



Przedmiot: Inżynieria Powierzchni / Powłoki Ochronne / Powłoki Metaliczne i Kompozytowe

Temat ćwiczenia:

**Pomiar mikrotwardości azotowanej warstwy powierzchniowej**

### I. Wstęp

Twardością nazywa się odporność materiału na obciążenie (wnikanie wgłębnika) skupione na bardzo małej powierzchni. Jest to istotna cecha materiału, w tym przypadku warstwy powierzchniowej, określające jej właściwości użytkowe, na przykład takie jak zużycie ściernie.

Pomiary mikrotwardości dokonywane są przy małych i bardzo małych obciążeniach, z tego względu przy ich pomocy można dokonywać pomiarów twardości elementów bardzo małych lub o niewielkiej grubości, jak np. ostrzy żyłki do golenia, osi zegarków naręcznych, cienkich drutów, taśm o grubości kilku setnych milimetra, warstw bardzo płytko nawęglanych, azotowanych i chromowanych, twardości poszczególnych składników strukturalnych stopów (np.: perlit, ferryt, cementyt), rozkładu twardości w spoinach, twardości materiałów ściernych, itp.

Metoda pomiaru mikrotwardości	Vickersa	Knoopa	Chruszczowa	Grodzińskiego
Wgłębnik i kształt odcisku	<p>Ostrosłup</p>	<p>Ostrosłup rombowy</p>	<p>Ostrosłup trójścienny</p>	<p>Podwójny stożek</p>

Rys. 1. Metody pomiarów mikrotwardości

Pomiary mikrotwardości przeprowadza się wieloma sposobami różniącymi się przede wszystkim kształtem wgłębnika i wynikającym z tego sposobem obliczania wartości mikrotwardości (rys.1.):

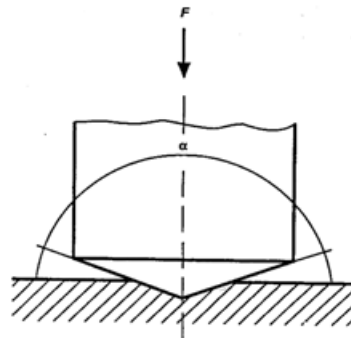
- metoda Vickersa – przy zastosowaniu penetratora w kształcie ostrosłupa o kącie wierzchołkowym  $136^\circ$ ,
- metoda Knoopa – przy zastosowaniu penetratora w kształcie ostrosłupa rombowego,
- metoda Bierkowicza – przy zastosowaniu penetratora w kształcie ostrosłupa trójściennego,
- metoda Grudzińskiego – przy zastosowaniu penetratora w kształcie podwójnego stożka.

#### 1. Metoda Vickersa

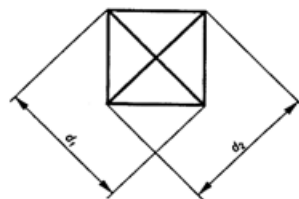
Sama zasada pomiaru mikrotwardości HV właściwie nie różni się od zasady pomiaru makrotwardości HV. Istotna różnica polega nie tylko na zastosowaniu mniejszych obciążeń, ale przede

wszystkim na dokładności wykonania wglębniaka, gładkości badanej powierzchni i innych elementów mających wpływ na wynik pomiaru.

Ostrosłup diamentowy wglębniaka powinien mieć między przeciwległymi ścianami kąt ( $\alpha$ ) równy  $136^{\circ} 20'$  (rys.2.). Wszystkie ściany ostrosłupa powinny być jednakowo nachylone do osi z dokładnością do  $20'$ . Wierzchołek powinien być ostro zakończony, dopuszczalna długość krawędzi do  $0,5 \mu\text{m}$ . Ostrosłup powinien być wy-polerowany i nie powinien wykazywać pęknięć, zadrapań lub innych wad widocznych przy powiększeniu 50 - krotnym. Krawędzie i wierzchołek nie powinny wykazywać wykruszeń i innych wad widocznych przy 500 - krotnym powiększeniu. Robocza część wglębniaka i badana powierzchnia próbki powinny być w czasie próby suche i odtuszczone.



a) wglębniak (diamentowa piramidka)



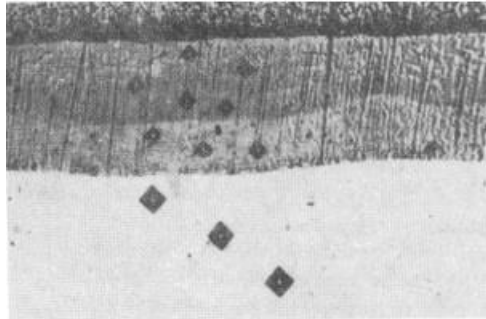
b) odcisk Vickersa

Rys. 2. Pomiar mikrotwardości sposobem Vickersa

Przy pomiarach twardości warstwy powierzchniowej należy często wykonywać odciski w bezpośredniej odległości od brzegu zglądu. Złe przygotowanie zglądu próbki powoduje zaokrąglenie brzegu próbki, co przyczynia się do zniekształcenia odcisków. W celu uniknięcia zaokrąglenia należy próbkę zamocować w uchwycie z tego samego materiału co próbka, w ten sposób aby nie było szczelin między badaną próbką i uchwytem. Często, aby uniknąć zaokrąglenia brzegów, łączy się dwie próbki powierzchniami ze sobą i jednocześnie poleruje. Próbki bardzo małe należy wtapiać w pierścieniu metalowe za pomocą szelaku lub stopów łatwo topliwych albo wprasowywać w żywice sztuczne.

Wykonanie odcisków bardzo blisko siebie powoduje nakładanie się odkształceń i utwardzeń, przez co otrzymane wyniki są nieprawidłowe. Aby uniknąć wzajemnego wpływu odcisków należy dbać o to, aby odległość między środkami dwóch sąsiadujących odcisków była co najmniej trzy razy większa od średniej długości przekątnej odcisku w przypadku stali, miedzi i stopów miedzi (rys. 3.). Natomiast w przypadku metali lekkich, ołowiu i cyny oraz ich stopów odległość ta powinna być co najmniej sześć razy większa. Jeżeli dwa sąsiadujące odciski różnią się wymiarem, odległość ta powinna być określona na podstawie średniej długości przekątnej większego odcisku. Odległość między środkiem odcisku a krawędzią próbki powinna być co najmniej 2,5 razy większa od średniej

długości przekątnej odcisku w przypadku stali, miedzi i stopów miedzi. W przypadku metali lekkich, ołowiu i cyny oraz ich stopów odległość ta powinna być 3 razy większa. Grubość próbki lub badanej warstwy powinna wynosić co najmniej  $3/2$  długości przekątnej odcisku. Na odwrotnej stronie próbki nie powinno być śladów odkształceń wywołanych działaniem obciążenia wgłębnika pod miejscem odcisku.



Rys. 3. Odciski pomiaru mikrotwardości warstwy azotowanej stali 1H18N9 (powiększenie x 300).

Obciążenie wgłębnika wg normy (PN-EN ISO 6507-1) może wynosić: 0,049; 0,098; 0,196; 0,49; 0,98; 1,96 i 4,9 N (czyli 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2 i 0,5 kG), ale dopuszcza się dowolne obciążenia poniżej 9,8 N (1kG).

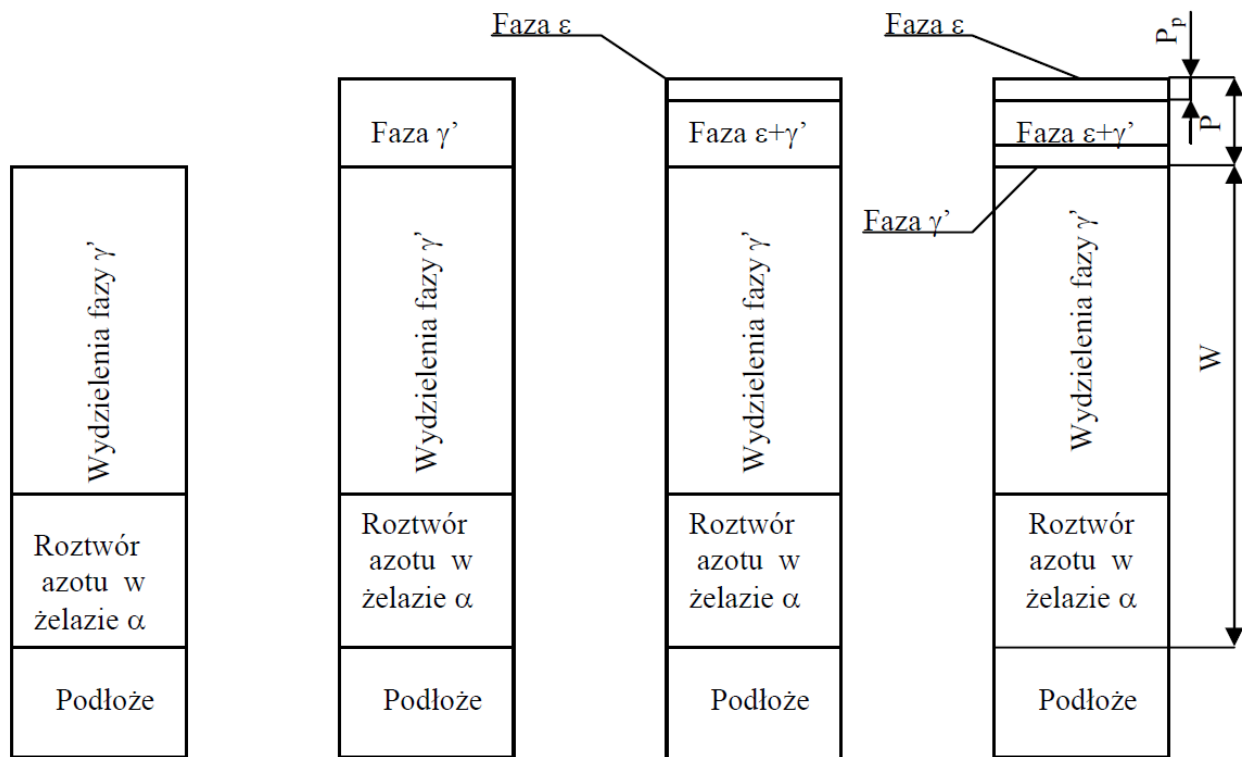
Dla uzyskania prawidłowych wyników pomiarów bardzo ważne jest, aby ze-tknięcie się powierzchni próbki z wgłębnikiem nastąpiło bez uderzeń i wstrząsów. Norma ogranicza czas zwiększania obciążenia do osiągnięcia żądanej siły  $F$  do 15 s. Czas utrzymania całkowitego obciążenia  $F$  na wgłębnik wg normy powinien wynosić 15 s. Przedmiot badany powinien być ułożony na stoliku przedmiotowym tak, aby badana powierzchnia płaska była prostopadła do osi wgłębnika (kierunku obciążenia). Podczas pomiaru przedmiot nie powinien ulec poruszeniu, ani odkształceniu. Jeżeli istnieje jakiegokolwiek prawdopodobieństwo, że warunek ten może nie być spełniony, należy przedmiot odpowiednio zamocować na stoliku pomiarowym.

Mikrotwardość Vickersa oznacza się identycznie jak makrotwardość Vickersa, tj. po symbolu HV podaje się liczbę oznaczającą obciążenie w kilogramach - siły działającej na wgłębnik, np. HV 0,05 (obciążenie 0,05 kG). Twardość równą lub większą od 100 HV należy podawać z dokładnością równą lub mniejszą niż 1 HV, a twardość poniżej 100 HV - z dokładnością nie mniejszą niż 0,1 HV.

## 2. Charakterystyka warstwy azotowanej

Azotowanie polega na wprowadzeniu do warstwy wierzchniej przedmiotu stalowego (zazwyczaj ulepszanego cieplnie) – azotu, który tworząc odpowiednie związki przyczynia się do uzyskania bardzo twardej i odpornej na ścieranie warstwy powierzchniowej i to już bez dodatkowych zabiegów cieplnych.

W budowie warstwy azotowanej można wyróżnić obszar składający się z azotków (P) oraz strefę dyfuzyjną (W) sięgającą do podłoża (rys. 4.). W obszarze azotkowym (P) wyróżnia się idąc od powierzchni w głąb: strefę porowatą ( $P_p$ ) składającą się z węgloazotków  $\epsilon$  ( $Fe_{2-3}/N,C$ ), strefę zbudowaną z mieszaniny  $\epsilon$  i  $\gamma'$  i strefę zbudowaną z azotków  $\gamma'$  ( $Fe_4N$ ). Strefa azotowania wewnętrznego (W) składa się z ferrytu i azotków  $\gamma'$  lub azotków dodatków stopowych, jak Al, Cr, Mo i W.



Rys. 4. Odmiiany warstw azotowanych wytworzonych w temperaturze poniżej 590°C na stalach węglowych i stopowych; P – strefa przypowierzchniowa, P<sub>p</sub> – strefa porowata, W – strefa azotowania wewnętrznego.

## **II. Część praktyczna**

### **Cel ćwiczenia**

Celem ćwiczenia jest dokonanie pomiaru rozkładu mikrotwardości na zglądzie poprzecznym dwóch próbek azotowanych w atmosferze gazowej w czasie 5 i 10 godz.

### **Przebieg ćwiczenia:**

1. Przeprowadzić pomiar rozkładu mikrotwardości sposobem Vickersa.
2. Przedstawić na wykresie wyniki pomiarów (na osi rzędnej – mikrotwardość; na osi odciętych – odległość od powierzchni).
3. Określić grubość warstwy azotowanej dla każdej próbki. Jako kryterium oceny grubości warstwy przyjąć grubość strefy o twardości wyższej od 300 HV.

### **Literatura**

1. S. Błażejowski, J. Mikoszewski: Pomiary twardości metali, WNT Warszawa 1981.
2. S. Prowans, i in.: Materiałoznawstwo (ćwiczenia laboratoryjne), Politechnika Szczecińska, Szczecin 1978.
3. R. Górecka, Z. Polański: Metrologia warstwy wierzchniej, WNT Warszawa 1983.
4. PN-82/H-04550. Warstwy azotowane.
5. PN-EN ISO 6507-1. Pomiar twardości sposobem Vickersa.