



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZCJA W KRAKOWIE

## NAUKA O MATERIAŁACH

**Wykład VII: Kompozyty**

JERZY LIS  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki

---

---

---

---

---

---

---

---



**Treść wykładu:**

1. Wprowadzenie
2. Kompozyty ziarniste
3. Kompozyty włókniste
4. Kompozyty warstwowe
5. Naturalne materiały kombinowane –  
materiały biomimetyczne
6. Nanokompozyty



Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---



**Kompozyty - wprowadzenie**

Właściwości materiałów wynikające z ich naturalnych właściwości immanentnych są ograniczone i niewystarczające

Każde tworzywo posiada zalety i wady

Konieczne jest świadome łączenie materiałów

w **KOMPOZYTY**

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

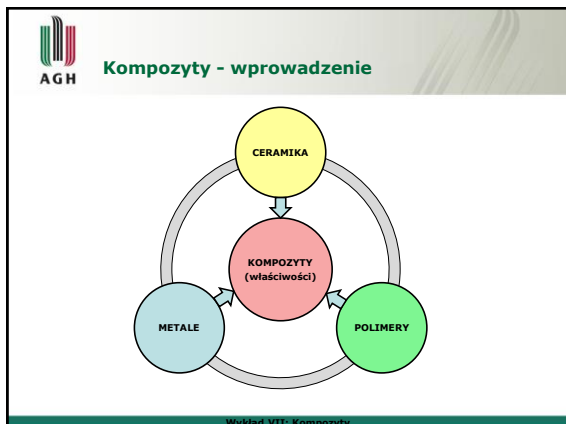
---

---

---

---

---



Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

**Kompozyty (materiały kombinowane)** to materiały zbudowane w sposób świadomy z dwu lub więcej tworzyw i posiadające właściwości inne niż poszczególne materiały składowe.

W kompozytach można łączyć różne rodzaje materiałów jak metale, polimery i tworzywa ceramiczne wykorzystując ich specyficzne cechy a także materiały tego samego typu między sobą.

Obecnie większość stosowanych tworzyw ma charakter budowy kompozytów

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

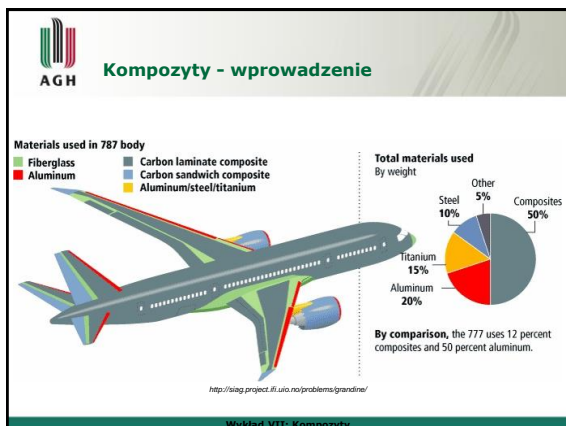
---

---

---

---

---



Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

 **Kompozyty - wprowadzenie**

**Klasyfikacja kompozytów ze względu na budowę**



KOMPOZYTY  
ZIARNISTE  
(CZĄSTKOWE)



KOMPOZYTY  
WŁÓKNISTE



KOMPOZYTY  
WARSTWOWE  
(LAMINATY)

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---


---

---

---

---

---

 **Kompozyty - wprowadzenie**

**Właściwości kompozytów** są wypadkową właściwości i udziału objętościowego poszczególnych faz składowych:

$$W_{\text{komp}} = f(W_1, V_1; W_2, V_2, \dots, W_n, V_n)$$

**W** - właściwość,  
**V** - udział objętościowy

Zależności te mogą mieć charakter modelowy lub empiryczny

**Przykład**

$$W = W_1 V_1 + W_2 V_2 - \text{ tzw. prawo mieszanin}$$

stosuje się np. do gęstości D i in.

$$D = D_1 V_1 + D_2 V_2$$

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

 **Kompozyty ziarniste**

**Kompozyty ziarniste** składają się z ciągłej matrycy, w której umieszczone są izolowane elementy drugiej fazy. Cząstki fazy zdyspergowanej modyfikują właściwości matrycy



**WC+6%Co**

**Przykład:** węglik spiekane WC-Co otrzymywane drogą metalurgii proszków (spiekania)  
**Cel:** połączenie cech metali i ceramiki

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH** **Kompozyty włókniste**

**Kompozyty włókniste** - Do matrycy wprowadza się włókna drugiej fazy, przeważnie o wyższej sztywności i wytrzymałości niż matryca

**Budowa kompozytów włóknistych**



Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH** **Kompozyty włókniste**

**Przykłady kompozytów włóknistych:**

matryca polimerowa (żywice, elastomery)  
włókna: głównie szklane, węglowe, Kevlar  
 cel: podwyższenie sztywności, wytrzymałości i udarności

Są to najstarsze i najbardziej rozpowszechnione materiały kompozytowe produkowane powszechnie w skali przemysłowej



Phosphate glass fiber/polymer composite cross section.  
 (Brauer et al., Journal of Materials Science: Materials in Medicine 12 (2001))

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

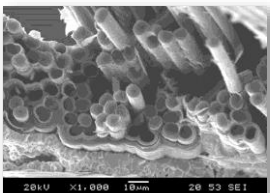
---

---

**AGH** **Kompozyty włókniste**

**Przykłady kompozytów włóknistych:**

Kompozyty włókniste z osnową ceramiczną  
 cel: wzmocnienie wytrzymałości tworzyw



Kompozyty C-C (materiały konstrukcyjne i dla medycyny)

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH** **Kompozyty włókniste**

**Przykłady kompozytów włóknistych:**

Kompozyty włókniste z osnową ceramiczną  
cel: wzmocnienie wytrzymałości tworzyw



Kompozyty beton-włókno celulozowe CFRC (materiały konstrukcyjne dla budownictwa)

Acc V Spot Magn Det WD Exp Core in OPC 150004  
100.0kV 3.9 25000 SE 11.6 1 10 µm  
Fracture and fatigue of natural fiber-reinforced cementitious composites  
H. Savastano Jr. / J. Inst. Cement and Concrete Composites  
Vol. 31, Issue 4, April 2009, Pages 236-243

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

---

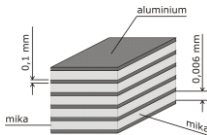
---

---

---

**AGH** **Laminaty – kompozyty warstwowe**

Fazy wchodzące w skład kompozytu występują w postaci dwóch lub wielu warstw łączonych ze sobą w sposób trwały.



Przykład: kondensator Al- mika

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH** **Laminaty – kompozyty warstwowe**

Fazy wchodzące w skład kompozytu występują w postaci dwu lub wielu warstw łączonych ze sobą w sposób trwały.



Przykład: schemat konstrukcji masztu flagowego lub słupa oświetleniowego

http://alumast.com.pl/UserFiles/File/Kompozyt\_schemat.jpg

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH** **Laminaty – kompozyty gradientowe (FGM)**

a) Złazna metalu  
 Złazna ceramiczna  
 Mikropory

1. Odporność termiczna  
 2. Wytrzymałość  
 3. Rozkładanie naprężeń

E - moduł Younga  
 $\lambda$  - przewodność cieplna  
 $\alpha$  - rozszerzenie cieplne

Schemat mikrostruktury i właściwości materiałów typu FGM

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH** **Laminaty – kompozyty gradientowe (FGM)**

Przykład: materiał gradientowy jako element pancerza ceramicznego

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH** **Laminaty – kompozyty gradientowe (FGM)**

**Konstrukcja pancerza ceramicznego**

funkcja:	uniwersalny pancerz ceramiczny			
	Moduł Younga E średni	Moduł Younga E wysoki	Moduł Younga E wysoki	Moduł Younga E dowolny
pancerz różnorodny (szkła, włókna ceramiczne)	Twardość H wysoka Odporność na kruche pęknięcie - K <sub>IC</sub> średnia	Twardość H wysoka Odporność na kruche pęknięcie - K <sub>IC</sub> średnia	Twardość H dowolna Odporność na kruche pęknięcie - K <sub>IC</sub> wysoka	Twardość H dowolna Odporność na kruche pęknięcie - K <sub>IC</sub> wysoka
osłabianie działania pocisku	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiC, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , B <sub>4</sub> C, TiB <sub>2</sub>	Ti, SiC, kompozyty ceramiczne na bazie Si, Al	lekki metal lub polimer wysoce sztywne
odchylenie toru i zaprzecenie strzału pocisku				
fragmentacja "rozbielenie" pocisku				
poparciu na wstępie i rozprzestrzenienie pocisku				

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

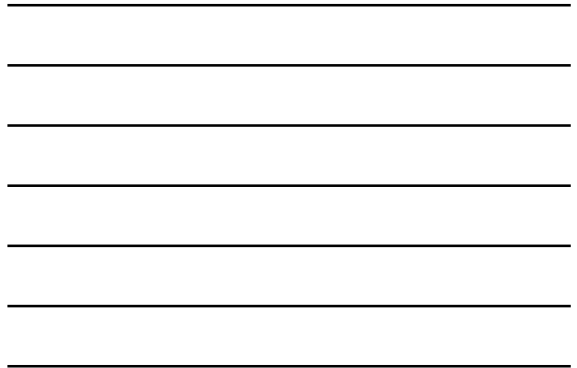
---

**AGH** **Laminaty – kompozyty gradientowe (FGM)**

**Przykład materiału gradientowego W/Cu**

Performance of W/Cu FGM based plasma facing components under high heat load test. Journal of Nuclear Materials; Zhang Jian Zhou et al., Volumes 383-385, 15 June 2007, Pages 1309-1314

Wykład VII: Kompozyty



**AGH** **Naturalne materiały kombinowane – materiały biomimetyczne**

**Kompozyt naturalny - drewno**

Wykład VII: Kompozyty




**AGH** **Materiały biomimetyczne**

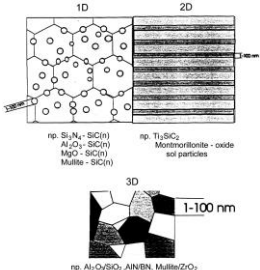
**Materiały biomimetyczne - tworzywa kompozytowe naśladujące budowę materiały naturalne ((gr. bios - życie i mimesis – naśladować)**

Wykład VII: Kompozyty



 **Nanokompozyty**

**Kompozyty w skali nano**



1D

2D

3D

np.  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}(n)$   
 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiC}(n)$   
 $\text{MgO-SiC}(n)$   
 Mullite-SiC(n)

np.  $\text{Ti}_2\text{SiC}_2$   
 Montmorillonite-oxide  
 soil particles

np.  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiC}_2$ , AlN/BN, Mullite/ZrO<sub>2</sub>  
 (sol-gel derived)

Wykład VII: Kompozyty

---

---

---

---

---

---

---

---

 **AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICZA W KRAKOWIE**

**NAUKA O MATERIAŁACH**

**Dziękuję.  
Do zobaczenia  
za tydzień.**

JERZY LIS  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki

---

---

---

---

---

---

---

---