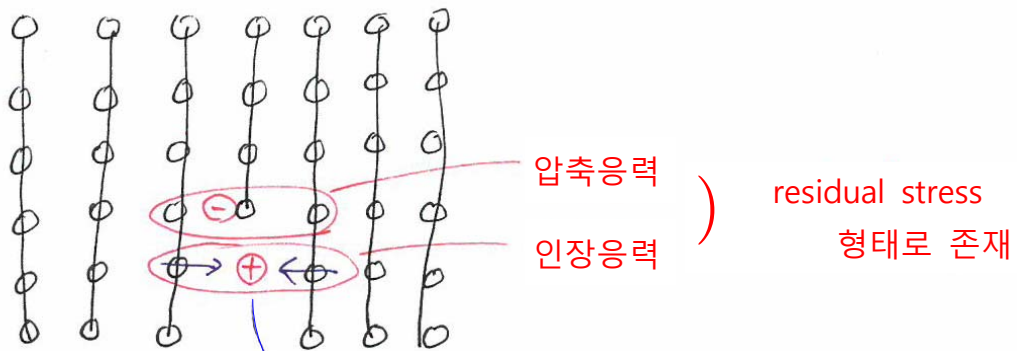
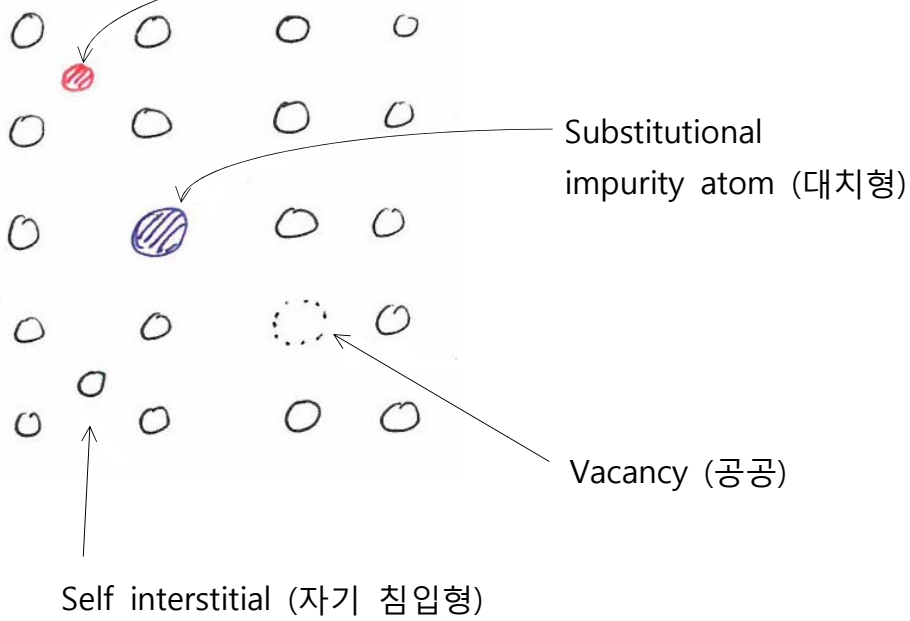
( $\because \nu = 0.3, E = 205 \text{ Gpa}$ )

→ 대략적으로 단위  $m^2$ 에  
 $10^9 \text{ kgf} (\rightarrow 10^6 \text{ ton})$ 를 주어야 소성 변형이 가능.

⇒ " 항복(소성 변형)이 일어나는 mechanism이 dislocation의 이동에 의한 것이다  
 '라고 유추하게 됨

- Dislocation (Line Defect) : 전위

침입형(이물질이 들어간 경우)



공간을 매우기 위한 변형(원자가 이동)이 쉽다.

- Dislocation density

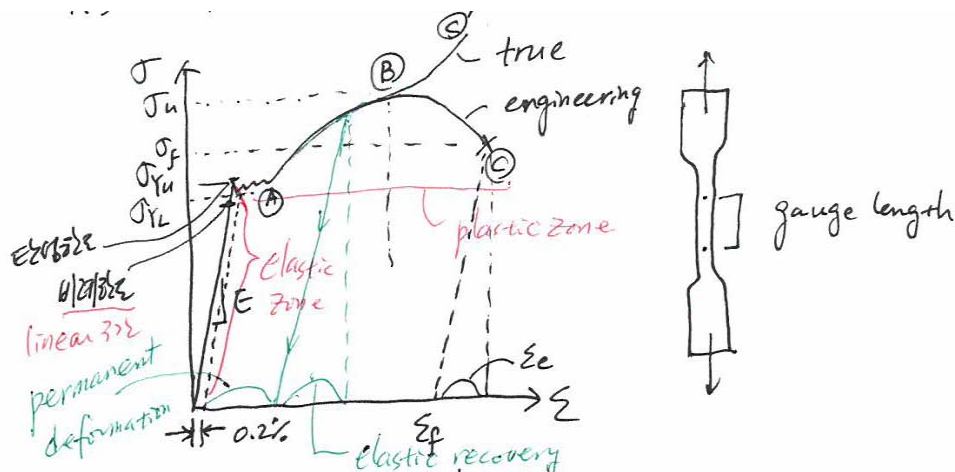
Total dislocation per unit volume

by Process : density  $\uparrow \Rightarrow$  cold forging

## 1.2 소성학(Theory of Plasticity)

- 탄성학 ~ 탄성 영역에서 거시적인 소재의 변형, 거동을 다루는 분야  
(고체역학) (설계 목표:  $\sigma_a < \sigma_Y$ )
- 소성학 ~ 소성 상태에서의 재료의 응력과 변형률, 소요 하중을 구하는 분야  
(소성역학)

## 1.3 단축 인장에서의 응력-변형률 선도



- ① - ② : work hardening
- ② - ③ : work softening in engineering stress-strain relation

- 가공경화
  - 가공연화
  - 연성(ductile)
  - 취성(brittle)
  - 연신률(elongation), 단면 감소율  $l_{elongation} = \frac{l_f - l_0}{l_0} \times 100$
  - 탄성 회복량(spring back)  $\propto E, \sigma_Y$   $\delta = \frac{A_0 - A_F}{A_0} \times 100$
  - 포아송비
  - 파단 변형률
  - etc. (비례한도, proportional limit,  $L_p$ )
  - (탄성한도, elastic limit,  $L_E$ )  $* L_p \doteq L_E$
  - necking
  - $\sigma_Y$  (yield stress)
  - $\sigma_u$  (ultimate stress, ultimate strength)
- 인장 강도