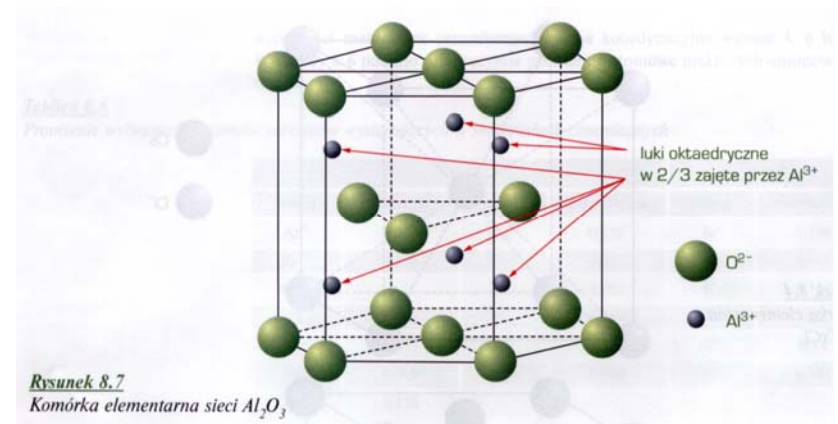


# MATERIAŁY SPIEKANE I CERAMICZNE

# Definicja materiałów ceramicznych

- Materiały nieorganiczne o jonowych i kowalencyjnych wiązaniach międzyatomowych, wytwarzane zwykle w procesach wysokotemperaturowych.



# Grupy materiałów ceramicznych

Grupa	Zastosowanie	Wyroby
Ceramika porowata	Budownictwo	Cegła, beton, dachówka, tynk, szyby
	Szkło	Butelki, aparatura labor, glazura
	Produkty ogniotrwałe	Cegła, tygle, formy, cement
	Produkty z gliny	Cegła, produkty garncarskie, kamionka, rury kanalizacyjne
	Porcelana i emalie	Porcelana stołowa, kafelki, armatura sanitarna, produkty emalierskie
	Produkty ścierne	Tarcze ścierne, płótna i papiery ścierne, kule do mielenia
Ceramika inżynierska	Przem. samoch. i lotn.	Elementy turbin, osłony termiczne
	Wytwarzanie	Narzędzia skrawające, cermika szklana, włókna optyczne, światłowody
	Elektronika	Półprzewodniki, izolatory, nadprzewodniki, lasery, elementy grzejne
	Wysokie temperatury	Piece, elementy ogniotrwałe, armatura
	Medycyna	Osprzęt labor., protezy, mater. stomatologiczne

# Wybrane materiały ceramiczne

- Węglik krzemu, tytanu, wolframu
- Azotki krzemu, tytanu, boru
- Tlenki glinu, cyrkonu
- Sialony (azotek krzemu i tlenek glinu)
- Cermetale (tlenki, węglík, azotki + metalowa osnowa)
- Krzemionka (kwarc, silikaty)
- Szkła
- Ceramika szklana (bardzo drobnokrystaliczna)
- Grafit
- Diament

# Ceramika inżynierska

## Materiały ceramiczne tlenkowe: $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{ZrO}_2$

- Tlenek glinu (aluminium): na podłoża w elektronice, świece zapłonowe, przewodniki i izolatory, łożyska, zbiorniki chemiczne, zawory wodne, endoprotezy, szkiełka do zegarków (szafir).
- Tlenek cyrkonu: przeważnie jako dodatek do innych ceramik, na noże przemysłowe, narzędzia skrawające, noże i ostrza do użytku domowego i sportowego, przewodniki, młotki nieiskrzące, biomateriał, guziki



## Materiały ceramiczne nietlenkowe: azotek krzemu $\text{Si}_3\text{N}_4$ , węgiel krzemu $\text{SiC}$ , azotek boru $\text{BN}$

- Własności: wytrzymałe i ciągliwe pow. 1300 C, stabilne w środowisku chemicznym, odporne na zużycie, niski współczynnik tarcia
- Zastosowanie: w samolotach, turbinach i silnikach rakietowych, w samochodach na gniazda i głowice zaworów, komory spalania

- Włókna ceramiczne:
  - Ciągłe tlenkowe
  - Nieciągłe tlenkowe
  - Węglikowe i azotkowe
- Jako rowing, tkaniny, maty, włókna cięte, pręty

# Cermetale inżynierskie

- **Cermetal, cermet**, spiek ceramiczno-metalowy uzyskiwany na drodze spiekania proszków ceramicznych i metalowych. Składnikami są najczęściej tlenki (np. glinu) i węgliki (np. tytanu, chromu), a także azotki, węglikoazotki, borki, krzemki metali (np. żelaza, niklu, chromu).

Stanowi tworzywo o większej wytrzymałości mechanicznej niż materiały ceramiczne i o większej odporności na działanie wysokich temperatur niż metale.

Cermetal stosowany jest do wyrobu elementów wytrzymałych na ścieranie w wysokiej temperaturze, np. wyrobu ostrzy skrawających (węgliki spiekane), łopatek turbin, poszycia kadłubów samolotów odrzutowych, elementów aparatury elektrotechnicznej i jądrowej, np. osłon paliwa w reaktorach jądrowych.



# Pojęcie i rodzaje spieków

- **Spiek, aglomerat**, półwyrób lub wyrób gotowy otrzymany z proszków przez spiekanie (metalurgia proszków). Zależnie od doboru składników rozróżnia się: spieki proste, jednoskładnikowe oraz spieki złożone, wielofazowe.

Do najważniejszych spieków złożonych zalicza się: pseudostopy, spieki ceramiczno-metalowe (cermet), spieki grafitowo-metalowe (łącznie właściwości grafitu z właściwościami metalu, którym bywa najczęściej miedź, żelazo lub brąz) oraz spieki diamentowo-metalowe.

# Pseudostopy i cermetale

- **Pseudostop**, spiek złożony z nierozpuszczalnych w sobie w stanie ciekłym metali, np. wolframu i miedzi, grafitu i miedzi. Do pseudostopów zalicza się również węgliki spiekane.

# Pojęcie spiekania

- **Spiekanie**, proces polegający na ogrzewaniu sproszkowanych lub drobnoziarnistych substancji do temperatury bliskiej temperaturze topnienia, bez doprowadzenia ich do stanu ciekłego.

W wyniku spiekania następuje nadtopienie powierzchni i sklejenie poszczególnych ziaren w porowatą masę. Spiekanie pozwala na połączenie składników, których złączenie innymi metodami jest niemożliwe. Stosuje się je w przemyśle ceramicznym i metalurgicznym.

# Pojęcie metalurgii proszków

- **Metalurgia proszków, ceramika metali**, dział metalurgii zajmujący się wytwarzaniem proszków metali oraz przedmiotów z tych proszków (spiek). Głównymi procesami metalurgii proszków są: wytwarzanie proszków, zagęszczanie (zwykle przez prasowanie w formach) i spiekanie (w temperaturze niższej od temperatury topnienia metali wyjściowych).
- Do podstawowych zalet metalurgii proszków zalicza się możliwości połączenia składników, których złączenie innymi metodami jest niemożliwe, oraz otrzymywanie elementów o wymiarach eliminujących (bądź w znacznym stopniu ograniczających) potrzebę dalszej ich obróbki (np. noże tokarskie).

# Ceramika porowata

- **Ceramika** w rozumieniu tradycyjnym są to tworzywa/wyroby otrzymywane w wyniku wypalenia odpowiednio uformowanej gliny. Nazwa tych wyrobów wywodzi się z greckiego wyrażenia *κεραμικός* (*keramikos*) oznaczającego działanie ognia. Obecnie jako ceramikę rozumie się wszystkie tworzywa/wyroby nieorganiczno-niemetaliczne, w trakcie otrzymywania których istotnym procesem jest obróbka cieplna np. spiekanie lub prażenie.
- Klasyczny proces produkcji wyrobów ceramicznych polega na dokładnym wymieszaniu odpowiednich surowców, zaformowaniu, wysuszeniu i wypaleniu (jednokrotnym lub wielokrotnym). Proces wypalania odbywa się w piecach: tunelowych, komorowych (ceramika budowlana sanitarna itp.) oraz w piecach grafitowych i innych, często o kontrolowanej atmosferze wypalania (ceramika specjalna). Temperatura wypalania mieści się w zakresie od 900°C (ceramika budowlana) do 2000°C (ceramika węglkowa). W wysokich temperaturach zachodzi zjawisko spiekania, przejawiające się uzyskaniem czerepu o gęstości bliskiej gęstości teoretycznej. Niektóre wyroby ceramiczne po wypaleniu pokrywa się szklivem.
- Ceramika znajduje zastosowanie w różnych dziedzinach gospodarki, np. w budownictwie, elektronice, hutnictwie a także w przemyśle kosmicznym itp.
- Niezwykłym przykładem ceramiki jest Lód.

- **Glina** – ilasta skała osadowa, powstała w okresie czwartorzędu w wyniku nagromadzenia osadów morenowych.
- Skały ilaste starsze niż czwartorzędowe nazywane są iłami. Jest to zatem skała złożona z minerałów ilastych, kwarcu, skaleni, substancji koloidalnych, może zawierać okruchy innych skał oraz substancje organiczne (korzenie, bituminy).
- Barwa gliny zależy od zawartości i stopnia utlenienia koloidalnych cząsteczek uwodnionych tlenków żelaza i manganu. W warunkach utleniających przeważają barwy od żółtej poprzez czerwoną do brunatnej, w warunkach redukcyjnych glina może być jasnoszara, szara, szarzielona.
- Glina od zarania dziejów stanowi podstawowy surowiec do wyrobu ceramiki. Do ręcznego formowania wyrobów ceramicznych używane są wysokoplastyczne i plastyczne gliny biało oraz barwnie wypalające się, znane na świecie pod nazwą "ball clay". Dzisiaj stanowią one cenny surowiec do produkcji ceramiki sanitarnej i płytek ceramicznych.

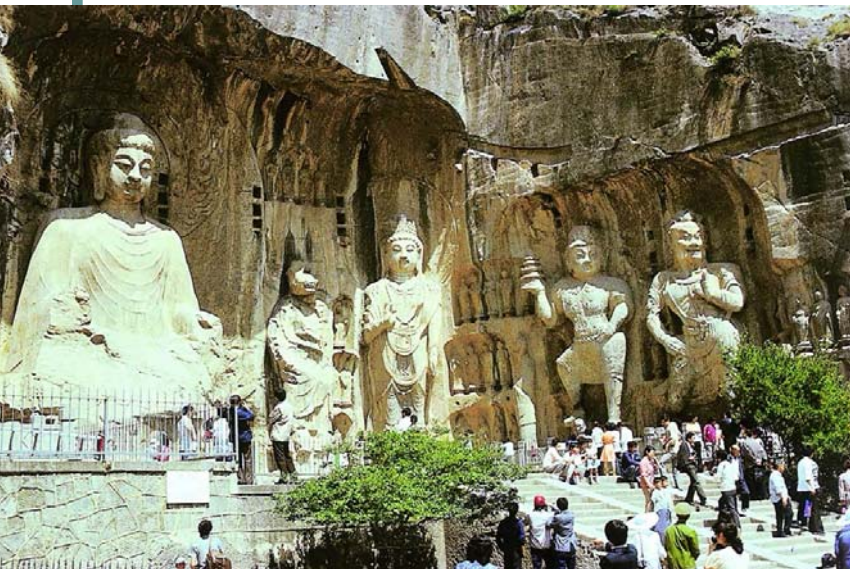


**Ceramika stosowana w budownictwie** to ceramika otrzymywana z dobrze rozdrobionej i wymieszanej z wodą gliny. Po uformowaniu i wysuszeniu wyroby należy wypalić. W trakcie tego procesu glina zamienia się w twardy czerep, a wyroby zachowują nadany im wcześniej kształt. Wyroby używane w budownictwie można podzielić na trzy grupy:

- wyroby o czerepie porowatym (nasiąkliwość wagowa waha się od 6% do 22%) – do grupy tej należą:
  - wyroby ceglarskie, czyli cegły, pustaki ścienne i stropowe, dachówki, sączki drenarskie itp.;
  - wyroby glazurowane – kafle piecowe, płytki ścienne
  - wyroby ogniotrwałe – np. wyroby szamotowe, krzemionkowe, termalitowe.
- wyroby o czerepie zwartym (o nasiąkliwości wagowej do 6%) – cegły i kształtki klinkierowe, płytki podłogowe (terakota), wyroby kamionkowe
- ceramika półszlachetna – wyroby fajansowe i porcelanowe np. wyposażenie łazienek (umywalki, sedesy itp.).

















# Przykłady zastosowań: wojsko

- **Ceramiczne warstwy antybalistyczne** - służą do ochrony sprzętu wojskowego i innych obiektów specjalnych przed działaniem czynnika niszczącego. Obecnie dużą uwagę zwraca się na możliwość wykorzystania tworzyw kompozytowych do budowy nowoczesnych pancerzy, zwłaszcza z zastosowaniem jako głównej warstwy ceramiki konstrukcyjnej, z uwagi na jej dużą twardość w powiązaniu z niską gęstością. Rolą warstwy ceramiki jest rozproszenie i pochłonięcie energii pocisku, w trakcie jej fragmentacji. Oprócz tego istotną cechą ceramicznych warstw ochronnych jest zmiana toru wnikania pocisku podczas ich przebijania. Zmiana kierunku penetracji pocisku w przebijanej ceramice jest podstawą do takiego sposobu zaprojektowania warstwy lub kilku warstw ceramicznych w konstrukcji pancerza kompozytowego, aby móc skutecznie rozprószyć energię kinetyczną pocisków przeciwpancernych.



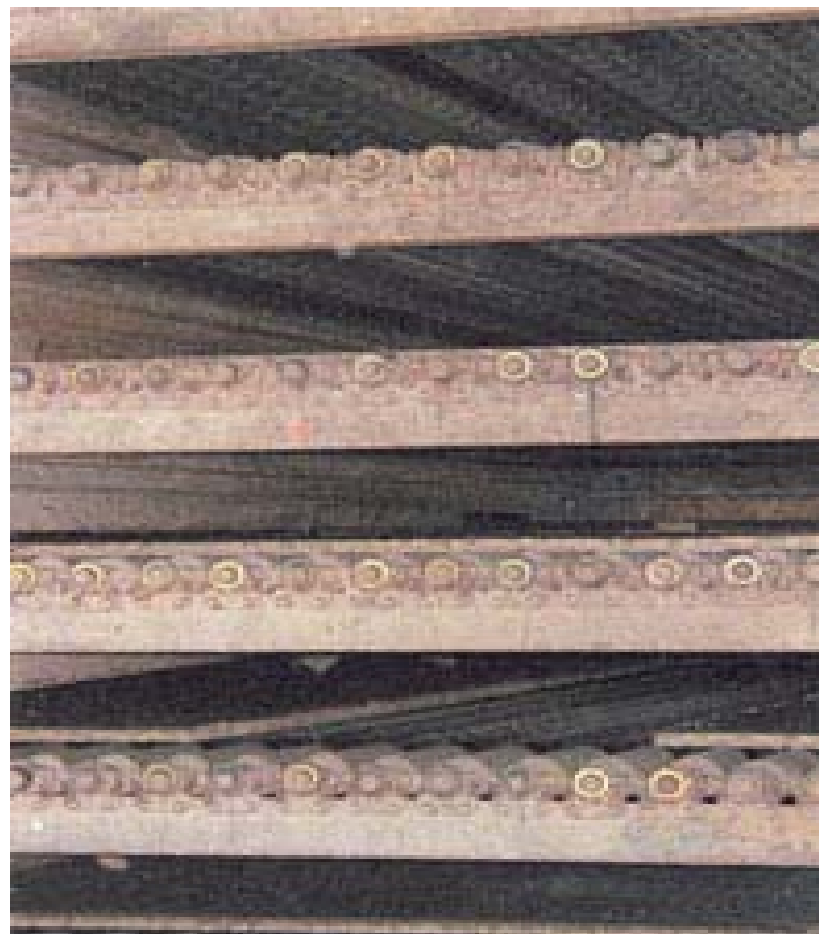
# Przykłady zastosowań: duże łożyska

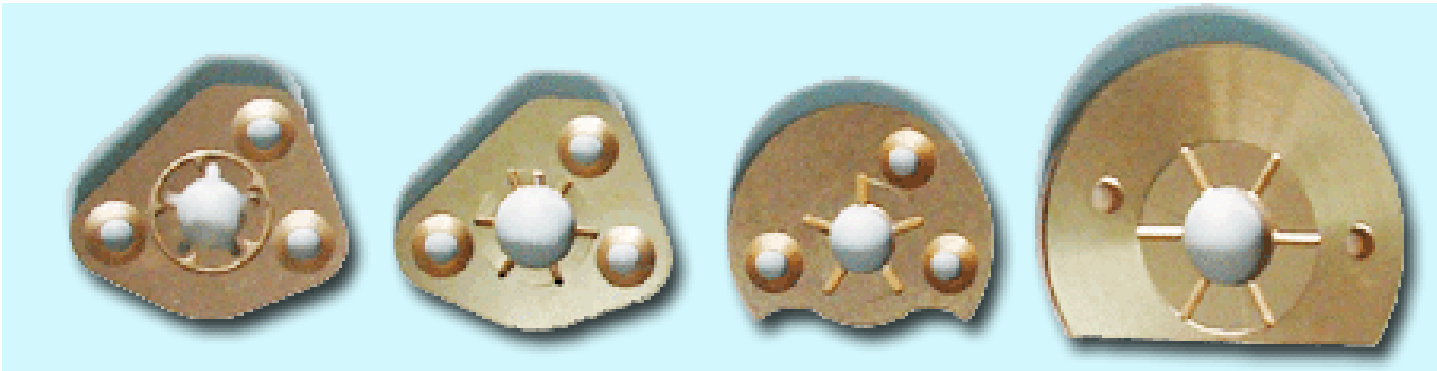
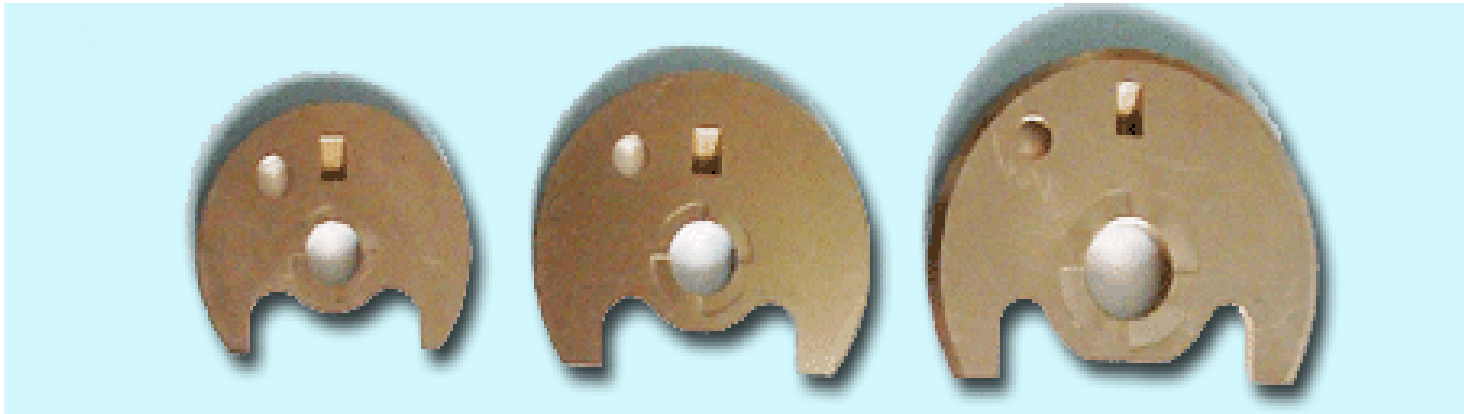
Material category	Bearing configurations	Load characteristics	Operating temperature limit (°F)	Applications and special features
Babbitt-graphite	Pump bushings, thrust washers, rotary seal rings	Medium load/medium speed, medium load/high speed	300	Unaffected by most acids, bases, petrochemicals, sludge and seawater
Copper-graphite	Hot conveyor bushings, hot stirring shafts, stem bushings	High load/low speed	750/1,700	Mixing equipment, food processing conveyors
Bronze-graphite	Furnace cart wheels, transfer conveyors, screw conveyors, drag chains, cam followers	Wide load/variable speed	750/1,700	For large and special applications
Nickel-graphite	Pump bushings, mixer bushings	Wide load/speed latitude	750/1,700	For toughest chemical applications, nuclear applications
Silver-graphite	Specialty items where price is not an issue, vacuum applications	Greatest variation in loads and speeds	750/1,500	Vacuum environments, packing rings, slip rings, electrical applications
Cast iron-graphite	Pump bushings	Specific acid or liquids	750/1,500	Fuel pumps, sulfuric acid, molten metals

Operating condition	Consider graphite-metal bearings when:
Loads	Loads approach 500 psi or high enough to squeeze out conventional lubricants.
Vibration	Vibration is the result of clearance required for expansion when using metallic bearings and is expected to be 0.5 in. per sec., or greater. Typical running clearances for graphite-metal bearings ranges from 0.004 in. to 0.010 in., depending on the application.
High speeds	Speed in air- or gas-lubricated bearing exceeds 50,000 rpm.
Low speeds	Operating speeds are too low for good lubrication for more than 10% of the operating life; when shafts don't make a complete rotation or reverse direction frequently.
Temperature	Temperatures on bearings are outside the range of -30°F to 200°F for more than 20% of its operational life, or when thermal shock is on the order of 20°/sec.
Submerged	Bearings operate in a process fluid and particularly when the fluid serves as bearing lubricant; when the process fluid is a light hydrocarbon; and when there are frequent starts and stops or transient upsets that can lead to dry running.
Static	If a bearing is immobile for more than three months, or more than a month at a temperature greater than 100°F.
Chemical environments	Acids, bases, washdown solvents, petrochemicals, process fluids and steam are encountered.
FDA acceptance	Food contact is possible.

# Przykłady zastosowań: duże łożyska

- Czynniki ryzyka:
- Temperatura
- Wibracja
- Korozja
- Cząstki stałe
- Praca okresowa





# Przykłady zastosowań: mechatronika

- Opracowano technologie spiekania elementów konstrukcyjnych z proszku azotku krzemu z przeznaczeniem na nakładki skrawające. Technologia ta charakteryzuje się jednoczesnym stosowaniem wysokiej temperatury rzędu  $1700^{\circ}\text{C}$  oraz ciśnienia. Otrzymano materiał konstrukcyjny pozbawiony porowatości wewnętrznej, mogący pracować w temperaturach do  $1200^{\circ}\text{C}$ . Materiał ten może być stosowany na nakładki skrawające do obróbki żeliwa sferoidalnego i zalecany jest przez czołowe firmy światowe do tych celów. Przeprowadzone badania właściwości skrawnych wykazały, że otrzymany materiał posiada właściwości porównywalne z materiałem stosowanym na nakładki skrawające przez czołowe firmy światowe. Ze względu na wysokie przewodnictwo cieplne, wysoką odporność na działanie środowisk agresywnych, łącznie z odpornością na działanie większości ciekłych metali, może znaleźć zastosowanie w przemyśle metalurgicznym i w przemyśle chemicznym. Wysoka twardość, odporność na ścieranie i szoki termiczne, odporność na wysoką temperaturę pracy, niski współczynnik tarcia, pretendują ten materiał do zastosowań w przemyśle motoryzacyjnym. Zaletą opracowanej technologii jest zastosowanie prasowania na gorąco do otrzymania materiału dotychczas nie produkowanego w Polsce.