

START

Podaj pisemne odpowiedzi na poniższe pytania:

1. Co to jest twardość – definicja oraz zależność
2. Dokonaj szczegółowego podziału metod pomiaru twardości
3. Na czym polegają ryzykowne metody pomiaru twardości.
4. Scharakteryzuj skalę Mohsa
5. Jaki szereg twardości posiadają pilniki do pomiaru twardości
6. Scharakteryzuj metody: Shore'a i skleroskopową Shore'a
7. Scharakteryzuj metodę Młotka Poldi
8. Jak należy przygotować powierzchnię materiału do pomiaru
9. Do jakich materiałów stosuje się metodę Shore'a.
10. Scharakteryzuj metodę Leeba
11. Co podajemy zapisując wyni pomiaru metodą Leeba
12. Jak ustalamy odległość pomiarową w metodzie Leeba
13. Kiedy stosujemy metodę Młotka Poldi.

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

Napisz odpowiedzi na pytania
korzystając z podręczników;
poradników i Internetu

Przystąp do wykonywania ćwiczenia.

- zmierz twardość Młotkiem Poldi – 5 pomiarów
- oblicz średnią twardość materiału
- zmierz twardość materiału metodą Shore'a
- porównaj twardości Poldi, Shore'a i Leeba przy pomocy tablic porównawczych twardości oraz odczytaj R_r
- oblicz odchylenie standardowe
- zapisz wynik wraz z poprawkami
- napisz wnioski
- zgłoś prowadzącemu o zakończeniu ćwiczenia

Zgłoś prowadzącemu o zakończeniu ćwiczenia

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

Twardość metali i ich stopów jest ważną właściwością, która determinuje przydatność tych materiałów do różnorodnych zastosowań. Twardość jest to zdolność materiału do przeciwstawiania się odkształceniom plastycznym (trwałym) przy lokalnym- statycznym lub dynamicznym wywieraniu nacisku na małą powierzchnię. W praktyce laboratoryjnej, w ocenie właściwości materiałów wykorzystuje się pomiary twardości. Popularność tych metod wynika z:

- prostoty zarówno badania, jak i analizy wyniku;
- możliwości szacowania innych własności w oparciu o wartość pomiaru;
- mało skomplikowanego oprzyrządowania;
- szybkości pomiaru.

Metody pomiaru twardości

Do najbardziej rozpowszechnionych **metod dynamicznych pomiaru twardości**. Siła badawcza przykładana jest nagle, co oznacza, że badany element poddawany jest na prężeniu uderowym. Należą do nich:

- ✓ metoda młotka Poldiego,
- ✓ metoda Shore'a (metoda skleroskopowa)
- ✓ metoda Leeba
- ✓ metody ryskowe
- ✓ metoda Mohsa (dla minerałów).

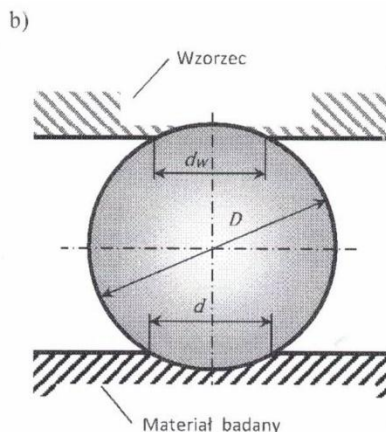
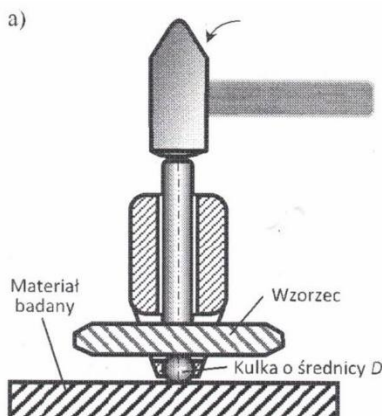
Spośród **metod statycznych pomiaru** które służą przede wszystkim badaniu twardości metali, siłę badawczą zwiększa się powoli, czyli przykładana jest bez gwałtownego uderzenia i w minimalnym czasie określonym przez normy. Najbardziej rozpowszechnione są:

- ✓ metoda Rockwella,
- ✓ metoda Vickersa,
- ✓ metoda Brinella,
- ✓ metoda Knoop

Mamy również pomiar twardości **metodą ryskową**. Polega na przyrównywaniu twardości badanego materiału do twardości wybranych minerałów. Należą do nich:

- ✓ metoda Mohsa (dla minerałów).
- ✓ metoda pilnikowa
- ✓ metoda ołówkowa (tester twardości Wolf Wilborn ISO 15184 jest przeznaczony do badania twardości wielu rodzajów powłok)

Metoda młotka Poldi została opracowana w hucie Poldi w Kladnie (Czechy) na początku XX wieku. Polega ona



na zastosowaniu układu, którego uproszczony schemat pokazano na rysunku 1. Indenter w postaci stalowej kulki o średnicy D , która np. wynosi 10mm, w wyniku uderzenia młotkiem o masie (0,5kg) pozostawia odcisk na powierzchni badanej oraz na powierzchni wzorca. Na podstawie pomiaru średnic obu odcisków wyznaczana jest twardość w skali Brinella zgodnie z równaniem:

$$HB_p = HB_w \frac{D - \sqrt{D^2 - d_w^2}}{D - \sqrt{D^2 - d^2}}$$

gdzie:

HB_p – twardość mierzona młotkiem Poldi wyrażona w skali Brinella, HB_w – twardość wzorca w skali Brinella
 D – średnica kulki pomiarowej, d_w – średnica kulki na powierzchni wzorca,
 d – średnica odcisku kulki na powierzchni materiału.

Twardość materiałów polimerowych oznacza się **metodą Shore’a** zgodnie z normą PN-EN ISO 868, polegająca na pomiarze oporu, jaki stawia badana próbka podczas zagłębiania w nią igły wgłębnika o określonym kształcie i wymiarze, umieszczonego w podstawie przyrządu pomiarowego. Minimalna grubość próbki do badań powinna wynosić 4 mm. Jednak dopuszcza się nakładanie warstwowe próbek w celu uzyskania minimalnej grubości. Próbka musi umożliwiać wykonanie pomiaru co najmniej 9 mm od brzegu i posiadać powierzchnie płaskie o promieniu minimum 6 mm. Standardowo wykonuje się pięć pomiarów w różnych miejscach próbki odległych od siebie o co najmniej 6 mm i oblicza wartość średnią.



Durometr Shore

Wykorzystuje się dwa typy twardościomierzy: typ A –skala ShA, stosowany do miękkich materiałów i typ B –ShD, stosowany do twardych materiałów polimerowych. Metoda ta służy do badania własności mechanicznych takich materiałów jak: gumy, kompozytu, sztywnych tworzyw sztucznych, elastomerów, materiały komórkowych i żelopodobne, materiały budowlane. Branża: poligraficzna, mechaniczna, motoryzacyjna. Nie można jej stosować do materiałów porowatych.

| Skala Wartości Shore’a Typ A (ShA) | Opis |
|---------------------------------------|---|
| Poniżej 20 ShA | Materiały miękkie, podobne do pianek/mikrogum |
| 20-30 ShA | Bardzo miękkie, elastyczne materiały |
| 31-40 ShA | Miękkie materiały o zwiększonej elastyczności |
| 41-50 ShA | Elastyczne, ale bardziej wytrzymałe materiały |
| 51-60 ShA | Średnio twarda guma, dobre połączenie elastyczności i trwałości |
| 61-70 ShA | Twarda guma, stosowana w wielu zastosowaniach przemysłowych |
| 71-80 ShA | Bardzo twarda guma, idealna do opon samochodowych |
| 81-90 ShA | Ekstra twards guma, stosowana w specjalistycznych aplikacjach |

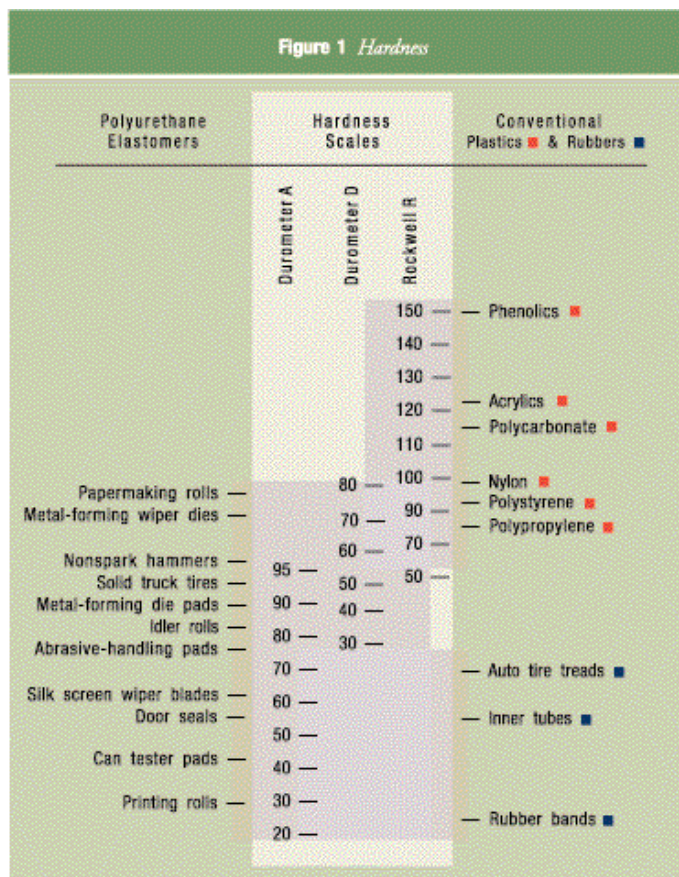
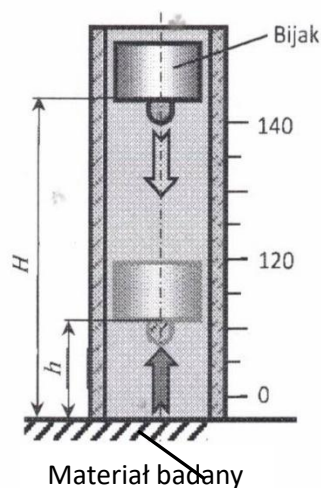


Tabela porównawcza skal

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Durometer A | 100 | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 |
| Durometer B | 85 | 81 | 76 | 71 | 66 | 62 | 56 | 51 | 47 | 41 | 36 | 32 | 27 | 22 | 18 | 12 | 6 | | | |
| Durometer C | 77 | 71 | 60 | 51 | 47 | 41 | 38 | 32 | 29 | 24 | 20 | 17 | 14 | 11 | 9 | | | | | |
| Durometer D | 58 | 47 | 40 | 33 | 29 | 26 | 21 | 19 | 16 | 14 | 12 | 10 | 8 | 7 | 6 | | | | | |
| Durometer O | | | | | 84 | 80 | 75 | 71 | 70 | 65 | 60 | 57 | 53 | 49 | 42 | 35 | 28 | 20 | 15 | 8 |
| Durometer OO | | | | | 98 | 97 | 95 | 94 | 93 | 91 | 90 | 87 | 86 | 83 | 80 | 76 | 70 | 62 | 55 | 54 |

Metoda skleroskopowa Shore'a została zaproponowana przez amerykańskiego metalurga Alberta F. Shore'a.

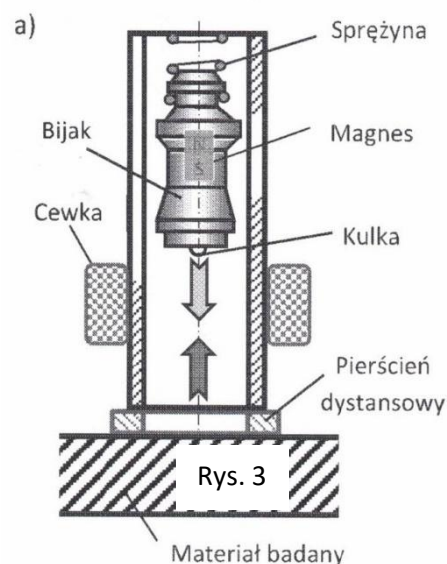


Rys. 2

W latach 1910 i 1914 uzyskał on patenty USA na urządzenia do pomiarów twardości nazwane skleroskopami. Schemat ilustrujący zasadę pomiaru twardości skleroskopową metodą Shore'a pokazano na rysunku 2. Skleroskop zawiera głowicę uderzeniową (bijak) z diamentową końcówką. Głowica opada pionowo pod wpływem siły grawitacji. Masa głowicy i wysokość początkowa głowicy H są stałe. Ruch głowicy odbywa się wewnątrz szklanej rurki z naniesioną podziałką. Zakres pomiarowy podziałki podzielony jest na 140 równych części. Wysokość pierwszego odbicia po zderzeniu bijaka z powierzchnią badanego materiału jest miarą jego twardości. Doświadczalnie zbadano, że jeśli wysokość początkowa H jest stała, to wysokość h pierwszego odbicia bijaka jest w przybliżeniu proporcjonalna do twardości statycznej danego materiału. Im bardziej twardy jest materiał tym większa wysokość odbicia h głowicy uderzeniowej. Przyrządy do jej realizacji mogą być dwóch rodzajów –

model C i D. Dla każdego modelu stosowane są dwie skale twardości. HSc i HFRSc — dla modelu C oraz z HSd i HFRSd — dla modelu D.

Metoda Leebea opracowano ją i opatentowano w latach siedemdziesiątych XX wieku, a następnie na tej podstawie zbudowano przenośne przyrządy do pomiaru twardości metali. Metoda ta podobnie jak skleroskopowa metoda Shore'a, przeznaczona jest do pomiaru twardości materiałów na podstawie oceny resztkowej energii odbicia. Jest ona udoskonaloną wersją metody Shore'a. Do oceny energii resztkowej odbicia głowicy uderzeniowej zamiast pomiaru wysokości odbicia głowicy wykorzystano w niej pomiary prędkości głowicy przed jej uderzeniem i po uderzeniu w powierzchnię przedmiotu mierzonego. Idea tej metody pokazana została na rys. 3. Układ stosowany do pomiaru twardości metodą Leebea składa się z części mechanicznej, sensora elektrycznego mierzącego prędkość ruchu głowicy, a także z części zewnętrznego zespołu przetwarzania sygnału pomiarowego i sterowania przebiegiem pomiaru. Część mechaniczna zawiera głowicę uderzeniową, wprowadzaną w ruch mechanizmem sprężynowym. Głowica uderzeniowa, wykonana ze stali, wyposażona jest w końcówkę kulistą z węgliku wolframu lub z polikrystalicznego diamentu. We wnętrzu głowicy umieszczony jest magnes trwały. Prędkości uderzenia i odbicia głowicy są mierzone, gdy znajduje się ona w niewielkiej odległości (około 1mm) od badanej powierzchni. Odległość ta może być ustalana dla różnego rodzaju głowic za pomocą wymiennych pierścieni dystansowych. Do pomiaru prędkości głowicy służy cewka, w której indukuje się napięciowy sygnał pomiarowy proporcjonalny do prędkości ruchu głowicy. Metoda Leebea jest metodą znormalizowaną. Normy przewidują stosowanie w przyrządach do realizacji tej metody pomiaru twardości sześciu typów głowic uderzeniowych. Są to głowice oznaczone symbolami: D, DC, D + 15, G, C i E. Oznaczenie wyników pomiarów twardości uzyskanych głowicą danego typu wymaga zastosowania właściwej skali twardości i podania symbolu np. HLD. Pomiar metodą Leebea jest to aktualnie najbardziej na świecie popularna metoda przenośnego badania twardości metali. Świadczy o tym między innymi najbardziej zaawansowana normalizacja techniczna (m.in. normy: ASTM A956, DIN ..., EN ISO ...).



Rys. 3

Jedną z najstarszych metod pomiaru twardości jest **metoda Mohsa**. Dziesięciostopniowa skala twardości należy do grupy skal porównawczych. Identyfikacja twardości odbywa się przez tzw. zarysowanie powierzchni badanego minerału, czyli przeciągnięcie pod naciskiem narożem minerału wzorcowego. Minerale o wyższej twardości będą zarysowywały, czyli nacinały, powierzchnię minerału o niższej twardości, a minerały o niższej twardości będą ulegały sproszkowaniu na powierzchni minerału o wyższej twardości. Minerale o takiej samej twardości będą wzajemnie zarysowywały swoje powierzchnie i uzyskanie takiego efektu jest podstawą do oszacowania twardości. Podaje się ją z dokładnością do pół stopnia. Minerale wzorcowe mogą być zastępowane przez ekwiwalenty. W warunkach terenowych, gdzie wykonanie powyższych czynności z wykorzystaniem standardowej skali Mohsa jest kłopotliwe, twardość minerałów jest szacowana stosując założenie, że minerały twardości 1 i 2 zostaną zarysowane paznokciem, minerały twardości 3 drutem miedzianym (lub monetą miedzianą), minerały o twardości 4 i 5 ulegną zarysowaniu stalą (np. scyzorykiem) oraz szkłem, a minerały o wyższych wartościach będą rysowały szkło

| Twardość według Mohsa | Rodzaj minerału | Twardość wg Vickersa (HV) | Grupa twardości |
|-----------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|
| 1 | Talk | 2 HV | Bardzo miękkie |
| 2 | Gips | 35 HV | Bardzo miękkie |
| 3 | Kalcyt | 100 HV | Miękkie |
| 4 | Fluoryt | 200 HV | Miękkie |
| 5 | Apatyt | 540 HV | Twarde |
| 6 | Ortoklaz | 800 HV | Twarde |
| 7 | Kwarc | 1 100 HV | Bardzo twarde |
| 8 | Topaz | 1 400 HV | Bardzo twarde |
| 9 | Korund | 2 000 HV | Bardzo twarde |
| 10 | Diamant | 10 000 HV | Bardzo twarde |

Metoda pilnikowa – najstarsza metoda pomiaru twardości metali, opracowana w 1801 r. przez Rene Haüy'ego (pierwotnie skala z 4 stopniami twardości), stosowana do szacunkowego określania twardości stali hartowanej w skali HRC. Polega ona na stwierdzeniu czy dany pilnik o znanej twardości HRC zarysował materiał mierzony czy nie. Jeśli tak – to twardość materiału jest mniejsza niż twardość pilnika, jeśli nie – wtedy materiał jest twardszy niż to wynika z cechy twardości naniesionej na pilniku. Metoda jest od 1963 r. znormalizowana międzynarodowym standardem branży samochodowej i lotniczej SAE J864 (także jako ANSI/SAE J864-1993). Pilniki w zestawie wykonane są w twardościach: (40 HRC, 45 HRC, 50 HRC, 55 HRC, 60 HRC, 65 HRC). Pilniki można używać do sprawdzania twardości np. przy produkcji noży i narzędzi, gdzie szybko można sprawdzić twardość materiału.

Powierzchnia badanego przedmiotu w miejscu pomiaru twardości powinna być płaska i równa oraz oczyszczona ze zgorzeliny, smaru itp.

Pomiary twardości powierzchni metodami dynamicznymi w dalszym ciągu stanowią pewną alternatywę dla metod statycznych pomiaru twardości. Głównymi zaletami dynamicznych metod pomiaru twardości, w porównaniu z metodami statycznymi, przez wiele lat były: krótki czas pomiarów, łatwość pomiarów w warunkach produkcyjnych i niski koszt. Intensywny rozwój metod statycznych pomiaru twardości spowodował, że pojawiły się proste w użyciu i dokładne przyrządy mobilne do szybkich pomiarów przemysłowych, mierzące bezpośrednio twardość Brinella, Rockwella i Vickersa. Wiarygodna i miarodajna konwersja między skalami durometrowymi Shore'a (wzajemna) oraz między tymi skalami, a skalami twardości innych metod (np. IRHD, Rockwella R) nie jest możliwa. Istnieją tablice porównawcze zawierają jedynie dane orientacyjne, nie służące do wykonywania konwersji.

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