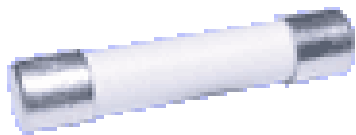


# KERAMIČNI MATERIALI



# KERAMIKA

---

- Sodi med najstarejše izdelke človeške ustvarjalnosti;
- osnovna surovina je naravna glina;
- glina je zmes aluminijevih in silicijevih oksidov:



# VRSTE GLINE

---

- ▣ Glede na nahajališče:
  - primarna glina (kaolini - osnova za porcelan),
  - sekundarna glina (premeščena na druga mesta z vrsto drugih primesi).

# VRSTE GLINE

---

- ▣ Glede na osnovne surovine:
  - glina z visoko vsebnostjo Al oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) brez vsebnosti železa (za porcelan),
  - glina z visoko vsebnostjo Al oksida in z majhnim deležem železa (za kvalitetno lončarstvo in šamot),
  - glina z majhno vsebnostjo Al oksida in veliko vsebnostjo železa (opekarska in rdeča lončarska glina),
  - glina z majhno vsebnostjo Al oksida in veliko vsebnostjo železa in kalcijevega karbonata (groba gradbena keramika).

# Sodobna delitev keramike:

---

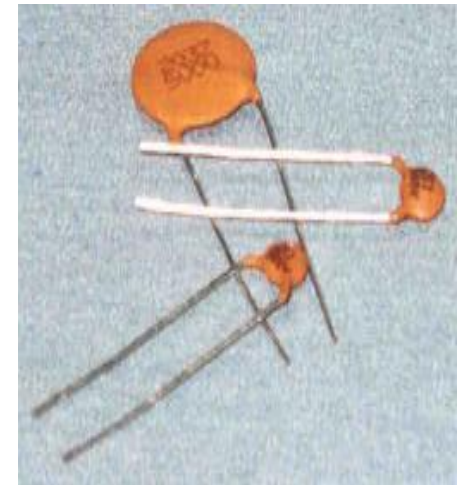
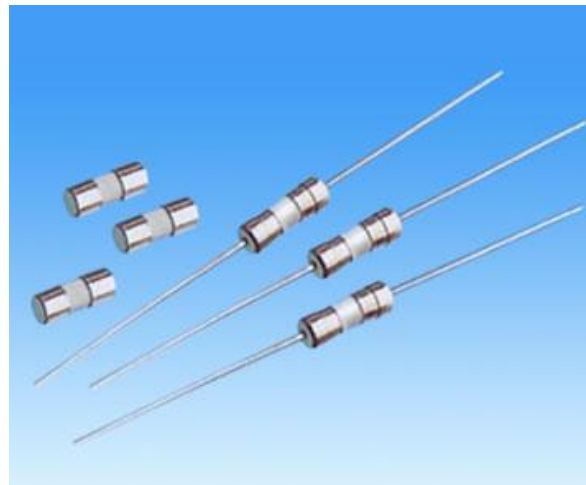
- ▣ Tradicionalna ali klasična keramika;
- ▣ sodobna ali tehnična keramika.

# Razdelitev kemičnih materialov po uporabi

- **TEHNIČNA (INŽENIRSKA) KERAMIKA** – sestavljena je iz zelo čistih sestavin (oksidna keramika, karbidi, nitridi). Uporablja se kot konstrukcijski material v strojništvu oziroma kot tehnična keramika.
- **TRADICIONALNA KERAMIKA** – sestavljena je iz treh glavnih komponent; glinice, kremena in glinenca. Uporablja se v gradbeništvu in elektroindustriji.



Keramične valovalke



Električni uporniki

# Tehnična keramika

---

- Izdelana iz raznih oksidov (korund, cirkonijev oksid, karbidi, nitridi,...),
- keramika z uporabnimi mehanskimi lastnostmi – inženirska keramika,
- keramika uporabna v elektroniki – elektronska keramika,
- biokeramika,
- nuklearna keramika.

# Splošne lastnosti keramičnih materialov

## – prednosti:

---

- Ker prevladujejo ionske in mešane vezi s kovalentnim značajem je za keramične materiale značilno, da imajo:
  - **visoko trdoto**
  - **visoko temperaturo tališča**
  - **visoko termično stabilnost**
  - **nizko električno prevodnost**
  - **nizko termično prevodnost**
  - **odporna proti abraziji in koroziji**
  - **visoko kemično stabilnost**
  - **nisko specifično težo**



Keramično držalo za žarnico



# Splošne lastnosti keramičnih materialov

– slabost:

---

- Visoka krhkost;
- majhna odpornost proti temperaturnim spremembam (termični šok);
- majhno žilavost in duktilnost.

# Značilnosti keramične tehnologije:

---

- Osnovna surovina – prah;
- oblikujemo ga v izdelke (oblikovanje ali ulivanje);
- utrdimo z žganjem (kontinuirane peči).

# Zgradba keramike

---

- Keramični materiali so običajno kristalne snovi z urejeno razporeditvijo ionov oziroma molekul v prostoru.
- Zgradba ima red dolgega dosega.
- Med vezmi se pojavljata tako ionski kot kovalentni značaj, ki določa vrsto kristalne zgradbe keramičnega kristala in s tem posledično tudi lastnosti. Glede na značaj ločimo:
  - kristalno zgradbo keramike s prevladujočim ionskim značajem kemijske vezi
  - kristalno zgradbo keramike s prevladujočim kovalentnim značajem kemijske vezi.

# Kristalna zgradba keramike s prevladujočim ionskim značajem

---

- **KOVALENTNI ZNAČAJ KEMIJSKE VEZI IN NAGNJENOST K TETRAEDRSKI KOORDINACIJI**, pri čemer povečevanje kovalentnega značaja povečuje nagnjenost k tetraedrski koordinaciji, kovalentni značaj pa s svojo usmerjenostjo določa tudi intersticijska mesta, kamor se vgrajujejo kationi.

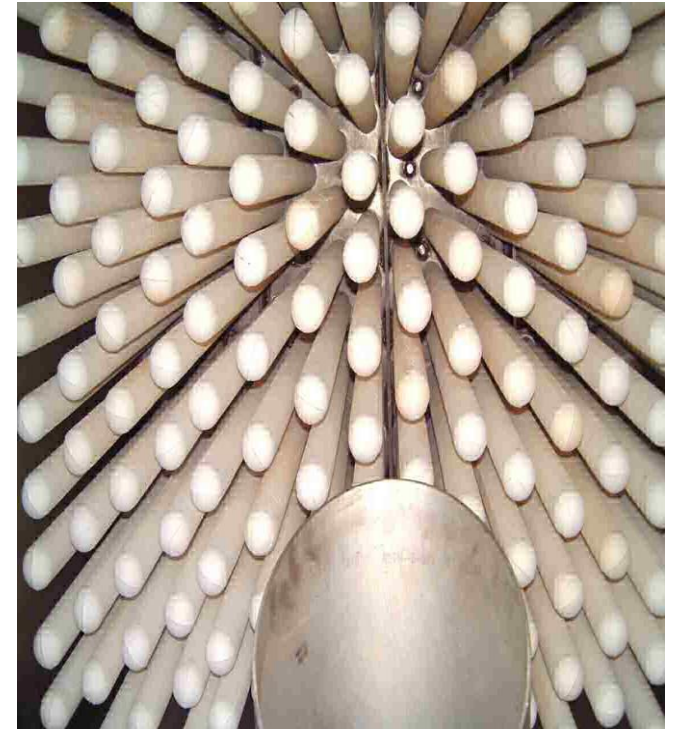


**Keramični izdelki (cevi, tube,..)**

# Kristalna zgradba keramike s prevladujočim kovalentnim značajem

---

- Pri tem tipu kristalne zgradbe je le-ta odvisna od usmerjenosti kovalentne vezi. Medtem ko ionski delež vezi povečuje težnjo po gostem zlogu, ima naraščanje deleža kovalentne vezi ravno nasproten učinek.
- Zraven omenjenih dveh tipov poznamo tudi mešani tip, katerega ima veliko oksidov, karbidov in nitridov.



**Keramični filter**

# Lastnosti keramike

---

## ▣ **KRHKOST**

- Poglavitni lastnosti keramike sta trdnost na eni in krhkost na drugi strani. Največji problem pri keramiki predstavlja krhki lom (pred razširjanjem se razpoke ne deformirajo plastično) ob majhni sposobnosti absorpcije energije.
- Dejanska trdnost keramičnih materialov pri zlomu je bistveno manjša od njene teoretične trdnosti, ki jo določa trdnost medatomskih vezi. Vzrok za to so napake v materialu, ki povzročajo koncentracijo napetosti in kovalentni značaj kemijskih vezi, ki se po pretrganju ne morejo na novo vzpostaviti. Čeprav veljajo ionske vezi za šibkejše od kovalentnih, je njihovo število zaradi neusmerjenosti večje, kar posledično pomeni večjo trdnost in temperaturno obstojnost ionske keramike v primerjavi s kovalentno.

# Lastnosti keramike

---

- Proces krhkega loma poteka v dveh stopnjah, preko tvorbe razpok do napredovanja razpok do zloma.
- Razpoke v keramičnih materialih napredujejo skozi kristalna zrna (transkristalna rast), vzdolž prednostnih kristalnih ravnin.
- Merilo odpornosti keramičnega materiala na krhki lom ob prisotnosti razpok je podano z lomno žilavostjo.
- Trdnost keramičnih materialov ni enolično določena vrednost, saj je odvisna od verjetnosti, da je v keramičnem materialu navzoča napaka.

# Lastnosti keramike

---

## □ **DIAGRAM $\delta$ - $\epsilon$ KERAMIČNIH MATERIALOV**

- Pri keramičnih materialih se natezna in tlačna trdnost močno razlikujeta (tlačna trdnost je 5- do 10-krat večja od natezne), saj pri tlačni obremenitvi napake v materialu ne povzročajo koncentracij napetosti.
- Odnos  $\delta$ - $\epsilon$  pri keramiki ugotavljamo z upogibnim preizkusom, kjer je zgornja polovica preizkušanca obremenjena na tlak, spodnja pa na nateg. V rabi sta tri in štiritočkovni upogibni preizkus.
- Napetost pri zlomu pri upogibnem preizkusu se imenuje prelomni modul ( $\delta_m$ ).



# Lastnosti keramike

---

## ▣ **VPLIV POROZNOSTI**

- Pore v keramičnih materialih izvirajo iz tehnologije izdelave. Večina se jih z naknadno toplotno in termomehansko obdelavo odpravi, del pa jih ostane v materialu.
- Poroznost, ki ostane, vpliva na elastičnost keramike, saj se modul elastičnosti zmanjšuje z naraščajočim prostorninskim deležem poroznosti.
- Poroznost vpliva tudi na lomno trdnost, saj pore zmanjšajo nosilni prečni prerez materiala in povzročajo koncentracijo napetosti.
- Mikrostruktura definira tudi lastnosti keramike, močno vpliva na hitrost lezenja (časovno odvisna deformacija materiala pri povišani temperaturi in obremenitvi), ima pa tudi močan vpliv na električne in magnetne lastnosti.

# Sintranje keramike

---

- Sintranje je proces, pri katerem preide porozen keramičen material iz drobnodisperznega prašnega stanja z veliko specifično površino pod vplivom toplote v trdno telo z bistveno manjšo specifično površino, ne da bi se material pri tem stalil.
- S sintranjem želimo doseči čim večjo končno gostoto materiala, zgostitev pri čim nižji temperaturi in ustrezno mikrostrukturo.
- Glede na potek procesa lahko sintranje razdelimo na:
  - **SINTRANJE V TRDNEM STANJU**
  - **SINTRANJE S TEKOČO FAZO**
  - **SINTRANJE POD TLAKOM**

# Izdelava tehnične keramike:

---

- Uporabljamo sintetične surovine (drobnozrnate, velikost zrn  $\sim 1 \mu\text{m}$ );
- prah sušimo in granuliramo;
- izdelke oblikujemo s stiskanjem, ekstruzijo, ulivanjem,...
- žganje izvajamo v kontinuiranih in šaržnih pečeh ali hkrati s sintranjem pod tlakom;
- žgane izdelke lahko brusimo oz. poliramo.

# Keramične surovine:

---

- Naravne (glina);
- sintetične (silicijev karbid – reakcija kremena in koksa pri 2000°C).

# Najbolj razširjene keramične surovine:

---

- Gline in kaolini
- Kremen
- Glinenci
- Lojevec
- Kalcijeve in magnezijeve spojine
- Ostale surovine

# Gline in kaolini:

---

- Plastičnost in ognjestalnost gline (lahko oblikovanje in ohranjanje oblike in ustrezne trdnosti tudi po sušenju);
- pri visokih temperaturah se izdelki utrdijo in zgostijo, ne da bi izgubili obliko;
- obstaja glina različnih barv;
- vpije velike količine vode, vendar je ne prepušča.

# Kremen:

---

- $\text{SiO}_2$  ;
- najpomembnejša neplastična surovina za izdelavo klasične keramike;
- bistvena sestavina stekla in glazur;
- zmanjša skrčec pri sušenju in poveča obstojnost oblike med žganjem;
- pomembna čistoča (predvsem pri izdelavi prozornega stekla).

# Glinenci:

---

- Uporabljamo jih kot talila; že pri nizkih temperaturah povzročajo nastanek taline, ki pospeši sintranje;
- pogosta sestavina glazur;
- porcelan: 50% gline in kaolina, 25% kremena, 25% glinencev;



# Lojevec:

---

- Triplastni silikat;
- mehak, ni plastičen;
- glinam ga dodajamo kot vezivo;
- uporabljamo predvsem za izdelavo nekaterih tehnično pomembnih keramik.

# Kalcijeve in magnezijeve spojine:

---

- Važni sestavini stekel in glazur;
- pospešujeta zgoščevanje keramičnih izdelkov;
- v čisti obliki  $\text{CaO}$  in  $\text{MgO}$  se uporabljata pri izdelavi visoko ognjeodpornih izdelkov (obzidava metalurških peči).

# Ostale surovine:

---

- Kromov oksid za izdelavo visoko ognjeodpornih materialov;
- za steklo in glazure pomemben boraks.

# Surovine sodobne tehnične keramike:

---

- Aluminijev oksid
- Cirkonijev oksid
- Silicijev karbid
- Borov karbid
- Silicijev nitrid
- Borov nitrid
- Različne surovine tehnične keramike

# Surovine sodobne tehnične keramike – na splošno:

---

- Primerni le materiali, ki imajo velik elastični modul;
- uporabljeni materiali čisti ali z dodatki;
- keramika z veliko trdnostjo mora biti sintrana do visoke gostote!
- pore, večajo krhkost in delujejo kot razpoke, zmanjšujejo elastični modul.

# Surovine sodobne tehnične keramike – na splošno:

---

- Izhodni prahovi čisti, drobnozrnati, enakomerno zrnatost, čim manj aglomerirani;
- proces oblikovanja in žganja optimiziran;
- sintranje pod tlakom.

# Aluminijev oksid - glinica:

---

- Reaktivne vrste glinice (delci pod 1  $\mu\text{m}$ ) za izdelavo stekel, glazur in vlaken;
- grobozrnata glinica za izdelavo aluminija in poliranje;
- srednja velikost zrn (2  $\mu\text{m}$ - 4  $\mu\text{m}$ ) dodajamo porcelanastim masam za zvišanje trdnosti, trdote, obstojnosti proti abraziji in električne upornosti.

# Aluminijev oksid - glinica:

---

- Korundna keramika  $\text{Al}_2\text{O}_3 > 90\%$ , tališče  $2050^\circ\text{C}$ , velika trdota in tlačna trdnost, kemična odpornost;
- izhodna surovina relativno poceni;
- slabša obstojnost proti termičnim šokom.



# Cirkonijev oksid:

---

- $\text{ZrO}_2$  pomembna surovina za izdelavo elektronske (senzorji) in inženirske keramike (rezalna orodja, šobe, abrazivno odporna keramika, ...);
- tališče  $2760^\circ\text{C}$ , korozivno odporna;
- za obzidavo talilnih peči.

# Silicijev karbid:

---

- Pridobivanje je z reakcijo med kremenovim peskom in koksom;
- uporablja se za abrazive;
- za inženirsko keramiko je potreben čist prah, submikronske velikosti.
- uporaba: v industriji brusilnih sredstev, nosilci za žganje izdelkov iz keramike;

# Borov karbid:

---

- Grobozrnat se uporablja kot abraziv;
- fini  $B_4C$  prah se da vroče sintrati pri tem. 2100 do 2200 C do visoke gostote.

# Silicijev nitrid:

---

- Pomembna surovina inženirske keramike;
- čisti  $\text{Si}_3\text{N}_4$  prah je težko sintrati, za izdelavo gostih izdelkov mu dodamo dodatke;
- večja obstojnost proti temperaturnim šokom;
- uporaba: orodja za vlečenje žic, krogelne in drsne ležaje, šobe za peskanje,....

# Borov nitrid:

---

- Uporablja za abrazive;
- za brusilna sredstva;

# Anorganska stekla

---

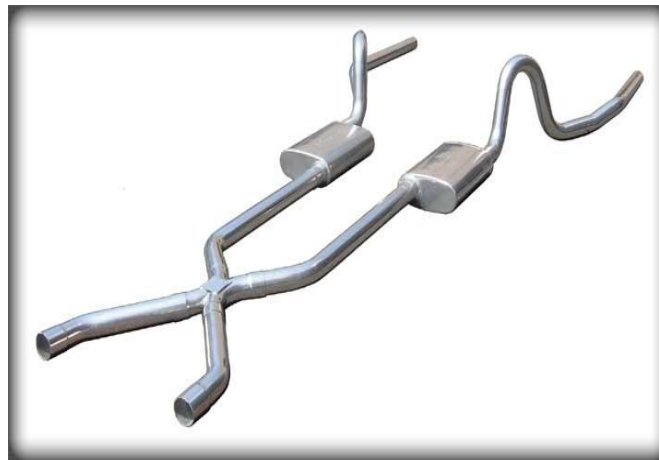
- ❑ Keramična stekla imajo neurejeno zgradbo-so amorfna in tudi kemično odporna. Ker prepuščajo vidno svetlobo se uporabljajo kot konstrukcijski material v optiki, zaradi kemične odpornosti pa so primerna za gradnjo raznih aparatov v kemijski industriji.
- ❑ Steklo nastane pri normalnem ohlajanju silikatnih talin. Najenostavnejše je kvarčno steklo, ki je popolnoma prepustno za vidno in ultravijolično svetlobo. Tako steklo ima zelo visoko tališče, zdrži lahko hitre temperaturne spremembe, vendar je zelo krhko.
- ❑ Da bi znižali tališče, se kremenu dodajajo alkalni oksidi. Tako steklo ne prepušča ultravijolične svetlobe.
- ❑ Obarvanje stekla se doseže s primešavanjem majhnih količin določenih ionov.
- ❑ Steklo lomi svetlobo.
- ❑ Njegova žilavost je praktično nična.

# Slike

---



**Neprebojni jopič iz keramičnih materialov**

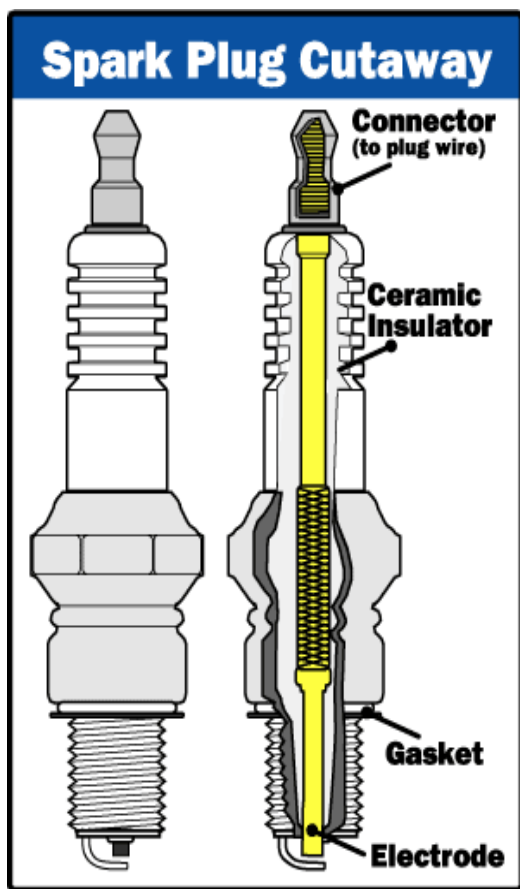


**Izpušni sistem prevlečen s keramičnimi materiali**



**Steklokeramična plošča za kuhanje**

# Slike



Vžigalna svečka vsebuje keramični izolator



Žarnice iz keramičnega stekla



Keramična kost za psa



# Slike

---



**Keramična pasta**



**Keramični  
zobje**



**Električni  
izolator v  
Auswich-u**