 <p style="text-align: center;"><b>POLITECHNIKA LUBELSKA</b>  <b>WYDZIAŁ MECHANICZNY</b>  <b>KATEDRA INŻYNIERII</b>  <b>MATERIAŁOWEJ</b></p>	<p><b>Laboratorium Inżynierii</b>  <b>Materiałowej</b>  <b>ĆWICZENIE Nr 2.3</b></p>
<p>Akceptował:  Kierownik Katedry  prof. dr hab. B. Surowska</p>	<p>Opracowali:  dr inż. Sławomir Szewczyk  mgr inż. Aleksander Łepecki</p>

I. Temat ćwiczenia: **Badania twardości materiałów metodą Vickersa.**

II. Cel ćwiczenia: Badanie związków między budową strukturalną materiałów a twardością. Poznanie zasad pomiaru twardości metodą Vickersa.

III. Ważniejsze pytania kontrolne:

1. Istota pomiaru twardości sposobem Vickersa
2. Budowa i zasada działania twardościomierza Vickersa
3. Wpływ obciążenia na wynik pomiaru twardości w metodzie Vickersa
4. Związki między twardością Vickersa a własnościami mechanicznymi stali
5. Błędy pomiarów twardości na powierzchniach zakrzywionych (sferycznych lub walcowych)
6. Inne metody badania twardości materiałów przy użyciu wgłębników w kształcie piramidki diamentowej
7. Zalety i wady metody Vickersa
8. Porównanie zalet i wad prób twardości metodą Brinella, Rockwella i Vickersa.

IV. Literatura:

1. Przybyłowicz K.: Metaloznawstwo. WNT, Warszawa 2007.
2. Blicharski M.: Inżynieria materiałowa. WNT, Warszawa 2014.
3. Praca zbior. pod red. A. Werońskiego: Ćwiczenia laboratoryjne z inżynierii materiałowej. Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin 2002.
4. Dobrzański L. A.: Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo, materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego. WNT, Warszawa 2002.
5. PN-EN ISO 6507-1. Metale. Pomiar twardości sposobem Vickersa. Część 1: Metoda badań.
6. PN-EN ISO 6507-2. Metale. Pomiar twardości sposobem Vickersa. Część 2: Sprawdzanie twardościomierzy.
7. PN-93/H-04357. Stal i staliwo. Tablice porównawcze twardości określonej sposobem Rockwella, Vickersa, Brinella, Shore'a i wytrzymałości na rozciąganie.

## V. Przebieg ćwiczenia:

### 1. Materiały i urządzenia do badań

1.1. Twardościomierz typ HPO-250 (Vickers-Brinell)

1.2. Wzorce kontrolne twardości

1.3. Próbkki metali i stopów:

- a) ze stali gatunek C10, C22, C30, C45, C60 po wyżarzaniu normalizującym
- b) ze stali gatunek 41Cr4 normalizowane, hartowane, hartowane i odpuszczane
- c) ze stali gatunek 41Cr4 hartowane powierzchniowo
- d) ze stali gatunek C10E, 16MnCr5, 18CrNiMo7-6 po nawęglaniu
- e) ze stali gatunek 34CrAlMo5-10 azotowane
- f) ze stali szybkotnącej HS18-0-1 hartowane i odpuszczane
- g) próbki cienkich blach stalowych, mosiężnych, duralowych
- h) próbki twardych stopów odlewniczych
- i) próbki węglików spiekanych.

1.4. Instrukcja obsługi twardościomierza typ HPO-250

1.5. Szlifierka, papiery ściernie, stanowisko do polerowania próbek metalograficznych zawieszoną proszku diamentowego.

### 2. Przebieg badań

Przed rozpoczęciem ćwiczenia student obowiązkowo **zapoznaje się z zaleceniami instrukcji BHP**. Prowadzący zajęcia sprawdza opanowanie wiadomości podanych w instrukcji BHP i znajomość problematyki badawczej. Po dopuszczeniu do wykonania ćwiczenia należy wykonać następujące czynności:

2.1. Uważnie przeczytać instrukcję obsługi twardościomierza

2.2. Sprawdzić jakość powierzchni badanych próbek w miejscu pomiaru twardości. Pomiar powinien być wykonany na gładkiej i równej powierzchni z usuniętą warstwą tlenków i zanieczyszczeń oraz dokładnie odtłuszczonej. W razie potrzeby szlifować ręcznie stosując papiery ściernie o ziarnistości 100÷800. Takie przygotowanie powierzchni powinno umożliwić dokładne wyznaczenie długości przekątnej odcisku. Zalecane jest stosowanie zabiegu polerowania lub elektropolerowania, aby zredukować do minimum ewentualne zmiany twardości warstwy powierzchniowej spowodowane np. nagraniem lub umocnieniem przez zgniot.

2.3. Zapoznać się z wymaganiami podanymi w normie PN-EN ISO 6507-1, następnie ustalić niezbędne warunki przeprowadzenia próby:

- a) dobrać największą dopuszczalną wartość siły obciążającej w zależności od grubości próbki lub badanej warstwy oraz przewidywanej twardości
- b) minimalną grubość próbki do badań lub badanej warstwy podano w załączniku A do normy
- c) należy stosować wartości sił obciążających podane w tablicy 3

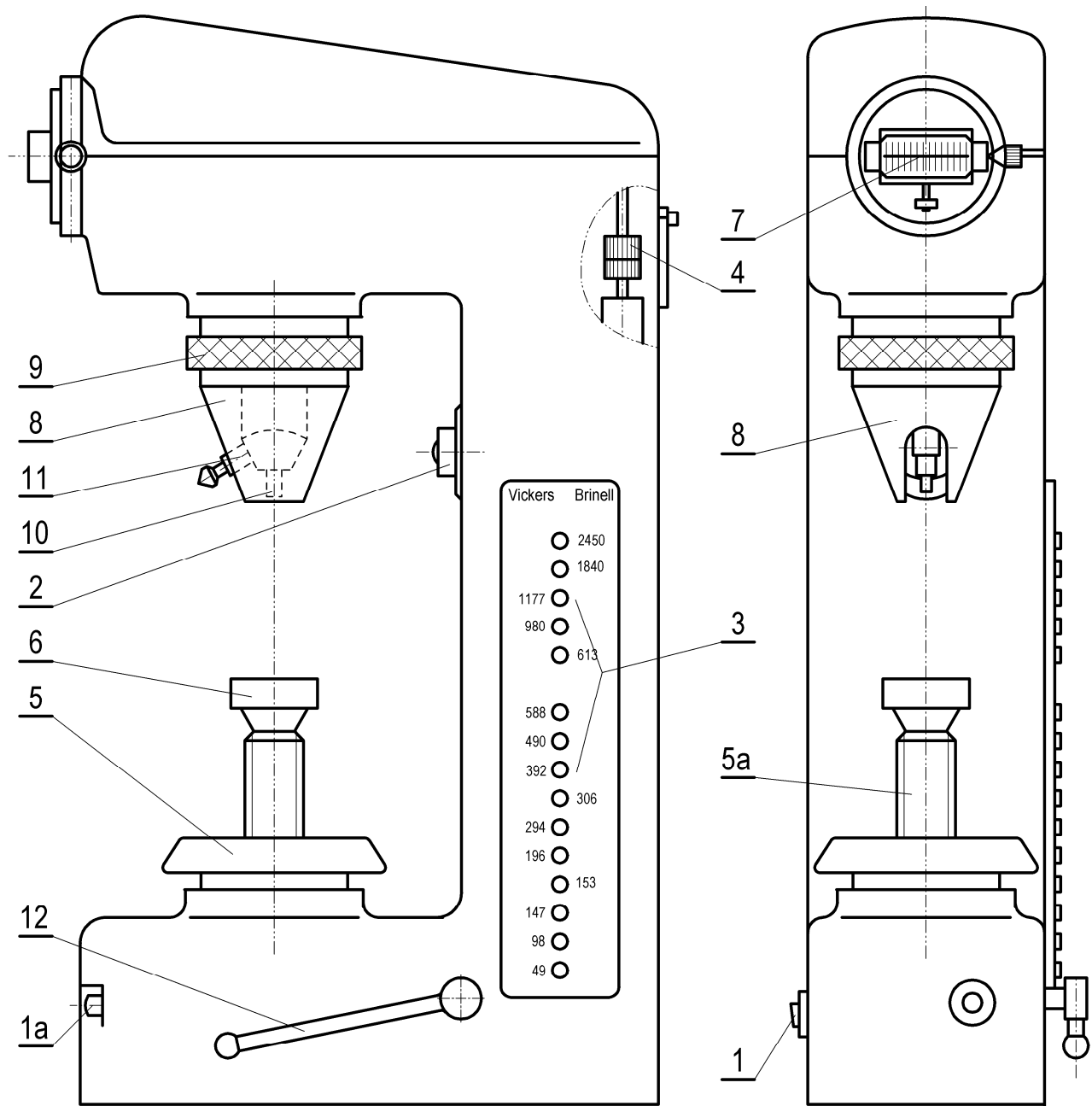
- d) określić czas działania siły obciążającej
  - e) ustalić minimalną odległość między środkami dwóch sąsiednich odcisków oraz odległość od brzegu próbki
  - f) określić dokładność pomiaru przekątnych odcisków
  - g) ustalić dokładność podawania wyników pomiarów twardości.
- 2.4. Opracować i uzgodnić z prowadzącym ćwiczenia zakres badań
  - 2.5. Zgodnie z instrukcją obsługi twardościomierza wykonać minimum jeden pomiar próbny
  - 2.6. Wykonać na każdej otrzymanej próbce po 3 odciski
  - 2.7. Zmierzyć długość dwóch przekątnych każdego z odcisków, za pomocą urządzenia pomiarowego z dokładnością do  $\pm 0,001$  mm. Do wyznaczenia twardości Vickersa należy przyjąć średnią arytmetyczną długości przekątnych jednego odcisku
  - 2.8. Obliczyć twardość Vickersa materiału w HV ze wzoru lub odczytać z tablic podanych w załączniku C. Przy pomiarach twardości na próbkach o powierzchniach sferycznych lub walcowych, należy wprowadzić korektę wyniku pomiaru w sposób podany w załączniku B
  - 2.9. Wykonać szkic badanych próbek z zaznaczeniem miejsc pomiaru twardości
  - 2.10. Wyniki badań zestawić w tablicy pomiarów
  - 2.11. W oparciu o PN-93/H-04357 porównać otrzymane twardości HV z twardościami według Brinella oraz Rockwella.
3. Opracowanie sprawozdania
 

Sprawozdanie z przeprowadzonych badań powinno zawierać:

    - 3.1. Cel badań, przedmiot badań, spis literatury
    - 3.2. Schemat ilustrujący zasadę działania twardościomierza Vickersa
    - 3.3. Dobór warunków pomiaru
    - 3.4. Szkic badanych próbek z zaznaczeniem miejsc pomiaru twardości
    - 3.5. Tabelaryczne zestawienie wyników badań
    - 3.6. Omówienie błędów pomiaru
    - 3.7. Wykres zmian twardości (np. wyznaczenie grubości warstwy utwardzonej)
    - 3.7. Wnioski dotyczące związków między twardością a budową strukturalną badanych materiałów.
  4. Materiały uzupełniające
    - 4.1. Instrukcja obsługi twardościomierza typ HPO-250 (Vickers-Brinell)
    - 4.2. Polskie Normy
      - PN-EN ISO 6507-1. Metale. Pomiar twardości sposobem Vickersa. Część 1: Metoda badań.
      - PN-93/H-04357. Stal i staliwo. Tablice porównawcze twardości określonej sposobem Rockwella, Vickersa, Brinella, Shore'a i wytrzymałości na rozciąganie.

## 4.1. Instrukcja obsługi twardościomierza typ HPO-250 (Vickers-Brinell)

### 4.1.1. Budowa i zasada działania



Rys.4.1. Schemat twardościomierza typ HPO-250:

1-włącznik sieciowy, 1a-włącznik obciążenia, 2-lampa projekcyjna, 3-tablica przycisków obciążenia, 4-pokrętło regulacji czasu działania obciążenia, 5-kółko ręczne, 5a-śruba podnośna, 6-stolik przedmiotowy, 7-urządzenie pomiarowe, 8-osłona dociskowa, 9-nakrętka do ustawiania ostrości widzenia powierzchni badanej, 10-objektyw, 11-oprawka węgelnika, 12-dźwignia odciążająca

## Dane techniczne

1. Maksymalne obciążenie: 2452 N.
2. Stopnie obciążenia dla metody Brinella: 153,2 N; 306,5 N; 612,9 N; 1839 N oraz 2452 N, razem 5 stopni. Na tablicy przycisków (3) wielkość obciążeń podano w zaokrągleniu do pełnych jednostek.
3. Stopnie obciążenia dla metody Vickersa: 49,03 N; 98,07 N; 147,1 N; 196,1 N; 294,2 N; 392,3 N; 490,3 N; 588,4 N; 980,7 N; 1176,8 N, razem 10 stopni. Na tablicy przycisków (3) wielkość obciążeń podano w zaokrągleniu do pełnych jednostek.
4. Powiększenia obiektywów urządzenia projekcyjnego: 35x, 70x, 140x.
5. Zakres pomiaru odcisku od 0 do 1,6 mm.
6. Śruba mikrometryczna o dokładność pomiaru:  $\pm 1 \mu\text{m}$ .

## Zasada działania

Twardościomierz HPO-250 przeznaczony jest do prowadzenia pomiarów twardości metali metodą Vickersa (piramidka diamentowa) lub metodą Brinella (kulka  $\phi 5$  i  $\phi 2,5$  mm). Zbudowany jest ze sztywnego korpusu i umieszczonych w nim głównych mechanizmów:

- podnoszenia i opuszczania przedmiotu
- regulacji wielkości obciążenia wgłębnika
- oświetlenia powierzchni przedmiotu i pomiaru wielkości odcisku.

W dolnej części korpusu twardościomierza ułożyskowana jest śruba podnośna (5a) podtrzymująca stolik przedmiotowy (6). Przesuwanie stolika w górę lub w dół realizowane jest przez obrót kółka ręcznego (5).

Docisk przedmiotu do stolika i jednocześnie ustawienie ostrości widzenia powierzchni badanej próbki realizowane jest za pomocą osłony dociskowej (8) i nakrętki (9). Osłona zabezpiecza przed uszkodzeniem układ optyczny i wgłębnik. Wewnątrz osłony dociskowej (8) znajduje się ułożyskowane wahliwe ramię, w którym zamocowany jest wymienny obiektyw (10) oraz stempel dociskowy z wgłębnikiem (11).

Wewnątrz korpusu twardościomierza umieszczona jest belka obciążnikowa z zespołem mechanizmów do wywierania obciążenia na wgłębnik (11). Wielkość obciążenia belki, a tym samym i wgłębnika, realizuje się za pomocą odpowiednich obciążników przez wciśnięcie wybranego przycisku na tablicy (3). Włączenie obciążenia belki obciążnikowej następuje po naciśnięciu przycisku (1a). Dźwignia (12) służy do podnoszenia wieszaka z obciążnikami, tj. odciążania wgłębnika.

Lampa projekcyjna (2) rzuca koncentrycznie promienie światła na pryzmat, który kieruje je na górną powierzchnię badanej próbki, a następnie na matówkę urządzenia pomiarowego (7). Dzięki temu, przy włączonym obiektywie rzutowana jest na matówkę górna powierzchnia badanej próbki, względnie wykonany odcisk pomiarowy.

Pomiaru przekątnej odcisku dokonuje się mierząc powiększony obraz odcisku przy użyciu skali na ekranie matówki i śruby mikrometrycznej urządzenia pomiarowego (7).

#### 4.1.2. Przebieg próby

Próbie twardości Vickersa należy przeprowadzić zgodnie z normą PN-EN ISO 6507-1 oraz niżej podanymi wskazówkami:

1. Na stempel tłoczniaka nakręcić oprawkę z wgłębnikiem diamentowym (11).
2. Sprawdzić powiększenie obiektywu (10) umieszczonego na wahliwym ramieniu wewnątrz osłony dociskowej (8). W zależności od zastosowanego obiektywu uzyskany wynik pomiaru przekątnej odcisku mnoży się przez odpowiedni współczynnik. Dla powiększenia 35x (oznaczenie obiektywu 5) stosuje się współczynnik 2, dla powiększenia 70x (obiektyw 10) współczynnik 1 oraz dla powiększenia 140x (obiektyw 20) współczynnik 0,5.
3. W gniazdo śruby podnośnej (5a) włożyć stolik przedmiotowy (6) odpowiedni do kształtu przedmiotu i jego wielkości. Stolik winien zapewniać:
  - prostopadłość badanej powierzchni do kierunku działania obciążenia,
  - zamocowanie próbki bez odkształceń sprężystych i przesunięć pod wpływem działania obciążenia.
4. Sprawdzić jakość powierzchni badanych próbek w miejscu pomiaru twardości. Pomiar powinien być wykonany na gładkiej i równej powierzchni z usuniętą warstwą tlenków i zanieczyszczeń oraz dokładnie odfuszczonej. W razie potrzeby szlifować ręcznie stosując papiery ściernie o ziarnistości 100÷800. Takie przygotowanie powierzchni powinno umożliwić dokładne wyznaczenie długości przekątnej odcisku. Zalecane jest stosowanie zabiegu polerowania lub elektropolerowania, aby zredukować do minimum ewentualne zmiany twardości warstwy powierzchniowej spowodowane np. nagraniem lub umocnieniem przez zgniot.
5. Za pomocą wtyczki podłączyć twardościomierz do sieci i nacisnąć włącznik sieciowy (1), wówczas zaświeci się lampa projekcyjna (2).
6. Na tablicy (3) wcisnąć przycisk odpowiedni dla wymaganego obciążenia. Dźwignia (12) musi znajdować się w dolnym położeniu.
7. Ustawić badaną próbkę na stoliku przedmiotowym, zwracając uwagę na dobre przyleganie powierzchni oporowej stolika i próbki.
8. Kółkiem ręcznym (5) powoli obracać w prawo, podnosząc przedmiot w pobliżu powierzchni czołowej osłony dociskowej (8), jednocześnie obserwując obraz na matówce urządzenia pomiarowego (7). Po uzyskaniu dobrej ostrości widzenia powierzchni badanej próbki, przestajemy obracać kółkiem ręcznym. Przesuwając próbkę na powierzchni stolika przedmiotowego należy wybrać miejsce wykonania odcisku. Po ostatecznym ustawieniu próbki, dociska się osłonę (8) do próbki przez ręczne obracanie nakrętki pierścieniowej (9). Obraz powierzchni próbki musi być ostry.
9. Nacisnąć przycisk (1a), wówczas następuje automatycznie odchylenie w bok obiektywu (brak obrazu na matówce) i ustawienie wgłębniaka (11) w pozycji roboczej, a następnie stopniowe zwolnienie wybranego na tablicy (3) obciążenia.

Dźwignia (12) podnosi się w górne położenie. Czas podnoszenia dźwigni winien wynosić 10÷15 s, lub dłużej zależnie od wymagań. Regulację prędkości obciążania wgłębnika realizuje się za pomocą pokrętła (4) - obracając w prawo zmniejszamy czas działania obciążenia, a obracając w lewo zwiększamy.

10. Po upływie ustalonego czasu działania obciążenia, kiedy dźwignia odciążająca (12) znajdzie się w górnym położeniu, zdjąć obciążenie wgłębnika przesuważając energicznie dźwignię (12) w dolne położenie do oporu.
11. Zdjęcie obciążenia wgłębnika powoduje automatycznie obrócenie obiektywu w położenie pomiarowe (wgłębnik odchyła się na bok), a na ekranie pomiarowym ukazuje się obraz powierzchni z widocznym odciskiem.
12. Wykonać pomiar długości przekątnych odcisku piramidki diamentowej. Podstawą do określenia twardości Vickersa jest średnia arytmetyczna długości dwóch przekątnych jednego odcisku. Z tego powodu głowica z matówką jest obrotowa, co umożliwia pomiar w każdym kierunku. Dokładność wykonania pomiaru długości przekątnych odcisku za pomocą urządzenia pomiarowego (7) wynosi 0,001 mm. Skala pomiarowa jest trzystopniowa: duże działki skali na matówce odpowiadają 0,1 mm, mniejsze działki odpowiadają 0,01 mm, a za pomocą śruby mikrometrycznej osiąga się dokładność pomiaru 0,001 mm,

Uwaga: uwzględnić współczynniki przeliczeniowe w zależności od zastosowanego obiektywu.

Obliczyć twardość Vickersa materiału w HV ze wzoru lub odczytać z tablic podanych w załączniku C. Przy pomiarach twardości na próbkach o powierzchniach sferycznych lub walcowych, należy wprowadzić korektę wyniku pomiaru w sposób podany w załączniku B.

13. Obracając kółkiem ręcznym /5/ w lewo, opuścić stolik z badanym przedmiotem.
14. Przesunąć próbkę w miejsce następnego odcisku. Odległość między środkami dwóch sąsiednich odcisków powinna być, co najmniej trzy razy większa od średniej długości przekątnej odcisku. Odległość między krawędzią próbki a środkiem odcisku powinna być, co najmniej 2,5 razy większa od średniej długości przekątnej odcisku.

#### **4.1.3. Uwagi ogólne**

1. Twardościomierz zasilany jest napięciem 220 V. Należy zwrócić uwagę na właściwe podłączenie do sieci (zerowanie).
2. Należy zachować szczególną ostrożność przy wkładaniu i wyjmowaniu wgłębnika diamentowego.
3. Podstawowymi warunkami zabezpieczającymi wgłębnik i twardościomierz przed uszkodzeniem są:
  - a/ właściwe i pewne dociśnięcie osłony dociskowej (8) do powierzchni próbki tak, aby w czasie pomiaru przedmiot nie uległ odkształceniu i nie przesunął się,

- b/ powierzchnia styku próbki ze stolikiem przedmiotowym powinna być płaska i wolna od zanieczyszczeń,
- c/ prawidłowe ustawienie odległości końcówki wgłębnika diamentowego od powierzchni czołowej osłony dociskowej (8) tak, aby w czasie pomiaru piramidka nie zaczepiła o powierzchnię próbki, Kończówka piramidki winna być cofnięta od czoła osłony dociskowej o około 0,2 mm.
- d/ pomiaru twardości dokonywać tylko wtedy, gdy obraz powierzchni przedmiotu jest wyraźnie i ostro widoczny na matówce urządzenia pomiarowego,
- e/ po wykonaniu odcisku próbnego, ponownie dokręcić oprawkę z wgłębnikiem diamentowym.