

ZWYKŁA PRÓBA ROZCIĄGANIA .

1. Uwagi wstępne .

Zwykła próba rozciągania metali jest najczęściej stosowanym doświadczeniem służącym do wyznaczania podstawowych własności metali . Wynika to z szeregu zalet tej próby :

- otrzymanie najważniejszych technicznie informacji o materiale próbki ,
- łatwość przeprowadzenia próby ,
- uzyskiwanie jednoosiowego stanu naprężenia (do pewnego momentu próby) ,
- łatwość śledzenia doświadczenia od początku do końca próby ,
- porównywalność wyników otrzymywanych w znormalizowanych warunkach .

Omawiana próba opisana jest w wielu publikacjach i normach . Podano tam szczegółowo wytyczne doboru, wykonania i wymagań dotyczących próbek , maszyn wytrzymałościowych i sposobu przeprowadzenia próby . Przedmiotem badania będzie dziesięciokrotna ($l_0/d_0=10$) próbka kołowa o średnicy początkowej d_0 i długości pomiarowej l_0 .

2. Cel przeprowadzenia próby . Definicje .

W ogólności celem ćwiczenia jest zapoznanie się z fizyką zjawisk zachodzących w deformującym się materiale , pominięty jest natomiast aspekt dotyczący szczegółów technicznych próby .

W szczególności celem jest wyznaczenie czterech podstawowych wielkości charakteryzujących własności mechaniczne metali . Są to :

- wyraźna albo umowna granica plastyczności $R_e = P_e/F_0$ (albo $R_{0,2}$) (1)

- doraźna granica wytrzymałości $R_m = P_m/F_0$ (2)

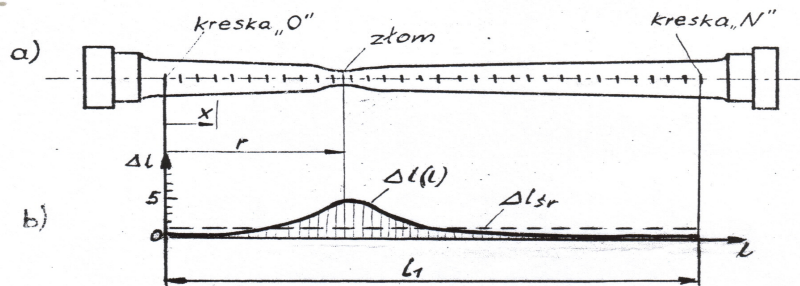
- całkowite wydłużenie względne $A = (l_1-l_0)/l_0$ (3)

- całkowite przewężenie względne $Z = (F_0-F_1)/F_0$ (4)

gdzie F_0 i F_1 odpowiednio pole powierzchni przekroju próbki przed i po zerwaniu w szyjce , l_0 i l_1 – długość pomiarowa próbki przed i po zerwaniu , P_e – siła odpowiadająca granicy plastyczności , P_m – siła odpowiadająca wytrzymałości na rozciąganie .

3. Przeprowadzenie próby .

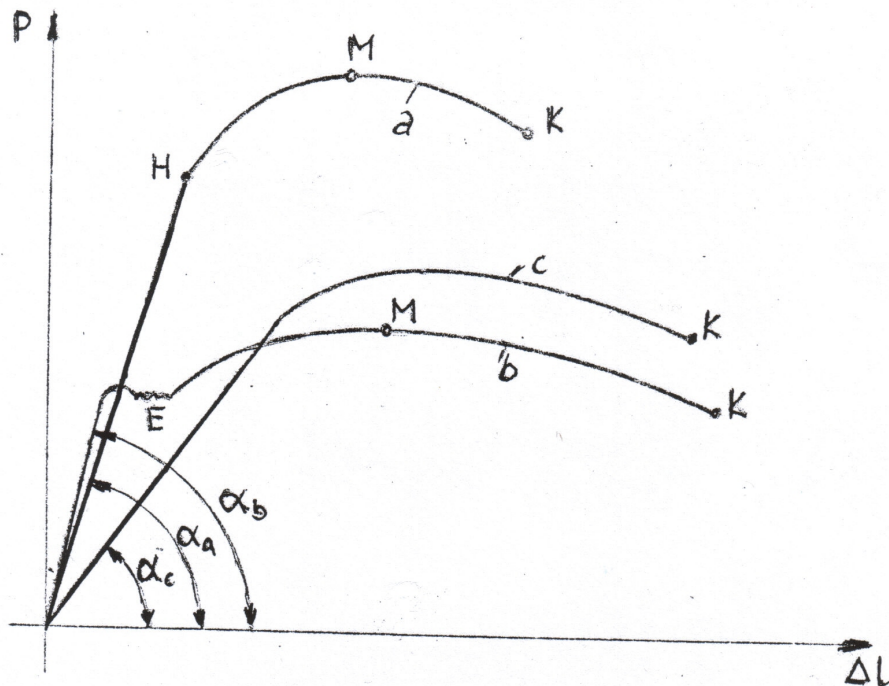
Na znormalizowanej próbce nacina się cienkie kreseczki w odległościach co 5 mm przy użyciu odpowiedniej nacinarki . Mierzy się średnicę próbki przed próbą z dokładnością ± 0.05 mm . Następnie mocuje się próbkę w uchwytach maszyny wytrzymałościowej . Maszyna posiada urządzenie do automatycznej rejestracji zależności siły rozciągającej próbkę od wydłużenia próbki . Po zerwaniu próbki mierzy się średnicę d_1 , co pozwala określić pole przekroju próbki F_1 w miejscu złomu . Mierzy się także długość końcową próbki l_1 z dokładnością ± 0.1 mm a z wykresu próby rozciągania odczytuje się wartości liczbowe sił P_m oraz P_e .



Rys. 1. a) deformacja końcowa próbki , b) wykres wydłużeń na osi próbki .

Jeżeli złom wystąpił w przedziale $0.25l_1 < r < 0.75l_1$ to do obliczeń A przyjmuje się l_1 jako odległość pomiędzy skrajnymi kreskami długości pomiarowej , tzn. odległość od kreski „0” do kreski „N” (patrz rys.1) . W przypadku powstania złomu poza przedziałem podanym poprzednio procedura jest inna i określa ją odpowiednia norma .

W maszynę wytrzymałościową wbudowane jest urządzenie piszące , rejestrujące wykres $P(\Delta l)$, pokazany na rys. 2 dla trzech różnych materiałów .



Rys. 2. Przykładowe wykresy rozciągania .

4. Wnioski poznawcze .

Na rys. 2 odcinek OH dla większości materiałów jest z techniczną dokładnością liniowy co odpowiada przedziałowi stosowalności prawa Hooke'a . Część HM charakteryzuje się dodatnim gradientem $dP/d(\Delta l)$ i prawie równomiernym odkształceniem próbki . W

punkcie M pochodna $dP/d(\Delta l) = 0$, co odpowiada wartości maksymalnej $P_{\max} = P_m$ i wytrzymałości na rozciąganie R_m . Na osiach układu z rys. 2 można zastąpić siłę P naprężeniem σ a wydłużenie Δl odkształceniem ε i wtedy kąt nachylenia prostej OH ma określony sens liczbowy a mianowicie :

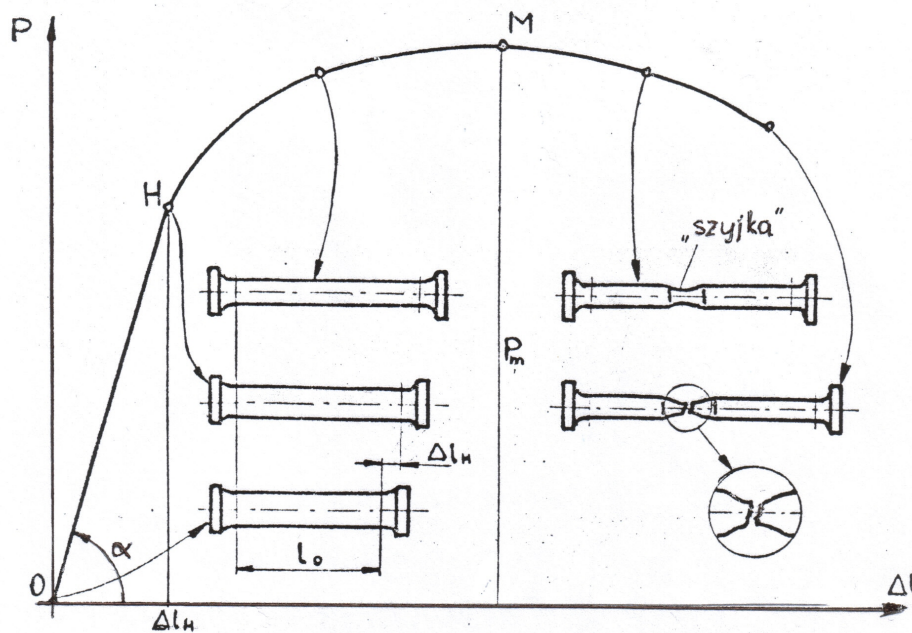
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon} \text{ jest modułem Younga } E \text{ materiału .} \quad (5)$$

Rysunek 2 przedstawia wykresy dla trzech identycznych pod względem geometrycznym próbek :

- linia „a” dla stali obrobionej cieplnie ,
- linia „b” dla stali niskowęglowej ,
- linia „c” dla duraluminium .

W szczególności widać , że nieznacznie $\alpha_a \neq \alpha_b$ tzn. $E_a \neq E_b$, gdyż w rzeczywistości dla wszystkich gatunków stali różnice modułu Younga są nieduże i zawierają się w przedziale $1.95 \div 2.25 \cdot 10^5$ MPa .

Jednak najważniejszymi wielkościami w omawianej próbie są R_e i R_m , ponieważ w procesie projektowania stosuje się kryterium naprężeń dopuszczalnych σ_{dop} definiowanych jako $\sigma_{\text{dop}} = R_e/n$, gdzie „n” jest współczynnikiem bezpieczeństwa odniesionym do granicy plastyczności albo $\sigma_{\text{dop}} = R_m/m$, gdzie „m” jest współczynnikiem bezpieczeństwa odniesionym do doraźnej wytrzymałości na rozciąganie .



Rys. 3. Etapy deformacji próbki .

Zdefiniowane wg wzorów (1) i (2) naprężenia R_m i R_e są naprężeniami umownymi , ponieważ odpowiadające im siły P_m i P_e odnosi się do przekroju początkowego F_0 a nie bieżącego F . W celu wyznaczenia rzeczywistych naprężeń we wskazanym przekroju próbki należy naprężenie umowne pomnożyć przez kwadrat stosunku średnicy początkowej d_0 do średnicy zmniejszonej d (patrz rys. 3). W przybliżeniu , odkształcenie próbki poniżej punktu M jest jednorodne , powyżej natomiast na skutek wytworzenia się

charakterystycznego przewężenia (tzw. szyjki) jednorodności nie ma. Umowna długość strefy szyjki jest stała – nie zależy od długości próbki a tylko od przekroju i materiału. Niezgodność naprężeń umownych i rzeczywistych w obszarze OH wykresu jest niezauważalna, w obszarze HM mała choć mierzalna a powyżej punktu M duża – oczywiście w strefie szyjki. Poza strefą materiał odkształca się do samego zerwania nieznacznie.

Wykres rozciągania daje dużo informacji o materiałach. Wspólną cechą materiałów posiadających na pewnym etapie deformacji własności sprężysto-plastyczne jest umocnienie czyli przekroczenie granicy plastyczności. Wynika to z blokowania dyslokacji liniowych w płaszczyznach poślizgu.

5. Opracowanie wyników.

Przed zamocowaniem próbki w szczękach maszyny wytrzymałościowej należy zapisać jej średnicę początkową d_0 (wskazany pomiar kilkukrotny dający średnią wartość) oraz długość pomiarową l_0 . Długość pomiarowa ustalana jest umownie ze względu na trudność określenia początku wybiegu w stronę końcówki mocowanej w szczęce. W przypadku wyznaczania całkowitego wydłużenia względne konieczne jest przyjęcie l_0 jak na rys.3, ponieważ z maszyny odczytuje się również całkowite wydłużenie bezwzględne. W przypadku wyznaczania innych wielkości inaczej przyjmuje się bazę pomiarową wzdłuż próbki.

A) Narysować krzywą rozciągania $\sigma(\epsilon)$ na podstawie otrzymanego wydruku zależności siły P w próbce od bieżącego wydłużenia bezwzględnego Δl , gdzie $\sigma = P/F_0$ nazywa się naprężeniem umownym a $\epsilon = \Delta l/l_0$ umownym odkształceniem. W przypadku gdy dany jest gotowy wykres $P(\Delta l)$, wystarczy go przeskalować na wykres $\sigma(\epsilon)$. Oś odciętych skalować w %, oś rzędnych w megapaskalach.

B) Wyznaczyć z wykresu podstawowe parametry materiału, zdefiniowane w punkcie 2.

- Granica plastyczności R_e albo $R_{0,2}$ (wzór 1).

Dla materiałów z wyraźną granicą plastyczności R_e rzędne na odcinku swobodnego płynięcia fluktuują nieznacznie, zatem odczyt R_e jest łatwy. Dla materiałów bez wyraźnej granicy plastyczności należy wyznaczyć granicę plastyczności umowną $R_{0,2}$. Jest to rzędna punktu przecięcia krzywej rozciągania z prostą równoległą do odcinka prostoliniowego krzywej, wychodzącą z punktu $(0,2, 0)$ na osi ϵ .

- Doraźna granica wytrzymałości R_m (wzór 2).

Każda krzywa rozciągania ma lokalne maksimum. Ta właśnie maksymalna wartość rzędnej na krzywej rozciągania określona jest mianem doraźnej granicy wytrzymałości.

- Całkowite wydłużenie względne A .

Wyznaczyć na podstawie wzoru 3 z punktu 2. Wartość l_1 zmierzyć, składając dwie części zniszczonej próbki albo odczytując wprost wartość $\Delta l_{całk}$ z otrzymanego wykresu, pamiętając o nieznacznym udziale wybiegów próbki w tym wydłużeniu.

- Całkowite przewężenie względne Z .

Wyznaczyć na podstawie wzoru 4 z punktu 2. Pomiar minimalnej średnicy w szyjce wykonać kilkukrotnie – pewną trudność stanowi nieregularny kształt kołowy w miejscu zerwania próbki.

C) Wyznaczyć moduł Younga E badanego materiału.

Odczytać w trakcie próby wskazanie z ekstensometru (mechaniczny pomiar czujnikowy) tuż przed wejściem w zakres sprężysto plastyczny. Obliczyć moduł E ze wzoru 5 (patrz punkt 4), pamiętając że rolę l_0 odgrywa tutaj długość bazy przyrządu pomiarowego. W przypadku braku danych z ekstensometru, moduł Younga obliczyć

z tangensa nachylenia odcinka prostoliniowego wykresu rozciągania – jest to sposób przybliżony .

- D) Wykonać wykresy obrazujące niejednorodność deformacji na długości próbki $\Delta l(x)$ i $\Delta d(x)$ wykorzystując skalę naniesioną na próbce .
- Δl oznacza tutaj wydłużenie bezwzględne jednej działki leżącej w miejscu x (rys.1).
 - Δd oznacza średnicę próbki mierzoną w miejscu x .
- E) Obliczyć w szyjce
- rzeczywiste naprężenie ze wzoru P_m/F_1
 - rzeczywiste wydłużenie względne ze wzoru $\Delta l/l$, gdzie Δl jest maksimum wykresu z polecenia D) a l długością jednej działki na próbce .
- F) Opisać przełom zerwanej próbki . Wyróżnić w nim strefy różnych typów uszkodzenia materiału .