

Strojárska technológia I

1.ročník

Ing. Mária Mechurová

Považská Bystrica 2011

Názov: Strojárska technológia I 1. ročník

Autor: Ing. Mária Mechurová

Vydavateľ: Stredná odborná škola strojnícka, Považská Bystrica

OBSAH

	ÚVOD.....	4
1.	STROJÁRSKA TECHNOLOGIA.....	5
2.	ZÁKLADNÉ VLASTNOSTI MATERIÁLOV.....	6
2.1	Fyzikálne vlastnosti.....	6
2.2	Chemické vlastnosti.....	7
2.3	Mechanické vlastnosti.....	8
2.4	Technologické vlastnosti.....	8
3.	TECHNICKÉ SKÚŠKY MATERIÁLOV.....	9
3.1	Mechanické skúšky.....	9
3.1.1	Statická skúška na ťah (trhacia).....	10
3.1.2	Skúšky tvrdosti.....	12
3.1.3	Dynamické mechanické skúšky.....	14
3.2	Technologické skúšky.....	16
3.2.1	Tvárnosť a jej skúšanie.....	16
3.2.2	Zvariteľnosť a jej skúšanie.....	18
3.3	Nedeštruktívne skúšky.....	19
3.3.1	Kapilárna skúška.....	19
3.3.2	Magnetická skúška.....	20
3.3.3	Skúška prežarováním.....	20
3.3.4	Skúška ultrazvukom.....	21
4.	TECHNICKÉ MATERIÁLY.....	22
4.1	Kovové materiály.....	22
4.1.1	Zliatiny železa.....	22
4.1.2	Výroba a použitie železa a jeho zliatin.....	23
4.1.3	Označovanie technických zliatin železa.....	26
4.1.4	Neželezné kovy a ich zliatiny.....	30
4.1.5	Práškové materiály.....	35
4.2	Nekovové materiály.....	37
4.2.1	Plasty.....	37
4.2.2	Ostatné nekovové technické materiály.....	40
5.	ZÁKLADY TEPELNÉHO SPRACOVANIA.....	43
5.1	Rovnovážny diagram železo – uhlík.....	43
5.2	Tepelné spracovanie ocelí.....	45
5.2.1	Žíhanie.....	46
5.2.2	Kalenie, popúšťanie, zušľachtovanie, povrchové kalenie.....	47
5.2.3	Chemicko – tepelné spracovanie.....	49
6.	LEJÁRSTVO.....	50
6.1	Postup výroby odliatkov.....	50
6.2	Špeciálne spôsoby liatia.....	53
6.2.1	Liatie kovov pod tlakom.....	53
6.2.2	Odstredivé liatie.....	53
6.2.3	Sklopné liatie.....	54
6.2.4	Liatie do škrupinových foriem.....	54
6.2.5	Liatie do foriem vyrobených pomocou vytaviteľného (spaliteľného) modelu....	55
	POUŽITÁ LITERATÚRA.....	56

ÚVOD

Vyučovací predmet strojárská technológia dáva žiakom stredných odborných škôl strojárkeho zamerania základné poznatky o vlastnostiach, výrobe, použití a spracovaní strojárskych materiálov na polovýrobky a výrobky. Získane poznatky sú zamerané iba na základné kovové a nekovové materiály. Z kovových materiálov sú to najmä ocele.

V teoretickom vyučovaní na stredných odborných školách strojárkeho zamerania má technológia výroby kovov a strojárská technológia charakter prípravného predmetu. Obsah tohto učiva je základom odborných vedomostí všetkých strojárskych odborov (študijných i učebných). Je aj spojivom medzi ďalšími predmetmi ako je fyzika, mechanika, strojnictvo,...

V učebnici Strojárska technológia I sa budeme zaoberať základnými vlastnosťami materiálov a technickými skúškami. Ďalej sa oboznámime s technickými materiálmi a preberieme si základy technológie tepelného spracovania a lejárstva. Každý tematický celok je zakončený kontrolnými otázkami, na ktoré by mali žiaci vedieť po úspešnom osvojení si učiva odpovedať. Počas vyučovacieho procesu je potrebné používať strojnícke tabuľky, ktoré sú zdrojom konkrétnych technických noriem pre dané preberané učivo. Pod odborným vedením učiteľa by žiaci mali zvládnuť prácu so strojnícymi tabuľkami.

Rozsah učiva je veľmi široký a preto v jednotlivých tematických celkoch sa približuje len základ danej problematiky, ktorý postačuje na pochopenie podstaty vlastností a výroby materiálov.

S ohľadom na rýchly rozvoj vedy a techniky treba vedomosti získané štúdiom tohoto predmetu neustále dopĺňať a prehľbovať čítaním odbornej literatúry, technických časopisov, noriem, získavaním najnovších poznatkov na internete,...

Verím, že vám učebnica poskytne základné informácie na získanie potrebných vedomostí zo strojárskej technológie. Pri štúdiu strojárkej technológie vám prajem mnoho záujmu a vytrvalosti.

Autorka

1. STROJÁRSKA TECHNOLOGIA

Strojárska technológia poskytuje základné vedomosti o materiáli a jeho skúšaní, o nástrojoch, strojoch, prostriedkoch a metódach používaných pri spracovaní kovov a ostatných materiálov vhodných pre konštrukciu strojov, prístrojov a zariadení používaných všade okolo nás. Osvojenie si týchto vedomostí nám uľahčí pochopiť a zvládnuť i ďalšie technické odbory.

Technológia bola pôvodne náuka o výrobe. Dnes je to veda o technických zákonitostiach výrobného procesu, o súhrne výrobných procesov, ktoré sa používajú na spracovanie surovín, materiálov a polovýrobkov v určitom výrobnom procese.

Podľa výrobných fáz rozdeľujeme výrobné procesy na tri skupiny:

- procesy pri spracovaní materiálu na polovýrobky (odlievanie, tvárnenie);
- procesy pri zhotovovaní súčiastok z polovýrobkov (obrábanie, tepelné spracovanie, povrchové úpravy);
- spájanie súčiastok do jedného celku, t.j. montáž výrobku a jeho skúšanie;

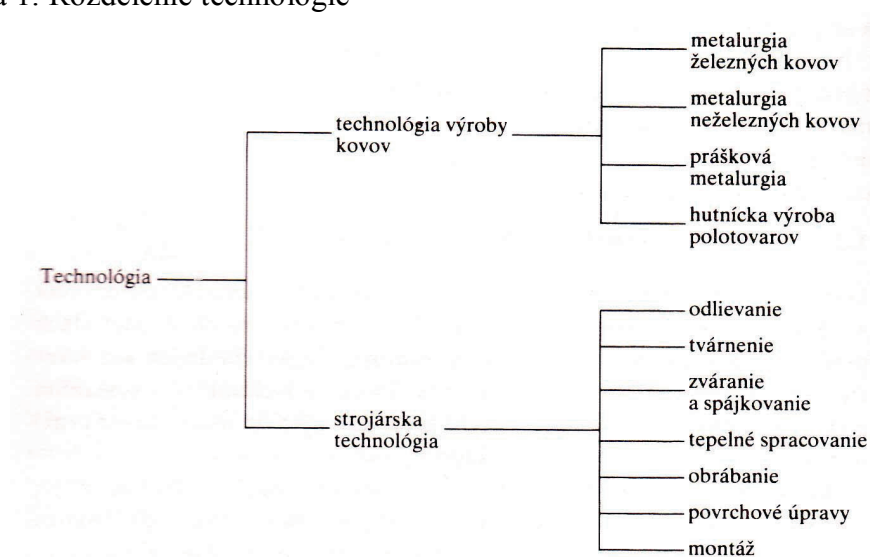
Z hľadiska spracovania kovov rozdeľujeme technológiu pre oblasť strojárskkej výroby na:

1. technológiu výroby kovov (hutníctvo, metalurgia);

2. strojársku technológiu;

Ďalšie rozdelenie technológie znázorňuje tabuľka 1

Tabuľka 1: Rozdelenie technológie



Technológia výroby kovov sa zaoberá spracovaním surovín na materiál (polovýrobok) a jeho vlastnosťami. Zaoberá sa výrobou železných a neželezných (farebných) kovov a spracovaním (tvárnením) týchto kovov na polovýrobky (tyčový materiál, plechy, rúry) valcovaním alebo kovaním.

Strojárska technológia sa zaoberá výrobou polovýrobkov zlievaním, tvárnením (lisovaním), nerozoberateľným spojovaním kovov (zváraním, spájkovaním), tepelným spracovaním (žíhaním, kalením, popúšťaním,...), obrábaním, povrchovými úpravami a montážou.

Kontrolné otázky:

1. Čo je to technológia ?
2. Ako rozdeľujeme technológiu ?

3. Čím sa zaoberá technológia výroby kovov ?
4. Čo je náplňou strojárskkej technológie ?
5. Vymenujte fázy výrobného procesu.

2. ZÁKLADNÉ VLASTNOSTI MATERIÁLOV

Materiálov je veľké množstvo a každý sa vyznačuje určitými vlastnosťami. Aby sme mohli v technickej praxi materiály správne používať a hospodárne využívať, musíme dobre poznať ich vlastnosti a vedieť ich aj čo najpresnejšie zisťovať. Najmä konštruktér môže vhodnou voľbou druhu materiálu, tvaru, rozmerov a kvality povrchu materiálu súčiastky dosiahnuť veľké úspory pri výrobe súčiastky.

Základné vlastnosti technických materiálov sa rozdeľujú na:

- a) fyzikálne;
- b) chemické;
- c) mechanické;
- d) technologické;

Fyzikálne veličiny vyjadrujú najmä fyzikálne a mechanické vlastnosti materiálov a udávajú sa výhradne v jednotkách medzinárodnej sústavy jednotiek SI.

2.1 Fyzikálne vlastnosti

Medzi fyzikálne vlastnosti patrí najmä hustota, tepelné vlastnosti (teplota topenia a tuhnutia, dĺžková a objemová rozťažnosť,...) Ďalej do tejto skupiny zaradujeme elektrické, magnetické a optické vlastnosti materiálov.

Hustota ρ - určuje pomer hmotnosti **m** k objemu **V** homogénnej látky pri určitej teplote

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$$

Jej veľkosť závisí od atómovej stavby danej látky a teda od polohy prvku v periodickej sústave prvkov. Na základe hustoty sa kovy delia na ľahké a ťažké.

Teplota tavenia a tuhnutia T ($^{\circ}\text{C}$, K) – je teplota, pri ktorej látka mení svoje skupenstvo. Dôležitá je pre zlievarenstvo, zvarovanie, pokovovanie,... Kryštalické látky čisté (jeden prvok) majú konštantné teploty tavenia a tuhnutia. Zliatiny, sklá, keramické látky majú rozmedzie – interval tuhnutia a tavenia.

Dĺžková a objemová rozťažnosť – je predĺženie dĺžky alebo zväčšenie objemu vplyvom zvýšenia teploty látky. Teplotný súčiniteľ dĺžkovej rozťažnosti α_l ($1/\text{K}$) a objemovej rozťažnosti α_v ($1/\text{K}$) je zmena dĺžkovej alebo objemovej jednotky pri zmene teploty o 1 K. Pri odliatkoch, súčiastkach zo spekaných materiálov a súčiastkach z plastov musíme naopak počítať so **zmrštením**, ktoré je opakom rozťažnosti.

Tepelná vodivosť λ ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) – je množstvo tepla Q (J), ktoré pri ustálenom stave prejde za jednotku času t (s) medzi dvoma protiahlymi stenami kocky o hrane 1 m, ak je rozdiel teplôt medzi týmito stenami 1 K. Najlepším vodičom tepla je striebro. Tepelná vodivosť ostatných kovov sa zisťuje porovnávaním s tepelnou vodivosťou striebra a udáva sa v percentách (Cu – 94%, Al – 55%, Fe – 21%). Najväčšiu vodivosť majú čisté kovy, nekovové materiály majú vodivosť 10 až 100-krát menšiu ako kovové materiály.

Elektrická vodivosť G (S - siemens) – je schopnosť látky viesť elektrický prúd. Podľa vodivosti sa materiály delia na **vodiče** a **nevodiče**, alebo **izolanty**. Medzi nimi je skupina materiálov so zvláštnymi vlastnosťami, tzv. **polovodiče** (selén, germánium, kremík a pod.).

Elektrická vodivosť sa posudzuje podľa merného elektrického odporu ρ . Najlepším vodičom elektrického prúdu je striebro, potom meď, hliník. Najlepším izolantom by bolo dokonalé vákuum.

Najvyššiu elektrickú vodivosť majú čisté kovy. Prísadami alebo nečistotami obsiahnutými v kove sa elektrická vodivosť znižuje. Zníženie vodivosti môže byť také výrazné, že z vysokovodivých kovov sa získajú **odporové zliatiny**.

Merný elektrický odpor ρ ($\Omega \cdot m$) – definujeme v technickej praxi ako odpor vodiča o priereze 1 mm^2 a dĺžke 1 m.

Supravodivosť – je vlastnosť niektorých kovov, ktorých elektrický odpor sa pri veľmi nízkych teplotách (blízkyh 0 K) skokom zníži na nezistiteľnú hodnotu. Elektrický prúd prechádza vodičom prakticky bez odporu. Pri čistých kovoch je prechod rýchly, pri zliatinách pomalší. Supravodivosť sa vyskytuje pri kovoch aj pri polovodičoch a býva najmä pri jednosmernom prúde.

Magnetické vlastnosti materiálov – sa zisťujú z ich chovania sa v magnetickom poli. Podľa veľkosti **permeability μ** možno materiály zaradiť do troch skupín:

1. Diamagnetické látky majú $\mu < 1$ (vodík, väčšina organických zlúčenín, meď, striebro, zlato, ortuť, cín, olovo,...). Nezosilňujú účinok vonkajšieho magnetického poľa.

2. Paramagnetické látky majú $\mu > 1$, ale blízke jednej (kyslík, soli vzácnych zemín, alkalické kovy, hliník, platina,...). Zosilňujú účinok vonkajšieho magnetického poľa len nepatrne.

3. Feromagnetické látky majú μ veľmi vysoké a závislé od intenzity magnetického poľa (železo, nikel, kobalt, zliatiny chrómu a mangánu). Feromagnetické látky sa delia podľa svojich vlastností na **magneticky mäkké** a **magneticky tvrdé**.

Magneticky mäkké materiály sa ľahko zmagnetizujú a aj ľahko odmagnetizujú (nezachovávajú si magnetické vlastnosti po zániku vonkajšieho magnetického poľa). Používajú sa na stavbu magnetických obvodov elektrických strojov a prístrojov.

Magneticky tvrdé materiály sa ťažšie zmagnetizujú, ale svoje vlastnosti si podržia aj po zániku vonkajšieho magnetického poľa. Používajú sa na výrobu permanentných (stálych) magnetov.

2.2 Chemické vlastnosti

Medzi chemické vlastnosti zaraďujeme odolnosť proti korózii, žiaruvzdornosť a žiarupevnosť.

Odolnosť proti korózii – je najdôležitejšia z chemických vlastností kovov. Korózia je chemická alebo elektrochemická reakcia, najčastejšie na povrchu kovu, ktorý oxiduje. V priebehu korózneho procesu vznikajú korózne splodiny, najznámejšia je hrdza. Odolnosť voči korózii sa zisťuje v určitom prostredí. Skúšky sa robia v prírode alebo v laboratóriách. Pri skúškach v laboratóriách treba čo najvernejšie napodobniť skutočné prevádzkové podmienky. Alebo sa materiály skúšajú v skutočnom prevádzkovom prostredí. Rýchlosť korózie sa posudzuje úbytkom kovu za 1 hodinu v gramoch na ploche 1 cm^2 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$). Korózia zničí ročne asi 3 % vyrobeného kovu.

Žiaruvzdornosť – je schopnosť odolávať **opalu**, t.j. oxidácii pri vyšších teplotách (nad 600°C). Zo žiaruvzdorných materiálov musia byť vyrobené časti strojov a zariadení, ktoré musia dlhodobo odolávať žiaru (kotly, rúrky, rošty,...). Žiaruvzdornosť sa dosiahne tým, že sa do zliatin pridávajú niektoré žiaruvzdorné prvky (hliník, chróm, kremík,...).

Žiarupevnosť – je vlastnosť, ktorú musia mať materiály dlhodobo namáhané pri vyšších teplotách. Z takýchto materiálov musia byť vyrobené napríklad ventily spaľovacích motorov, súčiastky turbín prúdových lietadiel, rúrky rakiet,...

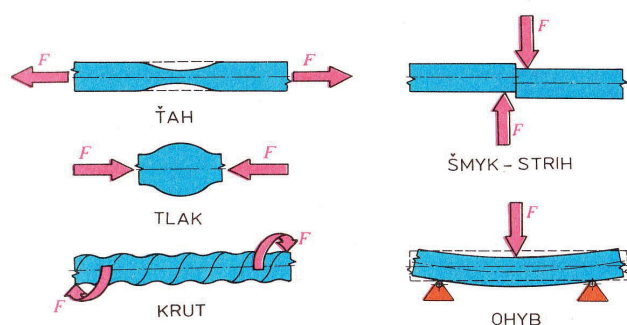
2.3 Mechanické vlastnosti

Medzi mechanické vlastnosti zaraďujeme pružnosť, pevnosť, tvrdosť, húževnatosť, tvárnosť,... Číselne nimi vyjadrujeme správanie materiálu pri pôsobení vonkajších síl. Majú význam pri pevnostnom výpočte strojových súčiastok a zariadení.

Pružnosť – za pružný sa považuje taký materiál, ktorý sa pôsobením napätia deformuje a po odstránení tohto napätia sa vráti do pôvodného stavu. Úplne nepružný materiál zostane po odľahčení deformovaný, naopak dokonale pružný materiál sa po odľahčení vráti do pôvodného stavu.

Pevnosť – je schopnosť materiálu alebo súčiastky odolávať účinku vonkajších síl. Podľa spôsobu namáhania rozoznávame pevnosť v ťahu, v tlaku, v krútení, v šmyku – v strihu a v ohybe (obr.1). Najpoužívanejšia je skúška pevnosti v ťahu.

Tvrdosť – je definovaná ako odpor, ktorý kladie materiál vnikaniu cudzieho telesa. Zisťuje sa vtlačaním tvrdého telieska (gulôčka, kužeľ, ihlan) určitým tlakom do skúšaného materiálu a meraním hĺbky alebo plochy vtlačku.



Obr.1. Základné druhy namáhania materiálu

Na mechanické vlastnosti materiálov má vplyv aj teplota. Pri určitých teplotách sa mení kryštalická štruktúra materiálov, a v závislosti od toho sa menia aj ich mechanické vlastnosti.

2.4 Technologické vlastnosti

Materiál sa spracováva rôznymi spôsobmi, ktoré vyžadujú určité vlastnosti. Volajú sa technologické, lebo je nimi určená technológia – spôsob spracovania, alebo naopak, musíme technológii prispôbiť vlastnosti materiálu. Medzi technologické vlastnosti zaraďujeme napríklad tvárnosť, zvariteľnosť, zlievateľnosť, obrobiteľnosť. Na technologické vlastnosti daného materiálu pôsobí veľmi veľa vplyvov (teplota, tvrdosť,...)

Tvárnosť – je vlastnosť ktorú musí mať materiál určený na spracovanie technológiou tvárnenia (valcovanie, kovanie, ťahanie, lisovanie,...) Tvárny materiál si zachová tvar daný pôsobením vonkajších mechanických síl bez toho, aby sa porušila celistvosť materiálu, a to aj keď vonkajšie sily prestanú pôsobiť. Tvárnosť sa zisťuje rôznymi skúškami za studena alebo za tepla.

Zvariteľnosť – je schopnosť vytvoriť z dvoch častí nerozoberateľný celok niektorým zo spôsobov tavného, tlakového alebo iného zvarovania. Na zvariteľnosť kovov vplýva tiež veľa faktorov: zváraný i prídavný materiál, technologický spôsob, vzniknuté napätie v zvare, chemické procesy v zváranom kove, atď. Zvariteľnosť zisťujeme rôznymi skúškami.

Zlievateľnosť – je súbor vlastností, ktoré musí mať materiál, aby mohol vzniknúť dobrý odlatok. Zlievateľnosť závisí od tepelnej vodivosti, dĺžkovej a objemovej rozťažnosti, teploty topenia a tuhnutia, viskozity a priebehu tuhnutia odlievaného kovu alebo zliatiny. Ale

takisto je závislá aj od zvoleného technologického postupu a vlastností formy, do ktorej sa tekutý kov odlieva.

Obrobiteľnosť – vyjadruje schopnosť a možnosť obrábať materiál reznými nástrojmi (sústruženie, frézovanie, vŕtanie, brúsenie,...) Je závislá najmä od tvrdosti a húževnatosti obrábaného materiálu. Posudzujeme ju nielen podľa mechanických vlastností materiálu ale aj podľa oddeľovania sa triesky, podľa rezného odporu, atď. Obrobiteľnosť sa skúša normalizovanými nástrojmi pri rôznych rýchlostiach a konštantných rezných podmienkach.

Odolnosť voči opotrebeniu – opotrebenie je nežiaduce oddeľovanie čiastočiek materiálu na povrchu súčiastok, nástrojov, náradia, ku ktorému dochádza pôsobením vonkajších síl. Je to ubúdanie materiálu, ktoré vyžaduje občasnú opravu alebo výmenu opotrebených súčiastok. Opotrebenie najčastejšie spôsobuje trenie medzi tuhými telesami ale aj medzi tuhým telesom a kvapalinou. Odolnosť voči opotrebeniu závisí najmä od tvrdosti materiálu a od jeho kryštalickej štruktúry. Skúšky sa robia rôznymi spôsobmi na špeciálnych skúšobných zariadeniach a prispôbujú sa prevádzkovým pomerom.

Kontrolné otázky:

1. Vymenujte niektoré fyzikálne vlastnosti a zadefinujte ich.
2. Zistite zo strojných tabuliek hustotu ocele, chrómu striebra a zlata.
3. Ktoré ďalšie fyzikálne vlastnosti sa nachádzajú v strojných tabuľkách ?
4. V akých strojoch a zariadeniach sa využívajú magnetické vlastnosti materiálov ?
5. Vymenujte a zadefinujte chemické vlastnosti.
6. Vysvetlite rozdiel medzi žiaruvzdornosťou a žiarupevnosťou.
7. Popíšte, kde vo svojom okolí ste sa stretli s prejavmi korózie. Ako sa proti nim chráni materiál ?
8. Poznáte súčiastky, ktoré využívajú pri svojej funkcii pružnosť materiálu z ktorého sú vyrobené ?
9. Viete uviesť príklady z vášho okolia na tvrdé, pružné a krehké materiály ?
10. Charakterizujte jednotlivé technologické vlastnosti.
11. Prečo treba poznať vlastnosti materiálov ?

3. TECHNICKÉ SKÚŠKY MATERIÁLOV

Stále sa zvyšujúce nároky na výkon, spoľahlivosť a bezpečnosť strojov a zariadení si vyžiadali aj zvýšenie nárokov na kvalitu materiálov, ktoré sa na ich výrobu používajú. Účelom technických skúšok materiálov je zistiť, či daný materiál alebo súčiastka má požadované vlastnosti predpísané príslušnou normou alebo technickou dokumentáciou.

Technické skúšky materiálov môžeme rozdeliť do týchto skupín: **mechanické, technologické, nedeštruktívne, chemické, metalografické, špeciálne.**

3.1 Mechanické skúšky

Mechanické skúšky sú najviac používané zo všetkých skúšok. Poskytujú základné hodnoty, ktorých znalosť je pre konštruktéra nevyhnutná. Tieto skúšky sa väčšinou robia na skúšobných vzorkách, ktoré sú zhotovené zo skúšaného materiálu (materiálu súčiastky). Skúšky sú normalizované STN (ich priebeh a vyhodnotenie, skúšobné zariadenie, skúšobná vzorka).

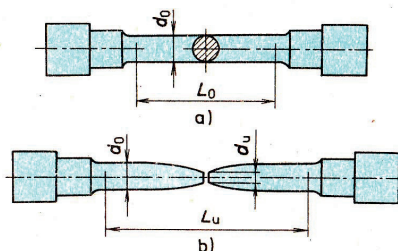
Mechanické skúšky delíme na:

- a) **Statické skúšky** – pri ktorých stála alebo pokojne a postupne narastajúca sila vyvoláva deformáciu až do porušenia skúšobnej vzorky. Podľa spôsobu pôsobenia zaťažujúcej sily rozdeľujeme tieto skúšky na skúšky pevnosti v ťahu, tlaku, ohybe, krútení, a strihu.
- b) **Dynamické skúšky** – sú skúšky pri ktorých sila pôsobí nárazom, alebo pôsobiaca sila sa mení.

3.1.1 Statická skúška na ťah (trhacia)

Statická skúška na ťah je jedna zo základných skúšok materiálu. Získavame ňou niektoré základné hodnoty potrebné pre výpočet konštrukčných prvkov a voľbu vhodného materiálu.

Pri skúške sa v trhacom stroji zaťažuje normalizovaná skúšobná vzorka pomaly narastajúcou silou F až do porušenia (obr.2).



Obr.2. Skúšobná vzorka
a) pred skúškou, b) po skúške

Meraná dĺžka L_0 závisí od priemeru skúšobnej tyče a pri kruhovom priereze pre dlhé tyče sa rovná $10d_0$ a pre krátke tyče $5d_0$ (d_0 je priemer skúšobnej tyče). Aby sme mohli merať predĺženie skúšobnej tyče po pretrhnutí, vyznačíme na nej pred skúškou rysky vo vzdialenosti 10 mm.

Trhacou skúškou zistíme **pevnosť v ťahu, pomerné predĺženie, ťažnosť a zúženie (kontrakciu)** skúšaného materiálu.

Pri všetkých statických skúškach vzniká v zaťaženej súčiastke napätie. Je to miera vnútorných síl, ktoré vznikajú v materiáli pôsobením vonkajších síl. Podiel sily a skutočnej plochy prierezu v ktoromkoľvek okamihu skúšky sa nazýva **skutočné napätie σ** . Bežne sa však používajú **zmluvné menovité napätia R** , pretože sa neuvažuje zmena prierezu skúšobnej tyče. Zaťaženie sa vzťahuje na začiatočný prierez S_0 .

Pevnosť v ťahu R_m – je zmluvná hodnota napätia daná podielom najväčšej zaťažujúcej sily F_m , ktoré skúšobná tyč znesie a pôvodného prierezu tyče S_0 :

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} \quad (\text{MPa})$$

Ak bola pôvodná dĺžka skúšobnej tyče L_0 a dĺžka zistená po pretrhnutí L_u , je **celkové (absolútne) predĺženie** (zmena dĺžky) Δl :

$$\Delta l = L_u - L_0 \quad (\text{mm})$$

Pomerné predĺženie ε je dané pomerom celkového predĺženia Δl k začiatočnej dĺžke skúšobnej tyče L_0 :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{L_u - L_0}{L_0}$$

Ťažnosť A je pomerné predĺženie vyjadrené v percentách začiatočnej dĺžky skúšobnej tyče:

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100 \quad (\%)$$

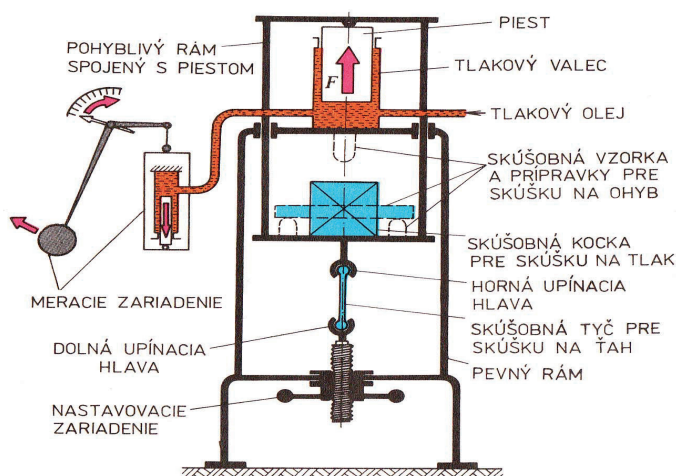
Kontrakcia Z (zúženie prierezu) je pomer zúženia skúšobnej tyče po pretrhnutí ($S_0 - S_u$) k pôvodnému prierezu tyče S_0 vyjadrená v percentách:

$$Z = \frac{(S_0 - S_u)}{S_0} \cdot 100 \quad (\%)$$

Medza klzu R_e je napätie, pri ktorom sa skúšobná tyč začne výrazne predlžovať bez zväčšovania zaťažujúcej sily alebo pri ktorom nastáva predlžovanie sprevádzané poklesom zaťažujúcej sily. Určíme ju zo vzťahu:

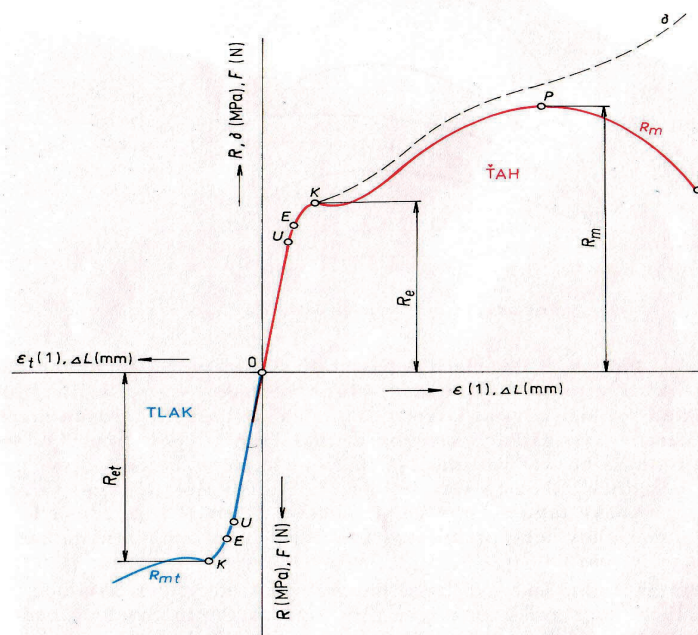
$$R_e = \frac{F_K}{S_0} \quad (\text{MPa})$$

Skúšky na ťah sa robia na rôznych skúšobných strojoch, ktoré sú **jednouúčelové** alebo **univerzálne** (obr.3).



Obr.3. Schéma univerzálneho skúšobného stroja

Zapisovacie zariadenie stroja kreslí v priebehu trhacej skúšky **pracovný diagram** (obr.4), ktorý udáva závislosť pomerného predĺženia od napätia (alebo celkového predĺženia od zaťažujúcej sily).



Obr.4. Pracovný diagram skúšky ťahom a tlakom pri mäkkých nelegovaných oceliach

Z diagramu vidíme, že zo začiatku je závislosť priamková, a to až do bodu U (medza úmernosti). Napätie zodpovedajúce bodu U je definované ako napätie, pri ktorom je **predĺženie ešte priamo úmerné napätiu** (Hookov zákon).

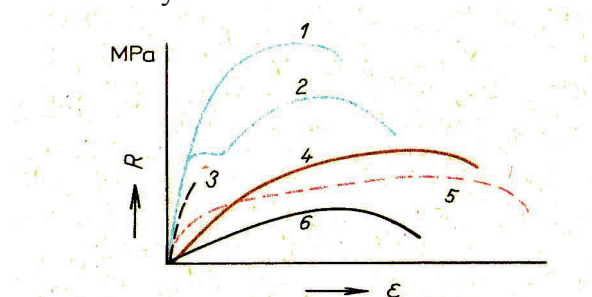
V ďalšom priebehu skúšky prestáva byť predĺženie priamo úmerné napätiu. Až do bodu E (medza pružnosti) je deformácia pružná, to znamená, že po úplnom odľahčení nadobúda skúšobná tyč začiatočnú dĺžku (nezanecháva trvalé deformácie).

Ak sa zaťaženie aj ďalej zväčšuje, nastáva plastická (trvalá) deformácia. Po odľahčení už skúšobná tyč nenadobudne začiatočnú dĺžku. Napätie R_e zodpovedajúce bodu K (medza klzu), sa označuje ako **výrazná medza klzu**. Definujeme ju ako napätie, pri ktorom sa skúšobná tyč deformuje bez viditeľného zväčšovania ťahového zaťaženia.

Pri ďalšom zaťažení skúšobnej tyče od bodu K, sa tyč predlžuje oveľa rýchlejšie, ako vzrastá zaťaženie. Bodu P (medza pevnosti) na vrchole krivky zodpovedá najväčšie napätie R_m (napätie na medzi pevnosti – medza pevnosti v ťahu – pevnosť v ťahu).

Pri napätí zodpovedajúcom bodu S (skutočné napätie pri pretrhnutí, je menšie ako pevnosť v ťahu) sa tyč pretrhne. Oblasť P-S zodpovedá zmenšovaniu prierezu tyče.

Tvar pracovného diagramu sa podľa druhu materiálu mení. Na obr.5 sú pracovné diagramy pre niektoré konštrukčné materiály.



Obr. 5. Pracovné diagramy rôznych kovov a zliatin

1 – tvrdá oceľ, 2 – mäkká oceľ, 3 – liatina, 4 – hliníková zliatina, 5 – meď, 6 – horčíková zliatina

Skúška pevnosti na tlak – sa pri oceliach zvyčajne nerobí, pretože hodnoty medze klzu v ťahu i v tlaku sú približne rovnaké. Častejšie sa používa pri liatinách, keramických a stavebných materiáloch. Skúšobné telesá majú tvar valčeka. Na skúšanie betónu, kameňa, dreva a pod. majú tvar kocky. Rozmery aj definície hodnôt skúšok tlakom sú rovnaké ako pre skúšky ťahom (obr.4). Pevnosť v tlaku R_{mt} sa udáva len pre krehké materiály, lebo pri mäkkých a tvárných kovoch nie je možné určiť okamžik porušenia.

3.1.2 Skúšky tvrdosti

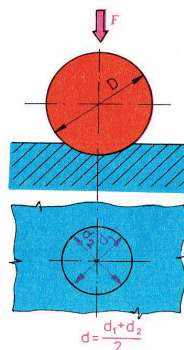
Meranie tvrdosti je rozšírenou laboratórnou aj prevádzkovou skúškou. Môžeme ňou skúšať materiály, ale aj hotové súčiastky bez ich poškodenia. Z tvrdosti možno často posudzovať aj iné vlastnosti, napríklad pevnosť v ťahu. Na zisťovanie tvrdosti sa používajú rôzne metódy: **vrypové, vtláčacie, odrazové**.

Vtláčacie skúšky

Vtláčacie skúšky sú najpoužívannejšie skúšky tvrdosti. Pri týchto skúškach sa do skúšaného materiálu alebo súčiastky pozvoľna vtláča veľmi tvrdé skúšobné teliesko (gulôčka, kužel, ihlan), ktoré vytvorí v skúšanom materiáli vtláčok. Tento vtláčok (jeho plocha, hĺbka alebo dĺžka uhlopriečky) je meradlom tvrdosti. Najznámejšie vtláčacie skúšky tvrdosti sú podľa **Brinella, Rockwella a Vickersa**. Tvrdosť neželezných kovov sa skúša najčastejšie podľa Brinella, tvrdé a kalené materiály podľa Rockwella. Skúška tvrdosti podľa Vickersa je najpresnejšia.

Tvrdosť podľa Brinella – ako skúšobné teliesko pri tejto skúške tvrdosti sa používa **kalená oceľová guľôčka** a tvrdosť sa označuje značkou **HBS** (staré označenie **HB**). Pri použití **guľôčky z tvrdokovu** (spekaný materiál) sa tvrdosť označuje značkou **HBW**. (Názov tvrdokov bol prevzatý z ISO a zodpovedá slovenskému názvu spekaný materiál. Začína sa používať aj názov tvrdý materiál.)

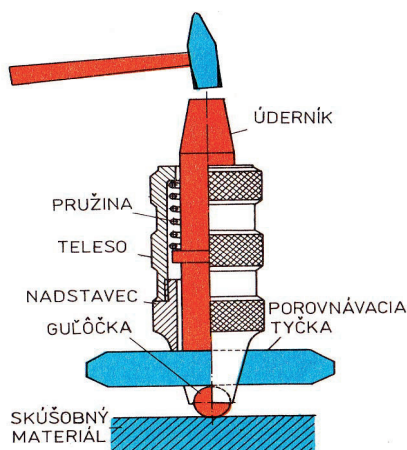
Pri tejto skúške sa guľôčka priemeru D (5; 2,5; 2 a 1mm) vtlača rovnomerne stupňovanou silou F (N) po čas t (10s; 30s; 120s; 180s) do lesklej rovnej plochy skúšanej vzorky alebo súčiastky (obr.6). Meradlom tvrdosti je potom priemer vtlačku, ktorý sa odmeria dvakrát (kolmo na seba), aby sa vylúčili chyby. Pre praktické vyhodnocovanie tvrdosti sú zostavené tabuľky, v ktorých sa podľa priemeru vtlačku a veľkosti použitej sily F nájde priamo zodpovedajúca tvrdosť a pevnosť.



Obr.6. Skúška tvrdosti podľa Brinella

Pri kovových materiáloch sa v praxi využíva empiricky zistená priama závislosť medzi tvrdosťou a pevnosťou v ťahu daná vzťahom $R_m \approx (3,1 \text{ až } 4,1) \text{ HBS}$. Pre nelegované ocele platí $R_m \approx 3,6 \text{ HBS}$.

Tvrdomery podľa Brinellovej metódy majú rôznu veľkosť a vyhotovenie. Pre malé dielne, sklady a montáže boli skonštruované malé jednoduché prístroje – **tvrdomery Poldi** (obr.7). Sú založené na princípe porovnávania vtlačku v skúšanom materiáli a na porovnávacej tyčke. Podľa veľkosti vtlačku zisteného lupou sa v tabuľkách vyhľadá príslušné číslo tvrdosti.



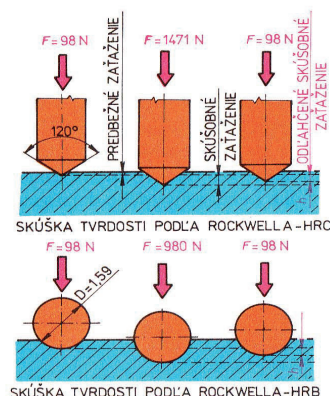
Obr. 7. Ručný tvrdomer Poldi

Tvrdosť podľa Rockwella (obr.8) – sa zisťuje ako rozdiel hĺbky vtlačku **oceľovej guľôčky** alebo **diamantového kužela** medzi dvomi stupňami zaťaženia (predbežného a celkového). Väčšina prístrojov je upravená tak, že hĺbka vtlačku sa odčíta na číselníkovom odchýlkomeri, ktorého číselník priamo udáva tvrdosť podľa Rockwella. Je to rýchla a ľahká skúška s maximálnou hĺbkou vtlačku 0,2 mm.

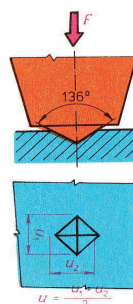
Počet stupníc tvrdosti sa zväčšil. Pôvodné stupnice A, B, C, (**označenie tvrdosti HRA, HRB, HRC**) sa rozšírili o stupnice D, E, F, G, H, K.

Tvrdosť podľa Vickersa (obr.9) – pri tejto skúške sa do materiálu vtláča **diamantový ihlan** so štvorcovou základňou a vrcholovým uhlom 136° . Veľkosť uhlopriečky vtlaku sa meria v dvoch na seba kolmých smeroch a hľadaná hodnota tvrdosti (**HV**) sa zistí z tabuliek.

Tento spôsob je z uvedených metód zisťovania tvrdosti najpresnejší, avšak vyžaduje si starostlivú úpravu meraného povrchu najlepšie brúsením.



Obr.8. Skúšky tvrdosti podľa Rockwella

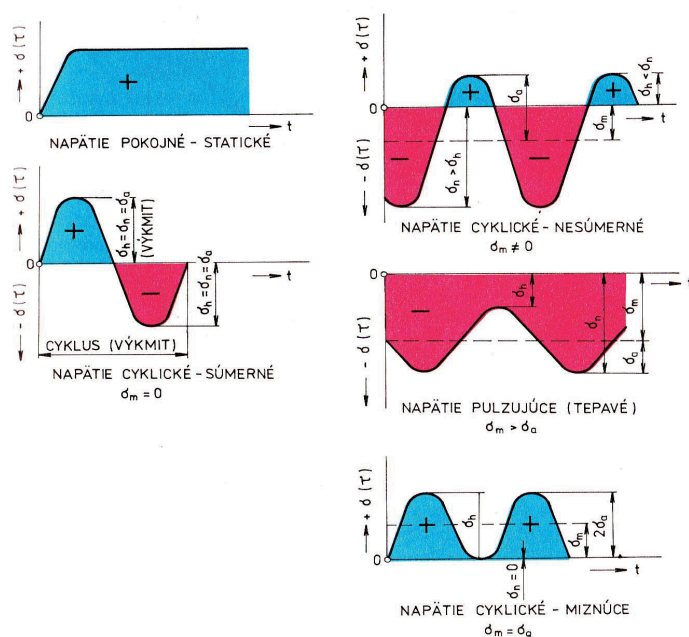


Obr.9. Skúšky tvrdosti podľa Vickersa

3.1.3 Dynamické mechanické skúšky

Strojové súčiastky sú v praxi iba zriedkavo namáhané statickým namáhaním—obr.10 (stálymi alebo pomaly a plynule sa meniacimi silami). Častejšie sú namáhané **dynamickým namáhaním**, pri ktorom zaťažujúce sily rastú skokom alebo sa opakovane rýchle menia a súčiastka je vystavená pôsobeniu veľkého počtu týchto zmien. V prvom prípade hovoríme o **nárazovom dynamickom namáhaní**, v druhom prípade o **cyklickom dynamickom namáhaní** (obr.10).

Cieľom dynamických skúšok je určenie vlastností materiálu pôsobením dynamických síl. Pri nárazovom namáhaní ich nazývame **nárazové skúšky** a pri cyklickom namáhaní sú to **únavové skúšky**.



Obr.10. Základné spôsoby namáhania – priebehy napätí

Nárazové skúšky

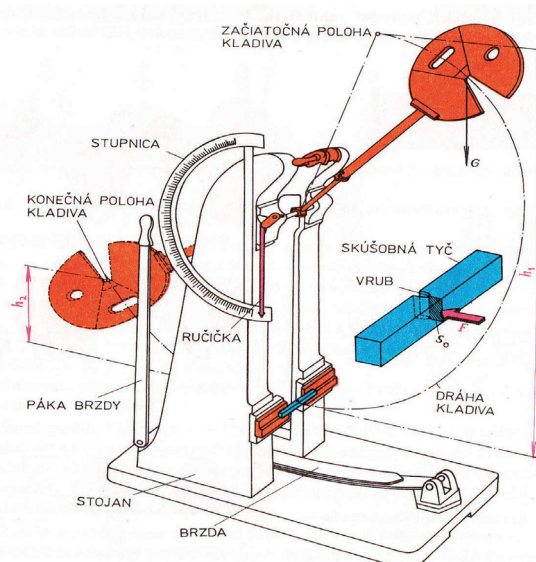
Nárazovými skúškami sa zisťuje, koľko práce alebo energie sa spotrebuje na porušenie skúšobnej tyče. Najčastejšie sa skúša jedným nárazom. Nárazom možno skúšať pevnosť v ťahu, v tlaku, v ohybe alebo v krútení.

Skúška nárazom v ohybe je zo všetkých skúšok najpoužívanější. Je dobrým ukazovateľom húževnatosti alebo krehkosti materiálu. Najbežnejšia je **skúška vrubovej húževnatosti**. Robí sa na **Charpyho kyvadlovom kladive** (obr.11). Kyvadlové kladivo sa po uvoľnení pohybuje zo začiatkovej polohy, až narazí na skúšobnú tyč, prerazí ju a vychýli sa do konečnej polohy. Táto poloha je nižšia ako začiatková, pretože na prerazenie skúšobnej tyče sa spotrebovala určitá práca – **spotrebovaná nárazová práca**. Podľa tvaru vrubu na skúšobnej tyči (U, V) a hĺbky vrubu (pri U je 2, 3, 5 mm; pri V je 2mm) ju označujeme KU2, KU3, KU alebo KV. Počíta sa zo všeobecného vzťahu:

$$KU \text{ alebo } KV = G (h_1 - h_2) \quad (J)$$

Podiel spotrebovanej práce (KU alebo KV) a začiatkového priečného prierezu telesa v mieste vrubu S_0 sa nazýva **vrubová húževnatosť KC**. Počíta sa zo vzťahu:

$$KC = \frac{KU}{S_0} \quad (J.cm^{-2}) \quad \text{alebo} \quad KC = \frac{KV}{S_0} \quad (J.cm^{-2})$$



Obr.11. Skúška rázom v ohybe – Charpyho kyvadlové kladivo

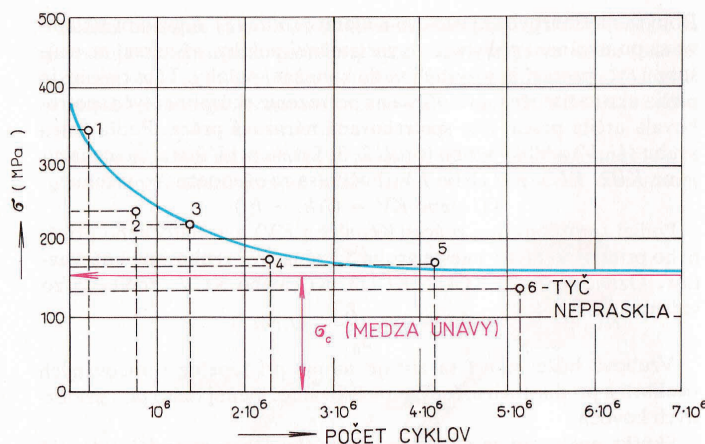
Vrubová húževnatosť sa zisťuje najmä pri tepelne spracovaných oceliach a plastoch určených na lisovanie. Menej často pri neželezných kovoch.

Skúšky opätovným namáhaním (únavové)

Únavou nazývame dej, ktorý vedie k porušovaniu cyklicky (opakovane) namáhaných častí strojov napätiami, ktoré sú podstatne nižšie ako statická pevnosť, prípadne medza klzu daného materiálu.

Skúšky únavy robíme na špeciálnych skúšobných strojoch. Musíme mať pripravených viac rovnakých tyčiek zo skúšaného materiálu. Tyčky začneme zaťažovať meniacim sa napätím tesne pod medzou klzu. Odpočítame počet cyklov, ktoré tyčka vydrží a hodnotu vynesieme do diagramu (obr.12) - bod 1. Znížime napätie, opäť zaťažíme ďalšiu tyčku a odpočítame počet cyklov, pri ktorých sa porušila – bod 2. Takto postupujeme aj s ďalšími tyčkami a vzniknú ďalšie body. Nimi sa preloží krivka (tzv. **Wöhlerova krivka**), ktorá udáva závislosť medzi napätím a počtom cyklov. Táto krivka sa po určitom počte cyklov blíži asymptoticky napätiu,

ktoré je medzou únavy σ_c . Preto sa k Wöhlerovej krivke zakreslí asymptota ako rovnobežka s vodorovnou osou. Táto rovnobežka určuje na zvislej osi napätia medzu únavy. **Medza únavy σ_c** sa definuje ako napätie, pri ktorom súčiastka zhotovená z tohoto materiálu vydrží teoreticky neobmedzený počet cyklov.



Obr.12. Wöhlerova krivka –zist'ovanie medze únavy

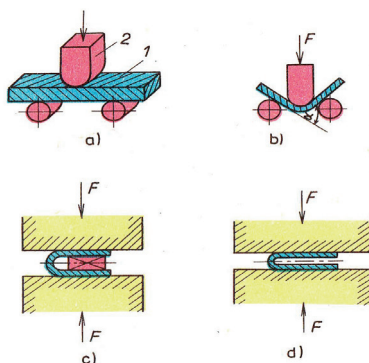
3.2 Technologické skúšky

Pri technologických skúškach sa hodnotí skúšanie materiálu z hľadiska jeho vhodnosti pre určitý spôsob technologického spracovania (tvárnenie za tepla, tvárnenie za studena, zváranie,...). Na zabezpečenie porovnateľnosti a reprodukovateľnosti výsledkov skúšok treba dodržiavať jednotné podmienky, ktoré sú obvyčajne stanovené normou.

3.2.1 Tvárnosť a jej skúšanie

Tvárnosť je vlastnosť, ktorú musí mať materiál určený na spracovanie technológiou tvárnenia (kovanie, valcovanie, lisovanie a pod.) Tvárny materiál si zachová tvar, ktorý získa pôsobením vonkajších síl, a to aj vtedy, keď sily prestanú pôsobiť. Tvárnosť za tepla alebo za studena sa zisťuje rôznymi skúškami.

Skúška lámavosti (obr.13) – je vhodná na skúšanie plechov, tyčového materiálu a telies vyrobených zo zlievaných alebo tvárnených polovýrobovkov rozličných prierezov. Skúšobná tyč sa ohýba okolo trňa. Až do predpísaného uhla ohybu nesmú vzniknúť na ťahanej strane materiálu trhliny alebo lom.

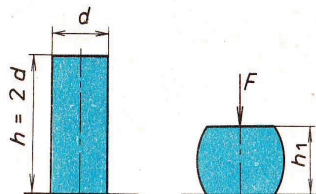


Obr.13. Skúška lámavosti za studena

a) celkové usporiadanie, b) ohyb cez trň do určitého uhla, c) ohyb o 180°s vložkou, d) ohyb o 180° až do doľahnutia ramien; 1 – skúšobná tyč, 2 - trň

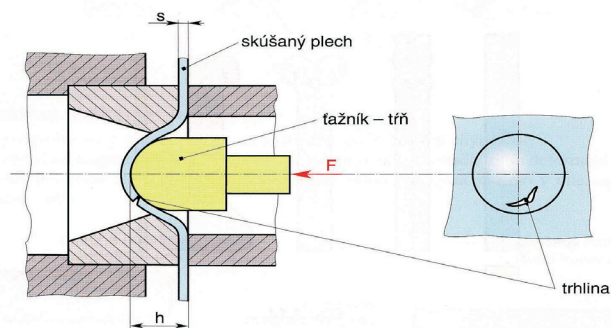
Skúška ubíjaním za studena (obr.14) – posudzuje sa ňou vhodnosť materiálu do priemeru 30 mm na nity, skrutky a iné spojovacie súčiastky. Skúškou overujeme tvárnosť, dosiahnutý stupeň spevnenia alebo krehkosť po ubíjaní.

Ako skúšobné teleso sa používa valček rovnakého priemeru ako má mať súčiastka. Výška skúšobného valčeka sa rovná dvojnásobku priemeru. Skúšobný valček sa ubije až o 50 %. Materiál je vyhovujúci, ak sa na plášti skúšobného valčeka neobjavia trhliny.



Obr.14. Skúška ubíjaním

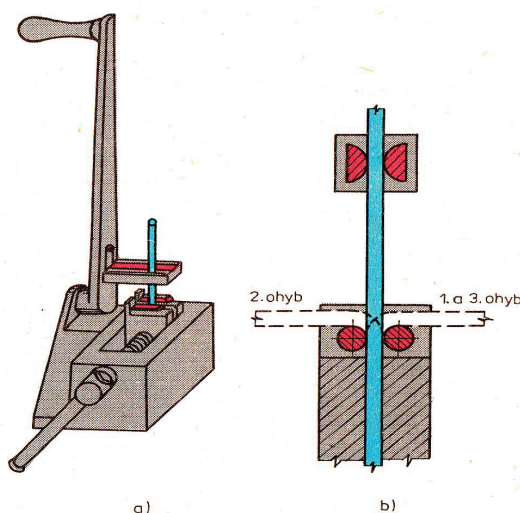
Skúška hĺbením podľa Erichsena (obr.15) – zisťuje sa ňou vhodnosť plechov do hrúbky 2 mm na ohýbanie, hlboké ťahanie, lisovanie, lemovanie.



Obr.15. Skúška hĺbením podľa Erichsena

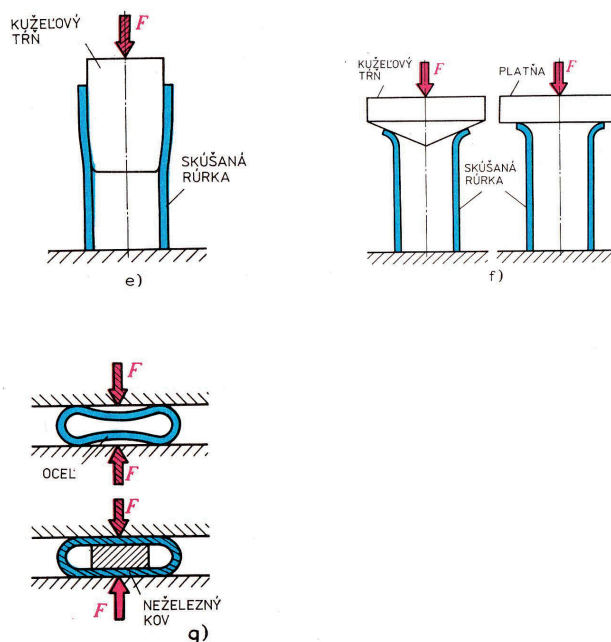
Gul'ový ťažník priemeru 20 mm sa vtláča do plechu tak dlho, až sa na vytlačenej časti objaví trhlina. Prehĺbenie plechu je meradlom ťažnosti materiálu. Dôležitá je aj orientácia trhliny a hladkosť vytlačeného gul'ového vrchlíka. Ak sú trhliny v smere valcovania plechu, plech je vhodný na ťahanie. Ak sú kolmé na smer valcovania plechu, tak nie je vhodný.

Skúška drôtov na striedavý ohyb (obr.16) – používa sa na skúšanie drôtov do priemeru 8 mm. Drôt upnutý do čeľustí sa striedavo ohýba o 180° frekvenciou 60 ohybov za minútu. Tvárnosť drôtu sa posudzuje počtom ohybov do porušenia vzorky drôtu.



Obr.16. Skúška drôtu striedavým ohybom
a) celkový pohľad na prístroj, b) princíp skúšky

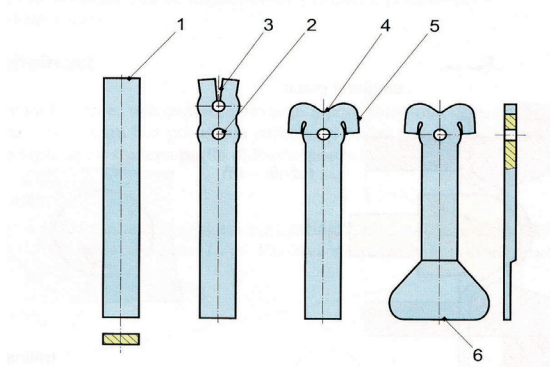
Skúšky rúrok roztláčaním, lemovaním a stlačením (obr.17) – týmito skúškami sa posudzuje spracovateľnosť rúrok najmä tvárnením za studena. Rúrky vyhovujú, ak pri skúške nevzniknú v mieste roztláčania, lemovania alebo stlačenia na skúšobnej vzorke trhliny.



Obr.17. Skúšky tvárnosti

e) skúška rúrok roztláčaním, f) skúška rúrok lemovaním, g) skúška rúrok stlačením

Skúška kujnosti (obr.18) – pri teplote 900 až 1 000°C sa na skúšobnej tyči 1 postupne robia operácie: dierovanie 2, sekanie 3, rozširovanie 4, ohýbanie 5 a kovanie 6. Po každej operácii sa kontroluje, či na tyči nevznikli trhlinky. Pre dobre kovateľné ocele sa nesmú objaviť nikde trhliny.



Obr.18. Skúška kujnosti

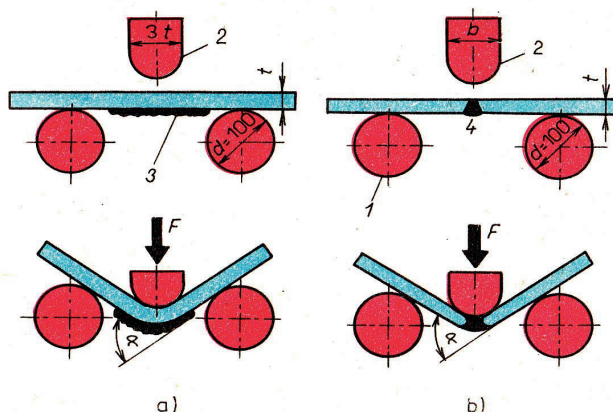
3.2.2 Zvariteľnosť a jej skúšanie

Zvariteľnosť materiálu je schopnosť vytvoriť z dvoch alebo viacerých častí nerozoberateľný celok. Zvariteľnosť sa skúša mnohými skúškami, ktoré sú prispôsobené druhu a hrúbke zváraného materiálu, vyhotoveniu zvaru, namáhaniu zvaru v prevádzke a použitej technológii zvarovania.

Zlá zvariteľnosť sa prejavuje nečistým, málo pevným zvarom alebo krehnutím materiálu v okolí zvaru.

Ohybová návarová skúška (obr.19a) – používa sa pre plechy hrubšie ako 25 mm. Na povrchu skúšobnej vzorky z plechu sa urobí drážka, do ktorej sa navarí v jednej vrstve

zvarová húsenica. Po vychladnutí sa skúšobná vzorka ohýba cez trň predpísaného priemeru, pričom zvarová húsenica je na ťahanej strane. Zvar je vyhovujúci, ak ho ohneme na požadovaný uhol ohybu bez toho, že by v celom priereze zvaru nastal lom.



Obr.19. Skúšky zvariteľnosti
a) ohybová návarová, b) lámavosti zvaru; 1 – podporné valčeky, 2 – trň, 3 – návar, 4 – zvar

Skúška lámavosti zvarov (obr.19b) – pri tejto skúške sa ohýba zvarená skúšobná tyč. Zvar, ktorý je v prostriedku skúšobnej tyče sa nesmie pri ohybe roztvárať.

3.3 Nedeštruktívne skúšky

Pri všetkých doteraz opísaných skúškach sa používajú skúšobné vzorky alebo súčiastky porušili alebo zničili. **Nedeštruktívne skúšky** alebo **skúšky bez porušenia materiálu** umožňujú skúšanie a zistenie požadovaných vlastností, či skrytých chýb v materiáli alebo súčiastke bez toho, že by sme ju porušili.

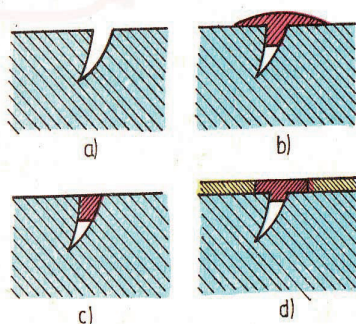
Zo skúšok bez porušenia materiálu sa v strojárstve často používajú **defektoskopické skúšky**. Zisťujú sa nimi skryté povrchové a vnútorné chyby, ktoré porušujú celistvosť materiálu.

Defektoskopické skúšky rozdelujeme:

- na zisťovanie povrchových chýb materiálu** – do tejto skupiny patria kapilárne a magnetické skúšky;
- na zisťovanie vnútorných chýb materiálu** – sem zaraďujeme ultrazvukové a prežarovacie skúšky;

3.3.1 Kapilárna skúška

Používa sa na zviditeľnenie jemných povrchových chýb. Skúška využíva pôsobenie kapilárnych síl, ktoré umožňujú vniknutie vhodných indikačných kvapalín do chýb (obr.20).



Obr. 20. Princíp kapilárnej metódy
a) pred nanesením kvapaliny, b) po nanesení kvapaliny, c) po očistení povrchu, d) po nanesení detekčnej kvapaliny

Na skúšaný povrch sa po očistení naniesie vhodná detekčná látka, ktorá nasáva indikačnú látku z trhlinky a zmenou farby zviditeľňuje výrazne povrchovú chybu.

Prehľad kapilárnych skúšok a ich použitie je popísané v tabuľke 2.

Tabuľka 2 : Prehľad kapilárnych skúšok

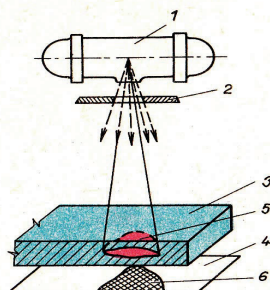
Indikačná látka	Detekčná látka	Zobrazenie chyby	Použitie
Petrolej	vápenné mlieko	tmavé zafarbenie	metóda je najjednoduchšia, má široké použitie pri kontrole hrubých súčiastok (odliatky, zvary) a pri skúške tesnosti
Fluorescenčný olej (zmes petroleja, oleja a fluorescenčnej látky)	práškový uhlíkatý horečnatý	fluoreskujúci obraz chyby v ultrafialovom svetle	uplatňuje sa v sérovej výrobe najmä veľmi náročných výrobkov z neželezných kovov
Farebná kvapalina (petrolej zafarbený sudanovou červou)	suspénzia uhlíkovanu vápenatého alebo horečnatého v acetóne — naniesie sa rozprášením	farebná indikácia chyby — intenzívne červené zafarbenie	má široké použitie vo výrobe aj montáži ako samostatná metóda, prípadne ako doplnok práškovej magnetickej skúšky

3.3.2 Magnetická skúška

Prášková magnetická metóda je jedna z najpoužívanějších skúšok na zisťovanie povrchových chýb polovýrobov a výrobkov z feromagnetických materiálov. Skúšaný predmet zmagnetizujeme. Povrchové trhliny zvyšujú magnetický odpor, v mieste chyby sa zhŕšťujú a zakrivujú siločiaru z ktorých časť v mieste chyby vystupuje na povrch. Rozptylový magnetický tok, ktorý tým vznikne, vytvára na obode chyby magnetické póly. K indikácii rozptylového toku sa používa fluorescenčný feromagnetický prášok, ktorý sa v mieste magnetických pólov zachytí a zobrazí priebeh chyby. Zviditeľnenie chyby sa dosiahne osvetlením povrchu ultrafialovým svetlom.

3.3.3 Skúška prežarovaním

Hrubé vnútorné chyby zisťujeme prežarovaním röntgenovými lúčmi alebo gama lúčmi (rádiografické metódy), ktoré prenikajú materiálom, pričom sa zoslabujú v závislosti od hrúbky, hustoty, chemického zloženia materiálu a od vlnovej dĺžky žiarenia. Princíp skúšky je na obr.21. Ak je hrúbka materiálu zoslabená v smere žiarenia chybou, dopadne v priamete chyby na fotografický film žiarenie s väčšou intenzitou ako v ostatných častiach. Preto na filme po vyvolaní je obraz chyby tmavší ako okolie filmu.



Obr.21. Skúška röntgenovými lúčmi

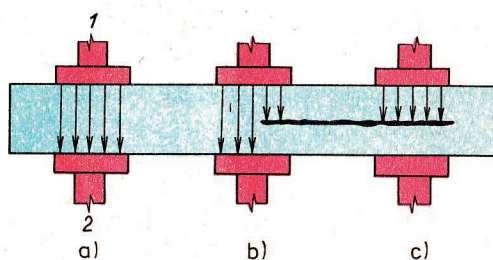
1 – röntgen s krytom, 2 – clona s filtrom, 3 – prežarovaný predmet, 4 – film, 5 – vnútorná chyba, 6 – tmavá škvrna na filme

Röntgenové lúče sa používajú pre ocele do hrúbky 75 mm, gama lúče až do hrúbky 140 mm. V súčasnosti sa rádiografická metóda používa na zisťovanie vnútorných chýb zvarov a odliatkov.

3.3.4 Skúšky ultrazvukom

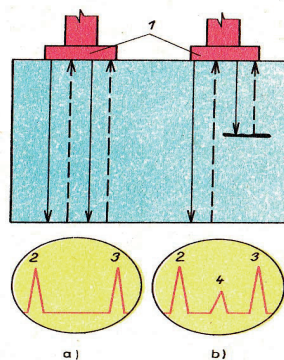
Slúžia na zisťovanie vnútorných chýb materiálu alebo súčiastky. Používajú sa pozdĺžne a priečne ultrazvukové vlny frekvencie 1 až 10 MHz. Rozlišujeme štyri základné defektoskopické ultrazvukové metódy: prechodovú, odrazovú, rezonančnú a metódu umožňujúcu zviditeľnenie vnútorných chýb.

Pri **prechodovej metóde** (obr.22) meriame hodnoty energie ultrazvuku, ktorá prejde skúšaným predmetom. Používajú sa na to dve ultrazvukové sondy, ktoré sa umiestňujú súsovo na protiľahlých stenách skúšaného materiálu. Jedna je vysielateľ a druhá je prijímač ultrazvukovej energie. Ak je v materiáli chyba, na ploche ktorej sa odrážajú vlny, za chybou sa tvorí tieň a do prijímača prichádza menšia energia. Chyba sa zisťuje porovnaním hodnôt energie prijatej neporušeným a chybným materiálom.



Obr.22. Princíp prechodovej metódy

a) materiál bez chyby, b) materiál s menšou chybou, c) materiál s veľkou chybou



Obr.23. Princíp odrazovej metódy

a) materiál bez chýb, b) materiál s chybou

Odrázová metóda sa používa častejšie. Do kontrolovaného predmetu sa vysielajú krátke ultrazvukové impulzy, ktoré sa odrážajú od povrchu predmetu a jeho vnútorných chýb (obr. 23). Časový priebeh je zobrazovaný na obrazovke. V okamihu vysielania ultrazvukového impulzu sa na obrazovke objaví počiatočný impulz. Keď je materiál bez chyby, objaví sa na obrazovke iba koncový impulz (echo). Ak je v materiáli chyba, časť vysielanej ultrazvukovej energie sa od nej odrazí, čo sa prejaví poruchovým echom.

Kontrolné otázky:

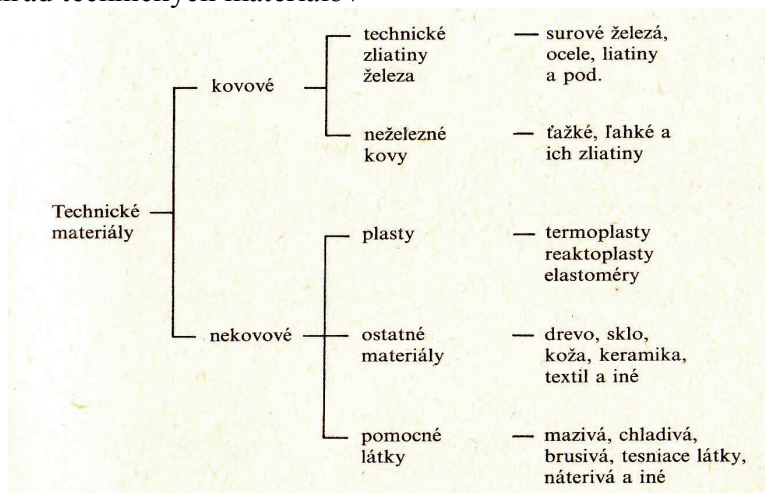
1. Prečo skúšame materiály alebo súčiastky ?
2. Ako rozdeľujeme technické skúšky materiálov ?
3. Čo sú statické skúšky, vymenujte niektoré ?
4. Vysvetlite, čo sú dynamické skúšky ?
5. Popíšte statickú skúšku na ťah.
6. Objasnite, čo je medza pevnosti, medza klzu, kontrakcia a ťažnosť.
7. Čo je to tvrdosť, ako ju skúšame ?
8. Opíšte skúšku tvrdosti podľa Brinella.
9. Vysvetlite princíp merania tvrdosti tvrdomerom Poldi.
10. Kde sa používajú skúšky tvrdosti podľa Rockwella a ako prebiehajú ?
11. Popíšte podstatu skúšania tvrdosti podľa Vickersa.
12. Ako prebieha skúška vrubovej húževnatosti ?
13. Vysvetlite podstatu únavových skúšok.
14. Čo sú to technologické skúšky, vymenujte ich druhy.

15. Čo je to tvárnosť a ako ju zisťujeme ?
16. Akými skúškami zisťujeme vlastnosti plechov, rúrok, drôtov ?
17. Opíšte skúšky zvariteľnosti.
18. Čo sú to nedeštruktívne skúšky ?
19. Ako rozdeľujeme defektoskopické skúšky ?
20. Popíšte podstatu kapilárnej skúšky.
21. Vysvetlite princíp magnetickej skúšky.
22. Popíšte podstatu skúšok prežarováním.
23. Kedy používame skúšky ultrazvukom, opíšte ich princíp.

4. TECHNICKÉ MATERIÁLY

V strojárskej výrobe používame všetky druhy technických materiálov. Ich vhodná voľba a správne spracovanie má veľký vplyv na kvalitu výrobku, ktorý z nich vyrobíme. Prehľad technických materiálov bežne používaných v strojárstve je zobrazený v tabuľke 3.

Tabuľka 3: Prehľad technických materiálov



4.1 Kovové materiály

Základným materiálom pre stavbu strojov sú kovy a ich zliatiny. Kovových materiálov sa používa veľké množstvo. Technická prax rozdeľuje kovové materiály nasledovne:

- a) **zliatiny železa** (surové železo, ocele, liatiny);
- b) **neželezné kovy** (t ŕažké, ľahké) a **ich zliatiny**;

4.1.1 Zliatiny železa

Čisté železo sa prakticky v prírode nevyskytuje. Zo železných rúd sa vo vysokej peci vyrába surové železo.

Surové železo je zliatina železa s uhlíkom s obsahom uhlíka väčším ako 2,11 % a s ďalšími prvkami (kremík, mangán, síra, fosfor). Na výrobu v strojárstve je nevhodné. Vyrábajú sa z neho **oceľ** a **liatiny**. Ocele majú obsah uhlíka do 2,11 %, liatiny nad 2,11 % C.

Nelegovaná oceľ – je zliatina železa a uhlíka, kde uhlíka je menej ako 2,11 %. Má bežný obsah sprievodných prvkov bez ďalších úmyselných prísad. Vlastnosti nelegovaných ocelí sú dané predovšetkým obsahom uhlíka.

Legovaná oceľ – obsahuje ešte ďalšie, úmyselne pridané prvky (legúry), zväčša vo väčšom množstve.

Podľa **spôsobu spracovania** ocele rozdeľujeme na:

- **occe na tvárnenie;**
- **occe na odliatky;**

Podľa **chemického zloženia** sa ocele delia na:

- **occe nelegované – uhlíkové;**
- **occe legované – zliatinové;**

Podľa **použitia** sa ocele delia na:

- **konštrukčné ocele;**
- **nástrojové ocele;**

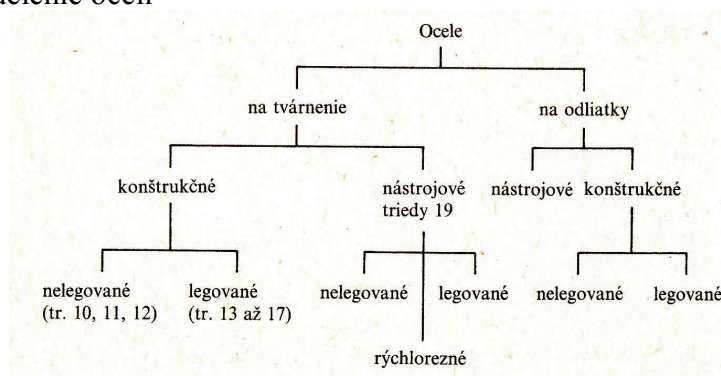
Konštrukčné ocele sú buď **nelegované (uhlíkové)** alebo **legované (zliatinové)**. Obsah uhlíka v nelegovaných konštrukčných oceliach býva maximálne 0,8 %. Do 0,25 % C sú to **nízkouhlíkové ocele**, s obsahom (0,25 – 0,60) % C **stredne uhlíkové** a nad 0,6 % C **vysokouhlíkové**. Nelegované konštrukčné ocele majú väčší obsah fosforu a síry. Väčšinou sa tepelne nespracúvajú. Sú to ocele tried 10, 11 a 12 podľa STN.

Konštrukčné ocele legované sa vyznačujú väčšou čistotou, dokonalejšou výrobou i kontrolou. Majú lepšie vlastnosti. Väčšinou sa tepelne spracúvajú. Zliatinové ocele s obsahom legúr do 2,5 % sa nazývajú **nízko**legované, s obsahom legovacích prvkov (2,5 - 5) % **stredne** legované a s obsahom (5 - 10) % **viac** legované a nad 10 % **vysoko**legované. Do tejto skupiny patria ocele tried (13 - 17) podľa STN.

Nástrojové ocele podľa chemického zloženia sa rozdeľujú na **nelegované, legované a rýchlorezné**. Nástrojové ocele nelegované obsahujú okrem uhlíka (0,6 – 1,6) % ešte kremík a mangán. Mechanické vlastnosti a štruktúra týchto ocelí závisí od obsahu uhlíka. Nástrojové ocele legované sú legované Cr, Mo, W, V, pričom ich obsah väčšinou nepresahuje 5 %. Rýchlorezné ocele si rezné vlastnosti zachovávajú až do 650°C. Sú legované W, Cr, V, Co v celkovom množstve nad 20 %. Nástrojové ocele sú ocele triedy 19 podľa STN.

Prehľad rozdelenia ocelí je v tabuľke 4.

Tabuľka 4: Rozdelenie ocelí



Liatiny – sú zliatiny železa s uhlíkom, s obsahom uhlíka väčším ako 2,11 %. Okrem uhlíka obsahuje liatina aj sprievodné prvky, najmä Si, Mn, S a P. Podľa chemického zloženia a rýchlosti chladnutia môže liatina stuhnúť ako biela alebo ako sivá.

4.1.2 Výroba a použitie železa a jeho zliatin

Surové železo

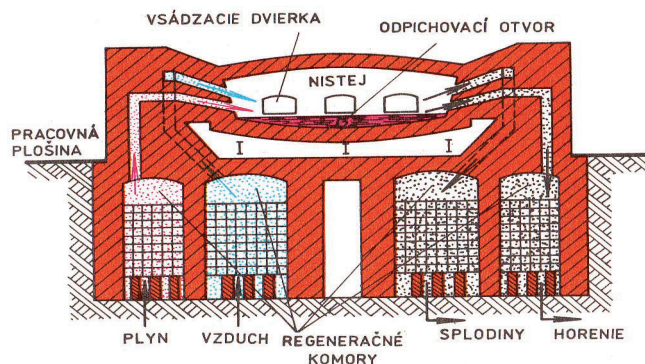
Surové železo získavame zo **železných rúd** vo vysokých peciach (obr.24), do ktorých sa ešte zavádzajú **troškotvorné prísady** a **palivo** a vháňa sa **horúci vzduch**. Redukciou

Diagram illustrating the components and flow of a blast furnace system:

- VYKLADACÍ VOZÍK - SKIP**: Discharge car/skip.
- ZÁVER**: Nozzle.
- VYSOKOPEČNÝ PLYN K ČISTIČOM**: High-temperature gas to purifiers.
- OHRIEVAČE VZDUCHU**: Air heaters.
- VSÁDKOVŇA**: Tapping ladle.
- ŠKŤVÝ VÝTAH NA VSÁDKOVŇU**: Hoist for the tapping ladle.
- ŠACHTA ROZPOR**: Refractory lining.
- VETROVOD HORÚCI VZDUCH**: Hot air duct.
- STUDENÝ VZDUCH**: Cold air.
- ZARÁŽKA VÝFUCNE**: Stopper.
- SUROVÉ ŽELEZO**: Pig iron.
- NIŠTE**: Hearth.
- TROSKA**: Slag.
- SPALOVACIA KOMORA**: Combustion chamber.
- VYSOKOPEČNÝ PLYN OD ČISTIČOV**: High-temperature gas from purifiers.
- SPALINY DO KOMÍNA**: Gases to the chimney.
- PODSTAVA**: Foundation.
- BETONOVÝ ZÁKLAD**: Concrete base.

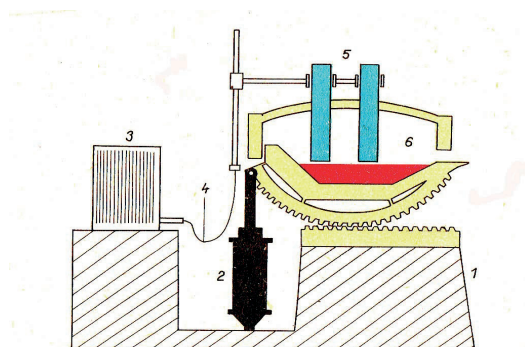
Ocel'

a) plnenie surovým železom, b) skúšovanie, c) vylievanie ocele



24

Najkvalitnejšia oceľ (oceľ presného chemického zloženia) sa vyrába v **elektrických oblúkových** (obr.27) alebo **indukčných peciach**.



Obr.27. Schéma elektrickej oblúkovej pece

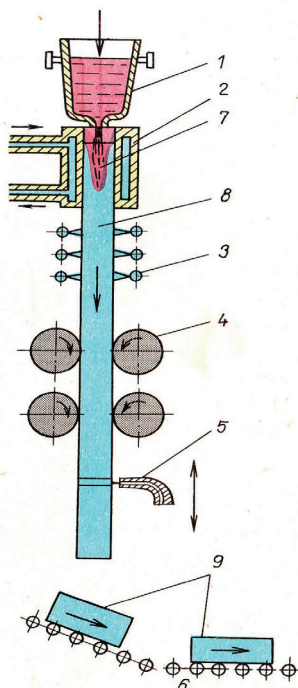
1) podstava, 2) sklápacie zariadenie, 3) transformátor, 4) prívod prúdu, 5) elektródy, 6) taviaci priestor

Po skončení skúňovacieho procesu sa vyrobená oceľ vypúšťa z pece do panvy. Z panvy sa oceľ odlieva buď do kovových foriem (kokily), v ktorých oceľ tuhne na **ingoty** a tie sa ďalej spracúvajú tvarovaním na **tvarovanú oceľ**, alebo sa odlieva do lejárskych foriem, v ktorých tuhne na **oceľové odliatky**. Vo veľkých oceliarnach sa používa plynulé odlievanie ocele (obr.28).

Ocele na tvárnenie sa spracúvajú vo valcovniach tvarovaním ingotov na tyče, plechy, drôty,... V kováčňach sa spracúvajú na výkovky a v lisovniach na výlisky. Z týchto polovýrobkov sa potom hotové výrobky vyrábajú obrábaním na obrábacích strojoch.

Ocele na odliatky sa odlievajú do lejárskych foriem, v ktorých tuhnú na oceľové odliatky. Používajú sa na odliatky veľmi namáhaných strojových súčiastok.

Bližšiu špecifikáciu použitia ocelí na tvárnenie a ocelí na odliatky v technickej praxi nájdete v príslušných normách ocelí.



Obr.28. Kontinuálne (plynulé) liatie ingotov

1) panva, 2) kryštalizátor, 3) chladiace zariadenie, 4) posúvacie valce 5) kyslíkový odrezávací prístroj, 6) valčeková dráha, 7) tekutý kov, 8) stuhnutý kov, 9) ingoty

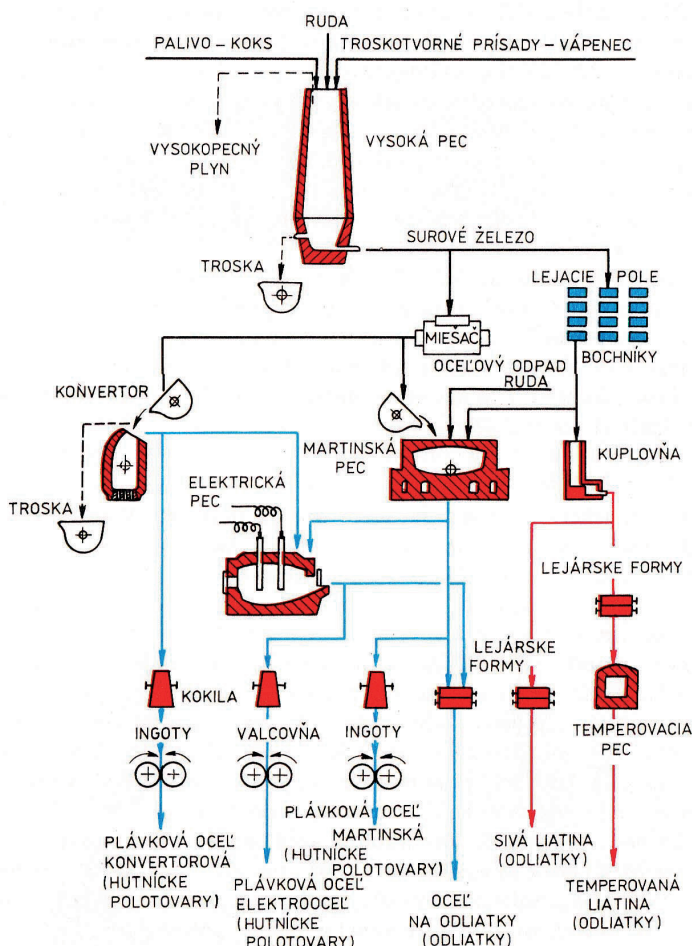
Liatina

Liatina sa vyrába v kuplovni. Vsádzka je surové železo, šrot, koks, prísady a legujúce prvky. Vyrábame tieto druhy liatin:

- **sivá liatina** – vyrába sa pretavením surového železa v kuplovni alebo v elektrických peciach. Pretavením sa zníži obsah uhlíka na 3,3 % a pridáva sa kremík. Uhlík je vylúčený vo forme grafítu.
- **biela liatina** - vyrába sa podobne ako sivá, ale legujúcou prísadou je mangán. Uhlík sa nestačí vylúčiť a zostáva viazaný v karbide železa (Fe_3C), ktorý je veľmi tvrdý.
- **temperovaná liatina** – vznikne žíhaním (temperovaním) bielej liatiny, pričom sa rozloží Fe_3C .
- **tvárna, očkovaná liatina** – vyrába sa zo sivej liatiny pridaním horčika (očkovaďla). Grafít je vylúčený v podobe guľôčok.

Liatiny sa tiež odlievajú do lejárskych foriem a vyrábajú sa liatinové odliatky s vlastnosťami podľa druhu odliatej liatiny.

Prehľad výroby a spracovania surového železa a jeho zliatin je znázornený na obr.29.



Obr.29. Prehľad výroby a spracovania surového železa a jeho zliatin

4.1.3 Označovanie technických zliatin železa

Všetky technické materiály majú vypracované **materiálové normy**. Takisto aj každá technická zliatina železa má svoj **materiálový list** (normu akosti), ktorý obsahuje všetky informácie a údaje o jej zložení, spracúvaní, použití, atď.

Označovanie ocelí

Po vstupe do EU sa u nás používajú dva systémy označovania ocelí. Prvý systém je podľa noriem EN a zvyklostí EU a druhý je pôvodný – podľa STN.

A) Rozdelenie a označovanie ocelí podľa EN

I. podľa STN EN 10027 - 1

a) Ocele pre menovité použitie – označovanie podľa vlastností

(G)Xnnn(X..). (príklad označenia: S235JR)

X – symbol (písmeno) označujúci použitie ocele, podľa použitia (ak miesto X zvolíme) poznáme:

S – ocele pre oceľové konštrukcie;

P – ocele pre tlakové zariadenia;

L – ocele pre potrubia;

E – ocele pre strojové súčiastky;

B – ocele na výstuž do betónu;

Y – ocele na predpäté výstuže do betónu;

R – ocele na koľajnice;

H – ocele na ploché výrobky valcované za studena;

D – ocele na ploché výrobky z mäkkých ocelí na tvárnenie za studena;

TH, T – obalové plechy;

M – plechy a pásy pre elektrotechniku;

nnn – najčastejšie hodnota R_m , R_e ($R_{p0,2}$), tvrdosť, prípadne iné.

(X..) – prídavné označenie, líši sa v rámci jednotlivých typov (napr. spôsob výroby, chemické zloženie, výroba a použitie, ...);

G – ak je na začiatku symbol G, ide o oceľ na odliatky;

b) Označovanie podľa chemického zloženia

1. nelegované ocele (% Mn < 1, bez automatových ocelí)

(G) C XX – kde XX je 100 násobok obsahu %C, ak je na začiatku G, ide o oceľ na odliatky;

2. nízko a stredne legované ocele (% Mn > 1, automatové ocele ktorých % leg < 5%, ale nie rýchlorezné ocele)

(G) XX N1N2..X1 – X2-.. (príklad označenia: 13CrMo4 - 5)

XX – je 100 násobok obsahu %C;

N1, N2... - charakteristické legujúce prvky;

X1, X2... – ekvivalenty % obsahu charakteristických legujúcich prvkov prepočítané podľa prepočtových koeficientov;

G – ak je na začiatku ide o oceľ na odliatky;

3. vysokolegované ocele (ocеле ktorých %leg > 5%, ale nie rýchlorezné ocele)

(G)XCCN1N2..X1 – X2- (príklad označenia: X40CrMoV5-1-1)

CC – je 100 násobok obsahu %C;

N1, N2...- charakteristické legujúce prvky;

X1, X2... - % obsahu charakteristických legujúcich prvkov (priamo, tu sa neprepočítava);

G– ak je na začiatku ide o oceľ na odliatky;

4. rýchlorezné ocele

HS %W-%Mo-%V-%Co (príklad označenia HS 12-1-5-5)

Každé z uvedených označení môže byť doplnené prídavnou informáciou o tepelnom spracovaní, ktorá je od hlavného označenia oddelená značkou „+“ . Bližšia informácia o prídavnom označení tepelného spracovania je v príslušnej horeuvedenej norme.

II. podľa STN EN 10027 -2

- Triedenie podľa materiálového čísla

X . XX . XXX

X –prvé číslo je hlavné číslo materiálu (0 – surové železo a liatiny, 1 – ocele, 2 – neželezné kovy a ich zliatiny);

XX – druhé dvojčísle je číslo skupiny materiálu (bližšia informácia v príslušnej norme);

XXX – tretie trojčísle je poradové číslo materiálu, ktoré prideliť úrad pre štandardizáciu materiálov EU;

III. podľa výrobcov

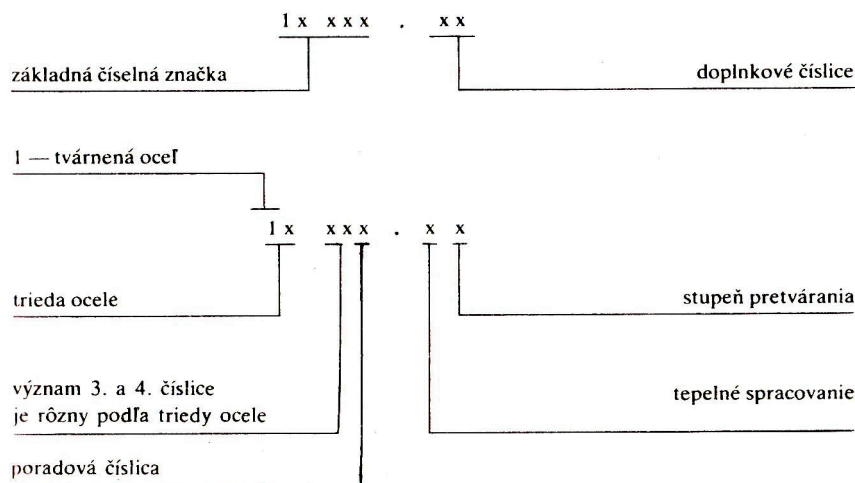
Niektorí výrobcovia uvádzajú vo svojich katalógoch **vlastné označenie ocelí**.

(príklad označenia: podľa STN – 11 523, podľa rôznych výrobcov Kosi 360, Fe510, St52-3)

B) Rozdelenie a označovanie ocelí podľa STN

Ocele podľa STN sú označované **číselne i farebne**. Číselné označovanie ocele na tvárnenie sa skladá z päťmiestnej základnej značky a spravidla ešte z dvoch doplnkových čísel.

Tabuľka 5: Číselné označovanie ocelí na tvárnenie



Prvé dvojčíslo (trieda ocele) znamená:

(10 – 12) – ocele nelegované;

(13 – 16) – ocele zliatinové legované;

17 – ocele zliatinové vysokolegované (antikorózne, žiaruvzdorné, žiarupevné, špeciálne);

19 – nástrojové ocele;

Číslo normy akosti príslušnej ocele je šesťmiestne a vytvorí sa v spojení so značkou STN predradením číslice 4 pred základnú číselnú značku ocele.

(príklad označenia: oceľ 11 373 má číslo normy akosti 41 1373)

Podrobnejšie informácie o označovaní ocelí v jednotlivých triedach nájdete v príslušných STN.

Farebné označovanie ocelí je uvedené v STN 42 0010.

Označovanie zliatin železa na odliatky

A) Rozdelenie a označovanie liatin podľa EN

Tabuľka 6: Označovanie liatin podľa EN značkou

OZNAČOVANIE LIATIN PODĽA EN – značka				
symboly pre liatinu EN-GJ	symbol pre tvar grafitu	symbol pre mikro alebo makroštruktúru	symbol pre klasifikáciu podľa	
			mechanických vlastností	chemického zloženia
G – materiál na odliatky J – liatina	L – lupienkový V – červikovitý S – guľôčkový grafit M – temperový uhlík N – bez grafitu, ledeburitické liatiny Y – zvláštna štruktúra	A – austenit F – ferit P – perlit M – martenzit L – ledeburit Q – kalené T – kalené a popuštěné B – s čiernym lomom W – s bielym lomom	min. hodnota pevnosti v ťahu v MPa a min. hodnota ťažnosti v % alebo stredná hodnota tvrdosti	písmeno X, 100-násobok obsahu uhlíka, chemické značky legujúcich prvkov a obsahy týchto prvkov v %, oddelené spojovníkom
Např. EN-GJS-350-22, EN-GJL-HB155 EN-GJS-X300CrNiSi9-5-2, EN-GJL-XNiMn13-7				

Tabuľka 7: Označovanie liatin podľa EN číslom

OZNAČOVANIE LIATIN PODĽA EN – číslo				
označenie liatiny EN-J	písmeno pre označenie tvaru grafitu	jednomiestne číslo pre označenie hlavnej charakteristiky liatiny	dvojmiestne číslo označujúce materiál	jednomiestne číslo označujúce zvláštnu požiadavku
	L – lupienkový V – červikovitý S – guľôčkový grafit M – temperový uhlík N – bez grafitu	1 – pevnosť v ťahu 2 – tvrdosť 3 – chemické zloženie	00 – 99	0 – 9
Např. EN-JS1010, EN-JL2010				

Pre každý druh liatiny môže byť použité len jedno označenie značkou a jedno číselné označenie, např.:

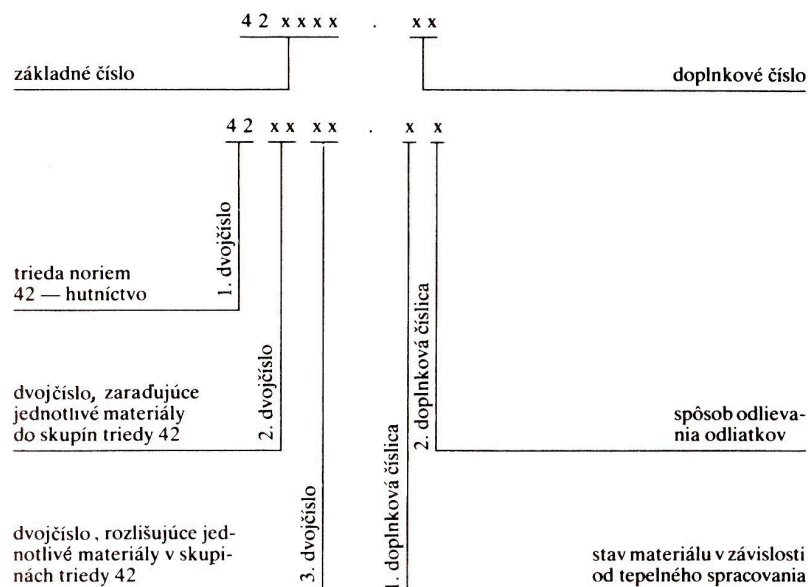
značka **EN-GJS-350-22** zodpovedá číselnému označeniu **EN-JS1010** (na Slovensku je ekvivalentné označenie STN 42 2303).

Systém označovania liatin značkami sa vzťahuje na liatiny normalizované (liatiny uvedené v európskej norme) aj nenormalizované (liatiny, ktoré nie sú uvedené v európskej norme, ale sú vyrábané a používané v členských štátoch EÚ). Systém číselného označovania sa vzťahuje len na normalizované liatiny.

B) Rozdelenie a označovanie zliatin železa na odliatky podľa STN

Označujú sa podľa STN šesťmiestnym základným číslom, prípadne ešte dvomi doplnkovými číslicami. Základné číslo v spojení so značkou STN označuje príslušné slovenské normy akosti.

Tabuľka 8: Číselné označovanie zliatin železa na odliatky



Druhé dvojčíslo označuje **druh zliatin železa na odliatky**, a to:

- 23** – tvárna liatina;
- 24** – sivá liatina;
- 25** – temperovaná, biela alebo vytvrdená liatina;
- 26** – nelegovaná oceľ na odliatky;
- 27** – nízkolegovaná a strednelegovaná oceľ na odliatky;
- 28** – oceľ na odliatky presne odliate a zliatiny na trvalé magnety;
- 29** – vysokolegovaná oceľ na odliatky;

Kontrolné otázky:

1. Ako rozdeľujeme technické materiály ?
2. Popíšte rozdelenie kovových materiálov v technickej praxi.
3. Čo je to surové železo ?
4. Definujte nelegovanú oceľ.
5. Vysvetlite, čo je legovaná oceľ.
6. Povedzte , čo je to liatina.
7. Stručne objasnite výrobu surového železa.
8. Popíšte výrobu ocele.
9. Aké druhy liatiny poznáte ?
10. Popíšte označovanie ocelí na tvárnenie podľa STN.
11. Vymenujte spôsoby označovania ocelí podľa EN.
12. Vysvetlite označovanie zliatin železa na odliatky podľa STN.

4.1.4 Neželezné kovy a ich zliatiny

Neželezné kovy sú všetky čisté kovy okrem železa. Majú veľmi široké použitie v technickej praxi. Sú dôležité konštrukčné materiály. Používajú sa aj ako prísadové prvky pri výrobe ocelí. Ďalej vyrábame i zliatiny neželezných kovov, ktoré majú zväčša lepšie vlastnosti ako kovy, z ktorých boli vyrobené.

Neželezné kovy vyrábame najčastejšie zo sírnikových rúd, ktoré sa musia najskôr upraviť drvením a mletím kusovej rudy, odstránením hlušiny, prípadne odvodňovaním alebo sušením. Z takto upravenej rudy sa kov získava pyrometalurgiou, hydrometalurgiou alebo elektrometalurgiou.

Pyrometalurgia – spočíva v pražení (zbavovanie sa síry, kyslíka a vody), spekaní drobnej rudy a tavení. Vytavený kov je surový (nečistý) a až jeho rafináciou sa získava technicky čistý kov.

Hydrometalurgia – pri tomto výrobnom procese sa rudy rozdrobia na prachové čiastočky a vyluhujú sa v kyselinách, niekedy v zásadách, zriedkavo vo vode. Z výluhu sa kov získava chemicky alebo elektrolyzou.

Elektrometalurgia – je výrobný proces, pri ktorom sa získavajú kovy elektrolyzou tavenín.

Neželezné kovy rozdeľujeme najčastejšie **podľa hustoty** na:

- **ľahké neželezné kovy**, ich hustota $\rho < 5\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- **ťažké neželezné kovy**, ich hustota $\rho > 5\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;

Podľa teploty tavenia rozdeľujeme neželezné kovy na:

- a) **kovy s nízkou teplotou tavenia** (~ do 600°C), napríklad Zn, Sn, Pb ;
- b) **kovy so strednou teplotou tavenia**, napríklad Mn, Cr, Cu, Ni ;
- c) **kovy s vysokou teplotou tavenia** (vyššia než pri Fe) ako napríklad Ti, W, Zr, Mo;

Prehľad základných vlastností niektorých neželezných kovov je v tabuľke č.9.

Tabuľka 9: Technicky dôležité neželezné kovy

	Kov	Hustota ($\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$)	Teplota tavenia ($^{\circ}\text{C}$)	Pevnosť (MPa)
Ťažké neželezné kovy	meď	8,94	1 083	230
	olovo	11,34	327	10
	cín	7,3	232	20
	zinok	7,14	419	~120
	mangán	7,34	1 269	—
	vofrám	19,1	3 400	1 100
	ortuť	13,55	-38,8	—
	germánium	5,58	958	—
Ľahké neželezné kovy	hliník	2,7	658	~70
	horčík	1,74	650	170
	titán	4,5	1 665	—

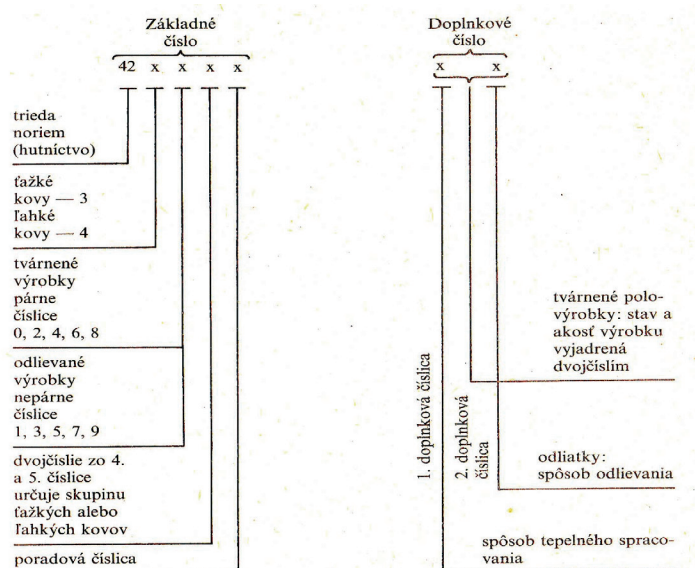
Podľa STN sa delia na:

- **tvárnené**, z ktorých sa vyrábajú tvárnené polovýrobky (plechy, tyče, rúrky, drôty,...);
- **lejárske**, ktoré sa používajú na výrobu odliatkov;

Označovanie neželezných kovov – používa sa niekoľko spôsobov označovania:

1. číselné označovanie;

Tabuľka 10: Číselné označovanie neželezných kovov



2. **hutnícke označovanie** – sa skladá z chemických značiek prvkov a z údajov o ich percentách. Napríklad Al-Cu4-Mg1 označuje zliatinu hliníka so 4% medi a 1% horčíka;

3. **komerčné obchodné označovanie** – je slovné, napríklad superdural je označenie predtým uvedenej zliatiny hliníka;

Hliník a jeho zliatiny

Hliník (Al) – Patrí medzi ľahké neželezné kovy. Je striebrobieľly kov so sivým nádychom. Má dobrú tepelnú a elektrickú vodivosť, je nemagnetický, dá sa dobre tvárniť za tepla i za studena. Zle sa odlieva a opracúva, lebo sa maže. Na vzduchu sa pokrýva tenkou vrstvou oxidu hliníka, ktorá je tvrdá a dobre odoláva chemickým vplyvom.

Hliník sa používa v elektrotechnike na výrobu vodičov (miesto medi), kondenzátorov, relé, telefónnych súčiastok, a pod. V hutníctve sa používa na dezoxidáciu, zváranie termitom. Používa sa aj na plátovanie ocele hliníkom. V potravinárskom priemysle sa z neho vyrábajú nádoby, fólie na balenie potravín. Pre malú hustotu sa využíva na výrobu súčiastok lietadiel, automobilov, a pod. Najviac hliníka sa spotrebuje na výrobu zliatin.

Zliatiny hliníka – používajú sa častejšie na konštrukčné účely ako čistý hliník. Majú malú hustotu, dobré mechanické vlastnosti, sú nemagnetické, pomerne dobre obrobiteľné a odolné voči korózii. Sú buď **tvárnené** alebo **zlievarenské**. Tvárnené zliatiny hliníka obsahujú ešte mnoho legujúcich prvkov (Mg, Cu, Si, Zn, Ni). Najpoužívanejšia zliatina hliníka je **duralumín**, alebo krátko **dural** (Al-Cu-Mg). Používa sa najmä na stavbu lietadiel, koľajových vozidiel, automobilov,... Ak sa kladú na materiál ešte väčšie pevnostné požiadavky, používa sa **superdural** (dural s vyšším obsahom horčíka).

Zlievarenské zliatiny môžeme odlievať do pieskových alebo kovových foriem, tlakovým liatím. Najznámejšie zlievarenské zliatiny hliníka sú **silumíny** (Al-Si). Sú vytvrditeľné, húževnaté, dobre odolávajú rôznym koróznym vplyvom, ale zle sa opracúvajú. Používajú sa na skrine leteckých motorov, na súčiastky v automobilovom a leteckom priemysle, najmä na zložené tenkostenné odliatky.

Meď a jej zliatiny

Meď (Cu) – Zaraďuje sa medzi ťažké neželezné kovy. Je červenej farby. Dobre sa tvárni za tepla i za studena, veľmi dobre sa spája a zvara, ale ťažko sa odlieva. Tiež sa zle obrába, lebo sa maže. Má veľmi dobrú elektrickú a tepelnú vodivosť, veľmi dobrú odolnosť voči korózii (medenka). Väčšina medi sa spotrebúva v elektrotechnickom priemysle na elektrovodné a konštrukčné účely. V strojárskom priemysle sa uplatňuje v tepelnej technike a na galvanické povlaky. Veľké množstvo medi sa spotrebuje na výrobu zliatin.

Zliatiny medi – najznámejšie sú **mosadze** a **bronz**y. Podľa spôsobu spracovania sa delia na **tvárnené** a **zlievarenské**.

Mosadze – sú zliatiny medi so zinkom. Mosadz je nemagnetická, dobre sa zvara a spája.

Z tvárnených mosadzí je známy **tombak** (viac ako 80 % Cu), používa sa na tvárnenie za studena, **automatová mosadz Ms58Pb** (58 až 63 % Cu, 1 až 3 % Pb), je vhodná na výrobu skrutiek a iných súčiastok hromadnej výroby, obrábaných na automatoch a na súčiastky kované alebo lisované za tepla. Okrem mosadzí, ktoré obsahujú iba meď a zinok (dvojsložkové), sa vyrábajú aj viacsložkové mosadze, ktoré obsahujú ďalšie prvky (Al, Mn, Fe, Sn, Ni), čím sa zlepšujú ich mechanické, alebo technologické vlastnosti, alebo odolnosť voči korózii. Tieto mosadze sú určené na veľmi namáhané strojové súčiastky. **Niklová mosadz Ms65Ni14**, obsahuje 14 % Ni, používa sa v jemnej mechanike, optike, elektrotechnike. Má rôzne názvy: nové striebro, pakfong, alpaka.

Zlievarenské mosadze sa používajú na odlievanie ložísk a púzdiar, armatúr,...

Bronzy – sú zliatiny medi s cínom, olovom, hliníkom, mangánom a ďalšími prvkami. Označujeme ich podľa hlavného legovacieho prvku, napríklad cínový bronz, olovený bronz,... **Cínové bronzy** – obsahujú až 20 % cínu. Tvárnené sa dodávajú ako rúrky, drôty, plechy. Používajú sa v strojárstve, elektrotechnike, optike,... Vyrábajú sa z nich napríklad ložiskové púzdra, pružiny,... Zlievarenské cínové bronzy obsahujú až 12 % cínu. Používajú sa na ložiskové púzdra, panvy, obežné kolesá čerpadiel, rôzne armatúry a pod.

Olovo a jeho zliatiny

Olovo (Pb) – je ťažký, mäkký kov sivomodrej farby, je najmäkší technický kov, má výbornú odolnosť proti pôsobeniu koncentrovaných kyselín, najmä kyseliny sírovej. Je jedovatý, preto sa nesmie používať na potravinárske účely. Používa sa v chemickom priemysle na konštrukciu komôr pre výrobu kyseliny sírovej, na moriace kade, v elektrotechnike na plášte káblov, platne akumulátorov. Ďalej sa z neho zhotovujú ochranné štíty proti rádioaktívnemu a röntgenovému žiareniu. Veľká časť olova sa spotrebuje na výrobu jeho zliatin: **mäkké spájky, kompozície a zliatiny pre tlačiarne** (literina).

Cín a jeho zliatiny

Cín (Sn) – je lesklý biely kov. Dobré sa tvárni za tepla i za studena, dobre sa odlieva i spája. Má veľmi dobrú odolnosť voči korózii. Najviac cínu sa spotrebuje na výrobu pocínovaných plechov. Veľké množstvo cínu sa spotrebuje na výrobu zliatin: **bronzy, mäkké spájky, kompozície**, a pod.

Zinok a jeho zliatiny

Zinok (Zn) – je bledý kov s namodravým leskom. Za studena je krehký, pri teplotách (100 až 150)°C sa dá tvárniť. Veľmi dobre sa odlieva a spája, je dobre odolný voči korózii, zle sa opracúva. Používa sa na **pozinkovanie** oceľových plechov, na výrobu rúrok, na výrobu zliatin zinku – **mosadze**.

Horčík a jeho zliatiny

Horčík (Mg) – je striebrobiely kov, najľahší zo všetkých kovov. Je málo pevný a zle tváriteľný za studena, lepšie sa tvárni za tepla. Horčík a jeho zliatiny zle odolávajú korózii. Je ľahko zápalný na vzduchu, nemagnetický. Najviac horčíka sa spotrebuje na výrobu zliatin, z ktorých najznámejší je **elektrón**. Horčíkové zliatiny sú veľmi dobre obrábatelné, pri ich obrábaní možno voliť najväčšie rezné rýchlosti, avšak treba pamätať na dobré odvádzanie triesok a chladenie (protipožiarna ochrana). Ďalej sa horčík používa na dezoxidáciu a rafináciu hliníkových zliatin, na očkovanie sivej liatiny, na pyrotechnické účely, a pod.

Titan a jeho zliatiny

Titan (Ti) – je tvrdý kov sivej farby. Má veľmi dobré mechanické vlastnosti, veľmi dobrú odolnosť voči korózii, nízku elektrickú a tepelnú vodivosť. Za tepla sa dá dobre tvarovať, tvárnením za studena sa intenzívne spevňuje, čo sa odstraňuje žíhaním. Dobre sa zvara, ale ťažšie sa opracúva. Je nemagnetický. Titanom sa legujú špeciálne ocele a vyrábajú sa z neho zliatiny odolávajúce korózii a vysokým teplotám. Majú väčšiu pevnosť ako čistý kov, najmä pri vyšších teplotách. Najpoužívanejšia je zliatina Ti-Al-V. Po vytvrdení má pevnosť až 1150 MPa. Tieto zliatiny sa používajú v chemickom a leteckom priemysle.

Nikel a jeho zliatiny

Nikel (Ni) – je ťažký kov, feromagnetický, odolný proti korózii. Väčšina vyrobeného niklu sa používa na legovanie. Ostávajúce množstvo (10-20) % sa používa ako povlakový materiál, alebo sa z neho vyrábajú antikorozné a žiarupevné zliatiny niklu.

Antikorózne zliatiny niklu sa používajú v automobilovom a elektrotechnickom priemysle. Najznámejšie sú **monel** (Ni-Cu) a **hastelloy** (Ni-Mo-Cr). Sú viaczložkové, bez Cr odolávajú redukčnému prostrediu HCl, s Cr sú odolné v oxidačných prostrediach H₂SO₄, H₃PO₄.

Žiarupevné zliatiny niklu sa označujú **nimonic** (Ni-Cr). Môžu pracovať pri teplotách (1 000-1 100)°C. Používajú sa na súčiastky spaľovacích turbín.

Ostatné dôležité technické kovy

Mangán (Mn) – je sivasto sfarbený kov. Používa sa na výrobu **feromangánu**, ktorý sa používa na dezoxidáciu a odsírenie taveniny pri výrobe ocele. Používa sa tiež na legovanie ocele. Veľké množstvo sa spotrebuje na výrobu obalov zváracích elektród.

Volfrám (W) – je veľmi tvrdý kov oceľovo sivej farby. Má vysokú teplotu tavenia (3 380°C). Je obtiažne tváriteľný a zvarovateľný, nedá sa odlievať. Používa sa na legovanie ocelí a v práškovej metalurgii. Volfrám je základom pri výrobe spekaných karbidov.

Molybdén (Mo) – má takisto vysokú teplotu tavenia 2 630°C. Ľahšie sa spracúva ako volfrám. Je dobre tváriteľný, pri teplote okolia dobre odoláva chemikáliám. Molybdén je základom žiarupevných zliatin s niklom, volfrámom, kobaltom. V práškovej metalurgii je molybdén základom dôležitých výrobkov, ako sú spekané karbidy, elektrické kontakty a materiály pre vysoké teploty.

Chróm (Cr) – je veľmi tvrdý biely lesklý kov, bod topenia má asi 1 910°C. Je mimoriadne odolný voči korózii. Používa sa ako legujúci prvok do mnohých ocelí, predovšetkým do žiaruvzdorných a žiarupevných, ďalej sa používa na galvanické pokovovanie.

Vanád (V) – je stály na vzduchu a vysoko tváriteľný. Používa sa ako prísada do legovaných ocelí.

Zirkón (Zr) – je dobre tváriteľný a odolný proti kyselinám. Používa sa ako konštrukčný materiál pre reaktory a chemický priemysel.

Niób (Nb) – má vysokú teplotu tavenia 2 415°C, je odolný proti korózii do 400°C. Používa sa ako konštrukčný materiál pre atómové reaktory a tepelné zariadenia.

Kobalt (Co) – používa sa ako prísada do žiaruvzdorných a žiarupevných zliatin, ktoré možno použiť do 800 až 850°C. Sú to zliatiny pre prúdové letecké a raketové motory.

Ložiskové kovy - kompozície

Ložiskové kovy sú zliatiny určené na vylievanie paniev klzných ložísk, ktoré pracujú s veľkými rýchlosťami a menšími tlakmi. Musia byť odolné proti opotrebovaniu, únave, zadieraniu a korózii, musia mať dostatočnú pevnosť v tlaku, dobrú tepelnú vodivosť a malú tepelnú rozťažnosť, dobrú obrobitelnosť, a pod. Takéto množstvo vlastností nemôže spĺňať homogénny kovový materiál. Preto na tieto účely sa používajú heterogénne kovové systémy - **kompozície**, v ktorých sú v mäkkej základnej látke (matrici) uložené tvrdé nosné kryštály.

Kompozície musia byť mäkšie ako hriadeľ, aby sa hriadeľ veľmi neopotreboval. Podľa zloženia rozoznávame:

- **cínové kompozície**, ich základná látka je cín s prísadou antimónu a medi;
- **olovené kompozície**, ich základná látka je olovo s prísadou cínu, antimónu a medi;

Spájky

Na vytvorenie nerozoberateľného spoja spájkovaním sa ako prídavný materiál používa **spájka**. Pri spájkovaní zostávajú spájané kovy v tuhom stave, taví sa iba spájka, ktorá vyplní medzeru medzi stykovými plochami spájaných súčiastok.

Podľa teploty tavenia rozoznávame:

- **mäkké spájky**, s teplotou tavenia pod 500 °C. Z mäkkých spájok sa najčastejšie používajú **cínové spájky**, ktoré obsahujú okrem Sn ešte aj Pb a Sb. Spája sa nimi oceľ, liatina, keramika a mnoho neželezných kovov a ich zliatin;
- **tvrdé spájky**, s teplotou tavenia nad 500 °C. Používajú sa **medené, mosadzné, strieborné a hliníkové spájky**. Spája sa nimi oceľ, liatina, žiarupevné kovy, neželezné kovy a ich zliatiny, grafit, keramika;

4.1.5 Práškové materiály

Práškové spekané materiály sa vyrábajú **práškovou metalurgiou**. Takto sa označuje výroba kovových práškov, ale aj následné spracovanie týchto práškov. Práškovou metalurgiou sa vyrábajú vysokotavitelné kovy, spekané karbidy, materiály pre samomazné ložiská alebo kovové filtre, pseudozliatiny.

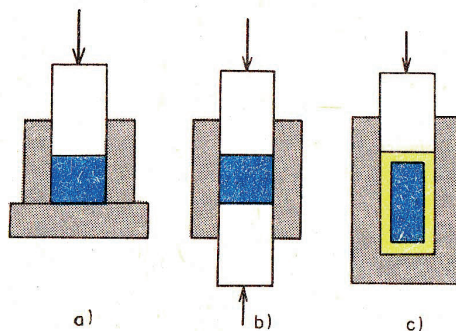
Výroba práškov

Základným materiálom na výrobu súčiastok spekaním je práškový kov, zmes práškov rôznych kovov alebo práškov kovov a nekovov. Kovové prášky sa vyrábajú:

- a) mechanicky – mletím krehkých kovov v mlynch alebo granuláciou, pri ktorej sa tekutý kov rozmetá a chladí vodou;
- b) chemicky – redukciou práškového oxidu kovu (W, Mo) alebo rozkladom niektorých zlúčenín kovov;
- c) elektrochemicky – elektrolýzou roztavených solí kovov alebo vodných roztokov solí;

Spracovanie kovových práškov

Vhodné prášky sa najskôr za studena lisujú a potom sa v peci spekajú. Pri **lisovaní** sa kovový prášok nasype do dutiny lisovacieho nástroja a zlisuje sa veľkým tlakom do požadovaného tvaru (obr.30) Tým sa zhuští a častice sa priblížia k sebe tak, že v miestach styku častíc začína vznikať kovové spojenie pôsobením medziatómových síl. Výlisok je veľmi pórovitý a má nepatrnú súdržnosť (asi ako krieda).



Obr.30. Spôsob lisovania práškov
a) jednostranné, b) obojstranné, c) všestranné

Po lisovaní nasleduje **spekanie**. Materiál ohrievame na spekaciu teplotu v peci s ochrannou atmosférou alebo vo vákuu, aby sa zabránilo oxidácii. **Spekacia teplota** je vždy pod bodom topenia spracovávaného prášku. Viaczložkové sústavy sa môžu spekať aj pri vzniku kvapalnej fázy. Počas spekania sa kovové častice zrastajú (spekanie je výsledkom difúzie atómov), póry medzi nimi sa zaoblňujú, celkový objem pórov sa znižuje. Výrobok má po spekaní menšie rozmery ako predtým, lebo sa zmrštil. Spekaním materiál nadobudol dobrú pevnosť, ťažnosť, tvrdosť a iné vlastnosti. Pre dosiahnutie väčšej hustoty, a teda aj tvrdosti a pevnosti, výrobky

niekoľkonásobne lisujeme a spekáme. Ak chceme presné rozmery výlisku, robíme **kalibrovanie**. Celý výrobný proces možno doplniť tepelným alebo chemicko-tepelným spracovaním.

Výrobky zhotovené práškovou metalurgiou môžeme kovať, valcovať, ťahať za tepla alebo za studena, tiež obrábať, zvärať a nitovať. Niektoré výrobky sa na povrchu chránia niklovaním alebo chrómovaním, a pod. Pórovité výlisky nasycujeme olejom.

Využitie práškovej metalurgie

Prášková metalurgia je bezodpadová technológia. Výsledkom je hotový výrobok. Najviac výrobkov sa práškovou metalurgiou vyrába pre automobilový priemysel.

Spekané karbidy (spekané nástrojové materiály) – základom je prášok karbidu volfrámu a karbidu titanu. Ich spojenie umožňuje kobalt, ktorý zabezpečuje potrebnú pevnosť a húževnatosť. Vďaka svojej tvrdosti a odolnosti proti opotrebeniu sa používajú na rezné hrany nástrojov. Sústružnícke nože a iné nástroje majú platničky zo spekaných karbidov prispájkované alebo inak pripevnené na držiak z bežnej uhlíkovej ocele. Zloženie, označovanie a použitie spekaných karbidov je stanovené normou.

Žiarupevné disperzne spevnené materiály – nemožno ich pripraviť tavením, preto ich nazývame **pseudozliatinami**. Ich základ tvorí kovová matrica (napríklad Al), v ktorej sú rozptýlené častice ďalšej fázy (napr. Al_2O_3), ktoré so základnou látkou nereagujú.

Medzi najznámejšie disperzne spevnené materiály patrí spekaný hliník, v ktorom sú jemne rozptýlené častice oxidu hlinitého. Tento materiál sa označuje SAP (Sintered Aluminium Powder). SAP má malú hustotu, dobrú tepelnú vodivosť, odolnosť voči korózii a veľmi dobré mechanické vlastnosti za tepla. Používa sa na piesty spaľovacích motorov, súčiastky v atómových reaktoroch, v raketovej technike a v leteckom priemysle.

Spekané ocele – sú vhodné na hromadnú výrobu menších jednoduchých oceľových súčiastok, pri ktorých nie sú kladené vysoké nároky na pevnosť, ťažnosť a vrubovú húževnatosť. Pevnosť oceľových práškov sa zvyšuje pridávaním medi, grafitu, prípadne ďalších legujúcich prvkov. Vlastnosti súčiastok zo spekaných ocelí sa môžu zlepšiť tepelným alebo chemicko-tepelným spracovaním, prípadne kovaním.

Vysokotaviace kovy – rad súčiastok z vysokotaviacich kovov (volfrám, niób, molydén, tantal) sa vyrába najčastejšie práškovou metalurgiou.

Kovové materiály s riadenou pórovitosťou – sa používajú na výrobu kovových filtrov a samomazných ložísk. Kovové filtre sa vyrábajú spekaním niklového, oceľového alebo bronzového prášku. Pórovitosť je až 70 %. Používajú sa na odfiltrovanie tuhých nečistôt z plynov a kvapalín. Samomazné klzné ložiská sa najčastejšie vyrábajú lisovaním a spekaním železného, hliníkového alebo bronzového prášku. Vyrobia sa materiály, v ktorom 25 % objemu tvoria póry. V olejovom kúpeli sa ložiská nasýtia olejom. Pri použití sa ložisko zohrieva, olej preniká z pórov na klzné plochy a zabraňuje suchému treniu.

Kovovo-keramické trecie materiály – skladajú sa z kovovej a keramickej zložky. Vyrábajú sa spekaním kovových práškov s nekovovými (bronz, mosadz – kremenný prach, azbest, karbid kremíka, grafit). Kovová zložka zabezpečuje pevnosť vo finálnom výrobku, nekovové zložky ovplyvňujú súčiniteľ trenia. Kovovo-keramické trecie materiály sa používajú na brzdové a spojkové obloženie.

Kontrolné otázky:

1. Čo sú to neželezné kovy a ako ich rozdeľujeme?
2. Vysvetlite číselné označovanie neželezných kovov podľa STN.
3. Aké ďalšie spôsoby označovania neželezných kovov sa v praxi používajú?
4. Čo viete o hliníku a jeho zliatinách?
5. Objasnite použitie medi a jej zliatin.

6. Aké ďalšie neželezné kovy a ich významné zliatiny poznáte? Kde sa v technickej praxi používajú?
7. Oboznámte sa s vyrábanými normalizovanými polovýrobnkami z neželezných kovov v strojníckych tabuľkách.
8. Čo sú to kompozície, aké musia mať vlastnosti?
9. Načo používame spájky? Ako ich rozdeľujeme?
10. Čo sú to práškové materiály, popíšte stručne výrobu a spracovanie kovových práškov.
11. Objasnite využitie práškových materiálov v technickej praxi.

4.2 Nekovové materiály

Rozvoj všetkých priemyselných odvetví kladie stále väčšie požiadavky na množstvo a vlastnosti používaných materiálov. Okrem kovových materiálov sa stále vo väčšej miere používajú aj nekovové materiály. Z nekovových materiálov sú najdôležitejšie plasty. Ďalej sa využívajú aj ďalšie nekovové materiály ako napríklad drevo, sklo, brusivo, technické textílie, technická keramika, mazacie a chladiace prostriedky.

4.2.1 Plasty

Plasty patria v súčasnosti medzi najpoužívanejšie materiály vo všetkých odvetviach ľudskej činnosti. Sú to konštrukčné materiály so špecifickými vlastnosťami. Sú ľahké, nekoródujú, izolujú tepelne i elektricky, dajú sa ľahko a lacno spracovávať tvárnením. Úpravou a prísadami môžeme v širokom rozsahu meniť ich vlastnosti. Z nekovových materiálov nahrádzajú často sklo a porcelán, kožu, textilné vlákna i drevo. Používajú sa aj miesto kovov v úžitkových predmetoch ale aj v technických výrobkoch.

Plasty sú makromolekulárne organické zlúčeniny. Skladajú sa z obrovských molekúl, tzv. **makromolekúl**, ktoré obsahujú tisíce atómov, najmä uhlíka a vodíka, ku ktorým pristupujú ďalšie prvky ako chlór, fluor, kyslík, dusík a iné. V menšej miere sa vyrábajú modifikáciou prírodných makromolekulárnych látok (napríklad modifikáciou celulózy sa vyrába acetát alebo nitrát celulózy, modifikáciou prírodného kaučuku sa získava chlórkaučuk). Väčšinou sa však plasty vyrábajú synteticky. Základné suroviny pre výrobu plastov sú ropa a uhlie a z nich získané suroviny. Zložitými chemickými procesmi sa z nich vyrábajú **nízkomolekulárne látky – monoméry**, ktoré sa polymerizáciou zlučujú na **makromolekulárne látky – polyméry**. Makromolekulárna látka je základnou zložkou plastov, tvorí tzv. **spojivo**, ku ktorému sa pridávajú **plnivá** a **prísady**. Zriedkavo je plast tvorený len samotnou makromolekulárnou látkou. Plnivá sú rôzne látky, ktoré zväčšujú objem plastov a upravujú ich vlastnosti (drevitá múčka, textilné vlákna, sklenené vlákna). Ako prísady sa používajú farby, stabilizátory vlastností, zmäkčovadlá a mazivá pre ľahšie tvárnenie, nadúvadlá.

Plasty sa na konečný tvar spracúvajú najčastejšie tvárnením a liatim. Polovýrobky z plastov – dosky, fólie, rúrky, profily, granuly alebo výlisky je možné ďalej tvarovať, zvrátať, lepiť alebo obrábať. Charakteristické vlastnosti plastov sú v tabuľke č.11.

Druhy plastov

Podľa vplyvu tepla plasty rozdeľujeme na:

- **Plastoméry** (starší názov **termoplasty**) – pôsobením tepla mäknú, ochladzovaním tvrdnú;

- **Reaktoplasty** (starší názov **duroplasty, duroméry, termosety**) – pôsobením tepla vytvrdzujú, t.j. prechádzajú nenávratne do netaviteľného a nerozpustného stavu;
- **Elastoméry** – sú elasticke, nie sú za tepla tvárnitel'ne ani zvaritel'ne. Vznikajú tzv. vulkanizáciou. Patria sem prevažne syntetické kaučuky;

Tabuľka 11: Charakteristické vlastnosti plastov

Vlastnosti		Poznámka
Hustota (kg . dm ⁻³)	asi 0,9 až 2,2	podstatne ľahšia ako oceľ, výhodné pre dopravné zariadenia
Pevnosť v ťahu (MPa)	asi 30 až 80 asi 100 až 200	pri nevystužených hmotách (značne menšia ako pri kovoch) pri vystužených hmotách
Tepelná odolnosť trvalá (°C)	asi 60 až 90 asi 100 až 120	pri bežných termoplastoch pri bežných reaktoplastoch a elastomeroch
Tepelná rozťažnosť	priemerne 10krát väčšia ako pri oceliach	nepresné rozmery výrobkov
Tepelná vodivosť	asi 100 až 200krát menšia ako pri oceliach	tepelne dobre izolujú, zle odvádzajú teplo, ktoré vzniká trením
Horľavosť	väčšinou pomaly horia alebo samotné zhasnú	nebezpečenstvo požiaru v stavebníctve a v elektrotechnike (prísady proti horľavosti)
Elektroizolačné vlastnosti	veľmi dobré, pokiaľ hmota nenavlhla	niektoré druhy sú dobrými izolátormi aj pri vysokej frekvencii (majú nízke dielektrické straty)
Chemická odolnosť	nekorodujú vodou, odolnosť proti chemikáliám väčšinou lepšia ako pri kovoch	niektoré mierne navlhnú
Spracovateľnosť	ľahká a lacná — tvárnením (pri 200 až 300 °C), tvarovaním, zvarovaním, liatím	najmä pri termoplastoch

Plastoméry

Plastoméry (termoplasty) predstavujú najväčšiu skupinu plastov. Vyrába sa mnoho druhov plastomérov s veľmi odlišnými vlastnosťami. Z plastomérov sa môžu vyrábať veľmi lacné výlisky vstrekaním do foriem a vytlačaním. Okrem toho je možné výrobky z plastomérov ďalej tepelne tvárniť alebo zväťovať.

Polyvinylchlorid (PVC) – je najpoužívanější plast. Vyrába sa tvrdý a mäkký. **Tvrdý PVC** je pevný a krehký, použiteľný do 60°C. Je odolný voči kyselinám a zásadám. Používa sa na potrubia a armatúry, platne na vyloženie nádrží pre kyseliny, inštalčné zariadenie. **Mäkký PVC** obsahuje zmäkčovadlá, je ohybný, pod 0°C však krehne. Vyrábajú sa z neho kabelky, podrážky, obuv, koženka, podlahoviny, tesniace profily, izolácie vodičov.

Polyetylén (PE) – je tiež veľmi rozšírený, dobre odoláva kyselinám, zásadám a rozpúšťadlám a teplotám do 75°C. Je výborný vysokofrekvenčný izolátor. Je ľahší ako voda. **Mäkký PE** je ohybný aj pri mraze. Používa sa na nádoby vo farmaceutickom a potravinárskom priemysle, potrubia a hadice na vodu, fólie sa používajú na hygienické balenie potravín, vrecia, vrecúška a obrusy. **Tvrdý PE** je pevnejší. Používa sa veľké nádoby, drezy, potrubia, armatúry.

Polypropylén (PP) – je podobný tvrdému PE, ale odoláva teplotám až do 90°C. Je vhodný na potrubie a armatúry na teplú vodu, sterilizované injekčné striekačky, nádoby na dopravu fliaš a potravín. Spracúva sa tiež na vlákna.

Polystyrén (PS) – je tvrdý, krehký, dobre sfarbitel'ný, odolný do 75°C. Je výborný vysokofrekvenčný izolátor. Dobré sa rozpúšťa a lepí, ľahko sa spracúva. Vyrábajú sa z neho

drobné elektroizolačné súčiastky, škatuľky, hračky. Penový polystyrén vzniká spracovaním polystyrénu s nadúvadlom. Je výbornou tepelnou izoláciou v stavebníctve a chladiarstve, používa sa na tvarované obaly prístrojov.

Polytetrafluóretylén (PTFE, teflón) – je mäkký, ohybný, húževnatý a oteruvzdorný. Je odolný voči väčšine chemikálií. Má veľkú tepelnú stálosť od -150°C do $+280^{\circ}\text{C}$. Používa sa na panvy ložísk, klzné vodiace dráhy, tesnenia, povlaky súčiastok, mazivo, sklznice lyží, povlaky nádob.

Polyamidy (Pa) – sú pevné a húževnaté. Majú vysokú odolnosť voči opotrebeniu, dobre tlmia rázy a chvenie. Odolávajú do teploty 80°C . Kyseliny ich porušujú. Z polyamidov sa vyrábajú klzné ložiská a ozubené kolesá pre prevádzku bez mazania, skrutky, matice, remenice, kladky, nerozbitné hračky. Vysokú pevnosť a rozmerovú stabilitu má polyamid plnený skleneným vláknom, dá sa vstrekováť, ale nesmie sa obrábať. Rozšírené je použitie polyamidov na vlákna (nylon, silon). Vyrábajú sa z nich textilie všetkého druhu, laná, kordy do pneumatík, hnacie remene a dopravné pásy.

Polymetylmetakrylát (PMMA, plexisklo) – je netrieštivé organické sklo s veľmi dobrými optickými vlastnosťami a odolnosťou proti poveternostným vplyvom. Vydrží teplotu 75°C . Používa sa na ochranné kryty a štíty, optické časti laboratórnych prístrojov, umývadlá a vane, zubárske hmoty (dentakryl), a iné.

Reaktoplasty

Reaktoplasty (duroplasty, duroméry, termosety) sa používajú v konečnej podobe ako dosky, profily a hotové dielce, alebo ako kvapalný či práškový medziprodukt. Pridaním vytvrdzovadla alebo pôsobením tepla a tlaku sa medziprodukty vytvrdzujú do konečného tvaru. Výlisky z reaktoplastov majú tvar formy, v ktorej boli vytvrdené. Reaktoplastové výlisky nemožno po vytvrdení tvárniť ani zväť, pretože pri zvýšení teploty nemäknú. Reaktoplastové výlisky sú pri zvýšenej teplote pevnejšie a tvarovo stálejšie ako plastoméry (termoplasty) a svoje vlastnosti si zachovávajú podľa druhu až do 220°C . Pri prekročení kritickej teploty sa reaktoplast rozpadne bez toho, aby predtým zmäkol.

Epoxidy (EP) – sú pevné, odolné proti poveternostným vplyvom a teplotám do 120°C . Čistá živica sa používa na izolačné zalievanie vodičov obvodov v elektrotechnike, na lejárské modely, šalóny, prípravky, lisovacie nástroje, ako lepidlá na kovy. Epoxidové sklené lamináty majú pevnosť až 320 MPa a používajú sa na potrubia, rotory ventilátorov, v letectve a raketovej technike, a iné.

Polyuretany (PUR) – podľa druhu sú od tvrdých, elastických a húževnatých až po gumovo elastické. Sú odolné proti zriedeným kyselinám, roztokom solí a rozpúšťadlám. Dajú sa napeniť. **Tvrdý PUR** sa používa na panvy ložísk, ozubené kolesá, kladky, nárazníky. **Mäkký PUR** ako tesnenie, výplne káblov,... Polyuretan môže byť používaný ďalej ako lak, lepidlo, zalievacia hmota. Polyuretan môže byť i napenený. Podľa stupňa vytvrdenia môže byť penový PUR použitý ako tvrdá pena, mäkká pena, výplň čalunenia. Mäkký penový PUR je známy ako molitan.

Polyestery (nenасыtené, UP) – sú používaným spojivom pre strihané sklené vlákna alebo sklené tkaniny. Odolávajú chemikáliám a teplotám do 120°C . Používajú sa na skladovacie nádrže, karosérie automobilov, strešné krytiny, a pod.

Elastoméry

Elastoméry sa nazývajú aj guma. Môžu byť mäkké pružné (gumové vlákna pre textilné výrobky) alebo tvrdé pružné (hokejový puk). Význačnou vlastnosťou je **elastická**.

Technická guma

Základnou surovinou pre výrobu gummy je kaučuk. Kaučuk je makromolekulárna látka, ktorá má schopnosť premeniť sa vulkanizáciou z prevažne plastického stavu do prevažne

elastického stavu. Používame **prírodný kaučuk**, ktorý získavame z mliečnej šťavy (latexu), ktorá vyteká z kaučukovníka (tropický strom) po narezaní jeho kôry. Môžeme použiť aj **syntetický kaučuk**. Syntetické kaučuky vyrábame polymerizáciou z etylalkoholu, acetylénu, z krakových plynov, a pod. Najpoužívanejším syntetickým kaučukom je **butadienstyrenový kaučuk**.

Kaučuk najprv zmiešame s vulkanizačnými prísadami (najčastejšie so sírou), s urýchľovačmi, farbivami, plnivami, a pod. Pripravenú zmes potom miesime vo valcoch. **Vulkanizáciou**, t.j. zohrievaním na vyššiu teplotu (115-130)°C, prechádza kaučuk účinkom síry z plastického stavu do stavu elastického a stáva sa menej citlivým na zmeny teploty a rozpúšťadlá. Väčšina gumových výrobkov sa zhotovuje tvárnením kaučukovej zmesi v lisoch súčasne s vulkanizáciou. Vlastnosti gumených výrobkov závisia od druhu a množstva plniva a prísad a od spôsobu spracovania. Pridaním do 10% síry vzniká mäkká guma. Ďalším zvýšením síry sa stáva guma tvrdšou a odolnejšou proti opotrebeniu. Pridaním až 50% síry vzniká tvrdá guma – ebonit. Použitie technickej gumeny je veľmi široké: pneumatiky, vzdušnice, tlmiče, tesnenia, dopravníkové pásy, hadice,...

Starú gumu možno regenerovať. Používa sa ako surovina, ktorá sa pridáva do novej gumeny, alebo sa používa na podradnejšie súčiastky.

4.2.2 Ostatné nekovové technické materiály

Drevo

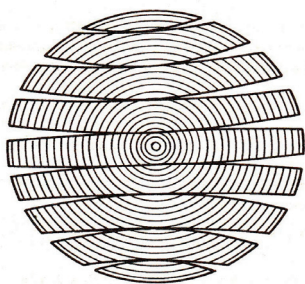
Drevo je dôležitá priemyselná surovina. Patrí medzi najpoužívanejšie technické materiály. Používa sa ako konštrukčný materiál alebo surovina. Mechanické vlastnosti dreva, najmä pevnosť, závisia od druhu dreva, pôvodu, miesta v kmeni, vlhkosti dreva, štruktúry, kazov, a pod. Drevo má dobrú pevnosť v ťahu, v tlaku, aj v ohybe, zvukové izolačné vlastnosti, tlmí nárazy a vibrácie. Mechanické vlastnosti dreva sa podstatne líšia, ak ich hodnotíme v smere vlákien a kolmo na smer vlákien. V smere vlákien sú mechanické vlastnosti dreva podstatne lepšie, napríklad pevnosť v ťahu je niekoľkonásobne vyššia. Drevo sa dobre obrába, ľahko sa spája glejením, možno ho povrchovo upravovať brúsením, hladením, leštením, lakovaním a pod.

Drevo sa spracúva na **rezivo**:

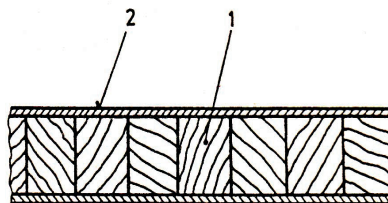
- **guľatina** – kmene zbavené konárov;
- **kláty** – kratšie časti kmeňa;
- **hrady** – orezaná guľatina;
- **hranoly** – rozrezané hrady;
- **fošne** – dosky narezané z guľatiny hrubšie ako 45 mm (obr.31);
- **dosky** – tenšie ako fošne s orezaným okrajom;
- **laty** – úzke dosky;
- **lišty** – užšie ako laty;

Norma STN uvádza tieto druhy reziva: **ihličnaté, mäkké listnaté, tvrdé listnaté a veľmi tvrdé cudzokrajné**.

Najbežnejšie druhy polovýrobkov z dreva sú dyhy, preglejka a latovka. **Dyhy** sa lúpu alebo krájajú z kmeňov širokými nožmi na hrúbku menšiu ako 5 mm. Používajú sa na dyhovanie nábytku, na výrobu preglejok a na vrstvené tvrdé drevo. **Preglejka** sa lepí z viacerých vrstiev dýh, lepených krížom, aby sa nekrivila. **Latovka** je doska zglejená z tenkých lát na povrchu s dyhou. Vyrábajú sa z nej dvere, steny nábytku a pod (obr.32). Drevo sa môže aj tvarovať, pričom sa pred ohýbaním máča v horúcej vode alebo sa naparuje. Takto sa vyrába ohýbaný nábytok. Ďalej sa drevo používa na modely, šablóny a jadrá pre zlievarenstvo,...



Obr.31. Fošne



Obr.32. Latovka
1 – lata, 2 – dyha

Sklo

Tavením tzv. sklárskeho kmeňa zloženého z kremičitého piesku, vápenca, sódy, skleného odpadu a prísad získame tekutú sklovinu. Z nej zhotovujeme výrobky lisovaním, fúkaním, liatím a pod. Podľa prísad a spracovania sú sklá rôznych druhov a vlastností:

- **úžitkové sklo** – zahŕňa sklené tabule a sklené výrobky (žiarovky);
- **technické sklo** – podľa použitia delíme na bezpečnostné, konštrukčné, absorpčné a na sklené vlákna. **Bezpečnostné sklá** sú buď kalené alebo vrstvené. **Kalené sklo** je veľmi pružné a pri rozbití sa roztriešti na malé kúsky. **Vrstvené sklo** sa skladá z dvoch skiel zlepených celuloidom. Pri náraze sklo popraská, ale jednotlivé úlomky sa neoddelia. **Spevnené sklo** je obyčajné sklo so zaliatou oceľovou sieťou, používa sa na pivničné obloky, strešné svetlíky. **Konštrukčné sklo** je určené na výrobu skleného potrubia pre potravinárske a chemické závody, lisujú sa z neho rôzne súčiastky,... **Optické sklo** má dobré optické vlastnosti, brúsia sa z neho šošovky do okuliarov, fotoaparátov, mikroskopov a pod. **Absorpčné sklo** zachytáva škodlivé žiarenia. Vyrábajú sa z neho zväračské okuliare, ochranné štíty, a pod. **Sklené vlákna** vznikajú ťahaním vlákna z roztavenej kvapky skloviny. Sú pružné a nehorľavé. Používajú sa na spevnenie textilu, na tepelnú a zvukovú izoláciu, na výrobu sklolaminátov.

Brusivo

Brusivá sú tvrdé, húževnaté a ostrohranné kryštalické látky, ktorými možno brúsiť iné (mäkšie) materiály.

Podľa pôvodu sú **prírodné** a **umelé** brusivá. Podľa tvaru sa môžu brusivá rozdeliť na voľné zrná, t.j. brúsiace, leštiace a lapovacie prášky a na brúsne nástroje a pomôcky, kde sú zrná brusiva spojené alebo stmelené rôznymi spojivami a rôznymi spôsobmi.

Brúsiace pomôcky sú brúsne a leštiace pasty, v ktorých sú zrná brusiva rozptýlené v tukoch a mazadlách. Ďalej sú to brúsiace a leštiace plátna papiera, kde sú zrná prilepené rôznymi tmelmi na poddajnú podložku.

Technické textilie

Sú to výrobky vyrobené z vlákien spriadaním, tkaním, pletením, plstením alebo inými spôsobmi (netkané textilie). Základnou surovinou sú rastlinné, živočíšne a umelé vlákna.

Medzi **rastlinné vlákna** patrí ľan, konope, lyko, juta, bavlna atď. **Živočíšne vlákna** tvoria srst' cicavcov alebo prírodný hodváb. **Umelé (syntetické) vlákna** môžu mať rôzny chemický pôvod (polyamidové vlákna, umelý hodváb a iné). Vlákna sa spriadajú do priadze (niť). Priadza sa potom ďalej spracováva na textilie. Dnes sa vyrábajú aj **netkané textilie**. Medzi netkané textilie patrí plst'. Plst' sa vyrába z vlny alebo iných druhov živočíšnej srsti plstením (parením a mechanickým hnetením sa do seba zapletajú a svojím drsným povrchom sa navzájom držia). Z ďalších textílií sa pre technické účely používajú:

- **plachtoviny** – sú to nepremokavé, pevné, konopné, ľanové alebo bavlnené tkaniny. Používajú sa pre nákladné autá, stany, rôzne kryty a.i.;

- **filtračné tkaniny** – sú to ľanové, konopné, bavlnené alebo polyamidové tkaniny, ktoré sa používajú najmä v potravinárskom a chemickom priemysle;
- **obalové tkaniny** – používajú sa najmä na vrecia a čalúnnické práce;
- **kord** – je tkanina z viskózneho hodvábu alebo bavlny, používa sa najmä pri výrobe pneumatík;

Technická keramika

Výrobky z technickej keramiky sa získavajú z rozomletých minerálnych hmôt. Sú to: technický porcelán, technická kamenina a tavený čadič.

Technická kamenina sa vyrába z keramických zemín, ktoré sa upravujú, tvarujú, sušia, glazúrujú a vypaľujú. Má dobrú chemickú odolnosť, používa sa na výrobu vaní a podobných výrobkov pre chemický priemysel.

Technický porcelán je keramická hmota, ktorá sa vyrába z kaolínu, kremeňa a živca. Má vysokú mechanickú pevnosť, odoláva chemikáliám a je dobrým izolátorom elektriny. Tieto vlastnosti sa využívajú na výrobu elektrických izolátorov, nádrží na chemikálie,...

Tavený čadič je jemnozrnná hornina, ktorá sa spracováva liatím, lisovaním alebo valcovaním. Výrobky sa vyznačujú veľkou tvrdosťou a vysokou odolnosťou proti opotrebovaniu. Používa sa na zariadenia namáhané na oter, napríklad zariadenia na dopravu uhlia alebo štrku.

Mazacie a chladiace prostriedky

Mazacie prostriedky (mazivá) sa používajú na zníženie trenia medzi navzájom sa otierajúcimi plochami a taktiež aj na ochranu čistého kovu proti účinkom korózie, najmä atmosferickej.

Mazivá sa delia na:

- **rastlinné oleje** – získavajú sa lisovaním jadier semien rôznych rastlín (repkový, slnečnicový, ľanový olej,...);
- **živočíšne tuky** – získavajú sa z tuku tiel zvierat alebo z kostí (loj, rybí tuk, kostný tuk);
- **minerálne mazadlá** – vyrábajú sa najmä z ropy. Z ropy sa destiláciou vyrábajú ľahšie podiely (benzíny, petroleje, motorová nafta) a aj ťažšie podiely (mazacie oleje). Väčšina týchto látok sa ešte ďalej zušľachtuje rafináciou;

Rastlinné oleje a živočíšne tuky sa dlhším skladovaním znehodnocujú, preto sa v strojárstve používajú najčastejšie minerálne oleje.

Podľa skupenstva sa mazadlá delia na **oleje** a **mazacie tuky**. Rozoznávame motorové a prevodové automobilové oleje, ložiskové oleje, rezné oleje, vŕtacie oleje na prípravu emulzií s vodou a konzervačné oleje na dočasnú ochranu proti korózii. Mazacie tuky sú látky, ktoré sa vyrábajú z minerálnych olejov, zo zmydelneného organického tuku a z rôznych prídavných látok. Mazacie tuky sa používajú v ložiskách, ktoré pracujú v prašnom prostredí, zle prístupných ložiskách,...

Emulzné kvapaliny (emulzie) sa používajú na chladenie a mazanie pri obrábaní. Emulzia je zložená z dvoch kvapalín, z ktorých jedna je rozptýlená v druhej kvapaline v tvare jemných kvapiek. Na obrábanie sa najčastejšie používa emulzia, ktorá sa pripravuje rozpustením oleja vo vode. Schopnosť emulgácie sa zväčšuje pridaním niektorých cudzích látok, emulgátorov.

Kontrolné otázky:

1. Vymenujte najpoužívanejšie nekovové materiály.
2. Poznáte vlastnosti plastov?
3. Ako rozdeľujeme plasty podľa vplyvu teploty?

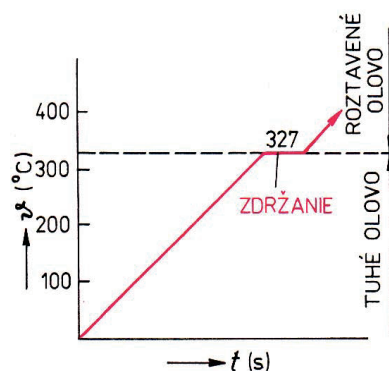
4. Viete vymenovať najpoužívanejšie druhy plastomérov (termoplastov)?
5. Poznáte najpoužívanejšie reaktoplasty (termosety)?
6. Čo je to technická guma?
7. Čo viete o dreve a výrobkoch z dreva?
8. Aké druhy skla poznáte?
9. Načo sa používajú brusivá, aké poznáte brusivá podľa pôvodu a tvaru?
10. Čo sú východiskové suroviny pri výrobe technických textílií? Vymenujte použitie technických textílií.
11. Čo je to technická keramika, aké druhy poznáte, načo sa používajú?
12. Ako rozdeľujeme mazivá?

5. ZÁKLADY TEPELNÉHO SPRACOVANIA

Všetky kovy a zliatiny sú v tuhom stave **kryštalické**, t.j. sú zložené z kryštálov, ktoré vytvárajú ich **štruktúru**. Veľkosť a tvary kryštálov sú rôzne a majú vplyv na vlastnosti kovov a zliatin. Štruktúru kovov a zliatin a tým aj ich vlastnosti možno meniť zahrievaním na vhodnú teplotu a rôzne rýchlym ochladením – **tepelné spracovanie**. Zmeny štruktúry možno dosiahnuť aj zmenou chemického zloženia, prípadne aj mechanickým spracúvaním. Rôznym kryštalickým stavom kovu sa hovorí **modifikácia**.

5.1 Rovnovážny diagram železo – uhlík

V diagrame ohrevu čistého kovu (napr. olova) je pri určitej teplote (327°C) časť krivky vodorovná, t.j. teplota kovu nestúpa, aj keď teplo dodávame (obr.33). Je to tzv. **tepelné zdržanie**, pri ktorom je nevyhnutné privádzať teplo, aby došlo k **zmene modifikácie** materiálu (tu k zmene skupenstva). Pri ochladzovaní prebehne modifikačná zmena v obrátenom slede – teplo sa pri nej uvoľňuje.

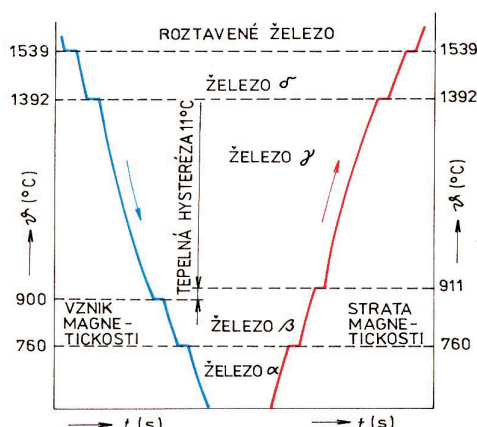


Obr.33. Krivka ohrevu olova

Pri čistom železe sa okrem zdržania pri teplote tavenia (1539°C) objaví na krivke ohrevu ešte zdržanie pri teplotách 760°C , 911°C , a 1392°C , kde je ešte železo tuhá látka. Obdobne na krivke chladnutia sa okrem zdržania pri teplote tuhnutia 1539°C , objaví zdržania pri teplotách 1392°C , 900°C a 760°C (obr.34). Z toho vyplýva, že čisté železo má štyri modifikácie, ktoré označujeme α , β , γ , δ . ~~Železo α je magnetické ostatné sú nemagnetické.~~ Z diagramu ďalej vidieť, že medzi modifikačnými zmenami železa na železo

γ pri ohreve železa γ na železo β pri ochladzovaní je teplo nazývané **tepelná hysterézia**.

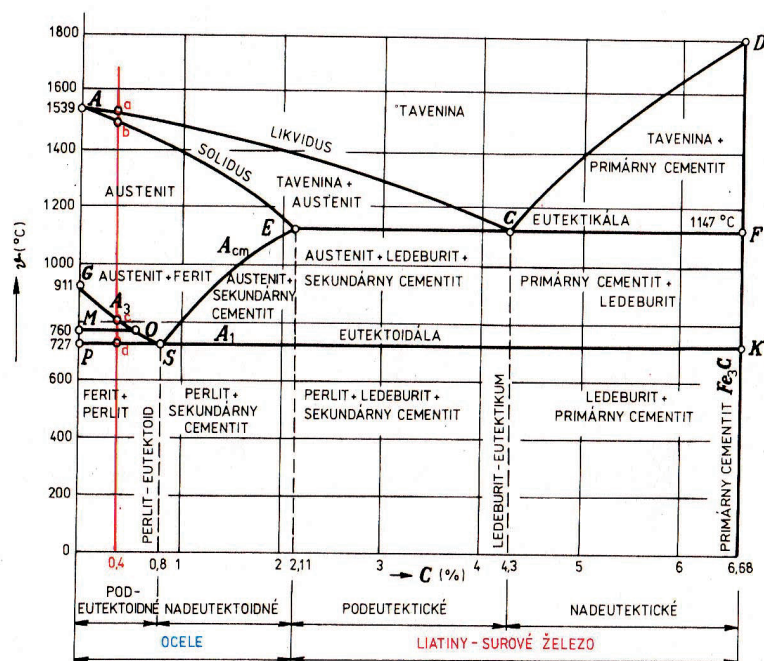
tný rozdiel 11°C , ktorý je



Obr.34. Teplotné krivky čistého železa

Pre technické zliatiny železa s rôznym obsahom uhlíka je diagram ohrevu podobný, menia sa len teploty modifikačných premien, pri ktorých nastáva zdržanie (**prekryštalizačné teploty**). Tavenie a tuhnutie sa nedeje pri stálnej teplote ako pri čistých kovoch, ale v určitom teplotnom rozmedzí (okrem zliatiny s 4,3% uhlíka). Ak zobrazíme teploty modifikačných premien technických zliatin železa s rôznym obsahom uhlíka do diagramu, v ktorom sa na vodorovnú os vynesie obsah uhlíka v hmotnostných percentách a na zvislú os teploty v $^\circ\text{C}$, vznikne tzv. **rovnovážny diagram** zliatin železa a uhlíka.

V technických zliatinách železa sa vyskytuje uhlík buď ako **grafit**, alebo ako **cementit**, t.j. **karbid železa** (Fe_3C). V tejto učebnici preberieme len sústavu **železo – karbid železa** ($\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$), ktorá je pre technickú prax dôležitejšia, lebo má význam predovšetkým pre zliatiny s menším obsahom uhlíka, t.j. ocele. Sústava **železo – grafit** má význam len pre zliatiny s väčším obsahom uhlíka, t.j. pre liatiny.



Obr.35. Rovnovážny diagram sústavy železo – karbid železa

Na obr.35 je **rovnovážny diagram** sústavy **železo – karbid železa**, na ňom možno sledovať priebeh zmien pri ochladzovaní zliatin železa s rôznym obsahom uhlíka. Pri teplotách nad čiarami ACD sú všetky zliatiny železa v tekutom stave. Čiary ACD, nazývané **likvidus**, udávajú teploty začiatku tuhnutia taveniny. Čiary AECF, nazývané **solidus**, udávajú teploty konca tuhnutia. Pri teplotách pod čiarami AECF sú všetky zliatiny železa a uhlíka v tuhom stave. Čiara ECF, nazývaná **eutektikála**, udáva teplotu 1147 °C, pri ktorej chladnúca tavenina stuhne na ledeburit. Čiara MOSK udáva teploty, pri ktorých zohrievaná zliatina stráca magnetickosť. Čiara PSK, nazývaná **eutektoidála**, udáva teplotu 727 °C, pri ktorej sa z chladnúcej zliatiny železa s obsahom uhlíka až do 4,3 % mení zvyšný austenit na perlit.

Z hľadiska technického použitia sa rovnovážny diagram sústavy železo – karbid železa delí na dve základné časti:

- ocele, t.j. zliatiny s obsahom uhlíka do 2,11%;
- liatiny a surové železá, t.j. zliatiny s obsahom uhlíka od 2,11 do 6,68%;

Jednotlivé plochy diagramu sú popísané štruktúrami:

ferit – tuhý roztok uhlíka v železe α ;

austenit – tuhý roztok uhlíka v železe γ ;

cementit – karbid železa Fe_3C , chemická zlúčenina;

perlit – eutektoid, heterogénna zmes feritu a cementitu, obsah 0,8% C;

ledeburit – eutektikum, heterogénna zmes austenitu a cementitu pri nadeutektoidných teplotách a perlitu a cementitu pri podeutektoidných teplotách, obsah 4,3% C;

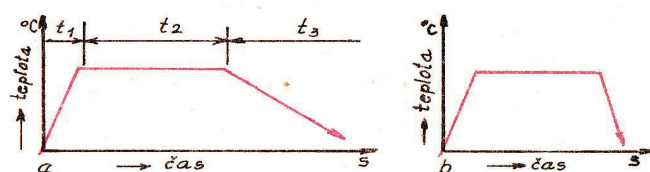
Praktický význam diagramu:

- **pre určenie výšky prehriatia ocele nad teplotu tavenia za účelom získania tekutosti** – tým je možné zistiť vhodnosť na odlievanie a najnižšiu teplotu odlievania;
- **na určenie teploty ohriatia a možného ochladenia pri tvárnení** – ohriatie na vyššie teploty – výhoda menších tvárniacich síl, nevýhoda – zväčšenie nákladu na ohrev, zvýšená tvorba okovín a oduhličenia, zhrubnutie zrna, nebezpečenstvo lámavosti za tepla. Pri nízkej teplote tvárnenia – nebezpečenstvo spevnenia ocelí;
- **na určenie teplôt pri tepelnom spracovaní** – najčastejšie sa musí materiál dostať do štruktúry austenitu, ktorá rozpúšťa najviac C, pri kalení nad A_{c3} a nad A_{c1} , pri normalizačnom žíhaní nad A_{c3} a nad A_{cm} , pri žíhaní na mätko striedavo nad a pod A_{c1} , ...;

5.2 Tepelné spracovanie ocelí

Tepelné spracovanie je technológia, pri ktorej sa materiál alebo predmet v tuhom stave zámerne zohrieva a ochladzuje určitým spôsobom tak, aby získal požadované vlastnosti. Všeobecný postup pri tepelnom spracovaní je (obr.36):

- ohrev na určitú teplotu (teplotu tepelného spracovania);
- výdrž na tejto teplote určitý čas (aby sa materiál alebo predmet prehrial);
- ochladenie určitou rýchlosťou;



Obr.36. Priebeh tepelného spracovania

a) pomalé ochladzovanie, b) rýchle ochladzovanie, t_1 – ohrev, t_2 – výdrž, t_3 – ochladenie

5.2.1 Žihanie

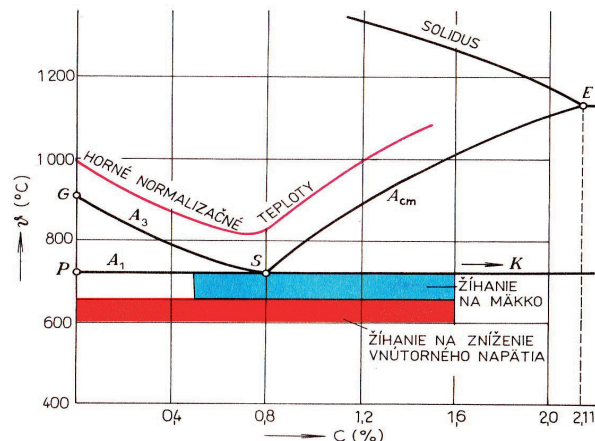
Podstatou žihania je pomalý a rovnomerný ohrev materiálu na určitú teplotu, zotrvanie na tejto teplote a pomalé chladnutie, čím vzniknú štruktúry blízke rovnovážnym.

Používané spôsoby žihania možno rozdeliť do dvoch hlavných skupín:

a) **bez prekryštalizácie** – žihanie pod teplotou A_1 ;

b) **s prekryštalizáciou** – žihanie nad teplotou A_3 , resp. A_{cm} ;

Prehľad žihacích teplôt, ktoré zodpovedajú jednotlivým postupom žihania, je na obr.37.



Obr.37. Oblasti žihacích teplôt v rovnovážnom diagrame Fe – Fe₃C pre najčastejšie používané spôsoby žihania

Medzi žihania bez prekryštalizácie patrí najmä:

-**Žihanie na mätko** – je to niekoľkohodinový ohrev materiálu pri teplote tesne pod A_1 a pomalé chladnutie v peci. Niekedy sa používa i niekoľkonásobné opakovanie ohrevu a ochladzovania okolo teploty A_1 . Žiháním na mätko sa premení lamelárny perlit na globulárny perlit.

Účelom žihania na mätko je zníženie pevnosti a tvrdosti, zlepšenie obrobitelnosti, zlepšenie schopnosti tvárnenia za studena, pri eutektoidných a nadeutektoidných oceliach zlepšenie rovnorodosti štruktúry pred kalením.

-**Žihanie na zníženie napätia** – pozostáva z pomalého ohrevu na teploty pod A_1 (500 - 650) °C, aby sa žihané súčiastky rovnomerne prehriali. Potom nasleduje pomalé ochladenie na vzduchu, alebo pri zložitejších súčiastkach v peci.

Cieľom tohoto žihania je zníženie alebo odstránenie vnútorných napätí, ktoré vznikajú v materiáli predchádzajúcim spracovaním (napríklad tvárnením za studena, zvaráním, obrábaním,...) bez zámernej zmeny štruktúry.

-**Rekryštalizačné žihanie** – má podobný postup ako žihanie na zníženie napätia, používajú sa však pri ňom o niečo vyššie žihacie teploty, asi (550 - 700) °C. Týmto žiháním sa odstraňuje spevnenie v materiáli, ktoré vznikne predchádzajúcim tvárnením za studena (valcovanie, lisovanie), je to medzioperačné žihanie pri tvárnení ocele za studena.

Medzi žihania s prekryštalizáciou patria nasledovné druhy žihania:

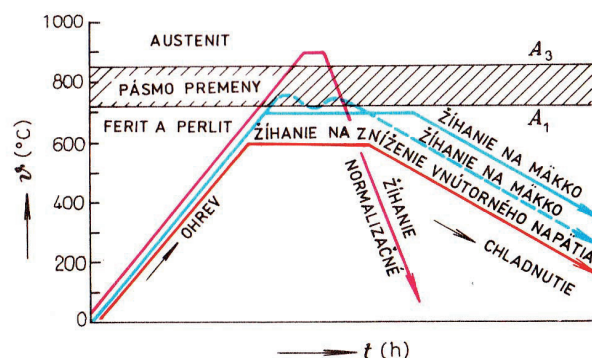
-**Normalizačné žihanie** - spočíva v ohreve na teplotu asi 50 °C nad A_3 (ojedinele A_{cm}), výdrže na tejto teplote, aby sa materiál prehrial v celom priereze (asi 1 hodinu na každých 25 mm hrúbky steny) a v ochladení na voľnom vzduchu. Pri oceliach s väčšou prekaliteľnosťou sa materiál ochladzuje v peci.

Normalizačným žiháním odstraňujeme všetky predošlé tepelné a tvárniace zásahy do materiálu (valcováním, kovaním, lisovaním, ťahaním,...), alebo hrubé zrno, ktoré vzniklo prehriatím.

-Izotermické žihanie – môžeme ním dosiahnuť obdobný výsledok ako žihamím na mätko, pričom sa skráti hlavne čas žihania. Spočíva v ohriatí na austenitizačnú teplotu (nad GSE), v pomerne rýchlom ochladení na vlastnú žihaciu teplotu, ktorá leží pod A_1 , v ponechaní na tejto teplote na čas potrebný na prebehnutie tejto premeny, potom nasleduje voľné ochladenie na vzduchu.

-Homogenizačné žihanie – je ohrev materiálu na teplotu pod solidus za účelom vyrovnania rozdielnosti v chemickom zložení materiálu a získania homogénnej štruktúry. Robí sa u ingotov, tiež po zvaraní a tvárnení veľkých súčiastok

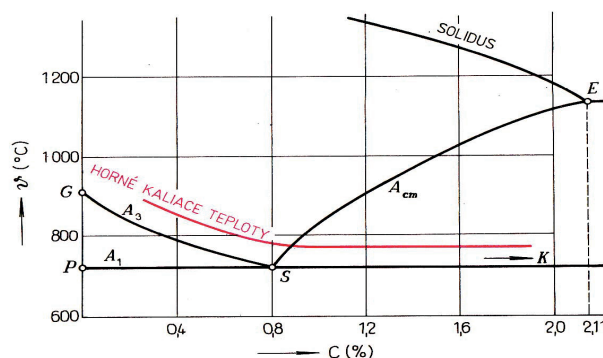
Časové a teplotné priebehy pri žíhaní sú znázornené na obr.38.



Obr.38. Diagram časových a teplotných priebehov jednotlivých druhov žihania

5.2.2 Kalenie, popúšťanie, zušľachtovanie, povrchové kalenie

Kalenie – spočíva v pomalom ohreve ocele na kaliacu teplotu a v rýchlom ochladení. Cieľom je dosiahnuť zvýšenie tvrdosti ocele. Pri nelegovaných oceliach sú teploty kalenia asi 30 až 50 °C nad čiarou GSK (obr.39), pri legovaných oceliach sú ešte vyššie (až 1320 °C).



Obr.39. Kaliace teploty nelegovaných ocelí

Účelom ohrievania je dosiahnuť rovnomernú austenitickú štruktúru. Zvýšením teploty kalenia by mohlo nastať prehriatie ocele (zhrubnutie zrna), alebo aj jej spálenie (zničenie).

Rýchlym ochladením sa má zamedziť premenám prebiehajúcim pri pomalom ochladzovaní. Austenit sa má premeniť na martenzit, ktorý je po cementite najtvrdšou a najkrehkejšou štruktúrnou zložkou. Na ochladzovanie sa používajú látky s rôznou chladiacou schopnosťou:

- voda** – ochladzuje najrýchlejšie. Jej chladiaci účinok možno zvýšiť pridaním soli alebo kyseliny a zmierniť ohrevom alebo pridaním vápennatých látok. Uhlíkové ocele sa väčšinou kalia do vody.
- olej** – pôsobí miernejšie ako voda. Do oleja kalíme najčastejšie zliatinové ocele.
- vzduch** – je najmiernejšie kaliace prostredie. Niektoré zliatinové ocele, tzv. samokaliteľné, sa zakalia aj ochladením na vzduchu.

Chladiaci účinok kaliaceho kúpeľa možno zvýšiť pohybom kaliacej látky (vodná sprcha) alebo pohybom kaleného predmetu v kúpeľi. Pohyb musí byť pokojný a chladenie predmetu by malo byť rovnomerné. V zakalených predmetoch vzniká veľké vnútorné napätie, ktoré má za následok deformáciu a pri tenkostenných a tvarovaných predmetoch niekedy aj poškodenie. Preto sa predmety, ktoré sa majú chrániť pred veľkým vnútorným napätím, kalia termálne alebo izotermicky.

Termálne kalenie – dosahuje sa ním nižšie vnútorné napätie a deformácia kaleného predmetu. Predmet zohriaty na teplotu kalenia sa ponorí do kúpeľa o teplote (200 - 300) °C, ponechá sa v ňom, kým sa nevyrovnajú teploty a potom sa ochladí na vzduchu.

Izotermické kalenie – sa od termálneho líši tým, že predmet ochladíme z kaliacej teploty na teplotu asi 500 °C, a ponecháme ho v kúpeľi dlhší čas, až sa všetok austenit premení na tvrdý a húževnatý bainit. Pnutie a deformácie sú ešte menšie ako pri termálnom kalení.

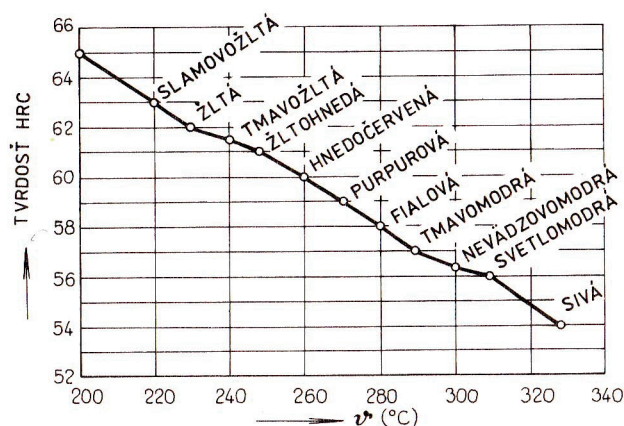
Najväčšia možná tvrdosť dosiahnutá správnym zakalením závisí predovšetkým od množstva uhlíka, ktorý oceľ obsahuje. Schopnosť ocele dosiahnuť kalením určitý stupeň tvrdosti je **kaliteľnosť**. Schopnosť ocele dosiahnuť po kalení v určitej hĺbke pod povrchom danú tvrdosť sa nazýva **prekaliteľnosť**. Závisí od množstva legovacích prvkov (najmä Cr) obsiahnutých v oceli.

Popúšťanie – je ohrev zakalenej ocele na určenú teplotu pod A_1 , výdrž na tejto teplote na vytvorenie štruktúr, ktoré sú bližšie rovnovážnemu stavu a nasledujúce ochladenie na teplotu okolia rýchlosťou, ktorá je vhodná pre danú oceľ. Používa sa:

- **popúšťanie pri nízkych teplotách** – asi do 250 °C. Zmenšujeme ním vnútorné napätia, ktoré vznikajú pri kalení a zlepšujeme húževnatosť. Popúšťaním pri teplotách nad 200 °C sa tvrdosť už znižuje.

- **popúšťanie pri vysokých teplotách** – väčšinou nad 450 °C. Jeho cieľom je získať štruktúru s priaznivejšími mechanickými vlastnosťami, najmä s veľkou húževnatosťou, vysokou medzou klzu a vysokou medzou únavy.

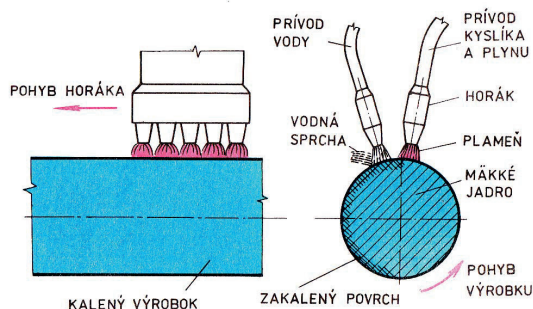
Pri kusovej výrobe sa niekedy **popúšťa vnútorným teplom** po neúplnom ochladiení zakaleného predmetu. Teplota popúšťania sa sleduje na očistenom povrchu podľa nábehových farieb. Keď predmet dosiahne v sledovanej časti (napríklad ostrie sekáča) žiadajú nábehovú farbu, namočí sa rýchle do vody. Popúšťacie teploty, im zodpovedajúce farby a aj tvrdosť sú znázornené na obr.40. Popúšťať sa má čo najskôr po zakalení.



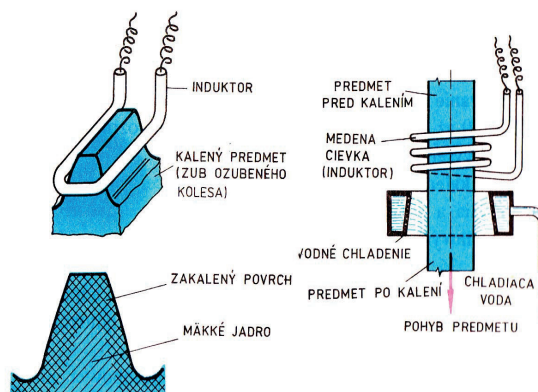
Obr.40. Diagram závislosti tvrdosti od popúšťacej teploty

Zušľachtovanie – je kalenie s následným popustením na vyššie teploty (do 650 °C). Štruktúra je veľmi jemnozrnná s citelne zníženou tvrdosťou, ale so značne zvýšenou húževnatosťou.

Povrchové kalenie – spočíva v ohriatí povrchu ocelej súčiastky na teplotu kalenia a následnom okamžitom ochladení. Povrch súčiastky sa ohrieva buď **kyslíkovo-plynovým plameňom** (obr.41) alebo **indukovaným elektrickým prúdom** (obr.42) a ochladzuje sa vodou. Hĺbka tvrdej povrchovej vrstvy býva 2 až 3 mm v závislosti od ohrevu. Po povrchovom kalení sa súčiastky ihneď popúšťajú pri teplotách 150 až 200°C, aby sa znížilo vnútorné napätie v súčiastke.



Obr.41. Princíp povrchového kalenia plameňom



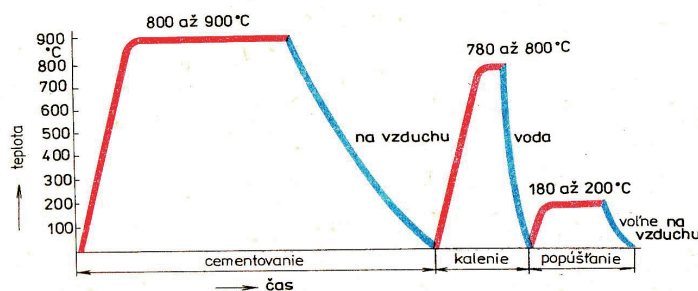
Obr.42. Princíp vysokofrekvenčného kalenia

Na povrchové kalenie sú vhodné uhlíkové ocele a niektoré zliatinové ocele, ktoré obsahujú 0,45 až 0,60 % uhlíka. Povrchovo sa kalia súčiastky, ktoré majú mať tvrdý povrch, aby odolávali opotrebeniu a mäkké jadro, odolné voči nárazom.

5.2.3 Chemicko-tepelné spracovanie

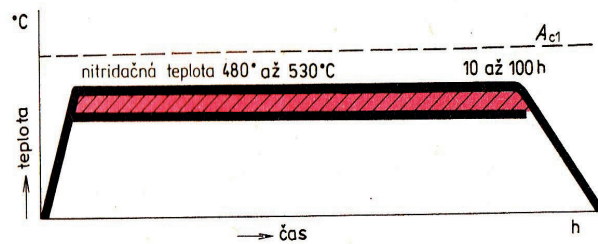
Chemicko-tepelné spracovanie je difúzne obohacovanie povrchovej vrstvy ocelej súčiastky niektorým prvkom pri zvýšenej teplote, ktorý jej dodáva najmä tvrdosť, odolnosť voči opotrebovaniu a únavu alebo odolnosť voči korózii. Najčastejšie sa používa nasycovanie povrchu uhlíkom, dusíkom alebo ich kombináciou.

Cementovanie – je sytenie povrchu nízkouhlíkovej ocele (s obsahom uhlíka max. 0,3 %) uhlíkom v plynnom, kvapalnom alebo pevnom prostredí pri teplotách 800 až 950 °C na obsah uhlíka 0,7 až 0,9 %. Zakalením tejto vrstvy sa dosiahne veľká tvrdosť povrchu, pričom sa zachová húževnaté jadro. Nauhličená vrstva závisí od doby cementovania a býva 0,5 až 1,5 mm hrubá. Pribeh cementovania je znázornený na obr.43.



Obr.43. Pribeh času a teplôt pri cementovaní ocele

Nitridovanie – je nasycovanie povrchu legovanej ocele dusíkom pri teplote 480 až 550 °C, aby sa získal tvrdý povrch. Súčiastky určené na nitridovanie sa vkladajú do vzduchotesne uzavretej elektrickej pece, do ktorej sa privádza čpavok. Tento sa rozkladá na vodík a dusík. Dusík vniká do povrchu ocele a tvorí so zliatinovými prvkami (Al, Cr) nitridy, ktoré dávajú oceli veľkú povrchovú tvrdosť. Pribeh času a teplôt pri nitridovaní znázorňuje obr.44



Obr.44. Priebeh času a teplôt pri nitridovaní

Nitrocementovanie – je súčasné nasycovanie povrchu ocele uhlíkom a dusíkom pri teplotách okolo A_3 . Robí sa najčastejšie v plynnej cementačnej atmosfére s prídavkom čpavku pri teplotách 820 až 860 °C. Po nasýtení povrchu nasleduje ihneď kalenie a popúšťanie. Na nitrocementovanie je možné použiť rovnaké zariadenie a prípravky ako na cementovanie v plyne.

Kontrolné otázky:

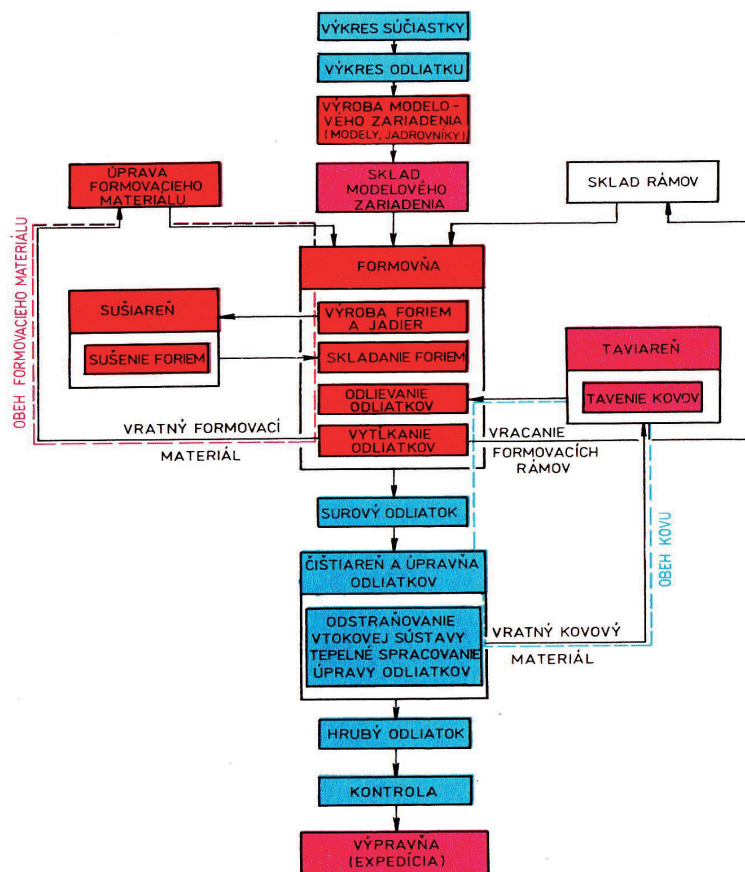
1. Čo je to tepelné spracovanie?
2. Čo je to rovnovážny diagram zliatin železa a uhlíka?
3. Aká sústava sa používa v praxi častejšie?
4. Vysvetlite praktický význam diagramu $Fe - Fe_3C$.
5. Aký je všeobecný postup pri tepelnom spracovaní?
6. Čo je to žihanie?
7. Vymenujte a stručne popíšte žihania bez prekryštalizácie.
8. Popíšte niektoré druhy žihania s prekryštalizáciou.
9. Čo je to kalenie?
10. Prečo zaraďujeme po kalení operáciu popúšťania?
11. Aké druhy popúšťania poznáte?
12. Kedy hovoríme o zušľachtovaní?
13. Vysvetlite princíp povrchového kalenia.
14. Čo je to chemicko-tepelné spracovanie?
15. Stručne popíšte cementovanie.
16. Čo je to nitridovanie?
17. Objasnite podstatu nitrocementovania.

6. LEJÁRSTVO

Lejárstvo je výrobné odvetvie, v ktorom sa vyrábajú **odliatky** – polovýrobky liatím roztavených kovov, zliatin alebo iných tavitelných materiálov do foriem, ktorých dutina má tvar a veľkosť odliatku. Stuhnutím taveniny vo forme vznikne odliatok. Odlieváním sa vyrábajú polovýrobky alebo súčiastky zložitých tvarov, ktoré by sa inými technológiami (kovanie, obrábanie) ťažko vyrábali. Hmotnosť odliatkov je od niekoľko gramov až po desiatky ton. Odliatky vyrábame zo sivej liatiny, bielej liatiny, ocele na odliatky, z neželezných kovov a ich zliatin, plastov, skla a pod.

6.1 Postup výroby odliatkov

Všeobecne platný postup výroby odliatkov charakteristický pre všetky lejárne je schématicky znázornený na obr.45.

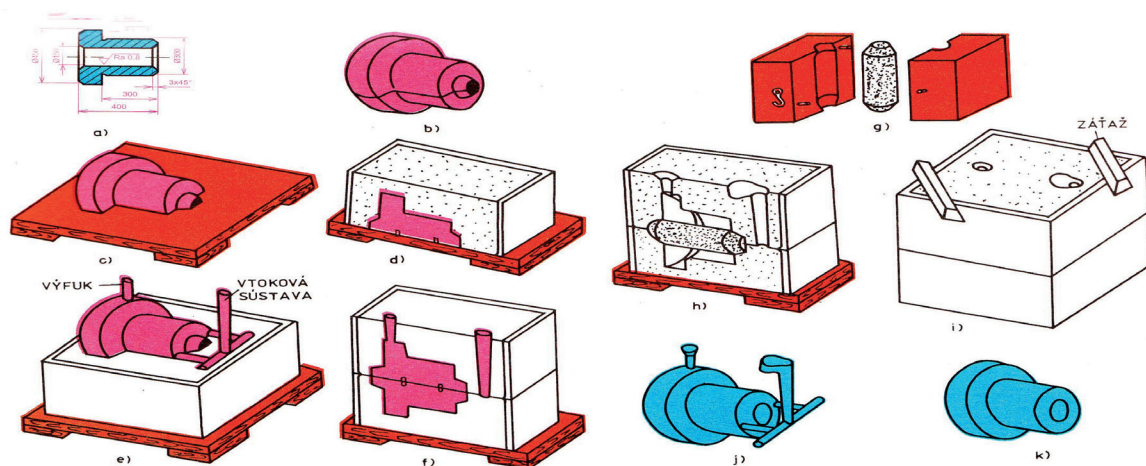


Obr.45. Schéma postupu výroby odliatku

Technickým podkladom pre výrobu odliatkov je **výkres súčiastky**. Podľa výkresu súčiastky sa navrhne **výkres polovýrobku – výkres odliatku**. Podľa výkresu odliatku modelár vyrobí modelové zariadenie (modely, šablóny). **Modely** sa tvarom zhodujú s odliatkom. Sú o hodnotu zmrštenia kovu z ktorého sa odlieva väčšie, ako odliatok. Podľa zložitosti odliatku sú modely **nedelené** alebo **delené**. Môžu byť vyrobené z dreva (kusová a malosériová výroba) alebo z kovov (sériová výroba). Pri špeciálnych spôsoboch liatia sú modely zhotovené z vosku, plastov, sadry,... **Šablóny** sú platne s okrajom podľa tvaru (profilu) odliatku. Môžu byť **rotačné** alebo **posuvné**. Modelovým zariadením sa vo formovni zhotovujú **formy**. Sú to **netrvalé formy** (na jedno liatie), vyrobené z **formovacích materiálov**, ktoré sa pripravujú v úpravni formovacích materiálov. Základnou zložkou formovacích materiálov je **ostrivo** (kremičitý piesok, šamot a iné), a **spojivo** (hĺna, íl). Ich rôznou kombináciou sa získa rad vhodných formovacích zmesí. Dutiny v odliatku sa vytvárajú **jadrami**, ktoré sa vyrábajú v **jadrovníkoch** alebo **šablónami**. Pri kusovej výrobe sa formy vyrábajú ručne, pri sériovej sa používajú formovacie stroje. Zmechanizovalo sa utĺkanie – zhutňovanie formovacích zmesí a vyberanie modelov z foriem. Väčšina foriem sa odlieva na surovo (bez vysušenia), ostatné **formy sa sušia**. Vysušením sa forma stáva pevnejšou a priedušnejšou. Potom sa forma zloží a pripraví na liatie. **Tekutý kov** sa pripravuje v **taviarni** v taviacich peciach. Na miesto odlievania – **lejacie pole** sa dopravuje v **lejacích panvách**. Po odliatí a stuhnutí sa odliatky vyberajú – **vytlkajú** z formy. Sú to tzv. **surové odliatky**. Surové odliatky sa potom dopravujú do **čistiarne**, kde sa z nich odstraňuje vtoková sústava, výfuky, náliatky, jadrá, povrchové nečistoty, piesok. Podľa potreby sa odliatky tepelne spracovávajú (najčastejšie sa žijajú). Získa sa tak **hrubý odlatok**, ktorý je konečným výrobkom lejárne. Od **opracovaného (čistého) odliatku** sa odlišuje prídavkami na obrábanie na tých plochách, ktoré sa budú obrábať. Hrubý odlatok, ktorý prejde technickou kontrolou, je expedíciou poslaný na ďalšie

spracovanie. **Kovový odpad** (vtoky, výfuky,...) sa dopravuje späť do taviarne. Použité modely, jadrovníky a formovacie rámy sa dopravujú do skladov, upotrebený formovací materiál do úpravne materiálu.

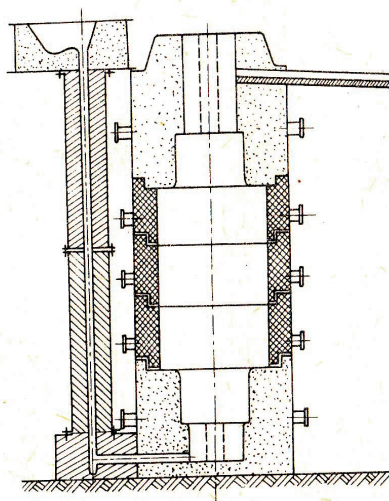
Na obr.46 je znázornený postup výroby jednoduchého odliatku ručným formovaním. Aby sa z roztaveného kovu získal odliatok, vlieva sa tavenina do dutiny formy, vytvorenej zaformovaním a vybratím modelu. Dutina formy je o hodnotu zmrštenia väčšia ako odliatok. Dutiny v odliatku sa vytvárajú jadrami, ktoré sa vkladajú do formy pred odlieváním. Aby bolo možné taveninu vliať do dutiny formy, má forma jeden alebo niekoľko vtokov. Pri liatí unikajú plyny z dutiny formy výfukmi. Stuhnuté odliatky sa z foriém vytláčajú.



Obr. 46. Postup výroby odliatkov

a) výkres súčiastky, b) model, c) formovacia platňa na spodnú polovicu modelu, d) zaformovaný spodok, e) spodok formy, horná polovica modelu, vtoková sústava a výfuk, f) zaformovaný vršok formy, g) jadrovník, h) zložená forma pripravená na liatie, i) odlievanie, j) surový odliatok, k) hrubý odliatok

Okrem netrvalých foriém sa na výrobu odliatkov, najmä z neželezných kovov, používajú **trvalé formy – kokily** (obr.47).



Obr.47. Viacdielna kokila

Sú to celokovové formy alebo kombinované s pieskovými jadrami. Sú určené na opakovaný väčší počet liatia, teda na výrobu väčšieho počtu odliatkov. Kokily sú zväčša delené na dve i viac častí. Musia byť konštruované tak, aby sa forma dala rýchle roztvoriť a odliatok rýchle vybrať.

Pre menšie série odliatkov sa používajú sa aj **polotrvalé formy**, zhotovené z keramických látok s väčšou žiaruvzdornosťou.

6.2 Špeciálne spôsoby liatia

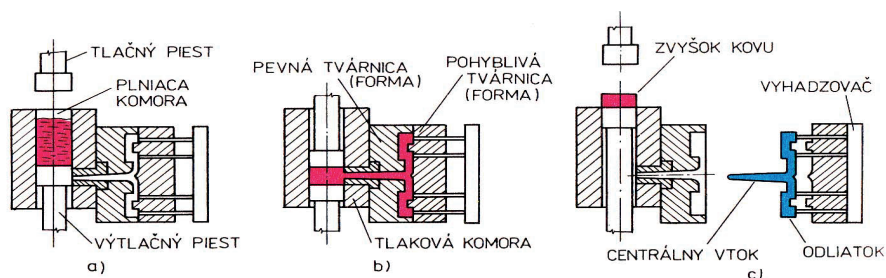
6.2.1 Liatie kovov pod tlakom

Patrí medzi metódy presného liatia. Vyrobené odliatky majú dobrú kvalitu povrchu, väčšinou ich ďalej neopracovávame okrem funkčných plôch. Dajú sa predliať aj veľmi malé diery až do priemeru 2,5 mm, dajú sa odlievať aj vonkajšie závitky od priemeru 10 mm. Prídavky na opracovanie bývajú podľa veľkosti odliatkov (0,3 až 2) mm.

Pri tomto spôsobe liatia vyplníme kovovú formu roztaveným kovom pod tlakom (10 až 100) MPa. Potrebný tlak na uzavretie formy, vstreknutie kovu do formy a na otvorenie formy sa dosahuje hydraulicky. Podľa usporiadania vstrekovacieho mechanizmu sú stroje s teplou tlakovou komorou a studenou tlakovou komorou.

Stroje s teplou tlakovou komorou sa používajú na odlievanie nízkotavitelných zliatin (zliatiny olova, cínu, zinku). Taviaca pec je súčasťou stroja, z ktorého je roztavený kov vtláčaný priamo do formy.

Stroje so studenou tlakovou komorou sa používajú na odlievanie vysokotavitelných zliatin (zliatiny hliníka a medi). Majú taviacu pec mimo stroja. Postup liatia je na obr.48.

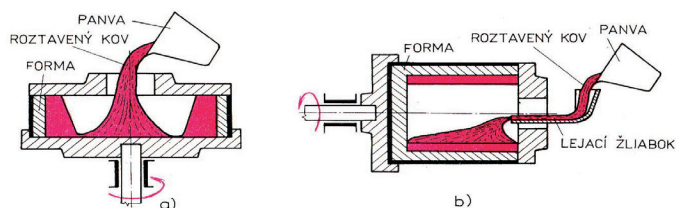


Obr.48. Liatie kovov pod tlakom so studenou tlakovou komorou
a) plnenie tlakovej komory, b) vtláčanie kovu do formy, c) vyhadzovanie odliatku z formy

Životnosť správne skonštruovaných foriem je asi 5000 odliatkov. Výroba jedného odliatku trvá podľa veľkosti od 30 sekúnd do 6 minút. Liatie kovov pod tlakom sa používa najmä v automobilovom, elektrotechnickom, leteckom a spotrebnom priemysle.

6.2.2 Odstredivé liatie

Odstredivým liatím sa vyrábajú odliatky, pri ktorých je kov pritláčaný odstredivou silou na steny kokily a tuhne ako dutý valec. Odliatok tuhne od vonkajšieho povrchu dovnútra. Vplyvom odstredivej sily je štruktúra odliatku jemnozrnná. Výhodou je úspora jadra, odpadá vtoková sústava a výfuk, odliatky sú bez bublín. Podľa polohy rotačnej osi je **odstredivé liatie zvislé** a **odstredivé liatie vodorovné** (obr.49).

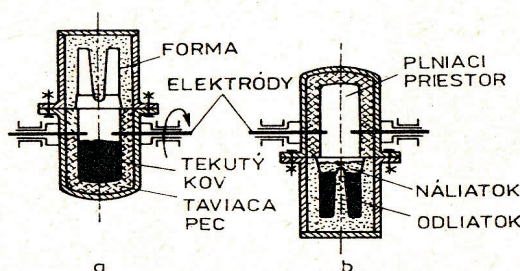


Obr.49. Odstredivé liatie
a) zvislé, b) vodorovné

Odstredivým liatím sa vyrábajú lacnejšie odliatky s rotačnými plochami ako napríklad rúry, ozubené kolesá, valce, krúžky,...

6.2.3 Sklopné liatie

Princíp liatia spočíva v tom, že na taviacu pec malého objemu sa pripevní rám s formou tak, aby dutina formy bola nepriedušne spojená s pracovným priestorom pece (obr.50). V sklopnej peci sa kov taví elektrickým oblúkom medzi dvomi uhlíkovými elektródami v prostriedku taviaceho priestoru. Os elektród sa zhoduje s osou otáčania sklopnej pece. Tekutý kov z pece vyplní pripevnenú formu tak, že lejacie zariadenie sa otočí o 180° .



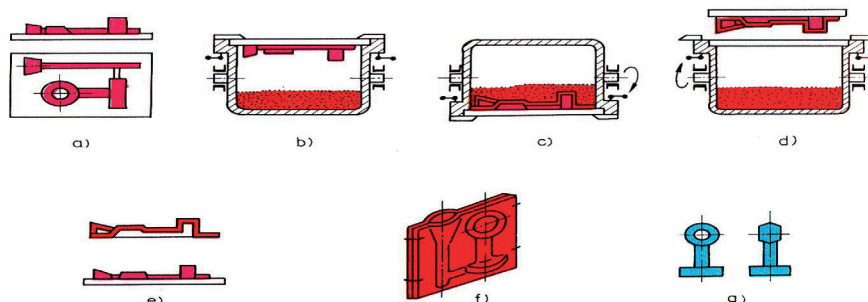
Obr.50. Sklopné liatie

a) poloha pred odlieváním, b) poloha po odlíatí

Odliatok po odlíatí stuhne vo forme. Nad tuhnúci odliatok sa privádza stlačený vzduch, čím sa forma dôkladne vyplní a kvalita odliatku sa zlepší. Formy na sklopné liatie nástrojov sa vyrábajú formovaním podľa modelu do pieskových foriem.

6.2.4 Liatie do škrupinových foriem

Na výrobu škrupinových foriem (obr.51) sa používa zmes kremičitého piesku s prísadou 5 až 10 % syntetickej živice. Kovová modelová platňa s kovovým modelom a vtokovou sústavou sa zohreje na $(250 \text{ až } 280)^\circ\text{C}$ a postrieka sa silikónovým olejom, ktorý zabráni pripekaníu zmesi na model. Takto upravená platňa sa pripevní na zásobník piesku a celé zariadenie sa preklopí o 180° . Piesková zmes sa presype na modelovú platňu. Živica sa roztopí, obalí zrnká piesku, zlepi ich a na povrchu modelu sa vytvorí škrupina. Po dosiahnutí požadovanej hrúbky (5 až 12) mm odpadne zvyšný materiál spätným preklopením zásobníka s modelovou platňou. Modelová platňa aj so škrupinou sa sníme a vloží do pece, kde asi pri 300°C nastane polymerizácia a škrupina sa vytvrdí. Po vybratí z pece sa škrupina z modelovej platne sníme. Jadrá sa vyrábajú podobným spôsobom v jadrovníku. Polovice škrupiny tvoriace formu sa potom zložia a spoja lepením, skrutkovaním alebo zopnutím. Takto zložená forma sa vo vhodnom ráme obsype liatinovým alebo kremenným pieskom a je pripravená na liatie.



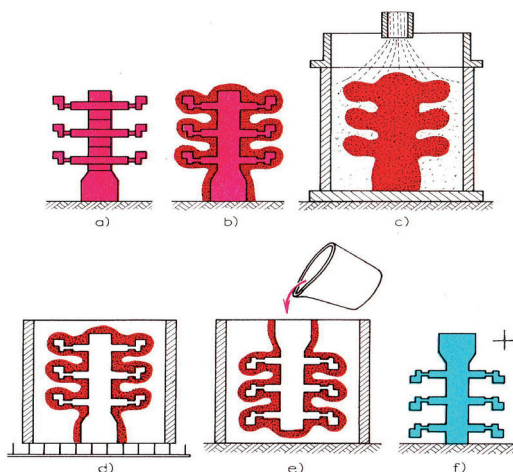
Obr.51. Postup výroby škrupinovej formy

a) modelová platňa s modelom, b) zásobník piesku s modelovou platňou pred preklopením, c) preklopený zásobník a vytvorenie škrupiny, d) spätné preklopenie zásobníka a snímanie modelovej platne so škrupinou, e) vytvrdená škrupina, f) škrupinová forma pripravená na liatie, g) hrubý odliatok

Liatie do škrupinových foriem je vhodné na hromadnú výrobu odliatkov. Veľmi dobre sa týmto spôsobom odlievajú zložitejšie odliatky, ako napríklad rebrované valce motorov.

6.2.5 Odlievanie do foriem vyrobených pomocou vytaviteľného alebo spáliteľného modelu

Model vyrobený z vytaviteľných alebo spáliteľných materiálov (vosk, polystyrén) sa aj s vtokovou sústavou namočí do riedkej obalovej kaše s etylsilikátom, a tak sa vytvorí keramický obal. Ten sa nechá vysušiť a namáčanie sa opakuje až sa dosiahne požadovaná hrúbka steny formy. Modely sa z formy vytavujú, vzniknutá škrupina sa vloží do formovacích rámov a priestor medzi ňou a rámom sa vyplní kremičitým pieskom. Potom sa forma vypaľuje v tunelových peciach pri teplotách (900 až 1050)°C. Tým sa forma spevní a zvyšky modelových hmôt sa vypália pri vysokej teplote. Odlieva sa do žeravých foriem (900°C) hneď po ich vybratí z vypaľovacej pece (obr.52).



Obr.52. Postup výroby odliatkov do foriem vyrobených metódou vytaviteľného modelu

a) modely zostavené do stromčeka, b) vytvorenie keramického obalu – škrupiny (formy), c) zasypanie škrupiny kremičitým pieskom, d) vytavenie modelu, sušenie a vypaľovanie formy, e) odlievanie formy, f) surové odliatky

Je to metóda presného liatia. Týmto spôsobom môžeme odlievať kovy do nedelených foriem, môžeme odlievať ľubovoľné tvary s veľmi hladkým povrchom. Dosahovaná rozmerová presnosť je IT 12 až IT 13 a akosť povrchu (6,3 až 12,5). Používa sa na výrobu umeleckých a klenotníckych odliatkov, chirurgických nástrojov, zbraní, lopatiek spaľovacích turbín,...

Kontrolné otázky:

1. Čo je to odliatok?
2. Popíšte postup výroby jednoduchého odliatku ručným formovaním.
3. Čo je to kokila?
4. Vysvetlite princíp liatia kovov pod tlakom.
5. Objasnite podstatu a použitie odstredivého liatia.
6. Čo je to sklopné liatie?
7. Popíšte liatie do škrupinových foriem.
8. Vysvetlite odlievanie pomocou vytaviteľného alebo spáliteľného modelu.

POUŽITÁ LITERATÚRA

1. Bothe, O.: Strojárska technológia II, Praha: SNTL 1982.
2. Hluchý, M.- Beneš, J.: Strojárska technológia pre SPŠ nestrojnícke, Bratislava: Alfa-press, s.r.o. 2009.
3. Dudík, D.: Strojárska technológia pre 2.ročník SPŠ strojnícckych, Bratislava: Alfa 1979.
4. Michalíková, K. – Petřík, J.: Strojníctvo I pre 1.ročník SPŠ, Bratislava: Expol Pedagogika, s.r.o. 2008.
5. Kreibich, V. a kol.: Strojárska technológia IV, Bratislava: Alfa 1989.
6. Lemfeld, J. - Jech, J. – Parma,A.: Náuka o materiáli, Praha: SNTL 1975.
7. Nagy, L.: Strojárska technológia pre SOŠ strojníccke – Tematický zošit . – Materiály, náuka o kovoch, tepelné spracovanie, Bratislava: Terra 2001.
8. Nemčok,O.: Náuka o materiáloch:Dubnický technologický inštitút, 2008.
9. Bothe, O.: Strojárska technológia 1, Bratislava: Alfa 1993.
- 10.Dudík,D. – Calpaš, V.: Strojárska technológia pre 2.ročník – Náuka o materiáli, Bratislava: Elán 1997.
- 11.Macek, K. – Zuna, P. – Zilvar, V.: Náuka o materiáli III, Bratislava: Alfa 1989.
- 12.Fischer, U. a kol.: Základy strojníctví, Praha: Europa-Sobotáles cz 2004.
- 13.Dillinger, J. a kol.: Moderní strojírénství pro školu i praxi, Praha: Europa-Sobotáles cz 2007.
- 14.www.sutn.sk : STN EN 10027-1.
- 15.www.sutn.sk : STN EN 10027-2.
- 16.www.sutn.sk : Označovanie liatin podľa EN.