

POKAZ PowerPoint



Wstep_wyklad_1.pp
s

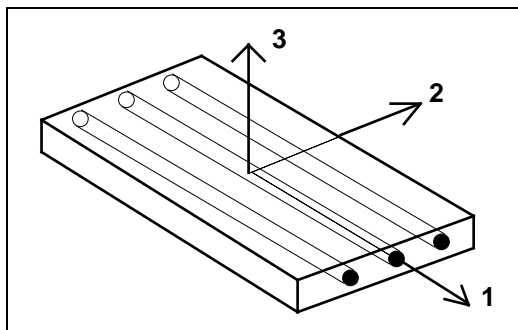
1.4. Budowa kompozytu

1.4.1. Warstwa

Podstawowym elementem składowym kompozytu jest pojedyncza **warstwa**, zwana także **laminą**. Tworzą ją włókna połączone między sobą żywicą. Włókna są zasadniczym elementem nośnym warstwy, a matryca oprócz funkcji spoiwa pełni także rolę osłony dla włókien i zapewnia dystrybucję obciążenia między poszczególne włókna. W dalszych rozważaniach ograniczymy się do specjalnego typu włókien, a mianowicie ciągłych, długich włókien przebiegających w warstwie w jednym kierunku. Taka warstwa nosi nazwę warstwy o **włóknach jednokierunkowych**. Ten typ warstw jest stosowany w elementach konstrukcyjnych najczęściej (rys. 1.1).

Konfiguracja geometryczna warstwy względem przyjętego układu odniesienia przedstawiona na rys. 1.1 nosi nazwę **konfiguracji osiowej** (ang. *on-axis*), a osie (1, 2, 3) **głównych osi materiałowych**, tzn. takich, że oś "1" przebiega w kierunku włókien, oś "2" prostopadle do kierunku włókien, a oś "3" jest prostopadła do płaszczyzny (1, 2), czyli zarazem płaszczyzny warstwy.

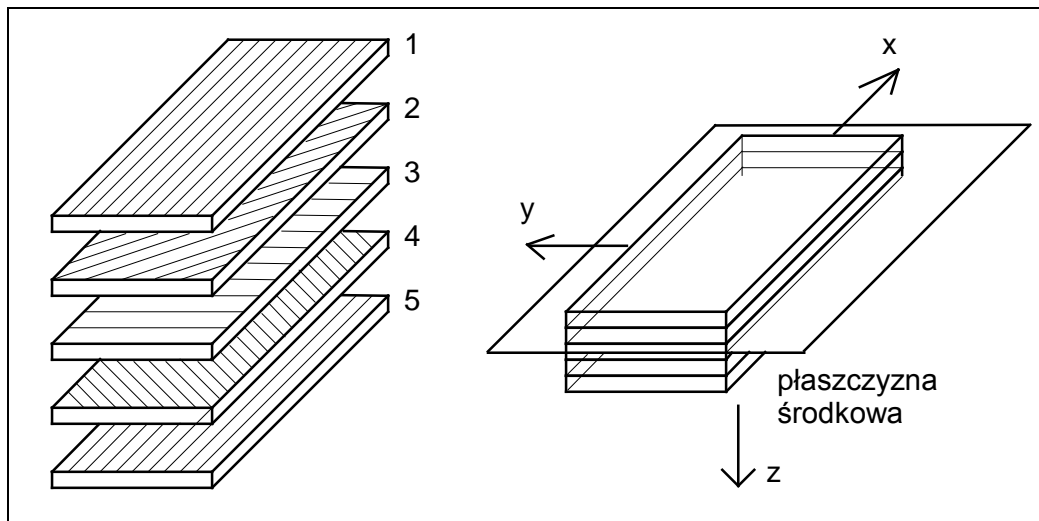
Każdy inny układ współrzędnych, powstały poprzez obrót układu (1, 2, 3) wokół osi "3" będziemy nazywać **układem nieosiowym**, lub alternatywnie - konfigurację laminatu w takim układzie nazwiemy **konfiguracją nieosiową** (ang. *off-axis*).



Rys. 1.1. Warstwa z włóknami jednokierunkowymi

1.4.2. Laminat

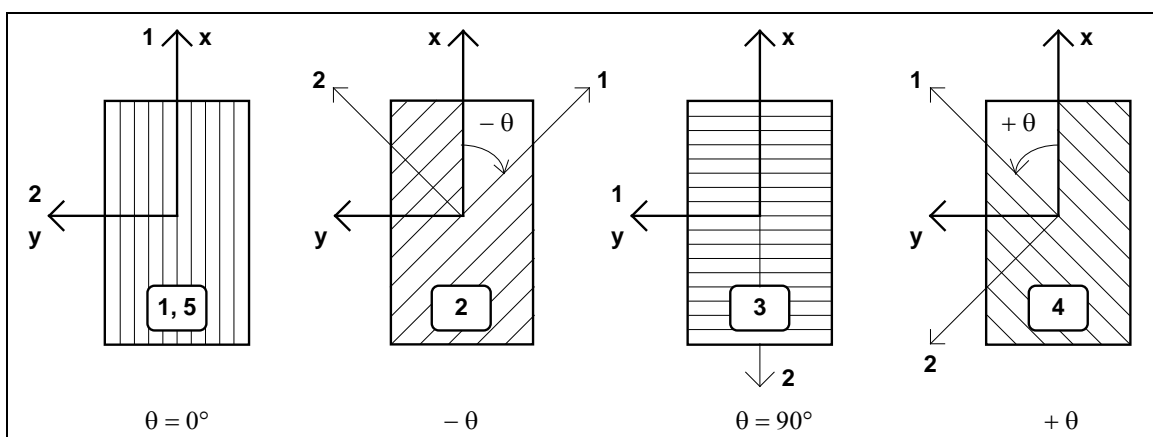
Laminat to zbiór warstw (lamin) ułożonych jedna na drugiej i połączonych trwale ze sobą. Z reguły główne osie materiałowe poszczególnych warstw (częściej grup warstw) obrócone są względem układu odniesienia (x, y, z) (obrót wokół osi z) przyjętego dla laminatu, tak więc w układzie (x, y, z) warstwy przyjmują konfigurację nieosiową. Budowę laminatu pokazano na rys. 1.2.



Rys. 1.2. Budowa laminatu warstwowego.

W zdecydowanej większości zastosowań poszczególne warstwy lub ich grupy różnią się między sobą jedynie orientacją włókien, nie różnią się natomiast materiałem. Podając zatem nazwę laminatu wystarczy określić rodzaj włókien i matrycy np. grafit/epoksyd, szkło/epoksyd itp. (w literaturze anglosaskiej powszechnie używa się dla określenia laminatów nazw skrótowych - np. laminat o żywicy polimerowej zbrojonej włóknami węglowymi określa się jako **CFRP** - **Carbon Fibers Reinforced Polymeric matrix**).

Sposób ułożenia warstw (orientację włókien) w laminacie określa się za pomocą **kodu** podającego kąty pod jakimi przebiegają włókna w każdej warstwie w przyjętym układzie odniesienia oraz ilość warstw o danej orientacji.



Rys. 1.3. Orientacja kątowa warstw laminatu

W omawianym przykładzie napotykamy, idąc od góry (tzn. od warstwy 1 do warstwy 5) kolejno warstwy o orientacji 0° , $-\theta$, 90° , $+\theta$, 0° . Kod laminatu ma zatem postać $[0/-\theta/90/+\theta/0]$. Należy tu zauważyć, że obowiązuje umowa co do znaku kąta. Za dodatni kąt θ uważa się kąt przeciwny do ruchu wskazówek zegara idąc od osi x do osi głównej 1.

Bardzo często stosowane są laminaty symetryczne tzn. takie, w których warstwy są rozłożone symetrycznie wzg. płaszczyzny środkowej (symetria geometryczna) i dodatkowo warstwy symetryczne wykonane są z tego samego materiału (symetria materiałowa). Przykładowo układ warstw w takim laminacie może być następujący:

0, 0, 0, 90, 90, 45, -45, -45, -45, -45, -45, -45, 45, 90, 90, 0, 0, 0.

Kod tego laminatu można zapisać na 3 sposoby, a mianowicie: $[0_3/90_2/45/-45_3]_s$, gdzie indeks s oznacza symetrię,

lub $[0_3/90_2/45/-45_3/-45_3/45/90_2/0_3]_T$,

lub też $[0_3/90_2/45/-45_6/45/90_2/0_3]_T$, gdzie indeks T oznacza cały laminat.