

START

Podaj pisemne odpowiedzi na poniższe pytania:

1. Co to jest wytrzymałość materiałów.
2. Co to jest naprężenie – definicja i zależność.
3. Rodzaje naprężeń.
4. Prawo Hooke'a – definicja i zależność.
5. Co to jest naprężenie dopuszczalne i jak je obliczamy.
6. Rodzaje naprężeń dopuszczalnych – oznaczenia symbolowe
7. Narysuj i zwymiaruj próbkę do rozciągania.
8. Narysuj schemat maszyny wytrzymałościowej
9. Wymień wszystkie granice na wykresie rozciągania.
10. Omów rodzaje złomów

CZY NAPISAŁEŚ ODPOWIEDZI NA PYTANIA

TAK

NIE

Napisz odpowiedzi na pytania
korzystając z Internetu,
podręczników i poradników

Przystąp do wykonywania ćwiczenia.

- zgłoś prowadzącemu o gotowości do pracy i pobierz próbkę,
- narysuj i zwymiaruj próbkę po rozciąganiu,
- scharakteryzuj złom,
- oblicz wydłużenie całkowite oraz względne na podstawie pomiarów,
- oblicz przekrój poprzeczny próbki S_0 ,
- względne wydłużenie równomierne próbki okrągłej,
- względne przewężenie próbki okrągłej,
- oblicz współczynnik Poissona
- oblicz wydłużenie bezwzględne korzystając z prawa Hooke'a,
- oblicz na podstawie danych: granicę sprężystości, umowną granicę plastyczności, granice plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie, granice stosowności prawa Hooke'a – wzór, podstawienie wynik
- wszystkie wyniki przedstaw w tabeli.
- na podstawie wyliczonej wytrzymałości określ gatunek materiału,
- wykonaj wykres rozciągania $\sigma=f(\epsilon)$ – wyskaluj osie, zaznacz punkty charakterystyczne, przyjmij wydłużenie z obliczeń,
- napisz wnioski z ćwiczenia,

Zgłoś prowadzącemu o zakończeniu ćwiczenia

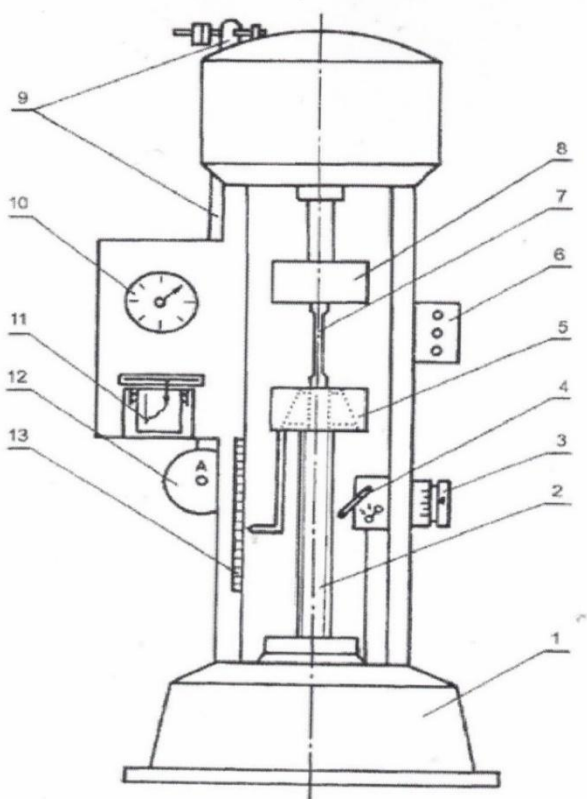
- uprzątnij stanowisko pracy
- oddaj: narzędzia, podręczniki, poradniki
- oddaj sprawozdanie z ćwiczenia.

Wytrzymałość materiałów dziedzina wiedzy inżynierskiej, część inżynierii mechanicznej, zajmująca się analitycznym eksperymentalnym badaniem zjawisk materiałach konstrukcyjnych konstrukcjach poddanych obciążeniom zewnętrznym. Obciążenia takie wywołują w materiale siły wewnętrzne, które mogą być opisywane przez naprężenia oraz wywołują deformacje materiału których miara są odkształcenia.

Statyczna próba rozciągania metali ujęta normą PN-91/H-04310 polega na poddaniu odpowiednio ukształtowanej próbki działaniu siły rozciągającej w kierunku osiowym aż do jej zerwania. Podstawową próbkę rozciągania nazywa się próbą statyczną, chociaż obciążenie wolno narasta z określoną prędkością. Zakłada się jednak, że odpowiadające w stanie spoczynku określonym naprężeniom odkształcającym pojawiają się natychmiast po zadziałaniu obciążenia tzw., że istnieje w każdej chwili równowaga w stanie naprężenia i odkształcenia. W dużej mierze jest to słuszne dla odkształceń sprężystych; w zakresie jednak odkształceń plastycznych dla wielu materiałów przyjęcie takiego założenia jest niezgodne z rzeczywistością. Normy przewidują ograniczenia maksymalnej szybkości rozciągania. Maksymalny przyrost naprężeń w zakresie odkształceń sprężystych nie powinien przekraczać 30MPa/s. Narastanie obciążeń powinno być powolne i ciągłe do swojej maksymalnej wartości.

Próbę rozciągania przeprowadza się na maszynach zwanych zrywarkami. Próbki do rozciągania posiadają część pomiarową o stałym przekroju i są zakończone główkami o zwiększonych wymiarach. Przy odpowiedniej długości pomiarowej oraz łagodnym jej przejściu do główek można przyjąć, że stan odkształcenia i naprężenia w każdym punkcie części pomiarowej jest jednorodny. W takich warunkach z pomiarów odkształceń na powierzchni ciała można wnioskować o odkształceniach wewnątrz ciała, a z pomiarów całkowitej siły można wyliczyć naprężenia istniejące wewnątrz próbki.

Próba rozciągania jest podstawową i najczęściej stosowaną próbą wytrzymałościową, jednak należy pamiętać, że wielkości charakterystyczne uzyskane na podstawie rozciągania próbek mogą nie odzwierciedlać ogólnego zachowania się konstrukcji pod obciążeniem. Z tych względów niektóre elementy, których obciążenie robocze stanowi w głównej mierze rozciąganie, poddaje się próbie rozciągania w całości, np.: liny, łańcuchy, druty, niektóre połączenia nitowe lub spawane.



Rys.1. Maszyna wytrzymałościowa używana do próby rozciągania:

- 1 — korpus maszyny,
- 2 — śruba,
- 3 — nastawnik,
- 4 — korba,
- 5 — uchwyt szczękowy,
- 6 — przyciski sterownicze,
- 7 — badana próbka,
- 8 — uchwyt szczękowy,
- 9 — układ dźwigniowy,
- 10 — tarcza siłomierza,
- 11 — rejestrator,
- 12 — wymienny obciążnik,
- 13 — listwa pomiarowa

Zasada pracy maszyny jest następująca: silnik elektryczny poprzez układ przekładni uruchamia obracającą się nakrętkę. Nakrętka wprawia w ruch śrubę pociągową (2), która przemieszcza dolny uchwyt szczękowy (5). Próbka zamocowana w uchwytach jest rozciągana. Górny uchwyt (8) połączony jest poprzez układ dźwigni z dźwignią uchylną siłomierza, na której znajduje się obciążnik (12). Jego ciężar decyduje o zakresie pomiarowym. Obciążniki oznaczone są A, B, C, tak samo jak odpowiadające im skale na tarczy siłomierza. Wychylenie dźwigni siłomierza jest przenoszone poprzez układ zębatek na wskazówkę siłomierza i na pisak rejestratora. Kąt obrotu bębna rejestratora jest

proporcjonalny do wydłużenia próbki. W ten sposób uzyskuje się wykres siły rozciągającej w funkcji wydłużenia próbki.

Sterowanie maszyną odbywa się za pomocą przełącznika oraz przycisków (6). Przełącznik służy do ustawienia wybranego rodzaju ruchu spośród następujących:

- ✓ ruch manewrowy (szybki),
- ✓ ruch roboczy,
- ✓ napęd ręczny

Rozciąganie z napędem ręcznym odbywa się za pomocą korby (4) obracanej w lewo.

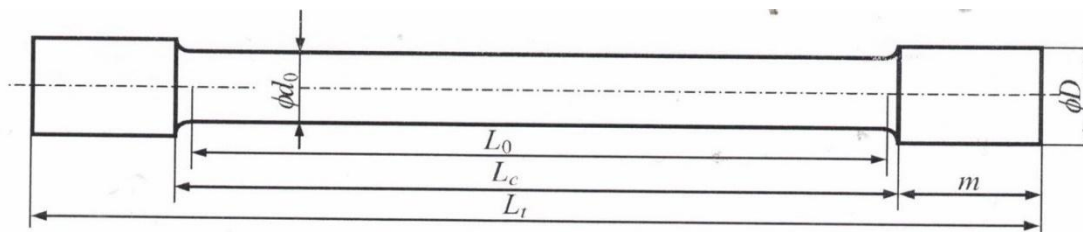
PRÓBKİ

Wyniki tej samej próby, uzyskane na próbkach różnych materiałów powinny pozwolić na poznanie własności materiałów, a nie odzwierciedlać przypadkowy wpływ warunków doświadczenia. Warunki zapewniające ten stan nazywają się prawami podobieństwa prób mechanicznych.

Wymagane jest zachowanie trzech rodzajów podobieństw:

- a) geometrycznego (kształt i wymiary próbek);
- b) mechanicznego (warunki obciążenia);
- c) fizycznego (zewnętrzne warunki fizyczne).

W celu zachowania podobieństwa geometrycznego, kształty i wymiary wszystkich próbek stosowanych do rozciągania zostały znormalizowane. Podaje je norma PN-91/H-04310 (rys. 2). Najczęściej stosuje się próbki o przekroju kołowym oraz prostokątnym (tzw. próbki płaskie). Miejsce i kierunek pobierania odcinków próbnych, z których wykonuje się próbki, określa norma. Główki próbek powinny być dostosowane do szczęk i uchwytów.



Rys. 2. Próbka okrągła z główkami do chwytania w szczękę

W zależności od długości pomiarowej próbki dzielimy na proporcjonalne i nieproporcjonalne. Próbki proporcjonalne mają długość pomiarową proporcjonalną do średnicy próbki okrągłej lub do pierwiastka kwadratowego z przekroju pierwotnego próbki o przekroju niekołowym.

Długość pomiarowa okrągłych próbek wyraża się następującymi wielkościami ich średnic: $L_0 = 4d_0, 5d_0, 8d_0, 10d_0$.

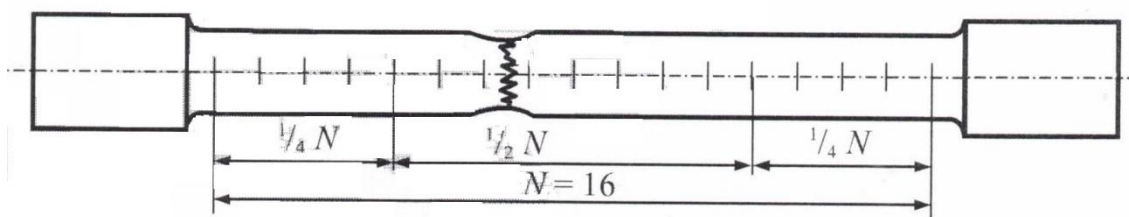
Zaleca się stosować próbki okrągłe o średnicy 4mm i powyżej. Z żeliwa wykonuje się próbki o kształtach specjalnych.

Wymiary podają normy PN-63/H-831-08. Kształt ich zapewnia uzyskanie pęknięcia w środku próbki, gdzie średnica jest najmniejsza.

1. Polska norma dotycząca próby rozciągania podaje, że jeżeli próbka dziesięciokrotna zerwie się w środkowej części odpowiadającej 0,5 długości pomiarowej, to długość po zerwaniu mierzy się tak, jakby szyjka powstała w środku próbki (rys. 3). Dla próbki pięciokrotnej długość po zerwaniu można zmierzyć tak samo, ale pod warunkiem, że miejsce zerwania znajduje się w środkowej części próbki obejmującej 1/3 długości pomiarowej. Pomiaru tego dokonuje się posługując się uprzednio naniesionymi na próbkę działkami. Dzieląc długość pomiarową L_0 przez odległość między działkami (np. 5 mm) uzyskuje się liczbę działek N odpowiadającą długości pomiarowej. Mierzac w zerwanej próbce długość odcinka zawierającego N działek uzyskuje się długość pomiarową po zerwaniu L_0 . Pomiaru należy dokonywać w ten sposób, aby miejsce zerwania było w pobliżu środka odcinka zmierzonego.
2. Jeżeli zerwanie nastąpi poza zakresem określonym uprzednio jako środkowa część próbki, to długość L_u oblicza się tak, jak to zostało przedstawione na rys. 3. Wykorzystuje się przy tym fakt jednakowego wydłużenia działek, na jakie próbka została podzielona, położonych symetrycznie w stosunku do miejsca zerwania. W tym celu należy wykonać następujące czynności:
 - a) Obliczyć liczbę działek N odpowiadających długości pomiarowej L_0 .
 - b) Złączyć obie części próbki.
 - c) Zmierzyć odległość a (rys. 3) między n działkami położonymi po obu stronach miejsca zerwania.

- d) Pozostałą liczbę działek podzielić na połowę $(N - n)/2$
- e) Zmierzyć odległość b odpowiadającą tej ilości działek.
- f) Obliczyć długość L_u poprzez dodanie do długości a dwóch odcinków o długościach b.

$$L_u = a + 2b$$

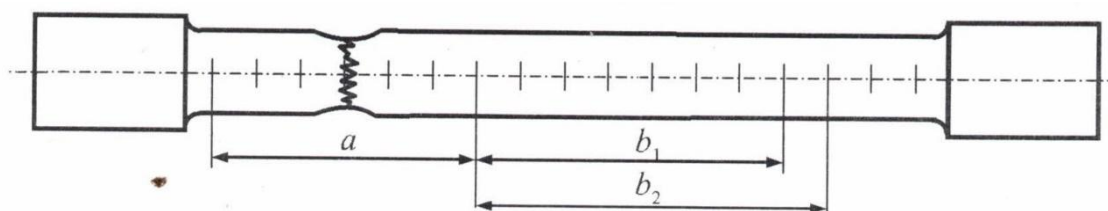


Rys.3 Ocena próbki okrągłej po zerwaniu – zerwanie w środkowej części

Wynika to z założenia, że gdyby próbka zerwała się symetrycznie w środku, to odcinki o długościach b byłyby jednakowe z obu stron miejsca zerwania. Jeżeli liczba działek $(N - n)$ jest liczbą nieparzystą, to długość L_u oblicza się dodając do długości a dwa odcinki o długościach (rys. 4): b_1 (odpowiadający $\frac{N-n-1}{2}$ działkom) i b_2 (odpowiadający $\frac{N-n+1}{2}$ działkom):

$$L_u = a + 2b \quad \text{parzysta liczba działek}$$

$$L_u = a + b_1 + b_2 \quad \text{nieparzysta liczba działek}$$



Rys.4 Ocena próbki okrągłej po zerwaniu – zerwanie poza środkową częścią

Jednostki i wielkości fizyczne

Wielkości wyznaczające wymiary próbek jak również określające własności plastyczne i mechaniczne materiału zostały określone i zdefiniowane w normie PN-91/H-04310.

- Średnica początkowa próbki (d_0) – średnica próbki na jej długości roboczej mierzona przed rozerwaniem.
- Średnica końcowa próbki (d) – średnica najmniejszego przekroju próbki w miejscu rozerwania.
- Średnica próbki do wyznaczania wydłużenia równomiernego (d_r) – średnica próbki po rozerwaniu mierzona na dłuższej części próbki w połowie odległości od miejsca jej rozerwania do końca długości pomiarowej.
- Długość pomiarowa początkowa (L_0) – długość odcinka na roboczej części pomiarowej próbki, na której określone jest wydłużenie.
- Długość próbki (L_t) – całkowita długość próbki.
- Długość pomiarowa końcowa (L_u) – długość pomiarowa próbki po rozerwaniu.
- Powierzchnia przekroju początkowego próbki (S_0) – powierzchnia przekroju poprzecznego próbki na długości pomiarowej mierzona przed rozerwaniem.
- Powierzchnia przekroju końcowego (S_u) – powierzchnia przekroju poprzecznego próbki w miejscu rozerwania.
- Bezwzględne wydłużenie próbki po rozerwaniu (ΔL) – $\Delta L = L_u - L_0$.
- Względne wydłużenie próbki proporcjonalnej po rozerwaniu ($\varepsilon[\%]$) – $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100\%$
- Względne wydłużenie równomierne próbki okrągłej ($\varepsilon_r[\%]$) – $\varepsilon_r = \frac{d_0^2 - d_r^2}{d_0^2} \cdot 100\%$.
- Względne przewężenie próbki okrągłej ($\varepsilon_p[\%]$) – $\varepsilon_p = \frac{d_0^2 - d_u^2}{d_0^2} \cdot 100\%$.
- Siła rozciągająca (F [N]) - siła działająca na próbkę w określonej chwili badania.
- Naprężenie rozciągające (σ [MPa]) - naprężenie wyrażone stosunkiem siły F do przekroju początkowego próbki S_0 .

- Umowna granica sprężystości ($R_{0,05}$ [MPa]) - naprężenie odpowiadające działaniu siły rozciągającej, wywołującej w próbce umowne wydłużenie trwałe x , wynoszące 0,05% długości pomiarowej L_0 ; w technicznie uzasadnionych przypadkach dopuszcza się określenie granicy sprężystości przy wydłużeniach trwałych mniejszych niż 0.05%:

$$R_{0,05} = \frac{F_{0,05}}{S_0}$$

- Umowna granica plastyczności ($R_{0,2}$ [MPa]) – naprężenie odpowiadające działaniu siły rozciągającej, wywołującej w próbce umowne wydłużenie trwałe x , wynoszące 0.2% długości pomiarowej L_0 ; w technicznie uzasadnionych przypadkach dopuszcza się określenie umownej granicy plastyczności przy innych wydłużeniach trwałych w granicach 0,05-0,5%:

$$R_{0,2} = \frac{F_{0,2}}{S_0}$$

- Siła odpowiadająca wyraźnej granicy plastyczności (F_e [N]) – siła, przy której występuje wyraźny wzrost wydłużenia rozciąganej próbki; dla określonych materiałów rozróżnia się siłę F_{eH} odpowiadającą górnej granicy plastyczności oraz siłę F_{eL} odpowiadającą dolnej granicy plastyczności.
- Wyrażna granica plastyczności (R_e [MPa]) – naprężenie odpowiadające działaniu siły F_e :

$$R_e = \frac{F_e}{S_0}$$

Rozróżnia się górną granicę plastyczności R_{eH} w której naprężenie odpowiada pierwszemu szczytowi obciążenia zarejestrowanym przy badaniu materiału oraz dolną granicę plastyczności R_{eL} odpowiadającą najmniejszej wartości naprężenia przy wyraźnym wzroście wydłużenia.

- Największa siła (F_m [N]) – największa siła działająca na próbkę.
- Wytrzymałość na rozciąganie (R_m [MPa]) – naprężenie odpowiadające działaniu siły F_m

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

- Siła rozerwania (F_u [N]) – największa siła w chwili rozerwania próbki.
- Naprężenie rozrywające (R_u [MPa]) – naprężenie odpowiadające działaniu siły F_u na przekrój S_0 , zaś naprężenie rzeczywiste odniesione jest do przekroju S_u

$$R_u = \frac{F_u}{S}$$

- Współczynnik sprężystości wzdłużnej (E [MPa]) — stosunek naprężenia σ do odpowiadającego mu wydłużenia względnego ϵ_r w zakresie, w którym krzywa rozciągania jest linią prostą.
- Liczba Poissona (współczynnik Poissona) – stosunek odkształcenia poprzecznego do odkształcenia podłużnego przy jednoosiowym stanie naprężenia.

$$\nu = -\frac{\epsilon_p}{\epsilon}$$

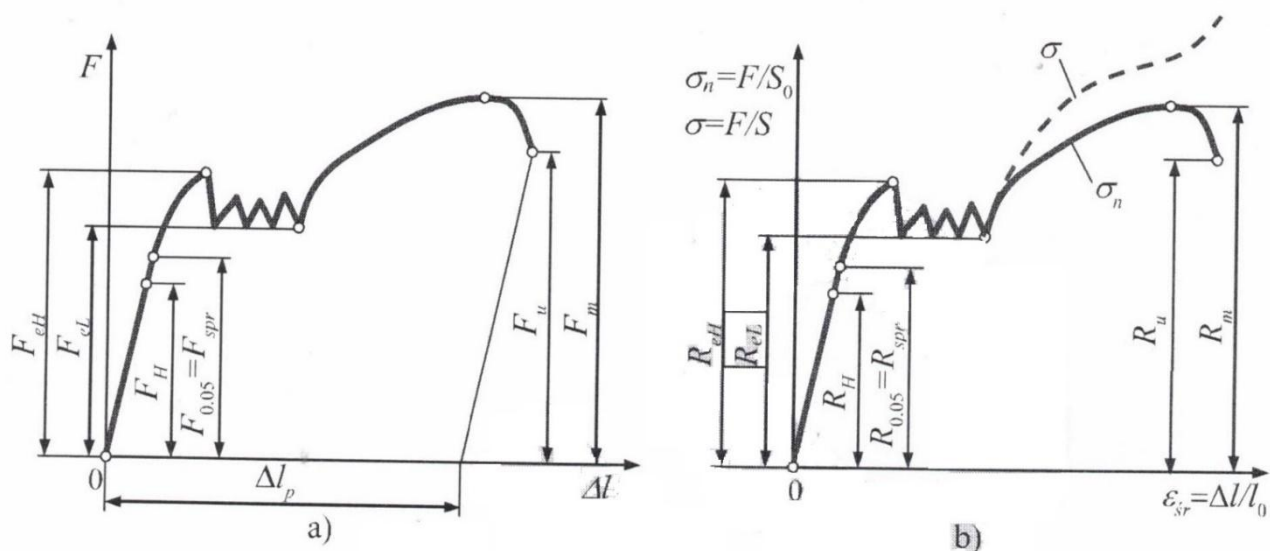
- Prawo Hooke’a jest fundamentalne w wytrzymałości materiałów. Dzięki niemu możemy obliczać zadania związane z siłą sprężystości i przewidywać zachowanie materiałów sprężystych pod wpływem różnych obciążeń. Materiały sprężyste, które podlegają prawu Hooke’a, są kluczowe w wielu aplikacjach inżynierskich i konstrukcyjnych. Zrozumienie i zastosowanie tego prawa pozwalają na projektowanie bezpiecznych i efektywnych struktur, co jest nieocenione w inżynierii i budownictwie. Naprężenie jest wprost proporcjonalne do odkształcenia

$$\sigma = E \cdot \epsilon \text{ [MPa]}$$

E – współczynnik sprężystości podłużnej, dla stali wynosi (190 ÷ 210) GPa

- Naprężenia, które mogą pozostać w materiale bez obawy naruszenia warunku wytrzymałości i warunku sztywności nazywamy naprężeniem dopuszczalnym. Naprężenia dopuszczalne przyjmują różne oznaczenia: k_r dla rozciągania, k_g dla zginania, k_t dla ścinania, k_s dla skręcania, k_d dla docisku powierzchniowego dla obciążeń stałych lub dodatkowym indeksem „j” dla jednostronnie tętniących. Naprężenie to w zależności od rodzaju materiału obliczamy dzieląc R_m lub R_e przez współczynnik bezpieczeństwa.
- Zwykle rozkładamy naprężenie na dwie składowe: naprężenie normalne σ prostopadłe do płaszczyzny powierzchni przekroju i naprężenie styczne τ działające w płaszczyźnie powierzchni przekroju. W zależności od sposobu przyłożenia sił zewnętrznych mamy następujące przypadki obciążeń: rozciąganie lub ściskanie, zginanie, skręcanie.

WYKRESY ROZCIĄGANIA



Rys.2. Wykres rozciągania stali w dwóch układach współrzędnych;
a) naturalnym b) odcztałcenie średnie – naprężenie

Początkowo wraz ze wzrostem obciążenia wydłużenia są bardzo małe, po odciążeniu próbka powraca do pierwotnej długości – nie można stwierdzić żadnych trwałych wydłużeń, a wykres jest linią prostą. Liniowa zależność wykresu w początkowej jego fazie stanowi potwierdzenie prawa Hooke’a w zakresie małych odkształceń.

Przy dalszym obciążeniu wykres zakrzywia się, a po odciążeniu pojawiają się odkształcenia trwałe. Po osiągnięciu pewnej wartości siły F_e siła mimo wzrastających wydłużeń nie tylko nie wzrasta, ale nawet może chwilowo zmniejszyć się. Zachowanie materiału określa się jako płynięcie. Z chwilą rozpoczęcia płynięcia na powierzchni próbek pojawiają się drobne bruzdy widoczne jako linie Lündera, nachylone do osi pod kątem około 45° . Są to ślady gwałtownych wzajemnych przesunięć (poślizgów) cząstek materiału. Przy dalszym trwaniu próby płynięcie ustaje, następuje tzw. umocnienie; dalszemu wzrostowi wydłużeń towarzyszy wzrost siły o wyraźnie plastycznym charakterze. Stosunek wydłużenia do siły nie jest wprost proporcjonalny. Z chwilą osiągnięcia maksymalnej wartości siły F_m pojawia się w jednym miejscu próbki gwałtowne zwężenie, zwane szyjką. Przekrój zmniejsza się w tym miejscu przy spadku obciążenia, aż w końcu próbka ulega rozerwaniu.

Dzieląc siłę F przez pierwotne pole przekroju (powierzchnię przekroju początkowego próbki) bez uwzględnienia odkształceń uzyskuje się tzw. naprężenie umowne lub nominalne σ . W celu wyznaczenia naprężenia rzeczywistego należałoby siłę F podzielić przez rzeczywiste pole przekroju S odpowiadające wartości działającej siły (z uwzględnieniem zmniejszania się pola przekroju). W zakresie odkształceń sprężystych różnice w przekroju poprzecznym są zupełnie nieistotne.

RODZAJE ZŁOMÓW

Zasadniczo rozróżnia się trzy rodzaje złomów: złom poślizgowy, złom kruchy i złom pośredni (rozdzielczy). Na podstawie wyglądu złomu można w pewnej mierze określić własności materiału, ocenić jego czystość i jednorodność, wykryć wady takie, jak: wtrącenia niemetaliczne, pęcherze, zawałcowania itp.

Złom poślizgowy, który pojawia się najczęściej w materiałach plastycznych, powstaje przez pokonanie spójności materiału w płaszczyznach poślizgów. Powstanie takiego złomu jak też złomu pośredniego powstanie szyjki.

Złom kruchy powstaje w przypadku, gdy naprężenia przekroczą wartość spójności cząstek materiału. Złom ten nie jest poprzedzony odkształceniem plastycznym w sensie makroskopowym.

Rodzaj złomu zależy przede wszystkim od stanu naprężenia. Znając stan naprężenia można przewidzieć możliwość powstania jednego z wymienionych rodzajów złomu za pomocą tzw. wykresu stanu mechanicznego podanego przez Fridmana.

WŁASNOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWE NIEKTÓRYCH GATUNKÓW STALI

Materiał	Znak stali stary/nowy	Stan obróbki cieplnej	<i>R_m</i> MPa	<i>R_e</i> MPa
Stal niestopowa konstrukcyjna ogólnego przeznaczenia. PN- EN 10025:2005 (U)	St0S/S185		320	195
	St3S/~S235JR		380	235
	St4S/S275		440	275
	St5/E295		490	295
	St6/E335		590	335
	St7/E360		690	365
Stal niestopowa do utwardzania powierzchniowego i ulepszenia cieplnego. PN- H-84019:1993	10/C10E	N ₃)	335	205
	15/C15E		375	225
	20/C22		410	245
	25/C25		450	275
	35/C35		530	315
	45/C45		600	355
	55/C55		650	380
	10/C10E	H ₁)	410	245
	15/-	H	490	295
	20/C22	H	540	355
	25/C25	T ₂)	500	320
	35/C35	T	600	380
	45/C45	T	650	430
	55/C55	T	750	490
Stal stopowa konstrukcyjna do nawęglania. PN- EN10084:2002	15H/~17Cr3	H	690	490
	20H/~20Cr4	H	780	640
	20HG/~20MnCr5	H	1080	740
	15HGM/ ~20NiCrMo2-2	H	930	780
Stal stopowa konstrukcyjna do ulepszania cieplnego i hartowania powierzchniowego. PN-EN 10083-1:2006 (U)	30G2/~28Mn6	N	650	390
	45G2/~44SMn28	N	740	480
	30G2/~28Mn7	T	780	540
	45G2/~44SMn29	T	880	690
	30H/~34Cr4	T	880	740
	40H/~41Cr4	T	980	780
	50H/-	T	1080	930
	40HM/~42CrMo4	T	1030	880
	35HGS/-	T	1620	1280

- 1) H – nawęglanie i hartowanie
- 2) T – ulepszenie cieplne (hartowanie i wysokie odpuszczenie)
- 3) N - normalizowanie