



INNOVATEX 2016

Łódź 12-13 października 2016

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Dr hab. inż. Janusz German
Profesor Politechniki Krakowskiej
Zakład Wytrzymałości Materiałów
Wydział Inżynierii Lądowej
<http://limba.wil.pk.edu.pl/~jg>



KOMPOZYTY WŁÓKNISTE OD EGIPCJAN I IZRAELITÓW, POPRZEZ XX WIEK, FORMUŁĘ 1 I DREAMLINERA

Konferencja Technicznych i Specjalistycznych Wyrobów Włókienniczych
Łódź 12-13 października 2016



TEMATY

Podstawowe informacje (1)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy



samolot kompozytowy I-23 (GFRP, PL)

rura z fibrobetonu (PL, PK)



Chevrolet Corvette Z51 (CFRP, GFRP...)



wzmocnienia belki teowej (CFRP)



press



TEMATY

Podstawowe informacje (2)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ materiał kompozytowy

- ♦ (łac. *compositus* = złożony) - materiał zbudowany z co najmniej dwóch różnych składników połączonych na poziomie makro/mikroskopowym w celu uzyskania nowego „lepszego” materiału

❖ własności „wypadkowe” kompozytu zależą od:

- ♦ własności faz składowych
- ♦ udziału objętościowego faz
- ♦ sposobu rozmieszczenia fazy rozproszonej w osnowie
- ♦ cech geometrycznych fazy rozproszonej





TEMATY

Podstawowe informacje (3)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ historia

- ◆ Egipcjanie (od ok. 3600 lat p.n.e.) - sklejka drewniana
- ◆ Izraelici (od XIII w. p.n.e.) – domy z bloków z mieszanki błotnej wzmocnionej słomą i końską sierścią
- ◆ średniowiecze - miecze i tarcze zbudowane z warstw różnych materiałów

❖ nowoczesne materiały kompozytowe

- ◆ okres II wojny światowej - włókna szklane
- ◆ lata 50-te XX wieku - niskomodułowe włókna węglowe
- ◆ lata 60-te XX wieku - wysokomodułowe włókna węglowe
- ◆ lata 70-te XX wieku włókna aramidowe (*KEVLAR*)



TEMATY

Podstawowe informacje (4)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Dlaczego kompozyty ?

- ♦ wysokie parametry wytrzymałościowe i sztywnościowe
- ♦ doskonałe własności mechaniczne
- ♦ możliwość najlepszego wykorzystania własności kierunkowych (anizotropia)
- ♦ mały ciężar właściwy



TEMATY

Podstawowe informacje (5)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Parametr	RODZAJ WŁÓKNA					stal
	szkło E	szkło S	grafit	Kevlar 49	boron	
Średnica [μm]	16	16	7-8	12	100-200	-
Ciężar właściwy ρ [kN/m^3]	25-25.5	24.5	13.8-18.6	14.1	25.5	78
Wytrz. na rozciąg. R [GPa]	1.7-3.5	2.5-4.8	1.7-2.8	2.3-3.6	3.5	0.5
Wytrz. właściwa R/ ρ [km]	68-136	102-196	123-163	163-255	137	6.4
Moduł Younga E [GPa]	72	86	230-250	120-125	400-410	210
Moduł właściwy E/ ρ [$\text{km} \times 10^3$]	2.8	3.5	12.4-18.1	8.5	16	2.7



powrót



TEMATY

Typy kompozytów (1)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ składniki kompozytu

- ♦ faza ciągła - matryca (osnową)
- ♦ faza rozproszona - zbrojenie

❖ typy kompozytów w zależności od rodzaju fazy rozproszonej

- ♦ kompozyty zbrojone cząstkami
- ♦ kompozyty zbrojone dyspersyjnie
- ♦ kompozyty zbrojone włóknami
- ♦ kompozyty strukturalne



TEMATY

Typy kompozytów (1.3)

TEMATY

Podstawowe informacje

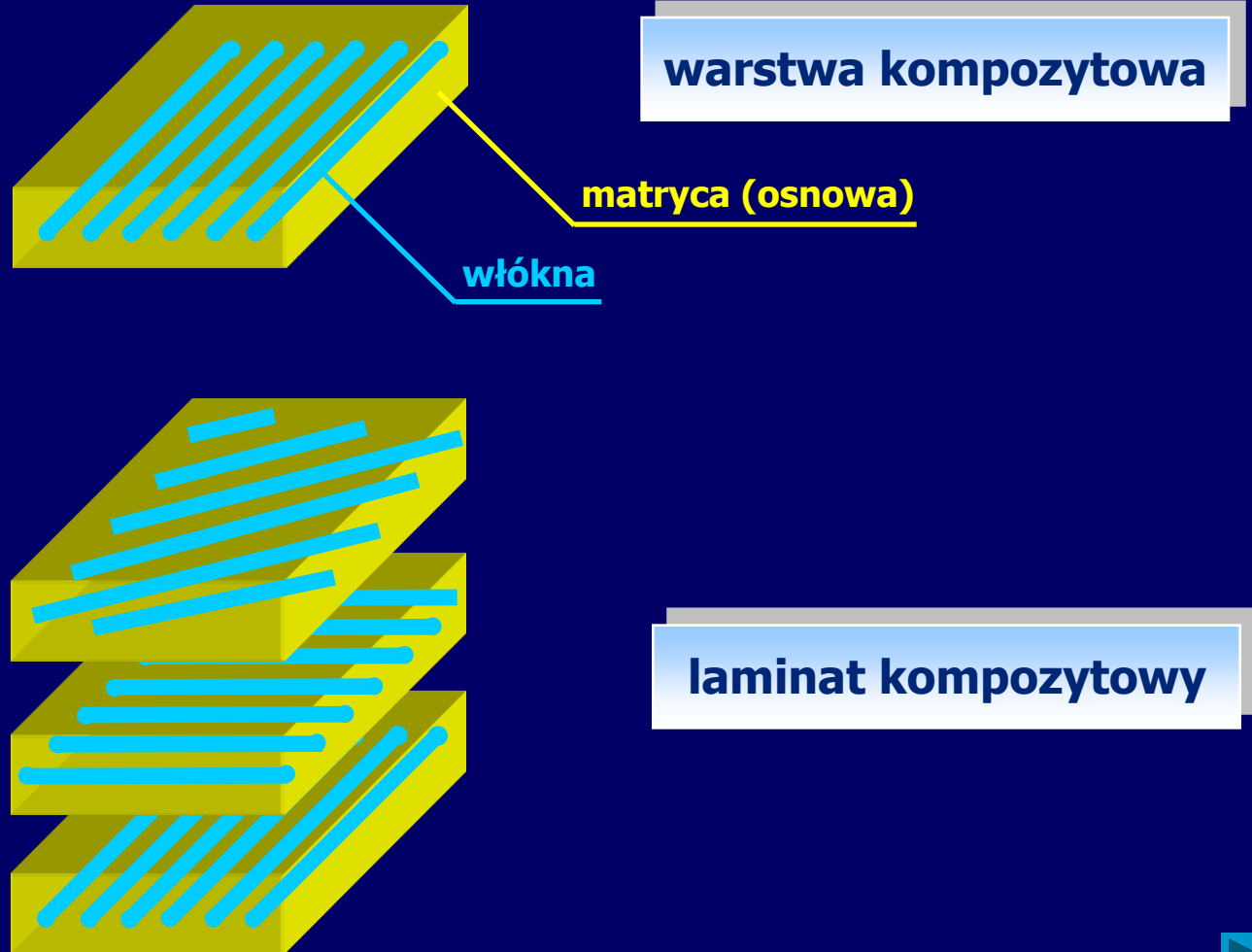
Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy





TEMATY

Typy kompozytów (1.4)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

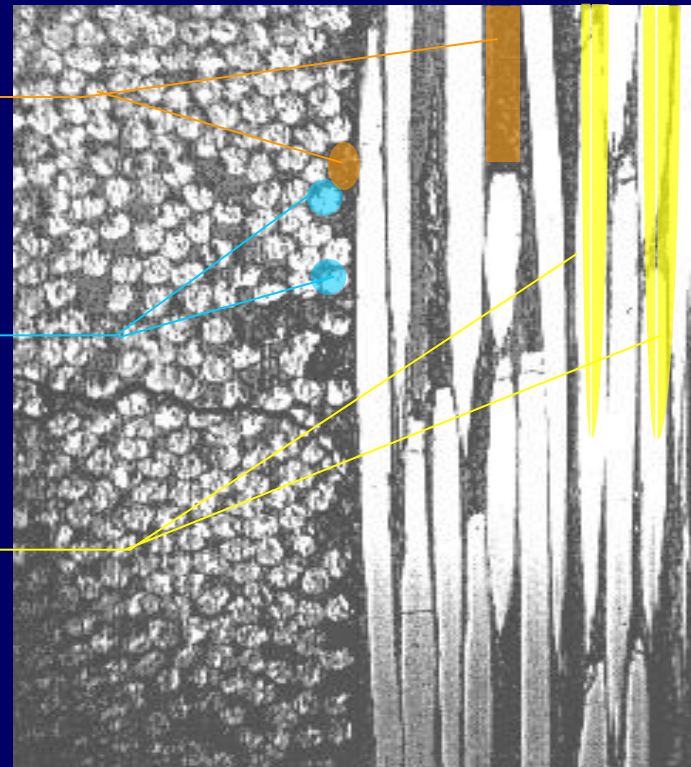
Perspektywy

❖ laminat krzyżowy $[0/90_2]_s$

matryca epoksydowa

włókna 90°

włókna 0°





TEMATY

Typy kompozytów (1.5)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ Kompozyt włóknisty

- ♦ **element nośny - włókna** w objętości 45-70% objętości kompozytu
- ♦ **matryca (metalowa lub polimerowa) - spoiwo łączące włókna**, zapewniające rozdział obciążenia zewnętrznego pomiędzy włókna, a także chroniące je przed czynnikami zewnętrznymi
- ♦ **podstawowe znaczenie praktyczne:** kompozyty włókniste o osnowach polimerowych
- ♦ **największa efektywność spośród materiałów kompozytowych** – **najlepsze własności mechaniczne i wytrzymałościowe przy najmniejszym ciężarze właściwym**



TEMATY

Typy kompozytów (1.5)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

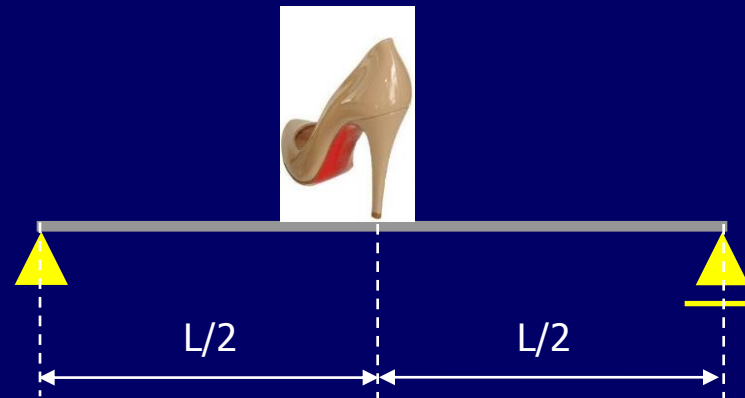
Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

- ❖ Nośność: próbka stalowa vs. próbka CFRP Torayca T300/Vicotex NCHR 174B



[powrót](#)



TEMATY Typy kompozytów (1.6)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ Kompozyt strukturalny

European Aeronautic Defence and Space Company EADS N.V.



**jednoczęściowe drzwi
(carbon/epoksyd)**

(drzwi do Airbus A330 i 340 produkują PZL Świdnik)

[powrót](#)



TEMATY

Włókna i matryce (1)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ typy włókien

- ◆ włókna szklane
- ◆ włókna grafitowe
- ◆ włókna węglowe
- ◆ włókna organiczne

❖ typy matryc

- ◆ matryce metalowe
- ◆ matryce polimerowe
 - matryce termoutwardzalne
 - matryce termoplastyczne



TEMATY

Wytwarzanie kompozytów (1)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ wytwarzanie kompozytów włóknistych

- ◆ metoda kontaktowa
- ◆ metoda natryskowa
- ◆ metoda ciągła wytwarzania prętów, rur i kształtowników
- ◆ metoda nawijania ciągłego włókien
- ◆ z taśm *prepreg* (PRE – imPREGnated)



TEMATY

Zastosowania (1) – główne dziedziny

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ elementy nowoczesnych lekkich konstrukcji

- samoloty wojskowe, eksperymentalne, cywilne
- karoserie samochodowe
- materiały i elementy dla medycyny

❖ sprzęt sportowo-rekreacyjny

- lekkie samoloty sportowe itp. (ILot Warszawa – I23)
- kadłuby lekkich łodzi
- baseny i brodziki
- narty, deski, rakiety tenisowe, sprzęt golfowy

❖ budownictwo

- maszty, słupy
- wzmocnienia konstrukcji
- zbiorniki, rurociągi
- konstrukcje mostowe



TEMATY

Zastosowania (7) – rurociągi GFRP

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy



[powrót](#)



TEMATY

Typy kompozytów (1.1)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

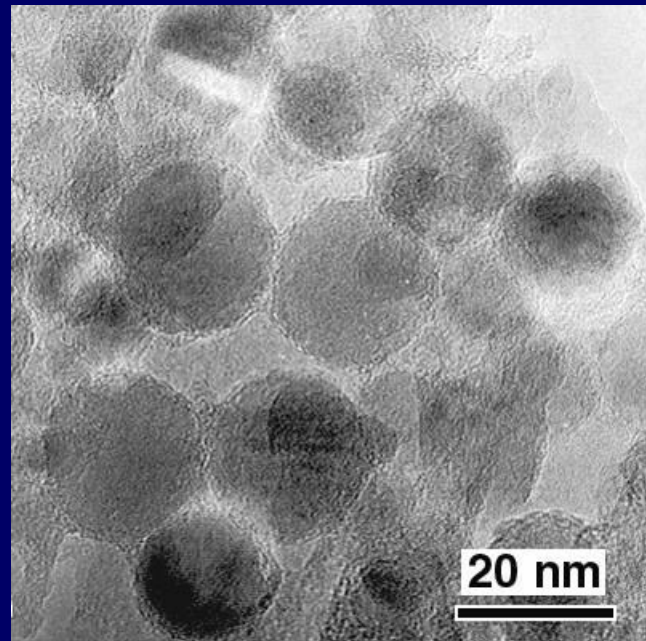
Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ kompozyty zbrojone cząstkami



- ♦ obciążenie przenoszą obie fazy
- ♦ mechanizm wzmocnienia: ograniczanie przez cząstki odkształceń matrycy
- ♦ wzmocnienie jest efektywne, jeśli:
 - udział cząstek przekracza 20% objętości kompozytu (niekiedy nawet 90%)
 - cząstki są równomiernie rozłożone w kompozycie
 - cząstki powinny być małe i regularne

Kompozyt ceramiczno-metalowy Al_2O_3 (korund)/Cu

[powrót](#)



TEMATY

Typy kompozytów (1.2)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

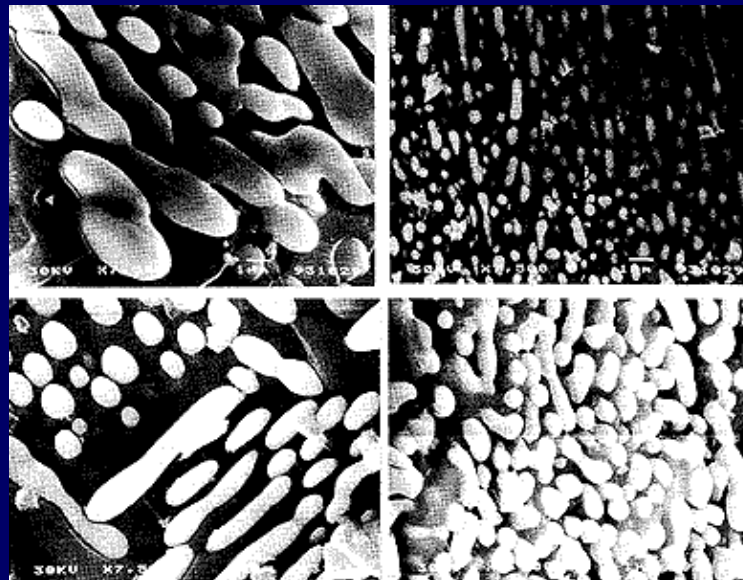
Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ kompozyty zbrojone dyspersyjnie



- ♦ metalowa osnowa wzmocniona cząstkami ceramicznymi lub metalicznymi w ilości do ok. 15% objętości kompozytu
- ♦ obciążenie przenosi głównie osnowa
- ♦ mechanizm wzmocnienia: utrudnianie przez rozproszone cząstki ruchu dyslokacji w osnowie
- ♦ wzmocnienie jest efektywne w wysokich temperaturach (do ok. 80% temp. topnienia)

Nanokompozyt ZrO_2 (cyrkonia)- Al_2O_3 (korund)-Fe

[powrót](#)



TEMATY

Włókna i matryce (1.1)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ włókna szklane

- ♦ najstarsze spośród włókien „nowoczesnych”, najtańsze i najczęściej stosowane
- ♦ typ „E” – gorsze własności mechaniczne (sprężyste, wytrzymałościowe, zmęczeniowe, udarowościowe, termiczne, reologiczne). niska cena, najczęściej stosowany
- ♦ typ „S” – lepsze parametry, ale wysoka cena, włókna stworzone dla zastosowań militarnych
- ♦ zastosowania: przemysł samochodowy, lotnictwo, elektrotechnika, szkutnictwo, budownictwo przemysłowe i in.

[powrót](#)



TEMATY

Włókna i matryce (1.2)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ włókna grafitowe

- ♦ większością parametrów przewyższają włókna szklane, ale znacznie droższe
- ♦ włókna „HS” – wysokowytrzymałe
- ♦ włókna „HM” – wysokomodułowe
- ♦ włókna „UHM” – ultrawysokomodułowe
- ♦ nazwy handlowe: Toray, AS
- ♦ zastosowania: przemysł samochodowy, lotnictwo, artykuły sportowe

[powrót](#)



TEMATY

Włókna i matryce (1.3)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ włókna węglowe

- ♦ należą do włókien grafitowych, ale o mniej porządkowanej strukturze właściwej dla krystalicznego grafitu
- ♦ w włóknach węglowych występują obszary o zaburzonej sieci krystalicznej, a nawet całkowicie jej pozbawione
- ♦ w porównaniu z włóknami grafitowymi mają one gorsze własności mechaniczne, ale są od nich tańsze

[powrót](#)



TEMATY

Włókna i matryce (1.4)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ włókna organiczne

- ♦ najstarsze włókna kompozytowe: bawełna, juta, sizal, włókna bananów (słabe parametry mechaniczne)
- ♦ nowoczesne włókna aramidowe (Nomex, Kevlar, Kevlar 29 i Kevlar 49)
- ♦ zastosowania: przemysł samochodowy, lotnictwo, sprzęt sportowy (narty, łodzie wyczynowe, sprzęt golfowy)
- ♦ włókna aramidowe wykazują najlepsze własności mechaniczne, ale są najdroższe. Często używane łącznie z włóknami grafitowymi lub szklanymi typu E (rozsądny kompromis parametrów mechanicznych i ceny)

[powrót](#)



TEMATY

Wytwarzanie kompozytów (2)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ metoda kontaktowa

- ♦ "chałupnicza", ręczna metoda wytwarzania kompozytów włóknistych.
- ♦ produkcja elementów powierzchniowych w krótkich seriach lub pojedynczych egzemplarzach, od których nie jest wymagana duża wytrzymałość i trwałość, ani też jednorodność kolejnych wytworzonych elementów.
- ♦ zbrojenie: maty i tkaniny „przycięte” tak, aby odwzorowały kształt produkowanego elementu.
- ♦ kolejne warstwy tkaniny nasącza się żywicą poliestrową lub epoksydową i układa na sobie w odpowiedniej formie umożliwiającej uzyskanie pożądanego kształtu.
- ♦ o jakości produktu finalnego decydują przede wszystkim jakość formy oraz kwalifikacje producenta

[powrót](#)



TEMATY

Wytwarzanie kompozytów (3)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ metoda natryskowa

- ♦ udoskonalona i zmechanizowana odmiana metody kontaktowej - formowanie ręczne zastąpiono formowaniem przy użyciu pistoletu, umożliwiającemu jednoczesne nanoszenie na formę zarówno żywicy, jak i włókien w odpowiednich proporcjach
- ♦ włókna mają postać taśm składających się z wielu pojedynczych włókien, połączonych specjalnym lepiszczem i pociętych na krótkie pasemka (tzw. cięty roving)
- ♦ metoda efektywniejsza i prostsza w stosowaniu od metody ręcznej, ale wykazuje te same wady
- ♦ elementy nie są jednorodne, mają stosunkowo małą wytrzymałość, a ich jakość jest trudna do przewidzenia

[powrót](#)



TEMATY

Wytwarzanie kompozytów (3)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

❖ metoda ciągła wytwarzania prętów, rur i kształtowników

- ♦ automatyczna produkcja elementów o stałym przekroju
- ♦ zbrojenie : taśma składająca się z wiązki równoległych włókien połączonych lepiszczem (tzw. ciągły roving)
- ♦ taśmy z rovingiem przechodzą przez wannę z żywicą termoutwardzalną, impregnującą włókna i pełniącą rolę matrycy i przeciągane są przez stalowy tłocznik, nadający elementowi wstępny kształt oraz kontrolujący właściwy skład kompozytu
- ♦ "półprodukt" przeciągany jest przez kolejny, bardzo precyzyjny tłocznik nadający ostateczny kształt przekroju poprzecznego. Układ grzewczy tłocznika inicjuje proces utwardzania żywicy
- ♦ prędkością produkcji sterują przeciągarki, ciągnące pręt (prędkość sięga kilkudziesięciu m/godz.)



[powrót](#)



TEMATY Wytwarzanie kompozytów (4)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

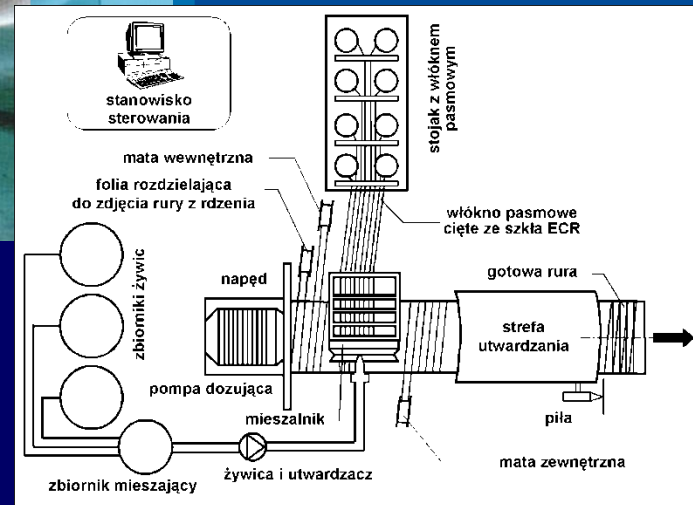
Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Linia produkcyjna rur z kompozytu GFRP (metoda nawijania ciągłego – technologia Drostholm)



powrót



TEMATY

Wytwarzanie kompozytów (5)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

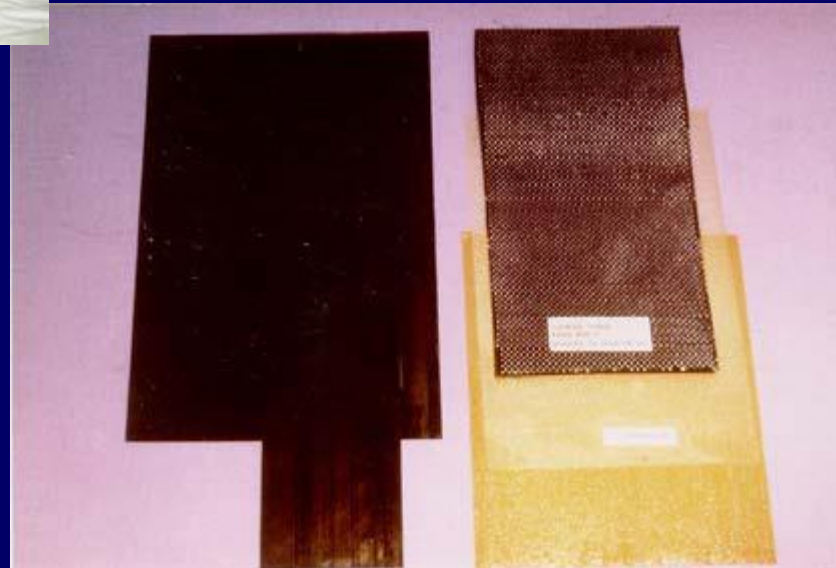
Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

taśma „prepreg” kompozytu jednokierunkowo zbrojonego i tkaniny





TEMATY

Wytwarzanie kompozytów (6)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

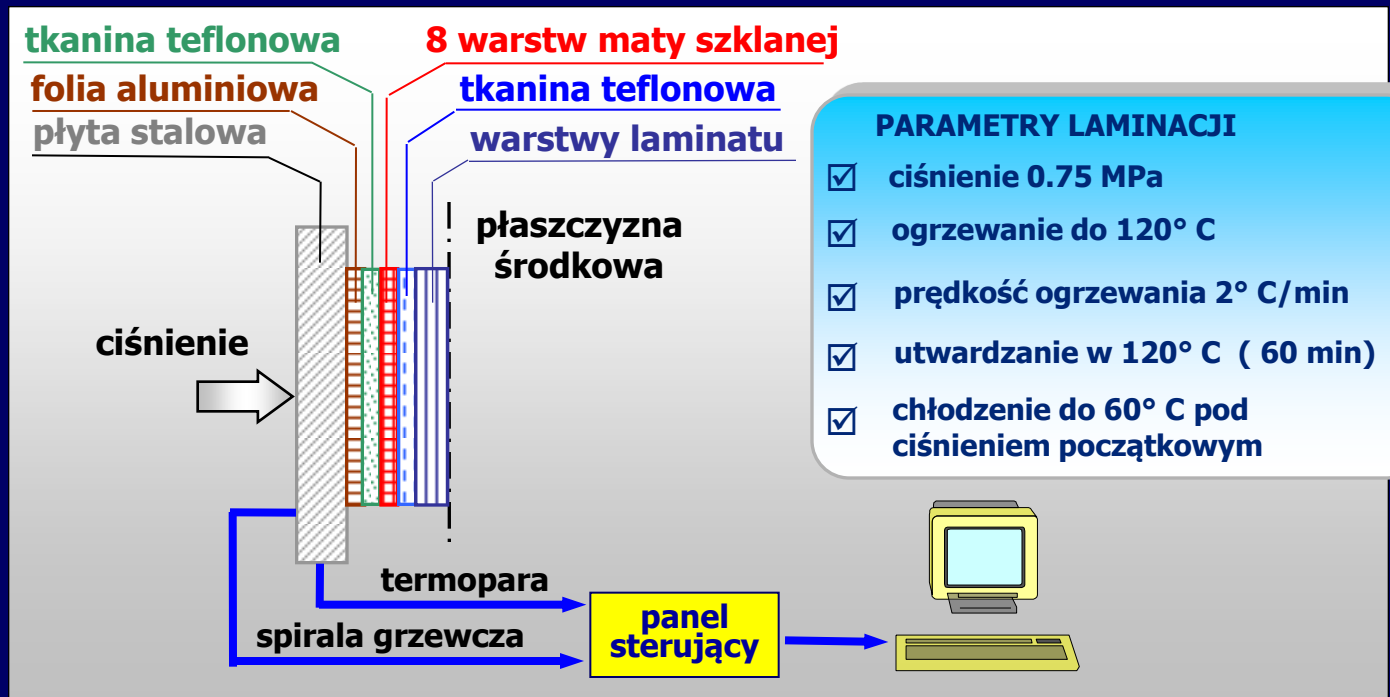
Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

**taśma „prepreg” kompozytu jednokierunkowego
CIBA-GEIGY VICOTEX NCHR 174B/37/132
włókno węglowe Torayca T300 w osnowie epoksydowej**



powrót



TEMATY

Zastosowania (1) – Voyager (1984)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy



Lot dookoła świata (dystans 40 212 km) zakończył się po 9 dniach, 3 minutach i 44 sekundach – 23 grudnia 1986



National Air and Space Museum, Waszyngton

[powrót](#)



TEMATY

Zastosowania - PZL I-23 Manager (oblot - 1999)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy



Projekt Instytut Lotnictwa Warszawa, produkcja PZL Świdnik

[powrót](#)



TEMATY

Zastosowania (6) – Chevrolet Corvette

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Model 1954 (włókno szklane)



Model Stingray 2016 (różne kompozyty)



TEMATY

Zastosowania (7) – bolidy F1

TEMATY

Podstawowe informacje

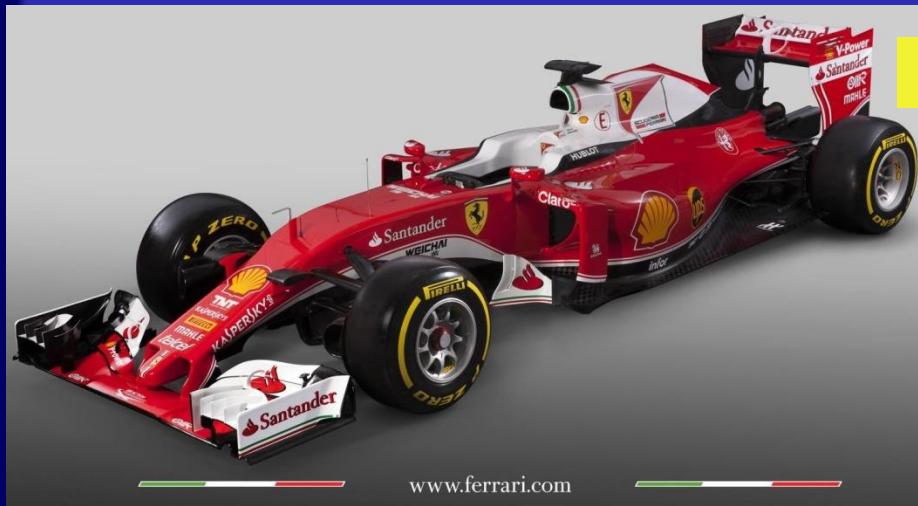
Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

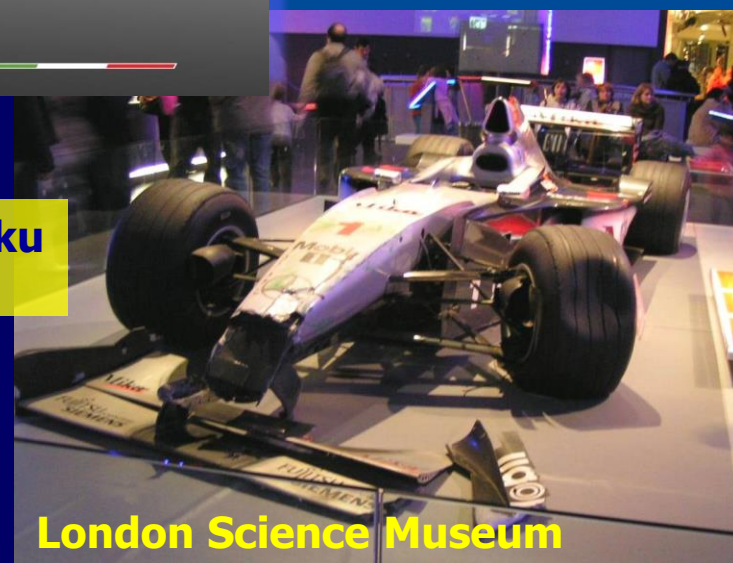
Zastosowania

Perspektywy



Ferrari 2016

McLaren/Mercedes po wypadku (v=333 km/h, 1999, M. Hakinen)



London Science Museum



TEMATY

Zastosowania (8) – monocoque F1

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

McLaren MP4/1 1981 (carbon/epoksyd)



chassis Sauber 2011 (carbon/epoksyd)



TEMATY

Zastosowania (9) – monocoque F1

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

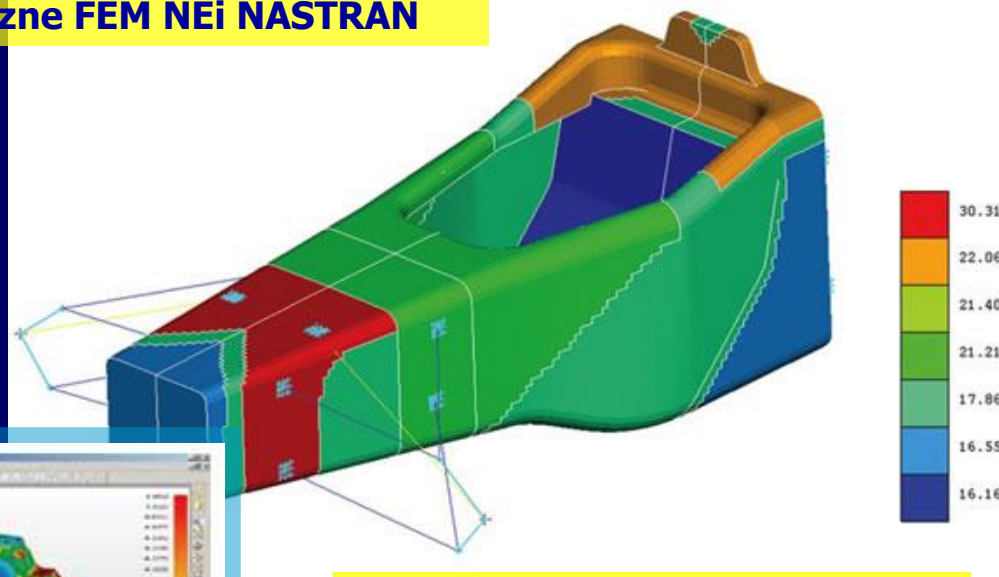
Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

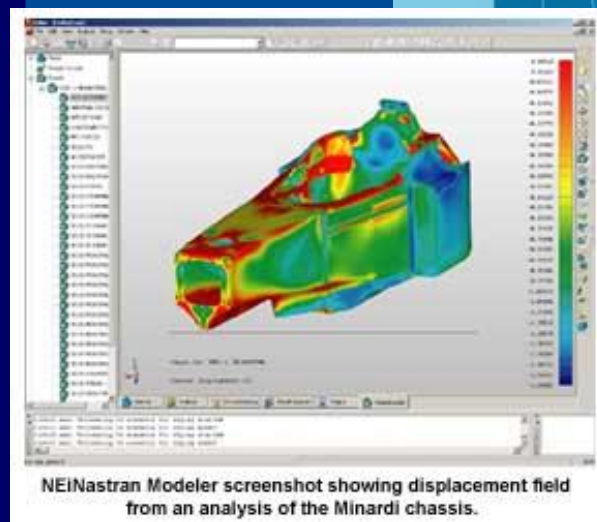
Zastosowania

Perspektywy

Symulacje numeryczne FEM NEI NASTRAN



Optymalizacja grubości
(18% zmniejszenie masy)



Analiza przemieszczeń



powrót



TEMATY

Zastosowania (2) – Boeing 747-400 (oblot -1988)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy



hamulce
(carbon/epoksyd)

panele podłogowe
(carbon/epoksyd)

lotka skrzydła „winglet” (grafit/epoksyd)





Zastosowania (3) – Airbus A380 (oblot - 2006)

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

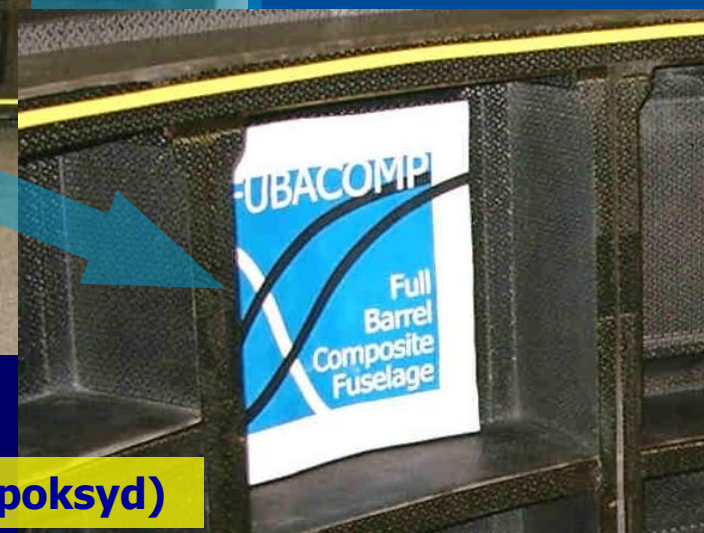
Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

European Aeronautic Defence and Space Company EADS N.V.



jednoczęściowe drzwi (carbon/epoksyd)

(drzwi do Airbus A330 i 340 produkują PZL Świdnik)



Zastosowania (4) – Boeing 787-Dreamliner

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy





TEMATY

Zastosowania (5) – Boeing 787-Dreamliner

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

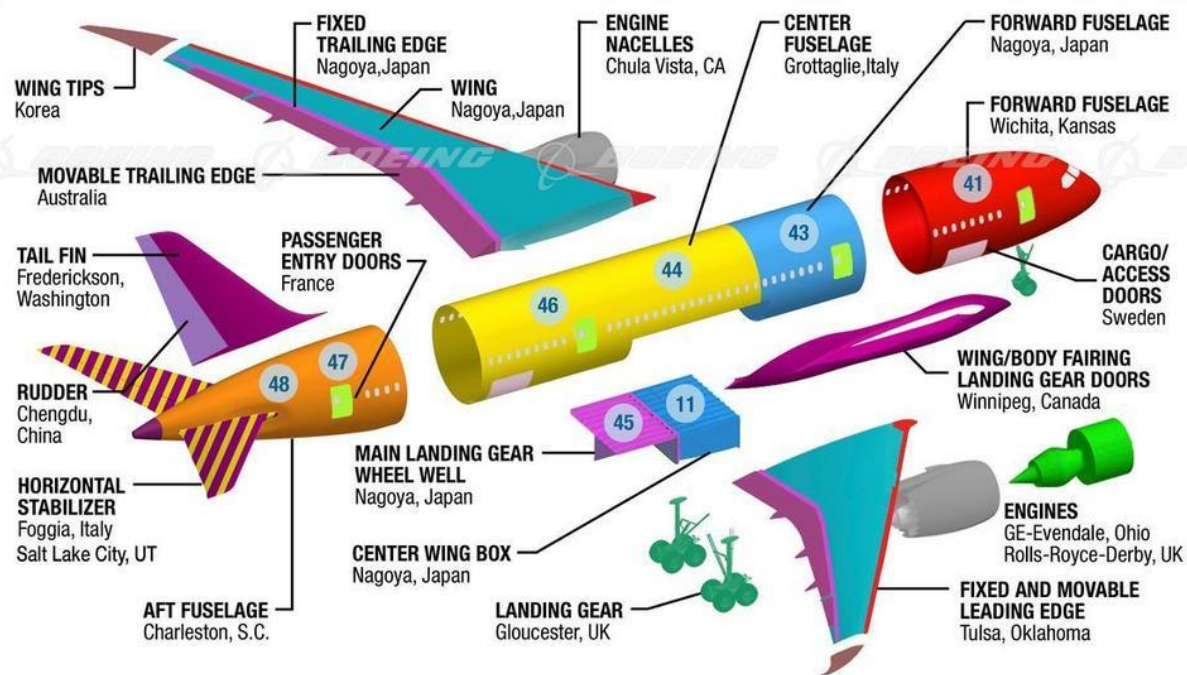
Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

THE COMPANIES

U.S.	CANADA	AUSTRALIA	ASIA	EUROPE
Boeing	Boeing	Boeing	Kawasaki	Messier-Dowty
Spirit	Messier-Dowty		Mitsubishi	Rolls-Royce
Vought			Fuji	Latecoere
GE			KAL-ASD	Alenia
Goodrich			Chengdu Aircraft Industrial	Saab



press



TEMATY

The headlines – Boeing 787-Dreamliner

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

- The 787 materials (by weight) 50% and (by volume) 80% are composites (approx. 32 T of CFRP, made with 21 T of CF).
- The 787 Dreamliner uses a variety of advanced materials:
 - 50% CFRP, in the fuselage, wings, tail, and interior components
 - 20% aluminum, primarily on the wing and tail leading edges
 - 15% titanium, primarily in the engines
 - 10% steel
 - 5% other materials
- By replacing aluminum with CFRP, the overall weight of the aircraft is significantly reduced. The improved strength of the CFRP allows the cabin pressure to be increased, allowing for improved passenger comfort.





TEMATY

The headlines – Boeing 787-Dreamliner

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

- Carbon-fiber composites are prone to delamination if moisture or corrosive elements enter the composite matrix.
- Failure modes in CFRP components are less predictable than in aluminum. Crack growth in aluminum is relatively linear after initiation, and can be easily detected visually or with standard non-destructive inspection techniques. **PRESS 1**
- Boeing has introduced a specific maintenance program called "GoldCare" designed to regularly inspect and repair the 787. This program is operated by Boeing, rather than third party inspection service companies that are currently used by airlines.

PRESS 2



[powrót](#)



TEMATY

The headlines – Boeing 787-Dreamliner

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

- Carbon-fiber composites are prone to delamination if moisture or corrosive elements enter the composite matrix.
- Failure modes in CFRP components are less predictable than in aluminum. Crack growth in aluminum is relatively linear after initiation, and can be easily detected visually or with standard non-destructive inspection techniques.
- Boeing has introduced a specific maintenance program called "GoldCare" designed to regularly inspect and repair the 787. This program is operated by Boeing, rather than third party inspection service companies that are currently used by airlines.

"We made too many changes at the same time – new technology, new design tools and a change in the supply chain – and thus outran our ability to manage it effectively for a period of time", the company (Boeing, 2011) said. "In short, we have learned, and we are applying our learning."



[powrót](#)



TEMATY Perspektywy (1)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy



Raport OTA:

„New Structural Materials Technologies: Opportunities for the Use of Advanced Ceramics and Composites”



STAT-USA (Economics and Statistics Administration, U.S. Department of Commerce)

„An Overview of New Applications in Composite Materials”



TEMATY Perspektywy (2)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

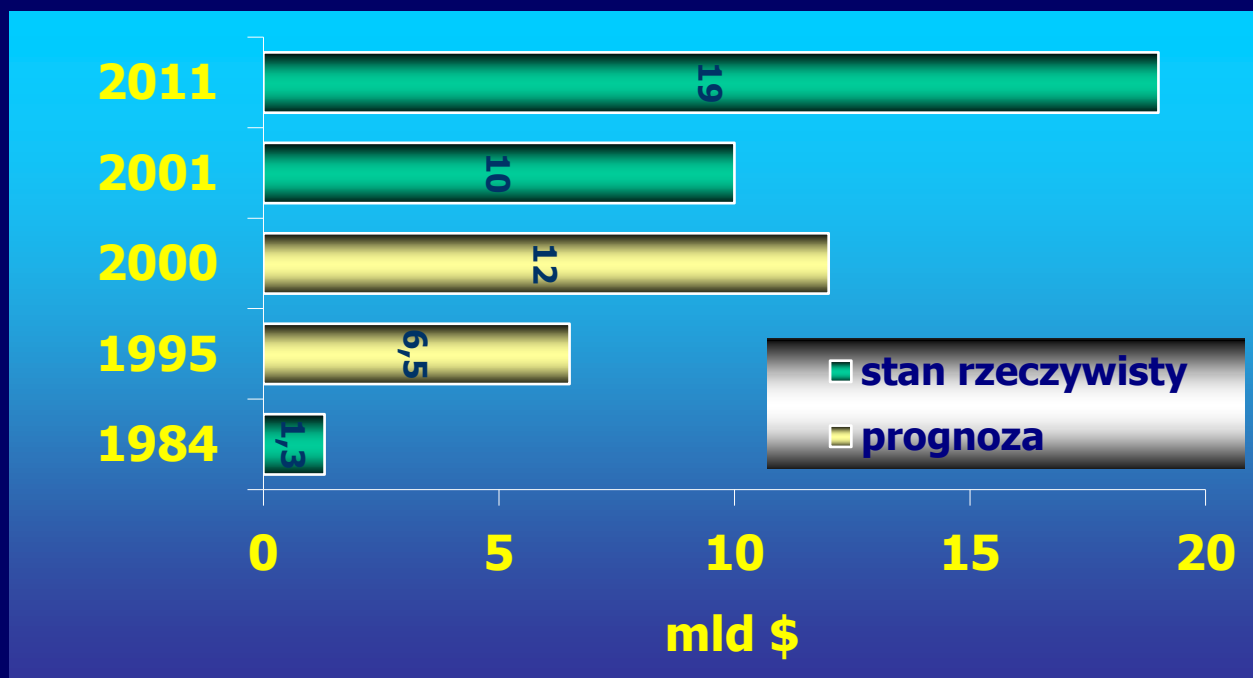
Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Światowy rynek materiałów kompozytowych 1984-2011 w mld \$

(rok 2011 wg LUCINTEL Global Management Consulting and Market
Research Firm)





TEMATY Perspektywy (3)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

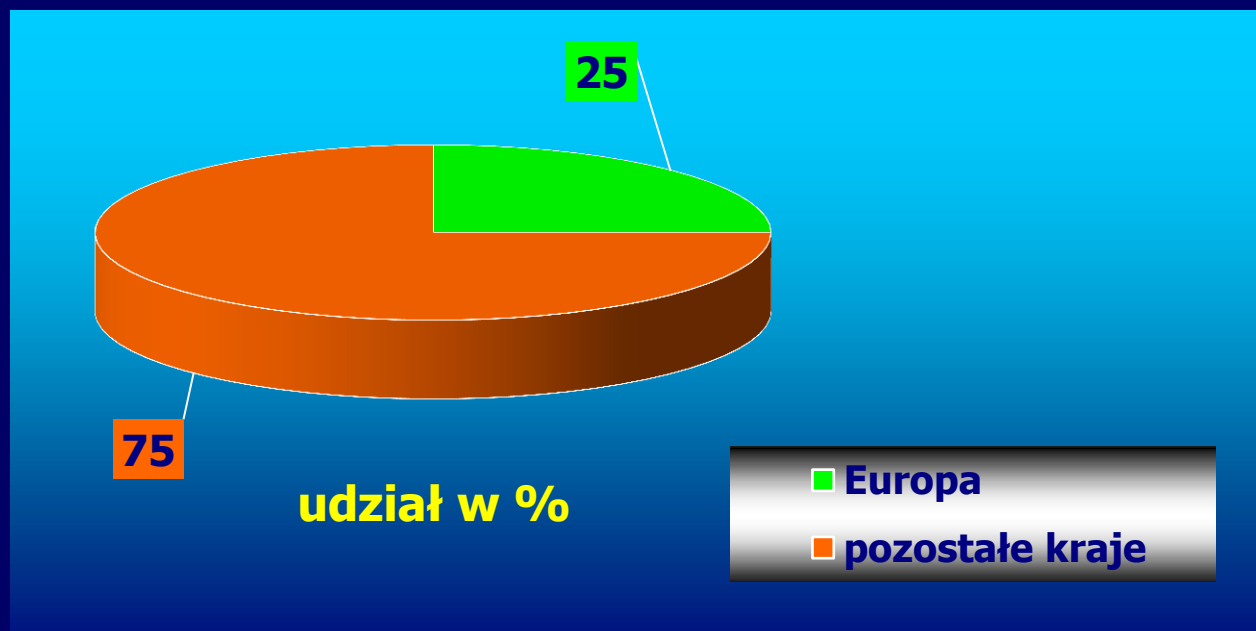
Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Światowy rynek zaawansowanych materiałów kompozytowych w %





TEMATY Perspektywy (4)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Perspektywiczne gałęzie zastosowań PMC (Plastic Matrix Composites)

❖ przemysł lotniczy

- ♦ motywacja: **zmniejszenie ciężaru o 1 Funt (0,454 kG) daje zysk 100-300\$ w okresie eksploatacji maszyny** (ciężar 100 T, redukcja ciężaru 1% = 1000 kG, zysk na 1 egz. ~ 450 tys. \$, produkcja ~1500 egz. = 670 mln \$)
- ♦ wzrost ok. 6% rocznie (globalny wzrost w latach 1995-2010 GFRP ~30%, CFRP ~250%)
- ♦ włókna węglowe, grafitowe, szkło HS, Kevlar49



TEMATY Perspektywy (7)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Perspektywiczne gałęzie zastosowań PMC

- ❖ **przemysł środków transportu, przemysł maszynowy**
 - ♦ **motywacja: zmniejszenie ciężaru, obniżenie kosztów wprowadzania nowych modeli pojazdów**
 - ♦ **kompozytowe karoserie na lekkich metalowych ramach przestrzennych**
 - ♦ **lekkie i wytrzymałe wały napędowe i resory**
 - ♦ **bariery: „nietechnologiczność” produkcji, mniejsze możliwości produkcji masowej w porównaniu z obecnymi metodami produkcyjnymi**



TEMATY Perspektywy (8)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Perspektywiczne gałęzie zastosowań PMC (Plastic Matrix Composite)

❖ budownictwo i konstrukcje

- ♦ rurociągi (USA – ok. 30% rynku), zbiorniki (USA- ok. 40% rynku z perspektywą 80%)
- ♦ turbiny elektrowni wiatrowych (80% rynku – wzrost produkcji GFRP w 2000 o 50% !!! (DK), w latach 2007-10 załamanie rynku USA)
- ♦ konstrukcje sprężone (ciągną GFRP, CFRP)
- ♦ wzmocnienia konstrukcji mostowych (USA – mosty autostradowe >50 lat, mosty kolejowe >85 lat)
- ♦ wyposażenie budynków (okna, drzwi, łazienki itp.)
- ♦ lekkie, sztywne i wytrzymałe kształtowniki

PRESS



TEMATY Perspektywy (9)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Prognozowane główne kierunki badawcze

- ❖ inżynieria procesowa, technologie produkcyjne
- ❖ doskonalenie dotychczasowych materiałów, nowe materiały (nanokompozyty)
- ❖ odporność uderowa
- ❖ delaminacja, procesy międzyfazowe
- ❖ modele wytrzymałościowe
- ❖ kumulacja uszkodzeń, pękanie, zmęczenie
- ❖ wpływ na środowisko
- ❖ lepkość, pełzanie, zniszczenie przy pełzaniu



TEMATY Perspektywy (8.1)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

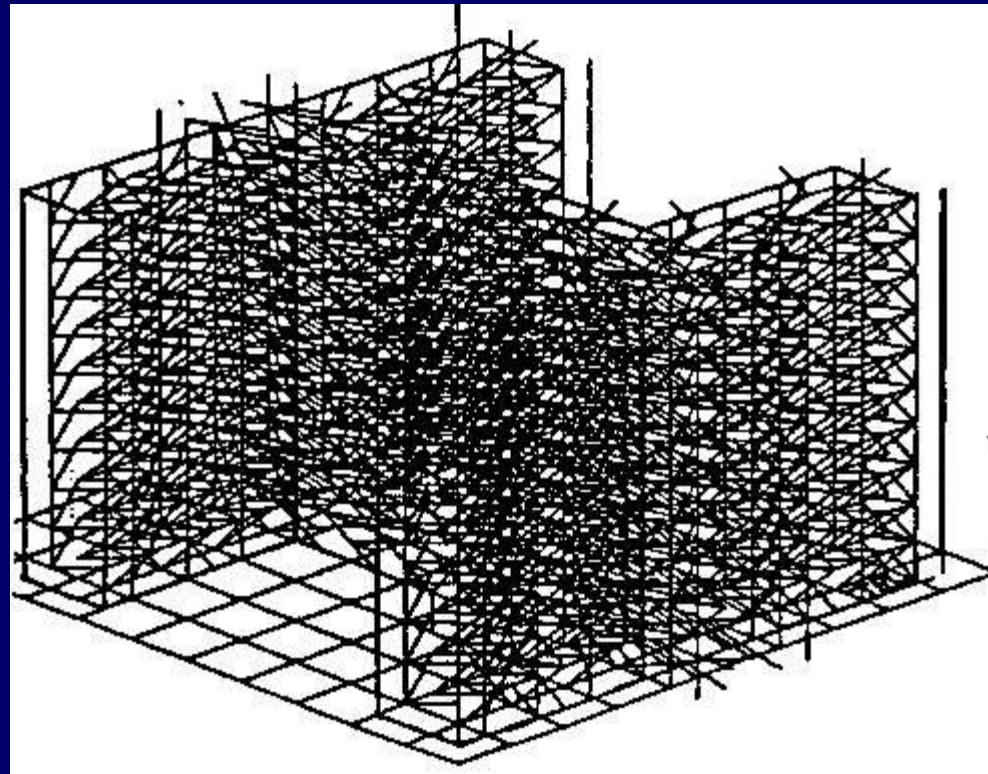
Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Kompozytowa belka dwuteowa (symulacja komputerowa)





TEMATY Perspektywy (8.2)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

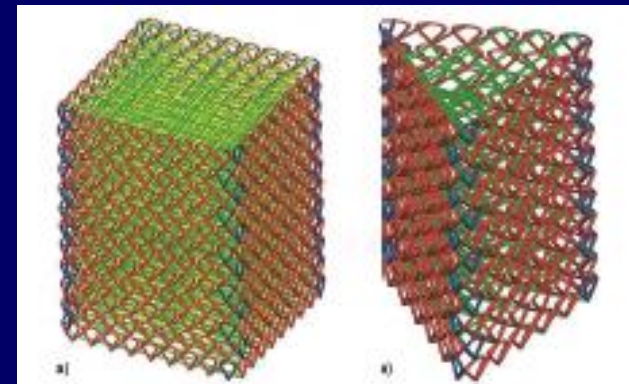
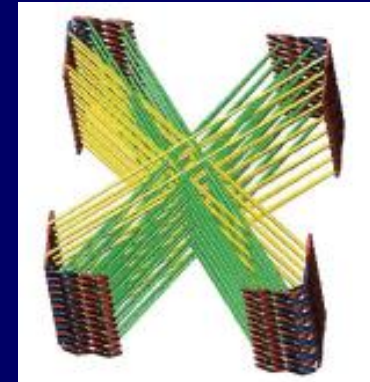
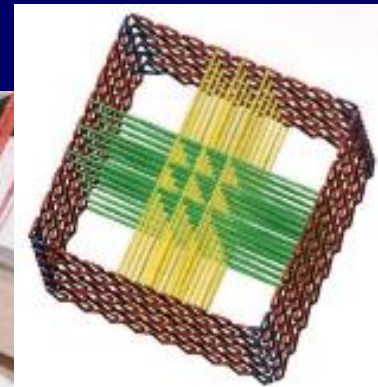
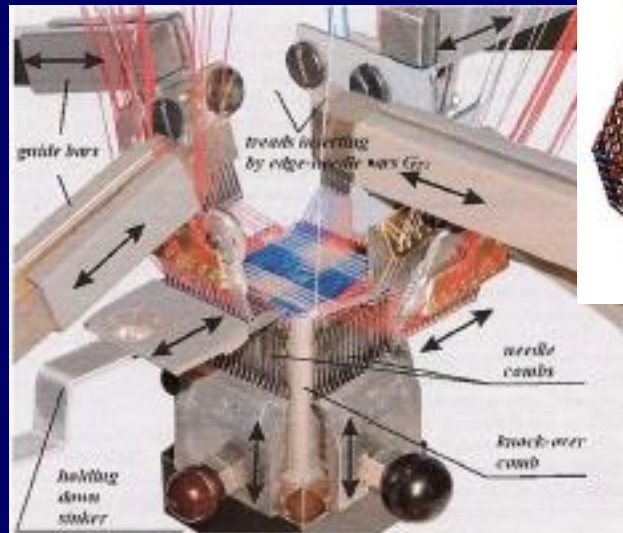
Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Struktury 3-D symulacja komputerowa (Politechnika Łódzka, 2010)



[powrót](#)



TEMATY

Zastosowania (8) – mosty, kładki

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

ciągna z włókien węglowych w obiektach mostowych



Stork (CH) 1996



Laroin (F) 2008

powrót



TEMATY

Zastosowania (1) – słupy

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy



podpory pod linie wysokiego napięcia (CH)

słup żelbetowy

5.8 t

12 t

słup sprężony
ciągami węglowymi



podpory elektrowni wiatrowych (DK)

[powrót](#)



TEMATY

Zastosowania (2) – słupy, wirniki

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

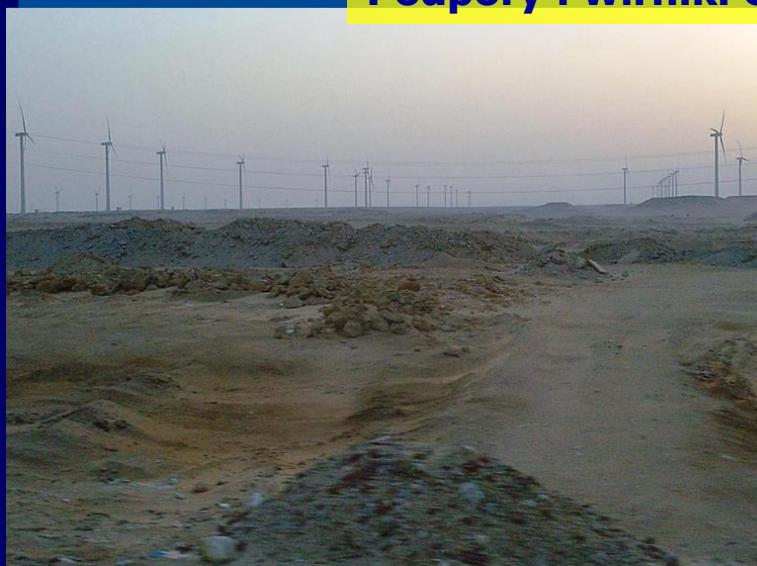
Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

Podpory i wirniki elektrowni wiatrowych (Egipt)



Podpory i wirniki elektrowni wiatrowych (Kreta)



[powrót](#)



TEMATY

Zastosowania (3) – możliwe wzmocnienia

TEMATY

Podstawowe informacje

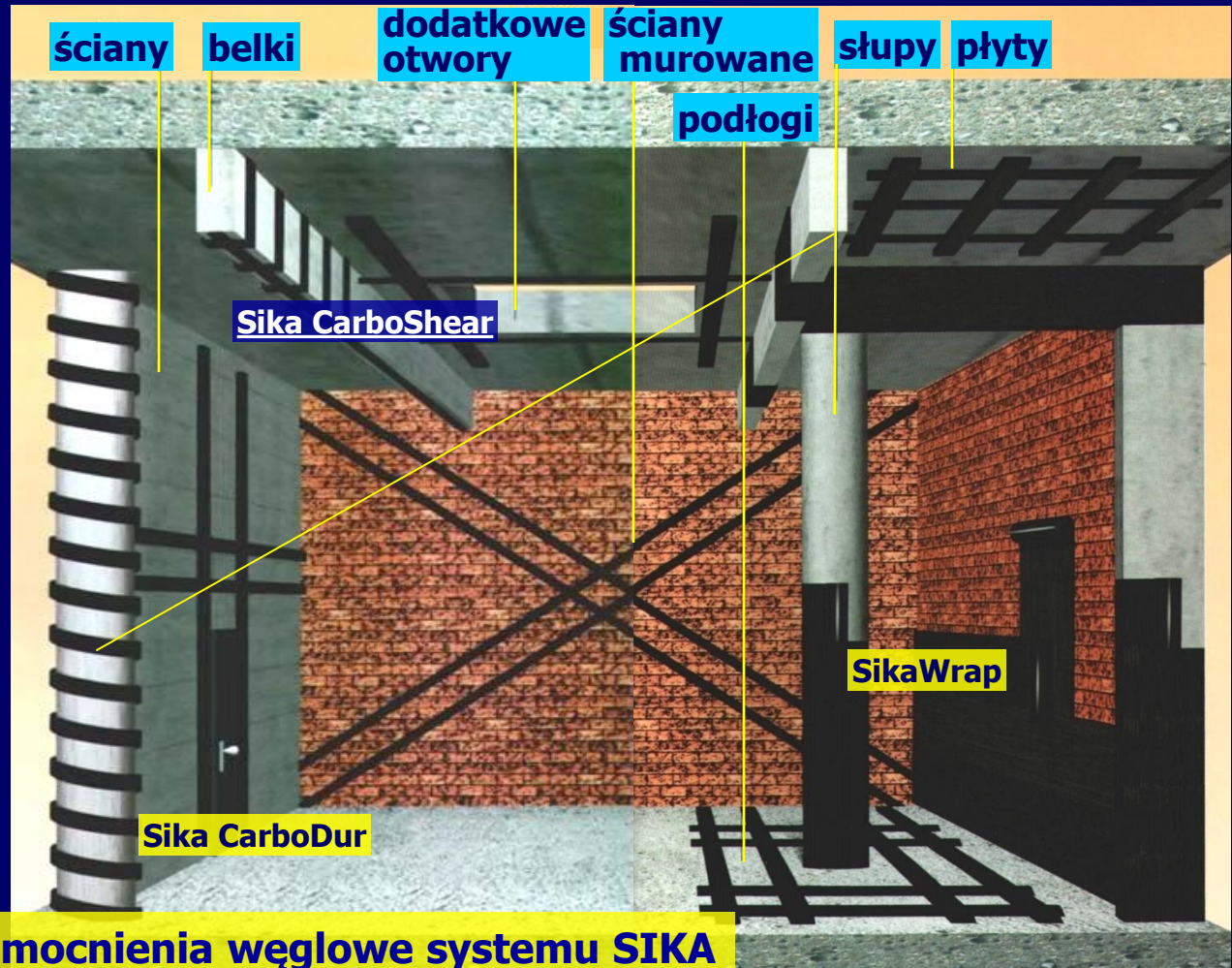
Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy





Zastosowania (4) – wzmocnienia CarboShear

TEMATY

Podstawowe informacje

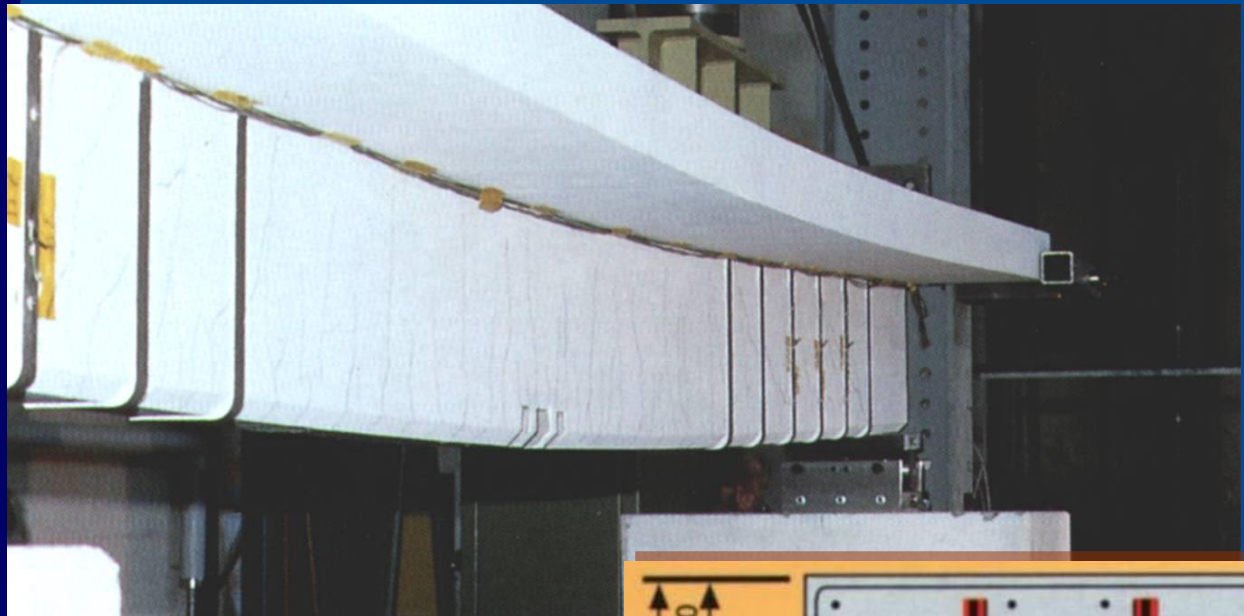
Typy kompozytów

Włókna i matryce

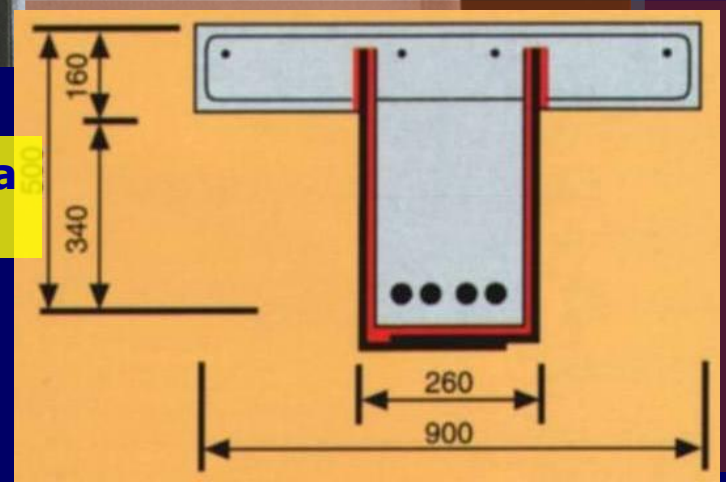
Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy



wzmocnienia strefy ścianania w belce teowej





Zastosowania (5) – wzmocnienia mostów

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

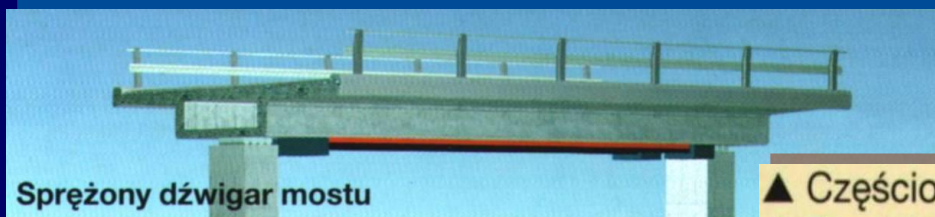
Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

sprężenie dźwigaru mostowego



- ▲ Częściowe zamknięcie rys i pęknięć
- ▲ Zmniejszenie naprężeń w stali zbrojeniowej
- ▲ Zwiększenie żywotności oraz bezpieczeństwa konstrukcji



TEMATY

Zastosowania (6) – wzmocnienia mostów

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

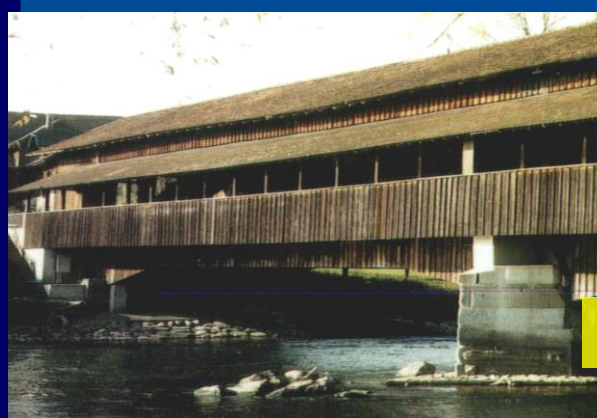
Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

most w Przemyślu nad rzeką Wiar (1997)



most drewniany w Sins (CH)



[powrót](#)



TEMATY

Podstawowe informacje

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy



[powrót](#)



TEMATY Włókna

TEMATY

Podstawowe
informacje

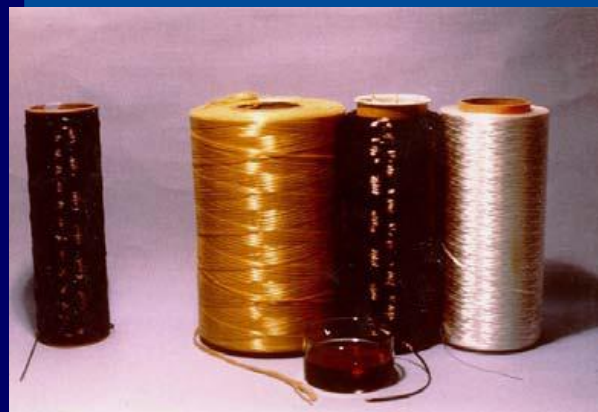
Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy



[powrót](#)



TEMATY

Pęknięcia wewnątrzwartwowe laminatu CFRP

TEMATY

Podstawowe informacje

Typy kompozytów

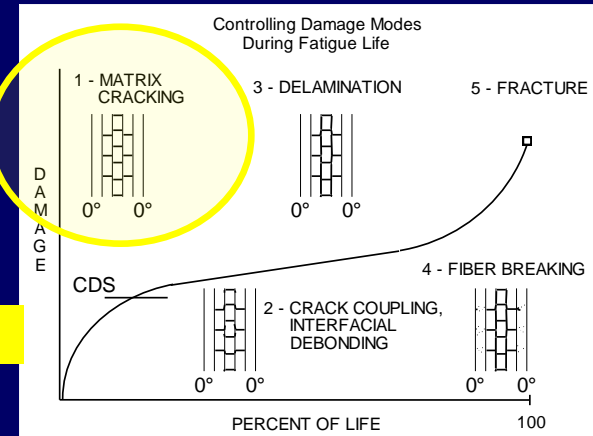
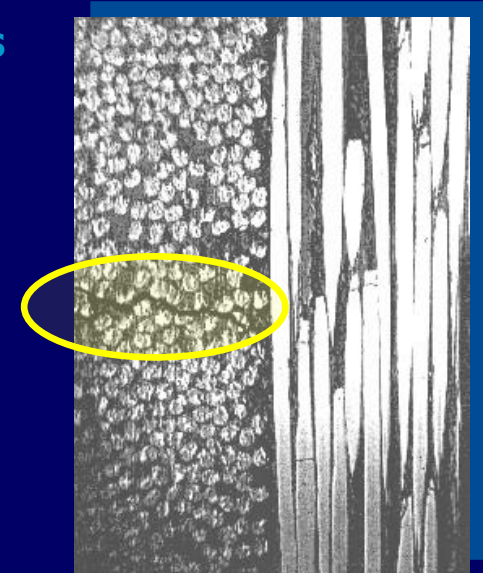
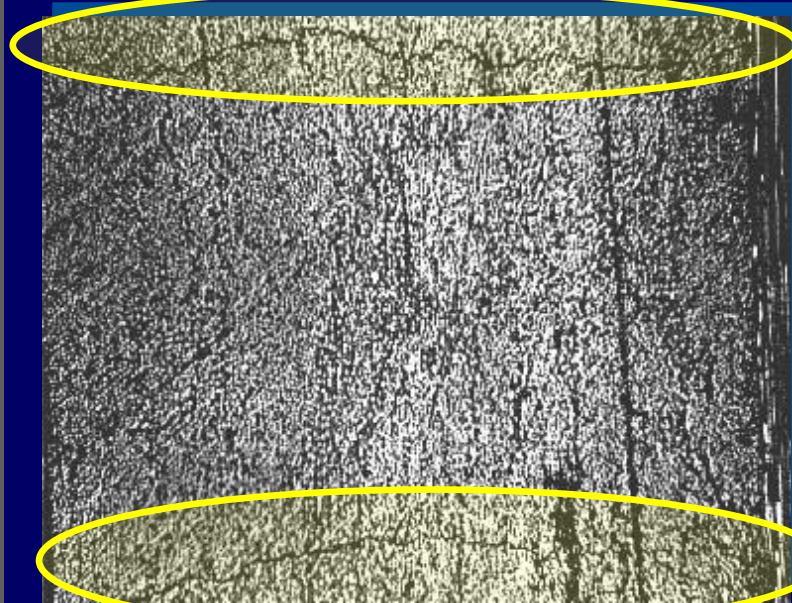
Włókna i matryce

Wytwarzanie kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

PRESS



Reifsnider K. L. et al. 1983

[powrót](#)



TEMATY Perspektywy (10)

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy

PRZYSZŁOŚĆ ?

Encyklopedia Powszechna PWN 1971



- ❖ kompost
- ❖ kompozycja
- ❖ **kompozyt - BRAK !!!**
- ❖ kompresja





INNOVATEX 2016

Łódź 12-13 października 2016

TEMATY

**Podstawowe
informacje**

**Typy
kompozytów**

Włókna i matryce

**Wytwarzanie
kompozytów**

Zastosowania

Perspektywy





INNOVATEX 2016

Łódź 12-13 października 2016

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy





J. German

KOMPOZYTY WŁÓKNISTE Od Egipcjan...do Dreamlinera

TEMATY Zastosowania

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy



NTNU Trondheim (N) 2013

powrót



J. German

KOMPOZYTY WŁÓKNISTE Od Egipcjan...do Dreamlinera

TEMATY Perspektywy

TEMATY

Podstawowe
informacje

Typy
kompozytów

Włókna i matryce

Wytwarzanie
kompozytów

Zastosowania

Perspektywy



NTNU Trondheim (N) 2013

[powrót](#)