

Eugene Feldshtein¹

Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, ul. Podgórna, 65-246 Zielona Góra

Nikolaj Grebnev²

Białoruska Akademia Nauk, Instytut Metalurgii Proszków, ul. Platonova, 41, 220071, Mińsk

Uladzislau Kulbitski³

Białoruski Narodowy Uniwersytet Techniczny, prospekt F. Skoriny, 65, 220027, Mińsk

KSZTAŁTOWANIE STEREOMETRII POWIERZCHNI PRZY SZLIFOWANIU KOMPOZYTOWYCH SPIEKANYCH MATERIAŁÓW PRZECIWCIERNYCH

Przedstawiono wyniki badań stereometrii powierzchni elementów wykonanych z kompozytowych spiekanych materiałów przeciwciernych stosowanych do łożysk ślizgowych. Badano materiały FeC₂Cu₂₀Pb₁₀ i CuSn₉C₄ na bazie proszków żelaza, grafitu, miedzi, ołowiu i cyny (tab. 1) po obróbce szlifowaniem (tab. 2). Skład strukturalny pierwszego z materiałów badanych był następujący: ferryt + ok. 20% perlitu + obszary swobodnej miedzi + pojedyncze cząsteczki swobodnej miedzi i swobodnego ołowiu. Skład strukturalny drugiego materiału: roztwór stały cyny w miedzi + cząsteczki swobodnego grafitu (rys. 1). W stanie wejściowym (po prasowaniu i spiekaniu) chropowatość powierzchni próbek wykonanych z materiałów spiekanych jest dość wysoka (rys. 2), na niej są łatwo zauważalne rozplaszczone cząstki proszku i pory (rys. 3). Powierzchnia szlifowana jest znacznie bardziej gładka (rys. rys. 4 i 5). Obliczono równania regresyjne do obliczeń parametrów chropowatości *Ra*, *Rq*, *Rt*, *Rv*, *Rz* wg PN ISO 4287:1998. Ustalono, że posuw promieniowy stołu podczas szlifowania płaskiego praktycznie nie wpływa na chropowatość powierzchni obrabianych. Chropowatość wzrasta przy wzroście osiowego posuwu stołu i maleje przy wzroście prędkości posuwu. Po dwóch przejściach wyiskrzania chropowatość ulega dość znaczącemu zmniejszeniu. Najmniejszą chropowatość obserwuje się przy małych promieniowym i osiowym posuwach stołu i dużej prędkości posuwu stołu. Przy niewłaściwie dobranych warunkach obróbki pory znajdujące się na powierzchni obrabianej akumulują wióry powstające w strefie szlifowania oraz inne zanieczyszczenia (rys. 6).

Słowa kluczowe: kompozytowe materiały spiekane, szlifowanie, stereometria powierzchni

THE FORMING OF THE SURFACE STEREOMETRY DURING GRINDING SINTERED COMPOSITION ANTIFRICTION MATERIALS

In the paper the results of researches of the surface stereometry of sintered composition antifriction materials, which are used for plate bearings, are described. The surfaces of materials FeC₂Cu₂₀Pb₁₀ and CuSn₉C₄ on the basis of iron, graphite, copper, lead and tin powders (Table 1) after grinding (Table 2) were studied. Microstructure of the first material consist of ferrite + about 20% perlite + areas of free copper + single parts of free copper and free lead. Microstructure of the second material consist of tin hard solution in copper + parts of free graphite (Fig. 1). The roughness of the surface in starting state (after pressing and sintering) is large (Fig. 2), the deformed powder globules and porous can be observed on the surface (Fig. 3). The surface after grinding is very more smooth (Figs 4 and 5). The regression formulas to calculate roughness parameters *Ra*, *Rq*, *Rt*, *Rv*, *Rz* according PN ISO 4287:1998 are obtained. The radial table feed during grinding practically has no influence on the processed surfaces roughness. The roughness grows, if the axial table feed grows too, and the roughness decreases, if the table feed speed grows. The roughness decreases noticeably after two passes of sparking out. The minimum of roughness is observed during grinding with small radial and axial table feeds and large table feed speed. The pores, which are on a proceeded surface, accumulate microchips and other pollutions which are formed during grinding with noncorrect parameters (Fig. 6).

Key words: sintered composition materials, grinding, surface stereometry

WSTĘP

Współczesny przemysł maszynowy wykorzystuje w szerokim zakresie materiały, które są przygotowywane różnymi technologiami metalurgii proszków. Wśród tych materiałów znajdują się materiały przeciwcierne

stosowane w łożyskach ślizgowych. Spośród wielu zalet łożysk porowatych najważniejsze są:

- dobre właściwości ślizgowe w różnych warunkach smarowania, w tym granicznego i suchego;

¹ prof. dr hab. inż., ² dr inż., ³ mgr inż.

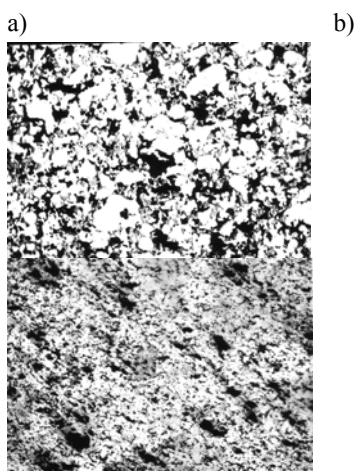
- zbędna obsługa łożysk;
- możliwość pracy w miejscach niedostępnych oraz w urządzeniach pozbawionych nadzoru;
- cichobieżność i brak wyciekania oleju w czasie pracy.

Poza tym materiały spiekane mogą skutecznie zastępować drogie kolorowe stopy łożyskowe oraz zmniejszać straty energetyczne wskutek prawie całkowitego wyeliminowania obróbki mechanicznej i wykorzystania progresywnej technologii [1-3].

Materiały porowate mają specyficzne właściwości, jak np. złożony skład chemiczny, wiele składników mikrostruktury, porowatość końcową, obecność w niektórych przypadkach siatki węglików, związków między-metalicznych i innych cząstek o dużej twardości. Elementy, wytwarzane z materiałów proszkowych, w pewnych warunkach wymagają zastosowania obróbki wykańczającej. Obróbka taka ma na celu zapewnienie wymaganej dokładności elementu i jego jakości; zapewnienie odporności na zużycie; formowanie powierzchni elementu o złożonym kształcie, który jest niemożliwy do wykonania przez prasowanie itp. W takich warunkach znaczącą rolę odgrywają prawidłowości kształtowania stereometrii powierzchni obrabianego elementu.

WARUNKI BADAŃ

Badano wpływ warunków szlifowania płaskiego porowatych materiałów przeciwiernych na kształtowanie wybranych wskaźników geometrycznych powierzchni obrobionej. Skład chemiczny i podstawowe właściwości materiałów przedstawiono w tabeli 1. Mikrostruktura materiału FeC2Cu20Pb10 - ferryt + 20% perlitu + obszary swobodnej miedzi + pojedyncze cząsteczki swobodnej miedzi i swobodnego ołowiu. Mikrostruktura materiału CuSn9C4 - roztwór stały cyny w miedzi + cząsteczki swobodnego grafitu (rys. 1).



Rys. 1. Mikrostruktury materiałów FeC2Cu20Pb10 (a) i CuSn9C4 (b); pow. 100x

Fig. 1. Microstructures of materials FeC2Cu20Pb10 (a) and CuSn9C4 (b); magn. 100x

Szlifowania dokonano ściernicą 38A-54-L6VBE-33 firmy NORTON na szlifierce płaskiej 3E711B. Charakterystykę ściernicy oraz zakres parametrów szlifowania dobrano na podstawie [4]. Przy szlifowaniu wykorzystano ciecz chłodząco-smarującą Emulgol ES o stężeniu 12,5% produkcji firmy „Petro-Oil”. Parametry szlifowania dobrane zgodnie z planem ułankowym typu 2³⁻¹ przedstawiono w tabeli 2. Prędkość szlifowania $v_c = 35$ m/s. Szlifowanie przeprowadzono bez wyiskrzania i z wyiskrzaniem (ilość przejść $i = 2$). Parametry chropowatości powierzchni mierzono na chropowatościomierze Surtest SJ-301, stan powierzchni obrobionej badano na mikroskopie skaningowym JSM 5600-LV.

TABELA 1. Skład chemiczny i właściwości materiałów badanych

TABLE 1. Chemical composition and properties of the tested materials

Materiał	Skład chemiczny %					Porowatość końcowa %	Twardość HB
	Fe	C*	Cu	Pb	Sn		
CuSn9C4	–	4	**	–	9	18	65
FeC2Cu20Pb10	**	2	20	10	-	18	90

* W trakcie przygotowania materiałów węgiel znajduje się w postaci grafitu
 ** Pozostałe

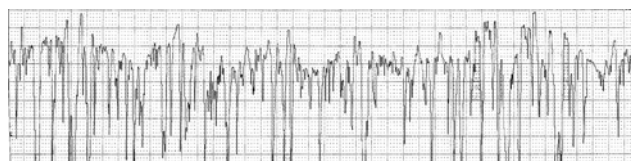
TABELA 2. Parametry szlifowania płaskiego

TABLE 2. The parameters of grinding

Nr	Posuw promieniowy stołu f_r mm	Prędkość posuwu stołu v_f m/min	Posuw osiowy stołu f_a mm
1	0,005	6	15
2	0,045	6	3
3	0,005	25	3
4	0,045	25	15

WYNIKI BADAŃ

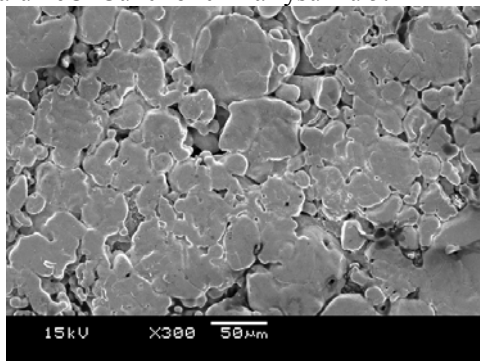
W stanie wejściowym (po prasowaniu i spiekaniu) chropowatość powierzchni próbek wykonanych z materiałów spiekanych jest dość wysoka (rys. 2), na niej są łatwo zauważalne rozplaszczone cząstki proszku i pory (rys. 3).



Rys. 2. Profilogram powierzchni próbki w stanie wejściowym (tu i dalej cęcha podziałki w kierunku pionowym 0,2 μ /mm, w kierunku poziomym - 20 μ /mm)

Fig. 2. The profile record of the material surface after pressing and sintering (starting state); here and below the vertical point value $0,2 \mu\text{m}$, the horizontal point value $-20 \mu\text{m}$

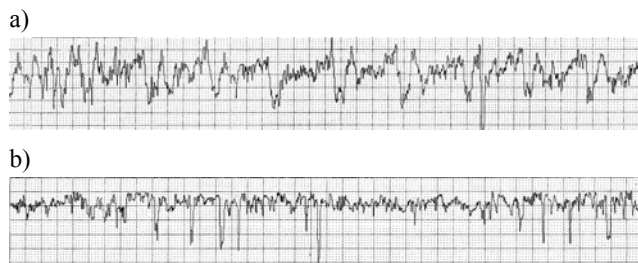
Niektóre profilogramy powierzchni próbek z materiału CuSn9C4, obrobionych przy różnych kombinacjach parametrów szlifowania, przedstawiono na rysunku 4, a materiału FeC2Cu20Pb10 - na rysunku 5.



Rys. 3. Powierzchnia próbki w stanie wejściowym (po prasowaniu i spiekaniu)

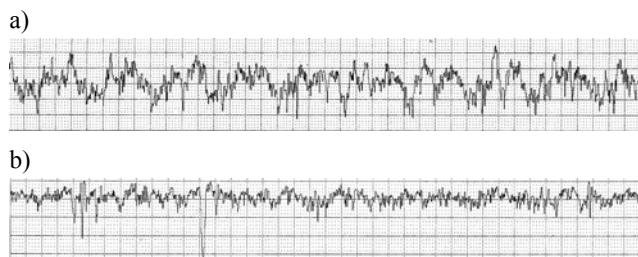
Fig. 3. The surface of the part after pressing and sintering (starting state)

Przy analizie wpływu warunków szlifowania na chropowatość powierzchni obrobionej mierzono następujące parametry chropowatości (wg PN ISO 4287:1998): średnią arytmetyczną rzędnych profilu Ra , wysokość najwyższego wzniesienia profilu Rp , średnią kwadratową rzędnych profilu Rq , całkowitą wysokość profilu Rt , głębokość najniższego wgłębienia profilu Rv , największą wysokość profilu Rz .



Rys. 4. Profilogramy powierzchni próbek z materiału CuSn9C4 po szlifowaniu bez wyiskrzania (a) i z wyiskrzaniem (b); warunki szlifowania nr 1 wg tab. 2

Fig. 4. The profile records of material CuSn9C4 surfaces grounded without sparking out (a) and with sparking out (b); grinding conditions no 1 from table 2



Rys. 5. Profilogramy powierzchni próbek z materiału FeC2Cu20Pb10 po szlifowaniu bez wyiskrzania (a) i z wyiskrzaniem (b); warunki szlifowania nr 3 wg tab. 2

Fig. 5. The profile records of material FeC2Cu20Pb10 surfaces grounded without sparking out (a) and with sparking out (b); grinding conditions no 3 from table 2

Po dokonaniu obliczeń otrzymano następujące wzory regresji wielowymiarowej:

dla materiału FeC2Cu20Pb10

$$\begin{aligned} Ra &= 0,338f_r^{0,026}v_{ft}^{-0,069}f_a^{0,196}i^{-0,126} \\ Rp &= 1,68f_r^{-0,019}v_{ft}^{-0,202}f_a^{0,223}i^{-0,104} \\ Rq &= 0,515f_r^{-0,002}v_{ft}^{-0,138}f_a^{0,194}i^{-0,105} \\ Rt &= 4,10f_r^{-0,065}v_{ft}^{-0,178}f_a^{0,253}i^{-0,023} \\ Rv &= 3,73f_r^{-0,061}v_{ft}^{-0,244}f_a^{0,251}i^{0,034} \\ Rz &= 3,90f_r^{-0,088}v_{ft}^{-0,201}f_a^{0,194}i^{-0,038} \end{aligned}$$

dla materiału CuSn9C4

$$\begin{aligned} Ra &= 0,382f_r^{-0,036}v_{ft}^{-0,19}f_a^{0,152}i^{-0,136} \\ Rp &= 3,24f_r^{0,04}v_{ft}^{-0,281}f_a^{0,039}i^{-0,123} \\ Rq &= 0,446f_r^{-0,086}v_{ft}^{-0,175}f_a^{0,141}i^{-0,101} \\ Rt &= 3,21f_r^{-0,207}v_{ft}^{-0,219}f_a^{0,111}i^{-0,008} \\ Rv &= 1,54f_r^{-0,262}v_{ft}^{-0,161}f_a^{0,134}i^{0,041} \\ Rz &= 2,59f_r^{-0,22}v_{ft}^{-0,172}f_a^{0,120}i^{0,003} \end{aligned}$$

Łatwo zauważyć, że zwiększenie wartości posuwu promieniowego słabo wpływa na chropowatość szlifowanych powierzchni z materiału FeC2Cu20Pb10 i zmniejsza chropowatość powierzchni z materiału CuSn9C4, głównie tzw. parametry pionowe. Parametry charakteryzujące wartości średnie rzędnych zmieniają się znacznie wolniej. Chropowatość wyraźnie wzrasta wraz ze zwiększaniem wartości osiowego posuwu stołu i maleje wraz ze zwiększaniem prędkości posuwu. Po dwóch przejściach wyiskrzania dla obu materiałów obniżają się parametry charakteryzujące wartości średnie rzędnych chropowatości, w mniejszym zaś stopniu - parametry pionowe.

Po analizie wartości i rozrzutów parametrów chropowatości powierzchni ustalono, że minimum chropowatości obserwuje się przy minimalnych promieniowym i osiowym posuwach stołu i maksymalnej prędkości posuwu stołu.

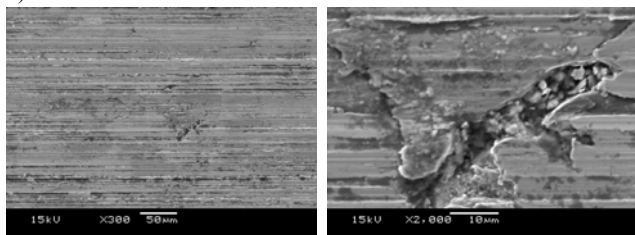
Warunki szlifowania mają duży wpływ na stereometrię powierzchni szlifowanej. Przy szlifowaniu w nieprzychylnych warunkach w porach „wychodzących” na powierzchnię trącą pozostają cząsteczki wióra, ścierniwa itp. Zmiana parametrów szlifowania, np. wyiskrzanie, otwiera i oczyszcza pory (rys. 6). Pozwala to na łatwiejsze wprowadzanie oleju wewnątrz porów i polepszenie warunków tarcia.

WNIOSKI

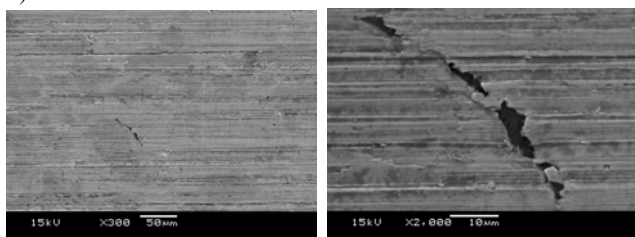
Analiza zmian cech geometrycznych powierzchni szlifowanych kompozytowych materiałów spiekanych pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. Parametry chropowatości powierzchni szlifowanych w pewnym stopniu zależą od osiowego posuwu stołu i maksymalnej prędkości posuwu stołu oraz warunków wyiskrzania.
2. Pory na powierzchni obrabianej w zależności od warunków szlifowania mogą zawierać cząsteczki wióra, ścierniwa itp. lub pozostawać otwarte i czyste, co może wpłynąć na łatwiejsze wprowadzanie oleju do wewnątrz porów i polepszanie warunków tarcia.

a)



b)



Rys. 6. Widok powierzchni szlifowanej z wyiskrzaniem (a) i bez wyiskrzania (b)

Fig. 6. The appearance of surfaces, ground without sparking out (a) and with sparking out (b)

Badania wykonane zostały na podstawie umowy o współpracy między Uniwersytetem Zielonogórskim i Instytutem Metalurgii Proszków Białoruskiej Akademii Nauk w Mińsku (Republika Białoruś).

LITERATURA

- [1] Krzemiński K., Łożyska konwencjonalne z porowatymi segmentami, *Tribologia* 2001, 4, 651-657.
- [2] Cyunczyk A., *Podstawy inżynierii spieków metalowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2000.
- [3] Fedorchenko I.M., Pugina L.I., *Kompozycyonyje spechennyje antyfrakcyonyje materialy*, Naukowa Dumka, Kiev 1980.
- [4] Feldshtein E., Prawdłowości kształtowania stereometrii powierzchni elementów ze spiekanych materiałów porowatych na bazie żelaza, *Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji* 2003, 23, 25-33.

Recenzent
Dionizy Biało