

START

Podaj pisemne odpowiedzi na poniższe pytania:

1. Co to jest wytrzymałość materiałów.
2. Co to jest naprężenie – definicja i zależność.
3. Rodzaje naprężen.
4. Prawo Hooke'a – definicja i zależność.
5. Co to jest naprężenie dopuszczalne i jak je obliczamy.
6. Rodzaje naprężen 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 NAPISALEŚ ODPOWIEDZI NA PYTANIA**TAK****NIE**

Napisz odpowiedzi na pytania korzystając z Internetu, podręczników i poradników

Przystąp do wykonywania ćwiczenia.

- zgłoś prowadzącemu o gotowość 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 stosownalności prawa Hooke'a – wzór, podstawienie wynik
- wszystkie wyniki przedstaw w tabeli.
- na podstawie wyliczonej wytrzymałości określ gatunek materiału,
- wykonaj wykres rozciągania $\sigma=f(\varepsilon)$ – wyskaluj osie, zaznacz punkty charakterystyczne, przyjmij wydłużenie z obliczeń,
- napisz wnioski z ćwiczenia,

Zgłoś prowadzącemu o zakończeniu ćwiczenia

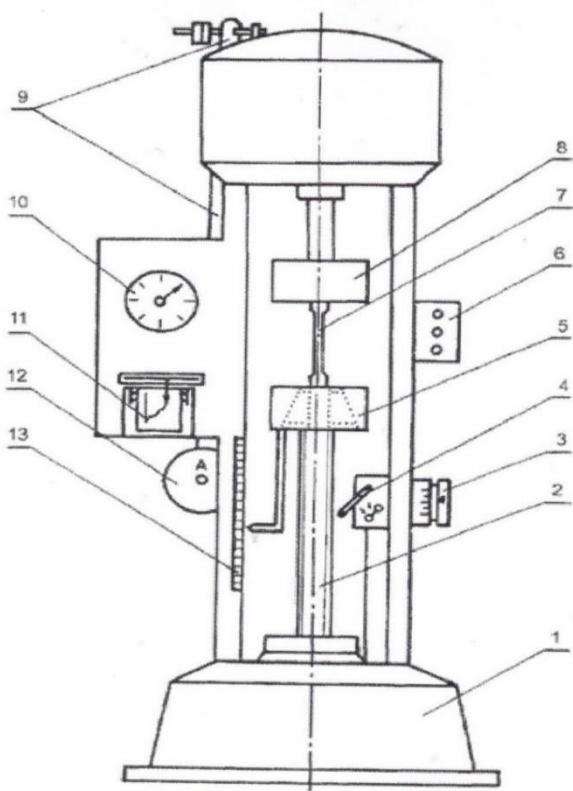
- uprzątnij stanowisko pracy
- oddaj: narzędzia, podręczniki, poradniki
- oddaj sprawozdanie z ćwiczenia.

Wytrzymałość materiałów dziedzina wiedzy inżynierskiej, część inżynierii mechanicznej, zajmująca się analityczny eksperymentalnym badaniem zjawisk materiałach konstrukcyjnych konstrukcjach poddanych obciążeniu m zewnętrzny. 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 próbki rozciągania nazywa się próbą statyczną, chociaż obciążenie wolno narasta z określona 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 słusne 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 naprężen 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 zwiększych 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 wewnętrz ciała, a z pomiarów całkowitej siły można wyliczyć naprężenia istniejące wewnętrz 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 wprowadza w ruch śrubę pociągową (2), która przemieszcza dolny uchwyt szczękowy (5). Próbka zamocowana w uchwytach jest rozciągana. Górnego uchwytu (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 zębatego 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.

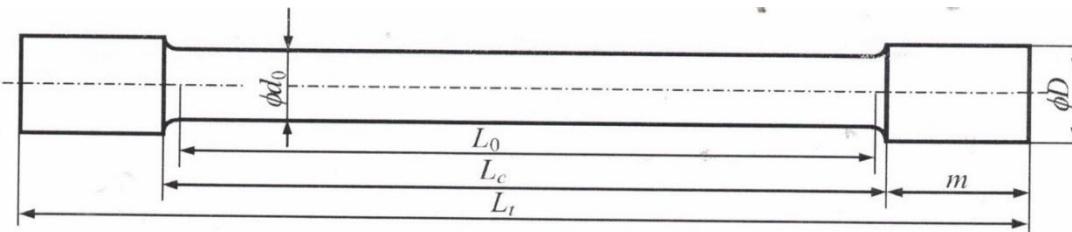
PRÓBKI

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 głóvkami do chwytania w szczęki

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.

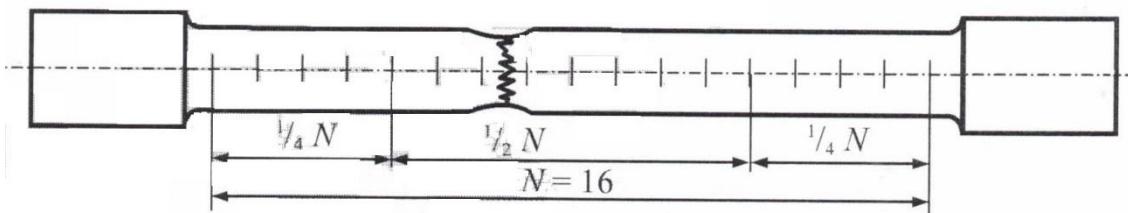
Długość pomiarowa okrągłych próbek wyraża się następującymi wielkościami ich średnic: $L_0=4d_0$, $5d_0$, $8d_0$, $10d_0$.

Zaleca się stosować próbki okrągle 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 dziatkami. Dzieląc długość pomiarową L_0 przez odległość między dziatkami (np. 5 mm) uzyskuje się liczbę dziatek N odpowiadającą długości pomiarowej. Mierząc w zerwanej próbce długość odcinka zawierającego N dziatek uzyskuje się długość pomiarową po zerwaniu L_0 . Pomiaru należy dokonywać w ten sposób, aby miejsce zerwania było w pobliżu środka odcinka zmierzzonego.
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 dziatek, na jakie próbka została podzielona, położonych symetrycznie w stosunku do miejsca zerwani. W tym celu należy wykonać następujące czynności:
 - a) Obliczyć liczbę dziatek N odpowiadających długości pomiarowej L_0 .
 - b) Złączyć obie części próbki.
 - c) Zmierzyć odległość a (rys. 3) między n dziatkami 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.

$$L_u = a + 2b$$

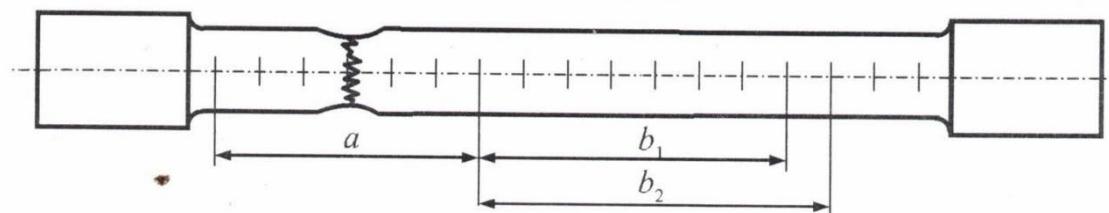


Rys.3 Ocena próbki okrągłej po zerwaniu – zerwanie w środkowej części

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 działań $(N - n)$ 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):

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

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



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 proporcjonalne 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 ($\sigma [MPa]$) - 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 trwale 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 trwale 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.

- Wyraźna 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 próbce.
- Wytrzymałość na rozciąganie (R_m [MPa]) – naprężenie odpowiadające działaniu siły działania 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.

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

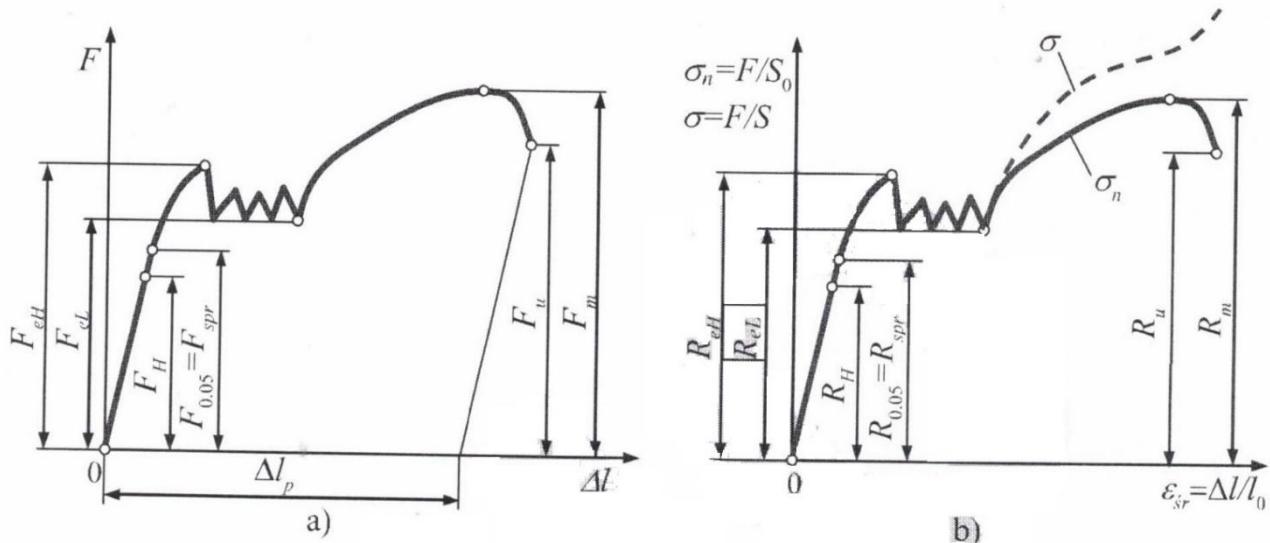
- Prawo Hooke'a jest fundamentalne w wytrzymałości materiałów. Dzięki niemu możemy obliczać zadania związane z siłą sprężystością i przewidywać zachowanie materiałów sprężystych pod wpływem różnych obciążień. Materiały sprężyste, które podlegają prawu Hooke'a, są kluczowe w wielu aplikacjach inżynierskich i konstrukcyjnych. Zrozumienie i zastosowanie tego prawa pozwala 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 $(190 \div 210)$ 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 jednostronne tleniących. 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 obciążzeń: rozciąganie lub ściskanie, zginanie, skręcanie.

WYKRESY ROZCIĄGANIA



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

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

Przy dalszym obciążeniu wykres zakrzywia się, a po odciążeniu pojawiają się odkształceń trwałe. Po osiągnięciu pewnej wartości siły F_e siła mimo wzrastających wydłużzeń nie tylko nie wzrasta, ale nawet może chwilowo zmniejszyć się. Zachowanie materiału określa się jako płyniecie. Z chwilą rozpoczęcia płynięcia na powierzchni próbki pojawiają się drobne bruzdy widoczne jako linie Lündersa, 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 wydłużzeń 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, zawalcowania 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 zleży 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	Rm MPa	Re 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 ulepszania cieplnego. PN-H-84019:1993	10/C10E	N3)	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	H1)	410	245
	15/-	H	490	295
	20/C22	H	540	355
	25/C25	T2)	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
	30G2/~28Mn6	N	650	390
	45G2/~44SMn28	N	740	480
Stal stopa konstrukcyjna do ulepszania cieplnego i hartowania powierzchniowego. PN-EN 10083-1:2006 (U)	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 – ulepszanie cieplne (hartowanie i wysokie odpuszczenie)
- 3) N - normalizowanie