

# VI. PERFORMANSE MATERIJALA I PROCESIRANJE: INŽENJERSTVO I ZNANOST

- Motivacija iz inženjerstva
- Veza performansa – struktura – procesiranje ulazi u domenu znanosti o materijalima (fizika).

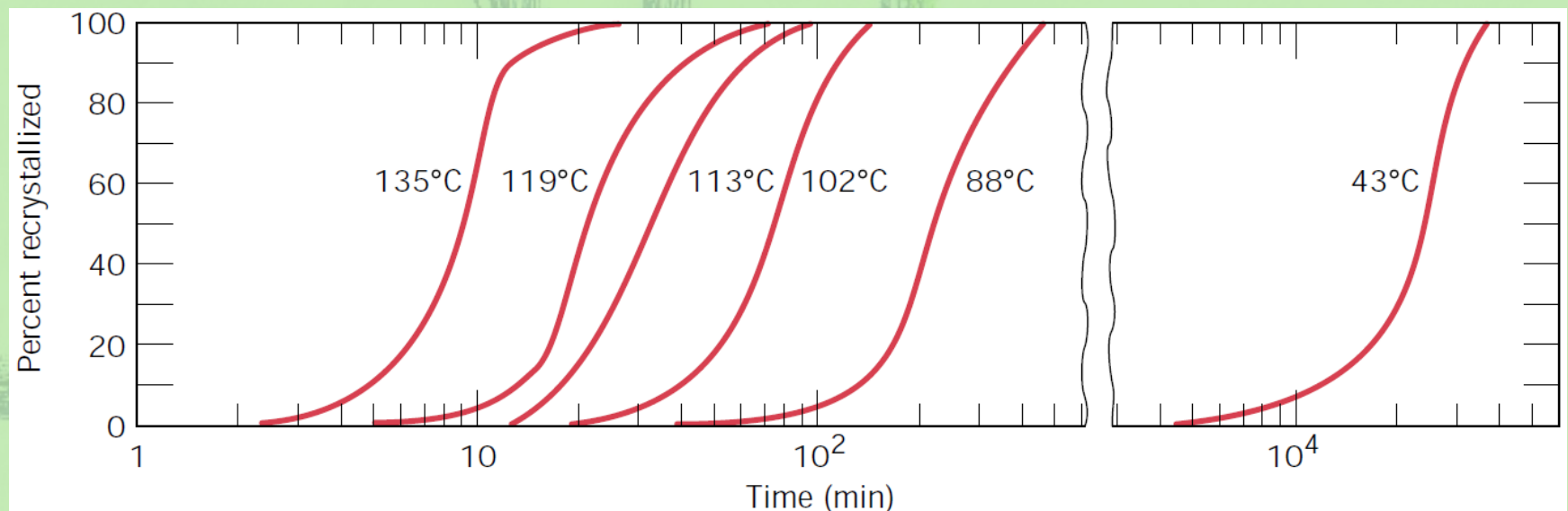
FIZIKALNI PROCES	=>	STRUKTURA	=>	PERFORMANSA
- nukleacija		- amorfnost		- tvrdoća (hardness)
- precipitacija		- (poli)kristaliničnost		- čvrstoća (toughness)
- segregacija		- veličina, oblik,		- elastičnost/plastičnost
- difuzija		usmjerenost zrna		(deformacija)
- redukcija površinske energije		- dislokacije, defekti		- kovnost, istezljivost
		- fazni odnosi		(ductility)
				- puknuće

# A. Fizikalni procesi i struktura

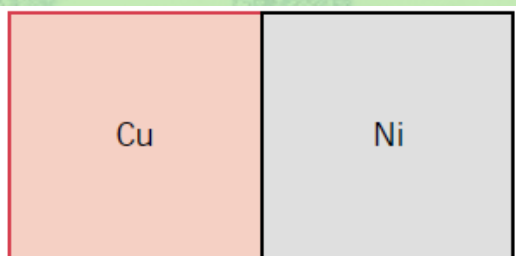
- Amorfno stanje
  - neravnotežan proces dovodi do bitno drugačijeg materijala
  - staklo je smrznuta tekućina (nasumičan raspored atoma, uređenje samo do nekoliko međuatomskih udaljenosti)
- Uvjeti nastanka stakla
  - (i) vrlo brzo hlađenje
  - (ii) dovoljna viskoznost tekućine

- Rekrystalizacija: prelazak u ravnotežno kristalno stanje zbog toplinski aktivirane difuzije u čvrstom stanju.

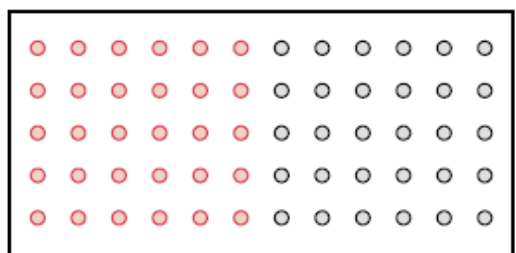
- u  $\text{SiO}_2$  spora
- u metalnim staklima značajna (Cu)



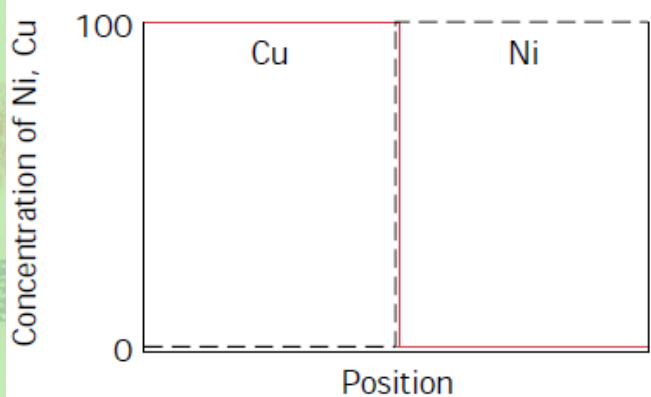
# Difuzija atoma u čvrstom stanju



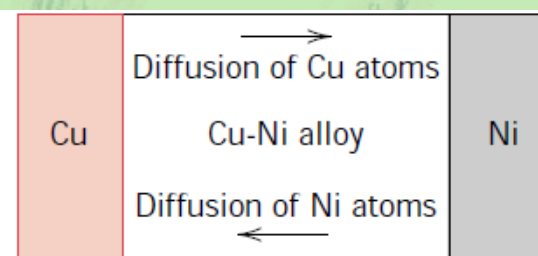
(a)



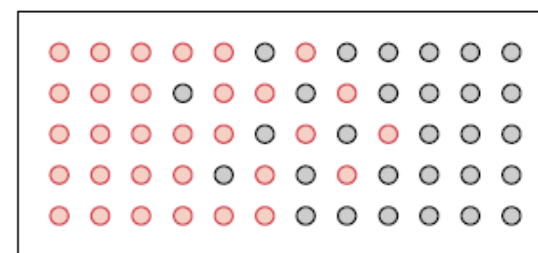
(b)



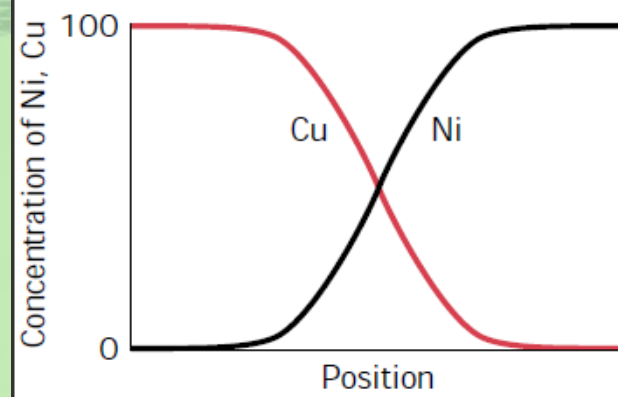
(c)



(a)



(b)

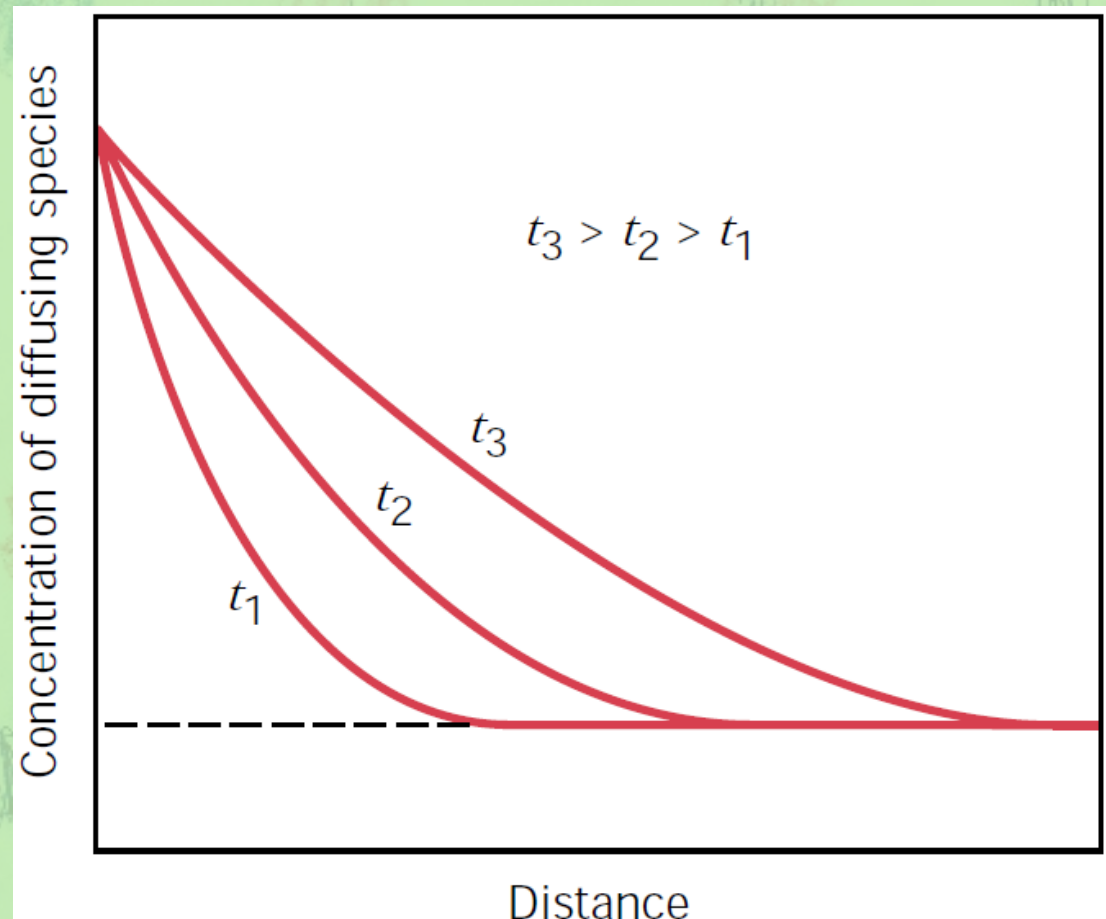


(c)

# Difuzija atoma u čvrstom stanju

- U krutinama atomi smješteni na dnu svojih potencijalnih jama.
  - procesi: termalna (toplinska) aktivacija i difuzija
  - odredišta: vakancija i dovoljno velika intersticija
  - relaksiranje: gradijent raspodjele nečistoće (ne mora biti samo strukturna, već i npr. kemijska) i krivulja potencijalnih jama
- Difuzija je osnažena temperaturom i ima vremensku strukturu.

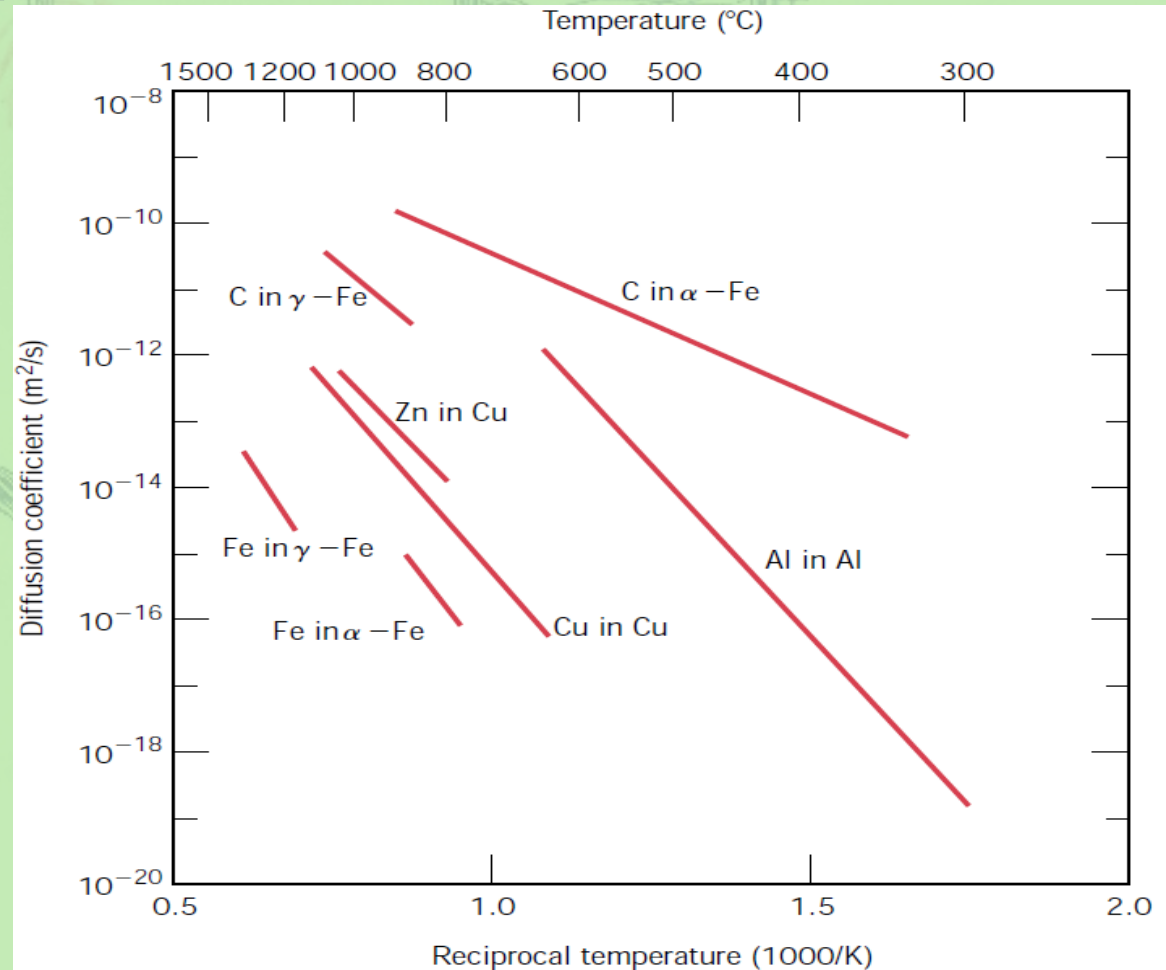
- Fickovi zakoni difuzije
- Rješenje:

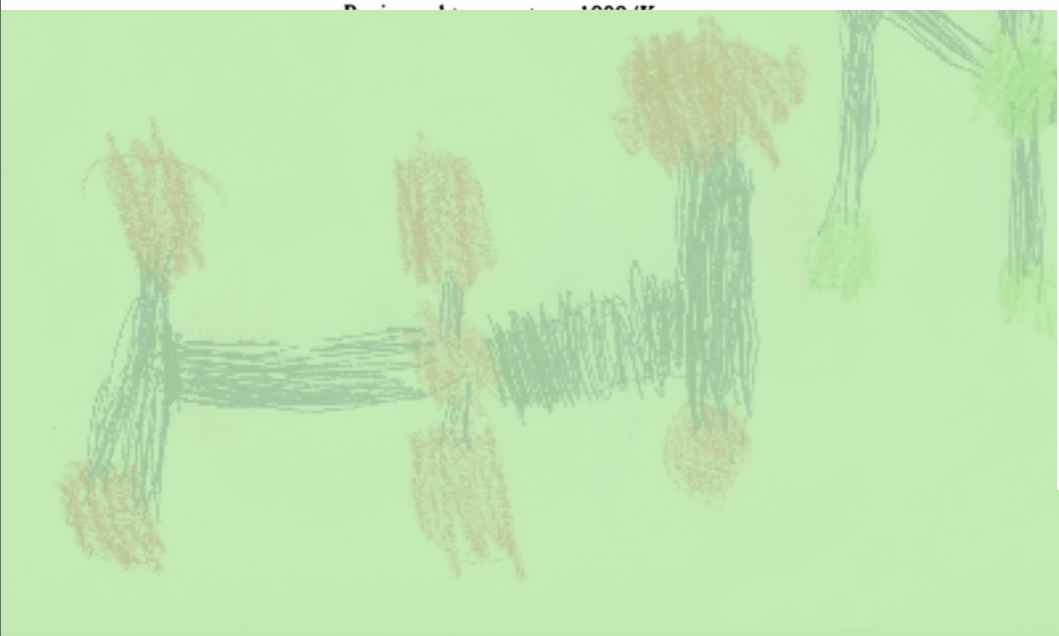
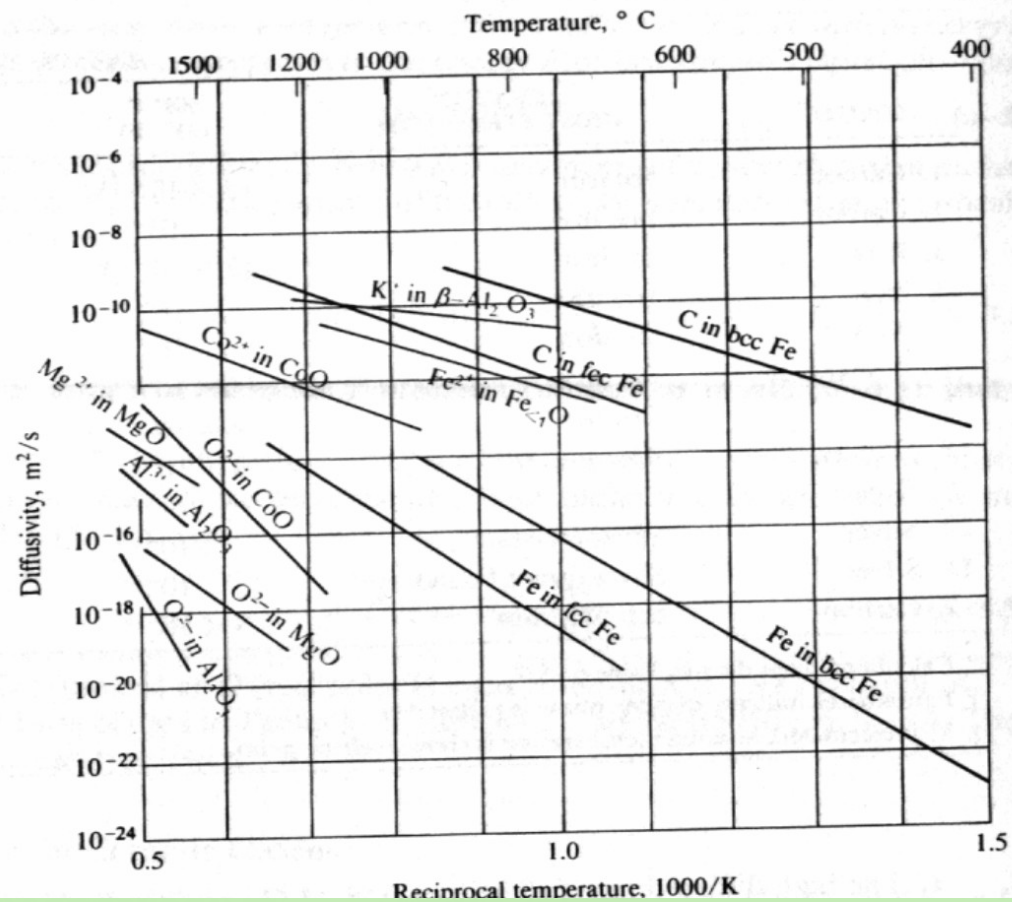
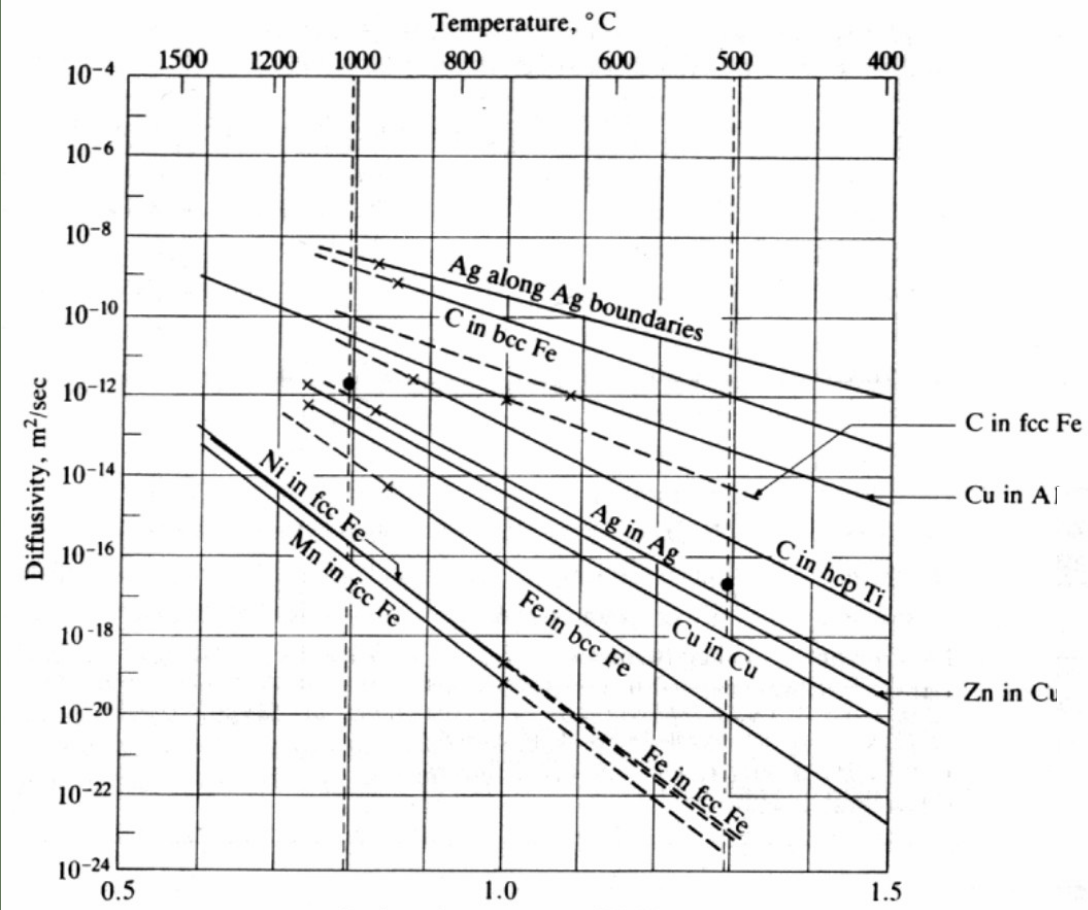


# $D(T)$

- Toplinski aktiviran proces

- Empirijski
- Polumjer
- Veza
- Pakiranje
- Polikristaliničnost
- Keramike
- Baterije







# Nukleacija solidifikacije materijala

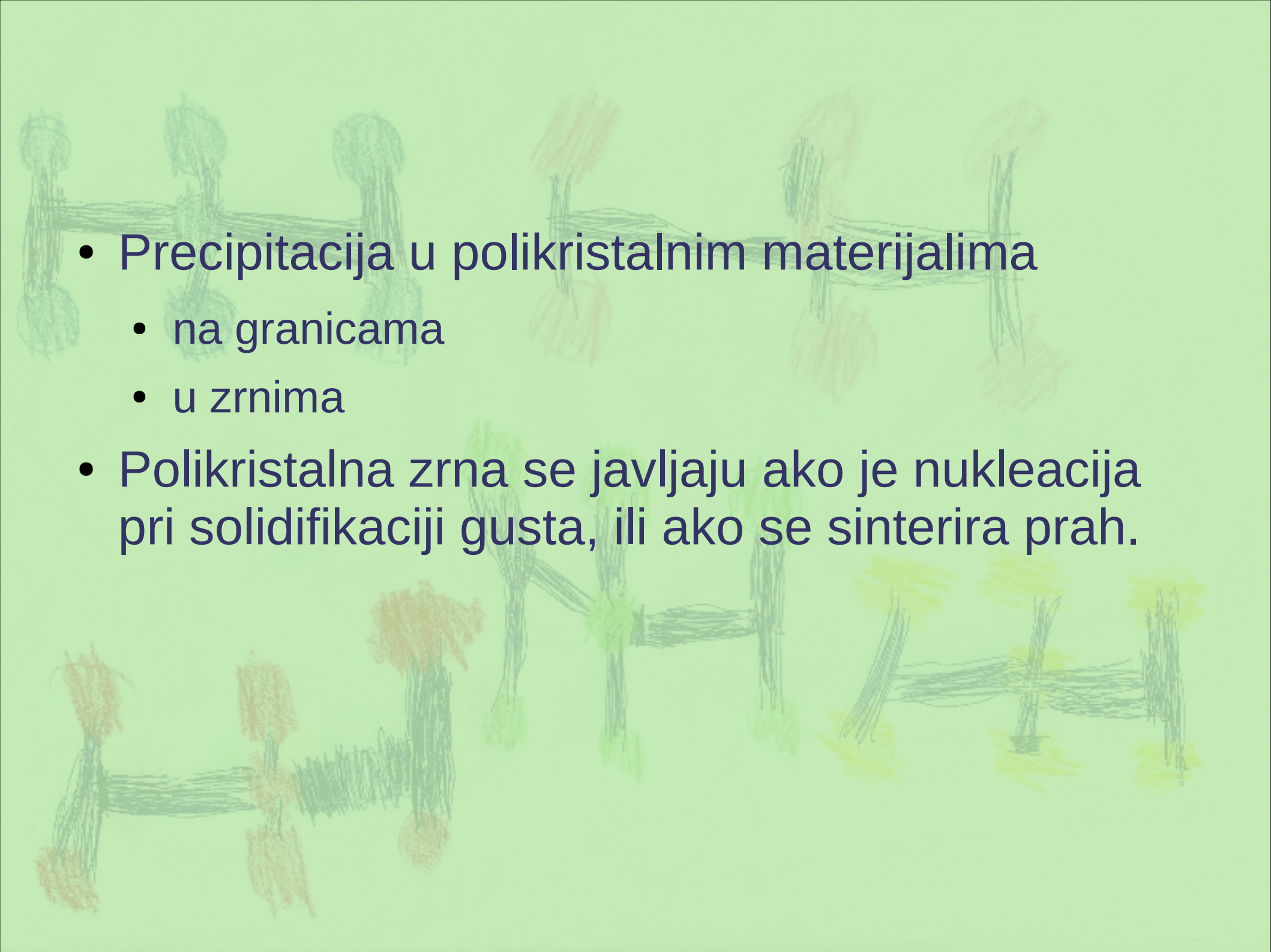
- Za početak solidifikacije potrebna je pomoć: nukleacija.
- Mali komadić krute faze ili neka nečistoća oko koje se atomi iz tekućine sakupljaju i stvaraju kruto stanje.
- U pothlađenoj tekućini nukleacija kad tad mora početi – to je homogena nukleacija.
  - energijsko razmatranje
- Češća je ipak heterogena nukleacija (i brža). Zbiva se oko defekata (?!).

# Segregacija tijekom solidifikacije

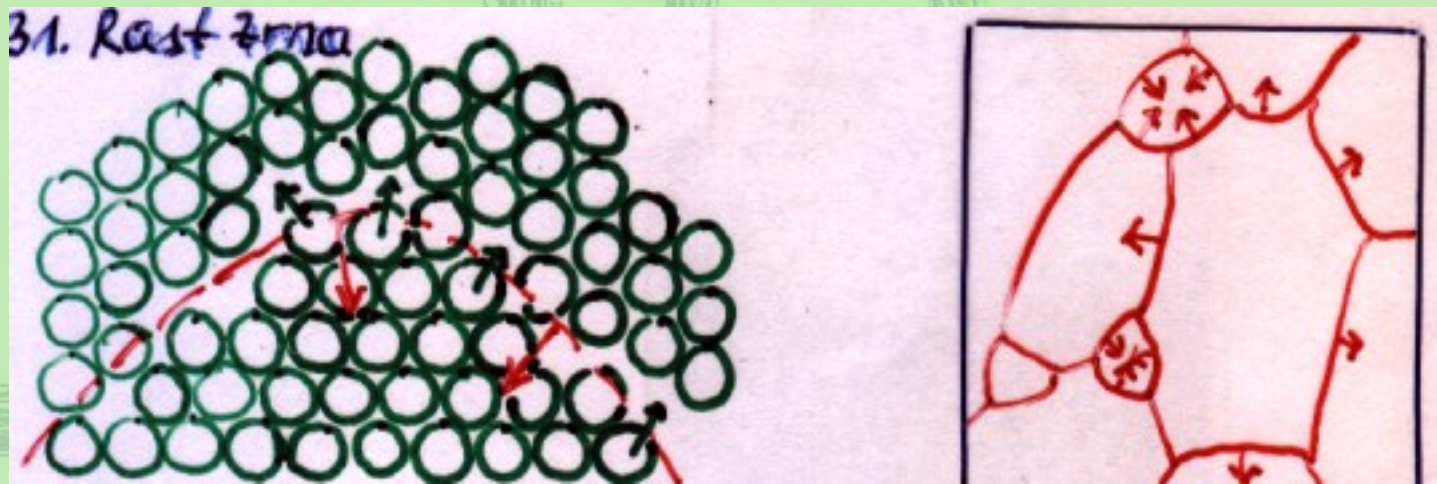
- Razdvajanje tekućine i čvrste faze (primjer slitine  $A_xB_{1-x}$ )
- Posljedice:
  - Na različitim T različit je x, pa uz prebrzo hlađenje i slabu difuziju u čvrstom stanju, javlja se nehomogenost materijala
  - Usrednjeni sastav ne slijedi ravnotežnu solidus-liniju.
  - Liquid ostaje prisutan i ispod ravnotežne solidus-linije.

# Precipitacija u višefaznim sustavima

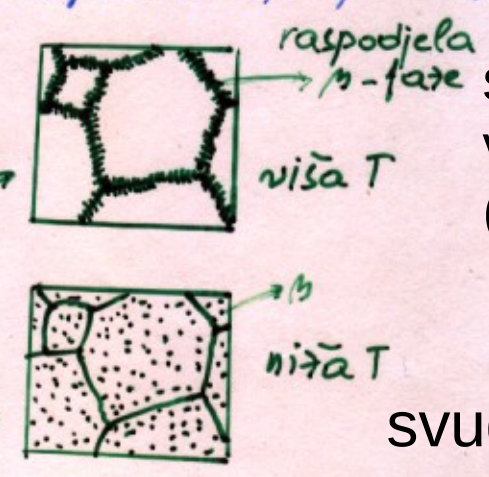
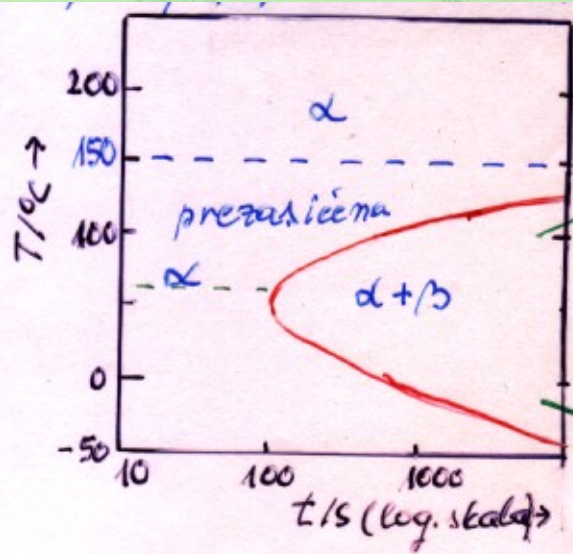
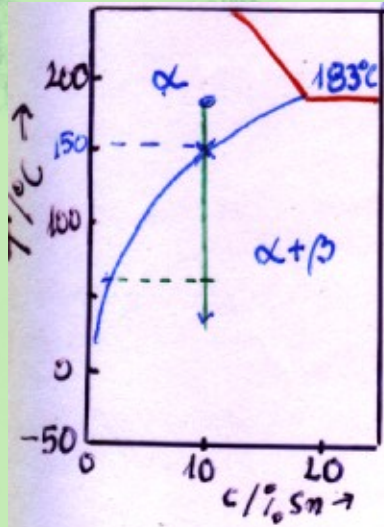
- Precipitacija je izlučivanje manjinske faze iz supersaturirane (neravnotežne) pothlađene većinske faze u čvrstom stanju.
- Brzina separacije rastuća je funkcija umnoška brzine nukleacije faze i brzine rasta faze.
  - postoji temperatura na kojoj je precipitacija najefikasnija, tj. pri njoj je vrijeme precipitacije najkraće

- 
- Precipitacija u polikristalnim materijalima
    - na granicama
    - u zrnima
  - Polikristalna zrna se javljaju ako je nukleacija pri solidifikaciji gusta, ili ako se sinterira prah.

- Zrna rastu da bi se smanjila energija
- manja zakrivljenost površine +  
+ manji omjer površina/volumen =  
= "bliže idealnom kristalnom stanju"



- Pb-Sn čvrsta otopina



samo gdje je  
veći nered  
(nukleacija)

svugdje

## B. Neki primjeri utjecaja procesuiranja materijala na makroskopska svojstva

- tvrdoća (hardness): otpor prema prodiranju stranog predmeta stvaranjem plastične deformacije [više jedinica, ovisno o metodi]
- čvrstoća (toughness): energija apsorbirana prije puknuća (fracture) [ $\text{J/m}^3$ ]
- elastičnost: odgovor elastične deformacije (strain) na naprezanje (stress) [Pa] (Youngov modul)
- jakost (strength): kritično naprezanje za plastičnu deformaciju [Pa]
- rastezljivost/kovnost (ductility): plastična deformacija prije puknuća [%]

# Čelik

