

|  |   |                         |
|--|---|-------------------------|
| URZĄDZENIA<br>DO OBRÓBK<br>CIEPLNEJ<br>I CIEPLNO-<br>-CHEMICZNEJ | NORMA BRANŻOWA  | BN-73                   |
|  | Warstwy azotowane na stalach konstrukcyjnych węglowych wyższej jakości i niskostopowych, wytwarzane w procesie krótkookresowego azotowania gazowego | 1063-02                 |
|  | Wymagania i badania   | Grupa katalogowa III 04 |

## 1. WSTĘP

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy są ogólne wymagania i badania dotyczące warstw azotowanych na stalach konstrukcyjnych węglowych wyższej jakości oraz na stalach niskostopowych poddanych krótkookresowemu azotowaniu gazowemu.

Warstwy krótkookresowo azotowane stosuje się do elementów maszyn przeznaczonych do pracy w warunkach zużycia przez tarcie oraz obciążeń cyklicznie zmiennych.

**1.2. Zakres stosowania normy.** Normę należy stosować do oceny jakości warstw azotowanych otrzymanych na elementach maszyn wykonanych ze stali konstrukcyjnych węglowych wyższej jakości oraz stali niskostopowych. Stanowi ona wytyczne do kontroli międzyoperacyjnej oraz opracowywania warunków technicznych odbioru elementów azotowanych.

### 1.3. Normy związane

PN-57/H-04360 Próba twardości metali sposobem Vickersa

PN-71/H-04361 Próba twardości metali sposobem Vickersa przy obciążeniu poniżej 1 kg (10 N)

PN-61/H-04503 Odczynniki do badań mikrostruktury stopów żelaza

BN-66/1071-02 Powłoki galwaniczne. Metody badań. Przygotowanie szlifów metalograficznych powłok do badań mikroskopowych

## 2. WYMAGANIA

**2.1. Wygląd powierzchni.** Elementy azotowane powinny mieć powierzchnie srebrzyste, matowe. Dopuszcza się obecność na powierzchni barw nalotowych tlenków, które mogą powstać np. podczas chłodzenia po procesie, w przypadku rozładowy-

wania retorty z wsadem o temperaturze powyżej 200°C.

**2.2. Grubość warstwy.** Warstwy azotowane powinny mieć następującą grubość:

- na stalach konstrukcyjnych węglowych wyższej jakości od 0,010 do 0,050 mm,
- na stalach niskostopowych od 0,05 do 0,30 mm.

Optymalną grubość warstwy azotowanej należy ustalić indywidualnie dla określonych elementów, poddanych krótkookresowemu azotowaniu gazowemu.

**2.3. Twardość** powierzchni stali konstrukcyjnej azotowanej w procesie krótkookresowego azotowania gazowego powinna wynosić:

- dla stali konstrukcyjnych węglowych wyższej jakości minimum 250 HV1,
- dla stali niskostopowych minimum 400 HV1.

**2.4. Struktura.** Głębokość występowania mikroporów w warstwie azotowanej typu  $\epsilon$  nie może przekraczać 25% grubości tej warstwy.

## 3. BADANIA

**3.1. Program badań.** Badania warstwy azotowanej obejmują:

- a) sprawdzenie wyglądu powierzchni (2.1),
- b) sprawdzenie grubości warstwy (2.2),
- c) sprawdzenie twardości warstwy (2.3),
- d) sprawdzenie struktury warstwy (2.4).

**3.2. Przygotowanie partii elementów azotowanych do badań.** Do badań należy przygotować elementy azotowane jednego rodzaju pod względem wymagań dotyczących wyglądu powierzchni, grubości warstwy oraz twardości, pochodzące z jednego wsadu piecowego.

Instytut Mechaniki Precyzyjnej  
Ustanowiona przez Dyrektora ZUT TECHMA dnia 26 października 1973 r.  
jako norma obowiązująca w zakresie produkcji od dnia 1 lipca 1974 r.  
(Dz. Norm. i Miar nr 4/1974 poz. 9)

### 3.3. Pobieranie elementów lub próbek do badań

**3.3.1. Wygląd powierzchni** należy sprawdzać po azotowaniu na wszystkich elementach z partii.

**3.3.2. Grubość warstwy.** Do pomiaru grubości warstwy należy pobrać minimum 3 elementy azotowane w jednym wsadzie lub 3 próbki kontrolne, po jednej sztuce z górnej, środkowej oraz dolnej części retorty.

**3.3.3. Twardość warstwy.** Do pomiaru twardości należy pobrać 1% elementów azotowanych z wsadu. W przypadku powierzchni elementów, na których z uwagi na wielkość lub kształt nie jest możliwy pomiar twardości, należy mierzyć twardość na próbkach kontrolnych, stosowanych do pomiaru grubości warstw.

**3.3.4. Struktura warstwy.** Do obserwacji struktury warstwy należy pobrać losowo minimum 3 elementy azotowane z partii lub 3 próbki kontrolne dostosowane do pomiaru grubości warstw.

### 3.4. Przygotowanie elementów lub próbek do badań

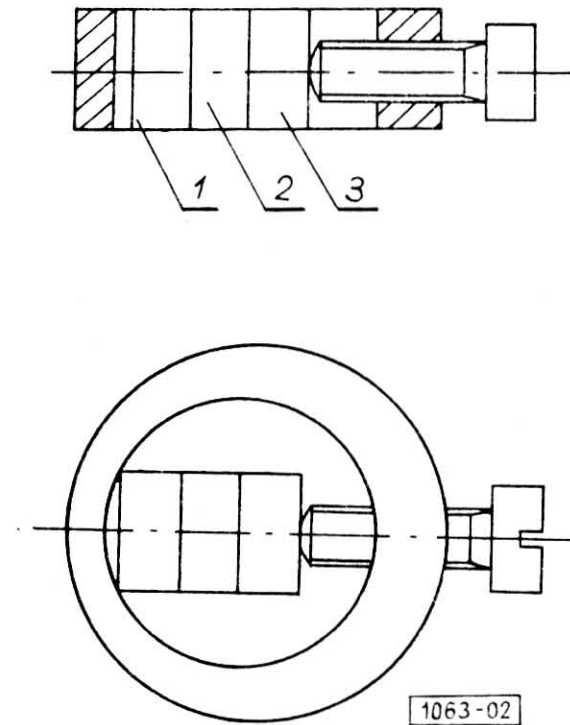
**3.4.1. Sposób przygotowania próbek.** Próbki kontrolne należy wykonać z tego samego materiału, z którego wykonano elementy przeznaczone do azotowania, w takiej samej klasie chropowatości oraz obrobione cieplnie tak samo, jak elementy przeznaczone do azotowania.

**3.4.2. Wygląd powierzchni** elementów azotowanych ocenia się bezpośrednio po rozładowaniu retorty, bez dodatkowego przygotowania ich powierzchni.

#### 3.4.3. Grubość warstwy

**3.4.3.1. Próbki do pomiaru za pomocą mikroskopu.** Do pomiaru grubości warstwy azotowanej należy wykonać szlify metalograficzne na elementach azotowanych lub próbkach kontrolnych. W celu uniknięcia zaokrąglenia się krawędzi próbek podczas wykonywania szlifów metalograficznych należy odpowiednio zabezpieczać je za pomocą osłony metalowej lub powłoki galwanicznej chromu o grubości minimum 30 mikrometrów. Próbki zabezpieczone przez pokrycie powłoką galwaniczną należy inkludować dodatkowo w żywicy syntetycznej lub w stopie Wooda wg BN-66/1071-02. Z powierzchni przeznaczonych do obserwacji mikroskopowych powinna być zeszlifowana warstwa o grubości co najmniej 1 mm, po czym należy przygotować szlif metalograficzny. Do trawienia szlifów należy stosować odczynniki wg PN-61/H-04503, ujawniające strukturę podłoża oraz umożliwiające zróżnicowanie stopnia zaciemnienia warstwy azotowanej względem podłoża.

Zaleca się stosowanie próbek płaskich o wymiarach  $4 \times 8 \times 12$  mm, mocowanych w oprawkach po 3 sztuki (rysunek).



Zamocowanie w oprawce próbek do badań metalograficznych: 1, 2, 3 — próbki

**3.4.3.2. Próbki do pomiaru grubości warstwy za pomocą rozkładu twardości.** Do pomiaru grubości warstwy za pomocą rozkładu twardości na szlifie metalograficznym należy przygotować próbki w sposób omówiony w 3.4.3.1, z wyjątkiem trawienia odczynnikiem ujawniającym strukturę podłoża. Szlif powinien być przygotowany w sposób umożliwiający uniknięcie zgniotów powierzchniowych, np. elektrolitycznie.

**3.4.3.3. Próbki do pomiaru grubości warstwy na przełomie.** Do pomiaru grubości warstwy na przełomie zaleca się stosowanie próbek o wymiarach  $10 \times 10 \times 30$  mm z nacięciem w połowie długości, umożliwiającym wykonanie przełomu po azotowaniu. Zaleca się przed wykonaniem przełomu odpuścić próbki w temperaturze  $300^\circ\text{C}$  w ciągu 1 godz.

**3.4.4. Twardość powierzchni.** Powierzchnie, na których ma być mierzona twardość, należy przed azotowaniem dokładnie oczyścić papierem ściernym o ziarnistości 600, a następnie po azotowaniu polerować powierzchnię zużytym papierem ściernym o ziarnistości 600.

**3.4.5. Struktura warstwy.** Obserwacje struktury warstwy należy przeprowadzić na próbkach przygotowanych do pomiarów grubości warstwy za pomocą mikroskopu (3.4.3.1).

### 3.5. Opis badań

**3.5.1. Sprawdzenie wyglądu powierzchni.** Wygląd powierzchni elementów azotowanych ocenia się wzrokowo lub za pomocą lupki o powiększeniu  $2 \div 8$  razy.



### 3.5.2. Sprawdzenie grubości warstwy

**3.5.2.1. Rodzaje metod określania grubości warstw.** Grubość warstwy azotowanej należy mierzyć na trawionym szlifie metalograficznym wykonanym w płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni azotowanej oraz na przełomie. Grubość warstwy azotowanej można określać:

— za pomocą mikroskopu metalograficznego, pod powiększeniem 250÷500 razy, z wykorzystaniem okularu z podziałką (3.5.2.2),

— na podstawie pomiarów twardości na szlifie metalograficznym (3.5.2.3),

— na podstawie pomiaru warstwy lupką na przełomie próbki lub elementu badanego (3.5.2.4),

#### 3.5.2.2. Kryterium oceny grubości warstw za pomocą mikroskopu metalograficznego

— na stalach konstrukcyjnych węglowych wyższej jakości za grubość warstwy azotowanej przyjmuje się szerokość jasnej, nie trawiącej się strefy, liczonej od powierzchni do ostro zarysowującej się granicy z podłożem,

— na stalach niskostopowych grubość warstwy azotowanej mierzy się od powierzchni do granicy strefy trawiącej się intensywniej niż podłoże.

**3.5.2.3. Kryterium oceny grubości warstwy za pomocą rozkładu twardości.** Za grubość warstwy azotowanej przyjmuje się grubość strefy o twardości wyższej od 350 HV. Pomiary należy wykonać pod obciążeniem 0,02 lub 0,05 kG w kierunku prostopadłym (lub skośnym) do krawędzi próbki.

**3.5.2.4. Kryterium oceny grubości warstwy na przełomie próbki.** Za grubość warstwy azotowanej przyjmuje się grubość strefy o drobniejszym ziarnie, położonej bezpośrednio przy powierzchni. Pomiar należy wykonać przy użyciu lupki z podziałką.

#### 3.5.2.5. Zakres stosowania poszczególnych metod pomiaru

— przy użyciu mikroskopu: pomiar może być stosowany do azotowanych stali konstrukcyjnych węglowych wyższej jakości oraz do stali niskostopowych,

— na podstawie rozkładu twardości: ocena może być stosowana w odniesieniu do stali niskostopowych,

— na przełomie próbki: metoda może być stosowana do stali niskostopowych.

Wyniki oceny twardości za pomocą wymienionych metod są równorzędne.

**3.5.3. Sprawdzenie twardości warstwy.** Pomiary twardości warstw krótkookresowo azotowanych należy przeprowadzać na powierzchni elementu lub próbki kontrolnej metodą Vickersa pod obciążeniem 0,5 lub 1 kG wg PN-71/H-04361 i PN-57/H-04360.

**3.5.4. Sprawdzenie struktury warstwy.** Strukturę warstwy należy obserwować za pomocą mikroskopu metalograficznego na szlifie trawionym, przy powiększeniu 100÷500 razy.

### 3.6. Ocena wyników badań

**3.6.1. Kryterium oceny partii elementów azotowanych.** Partię elementów azotowanych należy uznać za zgodną z wymaganiami, jeżeli wyniki badań odpowiadają warunkom technicznym odbioru. W przypadku niezgodności z wymaganiami należy postępować wg 3.6.2÷3.6.5.

**3.6.2. Wygląd powierzchni.** Elementy, których powierzchnie po azotowaniu zachowały połysk metaliczny, należy poddać powtórnemu azotowaniu.

**3.6.3. Grubość warstwy.** W przypadku warstw azotowanych zbyt cienkich, elementy należy poddać ponownemu azotowaniu. W przypadku warstw zbyt grubych, elementy należy przeszlifować, jeżeli zezwalają na to wymagania odnośnie wymiarów. Wytworzenie się zbyt grubej warstwy nie dyskwalifikuje wyniku azotowania pod warunkiem, że warstwa nie trawiąca się nie jest porowata. W przypadku gdy warstwa jest porowata i równocześnie ze względów wymiarowych nie jest możliwe jej szlifowanie, elementy należy забраковать.

**3.6.4. Twardość powierzchni.** W przypadku zbyt niskiej twardości spowodowanej za małą grubością warstwy, elementy należy poddać powtórnemu azotowaniu. W przypadku zbyt niskiej twardości na skutek porowatości warstwy, elementy należy przeszlifować, jeżeli jest to możliwe ze względów wymiarowych. Gdy nie jest możliwe polerowanie lub szlifowanie, elementy należy забраковать.

**3.6.5. Struktura warstwy.** W przypadku gdy grubość strefy porowatej przekracza 25% grubości białej nie trawiącej się warstwy, elementy należy przeszlifować. Gdy nie jest to możliwe ze względów wymiarowych, elementy należy забраковать.

KONIEC

**Charakterystyka warstwy azotowanej**

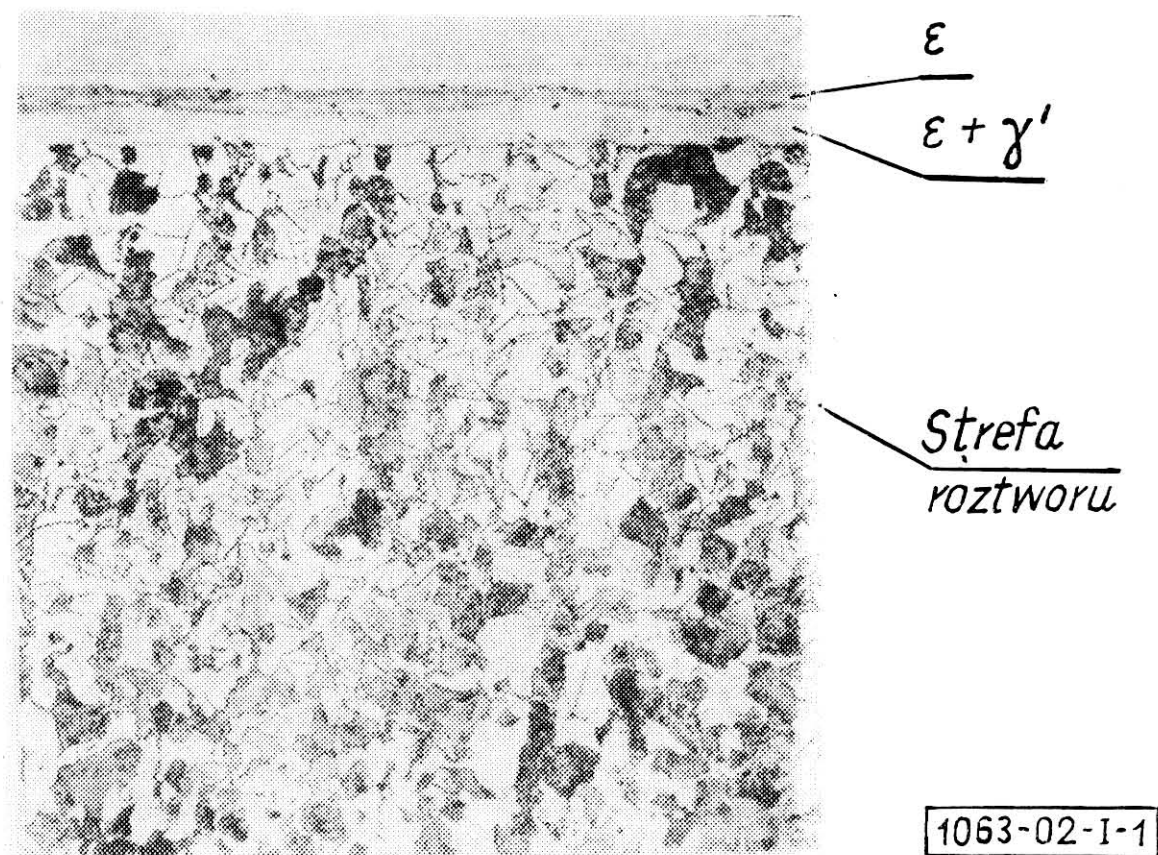
Warstwa azotowana, wytworzona w procesie krótko-  
okresowego azotowania gazowego na stalach konstrukcyj-  
nych węglowych wyższej jakości, zbudowana jest z dwóch  
zasadniczych części:

- z przypowierzchniowej strefy składającej się z wę-  
gloazotków żelaza typu  $\epsilon$  i mieszaniny  $\epsilon + \gamma'$ ,
- oraz z położonej głębiej strefy roztworu azotu w że-  
lazi  $\alpha$ .

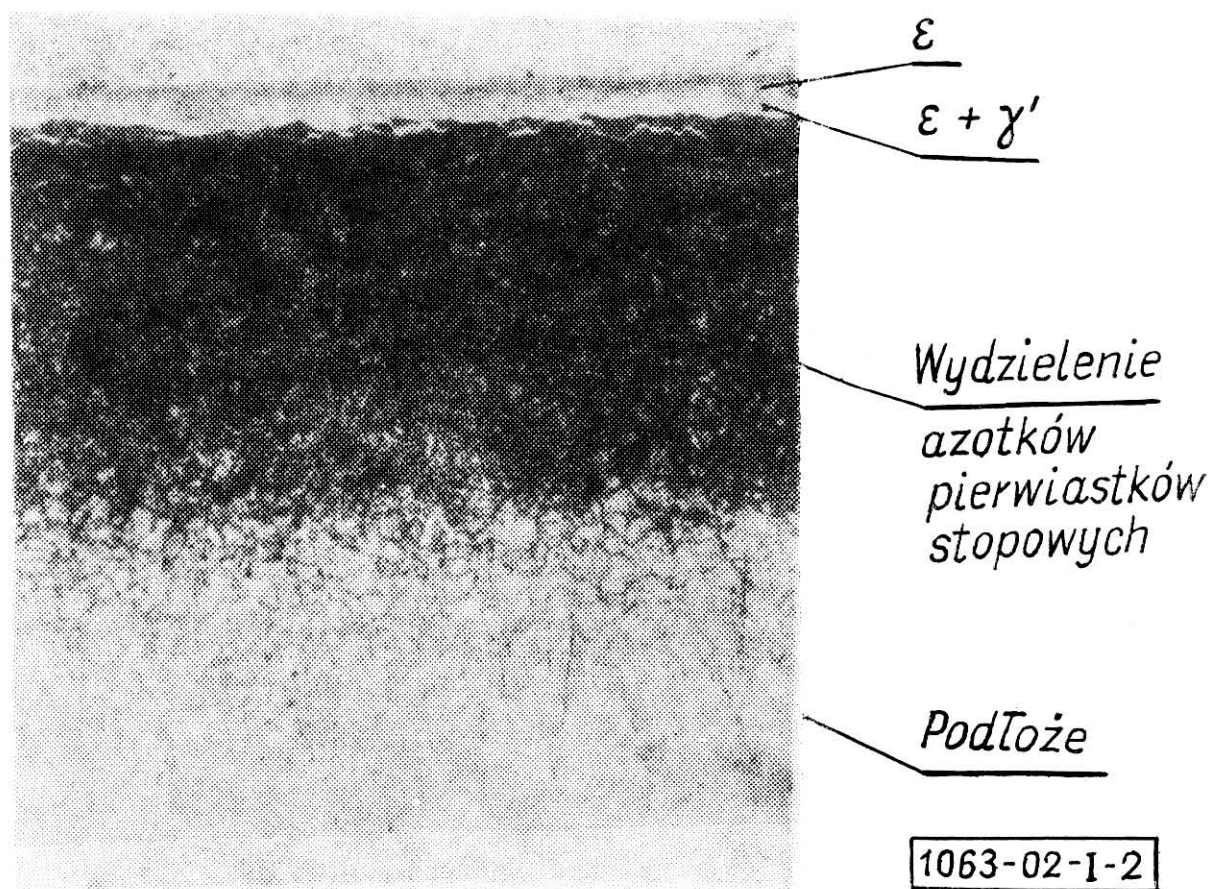
Warstwa azotowana, wytworzona na stalach niskostopo-  
wych, zbudowana jest z dwóch zasadniczych części:

- z przypowierzchniowej strefy złożonych węgloazot-  
ków żelaza oraz pierwiastków stopowych  $\epsilon$  i  $\epsilon + \gamma'$ ,
- oraz strefy węgloazotków pierwiastków stopowych,  
dyspersyjnie rozłożonych w podłożu ferrytycznym.

Typową strukturę azotowanej stali węglowej podano na  
rys. I-1, a dla stali stopowej na rys. I-2.



Rys. I-1. Struktura azotowanej stali węglowej wyższej jakości gatun-  
ku 20, trawionej 2-procentowym roztworem  $\text{HNO}_3$ . Powiększenie  
250 razy



Rys. I-2. Struktura azotowanej stali niskowęglowej gatunku 15HM,  
trawionej 2-procentowym roztworem  $\text{HNO}_3$ . Powiększenie 100 razy