

# Katedra Budownictwa Ogólnego



## **ĆWICZENIE NR 9**

Metale - pomiar twardości metali metodą Brinella

**Instrukcja z laboratorium:**

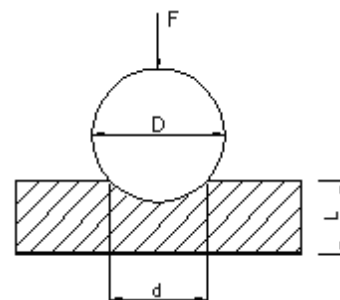
*„Budownictwo ogólne i materiałoznawstwo”*

### 9.1. Pomiar twardości metali metodą Brinella

Pomiar twardości metodą Brinella polega na wciskaniu przez określony czas twardej kulki w powierzchnię badanej próbki. Średnica odcisku  $d$  kulki zmierzona po usunięciu siły obciążającej  $F$  służy do obliczenia twardości.

Twardość Brinella jest proporcjonalna do ilorazu siły obciążającej i pola powierzchni odcisku.

Schemat pomiaru z podaniem podstawowych oznaczeń zamieszczono na rys. 9.1, natomiast rys. 9.2 przedstawia ogólny widok twardościomierza Brinella.



Rys. 9.1. Schemat oznaczania twardości stali metodą Brinella.

**Kulki pomiarowe.** Używa się kulki wykonane z węglików spiekanych - materiału o znacznej twardości, o średnicach 10; 5; 2,5 i 1 mm, zgodnie z ISO 6506-2.

**Przygotowanie próbki.** Powierzchnia badanego przedmiotu w miejscu pomiaru twardości powinna być płaska i równa oraz oczyszczona ze zgorzeliny, smaru itp. Podczas wygładzania należy wystrzegać się zmiany twardości przez nagrzanie lub zgniot. Dopuszcza się ślady obróbki mechanicznej. Obróbkę powierzchni badanej próbki można wykonać szlifowaniem. Do badania twardości za pomocą kulki o średnicy  $D = 1$  mm powierzchnię próbki należy wypolerować.

Kształt próbki może być dowolny, pod warunkiem zastosowania do pomiarów odpowiedniego stolika przedmiotowego twardościomierza, zapewniającego:

- prostopadłość powierzchni pomiarowej do kierunku działania obciążenia;
- położenie próbki bez odkształceń sprężystych i przesunięć pod wpływem działania obciążenia.

Grubość próbki powinna być co najmniej 8 razy większa niż głębokość odcisku  $h$  obliczonego według zależności (9.1):

$$h = \frac{D}{2} (1 - \sqrt{1 - d^2 / D^2}) \quad (9.1)$$

gdzie:  $h$  – głębokość odcisku, mm;  
 $D$  – średnica kulki, mm;  
 $d$  – średnia średnica odcisku.

Minimalne grubości próbek do badań w zależności od średniej średnicy odcisku podaje tabela 9.3 (na końcu instrukcji).

**Wykonanie pomiaru.** Badanie przeprowadza się w temperaturze otoczenia w zakresie od 10 °C do 35 °C. W warunkach kontrolowanych należy zapewnić temperaturę  $(23 \pm 5)$  °C.

Zaleca się stosowanie kulki o średnicy 10 mm; jeżeli grubość badanej próbki na to nie pozwala, należy stosować kulkę o mniejszej średnicy, lecz możliwie największą dopuszczalną.



Rys. 9.2. Twardościomierz Brinella

Próbkę do badań umieścić na sztywnej podstawie, która powinna być wolna od zanieczyszczeń.

Obciążanie kulki powinno się odbywać równomiernie, bez wstrząsów, do uzyskania żądanej siły. Czas od początku przyłożenia siły obciążającej, aż do osiągnięcia przez nią pełnej wartości nominalnej powinien mieścić się w zakresie od 2 s do 8 s. Siłą obciążającą należy działać na próbkę od 10 s do 15 s.

Odległość od brzegu próbki do środka każdego odcisku powinna być co najmniej dwa i pół razy większa od średniej średnicy odcisku, natomiast odległość między środkami dwóch sąsiednich odcisków powinna być co najmniej trzy razy większa od średniej średnicy odcisku.

**Wielkość siły obciążającej wg EN ISO 6506-1: 2005** podano w tablicy 9.1.

Tab.9.1. Siły obciążające dla różnych warunków badania wg EN ISO 6506-1:2000

Symbol twardości	Średnica kulki D mm	Stosunek siła-średnica $0,102 \times F/D^2$ N/mm <sup>2</sup>	Nominalna wartość siły obciążającej F
HBW 10/3000	10	30	29,42 kN
HBW 10/1500	10	15	14,71 kN
HBW 10/1000	10	10	9,807 kN
HBW 10/500	10	5	4,903 kN
HBW 10/250	10	2,5	2,452 kN
HBW 10/100	10	1	980,7 N
HBW 5/750	5	30	7,355 kN
HBW 5/250	5	10	2,452 kN
HBW 5/125	5	5	1,226 kN
HBW 5/62,5	5	2,5	612,9 N
HBW 5/25	5	1	245,2 N
HBW 2,5/187,5	2,5	30	1,839 kN
HBW 2,5/62,5	2,5	10	612,9 N
HBW 2,5/31,25	2,5	5	306,5 N
HBW 2,5/15,625	2,5	2,5	153,2 N
HBW 2,5/6,25	2,5	1	61,29 N
HBW 1/30	1	30	294,2 N
HBW 1/10	1	10	98,07 N
HBW 1/5	1	5	49,03 N
HBW 1/2,5	1	2,5	24,52 N
HBW 1/1	1	1	9,807 N

Tab. 9.2. Stosunek  $0,102 \times F/D^2$  dla różnych metali wg EN ISO 6506-1:2005

Materiał	Twardość Brinella HBW	Stosunek siła-średnica 0,102 x F/D <sup>2</sup> N/mm <sup>2</sup>
Stal, stopy niklu, stopy tytanu		30
Żeliwo <sup>a</sup>	< 140	10
	≥ 140	30
Miedź i stopy miedzi	< 35	5
	35 do 200	10
	> 200	30
Metale lekkie i ich stopy	< 35	2,5
	35 do 80	5
		10
		15
	> 80	10
	15	
Ołów, cyna		1
Metale spiekane	zgodnie z normą ISO 4498-1	

<sup>a</sup> Do pomiaru twardości żeliwa należy stosować kulki o nominalnej średnicy 2,5 mm, 5 mm, lub 10 mm.

**Pomiar średnicy odcisku** jest przeprowadzany mikroskopem pomiarowym lub innym przyrządem pomiarowym (np. lupki). Średnicę odcisku należy mierzyć w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach. Średnia arytmetyczna obu pomiarów służy do obliczania twardości Brinella.

**Obliczanie i oznaczanie wyników.** Twardość oblicza się, korzystając z następującej zależności:

$$HBW = 0,102 \frac{F}{S} = 0,102 \frac{2F}{\pi D^2 \left(1 - \sqrt{1 - d^2 / D^2}\right)} \quad (9.2)$$

gdzie:  $D$  - średnica kulki; mm;

$F$  - siła obciążająca; N;

$d$  - średnica odcisku; mm;

$S$  - pole powierzchni odcisku, mm<sup>2</sup>;

0,102 – stała równa 1/9,80665, gdzie 9,80665 stanowi współczynnik przeliczeniowy z kG na N;

$HBW$  - twardość Brinella.

**Symbol** jednostki twardości Brinella  $HBW$  uzupełnia się liczbami oznaczającymi: średnicę kulki, wielkość stosowanego obciążenia i czas działania obciążenia. Poniżej podano przykład oznaczenia twardości Brinella,  $HBW$ :

600 HBW 1/30/20

gdzie: 600 – wartość twardości Brinella;

HBW – symbol twardości,

1 – średnica kulki, mm;

30 – przybliżona równowartość siły obciążającej, kG (30 kG = 294,2 N);

20 – czas działania obciążenia (20 s), jeśli nie sprecyzowano, to 10÷15 s;

Po zakończeniu badań należy sporządzić protokół zawierający: oznaczenie identyfikujące badaną próbkę, średnicę użytej kulki, wielkość obciążenia, nominalny czas działania obciążenia, twardość poszczególnych odcisków, średnicę odcisku oraz ewentualne uwagi odnośnie do przeprowadzonych pomiarów.

Tab. 9.3. Minimalna grubość próbki do badań w zależności od średniej średnicy odcisku wg EN ISO 6506-1:2005 (wymiar w milimetrach)

Średnia średnica odcisku $d$	Minimalna grubość próbki do badań			
	$D = 1$	$D = 2,5$	$D = 5$	$D = 10$
0,2	0,08			
0,3	0,18			
0,4	0,33			
0,5	0,54			
0,6	0,80	0,29		
0,7		0,40		
0,8		0,53		
0,9		0,67		
1,0		0,83		
1,1		1,02		
1,2		1,23	0,58	
1,3		1,46	0,69	
1,4		1,72	0,80	
1,5		2,00	0,92	
1,6			1,05	
1,7			1,19	
1,8			1,34	
1,9			1,50	
2,0			1,67	
2,2			2,04	

Tab. 9.3. Minimalna grubość próbki do badań w zależności od średniej średnicy odcisku wg EN ISO 6506-1:2005 (wymiary w milimetrach) c.d.

Średnia średnica odcisku d	Minimalna grubość próbki do badań			
	D = 1	D = 2,5	D = 5	D = 10
2,4			2,46	1,17
2,6			2,92	1,38
2,8			3,43	1,60
3,0			4,00	1,84
3,2				2,10
3,4				2,38
3,6				2,68
3,8				3,00
4,0				3,34
4,2				3,70
4,4				4,08
4,6				4,48
4,8				4,91
5,0				5,36
5,2				5,83
5,4				6,33
5,6				6,86
5,8				7,42
6,0				8,00

Grupa LP-...../zespół .....

Data.....

1. ....

2. ....

3. ....

4. ....

5. ....

Ćwiczenie 9

**OZNACZANIE TWARDOŚCI STALI METODĄ BRINELLA**

Rodzaj badanego materiału	Średnica kulki D	Wartość siły nacisku F	Średnica odcisku			Pole powierzchni odcisku S	Twardość HBW
			$d_1$	$d_2$	$d_{śr.}$		
	mm	N	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	

Uwagi dodatkowe:

*Zapisz oznaczenie wartości Brinella dla badanych próbek:*

.....

.....

.....

.....

.....