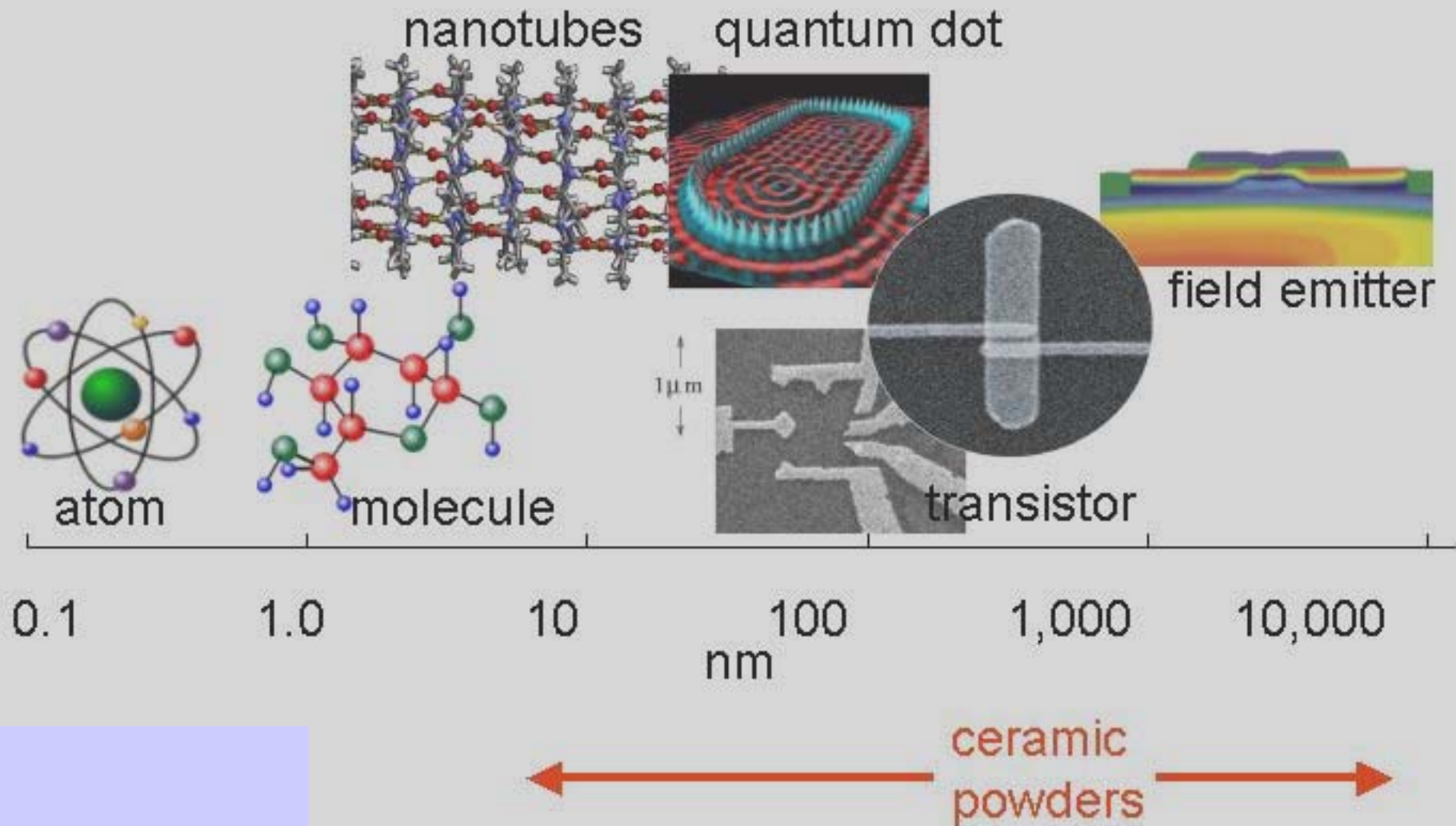


Wytwarzanie zaawansowanych ceramik

Synteza proszkowa

- Synteza proszkowa jest metodą pozwalającą produkować masowo ceramiki. Dlatego ważnym elementem brakującym do przyspieszenia rozwoju technologii było opracowanie metody wytwarzania wielkich ilości proszków ceramicznych. Początek: Bayer 1888 rok.

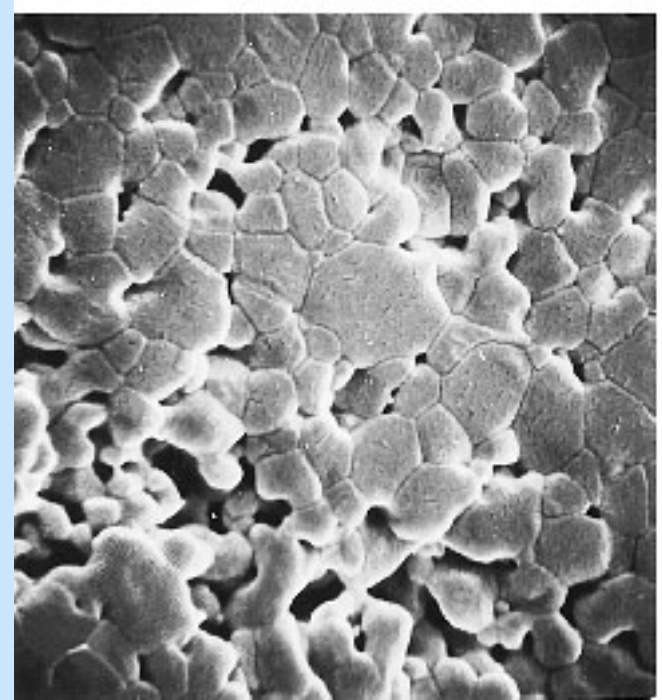
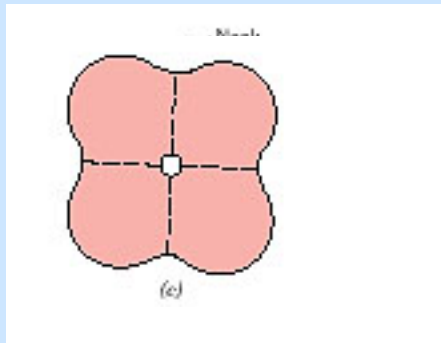
Nanoscale & Microscale



Synteza proszkowa (np. kafelki)

- Prawie suche składniki umieszcza się pomiędzy metalowymi płytami, ściska a następnie wypala (bez suszenia). Skutek: masowa produkcja.

Wyrzutowanie pod ciśnieniem (np. Al_2O_3)

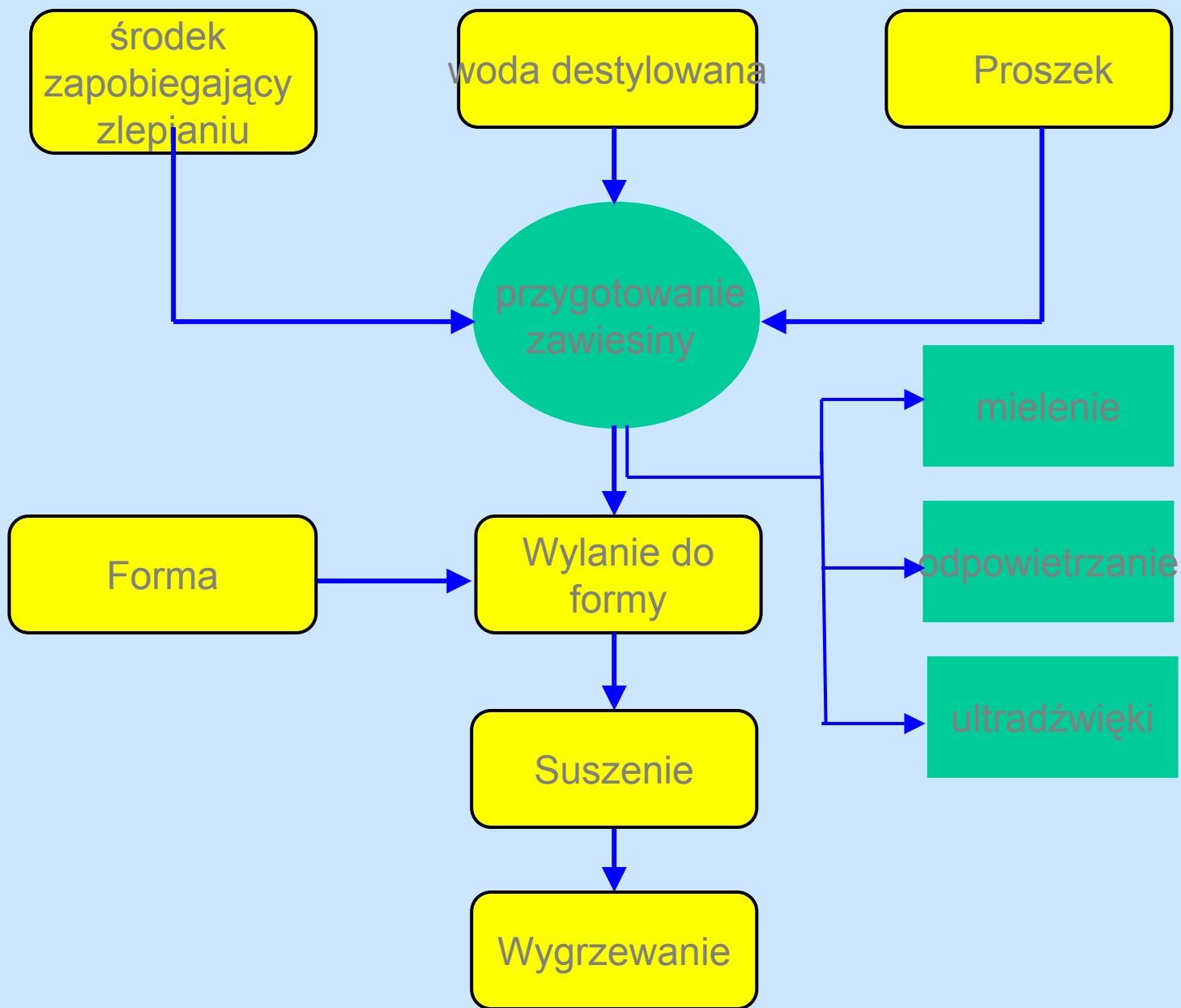


**Wylewanie w formach
materiału w postaci zawiesiny
(np. przedmioty z ZrO_2)**

Wylewanie w formach materiału w postaci zawiesiny

Substratem jest komercyjny proszek TZ – 3Y, czyli tetragonalny ZrO_2 staibilizowany 3% Y_2O_3 .

Wielkość ziarna $0.6 \mu\text{m}$



Samopropagująca synteza spaleniowa

Właściwości ceramiki

Charakter wiązań w ceramikach:

Table 13.1 For Several Ceramic Materials, Percent Ionic Character of the Interatomic Bonds

<i>Material</i>	<i>Percent Ionic Character</i>
CaF_2	89
MgO	73
NaCl	67
Al_2O_3	63
SiO_2	51
Si_3N_4	30
ZnS	18
SiC	12

Przykładowe struktury krystaliczne:

*NaCl, MgO,
MnS, LiF, FeO*

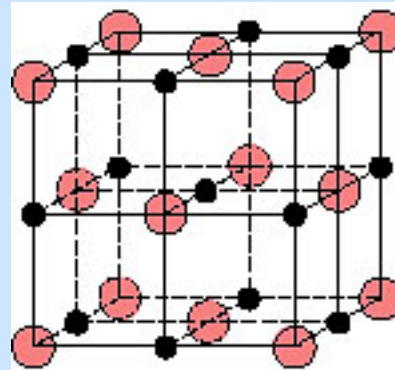


FIGURE 13.2 A unit cell for the rock salt, or sodium chloride (NaCl), crystal structure.

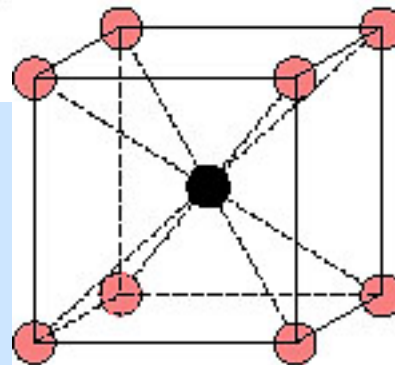


FIGURE 13.3 A unit cell for the cesium chloride (CsCl) crystal structure.

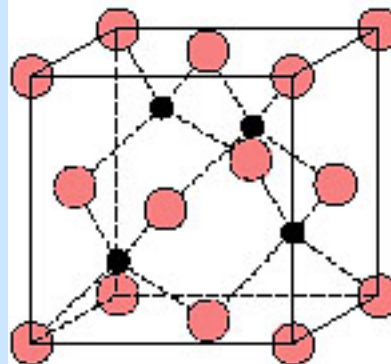


FIGURE 13.4 A unit cell for the zinc blende (ZnS) crystal structure.

● Zn ● S

CsCl

ZnS, ZnTe

Przykładowe struktury krystaliczne:

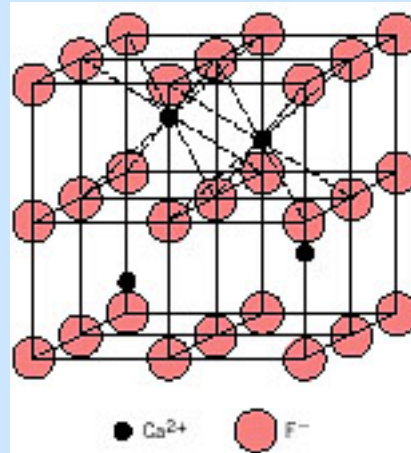
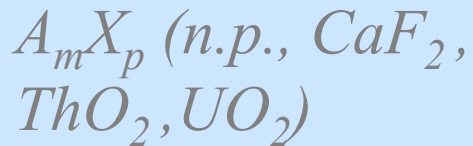


FIGURE 13.5 A unit cell for the fluorite (CaF_2) crystal structure.

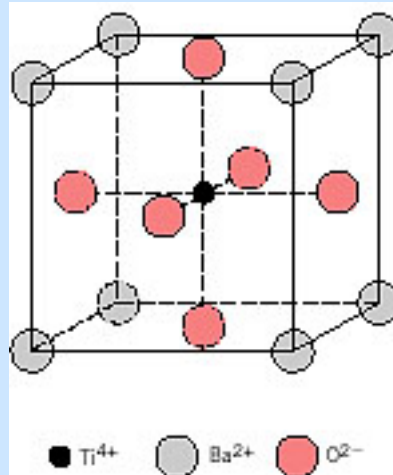
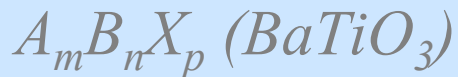
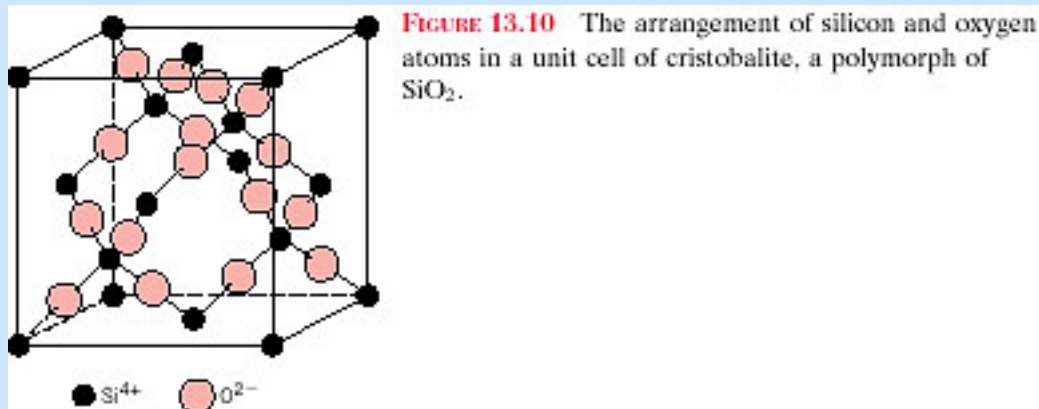
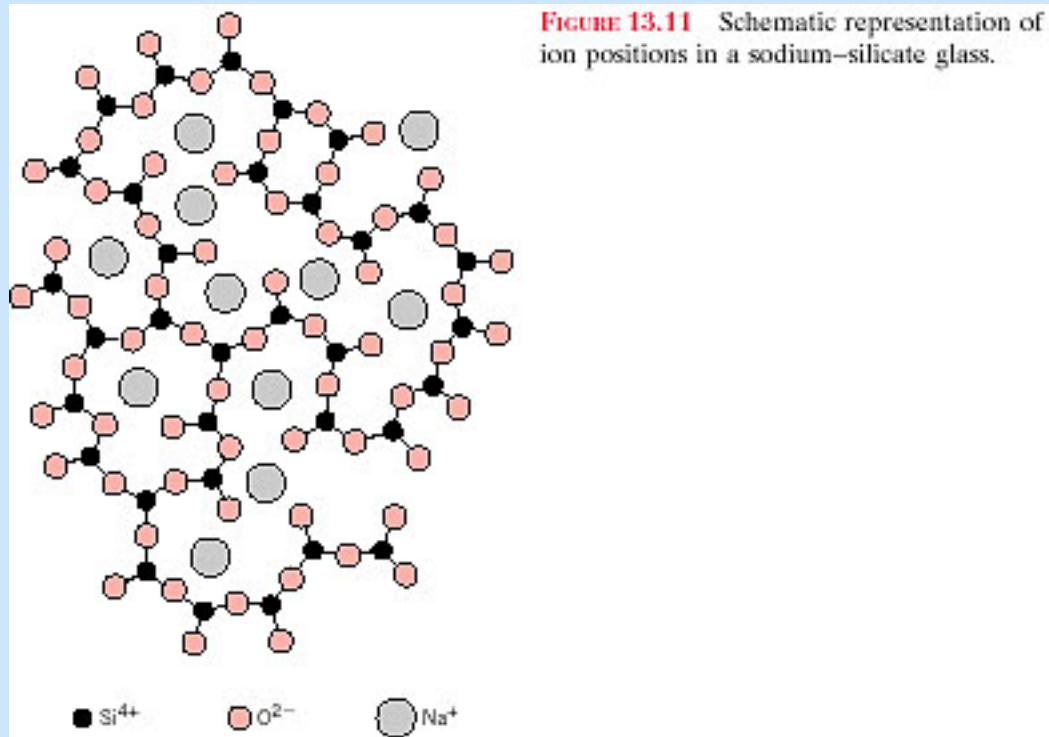


FIGURE 13.6 A unit cell for the perovskite crystal structure.

Perowskit

Przykładowe struktury krystaliczne:



*Kwarc,
Krystobalit,
Trydymit*

Przykładowe struktury krystaliczne:

Zeolity

Inny aspekt struktury krystalicznej: przemiany fazowe.

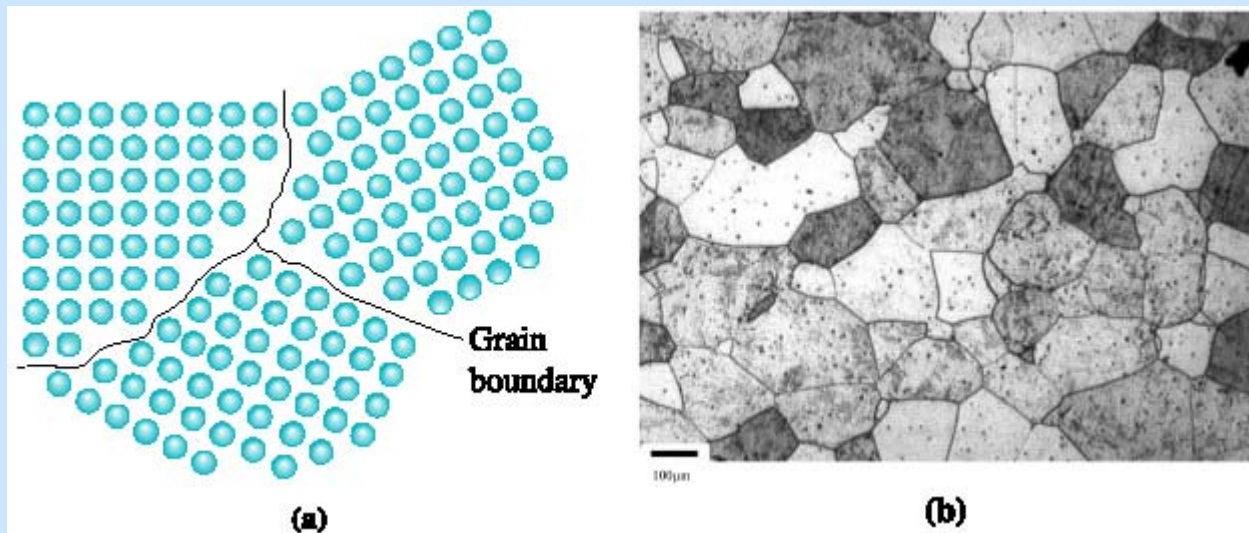
- Wiele ceramiek wykazuje polimorfizm: w zależności od temperatury (i ciśnienia) mogą występować w więcej niż jednej strukturze krystalicznej. W niektórych przypadkach ma to bardzo duży wpływ na właściwości (szczególnie mechaniczne).

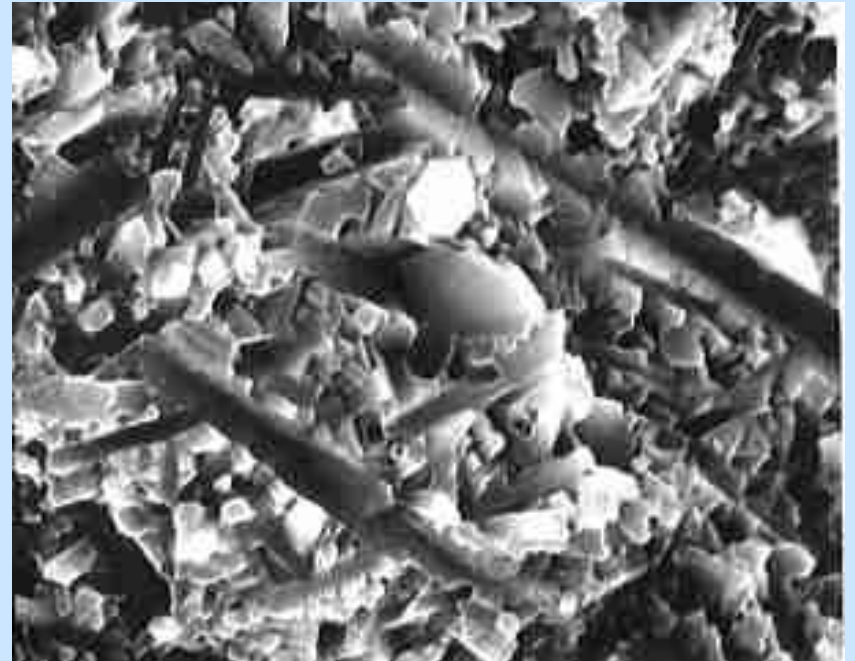
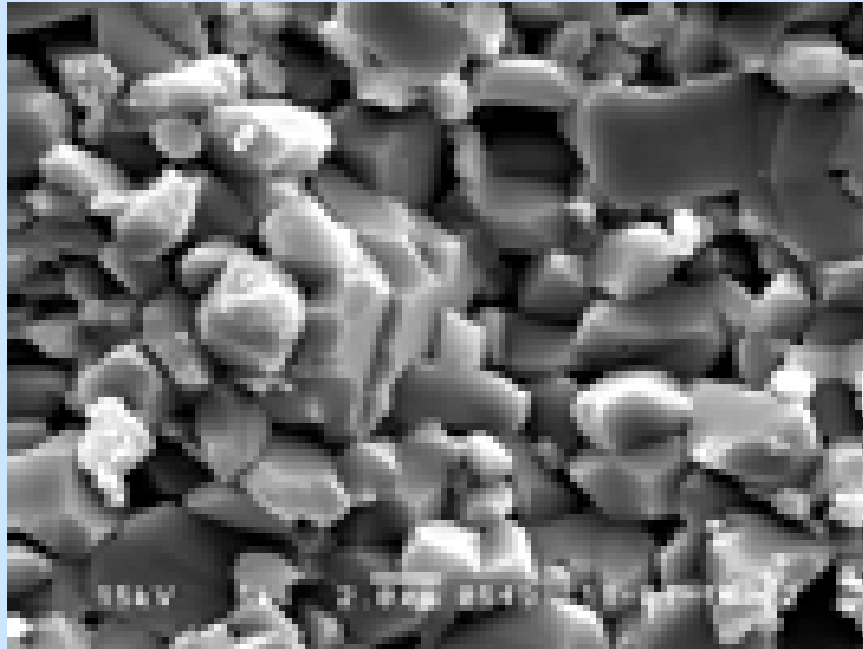
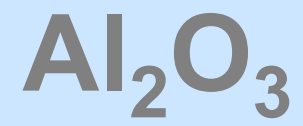
Defekty

- W ceramikach kowalencyjnych możliwe są wszystkie rodzaje znanych defektów, bez żadnych szczególnych ograniczeń.
- W ceramikach jonowych, natomiast, aby powstał defekt, musi być spełniony warunek obojętności elektrycznej kryształu. Powstają, zatem pary defektów, takie jak defekty Frenkla, lub Shottky'ego.
- Dyslokacje są mało ruchliwe.

Mikrostruktura ceramik

- Ceramiki są najczęściej polikrystaliczne.





Właściwości mechaniczne ceramik

- Duży moduł Younga;
- Duża twardość ;
- Mała wytrzymałość na zginanie;
- Praktycznie nie ma odkształcenia plastycznego;
- Kruchość;

Twardość ceramik.

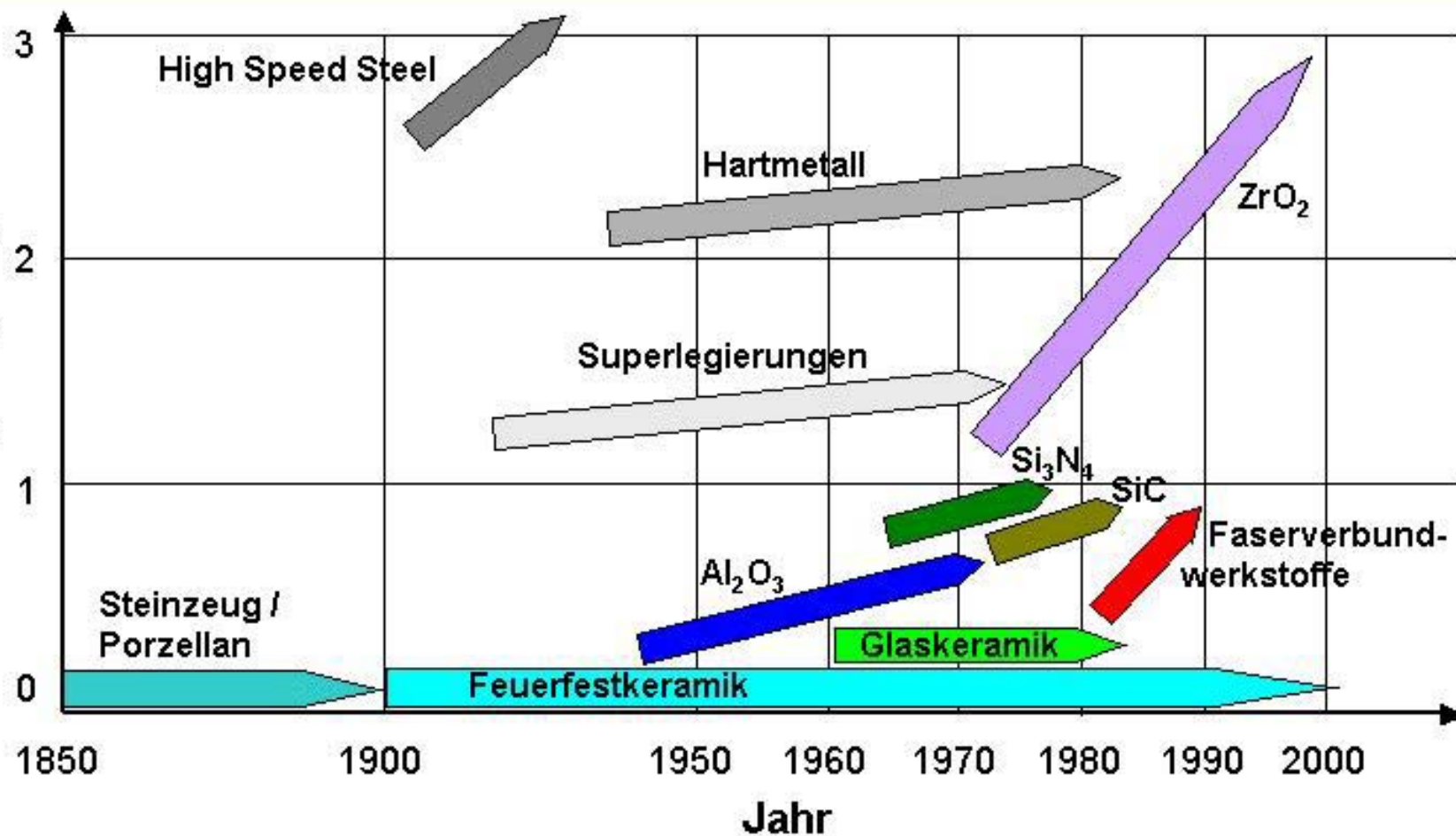
- Nie wszystkie ceramiki są twarde, ale to właśnie ceramiki są najtwardszymi materiałami świata.

Przykłady

- Diament monokrystaliczny
 - Diament polikrystaliczny
 - BN (regularny)
 - Węglik boru
 - TiC
 - SiC
 - Al_2O_3
 - ZrO_2
 - SiO_2
 - Szkło boro-krzemianowe
- 7000-9500 kg/mm²
 - 7000-8600 kg/mm²
 - 3500-4750 kg/mm²
 - 3200 kg/mm²
 - 2800 kg/mm²
 - 2300-2900 kg/mm²
 - 2000 kg/mm²
 - 1100-1300 kg/mm²
 - 550-750 kg/mm²
 - 500 kg/mm²

Wytrzymałość na zginanie

Wytrzymałość na zginanie

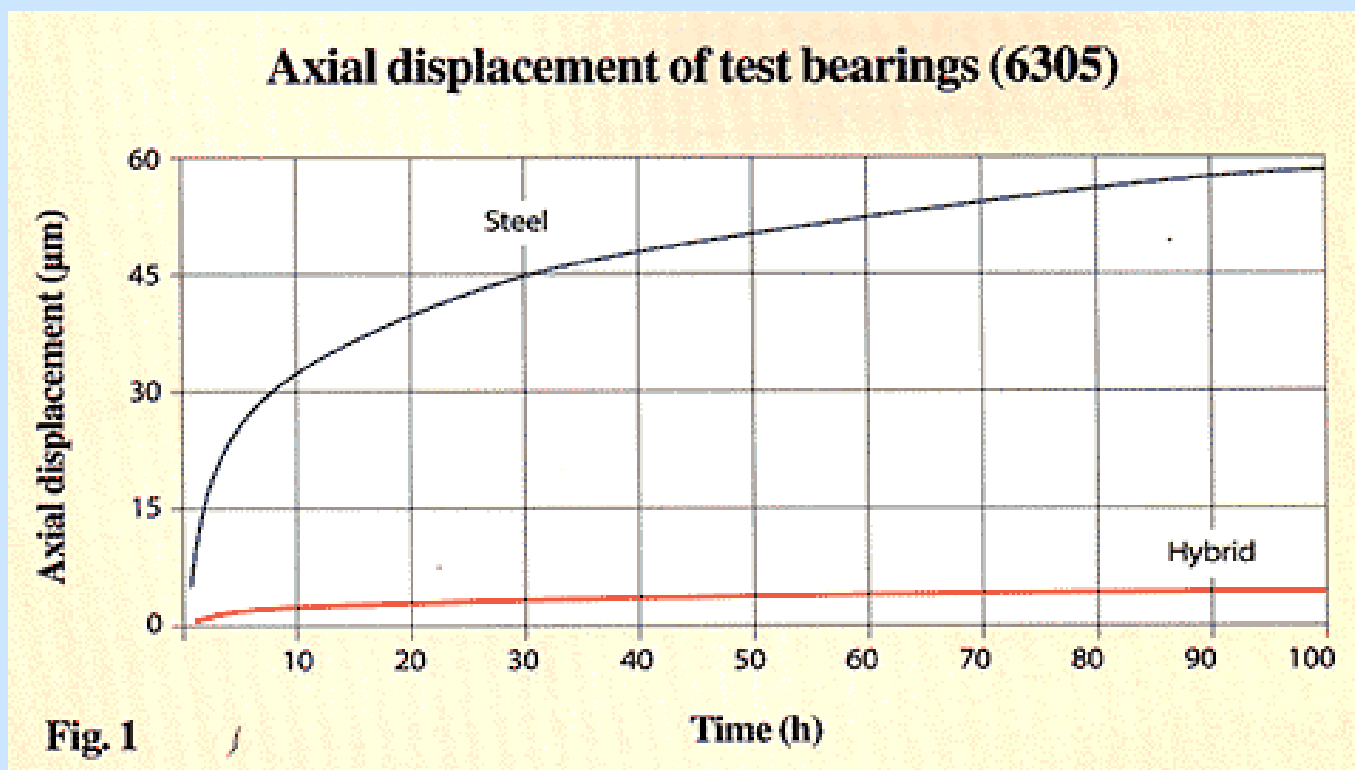


Właściwości w porównaniu ze stalą

Properties at room temperature	Units	Bearing steel	Silicon nitride
Density	g/cm ³	7.8 – 7.9	3.2 – 3.3
Elastic Modulus	Gpa	200 – 210	315 – 320
Hardness	HV 10	700	1600
Electrical resistivity	Ω cm	10 ⁻⁴ – 10 ⁻⁶ (conductor)	10 ¹² – 10 ¹⁵ (insulator)

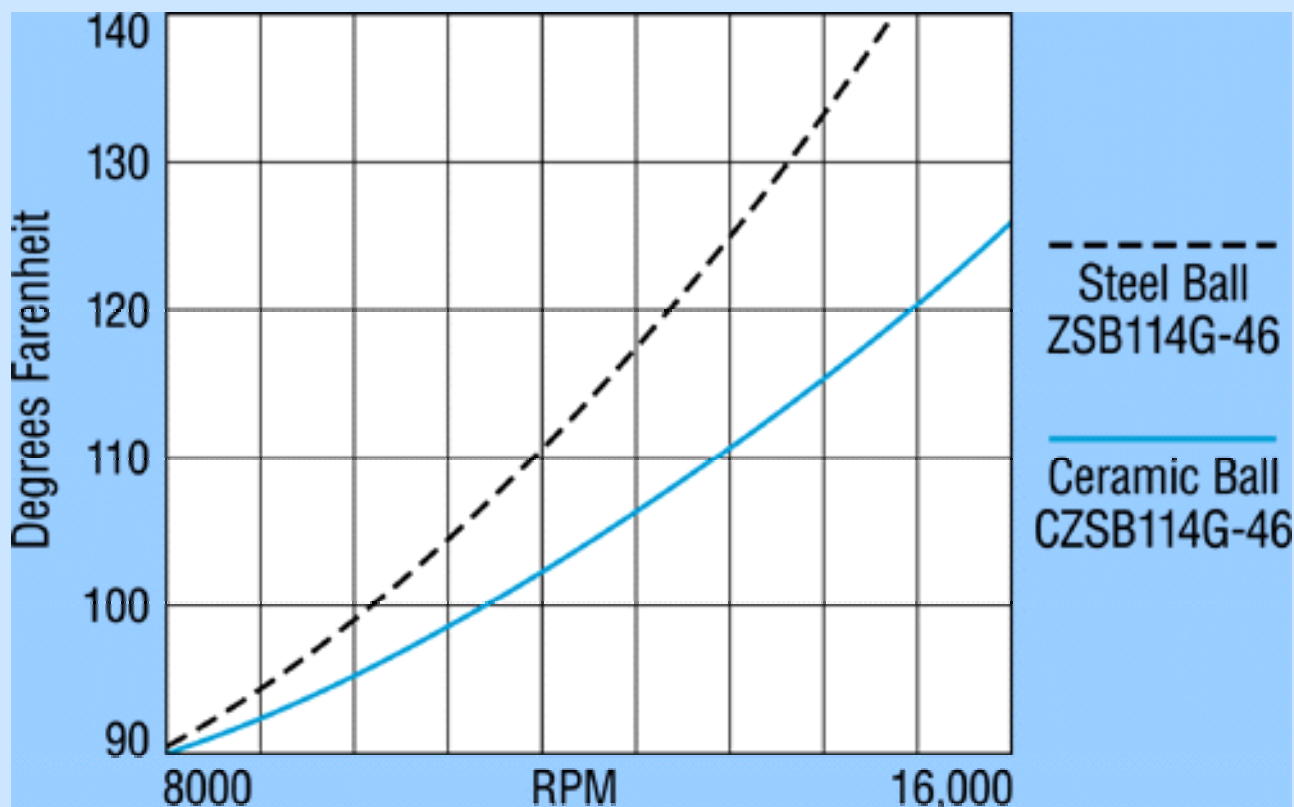
Właściwości w porównaniu ze stalą

Zużycie



Właściwości w porównaniu ze stalą

Mniejsze pogorszenie właściwości ze wzrostem temperatury



ZASTOSOWANIA

Wykorzystujące niezwykle własności
mechaniczne ceramiki

Niektóre zastosowania właściwości mechanicznych ceramik: Łożyska

- Łożyska są najczęściej hybrydowe:
 - Kulki ceramiczne;
 - Stalowe pierścienie



Niektóre zastosowania właściwości mechanicznych ceramik: narzędzia tnące

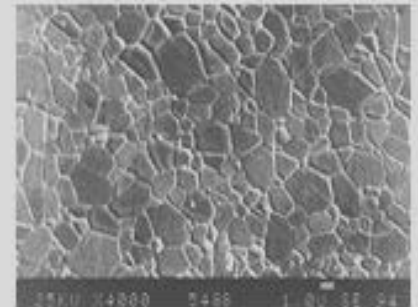
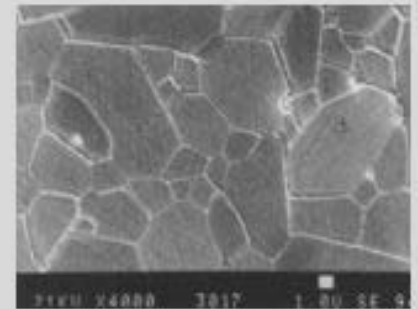


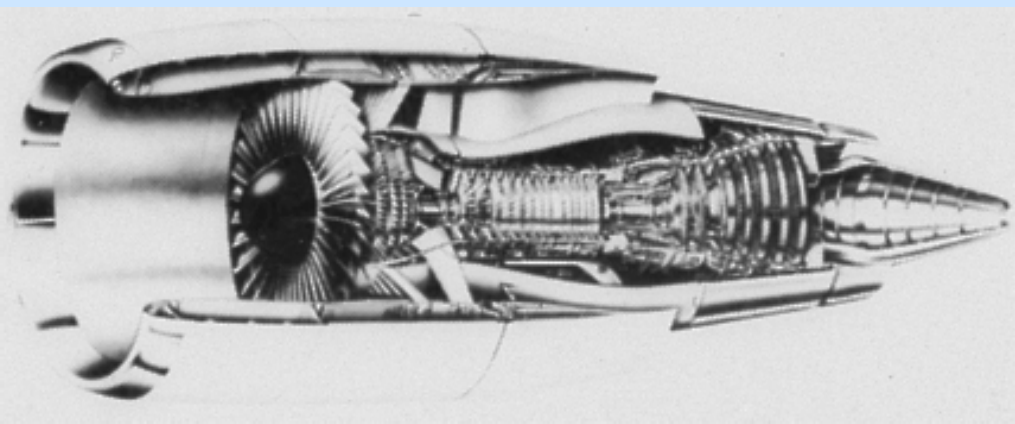
Zirconia toughened alumina



Zirconia toughened alumina

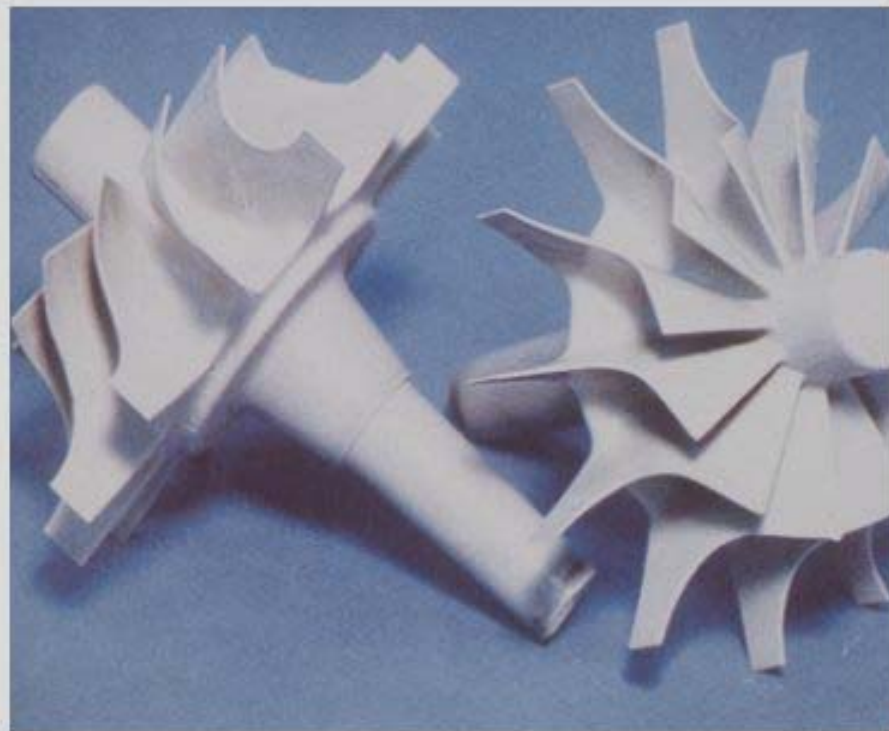
IMPLANTY - ENDOPROTEZY





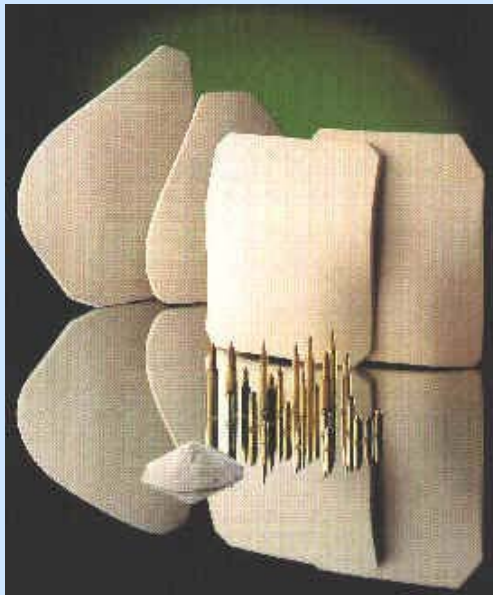
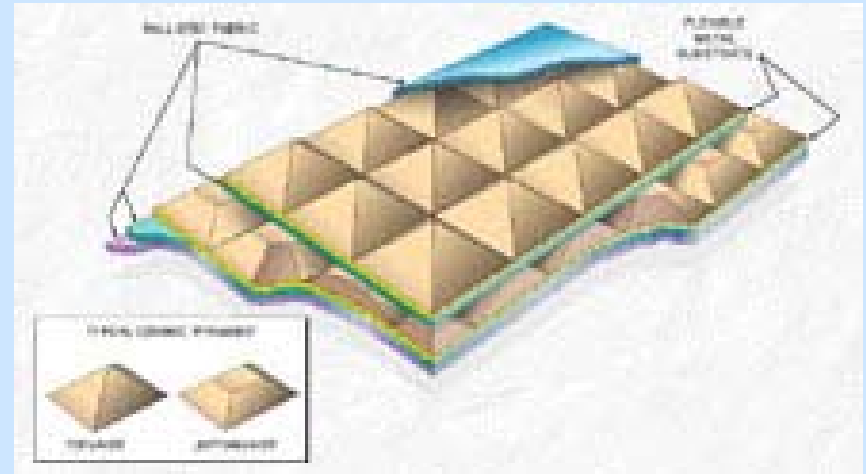
Przekrój przez silnik
odrzutowy

Części ceramiczne silnika

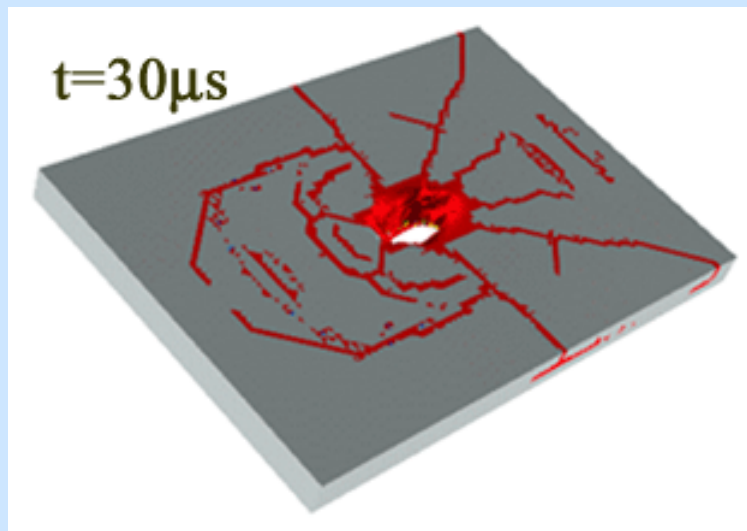


Niektóre zastosowania właściwości mechanicznych ceramik:

uzbrojenie



Niektóre zastosowania właściwości mechanicznych ceramik:



Struktura wielowarstwowa

