

Próba udarności



Opracował : dr inż. Konrad Konowski *)

Szczecin 2013 r.

*) opracowano na podstawie skryptu [1]

1. Cel ćwiczenia

Próby udarowe są próbami dynamicznymi, określającymi zdolność materiału do przenoszenia gwałtownych obciążeń typu uderzeniowego. Charakteryzują one te własności mechaniczne materiału, których nie można wykryć przy pomocy prób statycznych.

Najczęściej stosowanymi próbami udarowymi są:

- udarowa próba zginania
- udarowa próba rozciągania

Próby udarowego ściskania lub skręcania wykonuje się rzadko.

Próbę udarności wykonuje się w celu dokonania oceny zachowania się materiału w warunkach sprzyjających kruchemu pękaniu, stworzonych w próbce obecnością karbu i dużą szybkością odkształcenia wywołaną dynamicznym działaniem siły oraz działaniem temperatury.

Badania udarności mają szczególne znaczenie dla stali ulepszanych cieplnie, gdy wraz z korzystnym wzrostem wytrzymałości i twardości zachodzi szkodliwy wzrost kruchości materiału. Pozwalają one w tym przypadku ustalić optymalne warunki obróbki cieplnej. Powszechnie stosowana próba udarności polega na złamaniu jednym uderzeniem wahadłowego młota próbki z karbem, podpartej swobodnie na obu końcach.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z praktycznym sposobem wykonania próby udarności metali zgodnie z obowiązującą normą (**PN-EN ISO 148-1:2010**), używanymi do tego celu próbkami i urządzeniami oraz interpretacją wyników próby.

Wykonanie ćwiczenia polega na udarowym złamaniu kilku próbek stalowych i zbadaniu wpływu na udarność stali:

- obróbki cieplnej,
- rodzaju karbu,
- kierunku walcowania,

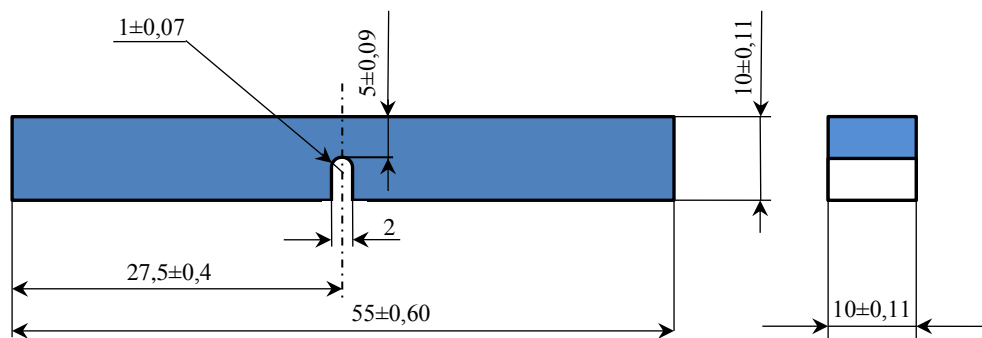
2. Opis próby

2.1. Próbki do badań

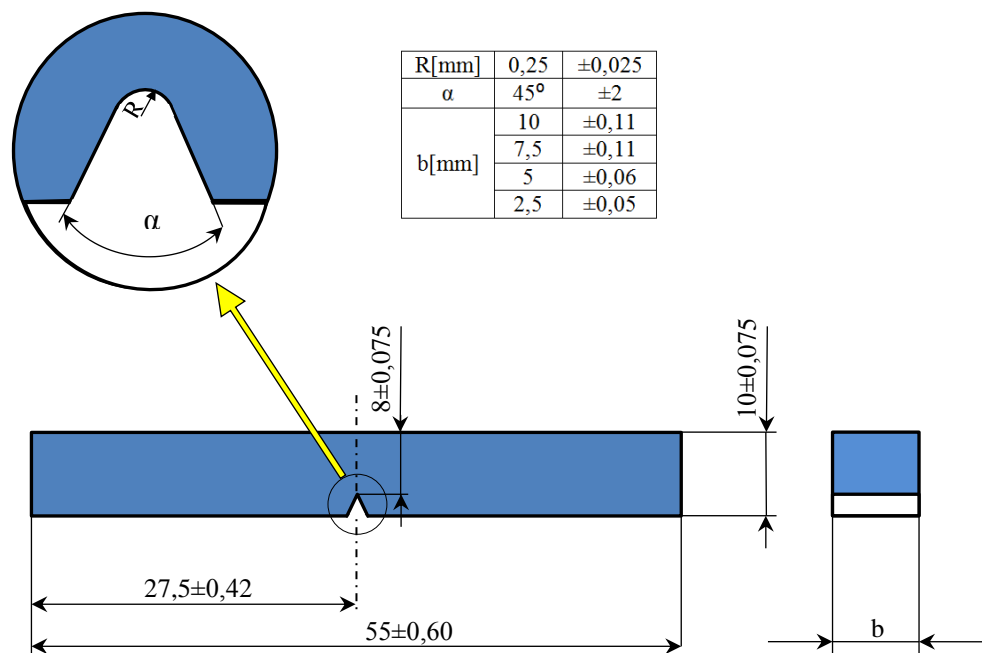
Próbka standardowa powinna mieć długość 55 mm i przekrój poprzeczny kwadratowy o boku 10 mm. W połowie długości powinien znajdować się karb. Rozróżnia się dwa rodzaje karbów.

a) karb w kształcie litery V; o kącie 45, głębokości 2 mm i promieniu zaokrąglenia jego dna 0,25 mm. W przypadku wyrobu nie pozwalającego na pobranie próbki standardowej, należy stosować próbkę o pomniejszonym przekroju o szerokości 7,5 mm lub 5 mm z karbem wyciętym na dowolnej węższej powierzchni.

b) karb w kształcie litery U o głębokości 5 mm i promieniu zaokrąglenia dna 1mm.



Rys.2 Standardowa próbka z karbem w kształcie litery U



Rys.3 Standardowa próbka z karbem w kształcie litery V

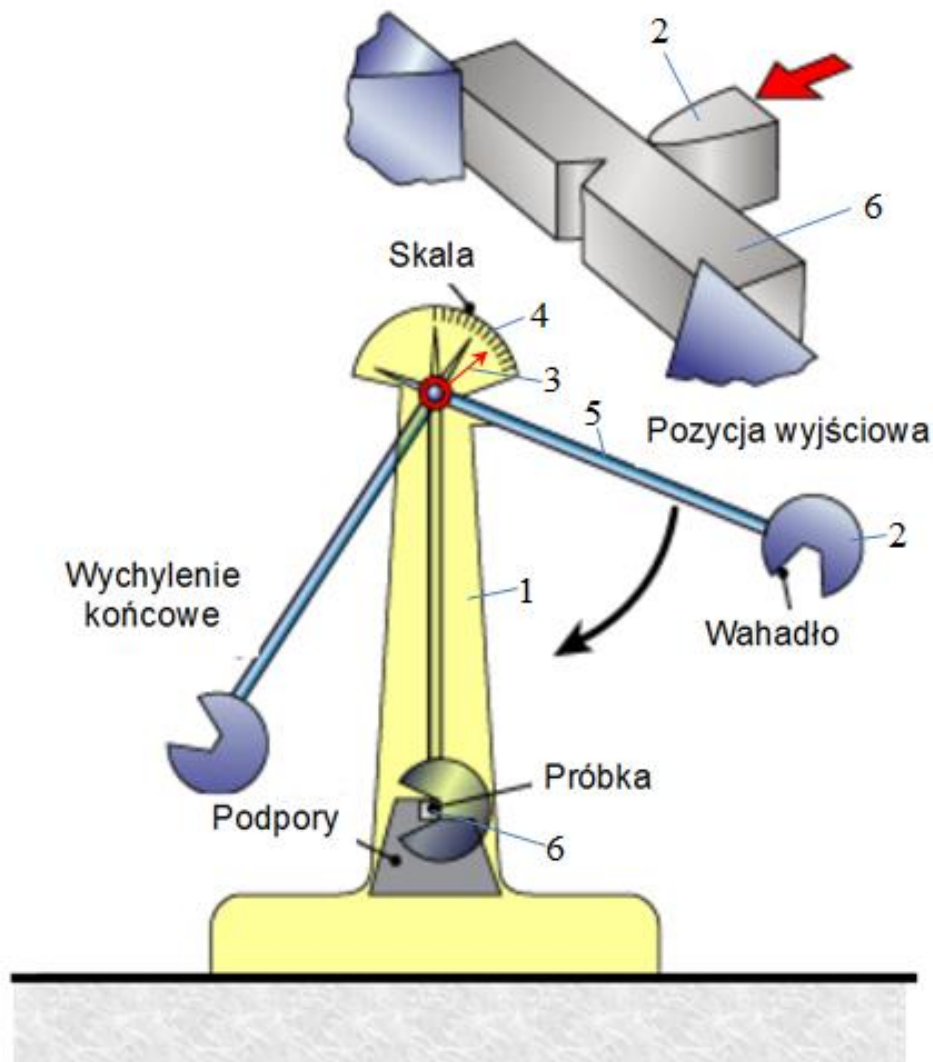
W przypadkach przewidzianych normami przedmiotowymi lub warunkami technicznymi zamówienia dopuszcza się stosowanie próbek również o innych kształtach i wymiarach. Próbkę powinny być całkowicie obrobione skrawaniem. Karb wykonuje się za pomocą frezowania frezem zataczającym. Sposób pobierania odcinków próbnych i wykonania próbek nie powinien zmieniać własności materiału. Chropowatość powierzchni nie powinna przekraczać $R_a=5 \mu\text{m}$ za wyjątkiem powierzchni na obydwóch końcach próbki.

2.2. Zasada pomiaru

Próba polega na złamaniu jednym uderzeniem młota wahadłowego, próbki z karbem w środku, podpartej obydwoma końcami jak pokazano to na rys.4. Energia zużyta za złamanie próbki wyrażona w dżulach, jest miarą uderności badanego materiału.

2.3 Młot wahadłowy typu Charpy

Do badania uderności materiału, prof. Charpy skonstruował młot wahadłowy przedstawiony schematycznie na rys.4. Do prób uderności używa się młotów wahadłowych o stałym zasobie energii lub takich, których konstrukcja pozwala na zmianę zasobu energii potencjalnej. Najczęściej w laboratoriach stosowany jest młot wahadłowy typu Charpy.



Rys.4. Schemat młota wahadłowego typu Charpy

Wahadło 5 młota zamocowane jest obrotowo w sztywnym korpusie 1. Na osi obrotowej połączonej sztywno z wahadłem znajduje się zabierak wskazówki biernej 3, która z pewnym (małym) oporem może się obracać dookoła osi. Po zamocowaniu wahadła w górnym początkowym położeniu wskazówkę 3 należy ustawić w położeniu dolnym. Po zwolnieniu zaczepu wahadło opada po łuku na próbkę 6, po jej złamaniu wychyla się o kąt β (rys.7). O wartość kąta β wychyla się również wskazówka 3 (rys.4) i wskazuje na odpowiedniej skali wartość pracy zużytej na złamanie próbki. Po złamaniu próbki wahadło zatrzymuje się ręcznie przy pomocy hamulca.

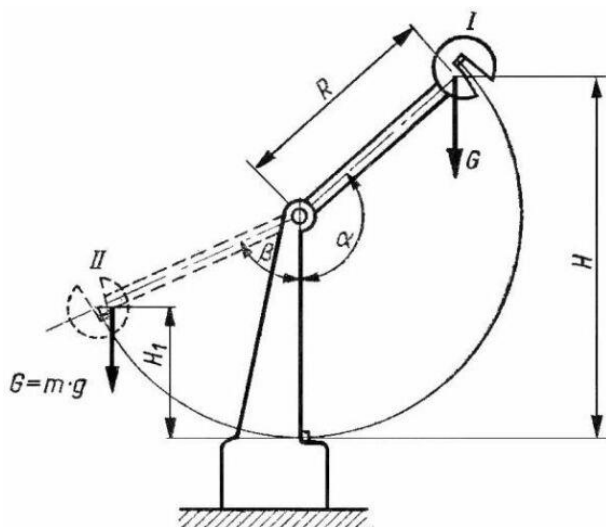


Rys.5. Georges Augustin Albert Charpy (1865 – 1945)



Rys.6. Widok młota wahadłowego typu Charpy

Schemat działania młota i podstawowe wielkości przedstawiono na rys.7. Młot spadając z wysokości H (położenie I) do najniższego położenia osiąga w nim maksymalną prędkość. W tym położeniu młot ma największą energię kinetyczną. Po zniszczeniu próbki reszta energii kinetycznej wychyla młot do położenia II i przechodzi w energię potencjalną.



Rys.7. Schemat działania młota



Rys.8. Widok ułożenia próbki do badań

Energia potencjalna młota w położeniu I wynosi:

$$K_1 = GH \quad (1)$$

zaś po złamaniu próbki w położeniu II

$$K_2 = GH_1 \quad (2)$$

gdzie: G jest ciężarem wahadła młota sprowadzonym do środka zetknięcia młota z próbką.

Praca wykonana przez młot na zniszczenie próbki wynosi:

$$K_u = K_1 - K_2 = G(H - H_1) \quad (3)$$

Z rys.7. wynika że,

$$H = R + R \sin(180 - \alpha) = R(1 - \cos \alpha) \quad (4)$$

$$H_1 = R(1 - \cos \beta) \quad (5)$$

Ostatecznie wartość wykonanej pracy wynosi:

$$K_u = G(H - H_1) = GR(\cos \beta - \cos \alpha) \quad [J] \quad (6)$$

Największa prędkość v młota wynosi:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gR(1 - \cos \alpha)} \quad [m/s] \quad (7)$$

gdzie: g – przyspieszenie ziemskie [m/s^2],

R – odległość od osi wahadła młota do środka powierzchni zetknięcia noża wahadła z próbką [m].

Najczęściej do prób stosowane są młoty o zasobie energii od 150 J do 300 J. Prędkość młota w chwili uderzenia powinna zawierać się w granicach od 4,5 do 7 m/s.

Przy przeprowadzaniu próby udarności próbek z karbem należy przestrzegać aby:

- Uderzenie młota było środkowe
- Oś karbu leżała w płaszczyźnie ruchu młota
- Karb był skierowany do podpór
- Próbka przylegała do podpór

Uwaga

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

2.4. Wykonanie próby i wyznaczenie udarności.

Wykonanie próby udarności polega na złamaniu jednym uderzeniem młota wahadłowego próbki z karbem podpartej swobodnie na obu końcach i pomiarze pracy odpowiadającej energii zużytej na jej złamanie.

Próbka powinna leżeć prostopadłe na podporach w taki sposób aby odległość płaszczyzny symetrii karbu od płaszczyzny symetrii podpór nie była większą niż 0,5 mm. Próbka powinna leżeć na podporach w taki sposób, by ostrze noża wahadła uderzało próbkę po przeciwnej stronie karbu. Jeżeli temperatura badania nie jest określona w odpowiedniej normie na wyrób, badanie przeprowadza się w temperaturze 23°C +/- 5°C. Powinna być ona utrzymana w zakresie (2°C.).

Oznaczenie udarności **K** według normy (**PN-EN ISO 148-1:2010**), należy uzupełnić dodatkowym symbolem wskazującym typ próbki (*KV* lub *KU*), na której zostało przeprowadzone badanie. Zalecane jest również podanie promienia zaokrąglenia młota w miejscu uderzenia:

- *KU₂* – jest to energia zaabsorbowana przez próbkę z karbem w kształcie litery U przy promieniu zaokrąglenia młota w miejscu uderzenia (rys.2), 2mm.
- *KU₈* – jest to energia zaabsorbowana przez próbkę z karbem w kształcie litery U przy promieniu zaokrąglenia młota w miejscu uderzenia (rys.2), 8mm.
- *KV₂* – jest to energia zaabsorbowana przez próbkę z karbem w kształcie litery V przy promieniu zaokrąglenia młota w miejscu uderzenia (rys.2), 2mm.
- *KV₈* – jest to energia zaabsorbowana przez próbkę z karbem w kształcie litery V przy promieniu zaokrąglenia młota w miejscu uderzenia (rys.2), 8mm

Jeżeli podczas próby próbka nie została złamana, lecz tylko zgięła się i przeszła przez podpory, zużyta energia nie może być traktowana jak wynik udarności, w takim wypadku w protokole badania należy podać, że próbka nie została złamana przy energii x **J**.

W próbach udarności w ogólnym przypadku brak jest zachowania prawa podobieństwa. Z tego względu wyniki próby mogą być bezpośrednio porównywane ze sobą tylko wtedy, gdy próbki i warunki wykonania są takie same.

W próbach udarności rezygnuje się z wyznaczania naprężeń, określa się natomiast pracę zniszczenia próbki. Takie podejście podyktowane jest po pierwsze trudnością i małą dokładnością ewentualnego pomiaru siły, a po drugie tym, że stan naprężenia w próbce obciążanej statycznie jest zupełnie inny niż przy obciążeniu udarowym. W tym ostatnim przypadku naprężenia i odkształcenia rozchodzą się z miejsca przyłożenia siły z określoną prędkością tworząc fale naprężeń i odkształceń. Udarność nie jest więc wskaźnikiem charakteryzującym własności wytrzymałościowe materiału. Rolę taką może spełniać co najwyżej w znaczeniu umownym. Do najważniejszych czynników wpływających na udarność materiału należą:

- rodzaj materiału
- rodzaj obróbki cieplnej (np. hartowanie)
- temperatura w której przeprowadzana jest próba udarności
- rodzaj karbu

Protokół badania powinien zawierać następujące informacje:

- a) powołanie niniejszej normy tj. **PN-EN ISO 148-1:2010**
- b) rodzaj i wymiary próbki;
- c) oznaczenie identyfikujące materiał próbki (gatunek, nr wytopu..);

- d) kierunek i miejsce pobrania próbki, jeżeli są znane;
- e) początkową energię młota;
- f) temperaturę badania, w stopniach Celsjusza;
- g) zużytą energię na złamanie próbki, KU lub KV w dżulach

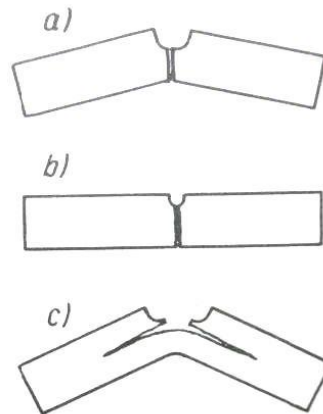
2.5. Przełomy próbek

Po złamaniu próbki analizie poddaje się również jego przełom. Między wartością pracy złamania a rodzajem przełomu istnieje pewna zależność, dlatego też obserwacje przełomów uzupełniają wyniki próby, a ponadto dostarczają szereg dodatkowych informacji.

Rozróżnia się trzy charakterystyczne rodzaje przełomów:

- przełom rozdzielczy, próbka została zgięta, pęknięcie nastąpiło po przekroczeniu granicy plastyczności, tj. przy znacznych odkształceniach trwałych,
- przełom kruchy, próbka pękła bez widocznego odkształcenia plastycznego,
- przełom z rozwarstwieniem, wskazujący na duży stopień anizotropowości materiału spowodowany przeróbką plastyczną, lub wskazujący na obecność jednego lub więcej pasm zanieczyszczeń.

Na rodzaj przełomu wpływają oprócz własności materiału także kształt i wymiary karbu.



Rys.9. Przełomy próbek: a) poślizgowy, b) kruchy, c) z rozwarstwieniem

2.6. Ocena wyników próby

Jeżeli przełom na bocznej powierzchni próbki przebiega linią łamaną lub wykazuje pęknięcia hartownicze, próbę należy uznać za nieważną i powtórzyć ją na próbce zastępczej.

Jeżeli próbka nie została przełamana, lecz przeszła przez podpory, należy zanotować w protokole "nie złamana", a otrzymaną wartość udarności należy ująć w nawiasy.

Jeżeli próbka nie została przełamana z powodu dużej udarności materiału i niewystarczającej energii uderzenia młota, należy w protokole umieścić uwagę 'nie złamała się' i podać wartość energii młota w dżulach.

3. Przebieg ćwiczenia

1. Przygotować arkusz protokołu pomiarów wg podanego wzoru (przed przystąpieniem do wykonania ćwiczenia).
2. Zapisać w protokóle dane dotyczące próbki (typ próbki, gatunek stali, obróbkę cieplną, wymiary) i narysować sposób podparcia próbki.
3. Ułożyć próbkę na podporach, wychylić wahadło (młot) w górne położenie i złamać próbkę. Czynność ta musi być wykonana przez prowadzącego ćwiczenie lub pod ścisłym jego nadzorem.
4. Odczytać na skali młota i zapisać w protokóle wartość pracy K_u .
5. Wykonać szkic próbki po próbie i zanotować uwagi dotyczące przełomu oraz warunków wykonania próby (zasób energii młota, temperaturę otoczenia).

4. Sprawozdanie

Sprawozdanie powinno zawierać:

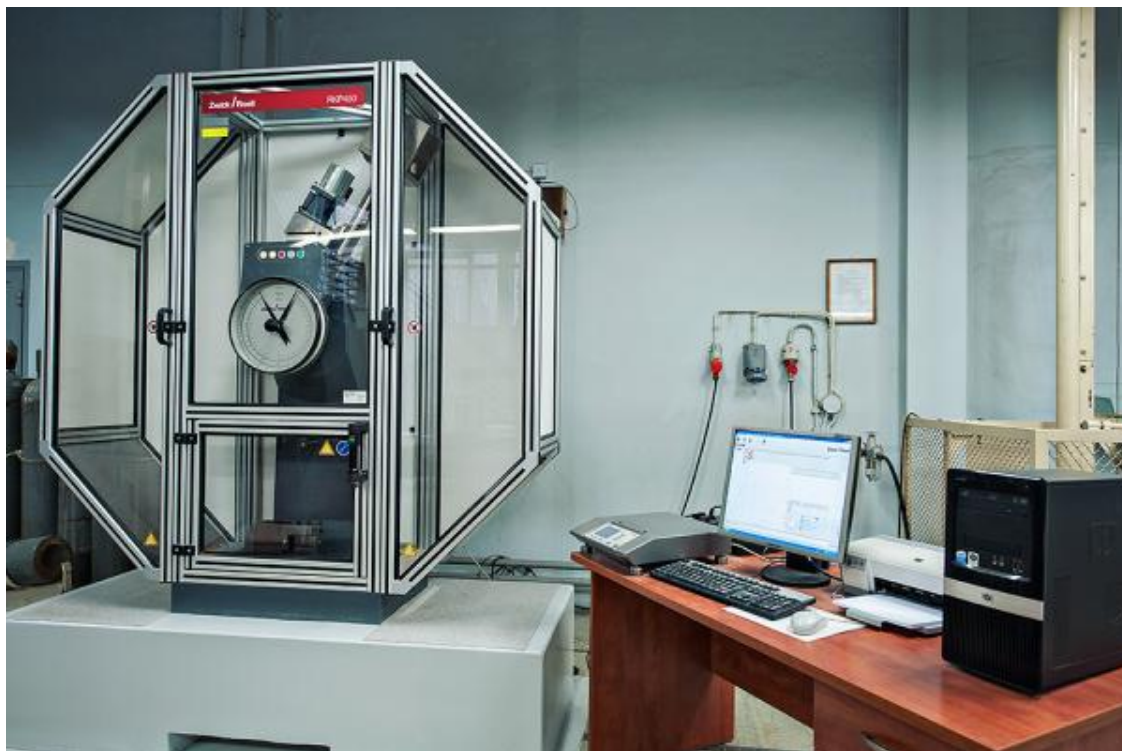
1. Określenie celu próby
2. Uproszczony schemat młota
3. Protokół z próby
4. Opisanie otrzymanych wyników (zależności udarności od gatunku stali i obróbki cieplnej).
5. Uwagi i wnioski

Literatura:

1. Grudziński Karol: **Ćwiczenia laboratoryjne z Wytrzymałości Materiałów**. Politechnika Szczecińska. Szczecin 1972 r.
2. Kowalewski Zbigniew: **Ćwiczenia laboratoryjne z Wytrzymałości Materiałów**. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2000 r.
3. Katarzyński Stefan, Kocańda Stanisław, Zakrzewski Marek: **Badanie własności mechanicznych metali**. WNT Warszawa 1969
4. PN-EN ISO 148-1: 2010, **Metale, próba udarności sposobem Charpy'ego- Część 1: Metoda badania**

Dodatek:

Młot do badania udarności Zwick/Roell RKP 450



Parametry techniczne Młota do badania udarności Zwick/Roell RKP 450:

Maksymalna energia uderzenia	450 J
Prędkość uderzenia	5,23 m/s
Zakres temperatury badań	-196°C do +800°C
Głowice wahadła	Dla energii 300J oraz 450J
Noże udarowe dla próby Charpygo	wg ISO 148-1 oraz ASTM E23
Wymiary standardowej próbki	55 x 10 x 10 mm
Rozdzielczość układu pomiarowego	0,1 J