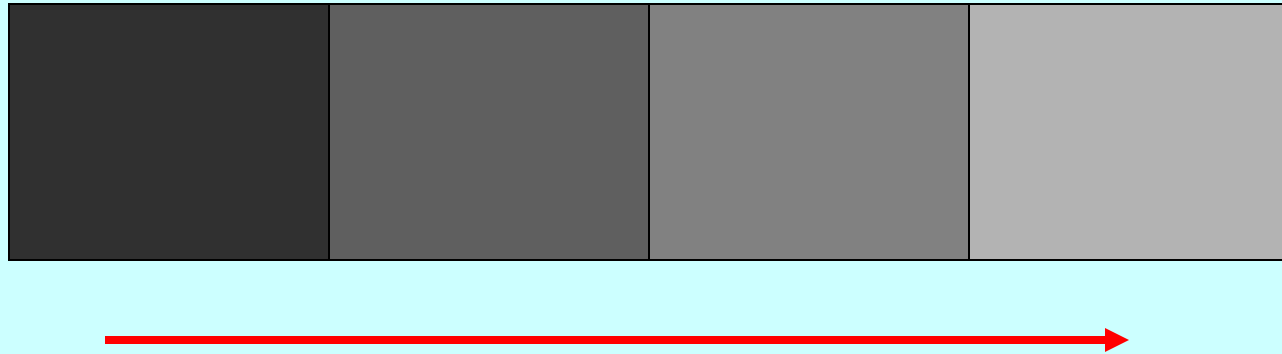


MATERIJALI I

Prof. dr. sc. Loreta Pomenić

Difuzija

Difuzija – proces kojim se odvija transport tvari kroz tvari kretanjem atoma ili drugih čestica iz područja veće koncentracije ka području s manjom koncentracijom.



Slika 1. Kretanje tvari iz područja veće koncentracije ka području manje koncentracije

Zašto proučavati difuziju ?

- Materijalima često možemo poboljšati svojstva toplinskom obradom
- Difuzija atoma nastaje tijekom toplinske obrade
- Ovisno o situaciji poželjna je veća ili manja brzina difuzije
- Difuzija se pojavljuje kod postupka sintranja
- Pojavljuje se kod postupaka poboljšanja površinskih svojstava materijala
- Difuzijom se mogu kretati (migrirati) vlastiti atomi unutar kristala
- Difuzijom se mogu kretati strani atomi unutar kristala (legure)
- Za proces difuzije potrebna je određena količina energije – dovoljna energija aktivacije
- Proces difuzije je omogućen pomoću dva mehanizma – pomoću točkastih nesavršenostima u kristalima

Proces proizvodnje (toplinska obrada) koji koristi difuziju

➤ Atom ugljika difundira između atoma željeza na površini zupčanika

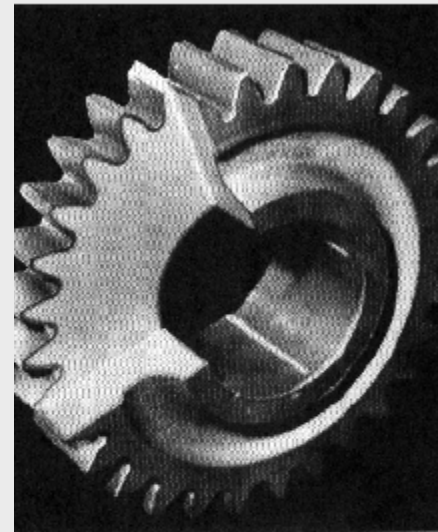
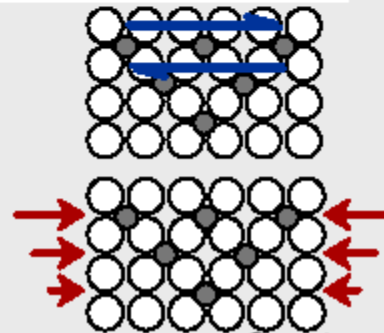


Fig. 5.0,
Callister 6e.
(Fig. 5.0 is
courtesy of
Surface
Division,
Midland-
Ross.)

➤ Rezultat je da su atomi ugljika učvrstili plohe i ne dozvoljavaju smični pomak

➤ Atomi ugljika drže površinu pod tlakom – otežavaju nastajanje loma na površini



Slika 2. Primjer procesa (toplinske obrade) koji koristi difuziju – poboljšanje mehaničkih svojstava zupčanika

Difuzija – kako se atomi kreću kroz krutine ?

Na koji će se način atomi kretati kroz kristalnu krutinu (npr. kroz metale i legure) opisuju:

➤ **Mehanizmi difuzije**

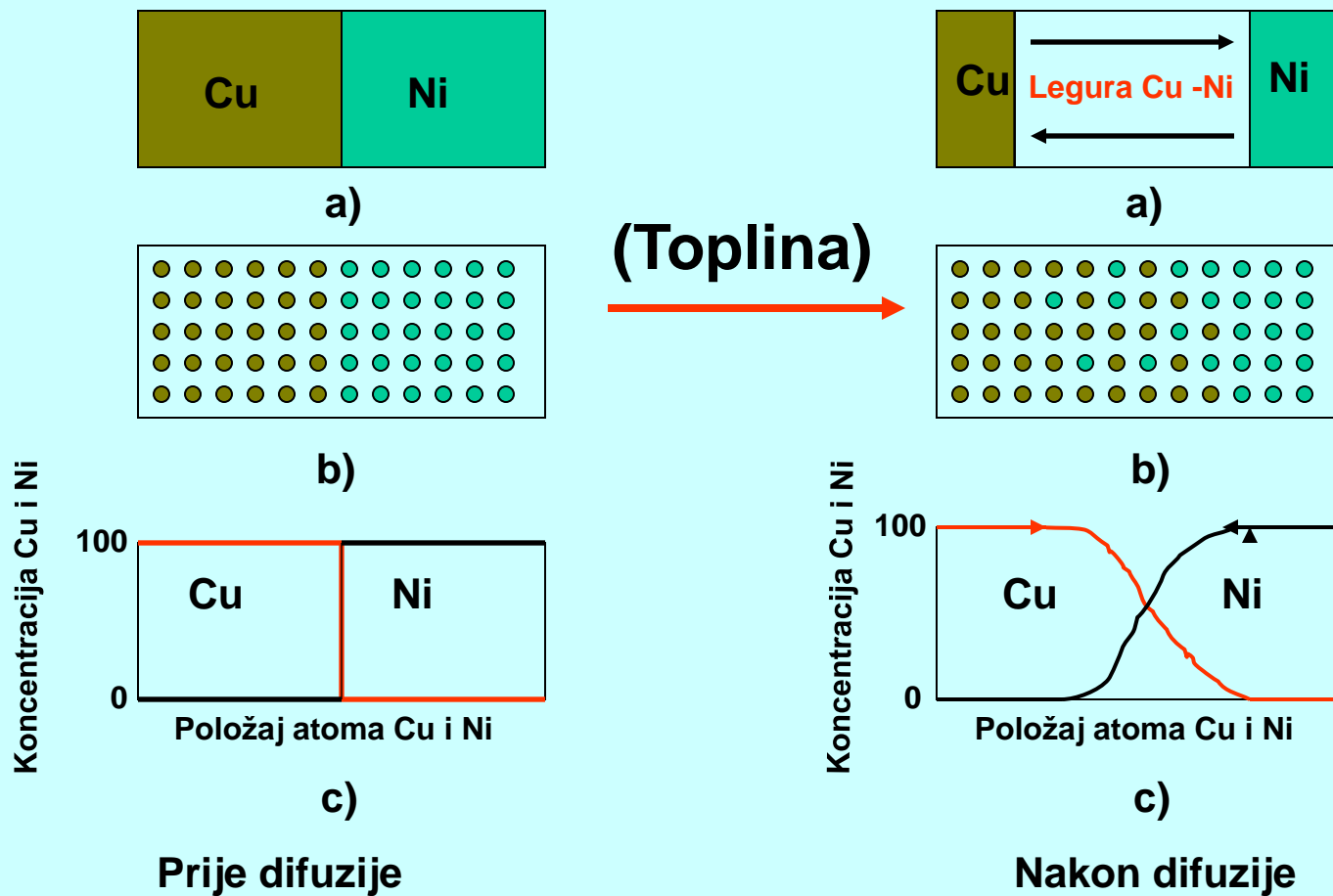
- mehanizam vakancija
- mehanizam intersticija
 - nečistoće

➤ **Zakoni difuzije**

- Prvi Fickov zakon (stacionarna difuzija)
- Drugi Fickov zakon (nestacionarna difuzija)

➤ **Čimbenicima koji utječu na difuziju**

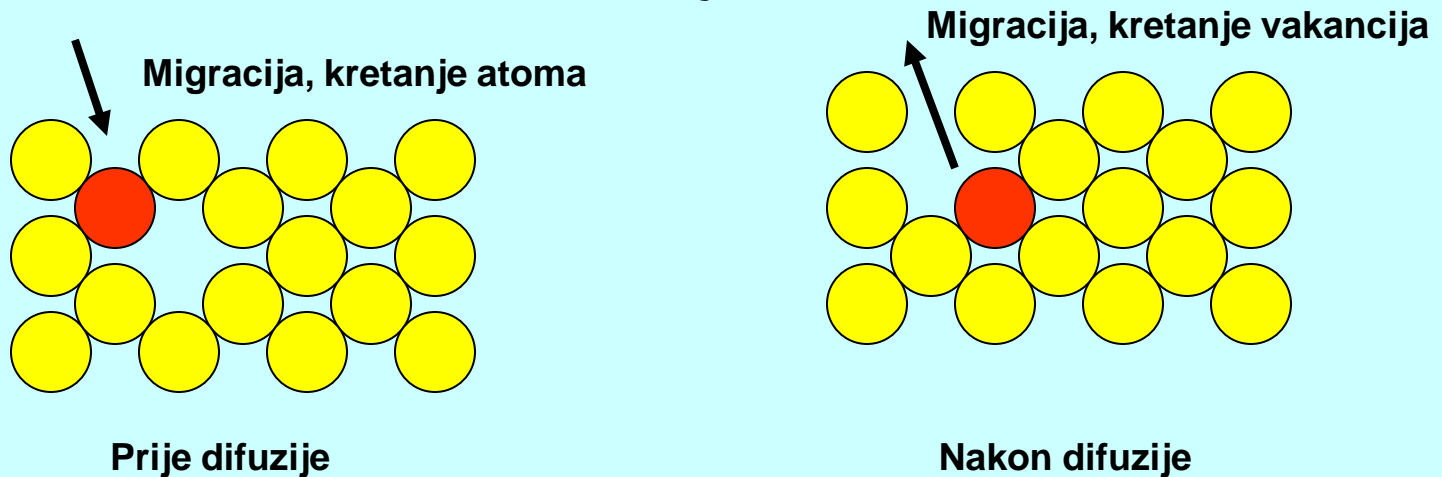
- difundirajuće tvari
- osnovna krutina
 - temperatura
- mikrostruktura



Slika 3. Proces **interdifuzije** (međudifuzije) difuzije između dviju tvari ili nečistoća: difuzija atoma Cu u Ni i atoma Ni u Cu

➤ **Samodifuzija** je difuzija u jednokomponentnom materijalu gdje atomi tog istog materijala mijenjaju mjesta

Mehanizam difuzije vakancijama



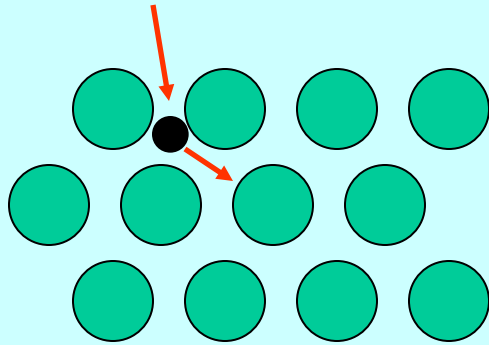
Slika 4. Mehanizam difuzije vakancijama

Za kretanje, preskakanje, atoma iz jednog mjesta kristalne rešetke na drugo potrebna je energija koja će pokidati veze sa susjednim atomima i uzrokovati potrebno iskrivljenje rešetke tijekom skoka atoma. Ta energija dolazi iz toplinske energije atomskih vibracija

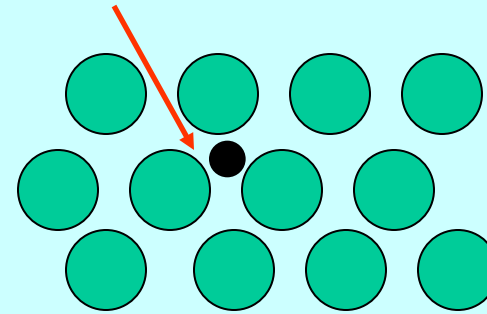
- **Kretanje atoma ima suprotan smjer od smjera kretanja vakancije.**

Intersticijski mehanizam difuzije

Intersticijski atom prije difuzije



Intersticijski atom nakon difuzije



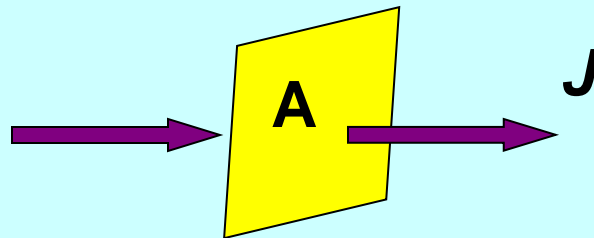
Slika 5. Intersticijski mehanizam difuzije

➤ Intersticijska je difuzija mnogo brža od one vakancijama jer je veza intersticijskih i okolnih atoma slabija, a također ima mnogo više intersticijskih mjesta nego vakancija u koje bi atomi mogli uskočiti.

➤ Za intersticijsku difuziju mogu doći u obzir samo kemijski elementi čiji atomi imaju mali promjer (npr. C, H, O).

Protok (flux) difuzije, J – je protok atoma koji difundiraju i koristi se za interpretaciju brzine difuzije. Protok se definira kao broj atoma koji difundiraju kroz jedinicu površine u jedinici vremena (npr. atomi \cdot m⁻²s⁻¹). Može ga se definirati i kao masu atoma koji difundiraju kroz jedinicu površine u jedinici vremena (npr. kg \cdot m⁻²s⁻¹).

$$J = \frac{\text{Broj čestica koje prolaze kroz jedinicu površine (A)}}{\text{Jedinica površine (A) \cdot vremenski interval}}$$



Slika 6. Prikaz protoka (flux) difuzije, J

Difuzijski procesi mogu se podijeliti na dva tipa:

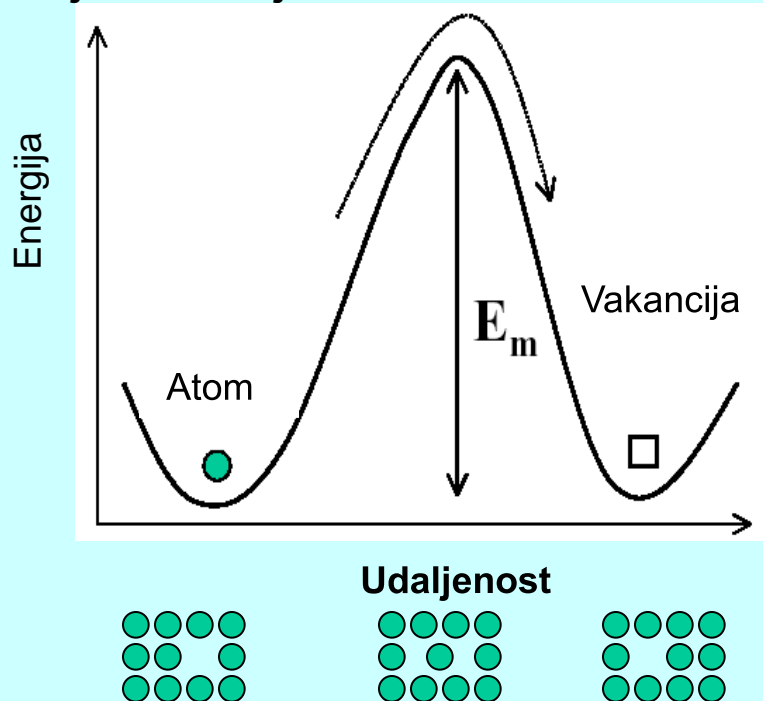
a) stacionarni i b) nestacionarni.

- **Stacionarna difuzija – odvija se pri konstantnoj brzini, što znači da kad jednom započne proces difuzije broj atoma preko dane površine (flux) je konstantan s vremenom.**
- **Nestacionarna difuzija je proces ovisan o vremenu gdje je brzina difuzije funkcija vremena**

Oba su tipa difuzije kvantitativno objašnjena Fickovim zakonima difuzije. Prvi Fickov zakon odnosi se na stacionarnu i nestacionarnu difuziju, dok se drugi Fickov zakon odnosi samo na nestacionarnu difuziju.

Difuzija je toplinski aktiviran proces

➤ Da bi atom mogao uskočiti u vakanciju potrebno je da ima dovoljno energije (toplinska energija) kako bi pokidao veze i ugurao se između susjednih atoma. Energija potrebna za kretanje atoma, E_m je aktivacijska energija za kretanje vakancija.



Slika 7. Shematski prikaz difuzije atoma iz njegovog originalnog mjesta u vakanciju.

Atomu je potrebna aktivacijska energija E_m i tada može pokidati međuatomske veze te se pomaknuti u novi položaj.

Čimbenici koji utječu na difuziju

- **Temperatura** – povišenjem temperature brzina difuzije raste
- **Mehanizam difuzije** – intersticijski je obično brži od vakancijskog
- **Difundirajuće i osnovne tvari** (u kojima se događa difuzija) – razlikuju se za svaku otopinu, za par (otapalo-otopljena tvar)
- **Mikrostruktura** – difuzija je brža u polikristalnim nego u monokristalnim materijalima (zbog nesavršenosti kristala) zbog ubrzane difuzije uzduž granica zrna i dislokacija
- **Kristalna rešetka**- difuzija ovisi o tipu kristalne rešetke