

INSTRUKCJA DO CWICZENIA NR 6

Temat ćwiczenia: Pomiar twardości metodą Rockwella

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest oznaczenie twardości metali metodą Rockwella i poznanie związków pomiędzy twardością a budową tych materiałów i innymi właściwościami mechanicznymi.

Metoda Rockwella

Badanie twardości polega na wciskaniu węgelnika w badany materiał poza granicę sprężystości, do spowodowania odkształceń trwałych. Wobec czego **twardość** można określić jako miarę odporności materiału na odkształcenia trwałe powstające w wyniku wciskania węgelnika.

Próba twardości według metody Rockwella objęta jest normą PN-EN ISO 6508-1:2002. Metoda ta opiera się na pomiarze głębokości odcisku wykonanego przez wciśnięcie kulki stalowej o średnicach od 1/2 do 1/16 cala lub stożka diamentowego (dla materiałów twardszych) o kącie wierzchołkowym 120° w powierzchnię badanego materiału.

Pomiaru twardości dokonuje się mierząc głębokość odcisków, stosując umowne skale twardości (15 skal oznaczonych literami od A do V). Zgodnie z normą podstawowymi skalami są C i B, dodatkowymi zaś A i F. Szczegółowe informacje o tych skalach znajdują się w tabeli 1.

Tabela 1.

Podstawowe skale stosowane w badaniu twardościomierzem Rockwella

Symbol skali	Zastosowanie	Węgelnik	Obciążenie, N			Oznaczenie
			Wstępne	Główne	Całkowite	
A	Węglik spiekane, stal głęboko utwardzana, stal (twardość > 67 HRC)	Stożek diamentowy	98	490	588	HRA
B	Stopy miedzi, miękkie stale, stopy aluminium, żeliwo (twardość 35÷100 HRB)	Kulka stalowa 1/16 cala	98	883	981	HRB
C	Stal, twarde żeliwo, tytan, głęboko utwardzana stal (twardość 20÷67 HRC)	Stożek diamentowy	98	1373	1471	HRC
F	Wyżarzane stopy miedzi, cienkie blachy metalowe (twardość < 35 HRB)	Kulka stalowa 1/16 cala	98	490	588	HRF

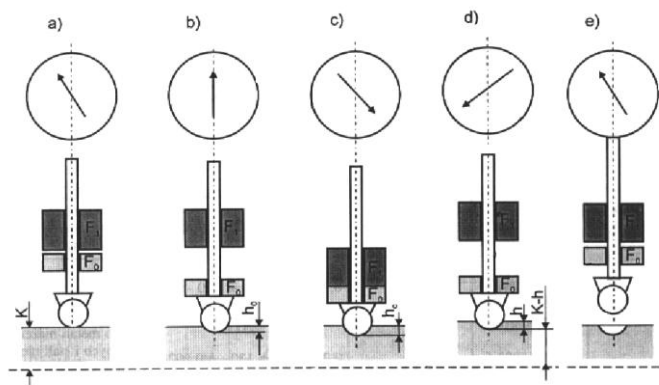
Miarą twardości Rockwella jest głębokość, na jaką zagłębi się węgelnik. Wartość twardości odczytywana jest z zegara pomiarowego (rys. 1.)

Grubość przedmiotu w badanym miejscu nie powinna być mniejsza niż 8 h. Odległość środków odcisków sąsiednich i odległości ich od brzegów przedmiotu powinny być nie mniejsze niż 3 mm.

Tok przeprowadzenia ćwiczenia

1. Wybieramy metodę badania (określamy rodzaj węgelnika i skalę, wg której będziemy dobierać wartość obciążenia całkowitego) – tabela 1.
2. Na stoliku kładzie się próbkę i pokręcając pokrętłem podnosi się próbkę aż do zetknięcia się z węgelnikiem, co poznaje się po drgnięciu wskazówki czujnika (rys. 1a).
3. Od tego położenia podnosi się stolik jeszcze o wysokość odpowiadającą trzem obrotom wskazówki czujnika tak, aby wskazówka stanęła w pozycji pionowej w górę z dokładnością ± 5 działek (nacisk wstępny $F_0 = 98 \text{ N}$) – rys. 1b.

4. Następnie zwalnia się dźwignię, co powoduje przyłożenie obciążenia głównego F_1 , którego wartość została ustalona według obranej skali pomiarowej. W tym czasie wskazówka czujnika cofa się, a gdy siła osiągnie pełną wartość zaczyna się mierzyć czas i po $10 \div 15$ sekundach podnosi się tę dźwignię (rys. 1 c i 1 d).
5. Wskazówka czujnika wskazuje badaną twardość (przy pomiarach za pomocą **wgłębnika diamentowego** wskazania odczytujemy ze **skali białej**, natomiast przy **wgłębniku kulkowym z czerwonej**), którą należy zanotować w tabeli pomiarowej. **Pomiar należy powtórzyć co najmniej pięciokrotnie.**



Rys. 1. Schemat obciążania w metodzie Rockwella

- a) I faza pomiaru - zbliżenie próbki do wgłębnika,
- b) II faza pomiaru - ustawienie obciążenia wstępnego F_0 ,
- c) III faza pomiaru - obciążenie całkowite $F_1 + F_0$,
- d) VI faza pomiaru - usunięcie obciążenia pomiarowego (nadal pozostaje obciążenie wstępne F_0) i odczyt wyniku ze skali,
- e) usunięcie obciążenia wstępnego i odsunięcie próbki od wgłębnika

Opracowanie wyników

1. Otrzymane wyniki twardości należy zanotować w tabeli,
2. Wyliczyć średnią wartość dla danego materiału.
3. Podać niepewność pomiaru

Uwaga:

Wszystkie obliczenia proszę wykonać na odwrocie formularza.

Literatura

1. **Ashby M. F., Jones D. R. H.** – *Materiały inżynierskie*. WNT Warszawa 1996
2. **Blicharski M.** – *Wstęp do inżynierii materiałowej*. WNT Warszawa 2001
3. **Dobrzański L.** – *Metaloznawstwo z podstawami nauki o materiałach*. WNT Warszawa 1998
4. **Dobrzański L.** – *Metaloznawstwo i obróbka cieplna stopów metali*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1993

Obliczanie niepewności pomiaru wartości twardości

Podjęcie do określenia niepewności zawiera tylko te niepewności, które związane są z ogólnym wykonaniem pomiaru twardości na urządzeniu, z uwzględnieniem wzorców twardości (certyfikowane materiały odniesienia – CRM). To wyznaczenie niepewności odzwierciedla łączny efekt poszczególnych niepewności.

Procedura obliczania niepewności zawarta jest w normie PN-EN ISO 6508-1:2007. Niepewność rozszerzona U pomiaru jest obliczana z iloczynu niepewności u_i i współczynnika rozszerzenia $k = 2$.

$$U = k \cdot \sqrt{u_E^2 + u_{CRM}^2 + u_H^2 + u_x^2 + u_{ms}^2}$$

Gdzie wynik pomiaru jest dany przez:

$$\bar{X} = \bar{x} \pm U$$

Gdzie:

u_E	Standardowa niepewność obliczana wg błędu dopuszczalnego	$u_E = \frac{u_{E,2r}}{2,8}$	$u_{E,2r}$ - wg normy ISO 6508-2
u_{CRM}	Standardowa niepewność twardości CRM	$u_{CRM} = \frac{U_{CRM}}{2}$	U_{CRM} - zgodnie ze świadectwem wzorcowania
\bar{H} s_H	Średnia wartość i odchylenie standardowe pomiarów CRM	$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}$ $s_H = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}$	H_i - wg normy ISO 6508-2
$u_{\bar{H}}$	Standardowa niepewność twardościomierza przy pomiarze CRM	$u_{\bar{H}} = \frac{t \cdot s_H}{\sqrt{n}}$	t=1,14 dla n=5 (patrz tabela poniżej)
\bar{x} s_x	Średnia wartość i odchylenie standardowe wyników pomiarów z próbki do badań	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ $s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$	dla n= 5
u_x	Standardowa niepewność przy pomiarze próbki	$u_x = \frac{t \cdot s_x}{\sqrt{n}}$	t=1,14 dla n=5
u_{ms}	Standardowa niepewność wynikająca z rozdzielczości układu pomiarowego długości	$u_{ms} = \frac{\delta_{ms}}{2\sqrt{3}}$	$\delta_{ms} = 0,5 HR..$

Pomiar twardości CRM – standardowa niepewność twardościomierza przy pomiarze CRM

Twardość próbki wzorcowej	61,4 HRC	88,7 HRB
	61,5	87,0
	62,0	90,0
	62,5	90,0
	61,5	87,5
	60,5	89,5
średnia H	61,6	88,8
odchylenie s_H	0,742	1,440
niepewność u_H	0,378	0,734

