

C9500 Užitá chemie

4. lekce

Keramika, kámen

Mgr. Ing. Radka Kopecká, Ph.D.

175344@mail.muni.cz

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:

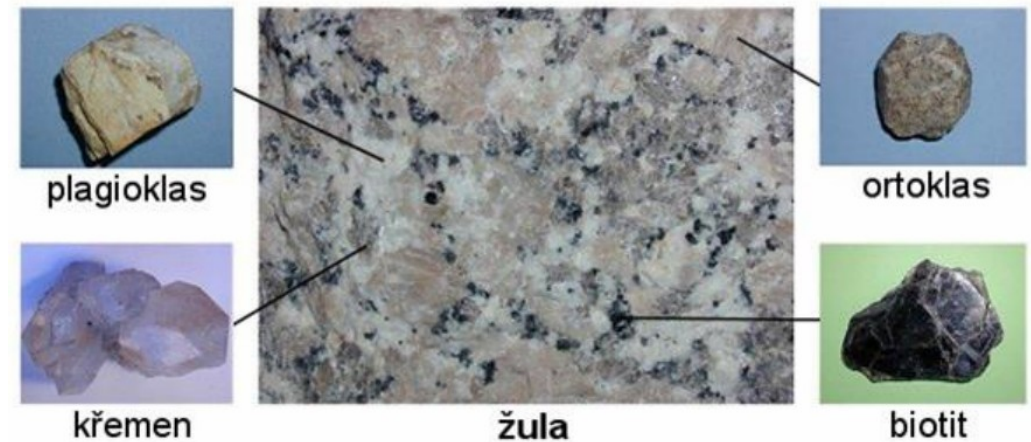
VYVŘELÉ

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.

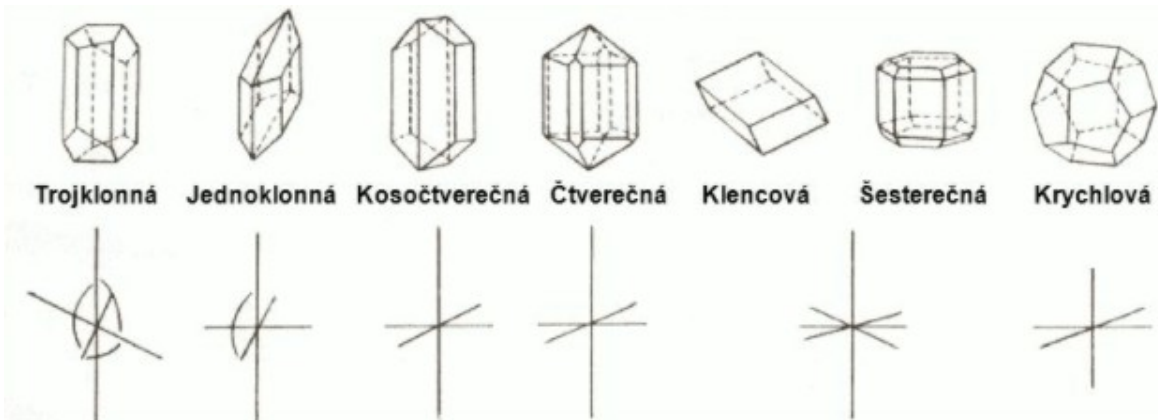
<https://is.muni.cz/elportal/estud/pdf/js07/mineraly/materialy/pages/predmluva.html>



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.



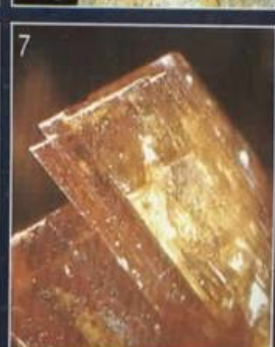
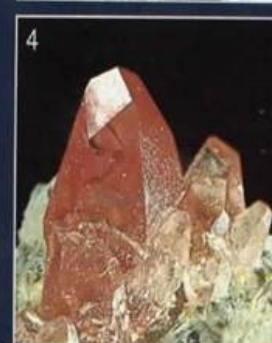
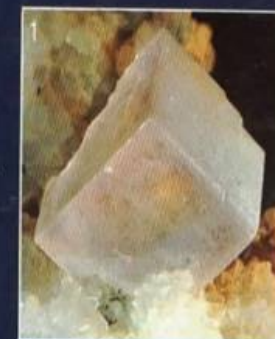
Sedm krystalových soustav

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:

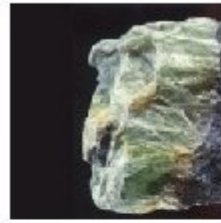
1. kubická: fluorit z Ribadisey, Španělsko.
2. tetragonální: xenotim z Amstallu, Rakousko.
3. hexagonální: vanadinit z Mibladenu, Maroko.
4. trigonální: rodochrozit z St. Eulalie, Mexiko.
5. rombská: eschynit z Mollandu, Norsko.
6. monoklinická: vivianit z Marococaly, Bolívie.
7. triklinická: laueit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



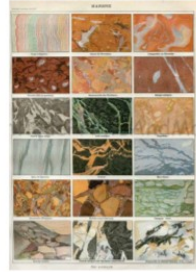
mramor

MRAMOR

- Krystalický vápenc, 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



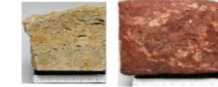
- <https://www.youtube.com/watch?v=kswl4oIMW5M>
- <https://www.videoman.gr/cs/67079>
- <https://khanovaskola.cz/video/40/297/617-michelangelo-david-1501-04-mramor>
- <https://khanovaskola.cz/video/13/106/928-michelangelo-mojzis-ca-1513-15>

VÁPENEC

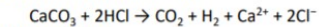
- Sedimentární hornina



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



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

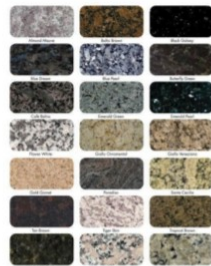


<https://geology.com/minerals/acid-test.shtml>

<https://www.youtube.com/watch?v=yNh1xs9I2bi>

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), štěr, podstavce, náhrobky, pomníky, curlingový kámen



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 montmorilonitický jíl
	Halloysit	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	bauxit
	Montmorillonit	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	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 - $< 2 \mu\text{m}$ – jílovina

$2-50 \mu\text{m}$ – prachovina

$50 \mu\text{m} - 2 \text{mm}$ - 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 rozsvitek), šamot, korund, vápenec, dolomit

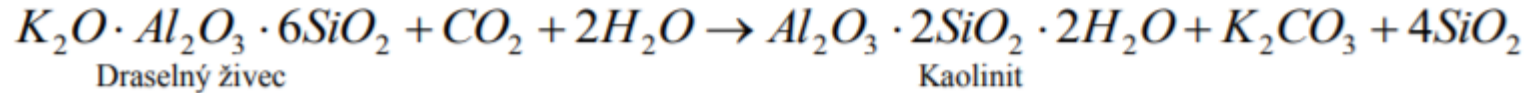
TAVIVA – snižují teplotu výpalu, spojují krystalické fáze střepe, reaguje s nimi ze živců – ortoklas, albit; syenit, pegmatit

LEHČIVA – snižují objemovou hmotnost střepe

- **působící přímo** jsou látky s malou objemovou hmotností, např. křemelina.
- **působící nepřímo** vytvářejí po vyhoření póry, čímž zlehčují střepe, 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.

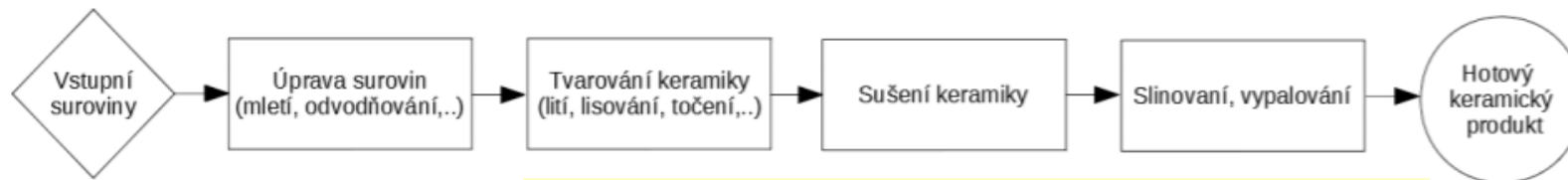
Surový kaolin je přeměněná hornina, bílá až žlutá, která obsahuje 20 – 50 % kaolinitu (výplav bývá okolo 30 %). Převážnou část tvoří křemičitý písek, který se po vyplavení používá ve stavebnictví. Příměsi, které jsou v surovém kaolinu přítomny, jsou 50 – 80 % písek, slída, sloučeniny železa.

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 břechky

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.

PTM

HZM

KVM

