

材料強度学 第2回

九州工業大学 機械知能工学科 機械知能コース 坂本 悠作
連絡先: n104069y@mail.kyutech.jp 提出日 2015 年 4 月 14 日

0.1 変形

- 弾性変形 (elastic deformation)
設計においては考慮されている変形。
- 塑性変形 (Plastic deformation)
設計においては通常考慮しない変形。
 - － すべり変形 (Slip)
通常の塑性変形。
 - － 双晶変形 (Twin)
高速 or 低温での変形。

すべり

最大せん断応力に最も近い特定の結晶面 (滑り面) の上下が、特定の方向 (すべり方向) へ相互に起こる仕組み。

- すべり系 (slip system)=すべり面 × すべり方向
- すべり系の数=変形のしやすさ

表 1: すべり面

結晶構造	すべり面 (稠密面)	総数	備考
hcp(六方最密充填構造)	(0 0 0 1) <1 1 2 0>	3 通り	チタン合金、マグネシウム合金等。 変形しにくい
fcc(面心立方格子構造)	{1 1 1} <1 1 0>	12 通り	加工硬化しやすい。銅やステンレス等
bcc(体心立方格子構造)	{1 1 0} {2 1 1} {3 2 1} <1 1 1>	48 通り	ナトリウム、鉄。 一度に多くのすべり系が動いてしまう

理想的降伏強度 (理想的限界すべり応力 τ_{th})
 x が最小ならば、

$$\tau = \tau_{th} \left(\frac{2\pi x}{b} \right) \quad (1)$$

この時は、弾性変形なので

$$\tau = G\gamma = G \frac{x}{a} \quad (2)$$

両式より

$$\tau_{th} = G \frac{b}{2\pi a} \approx \frac{1}{10} G \quad (3)$$

参考：銅の場合

銅の $G : 8.1 \times 10^4 GPa$

$$\tau_{th} \approx \frac{1}{10} G \approx 1 \times 10^4 [MPa] \quad (4)$$

$$\approx 100 \sim 1000 [MPa] \quad (5)$$

$$\frac{\tau_i}{\tau_{th}} = \frac{1}{10} \sim \frac{1}{1000} \quad (6)$$

0.1.1 変形に影響する因子

格子欠陥

- 点欠陥
 - － 原子空孔
 - － 格子間原子
 - － 不純物原子
- 線欠陥
 - － 転位
- 面欠陥
 - － 積層欠陥
 - － 双晶欠陥
 - － 結晶粒界

0.1.2 原子空孔 (Vacancy)

格子中のあるべき場所に原子が存在しない。

原子空孔濃度：熱力学的平衡濃度

$$\frac{x}{N} = \exp\left(-\frac{E_s}{kt}\right) \quad (7)$$

ここで、

n:空孔数

N:格子点数

E_s :1 原子を表面移動させるのに要するエネルギー

0.1.3 格子間原子 (Internal atom)

格子点以外に原子がいる状態。中性子線によって、原子がはじき出されてできる。
⇒ 放射線損傷 (Radiation damage) , 硬化 (靱性の低下) , 延性-脆性遷移温度の上昇

0.1.4 不純物原子 (impurity atom)

⇒ 合金

- 置換系固有原子 格子点の原子が置き換わる
 $\text{Fe} \Leftarrow \text{Mo, Mn, Ni, Cr, Co}$
 $\text{Pb} \Leftarrow \text{Zn}$
- 侵入型固有原子 格子間に原子が入り込む
 $\text{Fe} \Leftarrow \text{C, N, H}$
 $\text{Au} \Leftarrow \text{Ag, Cu, Hg}$

0.1.5 転位

すべり面の上下で、一度に全体がすべらず、1部分ずつ移動した時の境界転位線は閉曲線 (表面を含む)

- バーガス・ベクトル
- 刃状転位
- 螺旋転位