

1. Stavba atómu, druhy väzieb medzi atómami. Kovová väzba a jej vplyv na vlastnosti.

Atóm je najmenšia časť chemického prvku, ktorá je chem. spôsobom ďalej nedeliteľná.
 $d=10^{-10}\text{m}$

Atóm je navonok elektroneutrálny, ak počet protónov v jadre sa rovná počtu elektrónov v obale.

Atóm - jadro – protóny (jednotkový kladný náboj), neutróny. V jadre atómu je sústredená hmotnosť atómu, pretože protóny majú o niekoľko rádov vyššiu hmot. ako elektróny.

-obal – elektróny (jednotkový záporný náboj)

Atóm charakterizuje:

1. Protónové (atómové) číslo Z – počet protónov v jadre atómu
2. Nukleónové (hmotnostné) číslo A – počet neutrónov a protónov v jadre atómu

Poznámka: značka prvku: ${}_Z^AX$, kde X – je značka prvku, Z – atómové číslo, A – nukleónové číslo

Väzby medzi atómami

Väzby medzi atómami vznikajú ako výsledok pôsobenia príťažlivých a odpudivých síl.

1.1 Typy väzieb:

a) Iónová väzba:

- väzba iónov s opačnými elektrickými nábojmi (teda vzniká medzi elektropozitívnymi a elektronegatívnymi prvkami),
- predstaviteľ takej väzby: NaCl (chlórid sodný, resp. kuchynská soľ),
- vlastnosti väzby: tvrdosť, krehkosť, je elektricky nevodivá,
- ión – vzniká z atómu pribratím, alebo odobratím valenčných elektrónov (katióny, anióny).

b) Kovalentná väzba:

- väzba sprostredkovaná dvojicou valenčných elektrónov (elektrónový pár) a súčasne elektrónový pár patrí obom atómom
- vzniká medzi elektronegatívnymi atómami rovnakého druhu
- predstaviteľ takej väzby: H_2 , N_2 , O_2 , Cl_2 , diamant
- vlastnosti väzby opäť: tvrdosť, krehkosť, je elektricky nevodivá
- je to väzba **smerná** (t.j. je najsilnejšia v smere, kde nastáva prepožičanie elektrónov),

Podľa počtu elektrónových párov môže byť väzba:

1. jednoduchá – 1 elektrónový pár
 H_2 : $\text{H}-\text{H}$
2. dvojitá – 2 elektrónové páry
 CO_2 : $\text{O}=\text{C}=\text{O}$
3. trojitá – 3 elektrónové páry
 N_2 : $\text{N}\equiv\text{N}$

c) Kovová väzba:

- špecifický typ kovalentnej väzby
- charakteristická pre kovy (vzniká medzi elektropozitívnymi prvkami – KOVMI)
- väzba charakterizovaná voľne pohyblivými valenčnými elektrónmi (pohybujú sa v katónovej mriežke), ktoré vytvárajú tzv. **elektrónový mrak**
- zabezpečuje dobrú elektrickú a tepelnú vodivosť, plasticnosť (tvárnosť)
- je to väzba **sféricky symetrická** (pôsobí rovnako veľkou silou, v ktoromkoľvek smere)

d) van der Waalove sily (väzba van der Waalovými silami)

- táto väzba je prítomná vo všetkých troch predchádzajúcich typoch väzieb, ale je veľmi slabá a je prekrytá účinkom silnejších väzieb
- pôsobí na 10-násobne väčšiu vzdialenosť ako predchádzajúce typy väzieb,
- väzba vyplýva z existencie dipólu

Poznámka: **Elektropozitívne** prvky sú KOVY, teda prvky s malým počtom valenčných elektrónov (1,2,3). **Elektronegatívne** prvky, NEKOVY, majú väčší počet valenčných elektrónov (5,6,7).

2. Kryštalické a amorfné látky. Kryštalová stavba kovov. Monokryštál, elementárne bunky kryštalových mriežok. Roviny a smery v kryštáloch.

Látky sa môžu vyskytovať v troch zákl. stavoch – skupenstvách.

1. pevné, tuhé
2. kvapalné
3. plyný
4. plazma – vysoko ionizovaný plyn.

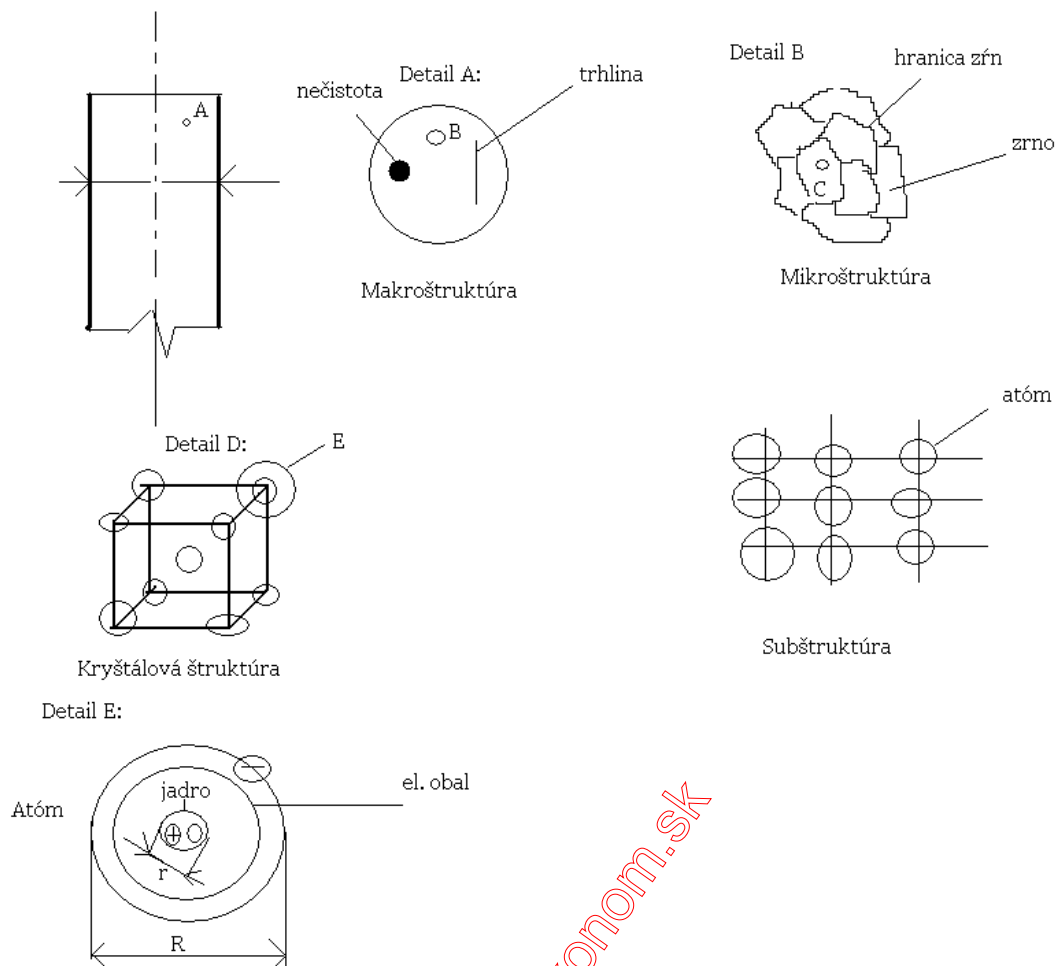
Pevné látky s pravidelným usporiadaním základných stavebných častíc (atómov, iónov) sa nazývajú kryštalické látky. Všetky kovy a ich zliatiny (kovové materiály) sú pri izbovej teplote kryštalické (platí to pre materiály získané bežnými metalurgickými postupmi). Okrem ortuti. Pevné látky s nepravidelným usporiadaním zákl. stavebných častíc sa nazývajú amorfné látky – napr. ~~sklo~~.

Štruktúra kovových materiálov

Kovové materiály používané v technickej praxi sú spravidla polykryštalické. Slovo polykryštalické znamená, že sa skladajú z veľmi veľkého počtu rôzne orientovaných mikrokryštálov – zŕn, ktoré s istým zjednodušením môžeme považovať za monokryštál. V bežných technických materiáloch a zliatinách dosahuje veľkosť zrna mikrometer až desiatky mikrometrov.

Veľkosť a orientácia jednotlivých zŕn je výrazne ovplyvnená spôsobom (technológiou) výroby materiálu a jej parametrami napr. výška teploty pri výrobe a spracovaní materiálu a rýchlosťou ochladzovania tejto teploty.

Pod pojmom štruktúra kovového materiálu rozumieme spôsob usporiadania kryštálov (fáz) ich množstvo, druh, veľkosť a tvar. Štruktúra a fázové zloženie zásadným spôsobom ovplyvňujú vlastnosti technologické a úžitkové kovových materiálov.



$$r = 10^{-14} \text{ m}$$

$$R = 10^{-10} \text{ m}$$

Výrobcovia kovových materiálov vyrábajú materiály s presne definovaným chemickým zložením a požadovaným typom štruktúry.

Štruktúru rozdeľujeme na:

1. *Primárnu* - vzniká pri tuhnutí taveniny (v mnohých kovoch a zliatinách sa zachováva až do izbovej teploty)
2. *Sekundárnu* – ak sa po stuhnutí materiálu jeho štruktúra zmení, príčina môže byť
 - a. fázová premena v tuhom stave
 - b. technologické spracovanie materiálu tvárnením

Podľa toho aké detaily skúmame:

- makroštruktúra – voľným okom alebo lupou
- mikroštruktúra – pomocou svetelných a elektrónových mikroskopov
- subštruktúra – pomocou špeciálne pripravených vzoriek (tenkej fólie), elektrónový mikroskop
- kryštalová štruktúra – priamo pozorujeme pomocou transmisných elektrónových mikroskopov s veľmi veľkým rozlíšením

Kryštalová mriežka - pravidelné usporiadanie atómov v priestore podľa určitého geometrického usporiadania.

Typy kryštálových mriežok v ktorých najčastejšie kryštalizujú kovy a ich zliatiny:

1. kubická
2. hexagonálna

Elementárna bunka – najmenšia časť kryštálovej mriežky charakteristická pre daný typ kryštálovej mriežky.

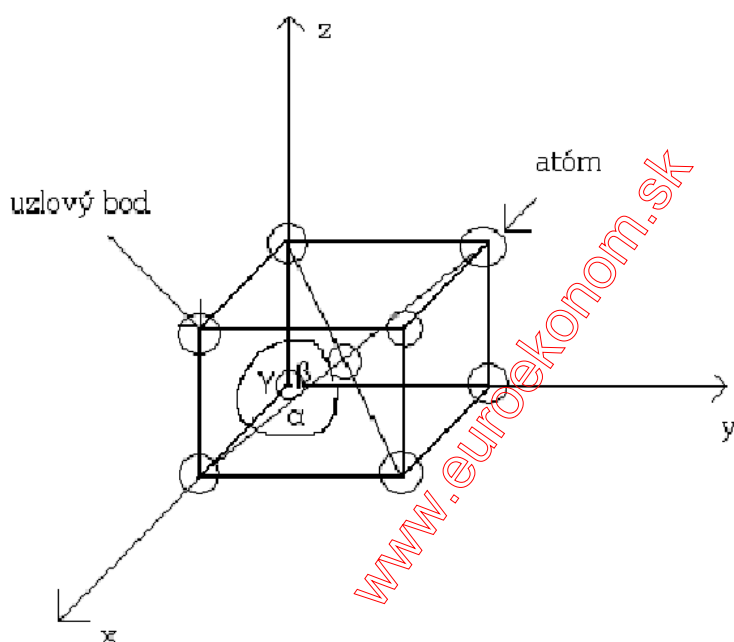
Medzi základné charakteristiky kryštálovej štruktúry patrí:

1. **Koordinačné číslo** – počet najbližších rovnako vzdialených atómov od ľubovoľne zvoleného atómu.
2. **n** – počet celých atómov prislúchajúcich jednej elementárnej bunke
3. **faktor zaplnenia** – objemový podiel mriežky zaplnený hmotou

Elementárna bunka kubickej mriežky

a) priestorovo centrovanej – K8 (K – koordinačné číslo) $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

V mriežke K8 kryštalizujú tieto kovy: Fe, Cr, Mo, V, W, Nb, Ta.



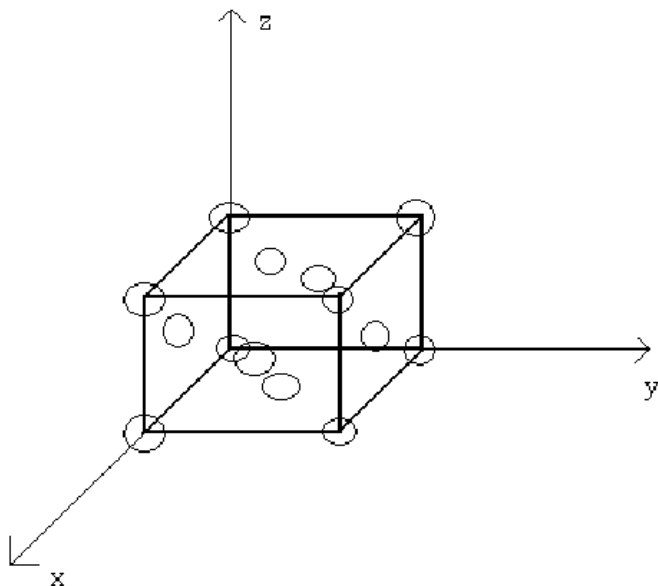
Mriežkové parametre:

1. Dĺžka hrán elem. bunky $a = a = a$
2. Uhly medzi hranami elem. bunky $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

$$n = 2 \text{ (takto sme to vypočítali } n = 8 \cdot \frac{1}{8} + 1)$$

stupeň zaplnenia = 68 %

b) plošne centrovanej – K12 (má najtesnejšie usporiadanie atómov)



Mriežkové parametre:

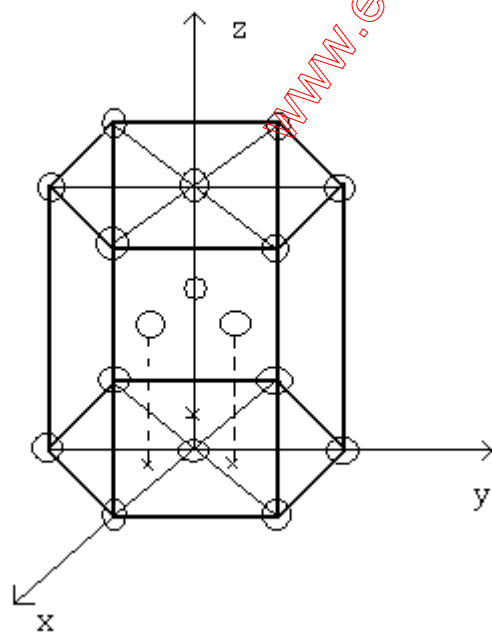
1. $a = a = a$
2. $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

$$n = 4 \text{ (takto sme to vypočítali } n = 8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} \text{)}$$

stupeň zaplnenia = 74 %

Príklady kovov, ktoré kryštalizujú v K12: Al, Cu, Ag, Au, Pt, Ni.

Elementárna bunka hexagonálna – H12 (má najtesnejšie usporiadanie atómov)



Mriežkové parametre:

1. $a = b \neq c$
2. $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$

$$n = 6 \text{ (takto sme to vypočítali } n = 12 \cdot \frac{1}{6} + 2 \cdot \frac{1}{2} + 3)$$

stupeň zaplnenia = 74 %

Kovy v H12: Ti, Zn, Be, Co.

Roviny a smery v kubických kryštáloch

Pre označovanie rovín a smerov v kubickom kryštáli platia **Millerove indexy rovín a smerov (MI)**.

Postup pri určovaní MI rovín:

- napísať počet úsekov, ktoré daná rovina vytína na osiach x, y, z
- urobiť z nich prevrátené hodnoty
- prevrátené hodnoty upraviť na zlomok so spoločným menovateľom
- v čitateli sú príslušné MI roviny, ako aj súboru s ňou rovnobežných a rovnako vzdialených rovín

Millerove indexy rovín:

- označujú sa **(h k l)**, sú tri celé navzájom nedeliteľné čísla, ktoré označujú rovinu a súbor navzájom rovnobežných rovnako od seba vzdialených rovín
- ak rovina vytína úseky na záporných častiach súradnicových osí, potom sa označujú tieto úseky „-“ nad príslušnými MI, $(\bar{h} \bar{k} l)$
- **{h k l}** je súbor kryštalograficky rovnocenných (ekvivalentných) rovín

Millerove indexy smerov:

- o označujú sa **[u v w]**, sú tri celé navzájom nedeliteľné čísla, ktoré označujú kryštalografický smer a súbor smerov s ním navzájom rovnobežných rovnako vzdialených
- o $\langle u v w \rangle$ súbor kryštalograficky rovnocenných smerov

3. Polykryštalický kov. Poruchy stavby kryštálov (bodové, čiarové, plošné, priestorové).

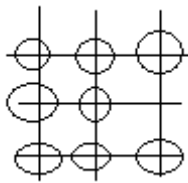
Z geometrického hľadiska môžeme poruchy stavby kryštálov (mriežkové poruchy) rozdeliť na:

1. Bodové
2. Čiarové
3. Plošné
4. Priestorové

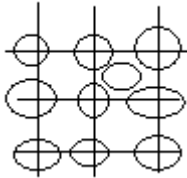
Uvedené poruchy výrazne ovplyvňujú mnohé tzv. štruktúrne citlivé vlastnosti kovových materiálov (tvrdosť, mechanická pevnosť, plasticnosť, elektrická vodivosť).

1. Bodové:

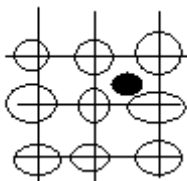
- a) *vakencie* – chýbajúci atóm v uzlovom bode mriežky



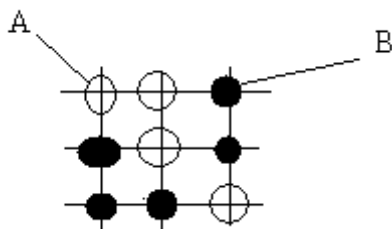
- b) *interstície* – atómy umiestnené v medziuzlových polohách
 - vlastná interstícia



- cudzia interstícia,



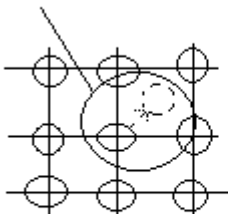
- c) *substitúcia* – atómy prímеси umiestnené v mriežke základného atómu.



- d) *združené* – napríklad kombinácia vakancie a vlastnej interstície sa nazýva Frenkelova porucha.

Poznámka: ďalšou združenou poruchou je aj Schottkyho porucha (kombinácia vakancia – substitúcia)

združená
porucha



atóm z uzlového bodu je
vyrazený do medziatómového
priestoru

2. Čiarové poruchy (dislokácie):

- a) *skrutkové* (Burgersov vektor je rovnobežný s dislokačnou čiarou)
- b) *hranové* (Burgersov vektor je kolmý na dislokačnú čiaru)

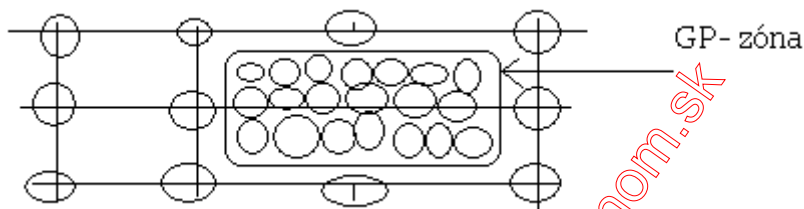
3. Plošné:

- a) *chyby vrstvenia* – porušenie pravidelného sledu vrstiev atómu:
- b) *hranice zŕn*
- c) *hranice subzŕn*

4. Priestorové:

- oblasti mriežky s nahromadenými atómami prímеси, ktoré ešte neviedli k porušeniu celistvosti s okolitou mriežkou
- tvoria dutiny, zhhluk cudzích atómov, precipitáty

Guinier-Prestonove zóny (GP-zóny)



4. Elastická a plastická deformácia kovových materiálov.

4.1 Elastická a plastická deformácia monokryštálu

Pružné (elastické) deformácie nastávajú vtedy, keď pôsobiace vonkajšie sily vychylujú atómy z rovnovážnych polôh max. o 15 % hodnoty parametra mriežky a po odľahčení sa atómy vracajú na pôvodné miesta.

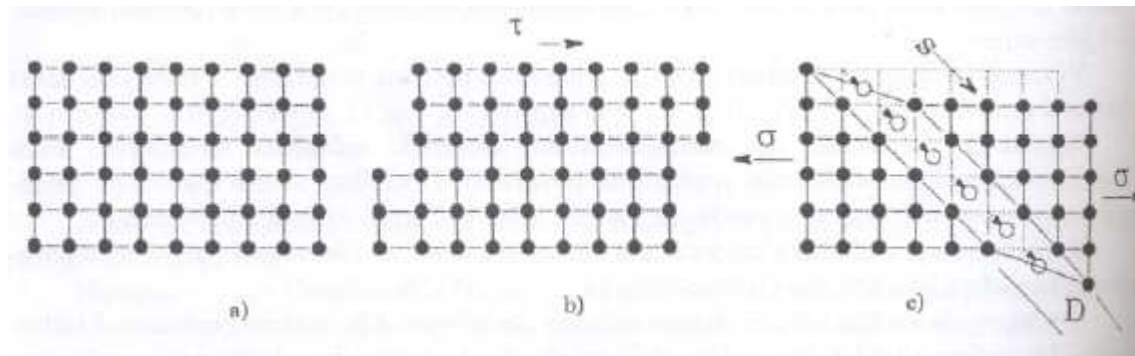
Plastická (trvalá) deformácia vyvoláva v telese zmeny a atómy sa už po odľahčení nevracajú do pôvodných polôh. Pri plastickej deformácii dochádza k posunutiu atómov o väčšiu vzdialenosť ako je parameter mriežky.

Trvalá, plastická deformácia sa môže uskutočňovať:

1. **jednoduchým posuvom, sklzom (transláciou),**
2. **preklápaním (dvojčatením).**

1. Plastická deformácia jednoduchým sklzom

K deformácii sklzom dochádza prednostne v *sklzových rovinách* a *smeroch sklzu*, ktoré sa nazývajú *sklzové systémy*. Šmyková zložka napätia τ spôsobuje spontánne posunutie atómov mriežky minimálne o jeden násobok medziatómovej vzdialenosti.



Obr. DEFORMÁCIA MRIEŽKY a) nedeformovaná mriežka, b) mriežka deformovaná sklzm, c) mriežka deformovaná dvojčatením.

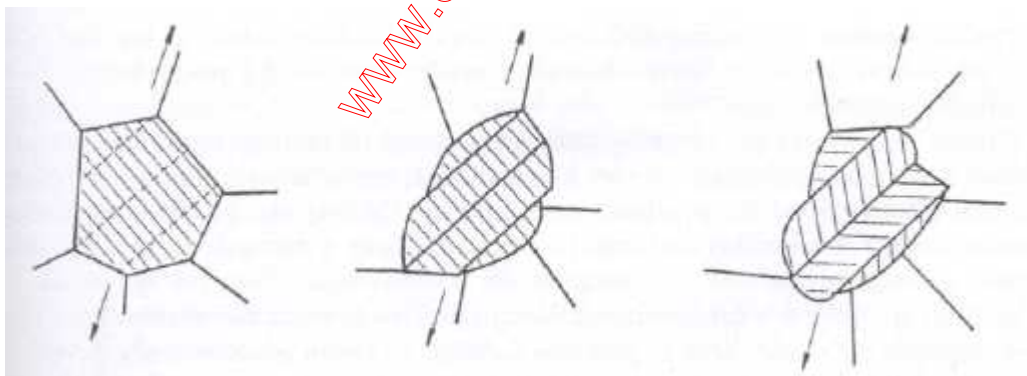
Z možných sklzových rovín a smerov sklzov sa aktivujú tie, v ktorých sa dosiahne maximálne šmykové napätie $\tau_{\max}$. Počas sklzu sa dislokácia neodstráni, ale iba presunie pôsobením šmykového napätia. Proces plastickej deformácie sklzm si teda predstavujeme ako *hromadný pohyb dislokácií*.

Najľahšie dochádza ku sklzu v rovinách, ktoré sú rovnomerne, alebo najhustejšie obsadené atómami.

2. Plastická deformácia dvojčatením

Niektoré materiály sa môžu pri určitých podmienkach (nízka teplota, veľká rýchlosť deformácie) deformovať aj preklápaním, pričom vznikajú tzv. *deformačné dvojčatá*. Preklápanie kryštálu sa prejavuje náhlým preskupením celej kryštálovej mriežky niektorej časti kryštálu (iba o medziatómove vzdialenosti). Nová mriežka vo zdvojenej časti kryštálu je inak orientovaná ako mriežka zostávajúcej časti. Obe mriežky sú zrkadlovo symetrické k rovine dvojčatenia.

K tvoreniu dvojčiat dochádza pomerne ľahko v kovoch s mriežkou H12 a K12.



Obr. DEFORMÁCIA ZRNA a) nedeformované, b) deformované sklzm, c) deformované dvojčatením.

4.2 Elastická a plastická deformácia polykryštálu

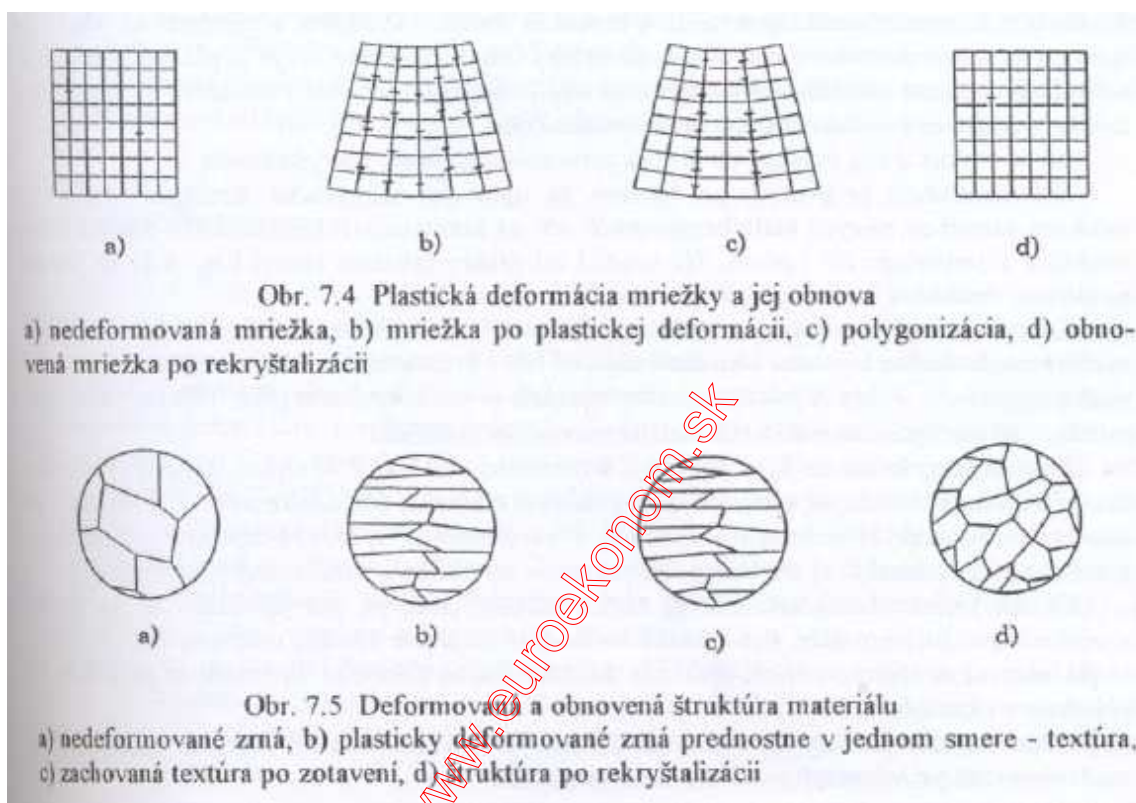
Hranice zrn pôsobia ako prekážky pohybu dislokácií, takže dislokácie, ktoré sa v priebehu plastickej deformácie pohybujú smerom k hranici zrna, neprechádzajú hranicou a vytvárajú na hraniciach dislokačný val.

Pri pôsobení vonkajšej sily, dochádza (so vzrastajúcou hodnotou napätia) k plastickej deformácii sklzm postupne v rôznych zrnách. Po vyčerpaní možností plastickej

deformácie v najpriaznivejšie orientovaných sklzových systémoch, dochádza ku sklzu aj v menej priaznivo orientovaných rovinách k smeru namáhania.

To si vyžaduje vyššie vonkajšie zaťaženie. Zrná sa postupne natáčajú do smeru pôsobiacej sily dovtedy, až sa vyčerpajú všetky možnosti plastickej deformácie v celom objeme namáhaného materiálu. Hranica zrn má dôležitú úlohu v procese plastickej deformácie kovov.

Zablokovanie pohybu dislokácií na hraniciach zrn sa prejaví intenzívnym *spevňovaním*. S rastúcim pretvorením ocele za studena vzrastá jej pevnosť, tvrdosť a zvyšuje sa medza sklzu. Naproti tomu silne klesá hodnota húževnatosti, značne sa znižuje predĺženie a zúženie.



Zmenu mechanických vlastností po predchádzajúcej plastickej deformácii za studena nazývame *deformačné spevnenie* (zväčší sa počet porúch).

5. Fázy v kovových sústavách. Tuhé roztoky, intermediárne fázy, zmesi fáz.

Fázy kovových materiálov

Vlastnosti technických zliatin a materiálov sú funkciou kvality, kvantity, veľkosti, tvaru a distribúcie koexistujúcich fáz a štruktúrnych zložiek.

Čisté kovy v technickej praxi používame zriedkavo, obvykle sa vytvárajú zliatiny kovov, ktoré sa získavajú pridaním ďalšieho prvku, alebo prvkov do základného kovu. Prvky (legúry) sa spravidla pridávajú vtedy, keď je v roztavenom, teda tekutom stave. Zliatina vznikne najmenej z dvoch prvkov, z ktorých aspoň jeden musí byť kov. Podľa počtu prvkov pridaných k základnému kovu zliatiny môžu byť:

- a) binárne (dvojjložkové),
- b) ternárne (trojjložkové),

- c) kvaternárne (štvorzložkové),
- d) polykomponentné (viaczložkové).

Definícia pojmu fáza

Homogénna (rovnorodá) mikrooblasť zliatiny s konštantnými mechanickými, chemickými a fyzikálnymi vlastnosťami, ohraničená rozhraním, na ktorom sa menia vlastnosti materiálu skokom sa nazýva fáza. Fáza – rozumieme mikroútvary s konštantným chemickým zložením a rovnakou kryštálovou štruktúrou. V kovoch a v zliatinách existuje veľké množstvo fáz, ktoré sa odlišujú svojim chemickým zložením, kryštálovou štruktúrou a vlastnosťami. Každá fáza sa vyskytuje v určitom intervale koncentracii prísadového prvku k základnému kovu a v určitom intervale teplôt. Oblasti rovnovážnej existencie jednotlivých fáz sa znázorňujú v rovnovážnych fázových diagramoch so súradnicami Teplota a Chemické zloženie.

Obvykle sa využívajú binárne diagramy, ktoré možno znázorniť v rovine. Zriedkavo sa používajú priestorové ternárne diagramy. Z hľadiska polohy v rovnovážnom fázovom diagrame sa fázy delia na:

- a) primárne tuhé roztoky,
- b) intermediárne fázy.

Fázy, ktoré sa vyskytujú v kovových materiáloch môžeme rozdeliť z kvalitatívneho hľadiska na 3 zákl. skupiny:

1. chemické prvky (zložky alebo komponenty),
2. tuhé roztoky,
3. intermetalické a intersticiálne zlúčeniny.

Definícia tuhého roztoku – mechanická zmes atómov v kryštáli, alebo kryštálovej mriežke.

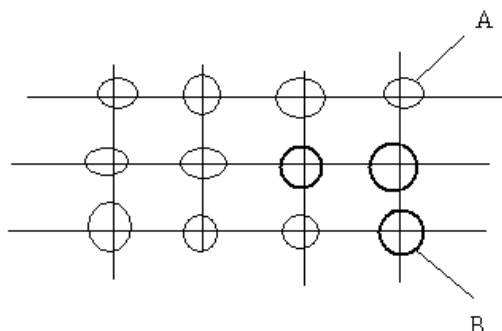
Tuhé roztoky vznikajú náhodným usporiadaním atómov prísadového prvku v kryštálovej mriežke základného kovu.

Podľa polohy atómov prísadového prvku v kryštálovej mriežke zákl. kovu rozdeľujeme tuhé roztoky na:

1. substitučné, ak sa prísadový prvok nachádza v uzlovom bode mriežky,
2. intersticiálne (medzerové), ak sú atómy umiestnené do medziuzlových polôh mriežky základného kovu.

Atomárne schémy tuhých roztokov:

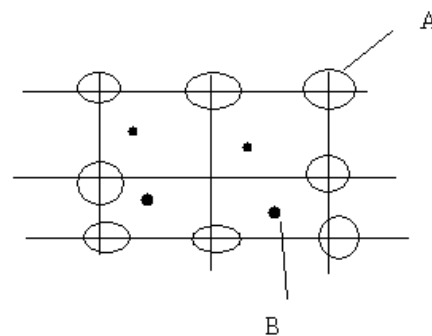
Substitučný tuhý roztok



A-základný kov B-prísadový prvok

napr. atómy Cr v kryšt. mriežke
železa a vznikne antikorózna oceľ

Intersticiálny



- vytvárajú dva prvky, z
ktorých jeden je oveľa menší
ako atóm základného prvku

napr. atómy C v kryšt.
mriežke železa

Pre tuhé roztoky je charakteristické, že môžu existovať v určitom intervale chemických zložení. V tuhých roztokoch sa prevažne uplatňuje kovová väzba medzi atómami. Tuhé roztoky možno preto dobre tvárniť, sú húževnate a relatívne mäkké.

Intermediárne fázy – sú oblasti, ktoré sa vyskytujú v strede diagramu.

Delenie:

1. sekundárne tuhé roztoky,
2. intermetalické zlúčeniny – zliatiny kovov, ktoré majú konštantné chem. zloženie. Bývajú spravidla tvrdé, krehké a ťažko tváriteľné,
3. intersticiálne zlúčeniny.

Intermediárne fázy majú obvykle odlišný typ kryštálovej mriežky ako základné kovy alebo prvky, z ktorých vznikli. Niektoré typy fáz majú zložité kryšt. mriežky. Majú unikátne vlastnosti, napr. tvarová pamäť – Nitinol.

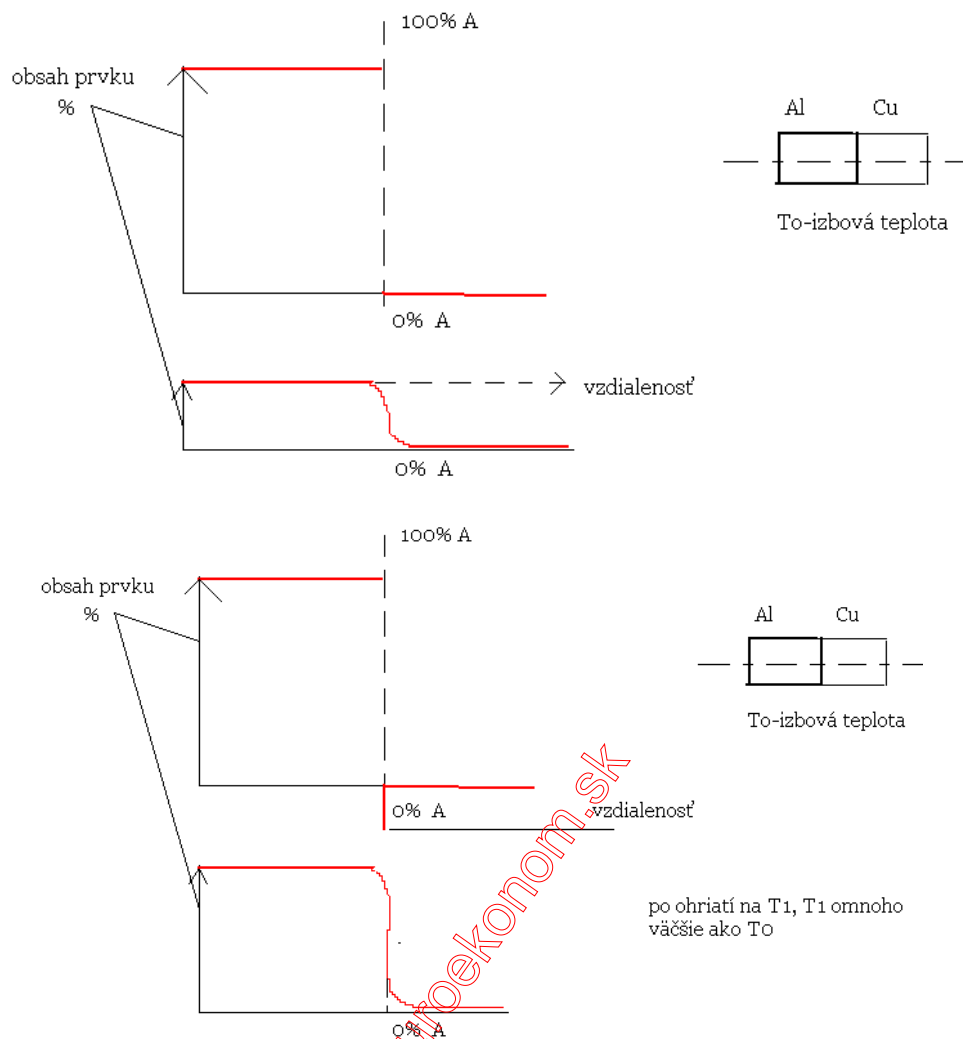
Chem. prvky zvykneme označovať veľkými písmenami abecedy. Tuhé roztoky a intermetalické zlúčeniny označujeme gréckou symbolikou od alfa do gama. Intermetalické zlúčeniny sa niekedy označujú pre lepšie rozlíšenie chemickými vzorcami napr. Fe_3C (cementit).

6. Difúzia. Mechanizmy difúzie v monokryštáloch a polykryštalickej materiáli.

Definícia: Proces, pri ktorom sa atómy samovoľne pohybujú v pevnej látke na vzdialenosti väčšie ako sú medziatomárne.

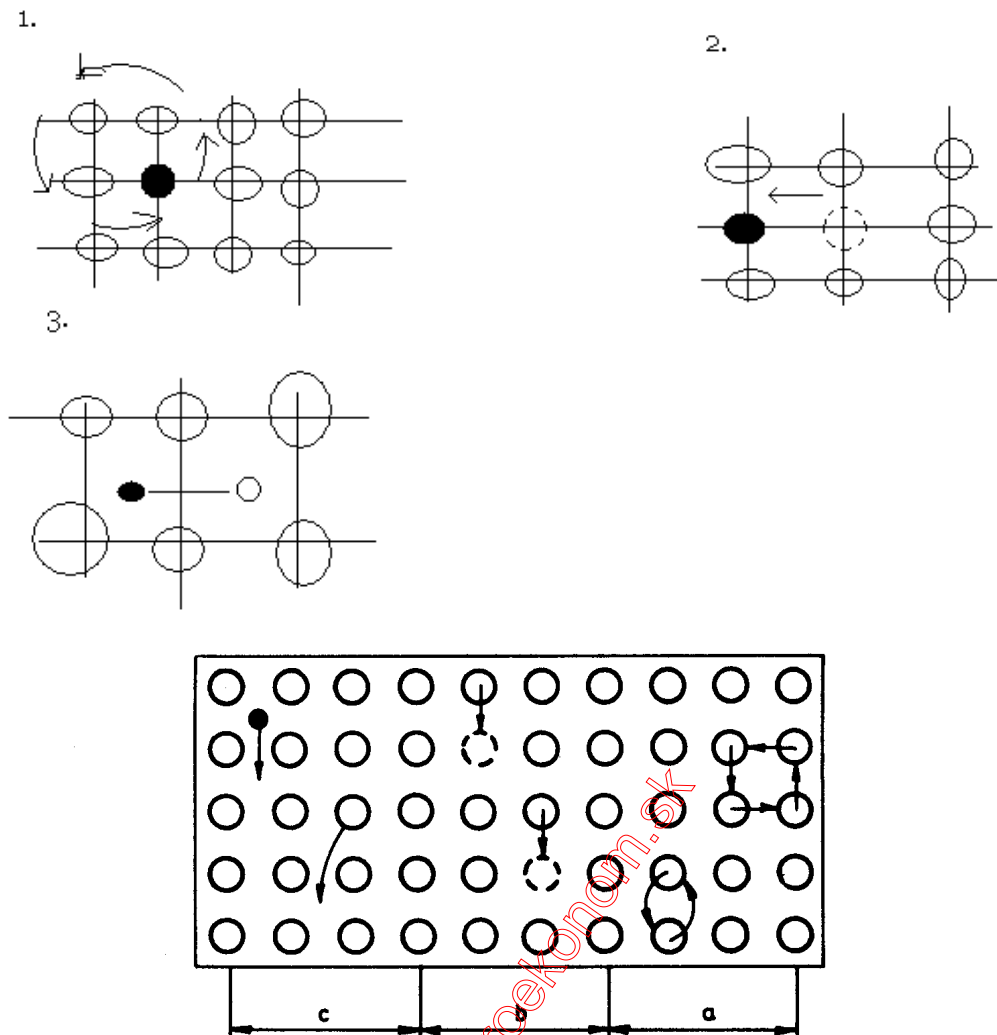
Atómy sa spravidla pohybujú z miesta s vyššou koncentráciou daného prvku do miesta s jeho nižšou koncentráciou.

Makroskopický prejav difúzie:



Poznámka: Atómy po zohriatí na teplotu podstatne väčšiu ako je izbová teplota prenikajú z jedného kovu do druhého. AKO? Difúzny pohyb **MIGRÁCIA** atómov v kryštalickej mriežke sa uskutočňuje týmito základnými mechanizmami:

1. výmenný mechanizmus (môže byť jednoduchá, alebo kruhová – obr.1)
2. vakančný mechanizmus (môžeme si ju predstaviť ako pohyb vakantného miesta mriežkou)
3. intersticiálny mech. (atómy migrujú z jedného intersticiálneho miesta do susedného)



Obr. 29. Mechanizmy difúzneho pohybu atómov v kryštálovej mriežke
a - výmena atómov, b - pohyb vakancií, c - pohyb intersticií

a) Výmenný mechanizmus spočíva vo výmene miest medzi dvoma susednými atómami, alebo súčasnou výmenou miest medzi viac ako dvoma atómami v mriežke.

b) Vakancný mechanizmus spočíva v pohybe častíc (atómov, iónov) na miesta vakancií.

c) Intersticiálny mechanizmus spočíva v pohybe intersticiálne uloženého atómu, t.j. v preskoku častice z jednej medzery do niektorej zo susedných medzier, alebo zabratím jedného zo susedných uzlov a vytlačením príslušného atómu do inej intersticiálnej polohy.

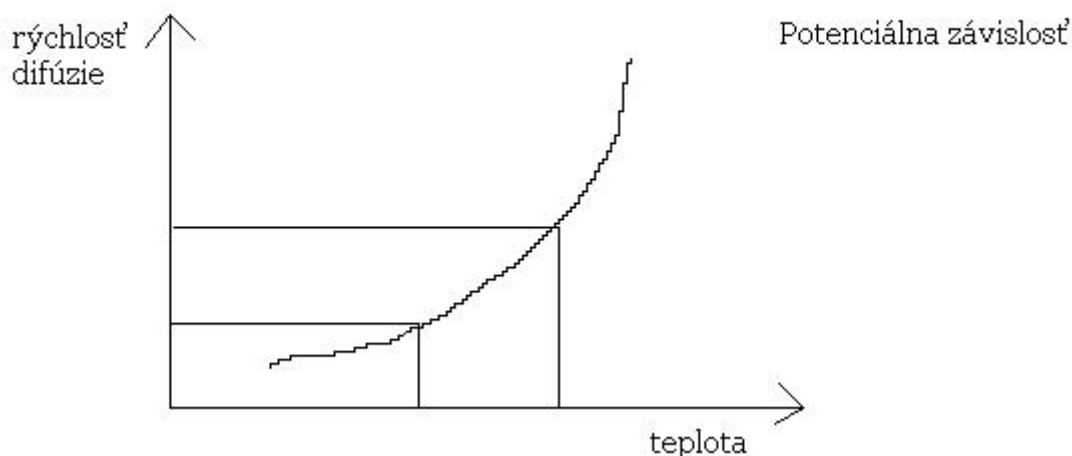
V reálnych polykryštalických kovových materiáloch sa vytvárajú defekty mriežky (napr. vakancie), ktoré majú význam pre uplatnenie ďalších mechanizmov difúzie. Sú to:

4. difúzia pozdĺž dislokácií,
5. difúzia po hraniciach zŕn a subzŕn,
6. difúzia medzi fázovými rozhraniami.

Difúzia je tiež intenzívnejšia v jemnozrnných materiáloch (majú väčšiu plochu zŕn ako v hrubozrnnom materiáli), t.j. prebieha tu rýchlejšie.

Poznámka: O difúzii sa hovorí, že je štruktúrne citlivá. V plasticky deformovanom kove (kde je veľký počet mriežkových porúch) prebieha intenzívnejšie ako v nedeformovanom materiáli.

Teplotná závislosť difúzie:



Koeficient difúzie $D = D_0 \times e^{-\frac{Q}{RT}}$

D_0 – koeficient závislí od typu kryštálovej štruktúry (nezavisí od teploty)

Q – aktivačná energia difúzie

R – univerzálna plynová konštanta

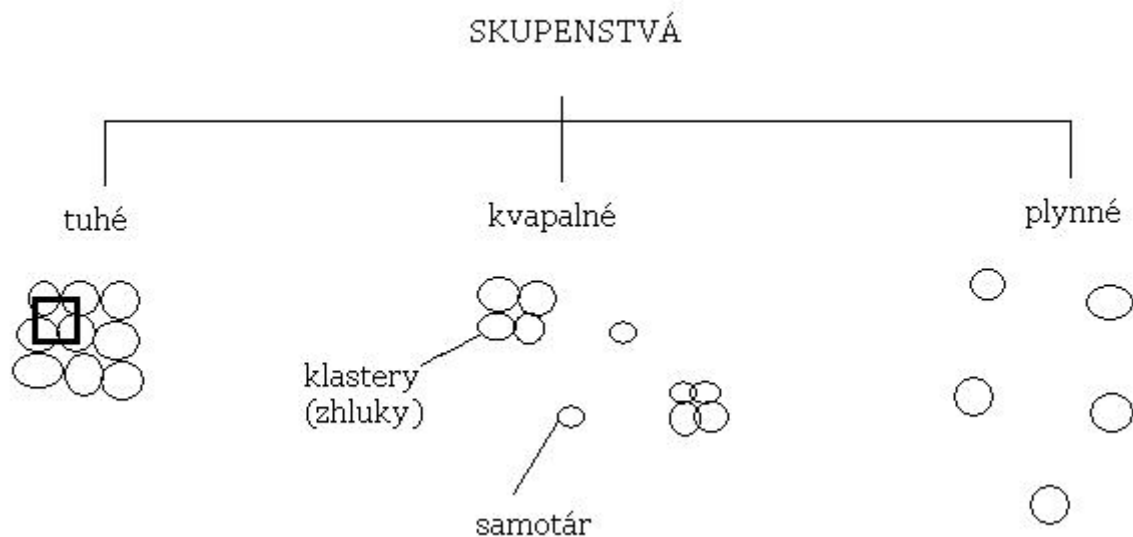
T – absolútna teplota v KELVINOCH

S rastom teploty sa rýchlosť difúzie mení exponenciálne. Vyššou teplotou sa kmitanie atómov zväčšuje, z toho vyplýva lepší pohyb difundujúcich atómov. Difúzia zohráva významnú úlohu pri tuhnutí zliatin, pri fázových premenách v tuhom stave, v procesoch chemickotepelného spracovania – nitridácia, nauhličovanie a v procesoch rekryštalizácie. Z technického hľadiska môžeme vo väčšine prípadov povedať, že procesy difúzie prebiehajú v kovových materiáloch iba pri vyšších teplotách ako je izbová teplota.

7. Kryštalizácia technických kovov. Podchladenie taveniny. Homogénna a heterogénna nukleácia.

Kryštalizácia je základná fázová premena pre všetky kovy a ich zliatiny.

Schéma usporiadania atómu v tuhom, kvapalnom a plynnom stave:



Mechanizmus kryštalizácie:

Kryštalizácia kovov začína na tzv. kryštalizačných zárodkoch, ktoré vznikajú náhodným spôsobom v tavenine. Zárodok vznikajú (aktivujú sa) pri určitom podchladení taveniny, ktoré si označíme ΔT pod rovnovážnu teplotu tuhnutia kovu.

Poznámka: Bez podchladenia taveniny nemôže začať proces kryštalizácie. To znamená, že je pre začiatok procesu bezpodmienečne nevyhnutné.

Zárodok môžu vzniknúť dvoma spôsobmi:

1. Homogénnou nukleáciou,
2. Heterogénnou nukleáciou

Pri homogénnej nukleácii sa zárodok tvoria priamo z atómov (klasterov) tekutého kovu. V technickej praxi sa obvykle začína kryštalizácia heterogénnou nukleáciou na cudzích častočkách tuhej fázy. Heterogénna nukleácia je energeticky menej náročná (nie je potrebná energia na tvorbu fázového rozhrania, pretože kryštalizačné zárodok vznikajú na cudzích častočkách, ktoré už majú v tavenine fázové rozhranie). Sú to napr. nečistoty prítomné v roztavenom kove – rôzne oxidy, ktoré sa dostali do taveniny napr. z výmurovky pece, v ktorej sa kov taval.

Po vytvorení zárodok pokračuje proces tuhnutia rastom vzniknutých zárodok až do stuhnutia celého objemu taveniny.

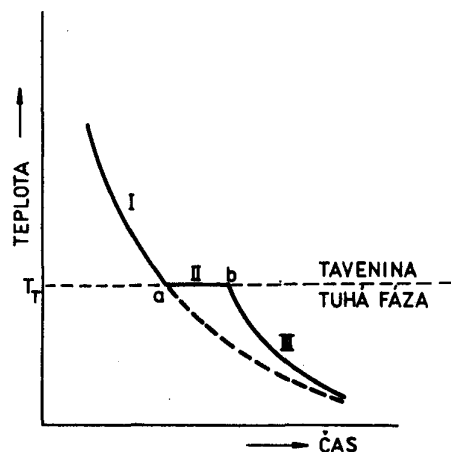
Poznámka: Veľa zárodok zrn prinesie jemnozrnnú štruktúru, málo hrubozrnnú štruktúru.

Kinetika kryštalizácie

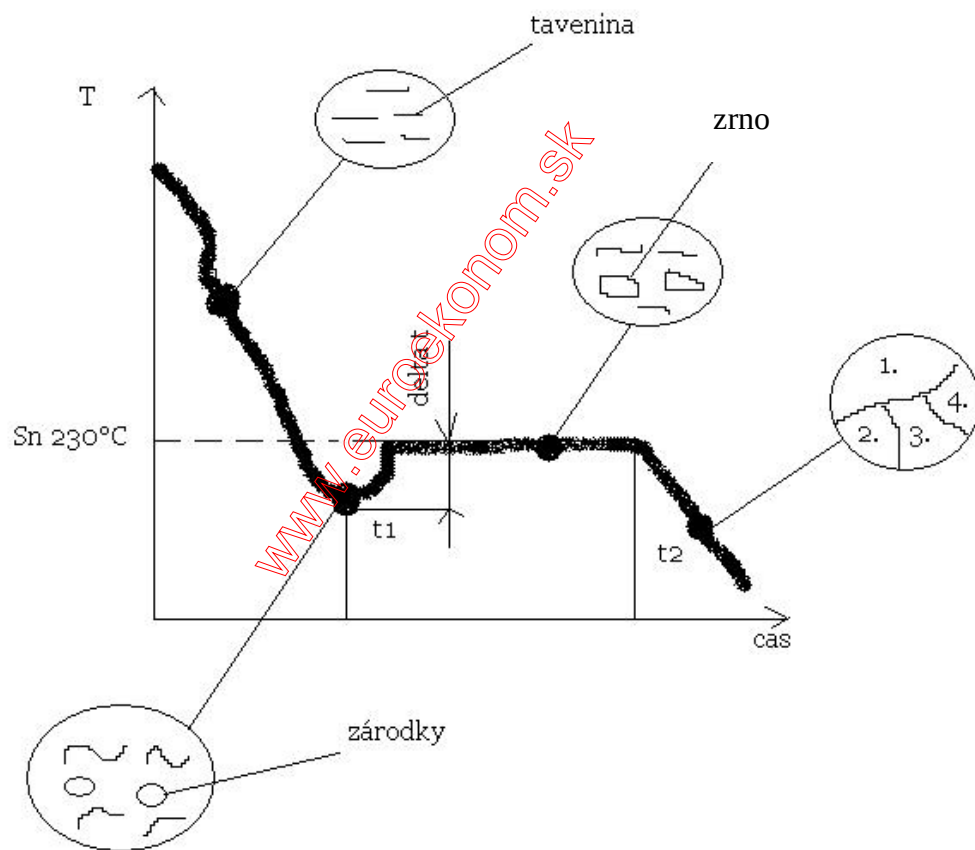
Výsledná štruktúra stuhnutého kovu výrazne závisí od:

1. Rýchlosti tvorby kryštalických zárodok,
2. Rýchlosti rastu kryštálov.

8. Rast kryštálov, krivka chladnutia, dentrit, štruktúra stuhnutého kovu.



Obr. 19a. Teoretická krivka chladnutia čistého kovu
 Reálna krivka tuhnutia technicky čistého kovu (v tomto prípade cínu)



t1 - čas začiatku tuhnutia
 t2 - koniec tuhnutia
 delta t - podchladenie
 taveniny potrebnej na
 vznik kryštizačných
 zárodkov

Z danej krivky vyplýva, že **čisté kovy** (ale aj zliatiny eutektického typu) **kryštalizujú pri konštantnej teplote (izotermicky) ! Zliatiny kryštalizujú v intervale teplôt** ($T_{\text{likvidu}} - T_{\text{solidu}}$)!

Po vzniku kryštalizačných zárodkov sa podchladená tavenina samovoľne ohreje na rovnovážnu teplotu tuhnutia v dôsledku uvoľnenia skupenského tepla tuhnutia.

Kovy a zliatiny majú v stave po stuhnutí dendritickú štruktúru, zloženú z priestorových kryštálov stromčekovitého tvaru.

Rast kryštálov na zárodkoch, ktoré sa vytvorili kryštalizáciou, je druhá etapa zmeny taveniny na tuhú fázu. Spočíva v postupnom posuve hraníc, ktoré sa pri nukleácii vytvorili medzi zárodkami a taveninou. Pohyb hraníc je difúznym pohybom a pokračuje dovtedy, kým sa úplne nespotrebuje pôvodná fáza - kým ne- nastane úplný kontakt povrchov tuhúcich zŕn.

Rast kryštálov ovplyvňujú a riadia dva faktory:

- spontánna kryštalizačná schopnosť,
- lineárna kryštalizačná rýchlosť.

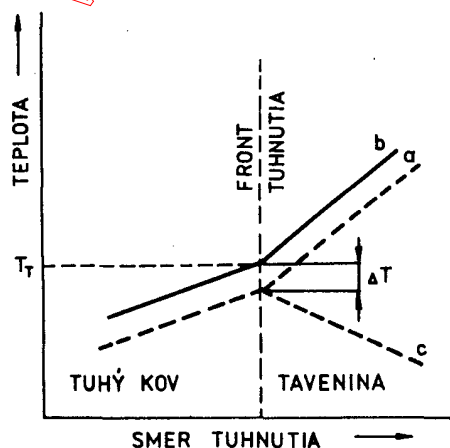
Spontánna kryštalizačná schopnosť KZ je daná počtom zárodkov vznikajúcich v jednotke taveniny za jednotku času a má rozmer $1 \text{ mm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$.

Lineárna kryštalizačná rýchlosť KG je rýchlosť rastu kryštálov za jednotku času a má rozmer $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$.

2.4.5 Štruktúra stuhnutého kovu

Veľkosť zŕn - zrnitosť stuhnutého kovu, resp. zliatiny je daná rýchlosťou nukleácie a rýchlosťou rastu zárodkov. Na výsledok tuhnutia však vplyvajú aj pomery na rozhraní tuhý kov - tavenina. Ich vplyv sa prejavuje na tvare zŕn.

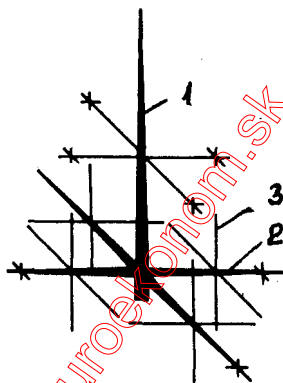
Podmienkou tuhnutia celého objemu kovu (odliatku) je postup fázového rozhrania (frontu tuhnutia) smerom do taveniny. To je možné len v tom prípade, keď počet atómov, ktoré sa pripoja k rastúcim kryštálom prevyšuje počet atómov, ktoré za rovnaký čas prejdú do taveniny. K tomu dochádza vtedy, keď je tavenina podchladená o ΔT . Ak je počet atómov prechádzajúcich v oboch smeroch rovnaký - front tuhnutia stojí. Na obr. 24 sú tieto prípady znázornené krivkami a a b.



Obr. 24. Teplotné pole v okolí frontu tuhnutia pri kryštalizácii a, c - front tuhnutia postupuje, b - front tuhnutia stojí

Ak teplota roztaveného kovu, v smere od frontu tuhnutia do stredu taveniny stúpa, hovoríme o tuhnutí podľa pozitívneho teplotného gradientu. Kryštály vznikajúce pri týchto podmienkach narastajú bez prednostnej orientácie v niektorom smere. Ak teplota roztaveného kovu od frontu tuhnutia do stredu taveniny klesá (obr. 24c), hovoríme o tuhnutí podľa negatívneho teplotného gradientu.

Tuhnutia podľa negatívneho teplotného gradientu prebieha pri väčších rýchlostiach ochladzovania. Po heterogénnej nukleácii pri vyšších rýchlostiach ochladzovania prebieha dendritická kryštalizácia. Pri tejto kryštalizácii bude časť povrchu kryštálu s nižšou teplotou, zasahujúca hlbšie do taveniny, rásť rýchlejšie, čo vyvolá prednostný rast v smere osi. Tieto osi pri kubických mriežkach majú smery $[100]$. Nerovnomerné teplotné pole okolo rastúcich osí umožňuje vznik sekundárnych a často aj terciálnych osí čím vzniká kryštál stromčekovitého tvaru - dendrit (obr. 25). Najčistejší kov je v primárnej osi dendritov a nečistoty sa koncentrujú v najneskôr tuhnutých medzidendritických priestoroch. Pri tuhnutí taveniny za bežných podmienok je rast jednotlivých dendritov značne obmedzený. Vedľa seba rastúce dendrity sa navzájom prelínajú, obmedzujú sa v raste a preto výsledné tvary kryštálov sú veľmi nepravidelné.



Obr. 25. Schéma rastu dendritu 1 - primárna os, 2 - sekundárna os, 3 - terciálna os

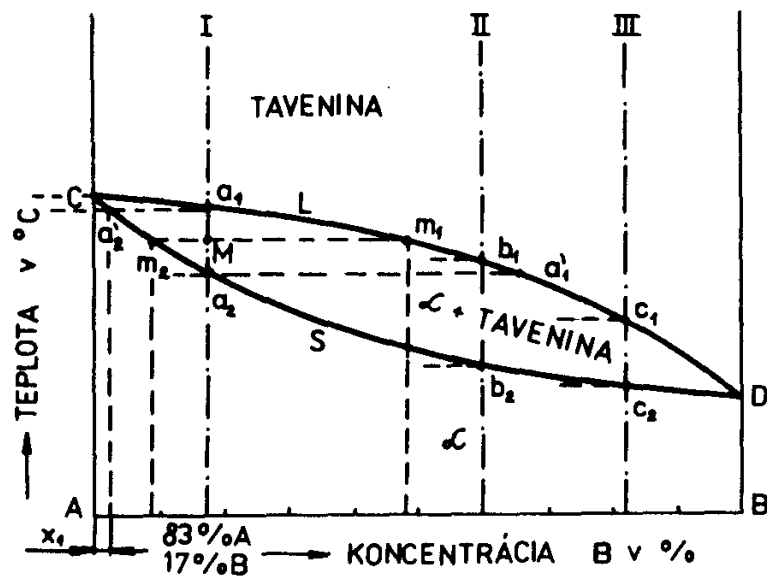
9. Zliatiny. RBD dvojzložkových zliatin. Kryštalizácia dvojzložkových zliatin. Pákové pravidlo, vývoj mikroštruktúry. Eutektická a peritektická premena. Dendritická a zónová likvácia.

Zliatina – sústava, ktorá je zložená z dvoch zložiek, pričom jedna musí byť kov.

- binárna – dvojzložková
- ternárna – trojzložková
- kvaternárna – štvorzložková
- polykomponentné zliatiny – viaczložkové

Rovnováha – taký stav sústavy, pri ktorom nemôže v sústave prebiehať dej spojený s premenou hmoty alebo energie. Stav trvá ľubovoľne dlhý čas, bez vonkajšieho zásahu sa nemení.

1.RBD 2 kovov so vzájomnou rozpustnosťou v tuhom aj v tekutom stave



Oblasti:

- monofázové – v rovnováhe len jedna fáza
- dvojfázové – v rovnováhe súčasne dve fázy

Pákové pravidlo: - môžeme aplikovať len v dvojfázových oblastiach RBD

Pomocou neho určujeme:

- relatívne množstvo súčasne existujúcich fáz
- chemické zloženie fáz

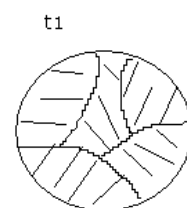
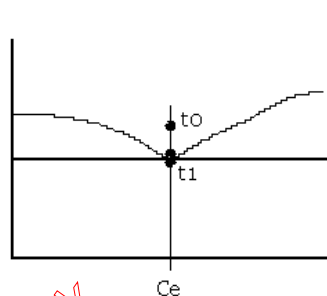
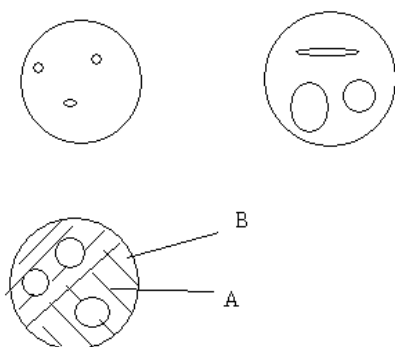
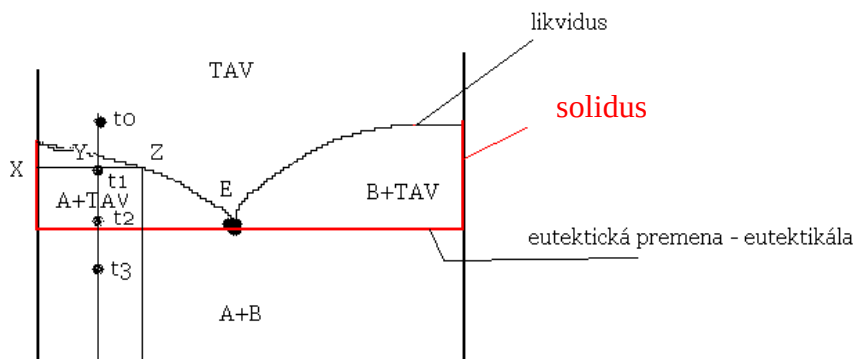
- vyberieme si jednu teplotu, pri ktorej určujeme množstvo a chemické zloženie

$$\frac{XY}{YZ} = \frac{\text{Množstvo tav.}}{\text{Množstvo } \alpha}$$

Na základe uvedeného vzťahu možno definovať pákové pravidlo:

Množstvá koexistujúcich fáz sú dané obráteným pomerom úsečiek určených vzťažným bodom a bodmi, ktoré určujú koncentrácie fáz, nachádzajúcich sa v rovnováhe.

2.RBD 2 kovov úplne nerozpustných v tuhom stave



bod E – je eutektický bod (bod eutektickej koncentrácie)

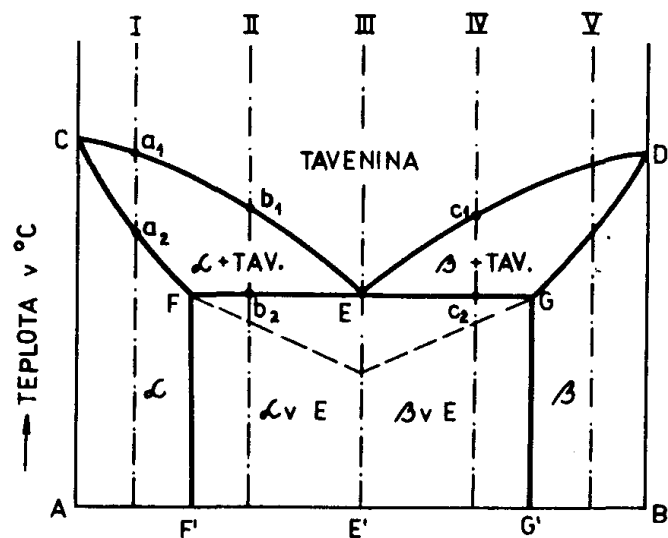
Eutektikum je (v našom prípade) tvorené zmesou čistej zložky A a čistej zložky B. Zliatina naľavo od eutektického bodu je podeutektická. Naopak, napravo od eutektického bodu je nadeutektická zliatina.

Poznámka: Eutektická premena je premena, pri ktorej sa tavenina mení na zmes fáz (eutektikum).

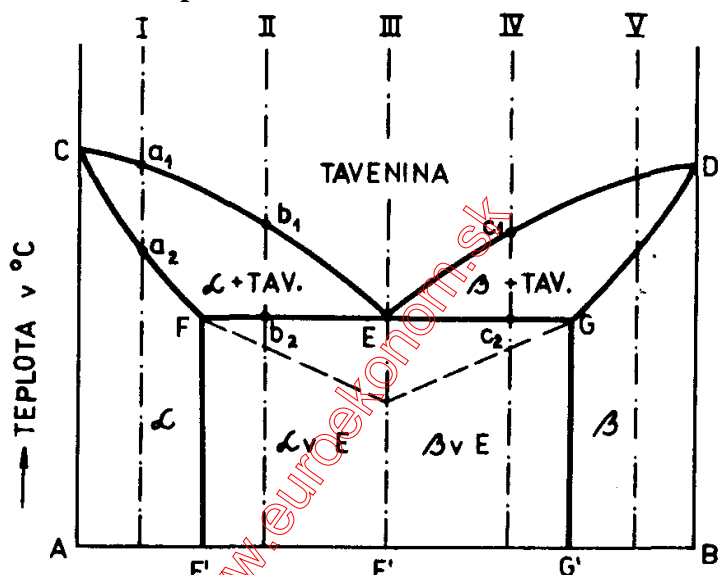
Popis RBD:

1. *Fázový popis* – popisujeme oblasti rovnováhy fáz
2. *Štruktúrny popis* – určujeme aj prítomnosť jednotlivých štruktúrnych zložiek → popisujeme výsledný štruktúrny produkt eutektickej premeny.

3.RBD 2 kovov s obmedzenou vzájomnou rozpustnosťou v tuhom stave

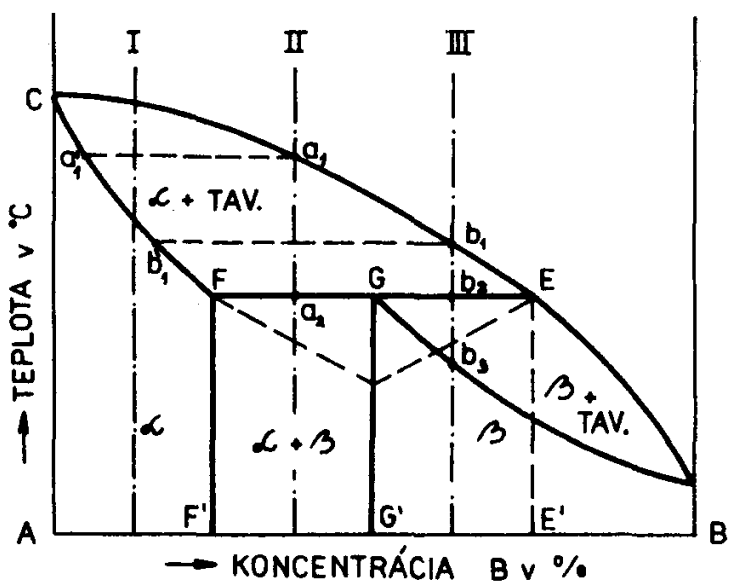


4.RBD 2 kovov so zmenou rozpustnosti v tuhom stave



V tomto prípade nie je veľký rozdiel teplôt tavenia oboch zložiek.

5.RBD 2 kovov s peritektickou premenou



-obrátená eutektická premena



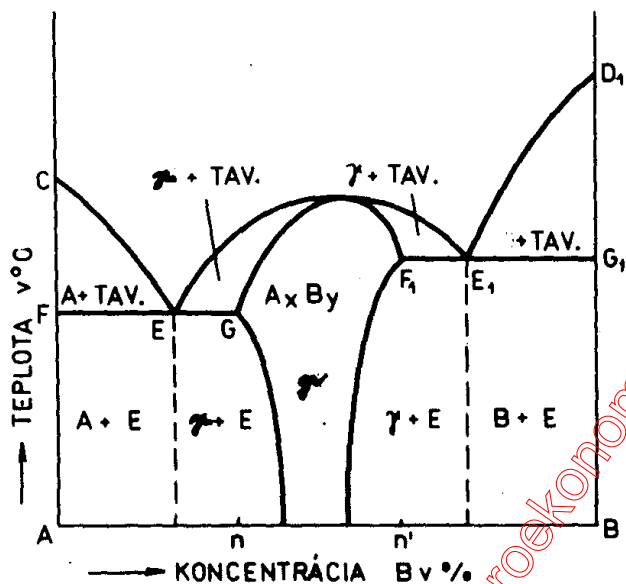
6.RBD 2 kovov s intermediárnou fázou

Intermediárne fázy:

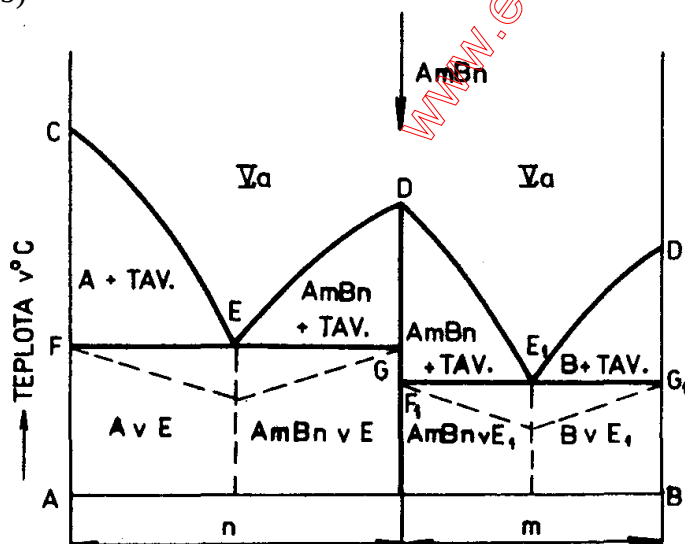
a) v intervale koncentrací

b) pri konštantnej koncentrácii

a)



b)



Dentritická likvácia:

Pri tuhnutí vznikajú dendrity (kryštály), ktoré majú po priereze nerovnomerné chemické zloženie. Osi dentritov bývajú bohatšie na základný prvok zliatiny, s vyššou teplotou tavenia a na hraniciach zŕn (dentritov) sa sústreďuje prvok s nižšou teplotou tavenia. Tomuto mikroodmiešavaniu prvkov v tavenine hovoríme dentritická likvácia, alebo dentritická segregácia.

10. Fázové premeny v tuhom stave. Alotropia, polymorfná premena, eutektoidná premena, vznik presýtených tuhých roztokov.

Základnou fázovou premenou v tuhom stave je zmena typu kryštálovej mriežky čistého kovu, ktorej hovoríme alotropická premena. V prípade zliatin nazývame zmenu kryštálovej mriežky polymorfná premena.

Fázové premeny v tuhom stave majú podobný mechanizmus ako tuhnutie tavenín. To znamená, že vo východiskovej fáze najprv vznikajú zárodoky novej fázy, ktoré postupne zväčšujú svoj objem na úkor pôvodnej fázy. Zárodoky vznikajú na hraniciach zrn východiskovej fázy, alebo na iných defektoch kryštálovej mriežky.

Z hľadiska atomárneho mechanizmu premenných možno fázové premeny v tuhom stave rozdeliť na:

1. Difúzne,
2. Bezdifúzne.

- difúzne, ktoré prebiehajú v dlhšom časovom období vznikom zárodkov a ich ďalším rastom a sú závislé od teploty;

- bezdifúzne - prudká zmena štruktúry, sprevádzaná niekedy počuteľným zvukom. Prebehne súčasný pohyb veľkého počtu atómov šmykovým mechanizmom, pričom relatívny posuv susedných atómov neprekročí hodnotu parametra mriežky. Rýchlosť pohybu atómov je zrovnateľná s rýchlosťou zvuku. Príkladom je martenzitická premena pri kalení.

2.4.6 Alotropia a polymorfia - prekryštalizácia

Veľa kovov a zliatin mení v závislosti od teploty svoju kryštálovú mriežku. Kryštály jedného druhu sa menia na kryštály iného druhu - dochádza k prekryštalizácii. Prekryštalizáciou sa mení pôvodná primárna štruktúra na štruktúru sekundárnu. Pri ochladzovaní čistých kovov nazývame tento jav alotropiou, pri tuhnutí zliatin polymorfiou. Jednotlivé kryštálové formy v ktorých môže kov, resp. zliatina existovať, sa nazývajú modifikácie a označujú sa písmenami gréckej abecedy α, β, γ Modifikáciu stálu pri izbovej teplote označujeme obyčajne α .

Alotropické a polymorfné premeny kovových sústav sú vratné premeny. V tomto sa viaceré kovy a zliatiny líšia od niektorých nekovových sústav, pri ktorých sú tieto premeny nevratné.

Primárne fázové premeny

predstavujú mechanizmy kryštalizácie, či už homogénnej alebo heterogénnej. V technickej praxi má význam najmä kryštalizácia čistých kovov a tuhých roztokov, ktorá sa uplatňuje najmä pri odlievaní a zváraní. Mechanizmy kryštalizácie sú opísané v kap. 2.4.4.

Sekundárne fázové premeny

sú premenami prebiehajúcimi v tuhom stave a môžu byť uskutočnené viacerými mechanizmami.

1. Polymorfné (alotropické) premeny

predstavujú zmeny modifikácie (typu mriežky) pri meniacej sa teplote.

Opis týchto premien je uvedený v kap. 2.4.6.

2. Vznik usporiadaných tuhých roztokov

Usporiadané tuhé roztoky vznikajú za určitých okolností preskupením atómov v kryštálovej mriežke tak, že vzhľadom k ostatným atómom zaujímajú pravidelné rozmiestnenie.

Tvorba usporiadaného tuhého roztoku je výrazná pri zliatinách s jednoduchým pomerom oboch druhov atómov, najčastejšie 1 : 1 alebo 3 : 1. Napr. sú to zliatiny CuAu, Cu₃Au a pod. Usporiadané štruktúry majú menšiu hodnotu entalpie a sú preto stabilnejšie. Schéma usporiadaného a neusporiadaného tuhého roztoku je znázornená na obr. 31.

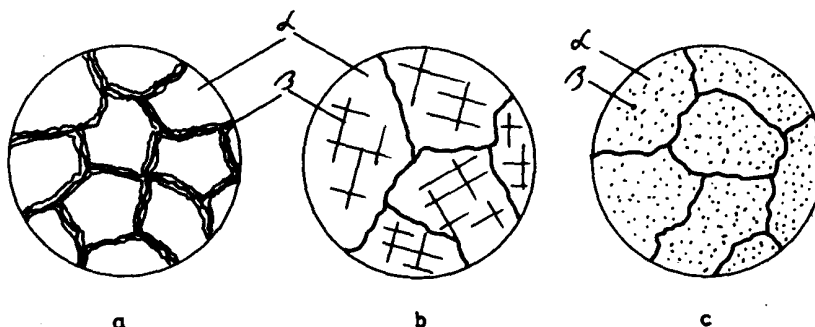
3. Eutektoidné premeny

sú prekryštalické izotermické premeny, pri ktorých vzniká nová kvalita materiálu - tzv. eutektoidná zmes, ktorá v binárnych sústavách je zmesou dvoch fáz s lamelárnym, globulárnym, resp. iným usporiadaním. Príkladom môže byť perlitická premena pri ochladzovaní ocelí (kap. 4.4.2).

4. Rozpad presýteného tuhého roztoku

úzko súvisí s rozpadom tuhého roztoku pri zmene rozpustnosti s klesajúcou teplotou, opísaného pri tuhnutí zliatiny I na obr. 41. Pojmom rozpad tuhého roztoku rozumieme difúznú fázovú premenu, pri ktorej sa homogénny tuhý roztok mení, v dôsledku zmeny rozpustnosti, na heterogénnu zmes (na obr. 41 na zmes kryštálikov $\alpha + \beta$). Rýchlym ochladzovaním možno rozpad tuhého roztoku potlačiť a dostaneme presýtený tuhý roztok.

Rozpad tuhých roztokov, resp. presýtených tuhých roztokov sa vyskytuje v zliatinách so zmenou rozpustnosti v tuhom stave a súhrnne sa môže uskutočniť tromi mechanizmami (obr. 52):



Obr. 52. Tri možnosti rozpadu presýtených tuhých roztokov a - segregácia, b - Widmanstättenova štruktúra, c - precipitácia

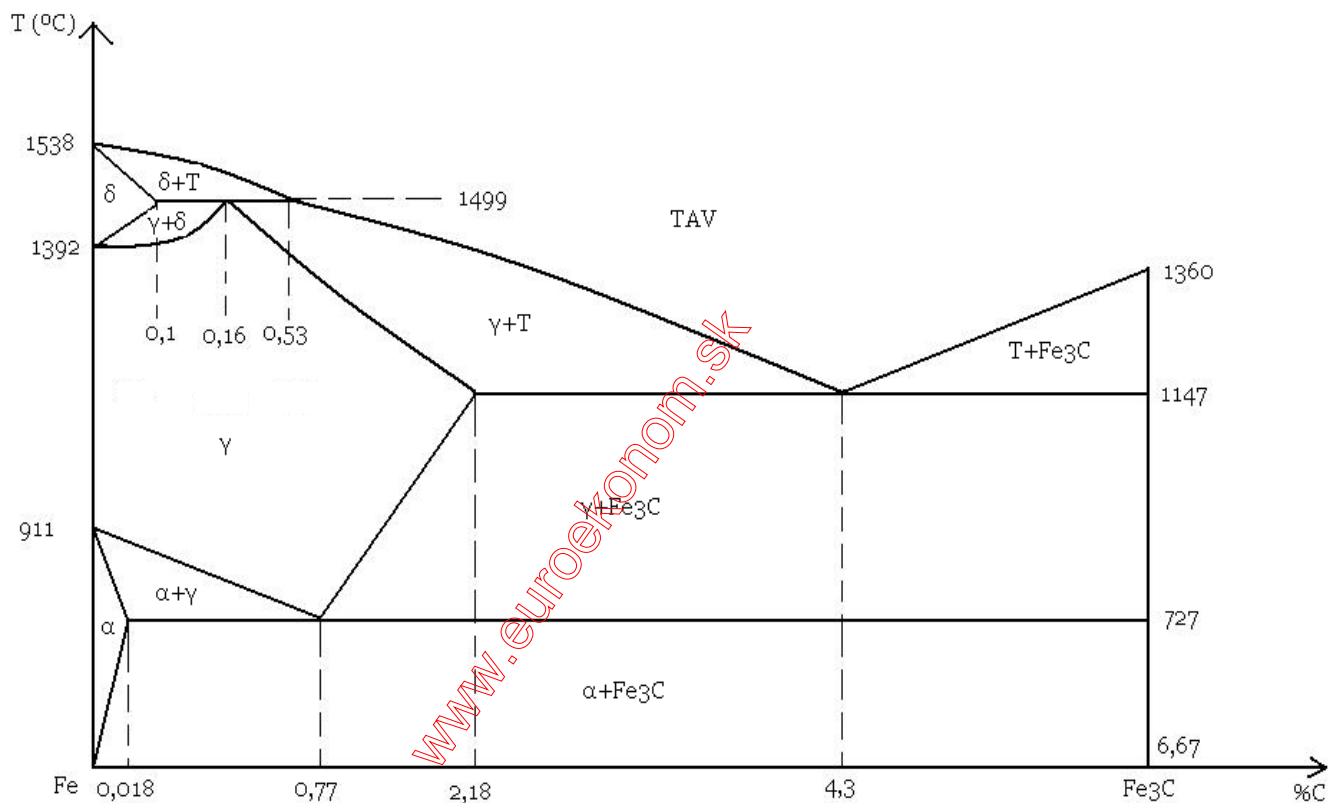
11. Železo a jeho zliatiny. RBD Fe-C (metastabilná sústava Fe-Fe₃C). Sprievodné a prísadové prvky v oceliach a ich vplyv na vlastnosti ocelí.

Technické zliatiny železa sú obvykle komplexné zliatiny, v ktorých okrem uhlíka sú spravidla vždy prítomné prvky: mangán, kremík, síra, fosfor a prípadne ďalšie prísadové prvky a nečistoty.

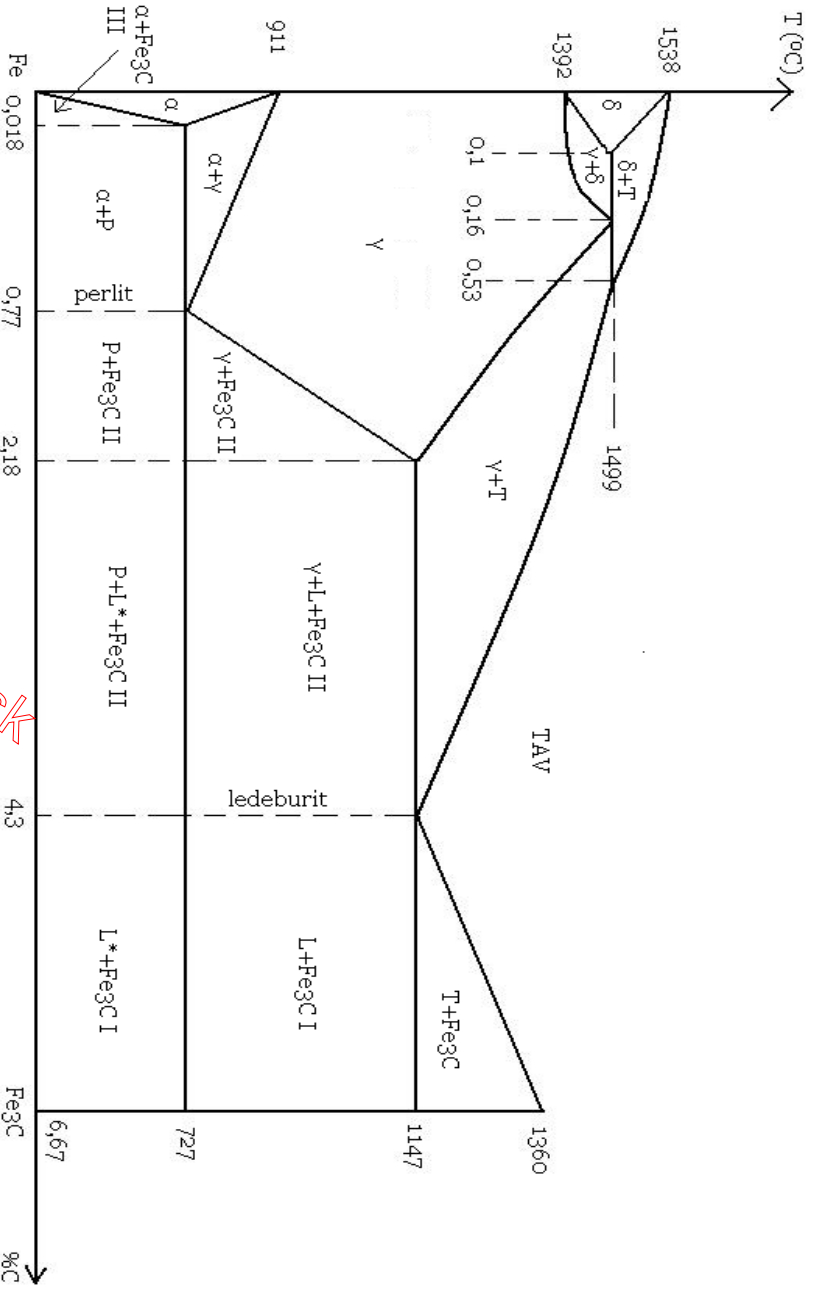
Na vlastnosti technických zliatin železa má významný vplyv uhlík. Podľa jeho obsahu možno zliatiny železa rozdeliť na tri hlavné skupiny:

- zliatiny s veľmi nízkym obsahom uhlíka - takmer čisté železo,
- ocele s obsahom uhlíka do 2,11 %,
- surové železá a liatiny, s obsahom uhlíka nad 2,11 %.

Fázový popis:



Štruktúrny popis:



Uhlíková ocel nie je jednoduchý binárny systém, aj keď uhlík má rozhodujúci vplyv na jej vlastnosti. V oceli sú vždy prítomné ďalšie kovové i nekovové prvky, ktoré pochádzajú zo surovín používaných pri výrobe a prechádzajú do ocelí v rôznych fázach jej výroby (prvky sprievodné), alebo sú úmyselne pridávané (prvky prísadové - legovanie).

Okrem uhlíka, ktorý má rozhodujúci vplyv na vlastnosti ocelí uplatňujú sa významne aj ďalšie prvky, ktoré možno rozdeliť do dvoch skupín:

sprievodné: škodlivé: S, O, P, N, H

prospešné: Mn, Si, Al, (Cu)

prísadové: Cr, Ni, Mn, Si, Mo, W, V, Al, Ti, Nb, Co, Cu.

Prítomnosť určitých prvkov nie je ešte kritériom pre zaradenie ocele do skupiny zliatinových (legovaných) ocelí. Často môžu niektoré sprievodné prvky vystupovať ako prísadové, keď sú pridávané úmyselne, na dosiahnutie špeciálnych vlastností vyrábaných ocelí, napr. meď, fosfor, síra.

Aby bol prvok považovaný za prísadový, musí byť prítomný v určitej minimálnej koncentrácii. Podľa STN 420002 možno za zliatinovú (legovanú) ocel považovať takú ocel, ktorá má obsah ľubovoľného z uvedených prvkov vyšší ako:

mangánu	 0,9 %	molybdénu	 0,1 %
kremíka	 0,5 %	vanádu	 0,1 %
niklu	 0,5 %	wolfrámu	 0,1 %
chrómu	 0,3 %	titanu	 0,1 %
kobaltu	 0,2 %	hliníka	 0,1 %

Prísadové prvky a ich význam:

Hlavné dôvody, ktoré sa pri legovaní uplatňujú, sú:

1. Zlepšenie mechanických vlastností, najmä pevnosti a tvrdosti, bez zníženia húževnatosti ocelí (Mn, Ni, Mo, Si, V, Cr).
2. Zvýšenie prekaliteľnosti, ktoré umožní pri rovnakom priereze súčiastky kaliť do menej intenzívneho kaliaceho prostredia, alebo kaliť väčšie priemery súčiastok (Cr, Mn, Mo, V).
3. Vytvorenie tvrdých, opotrebovaniu odolných materiálov, stabilných aj pri vysokých teplotách (W, Cr, V, Mo).
4. Zmenšenie sklonu k rastu austenitického zrna (Al, V, Ti).
5. Zlepšenie elektrických a magnetických vlastností (Si, Co).
6. Zvýšenie žiarupevnosti (Cr, Mo, V, W).
7. Zvýšenie žiaruvzdornosti (Cr, Si, Al).
8. Zvýšenie odolnosti ku korózii v agresívnych prostrediach (Cr, Ni, Mo, Si, Cu).
9. Získanie štruktúr nedosiahnuteľných v uhlíkových oceliach, napr. austenitu pri izbových teplotách (Mn, Ni).

Podľa významu a najčastejšieho použitia možno zliatinové prvky zoradiť takto:

Cr, Ni, Mn, Si, Mo, W, V, Co, Ti, Al, Cu, Nb, Zr, B, N.

Vplyv obsahu C na mechanické, úžitkové a technologické vlastnosti ocele:

S rastúcim obsahom C v oceli

- a) **vzrastá** – pevnosť v ťahu, medza sklzu, tvrdosť, kaliteľnosť, odolnosť voči opotrebeniu
- b) **klesá** – ťažnosť, húževnatosť, obrobiteľnosť, tváriteľnosť, zvariteľnosť

Mn - mangán

V oceli sa rozpúšťa. Netvorí samostatnú štruktúrnú časť, ale s ocelou vytvára tuhý roztok. Je austenitotvorný prvok.

- Obsah mangánu 0 až 0,3 % nevlýva výraznejšie na zmenu vlastností ocelí;
- 0,3 až 0,8 % obsahuje každá ocel. Toto množstvo je potrebné, lebo zvyšuje pevnosť a tvrdosť ocele pri malom znížení ťažnosti. Používa sa tiež ako dezoxidovadlo - odstraňuje škodlivý FeO: $\text{FeO} + \text{Mn} = \text{MnO} + \text{Fe}$;
- odstraňuje škodlivú síru, nachádzajúcu sa vo forme sírnika železného, tým že ju viaže na sírnik manganatý: $\text{FeS} + \text{Mn} = \text{Fe} + \text{MnS}$;
- v diagrame železo-uhlík znižuje prekrýštalizačnú teplotu a posúva eutektoidný bod doľava;

- 2 až 12 % je príčinou veľkého zníženia prekrýštalizačnej teploty a spomalenia prekrýštalizácie. V dôsledku toho už pri pomalom ochladzovaní sa ocel zakalí - dosťáva martenzitickú štruktúru. Takáto ocel sa nazýva samokaliteľná alebo martenzitická;

- nad 12 % zapríčini pokles prekrýštalizačnej teploty pod 0 °C (čiara A_1 sa v diagrame posunie pod 0 °C) a ocel bude mať pri izbových teplotách austenitickú štruktúru. Austenitické ocele sú nemagnetické, majú vysokú húževnatosť a sú nekaliteľné;

- v oceliach zlepšuje tvárnosť ocelí za studena a odolnosť proti o- potrebovaní, zväčšuje sklon ocelí k hrubnutiu austenitického zrna, zväčšuje teplotnú rozťažnosť a znižuje tepelnú vodivosť.

V liatinách je Mn karbidotvorný prvok - podporuje vylučovanie karbidu Fe_3C , a teda aj vznik bielej liatiny.

Si - kremík

- v oceli sa môže rozpúšťať - tvorí tuhý roztok, ale vylučuje sa aj vo forme nekovových vtrúsenín oxidu kremičitého;

- je feritotvorný prvok, zvyšuje teplotu A_3 , znižuje A_4 a už pri obsahu 1,8 % Si uzatvára oblasť austenitu. Eutektoidný bod posúva doľava;

- do obsahu 0,5 % sa pridáva do ocelí obvyklých akostí, lebo je lepším dezoxidovadlom ako Mn a okrem toho odstraňuje bublinatosť;

- zvyšuje pevnosť a tvrdosť (menej ako Mn) a znižuje ťažnosť. Ak je vo forme vtrúsenín zhoršuje mechanické vlastnosti;

- ocele s obsahom kremíka 0,5 až 2,0 % sa dobre zošlachujú a používajú sa najmä na pružiny (pružinová ocel). Si sa tiež používa ako legúra do žiaruvzdorných ocelí;

- pri obsahu kremíka nad 2 % ocel tuhne hrubozrnná a je veľmi krehká;

- ocel s obsahom kremíka 2,5 až 4,6 % sa používa na výrobu magneticky mäkkých materiálov, na transformátorové a dynamové plechy;

- znižuje elektrickú a tepelnú vodivosť;

- zhoršuje tvárnosť za studena a zvariteľnosť, mierne zvyšuje prekaliteľnosť;

- znižuje rýchlosť difúzie uhlíka v železe, preto je nežiadúci v oceliach na cementovanie;

- znižuje zatekavosť pri oceliach na odliatky.

Pri liatinách podporuje vylučovanie grafitu. V sivých liatinách býva v rozmedzí 0,8 až 2,7 % Si. Špeciálne kyselinovzdorné liatiny obsahujú 15 až 18 % Si.

S - síra

- v zliatinách železa je nečistotou - spôsobuje lámavosť za červeného žiaru;

- v železe sa nerozpúšťa. Vytvára kovovú zlúčeninu FeS - sulfid železnatý, ktorý so železom vytvára eutektikum s b.t. 985 °C. Ukladá sa preto na hranice zŕn a pri zohriatí sa natavuje (lámavosť za červeného žiaru);

O - kyslík

- v oceli je nečistotou, je jednoznačne škodlivý;

- max. rozpustnosť v Fe je 0,05 %;

N - dusík

- je nežiadúca prímiešanina, zapríčiňuje stárnutie ocelí;

- v železe sa rozpúšťa čiastočne - pri 600 °C 0,1 % N, pri 0 °C 0,001 % N. V priebehu ochladzovania, na základe zmeny rozpustnosti s klesajúcou teplotou, sa z tuhého roztoku vylučuje nitríd železa Fe_4N . Vylučuje sa prednostne na sklzových rovinách, a preto spôsobuje skrehnutie (tiež sa vylučuje na hraniciach zŕn);

H - vodík

- je nežiadúcou prímiešaninou - zapríčiňuje vznik v l o č i e k;

- vzniká rozkladom vlhkosti (pecná atmosféra, závažka, prísady);

- v oceli sa čiastočne rozpúšťa a s klesajúcou teplotou sa rozpustnosť Ni - nikel

- používa sa ako legúra na zlepšenie vlastností ocelí, je však drahou legúrou;

- so železom sa rozpúšťa vo všetkých pomeroch a pôsobí ako Mn;

- do obsahu 7 % Ni zjemňuje kryštalizáciu, čím zvyšuje húževnatosť;

- zlepšuje prekaliteľnosť ocelí;

- čiaru A_1 posúva nadol a eutektoidný bod doľava;

- pri obsahu 7 až 25 % Ni dostávame ocele samokaliteľné - martenzitické;

Cr - chróm

- je najviac používanou prísadou do ocelí, lebo takmer vo všetkých smeroch zlepšuje jej vlastnosti;

- v železe sa čiastočne rozpúšťa a čiastočne sa vylučuje ako karbid chrómu;

- obsah 0,5 až 2 % pri konštrukčných oceliach spôsobuje zvýšenie pevnosti, tvrdosti a odolnosti proti opotrebeniu; zlepšenie žiarupevnosti;

- posúva prekrýštalizačné teploty do vyšších oblastí - uzatvára oblasť γFe (zmenšuje ju), je feritotvorným prvkom;

- pri obsahu 4 až 8 % sú ocele dobre prekaliteľné (spomaľuje sa prekrýštalizačná premena). Vznikajú ocele samokaliteľné - martenzitické;

- pri obsahu nad 12 % sú ocele koróziivzdorné, kyselinovzdorné a žiarupevné;

W - volfrám

- s obsahom volfrámu sa zvyšuje teplota A_3 rýchlejšie ako pri Cr a už pri 2,5 % W sa stáva ocel feritickou;

- mechanické vlastnosti zlepšuje menej ako Cr;

- podporuje jemnozrnnosť ocelí;

- volfrámové ocele sú pri vyšších teplotách stále - sú žiarupevné;

- s uhlíkom tvorí karbidy, ktoré sú príčinou zvýšenej odolnosti ocelí proti opotrebeniu;

- ako prísada sa používa najmä do nástrojových ocelí, pre nástroje pracujúce pri zvýšených teplotách, v rozmedzí 1 až 20 %;

Al - hliník

- je dezoxidačnou prísadou a používa sa na výrobu ukladných ocelí; v oceliach býva vylúčený vo forme Al_2O_3 ;

Mo - molybdén

- do ocelí sa pridáva v rozmedzí 0,2 až 1 %;
- zlepšuje prekaliteľnosť a obrábateľnosť ocelí;
- znižuje náchylnosť k zhrubnutiu austenitického zrna;
- odstraňuje popúšťacu krehkosť a zlepšuje medzu tečenia;
- zlepšuje žiarupevnosť (ocele používané na parné kotle - do 500 °C).

Ti - titan

- je feritotvorný prvok, znižuje oblasť austenitu;
- v rozmedzí 0,1 až 0,15 % sa ľahko zlučuje s kyslíkom a dusíkom, čím pôsobí veľmi účinne na ich odstránenie;
- 0,2 až 0,7 % Ti obsahujú ocele so zvláštnymi vlastnosťami - koróziiodolné, žiaruodolné a žiarupevné, v ktorých:
- zvyšuje pevnosť, húževnatosť a zjemňuje zrno;

12. Rozdelenie a označovanie ocelí. Konštrukčné ocele.

Rozdelenie ocelí na tvárnenie

Tabuľka 6

Trieda ocele	Druh ocele podľa			Bližšie údaje (rozsah záruky chemického zloženia, charakteristická prísada)
	akosti	použitia	chem. zloženia	
10 XXX	obvyklé akosti		uhlíkové	bez záruky zloženia (vo zvláštnych prípadoch sa zaručuje max. obsah niektorých prvkov v tavbovej vzorke a hutnom výrobku)
11 XXX				zaručuje sa max. obsah C, P, S, resp. P S v tavbovej vzorke a hutnom výrobku (v zvláštnych prípadoch aj obsah ďalších prvkov)
12 XXX	ušľachtilé	konštrukčné	zliatinové	uhlíkové ocele
13 XXX				Mn, Si
14 XXX				Cr (Mn, Si)
15 XXX				Mo, W, V (Cr)
16 XXX				Ni (Cr, W, Mo, V)
17 XXX				vysoko legované ocele: koróziivzdorné, žiaruvzdorné, žiarupevné, špeciálne
19 XXX				uhlíkové nástrojové ocele
		nástrojové	zliatinové	zliatinové nástrojové ocele a zliatinové rýchlorezné
zaručuje sa chemické zloženie tavbovej vzorky a hutných výrobkov udaním rozmedzia prvkov alebo max. alebo min. obsahu				

Trieda 10

Najlacnejšie ocele pre hromadnú spotrebu. S nízkym obsahom uhlíka, nemajú zaručenú čistotu (P+S) ani chemické zloženie, zaručuje sa minimálna pevnosť v ťahu, poprípadne medza sklzu a výberom tavieb (s ohľadom na nižší obsah C a S), zvariteľnosť, tvárnosť za tepla a odolnosť proti korózii.

Ocele bez zaručených mechanických vlastností (10 001-03) sú určené na najmenej náročné stavebné a zámočnícke práce a na betónovú výstuž.

Do triedy 10 patria ocele ktoré majú odstupňovanú min. pevnosť v ťahu od 340 do 520 MPa, ktoré sa používajú na žeriavové a lodné konštrukcie. Do obsahu 0,1% C sú zvariteľné a dobre tvárne.

Trieda 11

Majú predpísanú čistotu (obsah P a S). Okrem pevnosti v ťahu sa spravidla zaručuje i medza sklzu, ťažnosť a nelámavosť za červeného žiaru a za studena. Väčšinou sa vyrábajú v peciach ako neupokojené, poloupokojené a upokojené.

Vyrábajú sa s obsahom uhlíka asi do 0,65%. Ich vlastnosti sú odstupňované podľa obsahu C od najmenej pevnosti (11 340) do 900 MPa (11 901).

S pevnosťou úmerne rastie i tvrdosť a odolnosť voči opotrebeniu. Klesá však ťažnosť, kontrakcia, vrubová húževnatosť a tvárnosť.

Ocele s obsahom do asi 0,2% C sú dobre zvariteľné, tvárne za tepla i za studena a možno ich nauhličovať.

Niektoré ocele triedy 11 sa používajú na zvarané konštrukcie. Vyžaduje sa okrem zaručenej zvariteľnosti (ak je obsah C nižší než 0,22 až 0,25%) vysoká medza sklzu, ktorú zvyšujeme legovaním. (používa sa Ti, V, Mn, Cu, Si, Cr, Ni, N).

Zvláštnu skupinu tvoria ľahko obrobitelne ocele – automatové. Zvýšeným obsahom P (až 0,2%) a S (0,2%), sa dosiahne dobrá lámavosť triesky. Používajú sa na výrobu drobných súčiastok, sústružením na automatických obrábacích strojoch. Dodávajú sa zväčša v tvare tyčí ťahaných za studena.

Ocele triedy 12-16 : - ušľachtilé – požadované vlastnosti týchto ocelí sa získavajú tepelným spracovaním.

číslo	- 12 XXX – nelegované	12 X X X	poradové
	- 13 XXX - nízkolegované (mangán)	:	┐
	- 14 XXX - nízkolegované (chróm)	└┐:	objem C
v desatinách %	- 15 XXX - nízkolegované (molybdén, V, W)	16 X X X	
	- 16 XXX - nízko a stredne legované ocele (nikel)	┐	
legúry v %	- delíme : - A.) na nauhličovanie C <0,2%		
	- B.) na zušľacht'ovanie C >0,3%: - bežné strojové súčiastky		
C=0,3-0,7%			- pružinové ocele C<1%
			- valivé ložiská ≈1%
			- nitridačné ocele

Ocele triedy 12: sú ušľachtilé ocele uhlíkové. Majú zaručené chemické zloženie a menší obsah nečistôt (P+S). Používajú sa na výrobu menej namáhaných súčiastok a takmer vždy po tepelnom spracovaní. Obsah jednotlivých legúr býva v rozmedzí: C – 0,04 až 0,99%, P – max. 0,04%, Mn – 0,2 až 1,00 %, Si – 0,1 až 0,4%, S max. 0,04%, Cu max. 0,3%.

Podľa množstva C ich rozdelujeme do troch skupín:

1. Ocele na nauhličovanie – do 0,2% C

Používajú sa na výrobu súčiastok s tvrdým a oteruvzdorným povrchom a húževnatým jadrom. Uplatňujú sa pri výrobe tvarovo jednoduchých a menej namáhaných súčiastok. (vačkové hriadele).

2. Ocele na zušľachtovanie - 0,3 až 0,7 % C

Zušľachtovaním (kalením a nasledujúcim popustením) sa získa pri týchto oceliach najlepšia kombinácia pevnosti a húževnatosti. (Zlepšenie vlastností získame len do prierezu daného prekaliteľnosťou ocele).

Používajú sa na výrobu ozubených kolies, ojníc, kľukových hriadeľov.. (12 040, 12 050, 12 060)

3. Ocele pružinové – 0,8 až 0,9% C

Zušľachtujú sa na vysokú pevnosť a používajú sa na výrobu ventilov do motorov, drôtov do lán a na skrutkové, tlačné a ťažné pružiny. (12 090)

Ocele triedy 13: sú ušľachtilé ocele zliatinové a používajú sa tam, kde svojimi vlastnosťami nevyhovuje oceľ triedy 12.

- o sú to ocele mangánové alebo mangán-kremíkové
- o v porovnaní s triedou 12 majú vyššiu pevnosť a prekaliteľnosť
- o horšiu plasticitu a húževnatosť
- o obsahujú 0,12 až 0,8% C, max. 2,4% Mn, max. 2% Si

Použitie: stredne namáhané súčiastky, hriadele, čapy, nápravy, stredne veľké výkovky. Na veľmi namáhané pružiny majú 0,8% C a po patentovaní dosahujú pevnosť až 3000 MPa. Pružiny sa vyrábajú z ocelí STN 13 180, 13 250, 13 261, 13 270.

Ocele triedy 14: sú ušľachtilé ocele zliatinové, ktoré umožňujú dosiahnuť veľmi dobré vlastnosti bez použitia nedostatkových legúr.

- o sú to ocele chrómové, ale legované aj Mn, Si a Al,
- o majú vyššiu pevnosť, výbornú prekaliteľnosť, ale menšiu húževnatosť
- o sú náchylné na prehriatie a na popúšťáciu krehkosť.
- o chemické zloženie (%) : 0,12 až 1,35 C, 0,3 až 1,9 Mn, 0,15 až 1,6 Si, 0,2 až 4,3 Cr
- o sú vhodné na kalenie, zošľachtovanie, cementovanie a nitridovanie

Použitie: 14 100, 14 102, 14 103 na výrobu súčiastok guľkových ložísk – majú 1% C a až 1,5% Cr, oceľ sa kalí do oleja a popúšťa na približne 200 C, aby mala vysokú pevnosť. 14 340 - na nitridovanie – majú 1% Al. Cementované alebo zušľachtované ocele sa používajú na veľmi namáhané súčiastky.

Ocele triedy 15: sú ušľachtilé ocele zliatinové a sú veľmi kvalitným konštrukčným materiálom

- o sú to ocele chróm – vanádové a chróm – molybdénové
- o majú pevnosť nad 1000 Nmm⁻², výbornú prekaliteľnosť a dobrú húževnatosť
- o sú jemnozrnné (od V)
- o nemajú sklon k popúšťacej krehkosti (od Mo)
- o chemické zloženie (%): 0,08 až 0,75 C, 0,15 až 1,6 Mn, 0,1 až 0,7 Si, 0,20 až 3,5 Cr

o sú žiarupevné, ale málo žiaruvzdorné
 Použitie: ako materiál na výrobu vysokotlakových kotlov, súčiastky parných turbín a iné súčiastky namáhané za tepla. S obsahom 0,6 % C sa používajú na veľmi namáhané listové pružiny, s obsahom 1% Al na najtvrdšie povrchové vrstvy po nitrídaní.

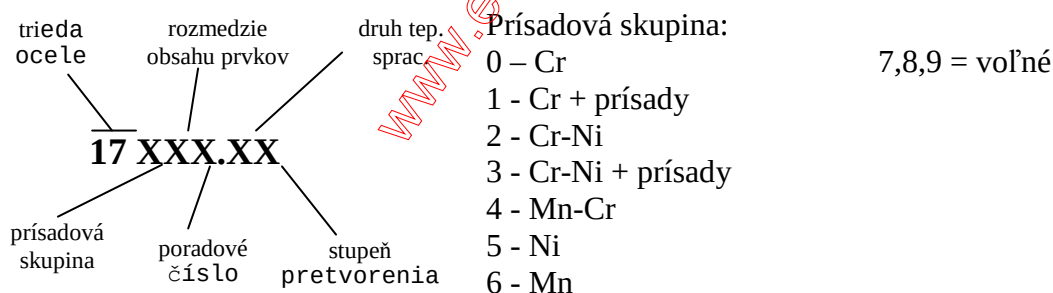
Ocele triedy 16: sú ušľachtilé zliatinové ocele používané na výrobu vysokonamáhaných strojových súčiastok.

- o sú to ocele niklové, legované Cr, W, V a Mo
 - o dosahujú najvyššie hodnotu medzí sklzu a pevnosti, pri veľmi dobrej húževnatosti
 - o majú výbornú prekaliteľnosť
 - o chemické zloženie: 0,1 až 0,55% C, 0,4 až 5,2 Ni, 0,2 až 2% Cr, 0,25 až 1,3 Mn
 - o ocele Ni-V (2 až 2,5%) pre prácu pod bodom mrazu
 - o ocele Ni-Cr sú najakostnejším druhom konštrukčných ocelí (okrem 17). Ich zloženie 0,4% Cr, Ni:Cr = 3:1, Ni zvyšuje húževnatosť a Cr pevnosť
 - o ocele Cr-Ni-Mo sú viac prekaliteľné, sú najdrahšou konštrukčnou oceľou
- Použitie: z ocelí normalizačne žíhaných a popustených sa vyrábajú rotory elektrických generátorov.

13. Vysokolegované konštrukčné ocele so špeciálnymi vlastnosťami.

Ocele, ktoré sa používajú v prevádzkach za zvláštnych podmienok majú vyhradenú samostatnú triedu 17. Treba však dodať, že zvláštnym podmienkam vyhovujú aj niektoré nízko a stredne legované ocele. Pre niektoré maximálne požiadavky kladené na súčiastky, ktoré pracujú pri vysokých teplotách alebo v rôznom prostredí nevystačíme s oceľami a musia sa použiť zliatiny, ktorých základ tvorí neželezný kov.

Označovanie ocelí triedy 17



Význam prvej doplnkovej číslice je nasledujúci:

- 0 - bez tepelného spracovania
- 1 - normalizačne žíhaný
- 2 - žíhaný (uvedie sa druh žíhania)
- 3 - žíhaný na mätko
- 4 - kalený alebo kalený a popustený pri nízkych teplotách po rozpúšťacom žíhaní
- 5 - normalizačne žíhaný a popúšťaný
- 6 - zušľachtený na dolnú pevnosť
- 7 - zušľachtený na strednú pevnosť
- 8 - zušľachtený na hornú pevnosť
- 9 - ostatné druhy tepelného spracovania

Sú to špeciálne vysokolegované materiály, určené pre prácu vo veľmi náročných

prevádzkových podmienkach, pre ktoré nepostačujú vlastnosti ocelí tried 10 až 16. Ocele triedy 17 sú spravidla legované chrómom a niklom. Väčšina ocelí obsahuje viac ako 10 % Cr.

1. Korozivzdorné (antikorózne) ocele

Podmienkou korozivzdornosti ocele je prítomnosť minimálne 12 % Cr v tuhom roztoku alfa alebo gama (vo ferite alebo austenite).

Podľa štruktúry rozdelujeme antikorózne ocele na tieto základné skupiny:

a. Chrómové ocele (martenzitické (kaliteľné) ocele) - vyrábajú sa z nich predovšetkým nože, skalpely, nožnice a pod., u ktorých sa vyžaduje vysoká tvrdosť, spojená s odolnosťou proti korózii. Ocele sú vhodné pre prácu v málo agresívnych prostrediach. Pri obsahu Cr 12 až 17% je oceľ martenzitická, resp. po žiňaní perlitická a dá sa kalieť a zušľachťovať. Čím viac obsahuje C, tým má mať väčší obsah Cr, ak má zostať korozivzdorná.

Chrómové ocele s malým množstvom C sa používajú tam, kde je rozhodujúca najmä odolnosť proti korózii (armatúry, lopatky parných turbín), so stúpajúcim C vzrastá aj pevnosť ocelí, kt. sa používajú na ventily, pružiny, súčiastky čerpadiel...

b. Chrómniklové ocele – majú väčšiu odolnosť proti korózii ako ocele chrómové, väčšiu húževnatosť ale sú drahšie. Majú prevažne austenitickú štruktúru (tradičné zloženie 0,1% C, 18% Cr, 8% Ni je to tzv. oceľ 18/8). Zvýšenie pevnosti možno dosiahnuť tvárnením za tepla. Zošľachťovať sa nedajú. Používajú sa vo vyžíhanom stave (ohrev 1000 až 1100 °C s nasledujúcim ochladením do vody). Prudké ochladenie je potrebné preto, aby sa nevytlúčili karbidy chrómu a zachovala sa homogénna austenitická štruktúra. (ohrevom nad 400 °C sa začínajú vylučovať karbidy, čo je spojené so znížením odolnosti proti korózii.). Preto sa do týchto ocelí, kt. sa používajú pre vyššie teploty, pridávajú prvky Ti, Nb, Ta – ocele sa stabilizujú.

c. Chrómmanagánové ocele – sú tiež austenitické ocele, ale drahý nikel je nahradený lacnejším mangánom. Svojimi vlastnosťami však nedosahujú kvalitu chrómniklových ocelí. Koróziu možno spomaliť pridaním 0,3% Cu. Takéto ocele sa používajú na výrobu súčiastok vystavených vlhku a vplyvom počasia (pletivá, stožiare, zábradlia, časti lodí). Takéto ocele sa nepovažujú za antikorózne, lebo patria do skupiny ocelí triedy 10, pretože je známe, že všetky kovy odolávajú tým lepšie korózii, čím majú menej nečistôt.

2. Žiaruvzdorné ocele (žiaruvzdorné)

Ocele odolné proti oxidácii v plynch pri teplotách nad 600°C sa označujú ako žiaruvzdorné. Žiaruvzdornosť vzniká v dôsledku samovoľnej tvorby ochrannej vrstvy oxidov chrómu na povrchu ocele. Vrstva oxidov musí byť súvislá a dobre priliehajúca k povrchu ocele. Hlavnou legúrou žiaruvzdorných ocelí je chróm, ďalšie prísady sú obvykle Si a Al. (Chróm, kremík a hliník sú prvky s vysokou afinitou - chemickou zľúčivosťou - ku kyslíku). Aj tieto ocele bývajú chrómové a chrómniklové.

a. Vysokolegované ocele chrómové – sú malo húževnaté a pri vysokých teplotách alebo pri zváraní sa stávajú hrubozrnými a krehnú.

Použitie: súčiastky parných kotlov a horenísk, na ochranné trubky pyrometrov, žiacie nádoby a pod. Sú použiteľné do teploty 1000 až 1100 °C.

b. Chrómniklové ocele – chemickým zložením sú podobné antikoróznym oceliam, ale obsah kremíka je zvýšený na 1 až 1,5%.

Použitie: súčiastky pecí a rôznych zariadení v sklárňach, porcelánkach, smaltovniach alebo niektoré zariadenia pre tepelnú techniku.

Najkvalitnejšie žiaruvzdorné ocele sú: STN 17 255 – 24% Cr + 19% Ni - do 1100 °C

STN 17 253 – 20% Cr + 38% Ni – do 1200 °C

3. Žiarupevné ocele

Žiarupevné ocele (musia byť súčasne žiaruvzdorné) sú schopné dlhodobo prenášať pri

vysokých teplotách mechanické zaťaženie. Táto ich vlastnosť sa nazýva odolnosť proti tečeniu (creepu).

Žiarupevnosť ocelí sa dosahuje vytvorením jemných častočiek (obvykle karbidov) v štruktúre materiálu, ktoré sú pri teplotách použitia stabilné (nerozpúšťajú sa), čím bránia trvalej deformácii materiálu (pohybu dislokácií). Na tento účel sa používajú ako prísady do žiarupevných ocelí karbidotvorné legúry Mo, V, W, Ti a Nb.

Podľa stúpajúcich nárokov na žiarupevnosť ich možno zoradiť takto:

- o do 400 C – uhlíkové ocele s obsahom 0,15 až 0,2% C (12 021, 12 022)
- o do 550 C – nízkelegované feriticko - perlitické ocele, legované Cr + Mo, V, W (13 120), pre prehrievačové rúrky kotlov, potrubia, súčiastky so zaručenou zvariteľnosťou (15 110, 15 111, 15 123), pre lopatky parných turbín, súčiastky armatúr (15 223, 15 320, 15 335)
- o do 620 C – vysokolegované ocele s 12% Cr s prísadami Mo, V, W, Ti. (lopatky parných turbín, disky a rotory turbín, žiarupevné odliatky)
- o do 700 C – austenitické žiarupevné ocele (0,1%C, 15% Cr, 12 až 40% Ni, + Mo, V, W, Co. (výkovky a rúry prehrievačov, armatúry, potrubia) – napr. 17 481, 17 482
- o do 1000 C – zliatiny Ni-Co-Cr, pre vysoko namáhané konštrukcie pracujúce pri veľmi vysokých teplotách
- o nad 1000 C – zliatiny Co a kovokeramické materiály na báze TiC (60 TiC, 24 Ni, 8 Co, 8 Cr.

4. Ocele odolné proti opotrebeniu

Patria sem tri druhy ocelí: a. Austenitická oceľ (Hadfield) pre súčiastky vyrobené tvárnením a STN 42 2760 ako oceľ na odliatky. (1,2 až 1,3% C a 13% Mn, niekedy 1% Cr)

b. Grafitová oceľ s obsahom 1,5% C, 1% Si, 0,4% Mn. (zvýšené % Si zapríčini rozklad cementitu na ferit a grafit. Vylúčený grafit je potom príčinou dobrej „samomaznosti“ týchto ocelí. Nenahradí však Hadfieldovu oceľ.

c. Ledeburitické ocele (nástrojové – rýchlorezné) sú legované 18% W, 4% Cr a 1% V. Tieto ocele pri vyšších teplotách (do 600 C) zachovávajú tvrdosť a rezivosť ostria.

5. Ocele so zvláštnymi fyzikálnymi vlastnosťami

Používajú sa na stavbu prístrojov, špeciálnych súčiastok a zariadení. Do tejto skupiny patria nasledujúce materiály:

Zliatiny s minimálnou teplotnou rozťažnosťou – s vysokým obsahom Ni (asi 30%) – Invar – oceľ 17 536 - 35% Ni – používa sa na meradlá a na súčiastky presných meracích prístrojov.

Zliatiny s rozťažnosťou rovnajúcou sa teplotnej rozťažnosti skla – 38 až 50% Ni – používajú sa vo forme drôtov zatavovaných do skla. – Kovar alebo Fernico.

Zliatiny s vysokým elektrickým odporom – na vyhrievacie a regulačné elektrické odpory, vysokolegované. Majú dobrú žiaruvzdornosť, žiarupevnosť. Sú to austenitické chrómniklové ocele s malou prísadou kremíka alebo vysokolegované chrómové ocele s prísadou Al, príp. kobaltu a kremíka.

Magneticky mäkké materiály – s malým obsahom C do 0,04% - transformátorové alebo dynamové plechy.

Magneticky tvrdé materiály – ocele legované kobaltom so zvýšením obsahom C – permanentné magnety.

Nemagnetické ocele – austenitické ocele mangánové alebo mangán – chrómové. Čisto austenitická štruktúra z hľadiska nemagnetických vlastností sa dosiahne prudkým ochladením z teploty 1050 C.

6. Ocele pre použitie pri nízkych teplotách

Ich húževnatosť sa s klesajúcou teplotou výraznejšie nemení a ich prechodová teplota je posunutá nižšie do záporných teplôt. (oceľ na súčiastky do lietadiel, zariadenia na výrobu kyslíka). Na tento účel možno použiť dva základné druhy oceľí:

- o do -60 C – jemnozrnné, hliníkom dezoxidované zošľachtené oceľe
- o pod -60 C – niklové vysokolegované oceľe (8% Ni) s martenzitickou štruktúrou (16 133, 16 241, 16 720).

www.euroekonon.sk

14. Nástrojové ocele. Nástrojové materiály – spekané karbidy a keramické materiály.

Podľa chemického zloženia sa nástrojové ocele delia do štyroch skupín:

1. uhlíkové,
2. zliatinové,
3. rýchlořezné,
4. ocele na liate nástroje.

Uhlíkové nástrojové ocele

Na ich vlastnosti vplýva v prvom rade množstvo uhlíka. Vyrábajú sa s obsahom 0,5 až 1,5 % C. Podľa tvrdosti ich možno rozdeliť na húževnaté, stredne tvrdé, tvrdé a veľmi tvrdé (obsahujú nad 1,4 % C). Obsah Mn, Si a Cr je pomerne malý. Sú to napr. ocele STN 19 015, 19 103, 19 192, 19 222, atď.

Zliatinové nástrojové ocele

Zliatinové prvky odstraňujú tieto nedostatky a umožňujú vyrábať výkonnejšie nástroje. Najdôležitejšie prísadové prvky zliatinových nástrojových ocelí sú Cr, Mo, V, W. Sú to karbidotvorné prvky, zvyšujú tvrdosť a stabilitu karbidickej fázy a znižujú pokles tvrdosti pri popúšťaní. Výrazne zvyšujú odolnosť proti opotrebeniu. Tým, že prísadové prvky zvyšujú prekaliteľnosť, možno vyrábať z týchto ocelí aj nástroje väčších rozmerov. Pridaním niklu sa zvyšuje húževnatosť týchto ocelí. Chemické zloženie vybraných zliatinových nástrojových ocelí je uvedené v tab. 16.

Rýchlořezné ocele

Kvalita týchto materiálov je daná prítomnosťou tvrdých a oteruvzdorných karbidov W, Cr, V, ktorých množstvo v nástrojových rýchlořezných oceliach býva v rozmedzí 15 až 22 %. Do najvýkonnejších druhov sa pridáva Co (do 10 %), ktorý zvyšuje pevnosť tuhého roztoku pri vyšších teplotách. Chemické zloženie vybraných druhov rýchlořezných ocelí je uvedené v tab. 17. Dlhodobo znášajú teplotu 600 °C.

Spekané karbidy

vynikajú tvrdosťou a odolnosťou ostria pri vyšších teplotách (použiteľnosť do 800 °C) a znášajú preto podstatne väčšie rezné rýchlosti. Vynikajú veľkou životnosťou.

Základným materiálom pre nástroje zo spekaných karbidov je práškový karbid volfrámu (WC) s možnými prísadami karbidu titánu (TiC) alebo karbidu tantalu (TaC). Dôležitým kovom, ktorý zlepšuje väzby a zväčšuje húževnatosť je práškový kobalt. Pridáva sa v množstvách 5 až 25 %. Zmiešané prášky sa zlisujú do tvaru doštičiek, ktoré už nemožno obrábať, ani rezať. Spekanie prebieha pri teplote 1500 °C. Tvar doštičiek možno korigovať len brúsením.

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

15. Biele liatiny. Stabilná sústava železo – grafit. Grafitické liatiny. Tvárna liatina.

Biele liatiny

sú technickým železom s obsahom uhlíka nad 2,11 %, tuhúcim podľa metastabilnej rovnovážnej sústavy železo-uhlík, v ktorej uhlík je vylúčený vo forme cementitu - Fe_3C .

Vznik bielej liatiny podporuje:

- a) prevaha pôsobenia Mn nad Si,
- b) rýchle chladnutie.

Štruktúru bielej liatiny tvorí perlit a cementit. Podľa obsahu uhlíka môže byť liatina podeutektická, eutektická alebo nadeutektická. Má vysokú tvrdosť a dobrú odolnosť proti opotrebeniu, ale je veľmi krehká s nízkou pevnosťou v ťahu. Tvrdosť, ktorá v závislosti od obsahu uhlíka býva 350 až 500 HB možno zvyšovať legovaním alebo tepelným spracovaním. Kalením z teplôt 820 až 860 °C a popúšťaním pri teplotách 200 až 280 °C bude štruktúru tvoriť martenzit a cementit (tvrdosť nad 60 HRC) a zvýši sa odolnosť proti abrazívnemu opotrebeniu.

Biela liatina nie je normalizovaná, lebo má v praxi len zriedkavé uplatnenie. Vyrábajú sa z nej jednoduché odliatky, ktoré majú mať vysokú tvrdosť a odolnosť proti opotrebeniu, ako lopatky pieskometov, valce a gule v mlynch, čeluste drvičov kameňa a pod. Prevažná časť odliatkov z nelegovanej bielej liatiny však predstavuje východiskový produkt na výrobu temperovanej liatiny.

Grafitová (sivá) liatina

je technické železo s obsahom uhlíka nad 2,11 % C, tuhúcim podľa stabilnej sústavy a v ktorej uhlík je vylúčený vo forme grafitu. Je normalizovaná v STN 422410-35. Vznik grafitovej liatiny podporuje:

- a) prevaha pôsobenia Si a Mn,
 - b) pomalé ochladzovanie.
- Obvyklé zloženie grafitovej liatiny:

2,5 až 4,0 % C, 1,2 až 2,4 % Si, 0,4 až 0,8 % Mn, 0,2 až 0,6 % P, 0,08 až 0,12 % S.

Tvárna liatina

je na rozdiel od troch predchádzajúcich normalizovaná v STN 422303 až 07. Grafit umiestnený v liatine v tvare lupienkov má účinok vrubov, čím veľkou mierou znižuje húževnatosť a ťažnosť liatin. Preto bola snaha dosiahnuť vylúčenie grafitu v priaznivejšom tvare, v tvare guliek (zŕn).

Základná surovina má pomerne vysoký obsah C + Si (približne eutektické zloženie) a bez očkovania by stuhla ako jednoduchá sivá liatina. Ako očkovačlo sa používa Mg a Ce, ktoré výrazne ovplyvňujú medzifázové napätie medzi taveninou a tuhúcim grafitom v tom zmysle, že sú príčinou vylúčenia grafitu v tvare guliek. Takúto liatinu potom nazývame tvárnou liatinou.

Jednotlivé prvky v tvárnej liatine bývajú zastúpené v týchto rozmedziach: 3,2 až 4,2 % C, 0,4 až 0,8 % Mn, 1,5 až 4,0 % Si, max. 0,1 % P, max. 0,02 % S. Mechanické vlastnosti sivej liatiny sú veľmi dobré a tento druh liatiny sa považuje za prechod medzi liatinami a ocelami.

Rovnovážny binárny diagram železo-grafit má v podstate rovnaký tvar ako metastabilný diagram Fe-Fe₃C. Rozdiel je len v čiastočne odlišnej polohe niektorých rovnovážnych čiar diagramu a v koncentráciách niektorých bodov (obr.53).

16. Teória fázových premien pri tepelnom spracovaní ocelí (austenitická, perlitická, bainitická a martenzitická premena – mechanizmus a kinetika).

5.1.1 Austenitizácia

Austenitizáciou rozumieme ohrev ocelí do oblasti austenitu.

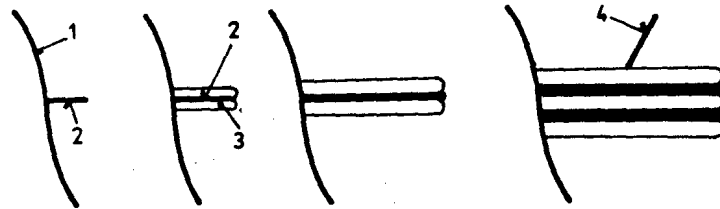
Pri pomalom ohreve podeutektoidnej ocele sa pri teplote Ac_1 perlit mení na austenit a medzi teplotami Ac_1 a Ac_3 dochádza k postupnému rozpúšťaniu feritu v austenite (pozri diagram Fe - Fe₃C). Pri ohreve nadeutektoidnej ocele po izotermickej premene perlitu na austenit pri teplote Ac_1 , nasleduje postupné rozpúšťanie sekundárneho cementitu v austenite, medzi teplotami Ac_1 a Ac_m . Pri ohreve ocele eutektoidného zloženia s východiskovou perlitickou štruktúrou, sa uskutoční len izotermická premena perlitu na austenit pri teplote Ac_1 .

Premena perlitu na austenit má difúzny charakter a prebieha tvorbou zárodkov a ich rastom. Nukleácia je heterogénna, pretože zárodky austenitu vznikajú v miestach štruktúrnych porúch. Sú to predovšetkým hranice fáz (ferit-cementit), hranice rovnakých zŕn (perlit-perlit) alebo hranice štruktúrnych zložiek (ferit-perlit). Prekryštalizácia sa uskutočňuje difúznou premenou feritu na austenit, pri súčasnom rozpúšťaní častíc cementitu vo vznikajúcom austenite. Difúzny posun medzifázového rozhrania austenit-ferit je rýchlejší, ako posun hranice austenit-cementit. V určitom štádiu premeny je preto celá feritická hmota už premenená na austenit, ale časť cementitu zostáva ešte nerozpuštená. Tento sa postupne rozpúšťa až po získanie austenitu, ktorý je však chemicky nehomogénny. Tam, kde sa vyskytovali lamely feritu, je obsah uhlíka nižší a tam, kde boli lamely cementitu, je obsah uhlíka vyšší. Vyrovnávanie chemickej heterogenity v austenite nazývame homogenizácia austenitu.

Pri austenitizácii je obvyčajne snaha získať jemnozrnnú štruktúru austenitu, z ktorej prekryštalizáciou pri ochladení sa získa jemnozrnná výsledná štruktúra s priaznivými mechanickými vlastnosťami.

Perlitická premena:

Perlitická premena je **difúzna** premena. Premena začína tak, že na hraniciach zŕn austenitu sa vytvorí najskôr zárodok cementitu, ktorý rastie smerom do stredu zrna. Vytvorením cementitu sa okolitý austenit ochudobní o uhlík a na tomto mieste sa vylúči zárodok feritu. Keďže je rozpustnosť uhlíka vo ferite malá, je uhlík z feritu vytlačený do okolitého austenitu a tento sa premení na cementit. Celý dej sa opakuje. Premena sa ukončí vtedy, keď sa celý objem austenitu premení na perlit.



Obr. 68. Mechanizmus vzniku perlitu

1 - hranica zrna austenitu, 2 - lamela cementitu, 3 - lamela feritu, 4 - zárodok novej perlitickej kolónie

Bainitická premena:

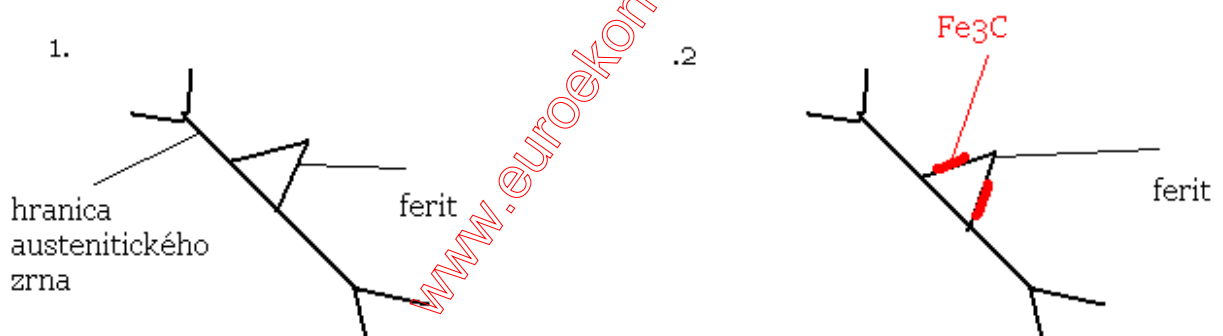
Premena je **čiastočne difúzna a čiastočne bezdifúzna**. Bezdifúzne prebieha premena mriežky γ - Fe na α - Fe. Zmena v tomto rozdelení uhlíka však prebieha difúziou. Premena sa po čase zastaví a v štruktúre zostane určité percento nepremeného austenitu – **zvyškový austenit**.

Bainit:

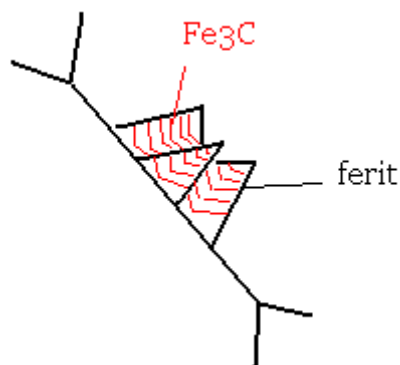
1. horný
2. dolný.

Mechanizmus vzniku horného bainitu:

Na hraniciach zrn austenitu sa **najskôr vytvorí ihlica feritu**, ktorá **rastie smerom do stredu zrna**. **Okolo ihlice feritu je austenit obohatený o uhlík**, v dôsledku čoho na ich fázovom rozhraní **vzniká cementit**. Cementit má tvar jemných častíc, pričom tieto sú tým jemnejšie, čím je nižšia teplota.



Dolný bainit

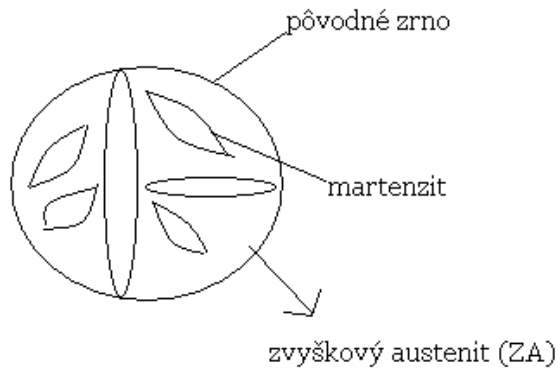


Martenzitická premena:

Prebieha **bezdifúzne**, pretože v teplotnom intervale, v ktorom prebieha, už nie je možná difúzia uhlíka.

Martenzit – presýtený tuhý roztok uhlíka v železe α . Charakteristickým znakom martenzitu je vysoká tvrdosť, pevnosť a krehkosť. Možno ho získať kalením, alebo deformáciou austenitu. Má tetragonálnu mriežku.

Martenzitické kryštály majú doskovitý alebo diskovitý tvar.



Zvyškový austenit je v štruktúre ocele nežiadúci, pretože znižuje jej tvrdosť a je príčinou nestability tvarov a rozmerov.

17. Transformačné diagramy ocelí (IRA a ARA diagramy).

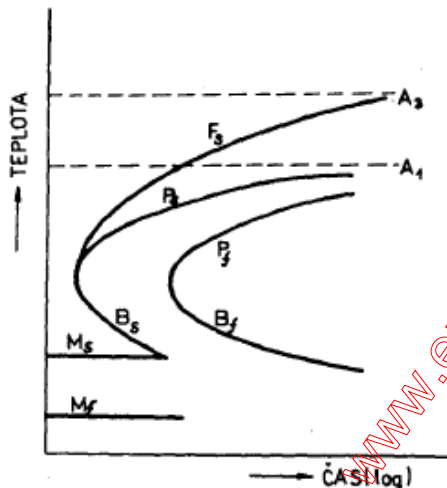
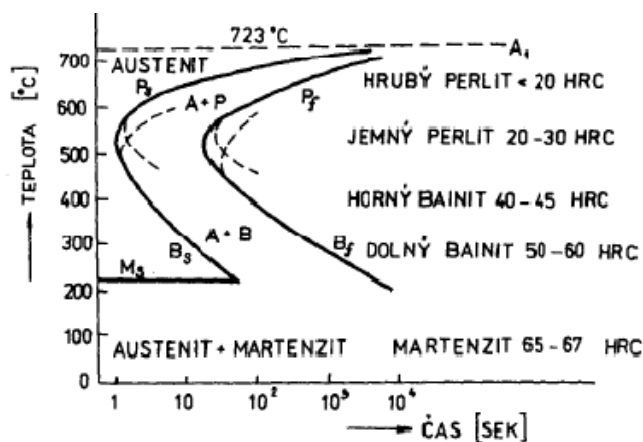


Diagram IRA podeutektoidnej nelegovanej ocele



IRA - diagram ocele eutektoidného zloženia
 P_s , B_s , M_s - začiatky premen, P_f , B_f , M_f - koniec premen

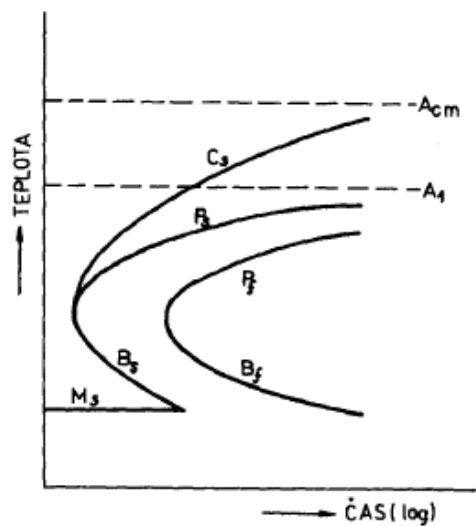
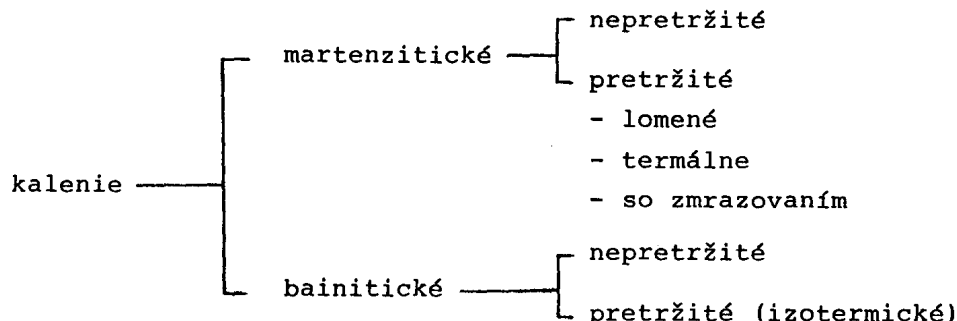


Diagram IRA nađeutektoidnej nelegovanej ocele

www.euroekonom.sk

18. Kalenie. Druhy kalenia, kaliace prostredia a ich vlastnosti.

Cieľom kalenia je väčšinou dosiahnuť štruktúru martenzitickú, kde sa využíva jej vysoká tvrdosť a odolnosť proti opotrebeniu. Pri konštrukčných oceliach sa popustením martenzitu získa sorbidická štruktúra (kap. 5.2.3) s výhodnou kombináciou pevnosti a húževnatosti.



1. Martenzitické

a) **priame** – spočíva v ohreve na kaliacu teplotu a následnom plynulom ochladzovaní v kaliacom prostredí

b) **lomené** – kalenie do dvoch prostredí za sebou v oblasti bainitickej premeny sa aplikuje najskôr rýchlejšie ochladzovanie a ochladzovanie v intervale martenzitickej premeny sa dokončí v miernejšom ochladzovacom prostredí. Ochladzovacie prostredie (voda+olej, olej+vzduch)

c) **termálne** – spočíva v ohreve na kaliacu teplotu a potom ochladzovaní v sol'nom kúpeli na teplotu asi 30°C nad M_s . Na tejto teplote sa zotrvá a počas výdrže sa vyrovnávajú teploty v jadre a na povrchu súčiastky. Potom sa ochladzuje v intervale martenzitickej premeny (napr. voľne na vzduchu). Používa sa na kalenie nástrojov s rýchlorezných ocelí

d) **so zamrazovaním** – používa sa pre ocele, ktorých teplota M_F leží pod 0°C.

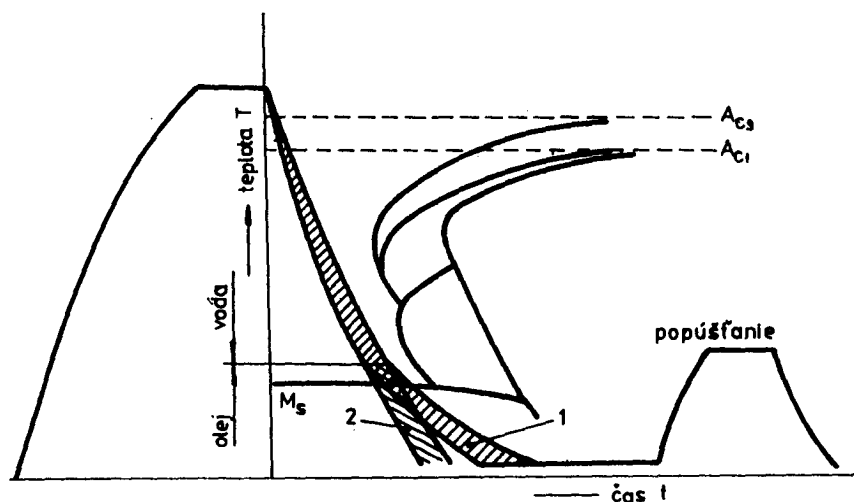
Postup:

Oceľ sa najskôr zakalí do vody alebo oleja a potom sa čo najrýchlejšie preniesie do zmrazovacieho kúpeľa. Zväčša stačí zmraziť na $T = -80^\circ\text{C}$ (zmes liehu a tuhého CO_2), vysoko legované ocele sa potom zmrazujú v tekutom dusíku ($T = -196^\circ\text{C}$)

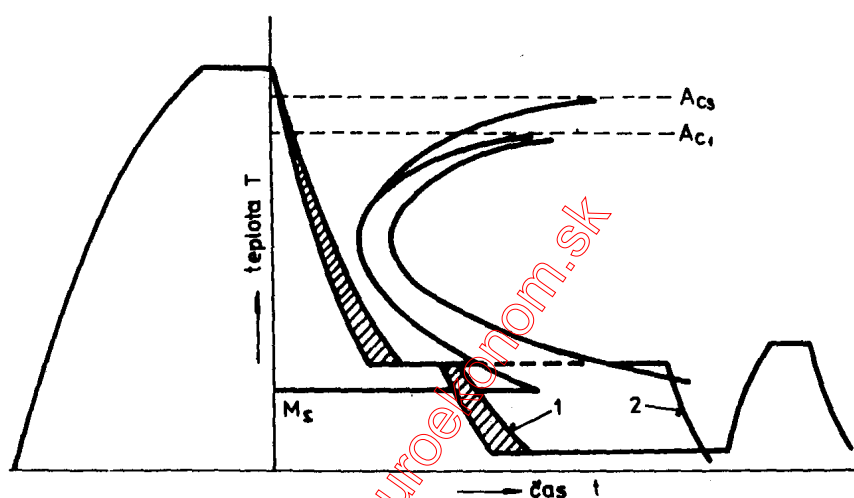
2. Bainitické

a) **izotermické** – rozpad austenitu po ochladení z kaliacej teploty izotermicky v sol'ných kúpeľoch. Po skončení premeny sa ďalej ochladzuje na vzduchu

b) **nepretržite** – založené na rýchlom a plynulom ochladzovaní po ohreve na kaliacu teplotu, aby sa zabezpečil rozpad austenitu na bainit alebo zmes bainitu a martenzitu.



Obr. 84. Schéma kalenia 1 - lomeného, 2 - priameho



Obr. 85. Schéma kalenia 1 - termálneho, 2 - izotermického

Kaliace prostredia

Druhy kaliacich (ochladzovacích) prostredí

- 1) Voda
- 2) Voda s anorganickými prísadami (NaOH , NaCl , Na_2CO_3)
- 3) Syntetické kaliace prostredia
- 4) Olej
- 5) Vzduch
- 6) Neutrálne plyny (dusík, argón)
- 7) Roztavené soľné kúpele
- 8) Kovové dosky a mreže
- 9) Fluidná vrstva

19. Popúšťanie. Fázové premeny pri popúšťaní zakalenej ocele. Zušľachtovanie.

Základom štruktúry zakalenej ocele sú dve nerovnovážne fázy - tetragonálny martenzit a zvyškový austenit, ktoré sa vyznačujú vysokou hustotou dislokácií a bodových porúch a rozdiely v ich merných objemoch vyvolávajú veľké vnútorné napätia. Ohrevom zakalenej ocele - popúšťaním prebiehajú štruktúrne zmeny pri ktorých sa znižuje voľná entalpia, čím sa sústava približuje k rovnovážnemu stavu. Dôsledkom týchto procesov je zmena štruktúry, objemu a zmena fyzikálnych a hlavne mechanických vlastností. Premeny ku ktorým dochádza u zakalenej oceli pri popúšťaní rozdeľujeme do štyroch základných skupín (štádií). Jednotlivé štádiá sa môžu navzájom prekrývať a ich poloha závisí od druhu ocele a rýchlosti ohrevu.

1. štádium - do 200 °C

Rozpad tetragonálneho martenzitu môže prebiehať dvoma spôsobmi a to alebo jednoetapovo, alebo dvojetapovo.

Pri jednoetapovom rozpade sa uskutočňuje koherentná precipitácia uhlíka z martenzitu vo forme hexagonálneho ϵ -karbidu (Fe_2C až $\text{Fe}_{2,4}\text{C}$). Tieto procesy začínajú intenzívnejšie prebiehať až od 100 °C. Obsah uhlíka v martenzite u ocelí s vyšším obsahom uhlíka klesá po skončení 1.štádia na 0,25 % vylúčením veľkého množstva veľmi disperzných doštičkovitých častíc ϵ -karbidu. Ich rast je veľmi obmedzený možnosťami difúzie uhlíka v martenzite pri nízkych teplotách (do 100 °C) a prerušením koherencie medzi ϵ -karbidom a mriežkou martenzitu. Štruktúra, ktorá vznikne je tvorená nízkouhlíkovým martenzitom a ϵ -karbidom a nazýva sa *nízkopopúšťací martenzit*. Rýchlosť reakcie $\text{martenzit} \rightarrow \epsilon\text{-karbid} + \text{nízkouhlíkový martenzit}$ je na začiatku najvyššia a s postupom času sa prudko znižuje.

Pri dvojetapovom rozpade vznikajú v tetragonálnom martenzite pri teplotách popúšťania do 150 °C klastre, ktoré pozostávajú z dvoch alebo viacerých susedných elementárnych buniek martenzitu, v ktorých sú oktaedrické priestory obsadené uhlíkom v smere [001] alebo [100]. Tvorba klastrov spôsobuje zníženie tetragonality martenzitu a zmenšenie objemu elementárnej bunky martenzitu. S predlžovaním doby popúšťania sa tieto zmeny prejavujú silnejšie. Pri tvorbe zhlukov klastrov klesá hustota dislokácií v martenzite v oblastiach mimo zhlukov a tým klesajú aj mikrodeformácie. Naproti tomu vytváranie zhlukov klastrov vedie k objemovým zmenám a tým k vzniku zvyškových napätí. Vznik klastrov môže teda spôsobiť aj zvýšenie tvrdosti.

V druhej etape dochádza k postupnej premene klastrov na ϵ -karbid alebo k rastu klastrov do kritických rozmerov, kedy sa začnú rozpadáť. Celý proces dvojetapového rozpadu martenzitu je charakterizovaný postupným prerozdeľovaním atómov uhlíka v mriežke martenzitu v snahe získať z energetického hľadiska čo najvýhodnejšiu polohu.

V prvom štádiu popúšťania klesá tvrdosť len nepatrne (prípadne môže aj vzrásť), mierne sa zníži aj medza pevnosti rastie medza klzu, ťažnosť a vrubová húževnatosť. Zmenšuje sa tetragonalita martenzitu, čím sa znižujú makro- aj mikroskopické napätia.

2. štádium - 200 ÷ 300 °C

Charakteristickým procesom druhého štádia je premena zvyškového austenitu. Táto premena prebieha priamo a výsledkom rozpadu je štruktúra, ktorá by vznikla premenou podchladeného austenitu pri danej teplote. Kinetika premeny zvyškového austenitu pri popúšťaní je odlišná od premeny primárneho austenitu a je kontrolovaná difúziou uhlíka v austenite. Vzrastá pri nej merný objem, menia sa magnetické vlastnosti a uvoľňuje sa teplo.

V tomto štádiu pokračujú premeny charakteristické pre prvé štádium, koherentná precipitácia ϵ -karbidu, resp. jeho obmedzený rast, zníženie presýtenosti uhlíka v martenzite na 0,1 %, zmena v stave dislokácií, reakcie atómov uhlíka s dislokáciami atď.

3. štádium - 300 ÷ 400 °C

V treťom štádiu popúšťacích procesov sa zníži koncentrácia uhlíka v martenzite na rovnovážnu hodnotu. So vzrastajúcou teplotou vzrastá hrúbka karbidických častíc, pôvodne ihlicovité karbidy sa rozpúšťajú a vznikajú guľovité zrná cementitu s výhodnejšou hodnotou povrchovej energie. Cementit nukleuje prednostne na hraniciach ihlíc martenzitu a na hraniciach pôvodných austenitických zŕn, prípadne aj v matici. Cementit môže vznikať koherentne priamou transformáciou častíc ϵ -karbidu alebo nekoherentne precipitáciou uhlíka z martenzitu. Po skončení týchto premien dostávame feriticko-karbidickú štruktúru tvorenú zväčša lamelárnymi karbidickými časticami.

4. štádium - nad 400 °C

Pri týchto teplotách prebieha zotavovanie mriežky martenzitu a pri vyšších teplotách jej rekryštalizácia, pri ktorých klesá koncentrácia mriežkových porúch v martenzite a hodnota vnútorných pnutí. Pri vyšších popúšťacích teplotách sa lamelárne častice cementitu menia na globulárne, pričom ďalej rastú. S nimi sa mení aj štruktúra matrice od ihlicovitého až k polyedrickému, ktorého veľkosť zrna rovnako vzrastá s dobou a teplotou popúšťania. Feriticko-karbidická zmes, ktorá vzniká popúšťaním v treťom a štvrtom štádiu sa nazýva **sorbitom**.

Sorbit - je to produkt vysokoteplotného popúšťania zakalenej ocele

- veľmi jemná (disperzná) zmes feritu a cementitu, ktorá vznikne rozpadom martenzitu počas popúšťania

- je to štruktúra zušľachtenej ocele

Okrem teploty popúšťania závisia mechanické vlastnosti popustenej ocele aj na dobe popúšťania.

Zušľachtovanie:

Zušľachtovanie je kalenie a následné vysokoteplotné popúšťanie konštrukčných ocelí. Štruktúru zušľachtenej konštrukčnej ocele tvorí sorbit, ktorý je možno vytvoriť len popustením martenzitu. Zušľachtením je možné dosiahnuť najvhodnejšiu kombináciu pevnosti, medze klzu a húževnatosti ocele. Tieto vlastnosti musia mať dynamicky a cyklicky namáhané súčiastky, pretože medza únavy závisí od pevnosti a možnosť cyklického preťažovania od húževnatosti materiálu.

Zušľachtovanie teda použijeme vždy vtedy, keď potrebujeme dostať výsledný materiál s vysokou húževnatosťou, vysokou pevnosťou a dobrou tvrdosťou.

Ocele na zušľachtovanie:

Do tejto skupiny patria ocele so stredným obsahom uhlíka (0,3 – 0,7 %C), ktoré sa po kalení popúšťajú na vyššie teploty (až na teploty pod A_1), aby sa dosiahla vysoká húževnatosť pri zachovaní vhodnej pevnosti.

Súčiastky, ktoré majú mať vysokú tvrdosť sa popúšťajú pri nízkych teplotách, aby sa zachovala vysoká tvrdosť po kalení.

20. Žihanie. Žihanie ocelí.

Žihanie je proces tepelného spracovania, pozostávajúci z ohrevu na žihaciu teplotu, výdrži na tejto teplote a následného spravidla pomalého ochladzovania. Cieľom procesu je získať stav blízky rovnovážnemu.

Rozdelenie žihania: a.) žihanie bez prekryštalizácie, (teploty pod A_1)

b.) žihanie s prekryštalizáciou (nad A_3 resp. A_m)

a) Žihanie bez prekryštalizácie: (v oceli nevznikajú žiadne fázové premeny)

Žihanie na odstránenie vodíka – cieľom je odstrániť vodík, ktorý difundoval do povrchu napr. pri povrchových úpravách (morenie v kyselinách, galvanické pokovovanie), pri zvaraní (vlhké elektródy, vlhkosť z prostredia, nedostatočne vysušený ochranný plyn – CO_2). Zvarové spoje sa žihajú pri 200 °C.

Žihanie na odstránenie krehkosti po morení – okolo 450 °C. Aj v tomto prípade je cieľom odstránenie vodíka, ktorý difundoval do povrchu ocele pri morení v kyselinách.

Žihanie na zníženie vnútorných napätí – 500 – 600 °C. Po každom technologickom procese vznikajú v materiáli vnútorné napätia. Pri tomto žíhaní je dôležité prehriať celý prierez materiálu a potom ho pomaly ochladzovať až do teploty 200 °C. Vnútorné napätia sa znižujú a zanikajú v dôsledku samovoľnej plastickej deformácie v žíhanej oceli vyvolanej východiskovými napätiami, ktoré existovali v oceli pred žíhaním.

Rekryštalizačné žihanie (medioperačné, regeneračné) – na odstránenie deformačného spevnenia materiálu, ktoré vzniklo pri tvárnení za studena (napr. ťahanie, pretlačovanie). Hlavným cieľom je získať vlastnosti, ktoré mal materiál pred tvárnením za studena.

Sferoidizačné žihanie (globularizačné) – pri žíhaní sa lamelárna morfológia cementitu mení na globulárnu.

Žihanie na mätko – nemusí sa premeniť karbidická fáza v celom priereze na globulárnu, ale stačí, že sa zníži tvrdosť. Žihacie teploty: pod A_1 – žíhame podeutektoidné ocele, nad (alebo okolo) A_1 – eutektoidné ocele.

Poznámka: Žihanie na mätko sa nachádza medzi skupinami žíhanie bez prekryštalizácie (pod A_1) a žíhanie s prekryštalizáciou (nad/okolo A_1).

b) Žihanie s prekryštalizáciou (pri tomto žíhaní nastávajú fázové premeny)

Normalizačné žihanie – je najviac používané žihanie. Teploty žíhanie 30 – 50 °C nad A_3 (podeutektoidné), 30 – 50 °C nad A_m (nadeutektoidné) – používame ho na zjemnenie zrna austenitu a vytvorenie rovnomernej jemnozrnej štruktúry s priaznivými mechanickými vlastnosťami. Väčšinou normalizačne žíhame výlučne podeutektoidné ocele.

Izotermické žihanie – cieľom je zníženie pevnosti a zabezpečenie obrobitelnosti niektorých typov legovaných ocelí. Pri tomto žíhaní využívame znalosť IRA diagramov.

Homogenizačné žihanie (difúzne) – používa sa pri odliatkoch vyrobených z legovaných ocelí. Cieľom je zmenšenie chemickej heterogenity materiálu, ktorá vznikla pri tuhnutí odliatku. Teplota žíhanie 1000 – 1200 °C, kde sú priaznivé podmienky pre difúziu uhlíka a legujúcich prvkov.

PO HOMOGENIZAČNOM ŽÍHANÍ SA APLIKUJE NORMALIZAČNÉ ŽÍHANIE, ABY SME ZJEMNILI HRUBÉ ZRNO MATERIÁLU (KTORÉ VZNIKLO VPLYVOM VYSOKÝCH TEPLÔT PRI HOMOGENIZAČNOM ŽÍHANÍ).

21. Chemicko – tepelné spracovanie. Nauhličovanie. Ocele na nauhličovanie. Tepelné spracovanie po nauhličení. Nitridácia.

Chemicko-tepelným spracovaním nazývame postupy difúzneho sýtenia povrchu ocele rôznymi prvkami (kovmi i nekovmi), s cieľom dosiahnuť rozdielne mechanické alebo fyzikálne-chemické vlastnosti povrchu a jadra súčiastok. Na rozdiel od povrchového kalenia, pri ktorom sa rozdielne vlastnosti povrchu a jadra získajú zmenou štruktúry povrchovej vrstvy tepelným spracovaním pri nezmenenom zložení v celom priereze súčiastky, základom chemicko-tepelného spracovania je zmena chemického zloženia povrchovej vrstvy.

Cieľom chemicko-tepelného spracovania býva zvýšiť tvrdosť a odolnosť povrchu proti opotrebeniu a zachovať húževnaté jadro. Požadované vlastnosti sa dosiahnu buď priamo, t.j. obohatením povrchovej vrstvy príslušným prvkom (napr. N, S, Cr, Al, Si, B, ...) alebo aj nasledujúcim tepelným spracovaním – kalením a popúšťaním (C, C+N).

Nauhličovanie:

- difúzne nasycovanie povrchu uhlíkom až na hodnotu 0,8 %C
- prebieha pri 50 °C nad A_3 v intervale 880 – 950 °C, hrúbka vrstvy 0,5 – 2 mm, po nauhličovaní nasleduje kalenie a popúšťanie pri nízkych teplotách (200 °C)
- povrchová tvrdosť 58 – 62 HRC

Ocele na nauhličovanie.

Nauhličujeme ocele s obsahom 0,15 – 0,25 %C

Nitridovanie:

je chemicko-tepelné spracovanie, pri ktorom sa tenká povrchová vrstva ocele nasycuje dusíkom. Na rozdiel od cementovania požadované vlastnosti povrchu dosiahneme v priebehu nasycovania dusíkom, t.j. bez nasledujúceho tepelného spracovania. Podstatou vysokej povrchovej tvrdosti je vznik veľmi tvrdých kovových zlúčenín dusíka so železom – nitridov železa a prípadne s ďalšími prísadovými prvkami.

Nitridáciou oceľových súčiastok sa sleduje:

- zvýšenie tvrdosti povrchu a odolnosti proti opotrebeniu,
- zvýšenie medze únavy pre cyklicky a dynamicky namáhané súčiastky,
- zvýšenie odolnosti proti korózii.

22. Hliník a zliatiny hliníka. Duraly a silumíny. Vytvrdzovanie duralov.

Hliník má kubickú, plošne centrovanú mriežku, teplotu tavenia 660 °C, hustotu 2700 kg.m³, teplotu varu 2519 °C, mernú elektrickú vodivosť 38 MS.m⁻¹, veľmi malú pevnosť v ťahu a je ťažný aj pri nízkych teplotách. Pevnosť čistého hliníka je malá a môže sa zvyšovať legovaním, deformáciou za studena alebo tepelným spracovaním.

Skupina	Hlavná legúra	Základný systém
1XXX	-	Al čistoty minimálne 99 hm. %
2XXX	Cu	Al-Cu, Al-Cu-Mg
3XXX	Mn	Al-Mn, Al-Mn-Mg
4XXX	Si	Al-Si, Al-Si-Mg
5XXX	Mg	Al-Mg, Al-Mg-Mn
6XXX	Mg a Si	Al-Si, Al-Si-Mg
7XXX	Zn	Al-Zn-Mg, Al-Zn-Mg-Cu
8XXX	d'alšie prvky, napr. Li, Sn, Zr, Ti, V	Al-Li a pod.

Najrozšírenejšia zliatina tohto typu je dural (duralumínium). Je to zliatina AlCu4Mg (STN 42 4201) s obsahom 3,8 až 4,8 % Cu, 0,4 až 0,8 % Mg, 0,4 až 0,8 % Mn. Používa sa ako bežný konštrukčný materiál. Po vytvrdnutí dosahuje pevnosť 400 Nmm⁻² a tvrdosť 100 až 125 HB (tab. 23).

Zliatina superdural - AlCu4Mg1 (STN 42 4202) má zloženie: 3,8 až 4,9 % Cu, 1,2 až 1,8 % Mg a 0,3 až 0,9 Mn a po vytvrdnutí dosahuje pevnosť min. 450 Nmm⁻². Má však nižšiu húževnatosť.

a) Zliatiny Al-Si
sú známe pod názvom SILUMÍNY. Sú to najlepšie zlievarenske zliatiny ľahkých kovov. Majú malú hustotu (2,65 gcm⁻³), dobrú pevnosť a výbornú húževnatosť. Dobre odolávajú korózii. Majú veľmi dobrú zabiehavosť a malú zmrštivosť (0,4 až 0,6 %). Podľa obsahu kremíka ich delíme na podeutektické (4,5 až 10 Si), eutektické (10 až 13 % Si) a nadeutektické (12 až 24 % Si). Najlepšie odlievateľné sú zliatiny eutektického zloženia, tuhnúce izotermicky.

Vytvrdzovanie hliníka:

Precipitačne vytvrdzovať možno iba zliatiny, ktoré majú krivku zmeny rozpustnosti v tuhom stave (napr. v prípade DURALU s klesajúcou teplotou klesá rozpustnosť medi v hliníku).

Vytvrdzovanie hliníka sa skladá z:

1. Rozpúšťacie žíhanie – ohrev vytvrdzovanej zliatiny do oblasti existencie tuhého roztoku, nasleduje výdrž na tejto teplote (cca. 550 °C). V tomto prípade získame nasýtený tuhý roztok.
2. Kalenie – následné rýchle ochladenie z teploty rozpúšťacieho žíhania na izbovú teplotu s cieľom vytvoriť presýtený tuhý roztok.
3. Starnutie – prirodzené (pri teplote 20 °C)

– umelé (pri teplote cca. 180 °C)

23. Med' a zliatiny medi. Mosadze a bronzy.

Med' – mäkký, červený kov, veľmi dobrá tepelná a elektrická vodivosť, teplota tavenia 1083 °C. Použitie – elektrotechnika, výroba zliatin medi (bronz, mosadz), nemá alotropické premeny.

1. Mosadze (Cu + Zn)
2. Bronzy (Cu + iný prvok okrem Zn)

Ako možno spevniť med' keď nemá alotropickú premenu? Polotovár sa deformuje za studena a potom sa využíva rekryštalizácia.

Mosadze:

1. Na tvárnenie
2. Na odlievanie
3. Na obrábanie
4. Na spájkovanie
5. Špeciálne mosadze

Bronzy: (Rozdelenie podľa hlavnej legúry)

1. Cínové
2. Hliníkové
3. Beríliové
4. Cínovo-olovené a olovené

24. Plasty. Definícia. Základné druhy plastov a ich označovanie. Použitie plastov.

Plasty sú podľa STN 64 0001 materiály, ktorých podstatu tvoria makromolekulové látky a ktoré možno formovať teplom alebo tlakom, prípadne oboma činiteľmi súčasne, na rôzne tvary. Ich základné vlastnosti určuje chemická stavba a ich štruktúra. Vzhľadom na kombinačné možnosti v organickej chémii sú možnosti nových druhov neobmedzené.

Štruktúra plastov – polyméry sú tvorené makromolekulami, ktorých základ tvoria atómy uhlíka a menej často kyslíka, fosforu a kremíka, na ne sa kovalentnými väzbami viažu atómy ďalších prvkov (H, N, Cl).

1. Termoplasty (plastoméry) možno tvárniť teplom. Pôsobením tepla mäknú, ale chemicky sa pri tom nemenia. Možno ich porovnať s voskom, ktorý pri ohreve mäkne a stáva sa ľahko tvárnym a spracovateľným. Ohrev (po určitú teplotu) možno opakovať bez ovplyvnenia základných vlastností materiálu.

2. Reaktoplasty (termosety, duroméry) sú husto zosieťované polyméry, ktoré sú spravidla nerozpustné a netaviteľné. Pôsobením tepla sa mení ich chemická štruktúra – nemäknú, ale sa "vytvrdzujú". Reaktoplasty možno prirovnáť k

betónu, ktorý je v priebehu prípravy tvárny a vláčny. Keď však stuhne a stvrdne, už ho nemožno vrátiť do plastického stavu.

3. Elastoméry sú makromolekulové látky, ktoré sa po deformácii rýchlo vracajú do pôvodného tvaru a rozmerov. Hlavnými predstaviteľmi týchto materiálov sú kaučuky a guma.

Názvy polymérov sa tvoria pomocou predpony "poly-", ku ktorej sa pripojí názov monoméru. Napr.:

Predpona		Monomér	Polymér	
poly	+	etylén	=	polyetylén
PA	-	polyamid	PS	- polystyrén
PC	-	polykarbonát	PTFE	- polytetrafluóretylén
PE	-	polyetylén	PUR	- polyuretan
PP	-	polypropylén	SI	- silikóny
PMMA	-	polymetylmetakrylát	PVC	- polyvinylchlorid
EP	-	epoxidová živica	PVAC	- polyvinylacetát

Rozvoj plastov v poslednej dobe predstihuje rozvoj klasických, najmä kovových materiálov, nakoľko sa neustále rozširujú možnosti aplikácie plastov ako náhrady za klasické materiály, a to v oblasti strojárstva, stavebníctva, elektrotechniky, poľnohospodárstva, a najmä v obalovej technike. Z plastov sa do popredia dostávajú najmä termoplasty (plastomery) pre svoje dobré vlastnosti a progresívne technológie ich spracovania. Určitou nevýhodou je však to, že základnou surovinou na výrobu plastov je ropa, čo negatívne môže ovplyvniť ich ďalší rozvoj, aj keď iba asi 3 % vyťaženej ropy ročne sa využíva na výrobu plastov. V niektorých prípadoch sú však plasty vďaka svojim špecifickým vlastnostiam priamo nenahradiťelné.

Najväčší podiel na výrobe plastov majú USA, Japonsko a Nemecko, čo tiež svedčí o ich význame. O ich význame svedčí aj fakt, že v celosvetovom meradle priemerná ročná výroba na jedného obyvateľa je 15 až 16 kg. Najrozšírenejšia je výroba polyetylénu (PE), polypropylénu (PP), polyvinylchloridu (PVC), polystyrénu (PS). S výrobou týchto plastov úzko súvisí aj rozvoj technológií spracovania plastov.

25. Mechanické skúšky materiálov. Statická skúška ťahom. Skúška vrubovej húževnatosti. Skúšky tvrdosti.

Mechanické skúšky

Rozdelenie:

- a) podľa stavu napätosti
 - v jednoosovom stave
 - vo viacosovom stave
- b) podľa spôsobu zaťaženia
 - ťahom
 - tlakom
 - ohybom
 - krútením
 - strihom
- c) podľa časového priebehu
 - statické (zaťažovanie prebieha pomaly narastajúcou silou)

- dynamické (rázové pôsobenie zaťažujúcej sily)
- d) podľa účinku zaťaženia
- deštruktívne
 - nedeštruktívne

Statická skúška ťahom

Podstata: zaťažovanie skúšobného telesa ťahom (jednoosím) pri stanovenej rýchlosti deformácie až do pretrhnutia telesa.

Skúšobné telesá – tyče:

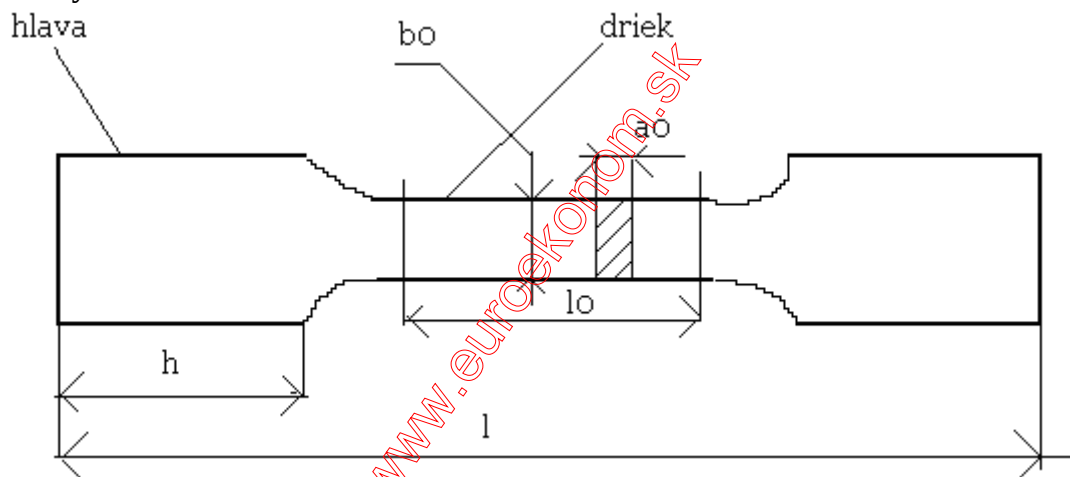
Podľa prierezu:

- a) s kruhovým prierezom (valcové)
- b) s obdĺžnikovým prierezom (ploché)

Podľa veľkosti:

- a) krátke
- b) dlhé

Plochá tyč



l_0 – počiatočná meraná dĺžka

l – celková dĺžka

h – výška hlavy

a_0 – počiatočná šírka

b_0 – počiatočná hrúbka

Pre krátke tyče:

$$l_0 = 5,65 \times S_0$$

S_0 = počiatočný prierez

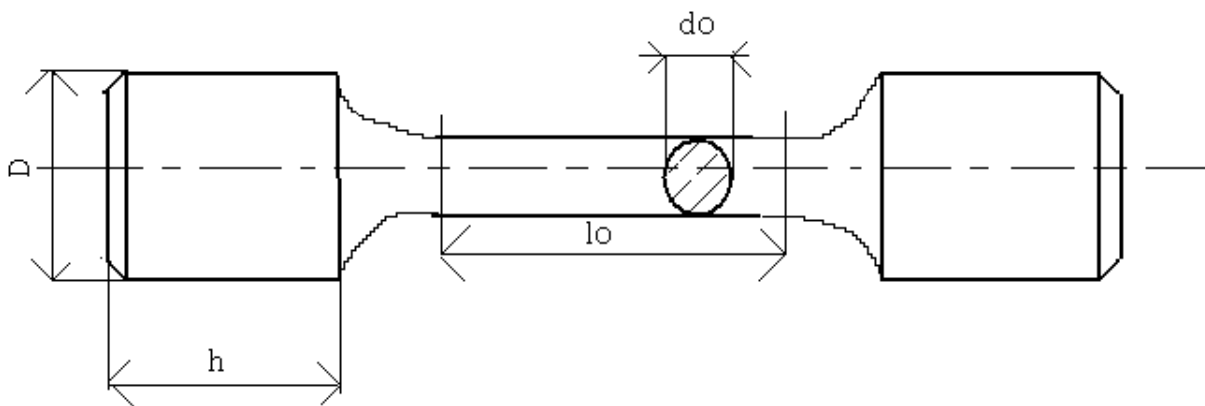
$$l_0 = 50 \text{ mm}$$

Pre dlhé tyče:

$$l_0 = 11,3 \times S_0$$

$$l_0 = 80 \text{ mm}$$

Kruhová tyč:



d_0 – počiatočný prierez

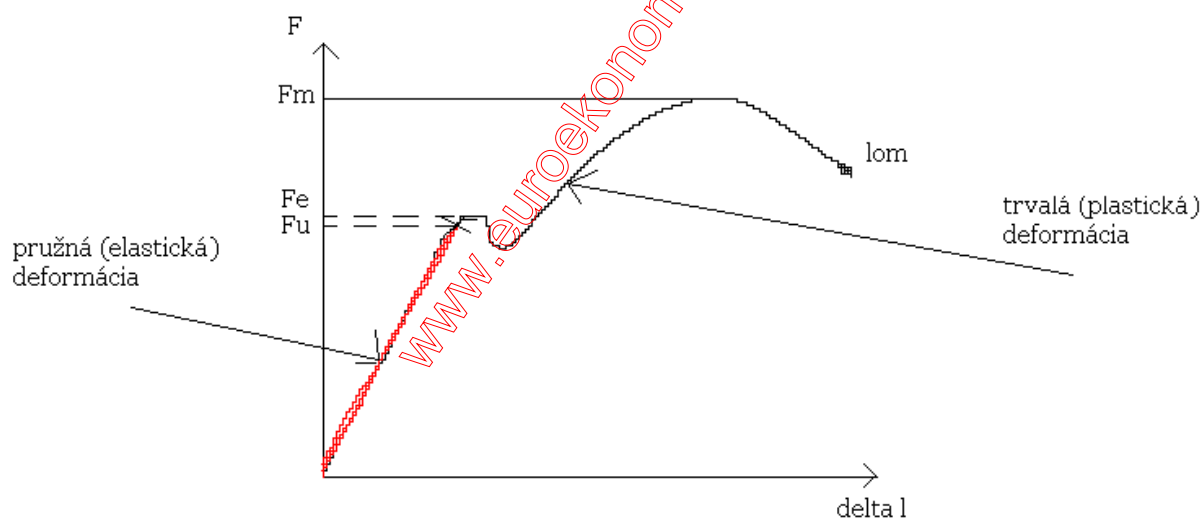
Na vykonanie skúšky používame trhací stroj (trhačku)

Priebeh skúšky:

Skúšobné teleso sa umiestni za hlavy do čelustí trhačky. Po upnutí sa teleso zaťažuje predpísanou rýchlosťou deformácie. Sleduje sa závislosť F a Δl .

$F - \Delta l$ = pracovný diagram

Pracovný diagram:



Pružná deformácia – Hookov zákon $\sigma = E \cdot \varepsilon$

E – modul pružnosti v ťahu v MPa, pre oceľ $E = 210\,000$ MPa

ε – pomerné predĺženie [–]

σ – napätie v MPa

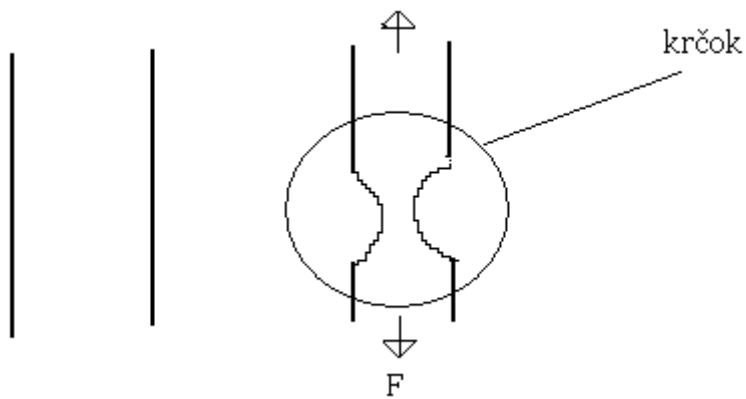
Medza úmernosti – R_u

Medza sklzu – R_e $R_e = \frac{F_e}{S_0}$

Pri plastickej deformácii skúšobnej tyče sa materiál spevňuje a sila potrebná na predĺženie tyče narastá.

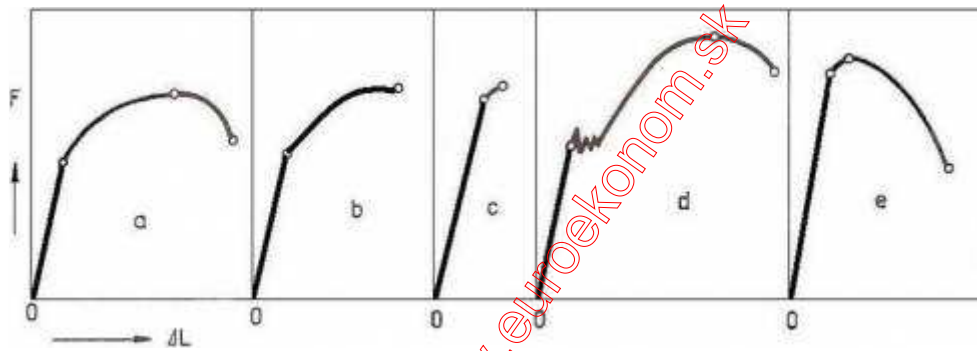
Medza pevnosti – R_m

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

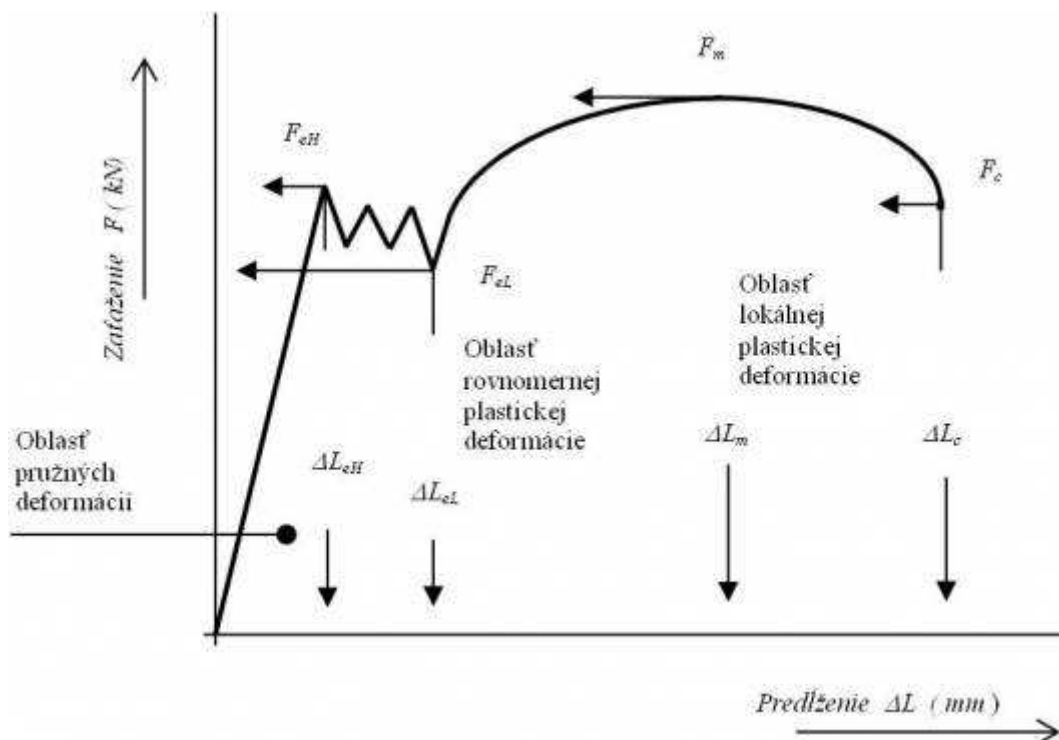


Po vytvorení krčku sila začne klesať a v mieste krčku sa teleso zlomí.

Diagramy:



- a – diagram uhlíkovej nelegovanej ocele, bez výraznej medze sklzu
- b – diagram materiálu, ktorý sa poruší pri maximálnej sile, bez vytvorenia kĺčka
- c – diagram krehkého materiálu, napríklad sivej liatiny
- d – diagram ocele s výraznou medzou medzou sklzu
- e – diagram materiálov, ktoré sa v oblasti plastickej deformácie výrazne spevňujú



F_{eH} [N] - sila na hornej medzi sklzu (sila na prvom vrchole zaťaženia zaznamenaného na sklze kovu)

F_{eL} [N] - sila na dolnej medzi sklzu (najmenšia sila na sklze kovu, bez extrémov prechodného javu)

F_m [N] - sila na medzi pevnosti (najvyššie zaťaženie)

F_c [N] - sila pri roztrhnutí vzorky

ΔL_{eH} - predĺženie spôsobené silou F_{eH} na hornej medzi sklzu

ΔL_{eL} - predĺženie spôsobené silou F_{eL} na dolnej medzi sklzu

ΔL_m - predĺženie spôsobené silou F_m na medzi pevnosti

ΔL_c - celkové predĺženie pri roztrhnutí vzorky

Vyhodnotenie skúšky:

- z pracovného diagramu
- na základe predĺženia skúšobnej tyče
- kruhový prierez → podľa vzhľadu lomu

Charakteristiky: (1,2 – pevnostné vlastnosti, 3,4 – plastické vlastnosti)

1. Medza sklzu - R_e

2. Medza pevnosti - R_m

3. Ťažnosť - A

4. Kontrakcia - Z

$$A = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100 \quad [\%]$$

l – dĺžka tyče po pretrhnutí

$$Z = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 \quad [\%]$$

S – prierez po pretrhnutí

1. Rázová skúška ohybom (STN 42 0381)

(Skúška vrubovej húževnatosti)

Touto skúškou sa stanovuje dôležitá mechanická charakteristika materiálov - húževnatosť (vrubová húževnatosť).

- Princíp skúšky spočíva v prerazení skúšobného telesa jedným nárazom kyvadlového kladiva. Skúšobná tyč má uprostred "V" alebo "U" vrub a je položená na dvoch podperách. Vrub je umiestnený na odvrátenej strane úderu kladiva.

- Vrubová húževnatosť je podielom nárazovej práce a počiatočného prierezu skúšobnej vzorky v mieste vrubu.

- Skúšobné telesá sú štvorboké hranoly rozmerov 10 x 10 x 55 s vrubom uprostred.

Podstata:

Prerazenie skúšaného telesa jedným nárazom kyvadlového kladiva

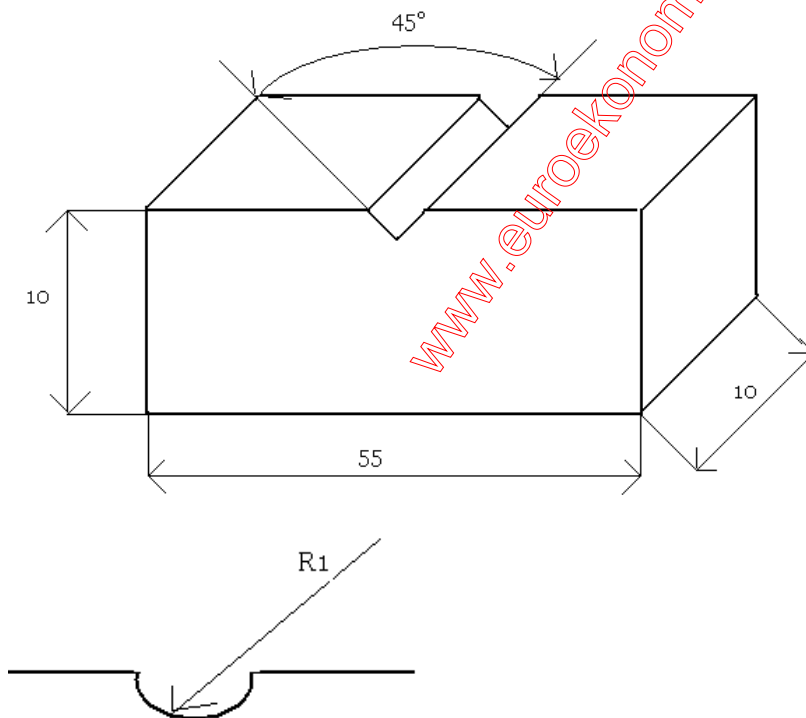
Skúšobné telesá:

- 4 -boký hranol (10x10x55mm)

(7,5;5mm)

Vrub:

- U
- V



V – vrub: h=2mm; 45°

U – vrub: h=5mm; 1mm

Skúšobný stroj: Charpyho kladivo

Maximálna energia nárazu: 5, 10, 50, 100, 150, 300J

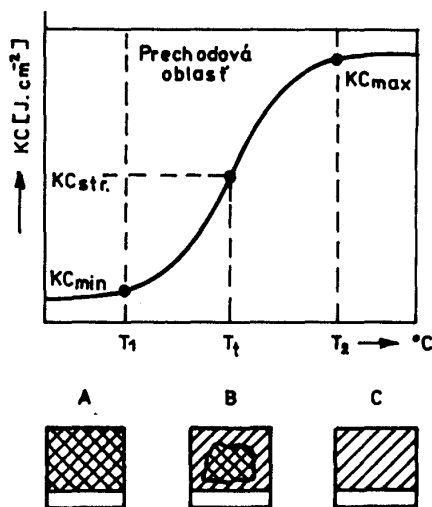
Výsledok:

Nárazová práca – $K [J]$

Napr: $KV=121 J$

Využitie:

Zisťovanie prechodovej teploty – teplota, kedy sa materiál z krehkého stavu dostáva do stavu húževnatého a naopak.



Obr. 111. Prechodová tranzitná krivka (Vidalova krivka)
A - krehký lom, C - húževnatý lom, T_t - prechodová - tranzitná teplota

Skúšky tvrdosti

Tvrdosť – odpor materiálu proti vníkaní cudzieho telesa do jeho povrchu
Odpor zisťujeme na jednoúčelových strojoch (tvrdomeroch)

Rozdelenie:

- a) *statické*
- b) *dynamické*

Podľa spôsobu merania:

1. **Odrazové**
2. **Vrypové**
3. **Vnikacie (vtlačacie)**

Odrazové skúšky (Shoreho metóda)

Tvrdosť sa zisťuje podľa výšky, do ktorej sa skúšobné teleso odrazí od povrchu materiálu.

Vrypové skúšky

Do povrchu materiálu sa robí vryp – (ryha). Tvrdosť sa zisťuje podľa šírky ryhy.

Vnikacie skúšky

Podľa veľkosti vtlačku:

1. **Makrotvrdosti – mm**
2. **Mikrotvrdosti – μm**

Skúšky makrotvrdosti

3 metódy:

1. *Brinellovova*
2. *Vickersova*

3. Rockwellova

Brinellova – HB –

- do povrchu materiálu sa vtlača **normalizovaná gulička** a to predpísanou rovnomerne vzrastajúcou silou. Skúšaný predmet je položený na stôl tvrdomeru tak, aby bol jeho povrch kolmý na smer pôsobiacej sily.

F – zaťažujúca sila

D – priemer guličky

d – priemer vtlačku

Guličky:

1. oceľová – HBS (steel)

2. tvrdokov – HBW (wolfram / tungsten)

D = 10 mm – štandardný priemer

iné priemery – D = 5, 2,5, 2, 1 mm

$F = 9,81 \text{ N} \div 29430 \text{ N}$

t = doba výdrže

t = $10 \div 15$ sek.

Štandardné podmienky:

F = 29430 N

D = 10 mm

t = $10 \div 15$ sek.

značenie: napr. 170 HBS

Neštandardné podmienky:

napr. 170 HBS/D,F,t

Pravidlá merania:

1. priemer vtlačku sa musí nachádzať v rozmedzí nasledovnej nerovnosti:
 $0,25 \times D \leq d \leq 0,6D$
2. pri každom meraní je nutné urobiť aspoň 3 merania, rozdiel nameraných hodnôt nesmie byť väčší ako 15 %.
3. vtlačky musia byť od seba navzájom vzdialené min. hodnotu $3 \times d$ a vzdialenosť vtlačku od okraja skúšaného materiálu musí byť $2,5 \times d$.

Vickersova metóda

– HV: do povrchu skúšaného materiálu sa vtlača **štvorboký diamantový ihlan** s vrcholovým uhlom 136° .

Štandardné podmienky:

F = 294 N

t = $10 \div 15$ sek.

napr. 230 HV

Neštandardné podmienky:

napr. 230 HV/F,t

Pravidlá merania:

1. pri každom meraní je nutné urobiť aspoň 3 merania, rozdiel nameraných hodnôt nesmie byť väčší ako 15 %.
2. vtláčky musia byť od seba navzájom vzdialené min. hodnotu 2x u a vzdialenosť vtláčku od okraja skúšaného materiálu musí byť 2,5 x u.

Rockwellova: HR

- HRA
- HRB
- HRC

Do povrchu sa vtláča buď **ocel'ová guľička** (D=1/16 palca asi 1,53 mm) alebo **diamantový kužel** s vrcholovým uhlom 120 °.

Metóda	Vnikacie teliesko	Zaťaženie		Použitie
		Predzáťaž	Prac. záťaž	
HRA	Diamantový kužel	98 N	940 N	Mäkké predmety
HRB	guľička	98 N	883 N	Stredne tvrdé predmety
HRC	Diamant. kužel	98 N	1373 N	Kalené ocele

Mierou tvrdosti pri HR je hĺbka vtláčku.

Predzáťaž – zabezpečuje, aby sa vnikacie teleso dostalo pod povrch materiálu.

Celkové zaťaženie: $F = F_0 + F_1$

Pravidlá merania:

1. pri každom meraní je nutné urobiť aspoň 3 merania, rozdiel nameraných hodnôt nesmie byť väčší ako 15 %.
2. vtláčky musia byť od seba navzájom vzdialené min. hodnotu 3mm a vzdialenosť vtláčku od okraja skúšaného materiálu musí byť aspoň 3mm.

Vnikacie skúšky mikrotvrdosti

Mikrotvrdomery sú súčasťou svetelných mikroskopov. Ako vnikacie teleso – diamantový ihlan.

- na meranie tvrdosti štruktúrnych zložiek.

26. Defektoskopické skúšky materiálov. Druhy skúšok a ich fyzikálne princípy.

Zisťovať rôzne, voľným okom neviditeľné povrchové chyby materiálu alebo chyby vo vnútri súčiastok.

Defekty

- trhliny, dutiny
- prevalky,
- sťažneniny, póry
- neprevarené miesta zvarového spoja,
- únavové trhliny.

Metódy (skúšky)

1. Prežarovacie – RTG, gama žiarenie
2. Ultrazvukové
3. Kapilárne

4. Magnetické

Prežarovacie, ultrazvukové: na vnútorné chyby,
Kapilárne, magnetické: na vonkajšie chyby.

Prežarovacie skúšky

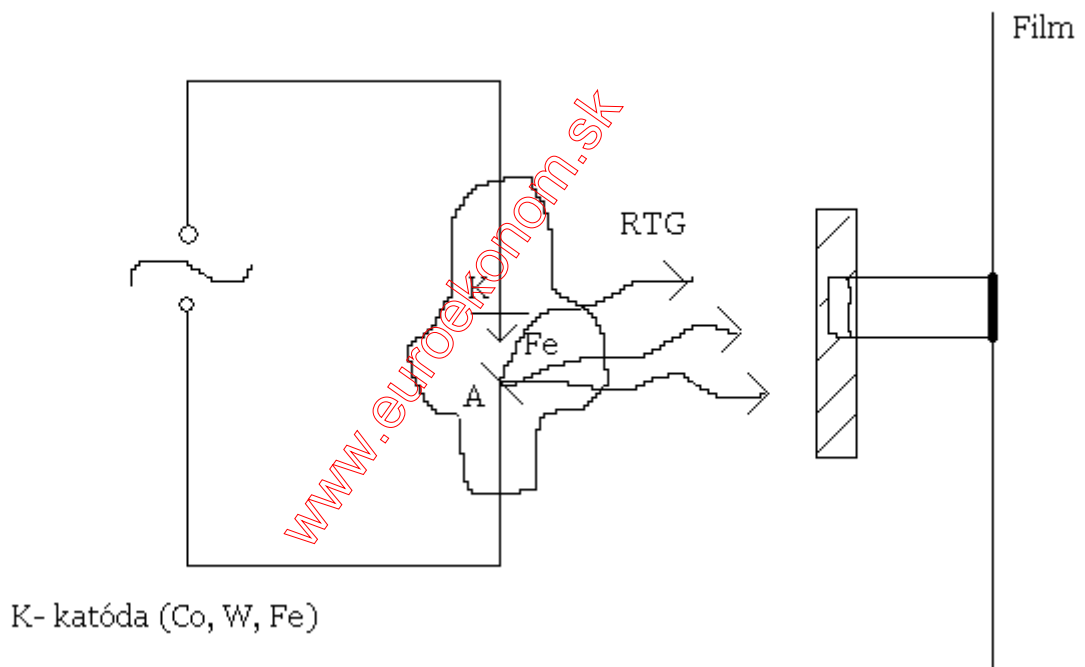
a) RTG:

Podstata: zmena intenzity RTG žiarenia na chybách v materiáli pri jeho prežarovaní.

Termoemisia: samovoľné uvoľňovanie elektrónov pri vysokej teplote (z katódy).

V dôsledku interakcie elektrónov s atómami anódy dochádza k vzniku RTG žiarenia. Intenzita RTG žiarenia sa prechodom cez skúšaný predmet zoslabuje. **Ak materiál nemá vnútorné chyby, sú všetky lúče ním prechádzajúce rovnako zoslabované. Ak sú v materiáli vnútorné chyby, je zoslabenie intenzity žiarenia v tomto mieste menšie, t. zn. väčšie sčernenie ožiareného filmu.** Miesto žiarenia kopíruje tvar chyby.

Rontgenogram – film po skúške.



b) Gama žiarenie:

Zdroj izotopy Co, Cs, Tm, Ir

Ultrazvukové skúšky

Ultrazvuk - mechanické vlnenie s frekvenciou od 20 kHz do 15 MHz.

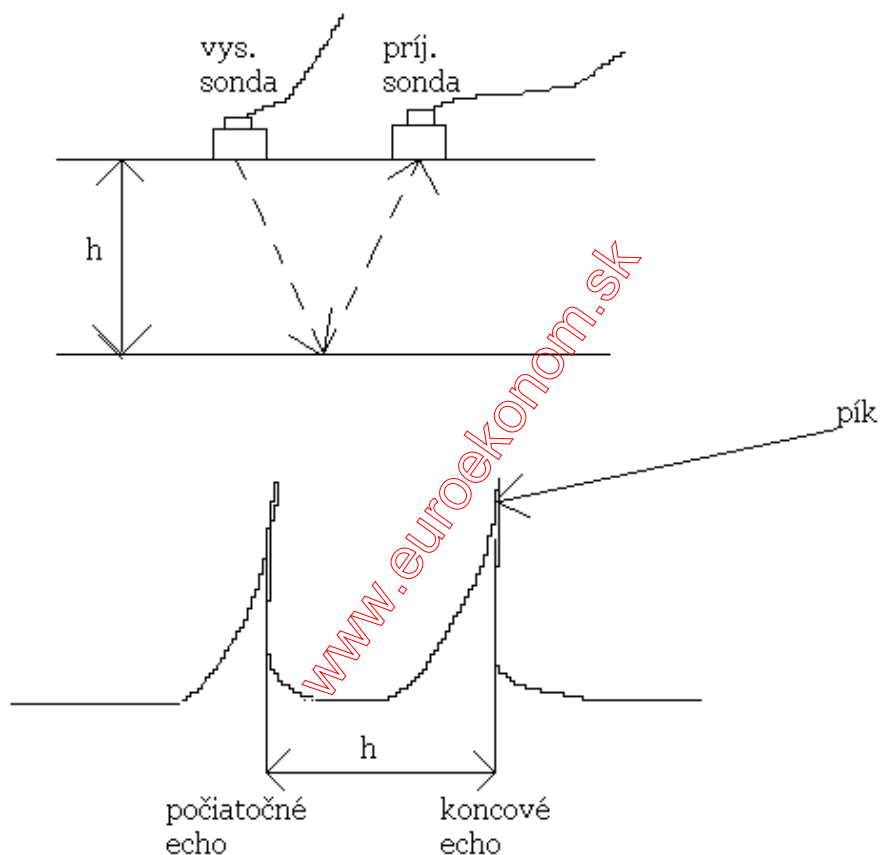
Ultrazvukové vlnenie získavame z rozkmitaných piezoelektrických kryštálov (SiO₂).

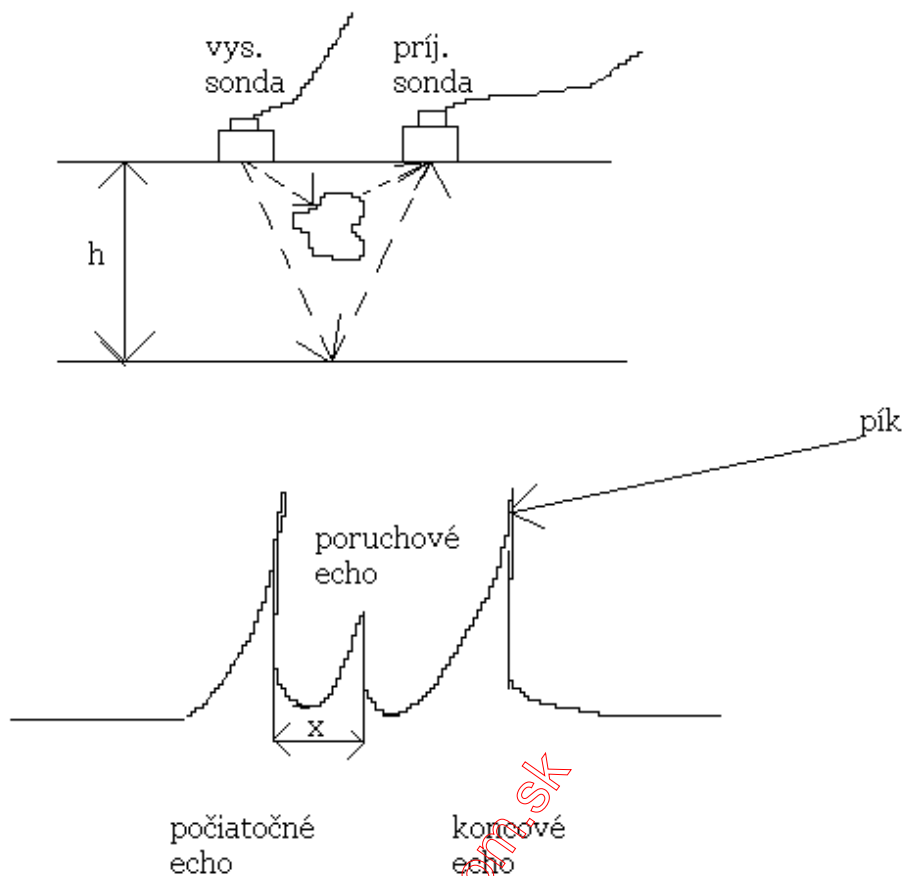
a) odrazová skúška

b) *prechodová skúška.*

1. Odrazová skúška

V praxi sa častejšie používa odrazová metóda. Do skúšaného predmetu sa vysielajú ultrazvukové impulzy, ktoré sa odrážajú od povrchu predmetu a od jeho vnútorných väd. Zachytená ultrazvuková energia sa po premene na elektrický signál pozoruje na obrazovke. Obyčajne sa používa jedna sonda, ktorá pracuje striedavo ako vysielateľ a prijímač. Na obrazovke osciloskopu sa objaví pri neprítomnosti väd len začiatkové a koncové echo. Ak je prítomná vada (nečistota, dutina) časť vyslanej ultrazvukovej energie sa od nej odrazí, čo sa prejaví poruchovým echom. Z jeho polohy sa určí hĺbka vady pod povrchom, z výšky a tvaru echa sa posudzuje veľkosť vady.



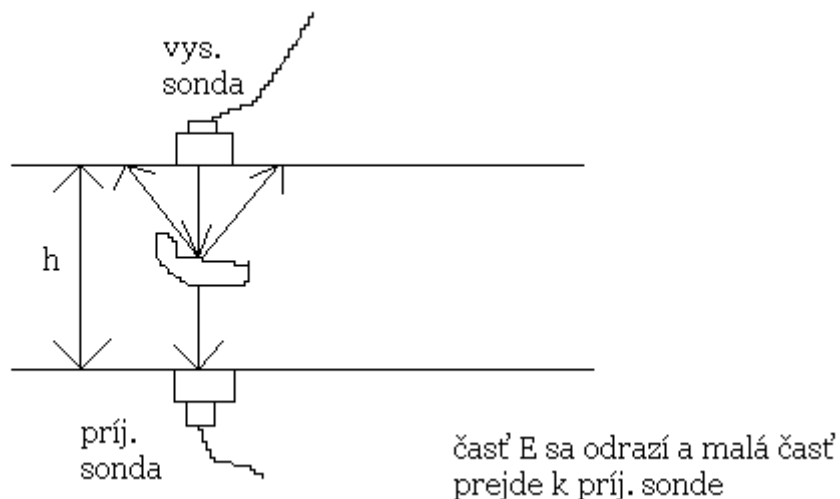


x - hĺbka chyby pod povrchom

Meranie hodnoty ultrazvukovej energie odrazenej v skúšobnom predmete.
Dve sondy - vysielacia a prijímacia.

2. Prechodová skúška

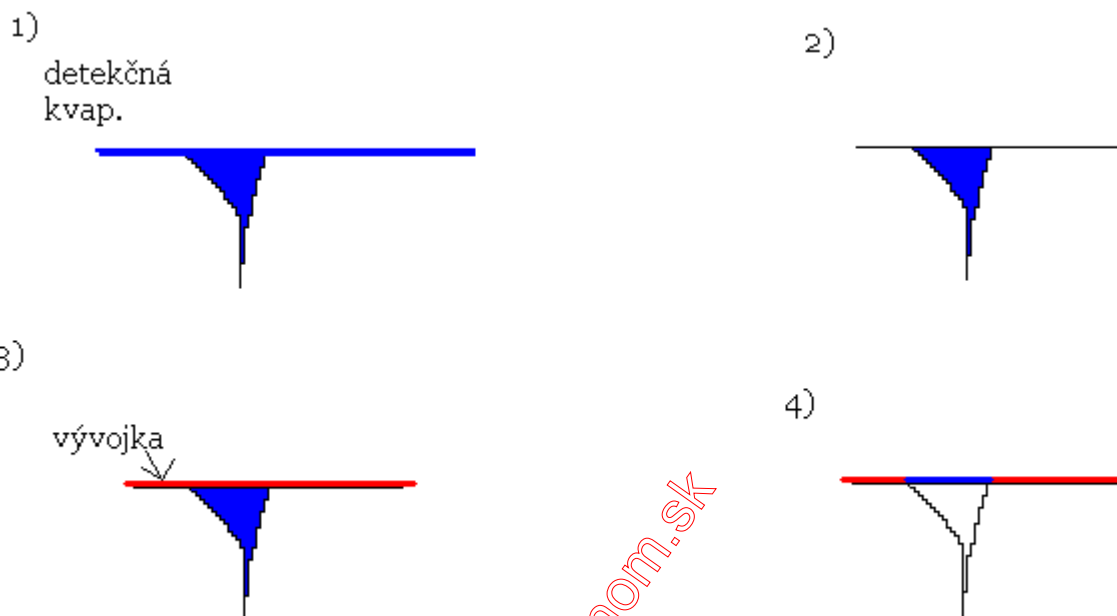
Základom prechodovej metódy je meranie ultrazvukovej energie, ktorá prejde skúšaným predmetom. Pracuje sa s dvoma sondami (vysielacou a prijímacou). Ak je v materiáli vada alebo nehomogenita, ultrazvukové vlny sa od nej odrážajú a za vadou sa tvorí tieň. Do prijímacej sondy potom prichádza menej energie.



Hodnota energie, ktorá prejde skúšaným materiálom. Dve sondy (proti sebe na protiľahlých stenách predmetu).

Kapilárne skúšky

Metóda farebnej indikácie – na skúšaný povrch sa naniesie detekčná kvapalina, ktorá vniká do chybných miest na skúšanom povrchu. Kvapalina sa odstráni a na povrch sa naniesie vývojka (podporuje vzĺnavosť detekčnej kvapaliny).



Magnetické skúšky

– len pre skúšanie magnetických materiálov.

Magnetická prášková metóda – využíva poznatok, že magnetické siločiar y vychylujú na miestach s vyšším magnetickým odporom. Chyby na povrchu materiálu zvyšujú magnetický odpor, a teda sťažujú prechod magnetických siločiar, ktoré toto miesto obchádzajú. Pri skúške sa používa detekčná kvapalina, ktorá sa skladá z oleja a feromagnetického prášku, ktorý sa nanáša na skúšanú súčiastku. Prášok z detekčnej kvapaliny sa prichytáva na mieste zvýšeného magnetického odporu a indikuje výskyt chyby.

Suchá metóda – len suchý prášok bez oleja.

27. Makroskopická a mikroskopická analýza štruktúry materiálov.

Makroskopická analýza

Makroštruktúra - štruktúra materiálu pozorovaná na vhodne pripravenej vzorke buď voľným okom alebo do zväčšenie 30x.

Využitie

- stanovenie chemickej nerovnorodosti
- kontrola technologického postupu výroby súčiastok (kontrola zvarových spojov, kontrola štruktúry po tvárnení ...)
- kontrola kvality a hrúbky tepelne spracovanej vrstvy.

Príprava vzoriek:

- odber
- brúsenie – SiC (60 až 600)

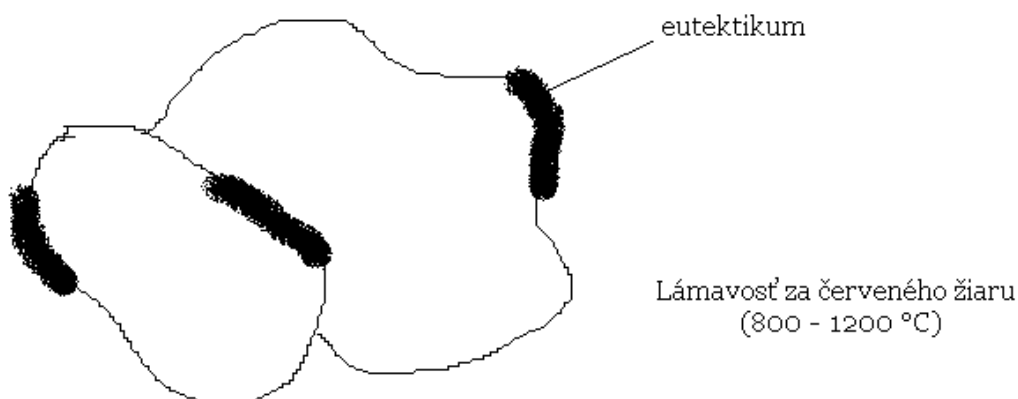
- leštenie
- leptanie – podľa metódy.

1. Chemická nerovnorodosť

a) dokazovanie prítomnosti síry

- Baumannov odtlačok

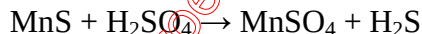
$\text{FeS} + \gamma \rightarrow \text{eutektikum}$



Podstatou Baumannovho odtlačku je chemická reakcia medzi sírou prítomnou v rovine výbrusu a citlivou vrstvou fotografického papiera.

Postup:

- fotografický papier sa namáča do 5% roztoku H_2SO_4 . Po vybratí sa odstráni nadbytočná vlhkosť priložením filtračného papiera. Na takto pripravený papier sa položí vzorka po dobu 1-2 min.



Ag_2S

hnedé zafarbenie

Podľa rozloženia hnedých škvrín Ag_2S možno usudzovať na spôsob rozloženia síry v oceli.

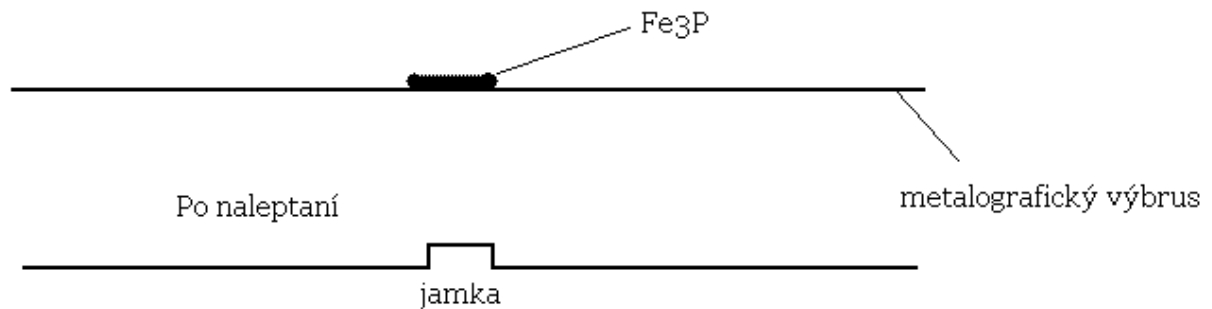
b) dokazovanie prítomnosti fosforu

Fosfor je tiež sprievodný prvok v oceli a je viazaný vo forme fosfidu železa Fe_3P , tento fosfid má nízku difúznú schopnosť, a preto má tendenciu ukladať sa v štruktúre v tzv. riadkoch. V miestach kde sa usadí, ochudobňuje o C, teda v oceli vytvára oblasti bohaté na fosfor a chudobné na C a štruktúra sa teda stáva chemicky nehomogénna.

Na zviditeľnenie oblasti sa používa Heynov leptadlo (53 g chloridu amónneho, 85 g chloridu meďnatého, 100 ml destilovaná voda).

Postup:

- Pripravený metalografický výbrus ponoríme do Heynovho leptadla na 1 min. Vzorku opláchneme vodou a alkoholom a osušíme. V miestach prítomnosti fosforu vznikne v dôsledku pôsobenia leptadla jamka alebo kráter. Toto miesta sa pri pozorovaní voľným okom javí ako čierne.



2. Kontrola technologického postupu

a) kontrola priebehu vlákien po tvárnení

Pôvodná dentritická štruktúra liateho materiálu sa pri tvárnení s rastúcim stupňom deformácie splošťuje a preťahuje. Po naleptaní sa na vzorke objavia pásy, ktoré svojou orientáciou udávajú smer vlákien a tok materiálu pri tvárnení. Pri správnej tvárniacej operácii majú byť vlákna rovnobežné s povrchom a nemajú vybiehať na povrch.

b) kontrola makroštruktúry zvarov

Na hodnotenie kvality zvarov (kontroluje sa dosiahnuté kovové spojenie, chyby vo zvarovom spoji, tvar zvaru, spôsob nanášania jednotlivých vrstiev...).

Leptadlo – Nital (2 až 5 % HNO_3)

3. Kontrola kvality a hrúbky tepelne spracovanej vrstvy

Od povrchu smerom k stredu výbrusu (zmena štruktúry ocele).

Hĺbka tepelne spracovanej vrstvy v mieste najväčšej hrúbky alebo ako stredná hodnota s aspoň 5 meraní.

Leptadlo Nital.

Mikroskopická analýza ocelí a liatin

-pomocou svetelného mikroskopu.

Používa sa na:

- určenie veľkosti a tvaru zŕn
- určenie čistoty materiálov (vtrúseniny...)
- určenie štruktúrneho stavu materiálu (chemické zloženie)

Príprava vzoriek – metalografický výbrus

1. odber (delenie) vzorky – odoberáme tak, aby sme ju neovplyvnili tepelne ani chemicky
2. zalievanie (zalisovávanie) – do polymérnych hmôt (dentakryl...), na zlepšenie manipulácie so vzorkou
3. brúsenie – brúsne papiere SiC (šmirgel'), zrnitosť 60-600
4. leštenie – na dosiahnutie lesklého a hladkého povrchu.
 - a. *mechanické (ručné)* – látkové kotúče + suspenzia (diamantové pasty, MgO ...)
 - b. *chemické* – chem. rozpúšťanie povrchu vo vhodnom elektrolyte
 - c. *elektrolytické* – anodické rozpúšťanie pri prechode jednosmerným prúdom vo vhodnom elektrolyte

5. leptanie – zviditeľnenie mikroštruktúry materiálu
- chemické*
 - elektrolytické*

Svetelný (metalografický) mikroskop – zväčšenie 2000x

Zdroj: nízkovoltové žiarovky, výbojky (xenónová)

Sklenné šošovky:

- objektív
- okulár

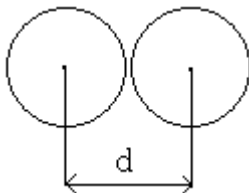
Zväčšenie $Z = Z_{\text{obj}} \times Z_{\text{okul}}$

Objektívy delíme:

- podľa pracovného prostredia medzi objektívom a vzorkou:
 - suchý* – vzduch
 - immerzný* – kvapalina (olej)
- podľa princípu práce:
 - šošovkové* – obraz na základe lomu svetla
 - reflexné* – obraz na základe odrazu svetla

Základné charakteristiky svetelného mikroskopu:

- rozlišovacia schopnosť** – d – vzdialenosť 2 bodov, ktoré sme pri pozorovaní v mikroskope schopní rozlíšiť ako dva samostatné (diskrétné) body.



$$d = \frac{\lambda}{A}$$

λ – vlnová dĺžka

A – apertúra objektívu

- hĺbka ostrosti** – D – schopnosť ostro zobrazit' predmety medzi dvoma rovinami objektu.