

## 12. Struktura a vlastnosti pevných látek

Osnova:

1. Látky krystalické a amorfní
2. Krystalová mřížka, příklady krystalových mřížek
3. Poruchy krystalových mřížek
4. Druhy vazeb mezi atomy
5. Deformace pevných látek
6. Hookův zákon
7. Křivka deformace
8. Teplotní roztažnost látek

Rozdělení pevných látek:

1. **krystalické** (částice uspořádány geometricky pravidelně – dalekodosahové uspořádání)
  - a) monokrystaly (přírodní nebo umělé)
  - b) polykrystalické látky
2. **amorfní** (krátkodosahové uspořádání)

Krystalová mřížka – prostorová geometrická mřížka obsazená pravidelně částicemi.

Elementární (základní) buňka krystalu - základní rovnoběžnostěn obsazený částicemi, jeho řazením podél prodloužených hran vzniká krystal libovolných rozměrů.

Může být například:

- a) primitivní
- b) plošně centrovaná
- c) prostorově centrovaná

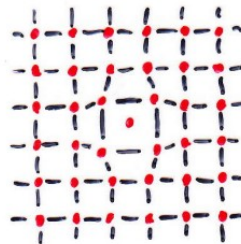
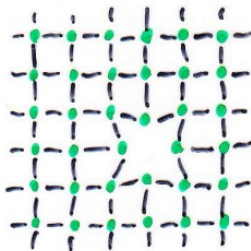
Pozn.

Mřížková konstanta  $a$  – délka hrany elementární buňky

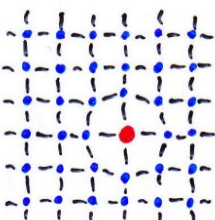
Poruchy krystalové mřížky:

### 1) Bodové

- a) **vakance** - v uzlu chybí částice – obrázek se zelenými částicemi

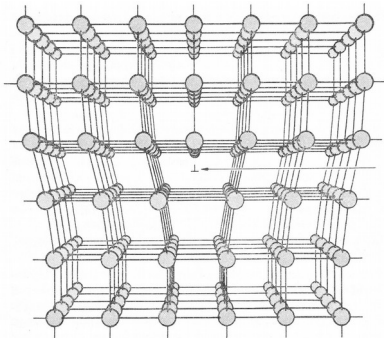


- b) **intersticiální** poloha částice - mimo pravidelný bod mřížky – obrázek s červenými částicemi
- c) **příměs** - cizí částice v uzlu nebo mimo něj

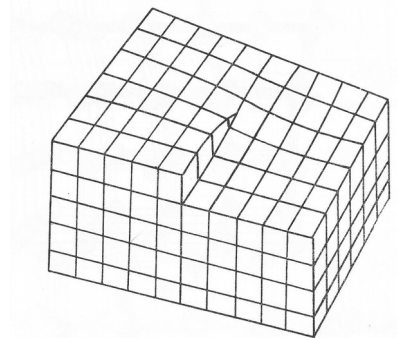


## 2) Čárové (dislokace)

a) hranová



b) šroubová



### Druhy vazeb mezi částicemi:

1. **iontová** (ionty vázány elektrostatickými silami)  
Př. NaCl, KBr, CsCl, LiF, CaO, BaO,...
2. **vodíková** (vodíkový můstek)  
Př. led, některé organické látky,...
3. **kovová** (kladné ionty v uzlech mřížky a záporný elektronový plyn)  
Př. kovy
4. **kovalentní** (směrová vazba tvořená elektronovým párem)  
Př. diamant, Ge, Si, SiC (karbid křemíku – karborundum),...
5. **van der Waalsova** (molekulová) (způsobena stálým slabým elektrickým polem kolem molekul s nesymetrickým rozložením vnitřního elektrického náboje – slabá)  
Př. inertní prvky při nízkých teplotách (Ne při 24 K), J<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, organické sloučeniny, grafit (ve vrstvách kovalentní vazby – pevné síť šestiúhelníků, mezi vrstvami slabá van der Waalsova vazba)

**Deformace pevného tělesa** – změna rozměrů, objemu a tvar tělesa způsobená účinkem vnějších sil. Může být

→ **pružná (elastická)** - těleso nabude původního tvaru jakmile přestanou působit vnější síly

→ **trvalá (plastická)** - deformace trvá i po odstranění vnějších sil.

Z hlediska geometrie působících sil rozeznáváme pět jednoduchých deformací:

- tahem
- tlakem
- ohybem
- smykem
- kroucením (torzí)

### Normálové napětí

$\sigma_n$  – veličina charakterizující stav napjatosti v libovolném příčném řezu deformovaného tělesa:

$$\sigma_n = \frac{F_p}{S}$$

kde  $F_p$  je velikost síly pružnosti působící kolmo na plochu řezu o obsahu  $S$ . Jednotkou normálového napětí je pascal.

**Hookův zákon** (pružná deformace tahem, příp. tlakem): Normálové napětí je přímo úměrné relativnímu prodloužení tělesa:

$$\sigma_n = E \cdot \varepsilon$$

kde  $\varepsilon$  je relativní prodloužení (jde o relativní veličinu => nemá jednotku),  
E je (Youngův) modul pružnosti (najde se v MVCHT a jednotkou je pascal).

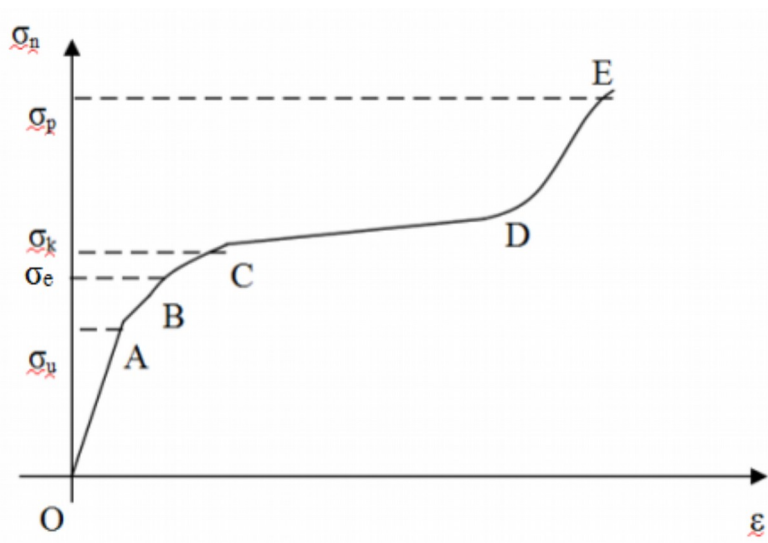
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

kde  $\Delta l$  je absolutní prodloužení,  $l_0$  je původní délka tělesa (obě délky ve stejných jednotkách – např. metrech apod.)

Z výše uvedených vztahů se dá odvodit:

$$\frac{F}{S} = E \cdot \frac{l}{l_0}$$

Křivka deformace:



- $O \rightarrow B$  ... pružná deformace  
 $O \rightarrow A$  ... oblast platnosti Hookova zákona  
 $\sigma_u$  – mez úměrnosti  
 $A \rightarrow B$  ... dopružování  
 $\sigma_e$  – mez elastičnosti (pružnosti)
- $B \rightarrow E$  ... trvalá (tvárná, plastická) deformace  
 $C \rightarrow D$  ... tečení materiálu (využití – tváření kovů za studena)  
 $\sigma_k$  – mez kluzu (průtažnosti)
- $D \rightarrow E$  ... zpevnění materiálu končící dosažením meze pevnosti (pak destrukce)  
 $\sigma_p$  – mez pevnosti

Při výpočtu příkladů se lze setkat také s pojmem „bezpečnostní koeficient“. Jde o číslo, které udává podíl meze pevnosti k přípustnému zatížení:

$$\gamma = \frac{F_B}{P_c}$$

- $\gamma$  ... koeficient bezpečnosti  
 $F_B$  ... zatížení odpovídající mezi pevnosti  
 $P_a$  ... celkové zatížení

Příklady:

- Některé prvky pro těžební stroje:
  - Při navrhování vodících ploch lan musí být použit minimálně koeficient bezpečnosti 4,0.
  - Hlavní konstrukční části klece musí být navrženy a vyrobeny s koeficientem bezpečnosti 8,0 podle meze pevnosti.
  - Bezpečnostní koeficient (uváděný v odstavci 1 výše) nosných dílů mezi klecí a zdvižným lanem nebo kompenzačním lanem musí být alespoň 10,0.
- Polyesterové zvedací pásy se šitými oky - bezpečnostní koeficient 1:7

*Pozn.*

*Různé látky mají různé deformační křivky – z jejich tvaru lze soudit na některé vlastnosti látky jako např. pružnost, křehkost, pevnost.*

## Teplotní roztažnost pevných látek:

1. **Délková roztažnost** (sledujeme změnu jednoho rozměru tělesa v závislosti na teplotě):

$$t_0: \quad \text{[prázdné místo]} \quad l_0$$

$$t: \quad \text{[prázdné místo]} \quad l_t$$

Absolutní prodloužení

$$\Delta l = l_t - l_0$$

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = t - t_0$$

Platí:

$$l_t = l_0 + \Delta l = l_0 + \alpha \cdot \Delta t \cdot l_0$$

Tedy

$$l_t = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t),$$

kde  $\alpha$  je teplotní součinitel délkové roztažnosti.

2. **Objemová roztažnost**

$$t_0 \sim V_0$$

$$t \sim V_t$$

Platí:

$$V_t = V_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta t),$$

kde  $\beta$  je teplotní součinitel objemové roztažnosti. Pro izotropní látky platí  $\beta = 3 \cdot \alpha$ .

Pozn. S objemem se mění i hustota tělesa podle přibližného vztahu

$$\rho_t = \rho_0 \cdot (1 - \beta \cdot \Delta t)$$

*Užití roztažnosti v praxi: mosty, koleje, elektrické vedení, písty tepelných motorů, dilatační spáry na silnicích, pružná kolena kovových dálkových potrubí, bimetalické pásky (teploměry, spínače, ...), železobetonové konstrukce, užití v lékařství (zubní plomby, ...)*