



# ĆWICZENIE 1

## STATYCZNA PRÓBA ROZCIĄGANIA METALI - UPROSZCZONA

### 1. Protokół próby rozciągania

#### 1.1. Rodzaj badanego materiału .....

#### 1.2. Wyniki pomiarów

Wartość	$d_o$ [mm]	$d_r$ [mm]	$d_u$ [mm]	$S_o$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_u$ [mm <sup>2</sup> ]	$L_o$ [mm]	$L_u$ [mm]
Pomiar 1							
Pomiar 2							
Pomiar 3							
Wartość średnia							

Wartość	$F_{eL}$ [kN]	$F_{eH}$ [kN]	$F_m$ [kN]	$F_u$ [kN]
Odczyt z wykresu				

#### 1.3. Obliczenia

$$S_o = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} = \dots\dots\dots$$

$$S_u = \frac{\pi \cdot d_u^2}{4} = \dots\dots\dots$$

$$A_{10} = \frac{\Delta L}{L_o} \cdot 100\% = \dots\dots\dots$$

$$A_r = \frac{d_o^2 - d_r^2}{d_r^2} \cdot 100\% = \dots\dots\dots$$

$$Z = \frac{S_o - S_u}{S_o} \cdot 100\% = \dots\dots\dots$$

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_o} = \dots\dots\dots$$

$$R_{eH} = \frac{F_{eH}}{S_o} = \dots\dots\dots$$

$$R_m = \frac{F_m}{S_o} = \dots\dots\dots$$

$$R_u = \frac{F_u}{S_u} = \dots\dots\dots$$

( $N-n$  dzieląc jest liczbą parzystą)  $L_u = L_{AB} + 2L_{BC} =$  .....

( $N-n$  dzieląc jest liczbą nieparzystą)  $L_u = L_{AB} + L_{BC} + L_{BC} =$  .....

#### 1.4. Oszacowania błędów wyznaczenia poszczególnych wielkości

$\Delta A_{10} =$  .....

$\Delta A_r =$  .....

$\Delta Z =$  .....

$\Delta R_{eL} =$  .....

$\Delta R_{eL}[\%] =$  .....

$\Delta R_{eH} =$  .....

$\Delta R_{eH}[\%] =$  .....

$\Delta R_m =$  .....

$\Delta R_m[\%] =$  .....

$\Delta R_u =$  .....

$\Delta R_u[\%] =$  .....

#### 2. Wyniki obliczeń

Badany materiał	$S_0$ [mm <sup>2</sup> ]	$S_u$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{10}$ [%]	$A_r$ [%]	$Z$ [%]	$R_{eL}$ [MPa]	$R_{eH}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$R_u$ [MPa]
Stal									

$\Delta A_{10}$ [%]	$\Delta A_r$ [%]	$\Delta Z$ [%]	$\Delta R_{eL}$ [MPa]	$\Delta R_{eL}$ [%]	$\Delta R_{eH}$ [MPa]	$\Delta R_{eH}$ [%]	$\Delta R_m$ [MPa]	$\Delta R_m$ [%]	$\Delta R_u$ [MPa]	$\Delta R_u$ [%]

Uwagi: .....

.....

.....

Uwaga! Należy załączyć wykresy rozciągania wraz z obliczeniami wartości sił charakteryzujących własności materiału (z proporcji)



# ĆWICZENIE 2

## STATYCZNA PRÓBA ROZCIĄGANIA METALI, WYZNACZENIE WARTOŚCI GRANICY SPRĘŻYSTOŚCI I PLASTYCZNOŚCI ORAZ SIECZNEGO MODUŁU SPRĘŻYSTOŚCI PODŁUŻNEJ

Rysunek: Szkic i wymiary badanej próbki

### 1. Protokół próby rozciągania

#### 1.1. Rodzaj badanego materiału .....

#### 1.2. Wyniki pomiarów

Wartość	$b$ [mm]	$h$ [mm]	$S_0$ [mm <sup>2</sup> ]	$F_{0.05}$ [kN]	$F_{0.2}$ [kN]
Pomiar 1					
Pomiar 2					
Pomiar 3					
Wartość średnia					

#### 1.3. Obliczenia

$$S_0 = b \cdot h = .....$$

$$R_{0.05} = \frac{F_{0.05}}{S_0} = .....$$

$$R_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0} = .....$$

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_x - \varepsilon_{0.05} =$$

$\varepsilon_x$  – wartość otrzymana po zrzutowaniu punktu na wykresie odpowiadającego  $F_{0.05}$  na oś odkształceń

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{F_{0.05}}{S_0 \cdot \Delta\varepsilon} =$$

#### 1.4 Oszacowanie błędów wyznaczenia siecznego modułu sprężystości podłużnej oraz naprężenia granicznego

$$\Delta S_0 =$$

$$\Delta R_{0.05} =$$

$$\Delta R_{0.05}[\%] =$$

$$\Delta R_{0.2} =$$

$$\Delta R_{0.2}[\%] =$$

$$\Delta E =$$

$$\Delta E[\%] =$$

#### 2. Wyniki obliczeń

$R_{0.05}$ [MPa]	$R_{0.2}$ [MPa]	$E$ [GPa]

$\Delta S_0$ [mm <sup>2</sup> ]	$\Delta R_{0.05}$ [MPa]	$\Delta R_{0.05}$ [%]	$\Delta R_{0.2}$ [MPa]	$\Delta R_{0.2}$ [%]	$\Delta E$ [MPa]	$\Delta E$ [%]

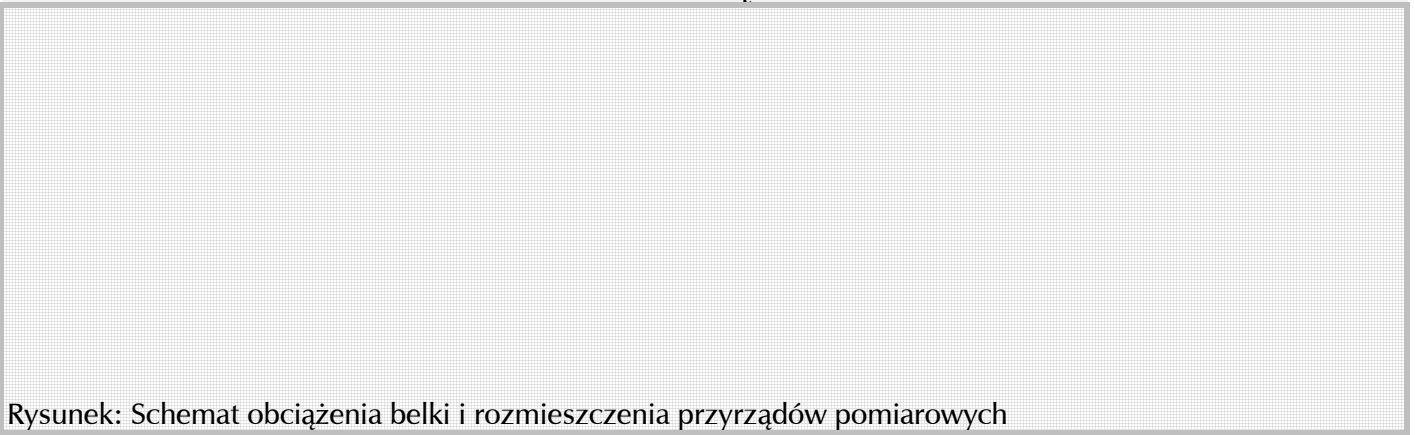
Uwagi: .....

Uwaga! Należy załączyć wykresy rozciągania wraz z obliczeniami wartości sił odpowiadających granicy sprężystości i plastyczności



# ĆWICZENIE 3

## CZyste Zginanie, Wyznaczanie Modułu Sprężystości Podłużnej $E$ poprzez Pomiary Ugięcia Belki



Rysunek: Schemat obciążenia belki i rozmieszczenia przyrządów pomiarowych

### 1. Protokół badania

#### 1.1. Rodzaj badanego materiału .....

#### 1.2. Przyrząd pomiarowy zastosowany do pomiaru ugięcia oraz jego dokładność: .....

#### 1.3. Wyniki pomiarów

$k$ [mm]	$L$ [mm]	$J_{sr}$ [mm <sup>4</sup> ]	$X_1$ [mm]	$X_2$ [mm]	$F$ [N]	Wartość	$b$ [mm]	$h$ [mm]	$w_1(x)$ [mm]	$w_2(x)$ [mm]
						Pomiar 1				
						Pomiar 2				
						Pomiar 3				
						Wartość średnia				

### 1.4. Obliczenia dla wartości średnich uzyskanych z pomiarów, (schemat obciążenia wg rys. 3.6:)\*

- w przedziale  $k \leq x \leq (k + L_1)$

$$E_i = \frac{F \cdot k}{w_i(x)} \cdot \frac{1}{6 \cdot J_y} \cdot (3 \cdot x \cdot (L - x) - k^2) =$$

$$E_1 =$$

.....

$$E_2 =$$

.....

$$E_{\text{sr}} = \frac{E_1 + E_2}{2} =$$

.....

### 1.5 Oszacowanie błęd wyznaczenia modułu sprężystości podłużnej E

$$\Delta b =$$

.....

$$\Delta h =$$

.....

$$\Delta k =$$

.....

$$\Delta L =$$

.....

$$\Delta X =$$

.....

$$\Delta w(x) =$$

.....

$$\Delta F =$$

.....

$$\Delta J =$$

.....

$$\Delta E =$$

.....

$$\Delta E_{[\%]} =$$

.....

### 2. Wyniki obliczeń

$\Delta b$ [mm]	$\Delta h$ [mm]	$\Delta k$ [mm]	$\Delta L$ [mm]	$\Delta X$ [mm]	$\Delta w(x)$ [mm]	$\Delta F$ [N]	$\Delta J$ [mm <sup>4</sup> ]	$E_{\text{sr}}$ [GPa]	$\Delta E$ [GPa]	$\Delta E$ [%]

Uwagi: .....

.....

\* Skrypt „Wytrzymałość materiałów w badaniach doświadczalnych”, J. Marcinowski, S. Wójcik, Dolnośląskie wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2001.  
Przygotował: Dr inż. Andrzej Helowicz



# ĆWICZENIE 4

## TENSOMETRIA ELEKTROOPOROWA, WYZNACZENIE STAŁYCH MATERIAŁOWYCH W PRÓBIE ZGINANIA

Rysunek: Schemat obciążenia belki, wymiary i rozmieszczenia tensometrów

### 1. Protokół badania

#### 1.1. Rodzaj wycinka badanego materiału

#### 1.2. Przyrząd pomiarowy zastosowany do pomiaru odkształcenia oraz jego dokładność:

#### 1.3. Wyniki pomiarów

Wartość	$b$ [mm]	$h$ [mm]	$k_{[Lewa]}$ [mm]	$k_{[Prawa]}$ [mm]	$F$ [N]	Podłużny		Poprzeczny
						Tens. poj. $e_{x1}$ $\times 10^{-6}$	Tens. podwójny (x0.5) $e_{x2}$ $\times 10^{-6}$	$e_p$ $\times 10^{-6}$
Pomiar 1								
Pomiar 2								
Pomiar 3								
Wartość średnia								

UWAGA: Wartości odkształceń odczytane z tensometrów podwójnych należy podzielić przez 2

## 1.4 Obliczenia

$$E_i = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon_i} = \frac{\Delta M}{W \cdot \varepsilon_i} = \frac{F \cdot k}{\frac{b \cdot h^2}{6} \cdot \varepsilon_{xi}} = \frac{6 \cdot F \cdot k}{b \cdot h^2 \cdot \varepsilon_{xi}}$$

$$E_1 = \dots\dots\dots$$

$$E_2 = \dots\dots\dots$$

$$E_{\dot{s}r} = \frac{E_1 + E_2}{2} = \dots\dots\dots$$

$$v_i = \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_{xi}}$$

$$v_1 = \dots\dots\dots$$

$$v_2 = \dots\dots\dots$$

$$v_{\dot{s}r} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \dots\dots\dots$$

## 1.5 Oszacowanie błędu wyznaczenia modułu sprężystości podłużnej E oraz współczynnika Poissona v

$$\Delta b = \dots\dots\dots$$

$$\Delta h = \dots\dots\dots$$

$$\Delta k = \dots\dots\dots$$

$$\Delta F = \dots\dots\dots$$

$$\Delta\varepsilon_x = \dots\dots\dots$$

$$\Delta\varepsilon_p = \dots\dots\dots$$

$$\Delta E = \dots\dots\dots$$

$$\Delta E_{[\%]} = \dots\dots\dots$$

## 2. Wyniki obliczeń

$\Delta b$ & $\Delta h$ [mm]	$\Delta k$ [mm]	$\Delta F$ [N]	$\Delta\varepsilon_x$ [ $\times 10^{-6}$ ]	$\Delta\varepsilon_p$ [ $\times 10^{-6}$ ]	$E_{\dot{s}r}$ [GPa]	$\Delta E$ [GPa]	$\Delta E$ [%]	$v$	$\Delta v$	$\Delta v$ [%]

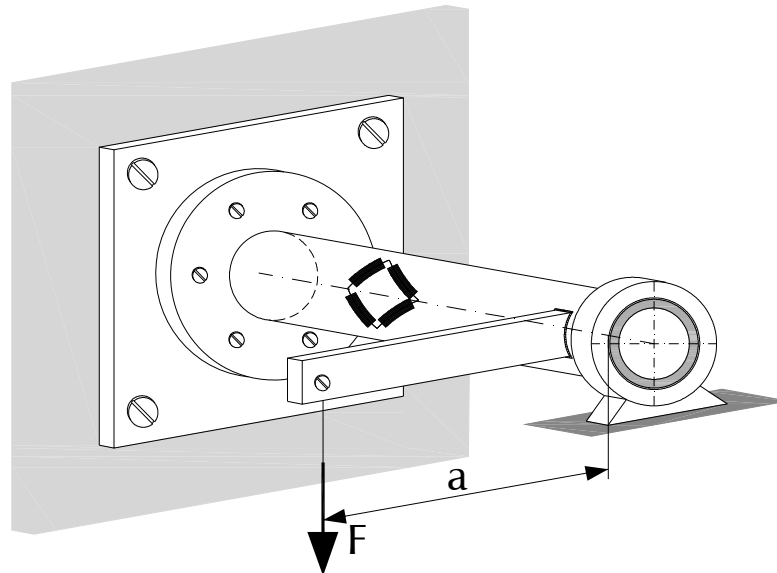
Uwagi: .....



# ĆWICZENIE 5

## SKRĘCANIE,

## WYZNACZANIE MODUŁU SPRĘŻYSTOŚCI POPRZECZNEJ $G$ W PRÓBIE SKRĘCANIA PRĘTA O PRZEKROJU PIERŚCIENIOWYM



Rysunek: Schemat obciążenia pręta, wymiary, rozmieszczenie czujników i metoda pomiaru

### 1. Wyniki pomiarów

1.1. Rodzaj badanego materiału: .....

1.2. Przyrząd pomiarowy zastosowany do pomiaru odkształcenia oraz jego dokładność: .....

### 1.3. Wyniki pomiarów

Wartość	$D$ [mm]	$d$ [mm]	$a$ [mm]	$F$ [N]	$U$ [V]	$U_{(F=0)}$ [mV]	$U_{(F \neq 0)}$ [mV]	$\Delta U$ [mV]
Pomiar 1								
Pomiar 2								
Pomiar 3								
Wartość średnia								

## 1.4. Obliczenia

$$W_0 = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(D^4 - d^4)}{D} =$$

$$K = 2.15$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta U}{U \cdot K} =$$

$$M_s = F \cdot a =$$

$$G = \frac{M_s}{2 \cdot W_0 \cdot \varepsilon} =$$

## 1.5 Oszacowanie błędów wyznaczenia modułu sprężystości poprzecznej G

$$\Delta D =$$

$$\Delta d =$$

$$\Delta M =$$

$$\Delta W_0 =$$

$$\Delta \varepsilon =$$

$$\Delta G =$$

## 2. Wyniki obliczeń

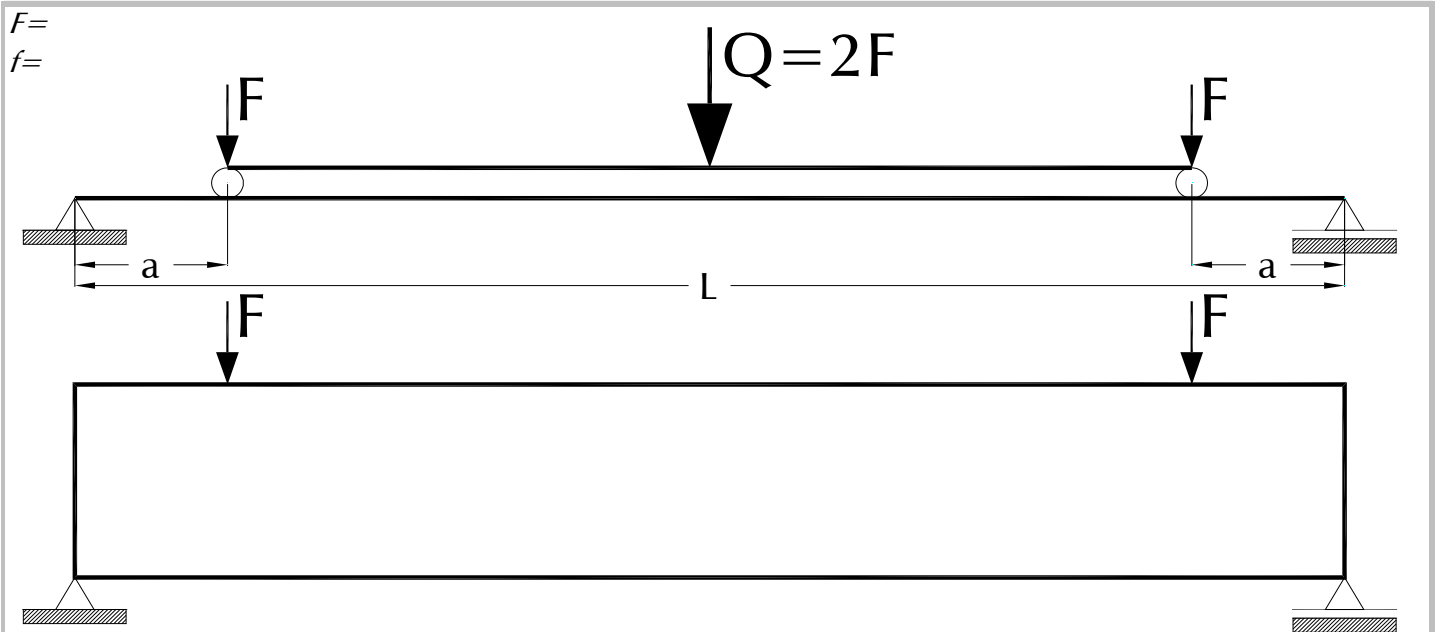
$\Delta D$ [mm]	$\Delta d$ [mm]	$\Delta(\Delta U)$ [mV]	$\Delta M$ [Nmm]	$\Delta W_0$ [mm <sup>3</sup> ]	$\Delta \varepsilon$ [ $\times 10^{-6}$ ]	$G_{sr}$ [GPa]	$\Delta G$ [GPa]	$\Delta G$ [%]

Uwagi:



# ĆWICZENIE 6

## WYZNACZANIE NAPRĘŻEŃ METODĄ ELASTOOPTYCZNĄ



Rysunek: Schemat obciążenia próbki, wymiary, przebieg izochrom dla wybranego obciążenia

### 1. Wyniki pomiarów

#### 1.1. Rodzaj badanego materiału .....

#### 1.2. Przyrząd pomiarowy zastosowany do pomiaru odkształcenia oraz jego dokładność: .....

#### 1.3. Wyniki pomiarów

Wartość	$g$ [mm]	$h$ [mm]	$L$ [mm]	$a$ [mm]
Pomiar 1				
Pomiar 2				
Pomiar 3				
Wartość średnia				

$Q =$  .....

$F =$  .....

Pomiar	$Q$ [N]	$F$ [N]	Rzęd izochromy	Rzędna izochromy $z$ [mm]	Rzędna izochromy $z_{\text{śr}}$ [mm]	Stała modelowa $K$ [MPa/rz.iz.]	$K_{\text{śr}}$ [MPa/rz.iz.]
1							
2							
3							

### 1.4 Obliczenia

$$K_1 = \frac{12 \cdot F \cdot a \cdot z}{g \cdot h^3 \cdot m} = \dots\dots\dots$$

$$K_2 = \dots\dots\dots$$

$$K_2 = \dots\dots\dots$$

### 1.5 Oszacowanie błędu wyznaczenia stałej modelowej K

$$\Delta Q = \dots\dots\dots$$

$$\Delta F = \dots\dots\dots$$

$$\Delta g = \dots\dots\dots$$

$$\Delta h = \dots\dots\dots$$

$$\Delta z = \dots\dots\dots$$

$$\Delta a = \dots\dots\dots$$

$$\Delta m = \dots\dots\dots$$

$$\Delta K = \dots\dots\dots$$

### 2. Wyniki obliczeń

$\Delta Q$ [N]	$\Delta F$ [N]	$\Delta g$ [mm]	$\Delta h$ [mm]	$\Delta z$ [mm]	$K_i$ [MPa/rz.iz.]	$\Delta K$ [MPa/rz.iz.]

Uwagi: .....