



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR



## ODBORNÉ UČILIŠTĚ A PRAKTICKÁ ŠKOLA, LIPOVÁ – LÁZNĚ

# STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE

2.ročník oboru Zámečnické práce ve stavebnictví

- Neželezné kovy
- Nekovové materiály
- Tepelné zpracování kovů

**Bc. Libor Bartoš**

---

**Lipová – lázně 2007**

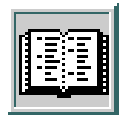
## 1 Přehled doprovodných značek



klíčová slova



čas potřebný k prostudování



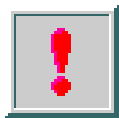
nová látka, teorie



cíl kapitoly



otázky k opakování, kontrolní úkoly



důležitá upozornění

## 2 Pojmy strojírenské technologie – úvod do předmětu

- **Neželezný kov** – kov, který neobsahuje železo
- **Slitina** – jsou to smíšené dva nebo více kovů v tekutém stavu
- **Čistý kov** – je to kov v ryzím stavu ( bez příměsí a nečistot)
- **Mosaz** – je to slitina mědi se zinkem
- **Bronz** – je to slitina s jinými neželeznými kovy s výjimkou zinku
- **Teplota tání** – je to teplota při které materiál mění skupenství tuhé na skupenství kapalné
- **Hustota** – je to měrná hmotnost materiálu viz učivo prvního ročníku
- **Liteřina** – je to slitina olova s antimonem a cínem a používá se pro odlévání písmenek v tiskařství
- **Pájka** – je to přídavný materiál při pájení kovů
- **Kompozice** – je to ložiskový kov
- **Dural** – je to slitina hliníku, mědi a hořčíku a používá se jako konstrukční materiál
- **Silumin** – je to slitina hliníku s křemíkem
- **Elektron** – je to slitina hořčíku , hliníku a zinku
- **Slitutý karbid** – je to materiál pro výrobu řezných nástrojů
- **Kompozity** - jsou to složené materiály
- **Termoplast** - je to plast, který se dá opakovaně rozehtívat a tvarovat
- **Reaktoplast** – je to plast, který po prvním vytvrdnutí již nelze teplem změkčit a tvarovat
- **Eleastomer** - je to plast který je po ztuhnutí pružný
- **Dielektrikum** - je to elektricky nevodivý materiál
- **Metalografie** – je nauka o vnitřní stavbě kovů ( metal – kov)
- **Ferit** – je to struktura oceli do asi 700 °C – krystal má devět atomů
- **Austenit** – je to struktura oceli, která vzniká v oblasti teplot 723 – 1492°C, je tvárný, houževnatý a nemagnetický
- **Cementit** – je to tvrdá a křehká sloučenina železa s uhlíkem
- **Překrystalizace** – je to změna mřížky v oceli z devítiatomové na čtrnáctiatomovou
- **Rekrystalizace**
- **Žíhání** - je to ohřev a pomalé ochlazení materiálu, které vede ke změknutí oceli
- **Kalení** - je to ohřev a prudké ochlazení materiálu, které vede ke ztvrdnutí oceli
- **Popouštění** – mírné snižování tvrdosti za současného zvýšení houževnatosti zakaleného materiálu
- **Cementování** – napouštění povrchu součásti uhlíkem a následné kalení
- **Nitridování** – napouštění povrchu součásti dusíkem
- **Nitrocementování** – kombinace nitridování a cementování

### 3 Neželezné kovy a jejich slitiny



hustota, teplota tání, liteřina, kompozice, mosaz, bronz, dural, elektron, silumin



Cílem této kapitoly je, abych pochopil co je to neželezný kov a slitina. Abych uměl rozlišit tyto kovy do jednotlivých skupin a znal vlastnosti a použití základních neželezných kovů i jejich slitin.



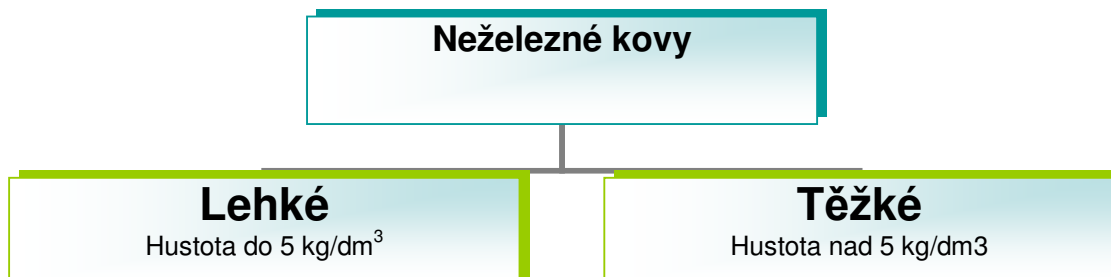
12 vyučovacích hodin + 24 hodin domácí přípravy



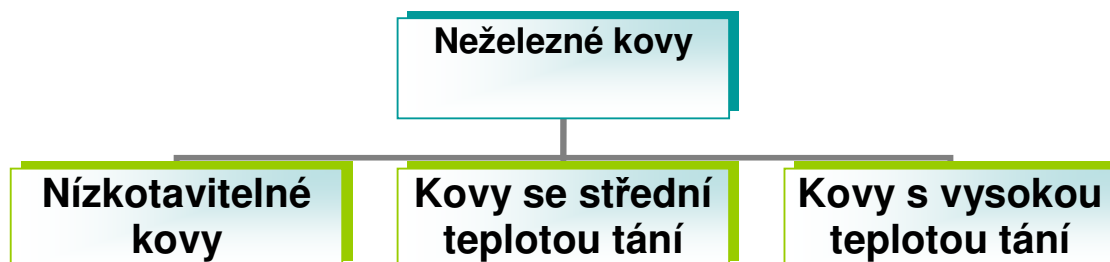
#### 3.1 Rozdělení neželezných kovů

Kritérium pro dělení neželezných kovů je nejčastěji **teplota tání** s přihlédnutím k dalším vlastnostem, zejména k **hustotě** materiálu.

##### 3.1.1 Rozdělení podle hustoty



##### 3.1.2 Rozdělení podle teploty tání



### 3.1.3 Rozdělení a základní vlastnosti neželezných kovů

Kov	Teplota tání (°C)	Hustota (kg.m <sup>-3</sup> )	Mez pevnosti
<b>Nízkotavitelné kovy</b>			
Bizmut	271	9 800	
Cín	232	7 298	100
Kadmium	312	8 650	
Olovo	327	11 340	100
Zinek	419	7 132	350
Antimon	630	6 690	
<b>Lehké kovy</b>			
Hořčík	650	1 740	400
Hliník	660	2 669	750
Berylium	1 284	1 846	850
Titan	1 660	4 510	1 500
<b>Kovy se střední teplotou tání</b>			
Měď	1 083	8 940	1 200
Nikl	1 453	8 900	1 250
Kobalt	1 493	8 900	700
Mangan	1 244	7 740	
<b>Ušlechtilé kovy</b>			
Stříbro	960	10 490	450
Zlato	1 063	19 320	700
Platina	1 769	21 450	1 120
Paladium	961	12 020	650
Rhodium	1 960	12 410	
Iridium	2 443	22 500	
<b>Kovy s vysokou teplotou tání</b>			
Zirkonium	1 855	6 510	1 000
Chrom	1 875	7 190	1 150
Vanad	1 950	6 110	1 480
Niob	2 468	8 570	1 000
Molybden	2 620	10 220	1 700
Tantal	2 996	16 650	1 000
Wolfram	3 395	19 350	1 500

## 3.2 Kovy s nízkou teplotou tání

### 3.2.1 Olovo

Získává se ze sulfidových rud, což je např. leštěnec sulfidový neboli galenit. Je to materiál velmi měkký, dobře tvárný, obrobitelný i slévatelný, nedá se dobře pilovat, neboť se maže. Předností olova je odolnost proti korozi (na vzduchu se pokrývá vrstvou oxidů, která ho chrání před další korozi) a odolnost proti silným anorganickým kyselinám (např. zředěná kyselina dusičná ho napadá, je-li však její koncentrace vyšší než 60%, olovo jí odolává). Organické kyseliny, alkalické látky a dokonce i destilovaná voda olovo narušují. Nevýhodou je, že je toxické (jedovaté), zejména jeho páry. Olovo se používá v chemickém průmyslu (pro nádoby a potrubí ve výrobě kyseliny sírové). Velmi vysoká hustota ho řadí mezi materiály, které se využívají pro opláštění proti radiaci (rentgenovému záření) a jako protizávaží při vyvažování různých mechanismů, např. setrvačníky, disky kol, apod. Velké množství olova se používá do různých slitin:

**a) liteřina** – je to slitina olova s antimonem a cínem, která se používá na lití písmen v tiskařství

**b) měkké pájky** – přídatný materiál pro měkké pájení (teplota tavení do 500°C) ve složení cín + olovo. Procentuální složení těchto dvou kovů je různé z hlediska použití. Cín je dražší, ale zdravotně nezávadný, proto jeho obsah ve slitině je určující pro použití měkké pájky.

**c) kompozice (ložiskové kovy)** – kluzná ložiska jsou obvykle tvořena nosnou ocelovou nebo litinovou páneví, na které je nalitím a seřiznutím nanášena pouze tenká vrstvička kompozice tloušťky 0,1 až 0,5 mm. Od materiálu kompozice se žádá pevnost v tlaku, tvrdost, odolnost proti opotřebení, únavě, korozi, zadírání, dobré kluzné vlastnosti, tepelná vodivost, malá tepelná roztažnost, dobrá slévatelnost. Olověné kompozice jsou slitiny soustavy Pb-Sb-Sn (Sb – antimon – jeho účelem je zvýšení tvrdosti a pevnosti kompozice).

### 3.2.2 Cín

Získává se z rudy zvané cínovec neboli kassiterit. Vyskytuje se v modifikaci  $\beta$  nad teplotou 13,2°C, pod touto teplotou se označuje jako modifikace  $\alpha$  (cínový mor) ve které cín degraduje. Cín má dobrou odolnost proti korozi a není jedovatý jako olovo. Je dobře slévatelný a tvárný. Používá se k povrchové ochraně předmětů v potravinářském průmyslu, dále do slitin měkkých pájek a kompozic – viz odstavec olovo. Cínové kompozice se používají pro náročnější podmínky, např. ložiska rychloběžných motorů.

### 3.2.3 Zinek

Velmi dobrou vlastností zinku je jeho odolnost proti atmosférické korozi, mořské vodě, benzínům a olejům. Špatně odolává destilované vodě, vodní páře, kyselinám a silnějším zásadám. Většina vyprodukovaného zinku se použije k povrchové ochraně ocelí. Zbývající podíl se používá k přípravě slitin jako přísadový kov (mosazi), viz odstavec měď.

### 3.2.4 Kadmium

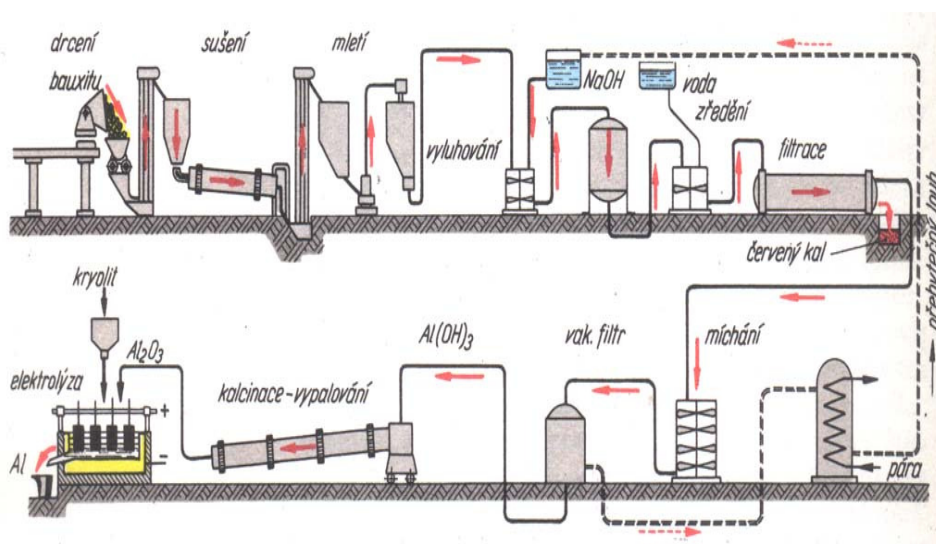
Dobře odolává korozi v atmosféře a v alkalických látkách. Používá se k pokovování zvláště kvalitních ocelových šroubů (letadla, automobily). Značná část kadmia je používána pro výrobu Ni-Cd alkalických článků. Nevýhodou kadmia je, že páry tohoto kovu jsou jedovaté.

### 3.3 Lehké kovy

#### 3.3.1 Hliník

Vyrábí se z horniny zvané bauxit. Výroba je rozdělena do dvou fází. Nejdříve z horniny vyrobíme čistý oxid hlinitý, z něhož ve druhé fázi elektrolýzou vyrobíme hliník. Výroba je schematicky znázorněna na obr.

Hliník patří mimo ocelí k nejpoužívanějším kovovým konstrukčním materiálům. Jeho největší výhodou je nízká hustota a poměrně dobrá pevnost (u některých slitin hliníku je pevnost srovnatelná s ocelí). Pokud slitiny hliníku neobsahují měď, jsou velmi odolné proti atmosférické korozi a látkám kyselé povahy. Dobře se svařují a mají dobrou tepelnou a elektrickou vodivost. Nevýhodou hliníku je nízká tvrdost a obtížné třískové obrábění. Bývá napaden elektrochemickou korozi, pokud je ve styku s jiným kovem ve vodivém prostředí (vznik elektrochemického článku). Slitiny hliníku dělíme na slitiny ke tváření a na slitiny slévárenské.



Obr. 3.1 Schéma výroby hliníku

- **Slitiny ke tváření:**

a) **slitiny Al-Mg a Al-Mn** – neobsahují měď, proto mají velkou odolnost proti korozi i bez povrchové ochrany, ale nelze je podstatně zpevnit. Tato nevýhoda se odstraní přidáním křemíku, čímž vznikne slitina  $AlMg1Si1Mn$ , která se používá na součásti se střední pevností ( $R_m \sim 300$  MPa) dlouhodobě pracující při teplotách  $+50$  až  $-70^\circ\text{C}$ , výrobky tvarově složité, tenkostěnné, duté, nýtované konstrukce, na letadla a vozidla, pro jemnou mechaniku, pro mlékárenský a jiný potravinářský průmysl, ve stavební architektuře (rámy, skříňové železničních vagonů, nádrže, stavební přepážky, potrubí, šrouby, ojnice, rotory, součásti zemědělských, textilních a zpracovatelských strojů, nosné konstrukce).

b) **slitiny Al-Cu-Mg** jsou nejpoužívanějšími materiály této skupiny a jsou označovány jako **duraly a superduraly**. Vytvrzováním dosahují značné pevnosti ( $R_m$  až 350MPa)  $AlCu4Mg$  – konstrukční materiál se střední pevností, dobře třískově obrobitelný, málo chemicky odolný, citlivý k mezikrystalické korozi, náchylný k tvorbě trhlin při svařování. Vhodný materiál pro součástky a konstrukční prvky letadel, kolejových vozidel, automobilů a jiných dopravních prostředků, zejména konstrukcí nýtovaných a šroubovaných. Typické výkovky: vrtulové listy, lopatky chladících ventilátorů, kryty vrtulového náboje, apod.

c) **AlZn6Mg2Cu** – patří k nejpevnějším slitinám a dosahuje pevnosti až 580 MPa. Nedostatkem je sklon ke korozi pod napětím, nižší lomová houževnatost a vyšší vrubová citlivost než u duralů.

d) **slitiny Al-Li (lithium)** – patří k vývojovým slitinám. Přínosem těchto slitin je jejich o 5 až 10% nižší hmotnost a zvýšený modul pružnosti v tahu

- **Slévárenské slitiny:**

a) **slitiny Al-Si (siluminy)** – mají dobrou odolnost proti korozi a po zpevnění přidáním mědi a hořčíku vzniknou speciální siluminy používané pro tvarově složité a tenkostěnné odlitky, např. skříně spalovacích motorů a převodovek, písty, hlavy válců, řemenice, pouzdra, disky kol, součásti pro letadla, apod.

b) **slitiny Al-Cu** – použití je malé, musí se povrchově chránit pro špatnou odolnost proti korozi. Používají se pro odlitky namáhané vyššími teplotami, např. hlavy válců a písty větších rozměrů.

c) **Al-Mg** – mají nejvyšší měrnou pevnost a rázovou houževnatost ze všech slévárenských slitin hliníku. Má horší slévateľnost, což se odstraňuje přidáním křemíku. Slitiny Al-Mg-Si se používají na výrobu žebrovaných hlav válců, odlitky vystavené povětrnostním vlivům (automobilové kování), fotonstroje, nádoby pro styk s potravinami, apod.

d) **Al-Zn-Mg** – mají lepší slévárenské vlastnosti a odolnost proti korozi než slitiny Al-Cu a Al-Mg

### 3.3.2 Hořčík

Surovinou pro výrobu hořčíku je magnezit, dolomit, ale také mořská voda. Ke konstrukčním účelům se nehodí, většina je spotřebována pro slitiny. Jeho snadná vznětlivost je využívána v pyrotechnice.

- **Slitiny hořčíku:**

a) **Mg-Al-Zn (elektron)** – je to nejvíce používaná slitina hořčíku. Pro konstrukční účely se hodí hlavně ve stavu litém.

b) **Mg-Zn-Zr** – mají vyšší hodnoty meze kluzu a meze pevnosti v důsledku zpevňujícího vlivu zinku

c) **Mg-Zn-Zr-Nd** – působením neodymu jsou tyto slitiny použitelné až do teploty 250°C.

d) **Mg-Zn-Zr-Th** – slitiny s thoriem patří k hořčíkovým slitinám s nejvyšší žárupevností. Fungují dlouhodobě za teplot 350°C

e) **Mg-Sm (samarium) a Mg-Er (erbium)** jsou dosud vývojové materiály

Slitiny hořčíku se pro své specifické vlastnosti používají v letecké a raketové technice, v menší míře v přístrojové, zejména optické technice, jaderné energetice, v automobilovém průmyslu a ve stavbě textilních strojů

### 3.3.3 Titan

Předností titanu je jeho nízká měrná hmotnost při poměrně vysoké měrné pevnosti, která převyšuje v některých případech i pevnost ocelí. Významná je i možnost použití za nízkých teplot pod bodem mrazu a vysoká odolnost proti korozi. Nedostatkem jsou vysoké náklady na



výrobu a zpracování, nízký modul pružnosti v tahu, špatné třecí vlastnosti a nemožnost zpracování vratného odpadu drahého materiálu ve větším množství.

- **Slitiny titanu:**

a) **slitiny  $\alpha$**  – obsahují hliník a případně cín i zirkon. Mají dobrou pevnost a odolnost proti křehkému porušení i za velmi nízkých teplot. Žáropevnost je do 300°C. U nás byla vyvinuta slitina TiAl5Sn3, z níž se vyrábí např. lopatky pro velké parní turbíny.

b) **slitiny  $\alpha+\beta$**  – jsou to nejpoužívanější slitiny titanu (např. slitina TiAl6V4 s pevností v tahu až 1125 MPa). Používají se pro silově zatížené součásti jako lopatky turbín a kompresorů, spojovací elementy, součásti leteckých draků, části podvozků letadel, jízdní kola, sportovní nářadí, apod.

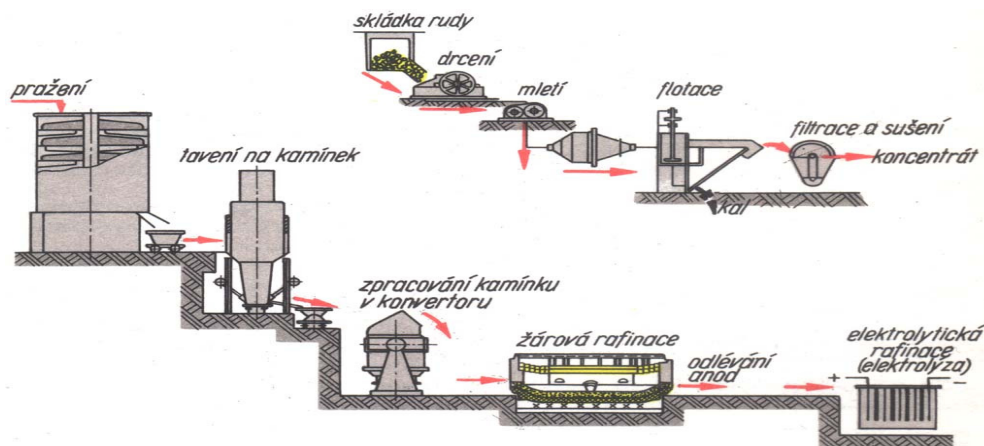
c) **slitiny  $\beta$**  – jsou to vývojové materiály. Výhodou je velmi vysoká odolnost proti korozi a velmi dobrá tvařitelnost za pokojové teploty. Nevýhodou je větší hmotnost než u jiných slitin titanu, ale po vytvrzení dosahují pevnosti až 1 400 MPa.

V současné době se titan používá v letectví, raketovém a vojenském průmyslu, ale i v chemickém průmyslu, petrochemii a strojírenství. Odolnosti titanu proti mnoha agresivním chemikáliím se využívá v potravinářském a chemickém průmyslu, odolnosti proti koroznímu působení mořské vody pro výrobu potrubí na vrtných plošinách nebo při konstrukci ponorek (vnější pláště) a námořních lodí. Ve strojírenství se titan a jeho slitiny nanášejí na lopatky parních turbín, oběžná vysokorychlostní kola ventilátorů, spojovací součástky, extrémně namáhané pružiny, sací ventily a ojnice vysokootáčkových motorů, výměníky tepla aj. Titan je biokompatibilní, proto je vhodný pro kostní a dentální implantáty. Ve šperkařství je používán tam, kde se kov dostává do styku s pokožkou. Titan se využívá k vložkování komínů elektráren, ale i v architektuře jako dekorační a ochranný prvek.

### 3.4 Kovy se střední teplotou tání

#### 3.4.1 Měď

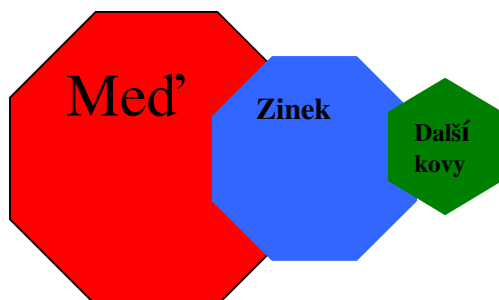
Čistá měď se nalézá ve větším množství jen u Hořejšího jezera v USA. Nejčastěji se dobývá z rud, v nichž je obsažena v podobě siričků (chalkopyrit, chalkosin, bornit, nebo jako kyslíková sloučenina (kuprit, malachit, azurit). Upravené měděné koncentráty tavíme v plamenných šachtových nebo elektrických pecích na kamínek, ve kterém se koncentruje měď. Ten přeléváme do konvertoru, ve kterém získáme surovou měď. Tuto potom rafinujeme buď žárově nebo elektrolyticky. Schematický průběh výroby je na obr.



Obr 3.2 Výroba mědi

Asi polovina vyrobené mědi se spotřebuje na měděné výrobky (vodiče pro elektrotechniku, zařízení vystavená nízkým teplotám, jako nádoby na tekutý dusík apod., nebo nádoby vystavené vysokým teplotám potřebující dobrou tepelnou vodivost, např. výměníky tepla, varné nádoby v cukrovarech, dále jako střešní krytina, okapy a žlaby pro svoji vysokou životnost). Druhá polovina se používá na přípravu slitin:

## a) mosazi



jsou to slitiny **mědi** se **zinkem**, případně s **jinými prvky**. Dělí se na mosazi určené ke tváření (obsah Zn 5 až 42%) a k odlévání.

Mosaz je nemagnetická, pevnost je vyšší než u čisté mědi a je odolná proti chemickým a povětrnostním vlivům.

- **tvářené mosazi**
  - automatová mosaz Ms58Pb2 se používá na výrobu šroubů a jiných součástí hromadné výroby, obráběných na automatických soustruzích, na součásti kované nebo lisované za tepla, např. armatury apod.
  - mosaz Ms63 se používá v elektrotechnice na objímky žárovek, součásti vypínačů, svítidel, dále na výrobu přístrojů, automobilových chladičů.
  - mosaz Ms70 je vhodná pro pružiny, lopatky parních turbín
  - tombaky Ms80-90 používané pro elektrotechniku, součásti přístrojů pro měření tlaku, vlnovce, membrány, síta, armatury, apod.
- **slévárenské mosazi**
  - Ms58-63 mají dobrou zabíravost, ale velké smrštění a náchylnost pro tvoření dutin a staženin. Jejich obrábitelnost zlepšuje přidání olova. Používají se pro méně namáhané lité součásti čerpadel, armatury plynovodů a vodovodů, stavební a nábytková kování, ozubená kola, šneky, ventily, ložisková pouzdra.
- **zvláštní mosazi**
  - mají kromě zinku přísady dalších kovů. Mosazi s cínem mají výborné akustické vlastnosti, a proto se používají pro výrobu hudebních nástrojů. Mosazi s přísadou niklu mají vysokou pevnost a odolnost proti korozi. Používají se pro lékařské nástroje a na výrobu pružin. Postříbřené se hodí na jídelní příbory. Mosazi s hliníkem jsou vhodné pro armatury, ventilová sedla a kondenzátorové trubky. Mosaz s vyšší teplotou tavení než 500°C se používá k pájení na tvrdo.

## b) bronzy

- **Cínové**

tvářené cínové bronzy mají 9% Sn a používají se ve strojírenství pro výrobu značně namáhaných kluzných ložisek, v elektrotechnice pro výrobu součástí spínačů, v papírenském průmyslu pro výrobu sít, v hodinářství pro výrobu pružin. Slévárenské cínové bronzy mají 10 až 12% Sn a jsou vhodné pro součásti namáhané otěrem jako jsou věnce ozubených kol, šroubová kola, sedla ventilů čerpadel, vysokotlaká čerpadla, apod. Bronzy s 14 až 16% Sn se používají pro značně namáhané díly, např. čochy patních ložisek. Bronzy s 20 až 22% Sn (zvonovina) se používá k odlévání zvonů. Bronzy s 30 až 33 % Sn (zrcadlošina) se používají pro optická zrcadla.

- **Hliníkové**

mají až 12% Al, který zvyšuje pevnost a tvrdost bronzu (při větším množství se zvyšuje křehkost). Mají vysokou odolnost proti korozi, otěruvzdornost a dobré kluzné vlastnosti. Jsou vhodné pro plakety, mince, čelisti odporových svářeček, svorky elektrických přívodů k pecím, šneková kola, armatury, ventilová sedla, ložiska pro velké tlaky a malé rychlosti.

- **Křemíkové**

používají se jako náhrada za drahé cínové bronzy. Mají vyšší pevnost a širší teplotní rozsah použití (-180 až +200°C)

- **Beryliové**

jsou to nejpevnější slitiny na bázi mědi s obsahem berylia do 2%. Protože jsou drahé používají se jen v nejnáročnějších případech např. na velmi namáhané elektrody bodových a švových svářeček, na pružiny pracující v korozivním prostředí, na ventily čerpadel pracující s louhy, kuličky korozivzdorných ložisek a na nejiskřící nástroje.

- **Olověné**

olovo dává slitině velmi dobré kluzné vlastnosti, proto se používá na výstelky ocelových pánví kluzných ložisek, určených pro vysoké měrné tlaky, vysoké obvodové rychlosti a velké provozní teploty.

- **Niklové a manganové**

jsou to korozivzdorné slitiny pro výrobu odporů měřících a regulačních přístrojů. Jsou to slitiny CuNi30Mn2 zvaná nikelin (do 400°C), CuNi45Mn zvaná konstantan (do 00°C) a CuNi3Mn13 zvaná manganin (do 200°C).

- **Červené**

je to slitina Cu-Sn-Zn a případně menší množství olova. Dobře se obrábějí a leští a mají nižší cenu než cínové bronzy. Používají se pro odlitky armatur, součástí čerpadel, apod. Dále se používají v umění jako sochařské bronzy (u těchto bronzů převyšuje obsah Zn obsah Sn).

### 3.4.2 Nikl

Je to drahý, feromagnetický kov. Asi 60% vyrobeného niklu se spotřebuje jako legující prvek do slitinových ocelí, asi 15% jsou polotovary z Ni a zbylých 25% představují niklové slitiny. Menší množství je určeno k niklování předmětů (nikl má značnou odolnost proti korozi), v elektrotechnice je určen pro regulační odpory, odporové teploměry a pro výrobu alkalických akumulátorů. Jako konstrukční materiál se používá pro ventilová sedla, ucpávky pro přehřátou páru, součásti parních armatur

- **Slitiny niklu:**

a) **monely** – je to slitina s mědí a má vysokou odolnost proti korozi. Používá se v potravinářském, chemickém a farmaceutickém průmyslu.

- b) slitiny Ni-Be** – mají obsah berylia do 2% a dosahují pevnosti až 1800 MPa. Jsou použitelné do 500°C pro pružiny, membrány a trysky.
- c) slitiny Ni-Mn** – používají se pro elektrody zapalovacích svíček
- d) slitiny Ni-Mo** – jsou vhodné pro odlitky odolávající působení kyseliny solné a chlorovodíkové.
- e) odporové slitiny Ni-Cr** – nazývají se nichrom, chromnikl a pyrochrom. Používají se pro topné odpory.

### 3.4.3 Kobalt

Tento kov se používá především jako pojivo při výrobě tvrdých řezných materiálů v práškové metalurgii a dále jako přísada do žárovevných slitin.

### 3.4.4 Mangan

Jeho hlavní použití je v ocelářství. Mangan na sebe váže v oceli kyslík, síru a jiné škodliviny a používá se jako legující prvek ve formě feromanganu.

## 3.5 Ušlechtilé kovy

### 3.5.1 Stříbro

Je využíváno v elektrotechnice, šperkařství, jako reflexní materiál, v chemické výrobě jako konstrukční materiál, má dobrou elektrickou a tepelnou vodivost. Ve slitinách se používá jako pájka.

### 3.5.2 Zlato

Je využíváno ve šperkařství, k pokovování, v dentálních slitinách. Slitiny zlata mají lepší vlastnosti než čisté zlato. Slitiny se stříbrem a mědí se využívají ve šperkařství, slitina zlata s 20%Cu jako pájka, slitiny s platinou pro výrobu trysek pro výrobu plastových vláken.

### 3.5.3 Platina

Je chemicky nejodolnější kov, využívá se v lékařství, elektrotechnice, šperkařství a ve slitinách pro výrobu termočlánků. Slitiny platiny s kovy platinové skupiny (paladium, rhodium, iridium, ruthenium, osmium) mají lepší vlastnosti než čistá platina a proto se tyto kovy využívají hlavně ve slitinách s platinou.

## 3.6 Těžkotavitelné kovy

### 3.6.1 Chrom

Má dobrou odolnost proti korozi, používá se pro galvanické pokovování, jako přísada do ocelí a žárovzdorných a žárovevných slitin niklu.

### 3.6.2 Vanad

Používá se jako přísada do legovaných ocelí, kde má řadu příznivých účinků, např. vázání nečistot, zlepšení mechanických vlastností, zjemnění zrna, apod. Jako legura je vanad velmi významný zejména pro výrobu ocelí se zvýšenou odolností proti kavitaci (pro lopatky turbín).

### 3.6.3 Wolfram

Používá se pro kontakty s dobrou odolností proti opotřebení, pro vlákna žárovek, elektronky, speciální lampy, svařovací elektrody, topné odpory vakuových pecí pro nejvyšší teploty. Největší množství wolframu se spotřebuje do legovaných ocelí a jako karbid wolframu pro řezné materiály.

### 3.6.4 Tantal

Je vhodný pro implantáty v chirurgii, v konstrukci elektronek, elektroodporový materiál pro vysoké teploty nebo trysky pro syntetická vlákna

## 3.7 Skupina roztroušených a radioaktivní kovy

### 3.7.1 Roztroušené kovy

- *Skandium*
- *Ytrium*
- *Kovy vzácných zemin (lanthanoidy)* - získaly svůj název z toho, že jsou velmi rozptýleny v zemské kůře a netvoří ložiska. Větší zdroje se nacházejí pouze v USA, Číně, Rusku a Vietnamu. Ve skutečnosti se **KVZ** vyskytují v zemské kůře více než např. Zn, Pb, Cu. I nejvzácnější thulium je v zemské kůře 2x hojnější než stříbro. Na Zemi se vyskytuje ale minimum nalezišť jejich rud. **KVZ** zaujímají 57. až 71. místo v periodické soustavě prvků. Jejich názvy: *lanthan, cerium, praseodym, neodym, promethium, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutecium*, kromě toho se k nim řadí *scandium a yttrium*, společně tvoří roztroušené kovy.

➤ Asi třetina celé spotřeby **KVZ** se spotřebovává v metalurgii, zejména při výrobě litiny a oceli. Díky jim je možné vyrábět tvárnou litinu (užívá se asi 100g/t litiny). Při legování oceli nahradí 1 kg KVZ přibližně 25 kg niklu. Legování KVZ vede také k omezení vodíkové koroze.

Lze konstatovat, že v USA, kde se kovy vzácných zemin hojně uplatňují, došlo k změně struktury hutnictví železa a bylo tak možné snížit výrobu oceli během deseti let asi na polovinu.

➤ Asi třetina spotřeby **KVZ** připadá na sklářství a keramiku – jak k barvení skla (oxidem neodymitým  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  na růžovo až modrofialovo), využití pro svářečské filtry, k výrobě skla propustného pro infračervené záření, skla absorbujícího UV záření, skla s fluorescencí pro laserovou techniku. **KVZ** se používají pro zvýšení lesku smaltů, barvení glazur, k výrobě leštících past, k výrobě syntetických drahokamů.

➤ Asi třetina spotřeby se používá v chemii k výrobě katalyzátorů pro fluidní krakování ropy, syntézu čpavku, hydrogenaci organických látek, pro katalyzátory výfukových plynů automobilů (šetří platinu), ve farmacii.

### 3.7.2 Radioaktivní kovy

- *Radium*
- *Aktinium*
- *Polonium*

- **Uran** - má základní význam jako štěpný materiál pro tepelné jaderné reaktory. Přírodní uran je tvořen směsí tří izotopů ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ). Jedním z produktů štěpení uranu je plutonium, které tvoří součást atomových zbraní.

Měrná hmotnost uranu je velmi vysoká a ochuzený uran (o izotop  $^{235}\text{U}$ ) je proto často využíván jako součást klasických střel pro zvýšení jejich průbojné síly.



1. Jak provádíme dělení neželezných kovů podle hustoty
  - a).....příklady.....
  - b).....příklady.....
2. Jak provádíme dělení neželezných kovů podle teploty tavení
  - a).....příklady.....
  - b).....příklady.....
  - c).....příklady.....
3. Jaké vlastnosti má hliník
  - a).....
  - b).....
  - c).....
  - d).....
  - e).....
  - f).....
4. Jaké znáš druhy slitin hliníku a k čemu se používají
  - a).....použití.....
  - b).....použití.....
  - c).....použití.....
5. Z čeho je vyrobena slitina elektron a k čemu se používá?
6. Jaké vlastnosti má titan, k čemu a kde se používá?
7. Jaké jsou tři nejlepší vlastnosti mědi?
  - a).....
  - b).....
  - c).....
8. Co je to mosaz a k čemu se používá?
9. Co je to bronz a k čemu se používá?
10. Proč se do bronzů přidává olovo?
11. Jaké znáš vlastnosti olova?
  - a).....
  - b).....
  - c).....
  - d).....

## 4 Prášková metalurgie



karbid, pseudoslitina, slinování, zhutňování, metalurgie,



Cílem této kapitoly je abych pochopil význam práškové metalurgie, znal postup při výrobě součástí touto metodou a věděl jaké součásti se touto metodou vyrábějí a k čemu se používají



2 vyučovací hodiny + 4 hodiny domácí přípravy



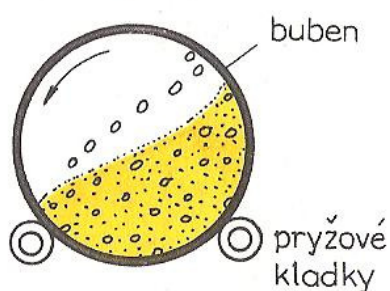
Proč používáme výrobu součástí pomocí práškové metalurgie?

- ! Prášková metalurgie umožňuje zpracovávat i vysokotavitelné kovy, které se normálním tavením nedají zpracovat, protože neexistuje vhodný materiál na tavicí kelímky.
- ! Prášková metalurgie umožňuje spojit dva kovy, které mají rozdílnou teplotu tavení (pseudoslitiny).

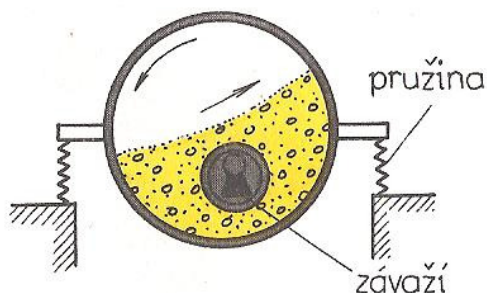
### 4.1 Výroba kovových prášků

Kovové prášky se vyrábějí těmito způsoby:

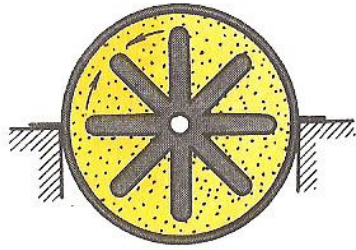
- 1) **Mechanicky** – mletím v mlýnech:
  - a) **Kulových** – v bubnu jsou mlecí koule, které svým pohybem melou kov



- b) **Vibračních** – buben se neotáčí ale vibruje na pružinách

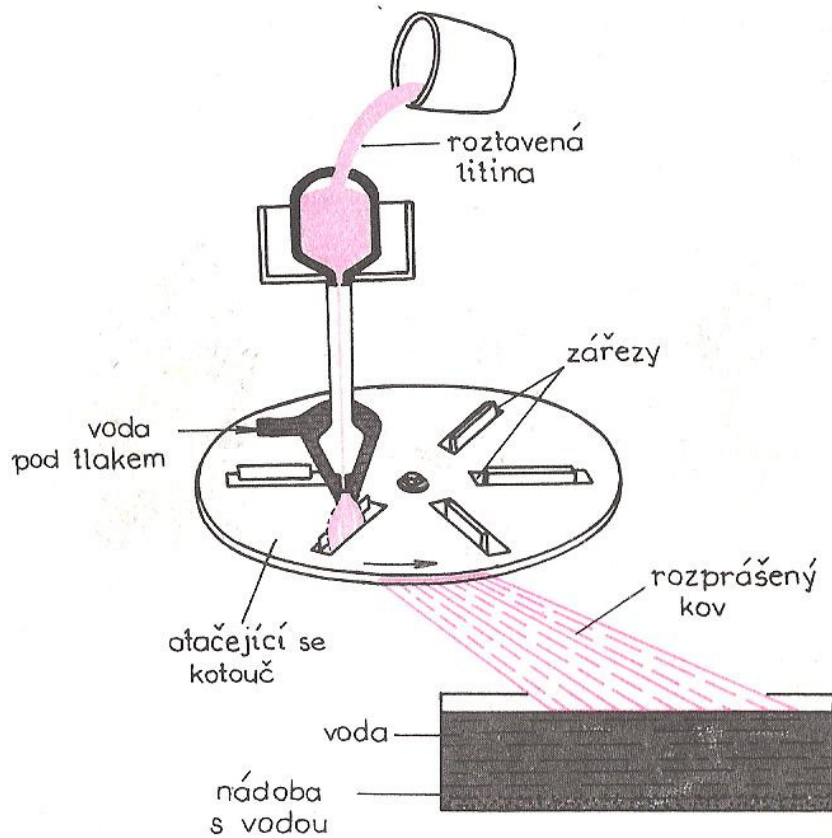


c) **Vířivých** – v bubnu je otáčející se vrtule která vrhá kov proti stěnám bubnu



## 2) Rozprašováním

Roztavený kov se lije do zářezů otáčejícího se kotouče, který roztavený kov rozprašuje do nádoby s vodou.

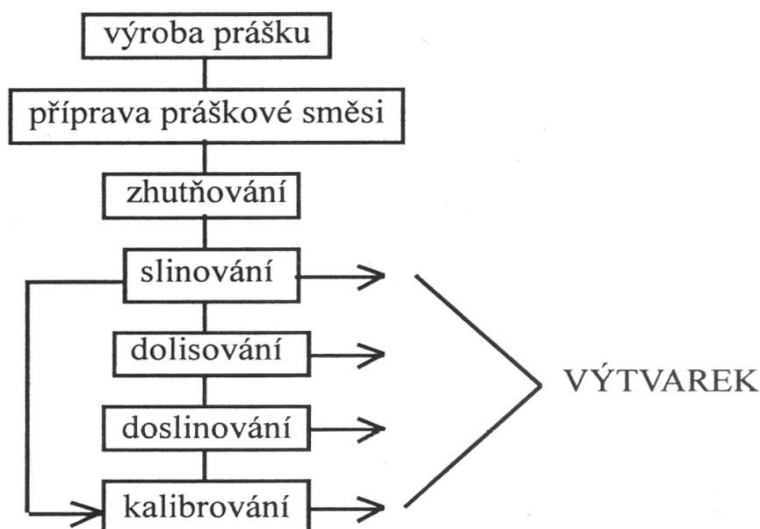


## 3) Chemicky

- Redukcí
- Elektrolýzou
- Kondenzací
- Rozkladem



## 4.2 Podstata práškové metalurgie



Vyrobený kovový prášek se nasype do formy a slisuje se pod lisem na požadovaný tvar budoucího výrobku.

Po slinování má pevnost asi jako křída ke psaní na tabuli. Tento výlisek se vloží do pece kde se spéká (slinuje) při teplotě nižší než je teplota tavení slinovaných kovů. Potom se může dolisovat a případně doslinovat dle potřeby.

Konečnou operací je kalibrování, což je většinou broušení na požadované rozměry.

## 4.3 Druhy a použití slinovaných materiálů

### 4.3.1 Trvalé magnety

Vyrábějí se z Fe, Ni, Al, Co, Cu. Směs prášku se slisuje do požadovaného tvaru a slinuje se při teplotě asi 1300°C v atmosféře vodíku.

### 4.3.2 Wolframové kontakty

Vyrábějí se ze směsi prášku wolframu a mědi nebo stříbra. Tyto kontakty mají dobrou elektrickou vodivost a velkou odolnost proti opotřebení

### 4.3.3 Samomazná ložiska

Kovové ložisko vyrobené tímto způsobem je pórovité. Vloží-li se na určitou dobu do horkého oleje do pórů se nasaje olej. Při provozu se pak ložisko zahřívá a nasáklý olej vzlíná ven z ložiska a maže kluznou plochu.

### 4.3.4 Kovové filtry

Jsou vyrobeny opět z pórovitého materiálu, kde velikost pórů je rozhodující pro danou filtraci. Tyto filtry se používají pro filtrování zkapalněných plynů nebo nafty či benzínu.

### 4.3.5 Keramické spojkové a brzdové obložení

Hlavní strukturu tvoří bronzová nebo mosazná plástev, ve které jsou uložena tvrdá zrna zvyšující tření povrchu a zrna látek které zabraňují slevování povrchů.

### 4.3.6 Slinuté karbidy

Používají se jako řezný materiál a vyrábějí z těchto karbidů kovů:

- a) **karbid wolframu** – zaručuje tvrdost za vysoké teploty, odolnost proti opotřebení a chemickou stálost
- b) **karbid titanu** – zvyšuje tvrdost a chemickou stálost za vyšších teplot, snižuje však pevnost SK v ohybu a zvyšuje křehkost, zhoršuje tepelnou vodivost a zvětšuje tepelnou roztažnost
- c) **karbid tantalu** – má stejné účinky jako karbid titanu, ale zjemňuje strukturu SK.
- d) **kobalt** – není to karbidotvorný prvek, ale vytváří síťové pojivo mezi zrny karbidů. Je nositelem pevnosti v ohybu v SK

Podle ČSN ISO 513/1994 mají hlavní skupiny slinutých karbidů toto složení:

**skupina P:** WC + TiC + Co ( použití do teploty 1100°C a řezné rychlosti do 150 m/min)

**skupina M:** WC + TiC + TaC/NbC + Co ( použití stejné jako u sk.P)

**skupina K:** WC + Co ( použití do teploty 700°C a řezné rychlosti do 150 m/min)

V porovnání s rychlořeznými ocelmi jsou slinuté karbidy tvrdší a ořezuvzdornější, mají větší pevnost v tlaku, vyšší tuhost, ale jsou méně houževnaté. Výhodou je dobrá tepelná vodivost, umožňující zejména karbidy skupiny K používat tam, kde je potřeba rychle odvádět z místa řezu teplo. Vyrábějí se ve tvaru destiček normalizovaných tvarů a rozměrů. Destičky se pájí nebo mechanicky upínají na držáky řezných nástrojů. Od konce 60. let se řezné destičky ze SK také povlakuje i několika vrstvami (až 15) karbidů speciálních vlastností, které zajišťují tvrdost a ořezuvzdornost. Pro vyměnitelné destičky se používají většinou PVD procesy povlakování, zvyšuje to trvanlivost až třináásobně. Novou technologií je povlakování diamantem tloušťkou 0,005 mm, což umožňuje zvýšit řeznou rychlost až na 500m/min.



1. Proč vyrábíme součásti práškovou metalurgií a stručně popiš postup této výroby.
2. Jaké součásti a materiály se vyrábějí práškovou metalurgií?
3. Co jsou to slinuté karbidy, k čemu se používají a jaké jsou druhy?

## 5 Nekovové technické materiály



Termoplasty, reaktoplasty, elastomery, polymer, sklářský kmen, useň, vulkanizace

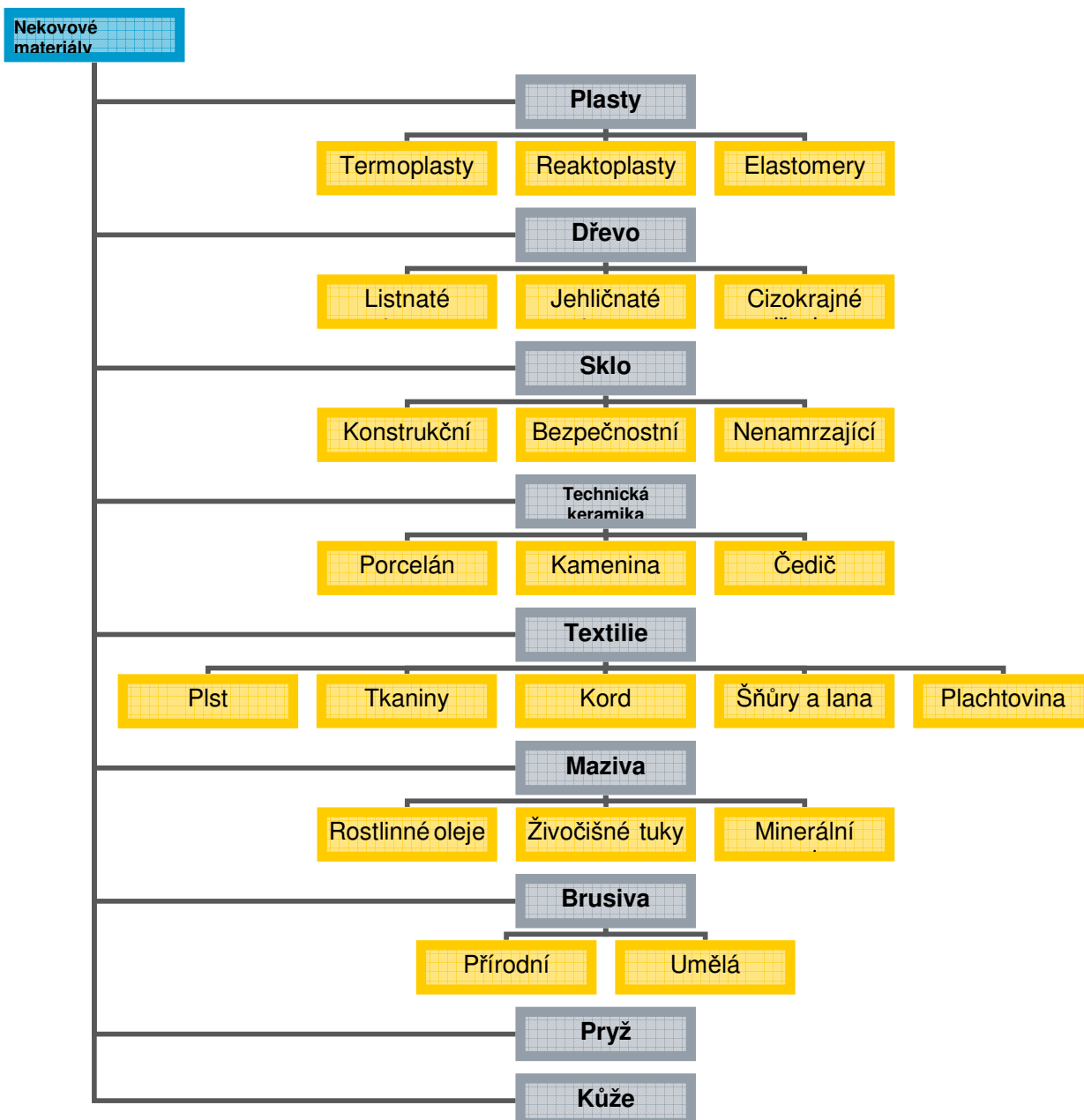


Cílem této kapitoly je abych znal nekovové materiály, dokázal je rozlišit a věděl k čemu se v praxi a hlavně ve strojírenství používají.



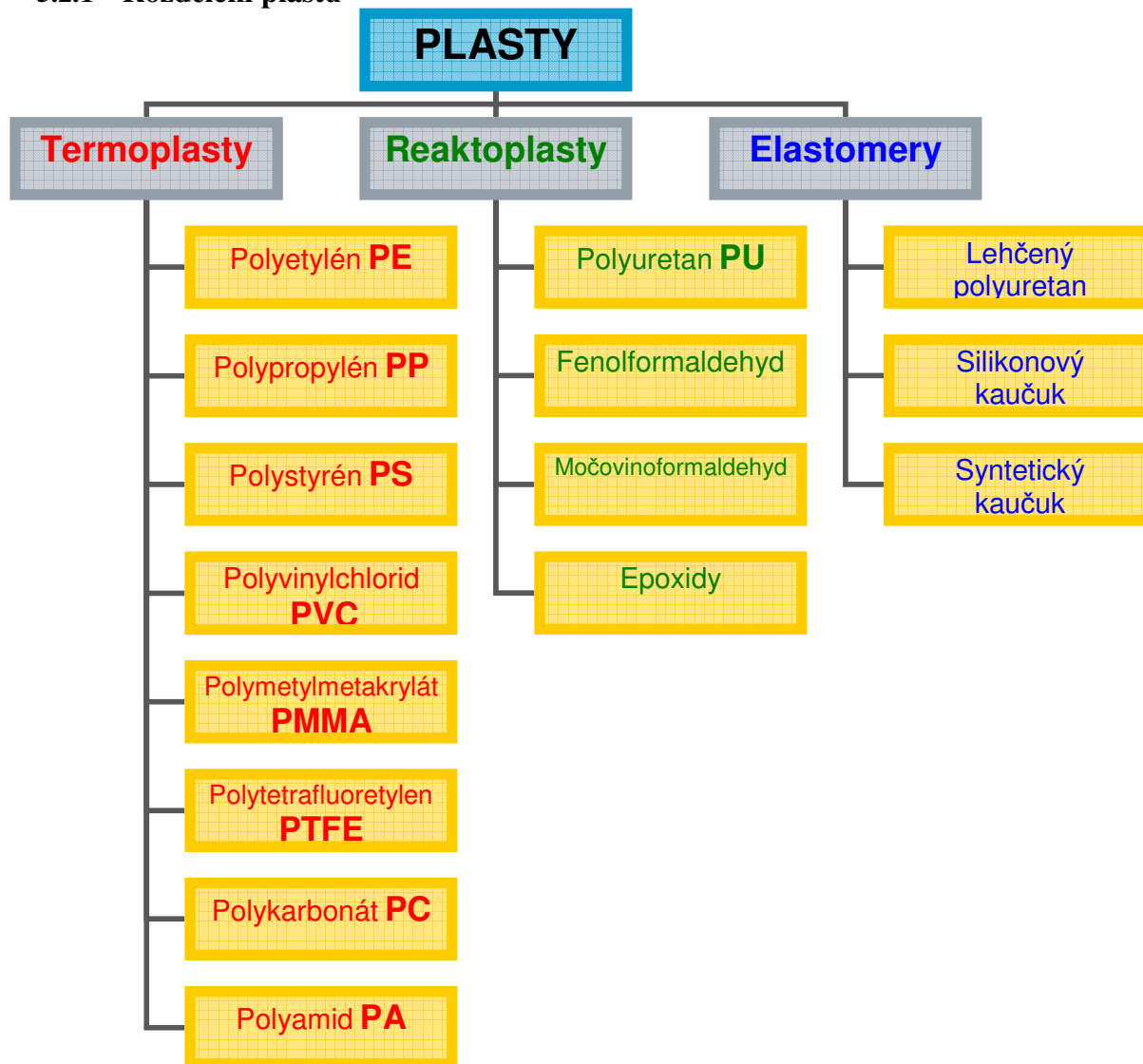
10 vyučovacích hodin a 20 hodin domácí přípravy

### 5.1 Rozdělení nekovových technických materiálů



## 5.2 Vlastnosti a použití plastů

### 5.2.1 Rozdělení plastů



**Termoplasty** jsou plasty, které lze opakovaně teplem rozehřívát (čímž měknou) a pak tvarovat.

**Reaktoplasty** po prvním vytvarování a ztuhnutí již nejdou teplem rozehřát a tvarovat.

**Elastomery** jsou plasty, které jsou v tuhém stavu pružné.

### 5.2.2 Výroba plastů

Plasty jsou makromolekulární sloučeniny; skládají se z obřích molekul tzv. **makromolekul**, které obsahují tisíce atomů, především uhlíku a vodíku k nimž se přiřazují atomy chloru, fluoru, kyslíku, dusíku atd.

Základními surovinami pro výrobu plastů je ropa a uhlí ze kterých se chemickými procesy vyrobí nízkomolekulární látky – **monomery** a z nich makromolekuly – **polymery**.

### 5.2.3 Obecné vlastnosti plastů

Hustota (hmotnost)	asi 0,9 – 2,2 kg/dm <sup>3</sup>	Jsou podstatně lehčí než ocel
Pevnost	asi 30 – 80 MPa	U nevyztužených hmot
	asi 100 – 200 MPa	u vyztužených hmot
Tepelná odolnost trvalá	asi 60 – 90 °C	u běžných termoplastů
	asi 100 – 120 °C	u běžných reaktoplastů a elastomerů
Tepelná roztažnost	je průměrně 10krát větší než u oceli	
Tepelná vodivost	asi 100 – 200krát menší než u oceli	tepelně dobře izolují, špatně odvádějí teplo vzniklé třením
Hořlavost	většinou pomalu hoří nebo samy zhasnou	Klasifikace hořlavosti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• velmi rychle hořlavé</li> <li>• pomalu hořlavé</li> <li>• velmi pomalu hořlavé</li> <li>• samozhášivé</li> <li>• nehořlavé</li> </ul>
Elektrická vodivost	jsou nevodivé	používají se jako izolace ( dielektrika)
Chemická odolnost	vodou nekorodují chemikáliím odolávají lépe než oceli	
Zpracovatelnost	je velmi snadná a levná	

### 5.2.4 Vlastnosti a použití jednotlivých druhů plastů

#### Termoplasty

- Polyetylén **PE**

##### Vlastnosti:

- Je měkký, houževnatý, zdravotně nezávadný a hořlavý – lehce vzplanutelný
- Mechanické vlastnosti si zachovává do -40°C

##### Odolává:

- Kyselinám, louhům, rozpouštědlům, alkoholům, benzínu, vodě a olejům

##### Použití:

- V elektrotechnice jako elektroinstalační materiál
- V obalové technice jako folie
- Pro výrobu akumulátorů, potrubí, lahví na potraviny
- Pro nádoby na chemikálie

- **Polypropylén PP**

Vlastnosti:

- Je tvrdší a odolnější proti vyšším teplotám než PE, ale méně odolný nízkým teplotám
- Je houževnatý, zdravotně nezávadný
- Nepropouští plyny a páry a je hořlavý

Odolává:

- Kyselinám, louhům, roztokům solí, alkoholům, benzínu, vodě a olejům

Neodolává:

- Nesmí přijít do styku s mědí

Použití:

- Zdravotnické potřeby
- Elektroizolační materiál
- Folie pro obalovou techniku
- Konzervační nádoby pro potravinářský průmysl

- **Polystyrén PS**

Vlastnosti:

- Tvrdý, tuhý, křehký
- Má dobré elektroizolační vlastnosti a minimální nasákavost
- Je čirý a lehce barvitelný

Odolává:

- Kyselinám, louhům, alkoholům, tukům, olejům a roztokům solí

Neodolává:

- Benzínu a rozpouštědly

Použití:

- V elektrotechnice a elektronice
- Lehčený polystyren v obalové technice a ve stavebnictví jako izolační materiál
- Na skřínky a kryty audiovizuální a spojovací techniky
- Na předměty domácích a kuchyňských potřeb

- **Polyvinylchlorid PVC**

Vlastnosti:

- Pod bodem mrazu křehne a praská, málo odolává teplotám nad 45°C
- Je málo odolný působení světla (UV paprsky) a tepla
- Je samozhášivý, při tepelné destrukci je toxický

Odolává:

- Kyselinám, zásadám, vodě, alkoholům

Neodolává:

- Acetonu a toluenu

Použití:

- Neměkčený (novodur) k výrobě desek, nádrží, zásobníků, nábytků, tyčí, trubek
- Měkčený (novoplast) na přípravu podlahovin, fólií, pláštěnek, hraček, láhví, hadic, ubrusů apod.

- Polymethylmetakrylát **PMMA**  
(organické sklo – plexisklo)

Vlastnosti:

- Je tvrdý, křehký, pevný, odolný proti otěru, čirý – průhledný
- Je odolný proti povětrnostním vlivům, propouští světelné paprsky i UV záření
- Je lehce barvitelný a zdravotně nezávadný
- Je lehce hořlavý a při hoření je toxický

Odolává:

- Slabým kyselinám a louhům, tukům, olejům

Neodolává:

- Silným kyselinám a louhům

Použití:

- V letectví a automobilovém průmyslu – zasklívaní oken, výroba kabin
- Při výrobě zubních protéz, v kostní a kloubové chirurgii, v očním lékařství – v gelové podobě pro kontaktní čočky

- Polytetrafluoretylen **PTFE**

Vlastnosti:

- Plastický, bílý materiál
- Má vysokou chemickou a mechanickou odolnost
- Je odolný proti povětrnostním vlivům, poškozují ho UV záření

Odolává:

- Chemikáliím a vysokým teplotám

Použití:

- Ve strojírenském a chemickém průmyslu – součástky čerpadel, těsnící součásti, ochranný film chránící před agresivními sloučeninami
- Skluznice lyží
- Povrchová úprava varných a pečících pánví (Teflon)

- Polykarbonát **PC**

Vlastnosti:

- Je tvrdý, tuhý, houževnatý a zdravotně nezávadný

Odolává:

- Olejům, benzínu, zředěným kyselinám, alkoholům

Neodolává:

- Silným kyselinám, louhům, benzenu

Použití:

- Pro speciální lékařské a laboratorní účely
- V automobilovém průmyslu – reflektory, mlhovky, neprůstřelné sklo
- Ochranné hledí kosmických skafandrů

- **Polyamid PA**

Vlastnosti:

- V suchém stavu křehký – k dosažení houževnatosti potřebuje určitou vlhkost
- Je tvrdý, tuhý, dobře barvitelný, zdravotně nezávadný

Odolává:

- Olejům, benzínu, benzenu, rozpouštědlům

Neodolává:

- Kyselině solné a sírové

Použití:

- Samomazná ložiska, ozubená kola, trubky pro vedení olejů a paliva
- Sportovní potřeby a potřeby pro domácnost
- Textilní vlákna – silon, nylon

## Reaktoplasty

- **Polyuretan PU**

Vlastnosti:

- Má dobré mechanické a fyzikální vlastnosti
- Je odolný proti povětrnostním vlivům

Odolává:

- Vodným roztokům solí a některým rozpouštědlům

Neodolává:

- Acetonu a kyselinám

Použití:

- Pro výrobu syntetických vláken, lepidel, ozubených kol, šroubů, obuvi, nástrojů pro chirurgii a stomatologii
- Lehčený polyuretan pro výrobu molitanů
- Ve stavebnictví - pěny pro vytěsňování rámců oken

- **Fenolformaldehyd**

Vlastnosti:

- Je tvrdý a křehký – proto se používá v kombinaci s různými plnivými

Odolává:

- Rozpouštědlům a teplotám do 120°C

Použití:

- S dřevěnou moučkou – (bakelit) na elektroizolační součástky ( svorkovnice, zásuvky), na držadla žehliček apod.
- S azbestem - na elektrosoučástky do teploty 150°C
- S vrstveným papírem – (umakart) panely a konstrukční části elektropřístrojů
- S bavlněnou tkaninou – (textgumoid) na výrobu ozubených kol ( obráběním z desek) a na kluzná ložiska pro velká zatížení.



- Močovinoformaldehyd

Vlastnosti:

- Jsou značně nasákové a zdravotně nezávadné

Odolává:

- Teplotám do 90°C

Použití:

- Na výrobu misek, talířů, šálků apod.
- V textilním průmyslu na impregnaci textilií
- Jako desky k obkladu stěn

- Epoxidy

Vlastnosti:

- Mají vysokou chemickou odolnost, stálost rozměrů, pružnost, tvrdost a nestárnou.

Odolává:

- Teplotám do 120°C

Použití:

- Jako lepidla k lepení kovů, keramiky a skla
- Jako licí hmoty v elektrotechnice k zalévání cívek nebo kondenzátorů, ve strojírnostvík výrobě lisovacích nástrojů a modelů.
- Epoxidové skelné lamináty mají pevnost až 320 MPa a používají se na potrubí, rotory ventilátorů v letectví a raketové technice

## Elastomery

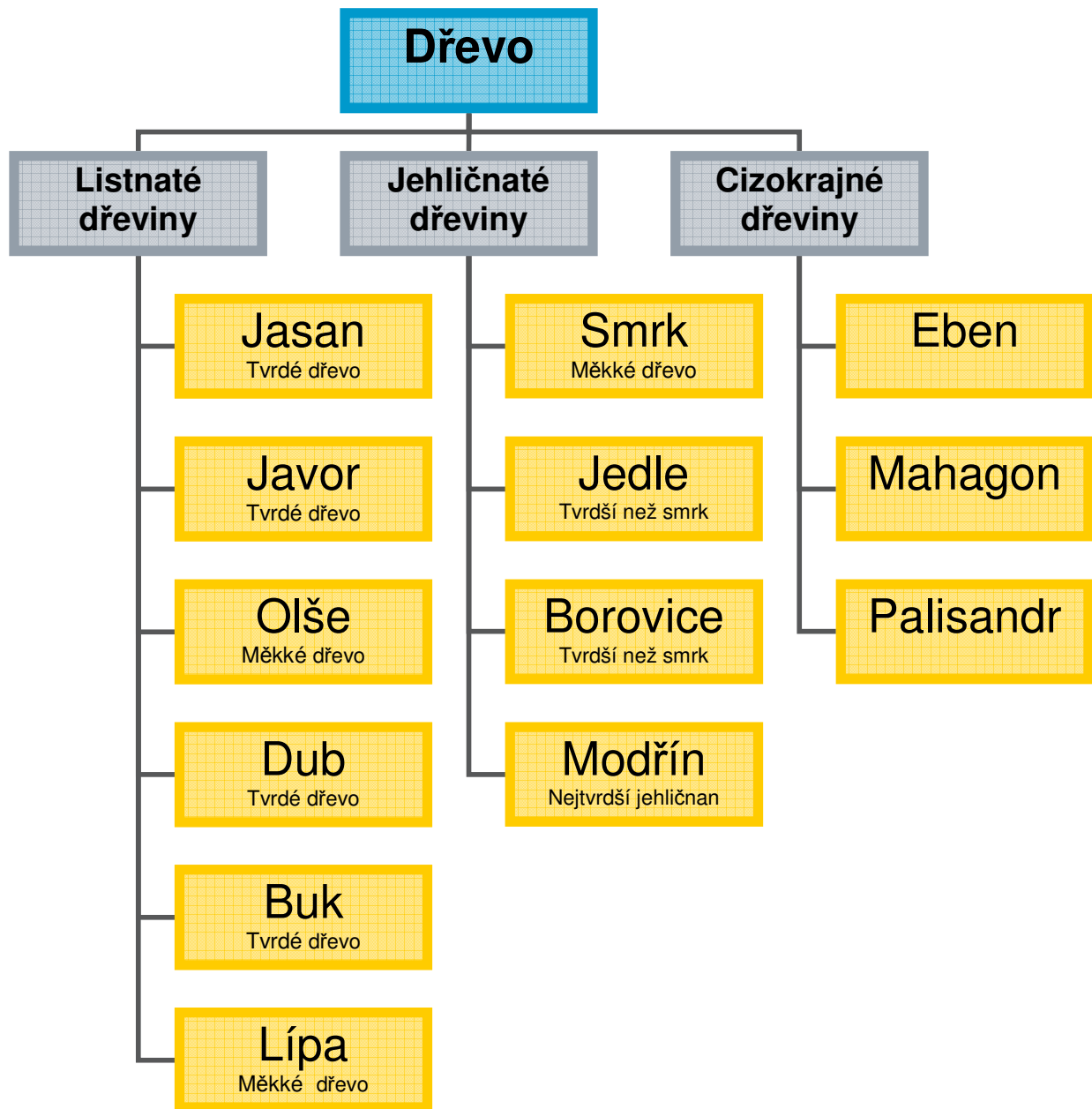
- Silikonový kaučuk

- Jsou pružné od -60 do +200°C
- Hodí se na izolace kabelů v dolech a zařízeních s nebezpečím požáru
- Používají se na těsnění pro vysoké i nízké teploty

- Syntetický kaučuk

- Odstraňuje nevýhody přírodních kaučuků
- Požívá se na výrobu pneumatik, hadic, těsnících kroužků (gufero), dopravníkové pásy, povlakování ocelových součástí apod.

### 5.3 Vlastnosti a použití dřeva



#### 5.3.1 Vlastnosti dřeva

Vlastnosti dřeva závisí na druhu dřeva, podmínkách růstu, stáří stromu, na době kácení a na sušení. Pevnost dřeva se liší pokud zatěžíme dřevo po vláknech nebo kolmo na vlákna – ve směru vláken je pevnost podstatně vyšší.

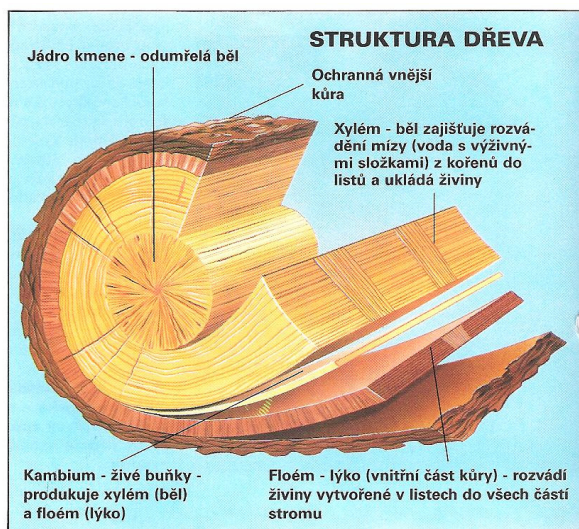
##### Dobré vlastnosti dřeva:

- Nízká hustota
- Nízká tepelná vodivost
- Schopnost tlumit zvuk
- Tlumí rázy a vibrace
- Je zdravotně nezávadné
- Dobře se obrábí a spojuje

### Nevýhodné vlastnosti:

- Nestejnoměrnost struktury
- Sesychavost
- Bobtnavost
- Náchylnost ke hnilobě a napadení škůdci ( odstraňuje se impregnací)

### 5.3.2 Struktura dřeva



### 5.3.3 Použití některých dřevin

- **Smrk** – ve stavebnictví, na obaly, pod dýhy
- **Jedle** – na výrobu slévárenských modelů a stejné účely jako smrk
- **Borovice** – galvanické kádě a vany, a podobné účely jako smrk
- **Modřín** – v chemickém průmyslu a nábytkářství
- **Jasan** - pro svoji pružnost na nábytek, tělocvičné nářadí a násady nářadí
- **Javor** – na desky stolů a dýhy, také na výrobu slévárenských modelů
- **Olše** – na výrobu překližek, imitování cizokrajných dřevin a v modelářství
- **Dub** – na masivní nábytek, stavební a truhlářské práce
- **Buk** – na ohýbaný nábytek, tvrzené dřevo, překližky apod.
- **Lípa** – v řezbářství a modelářství
- **Eben** – na vykládané umělecké předměty
- **Mahagon** – na okrasné dýhy
- **Palisandr** – na okrasné dýhy

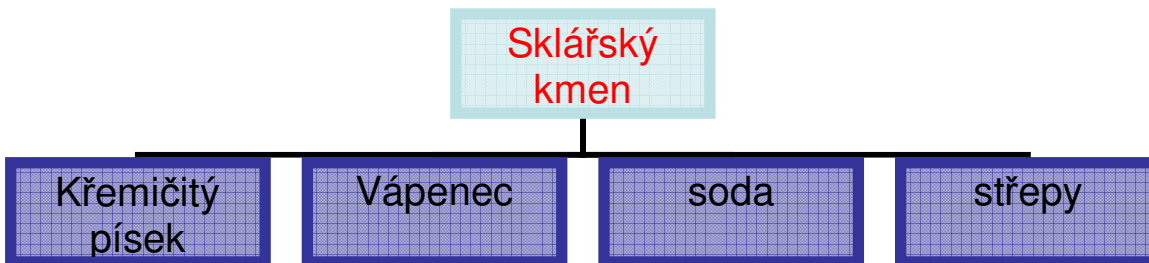
### 5.3.4 Konstrukční desky ze dřeva

- **Dřevotřískové desky DTD** } vytvořená dřevitá hmota se smíchá s lepidlem,
- **Dřevovláknité desky DVD** } vytvaruje se do tvaru desky, slisuje a nechá se vytvrdit
- **Laťovka** – nařezané dřevěné laťky se slepí a vytvořená deska se podýhuje
- **Překližka** – je to několik slepených dýh na sobě

Kromě dřeva mají technický význam i jiné rostlinné hmoty dřevu podobné, např. **KOREK** (kůra korkového dubu). Je to výborný materiál pro tepelnou i zvukovou izolaci.

## 5.4 Vlastnosti a použití skla

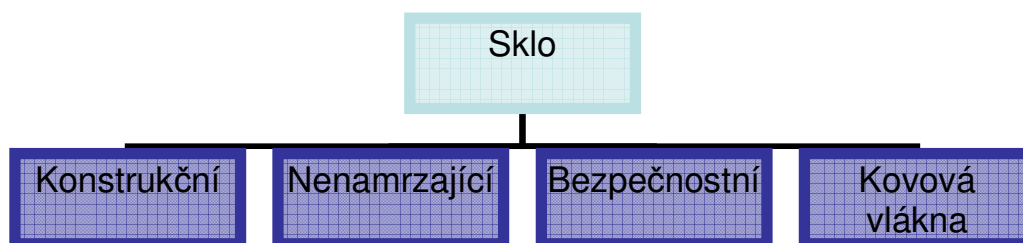
### 5.4.1 Výroba skla



Rozemleté suroviny na prášek se smíchají do tzv. **sklářského kmene** a roztaví se v peci čímž vznikne sklovina, která se dále zpracovává těmito způsoby:

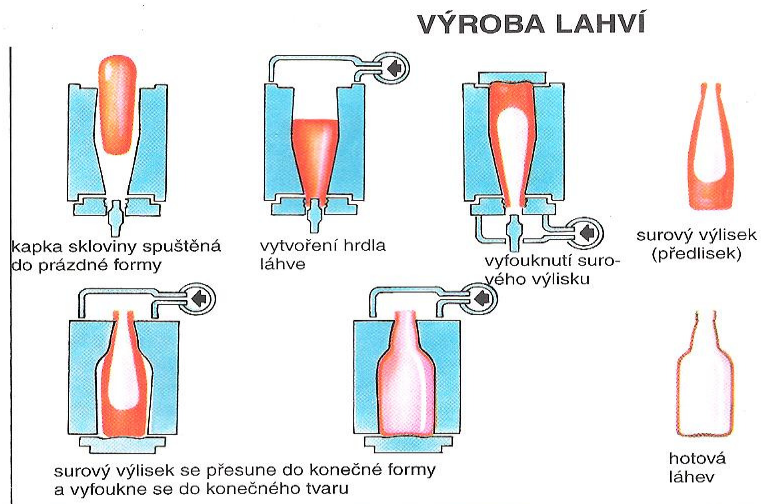
- Foukáním
- Tažením
- Válcováním
- Lisováním
- Litím

### 5.4.2 Druhy skla podle použití



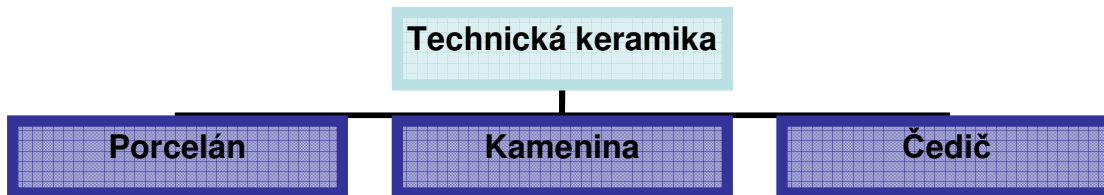
### 5.4.3 Použití skla

1. **Konstrukční** – používá se na vodoznaky, armatury, textilní zařízení, na potrubí pro pneumatickou dopravu v potravinářství, na skla signální a svítidlová, jako stavební materiál, v optice na čočky apod.



2. **Nenamrzající** – jsou částečně vodivá. Zahřívají se průchodem elektrického proudu
3. **Bezpečnostní** – používá se hlavně u vozidel jako:
  - a. Vrstvené – při rozbití pouze popraská
  - b. Tvrdé – při rozbití se roztříští na malé neškodné kousičky
  - c. S drátěnou vložkou – používá se hlavně ve stavebnictví
4. **Kovová vlákna** – používá se jako vložka do sklolaminátů. Vlákna vytvořená z křemenného skla o velmi vysoké čistotě se používají jako světlovody kabelů optických sdělovacích systémů.

## 5.5 Vlastnosti a použití technické keramiky



### 5.5.1 Porcelán

Suroviny pro výrobu – kaolin, živec, křemen

Je velmi pevný a má velmi dobré elektroizolační vlastnosti. Používá se jako poleva (glazura na výrobky nebo se z něj vyrábí elektrické izolátory, nádrže na chemikálie, části elektrických přístrojů apod.

### 5.5.2 Kamenina

Suroviny pro výrobu – jíla, křemen, živec)

Nevýhodou kameniny je křehkost, malá odolnost proti tlaku a citlivost na prudké změny teploty. Ale je tvrdá a odolává chemickým vlivům.

Používá se na vany a nádrže v chemickém průmyslu, vyrábí se z ní tvárnice nebo kanalizační potrubí.

### 5.5.3 Čedič

Je jemnozrnná hornina, která se zpracovává litím, lisováním nebo válcováním, Je chemicky odolný nenasákavý a velmi odolný proti opotřebení.

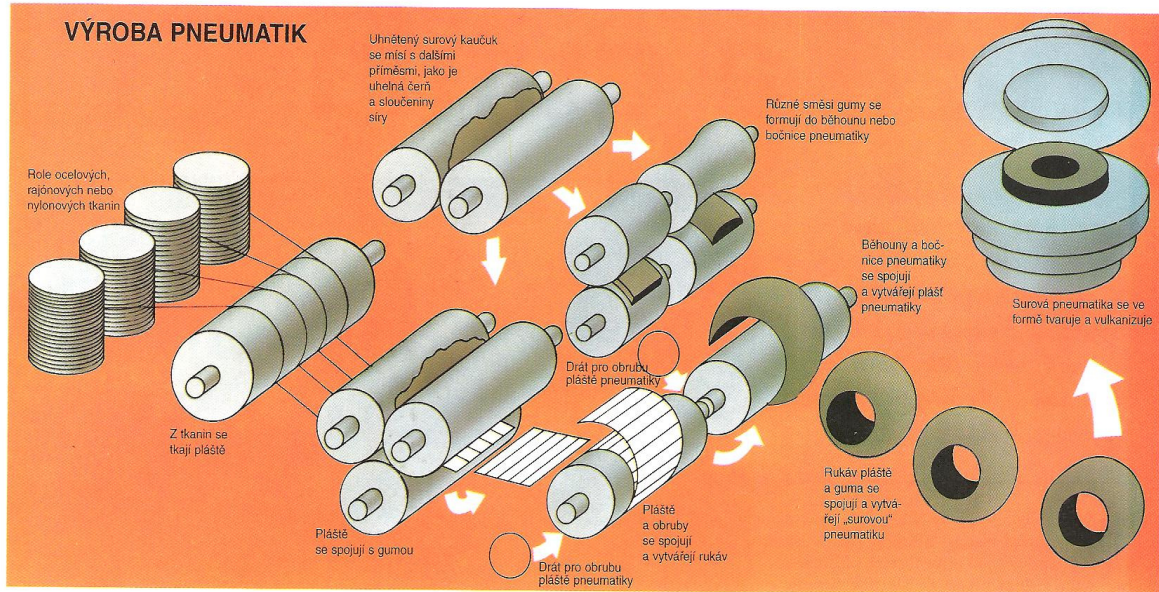
Používá se na potrubí nebo žlaby pro dopravu sypkých hmot. Vyrábí se z něj vany pro chemický průmysl. Nepříjemnou vlastností je jeho velká hmotnost protože nelze odlévat stěny o menší tloušťce než 20 mm.

## 5.6 Vlastnosti a použití pryže

Pryž je materiál vyrobený vulkanizováním kaučukové směsi. Do kaučuku se přidá vulkanizační činidlo, např. síra, různá plniva a další přísady, které pryž zpevňují, změkčují, zbarvují apod.

Většina pryžových výrobků se zhotovuje tvářením kaučukové směsi v lisech za současné vulkanizace. Nejvíce se používá v automobilovém a leteckém průmyslu na

pneumatiky.



Dále slouží k výrobě dopravních pásů, hnacích řemenů, hadic, těsnících manžet a výrobě různých spotřebních předmětů.

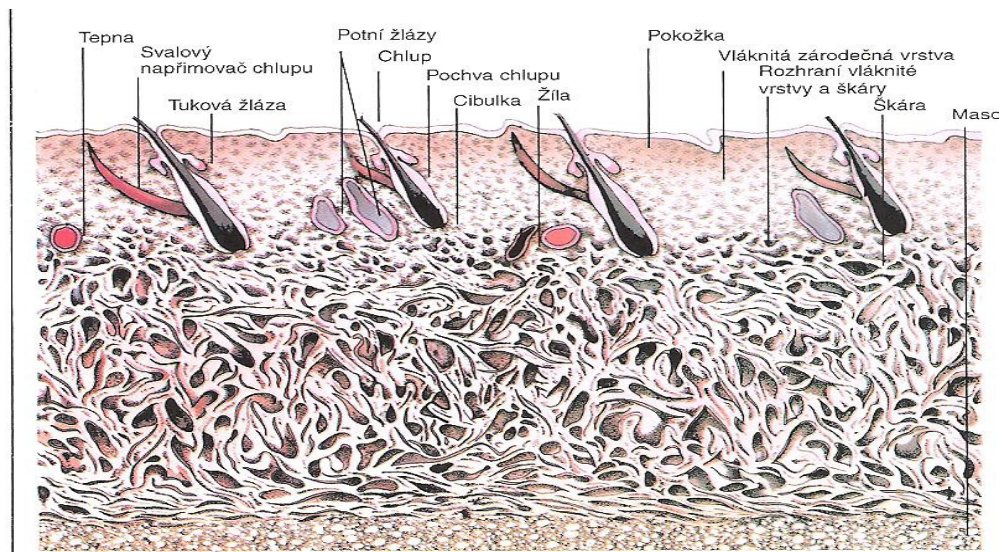


Obr. Výroba gumových rukavic – vyrábějí se máččením forem do lázní s latexem, kdy po vynoření zůstává na formě tenká vrstva hmoty. Tloušťka rukavice se řídí několikanásobným opakovaným ponořením.

## 5.7 Vlastnosti a použití kůže

Kůže zvířat je surovinou pro výrobu **usně**. Některé plasty mají sice vlastnosti podobné přirozeným usním, ale nemohou je nahradit.

Surová kůže je tvrdá a lámavá, málo pevná a snadno podléhá hnilobě. Proto se musí vyčínit, promastit a různě upravit. Nejčastěji se používá hovězí useň. Vyrábí se z ní hnací řemeny, manžety, těsnící podložky, membrány, leštící kotouče, ochranné prostředky apod.



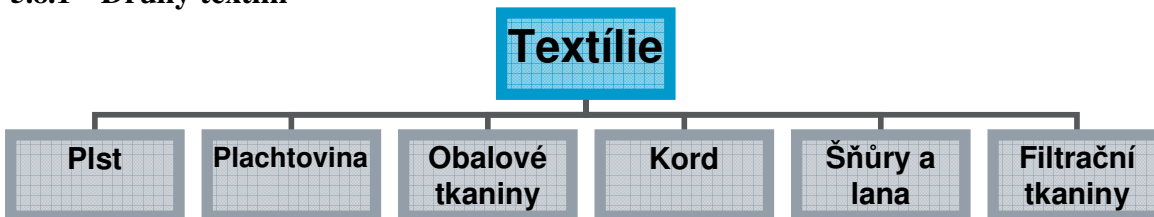
Obr. Řez kůží

## 5.8 Vlastnosti a použití textilií

Základní surovinou pro výrobu textilie jsou vlákna, která mohou být:

- **Rostlinná** – len, konopí, lýko, juta, bavlna
- **Živočišná** – tvoří ji buď srst savců ( různé vlny) nebo výměšky housenek ( přírodní hedvábí – bourec morušový)
- **Umělá** – silon, nylon, kapron, perlon apod.

### 5.8.1 Druhy textilií



#### 5.8.2 Plst

Je to netkaná textilie z ovčích, králičích nebo hovězích srstí. Používá se na těsnění, leštící kotouče, filtry a v čalounictví. Velmi dobře tlumí chvění a zvuk.

### 5.8.3 Plachtoviny

Jsou to pevné, nepromokavé, konopné, lněné, nebo bavlněné tkaniny. Používají se pro nákladní auta, stany, na různé kryty apod.

### 5.8.4 Filtrační tkaniny

Jsou lněné, konopné, bavlněné nebo polyamidové tkaniny, které se používají hlavně v potravinářském, chemickém a keramickém průmyslu.

### 5.8.5 Obalové tkaniny

Jsou to juta a konopí. Používají se na pytle a čalounické práce.

### 5.8.6 Kord

Je to tkanina z viskózovitého hedvábí nebo bavlny a používá se hlavně při výrobě pneumatik.

### 5.8.7 Šňůry a lana

Vyrábějí se z bavlny, konopí, umělého hedvábí a polyamidových vláken. Používají se u transportních zařízení, v lodní dopravě nebo jako těsnící šňůry.


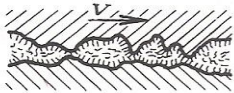

## 5.9 Vlastnosti a použití brusiva

Viz kapitola Obrábění – technologie II.ročník

## 5.10 Vlastnosti a použití maziv

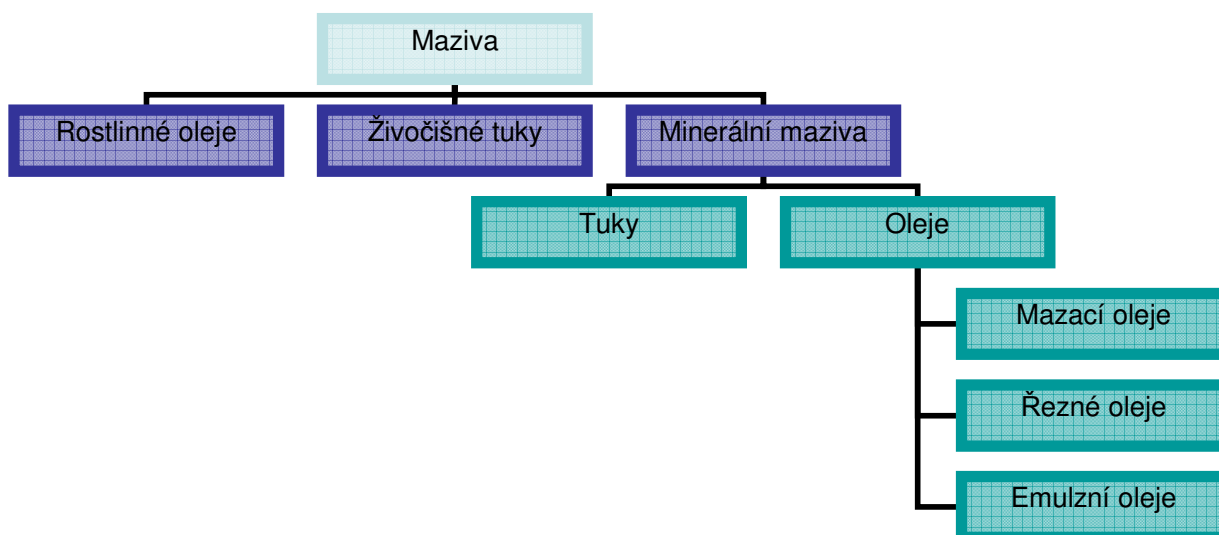
Vyrobené součásti ve strojírenství nejsou nikdy dokonale hladké. Pokud se o sebe dvě součásti ( hřídel a pouzdro) třou vzniká tření které rozlišujeme:

- **Tření suché** – dvě součásti se třou o sebe bez mazání
- **Tření polosuché** – vznikne při nedokonalém mazání – mazivo nevytvoří souvislou vrstvu mezi součástmi
- **Tření kapalinné** – souvislá vrstva maziva, tzv. olejový film, zcela oddělí kluzné plochy a tření kovu o kov se nahradí třením kovu o mazivo.

Druhy kluzného tření	Vyobrazení	Mazání a jeho vliv	Která vlastnost maziva se uplatňuje
Suché		Plochy jsou bez mazání	
Polosuché (mezní)		Mazání není dostatečné	Adheze mazadla k třecím plochám
Kapalinné		Dostatek maziva	Viskozita



### 5.10.1 Druhy maziv



### 5.10.2 Rostlinné oleje

Získávají se lisováním jader a semen různých rostlin (olej řepkový, ricínový, lněný, slunečnicový apod.)

### 5.10.3 Živočišné tuky

Získávají se z tučných částí těl zvířat nebo kostí (rybí tuk, lůj apod.)

### 5.10.4 Minerální maziva

Vyrábějí se z ropy. Při destilaci ropy se získávají lehké složky (benzín, petrolej, nafta) a těžké složky (mazací oleje). Tyto produkty se pak dále zušlechťují rafinací.

Minerální maziva dělíme hlavně dle skupenství na:

- **Tuky** (vazeliny) – při normální teplotě jsou tuhé a používají se na mazání ložisek u malých obvodových rychlostí a velkých tlacích, u ložisek pracujících v prašném prostředí a u špatně přístupných ložisek
- **Oleje** – důležitou vlastností olejů je **viskozita**.



Viskozita je míra vnitřního tření v kapalině. Čím větší má kapaliny vnitřní tření, tím pomaleji teče, a tím má tedy větší viskozitu.



1. Jaký je rozdíl mezi termoplasty a reaktoplasty?
2. Jaké znáš druhy plastů používaných v praxi a uveď příklady jejich použití.
3. Jaké nekovové materiály se používají ve strojírenství a k čemu? (kromě plastů)
4. Jaký účel má mazání strojních součástí a jaké znáš druhy maziv
5. Co je to viskozita?
6. Jaké znáš druhy dřev k čemu se používají?
7. Z čeho se skládá sklářský kmen?
8. K čemu se ve strojírenství používají textilie?
9. Jaké existují druhy tření při styku dvou strojních součástí?
10. Jak se upravuje kůže a k čemu se používá?
11. Uveď příklady pryžových výrobků.
12. Vysvětli jak se chová bezpečnostní sklo při rozbití.
13. Jaké vlastnosti má elastomer?

## 6 Novodobé materiály



Kompozit, paměťové vlastnosti, matrice, výztuž, kovové sklo, whiskery



Cílem této kapitoly je abych znal nově vyvinuté materiály, jejich vlastnosti a použití v praxi.



4 vyučovací hodiny + 8 hodin domácí přípravy



### 6.1 Kompozity

Tyto materiály jsou složeny ze dvou nebo více chemicky a fyzikálně odlišných složek. Tvrdší, tužší a pevnější nespojitá složka se nazývá výztuž, spojitá a obvykle poddajnější složka, která má funkci pojiva výztuže se nazývá matrice. Kombinací těchto dvou složek lze výhodně měnit vlastnosti výchozího materiálu. Zpevnění matrice se provádí dvěma způsoby:

#### 6.1.1 Zpevnění samostatnými částicemi (částicové kompozity)

- **částicové kompozity s plastovou maticí** – jsou vyrobeny mikromletím anorganických materiálů. Složením jsou to především hlinitokřemičitany (mstek, kaolin), vrstevnaté hlinitokřemičitany (slídy) a uhličitan (vápenec a těživec). U reaktoplastů jde použít práškový kov nebo cement (např. příprava tmelů z epoxidových pryskyřic. Pro zlepšení kluzných vlastností a zvýšení odolnosti proti otěru je možno kombinovat částice bronz (vyztužují materiál) s částicemi grafitu nebo sulfidu molybdenu (zlepšují kluzné vlastnosti).
- **částicové kompozity s kovovou nebo keramickou maticí** – pokud do kovové matrice vpravíme určitý počet malých tvrdých částic, dojde ke zvýšení tvrdosti, meze kluzu a pevnosti. Technologii práškové metalurgie je takto vyráběn disperzně zpevněný hliník, který je označován SAP. Vyrábí se smícháním prášku AL a  $AL_2O_3$  nebo může být hliník zpevňován částicemi oxidů zirkonia, thoria, iridia. Disperze oxidů se využívá také v materiálech pro topné odpory, kontakty v elektrotechnice a pro povlaky palivových článků v jaderných reaktorech.

#### 6.1.2 Zpevnění vlákny (vláknové kompozity)

Vlákna se ukládají do kovových, keramických, skleněných, uhlíkových nebo plastových matic. Používají se vlákna nekovová (skleněná, uhlíková, plastová, keramická), kovová (tenké dráty z uhlíkových i chromniklových ocelí, wolframové i titanové drátky, apod.) a zvláště tenká vlákna o vysokých mechanických hodnotách tzv. **whiskery**. Whiskery mají tloušťku 1 až 2  $\mu m$  a vyrábějí se z oxidu hlinitého, grafitu, karbidu křemíku i železa. Zpevnění matrice se provádí:

- **Kontinuálními vlákny** – jsou jednostranně orientované a výsledkem je pevnost v tahu v podélném směru mnohonásobně vyšší než ve směru kolmém na podélnou osu
- **Diskontinuálními vlákny** – vlákno neprochází celou délkou kompozitu, ale zpevnění je způsobeno více vlákny. Nevýhodou je nižší únosnost konců kompozitu, neboť je na nich narušena vazba mezi materiálem a vloženým vláknem. Pevnost těchto kompozitů je nižší

než s kontinuálními vlákny. Výjimku tvoří whiskery, které jsou diskontinuální, avšak mnohem tenčí než kontinuální vlákna, a proto se pomocí nich dosahuje nejlepších pevnostních výsledků.

Pro dosažení vysoké pevnosti kompozitů je nutná dobrá smáčivost vláken s materiálem matrice a jejich chemická stálost. Proto se vlákna někdy potahují jemným povlakem z vhodného materiálu. Kovová matrice nesmáčí keramické whiskery, proto se např. vlákna  $AL_2O_3$  povlékají před použitím v kompozitu niklem.

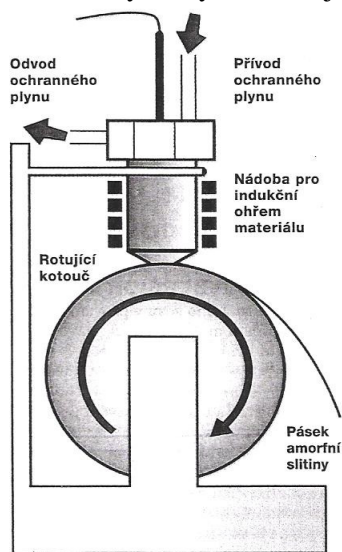
## 6.2 Kovová skla

Kovy jsou materiály s krystalickou strukturou. Tato struktura ovšem není jediná, existují materiály s nekystalickou tedy **amorfní** strukturou podobající se struktuře kapalin. Typickým příkladem je sklo.

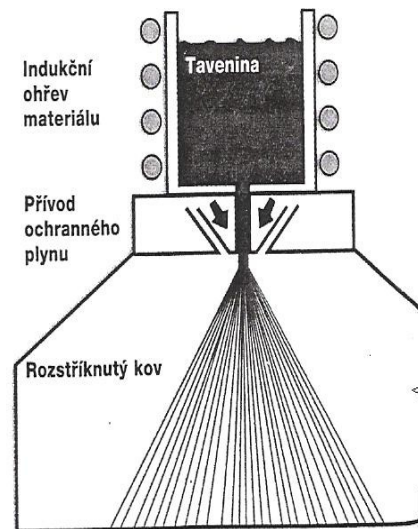
Kovové sklo je tedy nekystalická látka na bázi kovů připravovaná velmi rychlým ochlazením (tzv. zamrznutím) taveniny, aby byla znemožněna krystalizace. Rychlost chlazení se pohybuje v rozmezí  $10^4 - 10^6$  K/s oproti běžnému chlazení  $10^{-3} - 10^0$  K/s. Takovými rychlostmi nelze chladit velkou vrstvu nebo objem roztaveného kovu, proto obvykle získáváme amorfní slitiny ve formě prášků nebo tenkých pásků, u nichž je alespoň jeden rozměr malý.

Roztavená slitina je rozstříkována tlakovým plynem nebo vodou na drobné kapky, které okamžitě tuhnou a výsledkem je prášek obr.

Pro získání pásku amorfní slitiny je využíváno zařízení, v němž je roztavená slitina vytlačována tryskou na rychle rotující chladicí kotouč. Důležité je, aby vzdálenost ústí trysky od kotouče byla velmi malá, řádově 0,1 – 0,3 mm. Rychlost rotace chladícího kotouče musí být naopak velmi vysoká, běžné obvodové rychlosti jsou vyšší než 100 km/hod. Chladicí kotouče bývají obvykle vyráběny ze speciálních slitin mědi a zaručují výborný odvod tepla z chladnoucího kovu a dostatečnou pevnost nutnou pro bezpečný provoz zařízení. Chladicí kotouč o průměru 300 mm a tloušťce 30 mm byl vyroben ze speciální slitiny, tzv. chrom-zirkoniového bronzu. Zařízení produkuje pásy o šířce 10 mm a tloušťce méně než 0,1 mm. Větší komerční systémy ve světě jsou schopny vyrábět amorfní pásy o šířce až 50 mm.



Obr. 6.1 Postup výroby pásku amorfní slitiny



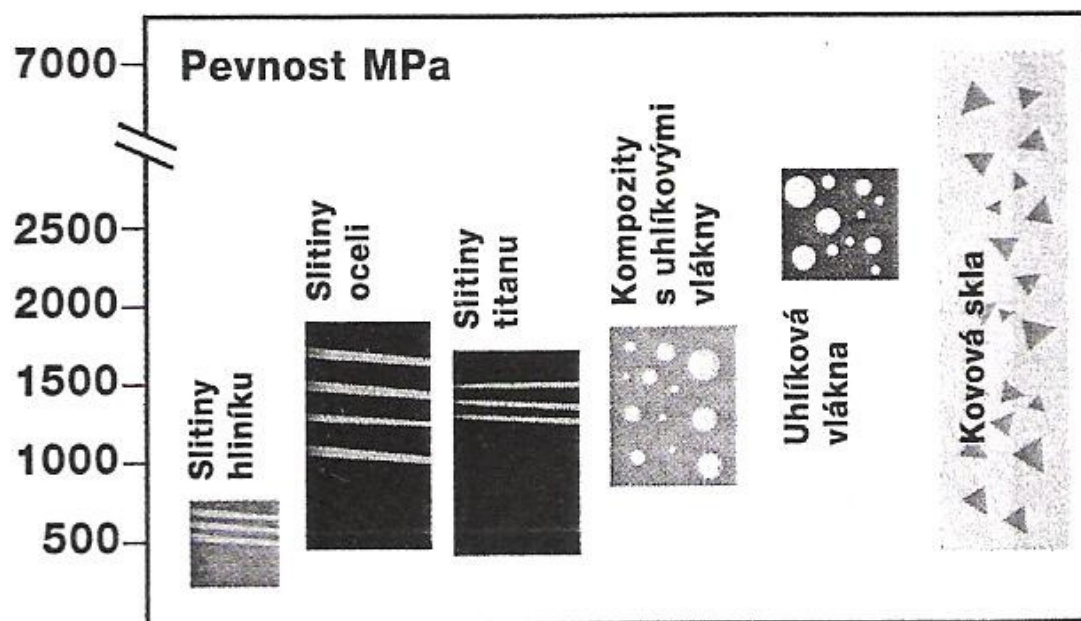
Obr. 6.2 Výroba prášku amorfní slitiny

## 7.2.1 Vlastnosti a použití kovových skel

Slitiny, u nichž se nám podaří vytvořit rychlým ochlazením z roztaveného stavu amorfní strukturu, mají velmi zajímavé vlastnosti.

Na prvním místě je jejich magnetické chování. Amorfní slitiny železa, niklu a kobaltu s prvky, jako je bor, fosfor, křemík nebo uhlík se vyznačují velmi „měkkým“ magnetickým chováním. To znamená, že velmi snadno a účinně reagují na změny magnetického pole, kterému jsou vystaveny. Toho se využívá především u elektrických transformátorů. Japonské firmy vyrábějí z kovových skel na bázi kobaltu magnetofonové hlavy s vysokou reprodukční schopností a delší životností.

Další atraktivní vlastností amorfních slitin je jejich extrémní pevnost a tvrdost, která je využívána pro výrobu vysoce ořezuvzdorných povlaků nebo výztuží silně namáhaných konstrukcí. U některých kovových skel na bázi chromu, niklu nebo molybdenu byly zjištěny pevnosti téměř čtyřnásobné v porovnání s nejpevnějšími oceli nebo slitinami titanu



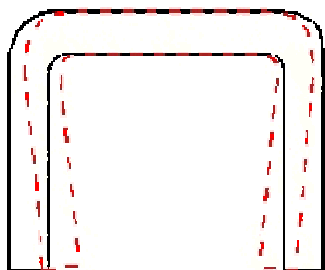
Obr. 6.3 Srovnání pevnosti kovových skel s ostatními materiály

### 6.3 Slitiny s paměťovými vlastnostmi (SMA)

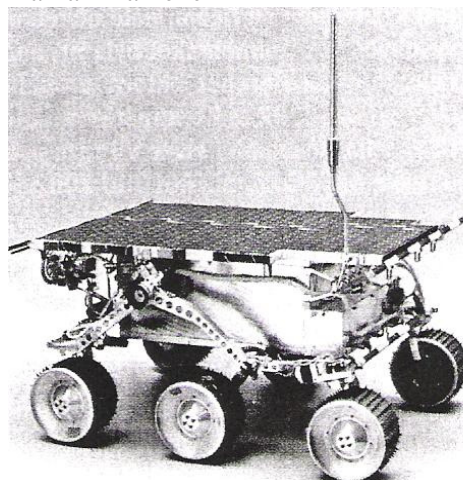
Termín slitiny s tvarovou pamětí ( shape memory alloys ) se používá na tu skupinu převážně kovových materiálů, která vykazuje schopnost vrátit se do dříve definovaného tvaru, je-li materiál vystaven vhodné tepelné úpravě. Všeobecně tyto materiály mohou být plasticky deformovány při určité nízké teplotě a při vystavení nějaké určité vyšší teplotě se vrátí ke tvaru předcházejícímu deformaci. Vykazují-li materiály tvarovou paměť pouze při ohřívání, říkáme, že mají **jednocestnou tvarovou paměť**. Některé materiály prodělávají i změnu tvaru při opětném ochlazení. Tyto materiály nazýváme materiály s **dvoucestnou tvarovou pamětí**. Užívané efekty tvarové paměti jsou zotavení tvaru (ZT), vratný tvarově paměťový jev (VJ) a pseudoelastická (PSE).

#### 6.3.1 Praktické použití

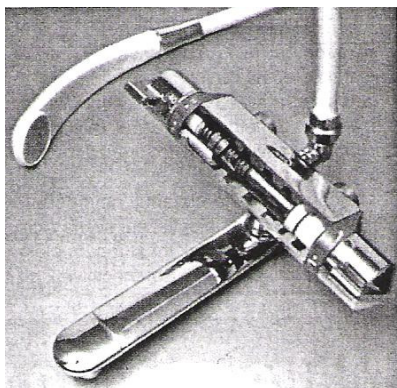
- v automobilové technice – běh chladicí vody, větrání, hydraulika, ochranné kryty světlometů a mlhovek, převodový mechanismus (VJ), tlumicí prvky (PSE),
- v datové technice – zásuvné spoje (ZT,VT), mechanika pevných disků (VJ)
- v lékařství – implantáty (ZT), endoskopie (VJ), zubní sponky, osteosyntetické skobičky pro fixaci zlomenin, umělé pásy na kostech, sítky ve tvaru trubiček pro aplikaci v cévách, lokalizační přístroje (PSE)
- v letecké a kosmické technice – otevírací mechanismy, trubkové spojky(ZT), např. spojky hydraulického systému letounů F-14, spojovací prvky (VJ), těsnicí prvky (PSE),
- v energetice – ochrana proti přehřátí a přetížení (ZT, VJ), navádění solárních kolektorů, solární čerpadlo, tepelné motory při využívání odpadního tepla (VJ - využívá se schopnost přeměňovat tepelnou energii na mechanickou).
- v dalších oblastech - výroba nýtů s přístupem jen z jedné strany ZT), hračky (VJ), brýle (PSE), aktivní pohonné jednotky, např. tyče k lámání kamene



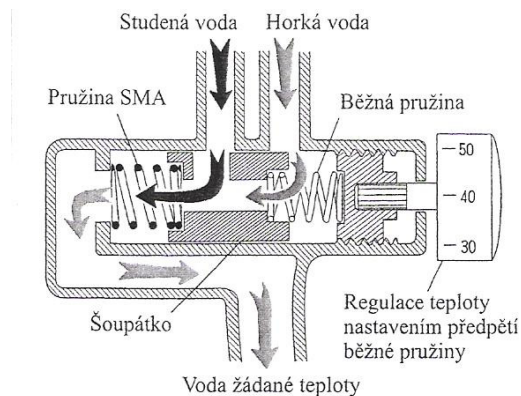
Obr. 6.4 Tvar deformované a nedeformované osteosyntetické skobičky.



Obr. 6.5 Marsovské vozítko – Mars Pathfinder – bylo vybaveno detektorem dopadajícího marťanského prachu, pohyb byl zajištěn elektricky zahříváním SMA drátkem



Obr. 6.6 Směšovací vodovodní baterie



Obr. 6.7 Schéma termostatické směšovací vodovodní baterie využívající pružinu slitiny z NiTi

### 6.3.2 Perspektivy SMA

Vysoký poměr výkon/hmotnost staví tyto materiály na jedno z prvních míst při použití v mikrotechnice – již jsou zhotovovány mikroventily a mikropumpy o rozměrech několika mm a řada dalších i menších prvků je ve stadiu vývoje. Podstatnou výhodou SMA materiálů je, že i při dalším zmenšování rozměrů jednotlivých prvků zůstávají zachovány v plné míře jejich unikátní vlastnosti a plná funkčnost. Navíc jsou již zvládnuty technologie přípravy SMA ve formě tenkých vrstev, jejich sváření, laserové řezání a další, které mohou být použity i na prvky o velikosti skutečně mikroskopické. Cena materiálu SMA je sice vysoká, ale v miniaturních zařízeních nepodstatná vzhledem k ceně výsledného produktu.



1. Jaká je podstata kompozitu?
2. Co je to matrice a z jakých materiálů se používají?
3. Jaké mohou být druhy výztuží v kompozitech?
4. Jaký je princip kovového skla a jaké jsou jeho výhodné vlastnosti?
5. K čemu se používají slitiny s paměťovými vlastnostmi?

## 7 Tepelné zpracování kovů



amorfní, polymorfní, ferit, austenit, cementář, martenzit, bahnit, překrystalizace



Cílem této kapitoly je, abych pochopil význam tepelného zpracování, pochopil vnitřní stavbu kovů a dokázal rozlišit jednotlivé druhy tepelného zpracování. Dále věděl, jak se tepelná zpracování provádí a k čemu slouží.



6 vyučovacích hodin + 12 hodin domácí přípravy



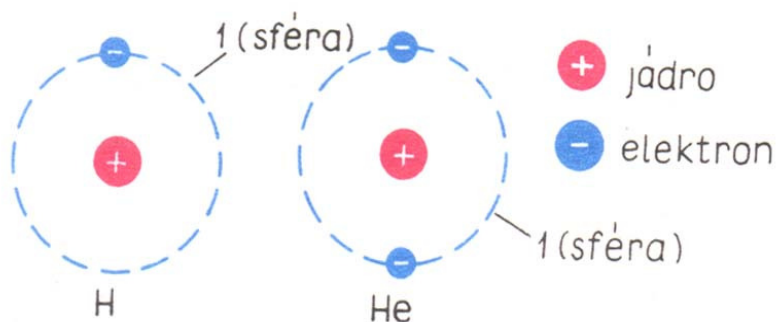
### 7.1 Základy metalografie

#### 7.1.1 Vnitřní stavba kovů a slitin

Všechny látky jsou složeny z prvků, z nichž většina má charakter kovů. Tak jako se text tohoto dokumentu skládá z písmen, tak se také veškerá hmota skládá ze základních částíček – **atomů**. Je tolik druhů atomů, kolik je prvků.

Atomy jsou složité útvary, které se skládají z elektricky nabitých částic (kladně, záporně, elektricky neutrální částice). Atom se skládá z kladně nabitého **jádra**, které se skládá z **protonů** a **neutronů** a je v něm prakticky soustředěna veškerá hmota atomu. Kolem jádra obíhají záporně nabitě **elektrony**, jejichž celkový záporný náboj se rovná kladnému náboji jádra, takže atom se jeví jako elektroneutrální celek.

Elektrony jsou rozloženy kolem jádra ve slupkách (sférách). Existuje celkem 7 sfér, které značíme arabskými číslicemi 1 až 7. Nejbliže jádra je sféra 1, nejdále sféra 7. Energie sfér je různá a se vzdáleností od jádra se zvětšuje. Z elektronového obalu se nejsnáze uvolňují elektrony z poslední sféry. Mají největší energii a přitom jsou nejméně přitahovány k jádru. Nazývají se **valenční elektrony**. Jsou příčinou chemické slučivosti prvků.



Obr. 7.1 Schéma atomové stavby prvků vodíku a helia

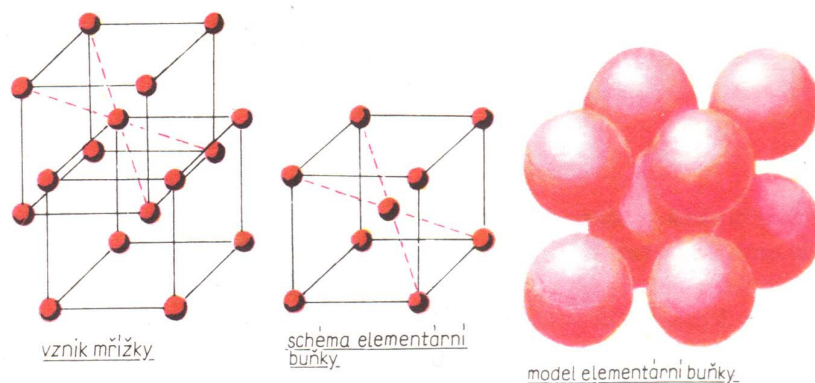


### 3.1.1 Krystalová mřížka

Veškeré kovy a jejich slitiny, s výjimkou rtuti, jsou za normálních teplot látkami krystalickými. V tuhých látkách zauímají atomy jakési střední polohy, kolem kterých kmitají, a to v závislosti na teplotě. Přebíhá-li látka ze stavu kapalného do stavu tuhého, je tato změna skupenství doprovázena jednak objemovými změnami, jednak změnami v uspořádání a pohyblivosti atomů.

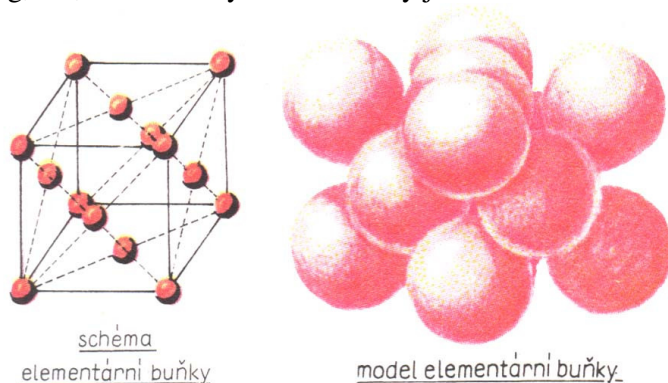
Vnitřní síly řadí atomy a molekuly ve zcela přesném pořadí, takže postupně vzniká krystal. Tvary těchto mřížek krystalů jsou různé:

**a) mřížka krychlová prostorově středěná** – je tvořena **9** atomy, z nichž osm tvoří rohy pomyslné krychle a devátý je umístěn v průsečku tělesových úhlopříček. V této soustavě krystalizuje 13 kovů: Fe $\alpha$  a Fe $\delta$ , Cr, Li, K, Mo, Na, Ta, W, V, Rb, Cs, Ba, Nb. Většinou jde o kovy, které jsou za studena málo plastické.



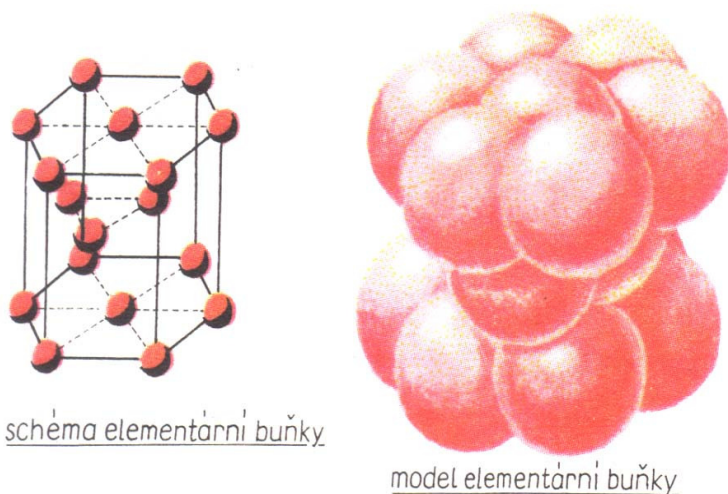
Obr. 7.2 Krychlová prostorově středěná mřížka

**b) mřížka krychlová plošně středěná** – je tvořena **14** atomy, kdy šest atomů je umístěno ve středech stěn a osm v rozích krychle. Je to uspořádání mnohem těsnější než u mřížky předchozí. V této soustavě krystalizují tyto kovy: Fe $\gamma$ , Ca $\alpha$ , Sr, Al, Rh, Ir, Ni, Pd, Pt, Cu, Ag, Au, Pb. Všechny uvedené kovy jsou velmi tvárné



Obr. 7.3 Krychlová plošně středěná mřížka

c) **mřížka šesterečná** – obsahuje celkem 17 atomů a krystal má podobu šestibokého hranolu. Atomy jsou umístěny v rozích, ve středech obou základů a tři atomy leží uvnitř elementární buňky. V této soustavě krystalizují např.: Zn, Cd, Mg, Be, Ti, Zr, Co, Ru a další.



Obr. 7.4 Šesterečná mřížka

Některé kovy a slitiny mohou mít za různých teplot různou mřížku. Změnou mřížky se změni i jejich vlastnosti. Tuto změnu mřížek nazýváme **překrystalizací** nebo **alotropickou** přeměnou, jev označujeme jako **polymorfii**. Kovy mající tuto vlastnost označujeme jako kovy alotropické, polymorfní. Jednotlivé krystalické stavy nazýváme **modifikacemi** a označujeme je řeckými písmeny. Modifikaci, která je stálá při teplotě okolí, označujeme  **$\alpha$** . Další modifikace, které jsou stálé při vyšších teplotách, označujeme  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  atd. Jako příklad polymorfní látky je možno uvést fosfor, který se vyskytuje jednak jako bílý – jedovatý a červený – nejedovatý. Obě modifikace jsou tvořeny stejnou látkou (podobně jako uhlík, který se vyskytuje jako grafit, diamant nebo saze).

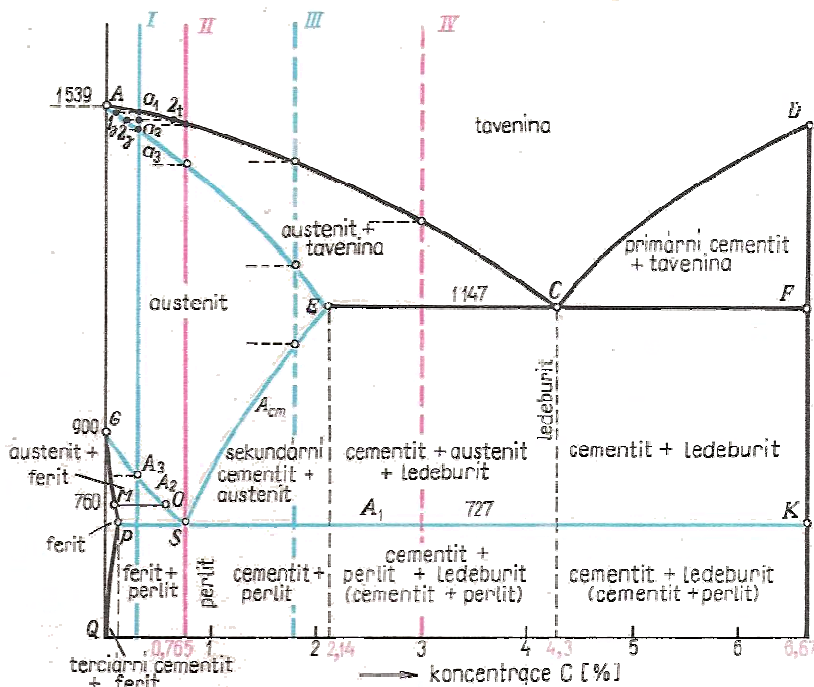
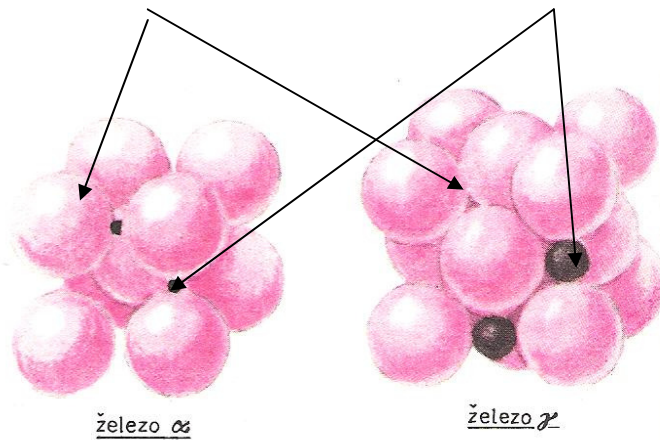
### 7.1.2 Polymorfie železa

Až do teploty  $911^{\circ}\text{C}$  je stabilní modifikace  $\text{Fe}\alpha$ , která má krystalickou mřížku devítiatomovou – prostorově středěnou. Za teploty  $911^{\circ}\text{C}$  se mění krystalová struktura  $\text{Fe}\alpha$  na  $\text{Fe}\gamma$ , která má krystalickou mřížku čtrnáctiatomovou – plošně středěnou. Za teploty  $1392^{\circ}\text{C}$  vzniká opět mřížka devítiatomová.

Při  $760^{\circ}\text{C}$  ztácí železo své feromagnetické vlastnosti a tuto hranici označujeme jako Curieův bod.

### 7.1.3 Rovnovážný digram železo-uhlík

# Železo + Uhlík = Ocel

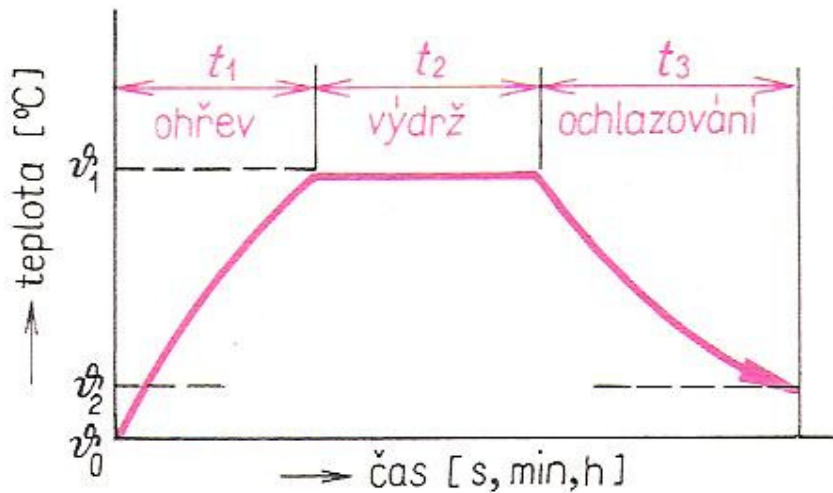


Obr. 7.5 Diagram železo-uhlík

- **Železo α (ferit)** – je měkký, tvárný a za nižších teplot magnetický
- **Železo γ (austenit)** – je tvárný, houževnatý a nemagnetický
- **Cementit** – karbid železa  $\text{Fe}_3\text{C}$  – je to velmi tvrdá a křehká sloučenina železa s uhlíkem
- **Perlit** – je to směs feritu a cementitu

## 7.2 Podstata tepelného zpracování

Podstatou tepelného zpracování ocelí je ohřev na určitou teplotu, výdrž na této teplotě a ochlazování různou rychlostí, která závisí na druhu tepelného zpracování

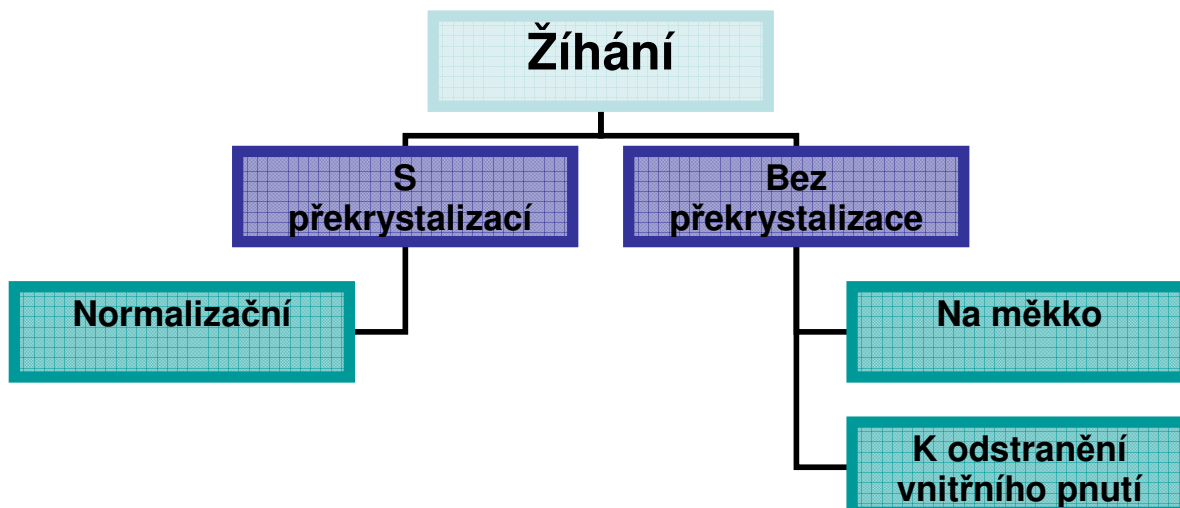


Obr. 7.6 diagram průběhu tepelného zpracování

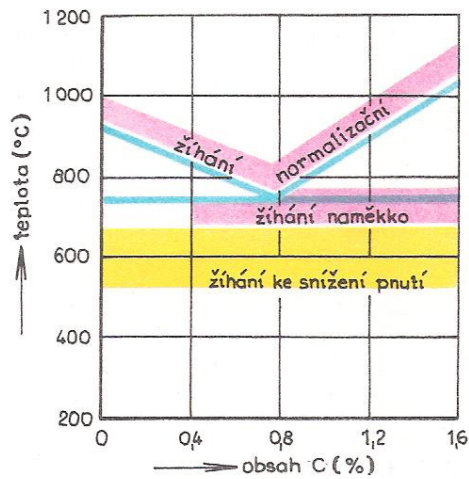
## 7.3 Žihání

Podstatou žihání je ohřev oceli na určitou teplotu danou druhem žihání, výdrž na této teplotě a **pomalé ochlazování**, které se provádí v žihací peci.

### 7.3.1 Druhy žihání

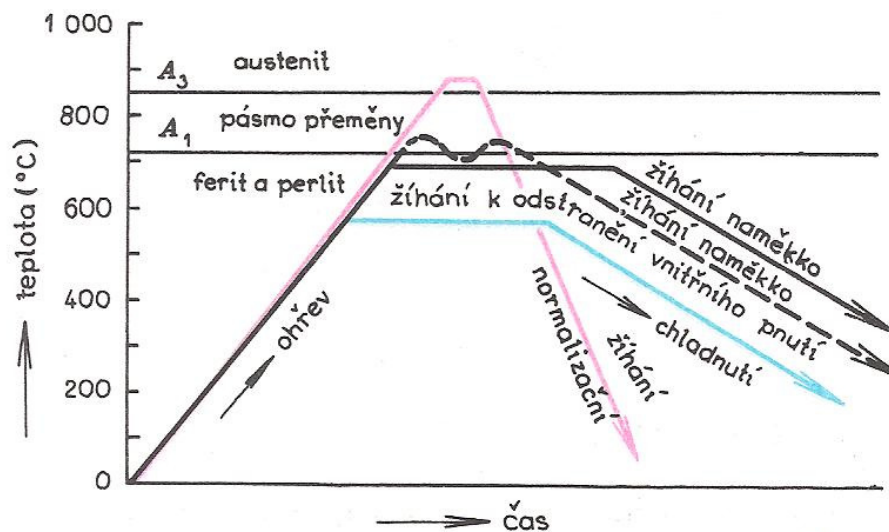


### 7.3.2 Teploty ohřevu jednotlivých druhů žíhání



Obr. 7.7 Diagram teplot jednotlivých druhů žíhání

- **Žíhání na měkko** – ohřev se provádí na teploty kolem 1 292,00°F. Účelem tohoto žíhání je zmenšit pevnost a tvrdost oceli před obráběním nebo tváření oceli.
- **Žíhání k odstranění vnitřního pnutí** - ohřev se provádí na teploty asi 500 – 650°C. Účelem tohoto žíhání je odstranit vnitřní pnutí v oceli, které vzniká svařováním, odléváním nebo tváření za studena.
- **Žíhání normalizační** – materiál se ohřívá na teploty, kdy dochází k překrytalizaci (je to změna krystalové mřížky devítiatomové na čtrnáctiatomovou). Účelem tohoto žíhání je zjemnění struktury zrna v materiálu. Tímto způsobem se žíhají např. ocelové odlitky, které poutáhnutí mají hrubou strukturu zrna.



Obr 7.8 Diagram průběhů jednotlivých druhů žíhání

## 7.4 Kalení a popouštění, povrchové kalení

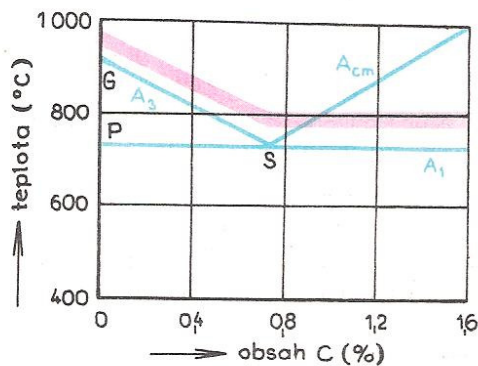
Účelem kalení je zvýšit u ocelí jejich tvrdost. Podstatou kalení je ohřev oceli na určitou teplotu danou druhem žhání, výdrž na této teplotě a **rychlé ochlazení**, které se provádí:

- Ve vodě
- V oleji
- V solných lázních

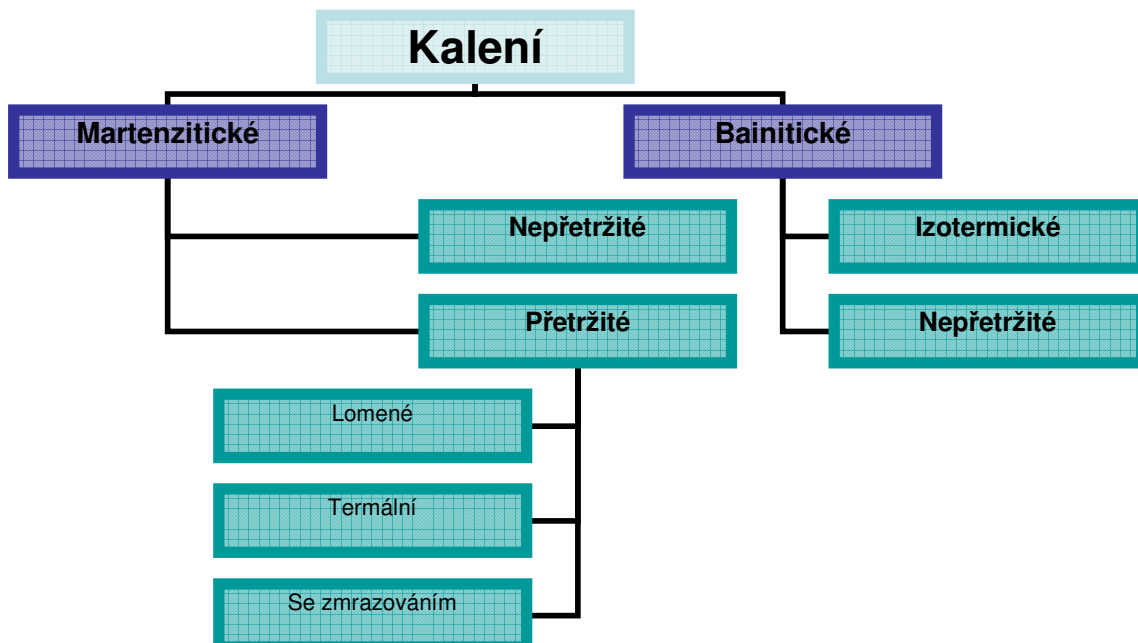
! **Kalitelnost** — je to schopnost materiálu získat kalením požadovanou tvrdost. Závisí na obsahu uhlíku v oceli – čím více je uhlíku tím lépe je ocel kalitelná. Pokud je uhlíku méně než 0,2%, pak tyto oceli považujeme za nekalitelné

! **Prokalitelnost** — je schopnost oceli dosáhnout zakalení do určité hloubky

### 7.4.1 Kalící teploty



### 7.4.2 Druhy kalení



- **Martenzit** – je struktura oceli pozahalení. V tomto případě zůstane uhlík násilně uzavřen v krystalické mřížce železa, která se takto zdeformuje. Takto vzniklá struktura je velmi tvrdá ale zároveň jsou v ní velká vnitřní pnutí a je křehká.
- **Bainit** – tato vzniklá struktura oceli je jehlicovitého tvaru. Není tak tvrdá jako martenzit ale je pevná a houževnatá.
  - **Martenzitické nepřetržité kalení** – materiál se ohřeje na požadovanou teplotu, následuje výdrž na této teplotě a ochlazení ve vodě nebo oleji. Po kalení musí následovat popouštění.
  - **Lomené kalení** – v tomto případě ochlazování probíhá ve dvou lázních. Např. předmět se prudce ochladí ve vodě a pak se volněji dochladí v oleji. Vzniká tak menší vnitřní pnutí a tato metoda se používá u složitějších předmětů.
  - **Termální kalení** – tímto způsobem se snižují pnutí a deformace v kalených předmětech. Součást se ochladí v solné lázni na určitou nižší teplotu a pak se dochlazuje již na vzduchu.
  - **Kalení se zmrazováním** – následuje po martenzitickém kalení, kdy se součást ochlazuje na teploty pod bodem mrazu. Používá se hlavně tam kde je potřeba stabilizovat rozměry součástí ( měřidla, valivá ložiska apod.)
  - **Bainitické nepřetržité kalení** – je podobné jako u martenzitického a le rychlost ochlazování je jiná aby vznikl bainit a ne martenzit.
  - **Izotermické kalení** – při tomto kalení má ochlazování opět dvě fáze. První ochlazení v solné lázni a pak dochlazování na vzduchu. Hodí se pro středně prokalitelné oceli. V některých případech se takto zakalená součást již nemusí popouštět.

### 7.4.3 Popouštění

Popouštění neohřev zakalené oceli na teplotu menší než je teplota překrystalizace a následné ochlazení na teplotu okolí. Takto se u zakalené oceli mírně sníží tvrdost ale zvýší se houževnatost ( součást není tak křehká). Popouštění se provádí ihned po zakalení, kdy je riziko praskání oceli největší.

Druhy popouštění:

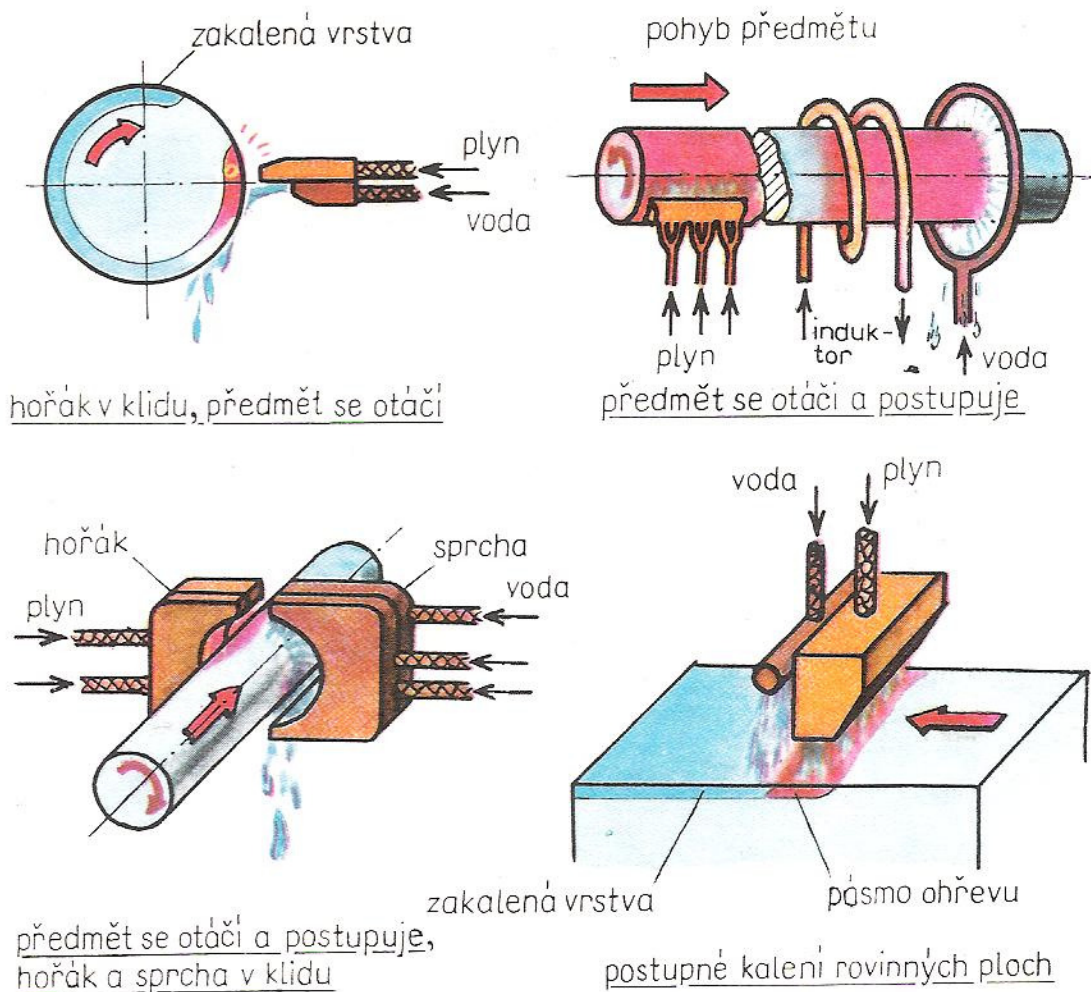
- **Popouštění při nízkých teplotách** – spočívá v ohřevu na teplotu asi 250°C a ochlazení. Účelem je zmenšit vnitřní pnutí a zlepšit houževnatost.
- **Popouštění při vysokých teplotách** – spočívá v ohřevu na teplotu 450°C a ochlazení. Účelem je získat lepší strukturu materiálu s velkou houževnatostí.

### 7.4.4 Povrchové kalení

Při tomto kalení se zakalí povrch součásti do hloubky asi 2-3 mm a jádro součásti zůstane houževnaté. Povrch se rychle ohřeje na požadovanou teplotu a ihned za hořákem vodní sprcha povrch součásti prudce ochladí.

Ohřev se provádí:

- **Plamenovým hořákem**
- **Pomocí induktoru**



Obr. 7.9 Způsoby ohřevu a ochlazení při povrchovém kalení



1. Jaká je podstata tepelného zpracování. Nakresli průběh tepelného zpracování
2. Jak se provádí kalení a jaké druhy kalení znáš ?
3. Vysvětli pojmy
  - Kalitelnost.....
  - Prokalitelnost.....

a vysvětli které oceli jsou kalitelné a které ne.

4. Jak se provádí žíhání a jaké znáš druhy?
5. Jak se provádí povrchové kalení a jaké znáš zařízení pro ohřev?



## 8 Chemicko-tepelné zpracování



cementování, nitridování, nitrocementování,



Cílem této kapitoly je, abych pochopil význam chemicko-tepelného zpracování a dokázal rozlišit jednotlivé druhy tohoto zpracování. Dále věděl, jak se chemicko-tepelná zpracování provádí a k čemu slouží.

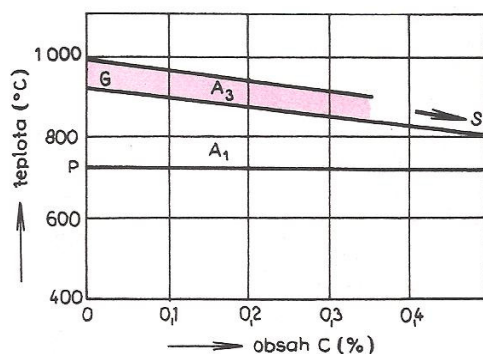


2 vyučovací hodiny + 4 hodiny domácí přípravy

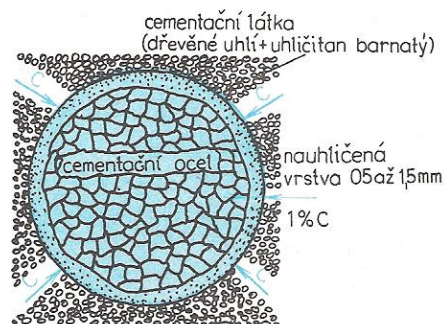


### 8.1 Cementování

Při cementování se povrch součásti z nízkouhlíkové oceli sytí uhlíkem při teplotách kolem 800 – 900°C. Pak se povrchově zakalí čímž vznikne součást s tvrdým povrchem a houževnatým jádrem. Cementovaná vrstva bývá 0,5-1 mm.



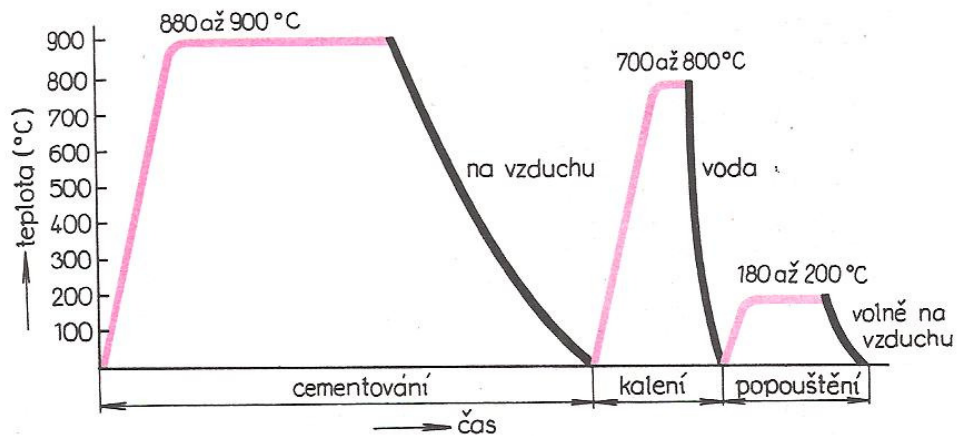
Obr. 8.1 Diagram teplot při cementování



Obr. 8.2 Princip cementování

Cementuje se:

- **Tuhém prostředí** – součást se vloží do litinové krabice a zasypou se práškem, který se skládá z dřevěného uhlí a uhlíčitánu barnatého. Pak se krabice zavře a vloží se do pece, kde se ohřeje na příslušnou teplotu.
- **Kapalném prostředí** – součást se ponoří např. do lázně kyanidu. Tento způsob je mnohem rychlejší než v tuhém prostředí
- **Plynném prostředí** – součást se sytí uhlíkem v prostředí naplněném oxidem uhelnatým

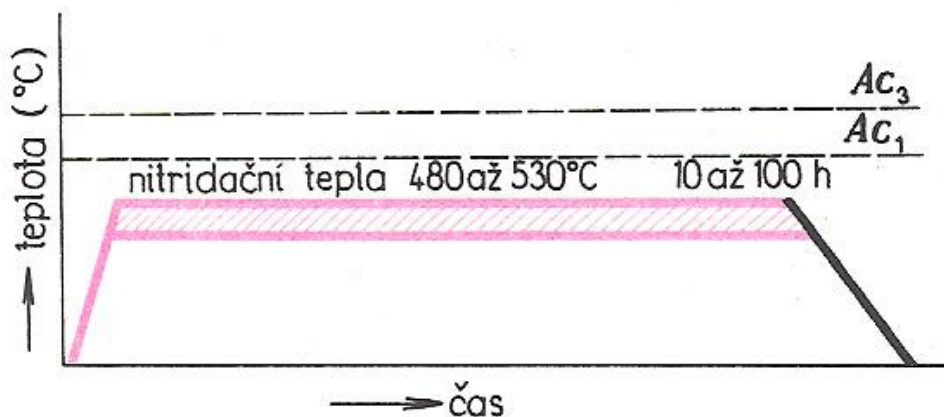


Obr. 8.3 Diagram průběhu celého procesu při cementování

## 8.2 Nitridování

Je to povrchové sycení legovaných ocelí dusíkem. Dusík vytváří s legujícími kovy na povrch velmi tvrdé sloučeniny, které se nazývají **nitridy**.

Součást se vkládá do pece, která je ohřátá asi na 500°C a do pece se vhání čpavek, který se teplem rozkládá a tak vzniká dusík.



Obr. 8.4 Průběh nitridování

### 8.2.1 Výhody nitridování

- Větší tvrdost povrchu než při cementování
- Po nitridování se již nemusí kalit

### 8.2.2 Nevýhoda nitridování

- Dražší způsob než cementování, protože tloušťka nitridované vrstvy 0,3mm trvá asi 30 hodin

### 8.3 Nitrocementování

Tvoří přechod mezi cementováním a nitridováním. Jde o současné sycení povrchu oceli uhlíkem a dusíkem. Provádí se buď v plynné atmosféře při teplotě 820-860°C, nebo v kyanidové solné lázni o teplotě 800-850°C. Po nasycení povrchu následuje ihned kalení.



1. Vysvětli co je to cementování a jak se provádí?
2. Vysvětli co je to nitridování a jak se provádí?
3. Vysvětli co je to nitro-cementování a jak se provádí?

## 9 Obsah

<b>1</b>	<b>PŘEHLED DOPROVODNÝCH ZNAČEK .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>POJMY STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE – ÚVOD DO PŘEDMĚTU.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>NEŽELEZNÉ KOVY A JEJICH SLITINY .....</b>	<b>4</b>
3.1	ROZDĚLENÍ NEŽELEZNÝCH KOVŮ .....	4
3.1.1	<i>Rozdělení podle hustoty.....</i>	4
3.1.2	<i>Rozdělení podle teploty tání.....</i>	4
3.1.3	<i>Rozdělení a základní vlastnosti neželezných kovů.....</i>	5
3.2	KOVY S NÍZKOU TEPLOTOU TÁNÍ .....	6
3.2.1	<i>Olovo.....</i>	6
3.2.2	<i>Cín.....</i>	6
3.2.3	<i>Zinek.....</i>	6
3.2.4	<i>Kadmium .....</i>	6
3.3	LEHKÉ KOVY .....	7
3.3.1	<i>Hliník.....</i>	7
3.3.2	<i>Hořčík.....</i>	8
3.3.3	<i>Titan .....</i>	8
3.4	KOVY SE STŘEDNÍ TEPLOTOU TÁNÍ .....	9
3.4.1	<i>Měď.....</i>	9
3.4.2	<i>Nikl.....</i>	11
3.4.3	<i>Kobalt.....</i>	12
3.4.4	<i>Mangan .....</i>	12
3.5	UŠLECHTILÉ KOVY.....	12
3.5.1	<i>Stříbro .....</i>	12
3.5.2	<i>Zlato .....</i>	12
3.5.3	<i>Platina.....</i>	12
3.6	TĚŽKOTAVITELNÉ KOVY .....	12
3.6.1	<i>Chrom.....</i>	12
3.6.2	<i>Vanad.....</i>	12
3.6.3	<i>Wolfram.....</i>	13
3.6.4	<i>Tantal .....</i>	13
3.7	SKUPINA ROZTROUŠENÝCH A RADIOAKTIVNÍ KOVY.....	13
3.7.1	<i>Roztroušené kovy.....</i>	13
3.7.2	<i>Radioaktivní kovy.....</i>	13
<b>4</b>	<b>PRÁŠKOVÁ METALURGIE .....</b>	<b>15</b>
4.1	VÝROBA KOVOVÝCH PRÁŠKŮ .....	15
4.2	PODSTATA PRÁŠKOVÉ METALURGIE .....	17
4.3	DRUHY A POUŽITÍ SLINOVANÝCH MATERIÁLŮ .....	17
4.3.1	<i>Trvalé magnety.....</i>	17
4.3.2	<i>Wolframové kontakty.....</i>	17
4.3.3	<i>Samomazná ložiska .....</i>	17
4.3.4	<i>Kovové filtry.....</i>	17
4.3.5	<i>Keramické spojkové a brzdové obložení.....</i>	17
4.3.6	<i>Slinuté karbidy .....</i>	17
<b>5</b>	<b>NEKOVOVÉ TECHNICKÉ MATERIÁLY .....</b>	<b>19</b>
5.1	ROZDĚLENÍ NEKOVOVÝCH TECHNICKÝCH MATERIÁLŮ .....	19
5.2	VLASTNOSTI A POUŽITÍ PLASTŮ .....	20
5.2.1	<i>Rozdělení plastů .....</i>	20
5.2.2	<i>Výroba plastů .....</i>	20
5.2.3	<i>Obecné vlastnosti plastů.....</i>	21
5.2.4	<i>Vlastnosti a použití jednotlivých druhů plastů .....</i>	21
5.3	VLASTNOSTI A POUŽITÍ DŘEVA .....	26

5.3.1	Vlastnosti dřeva.....	26
5.3.2	Struktura dřeva.....	27
5.3.3	Použití některých dřevin.....	27
5.3.4	Konstrukční desky ze dřeva.....	27
5.4	VLASTNOSTI A POUŽITÍ SKLA.....	28
5.4.1	Výroba skla.....	28
5.4.2	Druhy skla podle použití.....	28
5.4.3	Použití skla.....	28
5.5	VLASTNOSTI A POUŽITÍ TECHNICKÉ KERAMIKY.....	29
5.5.1	Porcelán.....	29
5.5.2	Kamenina.....	29
5.5.3	Čedič.....	29
5.6	VLASTNOSTI A POUŽITÍ PRYŽE.....	29
5.7	VLASTNOSTI A POUŽITÍ KŮŽE.....	31
5.8	VLASTNOSTI A POUŽITÍ TEXTILÍ.....	31
5.8.1	Druhy textílií.....	31
5.8.2	Plst.....	31
5.8.3	Plachtoviny.....	32
5.8.4	Filtrační tkaniny.....	32
5.8.5	Obalové tkaniny.....	32
5.8.6	Kord.....	32
5.8.7	Šňůry a lana.....	32
5.9	VLASTNOSTI A POUŽITÍ BRUSIVA.....	32
5.10	VLASTNOSTI A POUŽITÍ MAZIV.....	32
5.10.1	Druhy maziv.....	33
5.10.2	Rostlinné oleje.....	33
5.10.3	Živočišné tuky.....	33
5.10.4	Minerální maziva.....	33
<b>6</b>	<b>NOVODOBÉ MATERIÁLY.....</b>	<b>35</b>
6.1	KOMPOZITY.....	35
6.1.1	Zpevnění samostatnými částicemi (částicové kompozity).....	35
6.1.2	Zpevnění vláknou (vláknové kompozity).....	35
6.2	KOVOVÁ SKLA.....	36
6.3	SLITINY S PAMĚŤOVÝMI VLASTNOSTMI (SMA).....	38
6.3.1	Praktické použití.....	38
6.3.2	Perspektivy SMA.....	39
<b>7</b>	<b>TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ KOVŮ.....</b>	<b>40</b>
7.1	ZÁKLADY METALOGRAFIE.....	40
7.1.1	Vnitřní stavba kovů a slitin.....	40
<b>3.1.1</b>	<b>KRYSTALOVÁ MŘÍŽKA.....</b>	<b>41</b>
7.1.2	Polymorfie železa.....	42
7.1.3	Rovnovážný diagram železo-uhlík.....	43
7.2	PODSTATA TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ.....	44
7.3	ŽÍHÁNÍ.....	44
7.3.1	Druhy žíhání.....	44
7.3.2	Teploty ohřevu jednotlivých druhů žíhání.....	45
7.4	KALENÍ A POPOUŠTĚNÍ, POVRCHOVÉ KALENÍ.....	46
7.4.1	Kalící teploty.....	46
7.4.2	Druhy kalení.....	46
7.4.3	Popouštění.....	47
7.4.4	Povrchové kalení.....	47
<b>8</b>	<b>CHEMICKO-TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ.....</b>	<b>49</b>
8.1	CEMENTOVÁNÍ.....	49
8.2	NITRIDOVÁNÍ.....	50

8.2.1	<i>Výhody nitridování</i> .....	50
8.2.2	<i>Nevýhoda nitridování</i> .....	50
8.3	NITROCEMENTOVÁNÍ.....	51
<b>9</b>	<b>OBSAH</b> .....	<b>52</b>