

URZĄDZENIA DO OBRÓBKI CIEPLNEJ I CIEPLNO- -CHEMICZNEJ	NORMA BRANŻOWA	BN-73 <hr/> 1549-11
	<b>Azotowanie, azotopasywowanie, pasywowanie w parze wodnej narzędzi ze stali szybko tnących</b> Wymagania i badania	Grupa katalogowa III 04

## 1. WSTĘP

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy są wymagania i badania dotyczące narzędzi skrawających ze stali szybko tnących, po krótkookresowym azotowaniu gazowym, azotopasywowaniu, pasywowaniu w parze wodnej.

Wymienione procesy azotowania, azotopasywowania, pasywowania w parze wodnej określone są w dalszej treści niniejszej normy mianem obróbka cieplno-chemiczna.

**1.2. Zakres stosowania.** Niniejszą normę należy stosować przy kontroli produkcji narzędzi skrawających jednolitych wykonanych ze stali szybko tnących dowolnego gatunku wg PN-71/H-85022 i BN-71/0631-05, obrobionych cieplno-chemicznie. Dopuszcza się również narzędzia wykonane ze stali szybko tnących łączone z chwytami ze stali konstrukcyjnych, jednak twardość chwytów po obróbce cieplno-chemicznej nie może być mniejsza niż 25 HRC.

### 1.3. Normy związane

- PN-66/H-01200 Obróbka cieplna metali. Nazwy i określenia
- PN-57/H-04360 Próba twardości metali sposobem Vickersa
- PN-67/H-04623 Powłoki metalowe i konwersyjne. Pomiar grubości metodami nieniszczącymi
- PN-71/H-85022 Stal szybko tnąca. Gatunki
- PN-58/M-04251 Struktura geometryczna powierzchni. Klasyfikacja chropowatości i kierunkowości struktury
- PN-61/M-59134 Papiery ściernie. Arkusze
- BN-71/0631-05 Nowe gatunki stali szybko tnącej
- BN-63/4410-01 Narzędzia, uchwyty i przyrządy. Ogólne zasady badań odbiorczych

## 2. PODZIAŁ I OZNACZENIE

### 2.1. Podział

**2.1.1. Rodzaje.** Rozróżnia się następujące rodzaje obróbki cieplno-chemicznej:

- A — azotowanie,
- Ap — azotopasywowanie,
- P — pasywowanie w parze wodnej.

**2.1.2. Kategorie jakości.** W zależności od zakresu i sposobu badania rozróżnia się trzy kategorie narzędzi:

- RR — narzędzia podlegające w partii stu procentowej kontroli wymaganych własności,
- R — narzędzia podlegające w partii procentowej kontroli wymaganych własności,
- H — narzędzia podlegające w partii jedynie kontroli twardości i sprawdzaniu powierzchni.

**2.2. Sposób budowy oznaczenia narzędzi.** Należy podać numer rysunku lub symbol katalogowy narzędzia albo według odpowiedniej PN symbol odpowiedniego narzędzia lub wymiary gabarytowe narzędzia oraz rodzaj A, kategoria R ze stali SW18 wg PN-61/H-85022.

Na każdym rysunku lub przy symbolu narzędzia należy podać znak rodzaju z zaznaczeniem znaku kategorii i symbolu stali. Oznaczenie rodzaju i kategorię jakości należy podać na końcu oznaczenia danego typu narzędzia.

## 3. WYMAGANIA

**3.1. Stan narzędzi.** Narzędzia podlegające obróbce cieplno-chemicznej powinny być w takim stanie, w jakim oddaje się je do handlu, a więc hartowane, odpuszczone i oszlifowane łącznie z ostrzeniem.

Instytut Mechaniki Precyzyjnej  
Ustanowiona przez Dyrektora Zjednoczenia Urządzeń Technologicznych TECHMA dnia 27 lutego 1973 r.  
jako norma obowiązująca w zakresie produkcji od dnia 1 stycznia 1974 r.  
(Dz. Norm. i Miar nr 23/1973, poz. 68)

**3.2. Powierzchnia.** Powierzchnie narzędzi uprzednio szlifowane powinny być po obróbce cieplno-chemicznej czyste i równomiernie zabarwione, bez plam, brudzących osadów lub charakterystycznych nalotów<sup>1)</sup>.

Na powierzchniach nieszlifowanych dopuszcza się po obróbkach cieplno-chemicznych nierównomierność zabarwienia występującą w takim samym stopniu, jak przed tymi obróbkami.

Narzędzia azotowane powinny mieć zabarwienie ciemnoszare z dopuszczalnym odcieniem brązowym lub jasne matowe.

Narzędzia azotopasywowane lub pasywowane w parze wodnej powinny być pokryte równomiernie szaroniebieską, ścisłą i gładką powłoką.

**3.3. Wymiary** narzędzi po obróbce cieplno-chemicznej powinny być zgodne z rysunkiem, danymi katalogowymi lub odpowiednimi PN.

Narzędzia po obróbce cieplno-chemicznej nie powinny przekraczać odchyłki prostoliniowości dopuszczonej odpowiednią normą na narzędzia bez obróbki cieplno-chemicznej.

**3.4. Materiał.** Narzędzia obrobione cieplno-chemicznie wykonuje się ze stali szybko tnących o składach chemicznych objętych PN-71/H-85022 lub BN-71/0631-05. Po uzgodnieniu przy zamówieniu dopuszcza się dostawę narzędzi z innych stali szybko tnących nie objętych ww. normami.

Z uwagi na niewielkie zmiany zawartości tlenu i azotu w narzędziach po obróbce cieplno-chemicznej, pierwiastków tych nie określa się.

**3.5. Grubość warstwy dyfuzyjnej i jej pomiar.** Rozróżnia się następujące rodzaje warstw dyfuzyjnych:

- warstwa powstała na narzędziu po azotowaniu,
- warstwa powstała na narzędziu po azotopasywowaniu,
- warstwa powstała na narzędziu po pasywowaniu w parze.

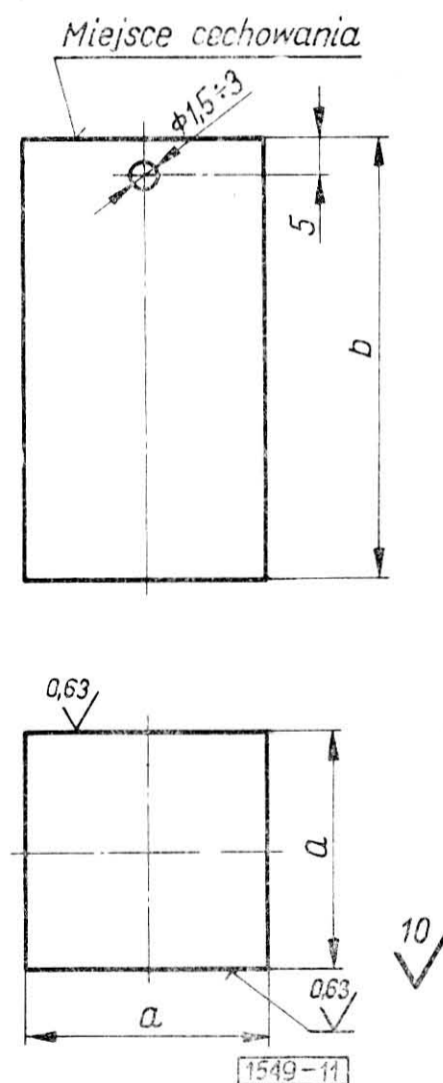
Grubości warstwy dyfuzyjnej powstałej po azotowaniu nie określa się.

Grubość warstwy dyfuzyjnej tlenkowej powstałej na narzędziach w wyniku azotopasywowania lub pasywowania kontroluje się warstwowierzmem. Pomiar należy przeprowadzić zgodnie z PN-67/H-04623 stosując wariant miejscowego odsłonięcia powierzchni podłoża i przyjmując miejsca pomiaru przygotowanego, jako wymienione w PN-67/

<sup>1)</sup> Naloty o zabarwieniu rudawym, szarym, czerwonym, łatwo dające się zetrzeć z powierzchni narzędzi. Charakterystyczne jest to, że wycierane białym płótnem syntetycznym naloty nie brudzą tego płótna.

H-04623 „powierzchnie istotnie ważne”. W spornych sprawach, metodą rozjemczą jest pomiar grubości warstw dyfuzyjnych na mikroskopie.

Średnia arytmetyczna wyników z pomiarów grubości warstwy dyfuzyjnej tlenkowej powstałej na narzędziach po azotopasywowaniu lub pasywowaniu w parze z kontrolowanej partii powinna być nie mniejsza niż 0,003 mm. W przypadku nie spełnienia tego warunku narzędzia pasywuje się w parze wodnej, nawet wówczas, gdy poprzednio były one azotopasywowane. W przypadku bardzo drobnych narzędzi azotopasywowanych lub pasywowanych kontrolę można przeprowadzić na próbkach — świadkach razem obrobionych cieplno-chemicznie z narzędziami. Próbki — świadki powinny być umieszczone w różnych miejscach przestrzeni roboczej pieca. Zalecane wymiary próbek — świadków podano na rysunku i w tabl. 1,



Zalecane próbki — świadki do kontroli narzędzi

**Tablica 1. Zalecane wymiary próbek — świadków**

Wielkość próbki	Wymiary, mm	
	a	b
1	8	20
2	16	30
3	32	60

**3.6. Twardość.** Obowiązuje pomiar twardości narzędzi po azotowaniu lub azotopasywowaniu, niezależnie od kategorii w jakiej zostały one zamówione. Pomiaru twardości narzędzi po pasywowa-



niu w parze nie wykonuje się z wyjątkiem pomiaru twardości chwytu w przypadku narzędzi zgrzewanych.

Pomiar twardości narzędzi należy wykonać metodą Vickersa pod obciążeniem 5 kG wg PN-57/H-04360. Twardość mierzona pod obciążeniem 5 kG jest jednocześnie sprawdzeniem twardości rdzenia. Twardość powierzchni narzędzi azotowanych lub azotopasywowanych nie powinna przekraczać 1100HV5. Na kontrolowanych narzędziach wykonuje się 4 pomiary i oblicza się średnią arytmetyczną otrzymanych wartości dla poszczególnych narzędzi —  $H_1, H_2, H_3$  itd. zaokrąglając ostateczny wynik do 1 jednostki HV/5. Wymaga się przyrostu twardości  $\Delta H$  dla narzędzi azotowanych nie mniejszego niż 40 i nie większego niż 90 jednostek HV/5 ( $40 < \Delta H < 90$ ), a dla narzędzi azotopasywowanych przyrost twardości  $\Delta H$  powinien być większy niż 20 jednostek HV/5. Dopuszcza się również większe przyrosty twardości narzędzi, jeżeli próby standardowe tych narzędzi u producenta wykazały, że nie są one kruche. W przypadku narzędzi zgrzewanych chwytom ze stali konstrukcyjnej, twardość chwytu po obróbce cieplno-chemicznej określa 1.2. W przypadku niższych przyrostów twardości narzędzi azotowanych lub azotopasywowanych od wymaganych, dopuszcza się powtórne azotowanie dla narzędzi azotowanych lub azotopasywowanie dla narzędzi azotopasywowanych w warunkach według uznania wykonawcy.

**3.7. Cechowanie.** Narzędzia cechuje się w sposób podany na rysunku tego narzędzia. Jeżeli na rysunku nie podano miejsca cechowania, wytwórca umieszcza znaki na narzędziu w dowolnie obranym lecz zawsze w tym samym miejscu poza ostrzem. Zaleca się cechowanie na powierzchni chwytowej tuż przy ostrzu, a w przypadku narzędzi zgrzewanych poza miejscem zgrzewanym. Jeżeli na rysunku lub w zamówieniu nie podano inaczej, narzędzia cechuje się przez umieszczanie kolejno co najmniej następujących znaków:

- a) znaku wytwórcy,
- b) rodzaju obróbki cieplno-chemicznej wg 2.1.1,
- c) symbolu narzędzia wg katalogu względnie PN lub gabarytowy wymiar, albo trzy symbole równocześnie,
- d) gatunku stali szybko tnącej.

Na żądanie zamawiającego, podane w zamówieniu, narzędzia cechuje się dodatkowo numerem rysunku. Opakowanie narzędzi cechuje się przez podanie tych samych znaków co na narzędziu lub w inny sposób uzgodniony przy zamówieniu, jednak bez względu na uzgodnienia umieszcza się rodzaj według 2.1.1. W przypadku narzędzi drobnych, dodatkowe cechowanie wg 2.1.1 może być tylko na opakowaniu.

## 4. BADANIA

### 4.1. Rodzaje badań

- a) sprawdzenie powierzchni,
- b) sprawdzenie wymiarów,
- c) sprawdzenie twardości warstw narzędzi azotopasywowanych i pasywowanych w parze,
- d) sprawdzenie grubości warstw narzędzi azotopasywowanych i pasywowanych w parze.

**4.2. Partia.** Partię stanowią narzędzia jednego rodzaju i kategorii wykonane według tego samego rysunku i jednakowo obrobione cieplno-chemicznie w jednym wsadzie. Wielkości partii nie określa się. Dopuszcza się partie, w skład których wchodzi narzędzia wykonane według różnych rysunków lecz zbliżone kształtem i wymiarami lub narzędzia pochodzące z jednego wsadu obróbki cieplnej (hartowanie i odpuszczanie) pod warunkiem, że wymiary grubości ostrza narzędzia będą do siebie zbliżone.

### 4.3. Pobieranie próbek

**4.3.1. Próbki do sprawdzania powierzchni i wymiarów.** Sprawdzaniu powierzchni i wymiarów podlegają wszystkie narzędzia obrobione cieplno-chemicznie zamówione w kategorii RR.

Na narzędziach zamówionych w kategorii H sprawdza się wygląd powierzchni i wymiary na 2÷5 sztukach narzędzi. Wybór narzędzi do kontroli w kategorii R i H powinien odbywać się metodą losową wg BN-63/4410-01.

**4.3.2. Próbki do sprawdzania twardości.** Sprawdzaniu twardości podlegają tylko narzędzia po azotowaniu lub azotopasywaniu. Narzędzia zamówione w kategorii RR poddaje się 100% kontroli twardości. Narzędzia zamówione w kategorii R poddaje się 5% kontroli twardości. Narzędzia zamówione w kategorii H poddaje się w liczbie 2÷5 sztuk kontroli twardości. W przypadku próbek — świadków należy pobrać do kontroli twardości w kategoriach: H — 2 sztuki, R — 4 sztuki, RR — 8 sztuk próbek — świadków. Wybór narzędzi do kontroli twardości narzędzi zamówionych w kategorii R i H powinien odbywać się metodą losową wg BN-63/4410-01. Dla narzędzi kategorii R należy stosować statystyczną kontrolę jakości.

**4.3.3. Próbki do sprawdzania grubości warstw.** Grubości warstw narzędzi azotowanych nie sprawdza się. Narzędzia azotopasywowane lub pasywowane w parze zamówione w kategorii RR podlegają 100% kontroli grubości warstw. Narzędzia zamówione w kategorii R podlegają 5% kontroli grubości warstw, a narzędzia zamówione w kategorii H — 2÷5 sztuk w partii. Wybór narzędzi do kontroli grubości warstw powinien odbywać się metodą losową wg BN-63/4410-01. W przypadku próbek — świadków należy je pobrać wg 4.3.2.

#### 4.4. Opis badań

**4.4.1. Sprawdzenie powierzchni.** Narzędzia wybrane z wsadu po obróbce cieplno-chemicznej nie natłuszczone ogląda się na tle oświetlonej płyty. Dopuszcza się inne sposoby sprawdzania wyglądu powierzchni uzgodnione w zamówieniu.

**4.4.2. Sprawdzenie wymiarów.** Wymiary narzędzi obrobionych cieplno-chemicznie powinny mieścić się w granicach tolerancji narzędzi nieobrobionych cieplno-chemicznie. Mierzenie narzędzi przeprowadza się uniwersalnymi lub specjalnymi przyrządami pomiarowo-kontrolnymi w zależności od rodzaju narzędzia. Dla statystyki wytwórca oblicza zmianę określonego wymiaru  $\Delta W$  w wyniku obróbki cieplno-chemicznej pojedynczego narzędzia, ze wzoru

$$\Delta W = W_1 - W \quad (\text{jednostek pomiarowych}) \quad (1)$$

w którym:

$W_1$  — wymiar po obróbce cieplno-chemicznej,  
 $W$  — wymiar przed obróbką cieplno-chemiczną.

Średnią zmianę określonego wymiaru  $W_s$  dla wszystkich kontrolowanych narzędzi oblicza się ze wzoru

$$W_s = \frac{\sum \Delta W}{n} \quad (\text{jednostek pomiarowych}) \quad (2)$$

w którym:

$\Delta W$  — zmiana wymiaru,  
 $\sum \Delta W$  — suma zmian wymiarów  $\Delta W$  obliczonych ze wzoru (1) dla wszystkich kontrolowanych narzędzi,  
 $n$  — liczba kontrolowanych narzędzi, sztuk.

Rozrzut zmian określonego wymiaru dla wszystkich kontrolowanych narzędzi,  $R\Delta W$ , oblicza się ze wzoru

$$R\Delta W = \Delta W_{\max} - \Delta W_{\min} \quad (\text{jednostek pomiarowych}) \quad (3)$$

w którym:

$\Delta W_{\max}, \Delta W_{\min}$  — największa i najmniejsza wartość spośród wartości  $\Delta W$  obliczonych ze wzoru (1).

**4.4.3. Pomiary twardości.** Miejsce narzędzia przeznaczone do pomiarów twardości powinno odpowiadać warunkom podanym w PN-57/H-04360. Miejsce pomiarów dobiera się na powierzchniach szlifowanych w klasie chropowatości nie niższej niż 8 wg PN-58/M-04251, a w miarę możliwości w pobliżu części skrawającej narzędzia. Dopuszcza się pomiar twardości w innych miejscach na częściach narzędzia wykonanych ze stali szybko tnącej, podlegających takim samym jak część skrawająca warunkom poprzedzającego hartowania i odpuszczania. Miejsce pomiarów na narzędziach zgrzewanych z chwytami ze stali konstrukcyjnych obiera się na części ze stali szybko tnącej poza strefą od-

działywania cieplnego przy zgrzewaniu. Miejsce pomiaru twardości przed obróbką cieplno-chemiczną stanowi również miejsce pomiaru po obróbce cieplno-chemicznej tego samego narzędzia. Pomiar twardości przeprowadza się metodą Vickersa wg PN-57/H-04360 pod obciążeniem 5 kG, zarówno na narzędziach, jak i ewentualnych próbkach — świadkach. Powierzchnie narzędzi w miejscach pomiarów odtłuszcza się i wygładza papierem ściernym NSHa 200×300 SZ wg PN-61/H-59134, aż do odsłonięcia jasnej metalicznej powierzchni. Na powierzchniach tak przygotowanych narzędzi wykonuje się odciski i oblicza się średnie arytmetyczne przyrostu twardości po azotowaniu lub azotopasywowaniu  $\Delta H$  wg wzoru

$$\Delta H = H'_{sr} - H_{sr} \quad (\text{jednostek HV/5}) \quad (4)$$

w którym:

$H'_{sr}$  — średnia twardość po azotowaniu lub azotopasywowaniu narzędzi,

$H_{sr}$  — średnia twardość przed azotowaniem lub azotopasywowaniem narzędzi.

**4.4.4. Sprawdzenie grubości warstw dyfuzyjnych.** Próbę przeprowadza się warstwowierzem magnetycznym wg PN-67/H-04623.

**4.4.5. Miejsce pomiaru grubości warstwy.** Na narzędziu kontrolowanym wyznacza się dwa symetryczne miejsca pomiaru. Miejsca pomiaru wybiera się na części skrawającej narzędzia lub na części wykonanej ze stali szybko tnącej i obrobionej cieplnie, w takich samych warunkach jak część skrawająca, na powierzchni poddanej obróbce ścierniej wykończającej w klasie chropowatości 7 lub wyżej wg PN-58/M-04251 na płaszczyźnie lub na powierzchni wypukłej o jak najmniejszej krzywiznie.

Przykład wyboru miejsc pomiaru podano w tabl. 2.

Tablica 2. Przykład wyboru miejsc pomiaru grubości warstwy dyfuzyjnej tlenkowej

Rodzaj narzędzia	Miejsce pomiaru
Nóż Fellowsa	dwa punkty położone przeciwległe na jednej średnicy w jednakowej odległości od osi na górnej płaszczyźnie oporowej
Frez ślimakowy	czołowe powierzchnie odsadzeń po obu stronach gniazda
Gwintownik	powierzchnie przyłożenia (nakrój) na dwóch piórach
Wiertło	w mniejszych wiertłach — dwie powierzchnie przyłożenia; w większych wiertłach — dwie łysinki prowadzące



## 4.5. Ocena wyników badań

**4.5.1. Ocena wyników sprawdzenia powierzchni i wymiarów.** Narzędzia po obróbce cieplno-chemicznej, nie odpowiadające wymaganiom wg 3.2 i 3.3 należy uznać za niezgodne z wymaganiami normy i usunąć z partii. Dopuszcza się czyszczenie narzędzi z ewentualnych charakterystycznych nalotów oraz w przypadku niewłaściwych wymiarów, prostowanie narzędzi.

**4.5.2. Ocena wyników twardości.** Jeżeli wyniki prób twardości nie odpowiadają wymaganiom wg 3.6 dla narzędzi azotowanych i azotopasywowanych, należy narzędzia uznać za niezgodne z wymaganiami i usunąć z partii lub poprawić wg 3.6. Dla narzędzi zamówionych w kategorii R lub H

dopuszcza się powtórny kontrolę twardości lecz na innych narzędziach tej samej partii względnie na próbkach — świadkach. Jeżeli przy powtórnych badaniach wyniki chociaż jednej próbki — świadka albo jednego narzędzia są ujemne, wówczas należy kontrolować 20% narzędzi w partii. W przypadku wyników twardości negatywnych, partię narzędzi usuwa się jako niezgodną z wymaganiami normy.

**4.5.3. Ocena wyników pomiaru grubości warstw.** Jeżeli wyniki prób pomiaru grubości warstw na narzędziach nie odpowiadają wymaganiom wg 3.5 partię narzędzi azotopasywowanych lub pasywowanych w parze należy uznać za niezgodną z postanowieniami normy. Dopuszcza się poprawę pasywowanych w parze lub azotopasywowanych narzędzi zgodnie z wymaganiami wg 3.5.

## K O N I E C

### INFORMACJE DODATKOWE do BN-73/1549-11

**1. Zalecane rodzaje obróbki.** W wytwórniach narzędzi i narzędziowniach zakładowych zaleca się stosowanie trzech rodzajów obróbki cieplno-chemicznej narzędzi skrawających: azotowanie gazowe, pasywowanie w parze wodnej i azotopasywowanie. Obróbki te przeznaczone są do narzędzi wykonanych ze stali szybko tnących.

Przez odpowiednie stosowanie azotowania można uzyskać nierzadko wzrost trwałości ostrza narzędzi o ponad 100%.

Pasywowanie w parze wodnej wydatnie zwiększa odporność narzędzi na korozję i nadaje im efektywne ciemne zabarwienie, jak również podwyższa często ich trwałość ostrza. Takie same zabarwienie nadaje narzędziom azotopasywowanie. Ponadto azotopasywowanie zwiększa trwałość ostrza narzędzi z reguły o kilkadziesiąt procent i podwyższa w pewnym stopniu ich odporność na korozję.

**2. Zalecany zakres stosowania obróbki cieplno-chemicznej.** Wszystkie zalecane obróbki nadają się do narzędzi jednolitych, jak również nadają się do narzędzi łączonych, wykonanych ze zgrzewanymi chwytami ze stali konstrukcyjnych. W bardzo rzadkich przypadkach obróbka cieplno-chemiczna może być niewskazana dla narzędzi ze zgrzewanymi chwytami ze stali konstrukcyjnej, pracujących w warunkach szczególnie silnego obciążenia chwytu. Wynika to z możliwości spadku twardości chwytu w następstwie obróbki cieplno-chemicznej. Stosowanie obróbki cieplno-chemicznej wiertel zgrzewanych z chwytami ze stali konstrukcyjnej, bez względu na spadki twardości chwytu do minimum 25 HRC dopuszcza PN-69/M-59601. Zachowanie twardości chwytu powyżej 25 HRC nie sprawia trudności w przypadku omawianej obróbki cieplno-chemicznej. Obróbka cieplno-chemiczna powinna być stosowana do narzędzi obrobionych cieplnie prawidłowo i w powtarzalnych warunkach. Szczególnie ważne dla wyników obróbki cieplno-chemicznej narzędzi jest ich uprzednie należyte odpuszczanie w warunkach odpowiednich dla poszczególnych gatunków stali szybko tnącej. Niewłaściwe odpuszczanie narzędzi grozi między innymi ich paczeniem się z przekraczaniem tolerancji wymiarowych po obróbce cieplno-chemicznej. Przekroczenie tolerancji mogące wyniknąć z obróbki cieplno-

chemicznej w stosunku do narzędzi tylko odbrobionych cieplnie może wystąpić wyjątkowo i to w odniesieniu do dużych i bardzo wąsko stolerowanych wymiarów narzędzi. W podobnych przypadkach zaleca się technologiczne przesunięcie tolerancji wymiarowych w celu uzyskania żądanych wymiarów po obróbce cieplno-chemicznej.

**3. Zakres stosowania azotowania.** Narzędzia poddawane azotowaniu nie powinny być zbyt drobne drobnoostrzowe lub wiotkie i nie powinny być przeznaczone do skrawania z bardzo silnymi uderzeniami lub drganiem. Nieprzydatność, a nawet szkodliwość azotowania dla narzędzi drobnych, wiotkich i pracujących z silnymi uderzeniami i drganiem wynika z kruchości warstwy azotowanej. Narzędzia takie znacznie się odkształcają podczas pracy, co łatwo powoduje pęknięcie warstwy azotowanej i złamanie ostrza lub wykruszenie się krawędzi skrawającej. Z wyżej wymienionych powodów nie zaleca się azotowania następujących narzędzi: nawiertaki, rozwiertaki rozprężne i narzynki — wszystkie typowymiary; wiertła, pogłębiacze, rozwiertaki i gwintowniki — o średnicy mniejszej niż 12 mm; noże i frezy kształtowe oraz noże do gwintów — o szerokości ostrza mniejszej niż 10 mm; noże do głowic gwinciarzskich — o grubości mniejszej niż 8 mm; frezy do kół zębatach krążkowe i ślimakowe, noże Fellowsa, Maaga i Gleasona — o module mniejszym niż 3 mm; przeciągacze i przepychacze — o średnicy lub grubości mniejszej niż 25÷40 mm, itp. Spośród narzędzi spełniających wyżej wymienione warunki azotowania zaleca się poddawać tylko te, dla których obróbka ta daje wyraźnie lepsze wyniki niż pozostałe zalecane obróbki. Jest to uzasadnione wyższymi kosztami azotowania w porównaniu z pasywaniem. W szczególności należy liczyć się z nieopłacalnością azotowania przechodnich noży i frezów. Jednak w wyjątkowych przypadkach może okazać się opłacalne azotowanie przechodnich frezów przeznaczonych do skrawania twardych materiałów. Azotowanie może być również wykorzystane do poprawiania wad narzędzi, a zwłaszcza do kompensowania ujemnych skutków powierzchniowego odwęglania spowodowanego hartowaniem lub przegrzania (przypalenia) spowodowanego szlifowaniem. W tym zastosowaniu azotowaniu można poddawać również narzędzia innych rodzajów i mniejszych wymiarów niż zalecane powyżej. Azotowanie może być prowadzone w taki sposób,

aby powierzchnia narzędzi po azotowaniu była albo ciemna, podobna do pasywowanej i azotopasywowanej, albo jasna — srebrzysta. Zaleca się stosowanie azotowania na ciemną powierzchnię, ponieważ jest ono tańsze i zwiększa trwałość narzędzi, w nie mniejszym stopniu niż azotowanie na powierzchnię srebrzystą.

**4. Zakres stosowania azotopasywowania.** Azotopasywowaniu zaleca się poddawać wszystkie te narzędzia, od których nie wymaga się wyraźnie wskazania stosowania azotowania lub pasywowania. Azotopasywowanie zaleca się również stosować w tych przypadkach, gdyż azotowanie jest wskazane, jednak nie jest prowadzone z powodu braku urządzeń oraz nieopłacalności uruchomienia procesu dla zbyt małej ilości narzędzi itp.

**5. Zakres stosowania pasywowania w parze wodnej.** Pasywowaniu zaleca się poddawać wszelkie narzędzia, od których wymaga się zwiększonej odporności na korozję lub nadanie im efektywnego ciemnego zabarwienia. Ponadto pasywowanie stosuje się w tych przypadkach, gdy narzędzia po tej obróbce pracują nie gorzej niż narzędzia te same po innych obróbkach cieplno-chemicznych. W szczególności zaleca się stosowanie pasywowania do frezów przechodnich, ponieważ średni wzrost trwałości w całym okresie eksploatacji w wyniku dowolnej obróbki cieplno-chemicznej dla tej grupy narzędzi jest na ogół podobny,

a koszt pasywowania jest niższy niż azotopasywowania i azotowania.

**6. Zalecenia zmian wymiarowych.** W wyniku obróbki cieplno-chemicznej wymiary narzędzi ulegają nieznacznym powiększeniom. Aby odchyłki wymiarowe wymagane przed obróbką cieplno-chemiczną narzędzi były zachowane również i po obróbce cieplno-chemicznej, zaleca się przy konstruowaniu narzędzi do obróbki cieplno-chemicznej zmniejszyć wymiar nominalny o 0,1÷0,15 jednostek pomiarowych tolerancji konstrukcyjnej odpowiedniego wymiaru.

**7. Zalecenia odchyłki prostoliniowości.** Z uwagi na zmiany wymiarowe pkt 3 zaleca się również przy konstruowaniu lub projektowaniu narzędzi do obróbki cieplno-chemicznej, szczególnie wysmukłych, uwzględnić strzałkę skrzywienia. W wyniku obróbki cieplno-chemicznej na każde 100 mm długości narzędzia, może wystąpić skrzywienie nie większe jednak jak 0,003 mm. Skrzywienie to powstaje na skutek wytwarzania się warstw dyfuzyjnych na narzędziach w procesie obróbki cieplno-chemicznej.

**8. Zalecenia dotyczące próbek — świadków.** Obróbkę cieplną i cieplno-chemiczną próbek — świadków należy wykonywać razem z odpowiednimi narzędziami. Próbkę — świadki należy wykonywać z tej samej stali szybko-tnącej, z której wykonuje się dane narzędzia.