

**START**

Podaj pisemne odpowiedzi na poniższe pytania:

1. Co to jest udarność i jak się ją określa.
2. Co jest miarą udarności – zależność.
3. Podaj różnicę pomiędzy metodami pomiaru udarności Izoda i Charpy'ego – wykonaj rysunek.
4. Narysuj i zwymiaruj próbkę do pomiaru udarności [rysunek techniczny na A4, dobierz odpowiednią skalę, (ramka i tabelka rysunkowa)]
5. Jak klasyfikujemy złomy udarowe?
6. Na czym polega wzorcowanie młota typu Charpy'ego
7. Jaka rolę pełni karb na próbce i jakie są jego rodzaje?
8. Co to jest energia początkowa Młota i jakie są jej wartości
9. Jak oblicza się pracę zużytą na złamanie próbki.
10. Zasady ustawiać próbkę w metodzie Charpy'ego
11. Wyjaśnić oznaczenia:  
 $KCV_2 450/3/12 = 200$ ;  $KCV_8 200 = 150$ ;  $KCU = 120$ .

**CZY NAPISAŁEŚ ODPOWIEDZI NA PYTANIA****TAK****NIE**

Napisz odpowiedzi na pytania korzystając z Internetu, podręczników i poradników.

Przystąp do wykonywania ćwiczenia.

- ✓ narysuj schemat młota typu Charpy'ego nazwij elementy składowe,
- ✓ oblicz długość zredukowana wahadła,
- ✓ oblicz straty energii P,
- ✓ oblicz energię początkową młota typu Charpy'ego,
- ✓ wyznacz błąd pomiaru czasu metodą odchylenia standardowego
- ✓ oblicz energię zużytą na złamanie próbki,
- ✓ oblicz przekrój poprzeczny próbki  $S_0$  (pomiar z dokładnością do 0,05mm),
- ✓ oblicz udarność materiału i zapisz wynik zgodnie z normą,
- ✓ opisz otrzymany złom,
- ✓ napisz wnioski z ćwiczenia.

Zgłoś prowadzącemu o zakończeniu ćwiczenia

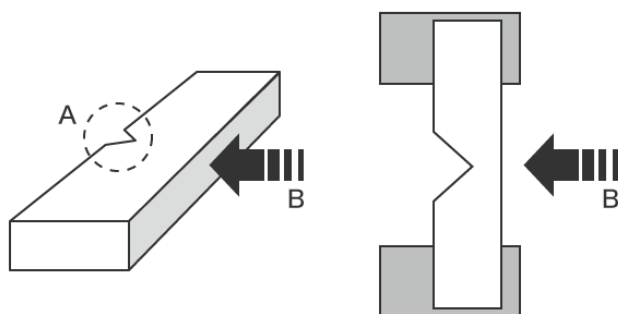
- uprzątnij stanowisko pracy
- oddaj podręczniki i poradniki
- oddaj sprawozdanie z ćwiczenia.

Obciążenia, jakim poddawane są układy mechaniczne – maszyny, elementy maszyn, konstrukcje budowlane itp. – mają często charakter szybkozmienny, dynamiczny. Doświadczenie uczy, że różne materiały wykazując przy obciążeniach statycznych podobne własności wytrzymałościowe przy obciążeniu uderowym mogą wykazywać zasadniczo różne skłonności do pękania, a przez to ich charakterystyki statyczne tracą swą ważność dla oceny zdolności przenoszenia tego typu obciążeń. Z tego względu jako bardziej miarodajne dla oceny własności wytrzymałościowych w warunkach obciążeń uderowych przyjmuje się wyniki prób prowadzonych na umownie przyjętych próbkach obciążanych uderowo – wyniki tzw. prób uderowych. Wynikiem próby jest zniszczenie próbki mające charakter złomu. Złomy klasyfikuje się na rozdzielcze, plastyczne i mieszane. Ze złomem rozdzielczym mamy do czynienia, gdy naprężenia rozciągające osiągną wartość odpowiadającą wytrzymałości granicznej na rozciąganie, zanim naprężenia styczne osiągną wartość graniczną wytrzymałości na odkształcenia postaciowe. Powierzchnia pęknięcia rozdzielczego przebiega najczęściej w płaszczyznach łupliwości wewnątrz kryształu, jest błyszcząca i ma charakter ziarnisty. Gdy naprężenie styczne wcześniej przekroczy opór poślizgu, następuje trwałe plastyczne odkształcenie próbki, któremu towarzyszy umocnienie, przy którym opory poślizgu rosną szybciej niż wytrzymałość rozdzielcza. Jeżeli dalszy wzrost naprężeń mimo to powoduje wcześniejsze przekroczenie granicznej wytrzymałości na odkształcenie postaciowe niż na rozciąganie, to następuje zniszczenie przez poślizg wynikiem, którego jest złom plastyczny – ciągły. Powierzchnia złomu ma strukturę włóknistą. Jednoczesne występowanie lokalnych złomów rozdzielczych i plastycznych stanowi złom mieszany. Na rodzaj występującego złomu istotny wpływ ma rodzaj obciążenia. Klasyfikacja złomu:

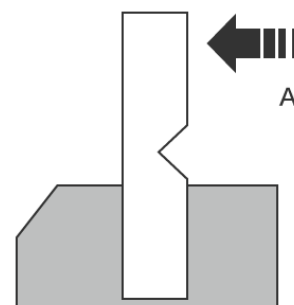
- przełom rozdzielczy (kruchy) – próbka pękła nie wykazując widocznego odkształcenia trwałego;
- przełom plastyczny (rozdzielczy) – próbka została zgięta, pęknięcie nastąpiło po przekroczeniu granicy plastyczności przy znacznym odkształceniu trwałym;
- przełom mieszany (z rozwarstwieniem) – wskazujący na duży stopień nierównomierności materiału spowodowany przeróbką plastyczną lub wskazujący na obecność jednego lub więcej pasm zanieczyszczeń.

Udarność jest jednym z kluczowych parametrów – to inaczej miara jej kruchości, która wynika bezpośrednio z pracy koniecznej do wykonania w celu uzyskania dynamicznego złamania próbki. Oprócz tego odnosi się także do jej przekroju poprzecznego. Udarność wg najprostszej definicji, to odporność materiału na złamanie przy obciążeniu dynamicznym. Parametr ten wyrażony jest w dżulach i określa pracę, jaka jest konieczna do złamania próbki w odniesieniu do jej pola powierzchni przekroju. Badanie udarności materiałów wykonujemy najczęściej:

- 1 **Metoda Charpy’ego:** Metoda ta polega na uderowym zginaniu prostopadłościenną próbkę z karbem lub bez karbu, podpartą na dwóch podporach i określeniu pracy potrzebnej do jej złamania. Karb ma na celu koncentrację naprężeń w określonym miejscu badanej próbki. Udarność określa się jako pracę potrzebną do dynamicznego złamania próbki, odniesioną do 1 m<sup>2</sup> przekroju próbki. (Przedmiotowa norma PN-EN ISO 179-1:2010 )
- 2 **Metoda Izoda:** Metoda Izoda różni się od metody Charpy’ego sposobem zamocowania próbki, wymiarami próbek oraz prędkością uderzenia wahadła młota. Metodą tą bada się wyłącznie próbki z karbem. Próbkę mocuje się pionowo, jednym końcem w uchwycie podstawy młota i łamie ostrzem walcowym wahadła młota w określonej odległości od krawędzi uchwytu. (Przedmiotowa norma PN-EN ISO 180:2004)



Rys.1 Metoda Charpy’ego

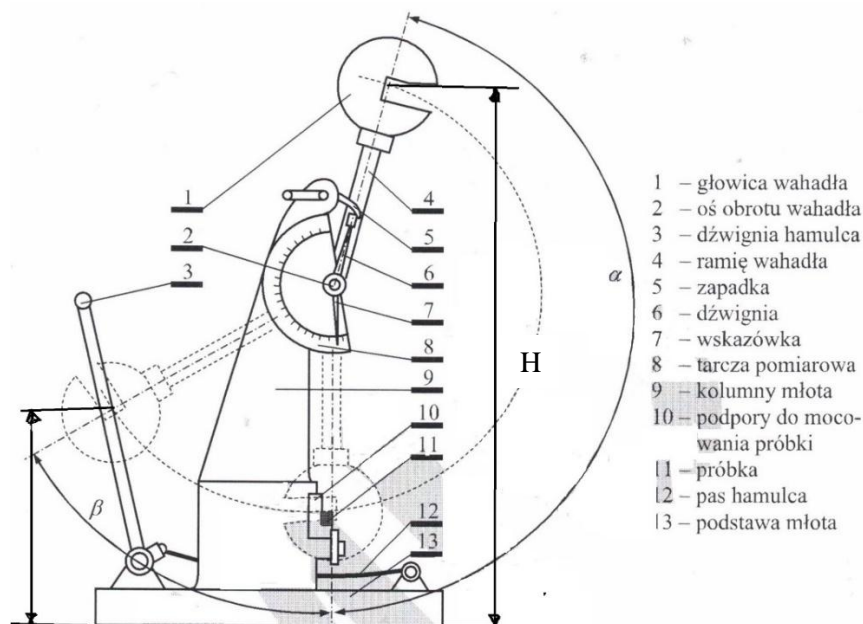


Rys. 2 Metoda Izoda

Udarnością nazywamy iloraz pracy łamania ( $KU / KV$ ) i powierzchni przekroju poprzecznego próbki pod karbem ( $S_0$ ).

$$KCU = \frac{KU}{S_0} \left[ \frac{J}{cm^2} \right]$$

$$KCV = \frac{KV}{S_0} \left[ \frac{J}{cm^2} \right]$$



Rys. 3 Schemat młota

### Wzorcowanie młota Charpy'ego

Wpływ na próbę udarności mają prędkość uderzenia wahadła w próbkę, długość zredukowana wahadła, straty energii spowodowane tarcie. Prędkość uderzenia wynika z wysokości  $H$  zawieszenia wahadła i określona jest wzorem:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gl_r(1 - \cos\alpha)}$$

gdzie:

$g$  – przyspieszenie ziemskie w miejscu ustawienia młota

$l_r$  – długość wahadła tzn. odległość od osi obrotu do punktu na nożu udarowym, który uderza w środek próbki

Długość zredukowaną będziemy mogli określić znając okres  $t$  wahań. Po wychyleniu wahadła z pozycji pionowej o kąt  $\alpha$  większy niż  $5^\circ$  dokonujemy pomiaru pięćdziesięciu wahań i obliczamy średni czas jednego wahań. Teraz możemy wyznaczyć długość zredukowaną stosując wzór:

$$l_r = \frac{gt^2}{4\pi^2}$$

Obliczenie długości zredukowanej jest istotne ze względu na to, że jest to jednocześnie odległość od osi obrotu do tzw. środka uderzenia. Jest to punkt na próbce, na który działa wypadkowa siły uderzenia. Powinien znajdować się blisko środka próbki. Kolejnym krokiem, który musimy wykonać przy wzorcowaniu młotów wahłowych jest oszacowanie strat energii. Podczas obrotu wahadła powstają pewne straty energii wywołane oporem powietrza, tarcie w łożyskach wahadła i obrotem wskazówki biernej zabieranej przez wahadło po przełamaniu próbki. Pomiarów tych dokonujemy pozwalając na swobodny obrót wahadła, bez udziału próbki. Na początku szacujemy straty spowodowane tarcie wskazówki biernej. Przy pierwszym obrocie wahadło zabiera wskazówkę bierną ustawiając ją w pobliżu maksymalnego kąta podniesienia, przy drugim, gdy nie ma już oporów tarcia wskazówki, podpycha ją nieco wyżej. Różnica energii wskazywanej przy pierwszym i drugim położeniu wskazówki określa jej opory tarcia:

$$p = K_1 - K_2$$

Pozostawiamy wskazówkę w jej ostatnim położeniu, po czym zwalniając wahadło, pozwalamy na wykonanie dziesięciu półwahnięć. Gdy rozpocznie się jedenaste półwahnięcie, przestawiamy wskazówkę o 5% maksymalnej wartości wskazania, pozwalając na ponowne podepchnięcie wskazówki. Różnica energii między obecnym, a poprzednim wskazaniem, podzielona przez 10 stanowi o stratach tarcia powietrza i łożysk wahadła:

$$p_1 = \frac{K_3 - K_2}{10}$$

Całkowite straty  $P = p + p_1$  nie powinny przekroczyć 0,5% energii nominalnej KN. Ponadto należy uwzględnić straty, wprowadzając korektę do wyliczonej uprzednio energii pochłoniętej. Przyjmując zasadę proporcjonalności tzn. że straty są proporcjonalne do kąta obrotu jakie wykonało wahadło, możemy dla danego kąta podniesienia  $\beta$  wyliczyć korektę strat wg równania:

$$p_\beta = p \frac{\beta}{\alpha} + p_1 \frac{\alpha + \beta}{2\alpha}$$

Zważyć masę głowicy wahadła – M

Wyznaczyć energię wahadła nominalną wahadła

$$KN = \frac{M\theta^2}{2} - p_1$$

### Próba udarności młotem Charpy'ego

Próbę udarności wykonujemy w temperaturze pokojowej, w temperaturach obniżonych od temperatury pokojowej do -60°C oraz w temperaturze ciekłego azotu (-196°C). Obniżenie temperatury badania, w większości przypadków, wpływa na zwiększenie kruchości materiału, spadek pracy łamania i zmniejszenie udarności. Energia uderzenia młota  $K_{max}$  powinna wynosić 750, 450, 300, 150, 100, 50, 10, lub 5 J, a straty energii na skutek tarcia nie powinny przekraczać 0,5% tej wartości. W teście udarności Charpy'ego obciążenie udarowe przykładą się do próbki testowej za pomocą młota wahadłowego w celu wytworzenia pęknięć. Wartość siły uderzenia uzyskiwana jest z energii w momencie pęknięcia badanej próbki i służy do oceny wytrzymałości i kruchości materiału badanej próbki. Jeśli po pęknięciu badanego elementu młot odchyli się pod dużym kątem, oznacza to, że badany element nie zdołał zaabsorbować uderzenia. Odchylenie młota o mały kąt oznacza natomiast, że badany element pochłonął większą siłę uderzenia. Materiał próbki testowej, który pochłonął większą energię uderzenia, można ocenić jako lepszy pod względem wytrzymałości na uderzenia. Gdy kąt odchylenia młota jest określony, to jeśli zmierzony kąt odchylenia będzie wyższy, materiał nie przejdzie testu.

W oparciu o normę (**PN-EN ISO 148-1:2010**), oceniając udarność normatywnej próbki podaje się tylko jej pracę łamania K, stąd pełny zapis należy uzupełnić dodatkowymi oznaczeniami, które uwzględniają: typ badanej próbki, początkową energię w [J], głębokość karbu w [mm] oraz szerokość próbki w [mm]. Zatem:

- $KU_2$  – praca łamania próbki Charpy'ego z karbem U bijakiem o promieniu noża 2 [mm] przy początkowej energii młota 300 [J],
- $KU_8$  – praca łamania próbki Charpy'ego z karbem U bijakiem o promieniu noża 8 [mm] przy początkowej energii młota 300 [J],
- $KV_2$  – praca łamania próbki Charpy'ego z karbem V bijakiem o promieniu noża 2 [mm] przy początkowej energii młota 300 [J],
- $KV_8$  – praca łamania próbki Charpy'ego z karbem V bijakiem o promieniu noża 8 [mm] przy początkowej energii młota 300 [J],
- $KU_2 / 100 / 7,5$  – praca łamania próbki Charpy'ego o szerokości 7,5 [mm] z karbem U bijakiem o promieniu noża 2 [mm] przy początkowej energii młota 100 [J].

Dodatkowego oznaczenia udarności KC nie stosuje się w przypadku:

- młota o początkowej energii 300 [J],
- próbek o szerokości  $b=10$  mm i głębokości karbu 5 [mm] w kształcie litery U,
- próbek o szerokości  $b=10$  mm i głębokości karbu 2 [mm] z karbem w kształcie litery V.

*Zasada pomiaru.*

**Uwaga!!!**

***Od chwili zaczepienia wahadła (młota) w górnym położeniu, aż do chwili zatrzymania młota przy pomocy hamulca nie wolno nachylać się nad próbką i należy zachować jak najdalej idące środki ostrożności, gdyż uderzenie młotem grozi śmiercią lub kalectwem.***

Przy przeprowadzaniu próby udarności próbek z karbem należy przestrzegać aby:

1. Uderzenie młota było środkowe.
2. Oś karbu leżała w płaszczyźnie ruchu młota.
3. Karb był skierowany do podpór.
4. Półka przylegała do podpór.

Próba polega na złamaniu jednym uderzeniem młota wahadłowego, próbki z karbem w środku, podpartej obydwoma końcami jak pokazano to na rys.3. Energia zużyta za złamanie próbki wyrażona w dżulach, jest miarą udarności badanego materiału.

*Oceny testów udarności Charpy'ego*

Test udarności Charpy'ego mierzy kąt początkowego podniesienia młota oraz bezwładnościowy kąt odchylenia młota po pęknięciu badanego elementu. Oceniana jest również powierzchnia pęknięcia próbki, ponieważ zawiera ona informacje wskazujące sposób pęknięcia. Test udarności Charpy'ego służy do określenia ilości pochłoniętej energii, co oznacza ilość energii, która została zużyta do osiągnięcia pęknięcia badanego elementu. Energię tę można obliczyć na podstawie kąta początkowego podniesienia młota oraz kąta wychylenia młota po przeciwnej stronie po pęknięciu badanego elementu. wzory używane do obliczania pochłoniętej energii, z jaką uderzany jest obiekt w tym badaniu.

$$K = M \cdot g \cdot l_r((\cos\beta - \cos\alpha) - P \text{ [J]}$$

Jeżeli próbka nie została złamana i po wygięciu „przeszła” przez podpory, należy zanotować w protokole „nie złamana” a otrzymaną wartość udarności należy ująć w nawias np. (147J).

Odchylenie standardowe

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|^2}{n}}$$

gdzie:  $\bar{x}$  – wartość średnia,  $x_i$  – pojedynczy pomiar,  $n$  – ilość pomiarów