

C9500 Užitá chemie

Sklo, kámen, keramika

Mgr. Ing. Radka Kopecká, Ph.D.

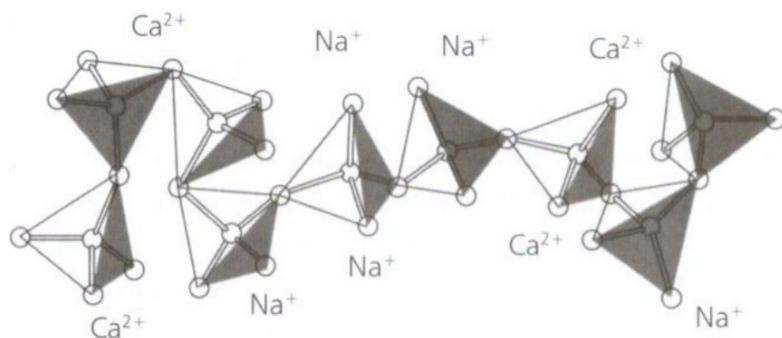
175344@mail.muni.cz

Sklo - definice

Sklo je anorganický, amorfní (nekrytalický) materiál, vyrobený tavením vhodných surovin a následným řízeným ochlazením vzniklé skloviny bez krystalizace. Skelný stav vzniká plynulým přechodem ze stavu kapalného do stavu pevného.

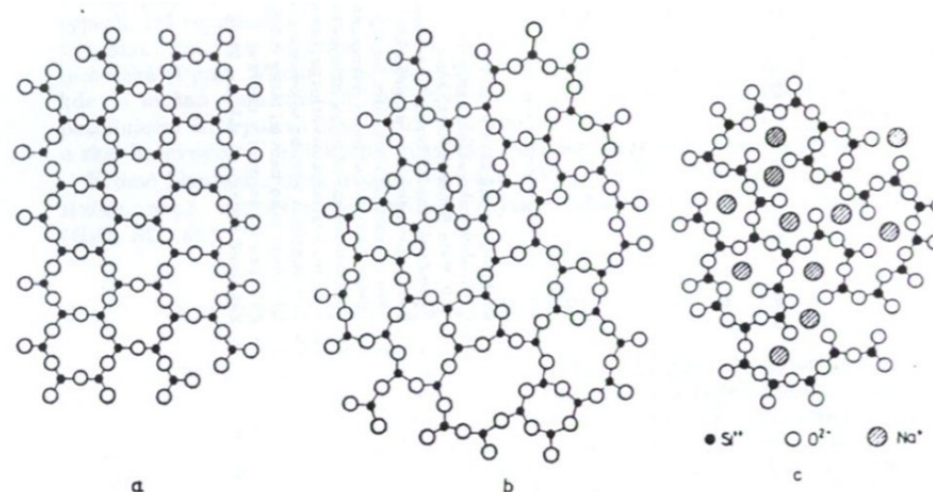


Sklo je „tuhým roztokem“ různých křemičitanů sodných, draselných, vápenatých, případně olovnatých nebo barnatých, které jsou doprovázeny dalšími sloučeninami, zejména oxidy kovů.



Tetraedrická struktura křemičitého sodnovápenatého skla

Podle surovin a přísad, které se přidávají do sklářského kmene, můžeme sklo rozdělit na anorganické, organické, chemické, technické nebo užitkové.



Plošné znázornění rozdílů mezi strukturou křemene, tj. krystalického SiO_2 (a), skelného SiO_2 (b) a sodnokřemičitého skla (c).

Křemík

Křemík se v přírodě vyskytuje ve sloučeninách, nejčastěji jako oxid křemičitý SiO_2 - tři různé krystalické modifikace – křemen, tridymit a cristobalit. Dále se oxid křemičitý vyskytuje hydratovaný (v podobě gelu) jako opál a v zemité podobě jako křemelina. Křemen se často vyskytuje ve velmi dobře vyvinutých krystalech. Odrůdy křemene: křišťál (čistý, bezbarvý), záhněda (tmavohnědá), marion (černý), citrín (žlutý), růženín (růžový), chryzopras (zelený), ametyst (většinou fialový).

- Křemen se vyskytuje jako příměs ve vyvřelinách (žula, porfyr, liparit) a v krystalických břidlicích (rula, slídovec) nebo jako pískovec a křemičité písky.
- Tridymit se v přírodě vyskytuje dosti často, ale většinou jen v malých množstvích.
- Cristobalit získal své jméno podle hory San Cristobal v Mexiku, v malých krystalcích uzavřených v lávě.
- Amorfnní SiO_2 lze získat v podobě bílého prášku odvodněním křemičitých gelů vyloučených z vodného roztoku – v přírodě se vyskytuje jako křemelina - má vynikající schopnost pohlcovat kapaliny SiO_2 – kompaktní xerogel (suchý gel) – opál.
- Chalcedon = zestárlý opál - je vodou chudší než opál, často bezvodý, má krystalickou strukturu. Odrůdy: achát, onyx, karneol, heliotrop, jaspis, pazourek.

Oxid křemičitý je chemicky odolná látka. Z kyselin ji rozpouští pouze kyselina fluorovodíková (HF) a vzniká fluorid křemičitý.
 $\text{SiO}_2 + 4 \text{HF} \rightarrow \text{SiF}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
Oxid křemičitý je ve vodě prakticky nerozpustný. Jako anhydrid kyseliny křemičité se snadno převádí tavením s alkalickými hydroxidy na křemičitan.
 $\text{SiO}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
Stejně reaguje při tavení s uhličitany alkalických kovů.
 $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2$

Výroba skla a porcelánu.

Sklo - historie

- Sklo bylo objeveno v polovině 3. tisíciletí př. n. l. v Mezopotámii.
- První písemná zmínka o skle na našem území pochází z roku 1162. První sklárny vznikaly ve druhé polovině 13. a v první polovině 14. století v příhraničních oblastech. Od poloviny 14. století nejstarší české sklárny tavily téměř čiré draselno-vápenaté sklo - malovaná kostelní okna, číše a poháry.
- Na přelomu 17. a 18. století zastínili čeští skláři kvalitou svých výrobků do té doby bezkonkurenční benátské sklo.
- Ve třicátých letech 19. století v ČR - první chemicky odolné sklo na světě.



Fajáns

- skelná hmota (glazura) na povrchu jádra z jiného materiálu
- první předměty 5 tis. let př. Kr. – Mezopotámie, Egypt
 - jádro: steatit (mastek $Mg_3(Si_2O_5)_2(OH)_2$), křemičitany, křemen
 - aplikace skelné polevy (skelná frit + voda)
 - ponoření jádra do roztoku solí či frity
 - obalením v glazovacím prášku
 - závěrečné vypálení
- drobné figurky, závěšky, korálky a nádoby
- po několik tisíc let i ve Středomoří a na evropském kontinentu



Celoskleněné výrobky

- ojediněle 3.tis. př.Kr.
- počátek 2.tis. (kolem 1600) př.Kr.
 - severní Mezopotámie, Sýrie a Egypt
 - drobné předměty
- **objevení** skelných materiálů
 - při rozvoji měděné (Cu) a bronzové metalurgie (CuSn, CuSnPb)
 - Cu – první barvicí složka (Cu_2O nebo CuO)
 - při vypalování keramiky – hlína obsahovala SiO_2 a Na_2O
 - Plinius – obchodníci v písku u řeky Belus v dnešní Sýrii rozdělali oheň v ohništi z bloků přírodní sody (natronu)
- po roce 1500 př.Kr.
 - skleněné nádoby
 - sklo zpočátku opaktní
 - výroba fajáns pokračuje souběžně
 - Řecko, severní Itálie a alpské země

Sklo - vlastnosti

- fyzikální: viskozita, povrchové napětí, hustota
- mechanické: pevnost v tahu a tlaku, pružnost, tvrdost
- tepelné: tepelná roztažnost, měrné teplo
- optické: index lomu, disperze, tepelná absorpce
- elektrické: špatný vodič tepla
- chemické: rozpustnost, odolnost vůči agresivním kyselinám



Odměrné sklo

„Na dolití“

např. odměrná baňka

Obr. 1 Odměrná baňka



„Na vylití“

např. byreta, pipeta



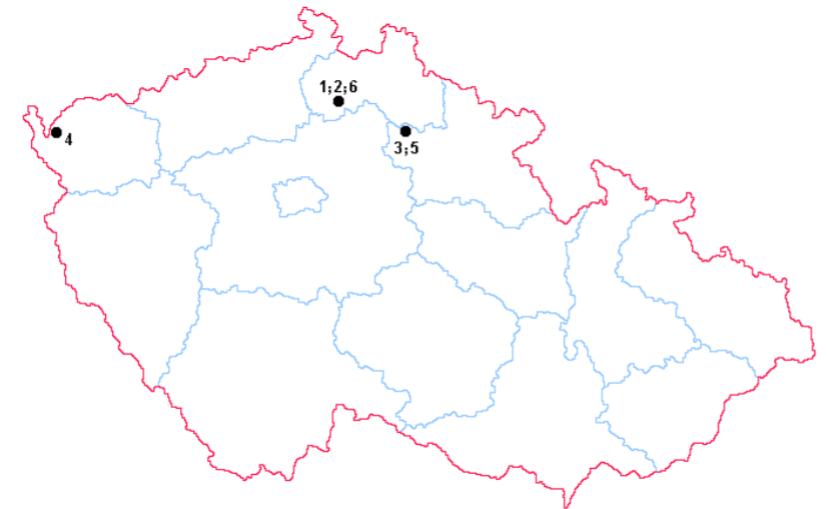
Obr. 2 Byreta

Sklo - materiál

- sklářské (tavné) písky = zrnité horniny s obsahem SiO_2 zpravidla (60 – 80%) + zrna jiných minerálů (živce, slídy, tzv. těžké minerály - granáty, zirkony, turmalíny, rutily, ilmenity, magnetity). Těžba povrchoвым způsobem v lomech.
 - granulometrie (zrnitostní skladba), kdy by se maximální podíl zrn měl pohybovat v rozpětí 0,1 – 0,6 mm
- pojivo = jílové minerály (např. kaolinit), karbonáty a oxohydroxidy železa
- nutno materiál upravovat drcením, praním (odstranění odplavitelných, jílovitých částic) a tříděním (docílení zrnitosti).

Největší a nejvýznamnější ložiska sklářských písků jsou v ČR v české křídové pánvi a v pánvi chebské.

Nejvýznamnějším ložiskem v ČR je Střeleč.



Geografická pozice ložisek sklářských písků v ČR
1 – Provořín, 2 – Smí 2 – Veselí, 3 – Střeleč, 4 – Velký Luh, 5 – Mladějov v Čechách, 6 – Smí - Okřešice

Drcený křemen – první zmínka 16. - 18 stol.

- kusový křemen: žilný křemen, oblázky z řek, sběr na polích
- omývání od hlíny
- pálení křemene v peci „kýzovna“ – červený žár až 2 týdny
- vyhrabání do studené vody-> rozpraskání – křemel
- vysekávání nečistot a třídění podle barvy
- drcení ve stoupě a síťování
- 98-99% SiO₂, pod 0,1% Fe₂O₃, zrnitost pod 1 mm



1 Úprava křemene v 19. století. Ženy rozbíjejí vypálené kusy křemene a odstraňují železité, zbarvené žilky.

Stoupa k drcení surovin v 16. století. Agricola,^[13] 1556.
A – žlab stoupy
B – sloupy stoupy
C – příčník
D – beran
E – botka beranu
F – osa
G – zvedací čep
H – palec na hřídeli



Sklářský písek → Sklářský kmen



7 Příprava sklářského kmene v 19. století. Kmenář míchá dávku kmene v neckách překopáváním. Jsou vidět váhy a síta na suroviny.

- **písek** křemenný, rozemletý, propraný, vysušený
- **soda** (uhličitan sodný Na₂CO₃, síran sodný Na₂SO₄ · 10 H₂O) usnadňuje tavbu, zpomaluje chladnutí skla („dlouhé sklo“), sklo je křehčí
- **potaš** (uhličitan draselný K₂CO₃) z popela nebo hydrátová potaš, dělá sklo jasnější, ohnivější (polokřišťálové a optické)
- **fluor** (v kazivci a kryolitu) usnadňuje tavení, poškozují pánve, ekologicky závadný,
- **kyselina boritá** H₃BO₃ usnadňuje tavení, zlepšuje mechanické a optické vlastnosti skla,

- **borax** (tetraboritan sodný Na₂B₄O₇) zlepšuje proces tavení a barvení a zvyšuje odolnost skla proti mechanickému poškození a chemickým látkám,
- **vápenec** CaCO₃ a **dolomit** CaCO₃ · MgCO₃ zvyšují tuhost a křehkost, zlepšují zpracovatelnost taveniny, („dlouhé sklo“)
- **olovo** (klejt PbO, suřík či minium Pb₃O₄) usnadňuje tavení, sklo je těžší, měkčí, s vysokým třpytem, jiskrou a vysokým indexem lomu světla, český křišťál 24% Pb,
- **oxid barnatý** BaO, zvyšuje pružnost (cinkot sklenic), foukané sklo do 5%, televizní obrazovky kolem 12%, speciální optická skla až 30%.

Běžný způsob třídění sklářských surovin je založený na jejich funkcích při výrobě skla a na chemickém složení

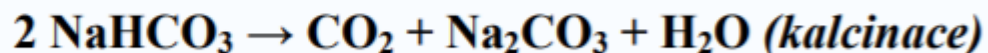
1) Sklotvorné suroviny (SiO_2 , Al_2O_3 , B_2O_3 , P_2O_5):		
Uvedené oxidy se vnašejí do skloviny těmito surovinami: SiO_2	minerály: křemen, živec, nefelin	horniny: sklářský písek (křemenný písek), hrubě zrnitý kaolín, fonolit a další horniny
Al_2O_3	živec, nefelin, kryolit, hydroxidy hliníku	kaolín, fonolit, pegmatit, aplit a další horniny
B_2O_3	borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), kyselina boritá neboli sassolin	
P_2O_5	fosfáty, apatit, (jako kostní moučka)	
2) Stabilizátory (CaO , MgO , PbO , BaO , ZnO):		
Uvedené oxidy se vnašejí do skloviny těmito surovinami: CaO	kalcit, dolomit, fluorit	vápenec, dolomit, fluorit
MgO	dolomit, magnezit, oxid hořečnatý	dolomit, magnezit
PbO	suřík (Pb_3O_4), glejt (PbO), cerussit (PbCO_3)	
BaO	uhlíčitan barnatý, dusičnan barnatý	
ZnO	zinková běloba	
3) Taviva (Na_2O , K_2O , Li_2O , B_2O_3):		
Uvedené oxidy se vnašejí do skloviny těmito surovinami: Na_2O	soda, síran sodný, borax, dusičnan sodný, plagioklas, nefelin, kryolit,	fonolit, někdy i další horniny
K_2O	potaš (K_2CO_3), ledek (KNO_3), draselný živec	fonolit a další horniny
Li_2O	chemické sloučeniny Li	
B_2O_3	srovnatelné suroviny ve skupině 1.	
4) Barvicí substance:		
dvojmocné železo, trojmocné železo, měď, kobalt, nikl, chrom, zlato a pod.		

Soustava běžného skla = $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{Na}_2\text{O}$ a $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{K}_2\text{O}$

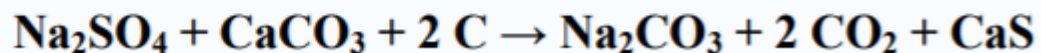
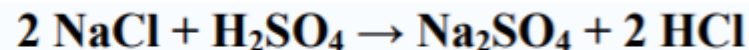
- Přidávány alkálie – CaO , (Na_2O a K_2O) ve formě vápence CaCO_3 , sody Na_2CO_3 , potaše K_2CO_3
- $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ = tavením kmene přechází uhlíčitan vápenatý na oxid vápenatý, jehož obsah upravuje rozpustnost a chemickou odolnost skla.
- Obsah alkálií ve sklářském kmene ovlivňuje zejména teplotu tavení vsázky.
- Přidávána čeriva = látky odstraňující z roztavené skloviny bublinky a nečistoty a zároveň sklářský kmen homogenizovaly. Pomáhají k urychlení tavících procesů a napomáhají k odbarvování skloviny
- sírany (sodný, vápenatý, barnatý), dusičnany – ledky (draselný, vápenatý, barnatý)
- Barviva = nejčastěji elementární kovy nebo oxidy a soli kovů. mangan (ametystové zbarvení), kobalt (modré zbarvení), měď (tyrkysové, ale i tmavě červené zbarvení), zlato (rubínová barva), stříbro (žlutá až červená).
- Určitý podíl vsázky tvoří také drcené odpadní sklo (skleněné střepy) = úspora primárních surovin, zrychlení tavícího procesu, zlepšení počáteční homogenity skloviny.

Uhličitan sodný (soda)

Solvayův způsob

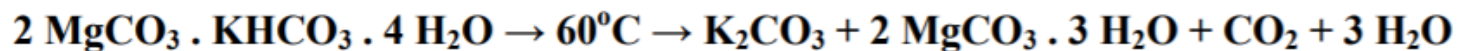
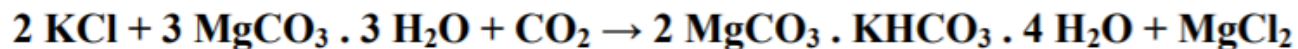


Leblancův způsob

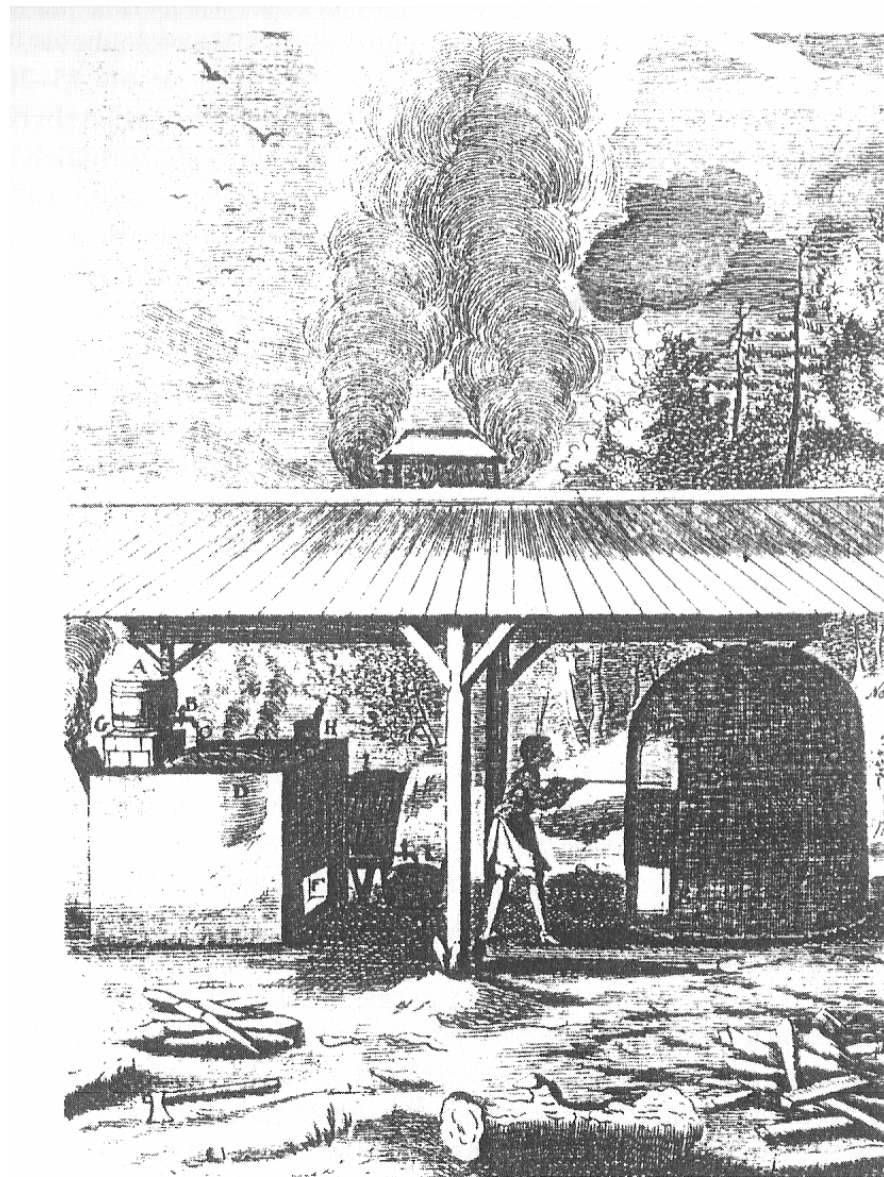
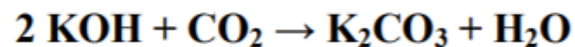


Uhličitan draselný (Salajka)

stassfurtský způsob



karbonatace roztoku hydroxidu draselného:



4 Výroba salajky v 17. století dle Kuncela.^[65] Na levé straně je odpařovací kotel (D) v topeništi, nad ním zásobní nádrž na výluh (A). Za kotlem se nachází vyluhovací nádoba, výluh se přelévá nádobkou (H). Na pravé straně kalcinační pec, dělník míchá kalcinovaný materiál.

Sklo - výroba

Proces výroby skla můžeme rozdělit do čtyř procesů:

- výroba vsázky
- tavení skla
- tvarování skla
- chlazení skla.

Surovina na výrobu skla se nazývá sklářský kmen, který je uveden do stádia taveniny

- Sklářský kmen obsahuje: – 70% sklotvorných oxidů – 20% tavidel – Stabilizátory – Odbarvovače – Barviva



Vznik skla tavením

Sklo se taví ve třech obdobích, samotném roztavení hmoty, čeření a sejítí vyčeřeného skla. Při tavení sklářského kmene se kmen dokonale roztaví při teplotě 1450 až 1550 °C, boritokřemičité sklo až 1630 °C a křemenné sklo okolo 2000 °C, pomocí energetického agregátu. Po roztavení je sklo tuhé, nestejnorodé, neprůhledné a s bublinkami, které se odstraní zvýšením teploty a přidáním různých čeřidel. Dále se hmota čeří a tím se dál mísí, bublinky mizí a sklo je řidší a průhlednější. Po té je hmota velmi řídká, a tak se musí zchladit, aby se s ní dalo pracovat. Tento proces se jmenuje sejítí. Po dokonalém čeřítí a sejítí se teprve sklo může dál zpracovat buď ručně, nebo strojově.

- Soda povrchově reaguje s pískem již při 550 °C: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2$
- Při 700 °C reakce pokračuje dál: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$
- Podstatou chemických změn je rozklad a oxidace jednotlivých složek sklářského kmene na oxidy, které se s SiO_2 slučují na křemičitany proměnlivého složení, např. $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{O} + \text{CO}_2$ a dále
$$m \text{ MeO} + n \text{ SiO}_2 \rightarrow m \text{ MeO} \cdot n \text{ SiO}_2$$

Zpracování skloviny:

- dříve (lití, mačkání)
- později (foukání, tažení, lisování, válcování)

Sklo - dělení

Dle původu:

1. přírodní – skla, která vznikla přírodními procesy, nejčastěji vulkanickou činností v přírodě. Horniny ze skupiny vulkanických skel (obsidián, pemza, perlit a smolek), které vznikají rychlým ochlazením kyselé lávy na zemském povrchu. Tektity jsou skla, která vznikla v souvislosti s dopadem meteoritu na zemský povrch a roztavením původních sedimentárních hornin v místě dopadu. Podle místa geografického výskytu se tektity označují např. jako vltavíny, australity, indočínity (javanity, filipínity), irgizity. Vltavíny byly objeveny v r. 1787 jako první z tektitů a dostaly svůj název podle řeky Vltavy.
2. umělá – skla, vznikají buď tavením sklářského kmene a přísad a následným řízeným ochlazením bez krystalizace (označovaná také jako průmyslová skla) nebo jako vedlejší produkt spalování uhlí (vysokoteplotní popílký, uhelné tavné strusky)



Dle chemismu průmyslových skel (tj. podle příslušnosti k základním soustavám):

- SiO_2 – křemenné sklo - tavení čistého křišťálu ve vakuu při teplotě kolem $2000\text{ }^\circ\text{C}$, pro výrobu osvětlovacích výbojek a různých aparatur.
- Na_2O (K_2O , Li_2O) - SiO_2 – tzv. rozpustné (vodní) sklo Vodní sklo je obchodní název jak tavenin alkalických křemičitanů, tak jejich vodných roztoků. Vyrábí se dvoustupňovou syntézou.
- K_2O – CaO - SiO_2 a K_2O – PbO - SiO_2 – křišťálová skla = kvalitní druh čirého bezbarvého skla s vysokým leskem vysokou světelnou propustností, pro výrobky umělecké, dekorační, užitkové. Pojem křišťálové sklo se omezuje pouze na olovnaté sklo s více než 24% PbO
- Na_2O – B_2O_3 - SiO_2 – tepelně odolná skla, 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). Z těchto typů skel se vyrábí laboratorní nádobí nebo varné nádobí pro domácnost.
- CaO – MgO – Al_2O_3 - SiO_2 – nízkoalkalická skla, využití v chemickém a farmaceutickém průmyslu



Dle způsobu průmyslové výroby a použití:

- ploché sklo tažené, válcované nebo vyráběné tzv. float procesem, stavebnictví pro zasklívání oken, dveří, zrcadlové sklo, bezpečnostní sklo
- tvarované sklo - sklobetonové konstrukce stěn, stropů nebo kleneb, kdy mohou staticky spolupůsobit spolu s betonovou výplní, např. tzv. luxfery
- foukané sklo se tvaruje pomocí sklářské píšťaly, zejména výroba uměleckého a dekorativního skla
- pěnové sklo je anorganický pórovitý materiál s tepelněizolačními vlastnostmi, který má, na rozdíl od ostatních tepelněizolačních materiálů, vysokou pevnost v tlaku
- skleněná vlákna - uplatnění ve stavebnictví jako tepelně a zvukově izolační materiál

Sklo - zdobení

ruční hutnické:

- přepichované sklo – na baňku z jednoho druhu skla se nabere sklo jiné (křišťálové)
- přejímané – vrstvy různobarevných skel
- obalované – částečně vyfouklý tvar se obalí v různobarevném skelném prachu, nataví a dále rozfukuje
- krakelové – částečně vyfouklá baňka se ponoří do vody, tím její povrch popraská, pak se přepíchne další vrstvou skla v peci a pracuje se s ní jako s obyčejným sklem
- nitkové,
- květové,
apod.
- nálepy, tvarování kleštěmi apod.

mechanické nebo chemické na studeném výrobku:

- broušení hladinářské

hrubé - litinový kotouč na svislé ose, brusičský písek s vodou

jemné – pískovcový kotouč, voda,

leštění – kotouč z topolového dřeva

broušení kuličské

hrubé – karborundový kotouč na vodorovné ose, profilovaný do různých úhlů, voda splachuje jemný brusný písek na kotouč

jemné – pískovcový kotouč stejných profilů

leštění – dřevěný, korkový nebo plstěný kotouč stejných profilů, kartáčový kotouč s jemným brusivem ve vodě

Chemické - mechanické:

- Tepání
- Rytí a řezání
- Punktování
- Leptání
- Matování
- Pískování
- Ledování
- Malování
- Lazurování
- Malba na kov
- Stříbření

- lázeň ze stejných dílů 2 roztoků:

30 g dusičnanu stříbrného ve 300 g destilované vody s přidáním několika kapek čpavku, po rozpuštění ještě 30 g lihu 95% a doplnit destilovanou vodou na 340 g;
20 g Seignetovy soli vařit ve 180 g destilované vody a přidat 1 g dusičnanu stříbrného ve 30 g vody, po 10 minutách varu odstavit a doplnit vodou na 340 g.



Sklo - vady

Neduhy a vady skla:

- Zkoušení skla, Odskelňování, Bubliny, Kamínky ve skle, Šlíry, Vrásnění, švy, přelisky, Nestejná síla stěny, Fleury, Dechové obrázky, Stárnutí, Slepnutí, Tečení

Koroze skla:

- **je ovlivněna:** složením skla, složením okolního prostředí (roztoku) a jeho pH, teplotou, rychlostí proudění, dále poměrem povrchu skla k objemu roztoku
- probíhá: a) samotná povrchová reakce
b) transport od povrchu skla
- děje: 1. rozpouštění křemičité sítě
2. selektivní vyluhování částic skla: Na^+ , K^+ , Pb^{2+} a interdifuze iontů ze skla
3. zpětná srážení původních rozpuštěných komponentů nebo korozních produktů

Jak ovlivnit chemickou odolnost skel:

- složením: **SiO_2** – zvyšuje chemickou odolnost
 Na_2O – snižuje chemickou odolnost
 CaO – vápenaté ionty jsou méně pohyblivé, tzn. pomalejší vyluhování, vytváření sekundárních ochranných vrstev na povrchu
 MgO – také menší pohyblivost iontů
- Al_2O_3** – v zásaditém prostředí zvýší odolnost
- v kyselém prostředí sníží odolnost
- vliv pH – minimální rychlost rozpouštění **pH= 4,5-7**
- vliv teploty – čím vyšší teplota, tím rychleji koroduje

Minerály, horniny, nerosty

- Mineralogie je nauka o minerálech (nerostech).
- Petrologie je nauka o horninách.

Minerály (nerosty) a horniny tvoří povrch naší planety.

- MINERÁLY (stejnorodé látky), lze zapsat chemickým vzorcem - vyskytují se jako součást hornin, nebo samostatně - velké množství tvoří ložiska nerostných surovin. Nerosty v krystalovém tvaru jsou ohraničeny pravidelnými stěnami.
- HORNINY (nestejnorodé látky), nelze zapsat chemickým vzorcem - jsou tvořeny souborem zrn jednoho nebo více minerálů, které jsou v hornině různě umístěny. - podle způsobu vzniku se horniny dělí na 3 skupiny:

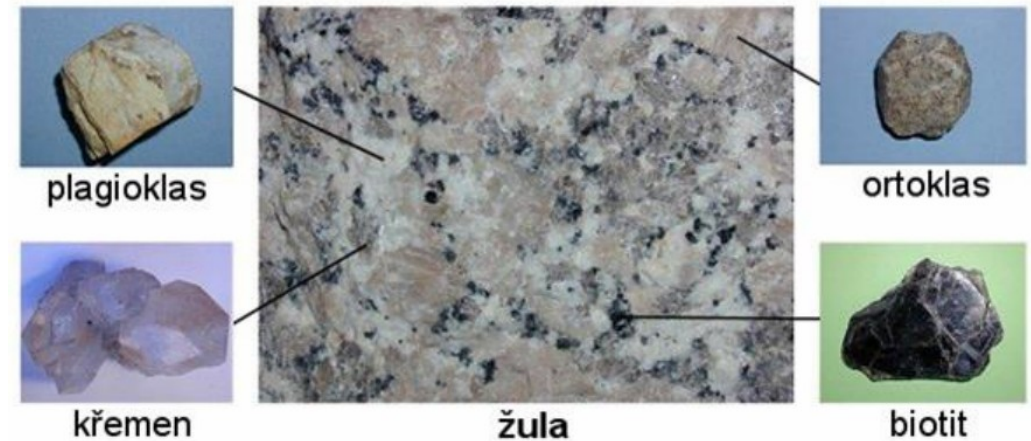
VYVŘELÉ

USAZENÉ

PŘEMĚNĚNÉ

Chladnutím a tuhnutím horniny zvané magma vznikly vyvřelé horniny. Usazené horniny vznikly zvětráváním a následným usazováním starších hornin. Přeměněné horniny vznikly přeměnou vyvřelých hornin v důsledku tepla a tlaku v nitru Země.

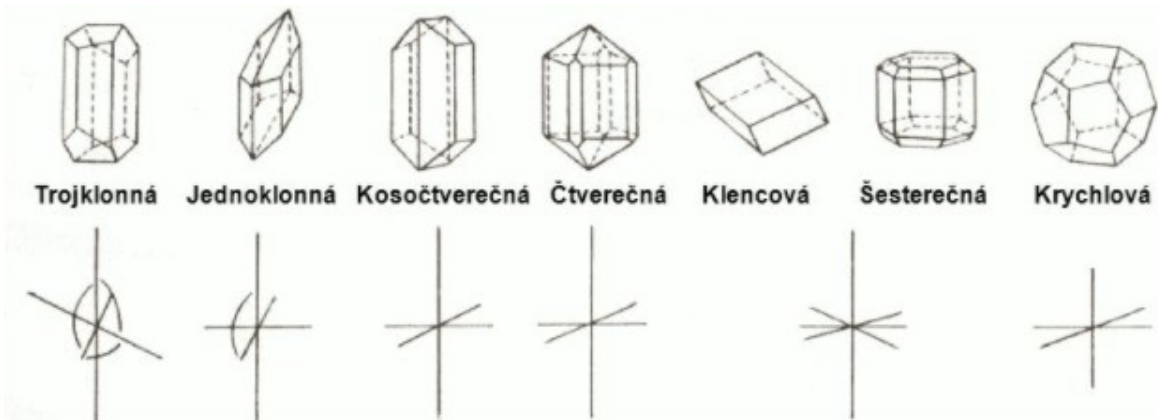
<https://is.muni.cz/elportal/estud/pdf/js07/mineraly/materialy/pages/predmluva.html>



Krystal je mnohostěn omezený pravidelnými přirozenými hladkými plochami. Krystaly mohou vyrůst jako:

- monokrystaly – všechny částice jsou v jedné krystalové struktuře, která je neporušená, vlastnosti se mohou v určitých směrech lišit - anizotropní – polovodiče z monokrystalů Si a Ge
- polykrystaly – jsou tvořeny větším počtem malých krystalů, vlastnosti mají ve všech směrech stejné – izotropní – kovy.

Krystaly rozdělujeme podle jejich souměrnosti do 7 soustav: kosočtverečná, čtverečná, krychlová, jednoklonná, trojklonná a šesterečná.



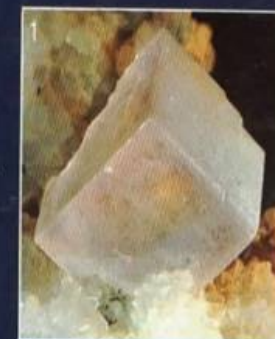
Sedm krystalových soustav

Na obrázku vlevo najdete vyobrazení odpovídajícího osního kříže, uprostřed krátkou charakteristiku krystalové soustavy a příslušného osního kříže, na obrázku vpravo odpovídající typické krystaly. Charakteristické příklady minerálů všech sedmi krystalových soustav najdete na protilehlé straně.

	Kubická (krychlová) soustava: všechny 3 osy osního kříže jsou stejně dlouhé a protínají se v pravém úhlu.	
	Tetragonální (čtverečná) soustava: dvě osy osního kříže jsou stejně dlouhé, třetí je delší, nebo kratší. Všechny se protínají v pravých úhlech.	
	Hexagonální (šesterečná) soustava: tři stejně dlouhé osy osního kříže leží v jedné rovině, protínají se pod úhlem 120°. Čtvrtá osa je nerovnocenná a je kolmá na tuto rovinu.	
	Trigonální soustava: tři stejně dlouhé osy osního kříže leží v jedné rovině a protínají se pod úhlem 120°. Čtvrtá osa je nerovnocenná a je kolmá na tuto rovinu.	
	Rombická (kosočtverečná) soustava: všechny tři osy osního kříže jsou různé dlouhé a protínají se v pravých úhlech.	
	Monoklinická (jednoklonná) soustava: všechny tři osy osního kříže jsou různé dlouhé. Dvě z nich se protínají v úhlu různém od 90°. Třetí je na jimi tvořenou rovinu kolmá.	
	Triklinická (trojklonná) soustava: všechny tři osy osního kříže jsou různé dlouhé a svírají vzájemně libovolné úhly různé od 90°.	

Příklady minerálů krystalujících v různých krystalových soustavách:

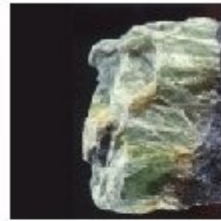
1. kubická: fluorit z Ribadiseily, Španělsko.
2. tetragonální: xenotim z Amstallu, Rakousko.
3. hexagonální: vanadinit z Mibladenu, Maroko.
4. trigonální: rodochrozit z St. Eulalie, Mexiko.
5. rombská: eschynit z Mollandu, Norsko.
6. monoklinická: vivianit z Marococaly, Bolívie.
7. triklinická: laueit z Hagendorf, Bavorsko.



Fyzikální vlastnosti nerostů

- tvrdost
- hustota
- štěpnost
- lom
- pružnost
- lesk
- barva
- propustnost světla
- vryp
- žárovzdornost
- elektrické vlastnosti
- magnetismus.

Mohsova stupnice tvrdosti



Mastek



Sůl kamenná



Kalcit



Fluorit



Apatit



Živec



Křemen



Topas



Korund



Diamant

Chemické vlastnosti

- chemické složení
- polymorfie
- izomorfie
- reakce s kyselinami
- rozpustnost ve vodě

Třídy mineralogického systému

I. Prvky II. Sulfidy III. Halogenidy IV. Oxidy a hydroxidy V. Uhličitany VI. Sířany VII. Fosforečnany VIII. Křemičitany IX. Organické nerosty Přírodní skla (nepatří do mineralogického systému)

Horniny

1) MAGMATICKÉ (vyvřelé)

- vytvářely se v době, kdy vznikala planeta Země
- magma je roztavená hornina, která pochází ze spodní části zemské kůry a proniká do vyšších částí zemské kůry
- magma tuhne a vzniká magmatická hornina - například ŽULA (křemen, živec, slída)



žula



křemen



živec



slída

2) USAZENÉ HORNINY

- vznikaly
- a) rozpadem magmatických hornin na povrchu Země (písek, pískovec)
- b) usazováním pevných zbytků odumřelých živočichů a rostlin (vápenec)



pískovec



písek



vápenec

3) PŘEMĚNĚNÉ HORNINY

- vznikaly tlakem horních vrstev na rozžhavené horniny ve velkých hloubkách zemské kůry (tak docházelo k přeměně hornin)
- například přeměna vápence v mramor



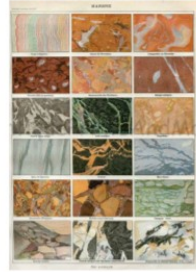
mramor

MRAMOR

- Krystalický vápenec, karbonátová hornina



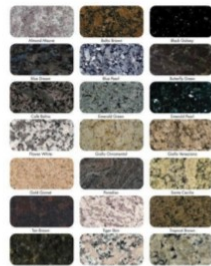
- Složení > 95 % CaCO₃ (kalcit, dolomit), příměsi jílové minerály, grafit, limonit, hematit, serpentit
- Barva bílá, světle šedá, tmavě šedá až černá, růžová, zelená
- Tvrdost 3
- Výskyt – Jeseníky, Českokrumlovsko, Itálie, Rumunsko, Španělsko
- Využití – sochařství, stavební materiál, dlažba, mozaika, brusné pasty



- <https://www.youtube.com/watch?v=kws14oIMW5M>
- <https://www.videoman.gr/cs/67079>
- <https://khanovaskola.cz/video/40/297/617-michelangelo-david-1501-04-mramor>
- <https://khanovaskola.cz/video/13/106/928-michelangelo-mojzis-ca-1513-15>

ŽULA – Granit

- Hlubinná vyvřelá hornina
- Složení – křemen 20-40 %, živce 40-70 % (plagioklas, ortoklas), slídy 5-15 % (biotit, muskovit)
- Barva – světlá, šedavá, namodralá, žlutavá, růžová, červená, červená – ovlivněna především živcem
- Zrnité – jsou vidět jednotlivá zrna – hrubozrná, střednězrná, jemnozrná
- Tvrdost 6–7
- Vysoká odolnost – téměř nevstřebává vodu (nízká pórovitost)
- Vysoká váha a těžká opracovatelnost
- Výskyt – Šumava, Český les, Krušné hory, Jizerské hory, Krkonoše, Železní hory, Českomoravská vrchovina, Jeseníky
- Využití – stavebnictví (dlažba), štěrky, podstavce, náhrobky, pomníky, curlingový kámen

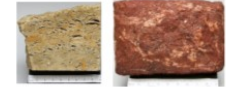


VÁPENEC

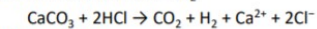
- Sedimentární hornina



- Složení > 80 % CaCO₃ (kalcit, aragonit), příměsi dolomit (CaMg(CO₃)₂), křemen, jílové minerály, úlomky z kamenělin
- Obecně bílý, barva ovlivněna příměsemi
- Chemicky čistý vápenec - křída
- Tvrdost 3
- Výskyt – Pálava, krasy (Macocho),



- Využití – pálené vápno, cement, dřev, kamenotisk, sochařství, architektura
- Bouřlivě reaguje se 10% HCl za uvolnění CO₂



<https://geology.com/minerals/acid-test.shtml>

<https://www.youtube.com/watch?v=yNh1xs9I2bl>

PÍSKOVEC

- Sedimentární hornina



- Složení – zrna velikosti 0,5–2 mm – křemen, živce, horninové úlomky, jíly
- Různé barvy – šedá, žlutá, červená – dle příměsí
- Tvrdost 3–6
- Výskyt – Jičínsko, Kladensko, Litoměřicko, Broumovsko
- Využití – stavební kámen, sochařství, mlýnské a brusné kameny, v pravěku nádoby



<https://www.youtube.com/watch?v=XUsSJBQ2kO4>

Keramika - definice

Keramika je pevná anorganická polykrystalická látka vyrobená keramickým výrobním způsobem z minerálních surovin s převládající složkou SiO_2 , tedy jílových minerálů, vytvarovaná a následně vypálená na vysokou teplotu (obvykle nad $900\text{ }^\circ\text{C}$), čímž dojde ke slinování keramického střeptu, zpevnění a tvorbě mikrostruktury.

Keramické výrobky řadíme mezi silikáty stejně jako sklo, maltoviny, smalty.

Slinování (= *spékání* ve smyslu práškové metalurgie) se v oblasti technologie silikátů označuje proces, kterým se zpevňují disperzní systémy za zvýšené teploty. Obvykle je doprovázeno objemovou kontrakcí a zhutňováním, tj. snížením pórovitosti. Vzniká tak **hutná polykrystalická hmota**, v níž jsou **původní částice pevně spojeny**. Slinování může probíhat v pevném stavu nebo účinkem taveniny.

Kromě krystalických fází příp. fáze skelné obsahuje **keramický střept** obvykle také větší či menší množství **pórů**.

Keramika na bázi přírodních surovin představuje, vedle kamene a dřeva, jeden z **nejdéle používaných materiálů** v lidské historii a vůbec první záměrně vyrobený materiál umělý.



<https://www.youtube.com/watch?v=syaKXsyohAo>

Keramika - historie

období (př. n. l.)	úseky vývoje a významné mezníky
10000 - 3000	zhotovování keramiky s hrubozrnným, pórovitým, křehkým střepem (z jílu s příměsí písku), na povrchu nádob je vytlačovaný provazový nebo rytý vzor
5000 - 2000	dokončování nádob a povrchové úpravy se provádějí na tzv. pomalém kruhu (kruh byl otáčen rukou)
4000	počátek obchodu s keramickými předměty
4000	první známé pálené cihly používané Sumery v jižní Mezopotámii
3000	objev a používání tzv. rychlého hrnčířského kruhu ve východní a jihovýchodní Evropě
2000 - 1000	rozvoj používání stavební keramiky, glazovaných cihel a fasádních obkladových tvarovek na Středním východě (Mezopotámie)
1600 - 1500	vyspělá hrnčířská výroba v Egyptě
600	výstavba zikkuratu (babylónské věže) v Etemenaki a Ištařiny brány v Babylóně – staveb, obložených barevně glazovanými cihlami
221 - 210	zhotovení tzv. terakotové armády – souboru zhruba 7000 záhrobních hliněných figur v životní velikosti za vlády prvního císaře sjednocené Číny Čchin Š' Chuang-ti (obr. 1); použití olovnaté glazury s teplotou výpalu 700 °C nanášené na suchý střep
214 - 194	výstavba velké čínské zdi – nejmohutnější známé světové cihlové stavby (celková délka zdi, včetně odboček je 6000 – 6700 km!)
206 - 220 n. l.	vznik tvrdé keramiky s hutným střepem se seladonovou glazurou, která je primitivním předchůdcem porcelánu (dynastie východní Chan)

období (n. l.)	úseky vývoje a významné mezníky
počátek letopočtu	Řecko – vznik pojmu keramika z původního názvu pohárů z dobytčích rohů a později pohárů z pálené hlíny (keramos) a podle městské čtvrti v Aténách, kde sídlili hrnčíři (Kerameikos)
100 - 400	Římská říše převzala tradice řecké a etruské keramiky, vznikla červeně glazovaná, slinutá a plasticky zdobená keramika – Terra sigillata
od 375	stěhování národů vyvolané nájездem Hunů do Evropy zastavilo rozvoj keramiky
618 - 907	počáteční stádium ve vývoji bílého porcelánu v severní Číně během dynastie Tchang
11. století	vznik kameniny se solnou glazurou v Porýní
13. století	výroba stavební a užitkové keramiky Maury ve Španělsku
1279 - 1368	v jižní Číně, v době dynastie Jüan, vzniká předchůdce evropského bílého porcelánu – keramiky s namodralým tónem střepu a s průsvitnou glazurou na povrchu
14. století	transport majoliky do Evropy ze Středního východu přes ostrov Mallorca; vznik fajánse v Itálii ve městech Neapol, Urbino a Faenza
1368 - 1644	v Ting-Te-Čenu byly za vlády dynastie Ming založeny a provozovány císařské dílny na výrobu modrobílého porcelánu; začala se používat kobaltová podglazurová dekorace
15. století	ve Florencii se začala používat na fajáns cínčitá a později olovnatocínčitá glazura
16. století	v Norimberku se začaly vyrábět fajánsové kachle, červeně nebo zeleně glazované
1598	Japonci se jako první zmocnili čínského tajemství výroby porcelánu
17. století	ve Francii a v Nizozemí byla zahájena řemeslná výroba delfské fajánse opatřené bílou olovnatocínčitou glazurou; ve Francii vznikl při výrobě fajánse i fritový porcelán (Rouen - 1673); v Anglii podal John Dwight patent na asijský porcelán (1671) – jednalo se o transparentní hrnčířské výrobky s málo pevným střepem
18. století	J. F. Böttger a E. W. von Tschirnhaus objevili technologii výroby tvrdého porcelánu (1709), jehož výroba byla zahájena v Míšni (1710); počátek výroby tzv. sheltonské bělniny v Anglii (1740); výroba bělniny J. Wedgwoodem (1730 - 1795) v Anglii

Keramika - suroviny

Podle původu se dělí na:

- **suroviny přírodní** - převažují v keramické výrobě,
- **suroviny syntetické** - upravené přírodní suroviny užívané především při výrobě speciální nebo žárovzdorné keramiky (např. oxid hlinitý, oxid zirkoničitý),
- **suroviny druhotné** - nejčastěji průmyslové odpady (např. popílky, kaly).

Podle funkce v keramickém střepu se dělí na:

- **suroviny střepové** - slouží pro vznik samotného keramického střepu,
- **suroviny nástřepné** - slouží k vytváření speciálních povrchů keramického střepu - glazur a engob,
- **suroviny pomocné** - jsou nezbytné při technologii výroby keramiky (např. sádra nebo ztekucovadla při vytváření litím).

Keramické suroviny lze podle chování po rozdělání s vodou rozdělit na:

- **suroviny plastické** - po rozdělání s vodou jsou schopné tvarování (např. jíly, hlíny, kaoliny),
- **suroviny neplastické** - nemají plastické schopnosti a upravují chování směsi surovin při vytváření, sušení a pálení. Dělí se dále na ostřiva, taviva a lehčíva.

Jílové minerály

skupina	nerost	vzorec	výskyt
SIALITY (Si-Al) vodnaté křemičitany hlinité	Illity	-	Illitické jíly slídy surový kaolin jíly jílovce (lupky)
	Kaolinit	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	halloysit halloysitický jíl bentonit
	Halloysit	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	montmorilonitický jíl
	Montmorillonit	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	bauxit laterity
ALITY (Al) hydráty hlinité	Böhmit, Diaspor, Hydrargylit	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	-
SIMGITY (Si-Mg) vodnaté křemičitany hořečnaté	Mastek	$3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-

Kaolin=reziduální nepřemístěná bělavá hornina sedimentárního původu.

Vzniká zvětráváním či kaolinizací živcových hornin



Keramika - suroviny

Plastické suroviny

1) **jílové minerály** – kaolinit, montmorillonit, illit, chlorit

+ obsah neplastických minerálů (křemen, živce, slídy, vápenec, oxidy a hydroxidy železa)
=>

2) **jílové zeminy** – jíly, hlíny, kaoliny – tj. dle obsahu jíloviny

velikost zrnitých částic - < 2 μm – jílovina
2-50 μm – prachovina
50 μm – 2 mm - pískovina

jíly - obsah nad 50 % jíloviny

hlíny - 20-50 % jíloviny a 50-80 % prachoviny s pískovinou

kaoliny - 45-65 % jíloviny, zbytek prachoviny

(**prachy** nad 30 % prachoviny, pod 50 % pískoviny a pod 20 % jíloviny)

písky nad 50% pískoviny a pod 20 % jíloviny)

Mineralogické složení jílovitých zemin

jílové minerály (kaolinit, montmorillonit, illit, chlorit) + **nejílové minerály** (křemen, slídy, živce, vápenec)

skupina kaolinitu – dvouvrstvé minerály

- kaolinit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (pravidelně uspořádané dvojrstvy)
- halloysit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (méně pravidelně uspořádané dvojrstvy)

skupina montmorillonitu

chem.složení, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, kationty a voda mezi vrstvami – možnost bobtnání

skupina illitu (= jílových slíd či hydroslád)

$n\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ve své struktuře podobné montmorillonitu

skupina chloritu vyskytující se hojně v cihlářských zeminách, chem. $10\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Mineralogické složení jílovitých zemin

nejílové podíly v jílových zeminách

Křemen – ostrohranný, jemně rozptýlený, snižuje citlivost k sušení

Živce – méně tvrdý než SiO_2 , snižuje teplotu slinutí a žáruvzdornost

Slídy – ve formě průhledných (muskovit)/černých (biotit) šupinek

Vápenec – tavivo snižující dobu slinování

Organické látky – dávají zemině barvu, v přítomnosti oxidů Fe lepší slinutí střepu

Hydroxidy železa – zbarvení zeminy

Těžba

Kaolinity – Karlovarsko, Plzeňsko

Jíly – Chebsko, Žatecko, Velké Opatovice, Chomutovsko

Neplastické keramické suroviny

rozděláním s vodou netvoří plastické těsto - ostřiva, taviva, lehčiva

OSTŘIVA – snižují citlivost k sušení a smrštění sušením

krystalický křemen, křemelina (usazené schránky rozsivek), šamot, korund, vápenec, dolomit

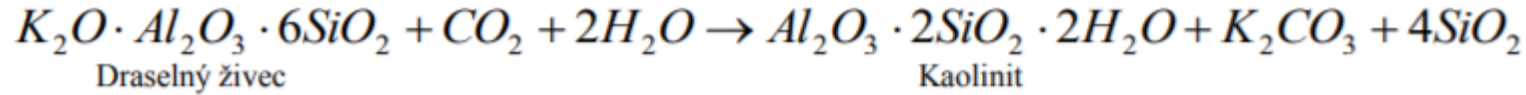
TAVIVA – snižují teplotu výpalu, spojují krystalické fáze střepu, reaguje s nimi ze živců – ortoklas, albit; syenit, pegmatit

LEHČIVA – snižují objemovou hmotnost střepu

- **působící přímo** jsou látky s malou objemovou hmotností, např. křemelina.
- **působící nepřímo** vytvářejí po vyhoření póry, čímž zlehčují střep, např. rašelina, piliny, dřevěná drť, příp. organické látky - polystyren, naftalin

Kaolín

Kaolinizace je proces vzniku kaolinitu, který můžeme vyjádřit pomocí rovnice takto:



Nejprve dochází k hydrataci živce – vznikají jako přechodná fáze nerosty příbuzné slídám, vyplavuje se K_2CO_3 . Po další hydrataci dochází k dalšímu vyluhování K_2CO_3 a vzniku kaolinitu.

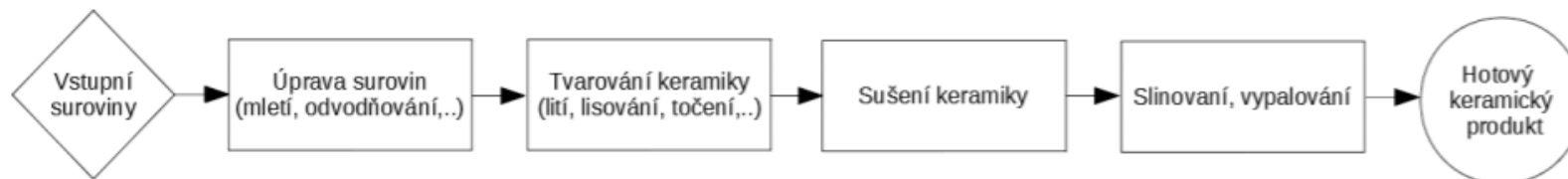
Surový kaolin je přeměněná hornina, bílá až žlutá, která obsahuje 20 – 50 % kaolinitu (výplav bývá okolo 30 %). Převážnou část tvoří křemičitý písek, který se po vyplavení používá ve stavebnictví. Příměsi, které jsou v surovém kaolinu přítomny, jsou 50 – 80 % písek, slída, sloučeniny železa.

Uložení a těžba kaolinu

Kaolin je uložen ve třech zónách. Základ tvoří žula, která je směrem k povrchu stále více kaolinizovaná.

- spodní zóna – v kaolinu zde zůstávají částečně živcová zrna a biotit
- druhá zóna – zůstávají jen největší zrna živců, biotit je rozložen a je zdrojem Fe
- horní zóna – živce a biotit jsou rozloženy

Keramika - výroba



1) úprava a zpracování surovin

a) za mokra - častěji

- rozplavování suroviny v přebytku vody za vzniku suspenze kalu, z něhož se usazováním nebo na síti odstraní hrubší zrna příměsí

b) za sucha

- drcení, mletí a třídění vhodnými zařízeními - drtící válce, různé drtiče, sušící mlýny, hrotové mlýny a síta

2) vytváření za normální teploty

Vytváření

ruční nebo strojní převedení výrobní směsi s upravenými vlastnosti do předepsaného tvaru

Podle obsahu vody (konzistence) tři vytvářecí způsoby:

vytváření z plastického těsta

tažením na šnekových lisech, lisováním nebo vytáčením na hrnčířském kruhu obsah rozdělovací vody okolo 25 %

vytváření ze zavhlé směsi (= drolenky)

suchý způsob - vytváření lisováním, kde obsah vody od 8 do 12 %

vytváření z břecčky

litím do tlustostěnných vysušených sádrových forem, tzn. při přebytku vody, které se pohybuje okolo 40 %

3) sušení

- výrobek (zvláště z plastického těsta) obsahuje značné množství vody - nutno před pálením odstranit sušením

probíhají dva základní děje – **dehydratace a smršťování**; odstraňuje se mechanicky vázaná voda

různými způsoby:

- volně v přírodě – nejjednodušší – např. u ručně zhotovovaných cihel
- v krytých kúlnách
- v uzavřených prostorách kolem pecí
- v příhradách nad pecemi

4) výpal

- výrobek získává své charakteristické vlastnosti - **stálost tvaru, pevnost, barvu, tepelně technické vlastnosti, odolnost proti působení povětrnosti, agresivním látkám** apod.
- teploty 900 - 1400 °C
- kompaktace pórovité látky o malé pevnosti (syrového střepu) na výrobek (vypálený střep) mnohonásobně pevnější
- zpevňování** se děje **slinováním** - v žáru dochází k chemickým reakcím v tuhé fázi za částečného vzniku taveniny, která utuhne a vytvoří ve střepu spojovací **skelnou fázi** bez nutnosti tavení
- tomuto spojování říkáme **keramická vazba**

Proces	Teplotní úsek (°C)
vypařování fyzikálně vázané vody	< 300
dehydroxidace jílových minerálů	450 - 700
spalování organických příměsí a uhlíku usazeného ve střepu	300 - 1040
průběh vratných a nevratných modifikačních přeměn, rozklad síranů, uhličitánů, oxidů a dalších příměsí	400 - 1000
reakce složek v pevném stavu	500 - 1050
tvorba skelné fáze	> 900
nukleace a krystalizace nových fází	> 1000
slinování některých fází v tavenině	> 1100
rozpuštění některých fází v tavenině	> 1100

Keramika - dělení

1. Dle obsahu pórů:
 - a) pórovitá keramika - s hmotnostní nasákavostí střepu nm nad 10 %
 - b) polohutná keramika - s hmotnostní nasákavostí střepu nm = 6 – 10 %
 - c) hutná keramika - s hmotnostní nasákavostí střepu nm = 3 – 6 %
 - d) poloslinutá keramika - s hmotnostní nasákavostí střepu nm = 1,5 – 3 %
 - e) slinutá keramika - s hmotnostní nasákavostí střepu nm pod 1,5 %

2. Dle struktury:
 - a) jemná keramika – vyznačuje se tenkým a jemnozrnným střepem (porcelán a bílá kamenina, obkládačky, laboratorní, zdravotnická a technická keramika)
 - b) hrubá keramika – keramika se silnostěnným a hrubozrnným střepem (cihlářské zboží, kamenina, žáruvzdorné výrobky)

3. Dle použití výrobků:
 - a) stavební keramika (cihlářské výrobky, pórovinové obkládačky, kamenina)
 - b) zdravotnická keramika - technická keramika (elektrotechnická a konstrukční)
 - c) žáruvzdorné materiály (šamot, dinas, hořečnatá a hořečnatovápenatá keramika, keramika oxidová, siliciumkarbidová, uhlíková apod.)

4. Dle chemického a fázového složení:

- a) fázový systém SiO_2 – dinas
- b) fázový systém Al_2O_3 – korundová keramika
- c) fázový systém ZrO_2 – zirkoničitá (baddeleyitová) keramika - ostatní žárovzdorná oxidová keramika
- d) fázové systémy typu BeO , MgO , ThO_2
- e) fázový systém Al_2O_3 - SiO_2 – cihlářské výrobky, hrubá kamenina, šamot
- f) fázový systém Al_2O_3 - SiO_2 - K_2O (Na_2O) – porcelán, pórovina, jemná kamenina, zdravotnická keramika
- g) fázový systém MgO – Cr_2O_3 – chrommagnezitové žárovzdorné hmoty
- h) fázový systém MgO - SiO_2 – steatitová, stealitová a forsteritová žárovzdorná keramika
- i) fázový systém MgO - Al_2O_3 - SiO_2 – cordieritová keramika (s nízkou teplotní roztažností)
- j) fázový systém BaO - Al_2O_3 - SiO_2 - celsianová keramika (s nízkou teplotní roztažností)
- k) fázový systém Li_2O - Al_2O_3 - SiO_2 - lithná keramika (s nízkou teplotní roztažností)
- l) fázový systém TiO_2 – rutilová keramika
- m) fázový systém Al_2O_3 - TiO_2 - thialitová keramika (s velmi nízkou teplotní roztažností)
- n) fázový systém BaO - TiO_2 - speciální elektrokeramika (skupina tzv. feroelektrických dielektrik)
- o) fázový systém ZrO_2 - SiO_2 – zirkonsilikátová keramika
- p) fázový systém ZrO_2 – Al_2O_3 – korundo-baddeleyitová (tavená, odlévaná) keramika
- q) fázový systém MeO – Fe_2O_3 - feritová (magnetická) keramika (kde Me je buď Mn, Ni, Zn, Co, Cu, Mg u tzv. magneticky měkkých feritů nebo Me = Ba, Sr, Pb u tzv. magneticky tvrdých feritů)
- r) neoxidová keramika – keramika na bázi SiC (karbidu křemíku), Si_3N_4 (nitridu křemíku), B_4C (karbidu boru), BN (nitridu boru)
- s) keramika s velmi vysokými teplotami tání a zpravidla velmi vysokou tvrdostí
- t) grafitová keramika – keramika na bázi C (uhlík)

Glazury

GLAZURY - sklovité povlaky na keramice, zajišťují neprosákavost výrobku, estetická funkce

- glazura se nanáší na vysušený nebo přežahnutý výtvarok
- nanášení glazur:
 - za mokra – poléváním nebo máčením v glazuře
 - za sucha – poprašováním

Suroviny pro glazury

Kmenové (základní) suroviny – křemen, živce, vápenec, křemen, borax

Kaliva – zakalují bezbarvé glazury – pro krycí nebo polokrycí glazury

Barviva – do bezbarvých nebo bílých glazur k probarvení - oxidy a soli kovů

Smalt je materiál vyrobený tavením anorganického skla - základní glazury (frity) nanášený na kovový povrch. Smalty jsou používány pro kuchyňské nádobí, vany, chemické zařízení, stavební materiál, ale i v umění.

Druhy glazur

Průhledné glazury - bezbarvé i barevné

- Bezbarvé - základní glazury užívané převážně na překrytí podglazurních dekorů
- Barevné - zabarvené oxidy kovů přidávanými do základní bezbarvé glazury
- Krycí - glazury zneprůhledněné kalivy, např. oxidem cínitým (SnO_2), oxidem antimoničitým (Sb_2O_5), příp. oxidem zinečnatým (ZnO) pro alkalické glazury
- Matné - obsahují více vápna, oxidu zinečnatého a hlinitých součástí, méně křemíku

Stékové glazury - při vypalování stékají po předmětu dolů a vytvářejí náhodné barevné obrazce. Vyrábějí se průmyslově.

Trhlinkové glazury - trhlinky vznikají díky rozdílné teplotní roztažnosti glazury a keramiky

Krystalické - při chladnutí vytvářejí barevné krystaly. Barvy a velikost krystalů lze ovlivnit volbou oxidu kovu

Listrové - obsahují 1-5 % oxidu kovu. Po vypálení se listrují v silně redukční atmosféře (při teplotě asi 800 °C). Jako redukovaadlo lze použít naftalín, asfalt, dřevěné uhlí...



Zemité - připravují se z přírodních materiálů, např. živců, křemene, vápence...

Solná glazura - na konci pálení se do pece vhodí kuchyňská sůl, která se rozloží na oxid sodný (Na_2O) a chlorovodík (páry se srážejí na povrchu výrobků, reagují s jeho stěpem a vedou ke vzniku křemičitanů, které tvoří podstatu tenké sklovité vrstvy)

Základní zkoušky keramického střepu

Zkoušky fyzikální

- stanovení zrnitosti – síťový rozbor, sedimentační rozbor
- stanovení plastičnosti
- stanovení pórovitosti

Zkoušky vypalovací

- (stanovení smrštění sušením)
- stanovení smrštění výpalem
- stanovení ztráty žíháním
- posouzení celkového vzhledu, barvy a zvuku výrobku
- stanovení žárovzdornosti
- stanovení únosnosti v žáru

Zkoušky fyzikálně chemické

- diferenční termická analýza

Zkoušky chemické

- chemický rozbor křemičitanů

Mikrostruktura keramického střepu

Na základě rozboru keramické technologie bylo zjištěno, že pro vznik keramického střepu je třeba splnit tři základní předpoklady:

- vhodné mineralogicko-chemické složení výchozí surovinové směsi,
- správná zrnitost a dostatečná hutnost výlisků, resp. výsušků,
- optimální průběh slinovacího procesu tzn. teploty, doby a prostředí výpalu.

Optimální mikrostruktura má homogenní zrna, jasně definované hranice zrn, minimální obsah pórů a rovnoměrné rozložení všech přítomných fází. Mikrostruktura je významně ovlivněna již charakterem výchozího prášku a technologií jeho zpracování. Obecně platí, že čím je zrno jemnější, tím má výsledná keramika vlastnosti na vyšší úrovni (pokročilejší) a reprodukovatelné.