

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA FAKULTA STROJNÍ



VLASTNOSTI A ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ

**NEŽELEZNÉ KOVY A KERAMICKÉ MATERIÁLY. VLASTNOSTI,
STRUKTURA, ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ, TECHNICKÉ APLIKACE**

doc. Ing. Halama Radim, Ph.D.
Ing. František Fojtík, Ph.D.
Ing. Martin Fusek, Ph.D.
Ing. Jaroslav Rojíček, Ph.D.
Dr. Ing. Ludmila Adámková

Ostrava 2013

© doc. Ing. Halama Radim, Ph.D., Ing. František Fojtík, Ph.D., Ing. Martin Fusek, Ph.D., Ing.
Jaroslav Rojíček, Ph.D., Dr. Ing. Ludmila Adámková

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3027-8



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1 NEŽELEZNÉ KOVY A KERAMICKÉ MATERIÁLY. VLASTNOSTI, STRUKTURA, ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ, TECHNICKÉ APLIKACE	3
1.1 ÚVOD.....	4
1.1.1 Rozdělení neželezných kovů a slitin.....	4
1.1.2 Neželezné kovy s nízkou teplotou tání	4
1.1.3 Slitiny nízkotavitelných kovů	5
1.1.4 Hliník a slitiny hliníku.....	5
1.1.5 Hořčík a slitiny hořčíku	7
1.1.6 Měď a slitiny mědi.....	7
1.1.7 Nikl a slitiny niklu	9
1.1.8 Titan a slitiny titanu	9
1.1.9 Kovy a slitiny s vysokou teplotou tání	10
1.2 Superplastické materiály	10
1.3 Keramické materiály a anorganická nekovová skla.....	11
1.3.1 Keramické materiály.....	11
1.3.2 Anorganická nekovová skla.....	13
2 POUŽITÁ LITERATURA.....	14



1 NEŽELEZNÉ KOVY A KERAMICKÉ MATERIÁLY. VLASTNOSTI, STRUKTURA, ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ, TECHNICKÉ APLIKACE



OBSAH KAPITOLY:

Neželezné kovy a slitiny. Základní rozdělení. Využití ve strojírenství.

Superplastické materiály.

Keramické materiály. Základní rozdělení. Využití ve strojírenství.



MOTIVACE:

Ve strojírenském průmyslu jsou kromě železa a jeho slitin často používány i jiné materiály. Tato přednáška se věnuje problematice neželezných kovů a jejich slitin a keramickým materiálům.



CÍL:

Neželezné kovy a slitiny - Základní rozdělení, využití ve strojírenství.

Superplastické materiály.

Keramické materiály - Základní rozdělení, využití ve strojírenství.



1.1 ÚVOD

V technické praxi se často používají materiály, které mají na rozdíl od železa a jeho slitin určité specifické vlastnosti, např. nízkou hustotu, nízkou anebo vysokou teplotu tání, dobré magnetické vlastnosti apod. V této kapitole se zaměříme na dvě základní skupiny materiálů, a to neželezné kovy a keramické materiály.



Audio 1.1

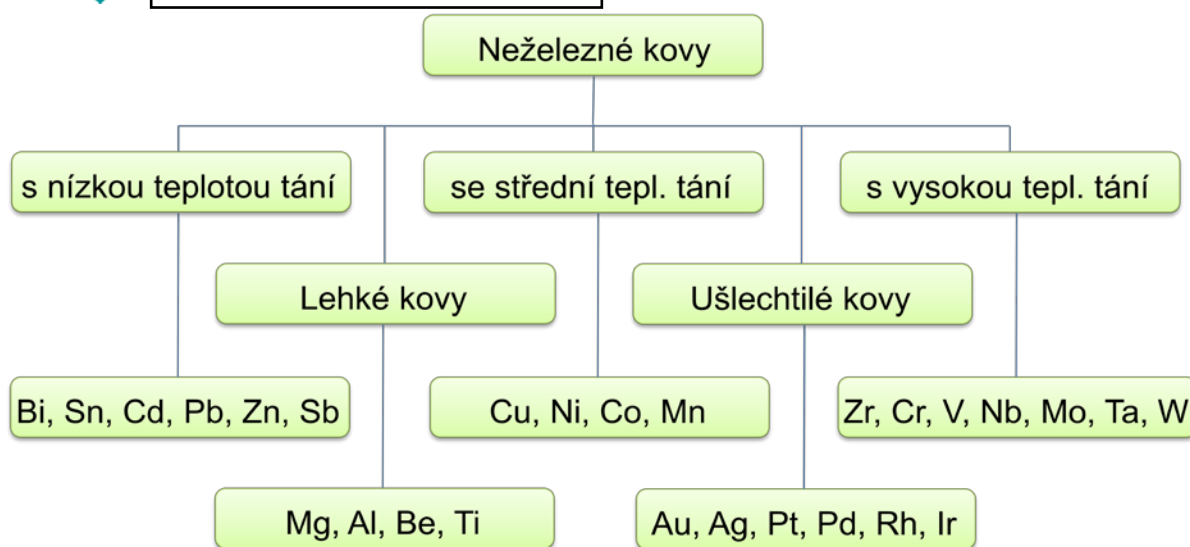
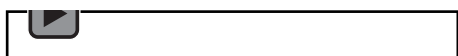


1.1.1 Rozdělení neželezných kovů a slitin

K neželezným kovům patří všechny kovy s výjimkou železa a jeho slitin. Jako kritérium pro rozdělení do skupin se volí teplota tání s přihlédnutím na další vlastnosti (hustota, chemická stálost). Rozdělení neželezných kovů je uvedeno v obr. 1. V dalším textu se zejména zaměříme na kovy, které mají největší využití ve strojírenském průmyslu.



Audio 1.2



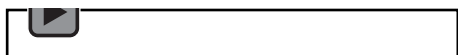
Obrázek 1 Rozdělení neželezných kovů

1.1.2 Neželezné kovy s nízkou teplotou tání

K těmto kovům patří zejména cín, olovo, zinek a antimon.



Audio 1.3



- **Cín (Sn)** – polymorfní kov, jehož nízkoteplotní modifikace α (stabilní pod 13,2 °C) má podobu šedého prášku (cínový mor) - obr. 2. Má dobrou odolnost proti korozi.



Obrázek 2 Vzorek cínu

- *Olovo* (Pb) – odolává silným anorganickým kyselinám, je však napadáno organickými kyselinami a destilovanou vodou – obr. 3.



Obrázek 3 Vzorek olova

- *Zinek* (Zn) – dobrá odolnost proti atmosférické korozi, mořské vodě, benzinům a olejům. Špatně odolává destilované vodě, páře, kyselinám a silně silnějším zásadám.



Obrázek 4 Vzorek zinku

- *Antimon* (Sb) – křehký kov s malou pevností. Používá se jako přísada do slitin s nízkou teplotou tání, kde zvyšuje tvrdost a odolnost proti opotřebení.



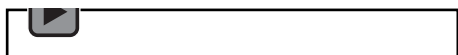
Obrázek 5 Vzorek antimonu

1.1.3 Slitiny nízkotavitelných kovů

Ke slitinám nízkotavitelných kovů patří měkké pájky. Jedná se o slitiny kovů (Pb, Sn, Zn) a legujících prvků (Cd, Ag, Cu) s různým poměrem složek, kterým se dosahují jejich požadované vlastnosti, především teplota tavení do 500 °C. Pájky s vysokým podílem olova se používají pro méně významné spoje. Pájky s převládajícím podílem cínu jsou určeny pro lékařství. Pro pájení elektroniky se používá slitina s 37% Pb a 63% Sn. Její teplota tání je 183 C.



Audio 1.4



1.1.4 Hliník a slitiny hliníku

Hliník vedle oceli patří k nejpoužívanějším kovovým konstrukčním materiálům. Surovinou k výrobě je bauxit, v čistém stavu oxid hlinitý – z taveniny tohoto oxidu ve směsi s kryolitem se získává elektrolyticky čistý hliník (využití v potravinářství či jako elektroodič).

Výhodou hliníku je nízká měrná hmotnost (2470-2890 kg m⁻³) a poměrně dobrá pevnost (90-670 MPa).

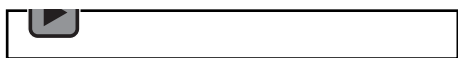


Dělení *hliníkových slitin* lze provést podle způsobu zpracování, jiné dělení můžeme provést podle toho, jestli je slitina vytvrditelná či ne, apod.

Slitiny hliníku lze rozdělit do dvou základních skupin: slitiny hliníku pro tváření a slitiny hliníku pro odlitky.



Audio 1.5



Slitiny hliníku pro tváření

Tyto slitiny lze rozdělit do dvou základních skupin:

1) *Slitiny nízkopevnostní s dobrou odolností proti korozi*

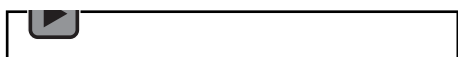
Jedná se o slitiny hliníku s hořčíkem a křemíkem a slitiny hliníku s manganem. Tyto slitiny - jsou svařitelné a tvařitelné, mají dobrou odolnost proti korozi i bez povrchové ochrany, avšak nelze je tepelným zpracováním podstatně zpevnit (vytvrdit). Použití těchto slitin je především v letectví, stavebnictví a bytové architektuře.

2) *Slitiny s vyšší pevností, s nízkou odolností proti korozi*

Jedná se o slitiny na bázi Al-Cu-Mg. Jsou to zejména duraly (duraly, např. AlCu4Mg, AlCu4Mg1, AlCu4Mg1Mn). Tyto slitiny dosahují značné pevnosti vytvrzováním (R_m až 530 MPa). Duraly se velmi snadno obrábí, spojují se svařováním v ochranné atmosféře, pájením s pomocí speciálních tavidel, nýtováním nebo lepením. Duraly jsou chemicky odolné a dají se velmi dobře povrchově upravovat a barvit. Nedostatkem duralových slitin je malá schopnost tlumit otřesy a pohlcovat rázy. Duraly se používají zejména v automobilovém průmyslu, při stavbě letadel a lodí, ve stavebnictví, při výrobě sportovních a zdravotnických potřeb.



Audio 1.6



Slitiny hliníku pro odlitky

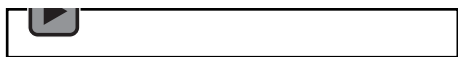
Tyto slitiny mají vyšší obsah přísadových prvků, aby měly dobré slévací vlastnosti, i když zvýšený obsah křehkých přechodových fází v jejich struktuře zhoršuje jejich mechanické vlastnosti. Tyto slitiny mají dobrou odolnost proti korozi.

Slitiny hliníku pro odlitky lze rozdělit do několika skupin:

- 1) *Siluminy*. Jedná se o slitiny Al-Si. Jedná se o tzv. hliníkové pájky.
- 2) *Speciální siluminy* (přísady Mg a Cu). Tyto slitiny se používají k výrobě odlitků pracujících při zvýšené teplotě, jako jsou písty spalovacích motorů, nebo součástí turbínových motorů.
- 3) *Slitiny Al-Zn-Mg*. Tyto slitiny mají dobrou korozivzdornost a obrobitelnost. Rovněž jsou i dobře svařitelné.



Audio 1.7



1.1.5 Hořčík a slitiny hořčíku

Čistý hořčík je jako konstrukční kov nepoužitelný (vzhledem k hořlavosti využití v pyrotechnice).

Slitiny hořčíku lze rozdělit do několika skupin:

- 1) *Slitiny Mg-Al-Zn*. Slitina nejméně 90 % hořčíku (Mg) a nanejvýše 10 % hliníku (Al), případně ještě s příměsí zinku (Zn) a manganu (Mn) je známá pod názvem Elektron. Používá se v technice jako materiál pro přesné tlakové lití.
- 2) *Slitiny Mg-Zn-Zr*. Tyto slitiny mají vyšší hodnoty meze kluzu a pevnosti vlivem zpevňujícího účinku zinku a také zirkonu zjemňujícího zrna.
- 3) *Magnalium*. Jedná se o označení slitiny hliníku, obsahující 5-50 % hořčíku. Pro zvýšení tvrdosti slitiny bývají přidávána i stopová množství jiných prvků. Slitiny s menším podílem hořčíku (kolem 5 %) vynikají velkou pevností, odolávají lépe korozi a mají také nižší hustotu než čistý hliník. Dají se lépe obrábět a svařet než hliník. Využívají se v automobilovém a leteckém průmyslu.



Audio 1.8

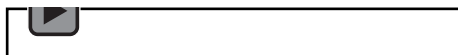


1.1.6 Měď a slitiny mědi

Měď je po hliníku nejdůležitější a nejrozšířenější neželezný kov. Používá se jak čistá měď, tak i její slitiny.



Audio 1.9



Čistá měď má vysokou elektrickou i tepelnou vodivost; má dobrou tvárnost i houževnatost. Je odolná proti korozi, odolává dobře i mořskému vzduchu. Po delší době se její povrch pokrývá červeným oxidem měďným, který chrání kov před další oxidací. Zelený povlak, tzv. patina, je zásaditý uhličitán měďnatý a vzniká působením znečištěného vzduchu a vlhkostí. Tvářená měď se používá pro zařízení vystavená nízkým teplotám, výměníky tepla, varné nádoby, plechy určené pro střešní krytinu, okapy. Měď se tváří za studena nebo v rozmezí teplot 800-900 °C.

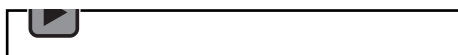
Polovina produkce mědi je určena na slitiny - podle způsobu použití je rozdělujeme na slitiny tvářené a odlévané.

Mosazi

Mosazi jsou slitiny mědi se zinkem. Se stoupajícím obsahem zinku vzrůstá pevnost, klesá houževnatost a zpracovatelnost za studena (je nejlepší při obsahu kolem 30% zinku).



Audio 1.10



Mosazi k tváření – tombaky – jsou mosazi s obsahem mědi nad 80%, mají dobrou tvárnost a odolnost proti korozi.

Mosazi k odlévání – obsahují 58-63 % Cu . Tyto mosazi mají dobrou zabíhavost, ale velké smrštění – až 1,5%. Jejich využití je např. u ložiskových pouzder, ventilů apod.

Bronzy

Bronzy jsou všechny slitiny mědi, které neobsahují zinek jako hlavní přísadu. Název bronzu odvozujeme vždy od hlavního legujícího prvku, např. cínové nebo olověné bronzy.



1) Cínové bronzy

Cínové bronzy se vyznačují dobrou pevností, tvárností a houževnatostí, jsou korozivzdorné a mají významné kluzné vlastnosti. Jejich elektrická vodivost s obsahem cínu prudce klesá.

U bronzů pro tváření je procento Sn do 9 %, tyto slitiny mají dobré kluzné vlastnosti, jsou určeny pro výrobu kluzných ložisek.

Bronzy pro odlitky mají větší procento Sn (12%). Vyznačují se dobrou pevností a houževnatostí, odolnost proti korozi, výbornými třecími vlastnostmi. Bronzy s obsahem 14-16 % Sn se používají pro značně namáhané součásti, bronzy s obsahem 20-22 % Sn se používají pro výrobu zvonů, bronzy s obsahem 30-33 % Sn pro výrobu optických zrcadel.

2) Hliníkové bronzy

Hliníkové bronzy se vyznačují dobrou elektrickou vodivostí a žáruvzdorností. Používají se k výrobě součástí pro elektrická zařízení: kontakty, čelisti apod.

3) Fosforové bronzy

Používají se k pájení materiálu.

4) Beryliové bronzy

Beryliové bronzy se dobře tváří i odlévají. Dosahují pevnosti až 1400 MPa. Vyrábějí se z nich součásti hodin, kompasů, pružinko snímačů pracujících při vyšší teplotě, nejiskřící nástroje.

5) Olověné bronzy

Používají se k výrobě kluzných ložisek.

6) Niklové a manganové bronzy

Tyto bronzy se používají hlavně jako materiály na měřicí odpory, odporové tenzometry (např. slitina konstantan Cu—Ni 45—Mn).

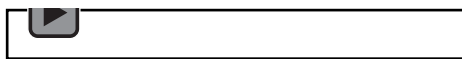


1.1.7 Nikl a slitiny niklu

Nikl je feromagnetický, kujný tažný a drahý kov. Slouží jako součást různých slitin a k povrchové ochraně jiných kovů před korozi. Vzhledem k jeho toxicitě je jeho praktické využití postupně omezováno. Asi 60 % Ni je přísadou do ocelí, 15 % plechy, 25 % slitiny. Nikl se používá k povrchovým úpravám a ke zvýšení odolnosti proti korozi. Slitiny niklu se vyznačují vysokým elektrickým odporem, vysokou odolností proti korozi a opalu, vysokou pevností, žárupevností a houževnatostí.



Audio 1.12



Konstrukční slitiny niklu

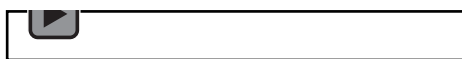
- 1) Slitiny Ni - Cu – monely – vyznačují se vysokou odolností proti korozi, dobrou pevností 500-1200MPa, používají se pro zařízení chemického průmyslu, součásti čerpadel a lopatky turbín.
- 2) Slitiny Ni - Be (do 2 % Be) – po vytvrzení mají pevnost až 1800 MPa při dobré houževnatosti. Použití do 500 °C na pružiny, membrány.
- 3) Slitiny Ni – Mn – odolávají korozi i za vyšších teplot. Používají se na elektrody zapalovacích svíček

1.1.8 Titan a slitiny titanu

Titan je velmi tvrdý a lehký kov ocelového vzhledu, který je dobře odolný vůči korozi. K dalším výhodám titanu patří nízká měrná hmotnost, vysoká měrná pevnost, použití za nízkých teplot.



Audio 1.13



K nevýhodám titanu patří vysoké náklady na výrobu a zpracování, nízký modul pružnosti. Titan se používá především v lékařství, letectví, v chemickém, papírenském a textilním průmyslu (je odolný vůči chlóru a jeho sloučeninám).

Titan má dvě alotropické modifikace:

- 1) Ti α s mřížkou hexagonální, do 882,5 °C
- 2) Ti β s mřížkou prostorově středěnou kubickou, do teploty tání 1668 °C.

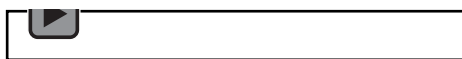
Prísadové prvky se v obou modifikacích rozpouštějí úplně nebo částečně a tvoří roztoky alfy nebo beta, které zachovávají mřížku dané modifikace Ti.

Slitiny titanu

- 1) Slitina titanu Ti6Al4V – 70% všech titanových slitin. Použitelná do teploty 400°C. Používá se pro součásti v kosmickém a leteckém průmyslu. Uplatnění rovněž i v lékařství.



Audio 1.14



- 2) Ostatní slitiny : Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo a Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo. Použití: pro vyšší teploty.

1.1.9 Kovy a slitiny s vysokou teplotou tání

Jedná se o následující kovy: W, V, Mo, Ta, Cr, Nb, Zr. Vzhledem k vysoké teplotě tání jsou obtížně vyrobitelné a zpracovatelné. Vyrábějí se práškovou metalurgií, tavením v obloukových pecích.

Wolfram je nejdůležitějším materiálem pro vlákna žárovek a rentgenových lamp. Pro dobrou odolnost proti otěru nachází uplatnění i při využití atomové energie.

Molybden je významnou přísadou při výrobě slitinových ocelí.

Tantal se uplatňuje v konstrukci chemických zařízení, ve farmacii a chirurgii -část se spotřebuje při výrobě slinutých karbidů.

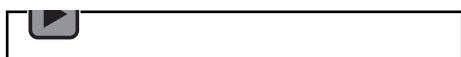
Slitiny niobu mají výbornou žáruvzdornost a žárupevnost za extrémně vysokých teplot - slitiny na bázi Nb-Cr se využívají v jaderných reaktorech.

Práškovou metalurgií se vyrábějí technicky důležité slinuté materiály.

- 1) *Slinuté oceli*- využití ve strojírenství, elektrické nástroje. Materiály pro tyto součásti musí mít velkou pevnost, dobrou odolnost proti opotřebení, nízký součinitel tření.
- 2) *Slinuté karbidy* – materiály pro výrobu obráběcích nástrojů. Nejčastěji karbid wolframu WC + Co (90/10) – tvrdost až 1800 HV (pevnost v ohybu 3000 MPa).
- 3) *Materiály se stanovenou porézností* – pro filtry se vyrábějí slinováním prášků na bázi bronzů železa a niklu aj. např. z Cu90Sn10. Pórovitost 27 % a více.



Audio 1.15



1.2 SUPERPLASTICKÉ MATERIÁLY

Superplastické materiály jsou krystalické látky, vykazujících za určitých podmínek superplasticitu, tj. schopnost mimořádně výrazné plastické deformace (poměrná podélná deformace přes 100%!)

Při výrobě některých součástek, které mají složitý tvar, dochází při jejich opracování (vrtání, soustružení, frézování) k velkému odpadu materiálu. Navíc je takové opracování energeticky náročné. Proto se ukazuje jako výhodnější převést materiál do superplastické modifikace (tj. zjemnit zrna a ohřát jej na žádanou teplotu), poté jej „nalisovat“ do formy žádaného tvaru, nenáročnou tepelnou úpravou ho rekrystalizovat, aby byl tvrdší a teprve potom ho mechanicky upravit na výsledný tvar.

Tímto technologickým postupem jsou v současné době vyráběny nejen některé kovové výrobky komplikovanějšího tvaru (např. automobilové karburátory), ale i výrobky z keramik (Al_2O_3 , ZrO_2) a intermetalických sloučenin (Ni_3Si).



Aby bylo možno daný kov či slitinu deformovat superplasticky, je třeba splnit dvě základní podmínky:

- 1) Materiál musí mít velmi jemné zrno. Dosáhneme toho protlačováním materiálu.
- 2) Proces deformování musí probíhat v určitém teplotním intervalu, závislém na materiálu, který deformujeme ($0,5 - 0,65 T_M$, kde T_M je teplota tání materiálu v K). Rychlost deformování musí být malá.

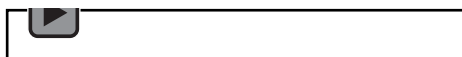
1.3 KERAMICKÉ MATERIÁLY A ANORGANICKÁ NEKOVOVÁ SKLA

Keramické materiály a anorganická nekovová skla jsou nekovové anebo uhlíkové materiály, vyrobené za vysokých teplot. Ve srovnání s kovy vykazují tyto materiály vlastnosti:

- 1) Keramika a nekovová skla jsou ve srovnání s kovy velmi křehké
- 2) Pevnost v tahu keramických materiálů a nekovových skel je nízká a finálnímu lomu nepředchází prakticky žádná deformace.



Audio 1.16



- 3) Pevnost v tlaku je však až 15x vyšší než tahová pevnost a u technické keramiky tedy o řád vyšší, než pevnost v tahu u nezpevněných kovů.
- 4) Ve srovnání s kovy jsou jen velmi málo odolné působení koncentrátorů napětí (defekty, trhliny, póry, ...).
- 5) Z konstrukčního hlediska vykazuje konstrukční keramika ve srovnání s kovy vysokou tuhost a vynikající odolnost proti opotřebení, a to i při vysokých provozních teplotách a tlacích.

1.3.1 Keramické materiály

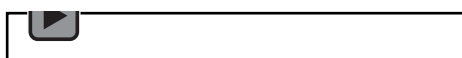
Keramické materiály jsou nekovové polykrystalické látky, které se vyrábějí z práškových surovin a zpevňují se žárovým slinováním. Dělí se na dvě základní skupiny:

- 1) Technická keramika
- 2) Skelná (porézní) keramika

Polykrystalická struktura keramických materiálů není zcela kompaktní a na rozdíl od kovů obsahuje póry a mikrotrhliny, které jsou důsledkem technologie jejich výroby. Z makroskopického hlediska je keramika homogenní a izotropní materiál.



Audio 1.17



Statická pevnost v tahu keramiky a skel není vysoká a v nejlepším případě, dosahuje jen asi poloviny statické pevnosti v tahu kovových materiálů. Pevnost keramiky v tlaku je však 10 – 15 násobně vyšší než v tahu. Hlavní příčinou této skutečnosti je to, že zatímco při tahovém



namáhání se mikrotrhliny a jiné defekty struktury šíří v keramice a sklech nestabilně, kolmo na směr působícího napětí, při tlakovém namáhání se tyto defekty šíří stabilně ve směru působícího tlaku. Modul pružnosti keramických materiálů je obecně vyšší než u kovů.

Velkým nedostatkem keramických materiálů a skel je jejich nízká houževnatost. Malá schopnost plastické deformace polykrystalické keramiky dává předpoklady formování jen velmi malé plastické zóny před čelem trhliny, která nedostatečně brání v jejím šíření. Lomová houževnatost keramických materiálů je proto velmi nízká.

Výchozí surovinou pro výrobu keramiky jsou jemné prášky, s velikostí částic menší než 1 μm . Z těchto jemných prášků se výrobními postupy – spékáním (neboli sintrováním či slinutím) vyrábí keramika. Spékání je metoda výroby předmětů z práškových hmot jejich zahřátím na vysokou teplotu, avšak pod jejich teplotu tání, přičemž dochází k vzájemnému splynutí práškových částic. U keramiky nastává slinování účinkem vznikající taveniny.

Technická keramika

Technická keramika (konstrukční) se vyrábí převážně ze syntetických surovin (anorganické materiály). Má výbornou chemickou odolnost, žáruvzdornost, odolnost proti opotřebení a pevnost v tlaku. Navíc, oproti keramice tradiční, musí odolávat kolísání teplot a zatížení. **Dělí** se do dvou základních skupin:

1) Oxidická keramika.

Je tvořena oxidy těchto prvků : MgO , ZrO_2 , Al_2O_3 , MgAl_2O_4 , Y_2O_3 , CeO_2 , atd.

Největší význam pro konstrukční praxi má keramika na bázi oxidu hlinitého Al_2O_3 (slinutý korund) a oxidu zirkonia ZrO_2 . Oxidická keramika má vysokou pevnost, tvrdost, odolnost vůči korozi a je velmi dobrým elektrickým izolátorem. Používá se k výrobě řezných a obráběcích nástrojů, pro součásti vysokoteplotních zařízení apod.

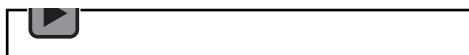
2) Neoxidická keramika

Je tvořena širokou škálou materiálů, které lze rozdělit na nekovové a kovové. Nejčastěji ji tvoří materiály na bázi nitridů a karbidů: WC , SiC , TiC , B_6C , Si_3N_4 , AlN , TiN , TiB_2 , atd. Rovněž zde můžeme zařadit i polykrystalický diamant.

Nejdůležitějšími konstrukčními neoxidickými keramikami jsou karbid křemíku SiC a nitrid křemíku Si_3N_4 . Neoxidické keramiky musí být připraveny vysokoteplotními procesy (slinování) v redukční anebo inertní atmosféře, aby se zabránilo oxidaci. Využití: řezné nástroje, raketové trysky, elektrody kovů.



Audio 1.18



Skelná (porézní) keramika

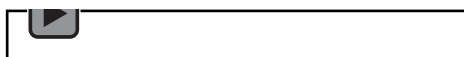
Skelná nebo také porézní keramika, mezi kterou patří porcelán, kamenina a cihlářské zboží, se vyrábí z cihlářských hlín, jílu anebo kaolínu, jejichž základem jsou hydratované hlinito-křemičitany ve formě písků. Mletím těchto surovin a jejich mísením s vodou se získá snadno tvarovatelná hmota, která se po vysušení vypaluje v pecích při teplotách v rozmezí od 800 do 1200 $^{\circ}\text{C}$.



Protože skelná keramika je po vypálení velmi porézní, chrání se její povrch u některých výrobků tenkou vrstvou glazury nízkotavitelného skla. Přispívá to rovněž ke zvyšování nejen jejich pevnosti, ale zároveň se mírně zvyšuje i jejich houževnatost.

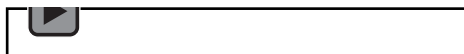
Hustota skelné keramiky je silně závislá na porézności a pohybuje se v rozmezí 2300 až 2500 kgm⁻³. Modul pružnosti se pohybuje v rozmezí 65 až 72 GPa. Pevnost v ohybu je okolo 45 MPa a pevnost v tlaku cca 350 MPa. Lomová houževnatost skelné keramiky je nízká a v nejlepším případě dosahuje hodnoty $K_{Ic} = 1\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$.

Skelná keramika se využívá zejména ve stavebnictví, spotřebním a elektrotechnickém průmyslu (izolátory).

**Audio 1.19**

1.3.2 Anorganická nekovová skla

Anorganická nekovová skla se vyrábějí tavením směsí oxidů, boridů a křemičitanů. Základní látky skel tvoří oxidy ($\text{B}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, \text{GeO}_2, \text{P}_2\text{O}_5$), boridy a křemičitany ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7, \text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$). Mezi nejpoužívanější druhy skel patří křemenné, sodnovápenaté, sodnodraselné, borité a fosforečné sklo.

**Audio 1.20**

Vlastnosti skel a skelně krystalických materiálů jsou ve srovnání s technickou keramikou až na tepelnou vodivost horší. Modul pružnosti skel je přibližně 65 až 74 GPa. Pevnost v ohybu nekovových skel je v rozmezí 50 až 70 MPa, pevnost v tlaku 1000 až 1200 MPa. Lomová houževnatost velmi nízká $K_{Ic} < 1\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$.

Anorganická nekovová skla nachází uplatnění v nejrůznějších výrobních spotřebních předmětech a ve výrobě obalového a tabulového skla. Mají velmi široké uplatnění ve stavebnictví.



2 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Silbernagel, A.: *Nauka o materiálu I*. Ostrava 1982
- [2] Pluhař, J., Koritta, J.: *Strojírenské materiály*. SNTL Praha 1977. II.vydání.
- [3] Pokluda, J., Kroupa, F., Obdržálek L.: *Mechanické vlastnosti a struktura pevných látek (Kovy, keramika, plasty)*. VUT Brno, 1994. ISBN 80-214-0575-9.
- [4] Strnadel, B. Kreidl, M., Šmíd, R.: *Technická diagnostika*, BEN, 2006, 4. díl
- [5] Iždinská, Z., Emmer, Š., Gondár, E.: *Strojářské materiály*. Slovenská technická univerzita. Bratislava 2006. ISBN 80-227-2488-2.
- [6] Mohyla, M. *Strojírenské materiály I*. VSB-TU Ostrava 2003. 144 s. ISBN 80-248-0270-8.

Internet

- [7] *Nauka o materiálov I*.
Elektronický učební text. Moravčík, R., Hazlinger, M., Hudáková, M., Martinkovič, M., ČÍČKA, R.
<http://sk.scribd.com/doc/46201870/13/NEKOVOVE-MATERIALY>
- [8] *Technické materiály II*.
Elektronický učební text. Jonšta, Z.
<http://www.person.vsb.cz/archivcd/FMMI/TM2/Technicke%20materialy%20II.pdfhttp://mi21.vsb.cz/modul/pruznost-pevnost>

