



**Laboratorium
Wytrzymałości Materiałów
w Katedrze Mechaniki Stosowanej
Politechniki Lubelskiej**

PLAN PREZENTACJI

Laboratorium wytrzymałości materiałów

Statyczna próba rozciągania metali

Skręcanie rury o przekroju kołowym

Czyste zginanie statycznie wyznaczalnej belki

Określenie rozkładu naprężeń w przekroju poprzecznym mimośrodowo rozciąganego pręta

Udarowa próba zginania

Pomiar odkształceń sprężystych dynamometru pierścieniowego



Laboratorium Wytrzymałości Materiałów
znajduje się w budynku

Centrum Innowacji i Zaawansowanych Technologii



Laboratorium Wytrzymałości Materiałów



Statyczna próba rozciągania metali

Najważniejsza próba w wytrzymałości materiałów pozwalająca określić szereg własności wytrzymałościowych i plastycznych materiału niezbędnych w projektowaniu.

Statyczna próba rozciągania metali ujęta normą PN-EN 10002-1:2004., która określa rodzaj próbek i warunki przeprowadzenia próby.



Statyczna próba rozciągania metali

W wyniku próby można określić:

- współczynnik sprężystości wzdłużnej E
(moduł Younga)
- wyraźną granicę plastyczności R_e
- wytrzymałość na rozciąganie R_m
- naprężenia rzeczywiste w chwili rozerwania R_u
- wydłużenie względne A_p
- przewężenie względne Z



Statyczna próba rozciągania metali



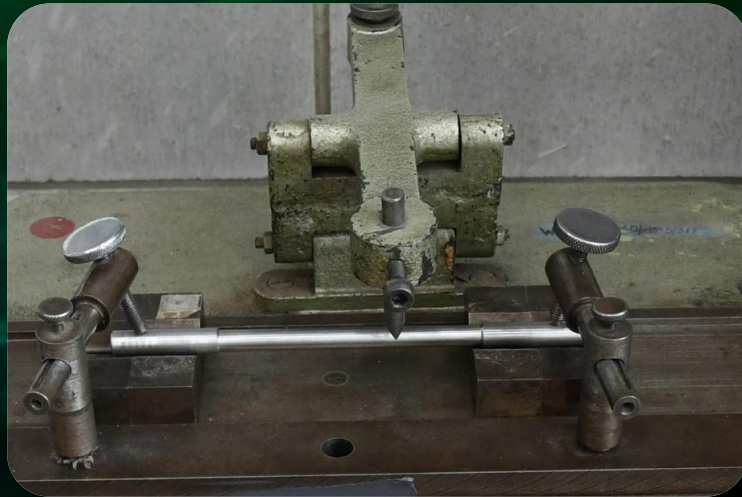
Ogólny widok stanowiska



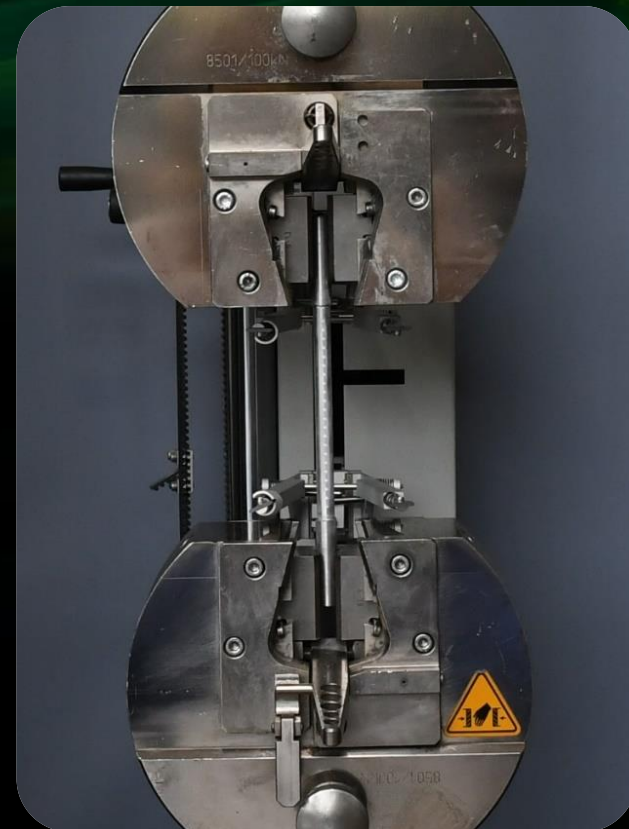
Statyczna próba rozciągania metali

Przebieg ćwiczenia z ilustracją zdjęciową

Skalowanie próbki



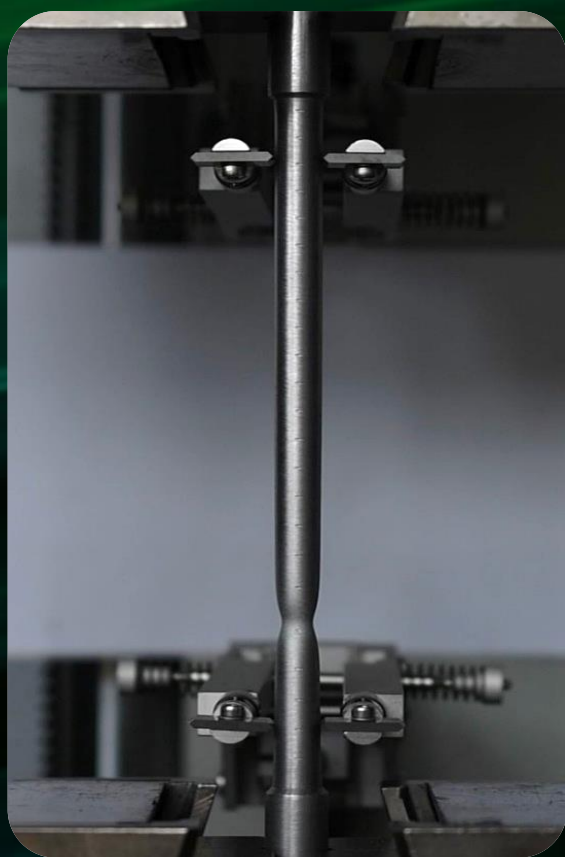
Próbka z tensometrem umieszczona w szczękach maszyny



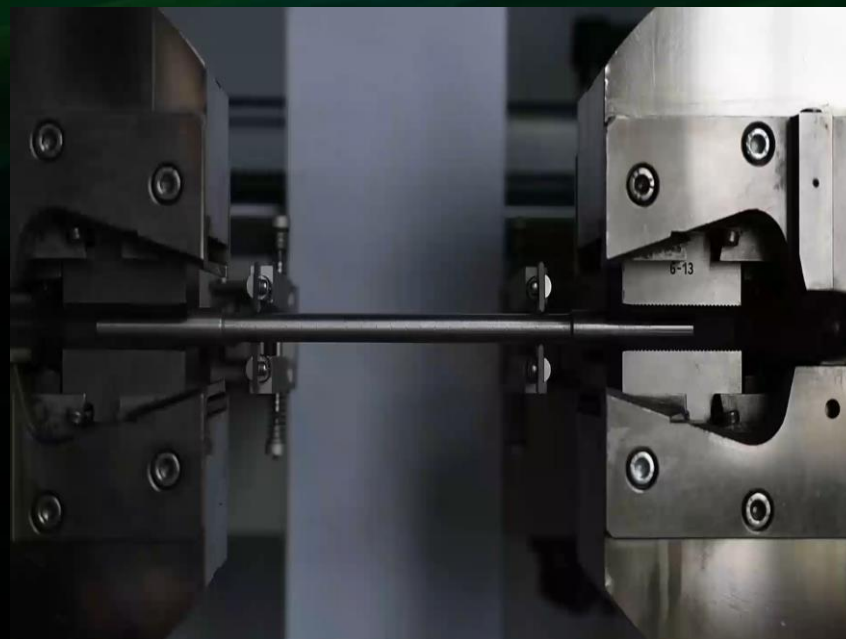
Statyczna próba rozciągania metali

Przebieg ćwiczenia z ilustracją zdjęciową i filmową

Próbka z uformowaną szyjką



Końcowa faza rozciągania-zerwanie
(zmniejszone tempo)

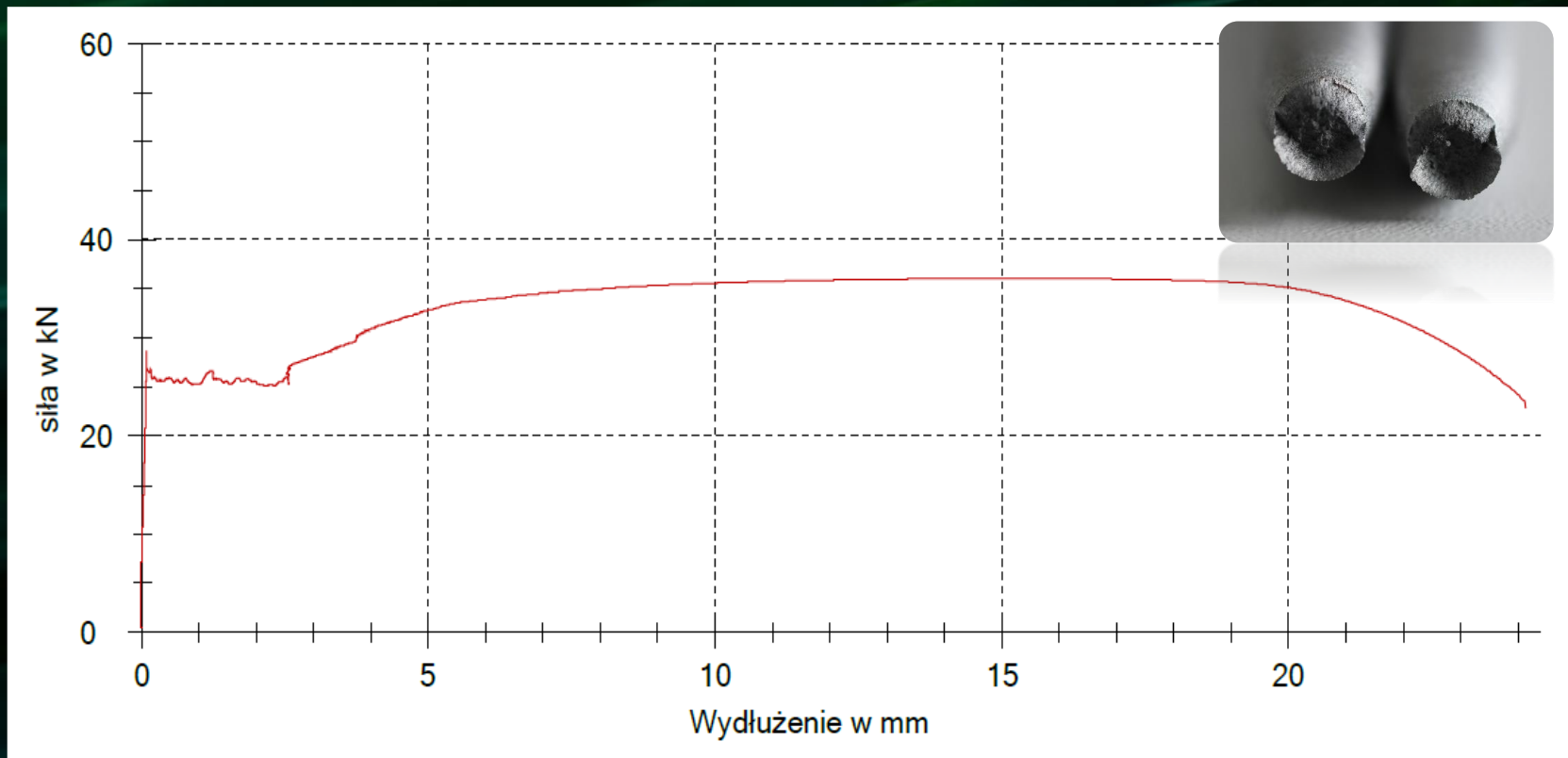


Statyczna próba rozciągania metali

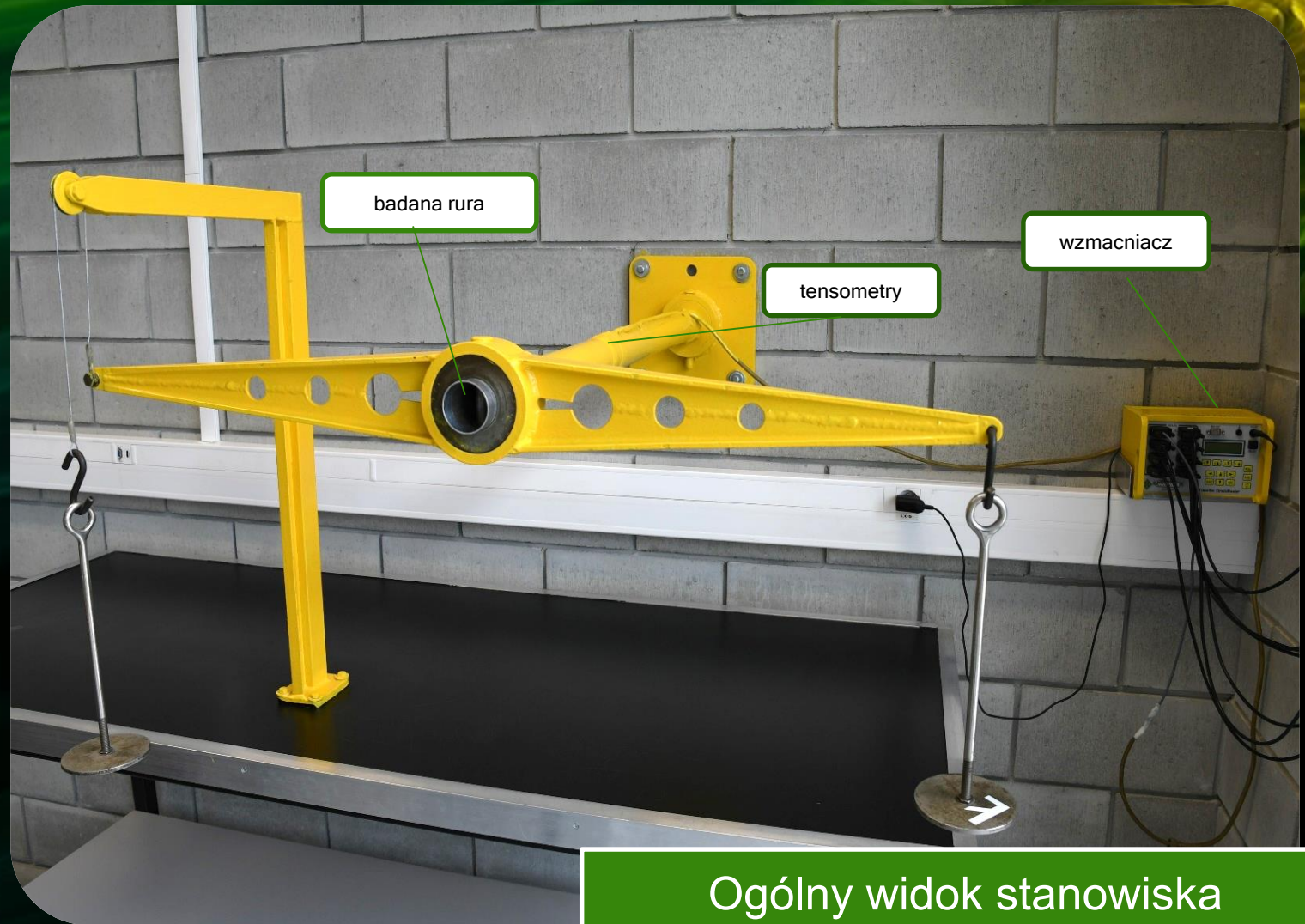


Wyniki badania

Legenda	Nr	R_{eH} MPa	R_{eL} MPa	A_e %	R_m MPa	F_m kN	A_g %	A_{100} %	d_0 mm	S_0 mm ²	Z %
	1	365	319	2,43	459	36,01	14,76	24,1	10	78,54	64



Skrećanie rury o przekroju kołowym



Skręcanie rury o przekroju kołowym

Stanowisko składa się z rury duralowej obciążanej momentem skręcającym za pomocą dźwigni dwuramiennej i obciążników. Na rurę naklejone są tensometry w kierunku naprężeń głównych. Odkształcenia odczytywane są przy pomocy wielokanałowego wzmacniacza Traveller StrainMaster.



Skręcanie rury o przekroju kołowym

Przebieg ćwiczenia z ilustracją zdjęciową

Pomiar rury i dźwigni



Zerowanie mostka



Skręcanie rury o przekroju kołowym

Przebieg ćwiczenia z ilustracją zdjęciową

Obciążenie układu



Odczyt odkształceń



Skręcanie rury o przekroju kołowym

Mierząc odkształcenia względne w kierunkach głównych (pod kątem 45° w stosunku do osi wału) możemy obliczyć doświadczalne naprężenia styczne w przekroju poprzecznym na powierzchni wału i moduł Kirchhoffa G oraz porównać te wyniki z wartościami teoretycznymi [1].

Przykładowe wyniki ilustruje tabela i wykres przedstawiony w kolejnych slajdach.





Skrećanie rury o przekroju kołowym

Wyniki pomiarów i obliczeń

Obciążenie P [N]	Moment skręcający M_s [Nmm]	Naprężenia teoretyczne τ_t [MPa]	Wydłużenie względne ε [-]	Naprężenia doświadczalne τ_d [MPa]	Moduł sprężystości postaciowej G [MPa]
20	20000	3,71	0,000069	3,63	26945,71
40	40000	7,43	0,000140	7,37	26560,77
60	60000	11,15	0,000207	10,89	26945,71

$$\tau_t = \frac{M_s}{W_0}$$

M_s – moment skręcający

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

D – średnica zewnętrzna rury (50mm)

d – średnica wewnętrzna rury (47mm)

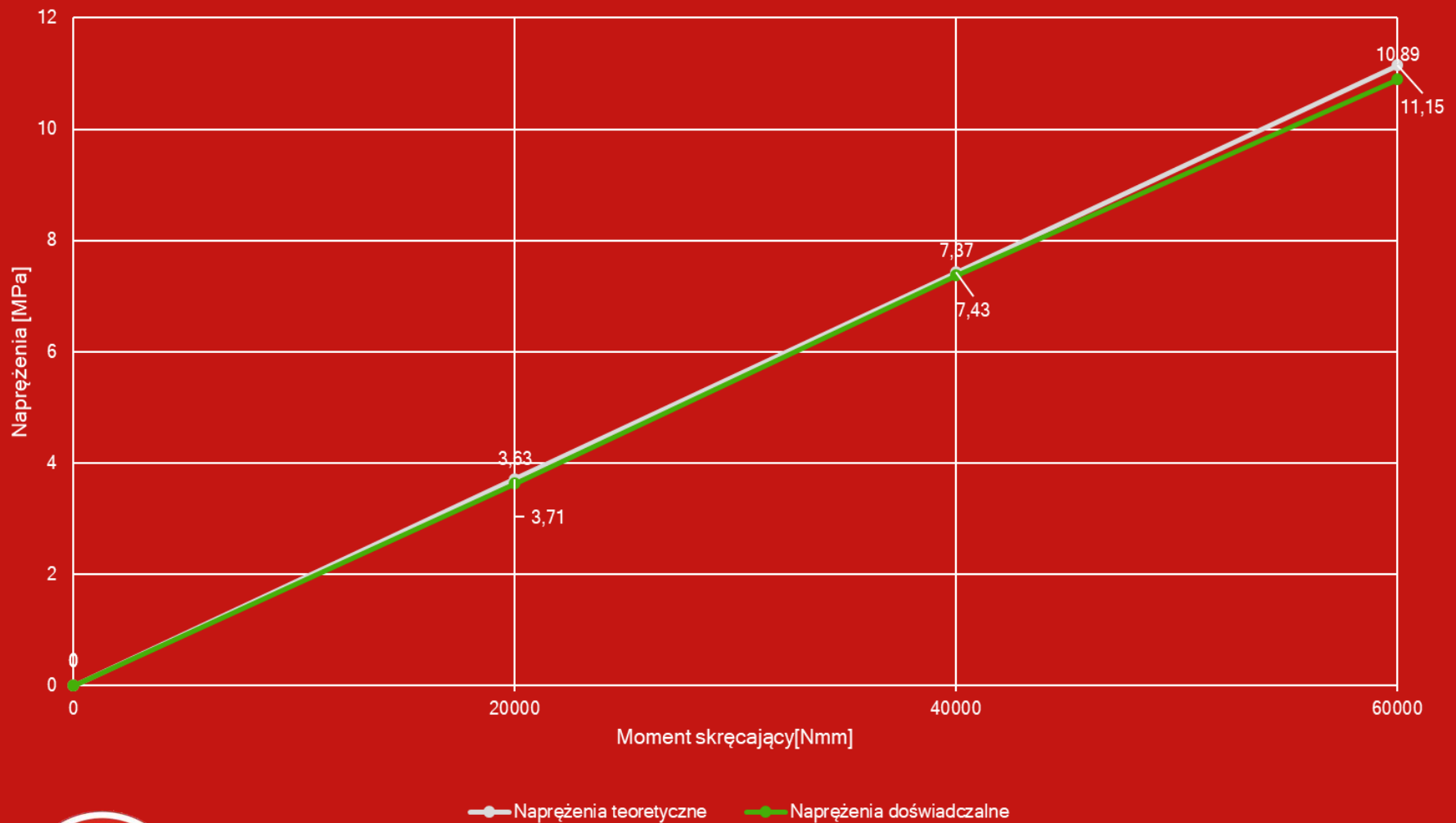
$$\tau_d = \frac{\varepsilon \cdot E}{1 + \nu}$$

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

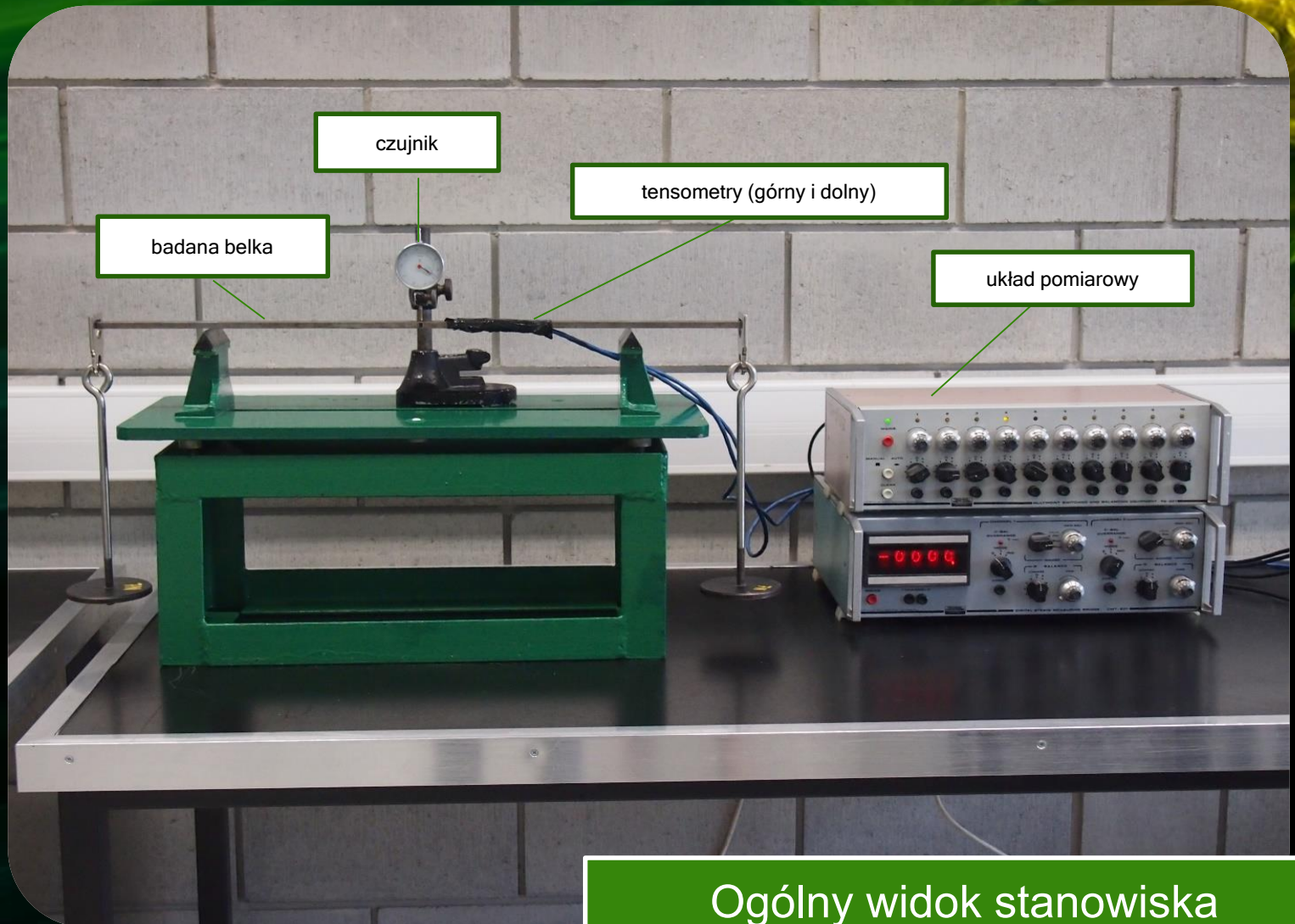
E – moduł Younga ($0,7 \cdot 10^5$ [MPa])

ν – liczba Poissona (0,33)

Skręcanie rury o przekroju kołowym



Czyste zginanie statycznie wyznaczalnej belki



Ogólny widok stanowiska



Czyste zginanie statycznie wyznaczalnej belki

Przebieg ćwiczenia z ilustracją zdjęciową

Pomiar belki



Zerowanie układu



Czyste zginanie statycznie wyznaczalnej belki

Przebieg ćwiczenia z ilustracją zdjęciową

Obciążenie układu



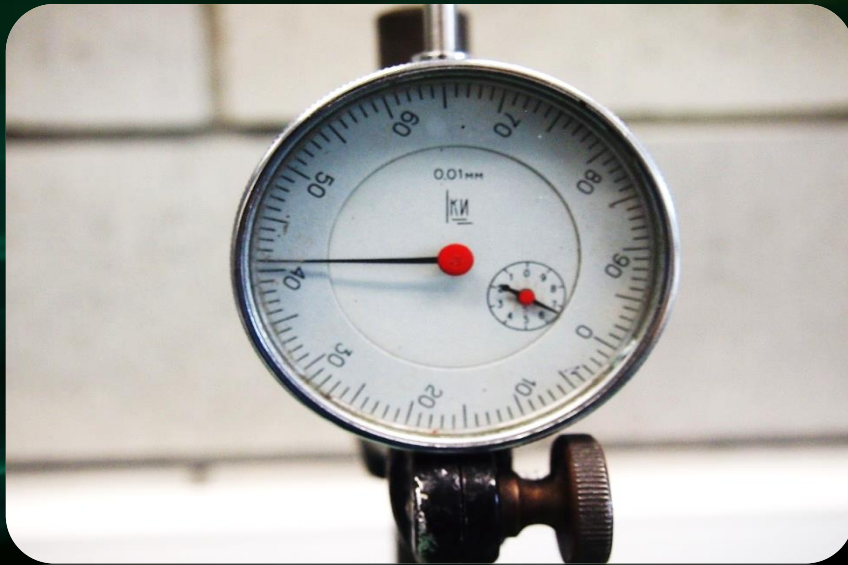
Odczyt odkształceń



Czyste zginanie statycznie wyznaczalnej belki

Przebieg ćwiczenia z ilustracją zdjęciową

Odczyt ugięcia



Kolejne obciążenie



Czyste zginanie statycznie wyznaczalnej belki

Wyniki pomiarów i obliczeń

P[N]	f[mm]	M _g [Nmm]	ε _g	ε _d	σ _g [MPa]	σ _d [MPa]	σ _t [MPa]	ε
0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,420	2600	0,000063	-0,000061	13,23	-12,81	12,19	0,000057
40	0,845	5200	0,000127	-0,000120	26,67	-25,20	24,38	0,000115
60	1,270	7800	0,000191	-0,000180	40,11	-37,80	36,56	0,000173

$$\sigma_g = \epsilon_g E$$

$$\sigma_d = \epsilon_d E$$

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ [MPa]}$$

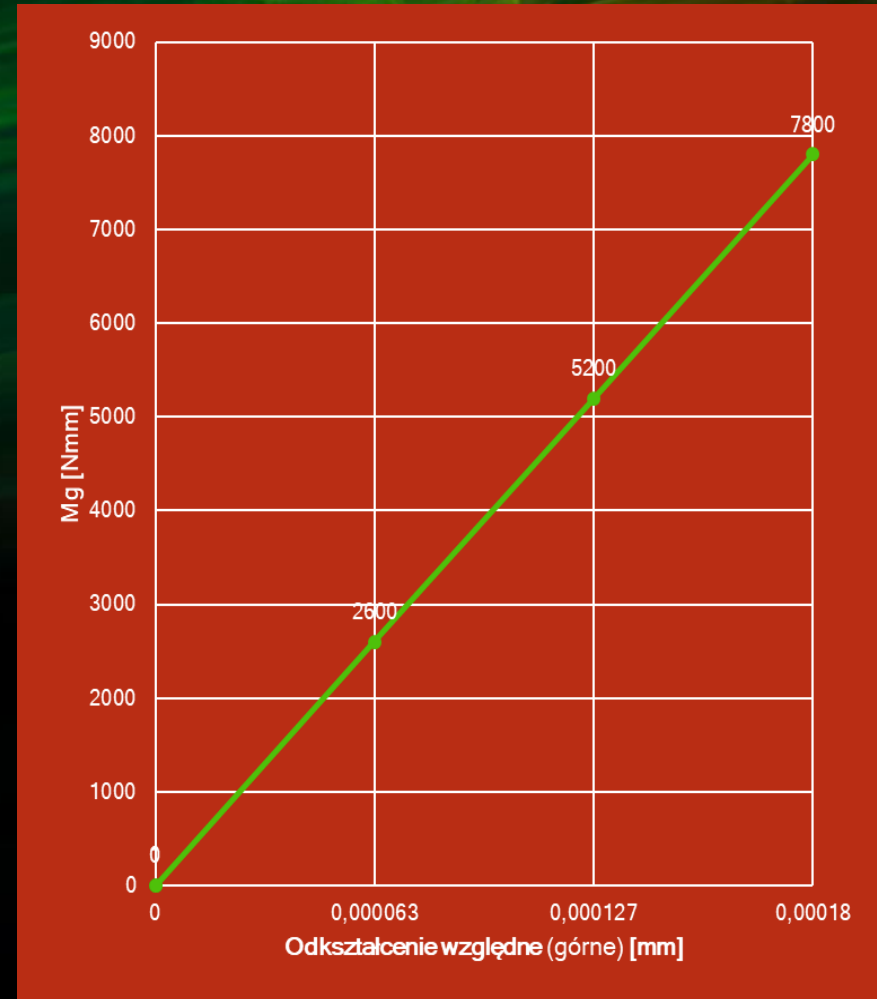
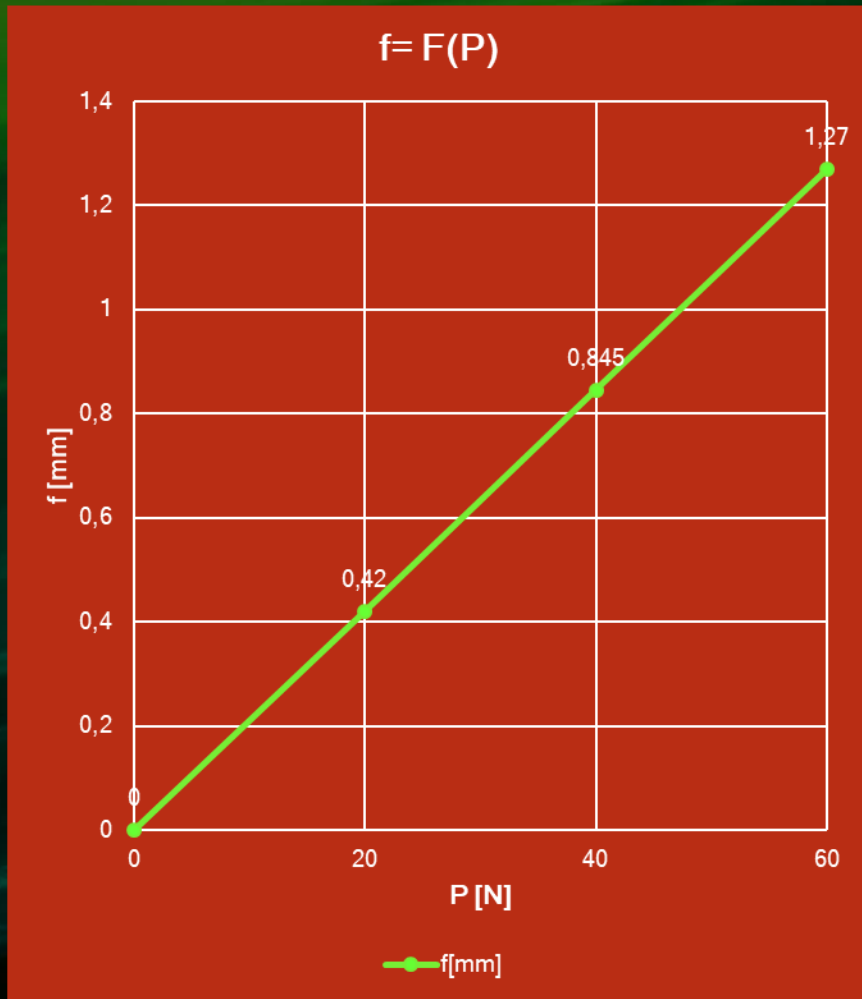
$$\sigma_t = \pm \frac{M_g}{W_z}$$
$$W_z = \frac{bh^2}{6}$$

$$\epsilon = \frac{4fh}{l^2}$$

l- rozstaw podpór (484mm)
h-wysokość przekroju (8mm)
b- szerokość przekroju (20mm)
f-ugięcie w środku belki



Czyste zginanie statycznie wyznaczalnej belki



Określenie rozkładu naprężeń w przekroju poprzecznym mimośrodowo rozciąganego pręta



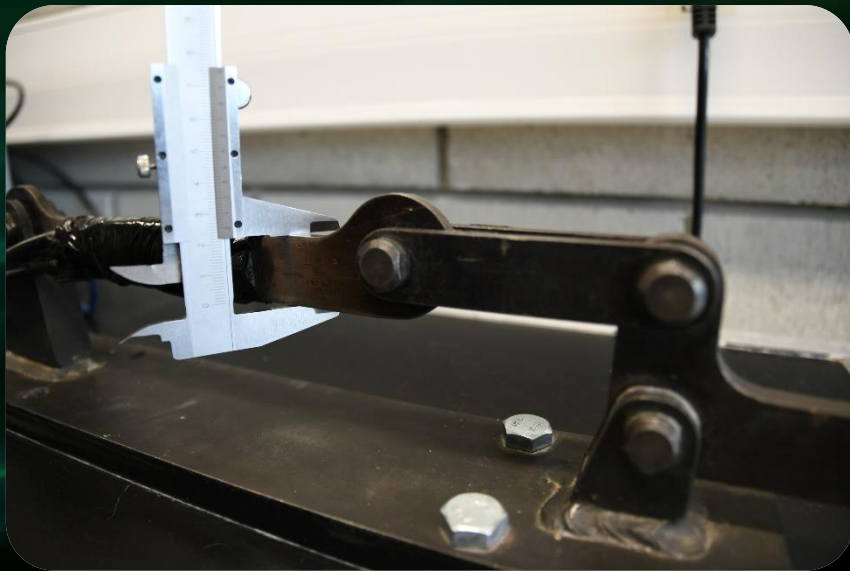
Ogólny widok stanowiska



Określenie rozkładu naprężeń w przekroju poprzecznym mimośrodowo rozciąganego pręta

Przebieg ćwiczenia z ilustracją zdjęciową

Pomiar pręta



Zerowanie układu pomiarowego



Określenie rozkładu naprężeń w przekroju poprzecznym mimośrodowo rozciąganego pręta

Przebieg ćwiczenia z ilustracją zdjęciową

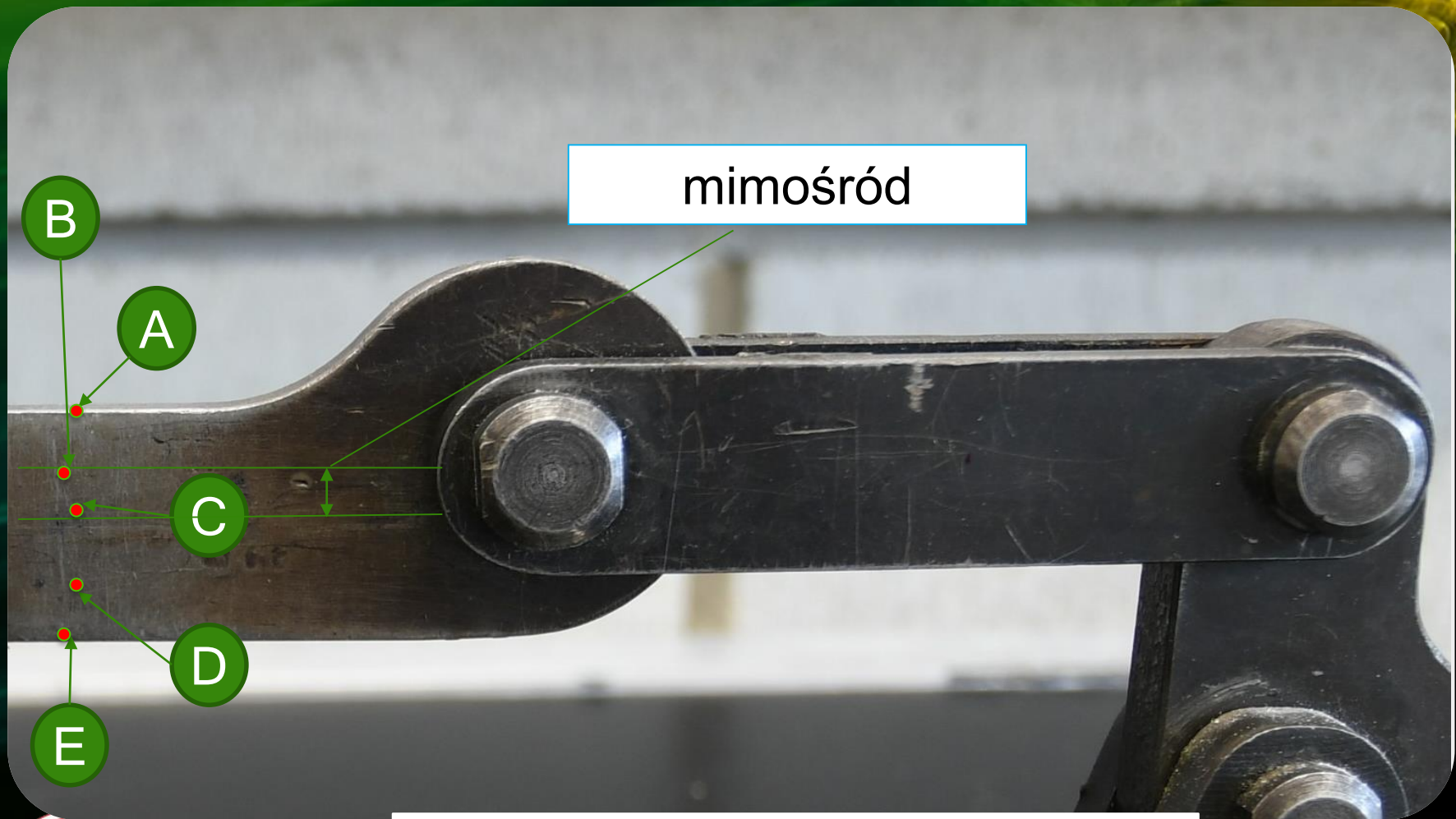
Obciążenie układu



Odczyt odkształceń



Określenie rozkładu naprężeń w przekroju poprzecznym mimośrodowo rozciąganego pręta



mimośród

● miejsce naklejenia tensometru



Określenie rozkładu naprężeń w przekroju poprzecznym mimośrodowo rozciąganego pręta

W tabeli zestawiono naprężenia **doświadczalne** i **obliczeniowe** w miejscu naklejenia tensometrów A B C D E

	A			B			C			D			E		
	Z=12.5mm			Z=7mm			Z=0			Z=-7.4mm			Z=-12.5mm		
Q[N]	ϵ_A x10 ⁻⁶	σ_A [MPa]	σ_a [MPa]	ϵ_B x10 ⁻⁶	σ_B [MPa]	σ_b [MPa]	ϵ_C x10 ⁻⁶	σ_C [MPa]	σ_c [MPa]	ϵ_D x10 ⁻⁶	σ_D [MPa]	σ_d [MPa]	ϵ_E x10 ⁻⁶	σ_E [MPa]	σ_e [MPa]
100	93	19,53	22,40	78	16,38	15,53	36	7,56	8,25	9	-1,89	0,045	-23	-4,93	-5,44
200	186	39,06	42,88	143	30,03	31,05	62	13,02	16,06	20	-4,20	0,090	-52	-10,92	-10,86
300	270	58,17	64,32	210	44,73	46,58	100	21,00	24,04	30	-6,30	0,130	-76	-15,96	-16,32

$$N=10 Q$$

$$E=2,1 \cdot 10^5 \text{ [MPa]}$$

e_z – mimośród (7mm)

h – wysokość pręta (25mm)

$$A= 125 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \left(1 + \frac{12 e_z}{h^2} \right)$$

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$



Udarowa próba zginania



Ogólny widok stanowiska



Udarowa próba zginania

Przebieg ćwiczenia z ilustracją zdjęciową

Pomiar próbki



Pomiar rozstawu podpór

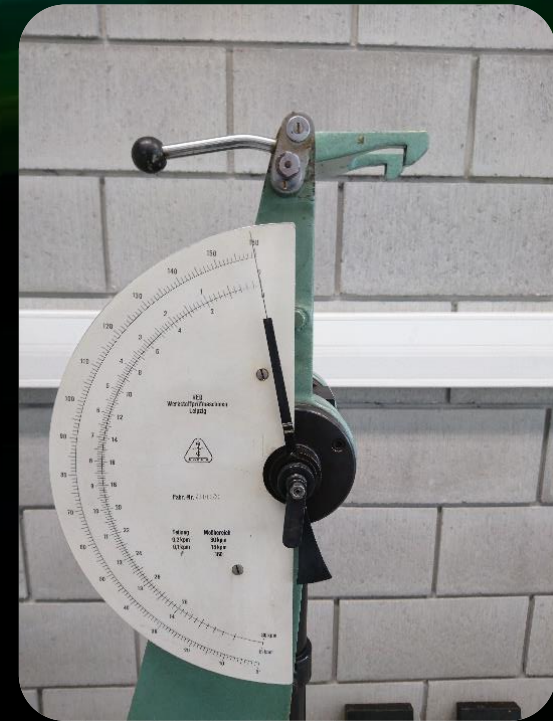


Udarowa próba zginania

Przebieg ćwiczenia z ilustracją zdjęciową i filmową

Sprawdzenie oporów młota

Odczyt pracy zużytej na pokonanie oporów



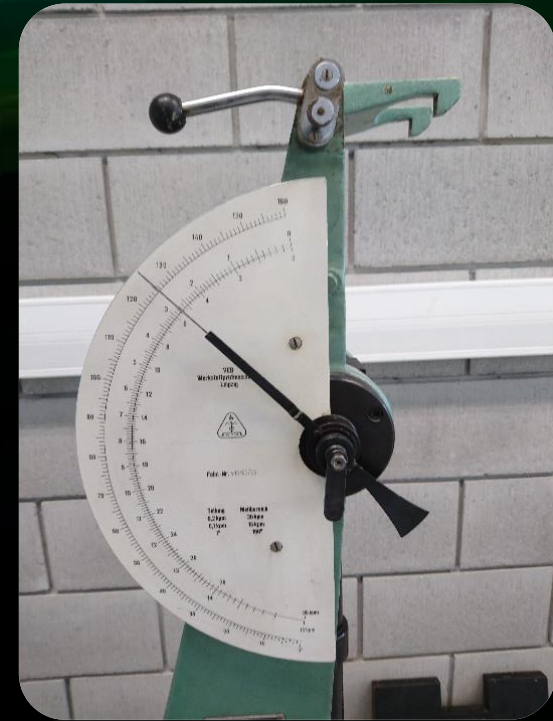
Udarowa próba zginania

Przebieg ćwiczenia z ilustracją zdjęciową i filmową

Wykonanie próby



Odczyt pracy zużytej na złamanie próbki



Udarowa próba zginania

Po przeliczeniu pracy potrzebnej na złamanie próbki w [kGm] ([kpm]) na [J] wyznaczamy udarność korzystając ze wzoru

$$KC = \frac{K}{S_0} [J/cm^2] (93,2)$$

KC – udarność

K – praca zużyta na złamanie próbki w [J] (46,6)

S_0 – pole przekroju w miejscu karbu w [cm²] (0,5)



Pomiar odkształceń sprężystych dynamometru pierścieniowego

dynamometr

czujnik



Ogólny widok stanowiska



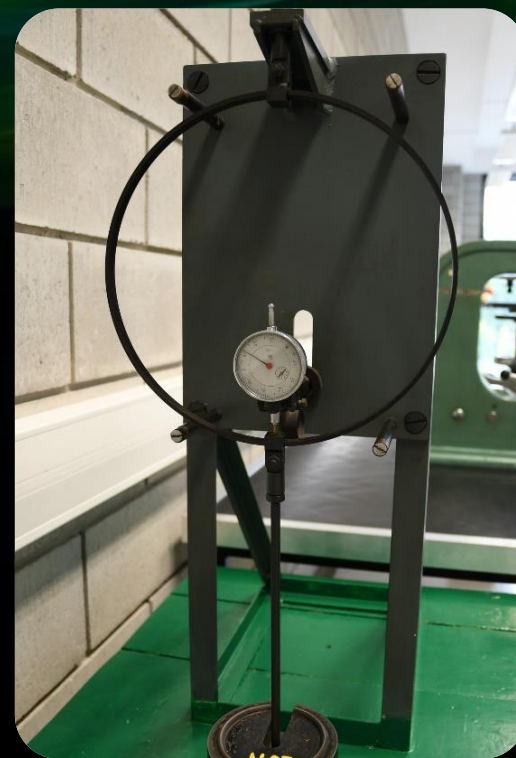
Pomiar odkształceń sprężystych dynamometru pierścieniowego

Przebieg ćwiczenia z ilustracją zdjęciową

Pomiary pierścienia



Obciążenia i pomiary ugięcia



Pomiar odkształceń sprężystych dynamometru pierścieniowego

Wyniki pomiarów i obliczeń

i	1	2	3	4	5
P_i [N]	0	20	40	60	80
f_{sr_i} [mm]	0	0,94	1,875	2,75	3,67
E_i [MPa]	-	230060,54	230060,64	235916,73	230702,45

f_{sr} – średnie ugięcie przy obciążaniu i odciążaniu dynamometru

E – moduł Younga materiału dynamometru

$$E_i = c \frac{P_i}{f_{sr}} \quad (E_{sr} = 232935,09 \text{ MPa})$$

$$c = \frac{3r^3(\pi^2 - 8)}{\pi b h^3} \quad (10812,85 \text{ mm}^{-1})$$

r - promień podziałowy dynamometru (136,75 mm)

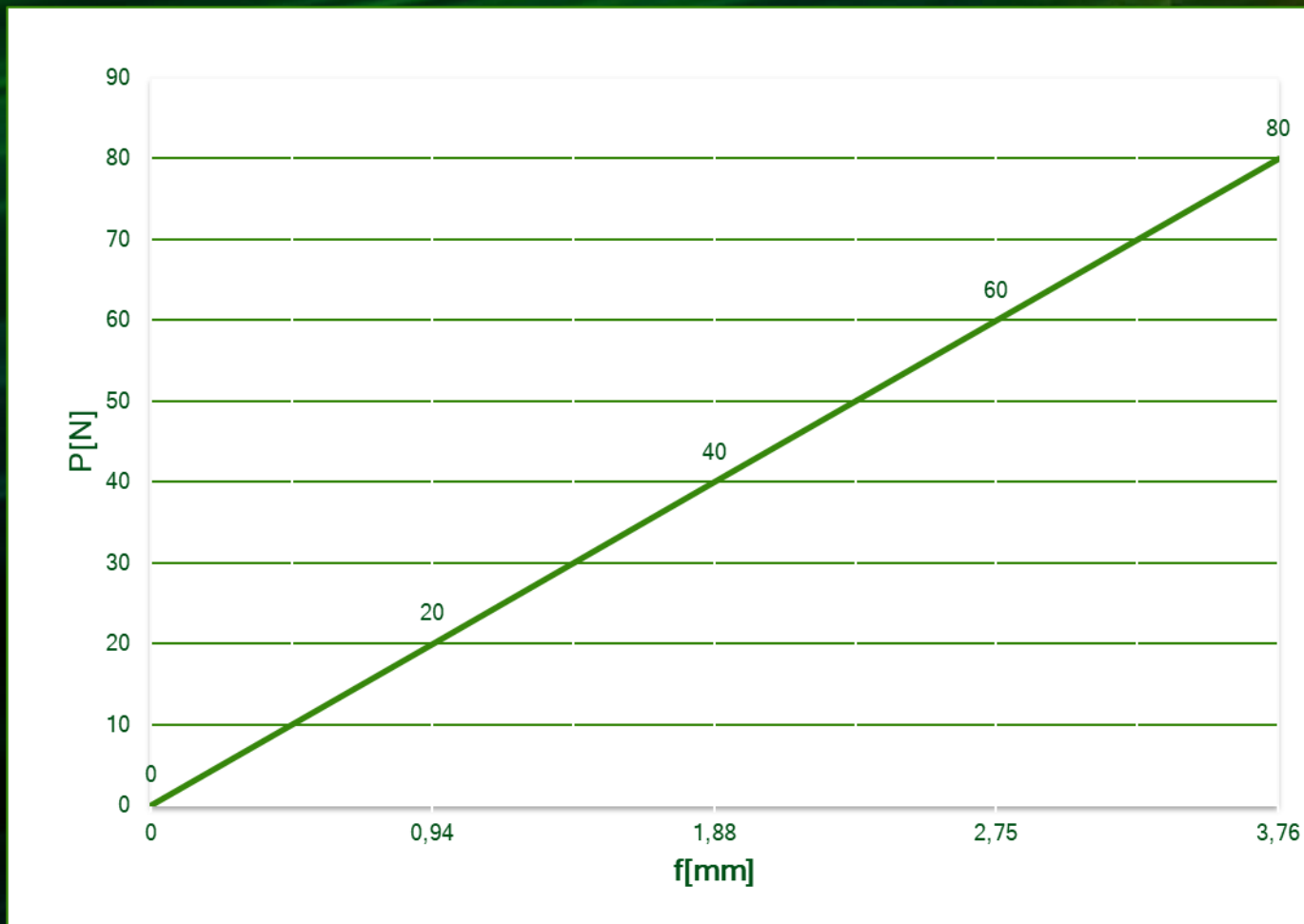
b - szerokość przekroju (11,75 mm)

h - wysokość przekroju (3,3 mm)



Pomiar odkształceń sprężystych dynamometru pierścieniowego

Charakterystyka dynamometru



LITERATURA

K.Sobiesiak; K. Szabelski, Laboratorium wytrzymałości materiałów, Wyd. Politechniki Lubelskiej 1994

T. Kaźmir; C. Komorzycki; T. Sadowski; A. Teter, Badanie własności mechanicznych materiałów, Wyd. IZT 2001

PN-EN 10002-1+AC1 Próba rozciągania. Metoda badania w temperaturze otoczenia. 1998

PN-EN 10045-1 Próba udarności sposobem Charpy'ego. Metoda badania. 1994



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !!!

**Laboratorium Wytrzymałości Materiałów
w Katedrze Mechaniki Stosowanej Politechniki Lubelskiej**

POLITECHNIKA LUBELSKA
Katedra Mechaniki Stosowanej
- dr inż. Tomasz Kaźmir

Projekt „Politechnika Lubelska - Regionalna Inicjatywa Doskonałości”
- finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego



Ministerstwo
Nauki
i Szkolnictwa
Wyższego

