

Mariusz Łabęcki

BADANIE TWARDOŚCI ŻELIWA SZAREGO ZA POMOCĄ MŁOTKA POLDI

STRESZCZENIE

Artykuł omawia możliwości przeprowadzania pomiaru twardości w skali Brinella przy użyciu młotka Poldi.

Metoda ta może znaleźć praktyczne zastosowanie przy pomiarze twardości dużych przedmiotów, bez konieczności wycinania próbek.

1. Wstęp

Pomiar twardości młotkiem Poldi, jako szybka metoda warsztatowa, jest prosty i nie nastęrcza trudności. Mimo to jest on rzadko stosowany ze względu na to, że wyniki twardości otrzymane tą metodą, różnią się znacznie od wyników otrzymanych z pomiarów innymi sposobami. Przyczyn tych niezgodności wyników jest wiele. Kurcin [1] podaje, między innymi, jako główną wadę tej metody wykonywanie odcisków metodą dynamiczną, gdy natomiast odczytywane średnice odcisków są interpretowane, jako odciski z próby statycznej. Dalszym źródłem błędów są względy subiektywne, tzn. dokładność wykonania odcisku i jego pomiar. Poza tym młotki Poldi (produkcji krajowej) są zaopatrywane tylko w tablice przeliczeniowe twardości dla stali nieutwardzonej oraz dla stali ulepszonej cieplnie. Dla żeliwa tablice te nie nadają się.

Celem niniejszej pracy jest ustalenie zależności pomiędzy twardością mierzoną młotkiem Poldi, a twardością badaną sposobem Brinella. Zależność tę starano się ustalić w sposób możliwie najprostszy i dogodny do szybkiego i względnie dokładnego pomiaru warsztatowego.

2. Założenia podstawowe

Do wyznaczenia zależności pomiędzy twardością przedmiotu badanego, a twardością wzorca (sztabki wzorcowej młotka Poldi), zastosowano zasadniczy wzór określający twardość Brinella:

$$HB = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

gdzie:

- D — obciążenie,
 d — średnica kulki,
 P — średnica odcisku.

Przy badaniu twardości młotkiem Poldi otrzymuje się dwa odciski: na przedmiocie badanym — d_p oraz na sztabce wzorcowej d_w . Odciski te powstają od tej samej siły obciążającej P i tej samej kulki o średnicy D . Wobec tego można napisać, że twardość przedmiotu badanego HB_p oraz twardość sztabki wzorcowej HB_w będzie:

$$HB_p = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d_p^2})} \quad (2)$$

$$HB_w = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d_w^2})}$$

Z porównania stronami obu tych równań oraz po odpowiednim przekształceniu, otrzymuje się zależność:

$$HB_p = \frac{D - \sqrt{D^2 - d_w^2}}{D - \sqrt{D^2 - d_p^2}} \cdot HB_w \quad (3)$$

lub

$$HB_p = k \cdot HB_w \quad (4)$$

gdzie współczynnik:

$$k = \frac{D - \sqrt{D^2 - d_w^2}}{D - \sqrt{D^2 - d_p^2}}$$

Wartość tego współczynnika obliczono dla różnych średnic d_w i d_p i podano w załączonej tabelcy.

Wzór (4) określa twardość przedmiotu uwzględniając tylko twardość wzorcowej sztabki.

Dla ustalenia rzeczywistej twardości przedmiotu badanego, należy go zbadać na twardościomierzu klasyczną metodą Brinella. W przypadku żeliwa, Girszowicz [2] uzasadnia i poleca stosowanie do badania twardości metodą Brinella parametrów pomiaru: $D = 10$ mm i $P = 3000$ kG.

Twardość $HB_{(10/3000/15)}$ — jako skalę odniesienia w porównaniu z innymi skalami (Brinella, Rockwella i Vickersa) stosuje również Woźniacki [3].

W niniejszej pracy za skalę odniesienia przyjęto również $HB_{(10/3000/15)}$. Porównanie twardości mierzonej metodą Brinella i młotkiem Poldi na kilku różnych przedmiotach (próbekach) pozwala na znalezienie zależności w postaci wykresu, na podstawie którego można będzie przejść z twardości $HB_{(Poldi)}$ na $HB_{(10/3000/15)}$. Wykres ten uwzględnia w dużym przybliżeniu pozostałe błędy obiektywne wynikię przy pomiarze młotkiem Poldi.

Tablica 1

Średnia odcisku na sztabce d _w	Średnia odcisku na przedmiocie badanym — d _p																																			Średnia odcisku na sztabce d _w			
	2,00	2,05	2,10	2,15	2,20	2,25	2,30	2,35	2,40	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85	2,90	2,95	3,00	3,05	3,10	3,15	3,20	3,25	3,30	3,35	3,40	3,45	3,50								
2,00	1	0,95	0,91	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,70	0,68	0,66																									2,00			
2,05	1,05	1	0,96	0,92	0,88	0,85	0,81	0,79	0,72	0,71	0,69	0,67																									2,05		
2,10	1,09	1,05	1	0,96	0,92	0,88	0,85	0,82	0,78	0,74	0,72	0,70	0,66																								2,10		
2,15	1,14	1,09	1,04	1	0,96	0,92	0,89	0,86	0,80	0,77	0,75	0,73	0,69	0,67																							2,15		
2,20	1,19	1,14	1,09	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,83	0,81	0,79	0,76	0,71	0,69	0,66																						2,20		
2,25	1,24	1,18	1,13	1,08	1,04	1	0,96	0,93	0,87	0,84	0,81	0,79	0,74	0,72	0,68	0,67																					2,25		
2,30	1,28	1,23	1,17	1,12	1,08	1,04	1	0,96	0,90	0,87	0,84	0,82	0,77	0,75	0,71	0,69	0,66																				2,30		
2,35	1,33	1,28	1,22	1,17	1,12	1,08	1,04	1	0,93	0,90	0,88	0,85	0,80	0,78	0,74	0,72	0,68	0,67																			2,35		
2,40	1,43	1,36	1,30	1,25	1,20	1,15	1,11	1,07	1	0,97	0,94	0,91	0,86	0,83	0,79	0,77	0,73	0,71	0,70																		2,40		
2,45	1,48	1,41	1,35	1,29	1,24	1,19	1,15	1,11	1,03	1	0,97	0,94	0,89	0,86	0,82	0,79	0,76	0,74	0,72	0,69																	2,45		
2,50	1,52	1,45	1,39	1,33	1,28	1,23	1,18	1,14	1,07	1,03	1	0,97	0,91	0,89	0,84	0,82	0,78	0,76	0,74	0,71	0,70																2,50		
2,55		1,50	1,43	1,37	1,32	1,27	1,22	1,18	1,10	1,06	1,03	1	0,94	0,92	0,87	0,85	0,80	0,79	0,77	0,73	0,72	0,69														2,55			
2,60			1,52	1,46	1,40	1,35	1,30	1,25	1,17	1,13	1,09	1,06	1	0,97	0,92	0,90	0,85	0,83	0,81	0,78	0,76	0,73	0,70													2,60			
2,65				1,50	1,44	1,38	1,33	1,28	1,20	1,16	1,12	1,09	1,03	1	0,95	0,92	0,88	0,86	0,84	0,80	0,78	0,75	0,72	0,71												2,65			
2,70					1,52	1,46	1,41	1,36	1,27	1,23	1,19	1,15	1,09	1,06	1	0,97	0,93	0,91	0,88	0,84	0,83	0,79	0,76	0,74	0,72											2,70			
2,75						1,50	1,44	1,39	1,30	1,26	1,22	1,18	1,11	1,08	1,03	1	0,95	0,93	0,91	0,87	0,85	0,81	0,78	0,77	0,74	0,72										2,75			
2,80							1,52	1,46	1,37	1,32	1,28	1,24	1,17	1,14	1,08	1,05	1	0,98	0,95	0,91	0,89	0,80	0,82	0,80	0,77	0,76	0,73									2,80			
2,85								1,50	1,40	1,35	1,31	1,27	1,20	1,17	1,10	1,08	1,02	1	0,98	0,93	0,91	0,87	0,84	0,82	0,79	0,78	0,75	0,72									2,85		
2,90									1,45	1,39	1,34	1,30	1,23	1,20	1,13	1,10	1,04	1,02	1	0,95	0,93	0,90	0,86	0,84	0,81	0,80	0,77	0,74	0,72								2,90		
2,95										1,45	1,40	1,36	1,28	1,25	1,18	1,15	1,10	1,07	1,05	1	0,98	0,94	0,90	0,88	0,85	0,83	0,80	0,77	0,75	0,73							2,95		
3,00											1,44	1,39	1,31	1,28	1,21	1,18	1,12	1,10	1,07	1,02	1	0,96	0,92	0,90	0,87	0,85	0,82	0,79	0,77	0,74	0,73						3,00		
3,05												1,45	1,37	1,33	1,26	1,23	1,17	1,14	1,12	1,07	1,04	1	0,96	0,94	0,91	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,76							3,05	
3,10													1,43	1,39	1,32	1,28	1,22	1,19	1,16	1,11	1,09	1,04	1	0,98	0,94	0,93	0,89	0,80	0,83	0,81	0,79							3,10	
3,15														1,42	1,34	1,31	1,24	1,21	1,19	1,13	1,11	1,06	1,02	1	0,96	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,81							3,15	
3,20															1,39	1,36	1,29	1,26	1,23	1,18	1,15	1,10	1,06	1,04	1	0,98	0,95	0,91	0,88	0,85	0,84							3,20	
3,25																1,38	1,32	1,28	1,26	1,20	1,17	1,12	1,08	1,06	1,02	1	0,96	0,93	0,90	0,87	0,86							3,25	
3,30																	1,37	1,33	1,30	1,24	1,22	1,17	1,12	1,10	1,06	1,04	1	0,97	0,93	0,90	0,89							3,30	
3,35																		1,38	1,35	1,29	1,26	1,21	1,16	1,14	1,09	1,07	1,01	1	0,97	0,94	0,92							3,35	
3,40																			1,40	1,33	1,30	1,25	1,20	1,17	1,13	1,11	1,07	1,03	1	0,97	0,95							3,40	
3,45																					1,38	1,35	1,29	1,24	1,22	1,17	1,15	1,11	1,07	1,03	1	0,98							3,45
3,50																						1,37	1,31	1,26	1,24	1,19	1,17	1,13	1,09	1,05	1,02	1							3,50
	2,00	2,05	2,10	2,15	2,20	2,25	2,30	2,35	2,40	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85	2,90	2,95	3,00	3,05	3,10	3,15	3,20	3,25	3,30	3,35	3,40	3,45	3,50								

3. Przeprowadzone próby

Badany materiał

Do przeprowadzenia prób użyto żeliwa szarego klasy Z1 1B odlanego w blok o przekroju 70×100 mm. Blok ten pocięto na płytki o grubości 15 mm.

Płytki poddano obróbce cieplnej:

Płytkę nr 7 wygrzano w 950°C w czasie jednej godziny, a następnie normalizowano.

Płytkę nr 8 wygrzano w 950°C w czasie jednej godziny, następnie ostudzono wraz z piecem do 800°C , wytrzymało dwie godziny i normalizowano.

Płytkę nr 9 wygrzano w 950°C przez jedną godzinę, ostudzono wraz z piecem do 800°C , wytrzymało dwie godziny, następnie ostudzono z piecem do 700°C , wytrzymało pół godziny i normalizowano.

Płytkę nr 10 wygrzano w 950°C przez jedną godzinę, ostudzono z piecem do 800°C , wytrzymało dwie godziny, ostudzono z piecem do 700°C , wytrzymało trzy godziny i ostudzono z piecem do temperatury otoczenia.

Płytką nr 11 pozostała w stanie surowym (bez obróbki cieplnej).

Tak przygotowane płytki poddawano obróbce mechanicznej: frezowanie i szlifowanie.

Urządzenia pomiarowe

Do przeprowadzenia pomiarów zastosowano: młotek Poldi i sztabki wzorcowe produkcji krajowej.

Badania porównawcze wykonano na aparacie „Alpha”, metodą Brinella (10/3000/15), stosując się do przepisów podanych w Polskiej Normie PN-57/H-04350 (Próba twardości metali sposobem Brinella). Średnice odcisków odczytywano za pomocą lupy o elementarnej działce 0,1 mm, lecz pozwalającej dokonać odczytu z dokładnością do 0,05 mm.

Przebieg i wyniki prób

Przed badaniem za pomocą młotka Poldi przeprowadzono kontrolne badania sztabek wzorcowych.

Na płytkach naniesiono siatkę, w celu łatwiejszego rozmieszczenia odcisków. Na każdej badanej płytce wykonano najpierw 16 odcisków za pomocą młotka Poldi, a następnie 12 odcisków aparatem „Alpha”. Zwrócono uwagę, aby odciski rozmieszczone były równomiernie, a odstępy między nimi nie były mniejsze niż to przewiduje norma. Po dokonaniu odcisków pomierzono je. Twardość mierzona aparatem „Alpha” odczytano z gotowych tablic (z PN-57/H-04350). Do obliczenia twardości mierzonej młotkiem Poldi zastosowano wzór (4) oraz wartość k z załączonej tablicy. Z otrzymanych wyników obliczono średnie wartości (średnie arytmetyczne) dla każdej płytki i dla każdego rodzaju pomiaru.

Wyniki zebrano w tabelce 2.

Na tej podstawie wykonano wykres zależności:

$$HB_{(10/3000/15)} = f(BH)_{(Poldi)}.$$

Tablica 2

Nr próbki	HB _{śr}			Różnica „Alpha“ — Poldi
	„Alpha“	Poldi	sztabki wzorcowej	
7	217	189	183	28
8	179	156	176	23
9	131	120	170	21
10	126	107	167	19
11	207	179	179	29

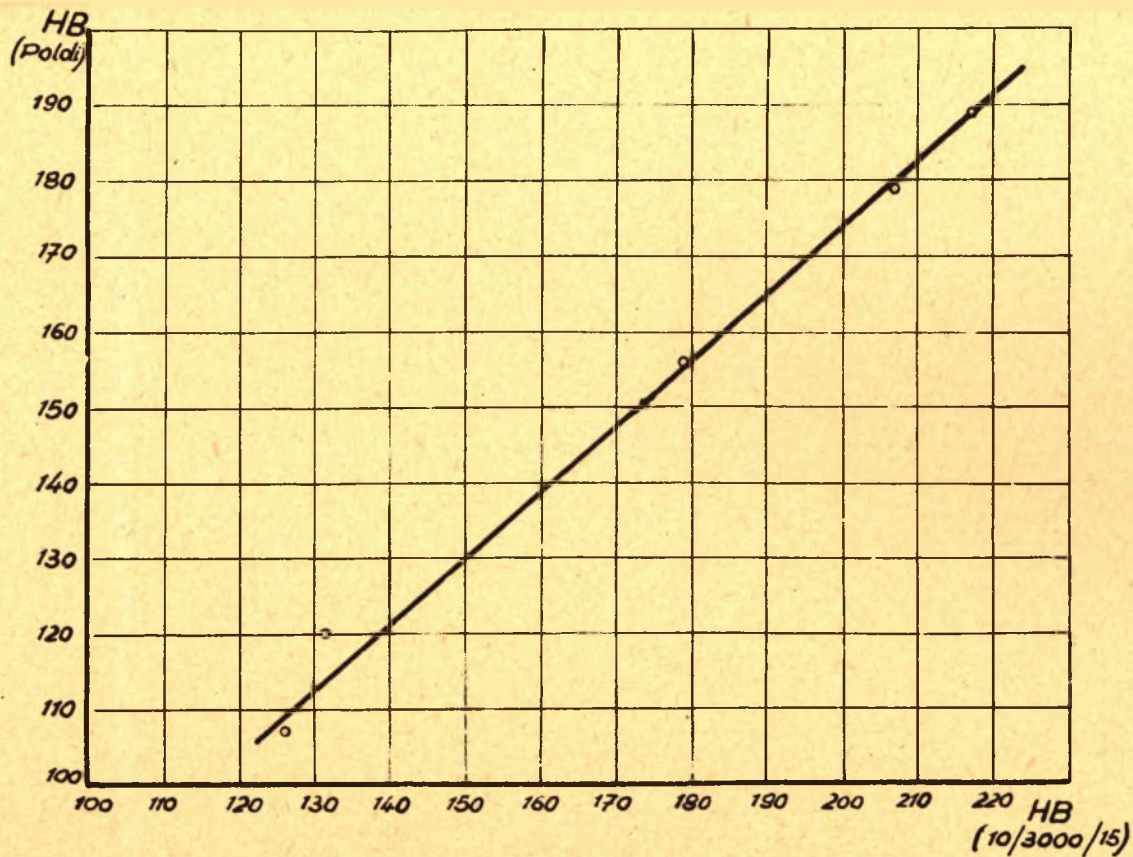
4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych prób można wyciągnąć wniosek, że zastosowanie tej metody pozwala na przeprowadzenie pomiaru twardości w skali Brinella dużych przedmiotów (odlewów z żeliwa szarego) bez konieczności wycinania próbek, lub posiadania specjalnych (a w kraju nieprodukowanych) instrumentów do dokładnych pomiarów twardości.

Kontrolne badania na dowolnych próbkach żeliwnych potwierdziły słuszność powyższej metody. Błędy pomiarowe przy zastosowaniu opisanej metody w porównaniu z odczytami na aparacie Brinella nie przekraczały 3 %.

LITERATURA

- [1] W. Kurcin: *Zwiększenie dokładności pomiaru twardości przyrządem „Poldi”*. Prace bad. G. I. Mech. 1950, Nr 2, str. 110—117.
- [2] N. G. Girszowicz: *Czuggunnoje litio*. Miałurgizdat, 1949, str. 237 i następane.
- [3] J. Woźniacki: *Próba ustalenia dla żeliwa szarego związków między różnymi skalami twardości*. Prace bad. G. I. Met. i Odl. 1949, Nr 3, str. 203—212.
- [4] S. Błażewski: *Pomiary twardości metali*. PWT, 1954.
- [5] PN-57/H-04350: *Próba twardości metali sposobem Brinella*.



Wykres zależności twardości HB badanej młotkiem Poldi, a HB badanej metodą Brinella