 <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 2.1</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 Brinella.**

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

III. Ważniejsze pytania kontrolne:

1. Istota pomiaru twardości sposobem Brinella
2. Budowa i zasada działania twardościomierza Brinella
3. Wpływ wielkości zastosowanego obciążenia na wynik pomiaru twardości w metodzie Brinella
4. Związki między twardością Brinella a wytrzymałością na rozciąganie
5. Inne metody badania twardości materiałów przy użyciu wgłębników w kształcie kulki
6. Zalety i wady próby twardości metodą Brinella.

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 6506-1. Metale. Pomiar twardości sposobem Brinella. Część 1: Metoda badań.
6. PN-EN ISO 6506-2. Metale. Pomiar twardości sposobem Brinella. Część 2: Sprawdzanie i wzorcowanie 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 hydrauliczny Brinella typ B2

1.2. Mikroskop do odcisków Brinella

1.3. Wzorce kontrolne twardości

1.4. Próbki metali i stopów:

a) ze stali gatunek E235 i E360 w stanie surowym oraz po wyżarzaniu zupełnym

b) ze stali gatunek C10, C22, C30, C45, C60 po wyżarzaniu normalizującym

c) żeliwo szare, żeliwo sferoidalne, staliwo węglowe, stal S235J2

d) żelazo armco, miedź, aluminium, tytan

e) mosiądz, brąz, dural, stop tytanu.

1.5. Instrukcja obsługi twardościomierza typ B2

1.6. Instrukcja obsługi mikroskopu do pomiarów odcisków Brinella

1.7. Szlifierka, papiery ściernie.

### 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 płaskiej i gładkiej powierzchni, bez warstwy tlenków i zanieczyszczeń a zwłaszcza odtłuszczonej. W razie potrzeby szlifować ręcznie stosując papiery ściernie o ziarnistości 100÷300

2.3. Zapoznać się z wymaganiami podanymi w normie PN-EN ISO 6506-1, następnie ustalić niezbędne warunki przeprowadzenia próby:

a) dobrać średnicę kulki  $D$  w zależności od grubości próbki (załącznik B do normy). Aby pomiar był reprezentatywny, zaleca się wybrać jak największą średnicę kulki

b) należy stosować wartości sił obciążających podane w tablicy 2

c) wielkość siły obciążającej  $F$  dobrać tak, aby średnica odcisku  $d$  znajdowała się między wartościami  $0,24 D$  i  $0,6 D$ . Aby spełnić ten warunek, stosunek siły do średnicy ( $0,102 \cdot F/D^2$ ) powinien być dobrany w zależności od materiału i zakresu twardości, jak podano w tablicy 3

d) określić czas działania siły obciążającej

e) ustalić minimalną odległość między środkami dwóch sąsiednich odcisków oraz odległość od brzegu próbki

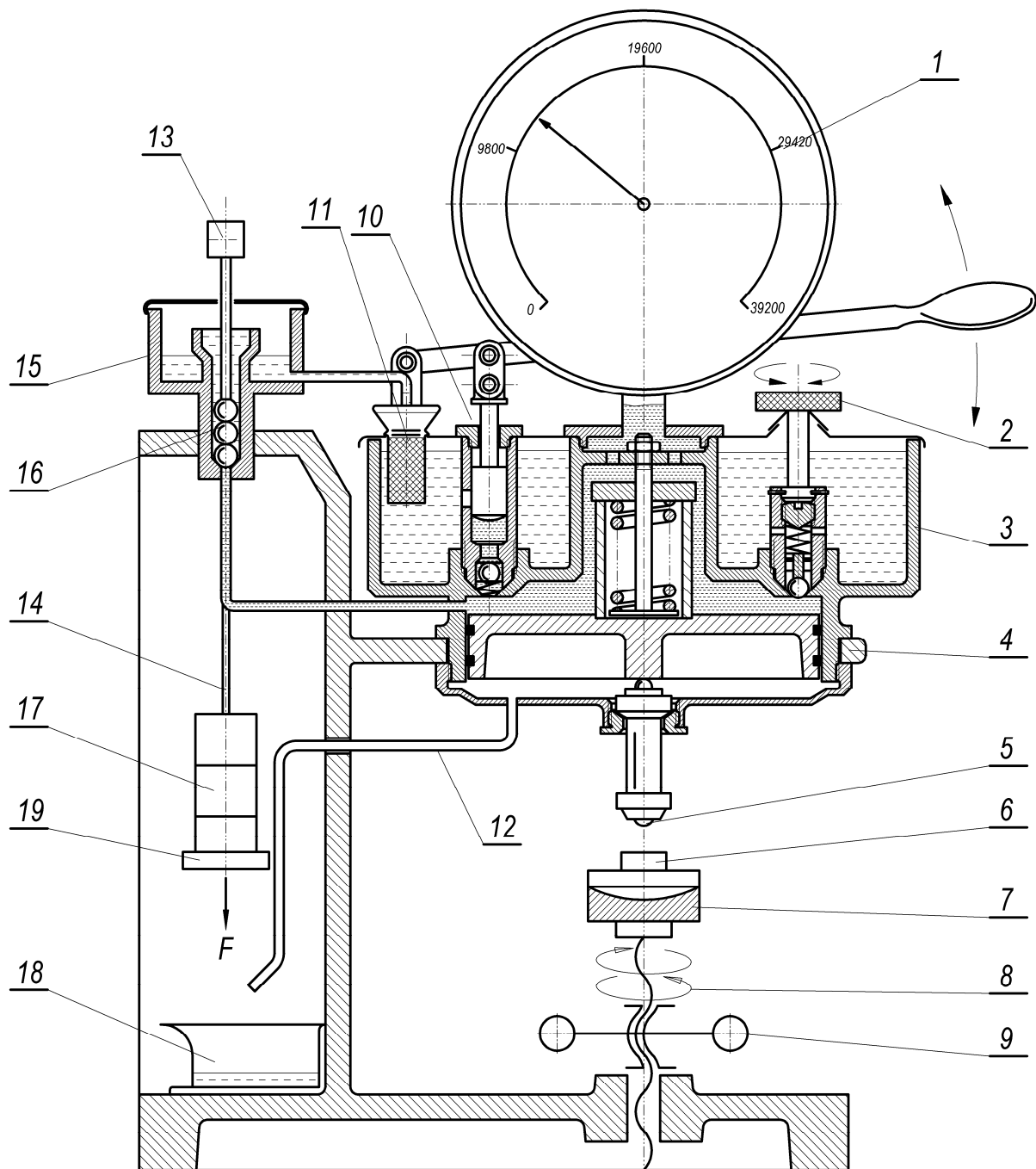
f) określić dokładność pomiaru średnicy odcisków

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. Za pomocą mikroskopu do odcisków Brinella dokonać pomiaru średnic odcisków w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach
  - 2.8. Wykonać szkic badanych próbek z zaznaczeniem miejsc pomiaru twardości
  - 2.9. Wyznaczyć twardość Brinella materiału w HBW ze wzoru lub odczytać z tablic podanych w załączniku C
  - 2.10. W oparciu o PN-93/H-04357 porównać otrzymane twardości HBW z twardościami według Vickersa oraz Rockwella
  - 2.11. Wyznaczyć wartość wytrzymałości na rozciąganie  $R_m$  badanych próbek.
3. Opracowanie sprawozdania
- Sprawozdanie z przeprowadzonych badań powinno zawierać:
- 3.1. Cel badań, przedmiot badań, spis literatury
  - 3.2. Schemat ilustrujący zasadę działania twardościomierza Brinella
  - 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. wpływ zawartości węgla na twardość stali konstrukcyjnych węglowych)
  - 3.7. Wnioski dotyczące związków między twardością a budową strukturalną badanych materiałów.
4. Materiały uzupełniające
- 4.1. Instrukcja obsługi twardościomierza Brinella typ B2
  - 4.2. Instrukcja obsługi mikroskopu MPB-2 do pomiarów odcisków Brinella.
  - 4.3. Polskie Normy
    - PN-EN ISO 6506-1. Metale. Pomiar twardości sposobem Brinella. 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 Brinella typ B2

### 4.1.1. Budowa i zasada działania



Rys.4.1. Schemat twardościomierza Brinella:

1-siłomierz manometryczny, 2-zawór przepływowy, 3-cylinder, 4-tłok, 5-wgłębnik (kulka  $\phi 10$ ;  $\phi 5$  lub  $\phi 2,5$  mm), 6-przedmiot badany, 7-stolik przedmiotowy, 8-śruba podnośna, 9-kółko ręczne, 10-pompka ręczna, 11-filtr oleju, 12-odpływ oleju, 13-jarżmo, 14-pręt do zawieszania obciążników, 15-cylinderek, 16-tłoczek kulkowy, 17-obciążniki, 18-zbiornik oleju, 19-szalka.

## Zasada działania

Twardościomierz hydrauliczny do pomiaru twardości sposobem Brinella składa się z trzech zasadniczych zespołów osadzonych w korpusie. W górnej przedniej części korpusu znajduje się zespół cylindra z tłokiem służącym do przekazywania wymaganego nacisku przez wgłębnik (kulkę) na próbkę lub przedmiot badany. W górnej tylnej części korpusu znajduje się zespół do ustalenia ciśnienia, którego zadaniem jest wytworzenie i utrzymanie stałego obciążenia w pewnym okresie czasu. W dolnej przedniej części korpusu znajduje się śruba podnośna, na której osadzony jest stolik przedmiotowy.

W dolnej części cylindra (3) będącego jednocześnie głównym zbiornikiem oleju, znajduje się tłok (4). Wymienne oprawki kulek (5) nakręcane są na trzpień osadowy w tłoku (4). Na górnej zwężonej części cylindra umieszczony jest siłomierz manometryczny (1).

Olej znajdujący się w głównym zbiorniku przetłaczany jest pompką ręczną (10) ponad tłok (4). W czasie pompowania przy zamkniętym zaworze przepływowym (2), olej wywiera nacisk na tłoczek kulkowy (16) oraz na tłok (4). W czasie pompowania oleju, gdy uprzednio próbka (6) została doprowadzona do zetknięcia się z kulką (5), ciśnienie w cylindrze wzrasta, aż do momentu podniesienia się jarzma (13) z obciążnikami (17) umieszczonymi na szalce (19) na wysokość ok. 30 mm. Zbyt wysokie podniesienie jarzma (13) wraz z obciążnikami powoduje wypływ oleju z cylinderka (15) poprzez zbiornik przelewowy, rurkę i filtr (11) do zbiornika głównego. Po zaprzestaniu pompowania jarzmo utrzymuje stałe obciążenie działające na kulkę (5). Żądaną wielkość obciążenia uzyskuje się poprzez zawieszenie odpowiednich obciążników (patrz - tabliczka obciążeń znajdująca się na korpusie). Obciążenie działające na próbkę wskazuje orientacyjnie siłomierz manometryczny (1). W zawór przepływowy (2) wbudowany jest zawór bezpieczeństwa działający przy przekroczeniu obciążenia 35000 N. Śruba podnośna (8) uruchamiana kółkiem ręcznym (9) służy do mocowania stolika (7) np. płaskiego, pryzmatycznego lub z podkładką kulistą oraz podnoszenia bądź opuszczania badanej próbki (6).

### 4.1.2. Przebieg próby

Pomiary twardości próbek należy przeprowadzić zgodnie z normą PN-EN ISO 6506-1 oraz niżej podanymi wskazówkami:

#### 1. Dobór średnicy kulki

Twardościomierz Brinella typ B2 przystosowany jest do pomiarów przy użyciu kulek o średnicy 2,5; 5 i 10 mm. Średnicę kulki  $D$  dobiera się w zależności od grubości badanej próbki (załącznik B do normy). Aby pomiar był reprezentatywny, zaleca się wybrać jak największą średnicę kulki. Tak dobraną kulkę należy założyć do oprawki twardościomierza.

#### 2. Wielkość siły obciążającej

Wielkość siły obciążającej  $F$  należy dobrać tak, aby średnica odcisku  $d$  znajdowała się między wartościami  $0,24 D$  i  $0,6 D$ . Aby spełnić ten warunek, stosunek siły do średnicy ( $0,102 \cdot F/D^2$ ) powinien być dobrany w zależności od materiału i zakresu

twierdności, jak podano w tabelicy 3 powyższej normy. Na korpusie twierdnościomierza umieszczona jest następująca tabliczka:

Tabela obciążeń

Sposób pomiaru	Obciążenie	Oznaczenia obciążników
HBW 2,5/187,5	1839	A /szalka/
HBW 5/250	2452	A + B
HBW 10/250	2452	A + B
HBW 10/500	4903	A + B + C
HBW 5/750	7355	A + B + D
HBW 10/1000	9807	A + B + C + D
HBW 10/3000	29420	A + B + C + D + E + F

Twardościomierz wyposażony jest w obciążniki oznaczone kolejnymi literami, dające następujące obciążenia:

A - szalka /obciążenie stałe/	1839 N
B - obciążnik	613 N
C - obciążnik	2452 N
D - obciążnik	4903 N
E - obciążnik	9807 N
F - obciążnik	9807 N

**Przykład:** Dobrano kulkę  $\phi 5$  mm i obciążenie badanej próbki stalowej 7355 N.

Po zdjęciu osłony na szalkę twierdnościomierza należy nałożyć następujące obciążniki:

szalka A	-	1839 N
obciążnik B	-	613 N
obciążnik D	-	4903 N
		<hr/>
łącznie	-	7355 N

3. Po włożeniu kulki do oprawki, nałożeniu odpowiednich obciążników i założeniu osłony, dobieramy właściwy stolik przedmiotowy:

przedmioty płaskie równoległe	-	stolik płaski
przedmioty płaskie nierównoległe	-	stolik z podkładką kulistą
przedmioty okrągłe	-	stolik z pryzmą

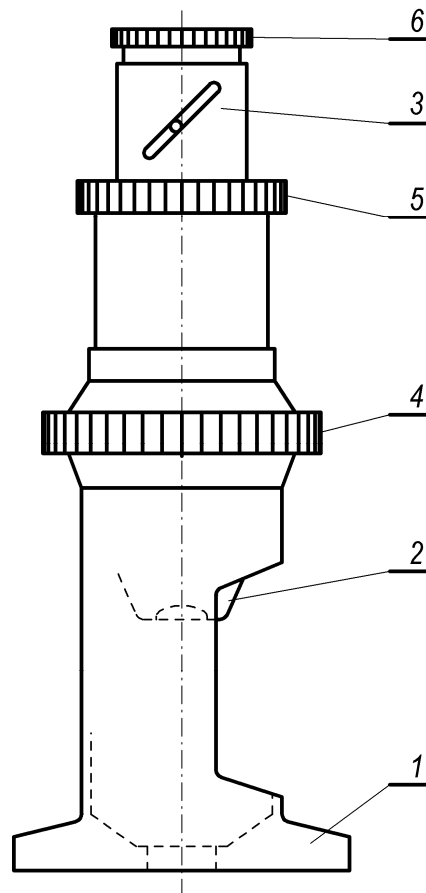
Stolik nakładamy na śrubę podnośną (8). Na stoliku kładziemy przygotowaną do badań próbkę tak, aby była poziomo (prostopadle do kierunku działania siły). Odstęp środka odcisku od krawędzi badanej próbki powinien być większy od 2,5-krotnej średnicy odcisku. Odstęp środków sąsiednich odcisków powinien być większy od 3-krotnej średnicy odcisku.

4. Kółkiem ręcznym (9) podnieść stolik (7) do zetknięcia kulki z powierzchnią badanego przedmiotu (do lekko wyczuwalnego oporu).
5. Zamknąć zawór przepływowy (2) - zakręcić do oporu w prawo.
6. Rączką pompki (10) pompować olej obserwując wskazania na siłomierzu manometrycznym (1), gdy wskazówka manometru zbliży się dożądanego obciążenia, pompować powoli, aż do podniesienia się jarzma (13) na wysokość max 30 mm. Moment podniesienia się jarzma jest sygnałem uzyskania wymaganego obciążenia. Czas działania siły obciążającej powinien wynosić od 10 do 15 s. W przypadku określonych materiałów, dla których jest wymagany dłuższy czas działania obciążenia, dokładność pomiaru czasu powinna wynosić  $\pm 2$  s.
7. Po uzyskaniu wymaganego czasu działania obciążenia powoli otwierać (odkręcać w lewo) zawór przepływowy (2), aż wskazówka manometru opadnie w pobliże zera.
8. Kółkiem (9) obracając w lewo, opuścić stolik z badanym przedmiotem. Zdjąć badany przedmiot ze stolika i dokonać pomiarów odcisku.

#### **4.1.3. Uwagi ogólne**

- a) Badanie przedmiotów niewielkich i kruchych stwarza niebezpieczeństwo zranienia przez odłamki.
- b) Ze względu na bezpieczeństwo oraz możliwość zniszczenia kulki, nie należy badać twardości przedmiotów stalowych hartowanych bądź innych o twardości większej jak 450 HB.
- c) Bezwzględnie przerwać pompowanie oleju z chwilą podniesienia się jarzma na wysokość 30 mm. Dalsze pompowanie grozi uszkodzeniem twardościomierza i rozpryskiem oleju.

## 4.2. Instrukcja obsługi mikroskopu do pomiarów odcisków Brinella



Rys.4.2. Schemat mikroskopu do pomiarów odcisków Brinella:

1-podstawa korpusu, 2-obiektyw, 3-okular (o działce elementarnej 0,05 mm), 4-pokrętło regulacji ostrości widzenia powierzchni przedmiotu, 5-pokrętło do obracania skali, 6-pokrętło do regulacji ostrości widzenia skali. Powiększenie mikroskopu 25x

1. Za pomocą pokrętła (6) dostosować ostrość widzenia skali do wzroku.
2. Mikroskop ustawić na badanej powierzchni.
3. Pokrętłem (4) wyregulować ostrość widzenia powierzchni badanej.
4. Przesunąć mikroskop na odcisk, ustawić skalę symetrycznie do osi odcisku i odczytać jego średnicę, obrócić skalę o  $90^\circ$  i ponownie odczytać średnicę. Średnia arytmetyczna obu pomiarów służy do obliczenia twardości Brinella.

**Uwaga:** Nie dotykać palcami szkła obiektywu i okularu.

Po zakończeniu pomiarów włożyć mikroskop do pudełka.

Chronić przed uderzeniami i wstrząsami.