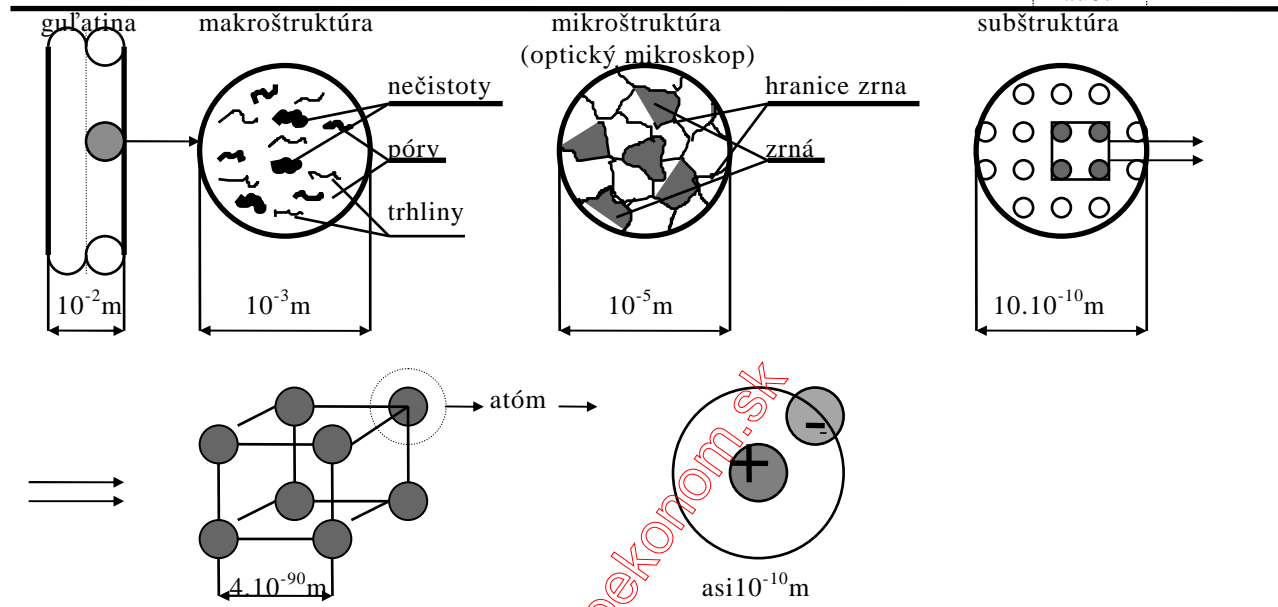
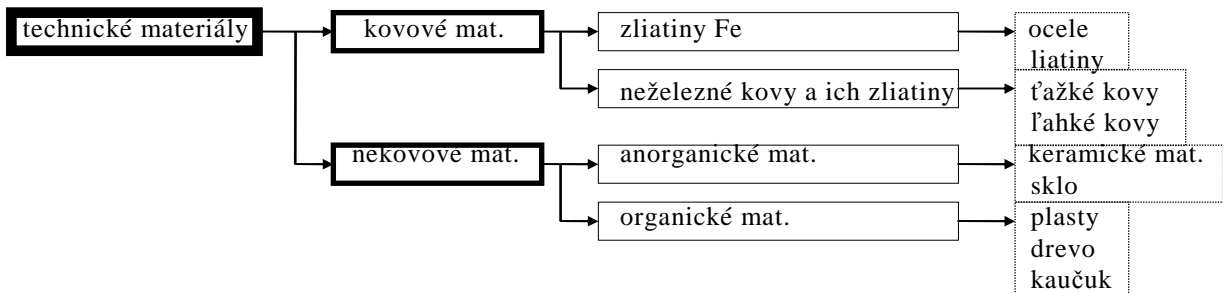


Náuka o materialoch.

1. Úvod. Stavba atómu, druh väzieb medzi atómami, atomárna stavba kovov. Kryštalické a amorfné látky, polykryštál, monokryštál. Kryštalová mriežka, elementárna bunka, mriežkové parametre. Rovina a smery v kryštáloch, medzirovinná vzdialenosť. Kovové sústavy- zložka, zliatina, fáza, štruktúrna zložka. Fázy kovových sústav - tuhé roztoky, intermediálne fázy. Podmienky vzniku chemickej, elektrónovej a intersticialnej sústavy.
2. Poruchy stavby kovových kryštálov, bodové, čiarové, plošné, priestorové. Pružná a trvalá deformácia, trvalá deformácia monokryštálu sklzom a dvojčatením, deformácia polykryštalického materialu. Deformačné spevnenie materialu. Žihanie deformovaného materialu - zotavovanie a rekryštalizácia.
3. Porušovanie materialov, krehký a húževnatý lom, transkryštalické a interkryštalické porušovanie. Difúzia. Podmienky difúzie, 1. a 2. Fickov zákon, difúzny koeficient, mechanizmy difúzie.
4. Kryštalizácia čistých kovov. Gibsonov zákon fáz, gibsonov potencial - voľná entelpia. Krivka tuhnutia čistého kovu, mechanizmus a kinetika kryštalitácie, homogénna a heterogénna nukleácia, konštitučné podchladenie. Primárna štruktúra ingotu.
5. Rovnovážne diagramy a kryštalizácia zliatin. Konštrukcia rovnovážnych diagramov, čiary solidu a likvidu. Základné typy rovnovážnych binárnych diagramov podľa vzájomnej rozpustnosti zložiek. Pákové pravidlo, vývoj štruktúry zliatin, dendritická segregácia. Eutektická, eutektoidná, peritektická a monotektická premena. Diagramy intermedialnymi fázami.
6. Fázové premeny v tuhom stave. Rovnovážny stav stabilný, nestabilný a metastabilný stav. Difúzne a bez difúzne (strihové) premeny. Rozpad presýteného tuhého roztoku - precipitácia, segregácia, windmanstättenova štruktúra. Alotropia a polymorfizmus. Krivky ohrevu a ochladzovania kovov s alotropickými premenami.
7. Technické zliatiny F_e . Alotropické formy F_e , krivka ohrevu a vychladzovania F_e . RBD (rovnovážny binárny diagram) nestabilnej sústavy $F_e - C$. Ocele a biele liatiny, vývoj štruktúry. RBD stabilnej sústavy $F_e - C$. Grafitické liatiny, ich štruktúra.
8. Štruktúra stuhnutých zliatin. Primárna a sekundárna štruktúra, technologické chyby materialu. Vplyv prvkov na vlastnosti F_e a jeho zliatin. Sprievodné prvky prospešné a škodlivé. Legujúce prvky austenitotvorné, feritotvorné, karbidotvorné a nekarbidotvorné. Vtrúseniny v oceliach - endogénne a exogénne.
9. Teória tepelného spracovania. Rozpad austenitu (perlitická, bainitická a martenzitická premena). Vplyv obsahu uhlíka na vznik a vlastnosti martenzitu. Transformačné diagramy IRA,ARA
10. Kalenie ocelí, kaliteľnosť a prekaliteľnosť, druhy kalenia. Povrchové kalenie, popúšťanie, zušľachtovanie, žihanie. Žihanie ocelí s prekryštalizáciou a bez prekryštalizácie. Chemicko tepelné spracovanie (cementovanie, nitridovanie).
11. Rozdelenie ocelí. Ocele triedy 10 a 11, ocele triedy 12 až 16, ocele triedy 17. Nástrojové materialy, plasty. Základné druhy a vlastnosti.
12. Mechanické skúšky materialu statické a dynamické. Statická skúška ťahom, skúška rázom v ohybe - húževnatosť a vrubová húževnatosť. Skúšky tvrdosti. Defektoskopické skúšky. Technologické skúšky.
13. Skúmanie a hodnotenie štruktúry materialou. Makroskopická analýzy (zist'ovanie odmiešania síra Baumanovým odtlačkom, zisťovanie odmiešania fosforu Heyneho leptadlom, analýza povrchovej chemickotepelnej spracovanej vrstvy). Mikroskopická analýza ocelí a liatin.

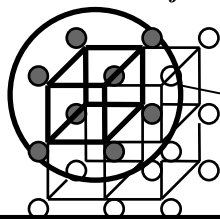
Body 12 a 13 sa vykonávajú na praktickom cvičení.

1. Úvod. Stavba atómu, druh väzieb medzi atómami, atomárna stavba kovov. Kryštalické a amorfne látky, polykryštal, monokryštal. Kryštalová mriežka, elementárna bunka, mriežkové parametre. Rovina a smery v kryštáloch, medzirovinná vzdialenosť. Kovové systavy- zložka, zliatina, fáza, štruktúrna zložka. Fázy kovových sústav - tuhé roztoky, intermediálne fázy. Podmienky vzniku chemickej, elektrónovej a intersticialnej sústavy.

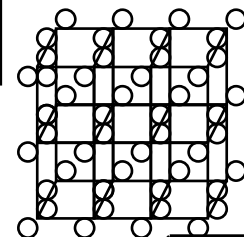


Tuhá látka - kryštalická - atómy sú usporiadané
- amorfna - atómy sú neusporiadané (kremičité a kovové sklo)

Kryštalická stavba tuhej látky:

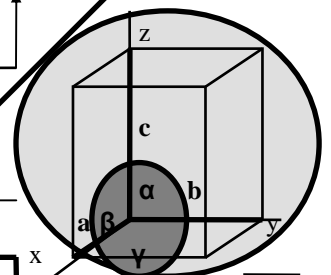


Pravidelne usporiadanie atómov (do nekón.) v priestore nazývame - **kryštalová mriežka**



Elementárna bunka kr. mriežky - najmenšia charakteristická časť rk. mriežky.

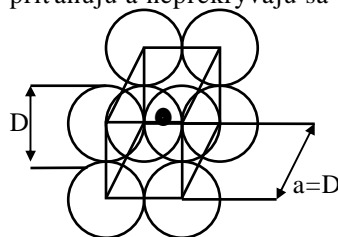
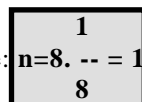
Mriežkové parametre - el.. bunky a kr. mriežky: - dĺžka hrán (a,b,c)
 - uhly medzi nimi (α, β, γ)



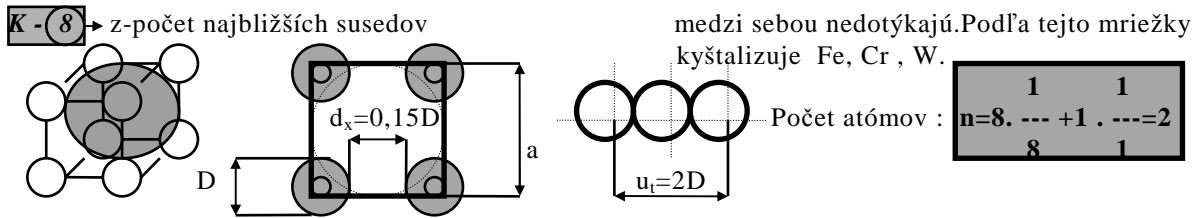
Kubická mriežka - primitívna kubická mriežka - atómy umiestnené iba vo vrcholoch, dotýkajú sa lebo sa priťahujú a neprekrývajú sa, lebo pôsobí aj odpud. sila.

strany: $a=b=c$ =kocka
 uhly: $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$

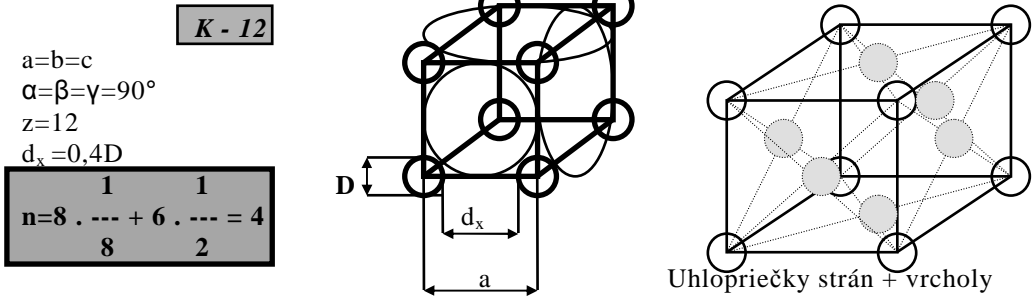
Počet atómov v bunke: $n=8 \cdot \frac{1}{8} = 1$



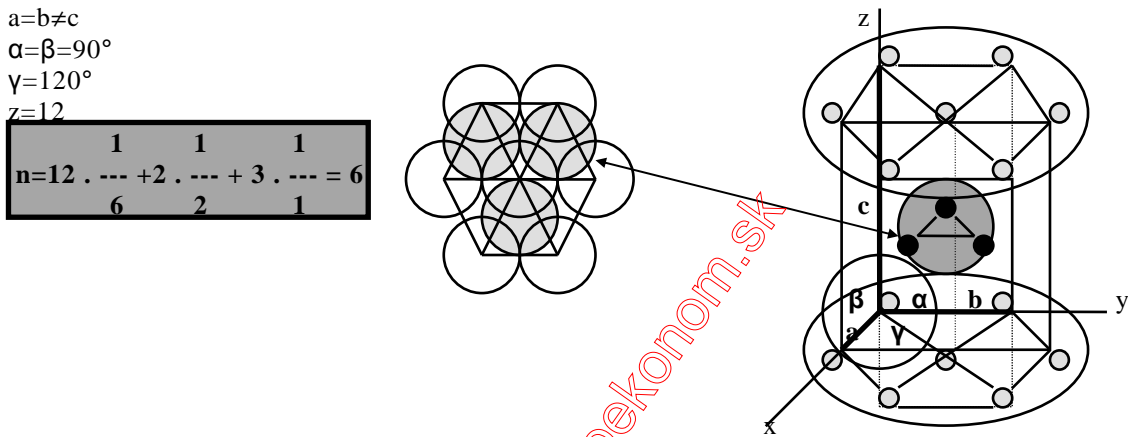
Kubická mriežka - **priestorovo orientovaná** stredný atóm - sa dotýka všetkých šiestych atómov a vrcholové sa



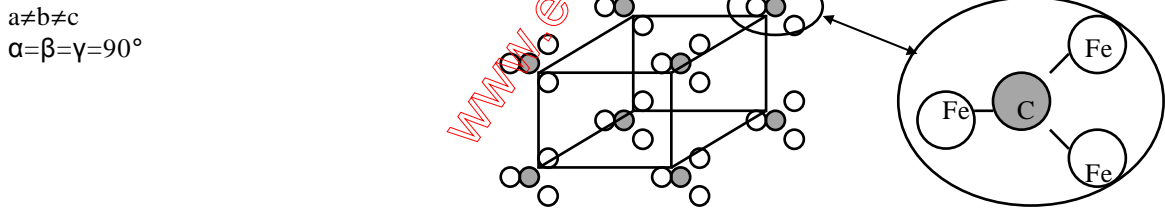
Kubická mriežka - **plošne orientovaná** :- podľa tejto mriežky kryštalizuje (Al , Cu , Ni , Fe)



Hexagonálna mriežka - tesne usporiadaná: podľa tejto mriežky kryštalizuje (Ti , Zn , Co)



Ortorombická mriežka Fe₃C :

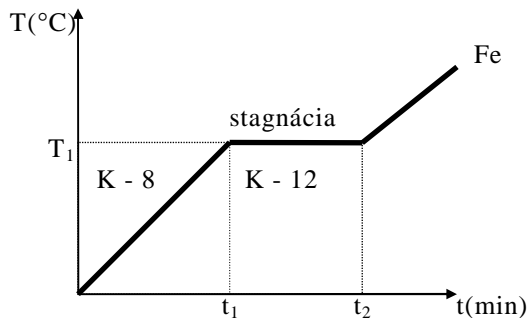


Tetragonálna mriežka - martenzit :



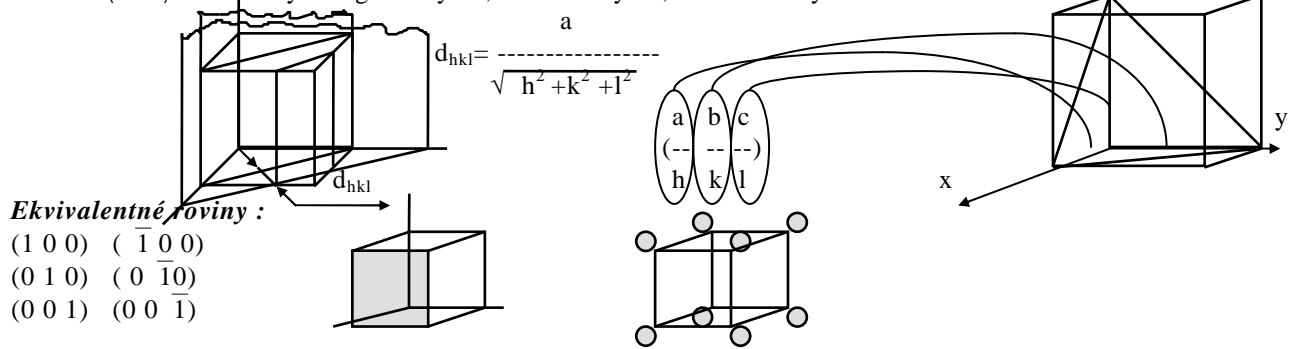
Alotropia - jeden a ten istý prvok sa vyskytuje v dvoch kryštalografických modifikáciách.

Alotropická premena (prekryštalizácia) :

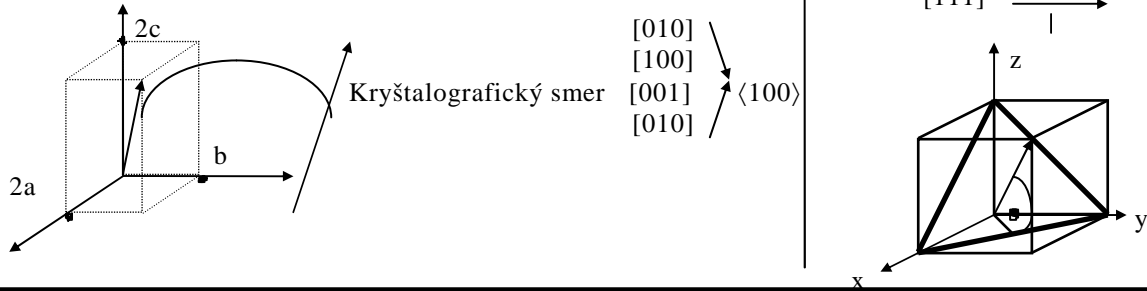


Roviny a smery v kryštáloch : d_{hkl} -medzirovinná vzdialenosť (najm. vzdial. dvoch rovín s rovnakým Millerovým z indexom)
 Roviny: $\{hkl\}$ - jedna rovina a súbor s ňou rovnobežných rovnako vzdialených rovín
 $\{hkl\}$ - súbor ekvivalentných (rovnocenných) rovín

[uvw]- jeden kryštalografický smer a súbor smerov s ním rovnobežných
 ⟨uvw⟩- súbor kryštalografických ,rovnocenných , ekvivalentných smerov

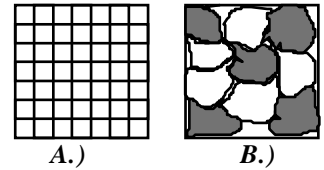


Ekvivalentné smery : [uvw] - kryštalografický smer je vektor vychádzajúci s počiatku súradnicového systému.
 Napr.: [212] Koncový bod tvoria indexi smeru.



- Kovové sústavy :**
- **sústava** - je určité vymedzené množstvo alebo daného kovu, alebo zliatiny.
 - **zložky sústavy** - sú základné chemické časti sústavy, z ktorých sa skladá.
 - **zliatina** - je sústava pozostávajúca z dvoch zložiek, pričom aspon jedna zo zložiek musí byť kov.
 - **fáza sústavy** - je homogénna časť ohraničená rozhraním, na ktorom sa vlastnosti menia skokom

- Štruktúrna zložka:**
- **A.) monokryštal** - je sústava tvorená s jednou kryštalickou mriežkou s rovnakou orientáciou.
 - **B.) polykryštal** - je sústava tvorená s jednou kryštalickou mriežkou s rozdielnou orientáciou.



Kryštalové zrno- je objem materiálu s rovnakou kryštalografickou orientáciou.

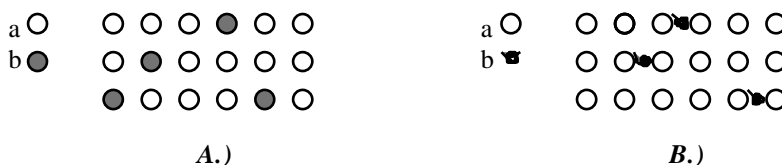
Fázy kovových sústav - tuhé roztoky A(B) (roztok B rozpúšťaný v roztoku A):

- substitučný
- usporiadaný
- neusporiadaný
- intermediálny

- **intermediálne fázy** -faktory- 1. relatívneho mocenstva (elektrónová zlúčenina)
 2. elektrochemický faktor (chemická zlúčenina)
 3. veľkostný faktor (intersticiálna zlúčenina)

A.)Substitučný roztok (nahradzovací) - vzniká keď obidve zložky majú rovnakú mriežkovú sústavu a rovnaký priemer atómu. Atómy rozpúšťaného kovu sú umiestnené v uzlových bodoch rozpúšťadla.

B.)Intersticiálny (medzerový) tuhý roztok :atómy rozpúšťanej zložky sú umiestnené v medziuzlových polohách mriežky v tzv. intersticiálnych priestoroch.

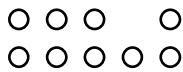


2. Poruchy stavby kovových kryštálov, bodové, čiarové, plošné, priestorové. Pružná a trvalá deformácia, trvalá deformácia monokryštálu sklzom a dvojčatením, deformácia polykryštalického materiálu. Deformačné spevnenie materiálu. Žihanie deformovaného materiálu - zotavovanie a rekryštalizácia.

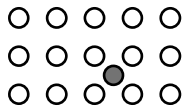
Poruchy kryštalickej stavby :1.)BODOVÉ-a.) vakancia (chýbajúci atóm mriežky)



-b.) intersticiálny



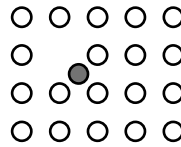
a.)



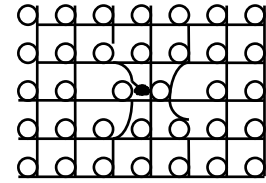
b.)

-c.) Frenkelova plocha (vakancia+interstencia)

-d.) substitučná plocha



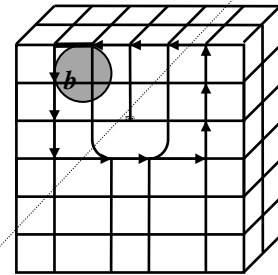
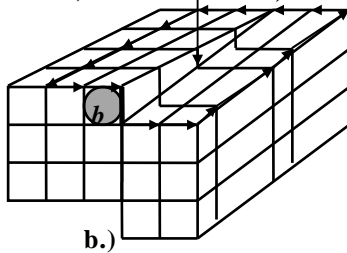
c.)



d.)

2.) ČIAROVÉ (dislokácie)- a.)hranová b⊥l

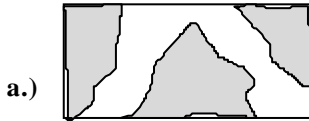
b.)skrutková b || l



a.)

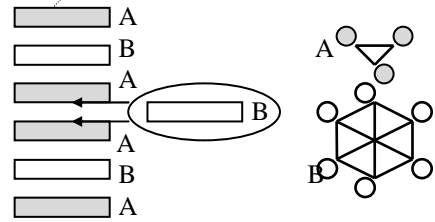
3.) PLOŠNÉ - a.) hranica zrna

b.) chýba vrstvenie



a.)

b.)

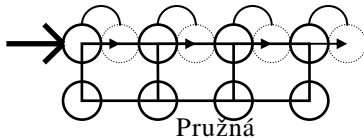


4.) PRIESTOROVÉ - praskliny

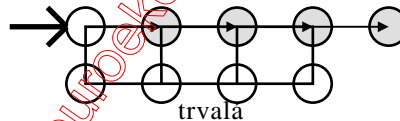
- zhluky nečistôt
- dutiny

Deformácia (zmena tvaru)- **pružná** (elastická)- vonkajšie sily vyvolajú vychýlenie atómu z ich rovnovážnych polôh. Po zaniknutí sily sa atómy vrátia do pôvodnej polohy.

- **trvalá** (plastická) - nastáva ak atóm vychýlime o väčšie vzdialenosti ako je mriežkový parameter. Po zaniknutí sily sa atómy nevrátia do pôvodnej polohy. (Je spôsobovaná pohybom dislokácií (sklzom).



Pružná



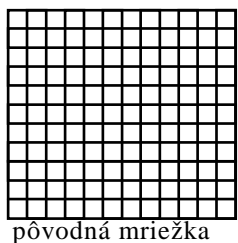
trvalá

Pohyb (sklz) dislokácie - môže byť v takej rovine aby v nej ležala dislokácia a aby rovina bola rovnobežná s Burgesovým vektorom.

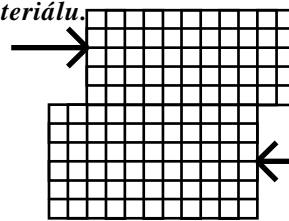
Deformácie monokryštálov :

- a.) sklzom
- b.) dvojčatením - rýchle preklopenie mriežky do určitého smeru
- c.) štiepením

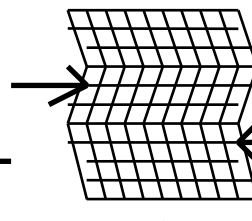
Pokračujúca plast. deformácia kovu vyžaduje zvyšovanie vonkajšieho nap. Nastáva **deformačné spevňovanie materiálu**.



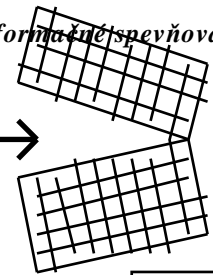
pôvodná mriežka



a.)



b.)



c.)

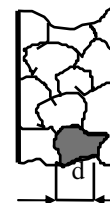
Deformácia polykryštalického materiálu: pevnosť materiálu bude nepriamo úmerná veľkosti zrna $R_m \sim \frac{1}{d}$



$10^{12} m^{-2} \rightarrow$ vzrast dislokácií $\rightarrow 10^{16} m^{-2}$



rekryštalizácia-vznik zrna z nuly



d)

Žihanie deformovaného materiálu $T = (0,25 \div 0,3) T_{topenia}$

Zotrvanie - uvoľnenie dislokácií

Polygonizácia Rekryštalizácia $T_R = (0,35 \div 0,4) T_{topenia}$

3. Porušovanie materiálov, krehký a húževnatý lom, transkryštalické a interkryštalické porušovanie. Difúzia.

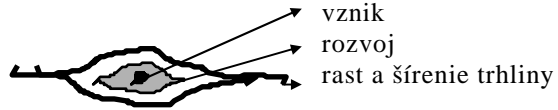
Podmienky difúzie, 1. a 2. Fickov zákon, difúzny koeficient, mechanizmy difúzie.

Porušenie materiálu : krehkým lomom - nedochádza k plastickej deformácii mat.

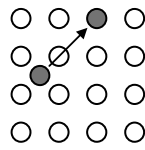
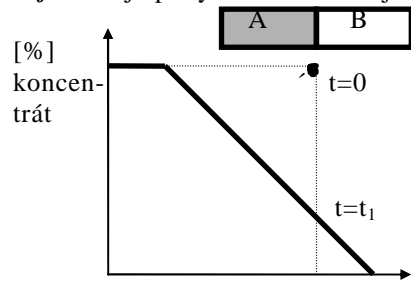
húževnatým lomom - výrazná plastická deformácia

Spôsoby šírenia lomu : transkryštalické - prechádza cez zrná

interkryštalické - prechádza hranicami zŕn



Difúzia - je pohyb atómu v tuhej látke na väčšie vzdialenosti než sú rovinné vzdialenosti.



tok vyššej koncentrácie na nižšiu

koncentrácia

difúzny koeficient

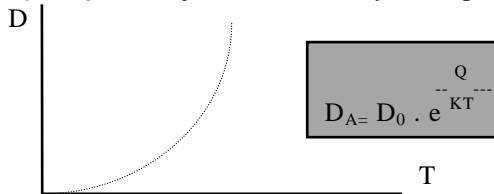
I. Fickov zákon: Difúzny tok z

$$I_A = -D_A \frac{\sigma_{CA}}{\sigma_X}$$

II. Fickov zákon:

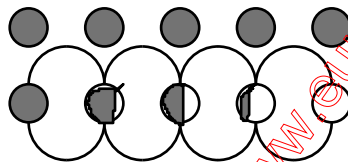
$$\frac{\sigma_{CA}}{\sigma_t} = D_A \frac{\sigma_{CA}^2}{\sigma_X^2}$$

Difúzny koeficient - je množstvo látky, ktoré prejde jednotku prierezu času pri jednotkovej zmene koncentrácie.



Mechanizmi difúzie:

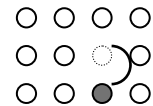
výmenný



intersticiálny

- atómy základného kovu
- atómy interstic. rozpusteného rozpusteného legovacieho prvku

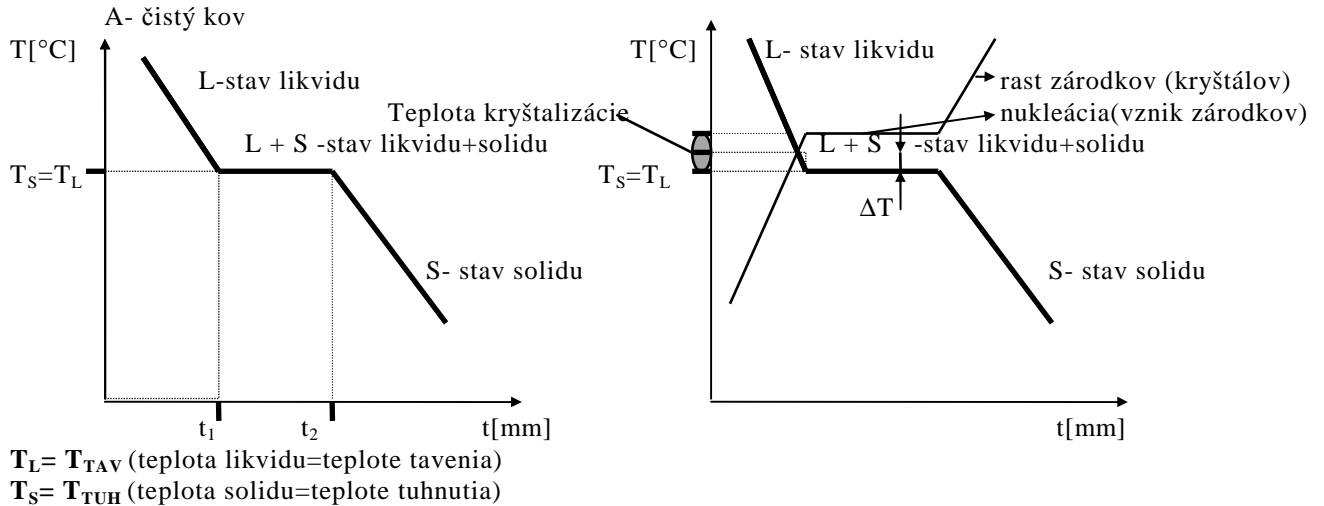
vakančný



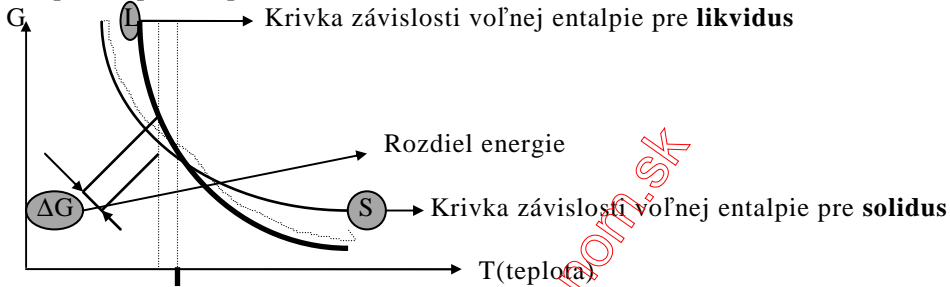
www.euroekonon.sk

4. Kryštalizácia čistých kovov. Gibsonov zákon fáz, gibsonov potencial - voľná entalpia. Krivka tuhnutia čistého kovu, mechanizmus a kinetika kryštalizácie, homogénna a heterogénna nukleácia, konštitučné podchladenie. Primárna štruktúra ingotu.

Kryštalizácia čistých kovov :



Voľná entalpia (Gibsonov potenciál G):



Gibsonov zákon fáz:

$V = k - f + 2$

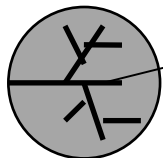
kde: k-počet zložiek

f-počet fáz

$2 - T(\text{teplota}) + p(\text{tlak}) = 1 + 1 = 2$

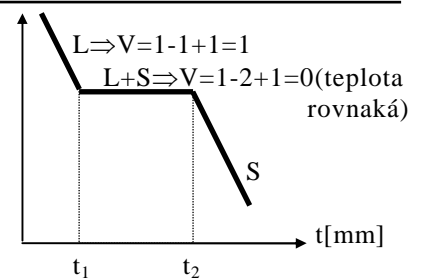
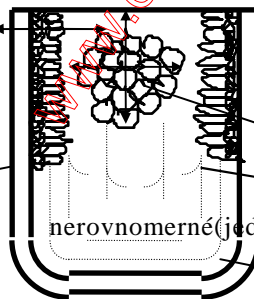
$p' = \text{konštantné}, T$

$V = k - f + 1$



Dendrid

nádoba



Konštitučné podchladenie:

Nukleácia - HOMOGÉNNA- náhodný vznik zárodkov v celom objeme

- **HETEROGÉNNA**- prednostný vznik zárodkov na stenách nádob a tam kde sú nečistoty

Stav systému podmieňuje T (teplota), p (tlak)

5. Rovnovážne diagramy a kryštalizácia zliatin. Konštrukcia rovnovážnych diagramov, čiary solidu a likvidu. Základné typy rovnovážnych binárnych diagramov podľa vzájomnej rozpustnosti zložiek. Pákové pravidlo, vývoj štruktúry zliatin, dendritická segregácia. Eutektická, eutektoidná, peritektická a monotektická premena. Diagramy intermedialnými fázami.

Kryštalizácia zliatin:

Zliatina - dvojzložkový systém kde jedna zložka je kov

Termická analýza - sledovanie teploty systému

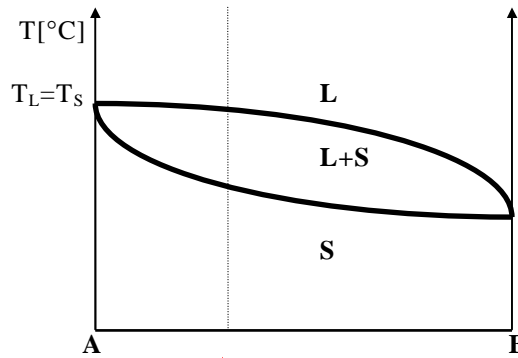
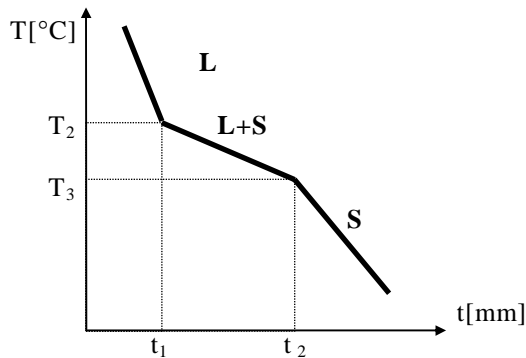
Stav dvojzložkového (binárneho) systému | popisuje rovnovážny -binárny diagram

Stav rovnovážny | vyjadrujú závislosť teploty a zloženia

Zložky - **dokonale rozpustné** - v kvapalnom stave

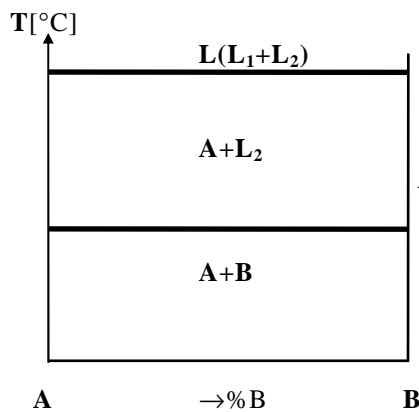
- v tuhom stave

- dokonale nerozpustné



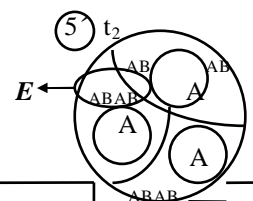
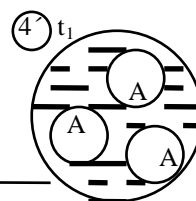
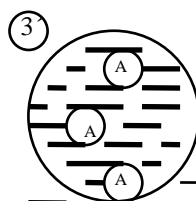
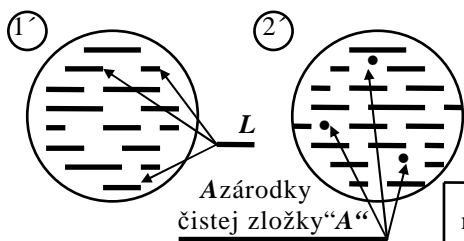
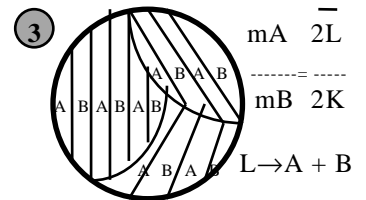
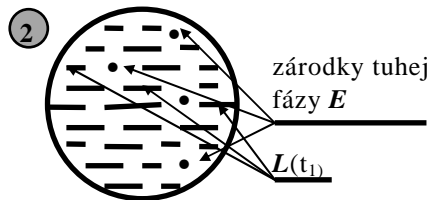
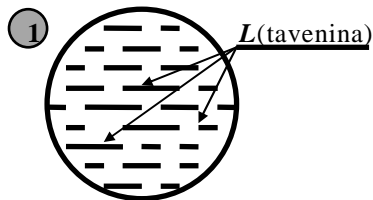
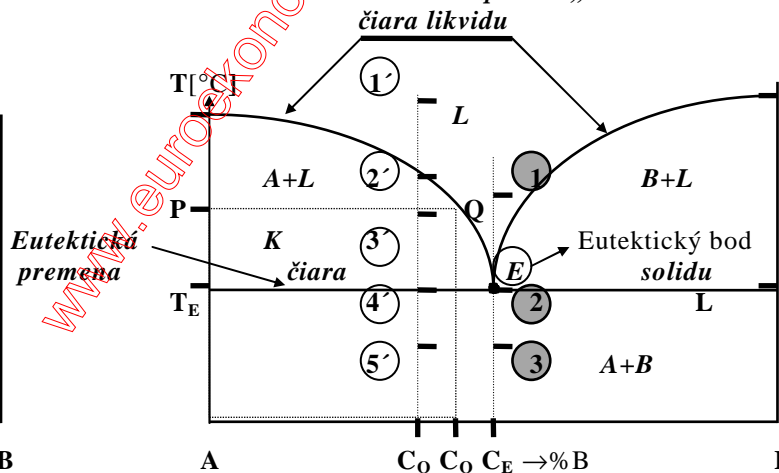
Základné typy RBD:

RBD A,B - dokonale rozpustné v kvapalnom stave:



EUTEKTICKÁ PREMENA:

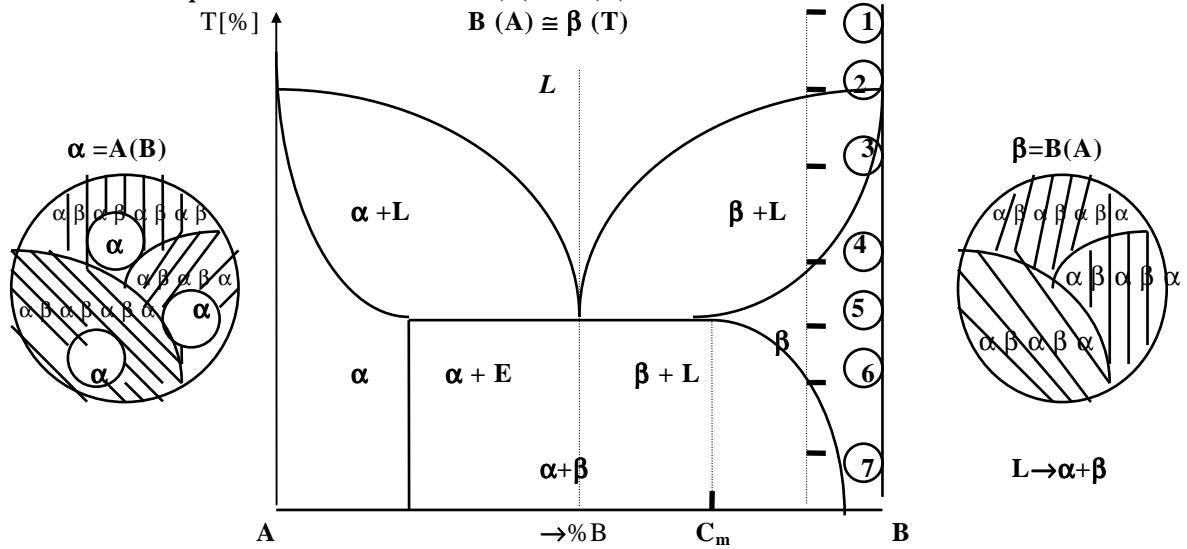
RBD A,B - dokonale rozpustné „L“: dokonale nerozpustné „S“:



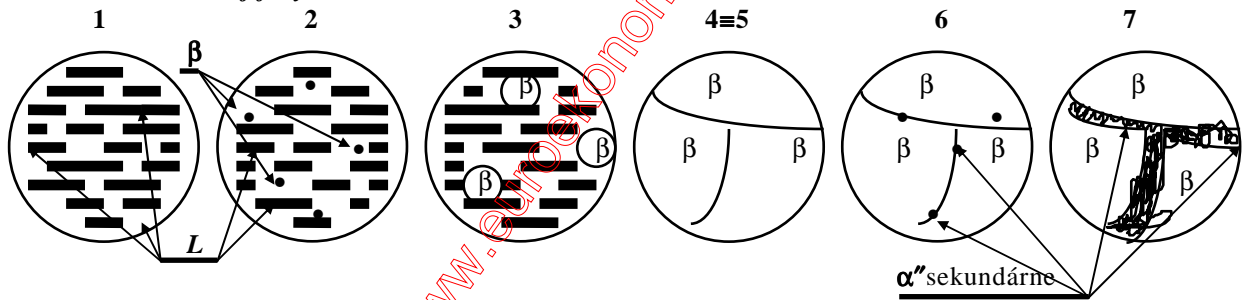
mA	3'Q	mA	4'2	mA	4'L
----- = ----- => ml má C _Q %B		----- = ----- => ml má C _E %B		----- = -----	
mL	3'P	mL	4'K	mB	4'K
			L -> AB		

AB - dokonale rozpustné v tekutom stave:

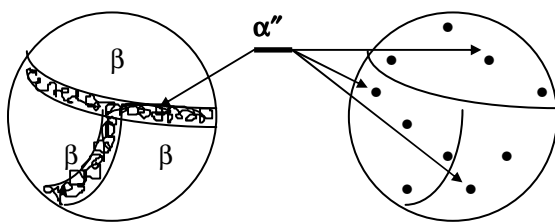
- čiastočne rozpustné v tuhom stave : A (B) ≠ α (T)



Vylučovanie sekundárnej fázy:

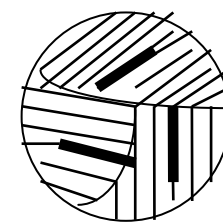


Segregácia - závisí od podmienok vylučovania : $D_A \gg$



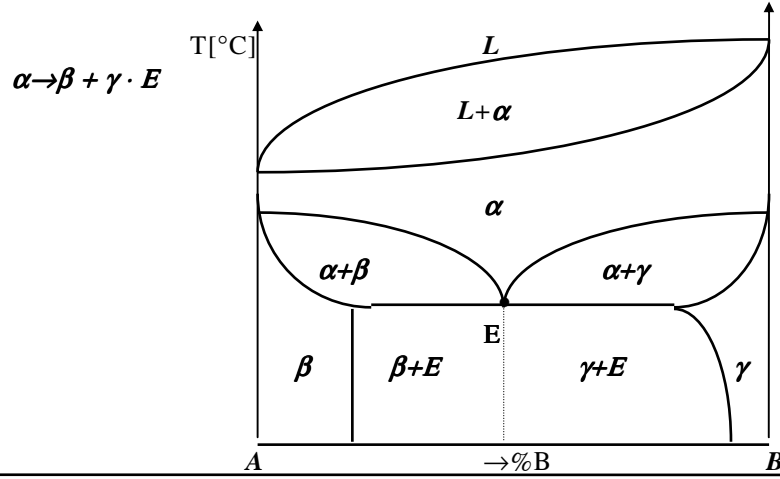
*Segregácia -
vylúčenie na hranice*

*Precipitácia -
vylúčenie do vnútra*



*Windman - Stettenova
štruktúra*

Eutektoidná premena: $L \rightarrow \alpha + \beta$



Peritektická (čiara) premena : $L + \alpha \rightarrow \beta$

Monotektická premena : $L_2 \rightarrow \beta + L_1$

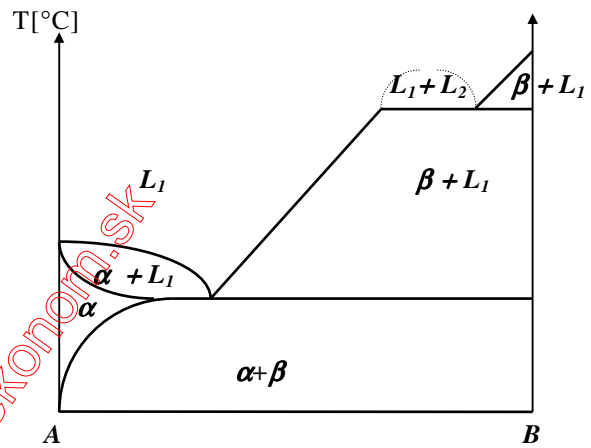
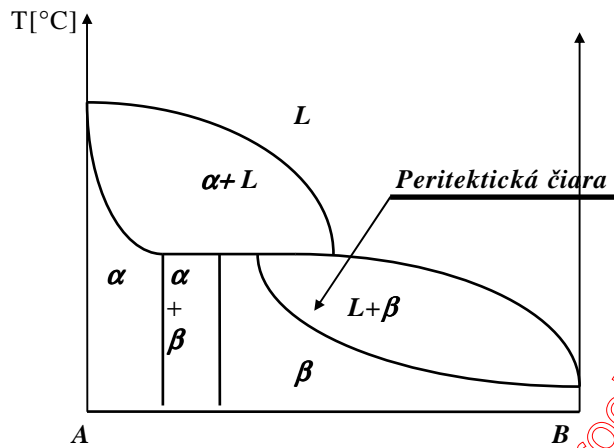
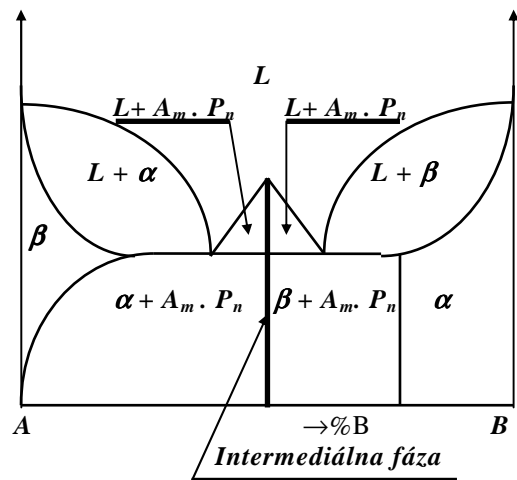


Diagram s intermediálnymi fázami :

Mriežka

Intermediálna fáza: - chemická zložka
- elektrická zložka
- intersticiálna zložka

$A_m \cdot P_n = \gamma$



6. Fázové premeny v tuhom stave. Rovnovážny stav stabilný, nestabilný a metastabilný stav. Difúzne a bez difúzne (strihovú) premeny. Rozpad presýteného tuhého roztoku - precipitácia, segregácia, windmanstättenova štruktúra. Alotropia a polymorfizmus. Krivky ohrevu a ochladzovania kovov s alotropickými premenami.

Fázové premeny v tuhom stave spôsobujú zmeny štruktúry a tým aj zmenu vlastností ocelí.

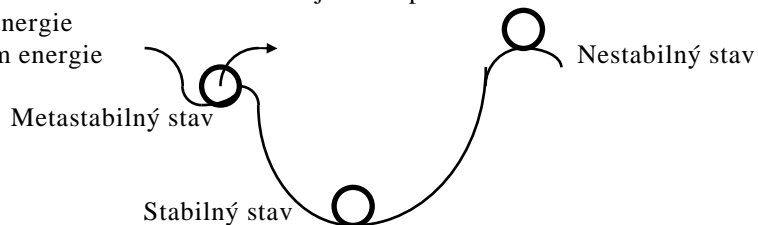
Fázové premeny pri zmene stavu (tuhnutí) majú význam pri tuhnutí a pri odlievaní ocelí.

Fázové premeny v tuhom stave: - polymorfna premena - vzniká pri premene kubickej priestorovo centrovanej mriežky na plošne centrovanú (v železe)

- eutektoidný rozpad - podmienkou pri eutektoidnom rozpade austenitu v uhlíkovej oceli je, že prebieha **pri konštantnej teplote**. Ak tuhý roztok rýchlo ochladíme vzniknú **nestabilné** alebo **metastabilné fázy**.

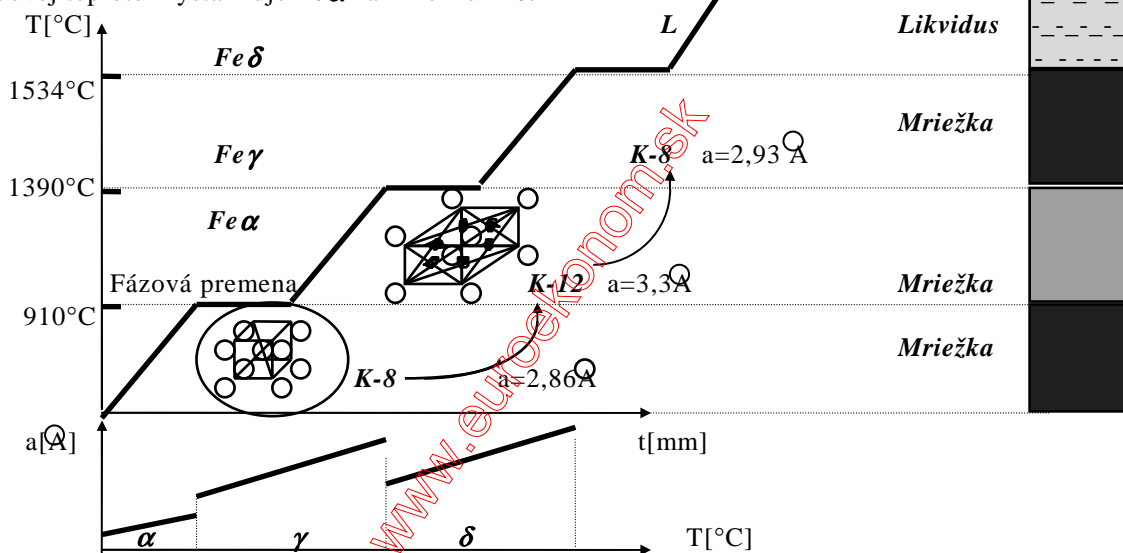
- precipitácia - je vylučovanie veľmi jemných častíc z tuhého roztoku, spôsobené zmenšovaním rozpustnosti nejakého prvku s klesajúcou teplotou.

Rovnovážny stav \Rightarrow minimum energie
Nerovnovážny stav \Rightarrow maximum energie



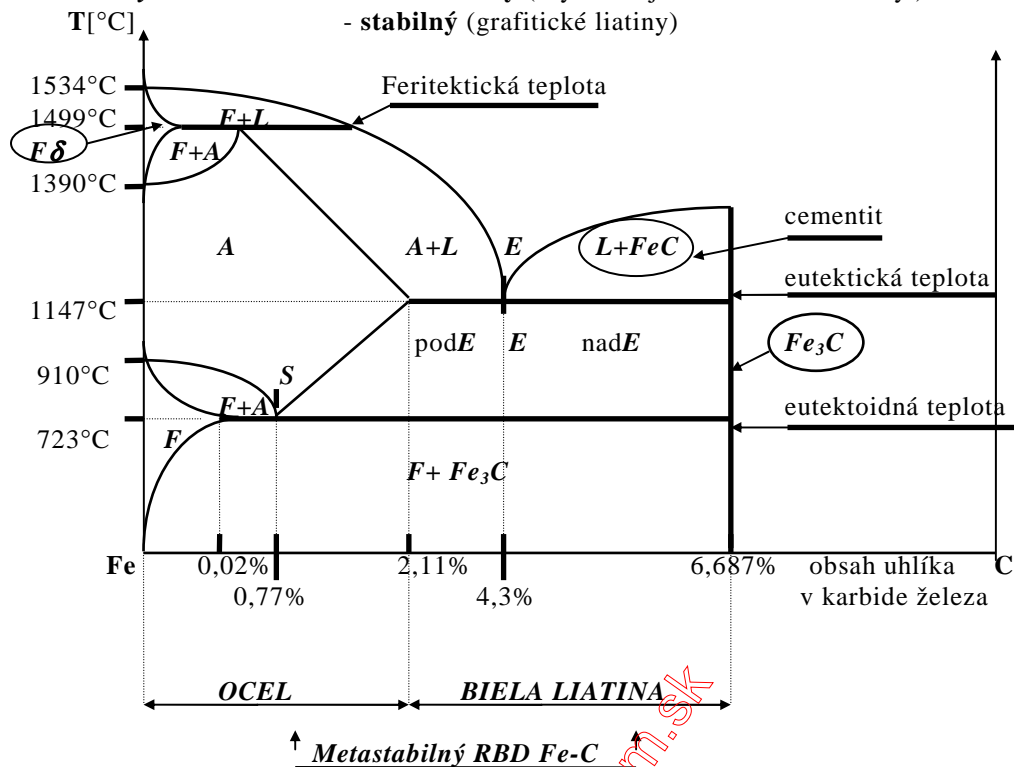
Krivka ohrevu a ochladzovania kovov (Fe):

Pri izbovej teplote kryštalizuje $Fe\alpha$ na mriežku K-8.



7. Technické zliatiny Fe. Alotropické formy Fe, krivka ohrevu a vychladzovania Fe. RBD (rovnovážny binárny diagram) nestabilnej sústavy Fe - C. Ocele a biele liatiny, vývoj štruktúry. RBD stabilnej sústavy Fe - C. Grafické liatiny, ich štruktúra

Technické zliatiny Fe: RBD Fe-C - metastabilný (kryštalizujú ocele a biele liatiny)



OCEL - zliatina železa s uhlíkom s obsahom uhlíka menším ako 2,11% C

BIELA LIATINA - zliatina železa s uhlíkom s obsahom uhlíka väčším ako 2,11% C a menším ako 6,687% C

CEMENTIT - je intermediálna fáza

FERIT - intersteciálny tuhý roztok uhlíka v železe α

AUSTENIT - intersteciálny tuhý roztok uhlíka v železe γ

PERLIT - eutektoidná zmes

LEDEBURIT - eutektická zmes austenitu a cementitu

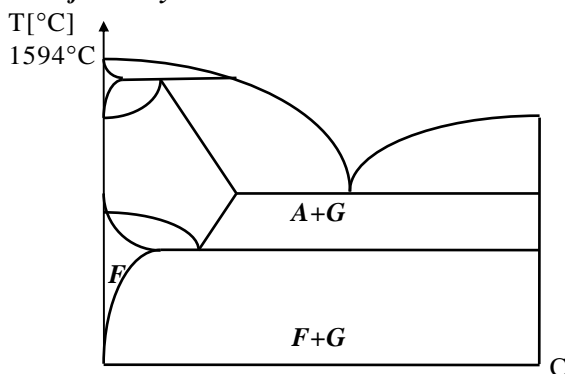
Podľa „E“ (eutektického bodu) **biela liatina** sa delí na:

- **nadeutektická** biela liatina - nadE - 4,3% + 6,687% C
- **podeutektická** biela liatina - podE - do 4,3% C
- **eutektická** biela liatina - E = 4,3% C

Podľa bodu „S“ sa **ocel** delí na:

- **nadeutektoidná** ocel - od 0,77% C do 2,11% C
- **podeutektoidná** ocel - do 0,77% C
- **eutektoidná** ocel - 0,77% C

RBD stabilnej sústavy Fe - C:



8. Štruktúra stuhnutých zliatin. Primárna a sekundárna štruktúra, technologické chyby materialu. Vplyv prvkov na vlastnosti F_e a jeho zliatin. Sprievodné prvky prospešné a škodlivé. Legujúce prvky austenitotvorné, feritotvorné, karbidotvorné a nekarbidotvorné. Vtrúseniny v oceliach - endogénne a exogénne.

Sprievodné prvky prospešné a škodlivé:

Sprievodné - bez nášeho pričinenia - **prospešné** - minimalizujú vplyv škodlivých orvkov (mangán, kremík, hliník, titán)

- **Mn** - viaže síru,

- **Al** - viaže kyslík

- **škodlivé** - **síra** - vytvára siriak železa a spôsobuje krehkosť a vznik trklín

- **kyslík** - vytvára oxidy - nekovové zlúčeniny

- **fosfor** - vytvára fosfydy, vytláča uhlík

- **dušik** - vytvára Fe_4N - spôsobuje stárnutie materiálu

Prísadové prvky - pridávame úmyselne

Vzťah k Fe - substitučné (nikel , kobalt , chróm , hliník , titán)

- intersticiálne (uhlík , bór)

Legujúce prvky:

Vzťah k C - karbidotvorne (železo , chróm , vanád , wolfrám , titan)

- nekarbidotvorné (nikel , hliník , kobalt)

Vplyv na RBD Fe-C : - **austenitotvorné** - rozširujú teplotné pole austenitu (nikel , mangán)

- **feritotvorné** - spôsobuje zmenšenie austenitového poľa (chróm)

1. znížiť kritickú rýchlosť rozpadu austenitu - zvýšiť prikaliteľnosť

2. zvýšiť tvrdosť a stálosť častíc

3. zvýšiť pevnosť tuhého rozpadu

4. zmenšiť sklon rastu zrna

5. zmeniť mechanické a fyzikálne vlastnosti

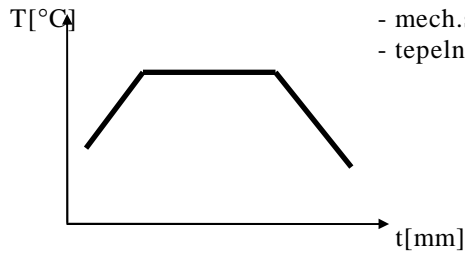
6. zvýšiť odolnosť voči korózii

7. zvýšiť žiarupevnosť a žiaruvzdornosť (hróm)

9. Teória tepelného spracovania. Rozpad austenitu (perlitická, bainitická a martenzitická premena). Vplyv obsahu uhlíka na vznik a vlastnosti martenzitu. Transformačné diagramy IRA,ARA

Teória tepelného spracovania : - legovaním

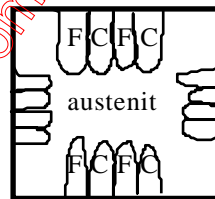
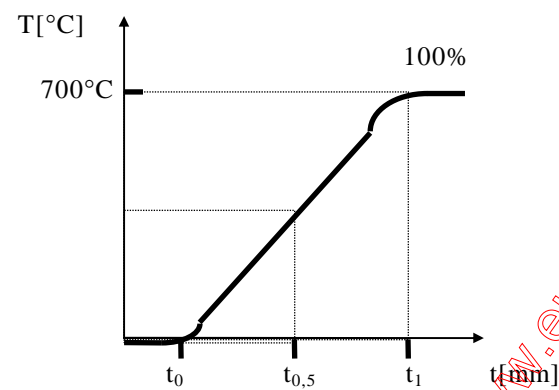
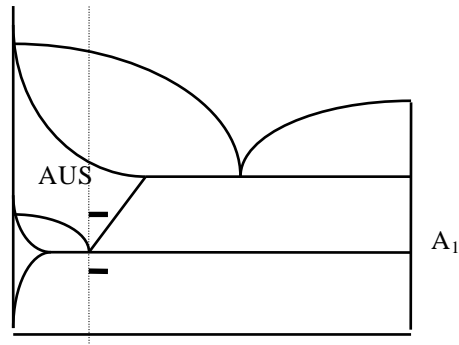
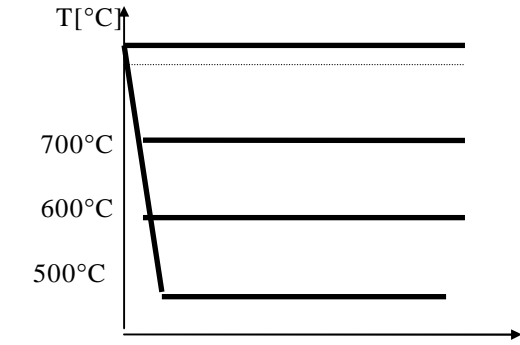
- mech.spracovaním
- tepelným spracovaním



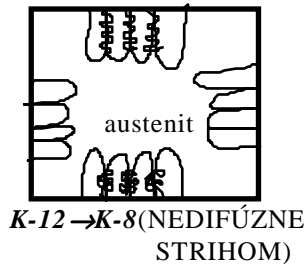
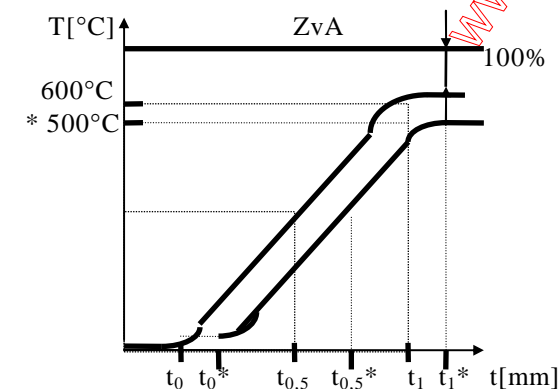
Zmena rovnovážneho stavu sústavy na nerovnovážny resp. naptak riadeným ohrievaním a následným ochladzovaním.

- Izotermické spracovanie:** - žihanie
- popúšťanie
- kalenie

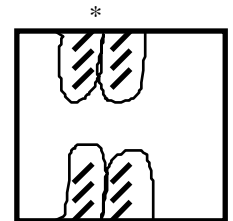
Izotermický rozpad austenitu:



C - cementit
F - ferit
K-12 → K-8 (DIFÚZIOU)

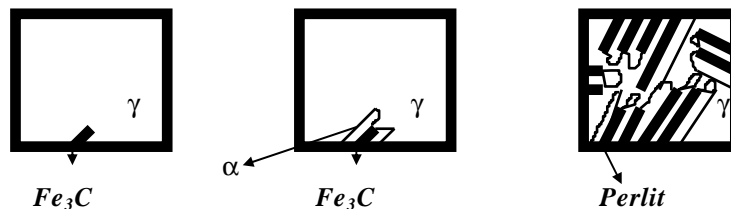


K-12 → K-8 (NEDIFÚZNE STRIHOM)

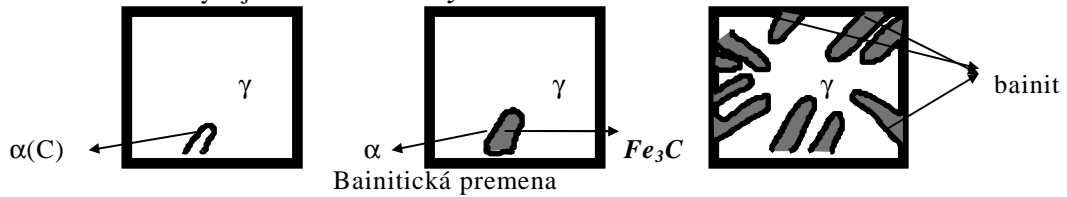


Vznik horného a dolného bainitu

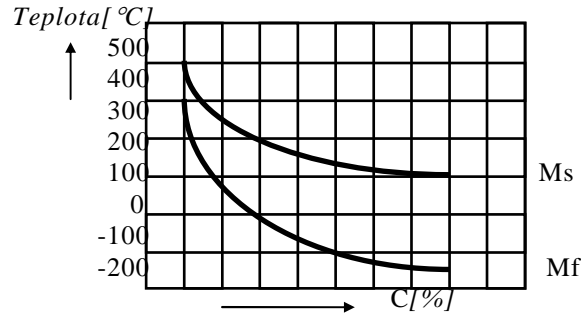
Perlitická premena : pri vyšších teplotách sa rozpadá **austenit** na **lamelárny perlit** (troostit). Na hraniciach kryštálu cementitu vzniká **cementitový zárodok** s rastom do stredu zna. Ochudobnením austenitu v okolí novovzniknutého cementitu o uhlík sa austenit premení na ferit. Malá rozpustnosť uhlíka vo ferite vytláča uhlík z feritu do okolného austenitu, ktorý sa opäť premení na cementit. Opakovaním tohoto postupu vzniká **lamelárny perlit**. Hrúbka lamiel závisí od **difúznej rýchlosti uhlíku v austenite**, ktorá závisí od výšky teploty.



Bainitická premena : Pri nižších teplotách sa **austenit** rozpadá na **bainit**. Na hraniciach zrn vznikajú **kryštály feritu** presýtené uhlíkom, ktoré postupne rastú. Difúzna rýchlosť uhlíka v železe α je väčšia než v železe γ , vylučuje sa uhlík z feritu v podobe **jemných karbidov**. Tie sú tým jemnejšie, čím nižšia je teplota vzniku bainitu. Preto má tzv. **horný bainit** hrubšie karbidy a je **mäkší** než **dolný bainit**.



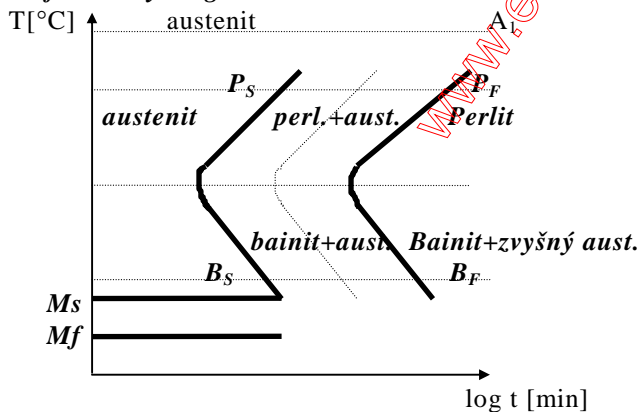
Martenzitická premena : začína pri teplote v bode M_s a končí pri teplote (podstatne nižšej) v bode M_f .



Vplyv obsahu uhlíka na vznik a vlastnosti martenzitu :

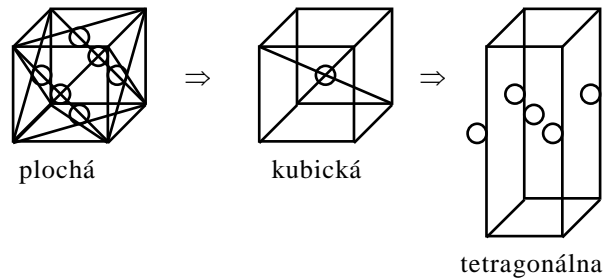
Tvorba martenzitu je veľmi rýchla a preto dislokácie umožňujúce jeho tvorbu musia mať možnosť rýchleho pohybu. Pri prerušení ochladzovania medzi M_s a M_f , martenzitická premena sa zastaví a zostávajúci nepremený austenit sa stabilizuje, lebo okolo dislokácií sa hromadia atómy uhlíka. Ak má martenzitická premena po ďalšom ochladzovaní pokračovať, musia vzniknúť nové zárodky. Z tohoto dôvodu pokračuje premena pri nižšej teplote ako predtým bola prerušená. Hromadenie atómov uhlíka okolo dislokácií je úmerné dĺžke doby prerušenia ochladzovania. Čím nižšie pod bodom M_s je teplota, pri ktorej bolo ochladzovanie prerušené, tým menšia je pravdepodobnosť vzniku nových zárodokov a ďalšej premeny zostatkového austenitu. Pri určitej dobe a teplote prerušeného ochladzovania sa premena austenitu skoro úplne zastaví a nepremený austenit sa zachová ako zvyškový a hromadí sa okolo dislokácií a nad teplotou M_s , kde je hustota dislokácií menšia, nemajú tieto atómy uhlíka taký veľký vplyv na priebeh martenzitickej premeny, ktorá nasleduje po znížení teploty pod M_s .

Transformačný diagram IRA :



Mriežka **K-12** sa mení na **K-8** \Rightarrow uhlík nedifunduje

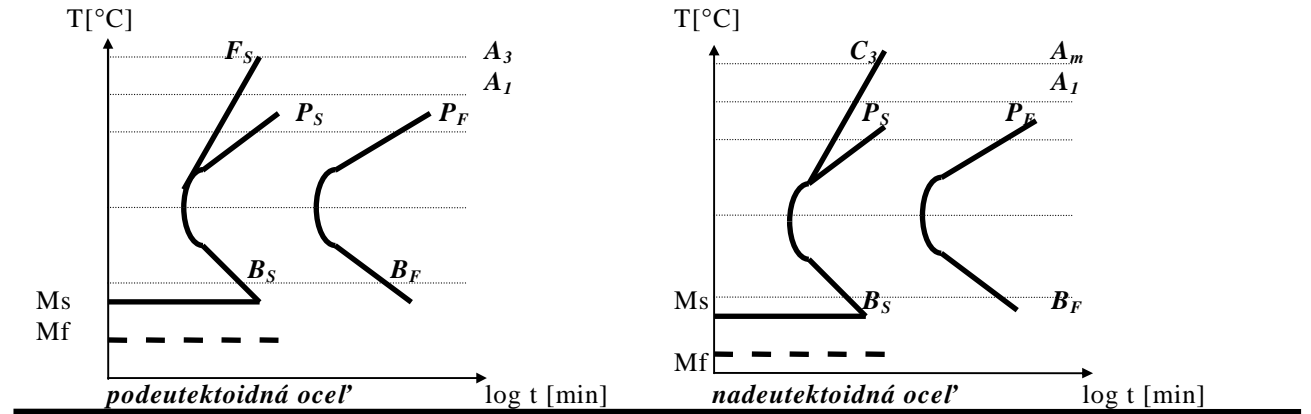
Presýtený roztok uhlíka železa α s tetragonálnou mriežkou - martenzit:



- P_S - perlit štart
- P_F - perlit finiš
- B_S - bainit štart
- B_F - bainit finiš
- M_s - martenzit štart
- M_f - martenzit finiš

IRA - eutektoidné ocele sú bez M_f :

ARA - diagram obsahuje M_f :



www.euroekonom.sk

10. Kalenie ocelí, kaliteľnosť a prekaliteľnosť, druhy kalenia. Povrchové kalenie, popúšťanie, zušľachtovanie, žihanie. Žihanie ocelí s prekryštalizáciou a bez prekryštalizácie. Chemicko tepelné spracovanie (cementovanie, nitridovanie).

Kalenie ocelí, kaliteľnosť a prekaliteľnosť, druhy kalenia:

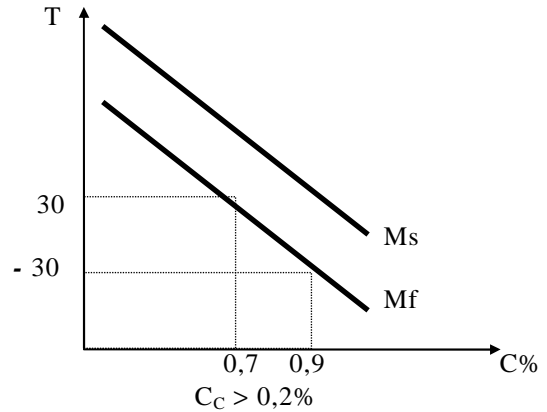
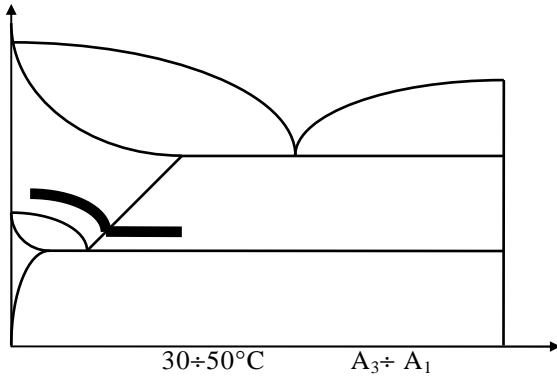
Kalenie - je ochladzovanie austenitu kritickou resp. nadkritickou rýchlosťou ochladzovania za vzniku martenzitu a zvyškového austenitu.

Kaliteľnosť - schopnosť materialu zakaliť sa

Prekaliteľnosť - kaliteľnosť do určitej hĺbky

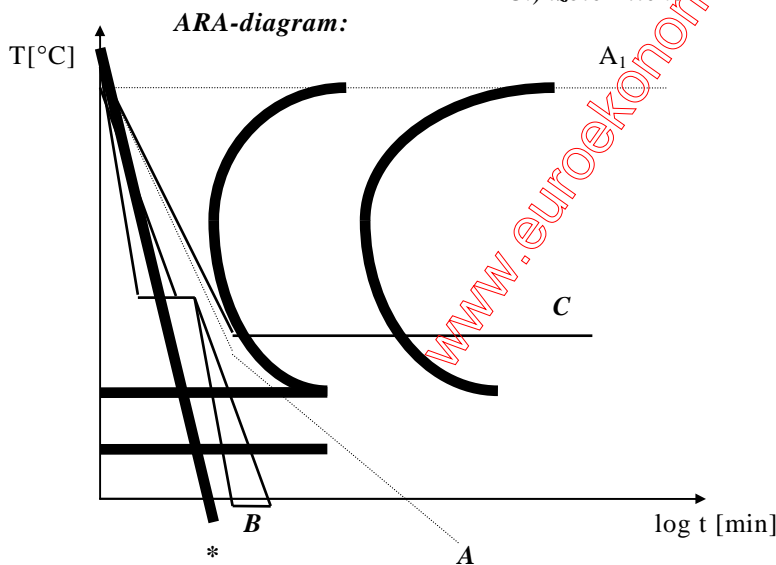
Výdrž na teplote - homogenizácia austenitu

Tvorba kaliacich teplôt (ohrev):

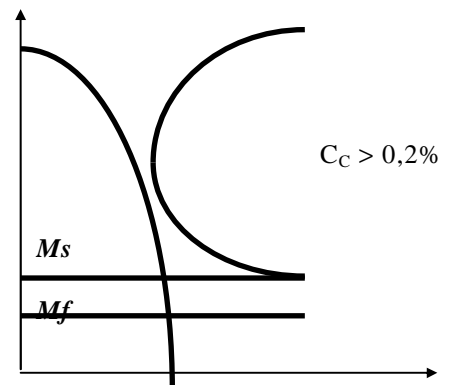


Spôsob kalenia: - do vody - na vzduchu (vysoko legované)
 - do oleja

Podľa spôsobu ochladzovania: - nepretržité *
 - pretržité - A.) lomené
 - B.) termálne
 - C.) izotermické



Rýchlosť ochladzovania V_{kr} :



Druhy kalenia: - **objemové** - kalí celý objem

- **povrchové** - kalí povrch do určitej hĺbky (indukčné a plameňom)

- **cementovanie** - difúzne nasycovanie povrchu uhlíkom > 0,2% ⇒ potom kalenie
 - hrúbka cementovanej vrstvy je cca 1mm

- **nitridovanie** - hrúbka rádovo desatiny mm
 - nasycovanie povrchu dusíkom

- **mech.-tepelné spracovanie** - zjemnenie štruktúry

Popúšťanie:- podľa teploty : A -vysokoteplotné mechanické spracovanie 350÷650°C

B -nízkoteplotné mechanické spracovanie 150÷350°C

Popúšťanie nasleduje po kalení , ohrev zakalenej súčiastky s martenzitickou štruktúrou na teplotu pod A_1 .

- do **200 °C** - sa popúšťajú ložiská , cementované, povrchovo kalené
- zníženie tvrdosti a vnút. napätí

- do **300 °C** - rozpad zvyškov austenitu na bainit a vznikne nízko-uhlíkový martenzit

- do **400 °C** - rozpad martenzitu, vznik feritu+cementitu ⇒ **sorbit**

Zušľachtovanie - vysokoteplotné popúšťanie + kalenie - **sorbit**

Žihanie - ohrev, výdrž, ochladzovanie

- tepelné spracovanie za účelom dosiahnutia rovnovážneho stavu.

Žihanie - podľa výšky teploty - s prekrýštalizáciou (T pod A_1)

- **bez prekrýštalizácie** (T na A_m)

Homogenizačné žihanie - na vyrovnanie (odstránenie)

chemickej nerovnorodosti

- 1000÷1200°C, čas 4 hod

(pod $\frac{3}{4}$ a ve $\frac{3}{4}$ kosti), zhrubne zrno

Normalizačné žihanie - zmena zrna austenitu

Normalizačné žihanie - podeutektoidné - 30÷50°C nad A_3 ,

ochladzovanie na vzduchu 1-4hod

- **nadeutektoidné** - 30÷50°C nad A_m , ochladzovanie na vzduchu 1-4hod

Žihanie bez prekrýštalizácie: - na zníženie vnútorných napätí (po tvárnení za studena, po žíhaní)

- teploty 500÷650°C, výdrž 1-2hod , ochladzovanie pomaly v peci

Rekrýštalizačné žihanie - slúži na odstránenie deformačného spevnenia

- teplota 550÷700°C, výdrž do 5 hod , ochladzovanie na vzduchu

Protivložkové žihanie - na zníženie obsahu uhlíka

- teplota 650÷750°C , výdrž desiatky hodín , ochladzovanie pomaly v peci

Žihanie na odstránenie krehkosti po morení - na vypudenie vodíka z povrchu ocele po morení kyselinami

- teplota 450°C

Žihanie na mäkko - vytvorenie štruktúry sterilizovanými časticami cementitu

- výsledok dobre obrobiteľná štruktúra

Podeutektoidné ocele - tesne pod A_1 (4÷8 hod) - ochladzovanie v peci

Nadeutektoidné ocele - tesne nad A_1 (4÷8 hod) - ochladzovanie v peci

Chemickotepelné spracovanie : podstatou je úmyselne vyvolaná zmena chemického zloženia oceli v povrchových vrstvách, ktorá odrazí vo zvýšenej tvrdosti - buď **priamo - nitridovanie**

- buď **po nasledujúcom kalení - cementovanie**

Hlavným účelom CHTS je - zvýšenie tvrdosti povrchu a jeho odolnosti proti opotrebeniu (únave)

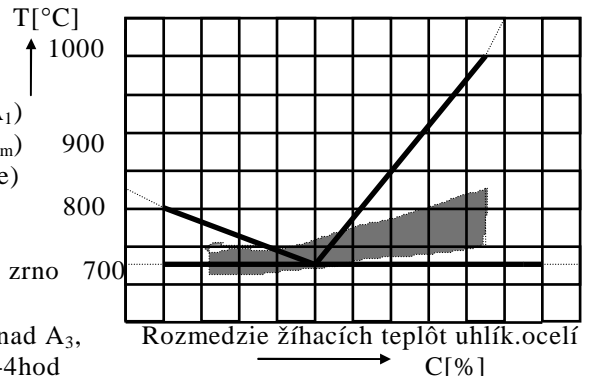
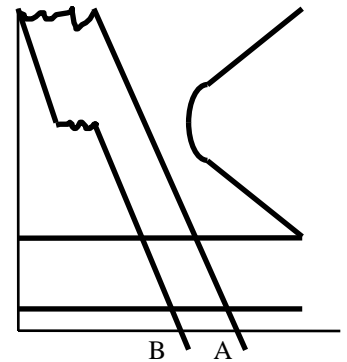
- jadro súčiastok má tvrdosť nižšiu ale je húževnatejšie

- **cementovanie** - difúzne nasycovanie povrchu uhlíkom > 0,2% ⇒ potom kalenie

- hrúbka cementovanej vrstvy je cca 1mm

- **nitridovanie** - hrúbka rádovo desiatiny mm

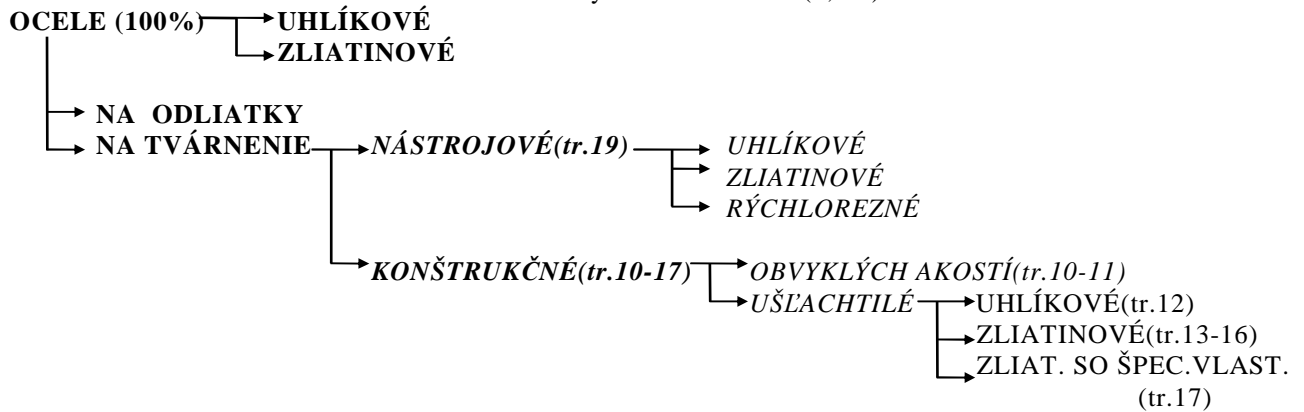
- nasycovanie povrchu dusíkom



11. Rozdelenie ocelí. Ocele triedy 10 a 11, ocele triedy 12 až 16, ocele triedy 17. Nástrojové materiály, plasty. Základné druhy a vlastnosti.

Rozdelenie ocelí: podľa spôsobu použitia - na tvárnenie : 1X XXX . X (95,5%)

- na odliatky : 22 XXX (4,5%)



Ocele triedy 10: - bez zaručených vlastností: * 10 000-na nenáročné stavebné a zámočnicke práce

* 330-500 Mpa - staticky namáhané konštrukcie

* ocele na výstuž do betónu (roxor)

* 10 650-10 750 - na koľajnice

* nemajú zaručené chemické zloženie <0,5(0,7)%

* lacné P,S <0,5%

* nespracovávajú sa tepelne

Ocele triedy 11: - majú predpísanú čistotu : * P,S = 0,02-0,05%

* nízkouhlíkové - hlbokoažné plechy a autoplechy do 0,1%

* na výrobu oceľových konštrukcií C <0,2%

* zvariteľné ocele so zvýšenou medzou klzu (tlak.nádoby,stožiare) C <0,2%

* ocele na výrobu strojových súčiastok C <0,3%-môžu sa kaliť (skrutky, matky, čapy, oz.kolesá)

* automaťové ocele s obsahom fosforu a síry 0,1% - čo umožní lámanie triesky => dobrá obrobitelnosť malých súčiastok

Ocele triedy 12-16 : - ušľachtilé - používajú sa len pri tepelnom spracovaní

- 12 XXX - nelegované

- 13 XXX - nízkolegované (mangán)

- 14 XXX - nízkolegované (chróm)

- 15 XXX - nízkolegované (molybdén)

- 16 XXX - nízko a stredne legované ocele (nikel)

- delíme : - A.) na cementáciu C <0,2%

- B.) na zušľachtovanie C >0,3%: - bežné strojové súčiastky C=0,3-0,7%

- pružinové ocele C<1%

- valivé ložiská ≈1%

- nitridačné ocele

12 X X X → poradové číslo

:

→ objem C v desatinách

:

16 X X X → legúry v %

Ocele triedy 17: - ušľachtilé konštr. ocele so špec. vlastnosťami

* vysokolegované ocele C nad 10%

* koróziivzdorné chróm=12% - A.) martenzitické kaliteľné

B.) feritické ocele

C.) austenitické ocele

* žiaruvzdorné ocele

* žiarupevné ocele (chróm , nikel)

* ocele odolné voči opotrebeniu - Hadfieldova ocel (Mn)

* ocele na použitie pri nízkych teplotách

* ocele so zvláštnymi fyzikálnymi vlastnosťami (odporové mat., materiál s malou tep.rozťažnosť)

Nástrojové materiály : podľa použitia:- rezné nástroje

- nástroje pre tvárnenie za tepla a za studena
- formy pre tlakové liatie kovov
- formy pre vstrekovanie plastov
- pomocné nástroje
- brúsiace nástroje

Základné nástrojové ocele : - nástrojové ocele

- spekané karbidy
- keramické materiály- brúsne kotúče
- stelity
- super tvrdé materiály - diamant , kubický nitrid bóru

Nástrojové ocele tr. 19 - **uhlíkové** 19 0XX , 19 1XX , 19 2XX

- **legované** 19 3XX Mn - vysoká čistota

19 4XX Cr

19 5XX Mo

19 6XX Ni

19 7XX W

} - vysoká homogenita

- **rýchlorezné** 19 8XX C=1% (odolné voči popusteniu, prítomnosť veľkého množstva karbidov , ktoré vznikajú pri popúšťaní)

- **mariging** 19 9XX C do 0,03% (vytvrdzovateľné časom)

Keramické materiály: - oxidová keramika - korund 8. Najtvrdší materiál

- neoxidová keramika

- zmiešaná keramika

Stelity : -zliatiny na báze kobaltu - chróm 22%

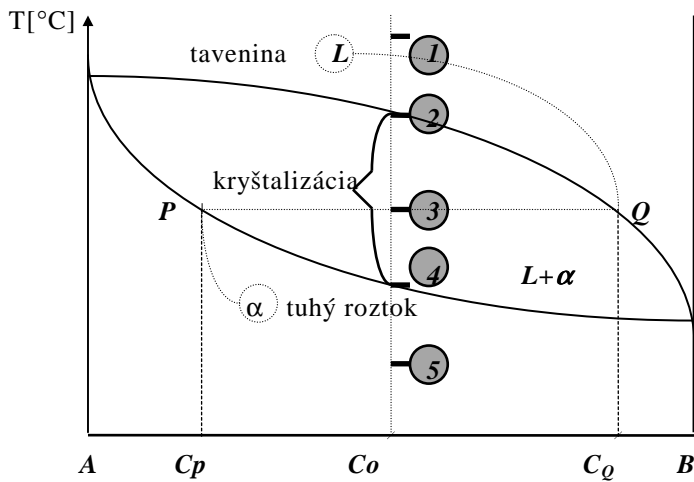
- wolfrám 4%

- uhlík 1%

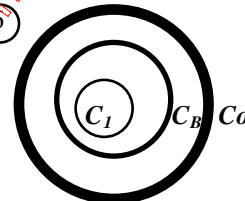
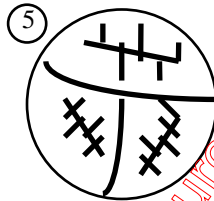
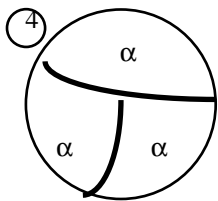
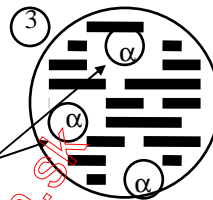
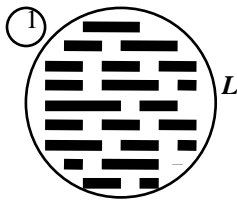
- stelity sa používajú na naváranie zubov

www.euroekonom.sk

Príklad RBD zložiek A,B dokonale rozpustných v solide aj v likvide:PÁKOVÉ PRAVIDLO



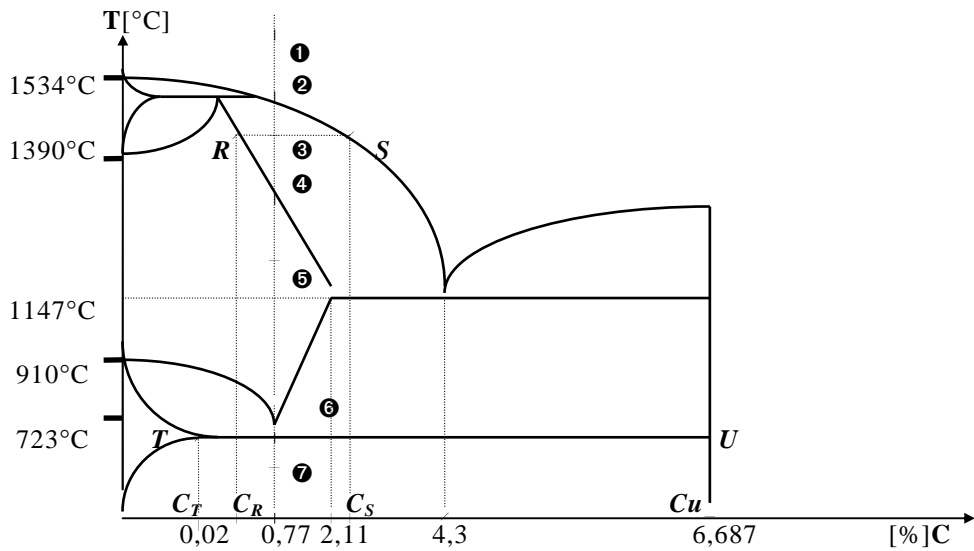
$\alpha=A(B)$ - (B)rozpustené v A
 $\alpha=B(A)$ - (A)rozpustené v B



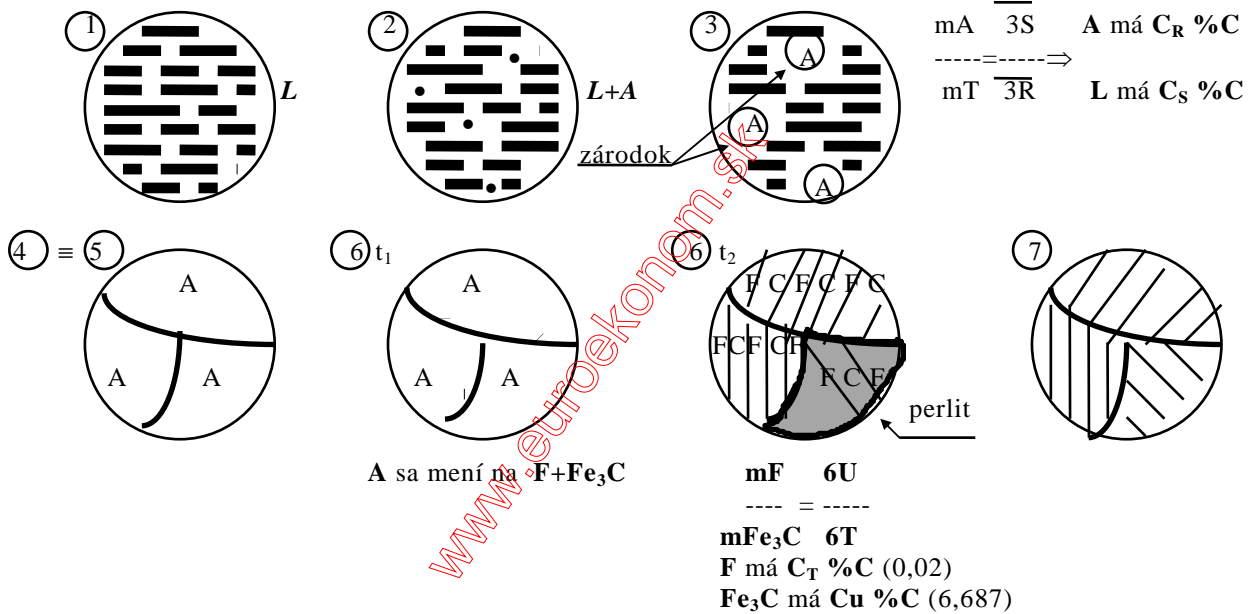
Pákové pravidlo:
 $mL \cdot P_3 \cdot \alpha$ má $C_p\%B$
 $m\alpha \cdot Q_3 \cdot L$ má $C_Q\%B$
 KDE: mL-množstvo likvidu
 $m\alpha$ -množstvo α

- ① TAVENINA
- ② TAVENINA+ VZNIK ZÁRODKOV
- ③ KRYŠTALIZÁCIA
- ④ TUHÝ ROZTOK α
- ⑤ TUHÝ ROZTOK + POKLES TEPLoty
- ⑥ DENDRIDICKÁ SEGREGÁCIA

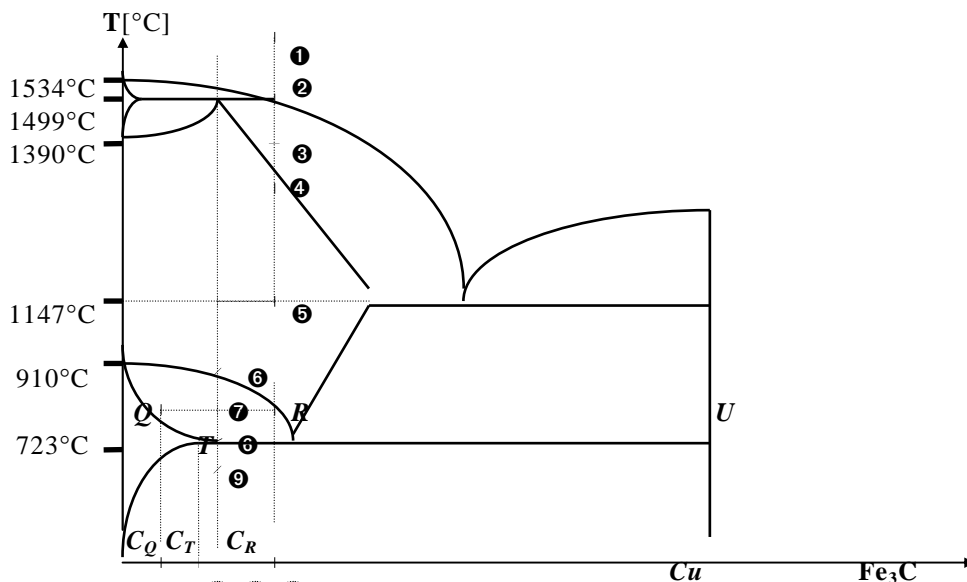
Vývoj štruktúry eutektoidnej ocele:



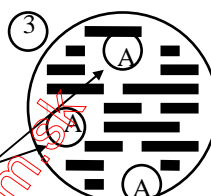
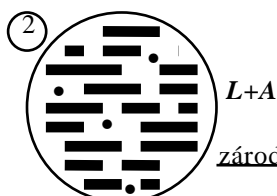
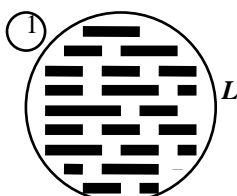
V bode 2 3 4 - kryštalizácia.



Vývoj štruktúry pre podeutektoidnú štruktúru:

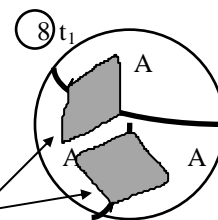
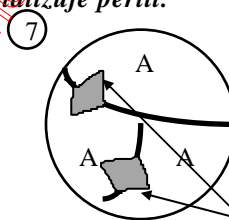
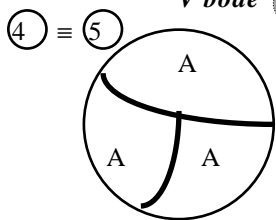


V bode 2 3 4 - kryštalizácia.



$m_A \overline{3S}$ A má C_R %C
 $m_L \overline{3R}$ L má C_S %C

V bode 6 7 8 t_1, t_2 - z austenitu kryštalizuje perlit.

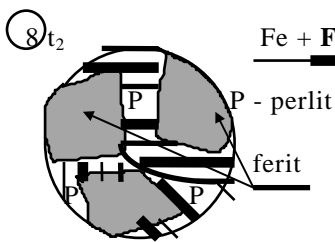


$m_A \overline{Q7}$
 $m_F \overline{R7}$

$m_A \overline{8T}$
 $m_F \overline{8E}$

F má C_Q %C
 A má C_R %C

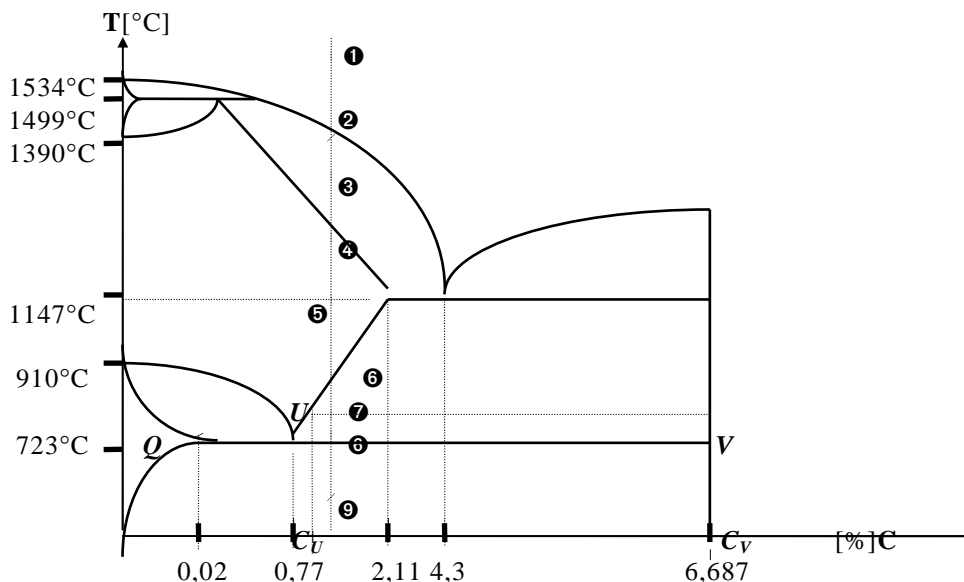
F má C_T %C (0,02%)
 A má C_E %C (0,77%)



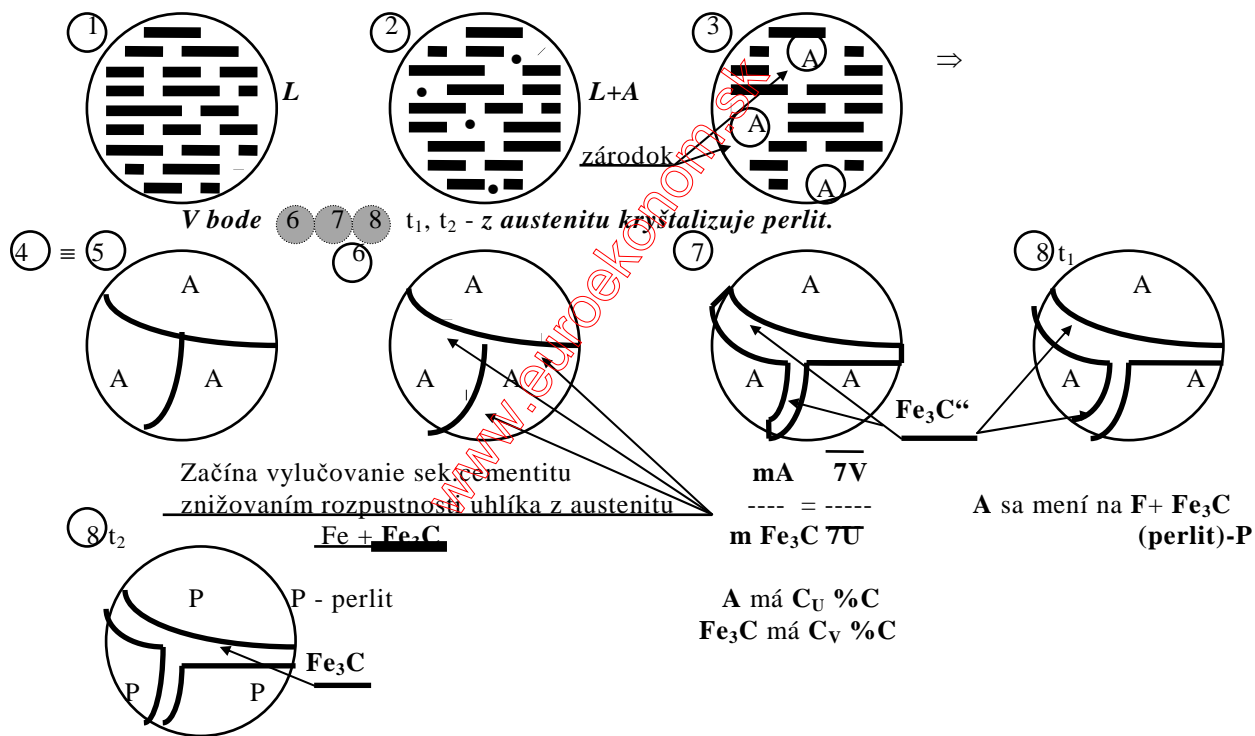
$m_F \overline{8U}$
 ----- = -----

$m \text{Fe}_3\text{C}$ $\overline{8T}$
 Fe_3C má C_{Cu} %C (6,687%)
 F má C_T %C (0,02%)

Vývoj štruktúry pre nadeutektoidnú štruktúru:

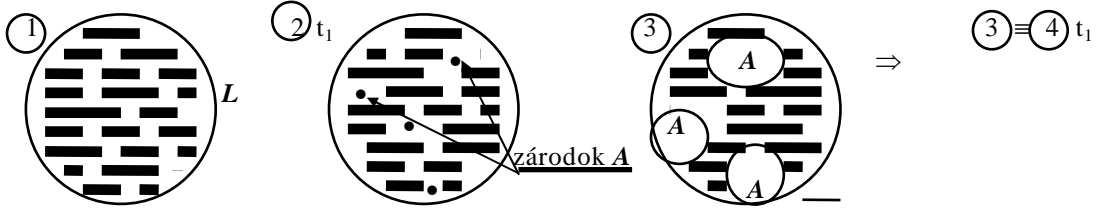
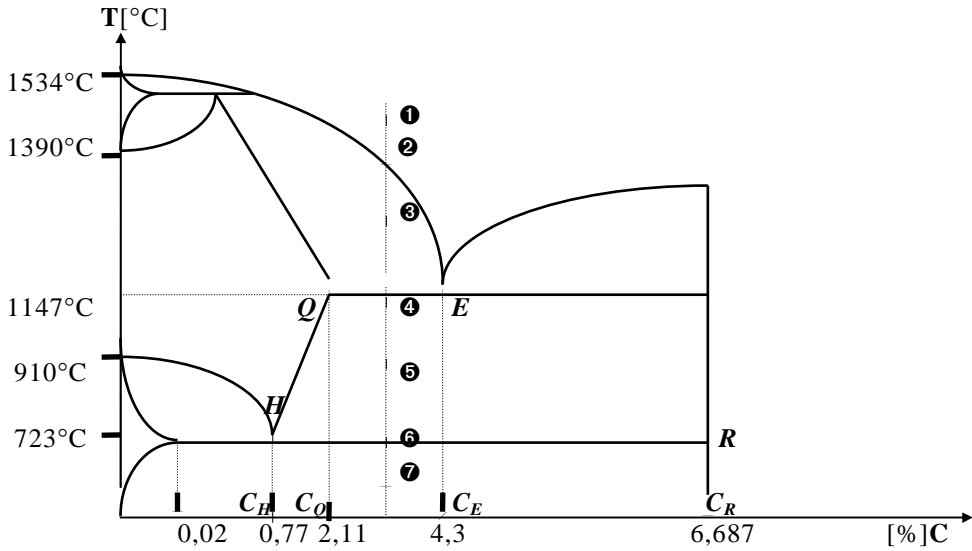


V bode 2 3 4 - kryštalizácia.



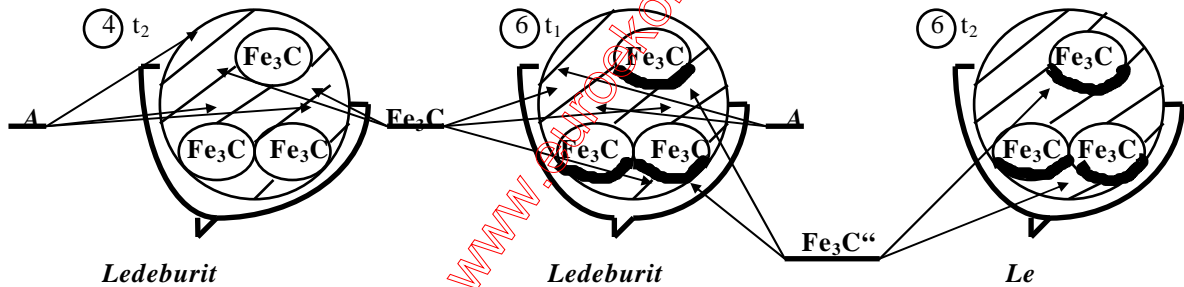
Fe_3C má C_V %C (6,687%)
F má C_Q %C (0,02%)
Ledeburit P, F, Fe_3C , Le

Nadeutekoidná :



$$\frac{mA}{mL} = \frac{\overline{E4}}{4Q}$$

A má C_Q %C (2,11%)
L má C_E %C (4,3%)



Ledeburit

$$\frac{mA}{mFe_3C} = \frac{\overline{6G}}{6H}$$

Fe_3C má C_B %C (6,687)
A má C_A %C (0,77%)
 $A \rightarrow F + Fe_3C$
(perlit)

Le

$$\frac{mA}{mFe_3C} = \frac{\overline{6R}}{6H}$$

Fe_3C má C_R %C (6,687)
A má C_H %C (0,77%)
 $A \rightarrow F + Fe_3C$
(perlit)

⑦ to isté ako ⑥ t₂

Stabilná sústava železo-uhlík:

Očkovadlo: Si (kremík) - štruktúra kryštalickej hmoty - *F*, *P*, *F+P*

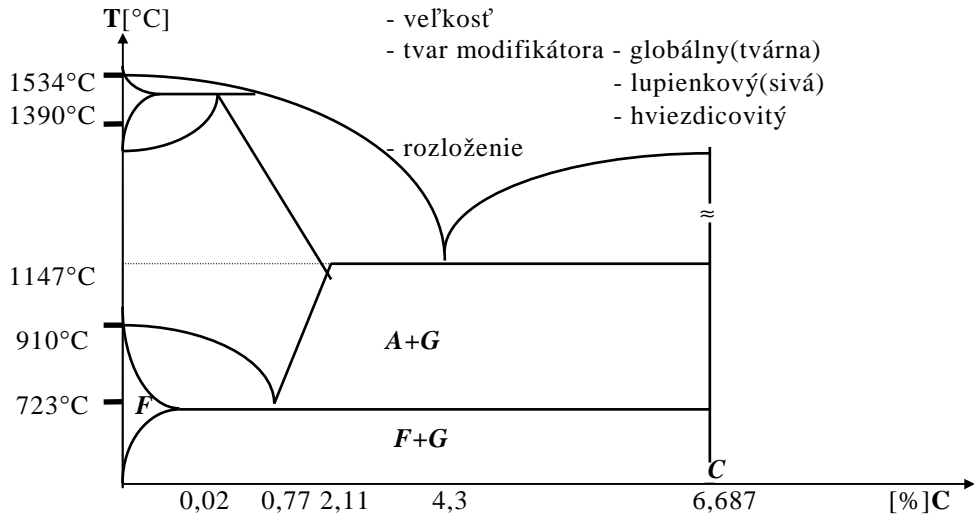
- štruktúra grafu - množstvo

- veľkosť

- tvar modifikátora - globálny (tvárna)

- lupienkový (sivá)

- hviezdicovitý



www.euroekonom.sk