

INSTRUKCJA DO CWICZENIA NR 4

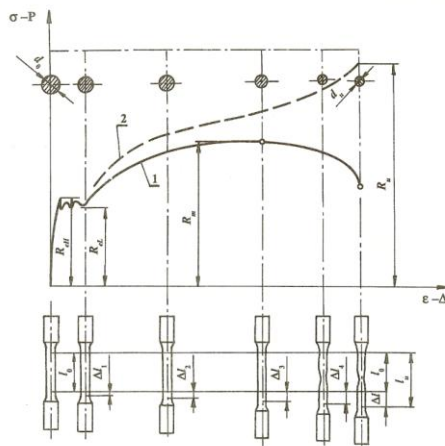
Temat ćwiczenia: Statyczna próba rozciągania metali

Celem ćwiczenia jest wykonanie próby statycznego rozciągania metali, na podstawie której można określić następujące własności wytrzymałościowe i plastyczne materiału:

- granicy proporcjonalności (R_H),
- wyraźnej granicy plastyczności (R_e lub R_{eH} i R_{eL}) lub umownej granicy plastyczności ($R_{0,2}$),
- wytrzymałości na rozciąganie (R_m),
- modułu sprężystości podłużnej (E),
- wydłużenia względnego (A_{10}),
- przewężenia (Z)

Własności mechaniczne

Podczas rozciągania badaną próbkę poddaje się jednoosiowemu obciążeniu, mierząc jednocześnie siłę rozciągającą i wydłużenie próbki. Wykres zarejestrowany podczas próby odwzorowuje przebieg rozciągania w układzie siła – wydłużenie. Wykres rozciągania w układzie naprężenie – odkształcenie może występować w dwóch postaciach: jako wykres umowny (techniczny) lub rzeczywisty (rys. 1.)



Rys. 1. Wykres rozciągania stali miękkiej. Krzywa 1 – odniesiona do przekroju pierwotnego próbki (S_0), krzywa 2 – odniesiona do przekroju rzeczywistego próbki (S_u)

Na wykresach rozciągania metali wyróżnić można kilka charakterystycznych punktów (rys. 2):

1. **Granica proporcjonalności** – naprężenie, do którego występuje proporcjonalność naprężenia do wydłużenia jednostkowego:

$$R_H = \frac{P_H}{S_0} \text{ [MPa]}$$

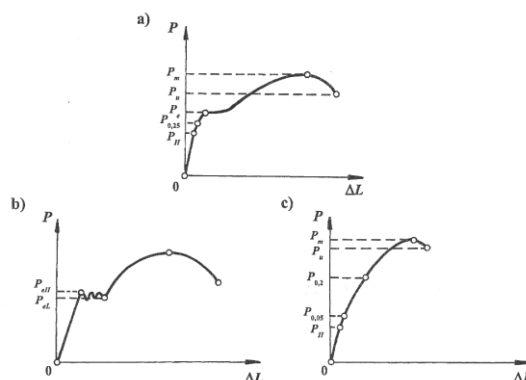
P_H – siła odpowiadająca końcowi prostoliniowego odcinka wykresu rozciągania

S_0 – przekrój początkowy

Granica proporcjonalności jest granicą stosowalności prawa Hooke'a

2. **Granica sprężystości** – granicy tej towarzyszy pojawienie się odkształceń trwałych, dla których niezmiernie trudne jest określenie wartości naprężeń. Generalnie przyjęto, że materiał ma wartości sprężyste do umownej granicy sprężystości ($R_{0,05}$), którą zdefiniowano jako wartość naprężeń rozciągających które wywołują odkształcenia trwałe wynoszące 0,05% pierwotnej długości próbki (rys. 3).

$$R_{0,05} = \frac{P_{0,05}}{S_0} \text{ [MPa]}$$



Rys. 2. Wykresy rozciągania materiałów: a) wykazujących wyraźną granicę plastyczności; b) wykazujących górną i dolną granicę plastyczności; c) bez wyraźnej granicy plastyczności.

3. **Wyraźna granica plastyczności** (rys. 2a) występuje na wykresach rozciągania materiałów elastoplastycznych, jak np. stal niskowęglowa. Jest to naprężenie rozciągające, po osiągnięciu którego następuje wyraźny wzrost rozciąganej próbki bez wzrostu obciążenia:

$$R_e = \frac{P_e}{S_0} \text{ [MPa]}$$

P_e – siła odpowiadająca początkowi wyraźnego wzrostu odkształceń

Jeżeli w okolicy granicy plastyczności następuje wyraźna oscylacja naprężenia, to świadczy o występowaniu górnej i dolnej granicy plastyczności (rys. 2b). Naprężenia rozciągające, odpowiadające pierwszemu szczytowi obciążenia siłą rozciągającą (P_{eH}), po której następuje jej spadek nazywane jest **górną granicą plastyczności**:

$$R_{eH} = \frac{P_{eH}}{S_0} \text{ [MPa]}$$

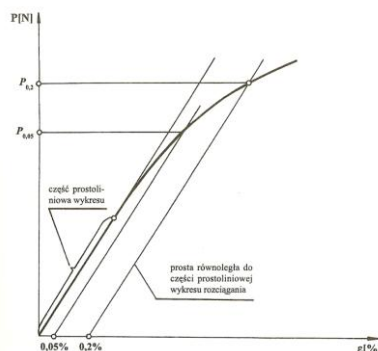
Naprężenia rozciągające odpowiadające najmniejszej wartości siły (P_{eL}), po której następuje ciągły wzrost siły, nazywa się **dolną granicą plastyczności**:

$$R_{eL} = \frac{P_{eL}}{S_0} \text{ [MPa]}$$

4. **Umowna granica plastyczności** (rys. 3) określa się tylko dla materiałów nie mających wyraźnej granicy plastyczności, jak np. stal wysokowęglowa i żeliwo (rys. 2c). Umowna granica plastyczności służy jako kryterium porównawcze do oceny materiałów. Określa się ją jako wartość naprężenia rozciągającego, które wywołuje w próbce wydłużenia trwałe wynoszące 0,2% pierwotnej długości pomiarowej próbki:

$$R_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{S_0} \quad [\text{MPa}]$$

Sposób wyznaczania $P_{0,2}$ z wykresu rozciągania przedstawiony został na rys. 3.



Rys. 3. Sposób wyznaczania umownej granicy plastyczności i sprężystości.

5. **Wytrzymałość na rozciąganie** – naprężenie rozciągające, przy którym siła obciążająca uzyskuje maksymalną wartość (P_m):

$$R_m = \frac{P_m}{S_0} \quad [\text{MPa}]$$

6. **Naprężenia rozrywające** – naprężenie występujące w przekroju poprzecznym próbki w miejscu jej przewężenia, w chwili jej zerwania:

$$R_u = \frac{P_u}{S_u} \quad [\text{MPa}]$$

Jest to naprężenie rzeczywiste, odniesione do aktualnego przekroju próbki (S_u)

Własności plastyczne

Do oceny własności plastycznych materiału, rozumianych jako zdolność do trwałych odkształceń, służy wydłużenie względne (A_{10}) oraz przewężenie względne (Z). Indeks „10” przy A oznacza, że wydłużenie względne zbadano na próbkach proporcjonalnych dziesięciokrotnych, czyli takich, których długość pomiarowa jest 10 razy większa od średnicy:

$$A_{10} = \frac{l_u - l_0}{l_0} \cdot 100\%$$

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100\%$$

Tok przeprowadzenia ćwiczenia

1. W środkowej części próbki prętowej zaznaczyć odcinek pomiarowy o długości ok. 100 mm (rozstaw szcęk pomiarowych tensometru). Zmierzyć dokładną długość (l_0) tego odcinka oraz średnicę próbki (d_0)
2. Umieścić próbkę w szcękach maszyny wytrzymałościowej i starannie założyć na niej tensometr.

3. Rozciągaj próbkę na napędzie ręcznym aż do granicy plastyczności (P_e), zdejmując w tym czasie około 15 pomiarów wydłużenia i siły.
4. Zdejmij tensometr z próbki. Obciążaj próbkę przy pomocy napędu mechanicznego ruchem roboczym aż do zerwania.
5. Zarejestruj siłę maksymalną i siłę, przy której nastąpiło zerwanie.
6. Złóż próbkę po znaczeniu i zmierz długość odcinak pomiarowego (l_u) i średnicę w miejscu przewężenia (d_u).
7. Uporządkuj stanowisko.

Opracowanie wyników

1. Na podstawie wyników próby rozciągania próbki oblicz:
 - a) Pole przekroju początkowego (S_0),
 - b) Granicę plastyczności (R_e) (jeśli występują to górną R_{eH} i dolną R_{eL}),
 - c) Wytrzymałość na rozciąganie (R_m),
 - d) Wartość naprężeń zrywających (R_u),
 - e) Wartości własności plastycznych: wydłużenie względne (A_{10}) oraz przewężenie względne (Z).
2. Wyskalować wykres zarejestrowany podczas badania.
2. Sporządzić wykres zależności $\sigma=f(\epsilon)$ na podstawie pomiarów siły i wydłużenia dla zarejestrowanych wartości siły i wydłużenia.
3. Obliczyć granicę proporcjonalności (R_H),
4. Zastanowić się w jaki sposób można określić moduł sprężystości podłużnej (E).

Literatura

1. **Ashby M. F., Jones D. R. H.** – *Materiały inżynierskie*. WNT Warszawa 1996.
2. **Dobrzański L.** – *Metaloznawstwo z podstawami nauki o materiałach*. WNT Warszawa 1998.
3. **E. Stawarski, J. Bystrowski, J. Jakubowski** – *Wytrzymałość materiałów. Ćwiczenia laboratoryjne*. Skrypty uczelniane nr 1427. Wydawnictwa AGH, Kraków, 1995.

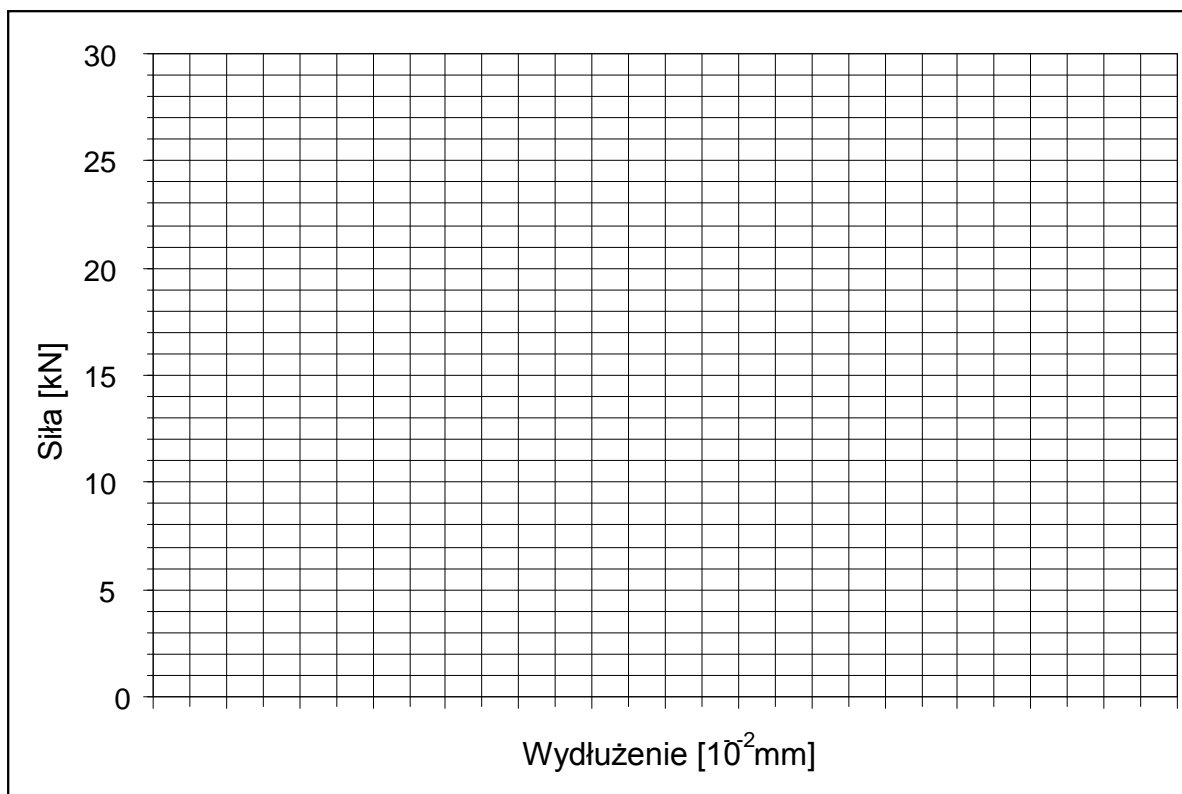
3. Własności mechaniczne

Lp.	Nazwa	Siła P [kN]	Pole przekroju S [mm ²]	Wartość [MPa]
1	Granica sprężystości			
2	Granica plastyczności			
3	Wytrzymałość na rozciąganie			
4	Napężenia rozrywające			

4. Własności plastyczne

Lp.	Nazwa	Wartość [%]
1	Wydłużenie względne	
2	Przewężenie względne	

5. Wykres napężenia – odkształcenia (siła – wydłużenie)



6. Wnioski i uwagi

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....