

# Technologia szkła i ceramiki

## Technologia ceramiki: -zaawansowanej -ogniotrwałej

Jerzy Lis, Dariusz Kata  
Katedra Technologii Ceramiki  
Materiałów Ogniotrwałych





# Technologia szkła i ceramiki

## PODSTAWOWE IMANENTNE WŁAŚCIWOŚCI TWORZYW CERAMICZNYCH DECYDUJĄCE O ICH SPECJALNYCH ZASTOSOWANIACH

- NISKA GĘSTOŚĆ
- WYSOKA SZTYWNOŚĆ (E,G,)
- WYSOKA WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE
- **NISKA ODPORNOŚĆ NA PĘKANIE ( $K_{Ic}$ )**
- **NISKA NIEZAWODNOŚĆ**
- WYSOKA TEMPERATURA TOPNIENIA
- NISKIE PRZEWODNICTWO CIEPLNE
- NISKA ROZSZERZALNOŚĆ CIEPLNA
- **NISKA ODPORNOŚĆ NA WSTRZĄSY CIEPLNE**
- DOBRA ODPORNOŚĆ NA PEŁZANIE
- WYSOKA TWARDOŚĆ
- DOBRA ODPORNOŚĆ NA ŚCIERANIE
- DOBRA ODPORNOŚĆ CHEMICZNA

# Technologia szkła i ceramiki

## PODZIAŁ TWORZYW Z CERAMIKI SPECJALNEJ



	II	III	IV	V	VI		
	4	5	6	7	8		
	Be	B	C	N	O		
	12	13	14				
	Mg	Al	Si				
	20		22				
	Ca		Ti				
			40				
			Zr				

## GRUPY TWORZYW

**MATERIAŁY TLENKOWE:** ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ )

**MATERIAŁY GLINOKRZEMIANOWE:** (porcelana tech., mulit, steatyt, kordieryt ...)

**MATERIAŁY WĘGLIKOWE:** ( $\text{SiC}$ ,  $\text{B}_4\text{C}$ ,  $\text{TiC}$ , węgliki spiekane)

**MATERIAŁY AZOTKOWE:** ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{BN}$ ,  $\text{TiN}$ )

**MATERIAŁY BORKOWE:** ( $\text{TiB}_2$ )

**MATERIAŁY KRZEMKOWE:** ( $\text{MoSi}_2$ )

**MATERIAŁY WĘGLOWE I GRAFITOWE**

**SZKŁA SPECJALNE**

# Technologia szkła i ceramiki

## Kształtowanie właściwości wyrobu



- ◆ Właściwości materiałów ceramicznych są unikalne porównaniu z innymi tworzywami co wynika z dominacji silnych wiązań jonowych i kowalencyjnych między lekkimi pierwiastkami
- ◆ Właściwości te często możemy w dużym zakresie modyfikować w **procesie technologicznym**

# Technologia szkła i ceramiki

## TECHNOLOGIA MATERIAŁÓW

‘tèchnè’ – sztuka, rzemiosło

‘logos’ - słowo, opis, wiedza

**Technologia** – wiedza i umiejętność wytwarzania lub przetwarzania w sposób celowy i ekonomiczny dóbr naturalnych w użyteczne produkty



**Technologia chemiczna** – dział technologii zajmujący się wytwarzaniem produktów w oparciu o procesy chemiczne

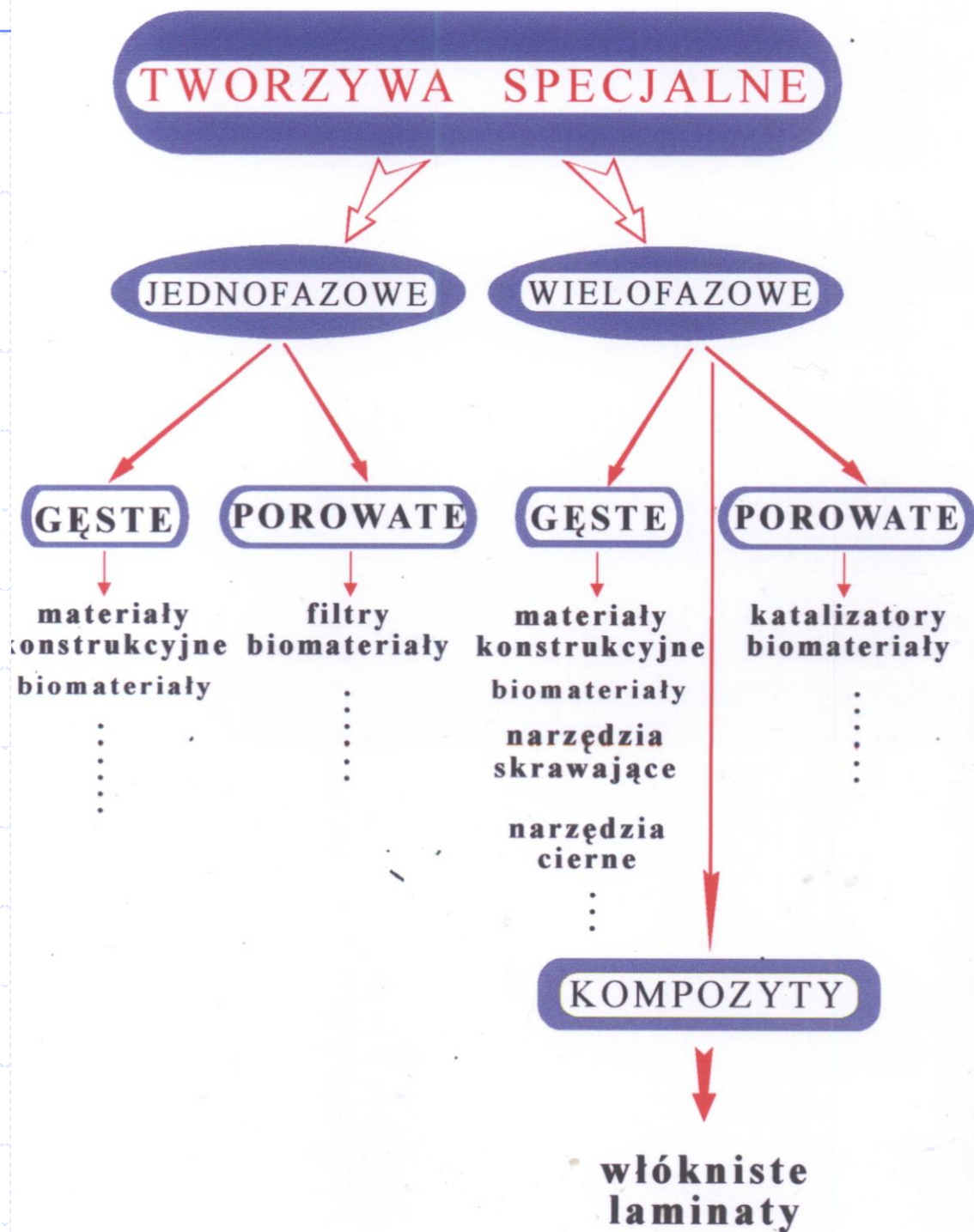


**Technologia ceramiczna** – dział technologii chemicznej zajmujący się wytwarzaniem materiałów ceramicznych



**Proces technologiczny** – sposób postępowania dla wytworzenia określonego wyrobu

# Technologia szkła i ceramiki



# Technologia szkła i ceramiki

## TLENKI

Ze względu na dostępność surowców , stosunkowo prostą technologię otrzymywania i szeroki zakres właściwości tworzywa tlenkowe stanowią podstawową grupę ceramiki konstrukcyjnej.

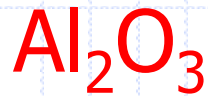
**Podstawowe materiały:**

$\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{UO}_2$

**Charakterystyczne cechy:**

- Wiązanie typu jonowego
- Wysoka ogniotrwałość (2000 - 3000°C)
- Wysoka sztywność - moduł Younga do ok. 400 Mpa
- Wysoka kruchość
- Twardość do  $H_v$  ok. 15 GPa
- Wytrzymałość średnia ok. 300 MPa (najwyższa dla kompozytów na bazie  $\text{ZrO}_2$  do 2GPa)
- Niska odporność na wstrząsy cieplne
- Dobra odporność chemiczna zwłaszcza w środowisku utleniającym

# Technologia szkła i ceramiki

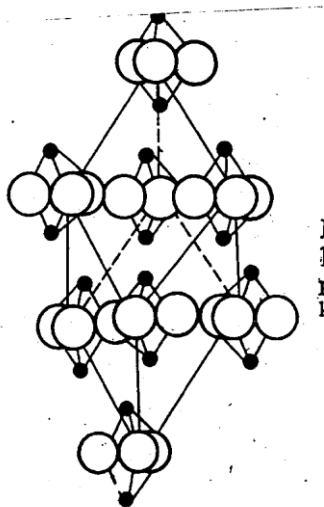


## Najważniejszy materiał ceramiki zaawansowanej (ok. 90% produkcji)

- dostępność surowców naturalnych (25%)
- technologia wytwarzania znana od XIX w.
- wszechstronne właściwości i różnorodne zastosowanie

### BUDOWA

- ❑ Podstawowa odmiana  $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$  – heksagonalna wysokotemperaturowa



- ❑  $a=54,1 \text{ nm}$ ,  $c=130,01 \text{ nm}$

Oprócz tego występują powstające w wyniku rozkładu związków glinu;

$\beta\text{Al}_2\text{O}_3$  – regularna niskotemperaturowa  
stabilizowana alkaliom

$\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$  – niskotemperaturowa

# Technologia szkła i ceramiki



## WŁAŚCIWOŚCI KORUNDU

- Gęstość** 3.96 g/cm<sup>3</sup>
- Temp. topnienia** 2051°C
- Współcz. rozsz.** 5.43 10<sup>-6</sup>1/K
- Wl. mechaniczne E** 4.61 GPa <0001>  
335 <0100>  
**G** 187 GPa <0001>  
144 <0100>  
**K<sub>IC</sub>** do 6 MPam<sup>1/2</sup>  
**m** 8-15  
**σ** do. 450 MPa
- Przewodnictwo cieplne** 20 W/mK
- Twardość** ok..9 Mohsa  
15 GPa (Vickers)
- Izolator**  
**ρ** 1 10<sup>18</sup> om m
- Odporność chemiczna**
  - Najbardziej odporny chemicznie z tlenków
  - Charakter amfoteryczny
  - W temp. pokojowej nierozpuszczalny w kwasach
  - W wyższej temp. reaguje z HF i H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
  - Mniej odporny na działanie zasad
  - Odporny na działanie atmosfery redukcyjnej, próżni i węgla do wysokich temperatur ok. 1500°C

# Technologia szkła i ceramiki



## OTRZYMYWANIE PROSZKU KORUNDU

- ❑ **Produkcja proszku technicznego**
  - \* metoda Bayera (zasadowa)
  - \* metoda Grzymka (alkaliczna)
  - \* metoda Bredsznajdera (zasadowa)
  - \* metoda spiekania
  - \* .....
  
- ❑ **Produkcja proszku wysokiej czystości**
  - \* oczyszczanie technicznego korundu
    - przetapianie ogniowe
    - oczyszczanie chemiczne
  - \* utlenianie glinu w.cz.
    - termiczne
    - anodowe
    - hydroliza+prażenie
  - \* Rozkład soli glinowych
    - metoda ałunowa
    - metody zol-żel
  
- ❑ **Produkcja elektrokorundu**

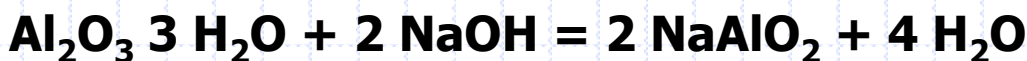
# Technologia szkła i ceramiki



## OTRZYMYWANIE PROSZKU KORUNDU

### ☐ **Metoda Bayera**

(zasadowa, ok.. 90% produkcji proszku))



1. Ługowanie boksytów zasadą sodową
2. Wymywanie glinianów zasadą sodową
3. Wytrącanie  $\text{Al}(\text{OH})_3$  z roztworu
4. Rozkład termiczny wodorotlenku glinowego do tlenku

### ☐ **Metoda Grzymka**

1. Mieszanie rozdrobnionych surowców glinonośnych (gliny, łąy, łupki, popioły i in) z kamieniem wapiennym
2. Wypalanie w piecach obrotowych w  $1250^\circ\text{C}$  samorzutny rozpad  $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  na proszek
3. Ługowanie proszku roztworem węglanu sodowego = gliniany sodowe
4. Filtracja o dekantacja osadu z roztworu = odpad do produkcji cementu
5. Odkrzemowanie roztworu mlekiem wapiennym
6. Wytrącanie wodorotlenku gazami spalinowymi
7. Kalcynacja wodorotlenku = tlenek

# Technologia szkła i ceramiki



## OTRZYMYWANIE PROSZKU KORUNDU

### ☐ Otrzymywanie elektrokorundu

**ELEKTROKORUND**-korund otrzymywanie metodą przetapiania w piecach elektrycznych

- 1.** Przygotowanie wsadu do topienia (prażony boksyt + koks+topniki)
- 2.** Wytop w piecu łukowym w temperaturze  $> 2000^\circ\text{C}$   
Związki krzemu, żelaza i tytanu tworzą żelazokrzem
- 3.** Bardzo wolne studzenie wytopionego bloku  
krystalizacja
- 4.** Kruszenie mielenie, segregacja

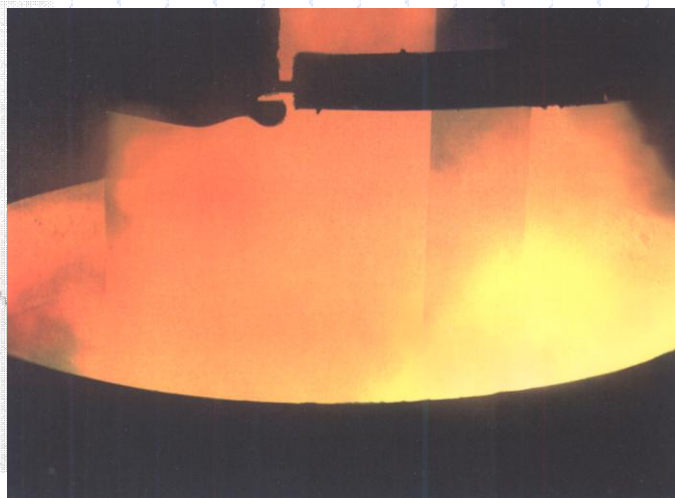
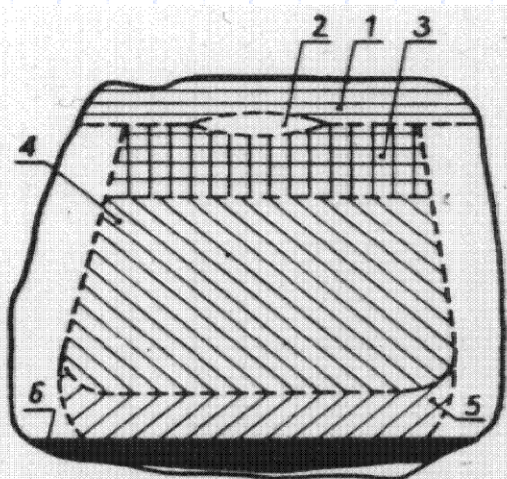
### WŁAŚCIWOŚCI ELEKTROKORUNDU

- czystość 94-97%
- barwa A- biała
  - B- szara, różowa, fioletowa

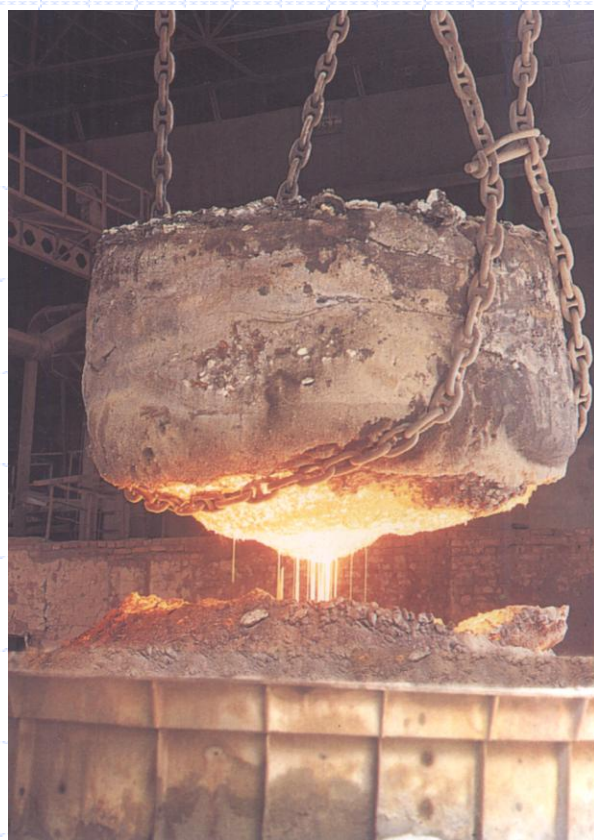
### ZASTOSOWANIE

materiały ściernie i polerski

# Technologia szkła i ceramiki



## Produkcja elektrokorundu



# Technologia szkła i ceramiki



## OTRZYMYWANIE WYROBÓW

### Tworzywa na bazie $\text{Al}_2\text{O}_3$

- Spieki wysokiej czystości pow. 98%
- Spieki korundu z innymi tlenkami
- Spieki korundu z nietlenkami –węgliki, azotki, borki
- Cermetale na bazie korundu
- Laminaty i materiały włókniste
- Monokryształy

### Technologia wytwarzania

- ❑ **FORMOWANIE**- stosuje się praktycznie wszystkie metody formowania z proszków tj.: prasowanie, prasowanie izostatyczne, odlewanie z gęstwy, odlewanie folii, wyciskanie, wtrysk nisko i wysokociśnieniowy, natrysk plazmowy i inne
- ❑ **SPIEKANIE** – warunki zależą głównie od proszku, typowe to:
  - ✓ temp. Spiekania 1400-1800°C,
  - ✓ atmosfera dowolna,
  - ✓ dodatki: MgO,  $\text{MgF}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (0,2-5%)
  - ✓ niekorzystne zanieczyszczenia:  $\text{SiO}_2$ , alkalia
  - ✓ HP- ciśnienie do 40MPa, temp. do 1500°C
- ❑ **OBRÓBKA KOŃCOWA**
  - mechaniczna
  - szkliwienie
  - metalizacja

# Technologia szkła i ceramiki

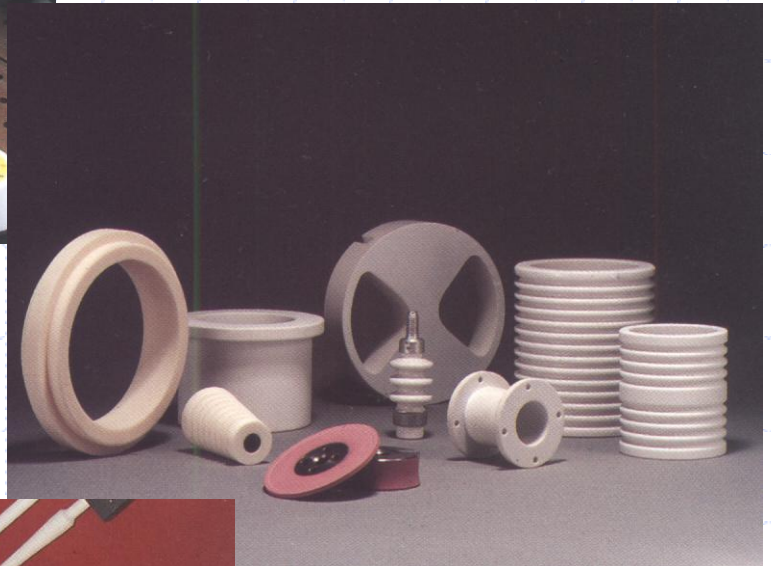
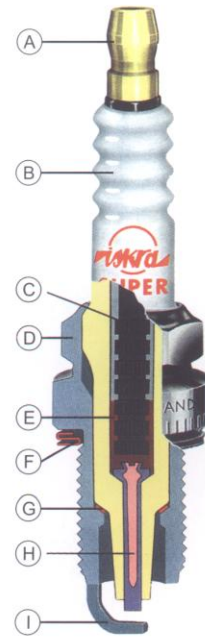
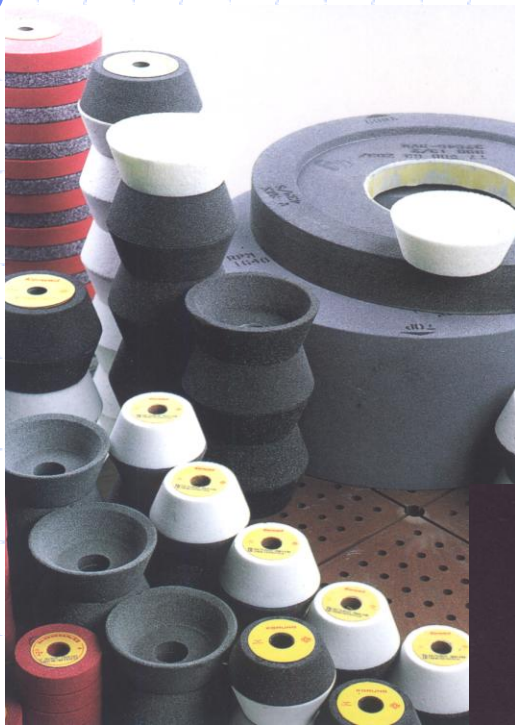
## Korund $\text{Al}_2\text{O}_3$

### ZASTOSOWANIE

- **Elementy konstrukcyjne maszyn i silników**
- **Elementy izolacyjne pieców**
- **Elementy aparatury chemicznej**
- **Podłoża do katalizatorów**
- **Filtry**
- **Elementy młynów ceramicznych**
- **Elementy pancerzy ceramicznych**
- **Narzędzia do odróbki skrawaniem**
- **Narzędzia ściernie**
- **Elementy konstrukcyjne w elektronice i elektrotechnice**
- **Biomateriały**
  
- **Proszki polerskie**
- **Proszki w kosmetyce i farmacji**
  
- **Warstwy ochronne**
  
- **Monokryształy w jubilerstwie i technice**

# Technologia szkła i ceramiki

## Wyroby z korundu



# Technologia szkła i ceramiki

## Wyroby z korundu – pancerze ceramiczne

