

OBRÓBKA PLASTYCZNA	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-80
	Obróbka plastyczna metali	1062-01
	Kulowanie Wytyczne obróbki	Grupa katalogowa 0483

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są wytyczne obróbki w zakresie kulowania jako obróbki plastycznej powierzchni metali.

1.2. Zakres stosowania przedmiotu normy. Norma nie dotyczy śrutowania mającego na celu oczyszczanie powierzchni metali.

1.3. Określenia

1.3.1. kulowanie — obróbka plastyczna polegająca na powierzchniowym utwardzeniu powierzchni metalowych wyrobów (części) poddanych działaniu strumienia śrutu o odpowiedniej prędkości.

1.3.2. wielkość ziaren — wymiary ziaren do kulowania wyznaczone na podstawie analizy sitowej.

1.3.3. mieszanka wsadowa — skład wielkości ziaren mieszanki (dla śrutów lanych lub śrutów stalowych ciętych po wstępnym zaokrągleniu) przewidywany do kulowania.

1.3.4. mieszanka robocza — skład wielkości ziaren po określonym czasie pracy mieszanki ustalony w wyniku prób.

1.3.5. skład ziarnowy mieszanki — udział poszczególnych frakcji ziarnowych w badanej mieszance śrutu.

1.3.6. frakcja ziarnowa — procentowa zawartość określonej klasy ziaren w badanym śrucie.

1.3.7. klasa ziaren — zbiór ziaren wydzielonych w wyniku analizy sitowej, określony górną i dolną granicą wielkości oczek sit.

1.3.8. intensywność kulowania — zmiany w warstwie wierzchniej, będące zamierzonym efektem kulowania, wyrażone wartością strzałki ugięcia próbki kontrolnej, w mm.

1.3.9. stopień umocnienia powierzchni w wyniku kulowania — stosunek powierzchni odkształconej plastycznie przez kulowanie całkowitej powierzchni kulowanej.

2. WYTYCZNE OGÓLNE

Kulowaniu poddaje się części maszyn, ze stali o dowolnych stanach obróbki cieplnej, ze staliwa i żeliwa nie obrobionego i obrobionego cieplnie, ze stopów miedzi, aluminium, tytanu i innych metali.

Kulowanie należy stosować przy:

— podwyższaniu trwałości i niezawodności części maszyn,

— prostowaniu i kształtowaniu części maszyn,

— obróbce części maszyn przeznaczonych do pracy przy obciążeniach zmiennych (np. ze stali przed nakładaniem powłok galwanicznych lub innych).

Przed kulowaniem zaleca się przeprowadzenie analizy kształtu lub badań zmęczeniowych części maszyn w celu umiejscowienia stref krytycznych, które w procesie kulowania powinny być szczególnie uwzględnione, np. karby.

3. MATERIAŁY DO KULOWANIA

3.1. Wielkość i kształt ziarna. Zaleca się stosować wielkości ziarna od 0,4 do 1,6 mm, w przypadku śrutu stalowego i żeliwnego oraz śrutu ciętego od 0,2 do 0,4 mm, w przypadku śrutu stalowego do kulowania części drobnych.

Ziarna śrutu ze staliwa lub żeliwa (śrút lany) powinny mieć kształt kulisty.

Ziarna śrutu ciętego z drutu stalowego sprężynowego powinny mieć kształt cylindryczny wg PN-68/M-81090.

3.2. Analiza sitowa. Wielkość ziaren powinno określać się za pomocą sit o oczkach kwadratowych wg PN-76/M-94000.

Skład i wielkość ziaren mieszanki do kulowania należy ustalać analizą sitową przy użyciu od 2 do 4 sit, określając frakcję główną.

Skład ziaren mieszanki do kulowania powinien być każdorazowo dobierany w zależności od wymagań stawianych warstwie wierzchniej po procesie kulowania.

3.3. Dobór materiału do kulowania. Przy doborze materiału do kulowania należy uwzględnić:

— grubość lub średnicę wyrobu (części),

— kształt wyrobu (części),

— strefy krytyczne (np. promienie przejść),

— chropowatość powierzchni,

— intensywność kulowania.

Wstępny dobór wielkości średniego ziarna w mieszance w zależności od rodzaju kulowanych wyrobów (części) — wg tabl. 1.

Zgłoszona przez Instytut Mechaniki Precyzyjnej

Ustanowiona przez Naczelnego Dyrektora Zjednoczenia Modernizacji Przemysłu Maszynowego TECHMA dnia 22 grudnia 1980 r. jako norma obowiązująca od dnia 1 października 1981 r.

(Dz. Norm. i Miar nr 17/1981 poz. 69)

Tablica 1

Nazwa	Śrut cięty z drutu stalowego		Śrut stalowy
	Średnia wielkość ziarna w mieszance mm	Wytrzymałość drutu R_m MPa	Średnia wielkość ziarna w mieszance mm
Małe części (ogólne)	0,4; 0,6	1960 ÷ 2160	0,4; 0,6
Duże części (ogólne)	0,7; 0,8; 0,9; 1,2; 1,4		0,6; 0,8; 1,0
Pióra resortów (średnie)	0,7; 0,8		0,6; 0,8
Pióra resortów (ciężkie)	1,2; 1,4		1,2; 1,6
Sprężyny śrubowe	0,8; 0,9		0,8; 1,0
Sprężyny spiralne	0,4		0,4
Wałki skrętne	0,4		0,4
Wały (zależnie od wielkości)	0,4; 0,6; 0,9		0,4; 0,6
Koła zębate	0,4; 0,6; 0,9		0,6; 0,8; 1,0
Łańcuchy ogniowe górnicze i elementy złączne ciągien	1,2		—
Żerdzie wiertel górniczych	1,2		—

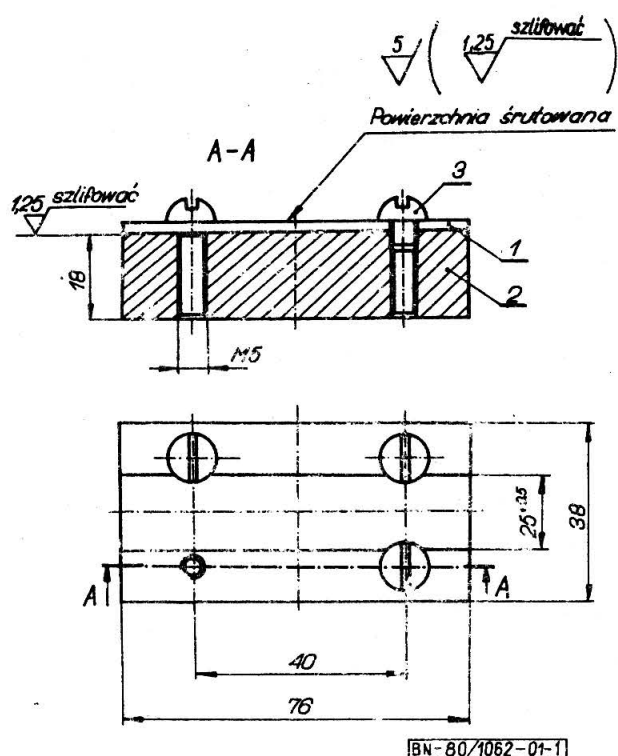
3.4. Częstotliwość kontroli

a) częstotliwość występowania kontroli mieszanki wsadowej do kulowania, w wyniku analizy sitowej, jest uzależniona od dostawy śrutu lanego lub zaokrąglonego śrutu ciętego z drutu;

b) kontrolę mieszanki roboczej do kulowania, w wyniku analizy sitowej, należy przeprowadzić z częstotliwością 60 h pracy urządzenia do kulowania.

4. PRZYRZĄDY I MATERIAŁY

4.1. Uchwyt do mocowania próbek kontrolnych — wg rys. 1. Pozostałe fragmenty uchwytu — wg norm przedmiotowych lub uzgodnień między zamawiającym i producentem.

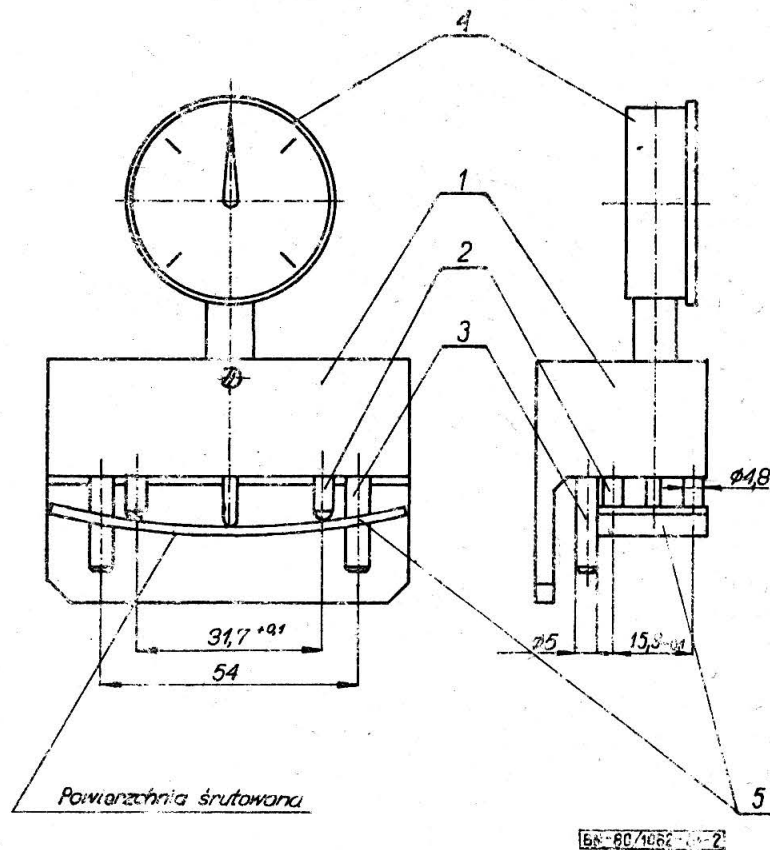


Rys. 1

1 — próbka, 2 — uchwyt, 3 — wkręty mocujące M5
Fragment rozwiązania konstrukcyjnego podano przykładowo.

Uchwyt powinien być ze stali odpornej, na zużycie w wyniku kulowania, której twardość po obróbce cieplnej powinna wynosić co najmniej 62 HRC. Dopuszcza się uchwyt ze stali narzędziowej węglowej, stali narzędziowej stopowej (do pracy na zimno) i stali szybko tnącej.

4.2. Przyrząd do pomiaru strzałki ugięcia oraz sposób usytuowania próbki kontrolnej w czasie pomiaru strzałki ugięcia — wg rys. 2.



Rys. 2

1 — korpus, 2 — podpory, 3 — kołki oporowe, 4 — czujnik zegarowy, 5 — próbka kontrolna
Rozwiązanie konstrukcyjne podano przykładowo.

4.3. Czujnik zegarowy z działką elementarną 0,01 mm. Czujnik powinien być zerowany na tej powierzchni próbki, która ma być poddana procesowi kulowania.

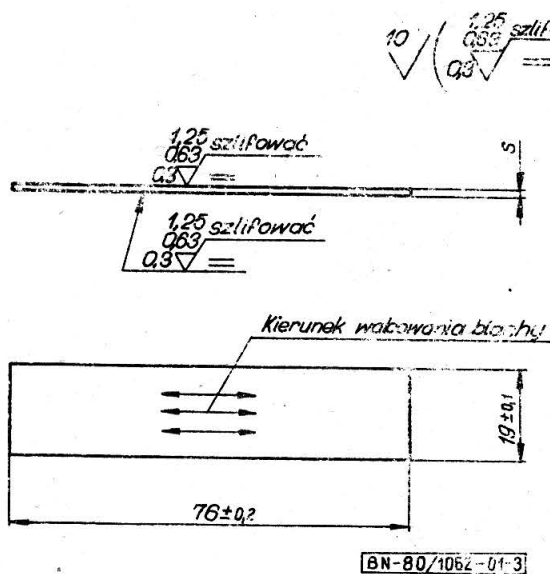
5. PRÓBKI KONTROLNE DO BADAŃ

5.1. Typy próbek kontrolnych i zakres stosowania oraz wymiary — wg tabl. 2 i rys. 3.

Tablica 2

Typ próbki kontrolnej	Grubość s próbki kontrolnej, mm	Stosowanie
N	0,8 ± 0,02	dla niskiej intensywności kulowania, gdy strzałka ugięcia próbki typu A jest mniejsza niż 0,15 mm
A	1,3 ± 0,02	dla średniej intensywności kulowania, gdy strzałka ugięcia próbki A jest w granicach 0,15 ÷ 0,60 mm
C	2,4 ± 0,02	dla wysokiej intensywności kulowania, gdy strzałka ugięcia próbki typu A jest większa niż 0,60 mm

Dopuszcza się stosowanie jako próbki kontrolnej części maszyn przeznaczonych do kulowania.



Rys. 3

5.2. Materiał. Próbkę powinny być ze stali sprężynowej w gatunku 65 selekt o zawartości węgla 0,65 ÷ 0,70% i zawartości pozostałych składników wg PN-74/H-84032.

Próbki należy wykonać z taśmy lub blachy, zachowując wzdłużny kierunek włókien.

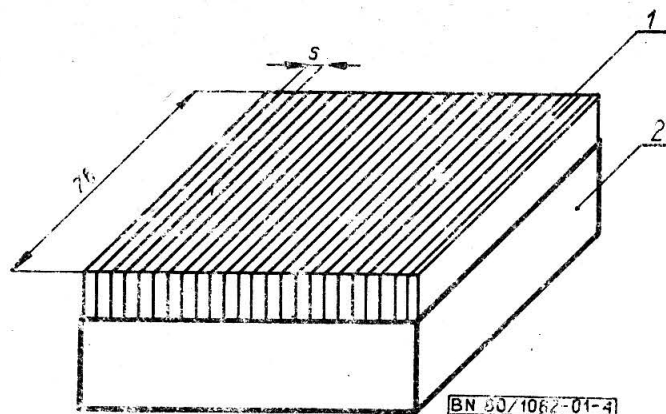
Dopuszcza się próbki kontrolne z innych stali sprężynowych.

5.3. Obróbka cieplna. Próbki kontrolne powinny być obrabiane cieplnie na twardość 48 ± 3 HRC. Różnica twardości na jednej próbce nie powinna być większa niż jedna jednostka HRC.

5.4. Płaskość. Dopuszcza się maksymalny błąd płaskości próbek 0,02 mm.

5.5. Konserwacja i przechowywanie. Próbki powinny być konserwowane wazeliną bezkwasową.

Przechowywanie zakonserwowanych próbek zaleca się wg rys. 4.



Rys. 4

1 — próbka kontrolna, 2 — pudełko, s — grubość próbki

5.6. Zakres stosowania. Próbki kontrolne należy stosować do:

- sprawdzenia intensywności kulowania,
- badania stopnia odkształcenia powierzchni próbki kontrolnej lub wyrobu (części) w wyniku kulowania.

6. INTENSYWNOŚĆ KULOWANIA

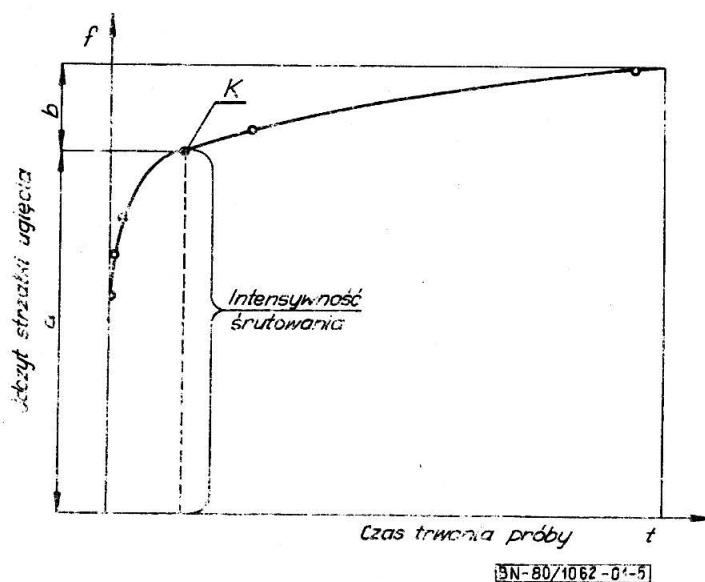
6.1. Sposób kontroli

6.1.1. Ustalenie optymalnej intensywności kulowania. Optymalną intensywność kulowania należy ustalać doświadczalnie w wyniku wyznaczania zależności ugięcia próbki kontrolnej wg rys. 5.

Jako optymalną intensywność kulowania dla danej mieszanki śrutek uznaje się wartość strzałki ugięcia w punkcie A, w którym krzywa spłaszcza się.

Zaleca się tak ustalać czas kulowania, aby wielkość strzałki ugięcia oscylowała w pobliżu punktu A.

Dla określenia intensywności kulowania należy wyznaczyć strzałkę ugięcia na 3 do 5 próbkach kontrolnych, poddając je kulowaniu w różnych czasach i wyznaczyć krzywą wg rys. 5.



Rys. 5

a — strefa szybkiej zmiany strzałki ugięcia próbki kontrolnej,
b — strefa powolnej zmiany strzałki ugięcia próbki kontrolnej

6.1.2. Dobór intensywności kulowania. Intensywność kulowania (dla części maszyn ze stali, staliwa i żeliwa) należy dobierać na podstawie grubości lub średnicy wyrobów (części) stref kulowanych wg tabl. 3.

Tablica 3

Grubość lub średnica części kulowanej mm	Wartość strzałki ugięcia próbki kontrolnej mm	Typ próbki kontrolnej	Średnia wielkość ziarna w mieszance mm
2	0,30	N	0,4
3	0,20	A	0,4 ÷ 0,6
6	0,35	A	0,6
10	0,45	A	0,6 ÷ 0,9
13	0,55	A	0,9
16	0,18	C	0,9 ÷ 1,2
19	0,20	C	1,2
22,0	0,25	C	1,2 ÷ 1,6

Nie zaleca się kulowania o wysokiej intensywności części maszyn o małych wymiarach.

6.1.3. Tolerancje intensywności kulowania. Odchyłka wartości strzałki ugięcia dla próbek typu A i N nie powinna przekraczać $\pm 0,1$ mm, a dla próbek typu C nie powinna przekraczać $+0,05$ mm w stosunku do wartości nominalnej strzałki ugięcia. Powyższe odchyłki wartości strzałki ugięcia stosować w przypadku, gdy w dokumentacji konstrukcyjnej nie podano tolerancji wartości strzałki ugięcia.

6.1.4. Częstotliwość kontroli. Kontrolę intensywności kulowania należy przeprowadzać na próbkach kontrolnych wg rozdz. 5 z częstotliwością 60 h pracy urządzenia do kulowania, stosując przyrządy wg rozdz. 4.

W przypadku stosowania urządzeń do kulowania z automatyczną kontrolą składu wymiarowego ziaren przyjęty okres kontroli intensywności kulowania może ulec zmianie.

7. STOPIEŃ ODKSZTAŁCENIA POWIERZCHNI W WYNIKU KULOWANIA

7.1. Sposób badania. Stopień odkształcenia powierzchni w wyniku kulowania należy przeprowadzić

na próbce kontrolnej (rys. 3) lub na wyrobie (części), poddając je uprzednio działaniu strumienia śrutu.

Ustawienie próbki i jej kinematyka powinny być takie same jak powierzchni kulowanych części maszyn.

Badanie powierzchni kulowanej wykonać w określonym miejscu próbki lub krytycznym miejscu części.

Stopień odkształcenia powierzchni określa się przez oględziny określonego miejsca próbki (części) pod mikroskopem przy powiększeniu 50-krotnym.

Charakter funkcji, określającej ilościową zależność między utwardzeniem powierzchni a czasem kulowania, ma postać.

$$C = 1 - (1 - C_1)^n$$

w którym:

C — umocniona powierzchnia po n cyklach kulowania,

C_1 — umocniona powierzchnia po 1 cyklu kulowania,

n — liczba przejść w czasie kulowania.

Wartość stopnia umocnienia powierzchni w wyniku kulowania powinna wynosić:

od 0,80 do 0,98, przy czym wartość 0,98 należy traktować praktycznie jako wartość 1,00;

powyżej 0,98 wartość nieekonomiczna ze względu na czas trwania procesu,

poniżej 0,80 wartość nieekonomiczna ze względu na rezultat procesu, niewielki wzrost wytrzymałości zmęczeniowej.

7.2. Częstotliwość badania

a) częstotliwość badania stopnia umocnienia powierzchni w wyniku kulowania należy przeprowadzać na próbkach kontrolnych po 60 h pracy urządzenia do kulowania,

b) częstotliwość badania stopnia umocnienia powierzchni w wyniku kulowania należy przeprowadzać na wyrobach (częściach) po 20 h pracy urządzenia do kulowania.

K O N I E C

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Instytut Mechaniki Precyzyjnej, Warszawa.

2. Normy związane

PN-74/H-84032 Stal resorowa (sprężynowa),

PN-68/M-81090 Śrut techniczny z drutu

PN-76/M-94000 Sita i siatki. Siatki tkane ogólnego przeznaczenia o oczkach kwadratowych

3. Normy zagraniczne

USA SAE J442 Test strip, holder and gage for shot peening

SAE J443 Procedures for using standard shot peening

4. Autorzy projektu normy — dr inż. Aleksander Nakonieczny, inż. Eugeniusz Lamprecht — Instytut Mechaniki Precyzyjnej.

5. Zasady oznaczania kulowania na rysunkach. Na rysunkach konstrukcyjnych lub technologicznych części maszyn przewidzianych do kulowania powinny być oznaczone miejsca kulowania wg rysunków. Miejsca te powinny być oznaczone linią punktową, o charakterze kreska kropka w odległości $0,5 \div 1,0$ mm od zarysu części. Wielkość strefy kulowanej i chronionej należy wymiarować. Strefa kulowania powinna być opisana znakiem obróbki ze słowem — kulować.

Warunki kulowania powinny być podane na rysunkach konstrukcyjnych lub technologicznych i zawierać informację dotyczącą intensywności kulowania wyrażonej wartością strzałki ugięcia próbki kontrolnej, typu próbki kontrolnej, stopnia umocnienia powierzchni w wyniku kulowania, rodzaj i składu ziarnowego mieszanki do kulowania.

Przykład warunków kulowania naciskowych sprężyn śrubowych walcowych:

— intensywność kulowania — $(0,30 \div 0,36)$ A, w którym $0,30 \div 0,36$ mm (wartość strzałki ugięcia), A — typ próbki kontrolnej,

— umocnienie całej powierzchni w wyniku kulowania 1,0 materiału równe 1, z którego wykonana jest sprężyna,

— śrut stalowy o średniej wielkości ziarna w mieszance do kulowania 0,6 mm.

Części maszyn o prostych kształtach oraz naciskowe sprężyny śrubowe walcowe nie wymagają specjalnych wskazań stref przewidzianych do kulowania. Części te na ogół poddawane są całkowitemu kulowaniu.

Na rysunkach wystarczy podać wymagania dotyczące kulowania i jego parametrów (rysunek).

