

Temat 7:

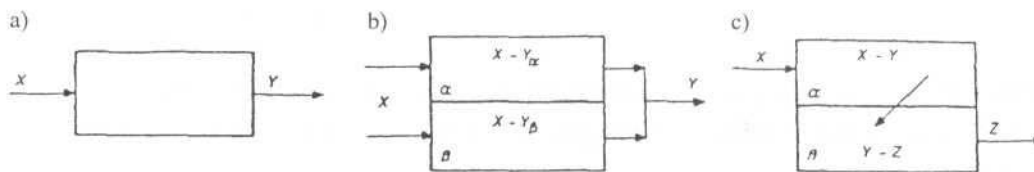
CHARAKTERYSTYKA KOMPOZYTÓW Z UWZGLĘDNIENIEM M.IN. POZIOMU WSKAŹNIKÓW WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH, CENY.

Wykład 3h

- 1) Wiadomości wstępne: definicje kompozytów, właściwości sumaryczne i wynikowe, kompozyty konstrukcyjne i funkcjonalne, podział kompozytów ze względu na: a) postać zbrojenia, b) rodzaj osnowy, włókna do zbrojenia kompozytów, włókna cięte, tkaniny i maty, inne niż włókna rodzaje zbrojenia (whiskery, cząstki), podstawy uzyskiwania dużej sztywności i wytrzymałości kompozytów konstrukcyjnych, rola osnowy i zbrojenia, proste przykłady obliczeń przy jednokierunkowym zbrojeniu włóknem ciągłym, włóknem ciętym (lub cząstkami), krytyczna długość włókna, laminaty.
- 2) Kompozyty o osnowie polimerowej (rodzaje żywicy i zbrojenia, podstawowe metody wytwarzania i zapewnienia przydatności użytkowej np. warstwy licowe).
- 3) Kompozyty o osnowie metalicznej i problemy związane z wytwarzaniem tych kompozytów: zwilżalność zbrojenia przez osnowę, problem degradacji zbrojenia w temperaturach łączenia lub eksploatacji, zbrojenie włóknami (cel, rodzaje włókna), zbrojenie cząstkami (kompozyty odlewnicze, kompozyty otrzymywane metodami metalurgii proszków lub mechanical alloying), natryskiwanie materiałów kompozytowych.
- 4) Kompozyty o osnowie ceramicznej: podstawowy cel ich wytwarzania (zwiększenie odporności na pękanie), ograniczenia w wyborze zbrojenia z uwagi na temperaturę łączenia, podstawowe metody wytwarzania, wybrane przykłady: Al_2O_3 umocnione ZrO_2 lub whiskerami SiC, szkło LAS umocnione SiC, kompozyty węgiel - węgiel (C-C).
- 5) Kompozyty funkcjonalne (tablica van Suchtelena, płytki polowe -jako przykład).
- 6) Znaczenia kompozytów dla współczesnej techniki.
- 7) Najważniejsze obszary stosowania kompozytów - wyliczenie: konstrukcje lotnicze (samoloty, śmigłowce, szybowce i in.), samochody, jednostki pływające (od łodzi sportowych do okrętów wojennych), instalacje chemiczne (w tym zbiorniki, rury, pompy), osprzęt elektryczny i elektroniczny, sprzęt domowy i sportowy, medycyna (implanty).
- 8) Problemy związane ze stosowaniem kompozytów.
- 9) Przykłady doboru materiałów wg M.F. Ashby'ego (na podstawie „map”) - o ile czas pozwoli.

Zalecana literatura:

1. M.F. Ashby i D.R.H. Jones, Engineering Materials 1, Pergamon, Oxford, 1993, wydane w języku polskim przez Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1996.
2. M.F. Ashby i D.R.H. Jones, Engineering Materials 2, Pergamon, Oxford 1992, wydane w języku polskim przez Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997.
3. M.F. Ashby, Material Selections in Mechanical Design, Pergamon, Oxford, 1992, wydane w języku polskim przez Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997.
4. J. Kapuściński, J. Puciłowski, S. Wojciechowski, Kompozyty, Of. Wyd. PW, 1993.
5. F.L. Matthews i R.D. Rawlings, Composite Materials: Engineering and Science, Chapman and Hall, Londyn 1994.



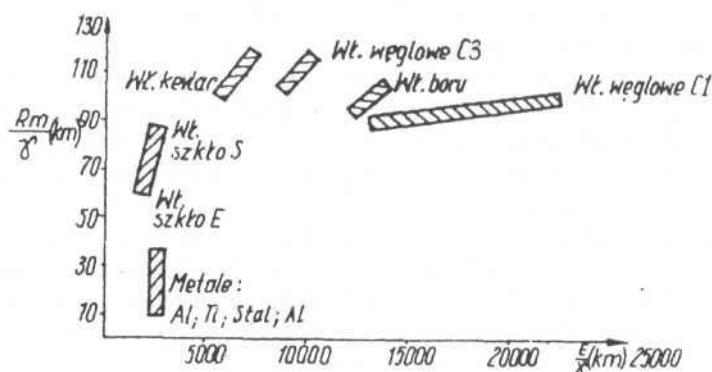
Rys.7.1.

- a) Efekt X - Y w materiale jednorodnym, b) Efekt X - Y w kompozycie o właściwościach sumarycznych,
c) Efekt X - Z w kompozycie o właściwościach wynikowych.

| Właściwości komponentu I X-Y | Właściwości komponentu II Y-Z | Właściwości wynikowe kompozytu X-Y |
|------------------------------|-------------------------------|---|
| Piezomagnetyczne | Magnetooporowe | Piezooporność, opór akustyczny |
| Piezomagnetyczne | Efekt Faradaya | Opór polaryzacji w wyniku mechanicznego odkształcenia |
| Piezoelektryczne | Elektroluminiscencja | Piezoluminiscencja |

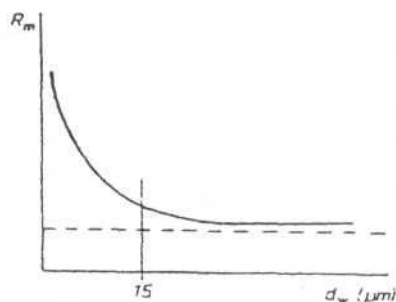
Rys.7.2.

Prognozowane właściwości wynikowe kompozytów.



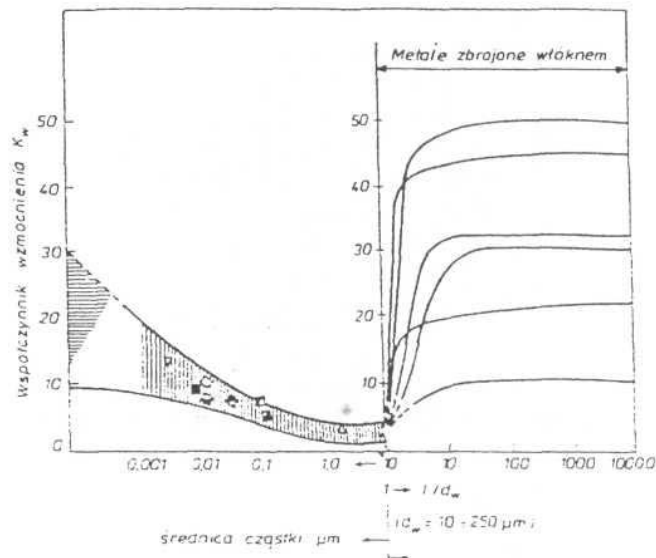
Rys.7.3.

Wytrzymałość właściwa i sztywność właściwa kompozytów polimerowych zbrojonych różnymi rodzajami włókna (wypełnienie 60% obj.).



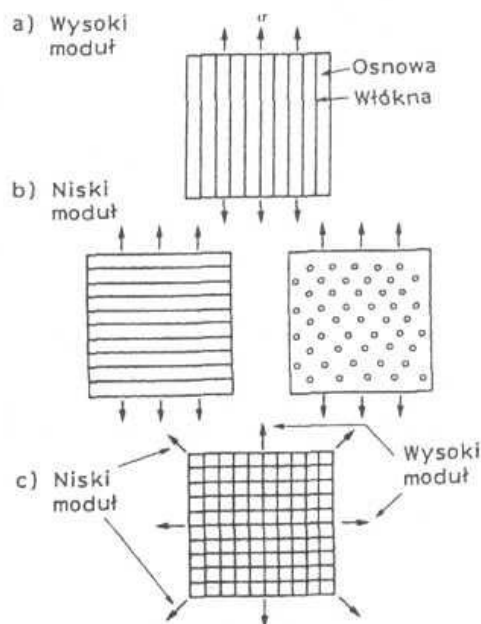
Rys.7.4.

Schemat wpływu średnicy włókna d na wytrzymałość na rozciąganie R .



Rys.7.5.

Wpływ średnicy cząstek komponentu umacniającego oraz względnej długości włókna na współczynnik wzmocnienia.



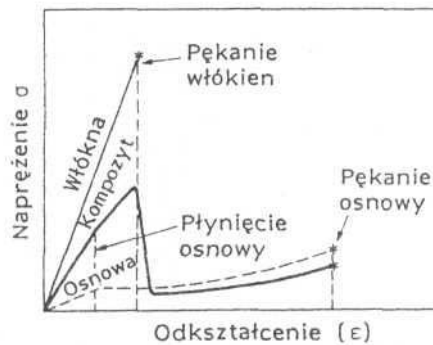
Rys.7.6.

Rozciąganie kompozytu włóknistego:

a) wzdłuż kierunku ułożenia włókien - włókna i osnowa kompozytu z włóknami ciągłymi ulegają jednakowym odkształceniom,

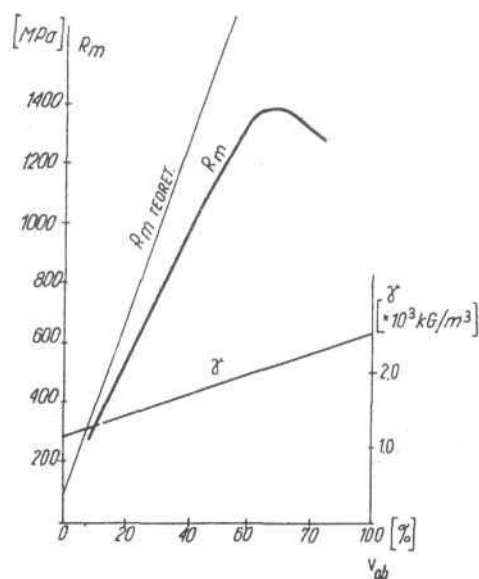
b) w poprzek kierunku ułożenia włókien - włókna i osnowa przenoszą w przybliżeniu jednakowe naprężenia;

c) laminat 0-90° ma kierunek o małym module i kierunek o dużym module, laminat 0-45-90-135° jest prawie izotropowy.



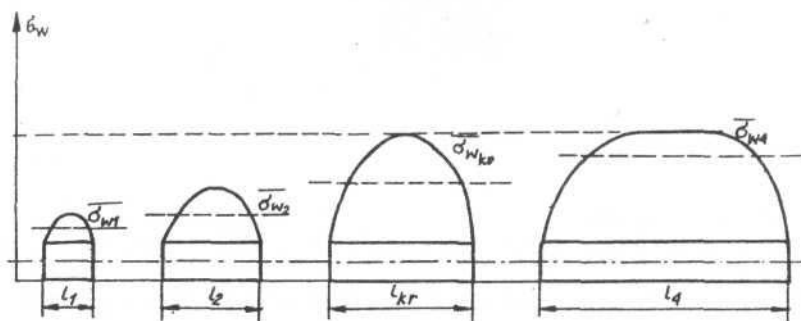
Rys.7.7.

Krzywa naprężenie-odkształcenie dla kompozytu o włóknach ciągłych (linia gruba), w porównaniu do krzywych dla włókien i osnowy (linie cienkie). Maksimum na krzywej oznacza pękanie włókien.



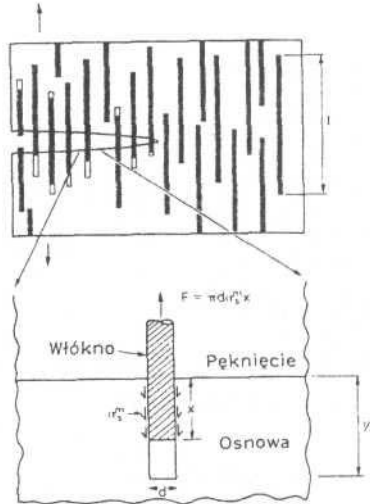
Rys. 7.8

Wpływ zawartości włókien w kompozycie polimerowym na jego wytrzymałość i lekkość.

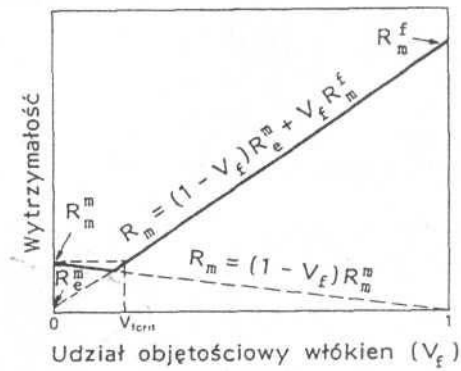


Rys.7.9.

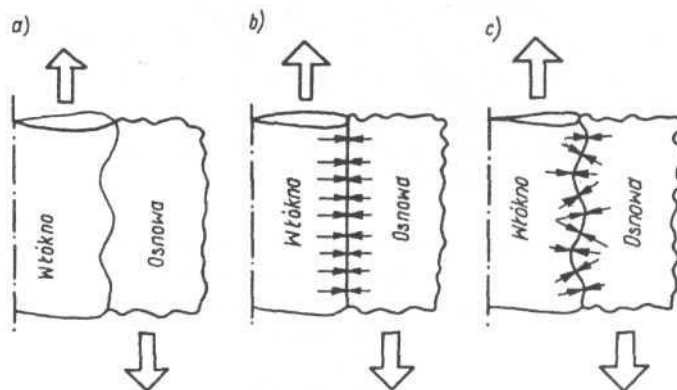
Wpływ długości włókna na wartość działającego w nim średniego naprężenia normalnego.



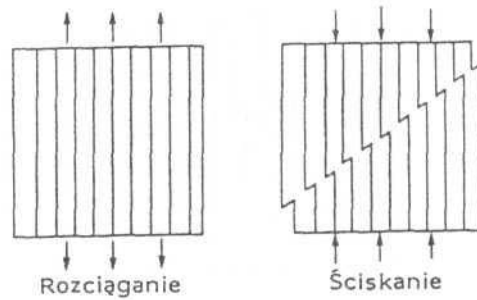
Rys.7.10.
 Wzmocnienie wskutek wysuwania się włókien nad powierzchnią przełomu, czemu towarzyszy pochłanianie energii po rozpoczęciu pęknięcia.



Rys.7.11.
 Zmiana wartości szczytowej naprężenia wraz ze zmianą udziału objętościowego włókien. Aby zaszło umocnienie jest konieczny pewien minimalny udział objętościowy włókien ($V_{f,cr}$).

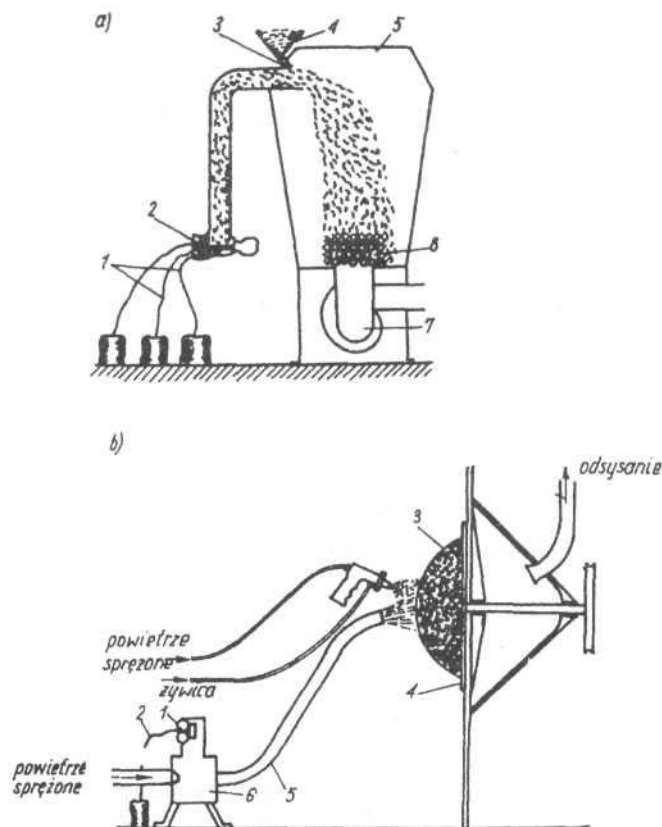


Rys.7.12.
 Schemat oddziaływań sił przyczepności pomiędzy włóknem i osnową.



Rys.7.13.

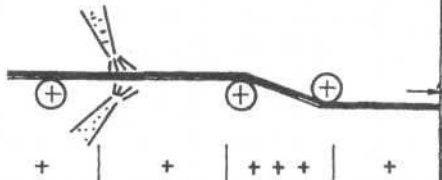
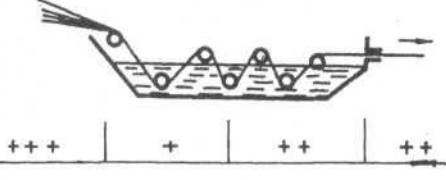
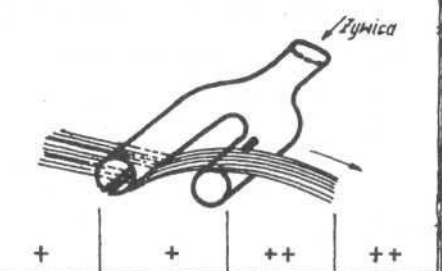
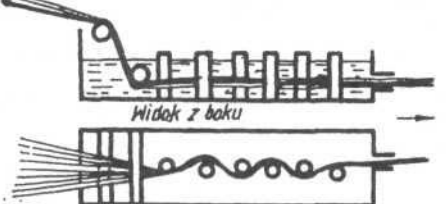
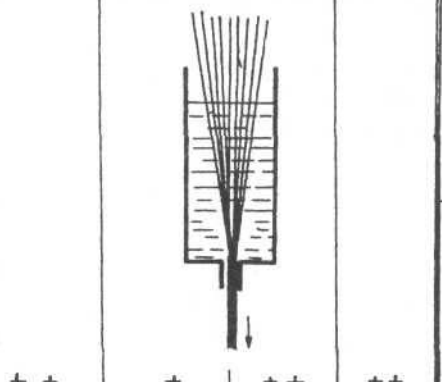
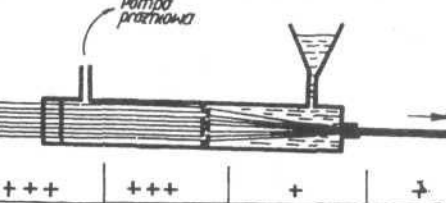
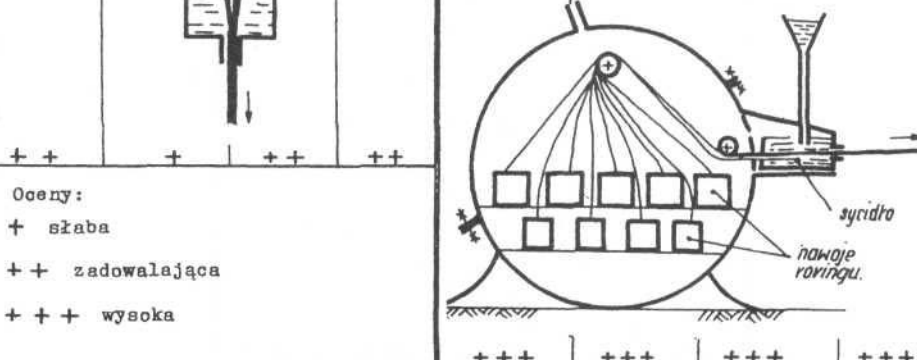
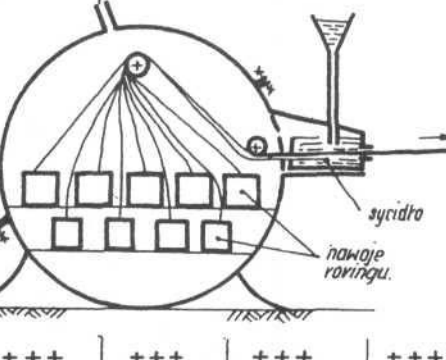
Zniszczenie kompozytów podczas ściskania wskutek wyboczenia się (złamania się) przy obciążeniu mniejszym niż obciążenie powodujące zniszczenie podczas rozciągania.



Rys.7.14.

Zmechanizowane sposoby wytwarzania wyrobów z kompozytów zbrojnych włóknem ciętym:

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| a) 1- roving z nawojów; | b) 1 - siczekarka rovingu; |
| 2- siczekarka rovingu; | 2 - roving z nawoju; |
| 3- dozownik żywicy; | 3 - foremnik; |
| 4- żywica; | 4 - stół obrotowy; |
| 5- komora; | 5 - przewód giętki; |
| 6- foremnik; | 6 - komora mieszania. |
| 7- wentylator ssący; | |

| Kryteria oceny | | | | | | | |
|--|--------------------|---------------------------|---------------------------|--|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| Powtarzalność: stopnia nasylenia | Czystość osnowy | Niezawodność działania | Wyda- jność procesu | Powtarzalność stopnia nasylenia | Czystość osnowy | Niezawodność działania | Wyda- jność procesu |
|  | | | |  | | | |
| + | + | +++ | + | +++ | + | ++ | ++ |
|  | | | |  | | | |
| + | + | ++ | ++ | +++ | ++ | +++ | +++ |
|  | | | |  | | | |
| ++ | + | ++ | ++ | +++ | +++ | + | + |
|  | | | |  | | | |
| ++ | + | ++ | ++ | +++ | +++ | +++ | +++ |

Oceny:
+ słaba
++ zadowalająca
+++ wysoka

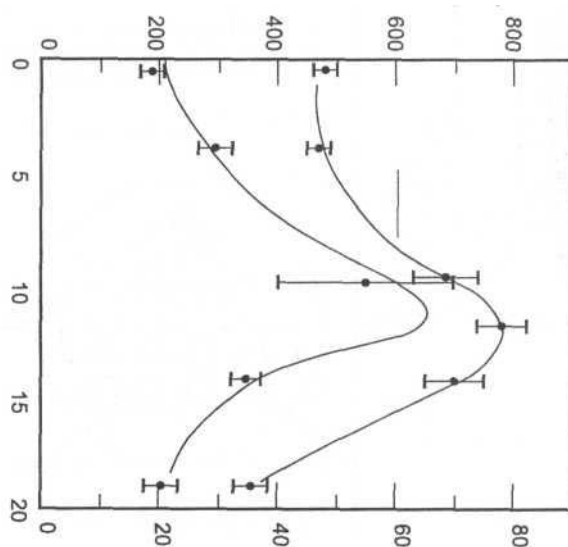
Rys.7.15.
Porównanie sposobów sycenia rovingu.

| Osnowa | Rodzaj włókna | Osiągane wartości | | Najwyższa temp.pracy |
|------------------------|--------------------------------|----------------------|---------|----------------------|
| | | R _m [MPa] | E [MPa] | |
| aluminium i jego stopy | boru | 1480 | 220 000 | 350 |
| | SiC(CVD) | 1720 | 210 000 | 350 |
| | Al ₂ O ₃ | 580 | 260 000 | 350 |
| | węglowe | 450 | 130 000 | 350 |
| magnez i jego stopy | boru | 1300 | 190 000 | 300 |
| | węglowe | 560 | 110 000 | 300 |
| | Al ₂ O ₃ | 510 | 200 000 | 300 |
| tytan i jego stopy | Borsic | 760 | 200 000 | 650 |
| | SiC(CVD) | 860 | 190 000 | 650 |
| stopy żelaza lub niklu | SiC | 1650 | 310 000 | 800 |
| | W | 1790 | 300 000 | 1150 |

Rys.7.16.

Typowe kompozyty o osnowie metalicznej (orientacyjne właściwości).

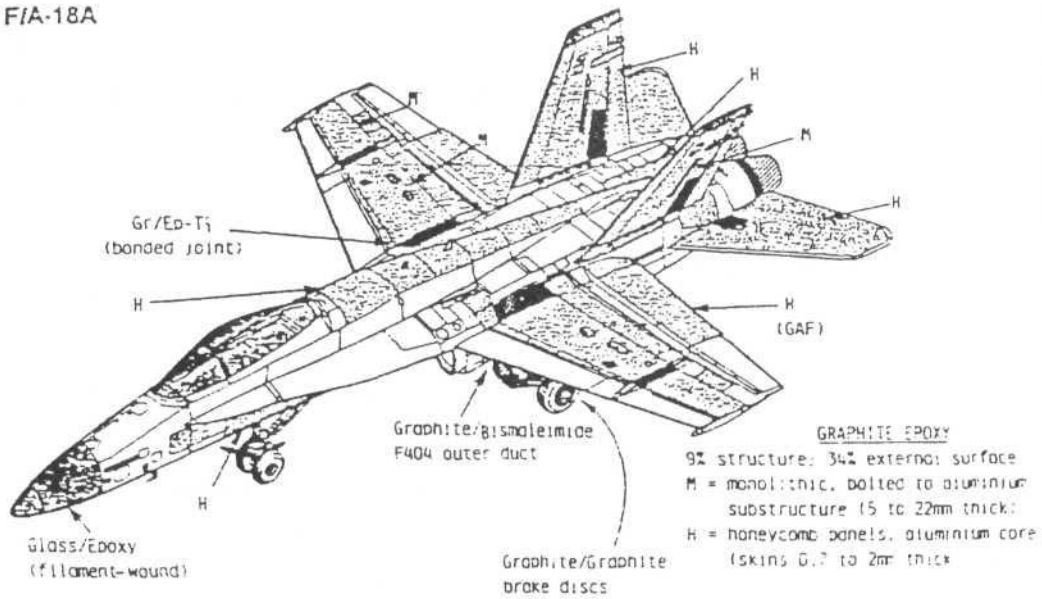
Uwagi: - wypełnienie włóknami niejednakowe dla poszczególnych kompozytów (od 35 do 60%); - własności wytrzymałościowe w kierunku włókien przy ich jednokierunkowym ułożeniu (w temp. otoczenia).



Rys.7.17.

Wytrzymałość i wiązkość Al₂O₃ wzmocnionego ZrO₂.

F/A-18A



Rys.7.18.

Materiały kompozytowe zastosowane w konstrukcji samolotu wojkowego F18.