

Waldemar Polowski, Piotr Bednarski, Daniel Toboła<sup>1)</sup>

## OBRÓBKA WYKOŃCZENIOWA NARZĘDZIAMI DIAMENTOWYMI DO NAGNIATANIA ŚLIZGOWEGO

**Streszczenie:** Przedstawione zostały możliwości obróbki wykończeniowej – nagniatania ślizgowego nagniatkami diamentowymi wykonanymi przez Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania (IZTW) w Krakowie. Zaprezentowano wyniki badań laboratoryjnych nagniatania ślizgowego różnych materiałów konstrukcyjnych o zróżnicowanym składzie chemicznym, różnych właściwościach wytrzymałościowych, plastycznych i fizyko-chemicznych oraz zróżnicowanej strukturze metalograficznej. Wskazano na typowe zalety nagniatania ślizgowego przy użyciu nagniatków diamentowych – uzyskanie znacznej poprawy chropowatości powierzchni stopów aluminium i stali ulepszonych cieplnie do twardości  $HRC=45\div 64$  poddanych procesowi nagniatania. Opisano uzyskane wyniki pomiarów parametrów struktury geometrycznej powierzchni (SGP) w układzie 2D (analiza dwuwymiarowa) oraz w układzie 3D (analiza przestrzenna). Wyznaczono współczynnik poprawy chropowatości powierzchni  $K_{Ra}$ , czyli stosunek chropowatości  $Ra$  przed nagniataniem do chropowatości po nagniataniu. Badania SGP wykazały, że narzędzia diamentowe produkcji IZTW do nagniatania ślizgowego pozwalają uzyskiwać wysoką jakość powierzchni właściwą dla obróbki wykończeniowej.

**Słowa kluczowe:** nagniatanie ślizgowe, kompozyt diamentowy, struktura geometryczna powierzchni, obróbka wykończeniowa.

### WSTĘP

Jakość użytkowa wyrobu zależy m.in. od nowoczesności konstrukcji, rodzaju zastosowanych materiałów i zastosowanej technologii wykonania poszczególnych części tworzących wyrób. Wymusza to ciągłe doskonalenie metod projektowania, rozwój inżynierii materiałowej i technologii wykonania. Jedną z głównych cech jakości użytkowej wyrobu jest odporność na zużywanie się. Odporność ta jest determinowana najczęściej właściwościami warstwy wierzchniej poszczególnych (lub najważniejszych) części wyrobu. Dzięki znajomości (poznaniu) wpływu stanu warstwy wierzchniej na poszczególne właściwości eksploatacyjne części maszyn, możemy w sposób świadomy nimi sterować i uzyskiwać na z góry założonym (wymaganym) poziomie.

O właściwościach eksploatacyjnych części maszyn decyduje stan warstwy wierzchniej (WW) tych elementów wykonanych „na gotowo”, a więc po operacjach obróbki wykończeniowej. Dlatego też istotna jest znajomość wpływu para-

---

<sup>1)</sup> Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania, Kraków.

metrów technologicznych obróbki wykończeniowej powierzchni części maszyn na stan warstwy wierzchniej (a więc i właściwości eksploatacyjne części).

Do tradycyjnych metod obróbki wykończeniowej zalicza się toczenie wykończeniowe, rozwiercanie, szlifowanie, docieranie, gładzenie, polerowanie. Do nowoczesnych metod obróbki wykończeniowej należy zaliczyć tzw. obróbkę gładkościową lub gładkościowo-umacniającą za pomocą zgniotu powierzchniowego na zimno, tzw. nagniatania. Zasadność zastosowania jednej z ww. metod obróbki musi być starannie rozpatrzona w każdym przypadku. Podstawową cechą wyróżniającą nagniatanie spośród różnych metod obróbki wykończeniowej metali jest wykorzystywanie zjawiska powierzchniowego odkształcenia materiału, dzięki czemu nadaje się warstwie wierzchniej przedmiotów obrabianych pewne cechy, które wpływają korzystnie na właściwości eksploatacyjne wyrobów. Przez zastosowanie obróbki nagniataniem można podwyższyć twardość WW, uzyskać wysoką gładkość powierzchni, wytworzyć w WW naprężenia ściskające, uzyskać topografię powierzchni o założonych wymaganiach, uzyskać powierzchnię wolną od pozostałości ziaren ściernych, narostu itp., powierzchnie o bardzo dobrej przyczepności powłok galwanicznych, dużym udziale nośnym i refleksywności. Większość z ww. cech warstwy wierzchniej jest uznawana przez teoretyków i praktyków tribologii za korzystnie wpływające na szereg właściwości użytkowych, a szczególnie na wytrzymałość zmęczeniową i odporność na zużycie.

W obróbce nagniataniem wyróżnia się ponad 20 odmian, w tym nagniatanie ślizgowe narzędziem diamentowym.

## CHARAKTERYSTYKA METODY

Nagniatanie ślizgowe jest zaliczane do grupy metod statycznych, w których kontakt narzędzia (elementu nagniatającego) z materiałem obrabianym jest ciągły, a siła nagniatająca ma stałą wartość. Nagniatanie ślizgowe jest powierzchniową obróbką plastyczną, której zalety są typowe dla tych metod obróbki. Jednocześnie metoda ta zapewnia gładkość i dokładność wymiarową właściwą dla wykończeniowej obróbki mechanicznej.

Podczas nagniatania ślizgowego twardy i gładki element nagniatający jest dociskany do powierzchni obrabianej z ustaloną siłą. Nagniatak przemieszczając się po obrabianej powierzchni powoduje jej wygładzenie. W przypadku materiałów, w których występuje zjawisko umocnienia plastycznego, nagniataniu towarzyszy powstawanie naprężeń ściskających w warstwie wierzchniej oraz wzrost twardości. W przypadku nagniatania gładkościowego stopień zgniotu i głębokość umocnienia mają dużo mniejsze znaczenie aniżeli poprawa gładkości.

Istotną zaletą nagniatania ślizgowego (wygładzania ślizgowego) jest nie tylko samo wygładzanie powierzchni (zmniejszenie chropowatości), ale również uzyskanie korzystnej z punktu widzenia tribologii struktury geometrycznej powierzchni nagniatanej (SGP). Nagniatanie ślizgowe daje w efekcie nie tylko małą chropowatość powierzchni, ale również duże promienie zaokrągleń wierzchołków

i wrębów nierówności oraz mały kąt ich pochylenia. Wspólnie z wytworzonym zgniotem, wewnętrznymi naprężeniami ściskającymi i zwiększeniem twardości powoduje to zwiększenie odporności na działanie czynników eksploatacyjnych jak: ścieranie, zmęczenie powierzchniowe, korozja.

Ze względu na konieczność zminimalizowania oporów tarcia występujących w procesie nagniatania ślizgowego (tarcia ślizgowego), końcówki narzędzi do jego realizacji wykonuje się z materiałów zapewniających mały współczynnik tarcia. Elementy nagniatające do wygładzania ślizgowego twardych materiałów wytwarza się z syntetycznych kamieni (rubin, szafir), diamentów naturalnych i diamentów syntetycznych. Najlepszym materiałem narzędziowym spełniającym warunek minimalnego tarcia jest diament naturalny posiadający ponadto takie zalety jak: duża twardość, duża przewodność cieplna, duża jednorodność strukturalna ułatwiająca uzyskanie najwyższych gładkości. Elementy nagniatające z diamentów naturalnych są jednak drogie, kruche, mało odporne na uderzenia i mają ograniczone rozmiary. Ponadto narzędzia z diamentów monokrystalicznych (naturalnych) nie są zbyt wygodne w użyciu ponieważ ze względu na silną anizotropię kryształów diamentu wymagają dokładnego ustawienia narzędzia podczas obróbki. Zużywają się one nie tylko przez ścieranie, ale również poprzez wykruszanie, co niekorzystnie wpływa na jakość obrabianych powierzchni. Dlatego też obecnie największe zastosowanie do nagniatania ślizgowego znajdują diamenty syntetyczne, tzw. spieki diamentowe (PCD). Spieki diamentowe (kompozyty diamentowe) składają się z fazy zawierającej ziarna diamentu i fazy wiążącej. Narzędzia z kompozytu diamentowego są wygodniejsze w użyciu, tańsze a właściwościami prawie dorównują narzędziom wykonanym z diamentów monokrystalicznych. Narzędzia te zużywają się tylko poprzez ścieranie. Poprzez odpowiedni dobór fazy wiążącej można otrzymać kompozyty diamentowe o zaplanowanych właściwościach. Rozwój diamentowych narzędzi syntetycznych (polikrystalicznych) usuwa barierę ekonomiczną związaną z zastosowaniem diamentów naturalnych i stwarza nowe perspektywy rozwojowe obróbki nagniataniem ślizgowym. Zakres zastosowań nagniatania ślizgowego ulega ciąglemu rozszerzaniu, a prace nad jego rozwojem prowadzi wiele ośrodków w tym również Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania (IZTW) w Krakowie.

## METODYKA BADAŃ

W IZTW zaprojektowano i wykonano serię nagniataków diamentowych do nagniatania ślizgowego powierzchni (w szczególności wałków). Elementy (końcówki) robocze nagniataków posiadały zakończenie w kształcie czaszy kulistej o różnych promieniach. Elementy te zostały wykonane z kompozytu diamentowego z ceramiczną fazą wiążącą w postaci  $Ti_3SiC_2$ , który to kompozyt jest wytwarzany w IZTW. Zastosowanie węgla tytanowo-krzemowego pozwoliło na uzyskanie kompozytu o bardzo dobrych właściwościach, tj. odporności na wysoką temperaturę, odporności chemicznej, dużej sztywności przy jednoczesnej plastyczności,

dużej odporności na ścieranie oraz małym współczynnikiem tarcia przy współpracy z metalem [1].

Zespoleń (osadzeń) diamentowych elementów nagniatających z metalowymi korpusami dokonano przez klejenie za pomocą specjalnych klejów stosowanych wcześniej w IZTW głównie do klejenia elementów roboczych frezów ślimakowych, co stanowiło istotę tej innowacyjnej technologii wytwarzania narzędzi [6, 10]. Dotychczas do osadzania elementów diamentowych nagniataków w korpusach stosowano lutowanie przy użyciu tzw. aktywnych lutów.

Za pomocą wykonanych nagniataków diamentowych typu NKD, przeprowadzono próby nagniatania ślizgowego wałków z materiałów znacznie różniących się składem chemicznym, właściwościami wytrzymałościowymi, plastycznymi, fizykochemicznymi oraz strukturą metalograficzną (m.in. zahartowanej stali łożyskowej narzędziowej, stali nierdzewnej, stopu aluminium, itd.).

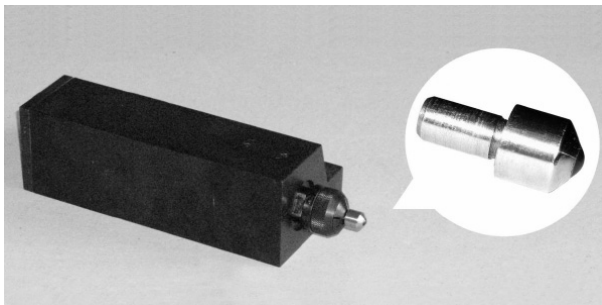
Próby nagniatania przeprowadzono na centrum tokarsko-frezarskim typu NL 2000 SY firmy Mori Seiki. Jako obróbkę poprzedzającą nagniatanie stosowano toczenie wzdłużne nożem oprawkowym. Do toczenia stali hartowanych i ulepszanych cieplnie stosowano ostrza z ceramiki mieszanej TACN, ale również ostrza z materiałów supertwardych (produkcji IZTW). Powierzchnia próbek (wałków) po obróbce poprzedzającej nagniatanie posiadała różną chropowatość Ra w zależności od rodzaju materiału obrabianego i jego twardości.

Do nagniatania stosowano jako środek smarujący olej maszynowy, podawany w postaci mgły olejowej w celu zmniejszenia tarcia w procesie obróbki i zwiększenia trwałości nagniataków. Stosowano jedno przejście nagniatające ( $i=1$ ). Prędkość nagniatania wynosiła ok.  $v=40$  m/min. Jako czynniki zmienne w badaniach stosowano:

- siłę nagniatania  $F, N$ ,
- posuw wzdłużny  $f, mm/obr.$

Wielkość siły  $F$  i posuwu  $f$  (zakresy wartości) były różne w zależności od obrabianego materiału.

Przedmiot obrabiany (próbka o wyjściowym parametrze  $Ra=0,6\div 1,0\mu m$  - zależnie od rodzaju materiału) mocowany był na obrabiarce (z obydwu stron) w uchwytach tokarskich samocentrujących, a nagniatak mocowany był w głowicy rewolwerowej tokarki, poprzez specjalną oprawkę pokazaną na rys. 1.



**Rys. 1.** Oprawka nagniatająca PDK-1

**Fig.1.** Burnishing tool holder PDK-1

Oprawka nagniatająca typu PDK-1 pozwala na nagniatanie ślizgowe z dociskiem sprężystym. Posiada bezstopniową regulację siły docisku. Wartość siły docisku pokazywana jest cyfrowo.

## Wielkości mierzone

Po nagniataniu określano stan geometryczny warstwy wierzchniej (WW) oraz wielkość odkształcenia plastycznego materiału, udział materiałowy, utwardzenie materiału w wyniku zgniotu. Stan geometryczny WW określono przez pomiar parametrów SGP, która była określana dla profilu R, tj. chropowatości powierzchni w układzie 2D i 3D. Oprócz wielkości zmierzonych bezpośrednio, określono również inne wielkości charakteryzujące proces nagniatania, a będące wynikiem przeliczeń:

- a) współczynnik zmniejszenia chropowatości:

$$K_{Ra} = \frac{Ra'}{Ra} \quad (1)$$

gdzie:  $Ra'$  – średnie arytmetyczne odchylenie profilu od linii średniej - wartość przed nagniataniem

$Ra$  – średnie arytmetyczne odchylenie profilu od linii średniej - wartość po nagniataniu

- b) wskaźnik odkształcenia nierówności:

$$K_Z = \frac{\Delta d}{2 \cdot Rz'} \quad (2)$$

gdzie:  $Rz'$  – wysokość chropowatości powierzchni według dziesięciu punktów profilu – wartość przed nagniataniem,

$\Delta d$  – zmniejszenie średnicy pełnego wałka.

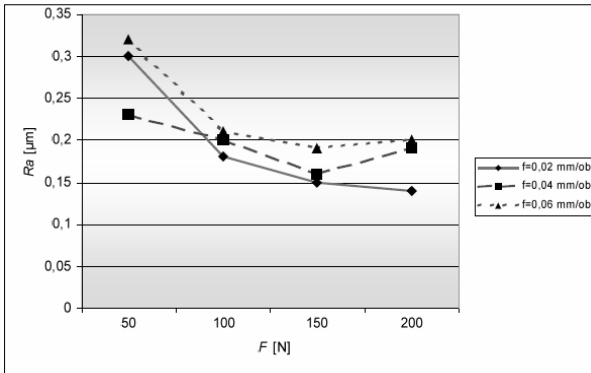
Wskaźnik  $K_Z$  (2) informuje, w jakim stopniu zostały odkształcone nierówności w wyniku nagniatania. Im jego wartość jest mniejsza, tym nierówności są mniej odkształcone, a więc powierzchnia nagniatania nie osiągnęła jeszcze dostatecznej gładkości.

## WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań przedstawiono w postaci graficznej. Na rys. 2÷4 pokazano niektóre wyniki pomiarów SGP wałków ze stali (narzędziowej, stopowej NC6 o twardości HRC=61÷63 po nagniataniu ślizgowym nagniatakiem diamentowym typu NKD-1 ( $R=1,5$  mm).

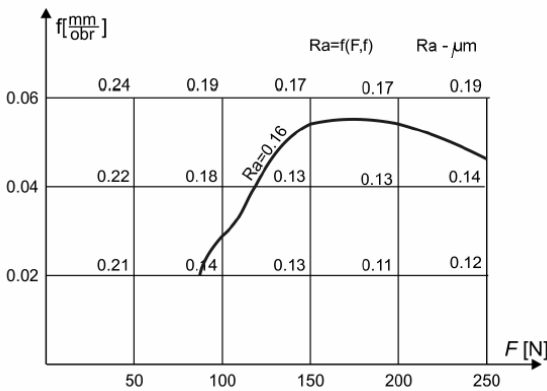
Na rys. 2 pokazano zależność  $Ra=f(F)$  dla różnych wartości posuwów. Dla posuwu  $f=0,02$ mm/obr funkcja ma charakter monotonicznie malejący do wartości  $Ra_{\min}=0,14$ μm. Dla posuwów  $f=0,04$ mm/obr oraz  $f=0,06$ mm/obr występują ekstrema funkcji  $Ra_{\min}$  dla siły  $F=150$ N. Są to typowe przebiegi funkcji  $Ra=f(F)$  dla obróbki nagniataniem. W zakresie badanych wartości zmiennych F-f uzyskano

chropowatości w zakresie  $Ra=0,14\div0,32\mu\text{m}$ . Wzrost siły powoduje spadek wartości  $Ra$ , a dalszy wzrost siły powyżej pewnej granicznej wartości skutkuje wzrostem wartości  $Ra$  (aż do wystąpienia dekohezji materiału przy przekroczeniu dopuszczalnych nacisków jednostkowych).



**Rys.2.** Zależność  $Ra=f(F)$  po nagniataniu ślizgowym stali NC6 (HRC=61-63). Nagniatnik diamentowy NKD-1 ( $R=1,5\text{mm}$ );  $v=40\text{ m/min}$ .  
**Fig.2.**  $Ra=f(F)$  relationship after the slide burnishing of NC6 steel (HRC=61-63). Diamond tool NKD-1(radius  $R=1,5\text{mm}$ ); speed  $v=40\text{ m/min}$ .

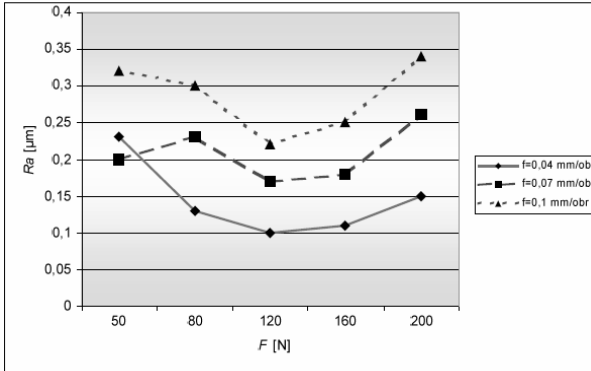
Na rysunku 3 pokazano zależność  $Ra=f(F,f)$  dla stali łożyskowej 100Cr6 (ŁH15) hartowanej do twardości HRC=62-64. Jest to tzw. wykres warstwiczny (trzech zmiennych) z naniesioną warstwicą  $Ra=0,16\mu\text{m}$ . Przebieg warstwic oraz naniesione wartości  $Ra$  wskazują, że chropowatość powierzchni w badanym przedziale  $F$ - $f$  zależy istotnie od siły nagniatania ale też od posuwu.



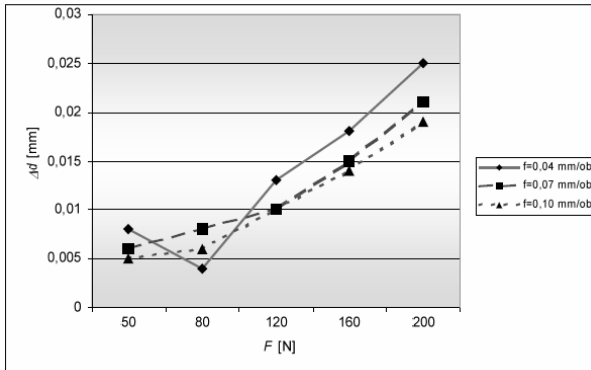
**Rys.3.** Zależność  $Ra=f(F,f)$  po nagniataniu ślizgowym stali 100Cr6 (ŁH15 - HRC=62-64). Nagniatnik diamentowy NKD-1 ( $R=1,5\text{ mm}$ );  $v=40\text{ m/min}$ .  
**Fig.3.**  $Ra=f(F,f)$  relationship after the slide burnishing of 100Cr6 steel (ŁH15 - HRC=62-64). Diamond tool NKD-1(radius  $R=1,5\text{mm}$ ); speed  $v=40\text{ m/min}$ .

Na rys. 4 pokazano zależność  $Ra=f(F)$  dla różnych posuwów po nagniataniu ślizgowym stopu  $\text{AlCu4MgSi}$  (PA6) o twardości  $\text{HB}=100\div110$ . Chropowatość powierzchni  $Ra$  maleje wraz ze wzrostem siły nagniatania. Następnie osiąga swoją minimalną wartość, a później zaczyna rosnąć. Jest rzeczą charakterystyczną, że funkcja  $Ra=f(F)$  osiąga swoją wartość minimalną  $Ra_{\text{min}}$  dla  $F=120\text{N}$  dla wszystkich wartości posuwów. W całym badanym obszarze  $F$ - $f$  (siła-posuw) uzyskano wartości parametru  $Ra=0,10\div0,30\mu\text{m}$ .

Na rys. 5 pokazano zależność zmiany średnicy wałka  $\Delta d=f(F)$  po nagniataniu ślizgowym stopu AlCu4MgSi (PA6). Z wykresów wynika, że ze wzrostem siły nagniatania rośnie wielkość odkształcenia plastycznego materiału ( $\Delta d/2$ ). Im mniejszy posuw tym wartość  $\Delta d$  większa. Jest to spowodowane tym, że im mniejszy posuw tym większa krotność przyłożenia siły, a więc to samo miejsce materiału jest nagniatane większą ilością razy. W wyniku nagniatania uzyskano wielkość zmiany średnicy wałka w zakresie  $\Delta d=0,004\div 0,025\text{mm}$ .



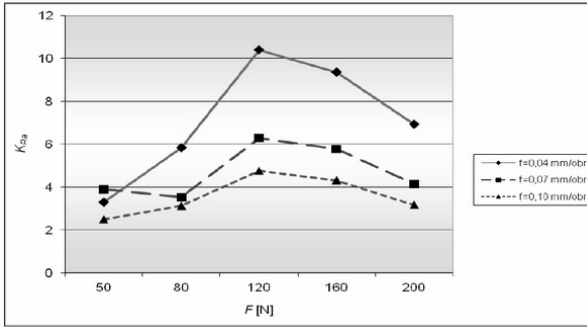
**Rys. 4.** Zależność  $Ra = f(F)$  po nagniataniu ślizgowym stopu AlCu4MgSi (PA6). Nagniatnik diamentowy NKD-3 ( $R=3,5$  mm);  $v=40\text{m/min}$ .  
**Fig. 4.**  $Ra=f(F)$  relationship after the slide burnishing of AlCu4MgSi (PA6) alloy. Diamond tool NKD-3 (radius  $R=3,5\text{mm}$ ); speed  $v=40\text{m/min}$ .



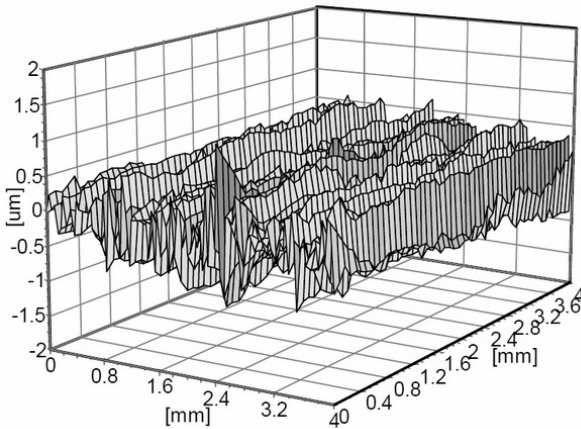
**Rys. 5.** Zależność  $\Delta d = f(F)$  po nagniataniu ślizgowym stopu AlCu4MgSi (PA6). Nagniatnik diamentowy NKD-3 ( $R=3,5$  mm);  $v=40\text{m/min}$ .  
**Fig. 5.**  $\Delta d=f(F)$  relationship after the slide burnishing of AlCu4MgSi (PA6) alloy. Diamond tool NKD-3 (radius  $R=3,5\text{mm}$ ); speed  $v=40\text{m/min}$ .

Na rys. 6 pokazano zależność wskaźnika zmniejszenia chropowatości  $K_{Ra}=f(F)$  dla różnych posuwów. Wartość wskaźnika  $K_{Ra}$  rośnie ze wzrostem siły  $F$ , osiąga swoją maksymalną wartość i następnie maleje. Krzywe  $K_{Ra}=f(F)$  mają ten sam charakter przebiegu dla wszystkich badanych posuwów, różnią się jedynie wartościami liczbowymi. Chropowatość  $Ra$  zmniejsza się w stosunku do wartości przed nagniataniem (od  $2,5$  do  $10,4$ ) razy. Wartość  $Ra'$  dla ww. materiału w próbach zawiera się w zakresie  $Ra'=0,76\div 1,08\mu\text{m}$ .

Na rys. 7 przedstawiono widok 3D powierzchni wałka ze stali X20Cr13 (2H13) po nagniataniu ślizgowym nagniatnikiem diamentowym NKD-2 ( $R=3,5\text{mm}$ ).



**Rys. 6.** Zależność  $K_{Ra}=f(F)$  po nagniataniu ślizgowym stopu AlCu4MgSi (PA6). Nagniatak diamentowy NKD-3 ( $R=3,5$  mm);  $v=40$  m/min.  
**Fig. 6.**  $K_{Ra}=f(F)$  relationship after the slide burnishing of AlCu4MgSi (PA6) alloy. Diamond tool NKD-3 (radius  $R=3,5$ mm); speed  $v=40$ m/min.



**Rys.7.** Widok 3D powierzchni wałka ze stali X20Cr13 (2H13) po nagniataniu ślizgowym. Nagniatak diamentowy NKD-2 ( $R=3,5$ mm).  
**Fig.7.** 3D surface view after slide burnishing of X20Cr13 (2H13) steel shaft surface. Diamond tool NKD-2 (radius  $R=3.5$ mm).

## WNIOSKI

Proces nagniatania ślizgowego nagniatkami diamentowymi typu NKD pozwala uzyskiwać wysoką jakość powierzchni (określaną parametrami SGP) wymaganej przy obróbce wykończeniowej.

Zastosowanie narzędzi nagniatających w kształcie czaszy kulistej wykonanych z kompozytu diamentowego z ceramiczną fazą wiążącą  $Ti_3SiC_2$  umożliwia osiągnięcie istotnej poprawy chropowatości materiałów ze stali tzw. miękkich ( $HRC<45$ ), stali tzw. twardych ( $HRC=45\div64$ ) jak również stopów aluminium (np. AlCu4MgSi). Najmniejsza wartość  $R_a$  wynosiła  $0,10\mu m$ , a współczynnik zmniejszenia chropowatości  $K_{Ra}$  (określany jako stosunek chropowatości  $R_a$  przed nagniataniem do chropowatości po nagniataniu) może być większy od 10.

Zmniejszenie średnicy pełnego wałka  $\Delta d$  w wyniku nagniatania rośnie ze wzrostem wartości siły nagniatania  $F$ .

Ponadto przeprowadzone próby nagniatania potwierdzają, że zastosowane innowacyjne rozwiązanie – zespolenie diamentowego elementu nagniatającego za pomocą klejenia specjalnym klejem – gwarantuje niezawodne jego działanie.



Wykonane nagniataki diamentowe mogą być stosowane na tokarkach sterowanych numerycznie i na obrabiarkach konwencjonalnych.

## PIŚMIENNICTWO

1. Jaworska L.: Wysokociśnieniowe spiekanie proszków diamentowych. Prace Instytutu Obróbki Skrawaniem, Seria Zeszyty Naukowe Nr 82, Kraków 2002.
2. Korzyński M.: Nagniatanie ślizgowe. WNT, Warszawa, 2007.
3. Łabędź J., Skorupa A.: Wpływ nagniatania ślizgowego elementem diamentowym na wytrzymałość zmęczeniową stopu aluminium PA6. Materiały VII Konferencji Naukowo-Technicznej „Technologia obróbki przez nagniatanie”, Bydgoszcz 2000.
4. Przybylski W.: Obróbka nagniataniem-technologia i oprzyrządowanie. WNT, Warszawa 1987.
5. Czechowski K., Polowski W., Wronska I., Wszolek J.: Nagniatanie ślizgowe jako metoda obróbki wykończeniowej powierzchni. Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie - wrzesień 2009, s. 21÷27.
6. Polowski W., Bednarski P.: „Badania technologiczne procesu nagniatania ślizgowego przy użyciu nagniataków diamentowych wykonanych na bazie kompozytów diamentowych produkowanych w IZTW”. Prace IZTW, Seria Sprawozdania, Kraków 2010.
7. Łabędź J., Słomski J.: Wpływ wybranych parametrów nagniatania diamentem na chropowatość stali NC6. Materiały z IX Konferencji Naukowej pt. „Technologia Obróbki przez Nagniatanie” TON’05. Gdańsk 13-14.10.2005 wydane jako praca zbiorowa pod redakcją prof. Włodzimierza Przybylskiego pt. „Współczesne Problemy w Technologii Obróbki Przez Nagniatanie”. Gdańsk 2005.
8. Przybylski W., Zieliński J.: Obróbka wykańczająca stopów aluminium przez nagniatanie ślizgowe. Materiały z IX Konferencji Naukowej pt. „Technologia Obróbki przez Nagniatanie” TON’05. Gdańsk 13-14.10.2005.
9. Świrad S.: Kompozyty diamentowe – materiały supertwarde do obróbki nagniataniem. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Mechanika z.66. Rzeszów 2006.
10. Polowski W., Stós J., Bednarski P., Czechowski K., Wszolek J.: Nagniatanie ślizgowe narzędziami diamentowymi. Mechanik, 2010, R. 83, nr 12, s. 965-967. Agenda Wydawnicza SIMP, 2010.

## FINISH MACHINING WITH THE SLIDE BURNISHING DIAMOND TOOLS

### Summary

Possibilities of the finish machining - slide burnishing using the diamond burnishing tools are presented. These tools were made in the Institute of Advanced Manufacturing Technology (IAMT) in Cracow. The results of slide burnishing laboratory tests of various structural materials of different chemical compositions, mechanical, plastic, physical-chemical properties and metallographic structures are presented. Typical advantages of slide burnishing with diamond tools, such as significant improvements in surface roughness of aluminium alloys and quenched and tempered steels (up to hardness of 45÷64 HRC) subjected to burnishing processes, are indicated. The obtained results of measure-

ments of surface geometrical structure parameters (SGP) in 2D system (two-dimensional analysis) and 3D (three-dimensional analysis) system are given and discussed. The coefficient of surface roughness improvement ( $K_{Ra}$ ), which is the ratio of Ra surface roughness parameters prior to and after the burnishing process, was determined.

The SGP measurements results shown that the diamond tools made in IAMT for slide burnishing enabled the obtaining of high surface quality, meeting the requirements of finish machining.

**Keywords:** slide burnishing, diamond composite, surface geometrical structure, finish machining.