



**POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA**



Wydział Inżynierii Zarządzania  
Politechniki Białostockiej

**KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ**

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

*Towaroznawstwo*

Kod przedmiotu: LS02282, LN02282

**Ćwiczenie 7**

**BADANIE TWARDOŚCI MATERIAŁÓW**

**I WYROBÓW**

**Autorzy:**

**prof. dr hab. Andrzej Wasiak**

**dr inż. Olga Orynycz**

**Białystok 2021**

## Podstawy teoretyczne

Twardość materiałów, choć intuicyjnie łatwo pojmowalna, jest charakterystyką trudną do oceny. Istnieje wiele metod pomiarów dających bardzo różne wartości mierzonej wielkości. Istnieją różne skale pozwalające na porównywanie twardości badanych obiektów. Sytuacja ta wynika przede wszystkim z faktu, iż w poszczególnych metodach pomiarowych odgrywają rolę różne czynniki uboczne (np. sprężystość badanego materiału). Najstarsza i najbardziej intuicyjna metoda pomiaru, zarazem definiująca pojęcie twardości, jest metoda polegająca na zarysowaniu jednego materiału drugim. Bardziej twardy materiał zostawia ślad (ryse) na mniej twardym. Pierwsza skala twardości (skala Mohsa), opracowana dla celów mineralogii, zawiera zestaw minerałów o kolejno zwiększającej się twardości. Liczbowa charakterystyka jest po prostu numerem kolejnym minerału wzorcowego.

Skala twardości		określenie	wzorzec
Rossivala	Mohsa	praktyczne	
<u>0.03</u>	<u>1</u>	Bardzo miękki	Talk
<u>2.4</u>	<u>2</u>	Miękki	Sól kam.
<u>4.5</u>	<u>3</u>	Miękki	Kalcyt
<u>4.7</u>	<u>4</u>	Miękki	Fluoryt
<u>7.0</u>	<u>5</u>	Twardy	Apatyt
<u>32.0</u>	<u>6</u>	Twardy	Ortoklaz
<u>117.0</u>	<u>7</u>	Twardy	Kwarc
<u>140.0</u>	<u>8</u>	Bardzo twardy	Topaz
<u>1000</u>	<u>9</u>	Bardzo twardy	Korund
<u>140000</u>	<u>10</u>	Bardzo twardy	Diamant

**Rys. 1.** Skala Mohsa

Podana równolegle skala Rossivala polega na badaniu ścieralności w standardowych warunkach. Skala ta jest często powiązana z twardością kwarcu przyjmowaną za 100, ale odchylenia od tej reguły są również spotykane.

Bardziej współczesne metody badania twardości polegają na wciskaniu w badany obiekt czujnika (indentora) o kształcie kuli, stożka bądź piramidy o podstawie kwadratowej. Również procedury pomiarowe różnią się w poszczególnych sposobach. Do najbardziej popularnych należą metody Brinella i Vickersa.

**Metoda Brinella** polega na wciskaniu kulki o średnicy  $D$  w płaską powierzchnię próbki. Twardość w tej metodzie wyraża się jako stosunek siły nacisku do powierzchni odcisku pozostawionej po zwolnieniu nacisku.

$$HB = \frac{P}{A} \left[ \frac{kG}{mm^2} \right],$$

gdzie:

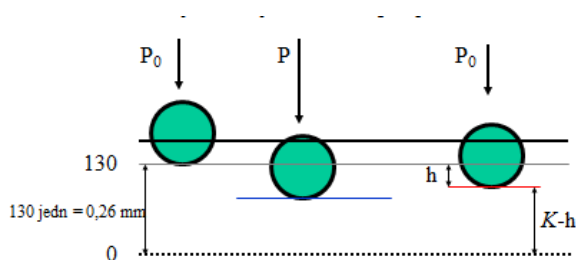
$P$  - siła naciskająca,

$A$  - powierzchnia odcisku wyrażająca się jako:

$$A = \frac{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2} \quad [mm^2]$$

Metoda Vickersa różni się od powyższej przez zastosowanie zamiast kulki ostrosłupa o kącie rozwarcia  $136^\circ$  i odpowiednie zmodyfikowanie wzoru na obliczenie powierzchni odcisku.

**Metoda Rockwella** wykorzystuje bardziej złożoną procedurę, w której kulka jest początkowo wciskana z siłą  $P_0$ , następnie siłę zwiększa się do wartości  $P$  i kolejno redukuje do wartości początkowej.



**Rys. 2.** Pomiar twardości metodą Rockwella

Twardość próbki określa się jako różnicę odcinka o długości 0,26 mm, którego początek ulokowany jest w dolnym poziomie kulki przy pierwszym obciążeniu i różnicy głębokości zanurzenia kulki pomiędzy pierwszym, a końcowym obciążeniem.

$$HR = K - h$$

## Metoda Shore'a

W badaniu twardości materiałów o niezbyt wysokiej twardości (np. gumy i tworzyw sztucznych) często stosowana jest metoda Shore. Istnieją dwie metody Shore'a – metoda skleroskopowa – (dynamiczna) polegająca na pomiarze wielkości odskoku bijaka uderzającego powierzchnie badanej próbki, bądź metoda duroskopowa – polegająca na wciskaniu identora w badany materiał siłą charakterystyczną dla określonego przyrządu do uzyskania stanu równowagi. Istnieją różne skale Shore, stosowane do materiałów miękkich – skala A, bądź bardziej twardych – skala D.



**Rys. 3.** Durometry Shore A i D

Źródło: Opracowanie własne

W zasadzie nie istnieją sposoby porównywania skal, więc wynik badania zawsze musi być podany z informacją jakiej skali dotyczy.

**UWAGA:** Durometry Shore nie nadają się do badania twardości metali, kamienia i innych bardzo twardych materiałów. Nie należy również przesuwać przyrządu przyciśniętego do próbki.

### Sposób wykonania pomiaru

1. Przed wykonaniem pomiaru nacisnąć przycisk ON/ZERO w celu włączenia przyrządu.
2. Przytrzymać mocno twardościomierz w ręce i docisnąć do powierzchni detalu
3. Po dojściu przyrządu do mocnego kontaktu z powierzchnią odczytać wskazanie
4. Odczyt będzie żądaną wartością twardości.
5. Wartość twardości wskazywana w czasie pomiaru może być zatrzymana poprzez naciśnięcie przycisku DATA/HOLD. Kolejne naciśnięcie tego przycisku rozpocznie pomiar.

6. Wskazanie jednostki (wartość twardości lub metr) można zmieniać poprzez naciśnięcie przycisku SET. W przypadku wartości twardości: brak wskazania; w przypadku metra: wskazania w „mm”. Zazwyczaj należy używać jednostki wartości twardości.
7. Przycisk ZERO służy do ustawiania pozycji początkowej, nie jest używany do pomiarów.

Należy odczytać szereg wyników dla różnych miejsc próbki i określić błąd pomiaru. W przypadku próbek niejednorodnych zbadać zależność twardości o położenia w próbce i powiązać wyniki z innymi cechami charakterystycznymi np. słoje drewna.

### **Sprawozdanie powinno zawierać:**

1. Cel i zakres ćwiczenia.
2. Opis stanowiska badawczego.
3. Metodyka badań i przebieg realizacji eksperymentu.
4. Analiza otrzymanych wyników i przyczyny powstawania błędów.
5. Wnioski.

### **Literatura:**

1. Bielski A., Ciuryło R. (2001), *Podstawy metod opracowania pomiarów*, wyd. II, Toruń, Wydawnictwo Naukowe UMK.
2. Szydłowski H. (1997), *Pracownia fizyczna*, wyd. IX, Warszawa, PWN.
3. Przybyłowicz K. (1997), *Metody badań metali i stopów*, Kraków, Wydawnictwo AGH.
4. Olszyna A.R. (2012), *Twardość a kruchość tworzyw ceramicznych*, Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
5. Pełczyński T. (2008), *Twardość metali i ich stopów z uwzględnieniem fizyki odkształceń plastycznych: monografia*, Lublin, Wydaw. Politechniki Lubelskiej.
6. Ciszewski A., Radomski T., Szummer A. (2000), *Badania własności i materiałów, mikrostruktury*, Warszawa, Oficyna wydawnicza PWN.

### **Przykładowe normy związane z tematyką ćwiczeń:**

- ISO 7619-1:2010 *Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of indentation hardness - Part 1: Durometer method (Shore hardness).*
- PN-EN ISO 868:2005P *Tworzywa sztuczne i ebonit. Oznaczanie twardości metodą wciskania z zastosowaniem twardościomierza (twardość metodą Shore'a).*
- JISK6253: *Metody badania twardości gumy, wulkanizowanej lub termoplastycznej (Hardness testing methods for rubber, vulcanized or thermoplastic).*
- ISO 7619(E): *Guma - wyznaczanie twardości za pomocą przenośnych twardościomierzy (Rubber-Determination of indentation hardness by means of pocket hardness tester).*
- ASTM D 2240: *Standardowa metoda sprawdzania twardości gumy (Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness).*
- ISO 868: *Plastik i ebonit - wyznaczanie twardości za pomocą twardościomierza (Twardość Shore) (Plastics and Ebonite-Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness)).*
- DIN 53 505: *Sprawdzanie gumy i plastiku; badanie twardości Shore A i Shore D (Testing of rubber and plastics; Shore A and Shore D hardness test).*

### **WYMAGANIA BHP**

Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciwpożarową oraz przestrzeganie zasad w nich zawartych. Wybrane urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym mogą posiadać instrukcje stanowiskowe.

Przed rozpoczęciem pracy należy zapoznać się z instrukcjami stanowiskowymi wskazanymi przez prowadzącego.

W trakcie zajęć laboratoryjnych należy przestrzegać następujących zasad.

- ♦ Sprawdzić, czy urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym są w stanie kompletnym, nie wskazującym na fizyczne uszkodzenie.
- ♦ Sprawdzić prawidłowość połączeń urządzeń.
- ♦ Załączenie napięcia do układu pomiarowego może się odbywać po wyrażeniu zgody przez prowadzącego.
- ♦ Przyrządy pomiarowe należy ustawić w sposób zapewniający stałą obserwację, bez konieczności nachylania się nad innymi elementami układu znajdującymi się pod napięciem.
- ♦ Zabronione jest dokonywanie jakichkolwiek przełączeń oraz wymiana elementów składowych stanowiska pod napięciem.
- ♦ Zmiana konfiguracji stanowiska i połączeń w badanym układzie może się odbywać wyłącznie

w porozumieniu z prowadzącym zajęcia.

- ♦ W przypadku zaniku napięcia zasilającego należy niezwłocznie wyłączyć wszystkie urządzenia.
- ♦ Stwierdzone wszelkie braki w wyposażeniu stanowiska oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu sprzętu należy przekazywać prowadzącemu zajęcia.
- ♦ Zabrania się samodzielnego włączania, manipulowania i korzystania z urządzeń nie należących do danego ćwiczenia.
- ♦ W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym należy niezwłocznie wyłączyć zasilanie stanowisk laboratoryjnych za pomocą wyłącznika bezpieczeństwa, dostępnego na każdej tablicy rozdzielczej w laboratorium. Przed odłączeniem napięcia nie dotykać porażonego.