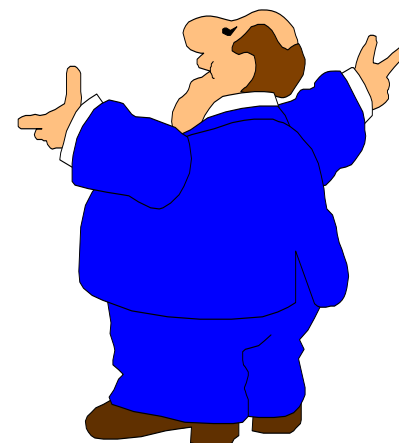


Mašinski materijali

- Predavanje (AS) - 11^{abc}

*Keramički materijali, staklo
i metalurgija praha*



Keramički materijali

Keramički materijali su kristalna jedinjenja dobijena kombinacijama metalnih i nemetalnih elemenata.

Osobine keramika su:

- dobri su električni izolatori
- slabi provodnici toplote
- kruti, tvrdi i kruti materijali, po pravilu jači na pritisak nego na zatezanje
- otpornost keramika na hemikalije je veća nego metala i organskih materija
- temperatura topljenja keramika je veoma visoka i kreće se od 1930-3870°C; (izuzetak je glina koja omekšava pri oko 1100°C).

U širem smislu, u keramičke materijale spadaju:

- *kamen,*
- *glina,*
- *vatrostalni materijali,*
- *tehnička keramika i*
- *staklo*

Uopšteno, keramički materijale se mogu podeliti u dve grupe:

- tradicionalne keramike
 - ✓ gline
 - ✓ silicijum dioksid – SiO_2 (kvarc)
 - ✓ feldspati (grupa kristala minerala – sastoje se od Al, Ca, K, Na i silikata)
- industrijske ("novije") tehničke keramike
 - ✓ aluminijum dioksid (Al_2O_3)
 - ✓ cirkonijum oksid (ZrO_2)
 - ✓ wolfram karbid (WC)
 - ✓ silicijum karbid (SiC)
 - ✓ silicijum nitrid (Si_3N_4)
 - ✓ bor karbid (B_4C)
 - ✓ bor nitrid (BN) itd.

Kamen

Kamen je materijal koji su ljudi najpre počeli da koriste. I danas veliku primenu imaju:

- ✓ krečni kamen (krečnjak),
- ✓ pešćanik,
- ✓ škriljci,
- ✓ mermer,
- ✓ granit.

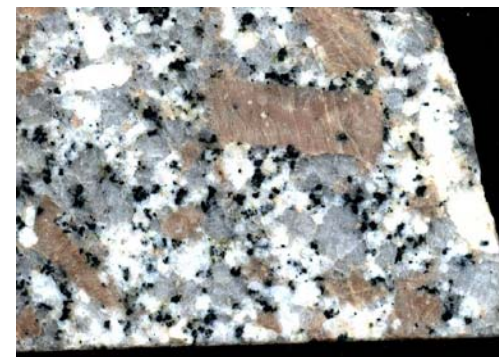
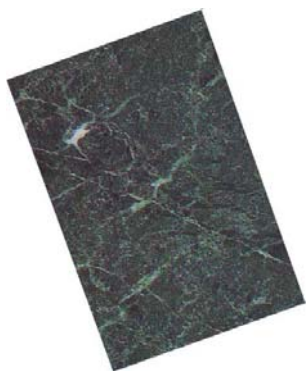
Najčešći sastojci kamena su silicijum dioksid (SiO_2), alumino-silikati (liskuni, nefelini, zeoliti), i kalcijum karbonat (CaCO_3).

Krečni kamen ili *krečnjak*. Posle kalcinacije (pečenja) krečnjaka dobija se negašeni kreč CaO . Pored primene u gradjevinarstvu, krečnjak se koristi kao topitelj pri preradi gvoždja i čelika i za proizvodnju acetilena (pri sagorevanju CaO sa koksom dobija se CaC_2 , koji u daljoj reakciji sa vodom daje acetylen C_2H_2).

Uljni škriljci u sušenom stanju pomešani sa krečom daju jednu vrstu cementa. Iz jedne tone uljnih škriljaca može se dobiti 60-380 litara nafte po čemu je ovaj kamen i dobio ime.

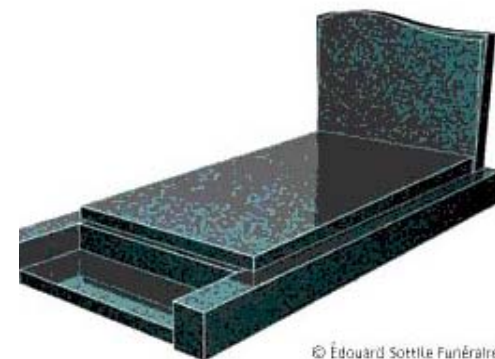
Škriljci se lako seku i bruse u tanke ploče i koriste se za školske table, vatrostalne ploče, elektroizolacione ploče i za trotoare. Veoma su otporne na vremenske promene i abrazivno habanje.

Mermer i *granit* u zavisnosti od svog sastava mogu da imaju različite boje i teksture i koriste se za umetničke predmete, prekrivanje površina u ekskluzivnim prostorijama. Imaju visoku cenu.



Mermer

Granit



© Édouard Sottile Funéraire

Tradicionalna keramika

Tradicionalna keramika izradjuje se od tri osnovne komponente:

Gline - Glavni sastojak gline je Al_2O_3 , zatim SiO_2 , nečistoće i voda.

Kad su suve gline su jako higroskopne, a ako se zasite vodom postaju plastične i obezbeđuju sposobnost uobličavanja materijale pre nego što otvrdne. Glina je glavna sirovina keramičke industrije.

Kvarca (SiO_2) – Ima visoku temperaturu topljenja i on je vatrostalna komponenta tradicionalnih keramika

Feldspata ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) - ima nisku temperaturu topljenja i stvara staklastu masu kad se keramička mešavina peče i medjusobno veže vatrostalne komponente.

Prirodna glina

Termin gruba keramika odnosi se na izradu: crepova, raznog vatrostalnog materijala (šamot), sinterovanog tvrdog kamena (klinker), glinenih sudova (grnčarija), keramičkih pločica i tsl.



Proizvodi bele robe

Fina keramika odnosi se na proizvodnju **porcelana** i **fajansa** (majolike - porozne keramičke robe prevučene neprovidnom i neprozirnom glazurom - jevtina zamena porcelana).



Porcelan



Fajans

Elektroporcelan

Elektroporcelani su vrsta tradicionalne keramike koja se koristi za izolatore el. struje.



Elektroporcelan

Podela glina

Razlikuju se:

- *nisko kvalitetne* (sadrže malo Al_2O_3 i SiO_2 i mogu se upotrebljavati za temperature do $870^{\circ}C$)
- *obične* (upotrebljavaju se do $1370^{\circ}C$)
- *super gline* (upotrebljavaju se do $1650^{\circ}C$)

Gledano prema strukturi, kao inženjerski materijali, upotrebljavaju se sledeće vrste glina:

- *Aluminijumske* (sastoje se iz boksita ($Al_2O_3 \cdot 5H_2O$) i kolonija ($Al_2O_3 \cdot H_2O$))

- *Kaolin* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) - je u čistom stanju bela glina i koristi se pri izradi porcelana, vatrostalnih cigli, papira, gume, pigmenata za boje i izolacionih materijala. Kaolin se u čistom stanju topi na 1760°C . Vatrostalni materijal ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) dobija se dugotrajnim zagrevanjem u elektro peći u kojoj se tope kvarcni pesak (SiO_2) i boksit. Dobijeni materijal koristi se za oblaganje peći za topljenje metala (tigel peći), za oblaganje ekstruderskih kalupa i za izolatore svećica benzinskih motora



Kaolin

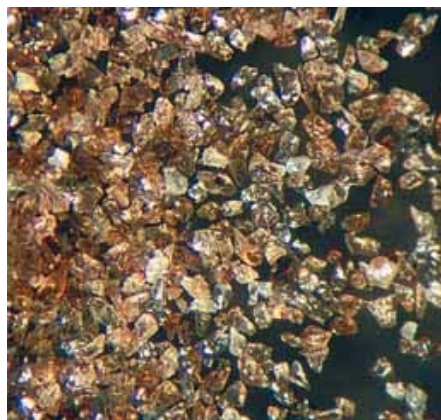
- *Korund* (Al_2O_3) - u prirodnom stanju vadi se iz zemlje kao dragi kamen. Kad sadrži hromnu kiselinu zove se rubin (osovinice satova), a sa oksidom gvoždja i oksidom titana daje safir. Posle topljenja Al_2O_3 , se može izlomiti i granulisati radi upotrebe za abrazivno čišćenje, lepovanje i izradu tocila. U obliku briketa koristi se kao vatrostalni materijal za oblaganje peći.



Korund (rubin)



Korund (safir)



*Korund
(granulisani)*



*Korund
(brusna ploča)*

Vatrostalni materijali

Materijal se smatra vatrostalnim ako se ne deformiše pri temperaturi jednakoj ili višoj od 1600°C.

Vatrostalni materijali se koriste za izradu i podzidjivanje čeličnih peći koje rade na visokim temperaturama; uglavnom je reč o visokoj peći, kupolnoj peći i pećima za proizvodnju čelika, kao i pećima za termičku obradu.

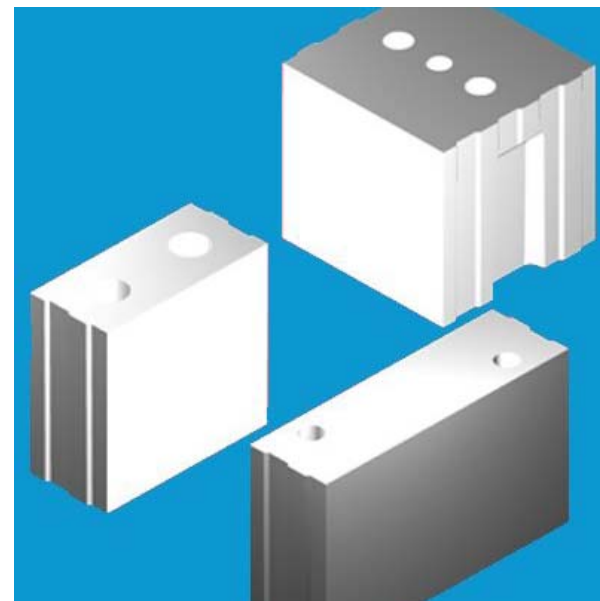
U metalurgiji se kao vatrostalni materijali najviše upotrebljavaju:

- *šamotne*
- *silikatne*
- *dolomitne*
- *magnezitne*
- *hromne*
- *silicijum karbidne* i
- *šupljikave* cigle.

Šamot se najviše upotrebljava u tehnici, budući da se dobija iz lako dostupnih mineralnih nalazišta. Izradjuje se od manje ili više čistog kaolina ($2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) i pečene gline. Ove cigle nisu namenjene da nose veliko opterećenje, već samo za oblaganje visokotemperaturnih komora. Malter za podzidjivanje pravi se od vatrostalne gline i vode.



Silikatne cigle zadržavaju jačinu i na povišenim temperaturama. Hemijski se svrstavaju u kisele i koriste se za oblaganje topioničkih peći u slučaju kad je rastopljena šarža kisele prirode. Na radnim temperaturama nižim od 540°C silikatne cigle se habaju ili krune, te se i ne primenjuju ispod ove temperature.



Dolomit je dvostruki karbonat kalcijuma i magnezijuma čija je hemijska formula $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$. Posle pečenja dolomita (pri 1700°C) dobija se $\text{CaO} \cdot \text{MgO}$ koji se zatim melje i meša sa smolom i najzad presuje u cigle. One su namenjene za podzidjivanje Simens-Martenovih peći i električnih peći za proizvodnju čelika.

Magnezitne cigle su u hemijskom pogledu bazičan materijal. Služe za oblaganje konvertorskih LD peći i Besemerovih kruški.

Hromne cigle su vatrostalni materijali koji sadrže 50% hromnih oksida, sa promenljivim sadržajem oksida Al, Mg, Si i oksida gvoždja. Deklarišu se kao hemijski neutralne. Kombinacije hrom-magnezijum oksida daju cigle pogodne za visoke temperature i otporne na habanje.

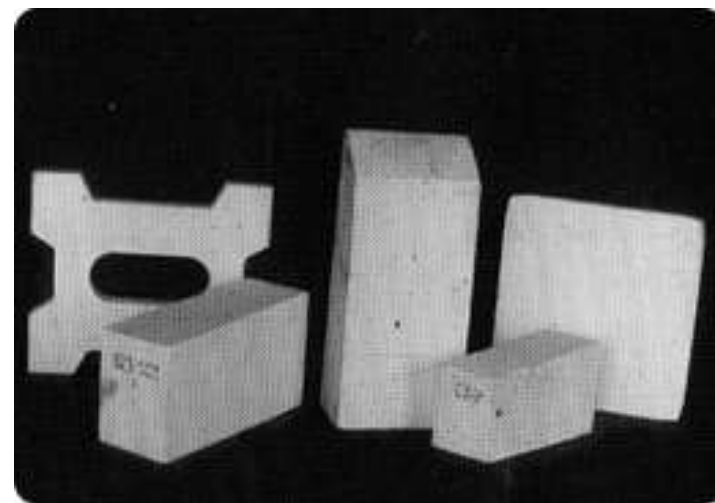


Silicijum-karbid - SiC dobija se zagrevanjem kvarcnog peska pomešanog sa koksom u elektro peći pri oko 2000°C. U čistom stanju to su bezbojni kristali po tvrdoći gotovo jednaki dijamantu. Pri temperaturi iznad 2200°C silicijum-karbid se raspada tako što Si isparava i C se pretvara u grafit, koji pomešan sa uljem daje mazivo. Uobičajeni naziv za SiC je **karborundum**. Tehnički SiC je tamne boje usled neizbežnih primesa. Zbog velike tvrdoće od karborunduma se prave tocila i brusevi, a zbog njegove dobre elektroprovodljivosti primenjuje se i za izradu delova elektro peći.



Termo-izolacione (šupljikave)

vatrostalne cigle koriste se za peći kod kojih se traži održavanje konstantne temperature. To su lake i porozne cigle dobijene posipanjem umešene gline ugljenom prašinom. U toku pečenja cigle, dodate čestice ugljenika sagorevaju i ostaju gasni mehurovi. Na taj način dobijaju se porozne cigle lakše za 1/3 od punih, ali sa približno toliko boljom toplotnom izolacijom. Uglavnom se šupljikave cigle upotrebljavaju za peći srednjih temperatura namenjenih za lemljenje i termičku obradu. Takodje služe za spoljašnje obzidjivanje visokotemperaturnih peći, da bi se umanjili toplotni gubici kroz njihove zidove.





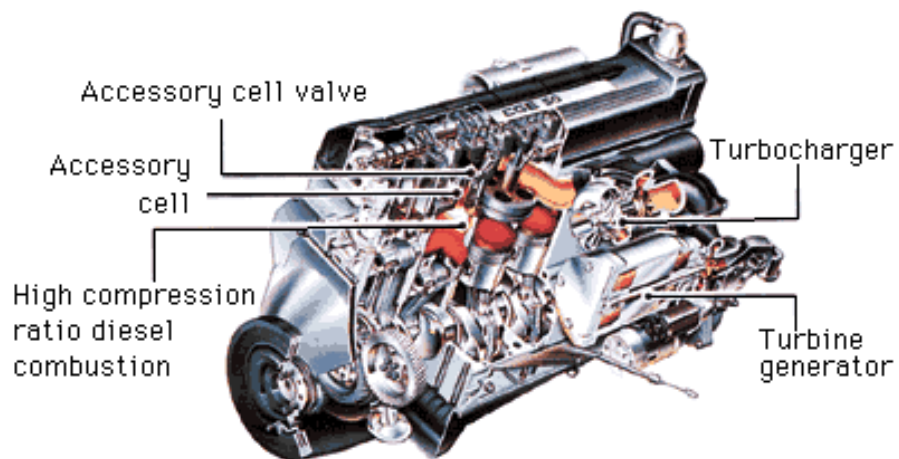
Tehnička keramika

Kad je reč o mašinstvu danas se keramike koriste kao:

- *alternativni konstrukcioni materijali*
- *abrazivni materijali*
- *tvrdi materijali* za rezne alate (alatna keramika) i
- *super tvrdi materijali* (dijamant, bor nitrid)

Alternativni konstrukcioni materijali

Keramika se u motornoj industriji upotrebljava i kao konstrukcioni materijal, uglavnom za termički opterećene delove motora (košuljice cilindara, ventile i dr.).

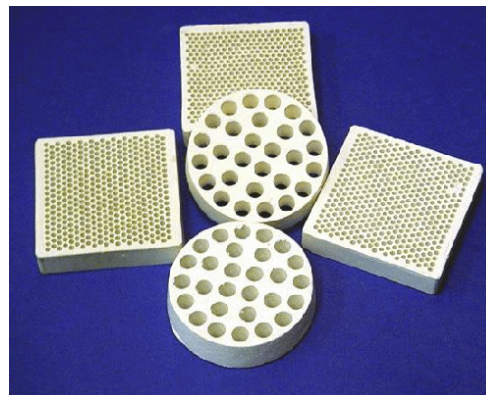


Delovi motora

Razne oblasti primene keramičkih materijala



Filteri



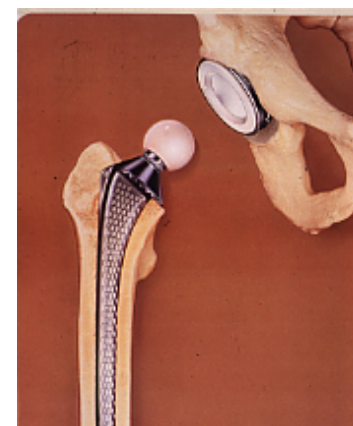
Sita



Ležajevi



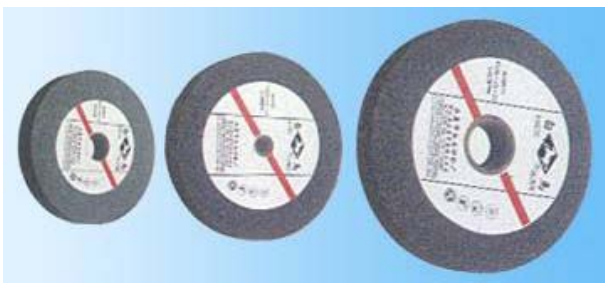
Razni delovi



U medicini

Abrzivni materijali

Abrzivni materijali od keramike služe za brušenje i poliranje drugih materijala manje tvrdoće. Keramički abrazivi najčešće se izrađuju od topljenih jedinjenja Al_2O_3 i SiC. Proizvodi kao što su *brusevi*, *tocila* i *brusne trake* dobijaju se međusobnim povezivanjem sitnih keramičkih čestica. Kao vezivni materijali koriste se organske smole, glina ili adhezivi na bazi gume. Veoma značajan keramički abraziv je *bornitrid*, tvrd gotovo kao dijamant, ali termički znatno stabilniji od dijamanta.



Razni abrazivni materijali

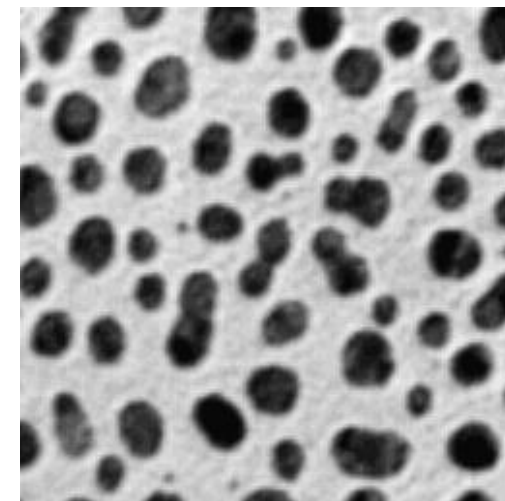
Alatna keramika

Kermeti su sinterovani materijali (dobijeni metalurgijom praha) koje čine dve vrste komponenti; jedna je keramička, a druga metalna, koja pored ostalog, deluje kao vezivo.

Osobine kermetala objedinjuju svojstva metala (dobre mehaničke osobine na sobnoj temperaturi, otpornost na termički udar) sa svojstvima keramičkih materijala (nevelika promena mehaničkih osobina pod uticajem temperature, vatrostalnost, otpornost na koroziju).

Kermetali se dele uglavnom prema keramičkoj komponenti na:

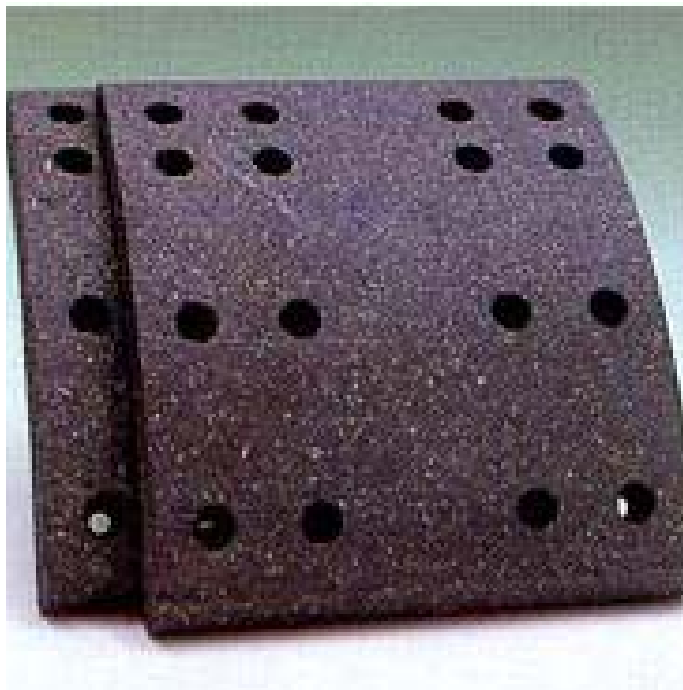
- oksidne,
- karbidne,
- nitridne,
- boridne i
- silikatne.



Primenjuju se kao vatrootporni i termo-postojani materijali i kao sinterovani delovi za obloge kočionih papuča, za obloge spojnice, mlaznice mlaznih motora, rezne alate i dr.

Rezni alati





Koćione obloge

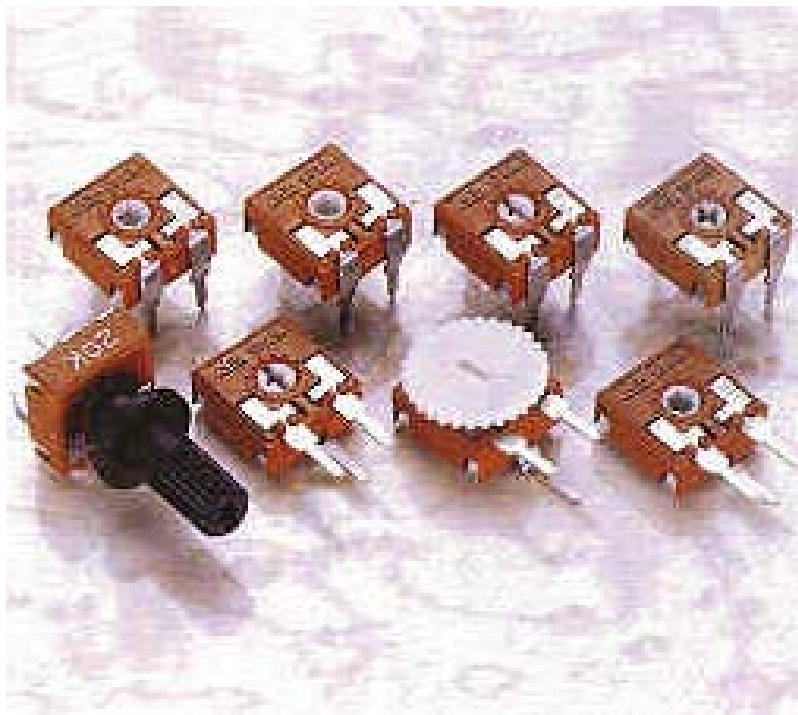


Razni delovi



U medicini

U elektrotehnici



Super tvrdi materijali

Ugljenik je jedan od najvažnijih hemijskih elemenata. Sve žive materije bazirane su na ugljeniku, a industrija ga koristi za ogroman broj proizvoda. Većinom se ugljenik javlja u jedinjenjima sa drugim elementom. Krečnjak, ugalj, drvo, ćumur i gorivi gasovi takodje sadrže ugljenik.

Čist ugljenik javlja se u prirodi u četiri oblika:

- *dijamant,*
- *grafit,*
- *amorfni ugljenik* i
- *fulerin* (otkriven 1985. godine).

Svi se oblici mogu dobiti prirodnim i veštačkim putem.

Prirodni dijamant je verovatno nastao u stenama ispod zemljine kore, gde visoke temperature i pritisak dovode do kristalizacije atoma ugljenika. Vulkanske aktivnosti izbacivale su dijamant na površinu.

Danas se kombinacijom visoke temperature i ogromnih pritisaka proizvodi **veštački dijamant**. Gustina dijamanta je 3.5 kg/dm^3 a temperatura topljenja 3500°C .



Glavni korisnici prirodnog i veštačkog dijamanta su radionice za sečenje i brušenje tvrdih metala. Samo mali procenat prirodnih dijamanta služi kao ukrasno kamenje.

Razni alati od veštačkog dijamanta



Ostali keramički materijali

Od ostalih keramičkih materijala u metalurgiji, mašinstvu ili elektrotehnici, još nalaze primenu:

- liskun,
- ugljenik (u različitim oblicima),
- azbest,
- steatit (*masnik*), i drugi.

Liskun je mineral koji se cepa u liske; najvažniji su *biotit* i *muskovit* koji ulaze u sastav mnogih magmatskih stena, kristalastih škriljaca i sedimentnih stena. Liskun se upotrebljava u obliku listića za izolaciju u elektrotehnici i radio industriji (sadrži komponentu Al_2O_3) i kao termički izolator, tzv. "ćilibar" liskun (sadrži Mg). Danas se uspešno proizvodi i sintetički liskun.



Prirodan *grafit* se formira takodje ispod površine Zemlje. Danas se proizvodi i *sintetički grafit* zagrevanjem koksa u elektro pećima.

Amorfni ugljenik obrazuje se zajedno sa pepelom kad se materijal koji sadrži ugljenik zagreva ili sagoreva bez dovoljno kiseonika potrebnog za sagorevanje.

Grafit u obliku praška služi za izradu grafitnih maziva, a u čvrstom stanju za "srca" za olovke (dodaci gline daju različite tvrdoće). Grafit dobro provodi električnu struju, ne sagoreva lako pa se zato u presovanom stanju koristi za pokretne elektro kontakte (četkice elektromotora, generatora).



Grafitni ulošci ležajeva



Grafitne olovke



Grafitno mazivo

Azbestna vlakna su dugački vlaknasti kameni kristali stvoreni iz starih metamorfnih stena.

Ova se vlakna mogu nastavljati, presovati, sukati, a budući da su otporna na toplotu i hemikalije koriste se za vatrostalnu odeću i obuću, izolacione pregrade, pokrivače, crepove, obloge cevi.

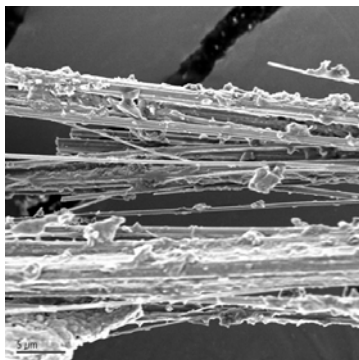
Azbestne termičke pregrade prave se presovanjem azbesta pomešanog sa cementom.

Pomešan sa natrijum silikatom presuje se u tanke listove namenjene za termičku izolaciju (za oblaganje cevi, električnih provodnika i sl.).

Azbest impregniran kaučukom koristi se za pakovanje hemikalija, a kad se kao vezivo uzme glina dobijaju se listovi za elektro izolaciju visokog napona.

Smatra se da je azbest kancerogen materijal, pa se njegova upotreba sve više izbegava, naročito u slučajevima kad se usled trenja pojavljuju azbestne čestice u vazduhu ili vodi.

*Azbestni
kristal*



Razne oblasti primene azbestnih materijala



Spojnice



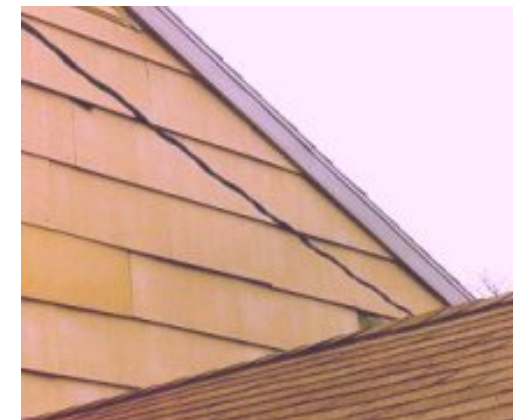
Kočione pločice



Zaptivači

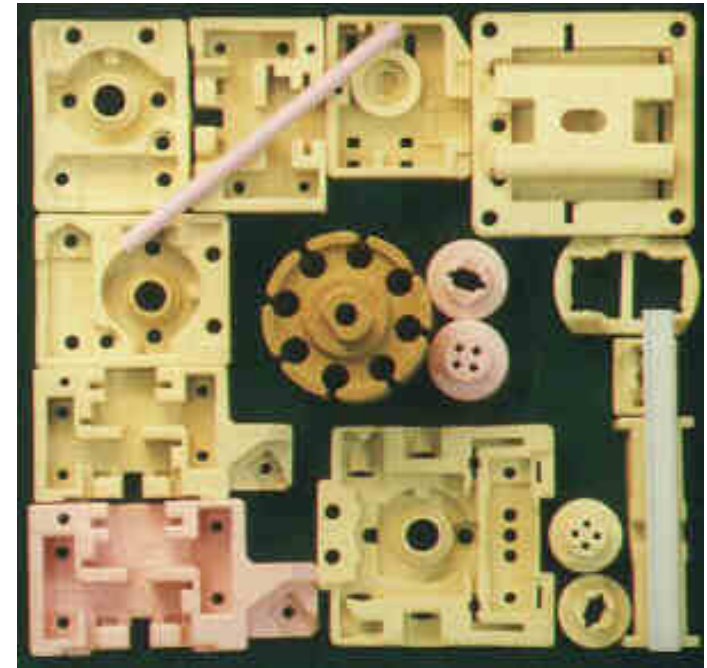


Razne vrste toplotnih izolacija



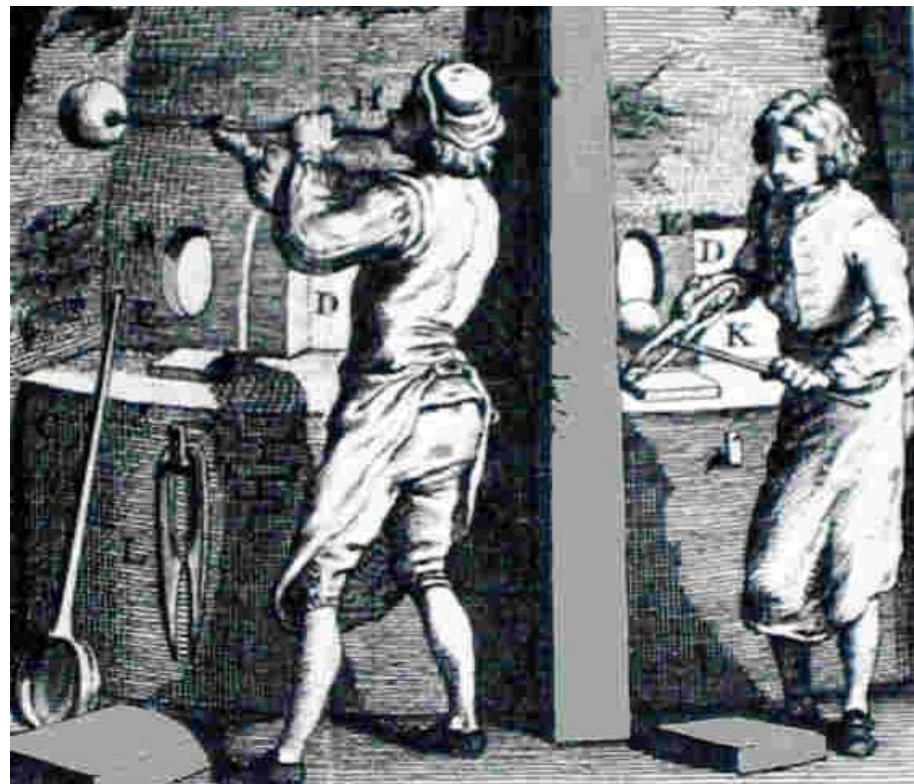
*Azbestne ploče
za pokrivanje*

Steatit (masnik) je mekana zemljana bela ruda koja služi za izradu raznih kreda i ukrasnih predmeta. Može se samleti u prah i presovati u različite oblike.



Staklo

Staklo je bilo poznato čovečanstvu još od davnina (3000. godina pre Hrista). Obično staklo dobija se topljenjem smeše kvarcnog peska (SiO_2), krečnjaka (CaCO_3) i kristalne sode (Na_2CO_3) u šamotnim pećima pri temperaturi oko 1400°C , i laganim hladjenjem da se spreči kristalizacija. Sastav običnog prozorskog stakla izražava se formulom $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$.



Staklo je materijal koji ima više korisnih osobina za različite primene.

Ono je:

- providno,
- bezbojno,
- ima prirodan sjaj i glatku površinu,
- nepropustljivo je za tečnosti i gasove,
- otporno je na koroziju i hemikalije (izuzev fluorovodonične kiseline),
- ne gori i otporno je na povišene temperature
- slab je provodnik toplote i električne struje.

Najveće su **mane** stakla:

- krtost,
- lomljivost i
- mala otpornost na nagle temperaturske promene.

Za proizvodnju raznih vrsta stakla koriste se:

- *kisele sirovine* (minerali i hemijski proizvodi koji sadrže SiO_2 , Al_2O_3 , B_2O_3 i katkad ZrO_2 i TiO_2),
- *alkalne sirovine* (proizvodi koji sadrže Na_2O , K_2O) i
- *krečne sirovine* i *stabilizatori* (sirovine koje sadrže kreč CaO , i za neke vrste stakla MgO , B_2O_3 , PbO , ZnO).

Staklo se preradjuje:

- presovanjem,
- valjanjem,
- livenjem u kalupe ili
- duvanjem u odredjene oblike
- zavarivanjem ili lemljenjem (iz manjih komada).



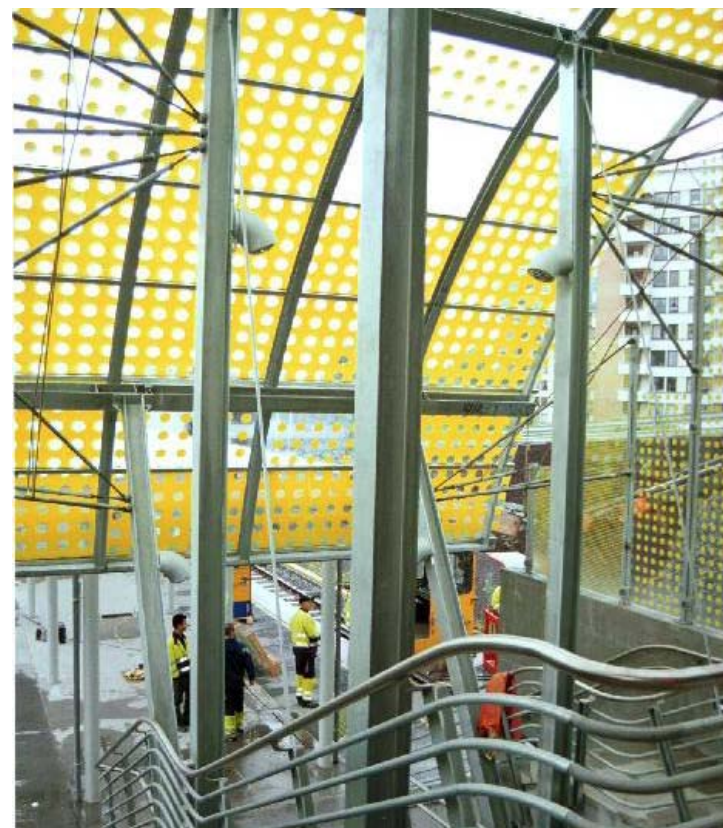
Posebna tehnologija prerade stakla koristi se u automobilskoj industriji radi izrade **sigurnosnog (nesalomljivog) stakla**.

Za stakla automobila upotrebljavaju se:

- *jednoslojna kaljena* (bočna i zadnja)
- *višeslojna* (vetrobranska-prednja)
- *specijalna* stakla (npr. koja propuštaju ultraljubičaste ili infracrvene zrake)



Pored neorganskog stakla proizvodi se i **organsko staklo (pleksiglas)** od metil polimetakrilata. Ovo staklo izdržava veće deformacije, veoma je lako i ima relativno dobre mehaničke osobine te se može iskoristiti i kao noseći element (npr. za pregrade u zamrzivačima, hladnjačama). Pleksiglas je providan, ali se po potrebi može lako obojiti. Slaba strana organskog stakla je što je meko pa se površina lako oštećuje i što ne izdržava povišene temperature.



Vrste stakla

Obično natrijum-krečno staklo ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$) upotrebljava se za prozore, flaše, čaše, ogledala. Povećanjem udela Na_2O na račun silikata umanjuje se otpornost stakla na hemikalije i opada mu temperatura topljenja. Daljim porastom sadržaja Na_2O dobija se rastvorljivo staklo, a njegov vodeni rastvor zove se *vodeno staklo*. Koristi se u tekstilnoj industriji (prerada svile), kao vezivo za podzidjivanje peći.



Olovno staklo ($K_2O \cdot PbO \cdot 6SiO_2$) jako prelama svetlost pa se brusi i upotrebljava kao ukrasno, kristalno staklo. Pošto olovo dobro apsorbuje nevidljive gama i rendgenske zrake, ova se stakla upotrebljavaju za zaštitu očiju od zračenja. Određenom kombinacijom PbO , ZnO i K_2O proizvode se stakla za optičke uređaje zvana *kremen stakla* (kremen je polukristalasti varijetet kvarca SiO_2).



Kvarcno staklo se dobija topljenjem komercijalno čistog kvarca (gorskog kristala) na 1700-1800°C u električnim pećima ($T_t = 1650^\circ\text{C}$). Sudovi od kvarcnog stakla izdržavaju nagle promene temperatura (možemo ga zagrejati do crvenog usijanja ($\approx 1000^\circ\text{C}$) i umočiti u vodu, a da ne pukne). Upotrebljava se za laboratorijsko posudje otporno na hemikalije, ali ne i na alkalije. Kvarcno staklo skoro nimalo ne zadržava ultraljubičaste zrake pa se koristi za kvarcne lampe.



Borosilikatna (Pyrex) i Jenska stakla dobijaju se zamjenom alkalija i kreča bor-oksidiom B_2O_3 . *Pyrex* staklo obično sadrži 80% SiO_2 i 12% B_2O_3 sa primesama Na_2O , H_2O , CaO , Al_2O_3 . Veoma je otporno na nagle promene temperature jer mu je koeficijent širenja za 1/3 manji od običnog stakla. Može se zagrijati do crvenog usijanja, a da pri tome ne prsne. *Pyrex* staklo se upotrebljava za sočiva astronomskih teleskopa, za cevi u hemijskoj industriji, kao i za oblaganje rezervoara. Vrhunska stakla iz ove klase koriste se za sočiva laboratorijskih instrumenata zbog njihove sposobnosti da propuštaju svetlost bez skretanja (distorzije). Ova stakla zovu se i *kraun* i *flint* stakla.



Alumino-silikatna stakla

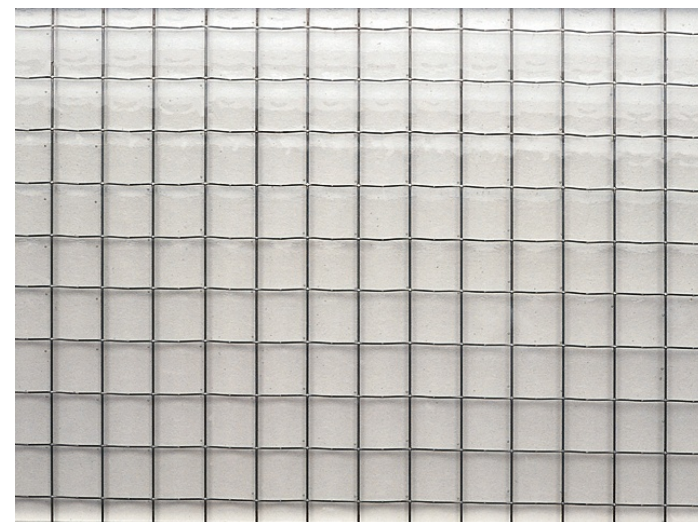
imaju povećan sadržaj Al_2O_3 i SiO_2 pa stoga i visoku temperaturu topljenja. Malo se termički šire, upola manje od običnog stakla, imaju dobru otpornost na temperaturske promene, mogu se upotrebiti do 650°C . Od alumino-silikatnog stakla izradjuju se elektronske cevi, posudje za kuvanje, termometri za visoke temperature.



Specijalna stakla

U specijalna stakla spadaju:

- sigurnosnih automobilskih stakala,
- staklo ojačano žicama
(*armirano staklo*),
- vlaknasto staklo,
- porozno (penasto) staklo,
- staklena vuna,
- obojeno staklo,
- fotoosetljivo staklo i
- prevučeno staklo.

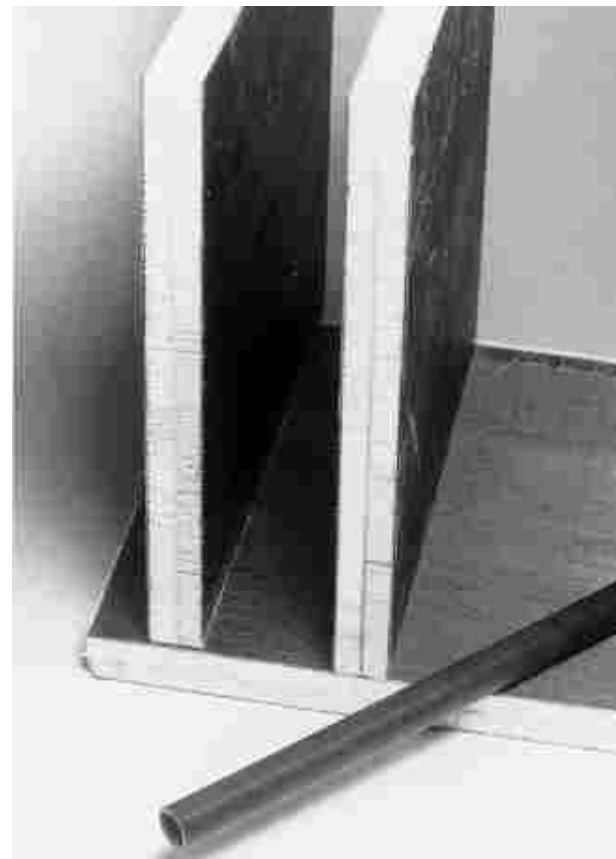


Vlaknasto staklo proizvodi se istiskivanjem tečne staklene mase pod pritiskom vodene pare kroz perforiranu ploču. Posle hladjenja obrazuje se mreža od tankih staklenih vlakana i zarobljenog vazduha. Tako se dobija odličan termoizolacioni materijal namenjen za oblaganje zidova, tavanica, hladnjača, i dr.

Staklena vuna dobija se produvavanjem stopljene staklene mase pomoću vodene pare pod pritiskom. Služi kao odličan toplotni izolator.



Porozno staklo dobija se ubacivanjem ugljenih čestica u rastopljenu staklenu masu. Razvijanjem CO_2 stvara se sundjerasta staklena pena koja je 10 puta lakša od običnog stakla, pa se koristi umesto plute za izolaciju. Lakše je od vode, ne gori i hemijski je otporno.



Obojena stakla dobijaju svoju boju zahvaljujući različitim metalnim primesama. Tako, npr.:
dodaci gvoždje oksida i sumpora daju **žutu boju**,
hrom oksid **zelenu**,
dodatak MnO daje **ljubičastu** ili **plavu** boju,
oksid kobalta **plavu**,
bakar-oksid **crvenu** (kupro-oksid Cu_2O).



mlečno staklo dobija se dodavanjem SnO_2 i CaF_2 .

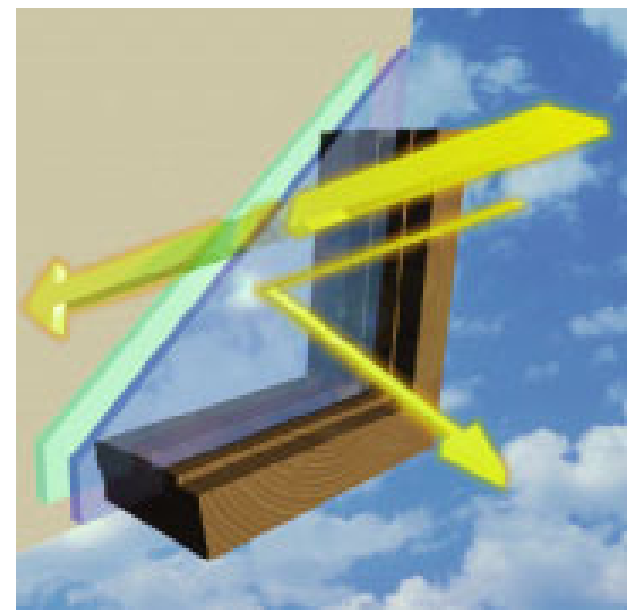
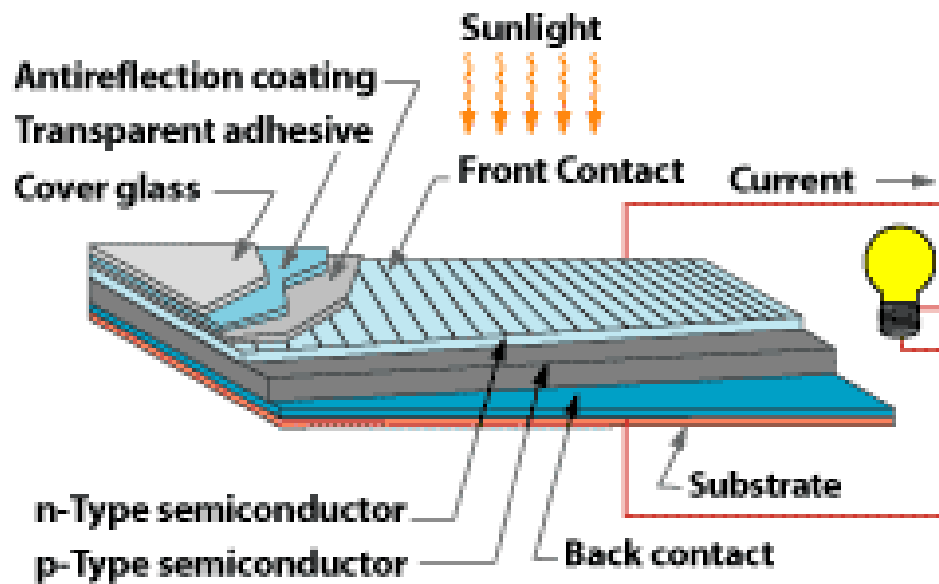
Obojena stakla upotrebljavaju se za štitnike od blještave svetlosti i nevidljivog zračenja, kao zaštitna stakla i filteri za zavarivačke naočari, maske ili kacige. Isto tako, obojena stakla se koriste za putnu signalizaciju (semafore).



Fotoosetljiva stakla reaguju na ultraljubičastu svetlost i koriste se za izradu fotografskih slika od negativa. Posle izlaganja toj svetlosti, foto-ploče se potapaju u razvijач koji selektivno nagriza njihovu površinu.



Stakla prevučena tankim filmom metalnih oksida postaju elektroprovodljiva što ih čini primenljivim u elektrotehnici.



Opšte osobine stakla

Staklo je hemijski stabilno, nerastvorljivo u vodi, mada će ga voda posle dužeg vremena erodirati i zamutiti. Ima veći otpor na habanje i abraziju nego čelik, a manje širenje.

Činjenica da jačina na zatezanje stakla raste smanjivanjem prečnika, iskorišćena je za ojačavanje plastika staklenim vlaknima (staklena šipka $\phi 12.5 \text{ mm}$ ima $R_m = 56 \text{ MPa}$, a staklena vlakna (fiber glass) prečnika 1.25 mm imaju $R_m = 21000 \text{ MPa}$).

Kaljenjem stakla jačina na kidanje povećava se 5-10 puta, a pritisna jačina dostiže 1000 MPa .

Specifična masa (gustina) stakla je u proseku 2.5 g/cm^3 , dok mu je modul elastičnosti 70000 MPa za kvarcno staklo i 127000 MPa za alumino-silikatno staklo.

Olovno-alkalna stakla omekšavaju pri temperaturi ispod 625°C , kvarcna stakla iznad 1650°C , a olovno-borno staklo ispod 300°C .

Prema tome kako propušta svetlost, staklo može biti: *neprozirno*, *mlečno* i *potpuno bistro*.

Staklo i umetnost



Metalurgija praha (sinterovanje)

Sinterovanje u užem smislu označava proces međusobnog povezivanja čestica zbijenog praha na visokoj temperaturi, ali u čvrstom stanju.

Prah koji se presuje može biti:

- samo od jednog metala ili
- češće od mešavine više metala, kao i nemetala.

Na osnovu dominantnog sastojka razlikuju se:

- *gvozdeni sinterovani materijali,*
- *bakarni,*
- *aluminijumski* i posebno
- *keramički (kermetal).*

Ovom tehnologijom mogu se izraditi proizvodi od elemenata koji:

- ne grade klasične legure
- nisu međusobno rastvorljivi ni u tečnom niti u čvrstom stanju
- ne mogu da se liju zbog njihove visoke temperature topljenja (Mo, W).

Sinterovanjem se postiže velika dimenziona tačnost što omogućuje izradu delova različitih oblika bez dodatne mašinske obrade (bitno za teško obradljive i dragocene metale).

Pošto su sinterovani proizvodi uvek porozni to omogućuje nalivanje uljem ili rastopljenim metalom, što daje samopodmazujuće ležišne materijale, ili kontaktne spojeve u elektrotehnici (W-Cu, W-Ag, Mo-Ag).

U sastav ***gvozdenih (železnih) sinterovanih legura***, koje se i najviše primenjuju, pored Fe ulaze još i C, Cu, Al, Ni ili Sn; neželeznim legurama pored Cu i Al, može se dodati čelični prah kao i prah mesinga, nikla ili bronz.

Sinterovanjem gvozdenog praha i dodataka, mogu se proizvesti:

- meka gvoždja (Fe-99.97%),
- čelici srednje jačine (0.5-0.8% C, ostalo Fe),
- čelici visoke jačine (0.8% C, 2% Cu; 0.5% C, 2% Ni, ostalo Fe) i
- nerdjajući čelici (Cr-Ni).

Neželezni sinterovani materijali su uglavnom kombinacija bakarnog i aluminijumskog praha. I čist bakar se može sinterovati da bi se dobili komplikovani delovi za potrebe elektrotehnike i termotehnike. Sinterovani mesing sa 10-30% cinka ima dobru mašinsku obradljivost, duktilnost i korozionu otpornost. Olovo u iznosu do 2% može se dodati da se obezbedi lakša obrada i još bolja istegljivost.

Postupak izrade delova metalurgijom praha

Razlikuju se tri faze pri izradi delova metalurgijom praha:

- *mešanje sprášenih komponenata,*
- *oblikovanje mešavine u željeni oblik i*
- *sinterovanje.*

Posle ove tri faze delovi su u većini slučajeva gotovi za upotrebu, mada se po potrebi mogu dalje mašinski obradljivati, kovati, kaliti, tj. tretirati svim konvencionalnim metodama.

U celini, metalurgija praha obuhvata konstrukciju dela, izbor metalnog praha i aditiva, sabijanje praška u briket i sinterovanje briketa u krajnji oblik. Na ovaj način izradjuje se ogroman broj delova počev od automobilske industrije, razne opreme, poljoprivredne mehanizacije i povrtarskih mašina.

Razni delovi dobijeni metalurgijom praha



