www.ptcer.pl/mccm

MATERIAŁY CERAMICZNE /CERAMIC MATERIALS/, 64, 3, (2012), 314-318

Wpływ parametrów procesu szlifowania na stan powierzchni kompozytu WCCo/diament wytwarzanego metodą PPS

Marcin Rosiński*, Wojciech Chrzanowski, Maciej Spychalski, Andrzej Michalski

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa
*e-mail: ninmar@inmat.pw.edu.pl

Streszczenie

Kompozyt WCCo z domieszką 30% obj. diamentu wytworzono wykorzystując nowoczesną metodę impulsowo plazmowego spiekania PPS (Pulse Plasma Sintering), opracowaną na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej. Przedstawiono wyniki badań właściwości warstwy wierzchniej kompozytu WCCo/diament po szlifowaniu na szlifierce MVM LA 500, wykonanych w ramach projektu UDA-POIG.01.03.01-14-063/08-00 na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej. Opracowano parametry obróbki kompozytu WCCo/diament spiekanego metodą PPS oraz porównano charakterystyki ściernic w celu osiągnięcia efektywnej obróbki i uzyskania powierzchni o jak najniższej wartości parametru chropowatości *Ra*. Prowadzone badania obejmowały ustalenie wpływu prędkości obwodowej materiału obrabianego, kierunku obrotu, wielkości ziarna i osnowy ściernicy na jakość uzyskanej powierzchni.
Słowa kluczowe: PPS, szlifowanie, kompozyt, węglik spiekany (WCCo), diament

INFLUENCE OF GRINDING PROCESS PARAMETERS ON THE SURFACE STATE OF WCCO/DIAMOND COMPOSITE PRODUCED BY PPS

WC composites with the addition of cobalt are valued construction and tool materials. Due to high hardness, wear resistance and fracture toughness, cemented carbide tools are more than 50% of cutting tools market. In order to increase wear resistance of WCCo tools, diamond particles are added. Composites consisted of WCCo with distributed 30 vol. % of diamond particles were obtained, by the PPS method (Pulse Plasma Sintering) invented and developed at the Department of Materials Science and Engineering at the Warsaw University of Technology. This method enables to sinter materials at lower temperatures than traditional methods need, obtaining dense materials with densities closed to theoretical values. Preparation of a surface is very important issue for the quality of composite WCCo/diamond blades. In this paper, characteristics of WCCo/diamond composite surfaces are presented after the grinding process performed at a MVM LA 500 grinding machine. This work was supported by UDA-POIG.01.03.01-14-063/08-00 project implemented at the Faculty of Materials Science and Engineering of the Warsaw University of Technology. This study was aimed to create grinding machining parameters, compare efficiency of grinding wheels in order to obtain surface with the possible low *Ra* parameter value. Influence of peripheral velocity, rotation direction, grain size and grinding wheel matrix was investigated.
Keywords: Pulse plasma sintering (PPS), Grinding, Tungsten carbide, Composite WCCo, Diamond

1. Wstęp

Kompozyty WC z domieszką kobaltu są cenionym materiałem konstrukcyjnym i narzędziowym. Wysoka twardość, odporność na zużycie ścierne oraz duża wytrzymałość na pękanie sprawiają, że narzędzia z węglików spiekanych stanowią ponad 50% narzędzi skrawających. W celu zwiększenia odporności narzędzia na zużycie ścierne do spiekanego WCCo dodaje się cząsteczki diamentu. Kompozyt WCCo z domieszką 30% obj. diamentu wytworzono wykorzystując nowoczesną metodę impulsowo plazmowego spiekania PPS (ang. *Pulse Plasma Sintering*), opracowaną na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej. Metoda PPS pozwala na uzyskanie spieków w niższej temperaturze niż tradycyjne metody, a spieki charakteryzują się gęstością względną bliską 100%. Istotny wpływ na wytrzymałość ostrza narzędzia z kompozytu WCCo/diament ma jakość powierzchni. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań właściwości warstwy wierzchniej kompozytu WCCo/diament po szlifowaniu na szlifierce MVM LA 500, wykonanych w ramach projektu UDA-POIG.01.03.01-14-063/08-00 na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej.

Celem badań było opracowanie parametrów obróbki kompozytu WCCo/diament spiekanego metodą PPS oraz porównanie charakterystyki ściernic w celu osiągnięcia efektywnej obróbki i uzyskania powierzchni o jak najniższej wartości parametru chropowatości *Ra*. Prowadzone badania obejmowały ustalenie wpływu prędkości obwodowej materiału obrabianego, kierunku obrotu, wielkości ziarna i osnowy ściernicy na jakość uzyskanej powierzchni.

2. Metodyka badań

Badania wykonano w przypadku spieków otrzymanych z mieszaniny proszku (WC + 12% wag. Co) + 30% obj. diamentu. Mieszanie proszku przeprowadzono w mieszalniku

turbularnym przez 10 h z prędkością 70 obr/min z użyciem kulek węglikowych. Próbki spiekano metodą PPS w matrycy grafitowej [1-6]. Proces spiekania prowadzono w temperaturze 1060°C pod naciskiem 94 MPa w próżni $5 \cdot 10^{-5}$ mbar, celem uzyskania kształtek o średnicy 20 mm i wysokości 2 mm. Uzyskane spieki miały gęstość względną 98,8% gęstości teoretycznej. Procesy szlifowania przeprowadzono na szlifierce MVM LA500 (Rys. 1) o regulowanej szybkości przybrania, stałej prędkości obwodowej ściernicy *Vs* = 22 m/s z możliwością regulacji kierunku obrotów, wyposażonej w obrotowy stolik z regulowaną prędkością obrotową.

W badaniach służących opracowaniu parametrów obróbki kompozytu WCCo/diament zastosowano ściernice o osnowie ceramicznej, wyprodukowanych przez firmy:

– „X"- o oznaczeniu: 11A2-VCM 150x10x4x20 D9 K125V, 11A2-VCM 150x10x4x20 D15 K125V, 11A2-VCM 150x10x4x20 D30 K125V,
– „Y" o oznaczeniu: DM25_S.630781_D25 i DM09_S.630782_D9

oraz ściernice o osnowie żywicznej wyprodukowane przez firmę:

– „Y" o oznaczeniu: 6A2-150x10x4x20xDiA_6, 6A2-150x10x4x20xDiA_15.

W Tabeli 1 zestawiono parametry poszczególnych procesów szlifowania. Pomiary chropowatości próbek po procesie szlifowania przeprowadzono na chropowatościomierzu Mitutoyo Surftest-501 dla zakresu pomiarowego 8 mm.

Tabela 1. Parametry szlifowania.
Table 1. Grinding process parameters.

Nr procesu	Prędkość obwodowa [m/min]	Posuw poprzeczny [mm/min]	Obroty ściernicy i stołu	Nazwa tarczy
1	4,08	0,003	zgodne	Extreme DiA_15
2	4,08	0,010	zgodne	Extreme DiA_15
3	4,08	0,003	zgodne	Extreme DiA_06
4	4,08	0,010	zgodne	Extreme DiA_06
5	4,08	0,074	zgodne	S.630782_D09
6	4,08	0,003	zgodne	S.630782_D09
7	4,08	0,003	zgodne	S.630781_D25
8	4,08	0,074	zgodne	S.630781_D25
9	4,08	0,030	zgodne	D30 K125V
10	4,08	0,030	zgodne	S.630781 D25
11	4,08	0,030	zgodne	D15 K125V
12	4,08	0,030	zgodne	D09 K125V
13	4,08	0,030	zgodne	S.630782 D09
14	4,08	0,002	zgodne	Extreme DiA_06
15	4,08	0,002	zgodne	Extreme DiA_15
16	4,08	0,005	zgodne	Extreme DiA_06
17	4,08	0,005	zgodne	Extreme DiA_15
18	4,08	0,005	przeciw-ne	Extreme DiA_15
19	7,00	0,005	zgodne	Extreme DiA_15
20	1,00	0,005	zgodne	Extreme DiA_15
21	4,08	0,005	zgodne	Extreme DiA_15

Rys. 1. Szlifierka MVM LA 500.
Fig. 1. MVM LA 500 surface grinder.

3. Wyniki badań

Pierwszym etapem badań było ustalenie wpływu wartości posuwu poprzecznego i rodzaju osnowy ściernicy na jakość uzyskanej powierzchni. W Tabeli 2 zestawiono wyniki pomiaru *Ra*, zużycia względnego ściernicy oraz wydajności szlifowania dla poszczególnych procesów.

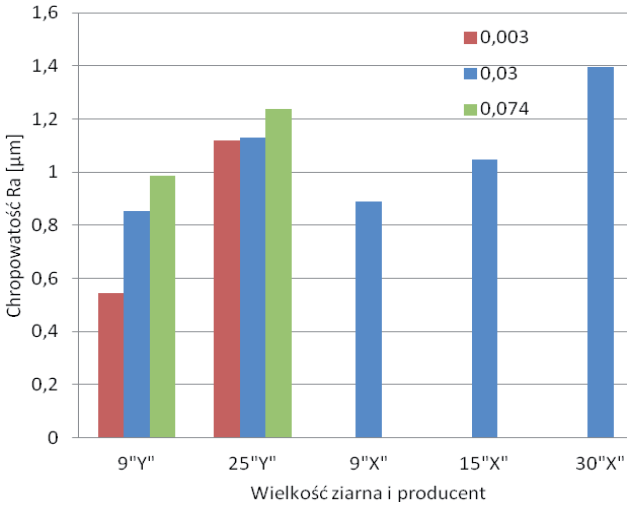
3.1. Ściernice z osnową żywiczną

Na Rys. 2 przedstawiono wyniki pomiaru *Ra* dla powierzchni kompozytu po szlifowaniu ściernicami o osnowie ceramicznej. Zastosowanie ściernicy z większymi cząstkami diamentu, dla identycznych parametrów szlifowania, prowadzi do uzyskania większej chropowatości szlifowanej powierzchni. Analizując wpływ wartości posuwu poprzecznego na *Ra* szlifowanej powierzchni stwierdzono, że w wyniku zastosowania większej szybkości posuwu uzyskano powierzchnie o gorszej jakości wyrażonej wyższym parametrem *Ra* (5, 6, 13 dla ściernicy 9 μm oraz 7, 8, 10 dla ściernicy 25 μm).

Niezależnie od dostawcy badanych ściernic, nie stwierdzono wpływu typu ściernicy na parametr *Ra* po procesie szlifowania ściernicami dla tej samej wielkości diamentu 9 μm (procesy 12 i 13). Jednakże badane ściernice znacząco różniły się zarówno wydajnością szlifowania, jak i zużyciem względnym ściernicy, co przedstawiono na Rys. 3. Ściernice dostarczone przez producenta „Y" charakteryzowały się trzykrotnie niższym zużyciem oraz o 50% wyższą wydajnością w procesie szlifowania dla tych samych parametrów, niż ściernice producenta „X". Niezależnie od producenta ściernic, wraz ze wzrostem wielkości ziarna ściernicy rośnie wydajność procesu szlifowania oraz uzyskuje się mniejsze zużycie ściernicy.

Tabela 2. Wyniki pomiaru Ra, zużycia względnego ściernicy oraz wydajności szlifowania dla poszczególnych procesów.
Table 2. The results of the measurement of Ra parameter, relative wear of a grinding wheel and grinding efficiency for individual processes.

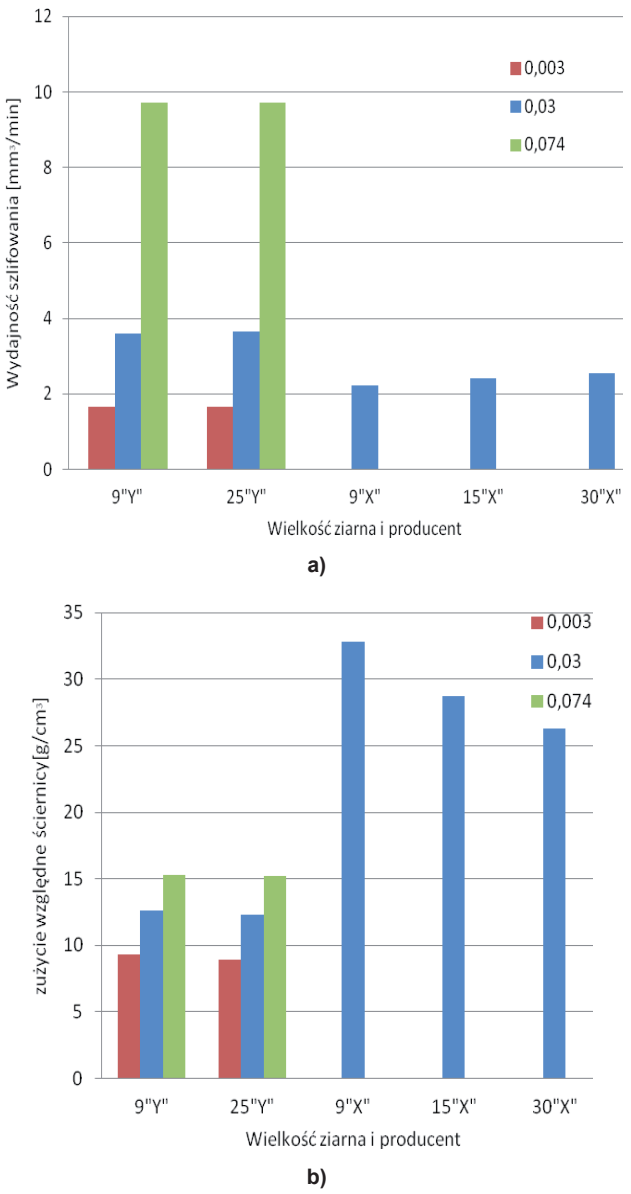
Nr procesu	*Ra* [µm]	Odchylenie standardowe [%]	Zużycie względne ściernicy [g/cm³]	Wydajność szlifowania [mm³/min]
1	0,342	1,12	14,1	0,39
2	0,502	1,21	25,3	1,65
3	0,424	1,8	15,1	0,39
4	0,312	1,36	26,3	1,65
5	0,986	2,3	15,3	6,7
6	0,546	3,2	9,3	1,65
7	1,12	2,79	8,9	1,65
8	1,238	2,26	15,2	6,7
9	1,396	2,54	26,3	2,54
10	1,129	1,99	12,3	3,64
11	1,046	1,99	28,7	2,41
12	0,888	1,01	32,8	2,22
13	0,854	2,22	12,6	3,61
14	0,104	1,01	16,5	0,2
15	0,235	1,9	13,9	0,22
16	0,237	1,6	19,7	0,55
17	0,335	1,6	17,6	0,58
18	0,421	1,6	17,6	0,58
19	0,318	1,7	22,9	0,5
20	0,427	1,07	15,4	0,63
21	0,328	1,3	13,7	0,67



Rys. 2. Chropowatość Ra próbek kompozytu dla ściernic o osnowie ceramicznej.
Fig. 2. Ra roughness of composite samples after grinding process with ceramic grinding wheels.

3.2. Ściernice z osnową żywiczną

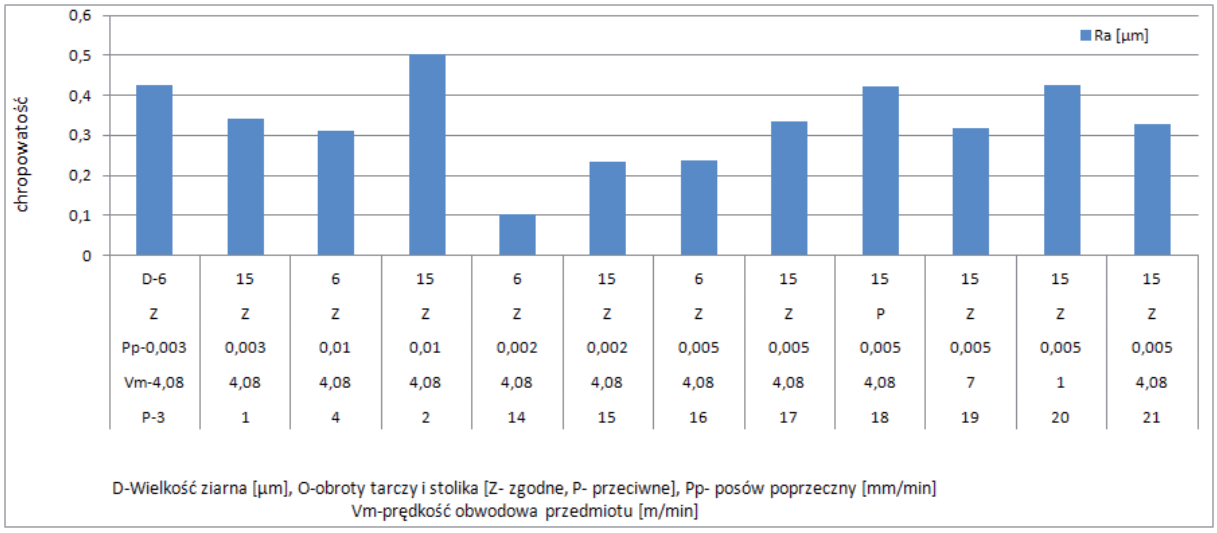
Badania procesu szlifowania kompozytu WCCo/diament ściernicami z osnową żywiczną (Rys. 4) wykazały, że podobnie jak dla ściernic o osnowie ceramicznej zastosowanie ściernicy z większymi cząstkami diamentu, dla identycznych parametrów szlifowania, prowadzi do uzyskania większej chropowatości szlifowanej powierzchni (procesy 3, 4, 14, 16 oraz 1, 2, 15, 17).



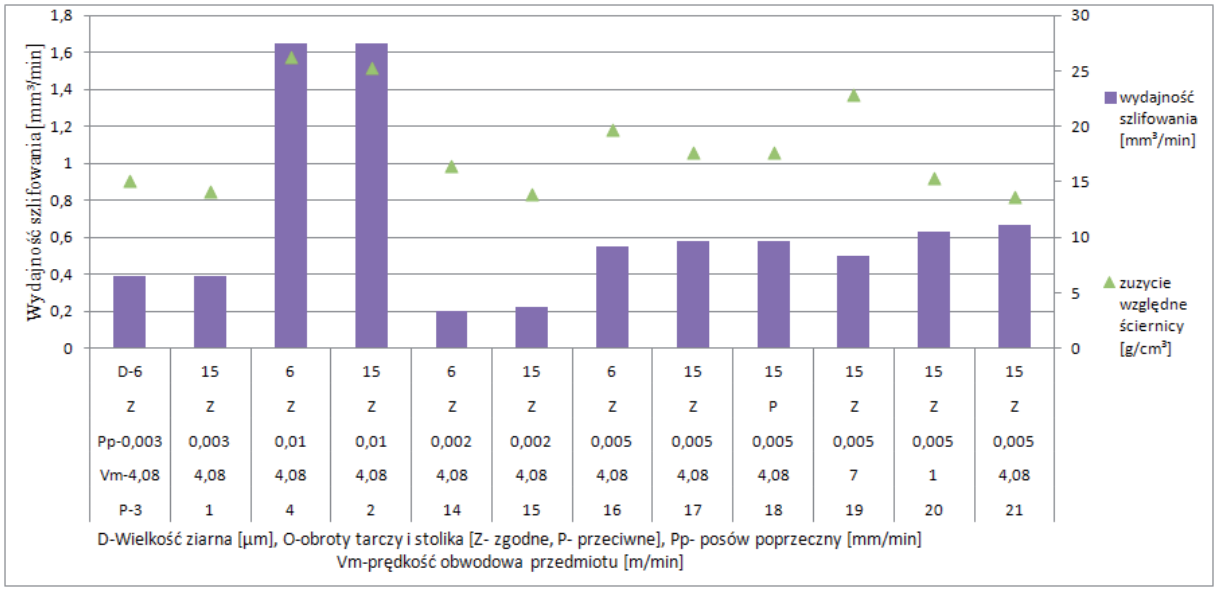
Rys. 3. Wydajność szlifowania (a) i zużycie względne ściernic o osnowie ceramicznej (b).
Fig. 3. Grinding efficiency (a), and relative wear of ceramic grinding wheels (b).

Przeprowadzone badania potwierdziły również, że zastosowanie ściernic z mniejszymi cząstkami diamentu (6 µm wobec 15 µm) pozwala na uzyskanie powierzchni o niższej chropowatości. Wydajność szlifowania [mm³/min] wzrasta wraz z wielkością ziarna diamentu w ściernicy, co skutkuje również mniejszym zużyciem ściernicy [g/cm³] (Rys. 5).

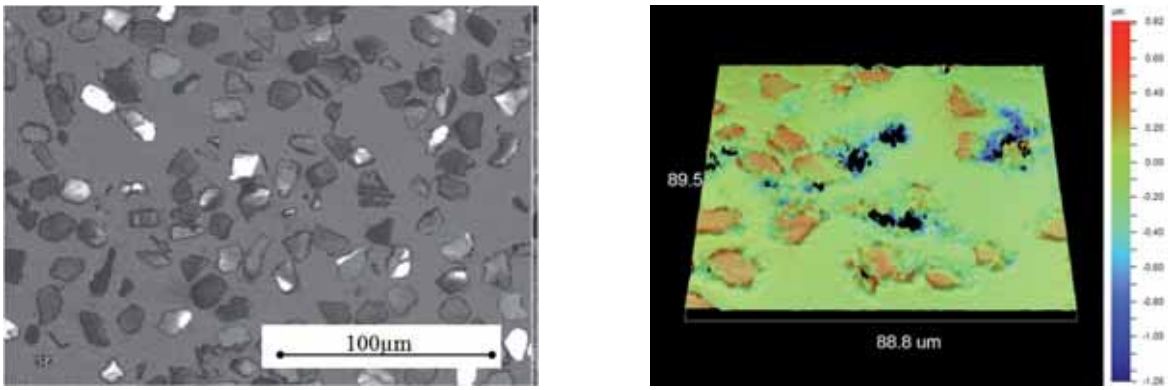
Badania wpływu kierunku obrotów ściernicy w stosunku do szlifowanego materiału zgodne/przeciwne (proces 17 i 18) wykazały, że poprzez zastosowanie obrotów zgodnych można uzyskać wyższą jakość szlifowanej powierzchni, *Ra* = 0,335 µm wobec 0,421 µm w przypadku obrotów przeciwnych. Wraz ze wzrostem prędkości obwodowej szlifowanego kompozytu [m/min] maleje chropowatość obrabianej powierzchni (V = 7 m/min → *Ra* = 0,31 µm, V = 1 m/min → *Ra* = 0,427 µm), jednakże wywołując znaczny wzrost zuży-



Rys. 4. Chropowatość Ra próbek kompozytu dla ściernic o osnowie żywicznej.
Fig. 4. Ra roughness of composite samples after grinding process with resin grinding wheels.



Rys. 5. Wydajność szlifowania i zużycie względne ściernic o osnowie żywicznej.
Fig. 5. Grinding efficiency and relative wear of resin grinding wheels.



a) b)

Rys. 6. Powierzchnia kompozytu WCCo/diament po procesie szlifowania ściernicą żywiczną: a) obraz SEM, b) profilogram powierzchni.
Fig. 6. WCCo/diamond composite surface after resin wheel grinding process: a) SEM image, b) surface profilogram.

cia ściernicy oraz spadek wydajności procesu szlifowania. Obserwacje metalograficzne szlifowanych powierzchni potwierdziły pomiary parametru *Ra*. Na Rys. 6 przedstawiono powierzchnię kompozytu WCCo/diament po szlifowaniu ściernicą z cząstkami diamentu 6 µm i osnowie żywicznej i *Ra* = 100 nm.

Przeprowadzone badania składu fazowego kompozytu WCCo/diament po procesie szlifowania nie wykazały obecności grafitu na powierzchni (Rys. 7).

Porównując wyniki procesów szlifowania ściernicami o osnowie żywicznej i ceramicznej należy stwierdzić, że wydajność szlifowania w przypadku ściernic z osnową ceramiczną jest 10-krotnie wyższa, przy wyższej ok. 1,5-krotnie trwałości niż dla ściernic o osnowie żywicznej, jednakże prowadzi to do uzyskania powierzchni o gorszej jakości.

4. Podsumowanie

- Zastosowanie ściernic o osnowie ceramicznej pozwala na uzyskanie wyższej wydajności procesu szlifowania.
- Wzrost wartości posuwu poprzecznego (przybrania) powoduje wzrost wartości chropowatości.
- Zastosowanie ściernic o osnowie żywicznej pozwala uzyskać powierzchnię o niższej chropowatości niż przy zastosowaniu ściernic z osnową ceramiczną.
- Zwiększenie prędkości obwodowej obrabianego przedmiotu powoduje niewielki spadek wartości Ra, przy znacznym wzroście zyżycia ściernicy.
- Zastosowanie ściernic o mniejszej wielkości cząstek diamentu prowadzi do uzyskania powierzchni szlifowanej o niższej chropowatości
- Zastosowanie kierunku obrotów ściernicy przeciwnych do kierunku obrotu stołu powoduje wzrost chropowatości powierzchni szlifowanej.
- Prowadząc proces szlifowania kompozytu WCCo/diament ściernicami o osnowie żywicznej i wielkości cząstek diamentu 6 μm, uzyskano powierzchnię o *Ra* = 100 nm.

Podziękowanie

Praca finansowana w ramach projektu UDA-POIG.01.03.01-14-063/08-01: „Nowy materiał kompozytowy – diament w osnowie węglika wolframu na narzędzia skrawające do obróbki materiałów drewnopochodnych”.

Literatura

[1] Michalski A., Rosiński M.: „Sintering diamond/cemented carbides by the pulse plasma sintering method”, J. Am. Ceram. Soc., 91, [11], (2008), 3560.
[2] Rosiński M., Michalski A.: „Nanocrystalline NiAl-TiC composites sintered by the pulse plasma method, Solid State Phenomena, 114, (2006), 233.
[3] Kupczyk J., Michalski A., Siwak P., Rosiński M.: „Evaluation of cutting edges made of nanocrystalline cemented carbides sintered by the pulse plasma method”, Journal of ASTM International, 8, (2), (2011).
[4] Siemiaszko D., Rosiński M., Michalski A.: „Nanocrystalline WC with non-toxic Fe-Mn binder”, Physica Status Solidi (c), 7, (2010), 1376.
[5] Michalski A., Rosiński M.: „Sintering diamond/cemented carbides by the pulse plasma sintering method”, J. Am. Ceram. Soc., 91, [11], (2008), 3560.
[6] Michalski A., Rosiński M., Grobelny T.: „Microstructure and cutting ability of diamond/WC composite”, Inżynieria Materiałowa, 6, (2008), 615.

♦

Otrzymano 25 września 2011, zaakceptowano 10 stycznia 2012