

Mechanika Kompozytowych Materiałów i Konstrukcji

dr inż. Anna Galińska

Pok. 32

anna.galinska@pw.edu.pl

Strona przedmiotu:

https://www.meil.pw.edu.pl/zwmik/ZWMiK/Dla-studentow2/MKMK_Materialy/Mechanika-Kompozytowych-Materialow-i-Konstrukcji

Wykład: czwartek 17.15 – 20.00

Konsultacje: poniedziałek 9-10

czwartek 16-17

Zakres tematyczny

1. Rodzaje, zastosowania i właściwości kompozytów
2. Metody wytwarzania kompozytów włóknistych
3. Klasyczna Teoria Laminatów
4. Eksperymentalne wyznaczanie właściwości kompozytów włóknistych
5. Homogenizacja
6. Hipotezy wyężeńiowe
7. Mechanizmy zniszczenia i sposoby napraw kompozytów włóknistych
8. Sposoby łączenia kompozytów włóknistych
9. Zastosowanie kompozytów włóknistych w praktyce
10. Podejścia do modelowania kompozytów włóknistych w MES

Plan pracy w semestrze

- 8-9 wykładów
- Kolokwium i poprawa
- 4-5 laboratoriów komputerowych w wykorzystaniem systemu Ansys APDL

Obecność na wykładach nie jest obowiązkowa do zaliczenia, ale będzie kontrolowana. Osoby, które będą miały więcej niż 3 nieusprawiedliwione nieobecności nie zostaną dopuszczone do udziału w laboratorium.

Sposób zaliczenia przedmiotu

Kolokwium składa się z części teoretycznej (test) i zadaniowej. Na części zadaniowej można korzystać z notatek. Obie części muszą zostać zaliczone na ocenę pozytywną. Ocenę z przedmiotu stanowi zaokrąglona średnia ocen z obu części.

Literatura

1. R. M. Jones, Mechanics of composite materials, Taylor & Francis, 1999
2. A. Boczkowska, G. Krzesiński, Kompozyty i techniki ich wytwarzania, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2016
3. J. German, Podstawy mechaniki kompozytów włóknistych, Politechnika Krakowska, Kraków, 2001
4. Artykuły naukowe w czasopismach: Composites part A: Applied Science and Manufacturing, Composites part B: Engineering, Composites Science and Technology, Journal of Composite Materials

Kompozyty – rodzaje, zastosowania, właściwości

Co to jest kompozyt?

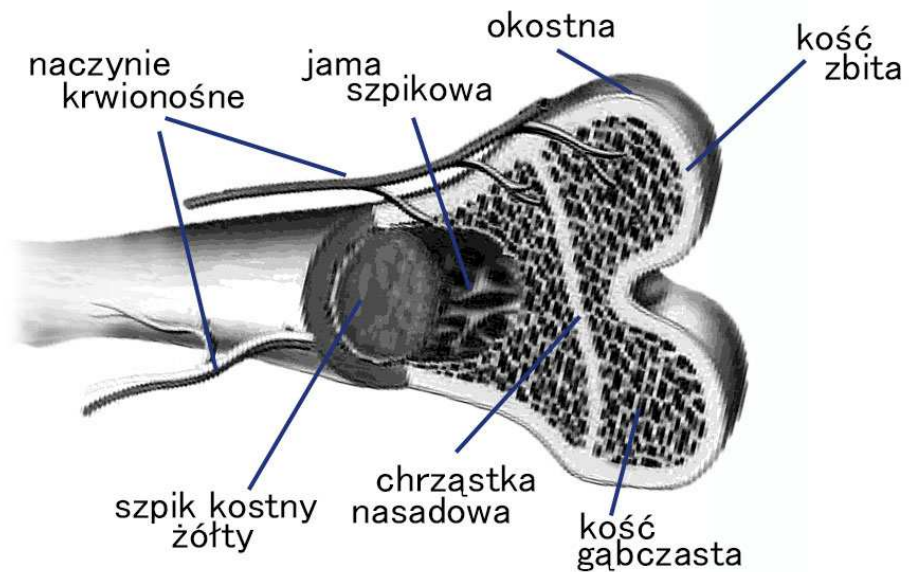
Materiał kompozytowy (łac. compositus = złożony) oznacza materiał, który jest zbudowany z co najmniej dwóch różnych składników, przy czym ich składniki te da się rozróżnić na poziomie makroskopowym.

Dlaczego stosujemy kompozyty?

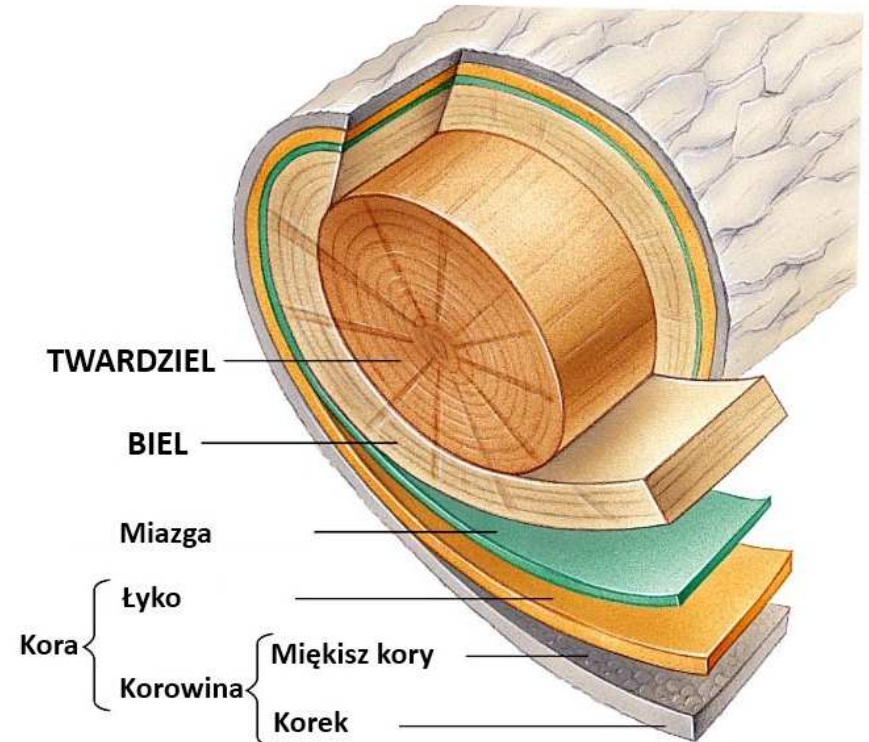
- Możliwość zaprojektowania materiału o pożądanych właściwościach mechanicznych i wytrzymałościowych
- Możliwość optymalnego wykorzystania właściwości poszczególnych składników poprzez odpowiednie dobranie ich ilości i ułożenia – obniżenie masy

Kompozyty naturalne

Kość



Drewno



Kompozyty historyczne



- Gliniane cegły zbrojone słomą
- Sklejka
- „Płócienne” zbroje
- Łuk refleksyjny
- Tarcze





<http://www.sebastiankawa.pl/szybowalnictwo/dlaczego-szybowiec-lata/>



<https://www.forbes.pl/wiadomosci/dreamlinery-dla-lot-u-z-usterkami/h2c577b>



http://fizyka.net.pl/astrologia/astrologia_w2.html



<http://pl.uzbrojenie.wikia.com/wiki/PT-91>



<https://www.bmwusa.com/vehicles/bmw/i8.html>



<http://oponykrakow.net.pl/>

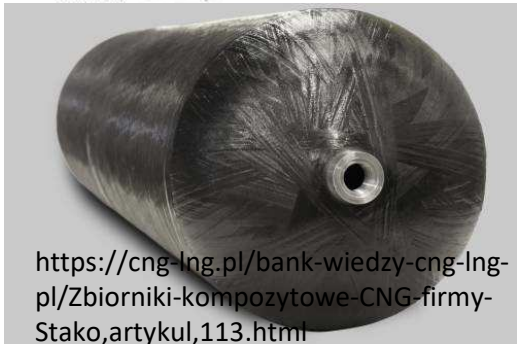
Kompozyty współczesne



<https://czarteruj.com/blog/top-5-zaglowe-jachty-morskie/>



<http://www.banzaj.pl/weglowe-narwy-od-Audi-22863.html>



<https://cng-Ing.pl/bank-wiedzy-cng-Ing-pl/Zbiorniki-kompozytowe-CNG-firmy-Stako,artykul,113.html>



<http://licon.pl/materiały-drewno-pochodne/sklejka/>



<https://www.pw.edu.pl/Aktualnosci/Pierwszy-w-Polsce-most-kompozytowy-powstal-takze-dzieki-naszym-naukowcom>

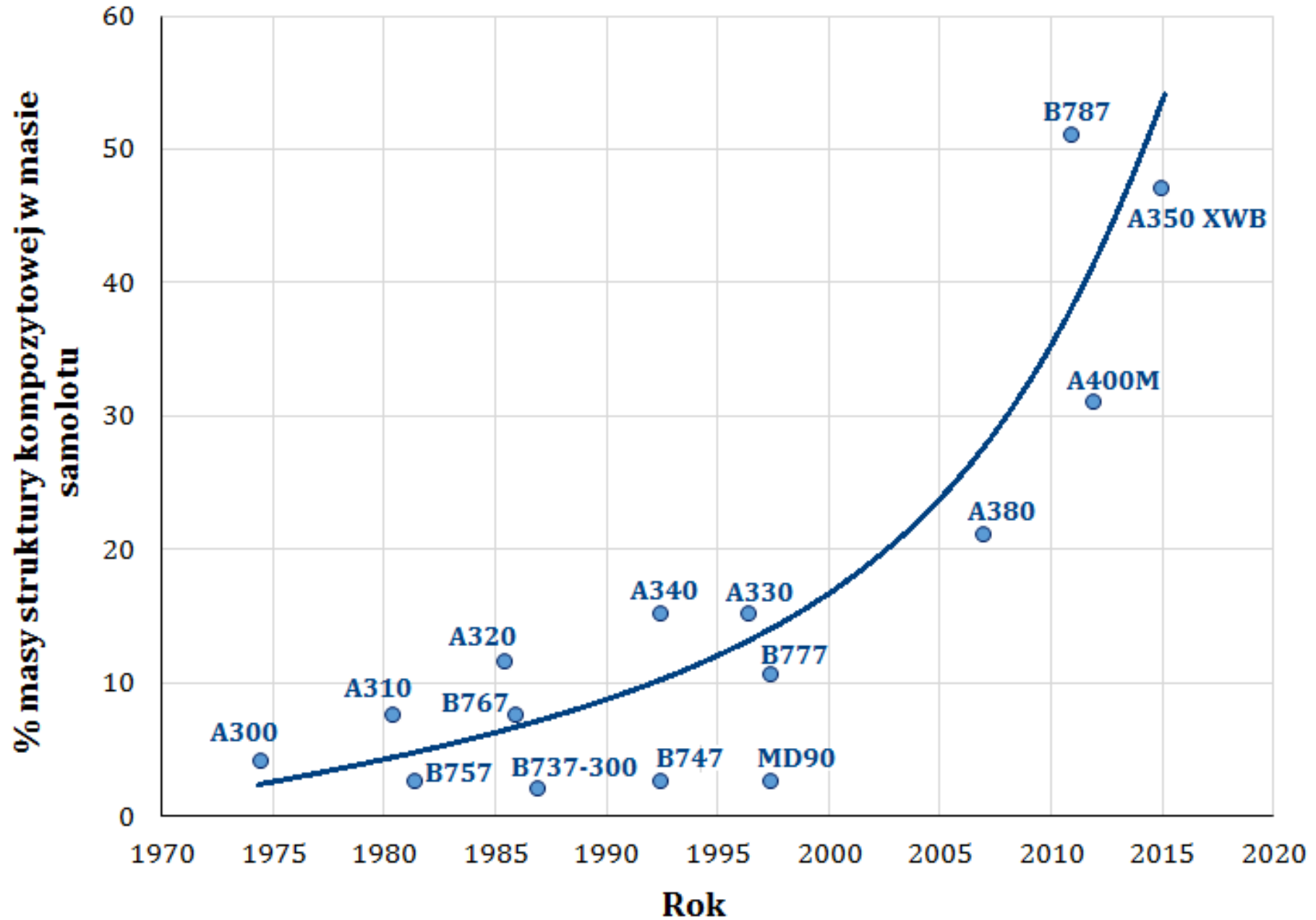


<https://www.castorama.pl/inspiracje-i-rady/budowa/cementy-i-zaprawy-budowlane/zbrojenie/zbrojenie-do-betonu.html>

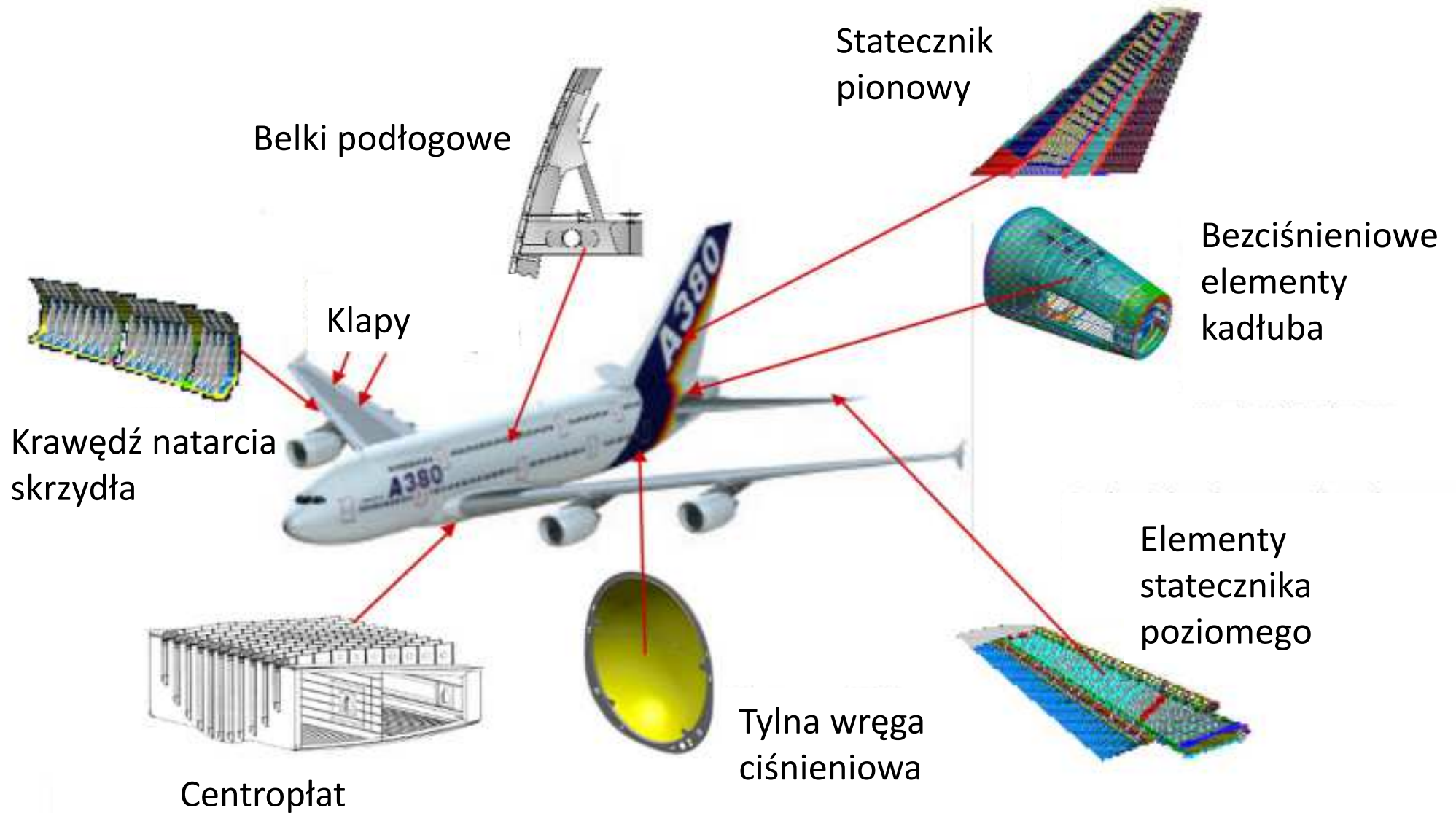


<https://www.wikidesign.us/cheap-carbon-fiber-bikes/>

Udział kompozytów w samolotach transportowych



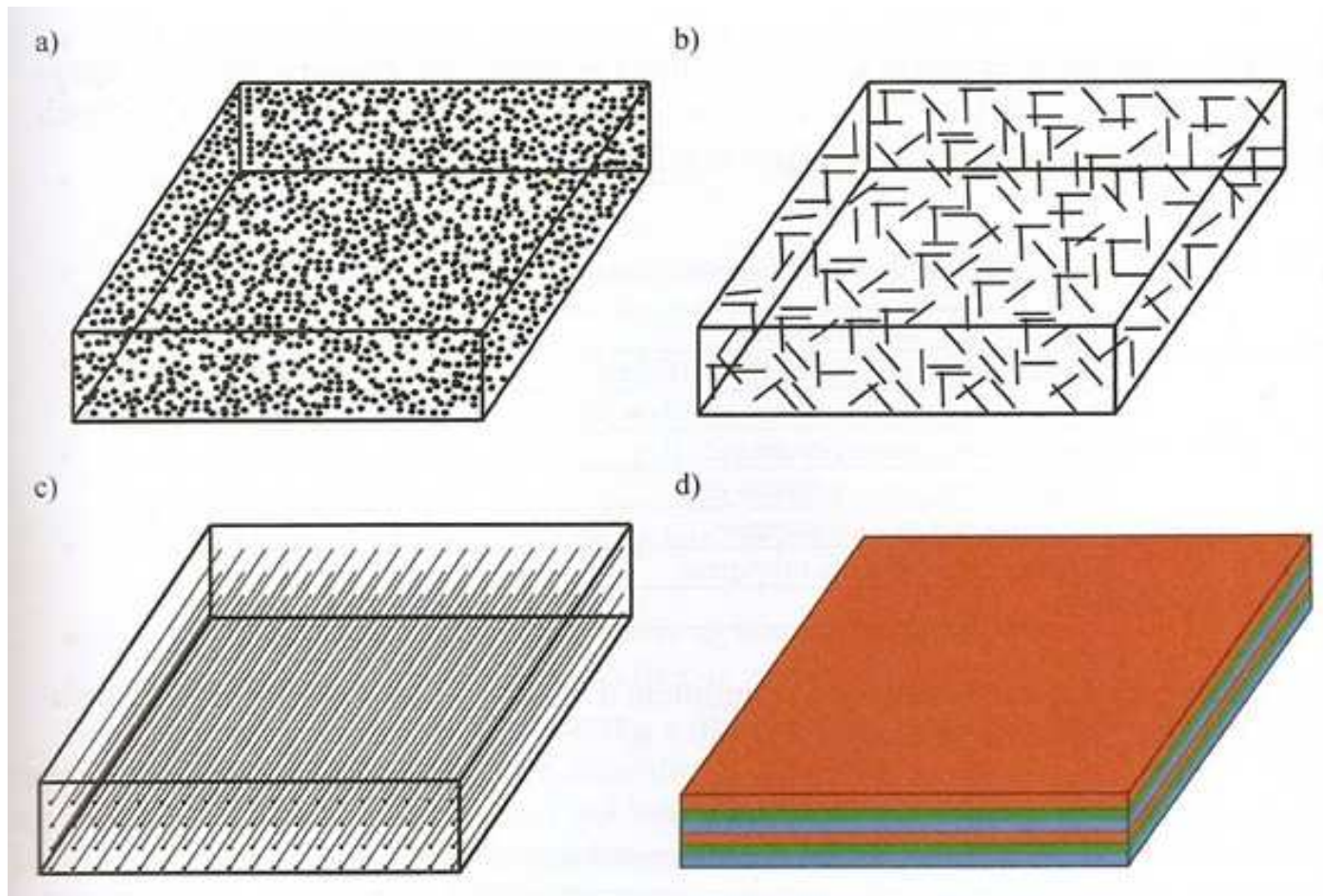
Kompozyty w samolocie A380



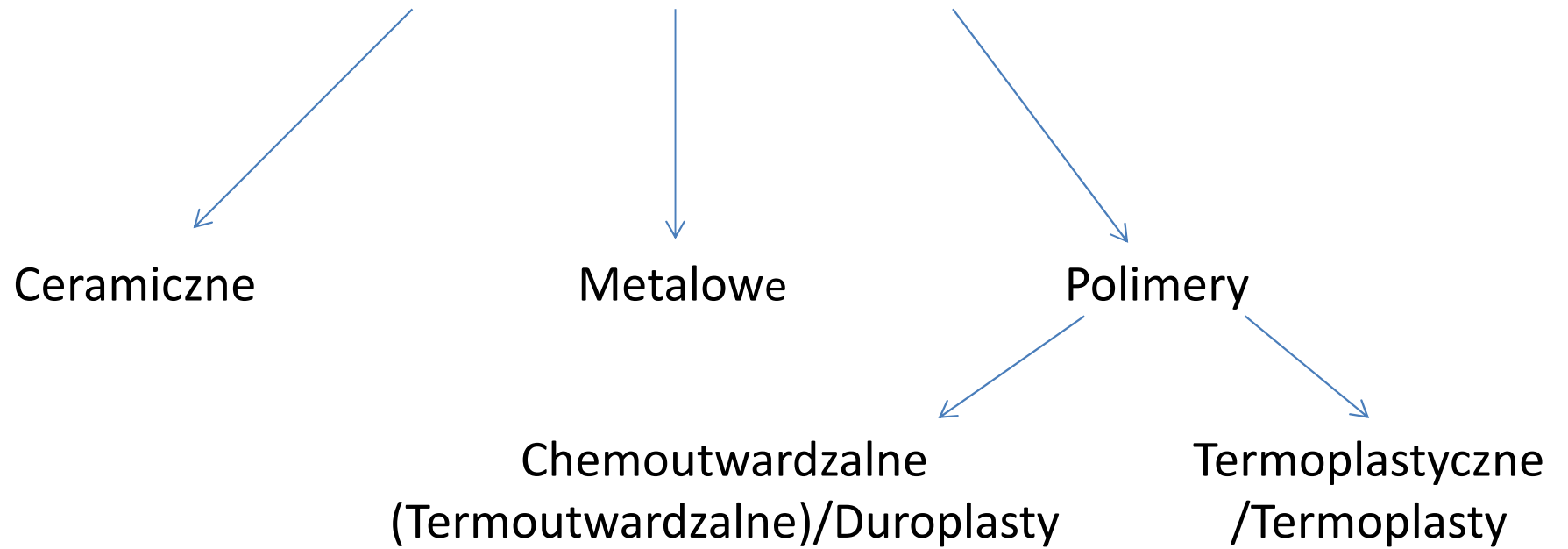
Klasyfikacja kompozytów ze względu na budowę

W zależności od rodzaju fazy rozproszonej materiały kompozytowe można podzielić na kompozyty:

- ◆ zbrojone cząstkami (a)
- ◆ zbrojone włóknami ciętymi i ciągłymi (b i c)
- ◆ kompozyty warstwowe – laminaty (d)

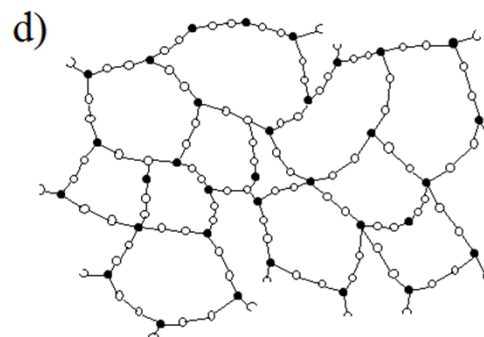
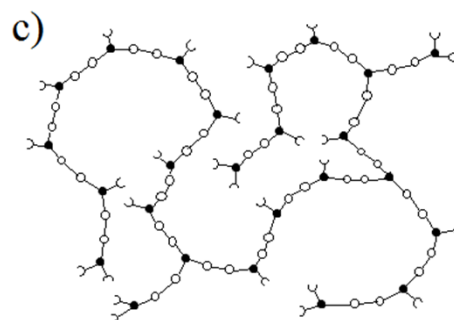
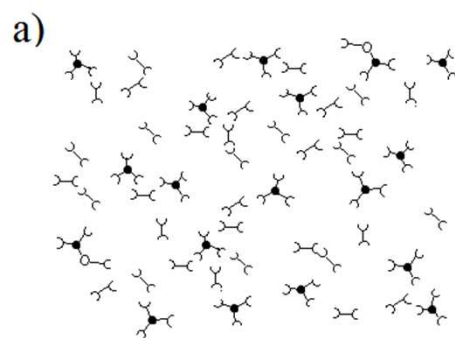


Spoiwo kompozytu



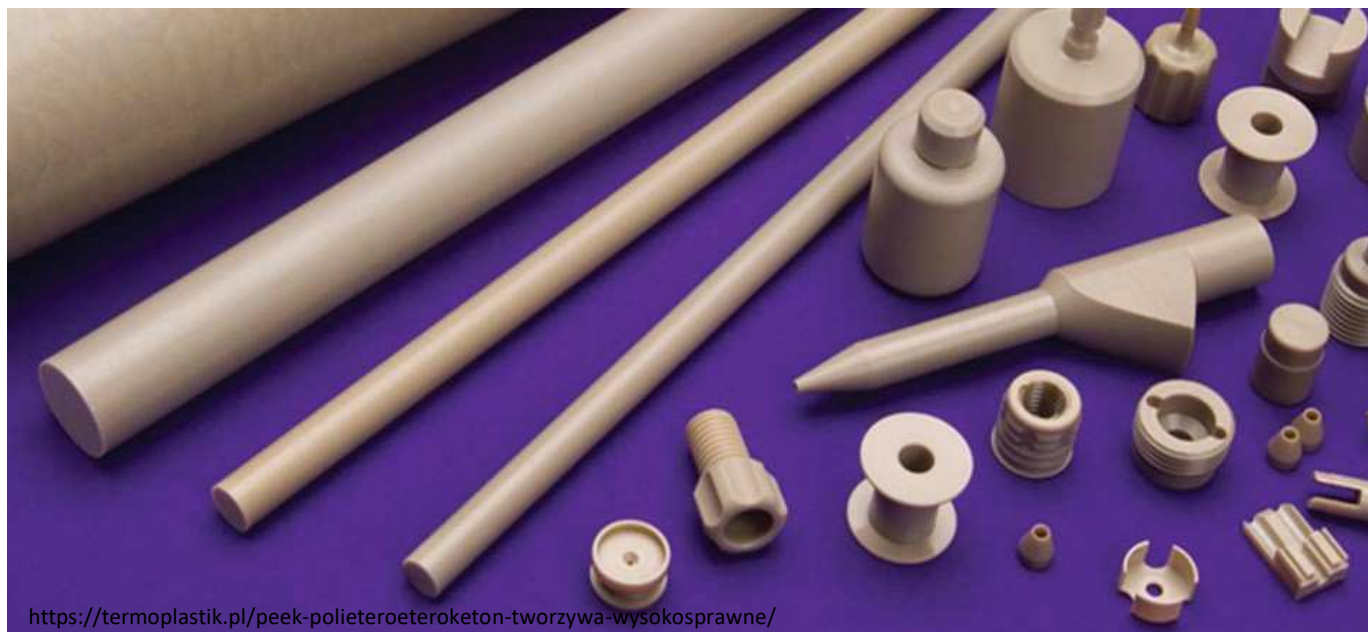
Duroplasty (polimery termoutwardzalne lub chemoutwardzalne)

| Polimer | Moduł E | Wytrzymałość | Odporność termiczna |
|-------------|-----------|--------------|---------------------|
| Epoksydowy | 4,0 [GPa] | 70 [MPa] | do 180°C |
| Poliestrowy | 3,4 [GPa] | 70 [MPa] | - |



Termoplasty (polimery termoplastyczne)

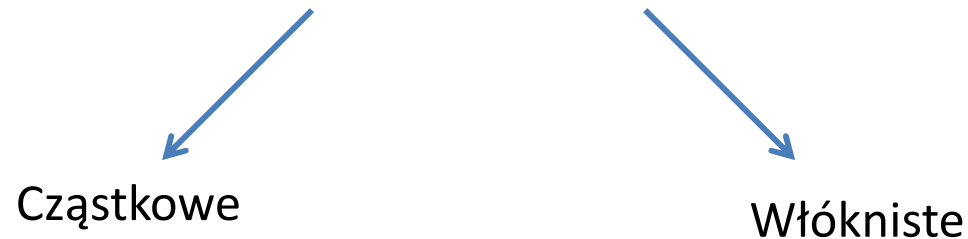
| Polimer | Moduł E | Wytrzymałość | Odporność termiczna |
|-----------------------------|---------|--------------|---------------------|
| PEEK (polieteroeteroketon) | 4,0 GPa | 70 MPa | 240°C |
| PPS (polisiarczek fenylenu) | 3,3 GPa | 84 MPa | 260°C |
| PEI (polieteroimid) | 3,0 GPa | 105 MPa | 220°C |



<https://termoplastik.pl/peek-polieteroeteroketon-tworzywa-wysokosprawne/>

Polieteroeteroketon (PEEK)

Zbrojenie kompozytu



- Włókno szklane
- Włókno węglowe
- Włókno aramidowe (Kevlar)
- Włókno bazaltowe
- Włókna boronowe
- Włókna ceramiczne
- Włókna naturalne
(np. len, bawełna, juta, sizal)

Właściwości włókien

| Włókno | Moduł E | Wytrzymałość | Wytrzymałość właściwa |
|-----------|-------------|---------------|-----------------------|
| Szklane E | 70-76 GPa | 3600 MPa | 68-136 km |
| Szklane S | 85-96 GPa | 4500 MPa | 103-197 km |
| Węglowe | 40-460 GPa | 900-4500 MPa | 123-163 km |
| Aramidowe | 63- 130 GPa | 2550-3600 MPa | 161-257 km |



Włókno szklane



Włókno węglowe



Włókno aramidowe 18

Zbrojenie włóknem ciętym



Luźne włókno cięte



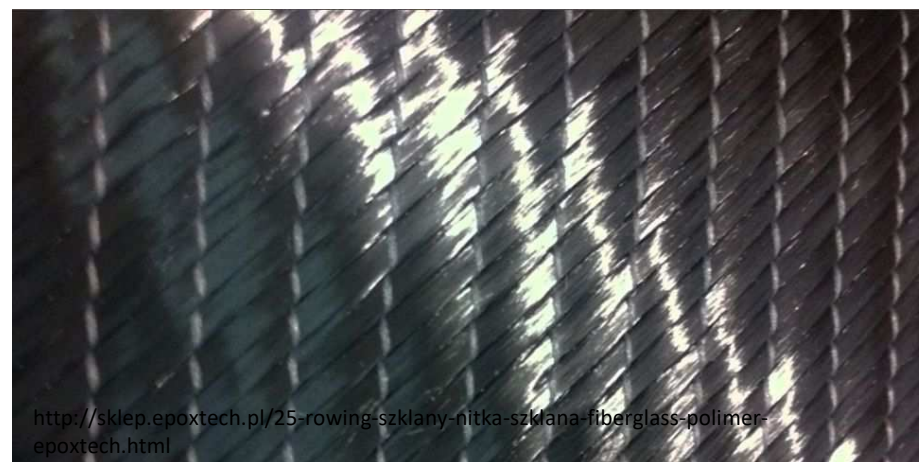
Mata

Zbrojenie włóknem ciągłym jednokierunkowym



<http://sklep.epoxtech.pl/25-rowing-szklany-nitka-szklana-fiberglass-polimer-epoxtech.html>

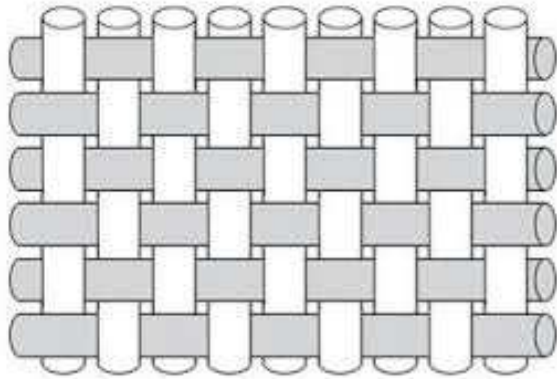
Roving



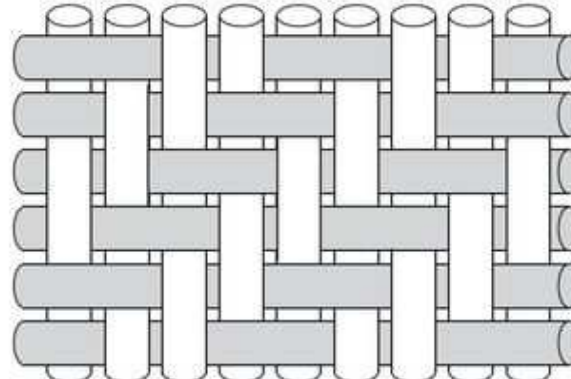
Tkaniny jednokierunkowe

Zbrojenie tkaninami dwukierunkowymi

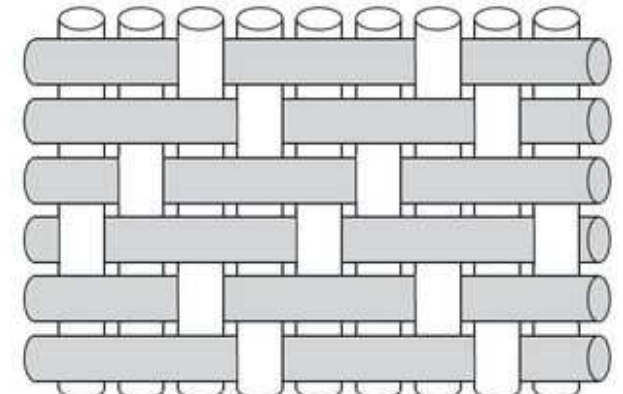
<http://m.polish.fiberglassfabric.com/quality-7929794d-high-strength-heat-resistant-fiberglass-fabric-fibreglass-cloth-plain-weave>



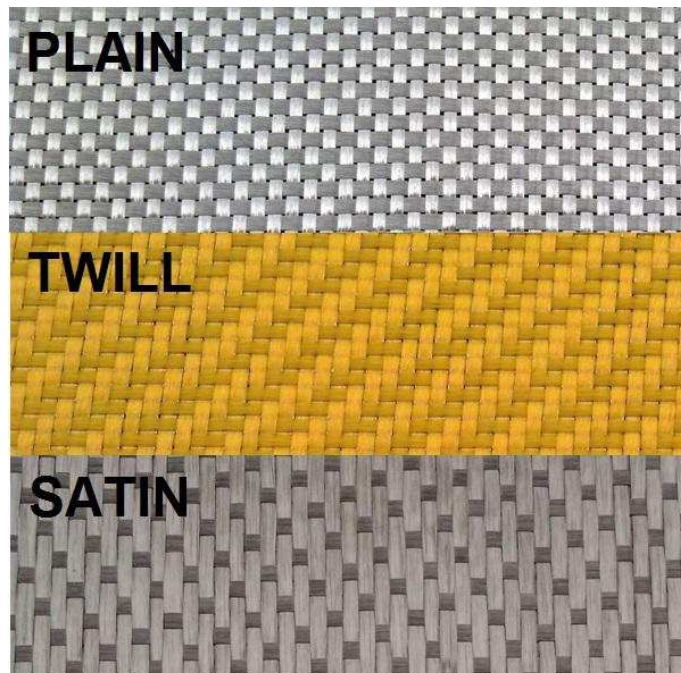
Tkanina płócienna (plain)



Tkanina skośna (twill)



Tkanina satynowa (satin)

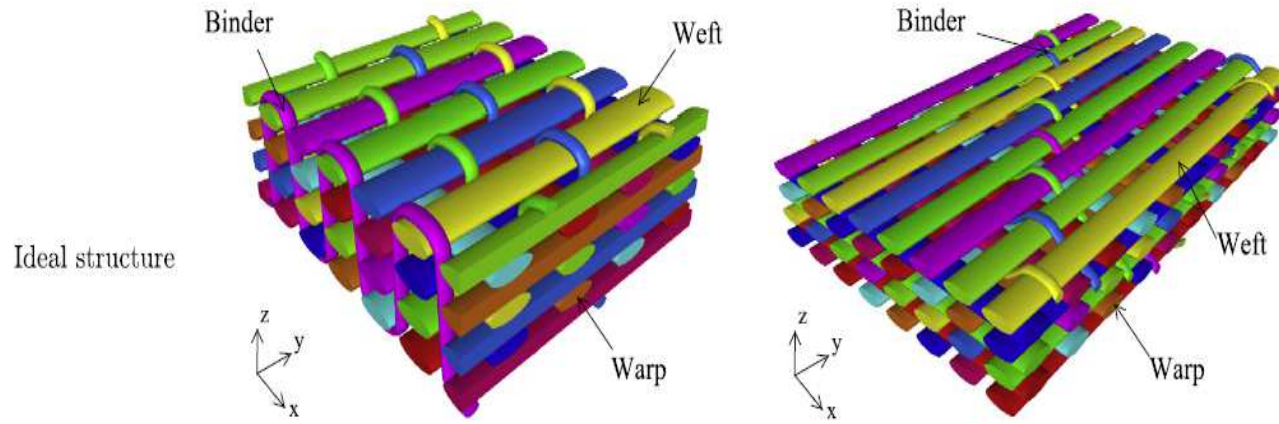


Tkaniny hybrydowe

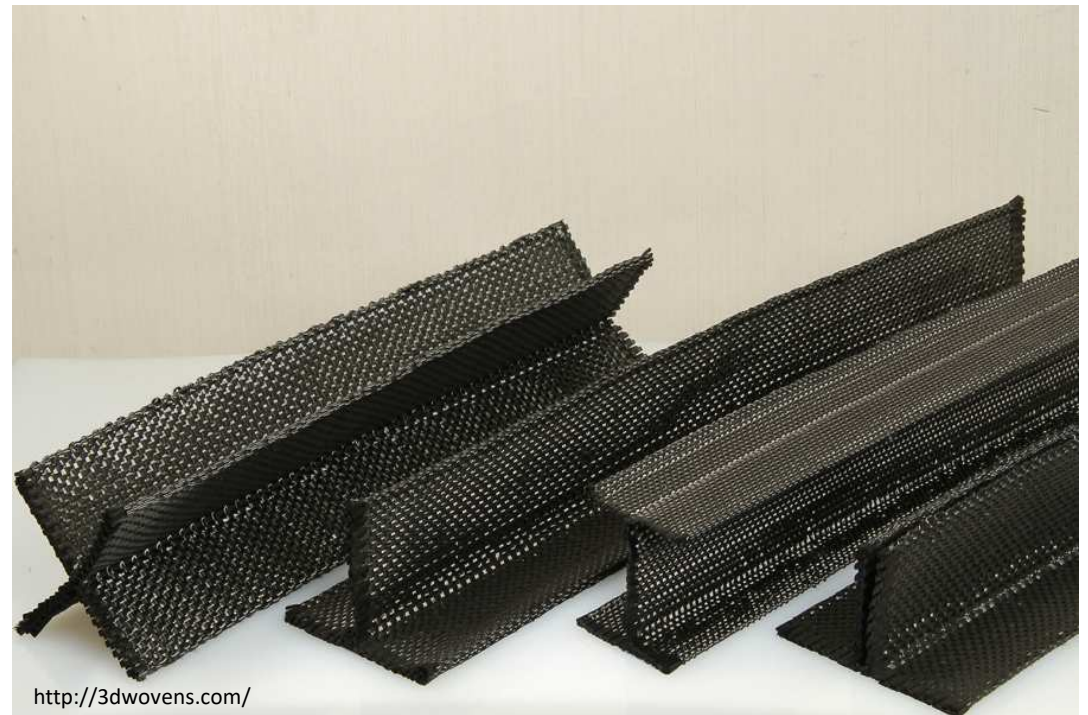


Tkanina hybrydowa węglowo-aramidowa

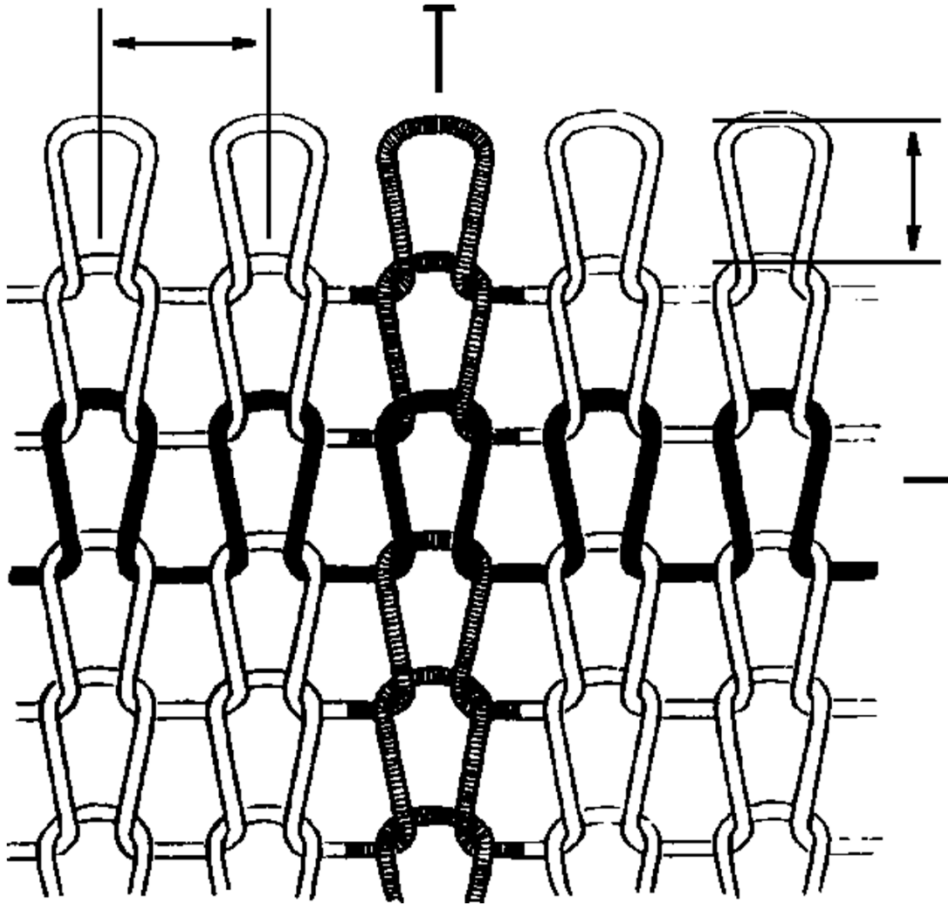
Sploty trójwymiarowe



S. Dai, P. R. Cunningham, S. Marshall, C. Silva, Open hole quasi-static and fatigue characterisation of 3D woven composites

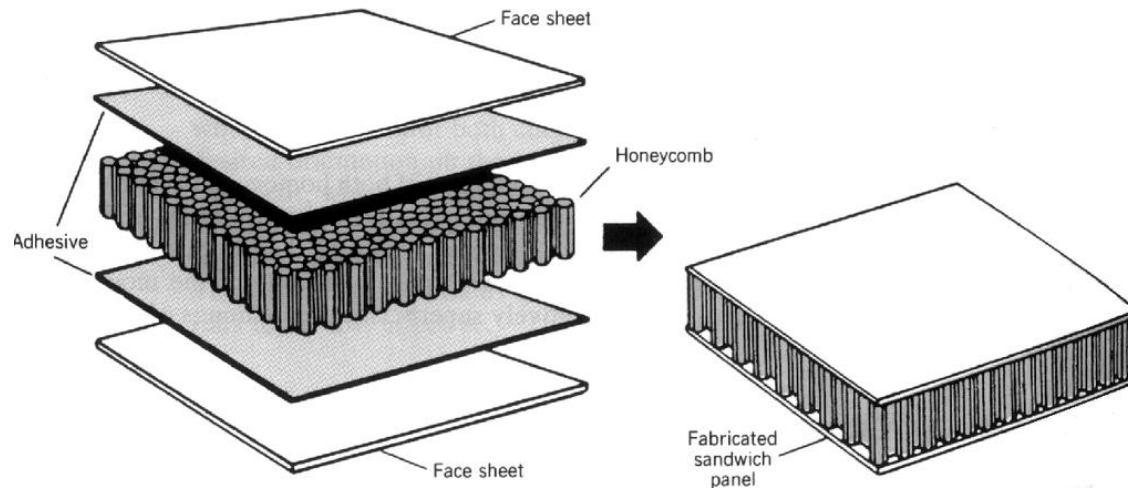


Knitting

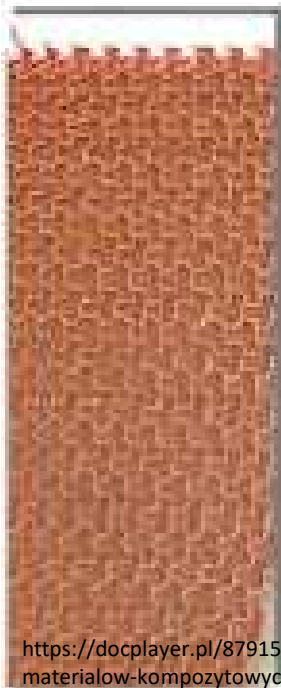


Reber et al., Environmental effects on the mechanical properties of plain weft knitted CF/PEEK and GF/PET composites

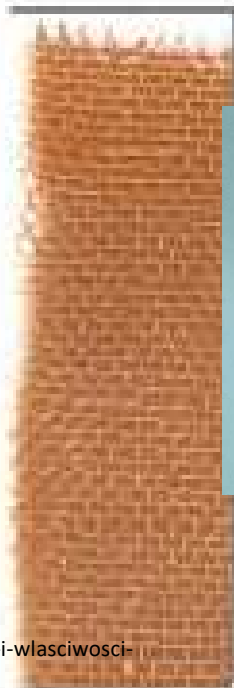
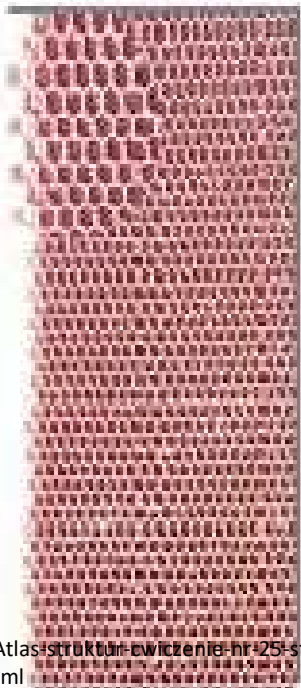
Struktury przekładkowe



<https://docplayer.pl/53745651-Definicja-materialu-kompozytowego.html>



<https://docplayer.pl/8791598-Atlas-struktur-owiczenie-nr-25-struktura-i-wlasciwosci-materialow-kompozytowych.html>



Nomex nasączony żywicą



<http://www.jag.pl/pl/oferta/sztywna-pianka-poliuretanowa.html>

Pianki poliuretanowe



[https://www.rchopez.com/products/Balsa-Stick-1000mm-x-5mm-x-5mm-BS101-\(Cut-into-2pcs-for-online-order-only\)/3485](https://www.rchopez.com/products/Balsa-Stick-1000mm-x-5mm-x-5mm-BS101-(Cut-into-2pcs-for-online-order-only)/3485)

Balsa

Struktury przekładowe c.d.



Porównanie właściwości

| Materiał | Gęstość [kg/m³] | Wytrzymałość [MPa] | Moduł E [GPa] |
|---|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Kompozyt szklano-epoksydowy jednokierunkowy | 1860 | 1100 | 43 |
| Kompozyt szklano-epoksydowy dwukierunkowy | 1860 | 600 | 20 |
| Kompozyt węglowo-epoksydowy jednokierunkowy | 1560 | 2000 | 130 |
| Kompozyt węglowo-epoksydowy dwukierunkowy | 1560 | 800 | 70 |
| Kompozyt aramidowo- epoksydowy jednokierunkowy | 1310 | 1100 | 60 |
| Kompozyt aramidowo- epoksydowy dwukierunkowy | 1310 | 500 | 30 |
| Stal 40HM | 7800 | 1050 | 200 |
| Stop aluminium PA7 | 2800 | 430 | 70 |

Porównanie właściwości c. d.

| Materiał | Wytrzymałość właściwa [MPa/(kg/m³)] | Sztywność właściwa [MPa/(kg/m³)] |
|---|---|--|
| Kompozyt szklano-epoksydowy jednokierunkowy | 0,59 | 23,12 |
| Kompozyt szklano-epoksydowy dwukierunkowy | 0,32 | 10,75 |
| Kompozyt węglowo-epoksydowy jednokierunkowy | 1,28 | 83,33 |
| Kompozyt węglowo-epoksydowy dwukierunkowy | 0,51 | 44,87 |
| Kompozyt aramidowo- epoksydowy jednokierunkowy | 0,84 | 45,80 |
| Kompozyt aramidowo- epoksydowy dwukierunkowy | 0,38 | 22,90 |
| Stal 40HM | 0,13 | 25,64 |
| Stop aluminium PA7 | 0,15 | 25,00 |