

ODBORNÉ VZDĚLÁVÁNÍ ÚŘEDNÍKŮ
PRO VÝKON STÁTNÍ SPRÁVY
OCHRANY OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

Výroba skla a keramiky

Ing. Miroslav Richter, Ph.D., EUR ING



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Technologie výroby skla

Přírodní skelné materiály se vyskytují v horninách a materiálech sopečného původu nebo meteoritech.

Postupy výroby skla byly objeveny ve východním Středomoří. Nejstarší nálezy jsou doloženy ze Sýrie, pocházejí ze 4. tis. před Kristem. Odtud se rozšířily do starověkého Egypta a Mezopotámie, později do Evropy.

Sklo náleží k velmi významným materiálům s širokým uplatněním v průmyslu, stavebnictví, architektuře i umění.

Hlavními produkty sklářského průmyslu jsou:

- obalové sklo,
- ploché sklo,
- sklo pro optiku,
- skleněná optická vlákna,
- sklo pro umělecké ztvárnění,
- vlákna pro tepelné izolace,
- chemické laboratorní sklo,
- sklo pro průmyslové technologické aj. účely.



evropský
sociální
fondy ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



Obsidián - černé vulkanické sklo s typickým lasturovým lomem.
Island. Velikost vzorku 12,5×8,5 cm.



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



Jihočeský vltavín s typicky skulptovaným povrchem.
Chlum n. Malší, hmotnost 15,5 g.



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Sklo

- je **anorganický amorfní (nekrystalický)** materiál,
- je vyrobeno tavením vhodných surovin a následným řízeným ochlazením vzniklé skloviny **bez krystalizace**.
- **Skelný stav** vzniká plynulým přechodem ze stavu kapalného do stavu pevného. Při ochlazování skla dochází k plynulému růstu viskozity až na tak vysokou hodnotu, že se materiál navenek jeví jako pevná látka („podchlazená – ztuhlý roztok“).
- Na rozdíl od krystalických látek **postrádá struktura skla pravidelné, symetrické a periodické uspořádání** základních stavebních jednotek na delší vzdálenosti.



evropský
sociální
fondy ČR

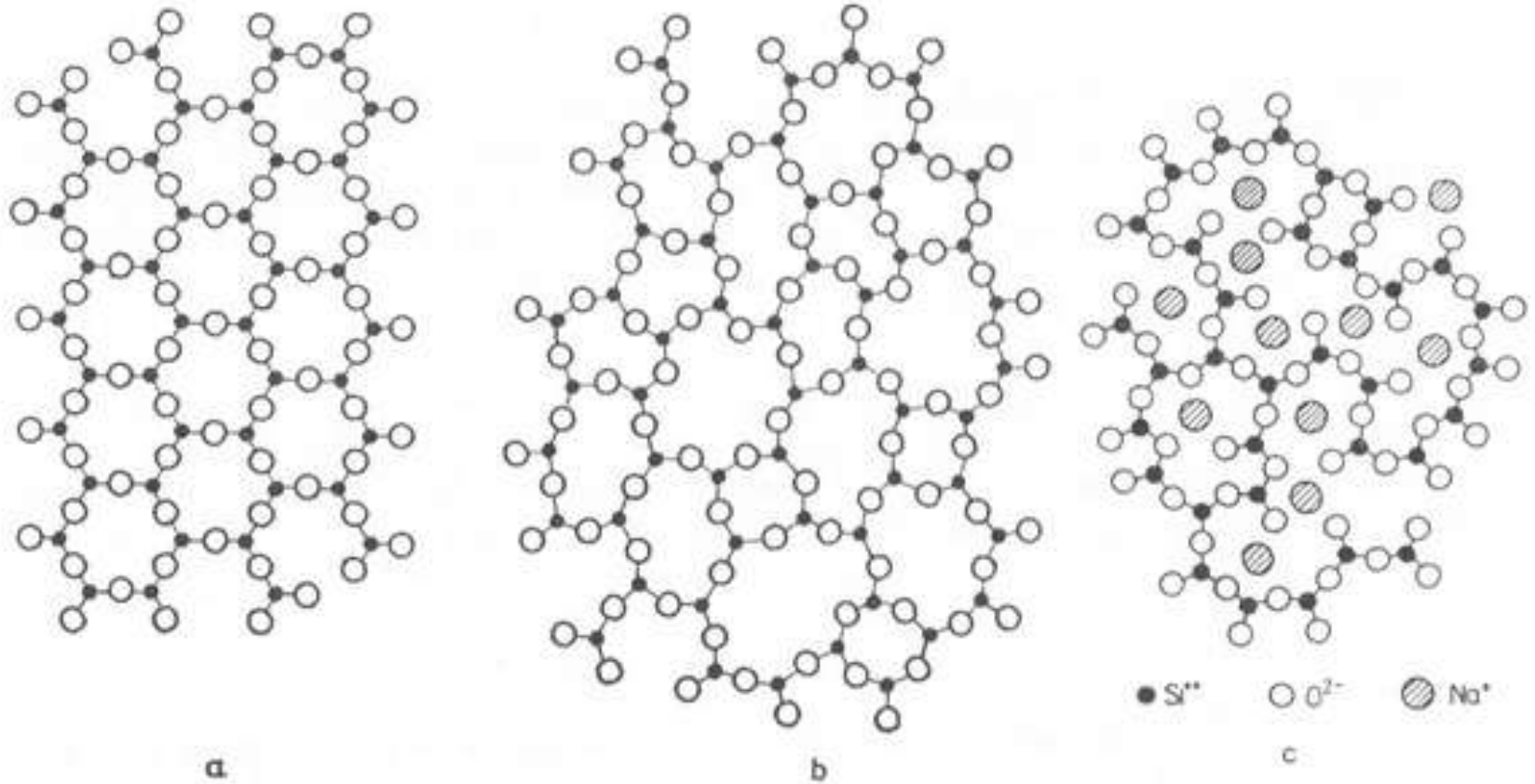


EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



Plošné znázornění rozdílů mezi: a - strukturou křemene (krystalického SiO₂),
 b - skelného SiO₂,
 c - sodnokřemičitého skla.

Sklo může vytvářet celá řada anorganických látek.

Nejběžnější jsou skla oxidická, z nich, podle převažující složky jsou rozeznávána skla:

- křemičitá,
- boritokřemičitá.
- fluoridová,
- fosforečná,
- chalkogenidová - na bázi S – Se – Te
(pro speciální účely).

Nejrozšířenějším sklem používaným ve stavebnictví je sklo sodnovápenaté soustavy **$\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{Na}_2\text{O}$** .

Z chemického hlediska běžná skla **jsou tuhým roztokem různých křemičitanů sodných, draselných, vápenatých, případně olovnatých nebo barnatých, které jsou doprovázeny dalšími sloučeninami, zejména oxidy kovů.**

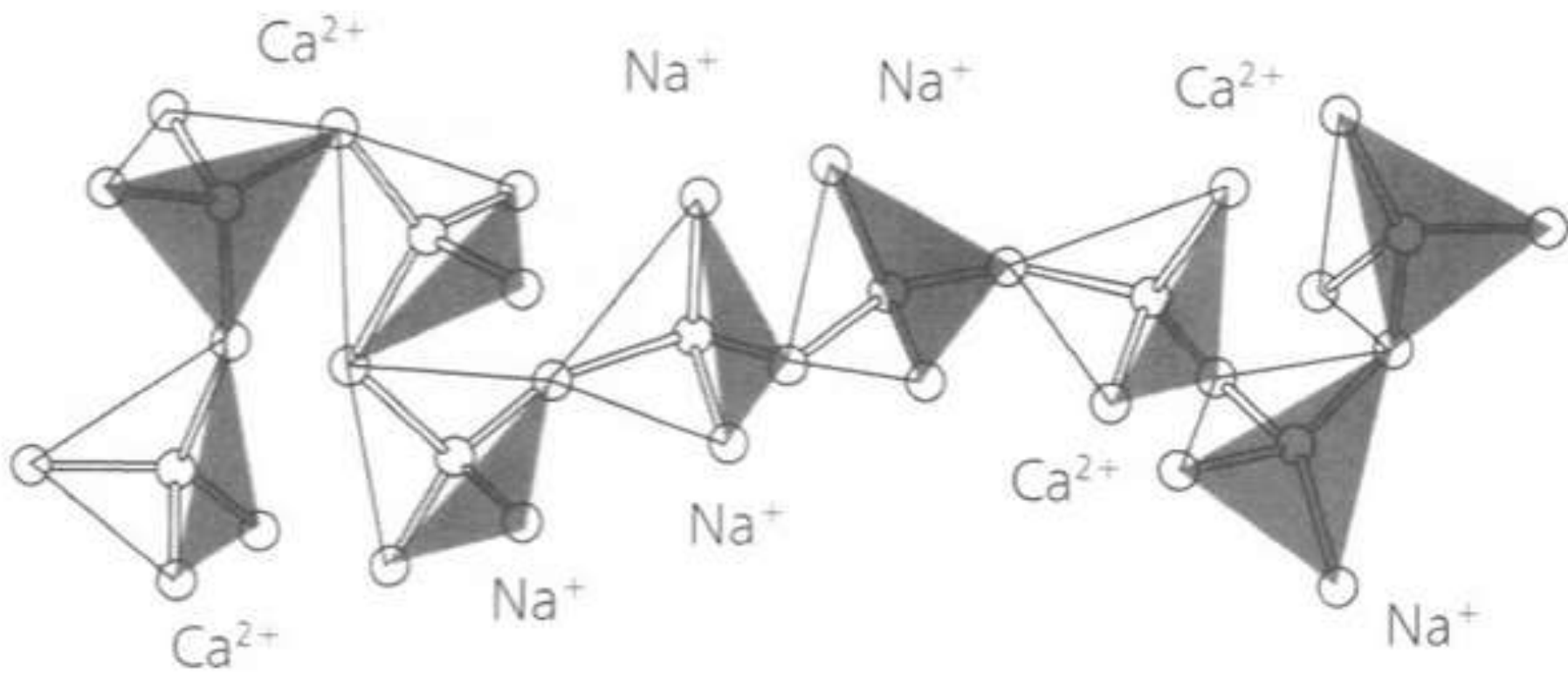


evropský
sociální
fondy ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



Tetraedrická struktura křemičitého sodnovápenatého skla

Sklo se vyznačuje:

- relativně vysokou propustností světla v části viditelného spektra,
- tuhostí a tvrdostí při běžných teplotách,
- křehkostí,
- homogenitou,
- odolností vůči povětrnostním vlivům,
- odolností vůči chemickým vlivům,
- vysokou pevností v tlaku,
- relativně nízkou měrnou tepelnou vodivostí,
- relativně nízkou měrnou elektrickou vodivostí,
- vysokou nepropustností a odolností vůči vodě, vzduchu a jiným látkám.



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Suroviny používané pro výrobu skla

Základní surovinou jsou sklářské (tavné) písky.

- zrnité, světle zbarvené až bílé horniny - křemenné písky nebo málo zpevněné pískovce s primárním obsahem SiO_2 zpravidla v rozmezí 60 až 80 %.
- sklářské písky obsahují, vedle naprosto dominantního křemene, také zrna (klastry) jiných minerálů – živců, slíd (biotitu, muskovitu) a tzv. těžkých minerálů - např. granátů, zirkonu, turmalínu, rutilu, ilmenitu, magnetitu).
- jako pojivo se zpravidla uplatňují jílové minerály (např. kaolinit), karbonáty a oxihydroxidy železa.
- sklářské písky se těží povrchovým způsobem v lomech.
- požadavky na kvalitu sklářských písků (zrnitostní, minerální a chemické složení) se mění podle druhu vyráběného skla.
- písky v požadované kvalitě se v přírodě nevyskytují, jsou upravovány drcením, praním a tříděním (docílení požadované zrnitosti).
- při výrobě skla vyšších jakostí je navíc nutné náročnějšími způsoby úpravy (elektromagnetická separace, flotace aj.) snížit obsahy barvicích oxidů (Fe_2O_3 , TiO_2); žádán je též limitní minimální obsah SiO_2 .



evropský
sociální
fond v ČR

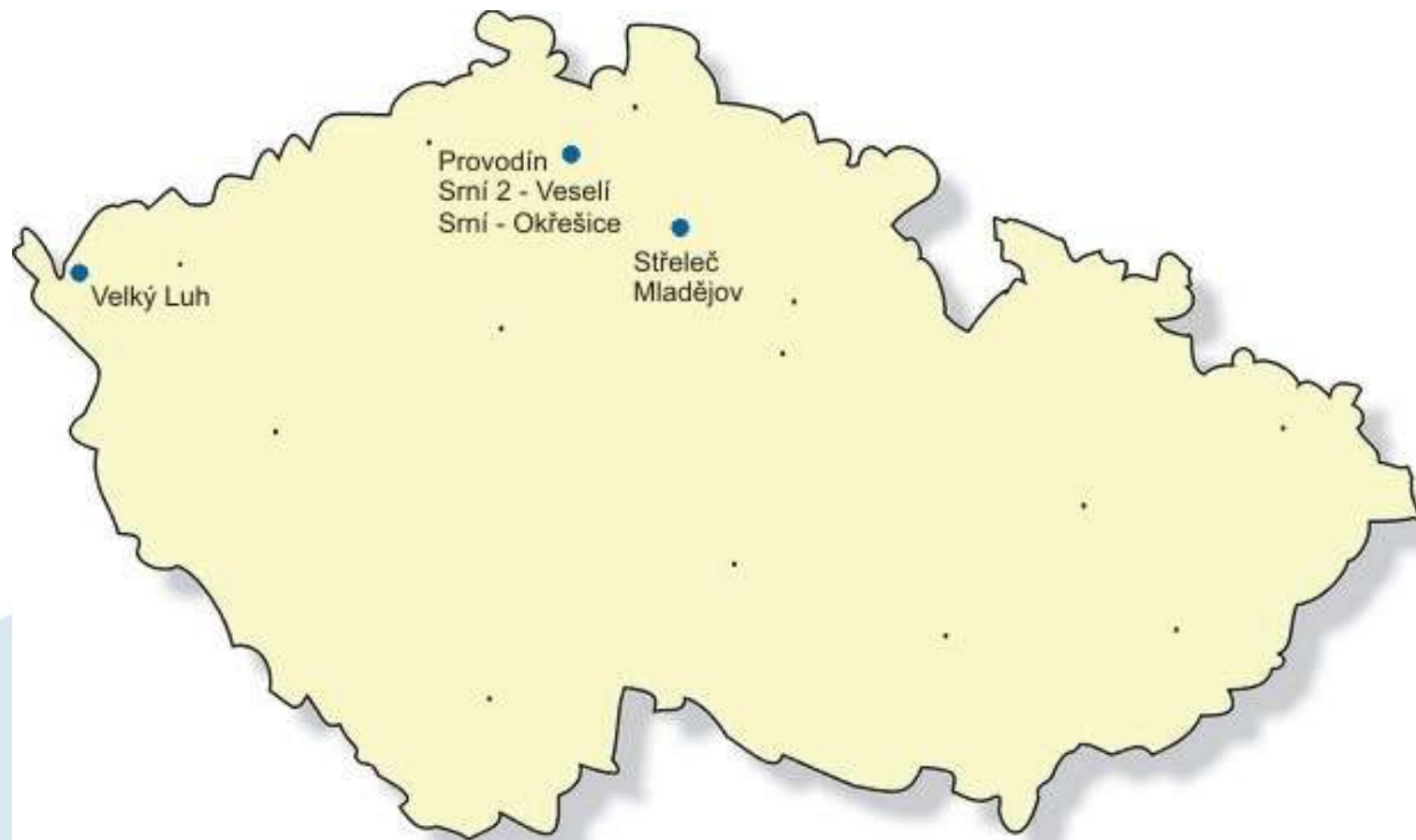


EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



Geografická pozice ložisek sklářských písků v ČR.



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



Lom ve Střelči, nejznámější české ložisko sklářských písků.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

oxid	TS 40	TS 25	TS 21	TS 20	TS 15
SiO₂ (%)	98,5	99,0	99,0	99,2	99,3
Fe₂O₃ (%)	0,040	0,025	0,021	0,020	0,015
TiO₂ (%)	0,15	0,15	0,10	0,05	0,01
Al₂O₃ (%)	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2

Požadavky na chemické složení jednotlivých jakostních tříd sklářských písků

druh skla	max. obsah Fe₂O₃ (%)
baktericidní a uviolová skla	0,001
optická skla	0,010
křišťálová skla - užitková skla	0,015
lisovaná skla - křišťál	0,021
obalová skla - konzervní	0,025
tabulová skla	0,040
opakní tavený křemen	0,020
lahvová skla zelená a hnědá	0,100

Maximální obsah Fe₂O₃ ve sklářských pískách pro různé typy skel



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

jakostní třída	TS 40	TS 25	TS 21	TS 20	TS 15
frakce (mm)	obsah frakce (%)				
pod 0,1	< 1,5	< 1,5	< 1	< 5	< 1
0,1 - 0,315	> 90	> 93	> 94		> 84
0,315 - 0,5				< 14	
0,5 - 0,63				< 1	
0,63 - 0,8	< 8	< 5	< 5	0	
0,8 - 1,0				< 10	0
1,0 - 1,25	< 0,2	< 0,2	0	< 0,2	0

Požadavky na zrnitost sklářských tavných písků



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Základními složkami běžných skel

(tj. skel soustav $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{Na}_2\text{O}$ a $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{K}_2\text{O}$) jsou:

- **CaO** - do surovinové směsi, tzv. **sklářského kmene**, je přidáván nejčastěji ve formě jemně mletého vápence (CaCO_3). Tavením kmene přechází uhličitan vápenatý na oxid vápenatý, jehož obsah upravuje rozpustnost a chemickou odolnost skla.
- **alkálie - Na_2O a K_2O** - do kmene jsou přidávány ve formě uhličitanů (sody – Na_2CO_3 , resp. potaše – K_2CO_3). Obsah alkálií ve sklářském kmeni ovlivňuje zejména **teplotu tavení vsázky**.
- **pomocné látky** – jsou přidávány k uvedeným hlavním (sklotvorným) surovinám. Je používána celá řada látek se specifickými účinky, např. fosforečnany a fluoridy pro dosažení zákalu, čeřící a barvicí látky, oxidační a redukční činidla apod.

Další složky sklářského kmene

Čeřiva – jsou přidávána v malém množství, aby odstranila z roztavené skloviny bublinky a nečistoty a zároveň ji homogenizovaly. Pomáhají také k urychlení tavících procesů a napomáhají k odbarvování skloviny. Jako čeřiva se používají sírany (sodný, vápenatý, barnatý) nebo dusičnany – ledky (draselný, vápenatý, barnatý).

Barviva - udělují sklu požadované zbarvení. Po chemické stránce se jedná nejčastěji o elementární kovy nebo oxidy a soli kovů. Mezi známá barviva skla patří:

- mangan - dodává ametystové zbarvení,
- kobalt - modré zbarvení,
- měď - tyrkysově, ale i tmavě červené zbarvení,
- zlato - rubínově červená barva,
- stříbro - žlutá až oranžově červená barva.

Drcené odpadní sklo (skleněné střepy) – tvoří část vsázky. Použitím skleněných střepů jsou využity odpady, dochází k úspoře primárních surovin a zároveň ke zrychlení tavícího procesu, zlepšení homogenity skloviny. Obsah střepů ve vsázce bývá max. do 30 – 40 %, aby se neprodloužila doba homogenizace skloviny během tavby.

Složením sklářského kmene, tj. volbou jednotlivých složek a jejich poměrného zastoupení je možno ovlivňovat vlastnosti skla, a to v poměrně širokých mezích.



evropský
sociální
fondy ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

vlastnost	jednotka	rozpětí hodnot
hustota	kg·m⁻³	2200 - 6000
pevnost v tlaku	MPa	700 - 1200
pevnost v tahu	MPa	30 - 90
pevnost v ohybu	MPa	40 - 190
modul pružnosti	GPa	50 - 90
součinitel délkové tepl. roztažnosti		6·10⁻⁶ - 9·10⁻⁶
součinitel tepelné vodivosti	W·m⁻¹·K⁻¹	0,6 - 0,9
měrná tepelná kapacita	J·kg⁻¹·K⁻¹	850 - 1000
Poissonův součinitel	-	0,14 - 0,32
tvrdost podle Mohse	-	6 - 7
index lomu	-	1,5 - 2,25

Fyzikální a mechanické vlastnosti skla

Pozn.: pevnost skel obecně vzrůstá s rostoucím obsahem SiO₂ a klesajícím Na₂O, výrazně závisí také na vlastnostech povrchu, rozměrech vzorku a vnitřních defektech.



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Chemismus průmyslových skel:

- **SiO₂ – křemenné sklo** - vzniká tavením čistého křišťálu nebo žilného křemene ve vakuu při teplotě kolem 2000 °C (čistý SiO₂ má teplotu tání 1727 °C. Křemenné sklo se nejčastěji používá pro výrobu osvětlovacích výbojek a různých aparatur např. pro chemický průmysl.

- **Na₂O - SiO₂ – tzv. rozpustné (vodní) sklo** - je obchodní název tavenin alkalických křemičitanů. Vyrábí se tavením křemičitých písků se sodou (**sodná vodní skla**) nebo potaší (**draselná vodní skla**), případně se síranem sodným a dřevěným uhlím. Prodává se ve formě vodných roztoků vzniklých rozpouštěním skloviny vodou nebo vodní párou v autoklávu. Molární poměr SiO₂ : Na₂O se u komerčně prodávaných sodných skel pohybuje okolo hodnot 3,1 – 3,3, což odpovídá obsahu asi 76 hm. % SiO₂. Vodní sklo se používalo nebo používá k impregnaci papírových tkanin, ke konzervaci vajec, jako plnivo do mýdel, k ochraně a sanaci přírodního kamene, jako pojivo kyselinovzdorných tmelů, žáruvzdorných materiálů v kombinaci se šamotovou moučkou, nástřiků pro protipožární ochranu konstrukcí nebo geopolymérů.

- **Na₂O – CaO - SiO₂ – křemičité sodnovápenaté sklo** – je **nejběžnější chemickou soustavou skla**. Tato sklovina slouží pro výrobu **plochého, obalového a užitkového skla**. Pro průmyslová skla je nejdůležitější oblast primární krystalizace devitritu – Na₂O . 3 CaO . 6 SiO₂, wollastonitu – CaO . SiO₂ a tridymitu – SiO₂. Složení plochého a obalového skla se pohybuje nejčastěji v rozmezí (hm. %): **70 – 73,5 SiO₂**, 0,6 – 2,0 Al₂O₃, **6 – 11 CaO**, 1,5 – 4,5 MgO a **13 – 15 Na₂O**. Obdobná složení mají i barevná obalová skla, která se však liší vyšším obsahem barvicích oxidů. Zelená skla mají obsah 1,5 – 2,0 Fe₂O₃ a 0,3 – 0,8 MnO, u hnědých skel dosahuje poměr Fe₂O₃ : MnO 1:2 – 1:3.



evropský
sociální
fond v ČR

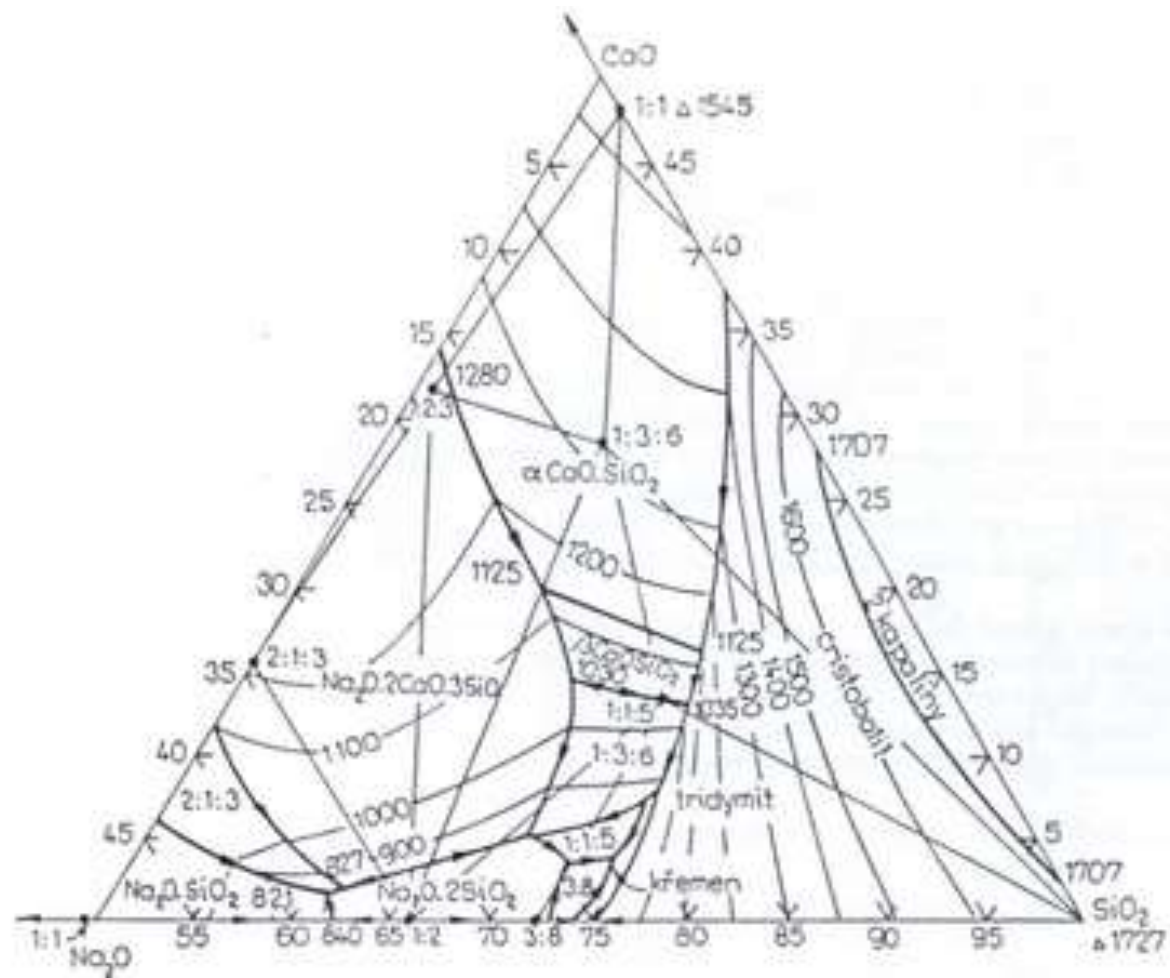


EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



Ternární diagram soustavy $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$

- **$K_2O - CaO - SiO_2$ a $K_2O - PbO - SiO_2$ – křišťálová skla (olovnatý křišťál) -** velmi kvalitní druh čirého bezbarvého skla s vysokým leskem, vysokým indexem lomu a vysokou světelnou propustností. Používá se pro výroby **umělecké, dekorační**, ale také **užitkové** (např. stolní sklo). Historickými reprezentanty této chemické soustavy byly tzv. český (draselnovápenatý) a anglický (draselnoolovnatý) křišťál. Podle současné mezinárodní konvence se pojmem křišťálové sklo omezuje pouze na olovnaté sklo s více než 24 % PbO a s indexem lomu vyšším než 1,545 . Kromě uvedených typů skel je PbO a K_2O častou součástí skel optických nebo zátavových.

- **$Na_2O - B_2O_3 - SiO_2$ – tepelně odolná skla -** skla s lineárním koeficientem teplotní roztažnosti menším než $5.10^{-6} K^{-1}$. První tepelně odolné (laboratorní) sklo bylo u nás vyrobeno již v roce 1837 v Sázavě. Po roce 1945 byly představiteli této skupiny skel např. tzv. **jenské sklo** (75 % SiO_2 a 8 % B_2O_3) nebo u nás sklo **Simax** (80 % SiO_2 a 12,8 % B_2O_3), **Pyrex aj.**. Z těchto typů skel se vyrábí laboratorní nádoby nebo varné nádoby pro domácnosti. Vysoký obsah SiO_2 vyžaduje tavicí teploty okolo 1600 °C.

- **$CaO - MgO - Al_2O_3 - SiO_2$ – nízkoalkalická skla -** obsahují méně než 1 % K_2O + Na_2O mají využití v chemickém a farmaceutickém průmyslu, když je přítomnost alkálií nežádoucí.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Technologie výroby skla

Uplatňují se čtyři dílčí technologické procesy:

- **příprava vsázky (tj. sklářského kmene a přísad) a její dávkování** - upravené, pomleté a vysušené suroviny se mísí a homogenizují v požadovaném poměru v mísících zařízeních. Míšení je prováděno strojně pomocí uzavřených mísidel tak, aby bylo zabráněno prášení surovin.
- **tavení skla** - ve sklářských tavících pecích, nejčastěji pánvových nebo vanových. Tavící proces se rozděluje na **tři hlavní fáze**: vlastní tavení, čeření a homogenizace a chlazení (sejití skloviny) pro tvarování. Při tavícím procesu se dosahuje nejčastěji teplot v rozmezí **1400 - 1600 °C**. Palivem je nejčastěji zemní plyn.
- **tvarování skla** - je využíváno viskózní deformace a silné závislosti viskozity skloviny na teplotě. Během tvarování nesmí dojít ke krystalizaci skloviny. Tvarování se provádí od ručních až po plně automatizované procesy, a to **foukáním, tažením, válcováním, litím** nebo **lisováním**.
- **chlazení skla** - je prováděno ve speciálních chladících pecích, zpravidla v teplotním intervalu **700 - 400 °C**. Jedná se o **řízené chlazení**, kterým se z výrobku odstraní nebo se zabráni vzniku vnitřního pnutí. Chlazením se může i podstatně zvýšit pevnost skla. Po ochlazení se může sklo povrchově upravovat - brousit, leštit, pískovat, leptat.



Sklářská pec vytápěná zemním plynem



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



1. pohled do vany sklářské pece během generální opravy



evropský
sociální
fondy ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



2. pohled do vany sklářské pece během generální opravy



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



Žlab pro odvod skloviny k dalšímu zpracování



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Způsoby průmyslové výroby a použití skla:

-ploché sklo tažené, válcované nebo vyráběné tzv. float procesem - je **nejrozšířenějším** typem výrobků z kompaktní skleněné hmoty.

Používá se ve stavebnictví pro zasklívání oken, dveří, přepážek, stěn, balkonů, výkladních skříní, případně i jako vnější fasádní obkladový materiál v kovových rámech.

K **taženým sklům** patří např. skla matová a ledová, zrcadlové sklo, bezpečnostní sklo, determální skla, bezpečnostní a tvrzená skla. Příkladem **válcovaných skel** může být sklo s drátěnou vložkou.

Float proces je zvláštní způsob tvarování skla, kdy proud skla vstupuje do komory s roztaveným cínem, na kterém se rovnoměrně roztéká a získává rovnoměrnou tloušťku a hladkou plochu. V současné době se plochá skla všech způsobů výroby používají také k výrobě **izolačních skel**, vytvořených ze dvou nebo více skel se vzduchovou dutinou nebo dutinou vyplněnou inertním plynem (tzv. izolační dvojskla nebo trojskla).

- tvarované sklo - stavební prvky, vyráběné buď jako duté, plné nebo korýtkovité tvarovky, skleněné tašky a trouby. Používají se na sklobetonové konstrukce stěn, stropů nebo kleneb, kdy mohou staticky spolupůsobit spolu s betonovou výplní nebo tvořit pouze pouze průsvitnou výplň - **luxfery, skleněné tašky** aj.

- foukané sklo – tvaruje se pomocí sklářské píšťaly. Tímto způsobem se vyrábí zejména umělecké a dekorativního skla, ale také skla technické a užitkové (stolní).

- pěnové sklo - anorganický **pórovitý materiál s tepelněizolačními vlastnostmi**, který má, na rozdíl od ostatních tepelněizolačních materiálů, vysokou pevnost v tlaku. Vyrábí se z nízkotavitelné skloviny, která se při teplotě asi 1000 oC ve formách napěňuje vhodnými zpěňovaly (např. sazemí nebo uhlím, které v žáru hoří a napěňují sklovinu až na **dvacetinásobek** původního objemu).



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

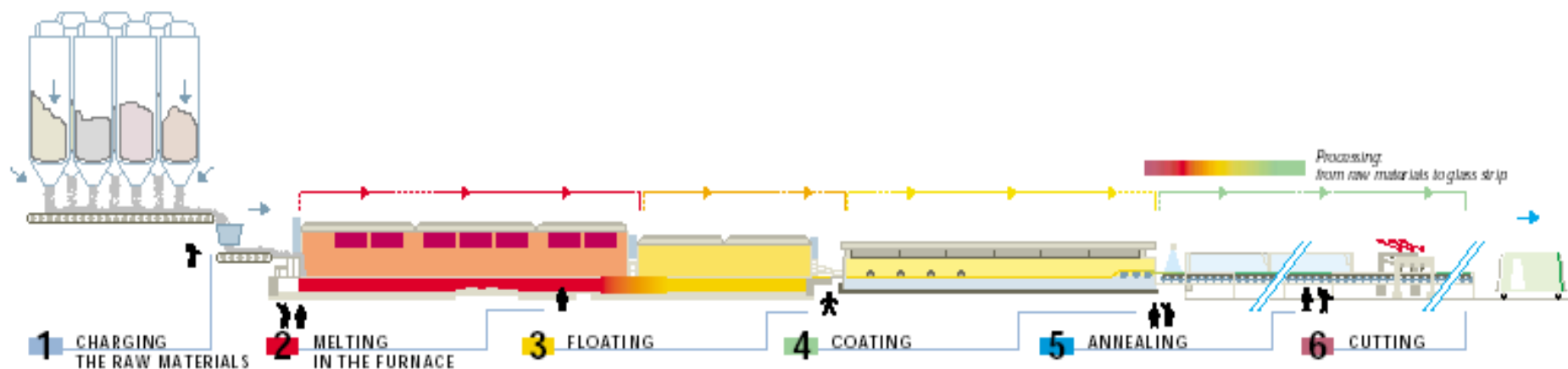


OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Float proces výroby plochého skla

Kmenárna - tavící agregát - cínová lázen - chladící pec - rezárna - sklad



- skleněná vlákna** - materiál, který má v současnosti velmi široké uplatnění ve stavebnictví.
 - Vyrábějí se tažením, odstředováním nebo rozfukováním roztavené skloviny.
- Používají se zejména jako **tepelně a zvukově izolační** materiál (např. výrobky Isover nebo Rotaflex).
- Skleněná vlákna mohou mít uplatnění také jako **rozptýlená výztuž v betonech**. Vlákniatá výztuž především omezuje vznik trhlin při smršťování betonu a zlepšuje pevnostní vlastnosti ztvrdlého betonu. Používá se jak v monolitickém, tak v prefabrikovaném betonu. Skleněná vlákna v betonech musejí především odolávat silně alkalickému prostředí cementového tmelu a kamene, čehož se dosahuje buď speciálním složením sklářského kmene ($\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2 - \text{ZrO}_2$) nebo povrchovou lubrikací.



evropský
sociální
fondy ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Optická vlákna

- Z velmi čisté taveniny křemene jsou tažena optická vlákna.
- Z optických vláken jsou vyráběny kabely pro digitální přenos dat (telefon, telefax, internet, televizní signály, signály měření, regulace, řízení a automatizace aj.). Kabely s optickými vlákny tak umožňují optimalizovaný přenos širokého rozsahu informací na velké vzdálenosti.
- Konstrukce a struktura kabelů se liší podle počtu vláken, okolních podmínek instalace (vnitřní, venkovní, ochrana proti hlodavcům, nehořlavé provedení aj.) a způsobu instalace (zatahování, zafukování).
- Hlavní skupiny kabelů jsou svazkové, distribuční kabely, volné kabely v trubičce (konstrukce jednotrubičková nebo vícetrubičková) a mikrokabely.
- **Bez optických vláken by v současnosti nebyl možný přenos dat v požadovaném objemu a kvalitě.**



evropský
sociální
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Keramika

- slovo **keramika** vzniklo z řečtiny.
- obecně označuje výrobky z různých typů hlíny (často s příměsí dalších nerostů), které vznikly tvarováním a vypalováním.
- první keramika se objevuje ke konci paleolitu.
- keramika byla běžně užívána nejstaršími kulturami v Mezopotámii, Egyptě, povodí Indu a v Číně.
- v dnešní době se názvem keramika dále označují i některé hi-tech materiály, používané například v armádě jako součásti pancéřování.
- ovykle se jedná o slinuté karbidy kovů (wolframu, titanu, chromu, molybdenu, tantalu, niobu a jiných), oxid hlinitý (Al_2O_3), různé nitridy a boridy.
- hi-tech materiály mají rovněž civilní využití - karbidy kovů se používají např. na nástrojích pro obrábění kovů, na vrtacích hlavicích a jiných nástrojích jako takzvané hroty nebo vložky z tvrdokovu. Nejběžnějším příkladem je vrták do betonu s hrotem z „vidia“.



evropský
sociální
fondy ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Rozdělení keramických materiálů

Hrubá keramika

- **porézní (WAF > 60 %)*** - základními představiteli jsou:
 - cihlářské výrobky - cihly plné, duté a tvarované, střešní tašky, drenážní trubky aj.
 - žáruvzdorné materiály typu šamotu.
- **hutná (WAF < 60 %)** - výrobky stavební keramiky.

Základem jsou jílovité materiály typu křemičitanů, hlinitanů a hlinitokřemičitanů sodných, draselných, vápenatých, hořečnatých a jejich kombinací.

Jemná keramika

- **porézní (WAF > 2 %)** - hliněná keramika, hrnčířina nebo pórovina vápenná, živcová a hliněná.
- **hutná (WAF < 2 %)** - kamenina jemná a kyselinovzdorná (kabřinec),
 - porcelán tvrdý a měkký
 - žárupevné (tavený čedič) a vláknité izolační materiály, např. čedičová vata, strusková vata.

*)WAF - pórovitost - nasákavost vodou



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Technická keramika

- Často je využíváno velmi čistých surovin - keramických prášků.
- Je určena na produkty speciálního určení, např. transparentní keramiku pro rtuťové nebo sodíkové výbojky nebo nosiče, pouzdra a chladiče čipů aj.
- **Základní skupiny:**
 - **oxidická keramika** - na bázi SiO_2 , MgO , Al_2O_3 , ZrO_2 .
 - **neoxidická keramika** - na bázi karbidů, boridů, nitridů, silicidů.
Užívána je na těsnící prvky armatur, ucpávky čerpadel, řezné a brusné materiály pro opracování kovů, skla, přírodních materiálů hlavice vrtných souprav apod.
 - **smíšená keramika** - směsí výše uvedených materiálů.
 - **kompozitní keramika** - keramická matrice s keramickými vlákny.

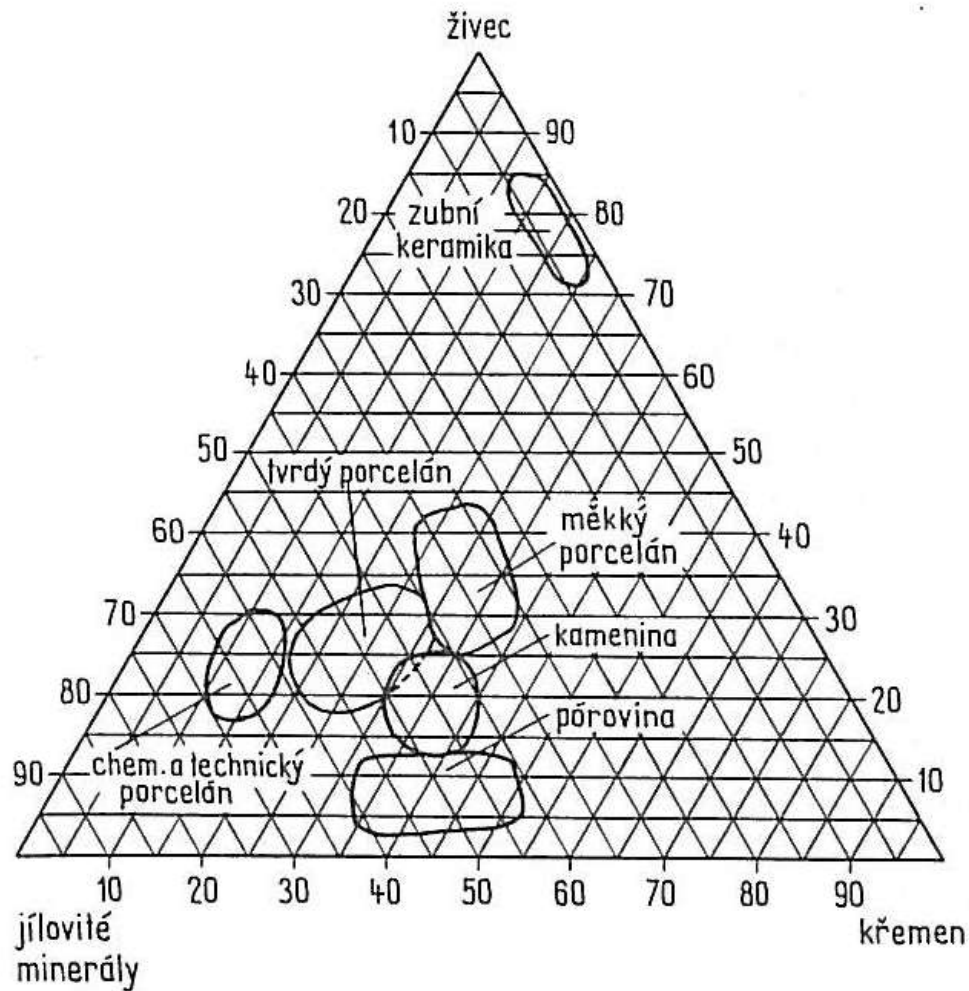


evropský
sociální
fondy ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



Obr. 5.5-2 Typická složení keramických hmot

Tabulka 5.5–2: Pórovinové výrobky a jejich vlastnosti

Výrobek	Složení hmoty				Podmínky vypalování	Přednosti	Nevýhody
	hmotn. %						
	jílovité materiály	křemen	živce	CaCO ₃			
vápenatá pórovina (měkká pórovina)	40 – 45	až 40	–	15 – 25	přežah 1 150°C výpal 1000 až 1060°C	laciné výrobky malá hustota	křehký, nesnáší změny teploty
smíšená pórovina	45 – 50	48 – 42	1 – 3	5 – 7,5	přežah 1 180°C výpal 1000 až 1100°C	méně křehká než vápenatá pórovina, tvrdší	
živcová pórovina (tvrdá pórovina)	40 – 55	55 – 42	5 – 3	–	přežah 1 240°C výpal 1000 až 1100°C	tvrdší a hutnější	dražší a těžší než vápenatá a smíšená pórovina

Tabulka 5.5 – 6: Rozdělení žárovzdorných výrobků

Označení	Podíl hlavní součásti hmotn. %	Hlavní součást	Další součásti
dinasové výrobky	> 93	SiO ₂	
šamotové výrobky			
– kyselé	67 – 76	SiO ₂	Al ₂ O ₃
– polokyselé	22 – 30	Al ₂ O ₃	SiO ₂
– bazické	30 – 40	Al ₂ O ₃	SiO ₂
vysoce hlinité výrobky			
– obohacené jílem	50 – 55	Al ₂ O ₃	SiO ₂
– cyanitové cihly	55 – 65	Al ₂ O ₃	SiO ₂
– silimanitové cihly	60 – 70	Al ₂ O ₃	SiO ₂
– mullitové cihly	72 – 75	Al ₂ O ₃	SiO ₂
– bauxitové cihly	75 – 85	Al ₂ O ₃	SiO ₂
– korundové cihly	60 – 99,5	Al ₂ O ₃	SiO ₂
neutrální výrobky			
– zirkonsilikátové cihly	< 67	ZrO ₂	SiO ₂
– forsteritové cihly	< 50	MgO	SiO ₂ , FeO
– chromitové cihly	30 – 45	Cr ₂ O ₃	MgO, FeO, Al ₂ O ₃
zásadité výrobky			
– magnezitové cihly	> 80	MgO	
– magnezit – chromit cihly	10 – 40	chromit	MgO
– chrommagnezit cihly	40 – 80	chromit	MgO

Základní technologické kroky keramické výroby

- **Úprava surovin** – drcení, mletí, třídění, plavení, odvodnění, sušení, magnetická separace aj. metody,
- **Příprava keramické hmoty** – smíchání výchozích surovin ve stanoveném poměru za sucha nebo za mokra po přidavku vody,
- **Tvarování keramických hmot** – na hrnčířském kruhu nebo manuálně,
 - vytlačováním,
 - lisováním suchých nebo vlhkých hmot,
 - odléváním do forem,
- **Sušení** – odstranění volné vody užitě pro mísení,
- **Výpal** – 1. fáze : kalcinace - odstranění krystalicky vázané vody
 - 2. fáze: slinování v keramických pecích,
- **Povrchová úprava** (je-li prováděna) – zdobení dekorem pod nebo na glazuru,
 - sušení a výpal glazury.

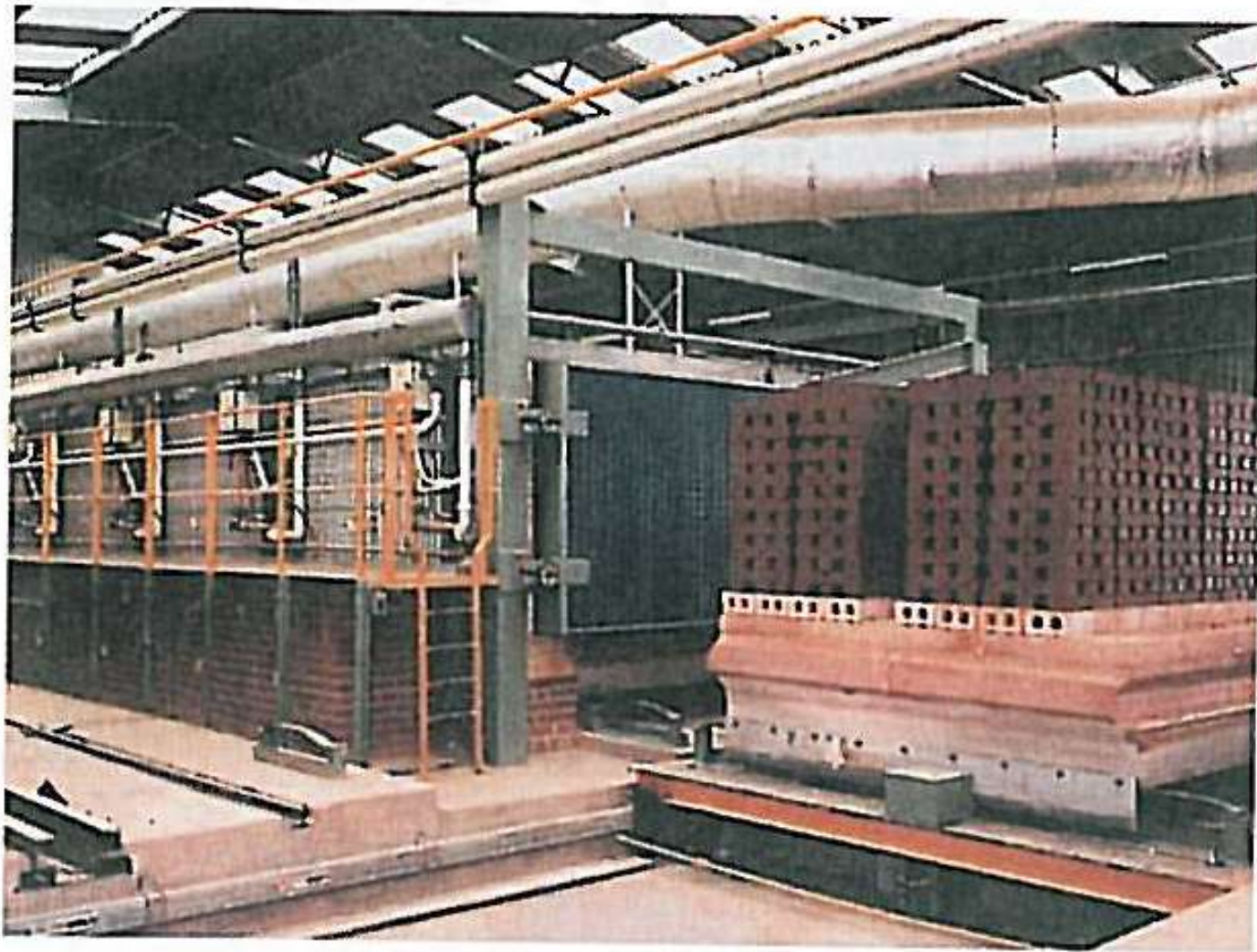


Fig. 3 Heavy clay tunnel kiln

Tunelová pec pro výpal hrubé - cihlářské keramiky



Fig. 2 Full plant layout at Thermal Ceramics

Pece pro výpal technické keramiky



evropský
sociální
fondy ČR

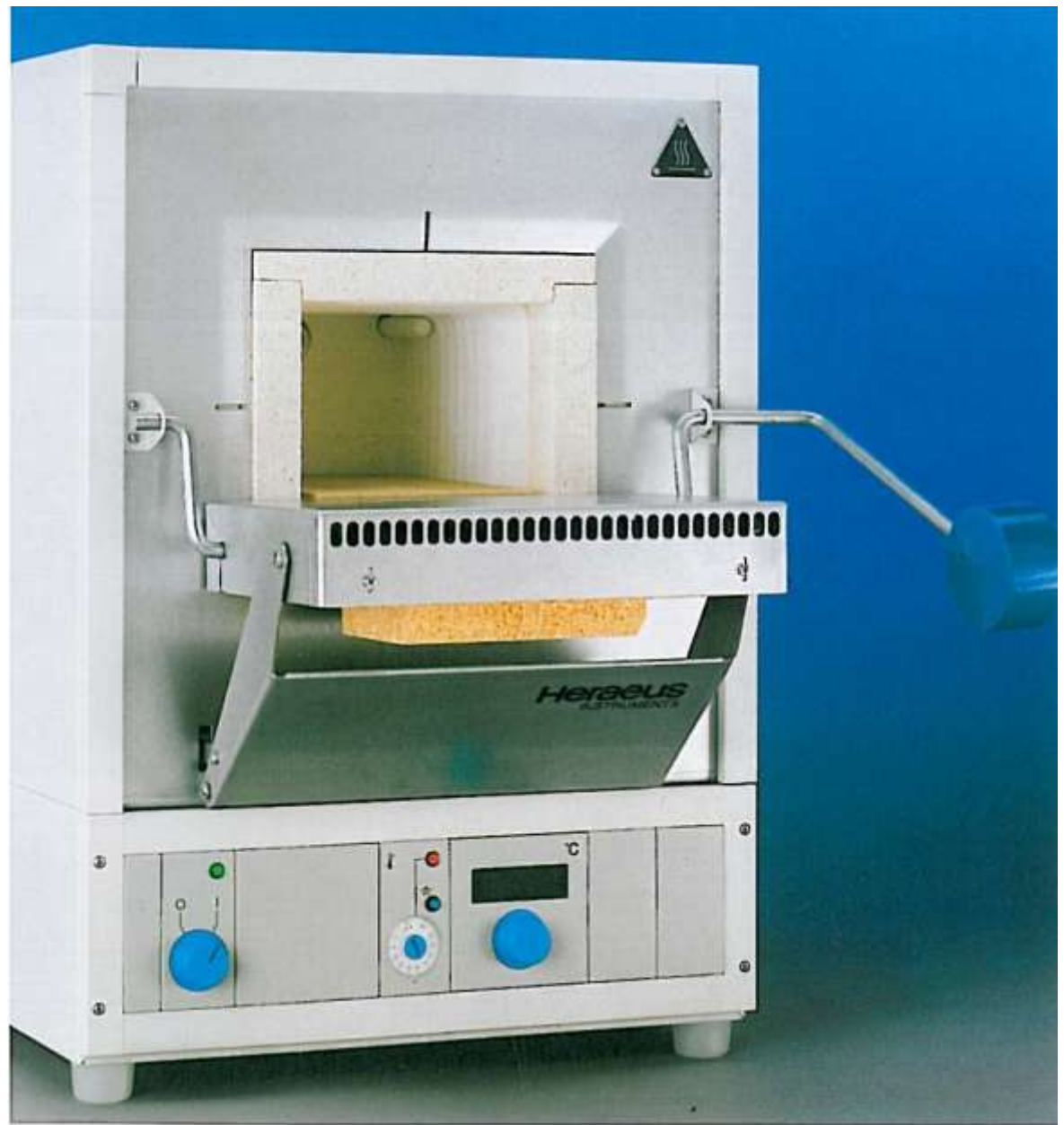


EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



Laboratorní pec



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Charakteristické vlastnosti keramických materiálů

- nízká elektrická vodivost - elektrické izolátory,
- nízký součinitel teplotní roztažnosti -
- dobrá tepelná vodivost - tepelné izolace (porézní nebo vláknité materiály),
- vysoká pevnost v tlaku a tahu – např. součásti vysokotlakých zařízení,
- vysoká tvrdost a oděruvzdornost - obrábění kovů, vrtné hlavice,
- propustnost elektromagnetického záření - i transparentnost,
- definované optické vlastnosti,
- vysoká křehkost,
- vynikající odolnost vůči vysokým teplotám - žárupevné hmoty,
- nižší hustota - cca o 40% nižší než u kovů,
- levné přírodní suroviny - hlavně pro hrubou keramiku,
- vynikající odolnost proti korozí - chemické aparatury a nádobí.

Uvedené vlastnosti předurčují použití keramických materiálů a výrobků z nich vyrobených i do extrémních podmínek užití.



evropský
sociální
fondy ČR

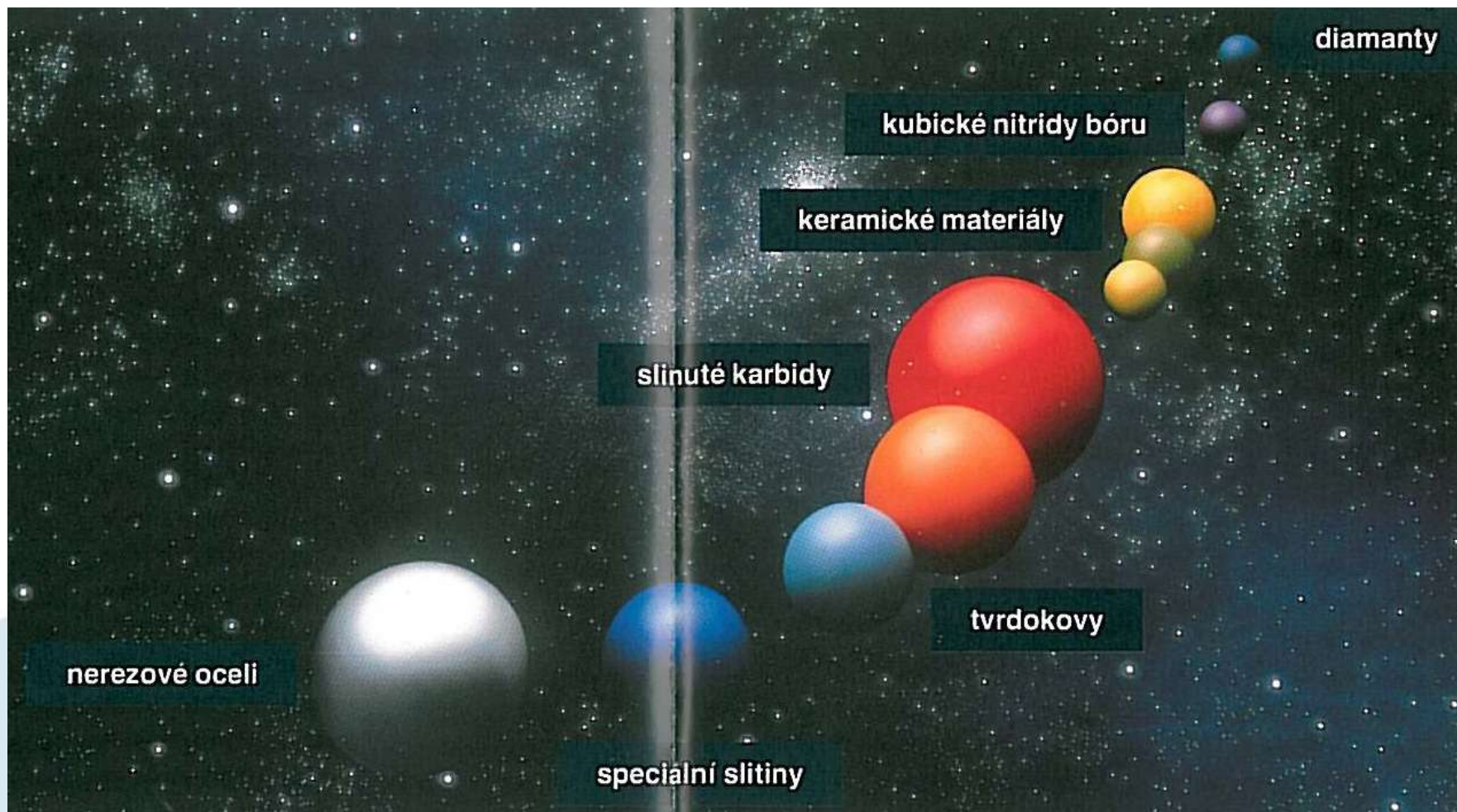


EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



Členění materiálů dle tvrdosti



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Tabulka 5.5–5: Teploty tání a rozkladu důležitých žárovzdorných hmot

Označení	Vzorec	Bod tání °C
periklas	MgO	2825
oxid vápenatý	CaO	2572
oxid zirkoničitý	ZrO ₂	2690
rutil	TiO ₂	1830
karbid křemíku	SiC	2760 ^{×)}
nitrid křemíku	Si ₃ N ₄	1900 ^{×)}
mullit	3Al ₂ O ₃ .2SiO ₂	1850
cyanit	Al ₂ O ₃ .SiO ₂	1325 ^{××)}
andalusit	Al ₂ O ₃ .SiO ₂	1350 ^{××)}
silimanit	Al ₂ O ₃ .SiO ₂	1530 ^{××)}
wollastonit	CaO.SiO ₂	1540
forsterit	2MgO.SiO ₂	1890
chromit	FeO.Cr ₂ O ₃	2180
picrochromit	MgO.Cr ₂ O ₃	2330
spinel pravý	MgO.Al ₂ O ₃	2135

×) Rozkladná teplota.

××) Rozklad na mullit a cristobalit.

Tabulka 5.6–1: Vlastnosti kovových karbidů

Sloučenina	Teoretický obsah C <u>hmotn. %</u>	Technický obsah C <u>hmotn. %</u>	Hustota <u>g m³</u>	Bod tání ^{*)} <u>°C</u>	Mikrotvrdość podle Vickerse HV 0,05
TiC	20,05	19 – 19,5	4,93	2940 – 3070	3000
ZrC	11,64	11,4	6,46	3420	2700
HfC	6,30	6,3	12,3	3820 – 3930	2600
VC	19,08	18,5 – 18,9	5,36	2650 – 2684	2900
NbC	11,45	až – 11,3 ^{**)}	7,78	3613	2000
TaC	6,23	6,1 – 6,3	14,48	3825 – 3985	1800
Cr ₃ C ₂	13,33	13 – 13,3	6,68	1810	1350
β – Mo ₂ C	5,89	až 5,8	9,18	2485 – 2520	1500
WC	6,13	až 6,1	15,7	2720 – 2775	1200 – 2500 ^{***)}
ThC	4,92		10,64	2652	850
ThC ₂	9,37		8,65	2655	600
UC	4,80		13,65	2560	920
UC ₂	9,16		11,68	2500	620

*) Údaje rozsahu bodů tání u nejednotných literárních dat.

**) Po dvojité karburaci.

***) Různé krystalové plochy mají i různou tvrdost (anizotropie tvrdosti).

Tabulka 5.6–4: Vlastnosti kovových boridů

Sloučenina	Bod tání °C	Tvrдость podle Vickerse HV 0,05
TiB ₂	2850	3400
ZrB ₂	3040	2250
HfB ₂	3200	2900
VB ₂	2450	2100
NbB ₂	3000	2600
TaB ₂	3150	2500
CrB	2050	2140
CrB ₂	2150	2100
MoB	2350	2500
MoB ₂	2100	2350
WB	2400	3750
W ₂ B ₅	2300	2600

Tabulka 5.6–3: Vlastnosti kovových nitridů

Sloučenina	<u>Bod tání</u> °C	Tvrdoost podle Vickerse HV 0,05
TiN	2950	2100
ZrN	2985	1600
HfN	3390	1700
VN	2180	1560
NbN	2205	1400
TaN	3095	1150
CrN	1085, 1500?	1100
Cr ₂ N	1590	1580
Mo ₂ N	rozklad	neurčeno
W ₂ N	rozklad	neurčeno

Tabulka 5.6–5: Vlastnosti kovových silicidů

Sloučenina	<u>Bod tání</u> °C	Tvrдость podle Vickerse HV 0,05
TiSi ₂	1 545	950
ZrSi ₂	1 550	1 025
HfSi ₂	1 545	975
VSi ₂	1 680	1 090
NBSi ₂	1 950	1 050
TaSi ₂	2 300	1 250
CrSi ₂	1 520	1 150
MoSi ₂	2 030	1 290
WSi ₂	2 165	1 200

Tabulka 5.6–2: Chemické složení a použití tvrdokovů obsahujících karbid wolframu

Označení kvality	Chemické složení	Obsah WC <hr/> hmotn. %	Použití
kvalita K	WC–Co	88 – 96	opracování materiálů dávajících krátké třísky
kvalita P	(W, Ti, Ta, Nb)C–Co	65 – 85	opracování materiálů dávajících dlouhé třísky
kvalita M	(W, Ta, Nb)C–Co	70 – 80	víceúčelové
kvalita G	WC–Co	75 – 96	beztrískové opracování

Poröse Keramik RAPOR

Poröse Keramiken finden zunehmend Anwendung in der Umwelt- und Verfahrenstechnik für die Stofftrennung, die Stoffmischung und als Katalysatorträger.

Gegenüber Filterwerkstoffen aus Metall oder Kunststoff haben poröse Keramiken den Vorteil der hohen Temperaturbeständigkeit, der guten Korrosionsbeständigkeit, besonders gegenüber Säuren, und einer hervorragenden Abriebfestigkeit.

Mit diesem Eigenschaftsprofil erobern sich poröse Keramiken ständig neue Anwendungen.



SANDVIK DŮLNÍ NÁŘADÍ



Firma SANDVIK ROCK TOOLS je jedním z nejvýznamnějších výrobců tvrdokovových hloubicích nástrojů a vrtných nástrojů do hornin, používaných na skrývkách i při podzemních pracích, dobývání uhlí, nafty a v neposlední řadě i ve stavebnictví.



Výroba porcelánu – výchozí směs

- **Suroviny:**
 - kaolin (50 %)
 - živec (cca 25 %)
 - křemen (cca 25 %)

Z této směsi je připravováno keramické těsto, častěji tekutá suspenze.

- živec působí při výrobě porcelánu jako tavidlo - snižuje teplotu slinování.
- křemen dodává porcelánu tvrdost:
 - měkké porcelány obsahují nad 25 % křemene,
 - tvrdé porcelány obsahují pod 25 % křemene.



evropský
sociální
fondy ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Výroba porcelánu

- **tvarování** – výchozí suspenze se nejčastěji zpracovává odléváním do sádrových forem, méně často dalšími z uvedených metod.
- **sušení** - obsah vody je nutné snížit pod 10 %, aby se v průběhu kalcinace a výpalu neuvolnily bublinky vodní páry, které by způsobily rozpad sušeného polotovaru. Zároveň se snižuje objem keramické hmoty.
- **výpal** – slinování během výpalu probíhá při teplotách 1200 – 1450 °C dle toho, zda se jedná o měkký nebo tvrdý porcelán.
- **glazura** – nanáší se ve formě vodné suspenze máčením nebo stříkáním na vypálený střepek.
Obsahuje živec a křemen.
Vypaluje se při teplotách do 1500 °C.



evropský
sociální
fondy ČR

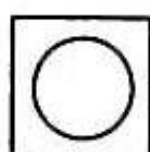
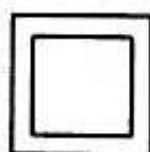
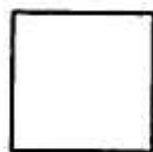
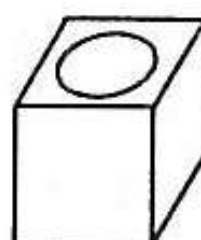
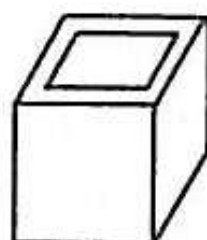
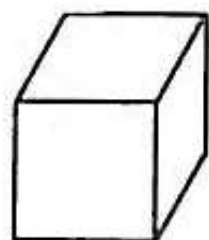
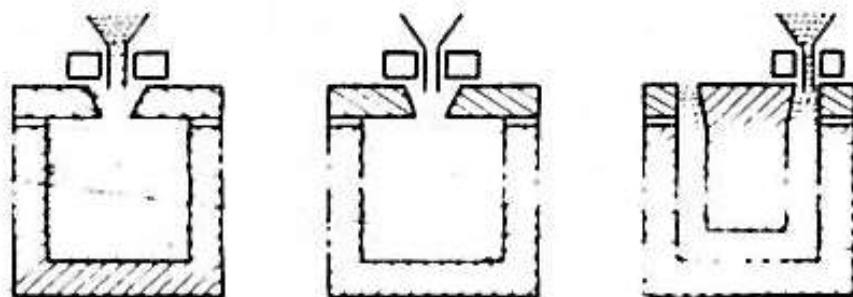


EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz



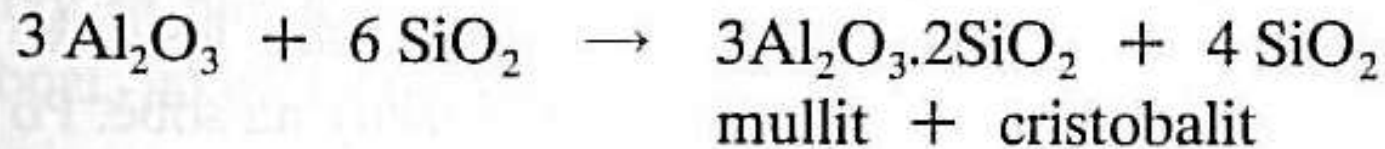
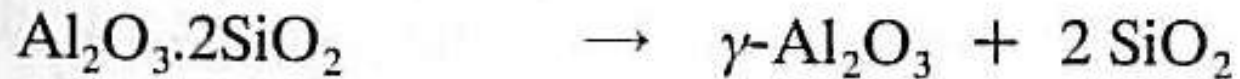
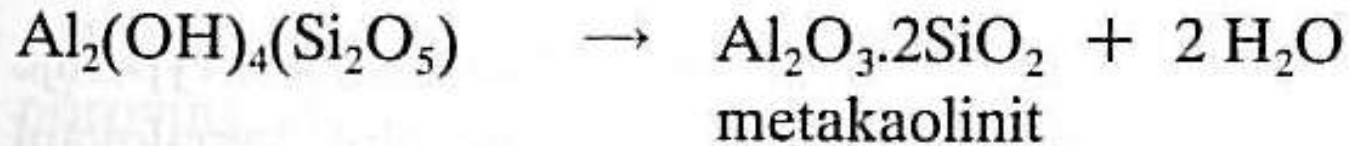
lití
na jádro

lití
na střep

lití
dutých
odlitků

Obr. 5.5-3 Postupy lití
keramických tvarovek

Chemické reakce při výpalu porcelánu



Příklady použití porcelánu

- Kuchyňské nádobí.
- Umělecké předměty.
- Laboratorní nádoby a pomůcky.
- Izolátory elektrického vedení a zapalovacích svíček.
- Konstrukční díly teplotně a korozně namáhaných strojů a zařízení (ulity a oběžná kola odstředivých čerpadel, písty vysokotlakých plunžrových čerpadel).
- Filtry plynů a kapalin (z neglazovaného porcelánu).

Emise do atmosféry, vod a odpady

- SO₂
- NO_x
- Prach ze surovin
- Oteplená voda
- Voda s obsahem rozpuštěných solí
- Žáruvzdorné vyzdívky a formy
- Střepy
- Konstrukční ocel a barevné kovy
- Mazací oleje a tuky
- Obaly
- Sádrové formy
- Kaly z broušení a leštění skla

Děkuji Vám za pozornost !



evropský
sociální
fondy ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz