
 <b>AGH</b>	<b>Akademia Górniczo – Hutnicza</b> Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
	 Katedra Wytrzymałości, Zmęczenia Materiałów i Konstrukcji

Nazwisko i Imię:		
Nazwisko i Imię:		
<b>Wydział Górnictwa i Geoinżynierii</b>		Grupa nr:
Ocena:	Podpis:	Data:

## Ć w i c z e n i e K 6

### Wyznaczanie stałych materiałowych przy wykorzystaniu pomiarów tensometrycznych.

#### 1. Wprowadzenie.

Aby można było wyliczać odkształcenia i naprężenia w elementach konstrukcyjnych należy znać oprócz wymiarów i obciążeń zewnętrznych, także stałe materiałowe jakimi są moduł sprężystości podłużnej (Younga)  $E$ , moduł sprężystości poprzecznej (Kirchhoffa)  $G$  czy związaną z powyższymi modułami liczbę Poissona  $\nu$ , którą możemy wyliczyć z zależności:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} \quad (1)$$

Wartości modułu Younga i liczby Poissona można wyznaczyć na próbkach poddanych zginaniu i rozciąganiu w których to przypadkach mamy rozkład naprężeń zbliżony do stanu jednoosiowego. Wartości modułu Younga można obliczyć z prawa Hooke'a:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (2)$$

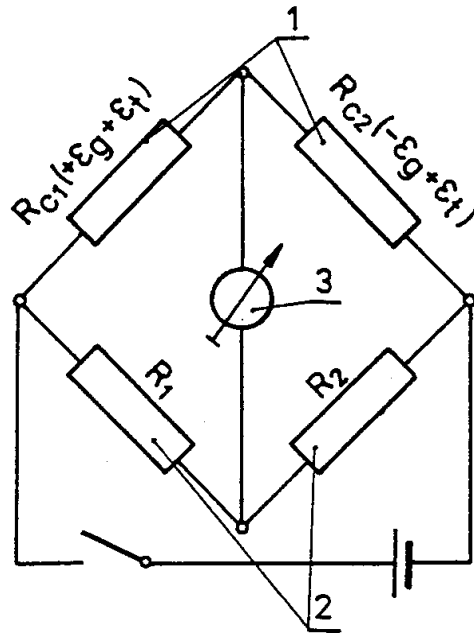
Przy jednoosiowym stanie naprężenia liczba Poissona wyraża się stosunkiem odkształcenia poprzecznego  $\varepsilon_p$  do odkształcenia wzdłużnego  $\varepsilon$ :

$$\nu = -\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon} \quad (3)$$

Ze wzorów (2) i (3) można określić stałe materiałowe gdy będziemy znali wartości odkształceń  $\varepsilon$ , czy  $\varepsilon_p$  dla badanego materiału. Wartości odkształceń możemy zmierzyć przy pomocy tensometrów mechanicznych lub rezystancyjnych. Zatem celem tego ćwiczenia jest doświadczalne wyznaczenie modułu Younga i liczby Poissona przy zastosowaniu wymienionych metod pomiaru odkształceń.

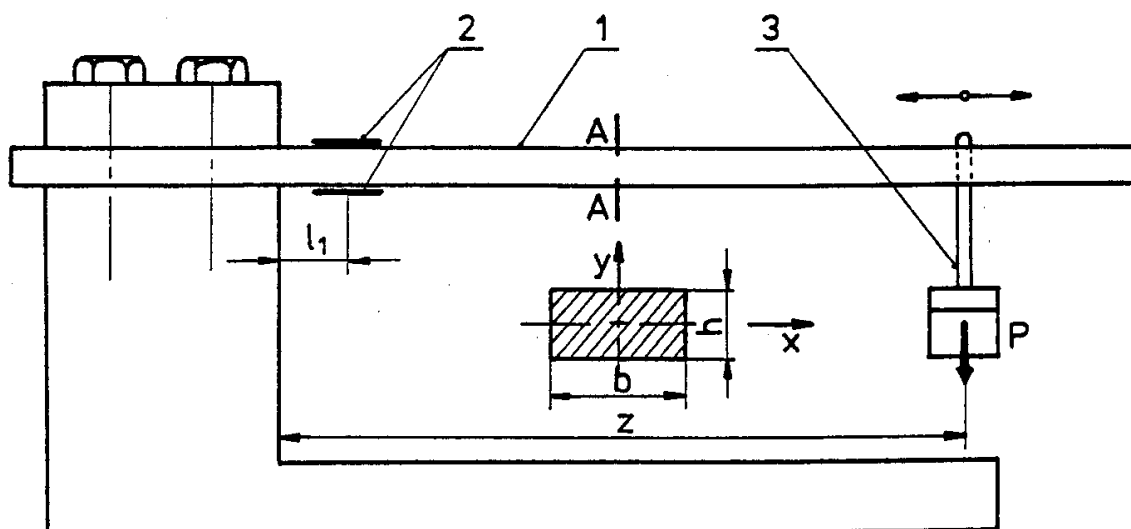
## 2. Wyznaczenie modułu Younga belek wspornikowych wykonanych z różnych materiałów.

Do pomiaru odkształceń wykorzystano czujniki tensometryczne rezystancyjne naklejone wzdłuż włókien na belkach wspornikowych i połączonych w samokompensacyjny układ półmostkowy, jak to pokazuje rysunek 1. Czujnik  $R_{c1}$  naklejony jest na włóknach rozciąganych a  $R_{c2}$  na włóknach ściskanych.



Rys. 1. Układ pomiarowy półmostkowy: 1 -  $R_{c1}, R_{c2}$  - czujniki czynne, 2 -  $R_1, R_2$  - oporności mostka, 3 - galwanometr

Schemat stanowiska pomiarowego pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Stanowisko pomiarowe do wyznaczania modułu Younga na belkach wspornikowych:  
1- belka wspornikowa, 2 – czujniki tensometryczne, 3 – obciążenie.

Wartość naprężeń w miejscu naklejenia tensometrów, które znajdują się w odległości  $l_1$  od utwierdzenia wyznaczamy ze wzoru:

$$\sigma = \frac{M_g}{W_x} \quad (4)$$

gdzie:  $M_g$  – moment gnący;  $M_g = P(z-l_1)$ ,  
 $z$  – miejsce obciążenia,  
 $l_1$  – miejsce naklejenia tensometrów,  
 $P$  – obciążenie,

$W_x$  – wskaźnik wytrzymałości na zginanie przekroju prostokątnego;  $W_x = \frac{2I_x}{h} = \frac{bh^3}{6}$ ,

$I_x$  – moment bezwładności przekroju.

Porównując (4) i naprężenia wyliczone ze wzoru (2) otrzymujemy:

$$\frac{M_g}{W_x} = E \cdot \varepsilon_m \quad (5)$$

Po podstawieniu zależności na  $M_g$  i  $W_x$  możemy z powyższego wzoru wyznaczyć moduł Younga

$$E = \frac{6P(z-l_1)}{bh^2 \varepsilon_m} \quad (6)$$

gdzie:  $\varepsilon_m$  – odkształcenie mierzone na mostku, które może być wyliczone z poniższych wzorów:

a) – gdy zastosujemy pomiar metodą zerową w półmostku (mostek TSA – 4):

$$\varepsilon_m = \frac{1}{2} (M_p - M_0) \frac{k_0}{k} \cdot 10^{-3} \quad (7)$$

b) – gdy zastosujemy pomiar metodą wychyłową (mostek moduł 1000):

$$\varepsilon_m = \frac{4 \cdot C \cdot U}{n \cdot k \cdot A \cdot p} \quad (8)$$

We wzorach (7) i (8) poszczególne wyrażenia to:

$M_0$  – odczyt przed obciążeniem,

$M_p$  – odczyt po obciążeniu,

$k_0$  - nastawa mostka tensometrycznego,

$k$  – stała tensometru (współczynnik czułości),

$U$  – napięcie wywołane podczas pomiarów [mV]

$C$  – nastawa czułości  $\left[ \frac{m}{V} \right]$ ,

$k$  – współczynnik czułości tensometru,

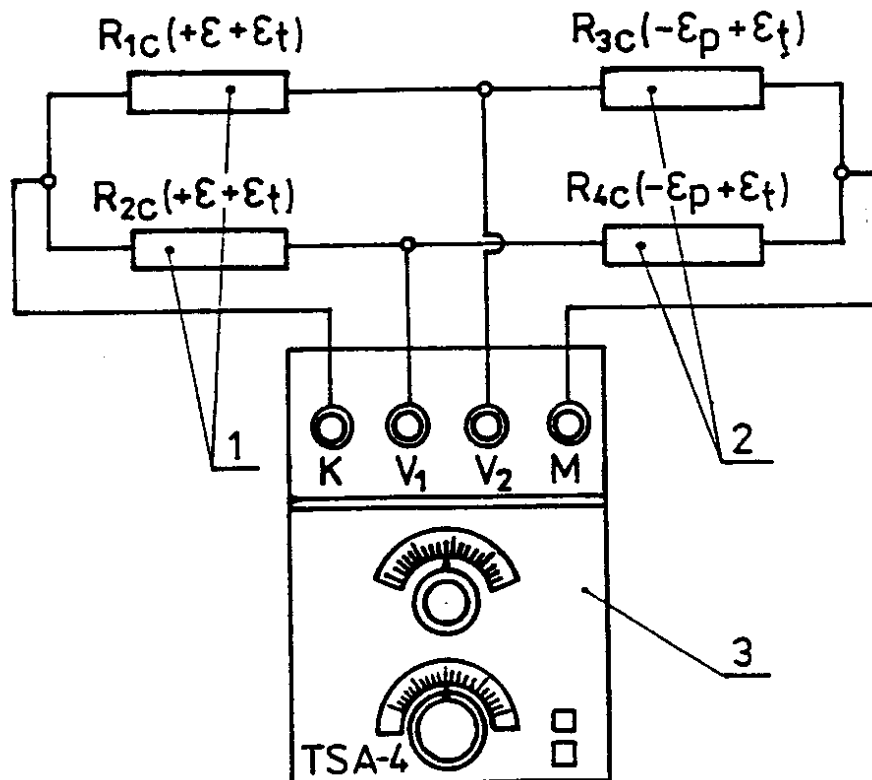
$n$  – ilość czynnych tensometrów,

$p$  – stała zależna od ilości tensometrów,

$A$  – wielkość napięcia kalibracji  $[V]$ .

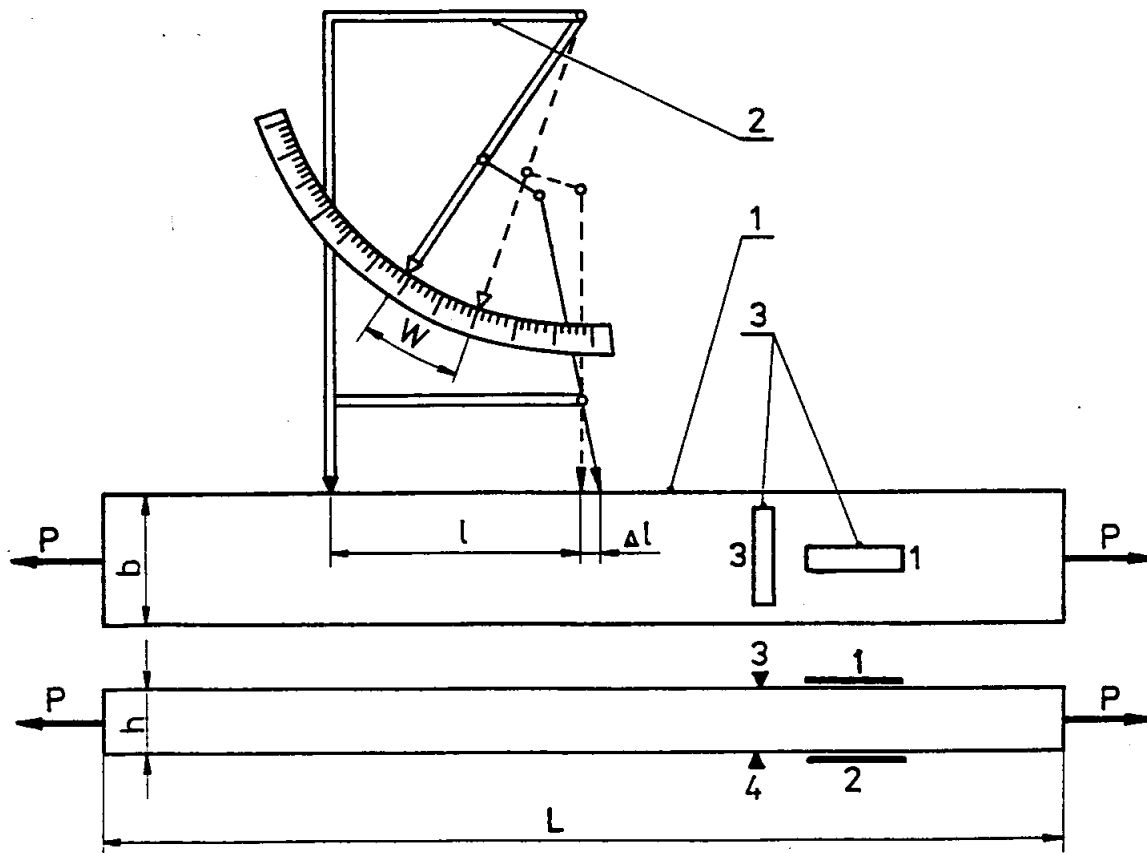
### 3. Wyznaczenie współczynnika Poissona materiału rozciąganej próbki prostokątnym.

Przy wyznaczaniu współczynnika Poissona wykorzystano pomiar przy pomocy czujników tensometrycznych rezystancyjnych oraz tensometru mechanicznego. Układ pomiarowy który zastosowano to pełny mostek samokompensacyjny przedstawiony na rysunku 3. i sposób jego podłączenia do mostka tensometrycznego TSA-4.



Rys. 3. Układ pełnego mostka do pomiaru liczby Poissona: 1 -  $R_{1c}$ ,  $R_{2c}$  – czujniki naklejone wzdłuż włókien, 2 -  $R_{3c}$ ,  $R_{4c}$  – czujniki naklejone w poprzek włókien, 3 – mostek tensometryczny TSA - 4.

Schemat stanowiska do wyznaczania współczynnika Poissona, miejsce naklejania tensometrów rezystancyjnych oraz sposób zamocowania tensometru mechanicznego pokazuje rysunek 4.



Rys. 4. Schemat stanowiska do wyznaczenia współczynnika Poissona: 1 – rozciągana próbka prostokątna, 2 – tensometr mechaniczny, 3 – tensometry rezystancyjne.

Odształcenie mierzone na mostku dla układu jak na rysunku 3 wylicza się ze wzoru:

$$\varepsilon_m = (M_p - M_0) \frac{k_0}{k} = \varepsilon + \nu \varepsilon \quad (9)$$

Odształcenie bezwzględne mierzone tensometrem mechanicznym wyliczymy ze wzoru:

$$\Delta l = \frac{W}{m} \quad (10)$$

natomiast odkształcenie względne wzdłużne:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{W}{m \cdot l} \quad (11)$$

Wartość liczby Poissona określimy podstawiając (11) do (9) co da ostatecznie:



**Tabela 2. Zestawienie odczytów tensometrów rezystancyjnych i tensometru mechanicznego.**

Liczba pomiarów	Obciążenie P[N]	Wskazania mostka		Wskazania tens. mech.			Liczba Poissona $\nu$
		$M_0$ [‰]	$M_p$ [‰]	l[mm]	m	W	
1							
2							
3							
4							
5							