

MATERIJALI I

Prof. dr. sc. Loreta Pomenić

SKRUĆIVANJE METALA

SKRUĆIVANJE METALA I LEGURA

- **Skrućivanje - proces pretvorbe metala i legura iz tekućeg u kruto stanje**
- **Skrućivanje - proces nastanka i rasta kristala (kristalizacija)**
- **Prekristalizacija – pretvorba skrućenog metala iz jednog kristalnog oblika u drugi (npr. alotropske modifikacije)**
- **Skrućivanje metala – važan proces za industrijsku proizvodnju (ljevarstvo – lijevanje metala i legura u određene kalupe da bi se njihovim ohlađivanjem dobio koristan oblik)**

Da bi došlo do skrućivanja metala i legura potrebno je ispuniti slijedeće uvjete:

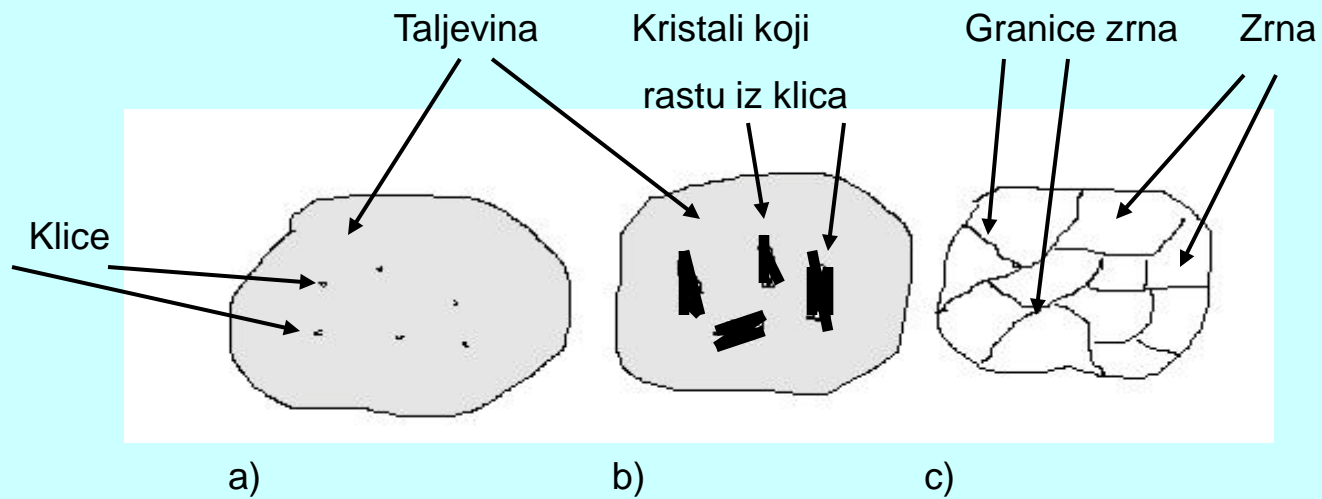
- pothlađenost taljevine
- prisutnost klica
- odvođenje topline iz sustava

Razlikujemo dva načina nastajanja klica (nukleacije):

- homogenu nukleaciju
- heterogenu nukleaciju

➤ Klica kritične veličine nastaje na onom mjestu u taljevini gdje u tom trenutku ima dovoljan broj atoma koji imaju fluktuaciju energije veću ili jednaku energijskoj barijeri

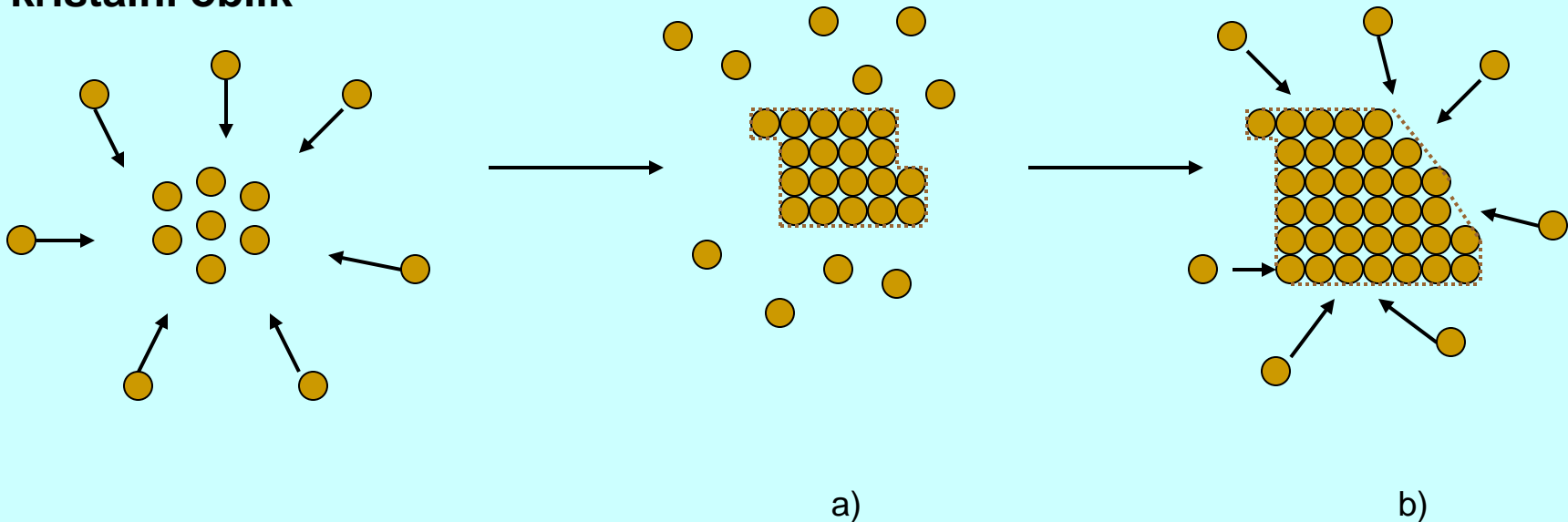
➤ Energija potrebna skupini atoma za svladavanje energijske barijere pri nastajanju klice potječe od toplinskih fluktuacija energije



Slika 1. Shematski prikaz nekoliko faza skrućivanja: a) Pothlađena taljevina s klicama, b) Rast kristala iz klica, c) Skrućivanje je završeno – kristali su u međusobnom kontaktu preko kristalnih granica

Homogena nukleacija

- nastaje kada u taljevini nema posebnih, drugih tvari koje bi uzrokovale nukleaciju, nastajanje klica kristala
- kada se čisti rastaljeni metal polagano hladi tada se na njegovoj ravnotežnoj temperaturi, blizu temperature skrućivanja, stvara veliki broj homogenih klica polaganim gibanjem atoma koji se vezuju zajedno u kristalni oblik



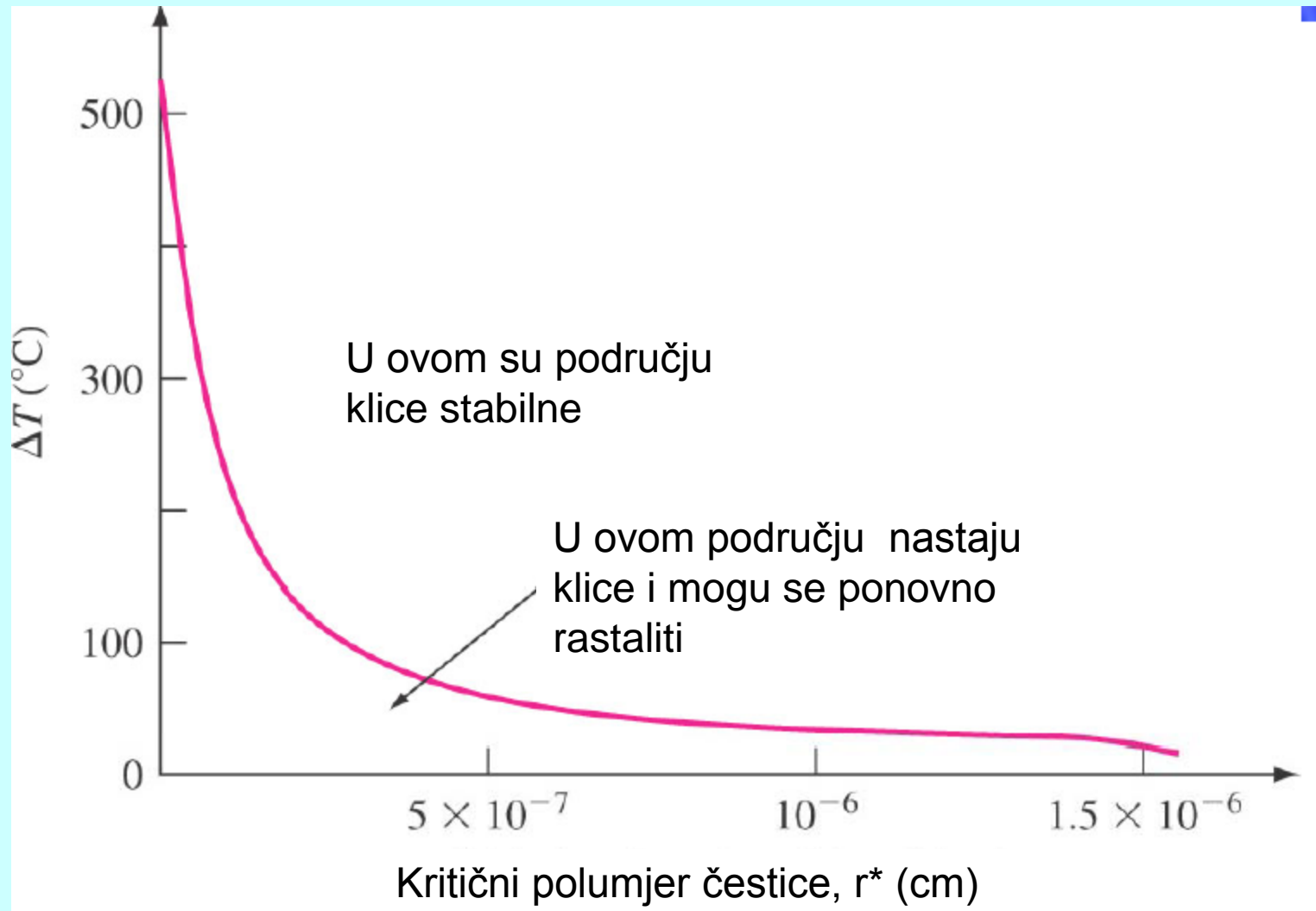
Slika 2. Shematski prikaz nastajanja klice i rasta kristala: a) nastajanje klice, b) rast kristala

Tablica 1. Temperature skrućivanja nekih metala

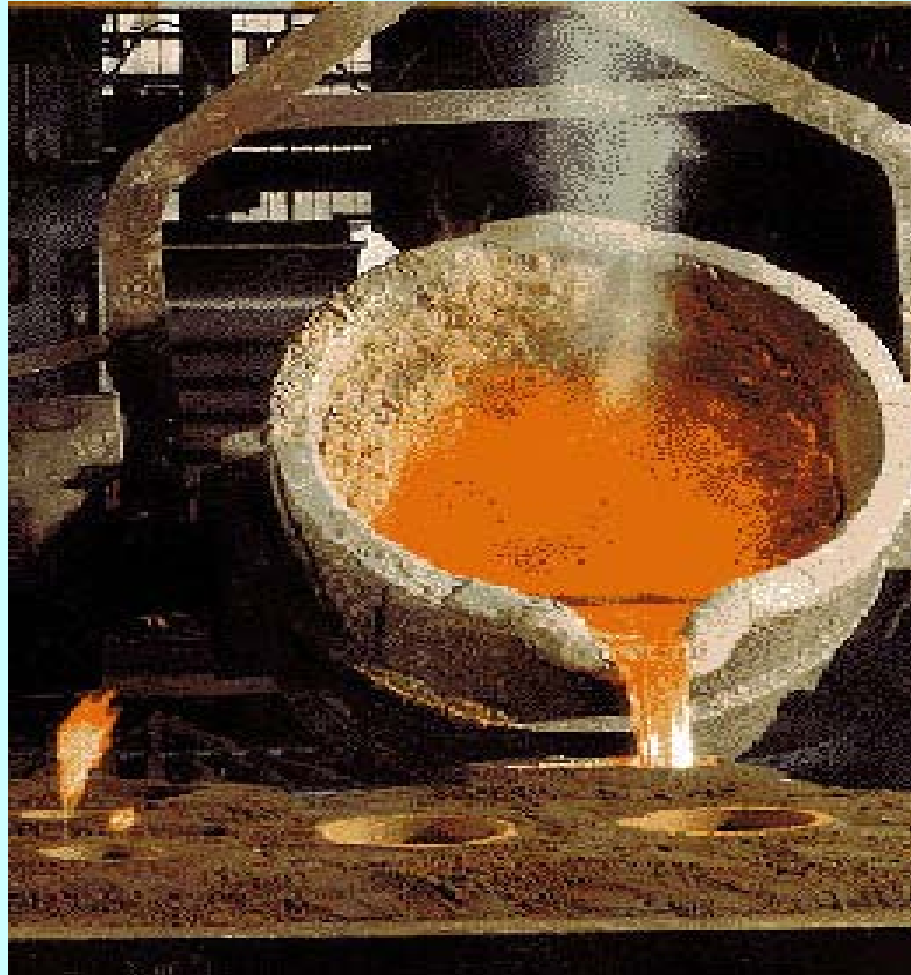
Metal	Pb	Al	Ag	Cu	Ni	Fe	Pt
Temperatura skrućivanja, °C	327	660	962	1083	1453	1535	1772

Heterogena nukleacija

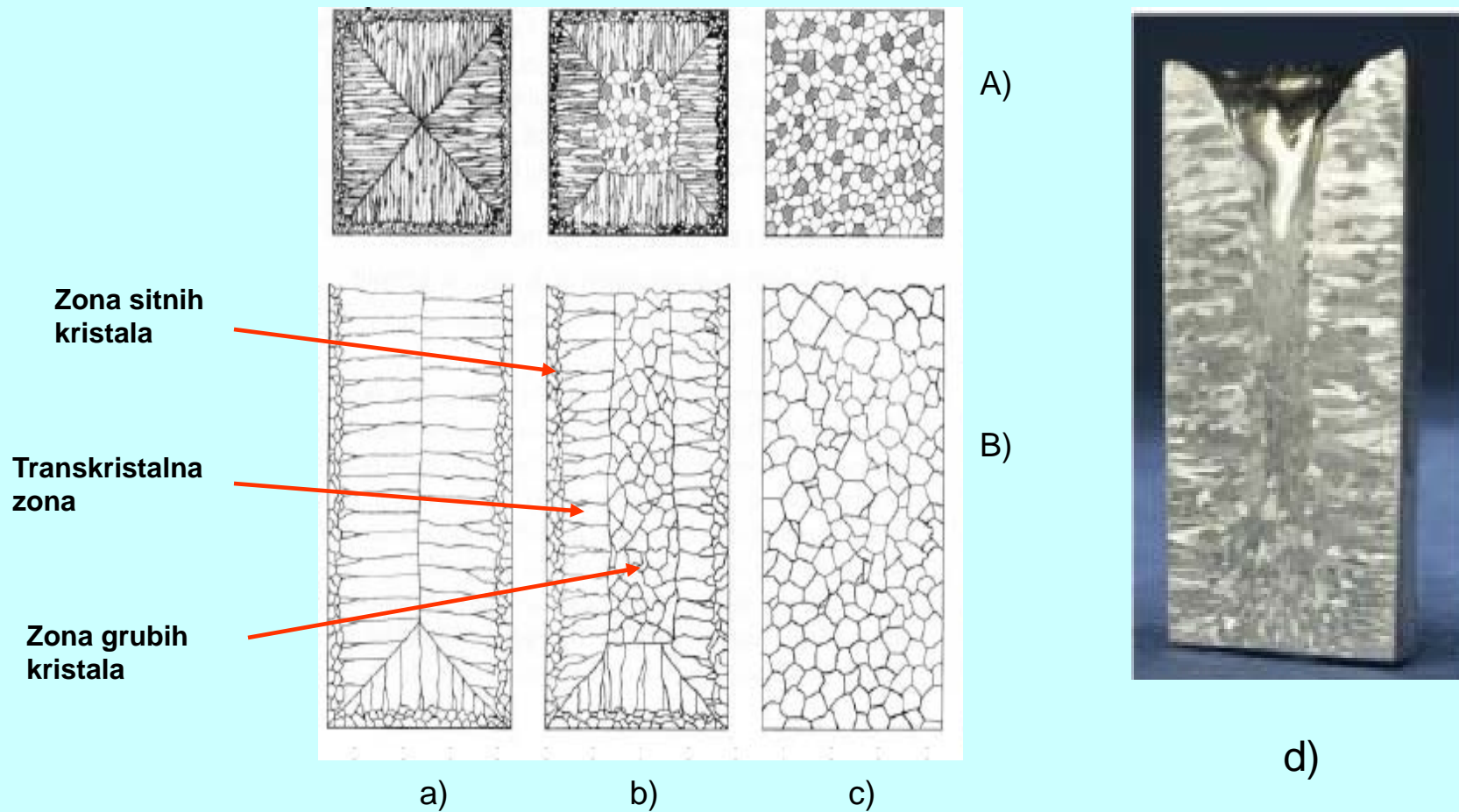
- Heterogena nukleacija se odvija kada je u taljevini prisutna strana čestica ili površina (supstrat), kao na primjer površina posude u kojoj je taljevina
- Heterogena nukleacija se odvija na nekoj već postojećoj površini koja smanjuje barijeru površinske energije, smanjuje slobodnu energiju potrebnu za nastajanje stabilne klice
- Uvjet za heterogenu nukleaciju je da površina supstrata mora biti namočena taljevinom
- Površinska energija potrebna za heterogenu nukleaciju je manja od one za homogenu nukleaciju – ukupna promjena slobodne energije za nastajanje stabilne klice je manja, a također je manji i kritični polumjer r^* klice
- Za heterogenu nukleaciju je potrebno znatno manje pothlađivanje taljevine nego kod homogene nukleacije
- U industrijskoj praksi (oblikovanje proizvoda lijevanjem taljevine u kalupe) heterogena nukleacija omogućava skrućivanje taljevine s pothlađivanjem od 0.1 do 10⁰ C, što je lako izvedivo



Slika 3. Ovisnost kritičnog polumjera r^* čestice (klice) o temperaturi pothlađenja taljevine



Slika 4. Lijevanje rastaljenog metala u kalup



Slika 5. Shematski prikaz skrućenih metalnih blokova: a) čisti metal, b) legura metala, c) skrućivanje potpomognuto agensom za nukleaciju; A) poprečni presjek, B) uzdužni presjek; d) fotografija ingota

Opis slike 7.

- metali i legure su izgrađeni od velikog broja kristalnih zrna - polikristaliničnost
- sitna kristalna zrna nastaju uz površinu kalupa zbog velikog pothlađenja taljevine i s time i velikog broja klica
- transkristalna zona – štapičasta kristalna zrna nastaju zbog velikog temperaturnog gradijenta od površine ka unutrašnjosti
- zona grubih zrna nastaje zbog sporog ohlađivanja taljevine – mali broj kristalnih klica
- skrućivanje monokristala (jednog kristala) odvija se posebnim tehnikama na jednoj klici (upotreba u elktrotehnici)



Slika 6. Neki primjerci odljevaka legura visokog tališta