

Właściwości mechaniczne materiałów budowlanych

Właściwości mechaniczne

1. Wytrzymałość na ściskanie
2. Wytrzymałość na rozciąganie
3. Wytrzymałość na zginanie
4. Podatność na rozmiękanie
5. Sprężystość
6. Plastyczność
7. Pełzanie
8. Lepkość
9. Relaksacja
10. Ciągliwość
11. Kruchość
12. Twardość
13. Ścieralność
14. Odporność na uderzenia
15. Tiksotropia

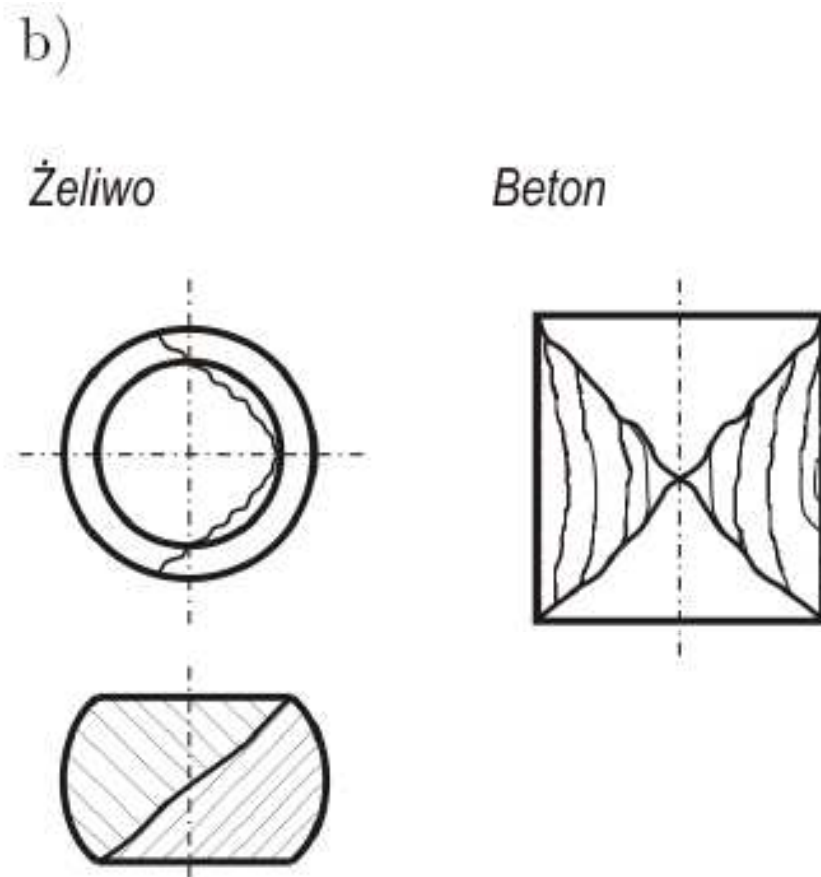
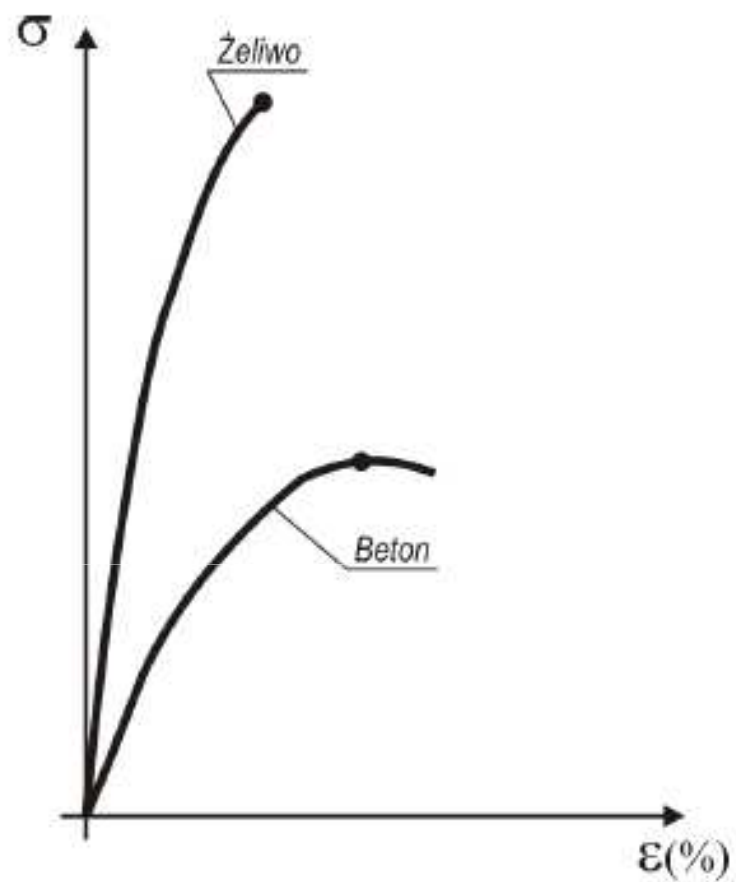
Wytrzymałość na ściskanie

- jest to największe naprężenie jakie wytrzymuje próbka badanego materiału podczas ściskania do momentu jej skruszenia

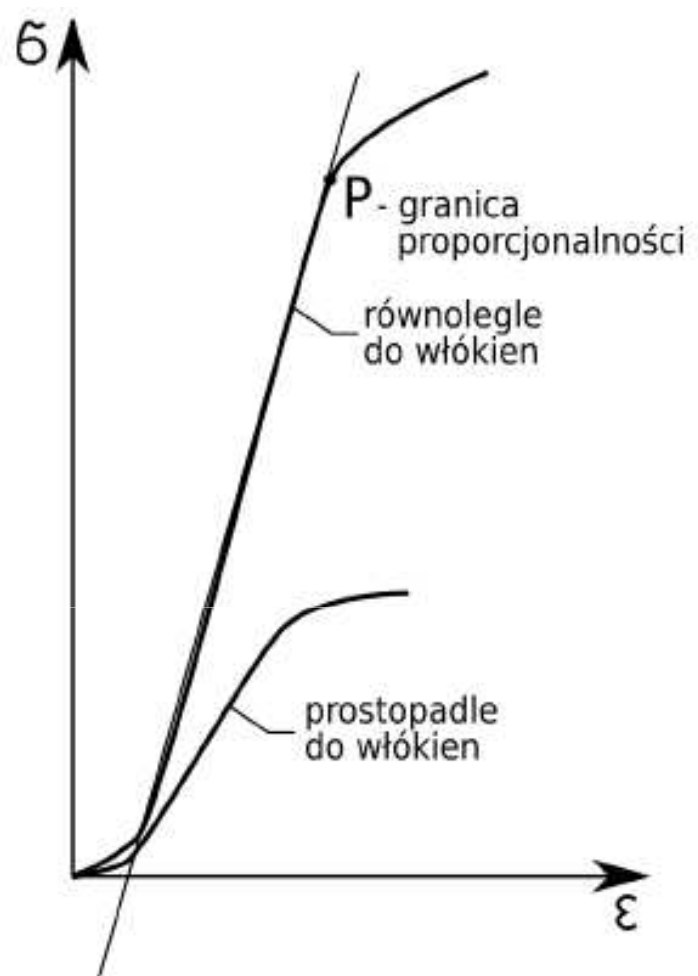
$$R_c = \frac{P_c}{F_c} \quad [\text{MPa}]$$

- F_c – pole przekroju próbki przed przyłożeniem obciążenia [m^2]
- P_c – siła ściskająca [N]

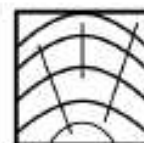




Rys. 2: Próby ściskania materiałów kruchych:
 a) wykresy z badań, b) deformacje próbek



równoległe do włókien



F ↓

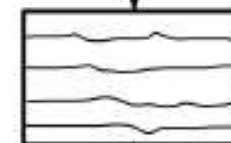
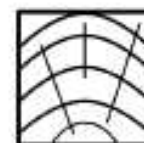


F ↑

prostopadłe do włókien

promieniowo

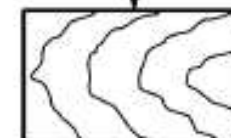
F ↓



F ↑

stycznie

F ↓



F ↑

Rys. 3: Próba ściskania drewna: a) wykresy z badań, b) próbki do badań

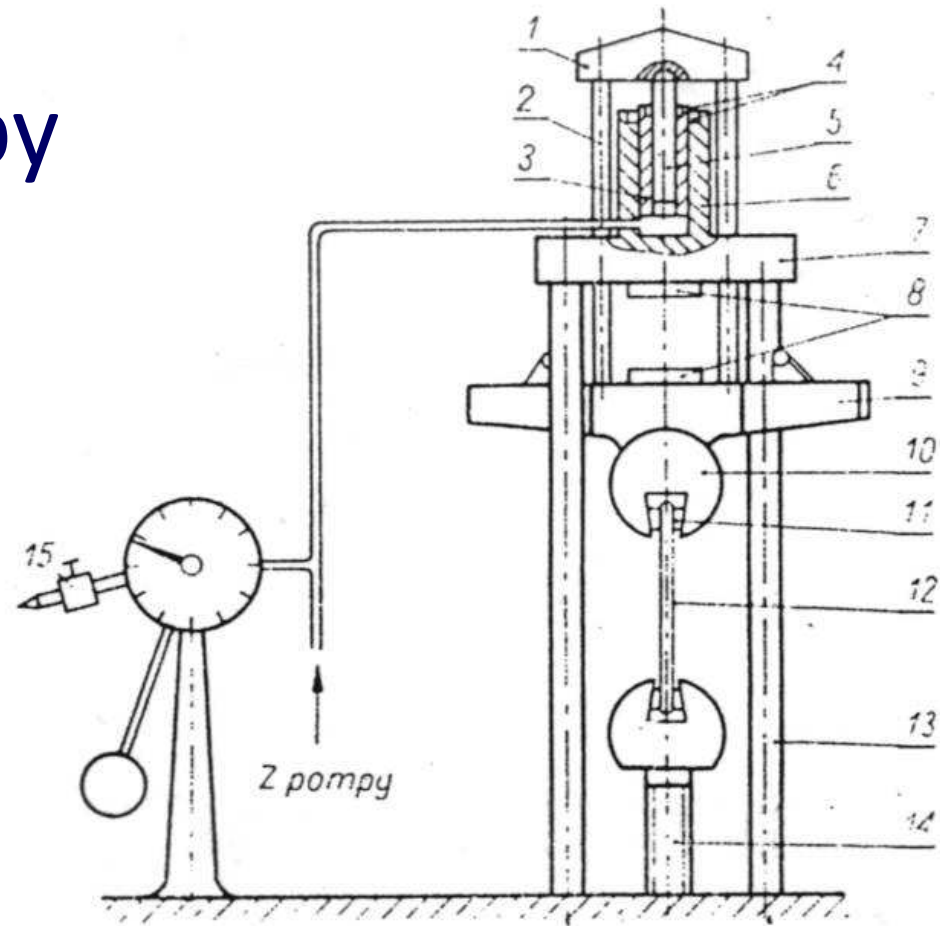
Wytrzymałość na rozciąganie

- największe naprężenie, jakie wytrzymuje próbka badanego materiału podczas rozciągania

$$R_r = \frac{P_r}{F_r} \text{ [MPa]}$$

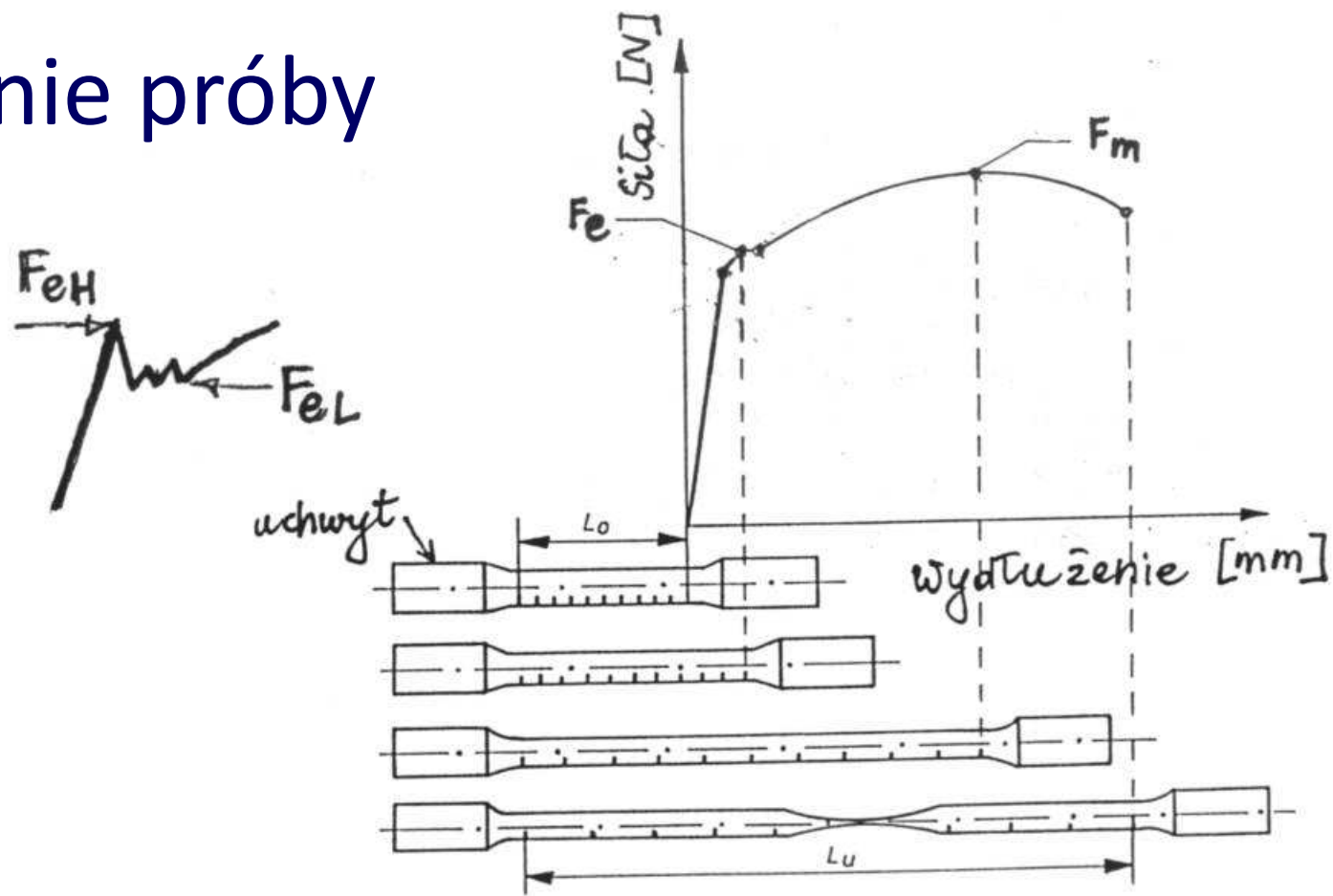
- F_r - pole przekroju materiału przed przyłożeniem obciążenia [m²]
- P_r – siła rozciągająca [kN]

Wykonanie próby



Rys. 106. Uniwersalna maszyna wytrzymałościowa o napędzie hydraulicznym i z hydraulicznym dynamometrem wahadlowym: 1 – belka nośna, 2 – cięgła, 3 – tłok pierścieniowy, 4 – rynienka do przeciekającego oleju, 5 – tłok wewnętrzny, 6 – cylinder roboczy, 7 – belka poprzeczna, 8 – płytki do ściskania, 9 – stół do zginania, 10 – uchwyt, 11 – uchwyty klinowe, 12 – obróbka, 13 – kolumny, 14 – śruba ustawienia zgrubnego, 15 – ciężarek do cechowania

Wykonanie próby



F_m
 $F_e (F_{eH}, F_{eL})$
 L_0
 L_u
 $L_u - L_0$

największa siła [N]
 siła odpowiadająca granicy plastyczności [N]
 początkowa długość pomiarowa [mm]
 długość pomiarowa po rozerwaniu [mm]
 wydłużenie po rozerwaniu [mm]

Właściwości określone w próbie rozciągania:

- Granica plastyczności $R_e = F_e/S_o$ [N/mm²]
- Wytrzymałość na rozciąganie $R_m = F_m/S_o$ [N/mm²]
- Wydłużenie $A = 100 \times \Delta L/L_o$ [%]

F_e – siła obciążająca odpowiadająca wyraźnej granicy plastyczności [N]

$F_{0,2}$ – siła obciążająca wywołująca umowne wydłużenie trwałe wynoszące 0,2 % długości pomiarowej [N]

F_m – największa siła obciążająca w czasie próby [N]

S_o - powierzchnia przekroju poprzecznego próbki na długości pomiarowej przed rozerwaniem [mm²]

L_o – pierwotna długość pomiarowa próbki

$\Delta L = L_u - L_o$

L_u – długość pomiarowa próbki po rozerwaniu

Wytrzymałość na zginanie

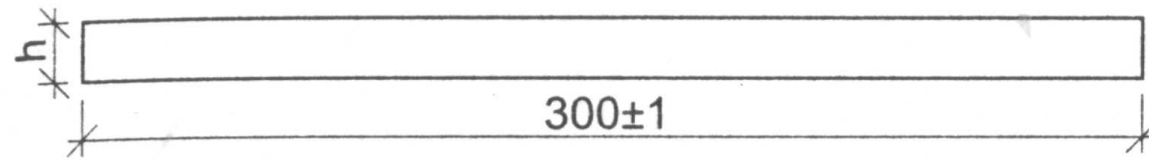
- wytrzymałość jaką wytrzymuje próbka podczas zginania do momentu jej złamania

$$R_{zg} \frac{M}{W} \text{ [MPa]}$$

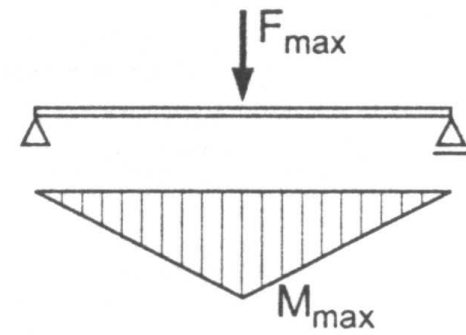
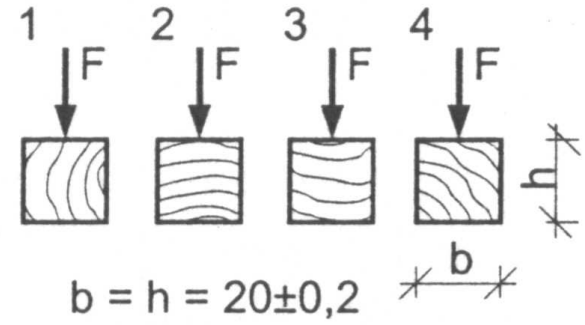
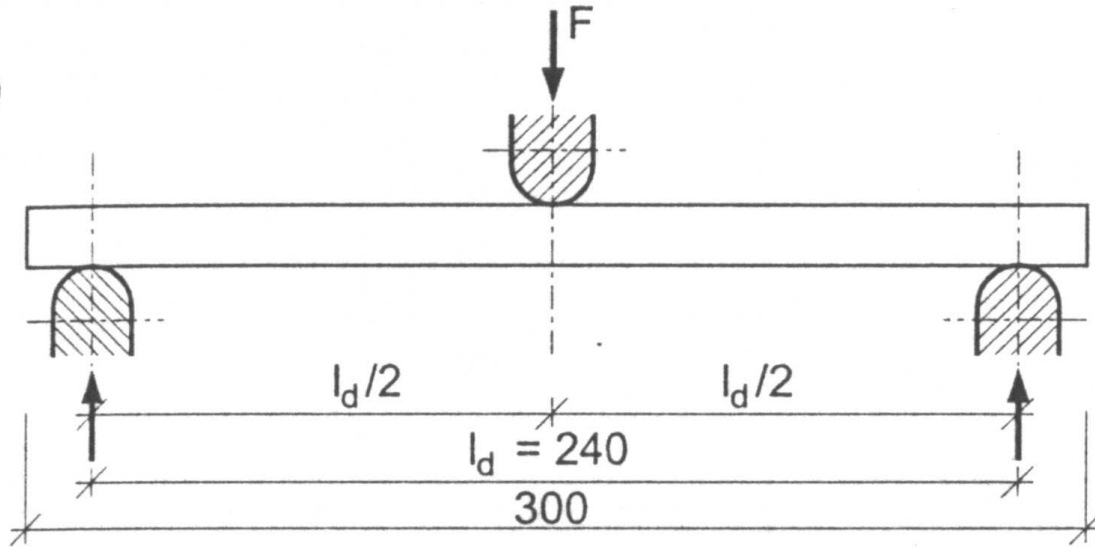
- M - moment zginający próbkę materiału [Nm]
- W – wskaźnik wytrzymałości przekroju zginającego [m^3]



a)



b)



Podatność na rozmiękanie

- destrukcyjny wpływ wody na materiały budowlane określa współczynnik na rozmiękanie

$$k = \frac{R_{c(n)}}{R_{c(s)}} \qquad k = \frac{R_{zg(n)}}{R_{zg(s)}}$$

- $R_{c(n)}$, $R_{zg(n)}$ – wytrzymałość ściskanie (zginanie) próbki materiału w stanie nasycenia wodą [MPa]
- $R_{c(s)}$, $R_{zg(s)}$ – wytrzymałość ściskanie (zginanie) próbki materiału w stanie suchym [MPa]

Sprężystość

- zdolność materiału do przyjęcia początkowej postaci z chwilą usunięcia działającej siły, która spowodowała odkształcenia materiału

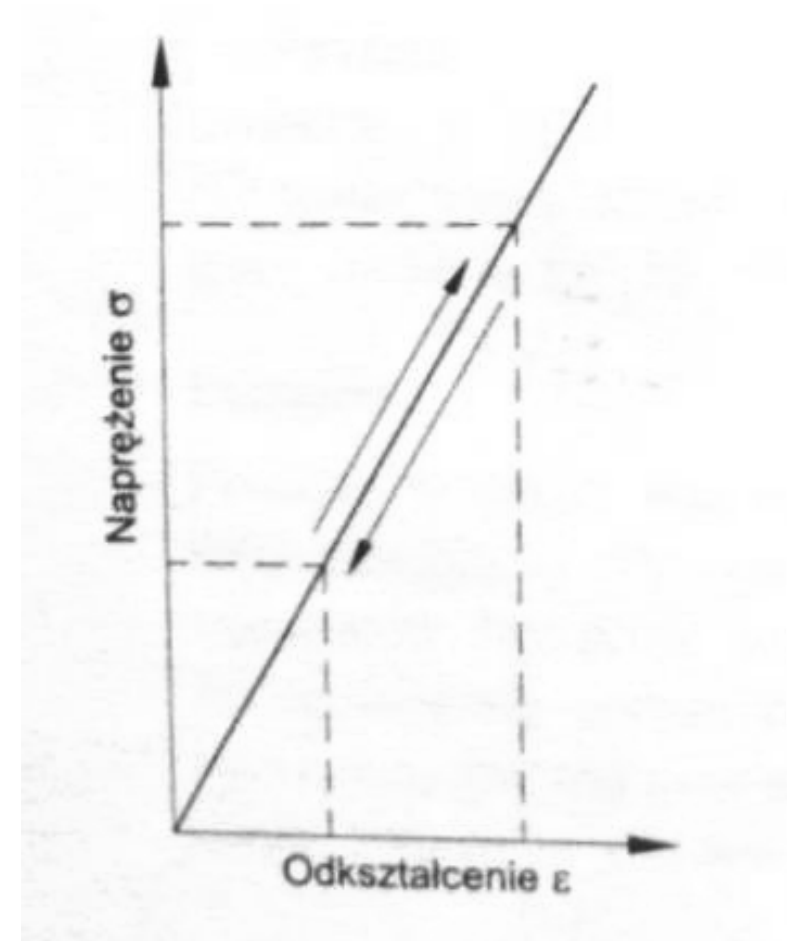
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} [\text{Pa}]$$

- σ - naprężenia występujące przy ścisnaniu lub rozciąganiu
- ε - wydłużenie względne wywołane przez naprężenie

- P – siła ściskająca
- F - pole przekroju próbki

$$E = \frac{P}{F} \text{ [Pa]} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

- E – moduł sprężystości
- L – skrócenie lub przyrost długości [m]
- L_0 – długość pierwotna próbki [m]
- odkształcenia sprężyste i naprężenia są w przybliżeniu proporcjonalne



Elastyczność

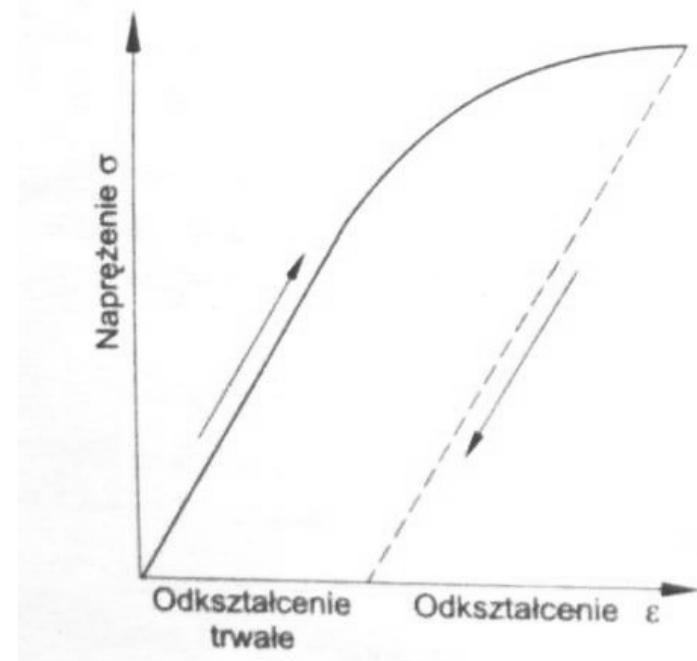
- szczególna odmiana sprężystości
- działanie niewielkiej siły powodują odkształcenie sprężyste
- materiał wysokoelastyczny to taki, w którym odkształcenie jest 100% i większe, np.guma

Współczynnik sprężystości wzdłużnej niektórych materiałów

Materiał	Współczynnik sprężystości wzdłużnej [MPa]
Stal	205 800
Cynk	127 400
Marmur	Ok. 74 400
Aluminium	70 560
Szkło zwykłe	66 640
Granit	Ok. 56 800
Beton żwirowy	24 500
Poliestry zbrojone włóknem szklanym	Ok. 19 600
Drewno dębowe	Ok. 11 250
Piaskowiec	Ok. 9 800
Drewno sosnowe	9 800
Ceramika porowata	4 900
Beton komórkowy	Ok. 2 160
Polichlorek winylu twardy	1 960

Plastyczność

- zdolność materiału do zachowywania trwałych odkształceń, tzn. do zachowywania zmian rozmiarów i kształtów po usunięciu siły, która te odkształcenia spowodowała
- występuje wówczas, gdy zostanie przekroczona granica plastyczności



Pełzanie

ciągły wzrost odkształceń plastycznych materiału bez zmiany wartości działającej siły zewnętrznej

Relaksacja

spadek naprężeń w materiale poddawany
stałemu odkształceniu

Lepkość

- miara tarcia wewnętrznego cząstek materiału
- zależy od:
 - temperatury
 - ciśnienia
 - rodzaju materiału
- charakterystyczne jest tzw. płynięcie, czyli natychmiastowe odkształcenie materiału pod wpływem działania nawet bardzo małego naprężenia stycznego
- współczynnik lepkości dynamicznej jest jedną z wielkości charakteryzujących właściwości mechaniczne cieczy, również przechłodzonych, takich jak tworzywa sztuczne, żywice i szkła.
- współczynnik lepkości dynamicznej [Pa s]

• woda	0,001
• oleje smary	$10 - 10^2$
• żywice gumy	$10^2 - 10^8$
• tworzywa sztuczne	$10^5 - 10^{11}$
• szkło	$10^{11} - 10^{19}$

Ciągliwość

zdolność materiału do osiągnięcia znacznych odkształceń plastycznych pod wpływem sił rozciągających, bez jego zniszczenia

Kruchość

- zjawisko nagłego zniszczenia materiału pod wpływem działania sił bez wyraźnych odznak odkształceń poprzedzających zwykle zniszczenie

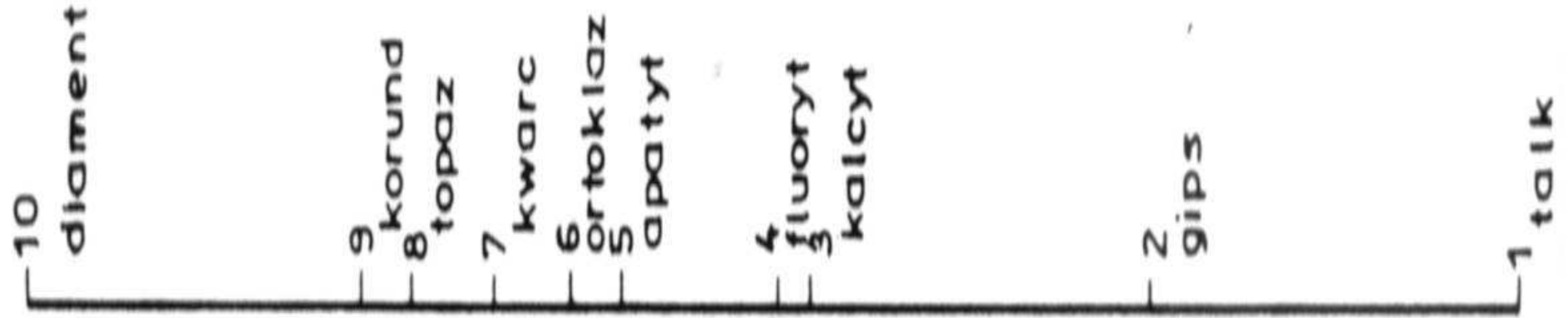
$$K = R_r / R_c$$

- R_r – wytrzymałość na rozciąganie [Mpa]
- R_c – wytrzymałość na ściskanie [Mpa]
- $K < 1/8$ – materiały kruche

Twardość

- właściwość materiału charakteryzująca jego odporność na odkształcenia pod wpływem sił skupionych na jego powierzchni.
- odkształcenie w materiale powstaje przy wciskaniu w niego wgłębnika z materiału twardszego lub przy zarysowaniu powierzchni
- badanie może być wykonane bez zniszczenia obiektu
- metoda badania zależy od rodzaju materiału
- metody badań:
 - Brinella
 - Rockwella
 - Mohsa
 - Shore'a
- nie ma bezpośredniego powiązania pomiędzy wytrzymałością a twardością

Skala twardości materiałów Mohsa



Pomiar twardości metali sposobem Brinella (PN-91/H-04350)

Zasada pomiaru



Pomiar twardości sposobem Brinella polega na wciskaniu w badaną próbkę, z siłą F prostopadłą do badanej powierzchni, twardej kulki stalowej lub z węglików spiekanych o średnicy D równej 10, 5, 2,5, 2 lub 1 mm. Twardość wyraża się stosunkiem obciążenia siły F do powierzchni kulistej czaszy trwałego odcisku S . Pole powierzchni odcisku oblicza się na podstawie

Zapis wyniku pomiaru

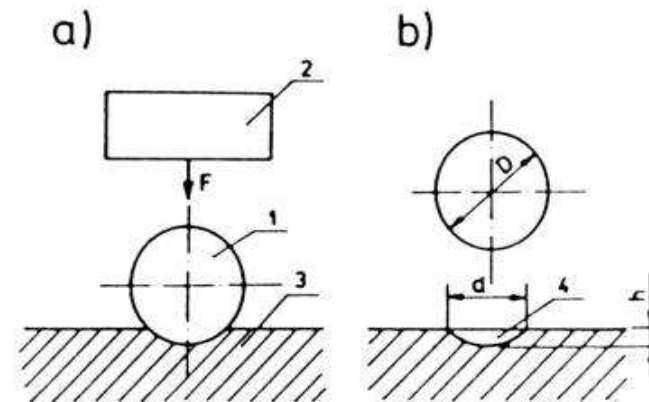
Np. 200 HB

w wypadku standardowych warunków pomiaru:

średnica kulki 10 mm

siła obciążająca 3000 kG

czas obciążenia 10 s



Rys. 2.1. Schemat pomiaru twardości sposobem Brinella: a) podczas obciążenia, b) po odciążeniu: 1 – kulka, 2 – element obciążający, 3 – badany materiał, 4 – odcisk

pomiaru średnicy trwałego odcisku d (rys. 2.1). Twardość Brinella wyraża się wzorem:

$$HB = \frac{\text{obciążenie}}{\text{pole powierzchni odcisku}} = 0,102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2.1)$$

siła F w [N].

Pomiar twardości metali sposobem Rockwella (PN-91/H-04355)

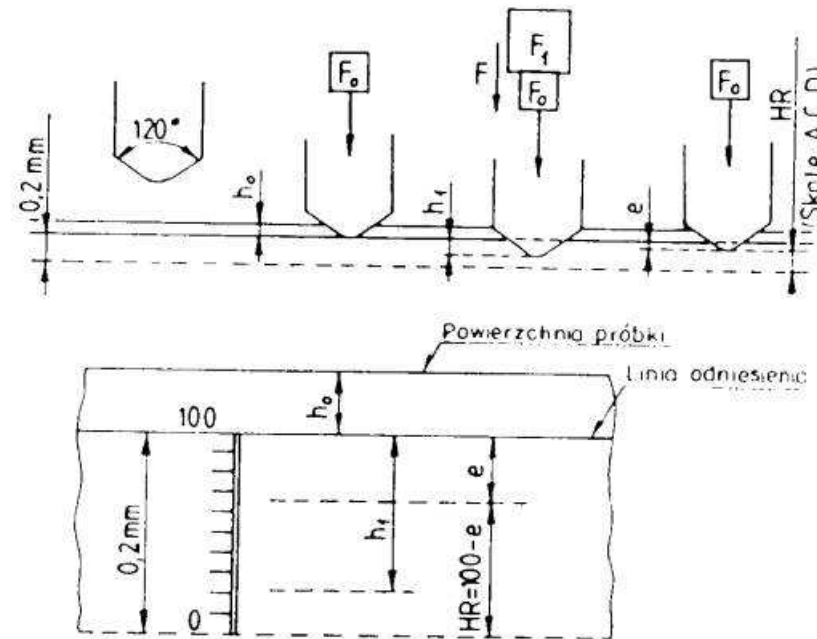
Zasada pomiaru



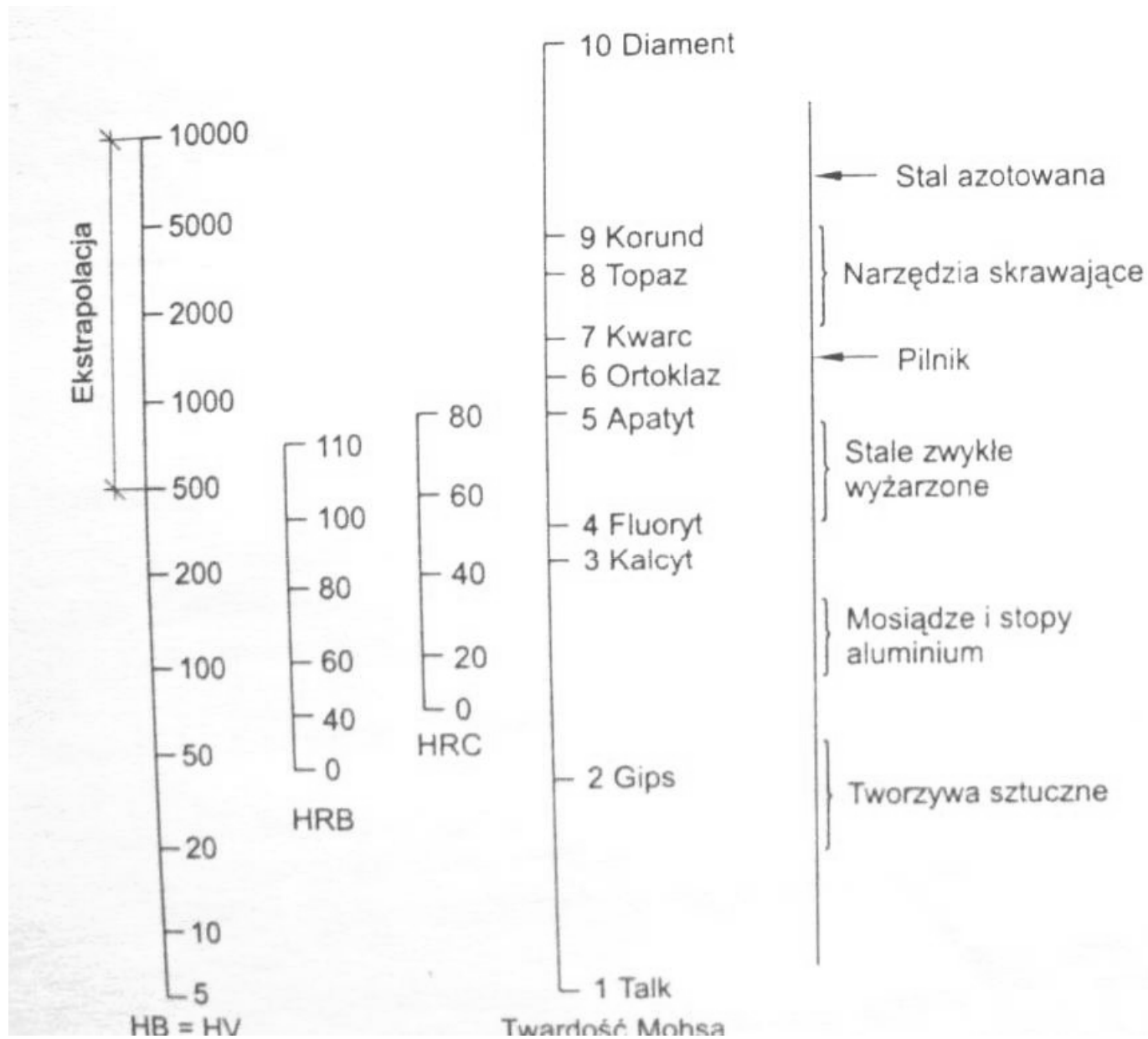
Pomiar polega na dwustopniowym wciskaniu wglębnika siłą wstępną F_0 i siłą główną F_1 w badaną próbkę przy określonych warunkach obciążenia. W metodzie Rockwella stosuje się trzy rodzaje wglębników (tabl. 2.5): stożek diamentowy o kącie wierzchołkowym 120° (skale A, C, D), kulkę stalową o średnicy 1,588 mm (skale B, F, G), kulkę stalową o średnicy 3,175 mm (skale E, H, K). Podstawą określenia twardości Rockwella jest pomiar trwałego przyrostu głębokości odcisku (trwałego odkształcenia). Wynik odczytuje się w jednostkach twardości HR na odpowiednio wyskalowanym czujniku zegarowym.

Zapis wyniku pomiaru

100 HRB – skala B
40 HRC – skala C



Rys. 2.6. Schemat pomiaru twardości sposobem Rockwella; F_0 , F_1 - obciążenie wstępne i główne, h_0 - głębokość odcisku pod obciążeniem siłą wstępną, h_1 - przyrost głębokości odcisku pod obciążeniem siłą główną, e - trwały przyrost głębokości odcisku, mierzony pod obciążeniem siłą wstępną



HB – metoda Brinella, HV – metoda Vickersa, HRB, HCR – metoda Rockwella

Ścieralność

- podatność materiału do zmniejszenia objętości lub masy pod wpływem działania sił ścierających
- zależy od budowy materiału jego twardości i elastyczności
- sposób badania zależy od rodzaju materiału
- sposoby badania:
 - na tarczy Boehmego - materiały kamienne i betony
 - Aparat Alpha - drewno
 - Aparat Stuttgart - materiały podłogowe z tworzyw sztucznych
 - Bęben Los Angeles - kruszywa do nawierzchni drogowych

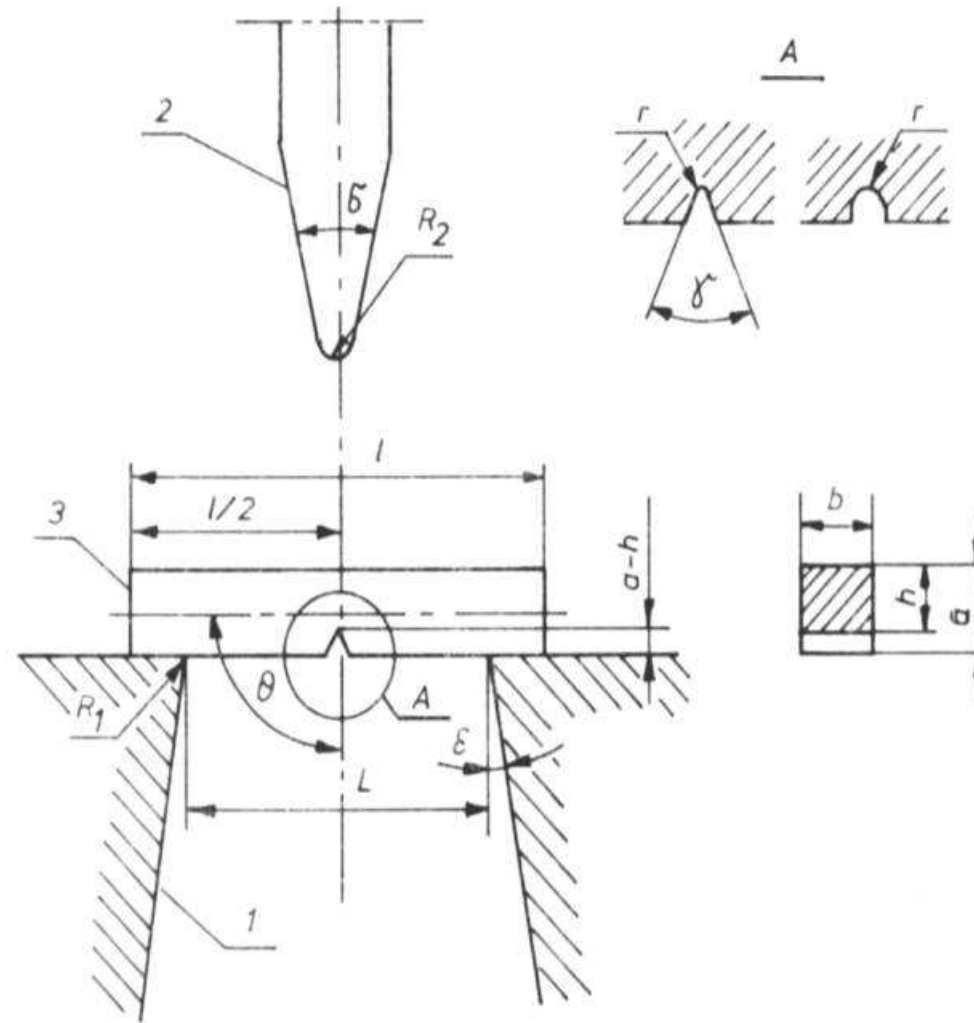


Odporność na uderzenie

- Zdolność przeciwstawienia się nagłym siłom uderzeniowym
- Okresla się ja siła potrzebną do stłuczenia lub przełamania badanych próbek materiału
- Ważne to jest dla
- Materiałów posadzkowych
- Nawierzchni drogowych
- Nawierzchni chodnikowych

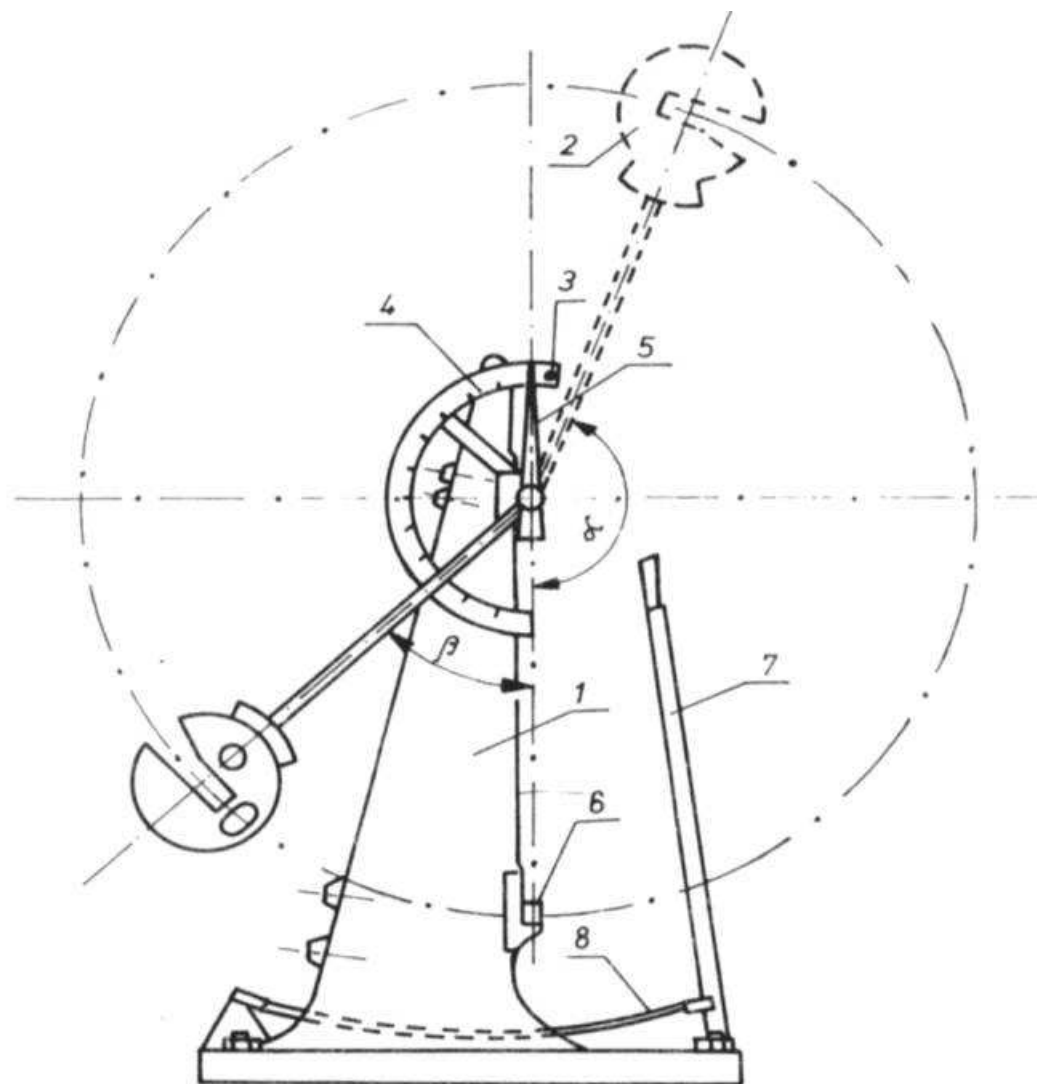
Metale. Próba udarności sposobem Charpy'ego (PN-EN 10045-1)

Próbki do badań
Wykonanie próby



Rys. 6.9. Ustawienie próbki do próby udarności na młocie wahadłowym Charpy'ego. Oznaczenie wielkości, jak w tabl. 6.1: 1 – podpory próbki, 2 – ostrze wahała młota, 3 – próbka

Wykonanie próby



Rys. 6.8. Młot wahadłowy Charpy'ego: 1 – kadłub, 2 – wahadło młota, 3 – opór, 4 – podziałka, 5 – wskazówka, 6 – próbka, 7 – taśma hamulca, 8 – drążek hamulca, α – kąt spadania wahadła młota, β – kąt wychylenia wahadła młota po złamaniu próbki

Udarność

$$K = K_{\max} - K_1 = mxgR(\cos\beta - \cos\alpha)$$

K – praca uderzenia odpowiadająca energii zużytej na złamanie próbki [J]

m – masa wahadła młota [kg]

g – przyspieszenie ziemskie = 9,82 [m/s²]

R – odległość od osi wahadła młota do środka próbki ustawionej na podporach [mm]

α – kąt spadania wahadła młota [°]

β – kąt wychylenia wahadła młota po złamaniu próbki [°]

Udarność wyznacza się jako pracę uderzenia odniesioną do powierzchni początkowej przekroju poprzecznego próbki w miejscu karbu S_0 :

$$KC = K / S_0 \text{ [J/cm}^2\text{]}$$

KCV – próbka z karbem V

KCU – próbka z karbem U

Tiksotropia

- Rozpad struktury szkieletowej żelu pod wpływem czynników mechanicznych (wstrząsania lub mieszania) i ponowne jej odtwarzanie w stanie spoczynku