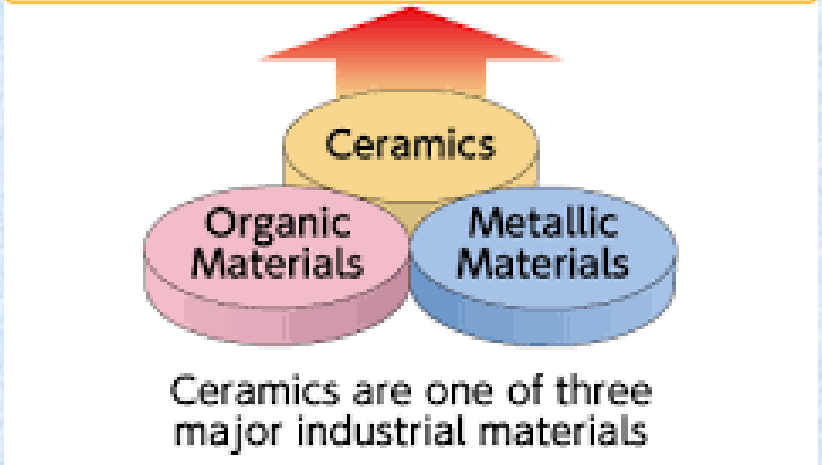
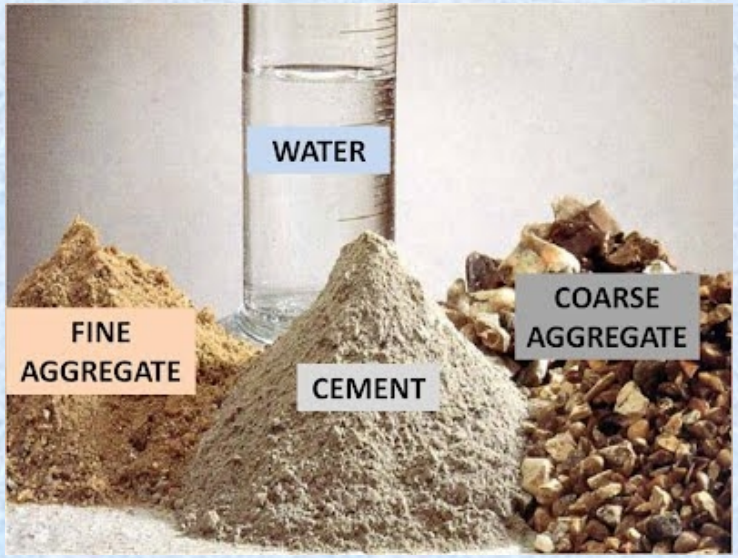
Anorganické nekovové materiály





Ceramics are one of three major industrial materials

- Keramika
- Sklo
- Stavební pojiva – vápno
  beton
  sádra
  (asfalt)







Keramika




TURKEY
SYRIA
IRAN
IRAN
AKKAD
SUMER
SAUDI ARABIA
خارطة العراق الاثرية
والسياحية

Keramika

- Kdy - 9000 let př. n. l. – mladší doba kamenná (neolit)
- Kde - oblast Blízkého východu
- Co - nádoby z jílu *(= jíl je nezpevněná usazená hornina složená z více než 50 % jílovité složky)*, které byly po vysušení vytvrzeny v ohni
- K čemu – k uskladňování úrody

Jíl je tvořen jílovými minerály rozdělenými do různých skupin, kterými jsou například podskupina kaolinitu, skupina smektitu, skupina vermikulitu a dále smíšenovrstevné jílové minerály a další.

Jíl



Vlhký jíl (Estonsko)

Zařazení	sedimentární
Akcesorie	**křemen**, **živce**, **uhličitany**, organické zbytky
Textura	jemnozrnná
Barva	žlutá, žlutošedá až modrošedá

Keramika

- Ve střední Evropě první neolitická sídliště asi 6000 let př.n.l. – typickým znakem je lineární keramika



- Samotné slovo keramika pochází z řeckého slova keramos = hrnčířská hlína, zboží



Kultura s lineární keramikou je pravěká neolitická kultura rozšířená ve střední Evropě v 6. tisíciletí př. n. l., nazvaná podle charakteristické výzdoby **nádob rovnými či zavinutými čarami**.

Keramika



- Časem mnohá zlepšení technologie (vypalované cihly, porcelán).
- Základní „mokrý“ pracovní postup se zachoval dodnes.
- Formováním za mokra se vyrábí také keramika pro různé průmyslové aplikace (teplotně odolné vyzdívky pecí, vysokonapěťové izolátory).
- V posledních 30- ti letech keramika zažívá nový vzestup, změna výrobních technologií.



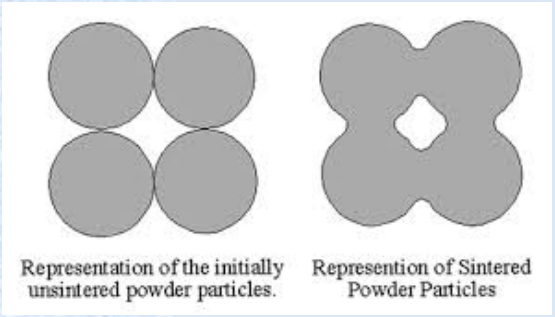


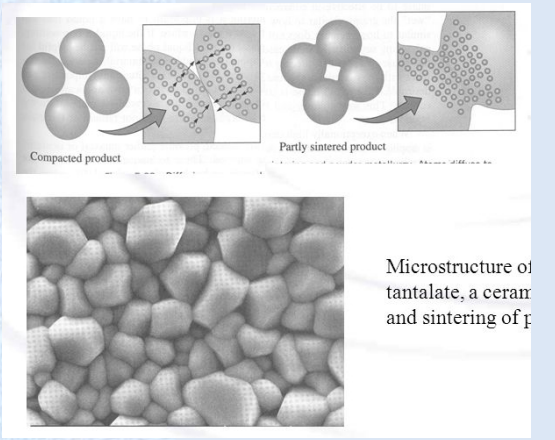


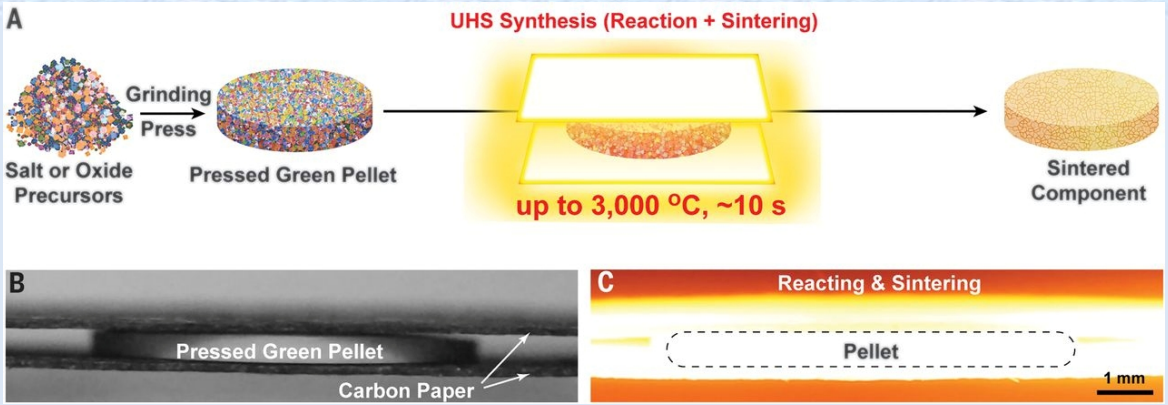


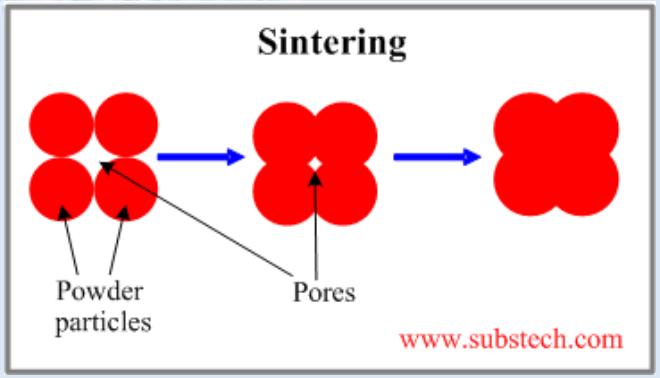
Keramika

- Na rozdíl od užitkové, kuchyňské a umělecké keramiky se vyrábí progresivní technická keramika lisováním prášku za vysoké teploty – sintrování (spékání).
- Důležitá je příprava výchozích materiálů spolu s technologií (jemné prášky, dokonalé promísení hmoty, optimalizace podmínek – teplota, tlak).
- **Částice se propojí vzájemnou difúzí** atomů v místech dotyku částic.





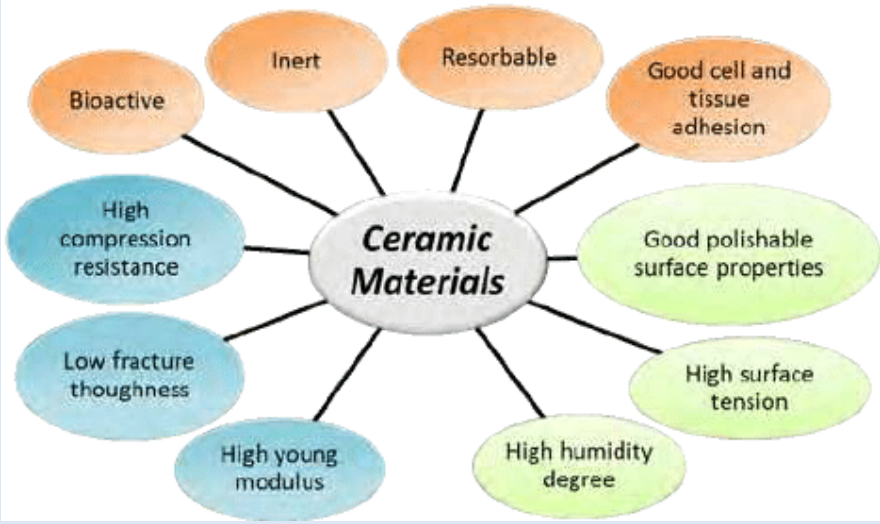




Keramika

Nová keramika vyniká:

- Vysokou tvrdostí
- Oděruvzdorností
- Pevností v tlaku



Současné cíle jsou:

- Zjemnění mikrostruktury
- Lepší propojení částic
- Zlepšení mechanických vlastností

Keramika



Využití keramiky:

- Kluzné prvky a ventily v automobilových motorech a v turbínách
- Jaderné a chemické reaktory
- Počítače a jejich přídavná zařízení
- Solární kolektory
- Raketoplány, vesmírné projekty
- Náhrada lidských kostí, kloubů a zubů











Keramika

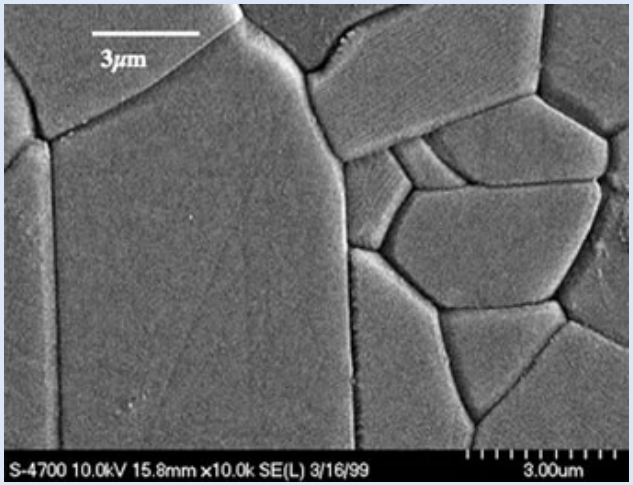
Z chemického hlediska lze keramické materiály rozdělit na:

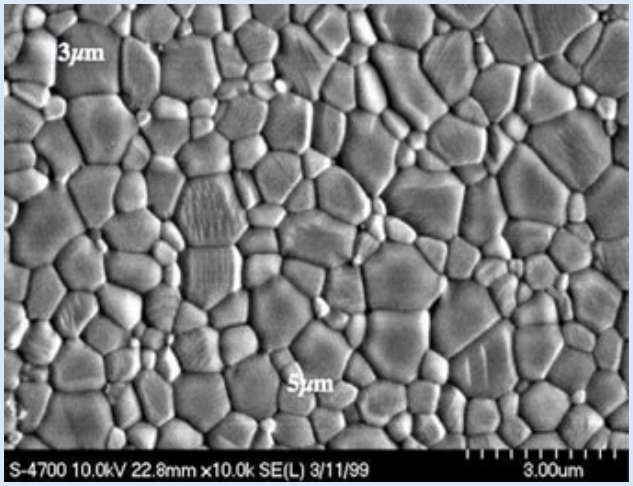
- Oxidy
- Karbidy
- Nitridy
- Boridy
- Titanáty
- Niobáty

Oxidová keramika Al_2O_3



- Alumina neboli oxid hlinitý (Al_2O_3) ve svých různých úrovních čistoty se používá častěji než jakýkoli jiný vyspělý keramický materiál.
- Velmi dobrá elektrická izolace (1x10^{14} až 1x10^{15} Ωcm)
- Mírně až extrémně vysoká mechanická pevnost (300 až 630 MPa)
- Velmi vysoká pevnost v tlaku (2000 až 4000 MPa)
- Vysoká tvrdost (15 až 19 GPa)
- Mírná tepelná vodivost (20 až 30 W/mK)
- Vysoká odolnost proti korozi a opotřebení
- Dobré kluzné vlastnosti
- Nízká hustota (3,75 až 3,95 g/cm3)
- Provozní teplota bez mechanického zatížení 1000 až 1500 °C
- Bioinertní a kompatibilní s potravinami





Keramika

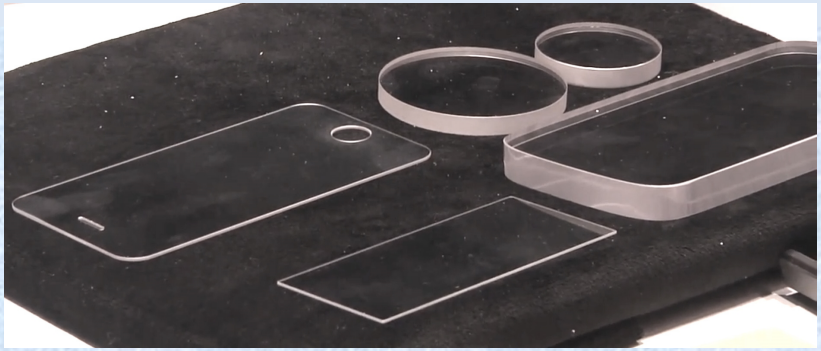
Mezi oxidy patří:

- Al_2O_3 ⟶
- Cr_2O_3
- MgO
- ZrO_2
- $LiAl_2SiO_6$



Safírové krycí sklíčko fotoaparátu (iPhone 5)

Tyto oxidy jsou podstatou tzv. sklokeramiky.





- Sklokeramika se připravuje řízenou krystalizací z taveniny.



- Zvláštním teplotním režimem se sklovitá tavenina převede do krystalického stavu.



- Vzniklé **krystaly jsou tak drobné, že nerozptylují viditelné světlo** a proto je sklokeramika poměrně dobře průhledná a také teplotně velmi odolná.



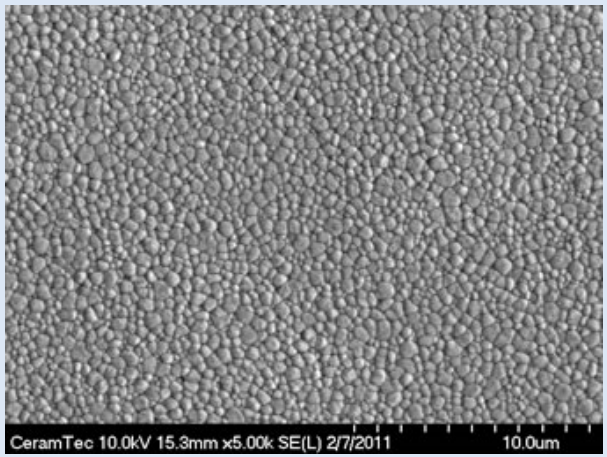
Smíšená oxidová keramika



- Mezi příklady patří **oxid zirkoničitý zesílený oxidem hlinitým** (ATZ) a oxid hlinitý zesílený oxidem zirkoničitým (ZTA).
- Jedním z pozitivních efektů zesílení jednoho oxidu druhým je dosažení lepších pevnostních vlastností.
- Existují materiály ZTA, které dosahují pevnosti v ohybu 1350 MPa a pevnosti v tlaku přes 4700 MPa.
- Tyto materiály se používají v komponentech, které vyžadují maximální spolehlivost, jako jsou **kulové součásti kyčelních kloubů** a vložky pro ortopedické a artroplastické aplikace.

Oxidová keramika ZrO_2

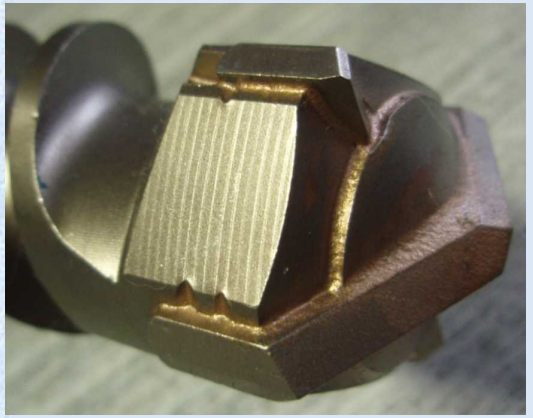




- Na rozdíl od jiných keramických materiálů je oxid zirkoničitý materiálem s **velmi vysokou odolností proti šíření prasklin**.
- Keramika na bázi oxidu zirkoničitého má rovněž **velmi vysokou tepelnou roztažnost** a často se proto používá jako materiál ke **spojování keramiky a oceli**.
- Další vynikající kombinací vlastností je **velice nízká tepelná vodivost a vysoká pevnost.**
- Používá se pro nástroje k tváření drátů, jako pomocný materiál ve svářecích procesech, jako materiál na **korunky a můstky v dentálním průmyslu**, pro izolační kroužky v tepelných procesech a pro **kyslíkové měřicí články v lambda sondách**.



Keramika



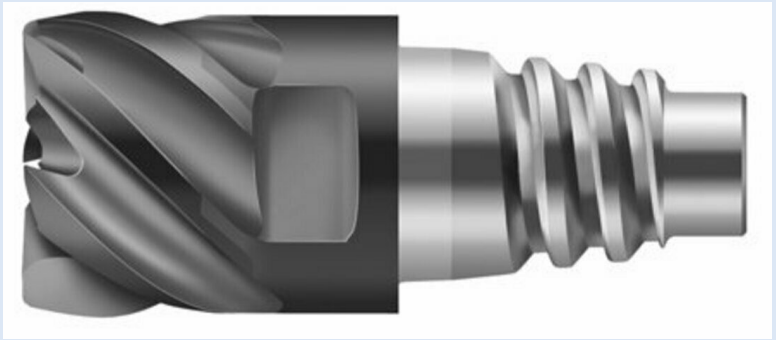
Z karbidů jsou prakticky významné:

- ZrC – karbid zirkonia
- TiC – karbid titanu
- SiC – karbid křemíku
- WC – karbid wolframu

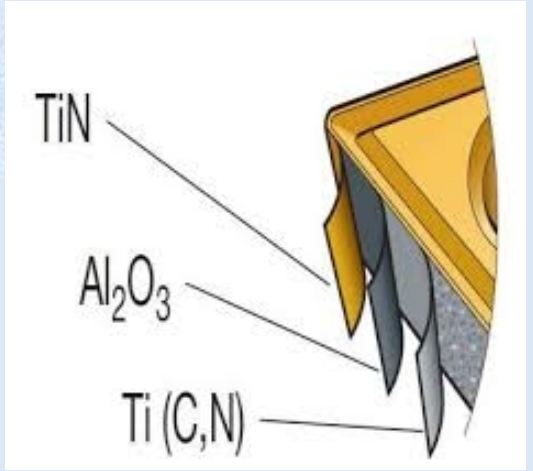




Většinou jde o velmi tvrdé materiály. Jsou vhodné na **řezné a brusné nástroje** a trysky odolávající oděru a vysokým teplotám.



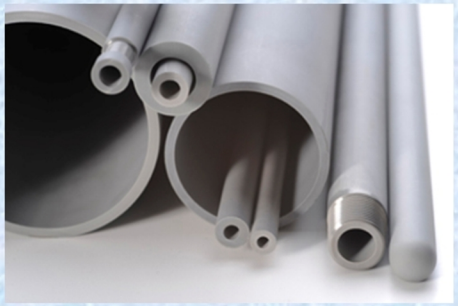




Keramika

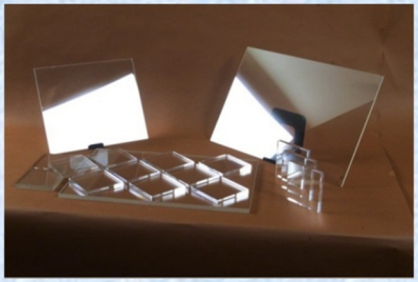
Mezi nitridy patří:

- SIALON – slitina křemíku, hliníku, kyslíku a dusíku
- TiN – nitrid titanu
- Tyto materiály jsou využívány na řezné nástroje, lopatky plynových turbín, slévárenské kelímky a licí trysky.
- AlON – futuristický průhledný materiál s velmi vysokou tvrdostí



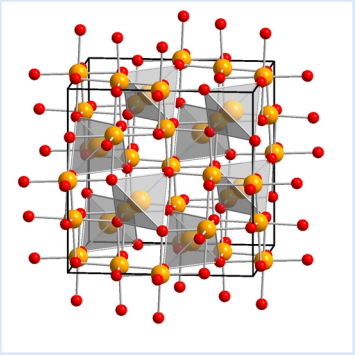


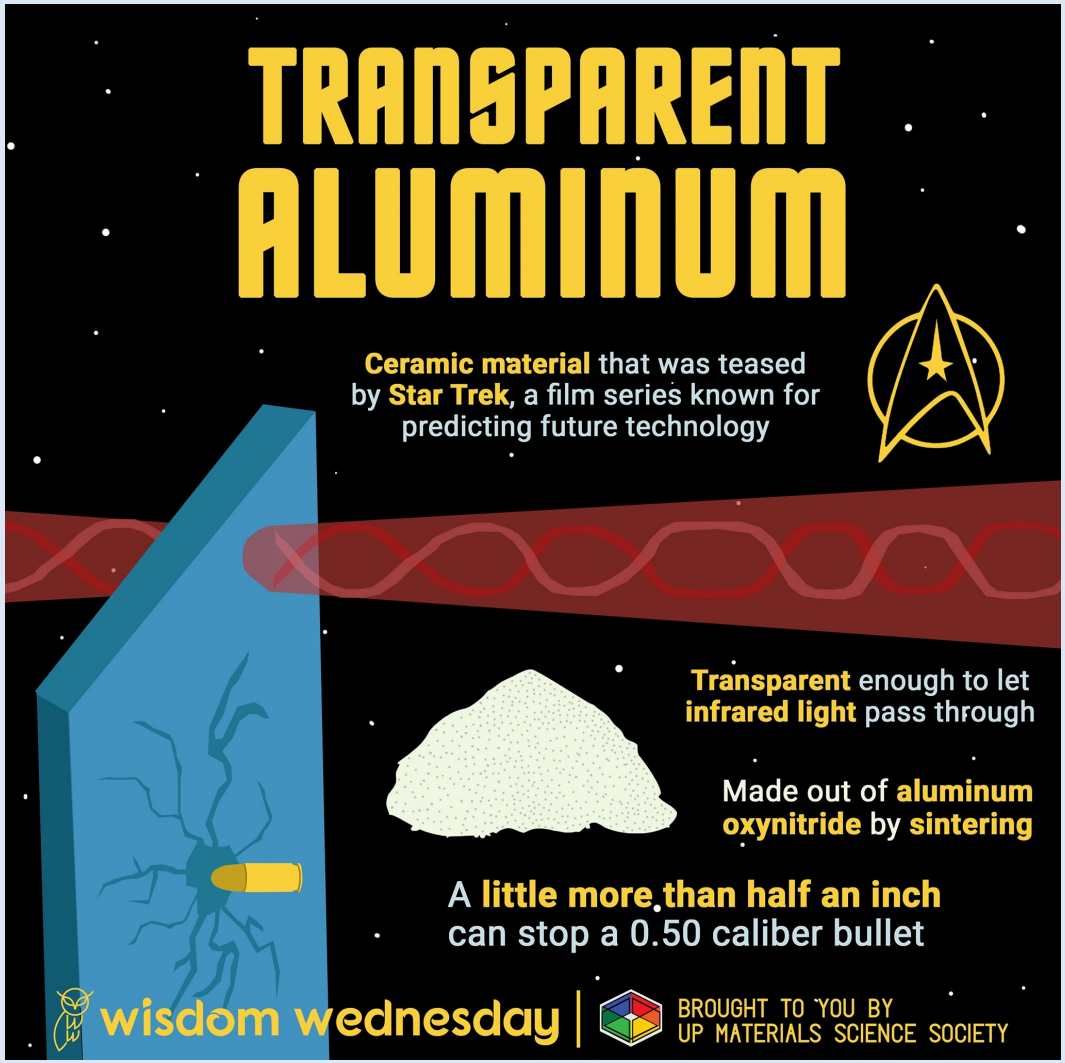
Video Star Trek IV

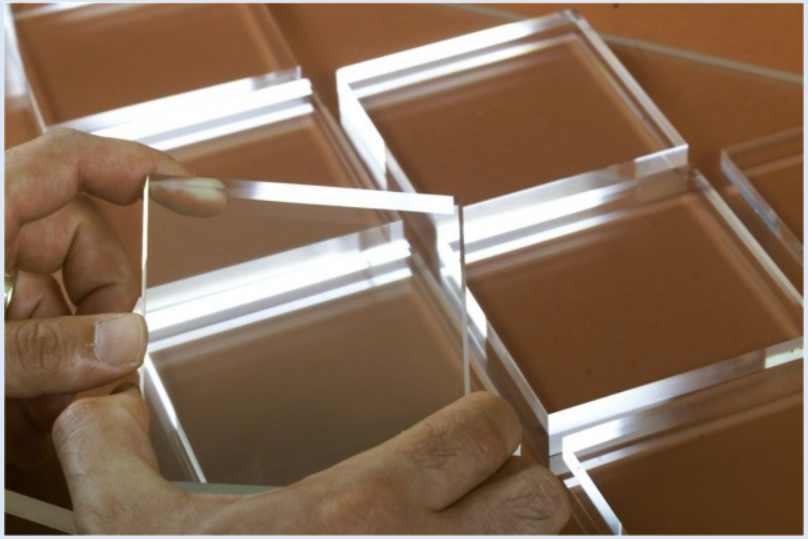


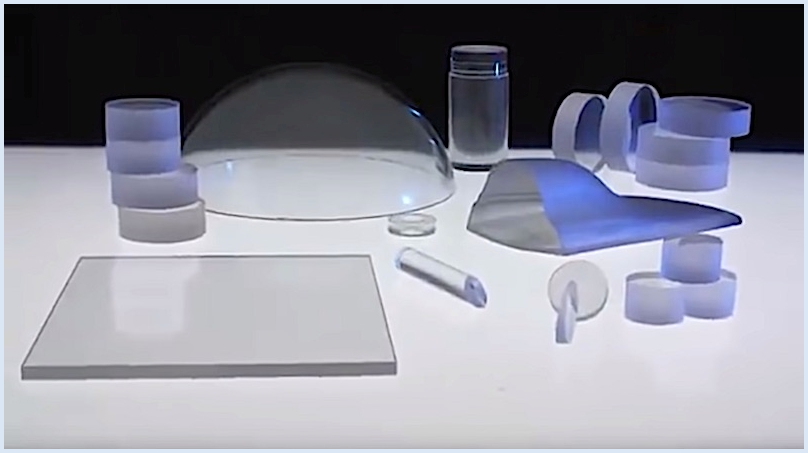
Boridy stejně jako nitridy se používají v elektrotechnice.

AlON – oxynitrid hliníku

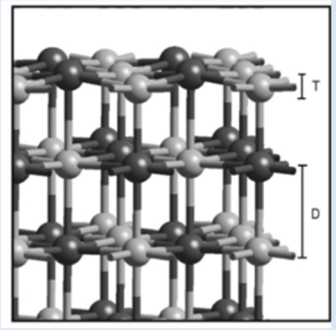








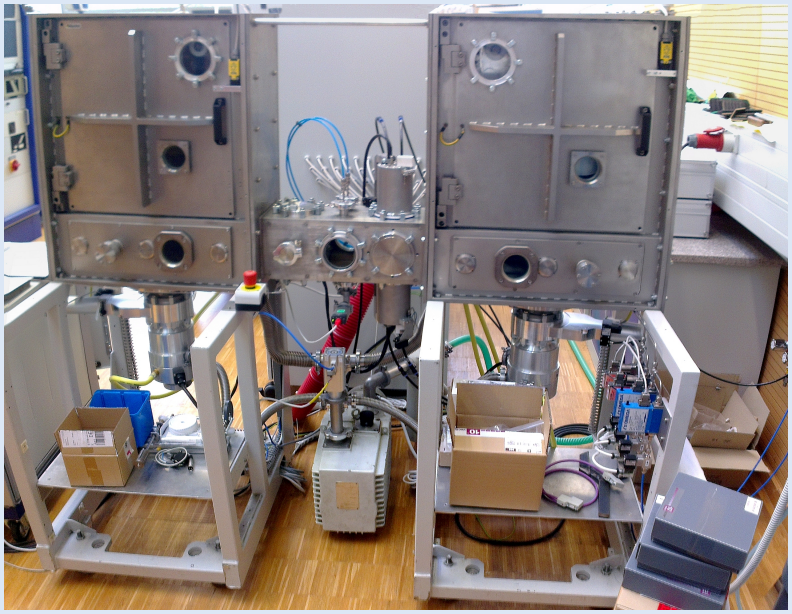
TiN –nitrid titanu

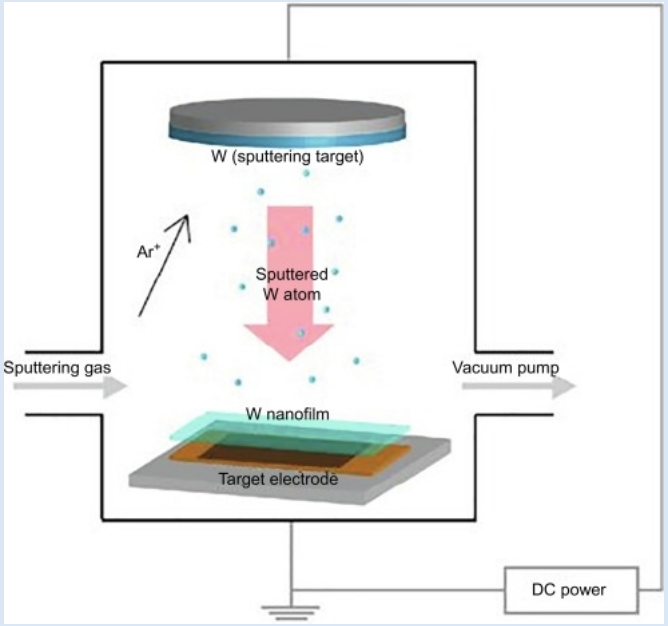












Keramika

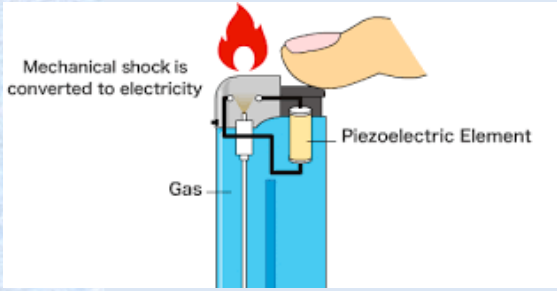
Funkční keramika:

- Čidla na měření různých fyzikálních veličin.
- Keramické polovodiče (v základním stavu se chovají jako izolátory, jsou-li excitovány, dovolují průchod elektronů).
- Varistory (odporové součástky jejichž elektrický odpor se mění s velikostí protékajícího proudu).





Keramika



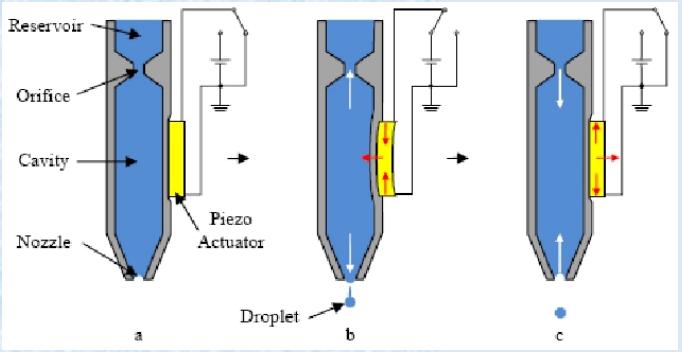
- **Piezoelektrická** keramika (vyvolává vybuzení elektrickým polem mechanickou deformaci nebo změnu krystalové modifikace a naopak, mechanická deformace vyvolá na protilehlých ploškách keramické destičky elektrický náboj).



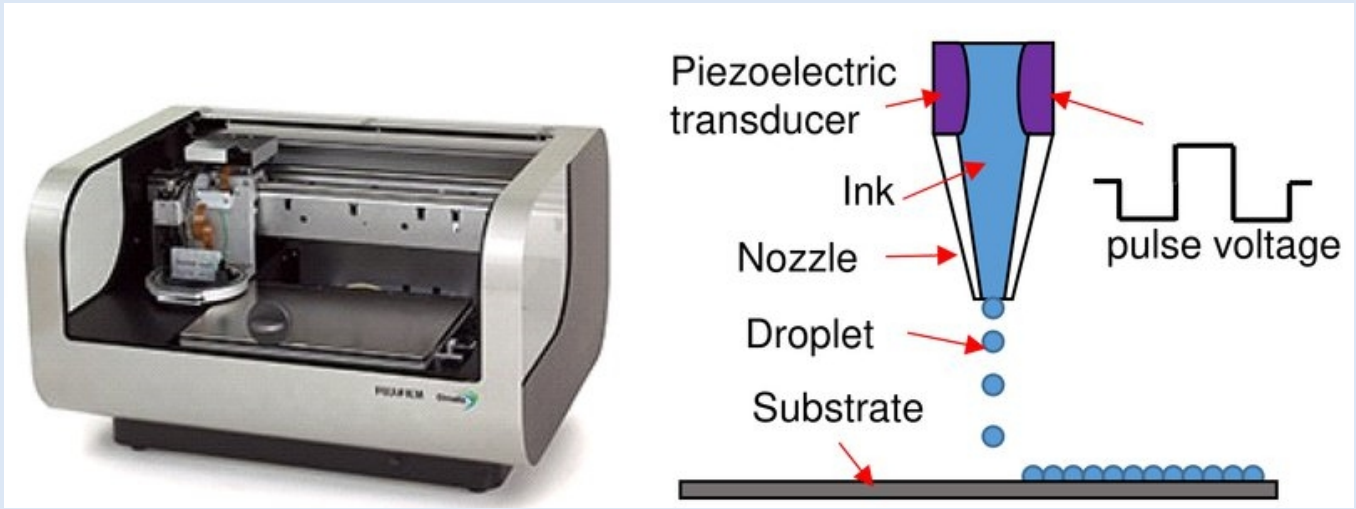
- Takové chování vykazuje např. nerost perovskit – $CaTiO_3$.



Keramika



- Jednou z aplikací **piezoelektrické** keramiky jsou kanálky tryskových tiskáren k počítačům – elektrickými signály se s vysokou frekvencí otevírají a zase uzavírají a tak se podle povelů počítače řídí průchod tiskové barvy.



Keramika



Konstrukční keramika:

- Zahrnuje nitridy, karbidy, oxidy.

- Hlavní předností oproti kovům je **podstatně vyšší teplotní odolnost**, nižší teplotní roztažnost, vysoká odolnost proti korozi a oděru.

- Mechanické vlastnosti jsou uspokojivé i nad teplotou 1000^{o}C, hustota je přibližně poloviční než u kovů (snížení hmotnosti, úspora paliva – dopravní technika).





Keramika

Nevýhody keramiky:

1) velmi křehká (má nízkou houževnatost)

2) špatná reprodukovatelnost vlastností (mnohem větší rozptyl pevnostních vlastností než u odpovídajících kovových strojních součástí)

Keramika

- Příčinou obou nedostatků je struktura.

- Struktura je tvořená vzájemně propojenými drobnými částečkami **s množstvím slabých míst**, defektů a pórů.
- Keramika se porušuje křehkou trhlinou, která se šíří vždy podél rozhraní mezi zrny.
- Pro zvýšení houževnatosti se používá tzv. transformačního zpevnění, při kterém se využívá specifického chování oxidu zirkoničitého.



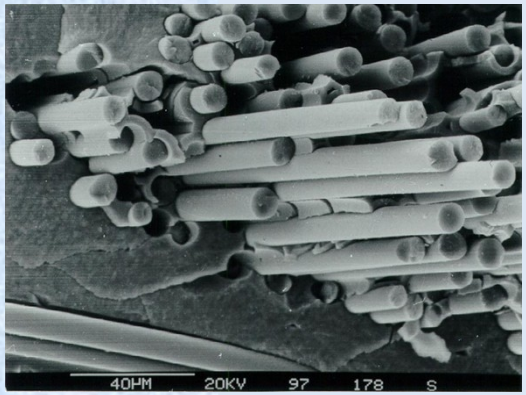
Oxid zirkoničitý v nestabilní formě se může používat více způsoby, např:

Jemné částice se rovnoměrně rozptýlí v jiném keramickém materiálu – např. Al_2O_3.

Když se v základním keramickém materiálu vytvoří trhlina, částice ZrO_2 v okolí jejího vrcholu expandují a vzniklý tlak trhlinu opět uzavírá a brání jí v růstu.

Výsledkem je vyšší houževnatost.

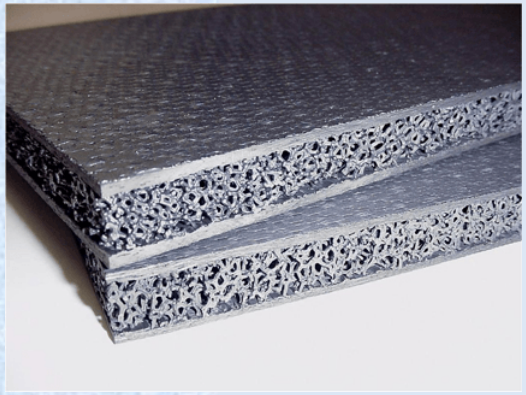
Keramika



Keramické kompozitní materiály:

keramická vlákna + keramická matrice = > materiál

- s typickou tvrdostí keramiky
- s teplotní odolností keramiky
- s odolností proti teplotním šokům
- s odolností proti deformaci při extrémněvysokých teplotách
- **s vyšší pevností oproti samotné keramické matrici**





Keramika

- Smyslem výroby keramických kompozitních materiálů oproti kompozitům s polymerní matricí **je zvýšení houževnatosti** (u polymerních zvýšení pevnosti).

- Vyztužení vlákny nebo mikroskopickými destičkami může celou **strukturu lépe propojit** a zpevnit a zlepšit její chování.

- Kompozity využívají i uhlíkové nanotrubičky.

Keramika – souhrn aplikací

- Keramické řezné nástroje
- Ložiska
- Keramické povlaky kovových řezných nástrojů

Biokeramika – překonává plasty i kovy.

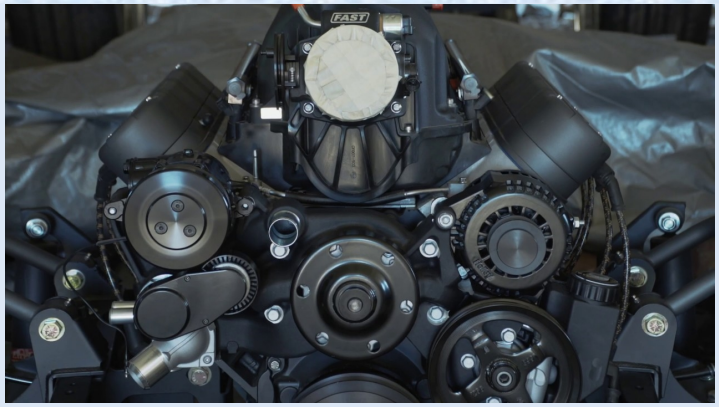
- Je lehká, biologicky snášenlivá, nekoroduje. Může být připravena s řízenou pórovitostí, takže kostní tkáň do keramické protézy postupně vrůstá.

- **Náhrady zubů, kostí, částí kloubů**.

Keramika – souhrn aplikací

Keramický motor

- V Japonsku bylo již ověřováno – motor však zatím neschopen běžného provozu.
- Z termodynamických zákonů vyplývá, že účinnost tepelných strojů roste s provozní teplotou.
- Keramický motor by mohl pracovat při vyšší teplotě při snížené spotřebě paliva.
- Schůdnější cesta – dílčí náhrady exponovaných dílů nebo keramické povlaky.



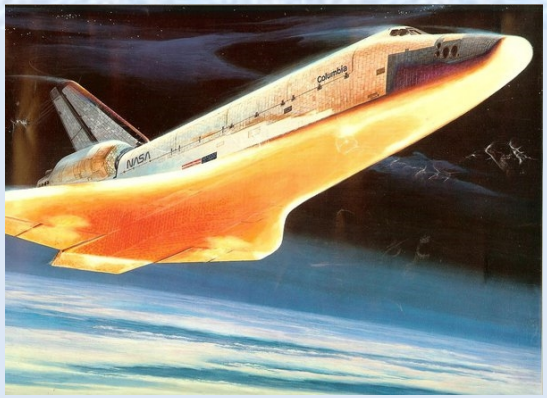


Keramika – souhrn aplikací

Keramika ve vesmíru

- **Keramické destičky** vyvinuté pro tepelnou ochranu při přistávání raketoplánu – teplota při přistávání 1400° až 1500°C – přesahuje teplotu tání oceli (Columbie)
- Strukturu destiček tvoří velmi jemná křemenná vlákna pokrytá keramickým povlakem. Asi 95% objemu destiček zaujímá prázdný prostor – nízká hustota.





Sklo



Sklo

- Z fyzikálního hlediska je sklo každý amorfní, homogenní a tuhý materiál.

- Vzniká nejčastěji ochlazením taveniny takovým způsobem, že **nezkrystalizuje** a přitom dosáhne tak vysoké viskozity, že se chová jako pevná látka.

Sklo

- Sklovité materiály nemají ostrý bod tání,
  v taveninu přecházejí postupně v určitém teplotním rozmezí.
- V nižší teplotní oblasti vykazují další přechodovou teplotu **– teplota skelného přechodu** (transformační) – výrazně se mění
  - tuhost amorfního materiálu
  - koeficient teplotní roztažnosti
  - teprve pod touto teplotou se materiál skutečně chová jako sklo

Sklo

- Křemenné sklo – 1330^{o}C
- Křemičitá skla – 400 – 550^{o}C
- Plexisklo – 105^{o}C
- Silikonový kaučuk – -120^{o}C
- Schopnost „zamrznutí“ neuspořádané kapaliny do sklovitého stavu záleží na :
  - chemické struktuře dané látky
  - rychlosti chlazení
  - tloušťce ochlazované vrstvy

Křemenné sklo

- Vysoká teplotní odolnost (do1200^{o}C)
- Nízký koeficient roztažnosti
- Odolné vůči teplotním rázům
- Vysoký elektrický odpor i při zvýšené teplotě
- Mimořádně odolné vůči kyselinám

- Vyrábí se ze samotného roztaveného křemene – křemenného písku (1720 – 2000^{o}C) – energie a technologie!
- Velmi čistý SiO_2 ve skelném stavu
- Vynikající fyzikální a chemické vlastnosti.
- Bod tání křemene lze podstatně snížit přidáním tavících přísad (tavidel = soda)
- Propouští UV záření na rozdíl od křemičitých skel





Křemičitá skla





- Sodné sklo – obsahuje 25% Na_2O, taví se při 850^oC, příměsí je soda Na_2CO_3
- Mnohem snáze se tvaruje za horka.
- Použití sody – výrobní tajemství starověkých sklářů.







Přírodní sklo – vltavíny (moldavity)

- Jde s největší pravděpodobností o ztuhlé kapičky roztavených hornin, které byly nejprve vymrštěny do stratosféry po dopadu meteoritu v Bavorsku.

- Při zpětném průletu vzdušným obalem Země se roztavily a jako horký skelný déšť dopadly do míst dnešních nalezišť, kde do nich kyselé písky za miliony let vyleptaly jemný reliéf.

Sklo

- Nejstarší doklady o uměle vyrobeném skle – 5000 let před Kristem archeologická naleziště v Sýrii.
- Egypt –1000 let před Kristem vynalezena sklářská píšťala.
- Staří Římané – tvarování skla do forem nebo do volného prostoru, zdobení.







- 13. století

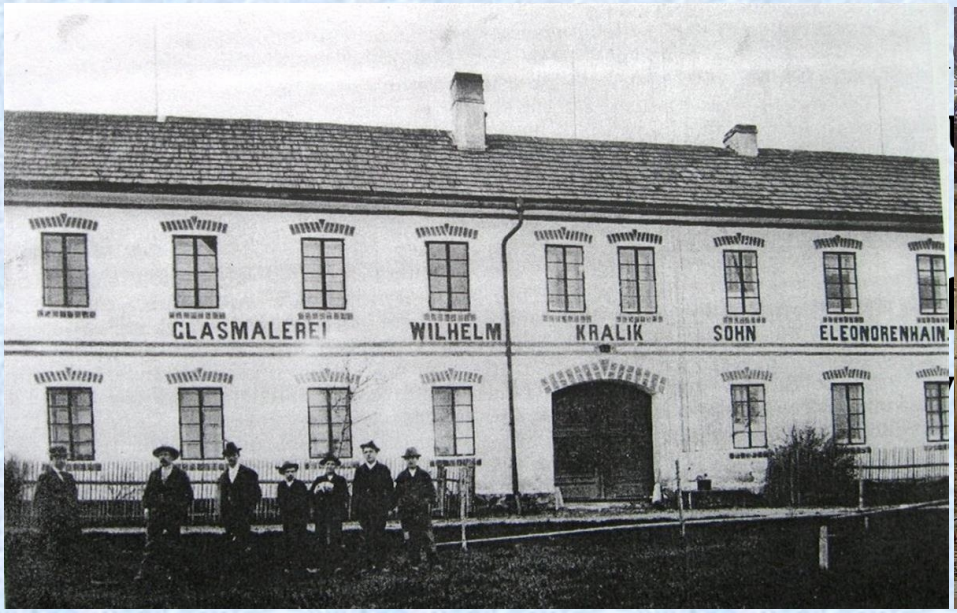
  – na byzantskou tradici navázali skláři v Benátkách – ostrov Murano (požáry), křišťálové sklo.



Sklo

- České sklárny – 17. století, Jablonecko, Železnobrodsko (Nový Amsterodam).





Sklo proslavilo Lenoru po celém světě. Dnes sklářské řemeslo pomalu umírá.



Slavná lenorská sklárna živila celou obec a okolí. Teď je už léta zavřená a chátrá

Sklo

- České sklárny – 17. století, Jablonecko, Železnobrodsko (Nový Amsterodam).
- Středověk i doba renesance – vzácný a drahý materiál, průsvitnost a průhlednost skla důležitá pro jeho aplikace.
- 15.století – Nizozemí – skleněné čočky – brýle, dalekohledy, mikroskopy (1606).
- Dnes celosvětová výroba skla dosahuje ¼ objemu výroby železa.

Sklo

- Sklenice
- Láhve
- Umělecké předměty
- Stavebnictví
- Chemické aparatury



Sklo

- Optické prvky
- Solární články
- Světlovodná vlákna
- Skelné tkaniny

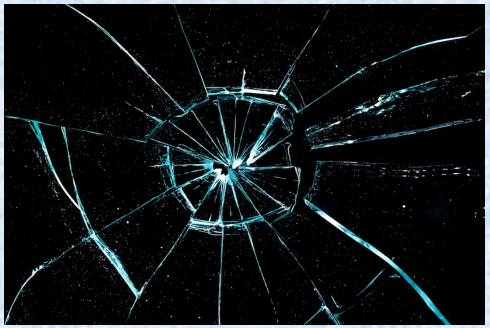
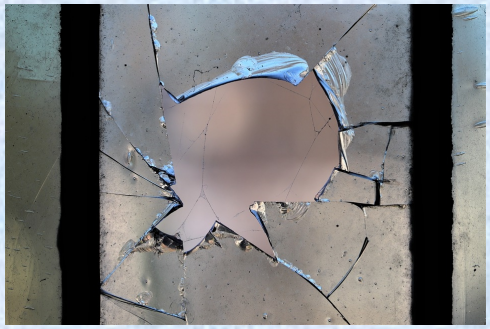






Sklo

- Pro každý typ skleněných výrobků byla vyvinuta nejvhodnější technologie.
- Všechny výrobní technologie využívají skutečnosti, že **viskozita skloviny se s teplotou plynule mění**.
- Tažení – ploché sklo – svislé tažení (v Čechách po 80 letech výroba ukončena)
- Lití – novější technologie FLOAT – lití skloviny na vodorovnou hladinu roztaveného kovu
- Lisování
- Foukání

- Pozvolné chlazení každého výrobku – zabránění vzniku vnitřního pnutí.
- Kompaktní sklo neobsahuje žádné vnitřní rozhraní ani vyztužující elementy – ideální prostředí pro šíření trhlin – **sklo je křehké** – má malou houževnatost.
- Lom nastává v nejslabším místě struktury materiálu.
- Video youtube

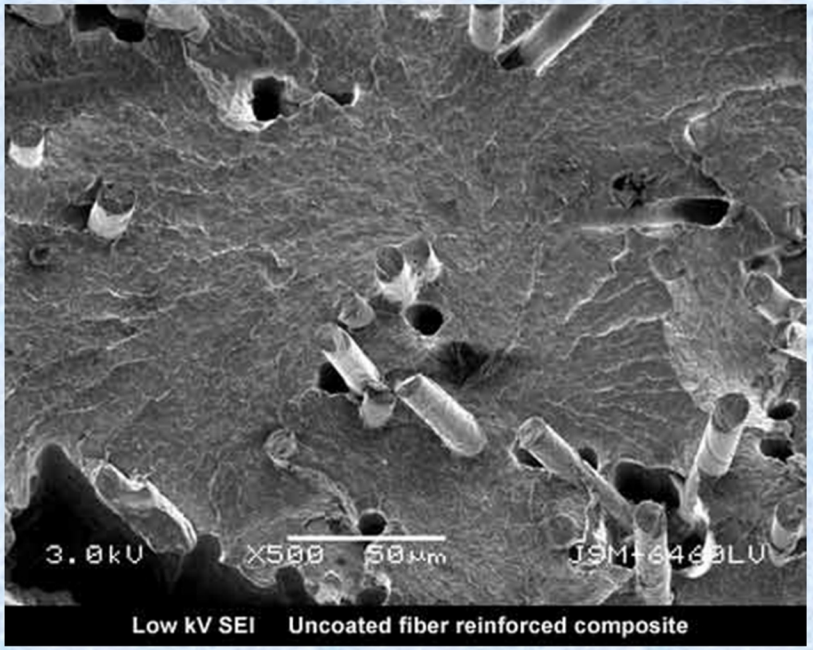
Sklo

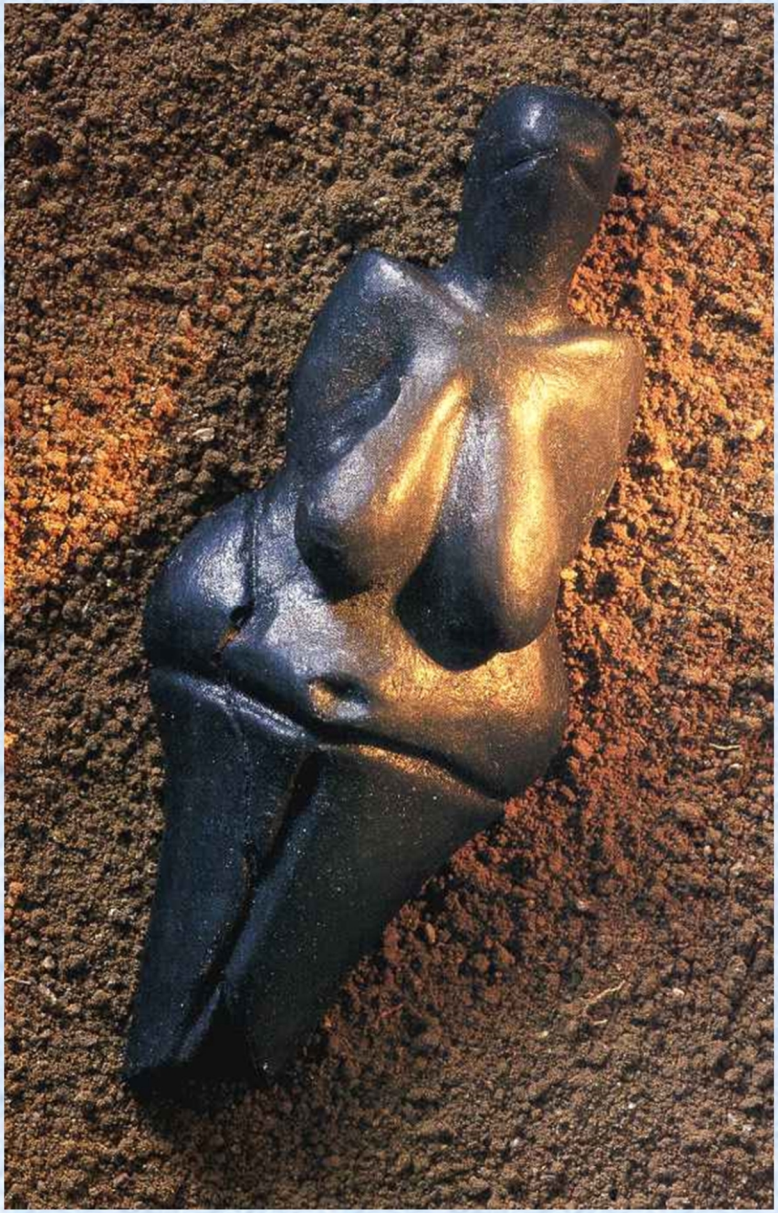
Výroba skla:

- Směs surovin =„**sklářský kmen**“
- Hlavní součástí je křemenný písek cca 70 %
- + Na_2CO_3 – soda, K_2CO_3 – potaš, $CaCO_3$ – vápenec.
- Další přísady: oxidy boru, fosforu, hliníku, hořčíku, barya, olova.
- Případně střepy z recyklací – „sklářská vsádka“.
- Liší se chemické složení – liší se i vlastnosti skel.

Sklo

- Vlákna, tkaniny, rohože, kombinace s uhlíkovými vlákny.





Děkuji za pozornost.