

Wpływ prędkości szlifowania ściernicami diamentowymi ze spoiwem ceramicznym na jakość powierzchni narzędziowego materiału kompozytowego do obróbki żeliwa

Diamentowo-ceramiczne narzędzia kompozytowe

BARBARA STANIEWICZ-BRUDNIK, ELŻBIETA BĄCZEK, GRZEGORZ SKRABALAK
WŁODZIMIERZ WILK

W artykule przeanalizowano wpływ parametrów i warunków obróbki szlifowaniem ściernicami diamentowymi ze spoiwem ceramicznym (Ba23 bis, W1) na strukturę geometryczną powierzchni obrabianej narzędziowych materiałów kompozytowych. Topografię powierzchni obrabianej określono poprzez parametry wysokościowe, horyzontalne, obraz 2 i 3D. Obliczono wydajność ubytkową szlifowania Q_w [mm³/min], właściwą wydajność ubytkową szlifowania Q'_w [mm³/mm·s] oraz parametr G [mm³/mm³]. Opracowano model matematyczny opisujący zmianę chropowatości powierzchni R_a przedmiotu obrabianego w funkcji głębokości szlifowania oraz prędkości obwodowej ściernicy.

Narzędzia ściernic supertwarde, w tym diamentowe pozwalają na obróbkę w procesie szlifowania trudnoobrabialnych materiałów konstrukcyjnych (kompozytów metalowo-ceramicznych na osnowie aluminium, magnezu, tytanu, tytanu i jego stopów, metali nieżelaznych wzmocnionych twardymi cząstkami, kompozytów węglików spiekanych z fazą diamentową lub z regularnego azotku boru), stosowanych w różnych dziedzinach przemysłu; począwszy od kosmicznego po farmaceutyczny i medycynę regeneracyjną. Szczególnie szybko rozwijają się narzędzia diamentowe ze spoiwem ceramicznym. Wynika to przede wszystkim z unikatowych właściwości tych narzędzi: możliwości szerokiej regulacji koncentracji ziarna ściernego (C120–C480), struktury, porowatości i twardości, dużej zdolności do samoostření i łatwości profilowania. W Instytucie Zaawansowanych Technologii Wytwarzania od wielu lat prowadzi się badania nad otrzymywaniem spoiw ceramicznych do narzędzi supertwardych o sterowanych właściwościach fizykochemicznych oraz badania ściernic zawierających te spoiwa.

Publikacja ta dotyczy badań wpływu parametrów szlifowania ściernicami diamentowymi zawierającymi nowo opracowane spoiwa ceramiczne (Ba23 bis i W1) na jakość powierzchni nowych materiałów konstrukcyjnych typu BNDCC (*cubic boron nitride dispersive in cemented carbide*), przeznaczonych na ostrza noży tokarskich do obróbki żeliwa.

Metodyka badań

Próbki kompozytów BNDCC na bazie węgla spiekane, zawierające ziarna regularnego azotku boru o granulacji 4–8 µm, otrzymane metodą PPS (*Plasma Pulse Sintering*), zostały dostarczone przez Wydział Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej (4 sztuki). Do przeprowadze-

nia prób szlifowania powierzchni kompozytów wykonano ściernice diamentowe typu 6A2 100x10x4 D46 C360 V Ba23 bis oraz 6A2 100x10x4 D46 C360 V W1. Proces szlifowania prowadzono na uniwersalnej szlifierce narzędziowej 3E642 z zastosowaniem chłodzenia przez polewanie 2% roztworem koncentratu chłodziwa Synkon PGA w wodzie wodociągowej.

Zastosowano następujące parametry szlifowania:

- prędkość obwodowa ściernicy $v_s = 12, 15, 20$ m/s;
- prędkość posuwu stołu $v_f = 210$ mm/min;
- głębokość szlifowania $a_e: 0,002; 0,005$ mm/podwskok;
- czas maszynowy jednego cyklu: 10 min;
- liczbę powtórzeń prób: 3-krotnie.

Wpływ parametrów i warunków obróbki szlifowaniem na strukturę geometryczną powierzchni obrabianej kompozytów ustalono dokonując badań chropowato-

Rys. 1. Wpływ prędkości szlifowania powierzchni kompozytów BNDCC ściernicą D46 Ba23 bis na wydajność ubytkową szlifowania w zależności od głębokości szlifowania, a_e .

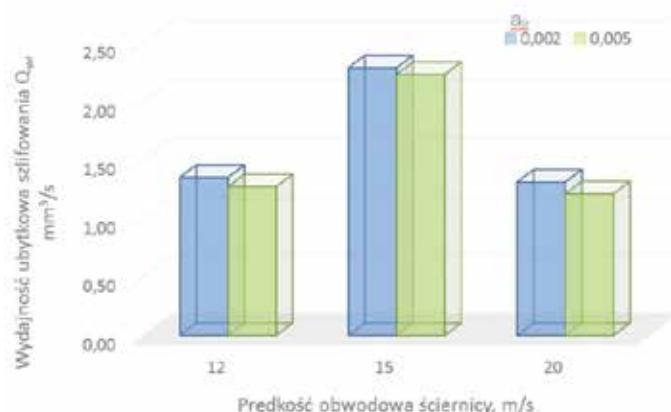


Tabela 1. Wyniki szlifowania próbek BNDCC ściernicami diamentowymi 6A2 100x10x4 D46 ze spoiwem ceramicznym Ba23 bis

Materiał	a_e , mm	Prędkość obwodowa V_s , m/s	Q_w , mm ³ /s	Q'_w , mm ³ /mm·s	G	R_a , µm
2,13	0,002	12	1,35	0,14	3,41	0,03
		15	2,29	0,23	29,48	0,02
		20	1,31	0,13	17,91	0,025
	0,005	12	1,27	0,13	5,88	0,015
		15	2,23	0,22	26,94	0,011
		20	1,21	0,12	16,94	0,017

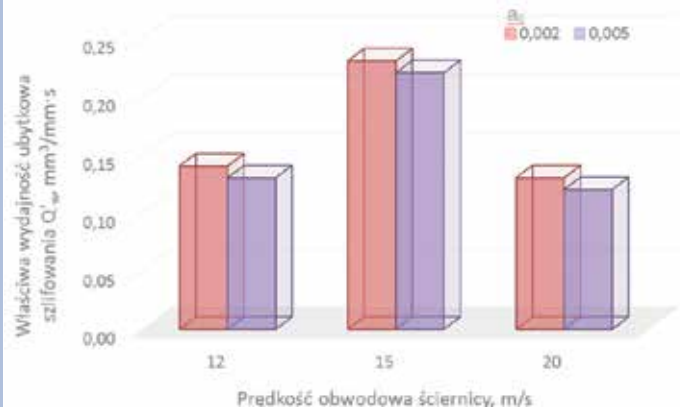
ści powierzchni obrabianych materiałów na profilometrze warsztatowym Hommel Tester T1000. Wyznaczając parametr Ra oraz wykorzystując profilometr modułowy TOPO 01vP, wyznaczono parametry wysokościowe R_{ar} , R_z , R_t , horyzontalne S_{ar} , S_z , S_t , obraz 2D i 3D, udział nośny liniowy. Wyznaczono model matematyczny obiektu badań przy założeniu parametrów niezależnych (głębokości szlifowania a_e , prędkości obwodowej ściernicy v_s) i parametru zależnego (chropowatości powierzchni kompozytu R_a), posługując się wielomianem drugiego stopnia z interakcjami.

Po każdej próbie szlifowania określało ubytek liniowy i wagowy próbki oraz ubytek warstwy ścierniej narzędzia. Na podstawie uzyskanych wyników obliczono wskaźniki wydajnościowe: objętość ubytkową materiału, wydajność ubytkową szlifowania Q_w [mm^3/s], właściwą wydajność ubytkową szlifowania $Q'_{wr} = Q_w/b_p$, gdzie b_p – czynna szerokość ściernicy i syntetyczny wskaźnik szlifowania $G = V_w/V_s$, gdzie V_w – ubytek objętości materiału obrabianego, V_s – zużycie objętościowe ściernicy.

Wyniki badań i dyskusja

Wyniki badań procesu szlifowania kompozytów BNDCC ściernicami diamentowymi 6A2 ze spoiwami ceramicznymi przedstawiono w tabelach 1–2 oraz na wykresach (rys. 1–6). Widocznym był wpływ prędkości obwodowej ściernicy na parametry wydajnościowe procesu szlifowania. Ściernice diamentowe zawierające oba rodzaje spoiw (Ba23 bis i W1) najkorzystniej pracowały przy prędkości obwodowej ściernicy 15 m/s i głębokości szlifowania 0,005 mm/pod. skok. Dla próbki 2,13 szlifowanej ściernicą diamentową zawierającą spoiwo Ba23 bis maksymalna wydajność ubytkowa wynosiła 2,23 mm^3/s , a właściwa wydajność ubytkowa 0,22 $\text{mm}^3/\text{mm}\cdot\text{s}$. Dla tej samej próbki szlifowanej ściernicą diamentową zawierającą spoiwo W1 wartości wydajności szlifowania były porównywalne ($Q_w = 2,25 \text{ mm}^3/\text{s}$, $Q'_{wr} = 0,23 \text{ mm}^3/\text{mm}\cdot\text{s}$). Chropowatość powierzchni próbek utrzymywała się na stałym poziomie (0,011–0,03 μm), przy wszystkich prędkościach obwodowych ściernicy. Wartości parametrów wysokościowych (R_z , R_t), jak i horyzontalnych (S_{ar} , S_z , S_t) były bardzo niskie, co świadczyło o uzyskaniu lustrzanej powierzchni próbek kompozytowych. Symetryczny rozkład krzywej udziału materiałowego wskazywał na brak nierówności typu ostre wgłębienia. Obraz 3D w obu przypadkach jednoznacznie określał jednorodność badanych powierzchni kompozytów.

Rys. 2. Wpływ prędkości szlifowania powierzchni kompozytów BNDCC ściernicą D46 Ba23 bis na właściwą wydajność ubytkową szlifowania w zależności od głębokości szlifowania, a_e



Rys. 3. Wpływ prędkości szlifowania powierzchni kompozytów BNDCC ściernicą D46 Ba23 bis na wartość wskaźnika szlifowania w zależności od głębokości szlifowania, a_e

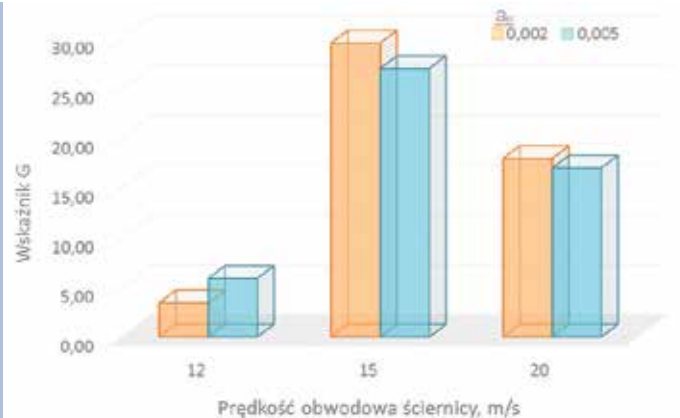


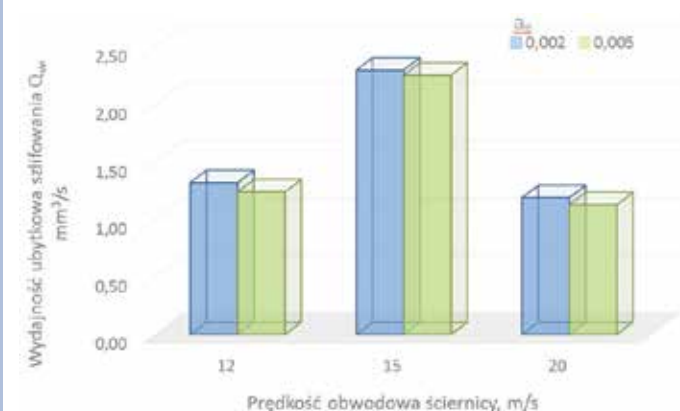
Tabela 2. Wyniki szlifowania próbek BNDCC ściernicami diamentowymi 6A2 100x10x4 D46 ze spoiwem ceramicznym W1

Materiał	a_e mm	Prędkość obwodowa V_s , m/s	Q_w , mm^3/s	Q'_{wr} , $\text{mm}^3/\text{mm}\cdot\text{s}$	G	Ra, μm
2,13	0,002	12	1,32	0,13	13,56	0,02
		15	2,30	0,23	31,12	0,012
		20	1,19	0,12	12,02	0,025
	0,005	12	1,24	0,12	17,39	0,02
		15	2,25	0,23	15,24	0,018
		20	1,13	0,11	7,82	0,025

Tabela 3. Wyniki chropowatości powierzchni kompozytu BNDCC szlifowanego ściernicą D46 Ba23

Rodzaj parametru, μm	średnia	S	min	max	rozstęp
Ra	0,011	0,001	0,009	0,013	0,005
Rq	0,014	0,001	0,011	0,018	0,007
Rp	0,029	0,003	0,023	0,036	0,013
Rv	0,036	0,005	0,027	0,057	0,030
Rz	0,065	0,006	0,050	0,086	0,035
Rc	0,029	0,004	0,022	0,042	0,019
Rt	0,090	0,016	0,061	0,125	0,064

Rys. 4. Wpływ prędkości szlifowania powierzchni kompozytów BNDCC ściernicą D46 W1 na wydajność ubytkową szlifowania w zależności od głębokości szlifowania, a_e



Wyniki z badań struktury geometrycznej próbek po szlifowaniu przedstawiono na rys. 7 oraz w tabeli 3.

Funkcję obiektu badań przyjętą w postaci wielomianu drugiego stopnia z interakcjami, opisano poniższym wzorem:

Dla Ba23 bis:

$$y = 0,15 - 7,76 \cdot a_e - 0,01 \cdot V_s + 0,27 \cdot a_e \cdot V_s$$

Dla W1:

$$y = 0,014 - 1,6 \cdot a_e - 0,02 \cdot V_s + 0,18 \cdot a_e \cdot V_s$$

gdzie: a_e , V_s – wielkości wejściowe; y – wielkość wyjściowa (R_a).

Analiza statystyczna uzyskanych wyników badań eksperymentalnych obejmowała:

- aproksymację funkcji obiektu badań;
 - statystyczną weryfikację adekwatności funkcji aproksymującej;
 - statystyczną weryfikację istotności współczynników funkcji aproksymującej.
- Dopasowania poszczególnych równań regresji do wyników eksperymentu dokonano na podstawie współczynnika korelacji wielowymiarowej R oraz na podstawie wartości funkcji t-Studenta i wartości funkcji F-Snedecora. Przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$.

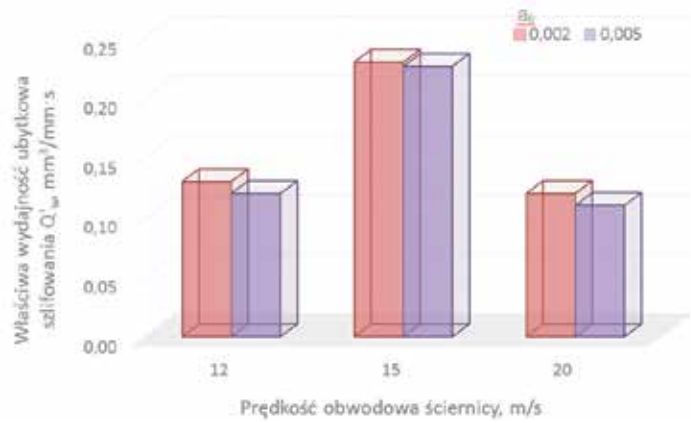
Podsumowanie

1. Zastosowane w ściernicach diamentowych nowo opracowane spoiwa Ba23 bis i W1 spełniły założone kryteria.
2. Widoczny był wpływ prędkości obwodowej ściernic diamentowych na parametry wydajnościowe procesów szlifowania.
3. Najlepsze wyniki wydajności ubytkowej szlifowania i właściwej wydajności ubytkowej szlifowania uzyskano przy prędkości obwodowej ściernicy 15 m/s.
4. Ściernice z nowymi spoiwami Ba23 bis oraz W1 umożliwiły uzyskanie bardzo niskiej chropowatości powierzchni szlifowanych kompozytów ($R_a = 0,011-0,03 \mu\text{m}$) przy użyciu ziarna D46.
5. Wyznaczona funkcja obiektu badań dla procesu szlifowania ściernicą D46 Ba23 i D46 W1 kompozytów BNDCC potwierdziła prawidłowość doboru parametrów obróbki szlifowaniem.

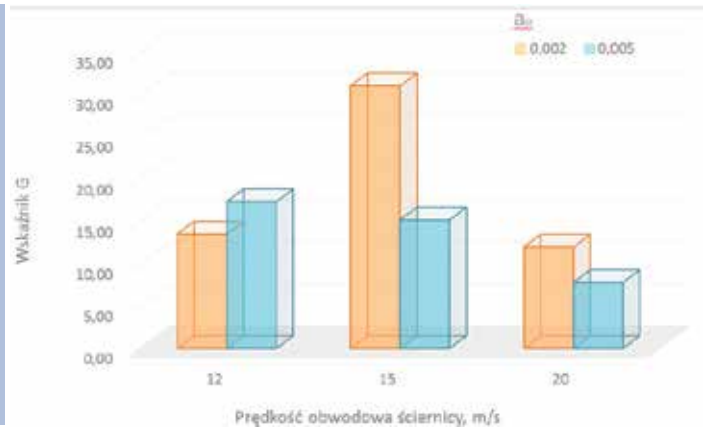
Literatura

- [1] Norma PN-EN ISO 4287:1999/A1:2010P: Specyfikacje geometrii wyrobów – Struktura geometryczna powierzchni: metoda profilowa – Terminy, definicje i parametry struktury geometrycznej powierzchni.
- [2] Z. Polański: Metody optymalizacji w technologii maszyn, PWN, Warszawa 1977.

Rys. 5. Wpływ prędkości szlifowania powierzchni kompozytów BNDCC ściernicą D46 W1 na właściwą wydajność ubytkową szlifowania w zależności od głębokości szlifowania, a_e



Rys. 6. Wpływ prędkości szlifowania powierzchni kompozytów BNDCC ściernicą D46 W1 na wartość wskaźnika szlifowania w zależności od głębokości szlifowania, a_e



Rys. 7. Obraz 2D oraz 3D wraz z udziałem materiałowym dla próbek kompozytowych szlifowanych ściernicą D46 Ba23 bis

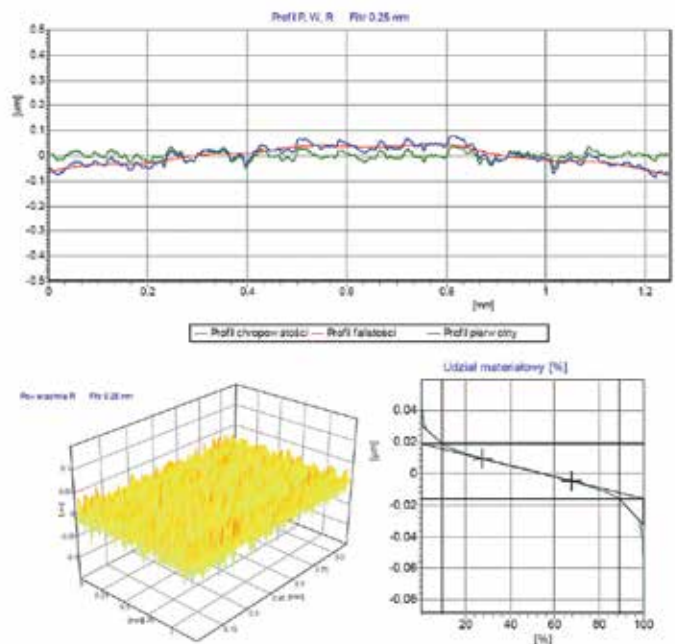


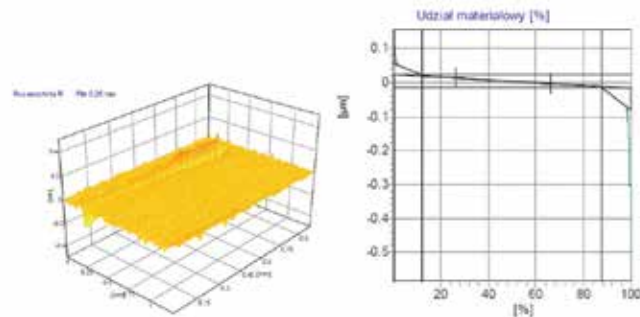
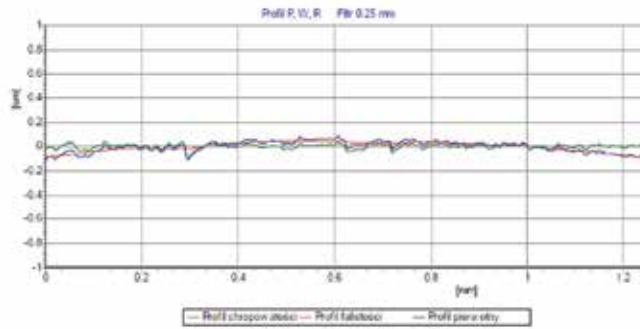
Tabela 4. Wyniki chropowatości powierzchni kompozytu szlifowanego ściernicą D46 W1

Rodzaj parametru, μm	średnia	S	min	max	rozstęp
R_a	0,017	0,003	0,009	0,022	0,013
R_q	0,024	0,006	0,012	0,039	0,027
R_p	0,045	0,009	0,30	0,067	0,038
R_v	0,081	0,024	0,034	0,137	0,102
R_z	0,071	0,060	0,021	0,246	0,224
R_c	0,126	0,032	0,064	0,203	0,139
R_t	0,328	0,158	0,115	0,745	0,631

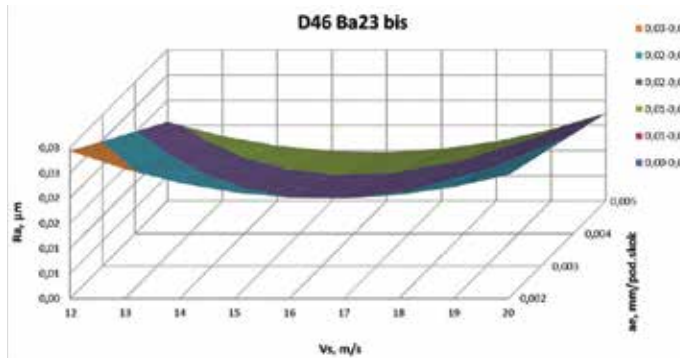
FREZY DO KOMPOZYTÓW



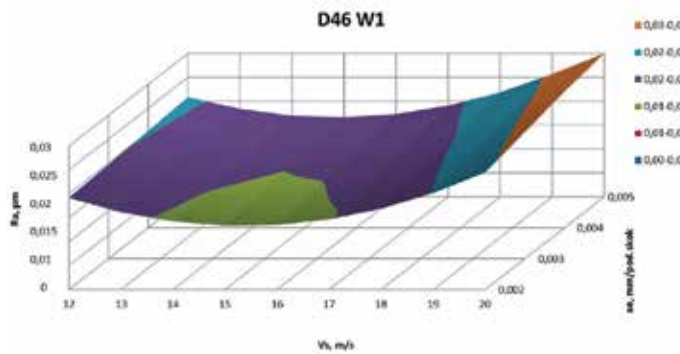
N-POL, Mazańcowice 1093, 43-391 Mazańcowice; email: info@npol.com.pl ; www.npol.com.pl ; tel: 603 937374



Rys. 8. Obraz 2D oraz 3D wraz z udziałem materiałowym dla próbek kompozytowych szlifowanych ściernicą D46 W1



Rys. 9. Wpływ parametrów obróbki na chropowatość powierzchni próbek kompozytów BNDCC szlifowanych ściernicą D46 Ba23 bis



Rys. 10. Wpływ parametrów obróbki na chropowatość powierzchni próbek kompozytów BNDCC szlifowanych ściernicą D46 W1

[3] M. Rosiński, A. Michalski: WCCo/cBN composites produced by pulse plasma sintering method- Journal of Materials Science 2012, vol 47, 20, pp.7064-7071, DOI:10.1007/s10853-012-6532-x.

[4] B. Staniewicz-Brudnik: Ściernice z regularnego azotku boru ze spoiwem ceramicznym – nowe możliwości w obróbce ścierniej. Agenda Wydawnicza SIMP. Warszawa, 2010. Mechanik, nr 8–9/2010, s. 576–577.

[5] B. Staniewicz – Brudnik, E. Bączek, G. Skrabalak: Badania procesu szlifowania kompozytów BNDCC ściernicami diamentowymi ze spoiwem ceramicznym. Agenda Wydawnicza SIMP. Warszawa, 2014. Mechanik, nr 7, s. 502–505.

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie „Mechanik” nr 9 z 2014 r. jako materiał z XXXII Naukowej Konferencji Obróbki Ścierniej.

dr inż. Barbara Staniewicz-Brudnik, prof. IZTW
dr inż. Elżbieta Bączek
dr inż. Grzegorz Skrabalak
mgr inż. Włodzimierz Wilk
 Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania
 ul. Wrocławska 37A
 30-011 Kraków
 www.ios.krakow.pl