

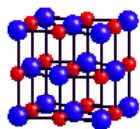
ALOTROPSKE MODIFIKACIJE

MAŠINSKI MATERIJALI

PROMENA **TIPA KRISTALNE REŠETKE** JE ENERGETSKI SLIČNA **PROMENI FAZNOG (AGREGATNOG) STANJA**. ZBOG TOGA SE **PROMENA KRISTALNE REŠETKE** POISTOVEĆUJE SA **PROMENOM FAZE** U METALOGRAFSKOJ TERMINOLOGIJI.

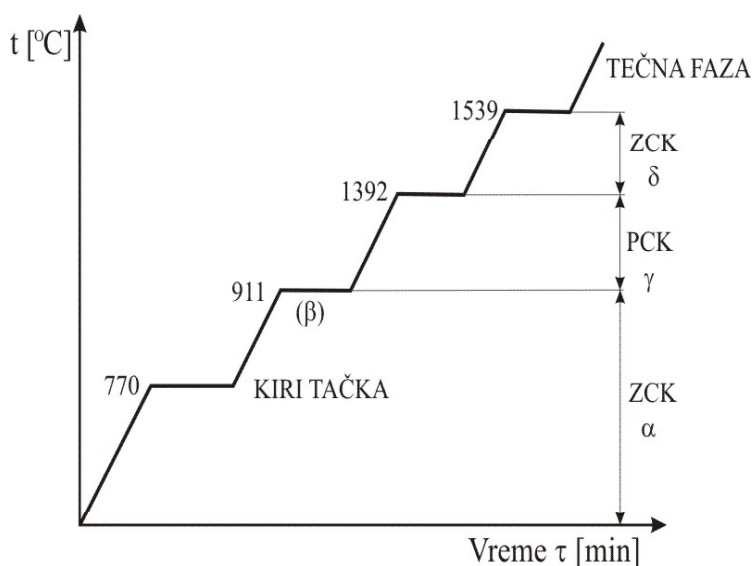
SVAKOM TIPU KRISTALNE REŠETKE ODGOVARA **MINIMUM SLOBODNE ENERGIJE** NA NEKOJ TEMPERATURI. ONAJ TIP KRISTALNE REŠETKE KOJI IMA NAJNIŽI MINIMUM SLOBODNE ENERGIJE JE STABILAN TIP - ONAJ KOJI I EGZISTIRA NA DATOJ TEMPERATURI. U SLUČAJU DA ZA NEKI METAL, NA RAZLIČITIM TEMPERATURAMA EGZISTIRAJU RAZLIČITI TIPOVI KRISTALNIH REŠETKI, GOVORI SE O POJAVI **POLIMORFIZMA**. TA RAZLIČITA STANJA METALA (RAZLIČITI TIPOVI KRISTALNE REŠETKE) NAZIVAJU SE **ALOTROPSKE MODIFIKACIJE**.

PRI PROMENI TIPA KRISTALNE REŠETKE PRI ZAGREVANJU ILI HLAĐENJU DOLAZI DO “**ZASTOJA**” **TEMPERATURE**, ODNOSNO DO STAGNIRANJA PROMENE TEMPERATURE SVE DOK SE NE OBAVI PROMENA TIPA KRISTALNE REŠETKE. I OVA POJAVA ANALOGNA JE PROMENI AGREGATNOG STANJA. OVA TEMPERATURA NAZIVA SE TEMPERATURA PROMENE FAZE ILI **RAVNOTEŽNA TEMPERATURA**.



MAŠINSKI MATERIJALI

PRIMER ŽELEZA



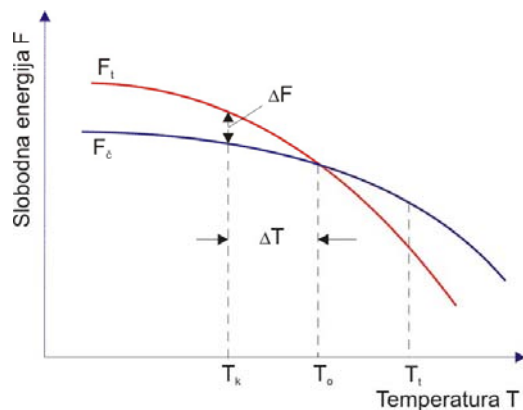
KRISTALIZACIJA

MAŠINSKI MATERIJALI

PRI PROMENI FAZNOG (AGREGATNOG) STANJA IZ TEČNOG U ČVRSTO **NASTAJE KRISTALNA REŠETKA**. OVA POJAVA NAZIVA SE **KRISTALIZACIJA**.

MINIMUM SLOBODNE ENERGIJE SISTEMA DEFINIŠE KOJE AGREGATNO STANJE EGZISTIRA NA DATOJ TEMPERATURI.

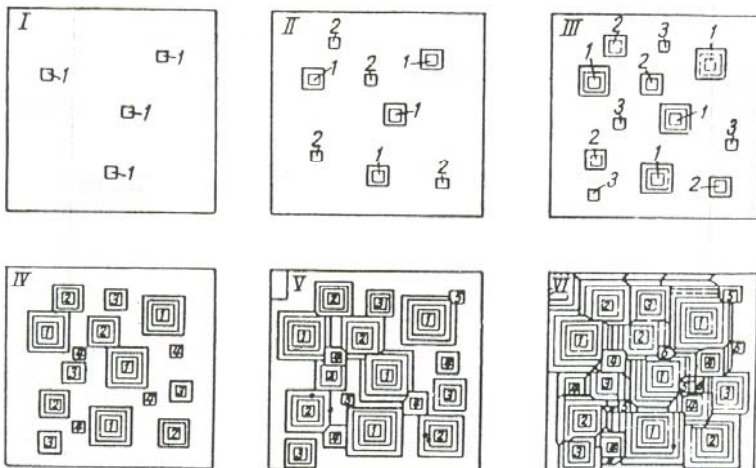
ZBOG EGZISTIRANJA IZVESNE NERAVNOTEŽE JAVLJA SE **PODHLAĐIVANJE** ILI **PREGREVANJE**.



MAŠINSKI MATERIJALI

JEZGRO KRISTALIZACIJE - OKO 100 UMIRENIH ATOMA. OKO JEZGRA RASTE KRISTAL – RAST KRISTALA.

RAST KRISTALA MOŽE SE SIMBOLIČNO PREDSTAVITI SLIKOM (RIMSKIM BROJEVIMA OZNAČENE ETAPE RASTA KRISTALA):



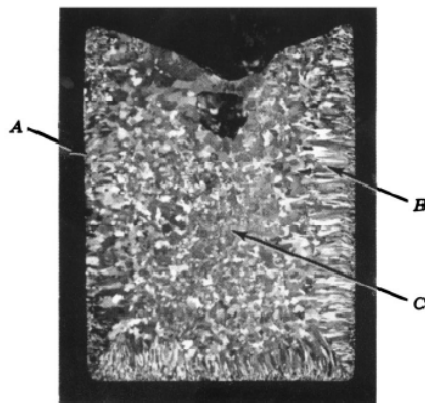
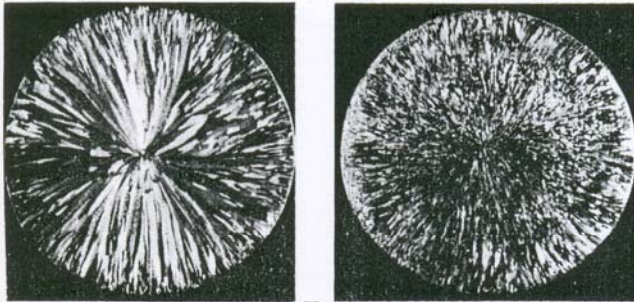
MONOKRISTAL – JEDNO ZRNO
POLIKRISTAL - VIŠE ZRNA - STRUKTURA

ZRNA SE RAZLIKUJU PO OBLIKU I VELIČINI

DVA OSNOVNA TIP:

IGLA - IZDUŽENA ZRNA – IGLIČASTA ZRNA

GLOBULA - POLIGONALNO TELO – GLOBULASTA ZRNA

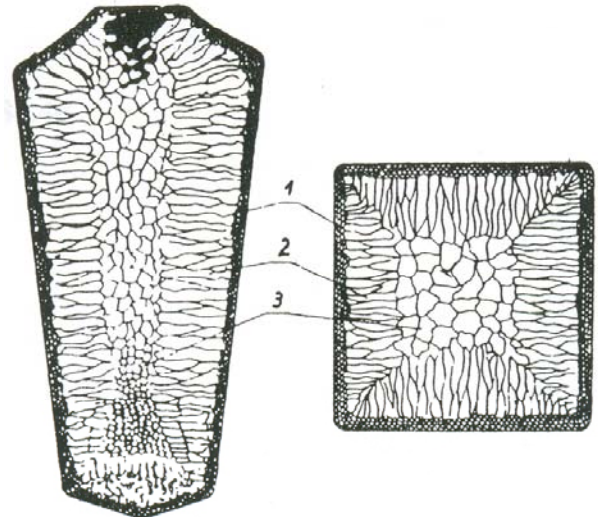


MAKROSTRUKTURA ODLIVKA (PRIMER)

1 – SITNA GLOBULASTA ZRNA (A)

2 – KRUPNA IZDUŽENA ZRNA (B)

3 – KRUPNA GLOBULASTA ZRNA (C)



FAKTORI KRISTALIZACIJE:

***BRZINA HLADJENJA** - VIŠE IZDUŽENIH I SITNIJIH ZRNA

***VELIČINA PRESEKA ODLIVKA** - VEĆI PRESEK: MANJE IZDUŽENIH ZRNA

***MATERIJAL KALUPA** - TERMIČKE OSOBINE I MASA KALUPA - BRZINA HLADJENJA

***TEMPERATURA KALUPA** - BRZINA HLADJENJA

***PREMAZ KALUPA** - USPORAVA HLADJENJE

***MEŠANJE RASTOPA** - SITNOZRNA STRUKTURA

***TEMPERATURA LIVENJA** - VIŠA TEMPERATURA - VEĆA BRZINA

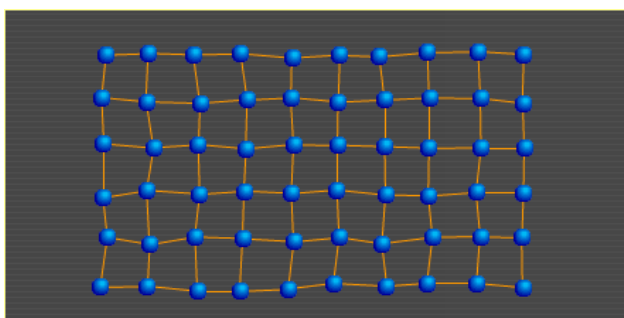
GREŠKE U ODLIVCIMA:

PRIMARNA STRUKTURA NASTAJE NAKON LIVENJA.

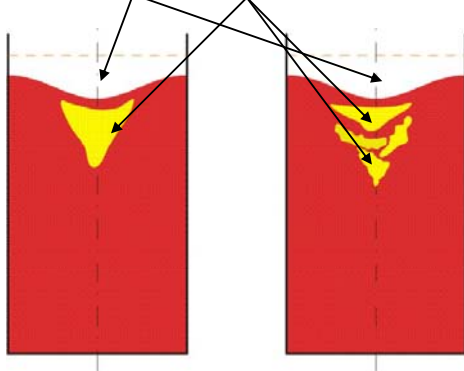
ONA SE NAKNADNO MENJA PLASTIČNIM DEFORMISANJEM I TERMIČKOM OBRADOM.

Fe-LEGURE IMAJU VEOMA LOŠU PRIMARNU STRUKTURU.

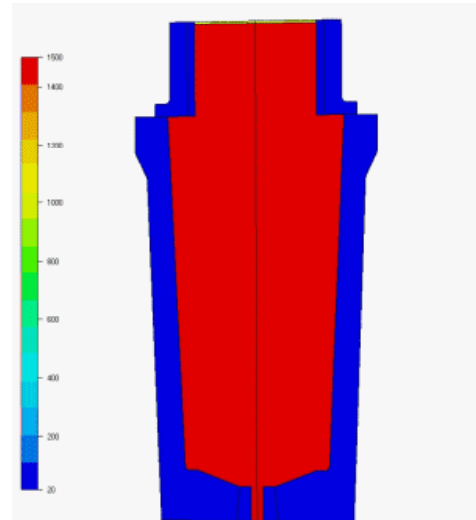
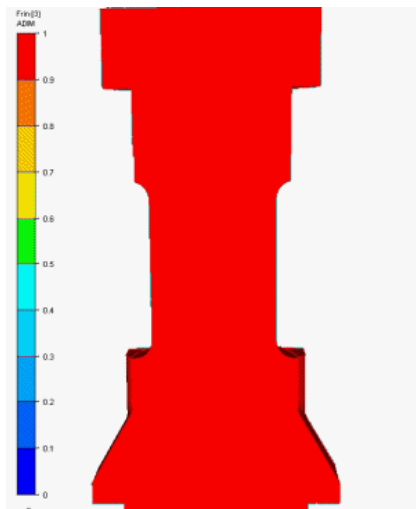
INGOTI: PROIZVODI PRIMARNE PRERADE – PRIMARNA STRUKTURA



USAHLINE, ŠUPLJINE I PORE

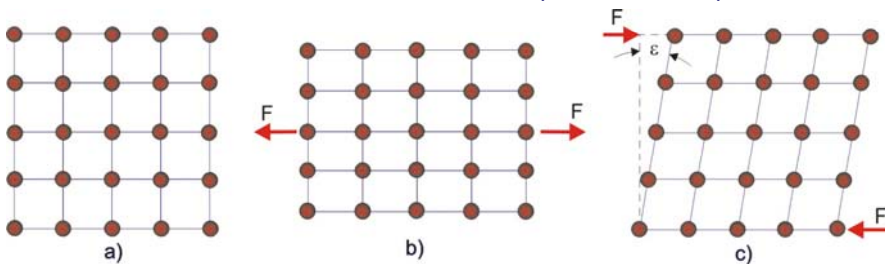


GASNE ŠUPLJINE I PORE
NEMETALNI UKLJUČCI – INKLUZIJA
UNUTRAŠNJA NAPREZANJA



DEFORMACIJE METALA

ELASTIČNO DEFORMISANJE (monokristal)



$$\sigma = E \varepsilon$$

HUKOV ZAKON:

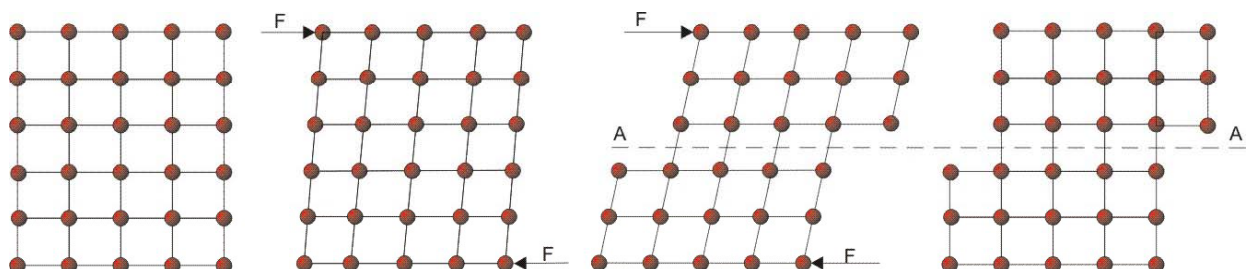
σ - napon

E – modul elastičnosti

(Young-ov modul)

ε – relativna deformacija

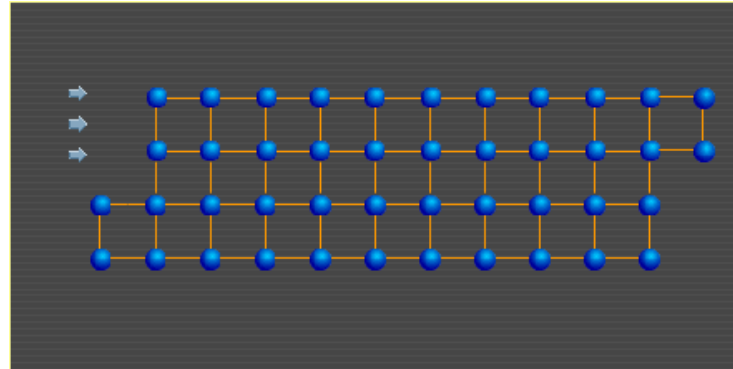
PLASTIČNO DEFORMISANJE (monokristal) KLIZANJE



DEFORMACIJE METALA

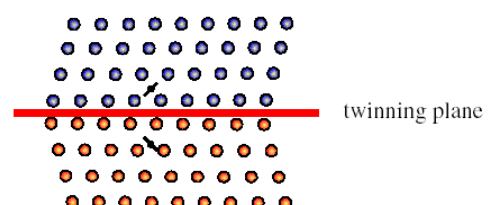
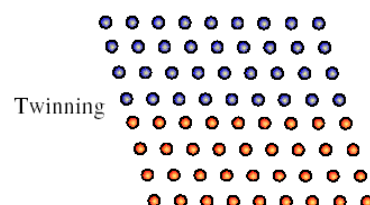
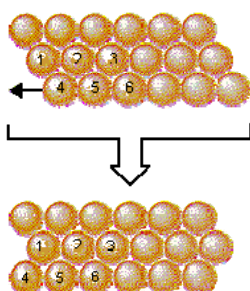
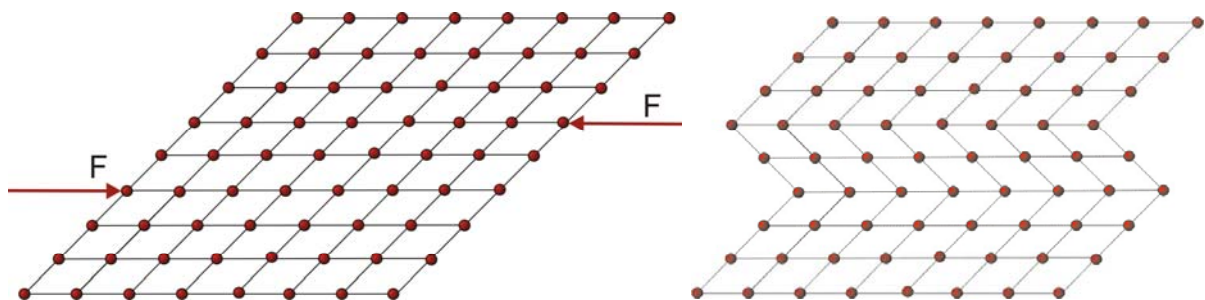
MAŠINSKI MATERIJALI

PLASTIČNO DEFORMISANJE (monokristal) KLIZANJE



MAŠINSKI MATERIJALI

DVOJNIKOVANJE (twinning)

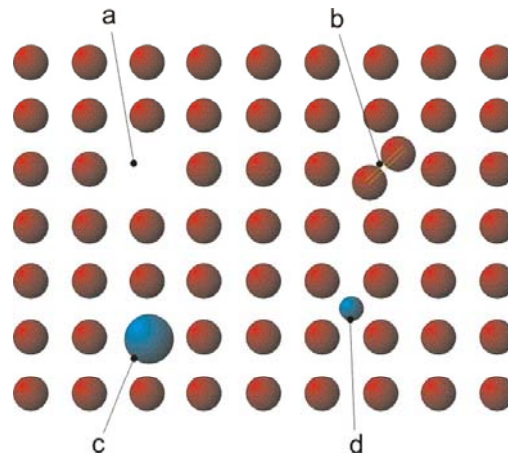


GREŠKE U KRISTALIMA

MAŠINSKI MATERIJALI

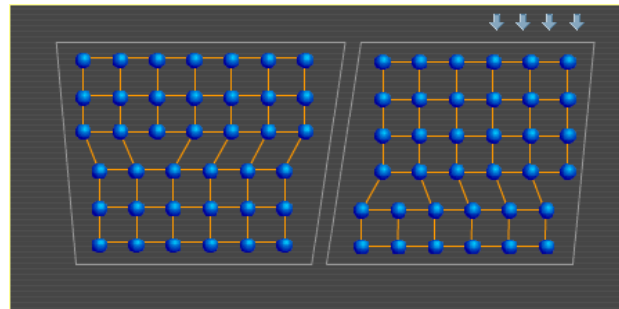
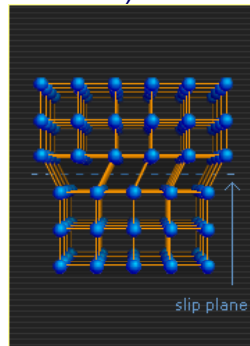
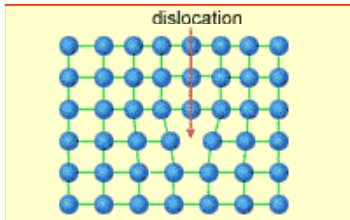
TAČKASTE GREŠKE:

- a – PRAZNINA (VAKANCIJA)
- b – INTERSTICIJA
- c – SUPSTITUCIJSKI UKLJUČAK
- d – INTERSTICIJSKI UKLJUČAK



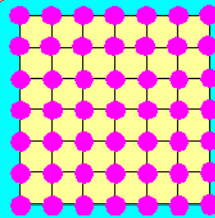
LINIJSKE GREŠKE (DISLOKACIJE)

IVIČNA DISLOKACIJA (edge dislocation)

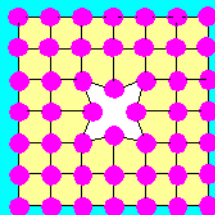


Crystal point defects

- In a perfectly formed crystal, the atoms are arranged in a pattern within the space lattice. This situation rarely exists.



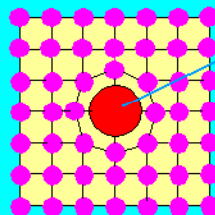
- If there is an atom missing from the lattice, then the whole lattice becomes distorted as other atoms are forced into the vacant space. This is known as a vacant site defect.



Vacant site defect.

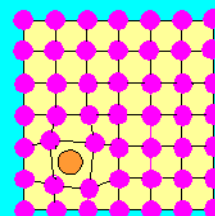
Possible causes-
Atomic vibrations

- In this case a much larger atom has been substituted in the lattice and this distorts the structure. This is known as a substitute defect. Some times the substitute atom is smaller than the parent atoms.

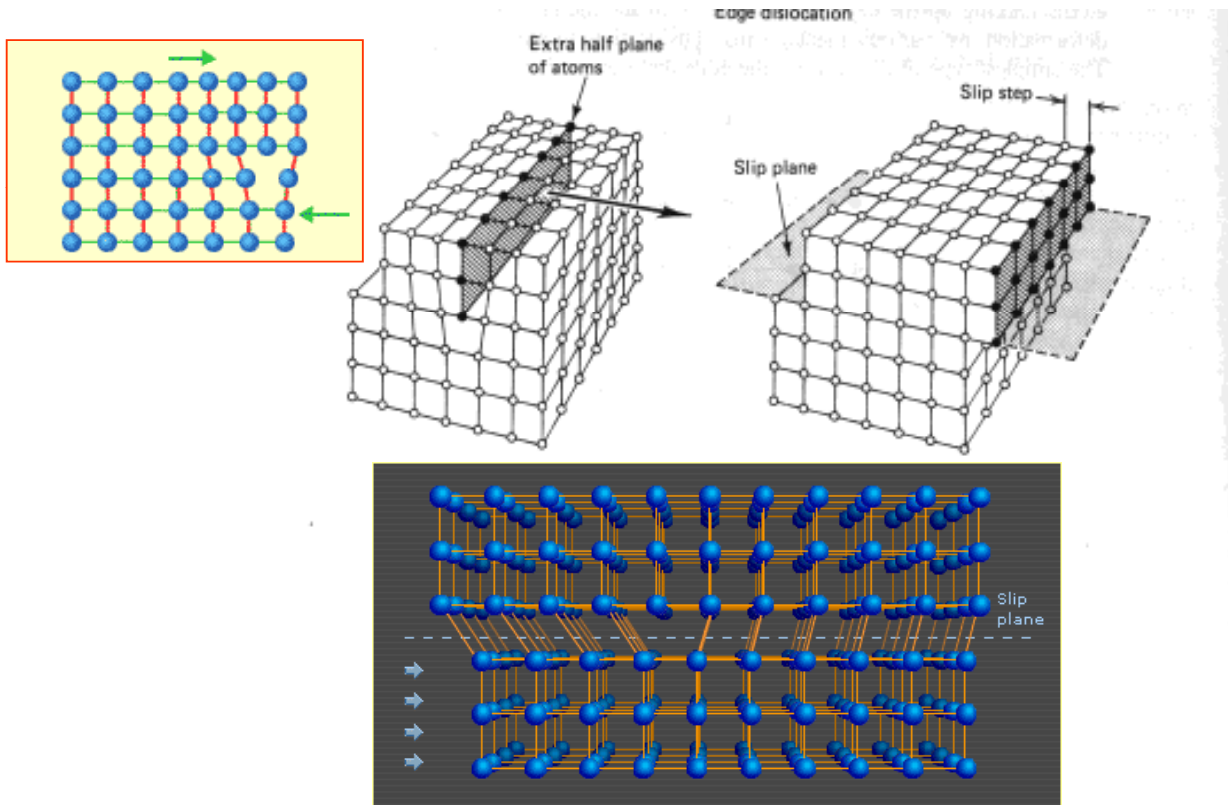


Substitute atom

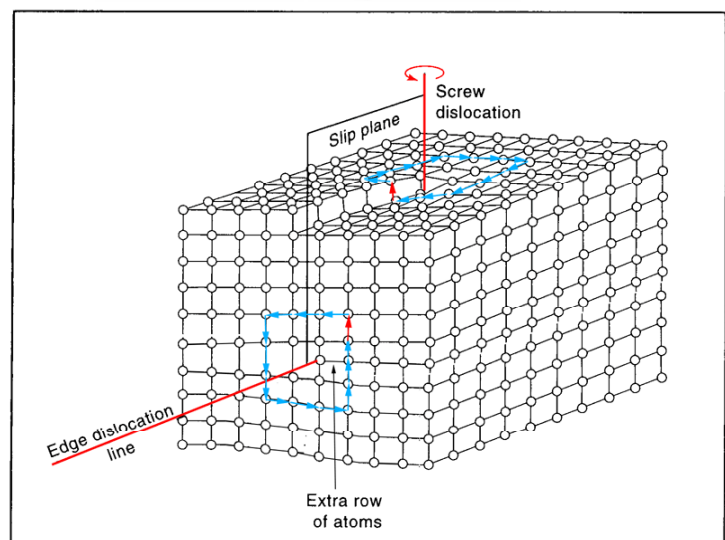
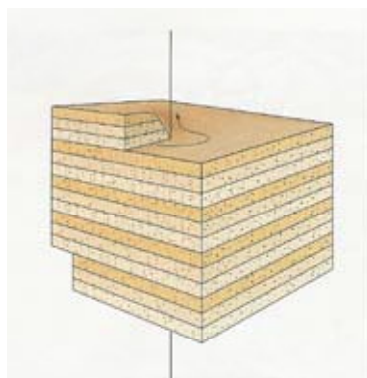
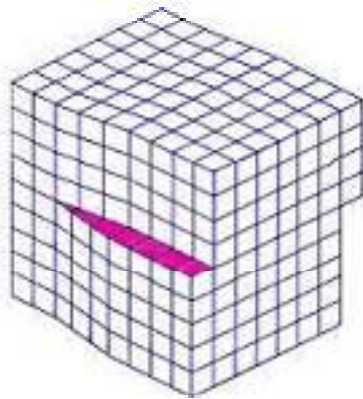
- This diagram shows an interstitial crystal defect where a foreign atom i.e. dirt has moved into a space between the atoms of the lattice



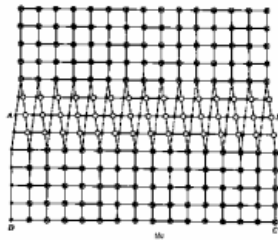
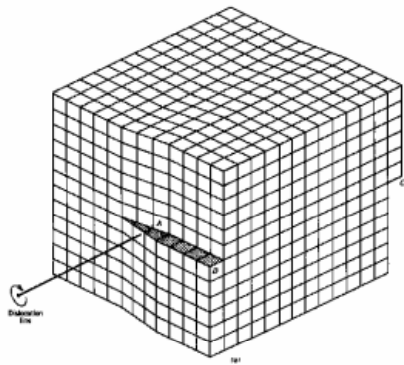
MEHANIZAM PLASTIČNOG DEFORMISANJA U SLUČAJU IVIČNE DISLOKACIJE



ZAVOJNA DISLOKACIJA (screw dislocation)



Screw Dislocation



Screw Dislocation viewed from above

Dislocation along line AB

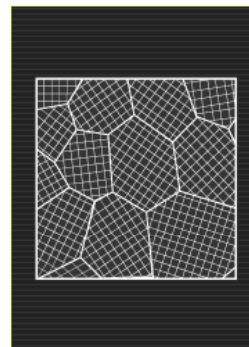
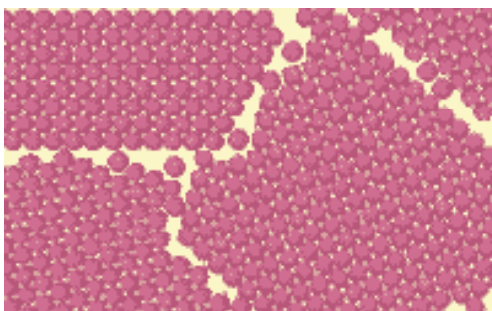
open circles: atoms above slip plane
closed circles: atoms below slip plane

William D. Callister, Jr. *Materials Science and Engineering, An Introduction* John Wiley & Sons, Inc. 1985

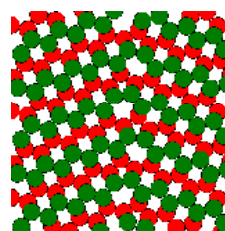
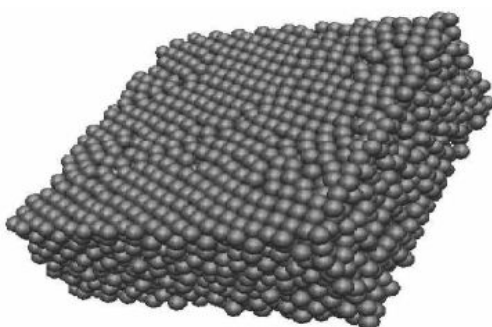


Figure 4
Phase contrast micrograph ($\times 90$) of (0001) face of SiC polytype 126 R showing growth spirals of step height equal to $109 \pm 5 \text{ \AA}$ and $c = 105.8 \text{ \AA}$ (courtesy A. R. Verma).

GREŠKE STRUKTURE (POLIKRISTALA)



REALNI MATERIJALI I DO 100 PUTA SLABIJI OD TEORIJSKIH ZBOG GREŠAKA U MONOKRISTALIMA (ZRNIMA) I POLIKRISTALIMA (STRUKTURI).



DEFORMACIONO OJAČAVANJE

MAŠINSKI MATERIJALI

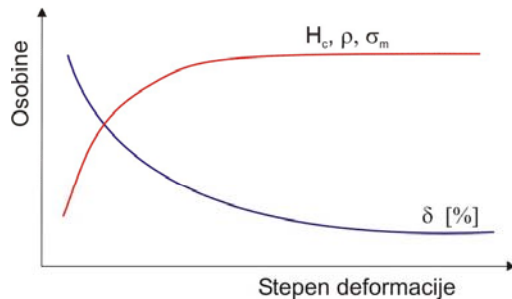
ELASTIČNA DEFORMACIJA ZRNA OSTAJE TRAJNA - UNUTRAŠNJE NAPREZANJE.

LEGIRJUĆI ELEMENTI - OBIČNO U ZONI IZMEĐU ZRNA.

INTERKRISTALNI LOM - TRANSKRISTALNI LOM.

KOČNICE DEFORMISANJA SU DISLOKACIJE I GRANICE ZRNA.

DEFORMISANJEM SE MENJAJU OSOBINE MATERIJALA.



H_c - tvrdoća
 σ_m - čvrstoća
 ρ - gustina
 δ - žilavost (plastičnost)

STEPEN PLASTIČNE DEFORMACIJE:

OPUŠTENO STANJE, 1/8 TVRDO, 1/2 TVRDO, 3/4 TVRDO, OPRUŽNO TVRDO STANJE.

NAPRIMER: 1/2 TVRDO ZNAČI 50% VEĆA ČVRSTOĆA OD OPUŠTENOG STANJA.

ZAGREVANJE DEFORMACIONO OJAČANE STRUKTURE

DEFORMACIONO STANJE JE STANJE SA VIŠKOM ENERGIJE.

OJAČANJE JE ISVEDENO NA RAČUN PLASTIČNOSTI.

OVO STANJE SE LAKO MENJA AKO ZA TO POSTOJE USLOVI, ZAGREVANJEM MATERIJALA NASTAJU PROMENE.

VREME TRAJANJA DIFUZIJE JE BITAN FAKTOR PROMENA OSOBINA.

MAŠINSKI MATERIJALI

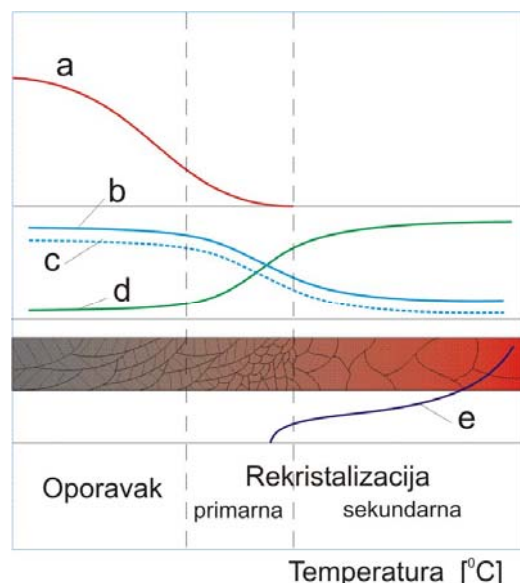
RELAKSACIJA - NEMA PROMENA U STRUKTURI - NESTAJU UNUTRAŠNJA NAPREZANJA - MENJAJU SE OSOBINE

REKRISTALIZACIJA - PROMENE U STRUKTURI

PRIMARNA REKRISTALIZACIJA - SITNO ZRNO

SEKUNDARNA REKRISTALIZACIJA - KRUPNO ZRNO

a - unutrašnja naprezanja
b - čvrstoća
c - tvrdoća
d - plastičnost
e - krupnoća zrna



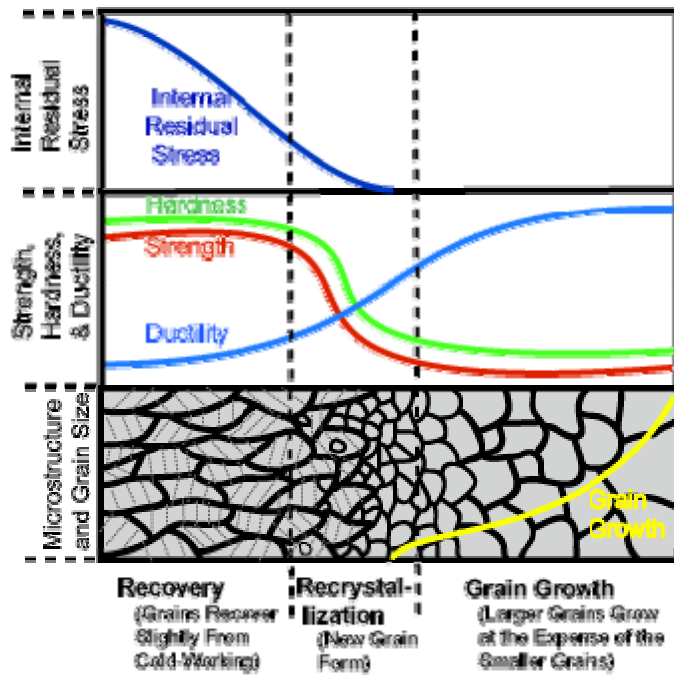
TEMPERATURA REKRISTALIZACIJE - TAMANOVA TEMPERATURA

Fe - 450°; Cu - 270°; W - 1200°; Pb, Sn - ISPOD 20°

PRIMARNA REKRISTALIZACIJA - USITNJAVANJE ZRNA -

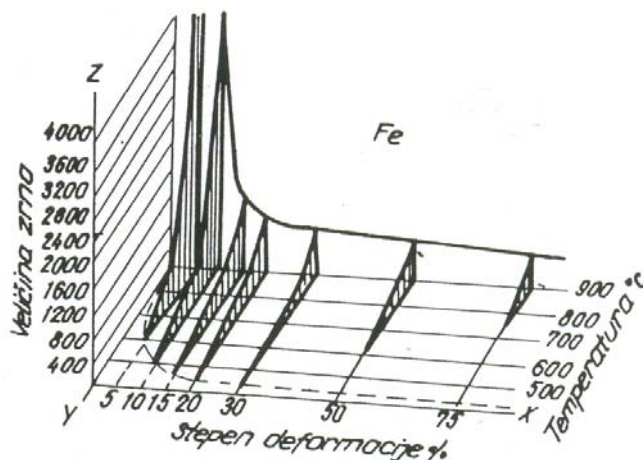
MATERIJALI ZA HLADNO DEFORMISANJE - DUBOKO

IZVLAČENJE, IZVLAČENJE...



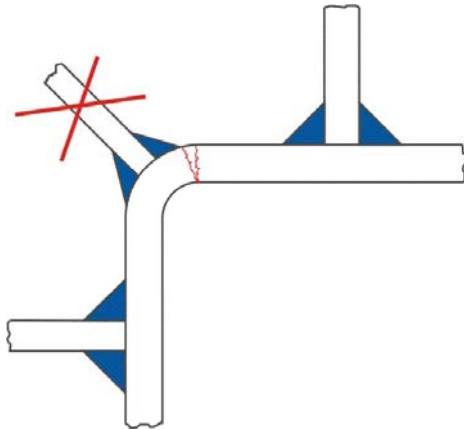
TEMPERATURA NEŠTO VIŠA OD TAMANOVE I KRATKO VREME
 SEKUNDARNA REKRISTALIZACIJA - FEROMATERIJALI (DINAMO LIM, TRAFO LIM)
 TEMPERATURA ZNATNO VIŠA OD TAMANOVE I DUŽE VREME.
 DINAMO LIM I LIM ZA KAROSERIJE - SLIČAN SASTAV ALI VEOMA RAZLIČITA STRUTURA.

NISKOUGLJENIČNI ČELICI IMAJU IZRAŽEN „PIK“ U DIJAGRAMU ZA STEPEN DEFORMISANJA 5 - 25%.
 ZA MATERIJALE KOJI SE NAKNADNO DEFORMIŠU MORA SE ZNATI STEPEN DEFORMISANJA PRI ISPORUCI I DIJAGRAM REKRISTALIZACIJE.



OBRADA DEFORMISANJEM:
 NA TOPLO - IZNAD TEMPERATURE REKRISTALIZACIJE
 NA HLADNO - ISPOD TEMPERATURE REKRISTALIZACIJE
 OBLIKOVANJE ŽICE - OBRADA NA HLADNO.
 KADA OJAČA PRISTUPA SE REKRISTALIZACIJI. POSLE TOGA MOŽE SE PONOVO DEFORMISATI.
 REKRISTALIZACIJA I RELAKSACIJA - ŽARENJE. („PALJENA ŽICA,,)

PRIMER GREŠKE U KONSTRUKCIJI:



POŽAR U HALI - PROMENA STRUKTURE MATERIJALA
OBOJENI METAL U POŽARU OBAVEZNO MENJA STRUKTURU
GREŠKE STRUKTURE (POLIKRISTALA)

