




AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

NAUKA O MATERIAŁACH

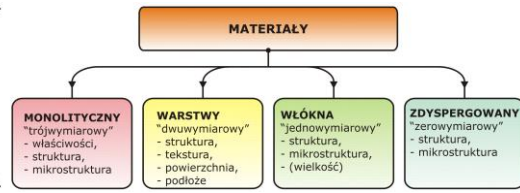
**Wykład VI:
Proszki, włókna, warstwy**

JERZY LIS
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
Katedra Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych



Nauka o Materiałach

MATERIAŁY



Właściwości materiałów zależą także od formy występowania tworzywa w wyrobie

Wykład VI: Proszki, włókna, warstwy




Treść wykładu:

1. Charakterystyka układów zdyspergowanych - proszki
2. Parametry charakteryzujące proszki
3. Zastosowanie materiałów zdyspergowanych
4. Ogólna charakterystyka włókien
5. Wybrane przykłady materiałów włóknistych
6. Budowa i charakterystyka warstw
7. Wybrane techniki otrzymywania warstw
 - a) chemiczna krystalizacja z fazy gazowej
 - b) fizyczne osadzenie z fazy gazowej
 - c) napylenie plazmowe
 - d) metody chemiczne
8. Zastosowanie warstw




Wykład VI: Proszki, włókna, warstwy



Charakterystyka układów zdyspergowanych

- ❑ Specyficzną postacią występowania materiałów są formy zdyspergowane
- ❑ Materiały mają postać małych cząstek rozproszonych w ośrodku gazowym lub ciekłym
- ❑ Układy takie charakteryzują się specyficznymi właściwościami na które wpływa oddziaływanie środowiska na materiał
- ❑ Do opisu takich form materiałów stosujemy odrębne parametry
- ❑ Materiały w formie zdyspergowanej mogą być bezpośrednio stosowane lub służyć do otrzymywania innych postaci tworzyw

Wkład VI: Proszki, włókna, warstwy




Charakterystyka układów zdyspergowanych

W zależności od wielkości cząstek i stężenia wyróżniamy

- ❑ **w fazie gazowej:**
 - dymy - cząstki poniżej 10^{-7} m, silnie rozproszone
 - pyły - cząstki 10^{-7} m do 10^{-6} m, silnie rozproszone
 - proszki - cząstki do rzędu 10^{-3} m (mm), stężone
- ❑ **w fazie ciekłej:**
 - roztwory - cząstki rzędu nanometrów 10^{-9} m
 - koloidy - cząstki 10^{-9} - 10^{-7} m
 - zawiesiny - cząstki powyżej 10^{-7} m

W technice, w tym w technologiach materiałów stałych, podstawową formą wykorzystywanych materiałów zdyspergowanych są **proszki**, czyli stężone materiały zdyspergowane w fazie gazowej.

Wkład VI: Proszki, włókna, warstwy



Parametry charakteryzujące proszki

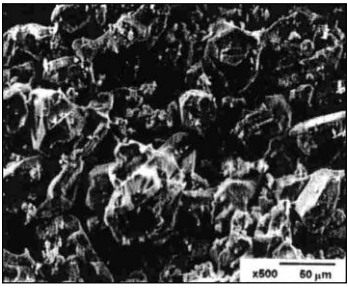
Podstawowym parametrem geometrycznym określającym proszki jest wielkość i forma jego cząstek.

Pojęcie cząstka nie jest jednoznaczne: proszek ma bowiem budowę niejednorodną a cząstki tworzą często trudne do rozdzielenia większe elementy (agregaty, aglomeraty).

Powszechnie stosuje się także starsze bardziej ogólne pojęcie ziarno proszku rozumiane jako najmniejszy lity element proszku możliwy do identyfikacji metodami mikroskopowymi lub mechanicznymi.

Wkład VI: Proszki, włókna, warstwy

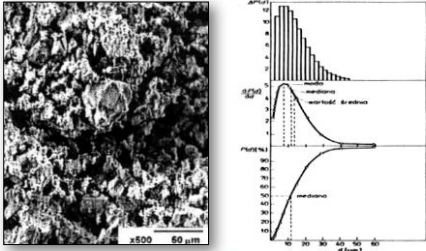
AGH Parametry charakteryzujące proszki



Wykład VI: Proszki, włókna, warstwy

AGH Parametry charakteryzujące proszki

Proszki są populacjami złożonymi z wielkiej liczby elementów.
Charakteryzują się one występowaniem rozkładu wielkości ziaren.



Wykład VI: Proszki, włókna, warstwy

AGH Parametry charakteryzujące proszki

Kształt cząstek



kuliste płatkowe włókniste

Wykład VI: Proszki, włókna, warstwy

AGH Parametry charakteryzujące proszki

Rozwinięcie powierzchni

Parametrem charakteryzującym proszek jest jego rozwinięcie powierzchni właściwej.

Powierzchnia właściwa:

$$S_w = S/m \text{ [m}^2/\text{g]}$$

Parametr ten w sposób generalny określa stopień dyspersji proszku - im większa powierzchnia właściwa tym drobniejszy proszek.

Powierzchnię właściwą mierzymy m.in. metodami sorpcyjnymi (np. BET)

Wykład VI: Proszki, włókna, warstwy

AGH Parametry charakteryzujące proszki

Powierzchnia właściwa proszku

Material	Wielkość ziarna [µm]	Powierzchnia właściwa [m ² /g]
Tlenek glinu (spiekalny)	2	8
Węgiel krzemu (spiekalny)	0,2	20
Kaolin (ziarna płytkowe)	0,5x200	100
Cement portlandzki	0,2 - 10	do 100

Powierzchnia właściwa jest miarą reaktywności proszku w reakcjach chemicznych w tym w spiekaniu, hydratacji i in.

Wykład VI: Proszki, włókna, warstwy

AGH Zastosowanie materiałów zdyspergowanych

Przykłady zastosowania proszków w materiałach inżynierskich

- **Proszki jako surowiec do wytwarzania wyrobów litych**
 - Proszki do spiekania (ceramiczne i metaliczne)
 - Proszki polimerowe do formowania termoplastycznego i chemicznego
 - Materiały wiążące i betony
 - Pasty dla elektroniki
- **Proszki jako wypełniacze tworzyw**
 - Farby
 - Wypełniacze w polimerach
 - Faza rozproszona w kompozytach
- **Proszki jako materiały**
 - Proszki izolacyjne
 - Proszki polerskie



Sadza

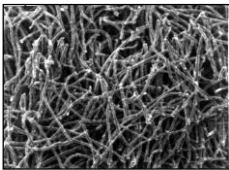
Wykład VI: Proszki, włókna, warstwy

AGH **Ogólna charakterystyka włókien**

Specyficzną formą budowy materiałów w skali makroskopowej są włókna.

Włókno - elementy o wydłużonych kształcie w których stosunek wymiaru podłużnego do poprzecznego (długość do średnicy) jest większy od 10.

Włókna mogą być ciągłe lub nieciągłe (krótkie).



Włókna węglowe

Wkład VI: Przeszki, włókna, warstwy

AGH **Ogólna charakterystyka włókien**

Niektóre cechy specyficzne dla materiałów w postaci włókien


- Elastyczność postaci i „nieskończony” wymiar - możliwość gięcia, nawijania na szpule, tkania
- Duże rozwinięcie powierzchni - właściwości sorpcyjne i katalityczne
- Zdyspergowany charakter i mały wymiar poprzeczny - właściwości izolacyjne, możliwość rozproszczenia w ciągłym medium
- Mało zdefektowana budowa - podwyższone właściwości mechaniczne - zastosowanie do kompozytów
- Specyficzne właściwości optyczne - wewnętrzne odbicie - światłowody

Wkład VI: Przeszki, włókna, warstwy

AGH **Ogólna charakterystyka włókien**

Parametry makroskopowe charakteryzujące włókna:

- średnica**
(od mikrometra do kilkuset mikrometrów)
- długość**
(od kilkudziesięciu mikrometrów do włókien ciągłych)
- gęstość** (monolitu) - jak materiału litego (małe zdefektowanie)
- gęstość nasypowa**
- powierzchnia właściwa**



www.bbc.co.uk/news/science-environment-16709045

Wkład VI: Przeszki, włókna, warstwy

AGH Wybrane przykłady materiałów włóknistych

Przykład I: Włókna naturalne - wełna owcza

- Zbudowane z substancji organicznej keratyny powstałej w wyniku biosyntezy aminokwasów w komórkach skóry zwierzęcia
- Polimer o budowie łańcuchowej



en.wikipedia.org/wiki/Sheep

Wykład VI: Przemysł włókienniczy

AGH Wybrane przykłady materiałów włóknistych

Przykład I: Włókna naturalne - wełna owcza



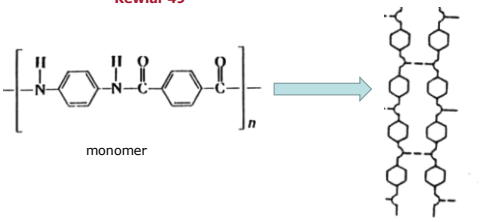
textilebd-yarn.blogspot.com/2012/02/macro-and-micro-structure-of-wool-fiber.html

Image Courtesy of SmartWool

Wykład VI: Przemysł włókienniczy

AGH Wybrane przykłady materiałów włóknistych

Przykład II: Włókna organiczne sztuczne - włókna aramidowe Kewlar 49



monomer

łańcuch usieciowany

Wykład VI: Przemysł włókienniczy

AGH Wybrane przykłady materiałów włóknistych

Przykład II: Włókna organiczne sztuczne - włókna aramidowe Kewlar 49

Diagram showing the structure of Kevlar 49 fibers. It features a cross-section of a fiber with a diameter of 0.2 mm and a length of 200-300 mm. The diagram also shows a spool of yellow thread and a roll of fiber. Labels include 'Rzeczywiste włókna ~ 8 μm' and 'Wkład VI: Przeski, włókna, warstwy'.

AGH Wybrane przykłady materiałów włóknistych

Przykład III: Włókna szklane

Włókna szklane to najbardziej rozpowszechnione materiały włókniste w zastosowaniach technicznych

Zastosowanie:

- kompozyty
- maty
- izolacja
- światłowody

Diagram illustrating the production of glass fibers. It shows a furnace where glass is melted and then drawn into fibers. Labels include 'ciągłe/ długie' (continuous/long) and 'krótkie' (short). The process is numbered 1, 2, and 3. A 'produkt wysciany' (drawn product) is shown. 'Wkład VI: Przeski, włókna, warstwy'.

AGH Wybrane przykłady materiałów włóknistych

Przykład IV: Włókna węglowe

Włókna otrzymywane przez zwęglanie polimerycznych substratów organicznych (polimery, pak, smoła, asfalt)

Microscopic image of carbon fibers. The flowchart shows the production process: **AKRYLONITRYL** → **POLIMERYZACJA** → **POLIAKRYLONITRYL (PAN)** → **WYCIEGANIE WŁÓKNI** → **WŁÓKNA PAN** → **STAN SZCZELNIA (PIETRYNARI)** → **1500-1800°C (PAN 1000 PAN)** → **ZWIŁKI ARYL** → **2500-3000°C (WYBUDOWANY PRZYMALE DITE)** → **GRAFITYZACJA** → **WŁÓKNA WĘGLOWE**. 'Wkład VI: Przeski, włókna, warstwy'.

AGH Wybrane przykłady materiałów włóknistych

Inne przykłady

Włókna naturalne
 azbest - chryzotol - $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$, krycydolit, amozyt, - (uwaga rakotwórcze)
 wollastonit - metakrzemian wapnia $CaSiO_3$
 zastosowanie w wyrobach izolacyjnych

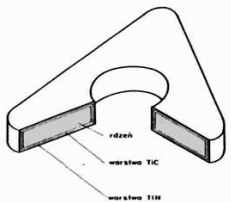
Włókna mineralne
 rozwłókniane stopione surowce naturalne (krzemionka, bazalt) lub syntetyczne (żużle wielkopiecowe), krótkie włókna do celów izolacyjnych - wata mineralna

Włókna tlenkowe
 Al_2O_3 , ZrO_2 , mulitowe - wysoka ogniotrwałość, odporność chemiczna, formowane z roztworów i spiekane zastosowanie, właściwości izolacyjne w wysokich temperaturach, także zastosowanie konstrukcyjne

Wykład VI: Przeszki, włókna, warstwy

AGH Budowa i charakterystyka warstw

Właściwości materiałów występujących na powierzchni w postaci warstw są zależne od właściwości materiału warstwy (struktura i mikrostruktura), charakteru oddziaływania z podłożem a także często od właściwości samego podłoża.



Wykład VI: Przeszki, włókna, warstwy

AGH Budowa i charakterystyka warstw

- Podstawowym zadaniem warstw była (i jest):
 - ochrona materiału przed środowiskiem,
 - zwiększenie wytrzymałości materiału,
 - dekoracja materiału.
- Stopniowo wykorzystując specyficzne właściwości materiałów w postaci warstw zaczęto stosować warstwy jako wyroby techniczne (elektronika).

Wykład VI: Przeszki, włókna, warstwy

AGH Budowa i charakterystyka warstw

Wśród materiałów występujących w postaci warstw można wyróżnić m. in.:

- ❑ **Powłoki** - emalie, farby itp. spełniające rolę tylko ochronną i dekoracyjną
- ❑ **Warstwy** - które w sposób istotny zmieniają właściwości podłoża lub pełnią samodzielną funkcję jako wyrób:
 - cienkie warstwy: $10 - 10^4 \text{ nm}$ ($10^{-8} - 10^{-5} \text{ m}$)
 - grube warstwy: powyżej 10^{-5} m
- ❑ **Połączenia warstwowe** np. ceramika-metal

Wykład VI: Przeszki, włókna, warstwy

AGH Wybrane techniki otrzymywania warstw

Przykład I: Chemiczna krystalizacja z fazy gazowej CVD

Warstwy osadzone są w wyniku reakcji chemicznej gazowych reagentów na ogrzanym podłożu

The diagram illustrates the CVD process. It shows a substrate (podłoże) being heated by a heating system (układ grzewczy). A gas mixture (A+B gaz obojętny) containing chemical reagents (reagenty chemiczne) flows over the substrate. In the reaction zone (obszar I - transport gazów równoległy do powierzchni), a chemical reaction occurs, leading to the deposition of a porous gas layer (wylot gazów poreakcyjnych).

Wykład VI: Przeszki, włókna, warstwy

AGH Wybrane techniki otrzymywania warstw

Przykład II: Fizyczna krystalizacja z fazy gazowej PVD

Warstwy osadzone są w wyniku osadzania reagentów na podłożu w toku przemian fizycznych: parowania, sublimacji, itp.

The diagram shows a PVD reactor (REAKTOR PVD) with the following components: obudowa (housing), podłoże (substrate), elektroda ARE (ARE electrode), tygiel (crucible), and wprowadzanie gazów (gas inlet). The reactor is connected to a vacuum pump (do układu pompującego).

Wykład VI: Przeszki, włókna, warstwy

AGH Wybrane techniki otrzymywania warstw

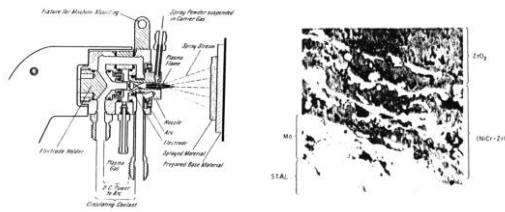
Przykład III: Warstwy grube nanoszone plazmowo

- Technologie wykorzystują gorącą plazmę (temperatura 2500-3000°C)
- Ziarna proszku wprowadzanego do płomienia *plazmotronu* ulegają częściowemu nadtopieniu i osadzają się na podłożu krzepną tworząc warstwę
- Wykorzystane do nanoszenia warstw ochronnych na narzędzia

Wykład VI: Proszki, włókna, warstwy

AGH Wybrane techniki otrzymywania warstw

Przykład III: Warstwy grube nanoszone plazmowo



Schemat plazmotronu

Przekrój warstwy ceramicznej na stali

Wykład VI: Proszki, włókna, warstwy

AGH Wybrane techniki otrzymywania warstw

Warstwy grube nanoszone innymi metodami

- Szkliva
- Emalie
- Warstwy nanoszone metodami chemicznymi
- Złącza ceramika-metal



Warstwa szkliva na płytce ściennej

Wykład VI: Proszki, włókna, warstwy



Zastosowanie warstw

Przykłady zastosowania cienkich warstw:

- elektronika - warstwy czynne (Si, Ge) i bierne (SiO₂, azotki, tlenki)
- optoelektronika –światłowodowy
- warstwy antyrefleksyjne - szyby okienne
- warstwy ochronne - narzędzia skrawające, szkło

Wykład VI: Przeszłość, własności, warstwy



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

NAUKA O MATERIAŁACH

**Dziękuję.
Do zobaczenia**

JERZY LIS
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
Katedra Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych
