

Gładkościowe nagniatanie ślizgowe i toczne powierzchni frezowanej stopu aluminium

Slide and ball finishing burnishing of aluminium alloy surface after milling

JANUSZ KALISZ
DANIEL TOBOŁA
KAZIMIERZ CZECHOWSKI
ANDRZEJ CZERWIŃSKI
ZBIGNIEW MACHYNIA *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.5-6.71
Międzynarodowa Konferencja IMT 2016

Prezentowano wyniki badań prowadzonych w Instytucie Zaawansowanych Technologii Wytwarzania (IZTW) dotyczących możliwości nagniatania powierzchni płaskich wyrobów ze stopu aluminium EN AW-2017A uprzednio frezowanych za pomocą frezów palcowych. Proces nagniatania tocznego realizowano wykonanym w IZTW nagniatakiem tocznym z elementem roboczym ceramicznym (Si_3N_4) w kształcie kulki. Nagniatanie ślizgowe wykonywano nagniatakiem z elementem roboczym z polikrystalicznego diamentu (PCD) i fazy ceramicznej (Ti_3SiC_2), w kształcie czaszy kulistej.

SŁOWA KLUCZOWE: nagniatanie toczne, nagniatanie ślizgowe, chropowatość powierzchni, stop aluminium

Presented are results of the research at the Institute of Advance Manufacturing Technology (IAMT) regarding the possibility of burnishing the surfaces of an aluminium alloy EN AW-2017A flat products which had been previously end-milled. Burnishing at IAMT was performed with a burnishing tool having a working part made of ceramic (Si_3N_4) ball. Slide burnishing was performed by a spherical cup of polycrystalline diamond (PCD) containing a ceramic phase (Ti_3SiC_2).

KEYWORDS: ball burnishing, slide burnishing, surface topography, aluminium alloy

Główną cechą jakości technologicznej części maszyn jest ich odporność na zużywanie się, determinowana właściwościami ich warstwy wierzchniej (WW). Jedną z wielu właściwości WW wpływających w sposób istotny na odporność na zużywanie się współpracujących części maszyn jest określana za pomocą profilometru struktura geometryczna powierzchni (SGP), w tym m.in. parametry wysokościowe chropowatości powierzchni (zwykle im mniejsze tym lepiej) i udział materiałowy profilu chropowatości (lepszy większy).

Obróbka nagniataniem, która polega na miejscowym odkształceniu na zimno przedmiotu wskutek siłowego oraz kinetycznego współdziałania narzędzia z powierzchnią obrabianą, może być prowadzona różnymi metodami, różniącymi się np. sposobem działania siły nagniatającej (statyczny, dynamiczny), rodzajem procesu nagniatania (naporowe, odśrodkowe, strumieniowe, wibracyjne), sposobem kontaktu elementu nagniatającego z powierzchnią obrabianą (ślizgowe, toczne), rodzajem elementu nagniatającego (kulka, rolka, krążek, trzpień), kształtem powierzchni nagniatanej (powierzchnie obrotowe, proste, śrubowe i złożone,

przejścia promieniowe). Zalety nagniatania omówiono w wielu pozycjach literaturowych, a prace nad rozwojem tej metody obróbki prowadzone były w bardzo wielu ośrodkach naukowych; jednym z pionierów, który opisał i sklasyfikował nagniatanie w sposób kompleksowy był Przybylski [1]. Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania (IZTW) ma również wkład w rozwój tej technologii obróbki [2–4]. W niniejszej publikacji przedstawiono niektóre możliwości nagniatania powierzchni płaskich frezowanych frezami palcowymi.

Metodyka badań

Proces nagniatania tocznego realizowano wykonanym w IZTW nagniatakiem tocznym z elementem roboczym ceramicznym (Si_3N_4) w kształcie kulki o promieniu 4 mm. Nagniatanie ślizgowe prowadzono za pomocą nagniataka z elementem roboczym z polikrystalicznego diamentu (PCD) i fazy ceramicznej (Ti_3SiC_2), w kształcie czaszy kulistej o promieniu 3,5 mm. W obu narzędziach siła docisku elementu nagniatającego do powierzchni nagniatanej wywierana była poprzez odpowiednie ugięcie sprężyny.

W przeprowadzonych badaniach nagniataniu poddano płaskie powierzchnie próbek ze stopu aluminium EN AW-2017A o twardości 110 HB. Powierzchnie próbek, w postaci równomiernie rozmieszczonych na płycie obszarów o wymiarach 60 × 30 mm frezowano kształtując frezem trzpieniowym (HSS-E) o średnicy $\phi = 8$ mm. Po wykonaniu frezowania, na połowie wydzielonych obszarów o wymiarach 30 × 30 mm, przeprowadzono nagniatanie w dwóch wariantach w kierunku prostopadłym do kierunku frezowania:

- nagniatanie ślizgowe z siłą nagniatania $F_n = 60$ N i posuwem wierszowania $f_{wn} = 0,035$ mm,
- nagniatanie toczne z siłą nagniatania $F_n = 100$ N i posuwem wierszowania $f_{wn} = 0,04$ mm.

W zastosowanych sposobach nagniatania metodą ślizgową i toczną podane wyżej siły nagniatania odpowiadały naciskom jednostkowym nagniatania o jednakowej wartości.

Proces obróbki frezowaniem i nagniataniem przeprowadzono w jednym zamocowaniu na pięcioosiowym centrum frezarskim typu DMC 75V Linear firmy DECKEL MAHO. Pomiar 2D parametrów SGP przeprowadzane były za pomocą profilometru HOMMEL TESTER T1000. Określano parametry wysokościowe chropowatości powierzchni R_a , R_t , R_z , R_p , R_v , a także wartości poziome odniesienia c (tj. odległości od wierzchołków profilu chropowatości do linii cięcia) dla udziału materiałowego profilu chropowatości $Rmr(c) = 50\%$ (im mniejsze c tym lepiej).

Oprócz wielkości zmierzonych bezpośrednio, określono również współczynnik zmniejszenia chropowatości K_{Ra} , który jest wynikiem stosownych obliczeń:

* Mgr inż. Janusz Kalisz, dr inż. Daniel Toboła, dr inż. Kazimierz Czechowski, mgr inż. Andrzej Czerwiński, mgr inż. Zbigniew Machynia (ios@ios.krakow.pl) – Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania

$$K_{Ra} = Ra'/Ra$$

gdzie: Ra' – średnie arytmetyczne odchylenie profilu od linii średniej przed nagniataniem, Ra – średnie arytmetyczne odchylenie profilu od linii średniej po nagniataniu.

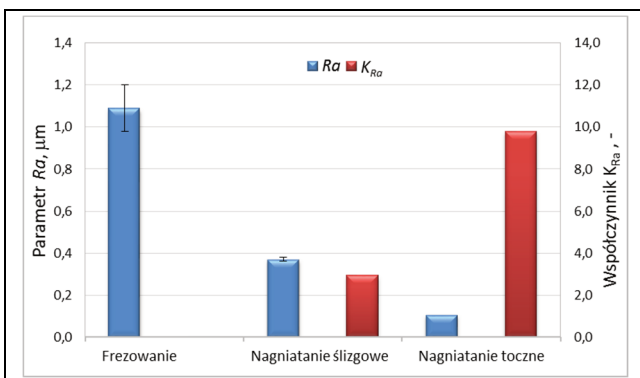
Wyniki badań

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w tablicy oraz na rys. 1÷4.

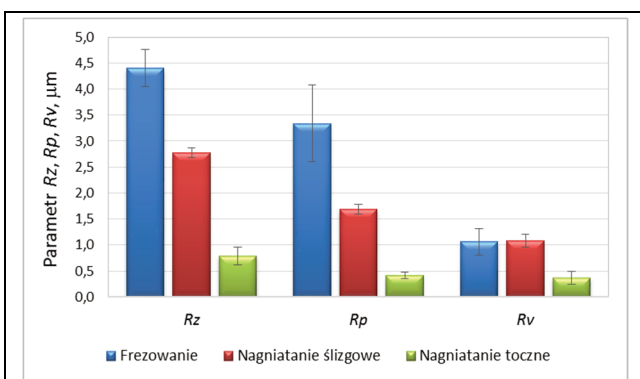
TABLICA. Porównanie uśrednionych wyników prób nagniatana tocznego i ślizgowego

Rodzaj obróbki	Parametr chropowatości						K_{Ra}
	Ra μm	Rt μm	Rz μm	Rp μm	Rv μm	c dla $Rmr(c) = 50\%$ μm	
Frezowanie	1,09	5,24	4,40	3,34	1,06	3,55	-
Nagniatanie ślizgowe	0,37	3,60	2,77	1,69	1,08	1,67	2,95
Nagniatanie toczne	0,11	1,10	0,79	0,42	0,37	0,42	9,80

Po nagniataniu tocznym uzyskano niższe wartości parametrów wysokościowych chropowatości powierzchni. Wartości poziomu odniesienia c dla $Rmr(c) = 50\%$, wyrażone w $\%Rt$, były niższe po nagniataniu tocznym (ok. 38%) niż po nagniataniu ślizgowym (ok. 46%) i po frezowaniu (ok. 68%).



Rys. 1. Porównanie parametru chropowatości Ra oraz współczynnika zmniejszenia chropowatości K_{Ra} po frezowaniu, nagniataniu ślizgowym i tocznym



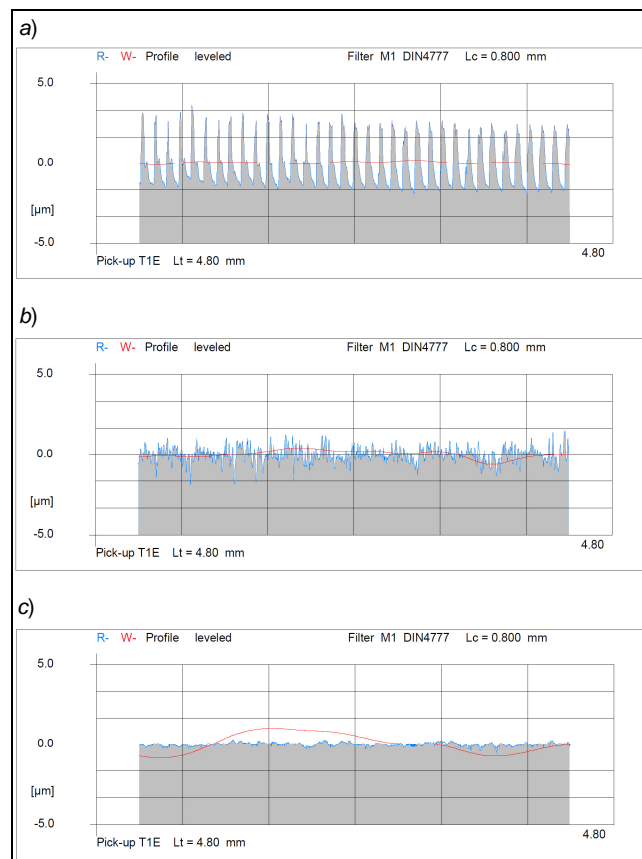
Rys. 2. Porównanie parametrów chropowatości Rz , Rp , Rv po frezowaniu oraz po nagniataniu ślizgowym i tocznym

Podsumowanie

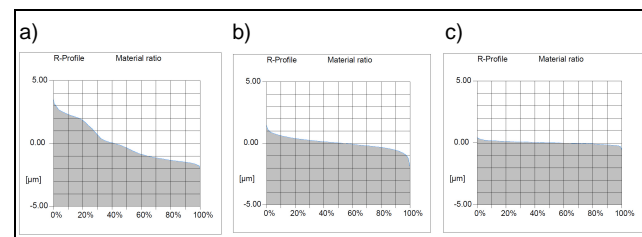
Obróbka nagniataniem ślizgowym i tocznym umożliwia uzyskanie wysokiej gładkości powierzchni wyrobów ze stopów metali uprzednio frezowanych. W przypadku stopu aluminium EN AW-2017A uzyskano po nagniataniu ślizgowym ok. trzykrotne, a po tocznym ok. dziesięciokrotne zmniejszenie parametru chropowatości Ra , a ponadto uzyskano

krzywe udziału materiałowego o korzystnym kształcie, świadczącym o wzroście udziału materiałowego profilu chropowatości.

Lepsze rezultaty nagniatania tocznego, w porównaniu do ślizgowego, przy jednakowych naciskach jednostkowych nagniatania (określonych teoretycznie), mogą wynikać m.in. z innej kinematyki procesu nagniatania (tarcie toczne i ślizgowe – warunki tarcia w strefie kontaktu) i z różnic w charakterze zużywania się elementu nagniatającego.



Rys. 3. Profile chropowatości powierzchni: a) po frezowaniu, b) po sekwencyjnym frezowaniu i nagniataniu ślizgowym, c) po sekwencyjnym frezowaniu i nagniataniu tocznym



Rys. 4. Krzywe udziału materiałowego powierzchni: a) po frezowaniu, b) po sekwencyjnym frezowaniu i nagniataniu ślizgowym, c) po sekwencyjnym frezowaniu i nagniataniu tocznym

LITERATURA

1. Przybylski W. „Technologia obróbki nagniataniem”. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1987.
2. Kalisz J. „Nagniatanie płaskich powierzchni frezowanych”. XII Konferencja Naukowa „Technologia obróbki przez nagniatanie TON'14. *Mechanik*. R. 87, nr 11CD (2014): s. 937/118÷129.
3. Kalisz J., Żak K., Grzesik W., Czechowski K. „Characteristics of surface topography after rolling burnishing of EN AW-ALCu4MgSi(A) aluminium alloy”. *Journal of Machine Engineering*. Vol. 15, No. 1 (2015): pp. 71÷80.
4. Czechowski K., Kalisz J. „Wybrane aspekty procesu nagniatania”. *Mechanik*. R. 88, nr 5–6 (2015): s. 452÷455. ■