

Eksperymentalne wyznaczenie właściwości mechanicznych materiałowych materiałów kompozytowych

Badania materiałowe przeprowadza się wg norm, np. z serii ASTM (American Society for Testing and Materials), ISO, PN (Polskie Normy)

W przypadku badań materiałów kompozytowych należy upewnić się, że dana norma przewiduje badania kompozytów, a nie np. metali.

Do opisu materiału kompozytowego konieczne jest:

1. Wyznaczane właściwości materiałowych E_{11} , E_{22} , ν_{12} , G_{12} ,
2. Wytrzymałości X_{T1} , X_{C1} , X_{T2} , X_{C2} , S .

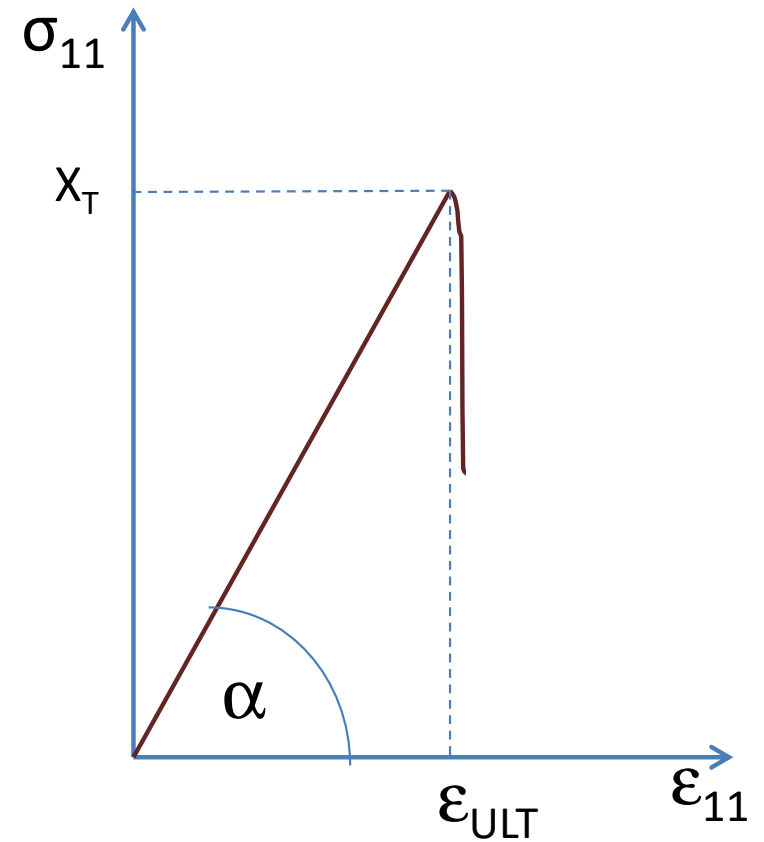
W przypadku materiałów o dobrej jakości, np. prepregów właściwości te są podawane na kartach materiałowych.

Test rozciągania



<http://www.elhys.com.pl/kompozyty.html>

$$\sigma_{11} = P/A$$

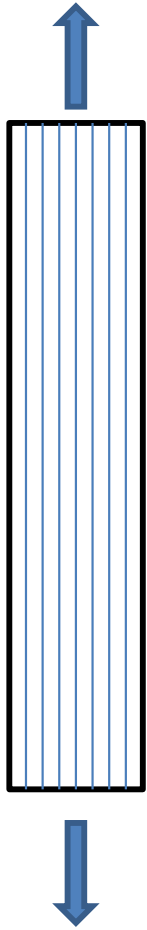


$$\operatorname{tg}\alpha = \sigma_{11}/\epsilon_{11} = E_{11}$$

$$X_T = P_{ULT}/A$$

Test rozciągania

Kierunek 1

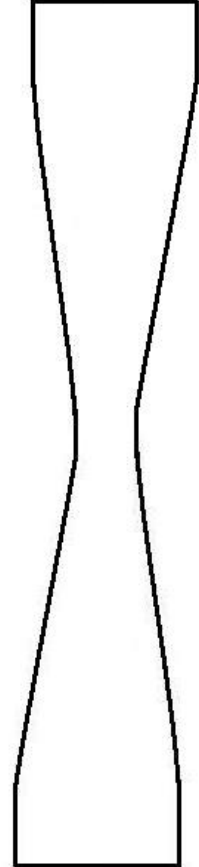
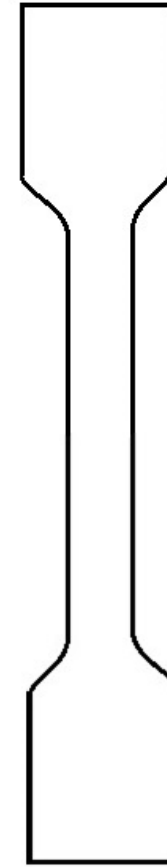
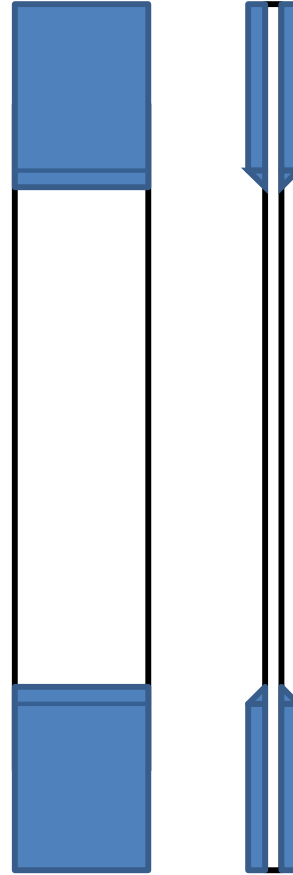


E_{11}, X_{T1}

Kierunek 2



E_{22}, X_{T2}

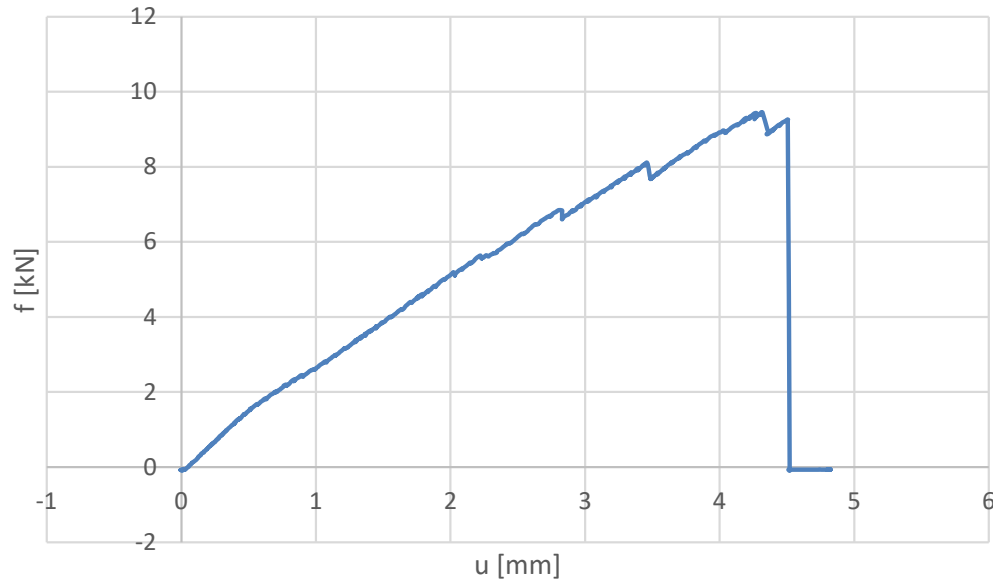


X

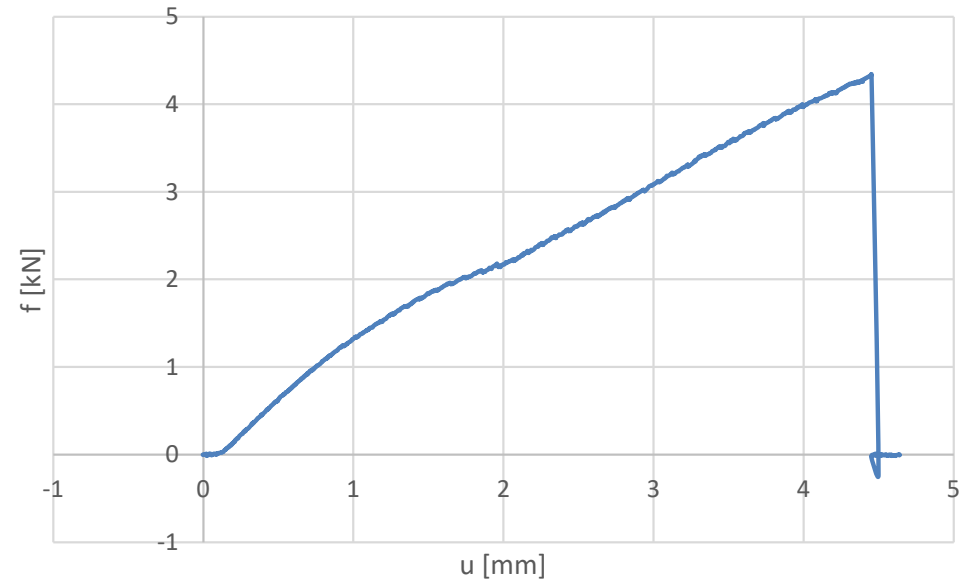
X

Próbki

Test rozciągania



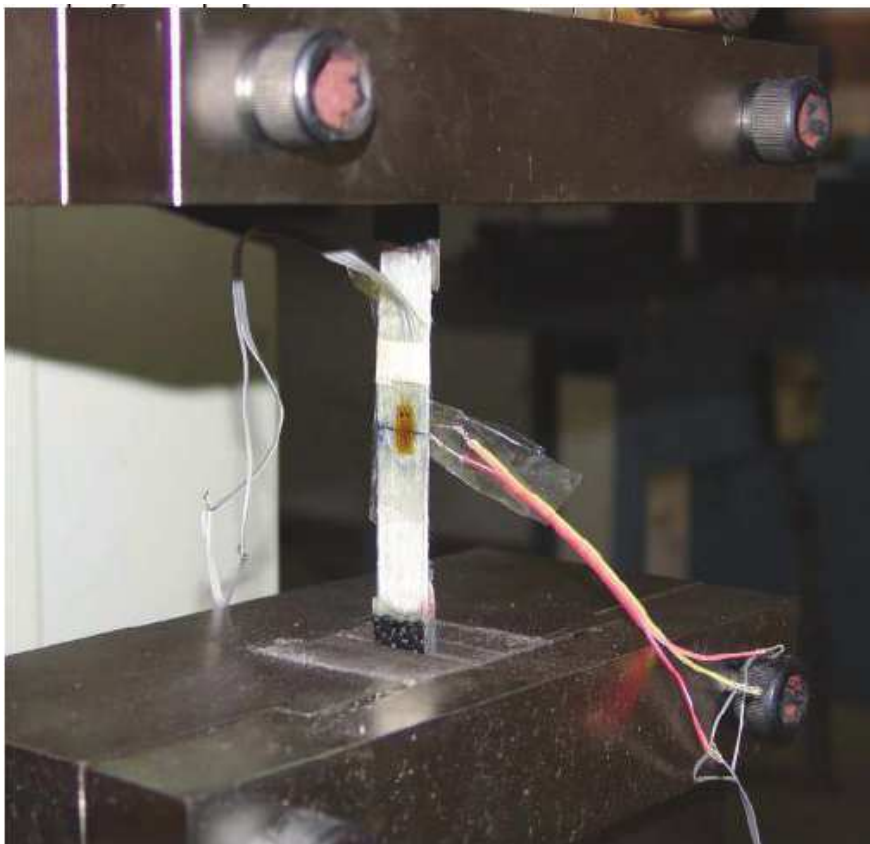
Rozciąganie próbki węglowo-epoksydowej



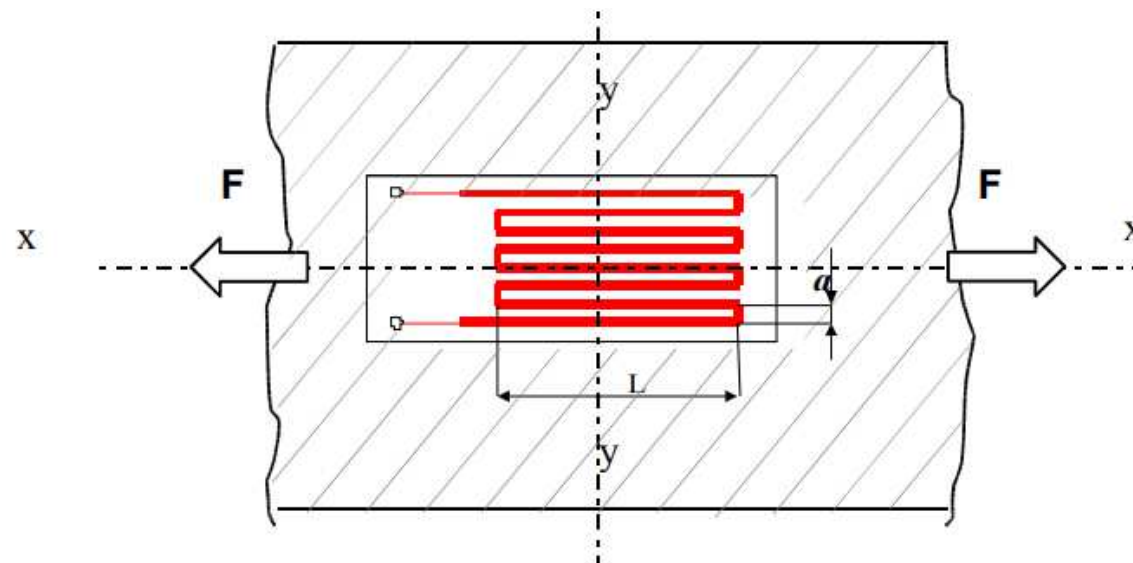
Rozciąganie próbki szklano-epoksydowej

Wyznaczanie przemieszczenia - tensometry

Tensometry odporowe



M. Siddiqui et al., Determination of Young's modulus of metallic and composite materials by Digital Image Correlation



http://www.ssdservice.pl/~ssdservice/SSDdrives/ELEKTROTECHNIKA/teoria/podstawy_tensometrii.pdf

$$\Delta R/R = \Delta L/L \cdot k$$

$$\Delta L/L = \varepsilon$$

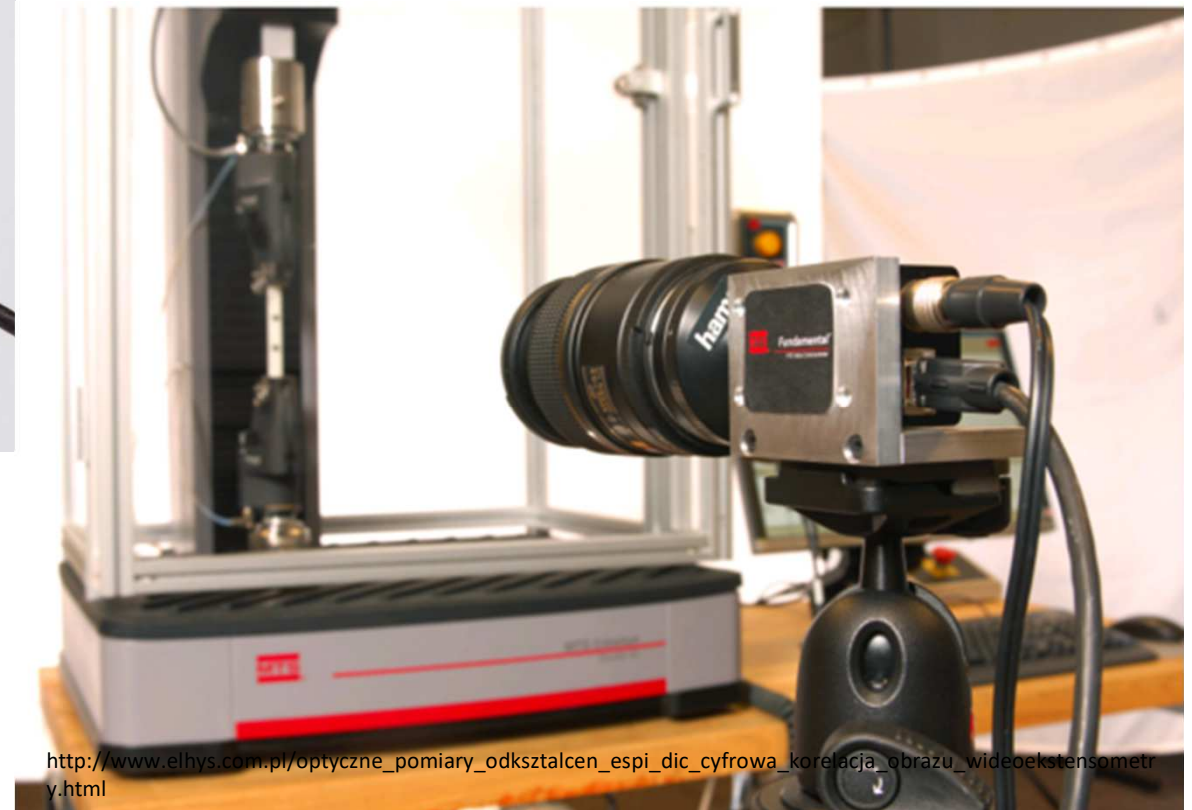
$$\Delta R/R = \varepsilon \cdot k$$

Wyznaczanie przemieszczeń - ekstensometry

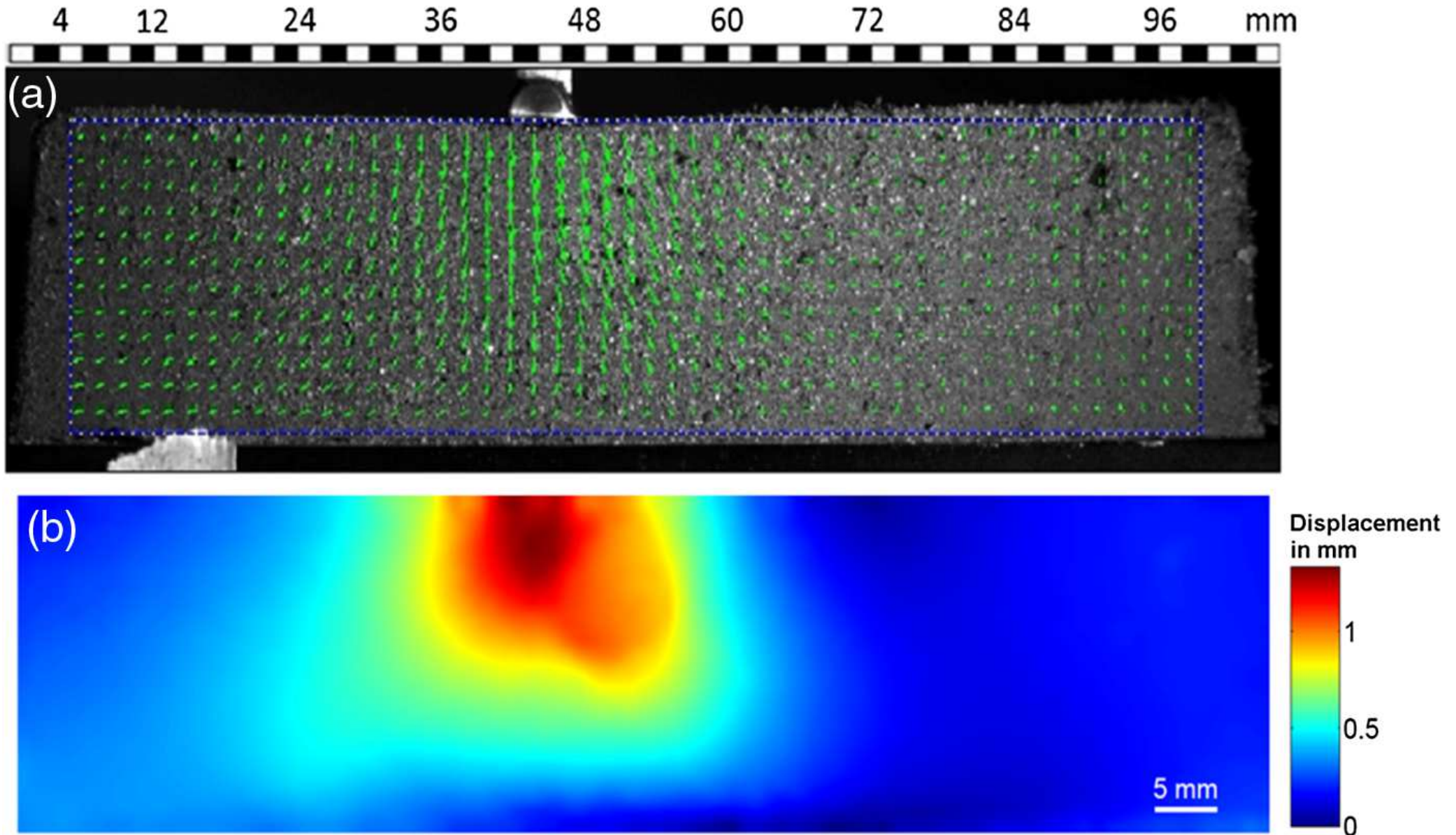
Ekstensometry



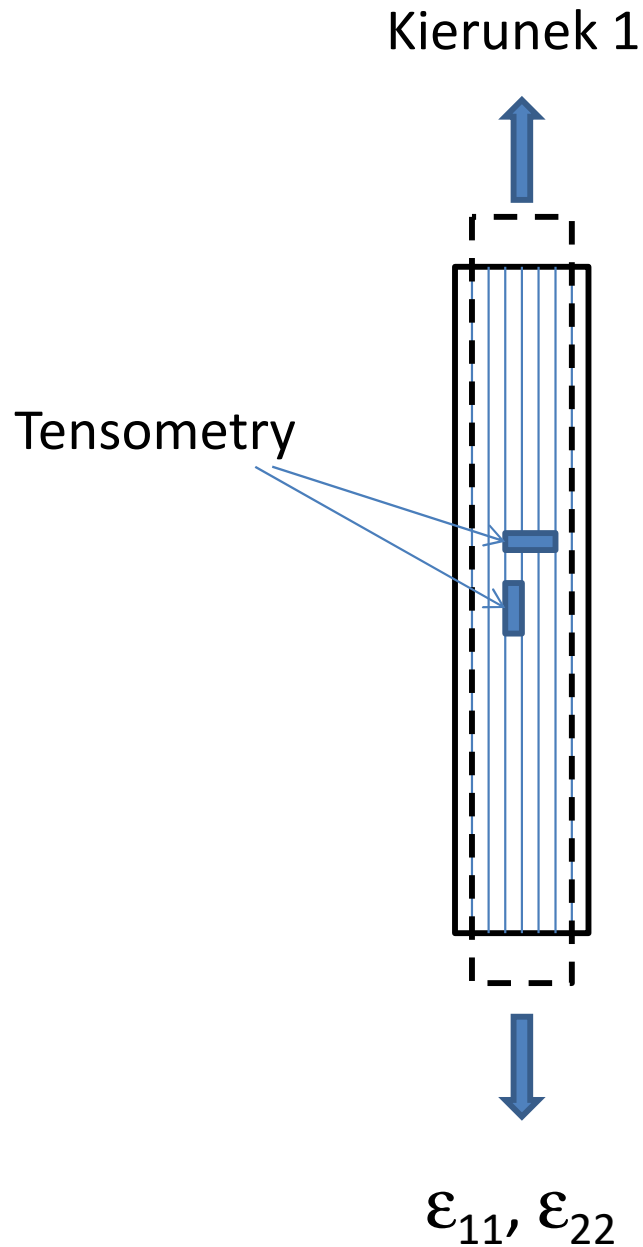
Wideoekstensometr



Cyfrowa Korelacja Obrazu – CKO (Digital Image Correlation – DIC)

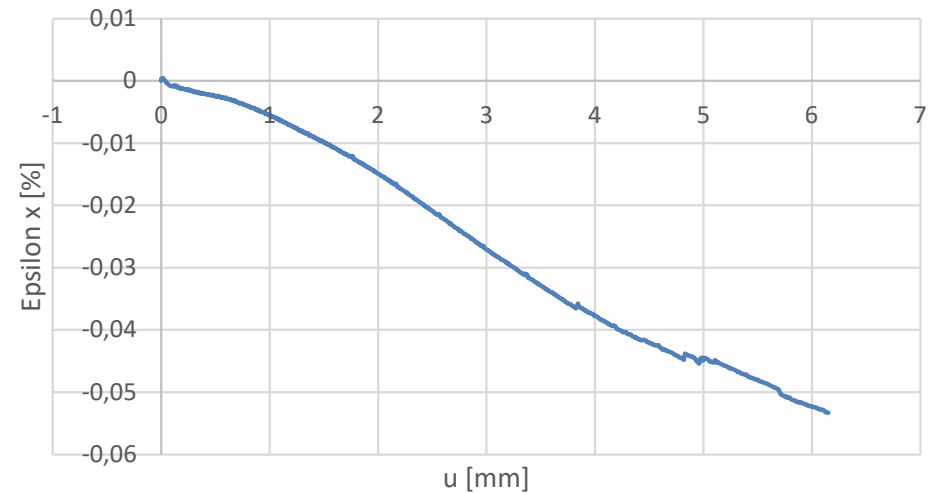
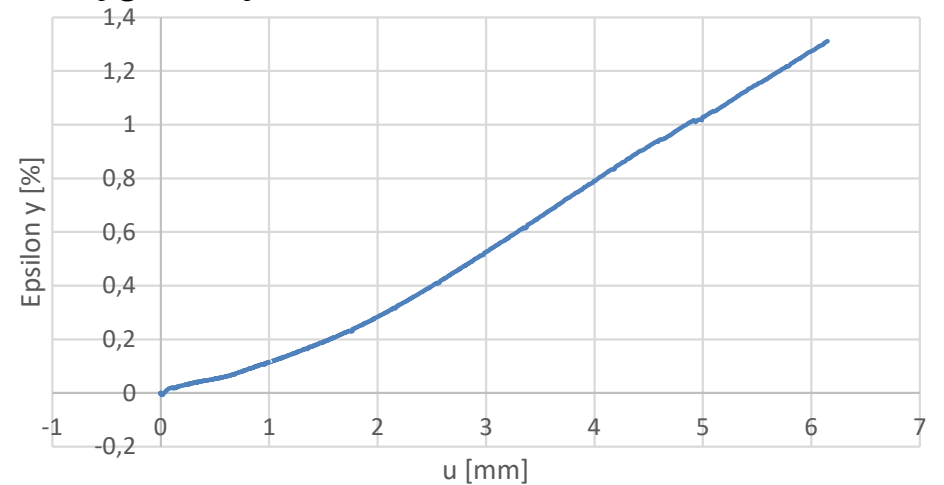


Wyznaczanie stałej Poissona

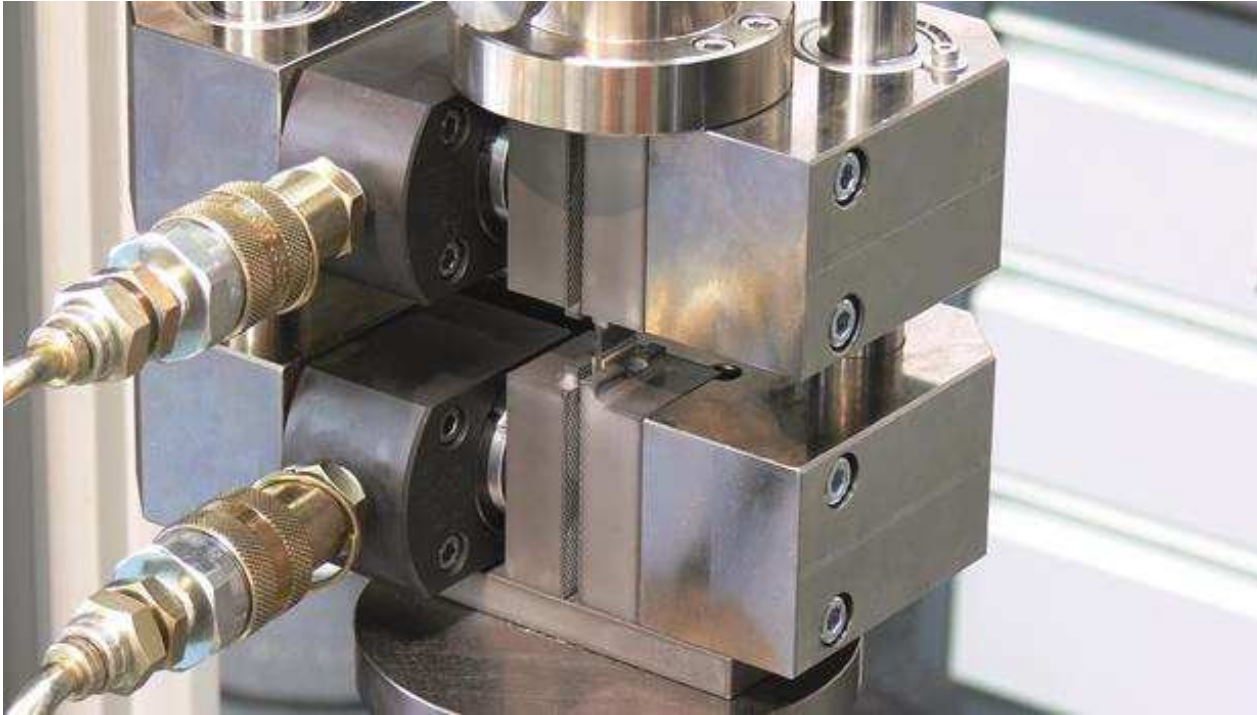


$$\nu_{12} = -\epsilon_{22}/\epsilon_{11}$$

Dla kompozytu zbrojonego tkaniną węglową:



Test ściskania



<https://www.zwick.com/en/composites/tensile-test-compression-test-flexure-test/compression-test-notched-compression-test>

Kierunek 1:

$$E_{11}, X_{C1}$$

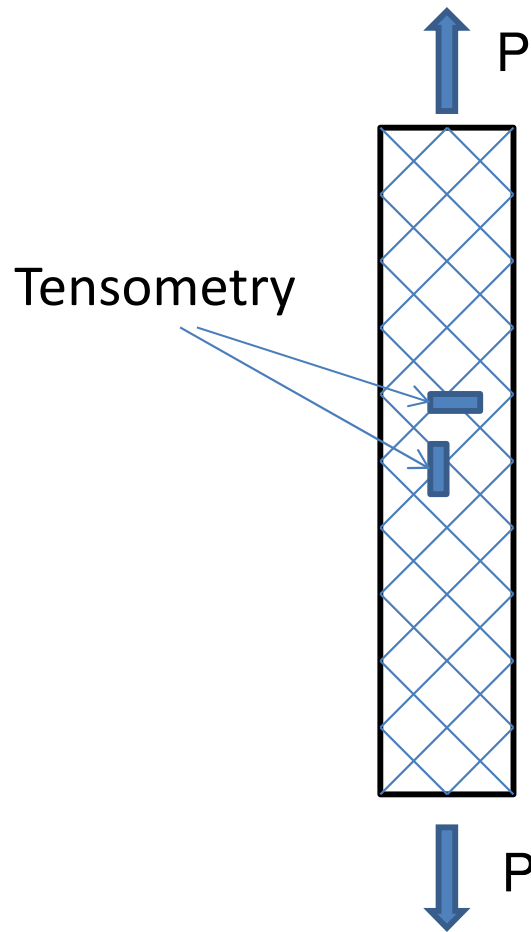
Kierunek 2:

$$E_{22}, X_{C2}$$

Kompozyt jednokierunkowy: $X_{T1} > X_{C1}$, $X_{T2} < X_{C2}$

Kompozyt tkaninowy: $X_{T1} > X_{C1}$, $X_{T2} > X_{C2}$

Test ścinania przez rozciąganie



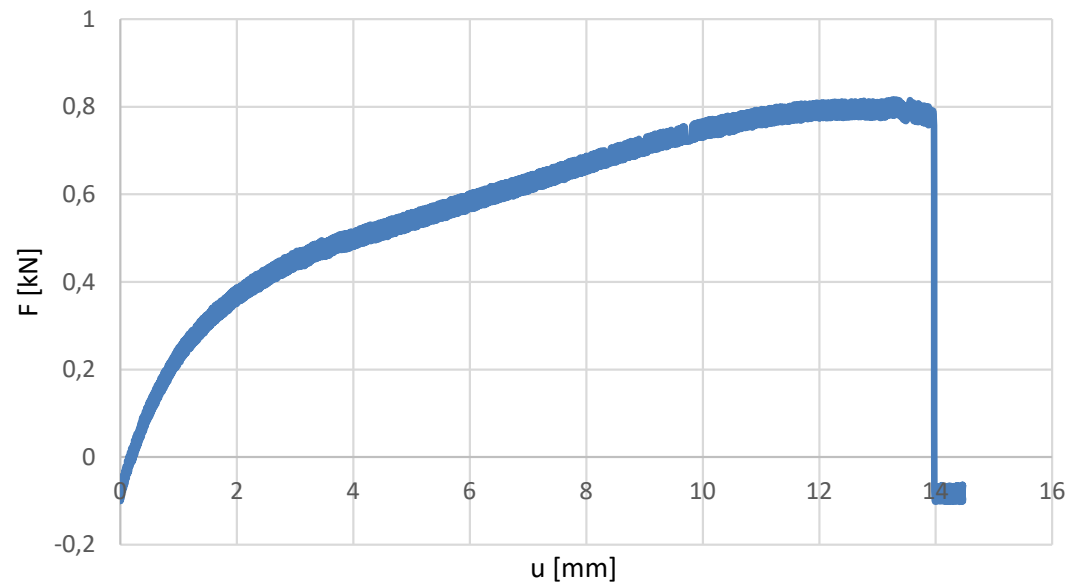
Próbka o zbrojeniu $\pm 45^\circ$

$$\gamma_{12} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$$

$$\tau_{12} = \frac{P}{2A}$$

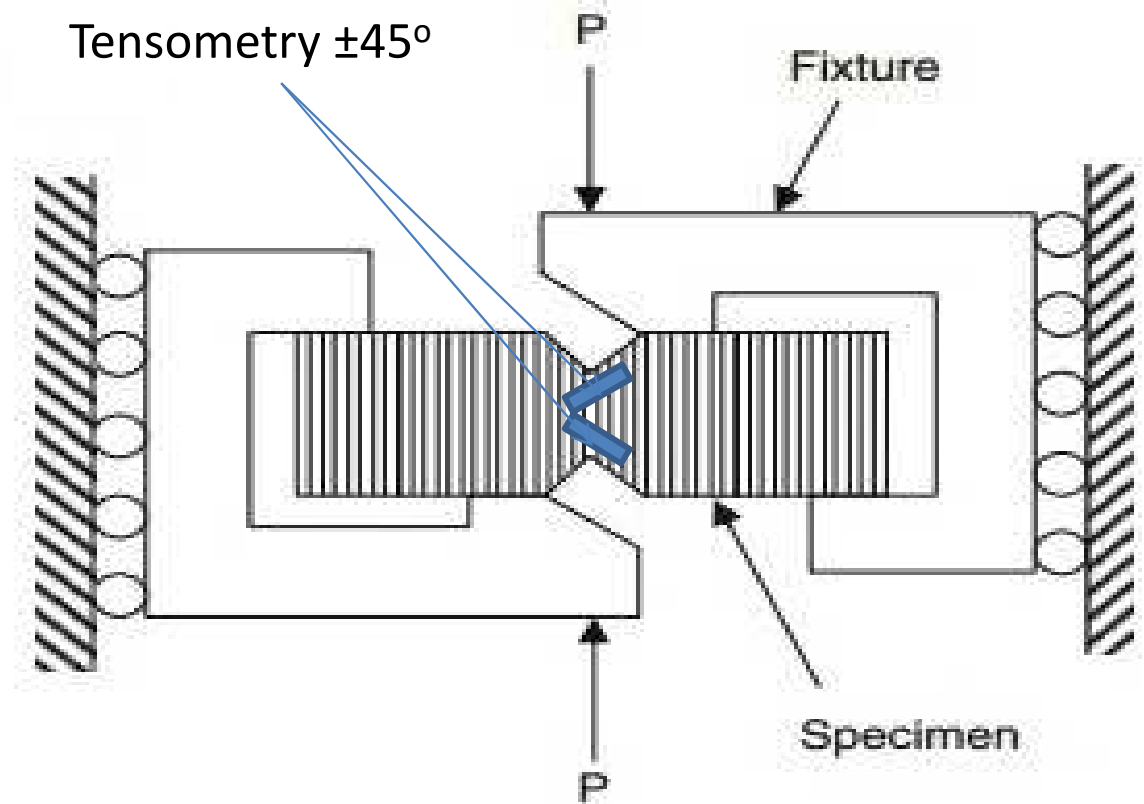
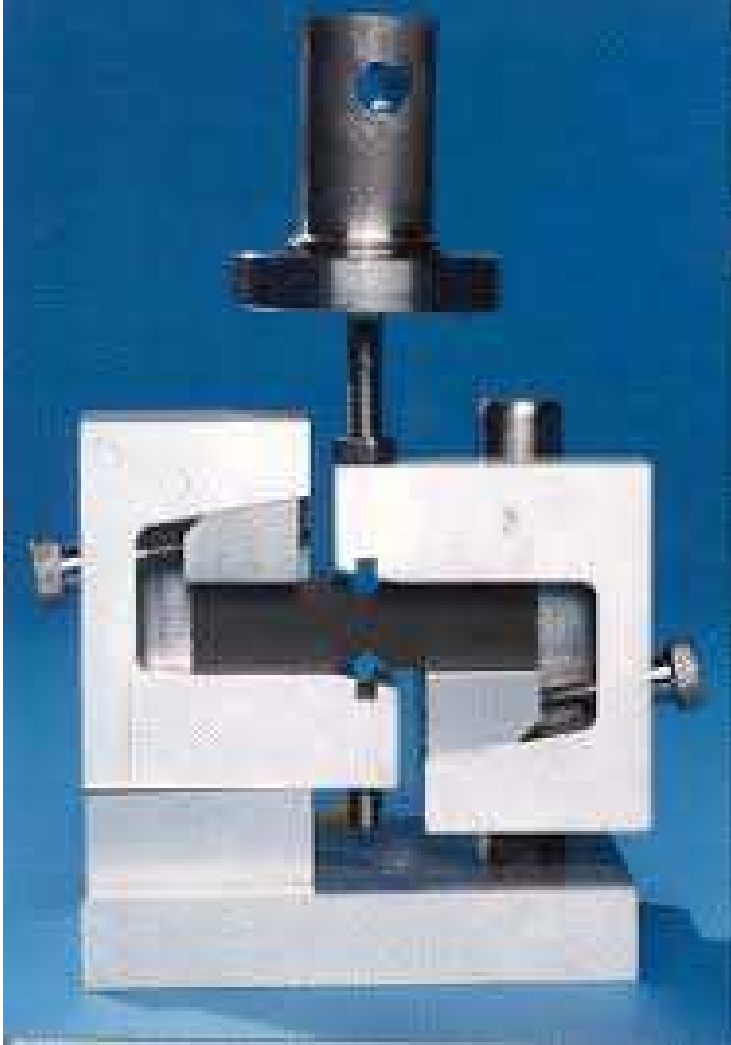
$$G_{12} = \frac{\tau_{12}}{\gamma_{12}}$$

Dla kompozytu zbrojonego tkaniną szklaną:



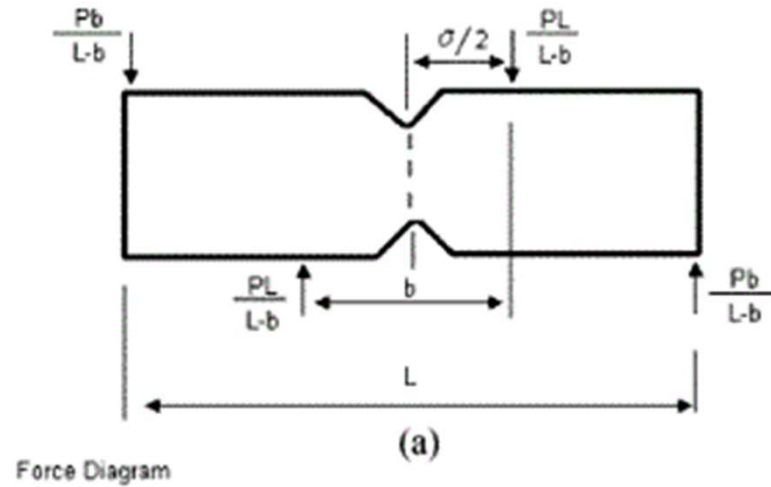
Wytrzymałość na ścinanie S nie może zostać wyznaczona z tego testu.

Test cinania Iosipescu (V-notched test)

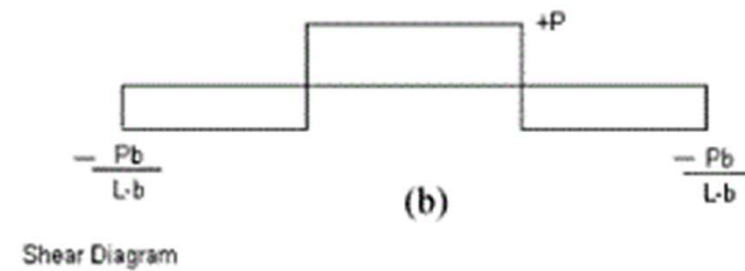


S. Islam, A study of shear stress intensity factor of PP and HDPE ba a modified experimental method together with FEM

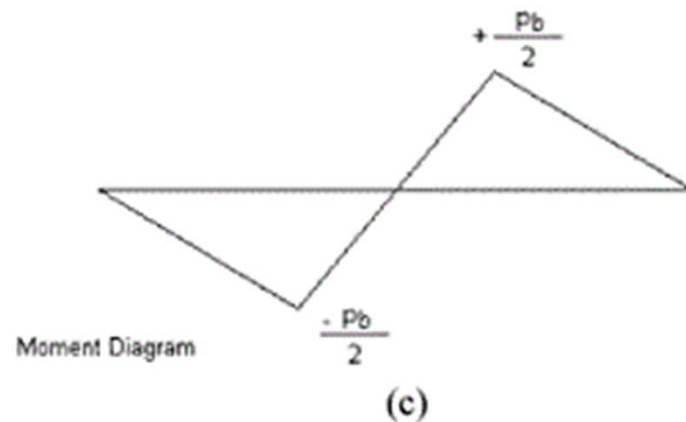
Test ícinania Iosipescu



$$S = \frac{P_{max}}{w \cdot h}$$



$$G_{12} = \frac{\Delta P}{w \cdot h \cdot \Delta(\varepsilon_{45} - \varepsilon_{-45})}$$

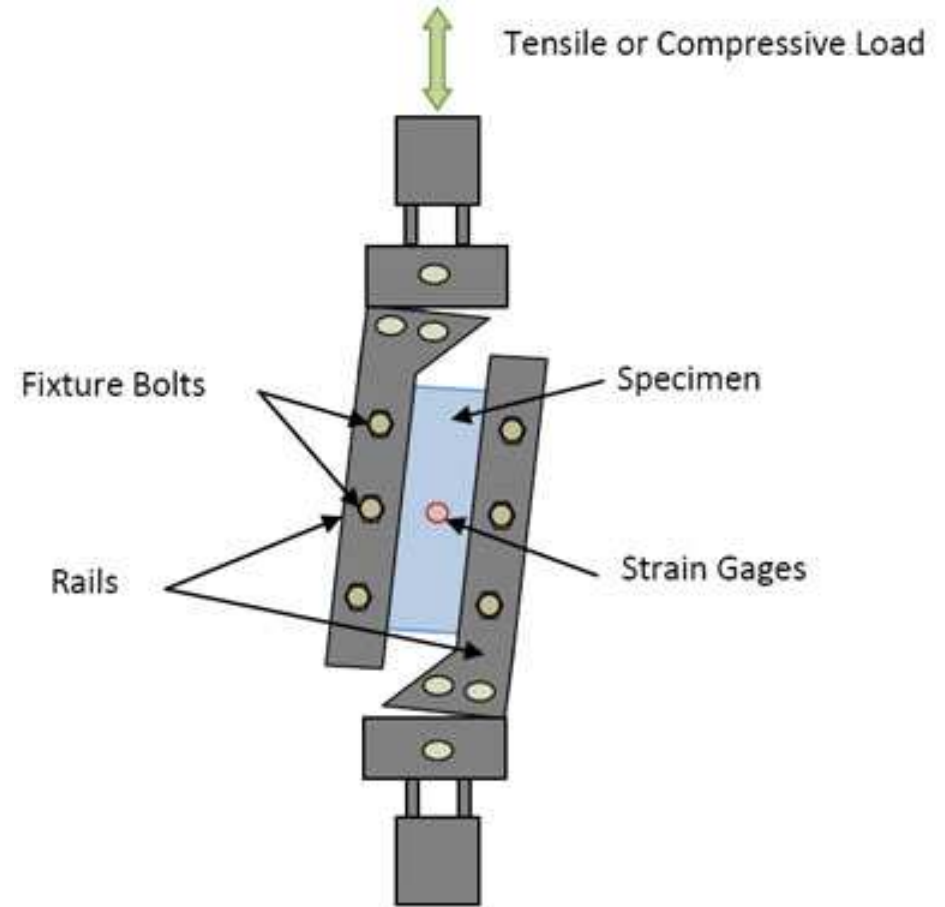


Inne testy ścinania



<https://www.zwick.com/en/composites/shear-tests/v-notch-shear-test>

V-notched rail shear test



https://nptel.ac.in/courses/101104010/lecture39/39_3.htm

Rail shear test

Właściwości materiałowe kompozytów

	Kompozyt szklano-epoksydowy		Kompozyt węglowo-epoksydowy	
	Jednokierunkowy	Tkaninowy	Jednokierunkowy	Tkaninowy
E_{11T}/E_{11C}	43/42 [GPa]	20/17 [GPa]	130/115 [GPa]	70/60 [GPa]
E_{22T}/E_{22C}	8/10 [GPa]	19/16 [GPa]	9/10 [GPa]	65/55 [GPa]
ν_{12}	0,28	0,2	0,25	0,15
G_{12}	4 [GPa]	4,2 [GPa]	4,4 [GPa]	5,5 [GPa]
X_{T1}	1100 [MPa]	600 [MPa]	2000 [MPa]	800 [MPa]
X_{C1}	900 [MPa]	550 [MPa]	1300 [MPa]	700 [MPa]
X_{T2}	35 [MPa]	550 [MPa]	80 [MPa]	750 [MPa]
X_{C2}	150 [MPa]	500 [MPa]	250 [MPa]	650 [MPa]
S	60 [MPa]	55 [MPa]	95 [MPa]	80 [MPa]

Warunki środowiskowe badań

	CTD (Cold Temp. Dry)	RTD (Room Temp. Dry)	ETW (Elevated Temp. Wet)
Temperatura	-50 °C	pokojowa	80 °C
Kondycjonowanie	-	-	TAK

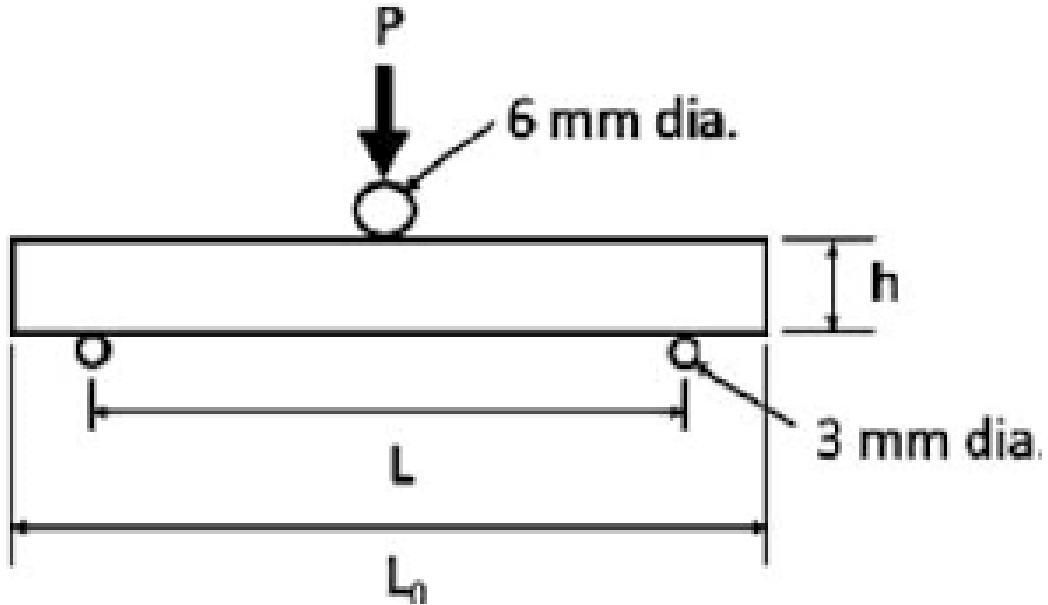


http://pl.gestertester.com/temperature-humidity-chamber_c8



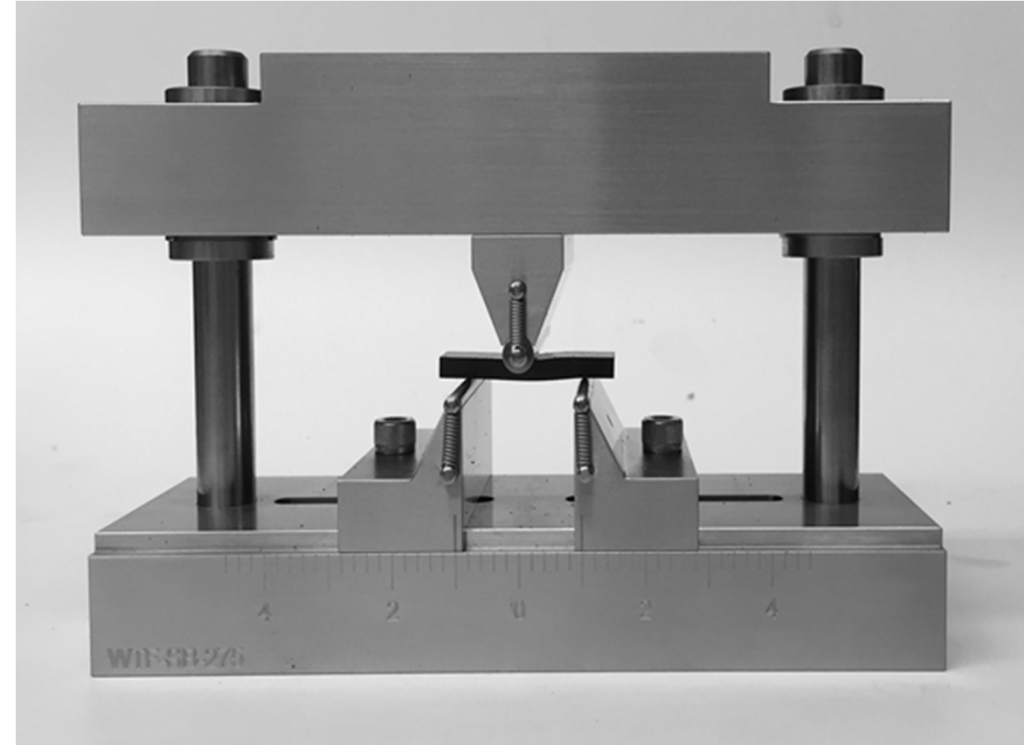
https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/mts_006225.pdf

Test krótkiej belki (Short Beam Shear – SBS)

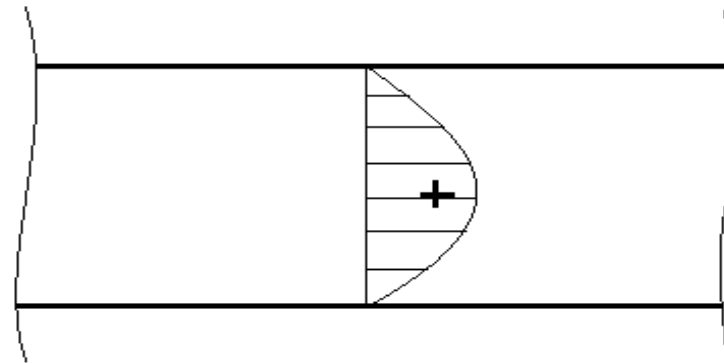
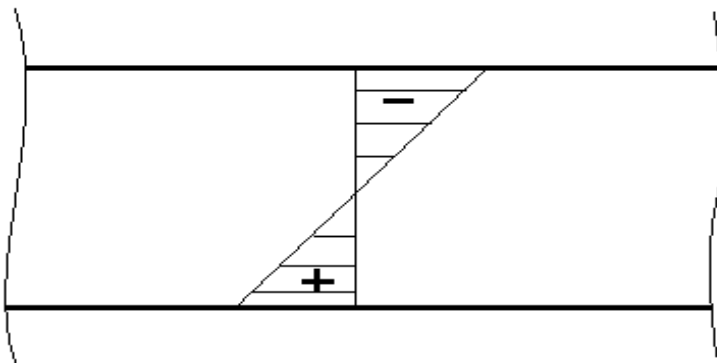


https://www.researchgate.net/figure/Short-beam-shear-test-The-fiber-direction-of-the-specimen-should-be-aligned-with-the_fig15_263557657

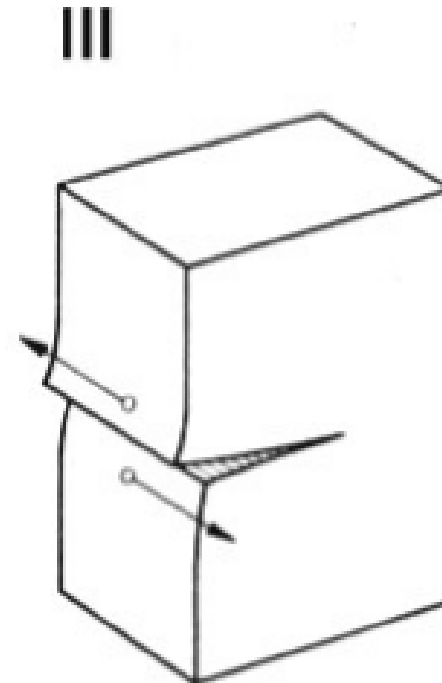
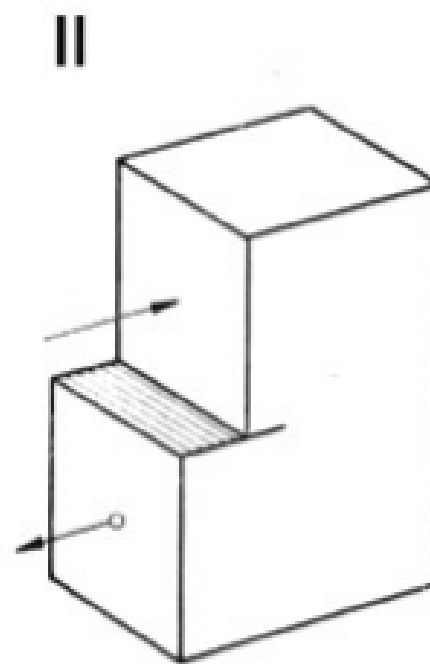
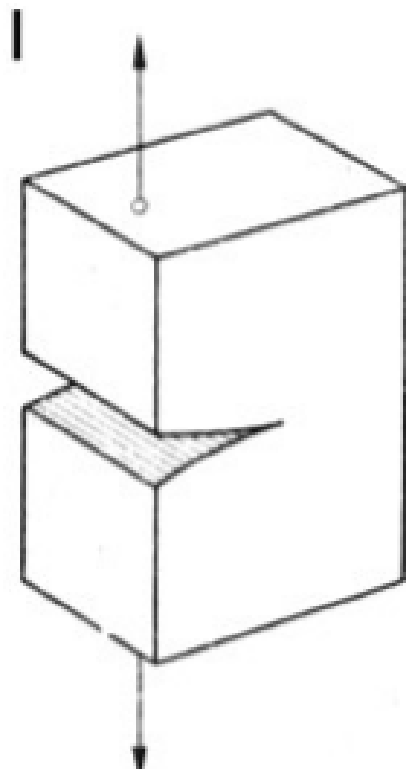
$$\tau_{max} = \frac{3 \cdot P}{4 \cdot b \cdot h}$$



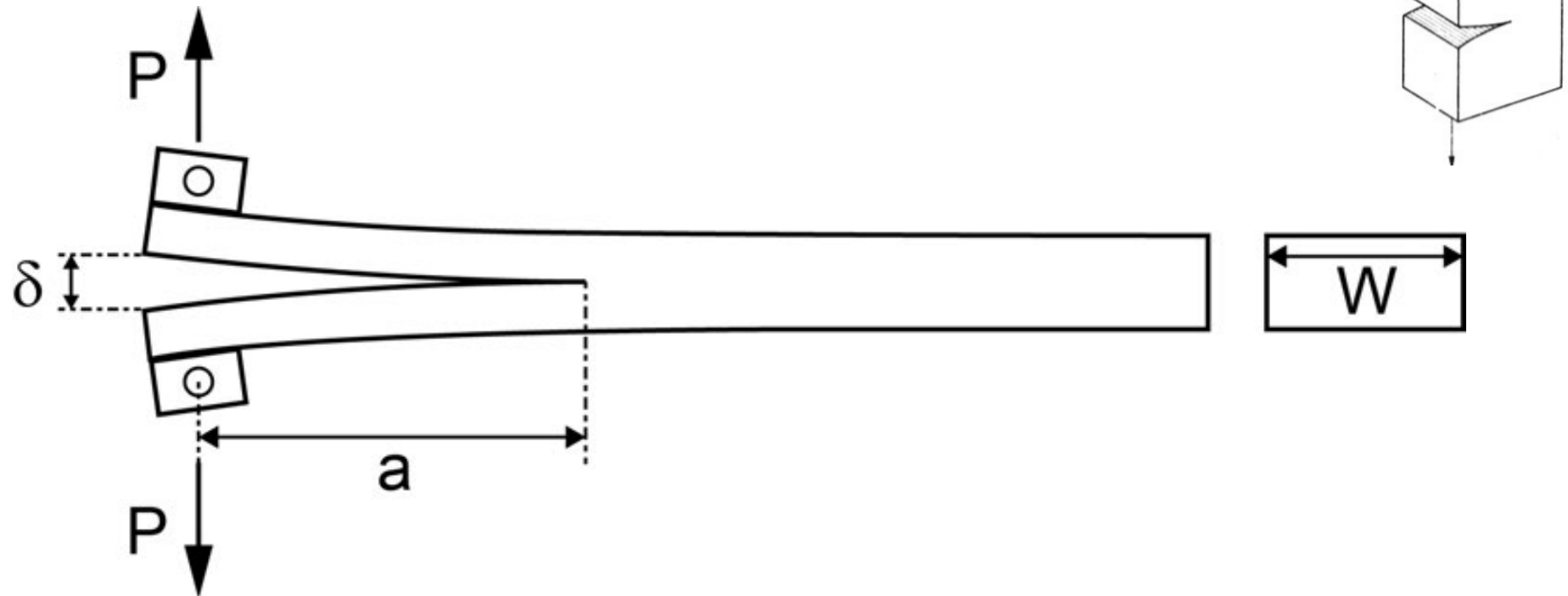
<https://www.compositesworld.com/articles/whats-the-most-important-type-of-mechanical-test-for-composites>



Pękanie - rodzaje



Rodzaj I – Double Cantilever Beam (DCB)

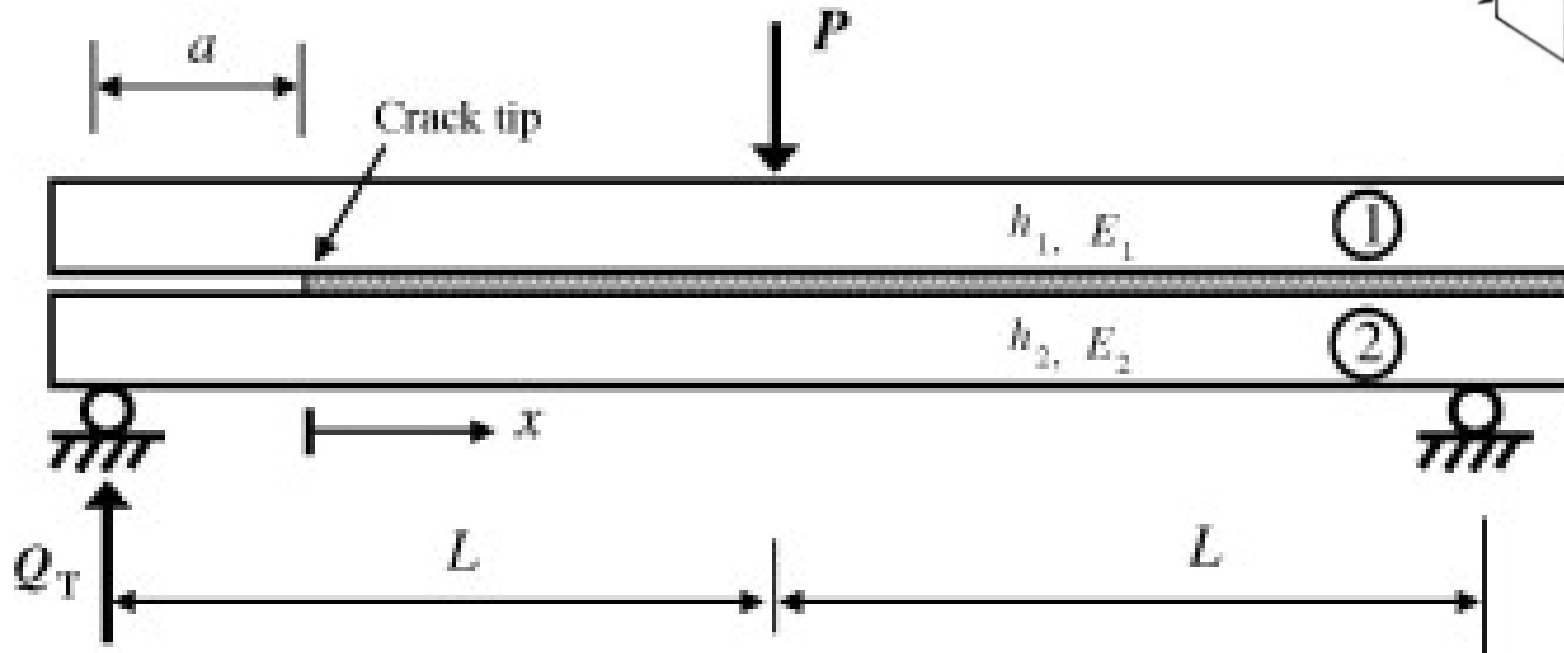
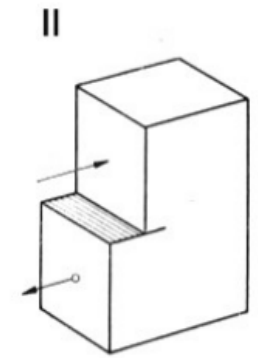


T. Pini et al., Fracture initiation and propagation in unidirectional CF composites based on thermoplastic acrylic resins

Współczynnik
uwalniania energii:

$$G_{Ic} = \frac{3P\delta}{2Ba}$$

Rodzaj II – End-Noched Flexure (ENF)



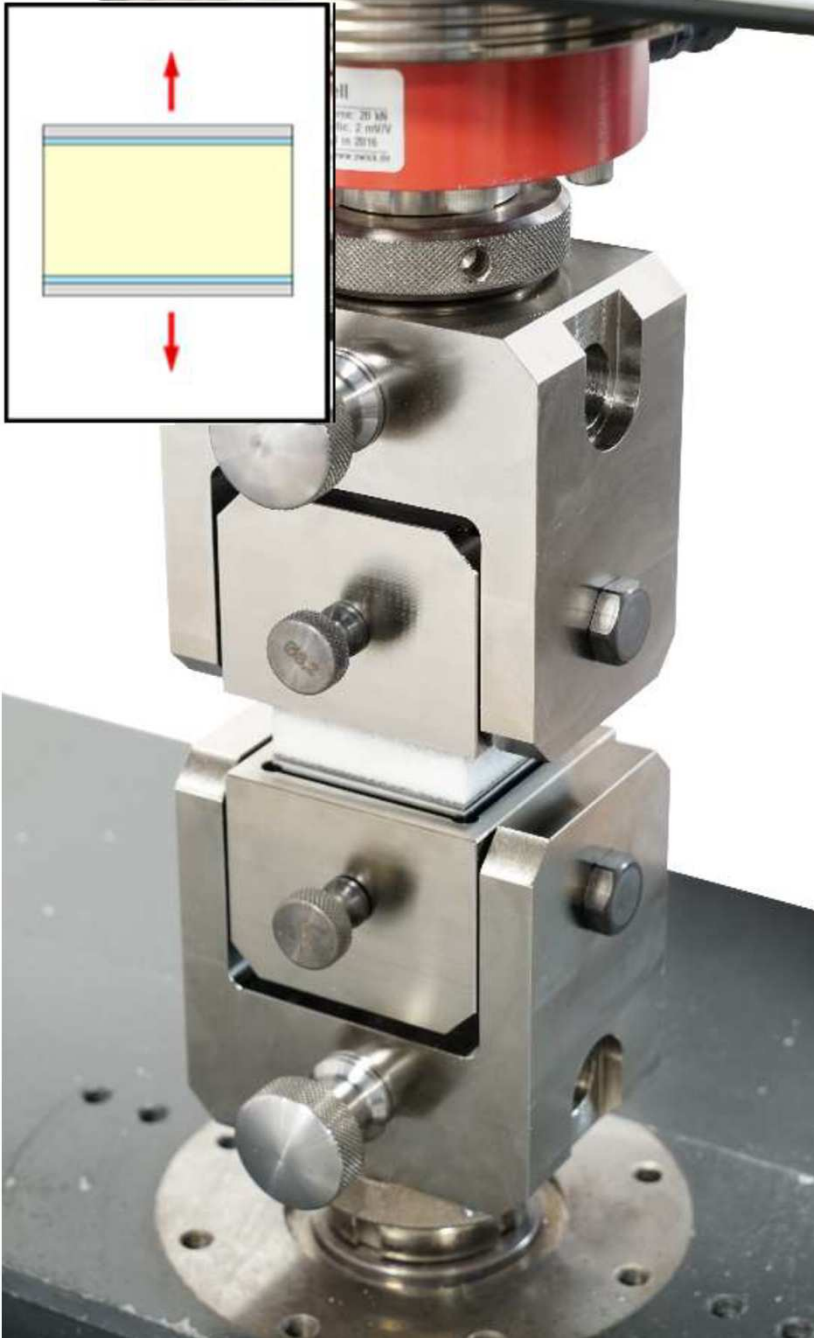
Z. Ouyang et al., Nonlinear shear fracture of end notched flexure specimens

Współczynnik uwalniania energii:

$$G_{IIc} = \frac{9a^2 P^2}{16EB^2 h^3}$$

Badania struktur przekładkowych

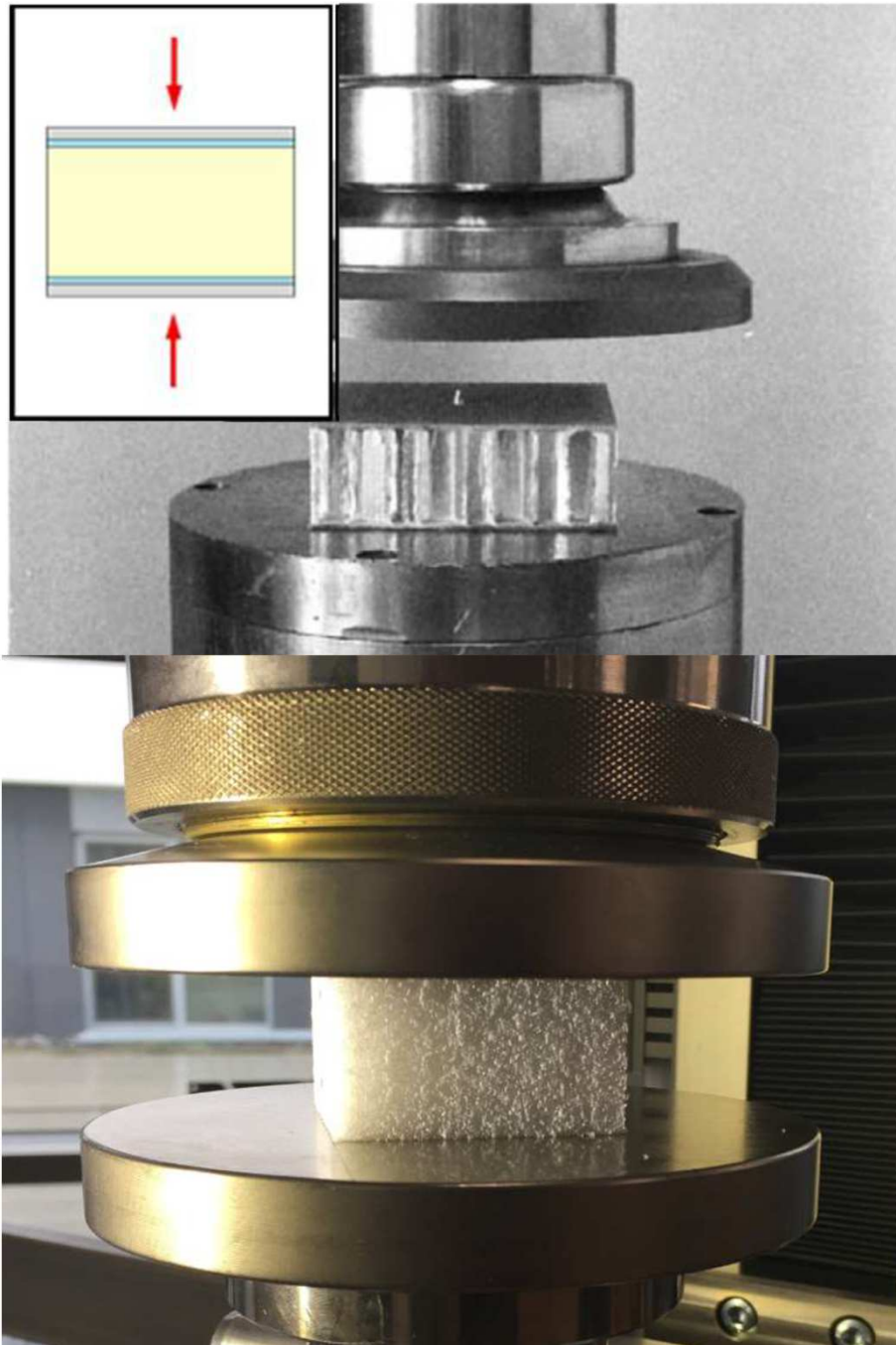
Rozciąganie w kierunku grubości



Celem testu jest zbadanie:

- Wytrzymałości wypełniacza
- Wytrzymałości połączenia między wypełniaczem i kompozytem

Ściskanie w kierunku grubości

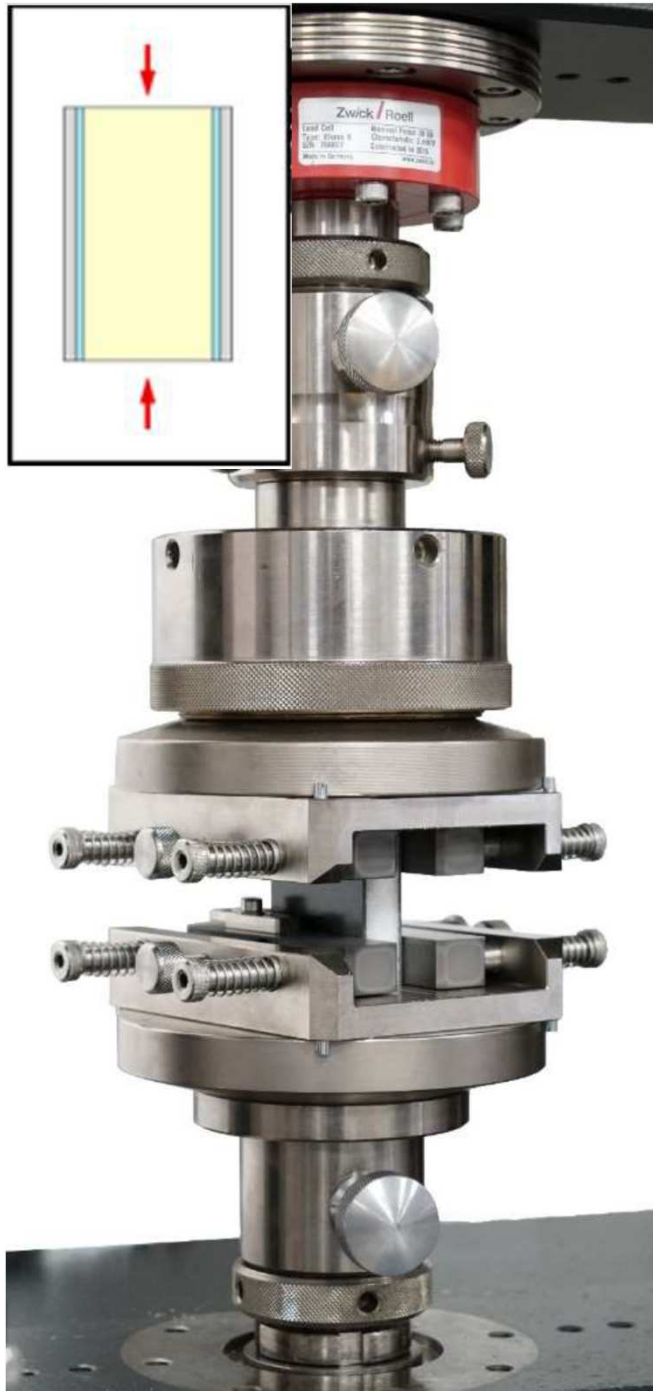


Celem testu jest wyznaczenie wytrzymałości na ściskanie oraz sztywności materiału rdzenia.

Można stosować do badania:

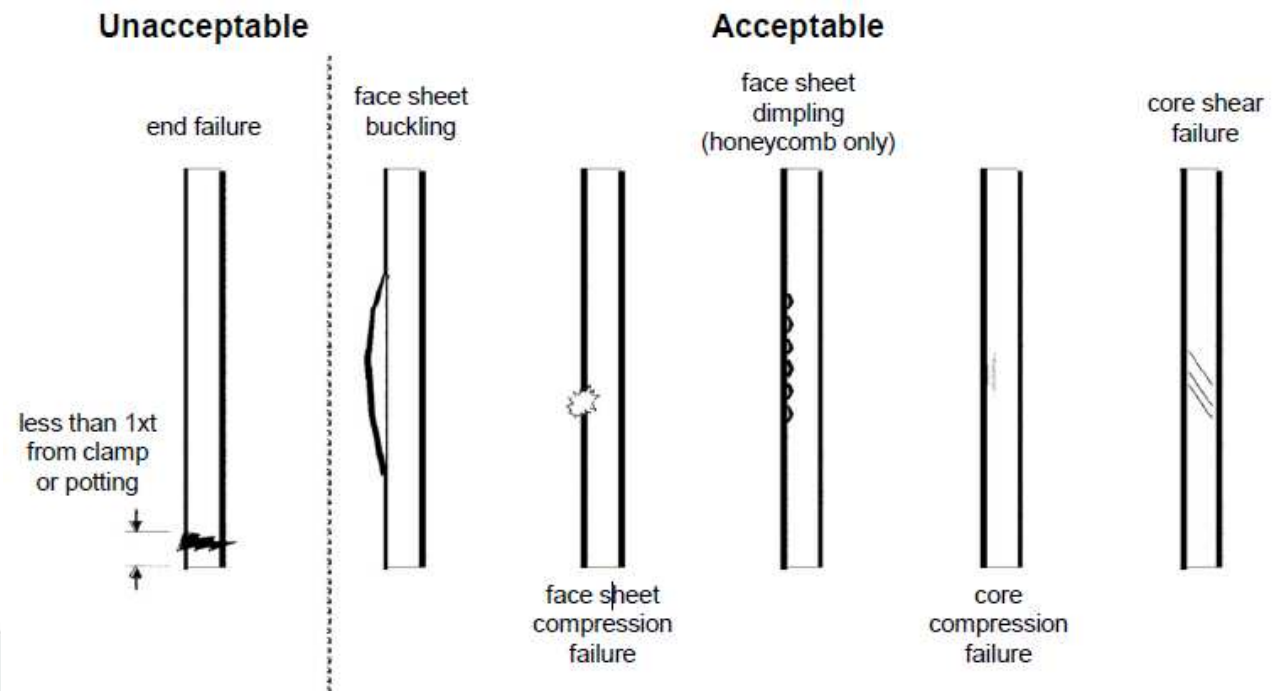
- Struktury przekładkowej
- Samego wypełniacza komórkowego lub pianki

Ściskanie wzdluzne



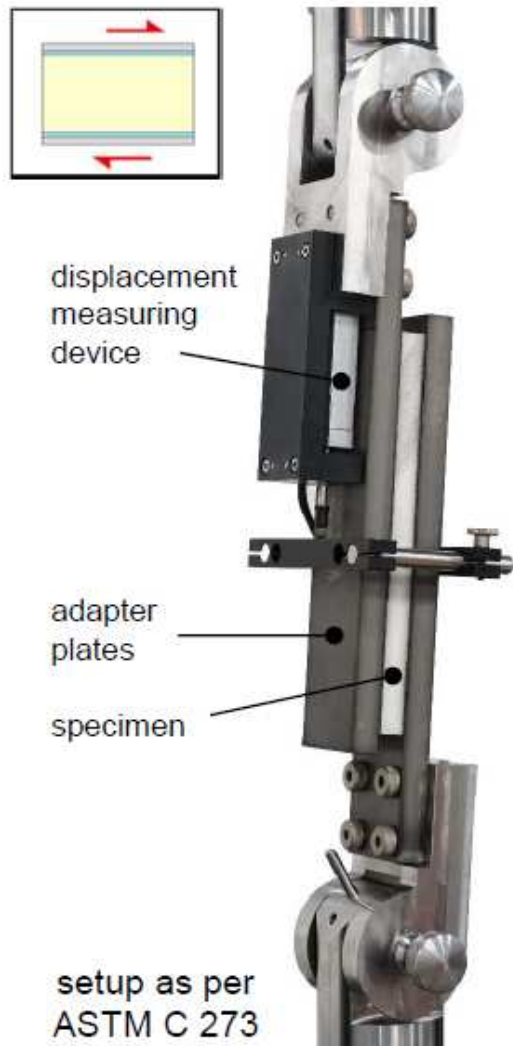
Badanie wytrzymałości struktury przekładkowej na ściskanie

Postacie zniszczenia



Ścinanie wypełniacza

Badanie służy do wyznaczenia wytrzymałości i sztywności na ścinanie wypełniacza.

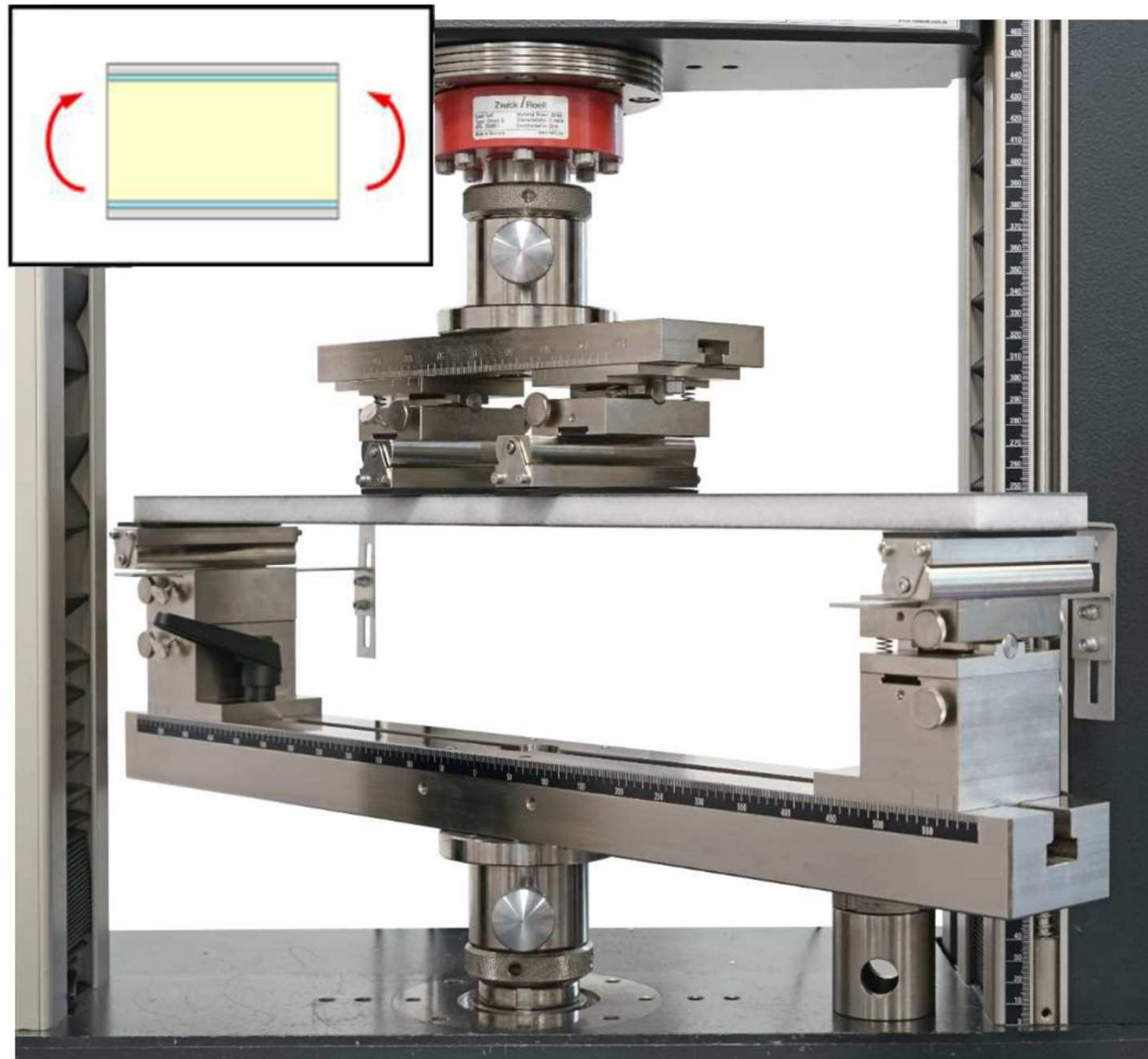


Badanie służy do wyznaczenia wytrzymałości na ścinanie wypełniacza.



Żeby wyniki badań były miarodajne, zniszczeniu musi ulec wypełniacz.

Zginanie 4-punktowe



Odrywanie kompozytu (Climbing Drum Peel Test)

