

Modyfikacja struktury przestrzennej czynnej powierzchni ściernicy (CPS)

Modification of 3D active wheel surface structure

RAFAŁ ŚWIERCZ
JÓZEF ZAWORA
LUCJAN DĄBROWSKI
MIECZYŚLAW MARCINIAK*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.10.141>

English version available on: www.mechanik.media.pl

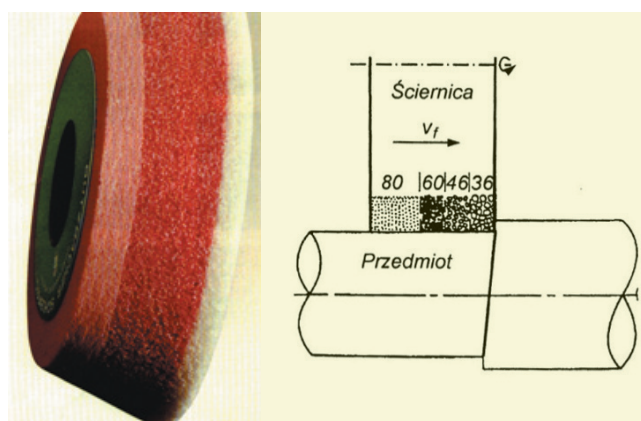
Przeprowadzono badania skutków modyfikacji struktury CPS w zakresie intensyfikacji wydajności procesu szlifowania, z jednoczesnym spełnieniem standardowych wymagań odnośnie do chropowatości powierzchni. Elementami modyfikacji są modelowo określone udziały 2 granulacji ziaren SiC oraz 2 granulacji ziaren CrA w ściernicach trzpieniowych ze spoiwem ceramicznym do szlifowania czołowego.

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie czołowe, różne rodzaje ziaren, zalepanie CPS, wydajność objętościowa

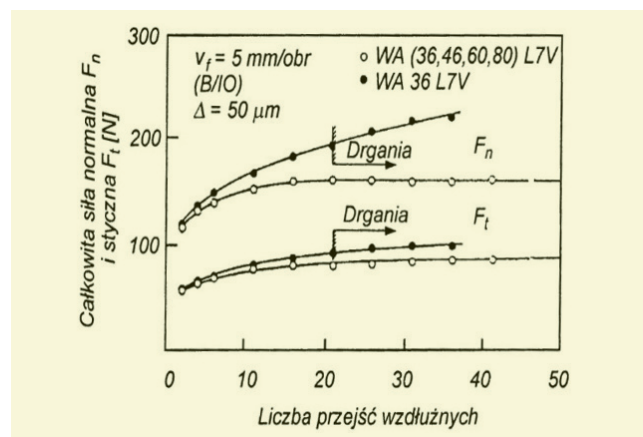
The investigation has been carried out into the effect of modifying the active wheel surface structure in view of enhancing productivity of the grinding process. This undertaking should be consistent with standard surface roughness requirements. This modification involves the model-based shares of the two SiC grain grit sizes and two CrA grit sizes in the grinding pins with ceramic bond for the face grinding process.

KEYWORDS: planar grinding, wheel with different grit size, gumming, material removal rate

Współczesne metody intensyfikacji procesu szlifowania polegają w znacznej mierze na zwiększaniu odporności ziaren na zużycie i konstytuowaniu prawidłowo rozwiniętego profilu CPS [1]. Dalszy postęp w tym zakresie jest widoczny w badaniach i produkcji ściernic hybrydowych z mieszaniną ziaren CBN oraz ściernic z ziarnami agregatowymi, a także w stosowaniu ziaren o budowie mikrokrystalicznej. Modyfikowana struktura CPS wynika z poglądu, że ocena warunków pracy wyodrębnionego mikroostrza nie może być podstawą opisu efektywności obróbkowej całego narzędzia, jakim jest ściernica. Rzeczywisty profil czynnej powierzchni ściernicy w ustalonych warunkach szlifowania ogranicza bądź rozszerza zakres kontaktu spoiwa z powierzchnią obrabianą oraz sprzyja bądź przeciwdziała zalepaniu CPS materiałem obrabianym. W tradycyjnych warunkach obwodowego szlifowania wzdłużnego tylko część CPS uczestniczy w intensywnym usuwaniu materiału, a następną część realizuje obróbkę wykończeniową ze znaczącym udziałem spoiwa. To naturalne zróżnicowanie geometrycznych warunków szlifowania było podstawą do zbudowania ściernicy wielowarstwowej ze zróżnicowaną granulacją ziaren w poszczególnych warstwach (rys. 1).



Rys. 1. Przykład ściernicy wielowarstwowej (z lewej) i zasada szlifowania obwodowego ściernicą 4-warstwową z ziarnami o numerach granulacji: 36, 46, 60, 80 [2, 3]



Rys. 2. Wyniki pomiarów sił F_n i F_t dla ściernicy konwencjonalnej WA 36 L7V i wielowarstwowej WA (36, 46, 60, 80) L7V

W ściernicy o takiej budowie ziarna największe znajdują się w warstwie pierwszej na kierunku posuwu wzdłużnego. Budowa strukturalna tej warstwy pozwala na intensywną obróbkę oraz – dzięki zwiększonym odległościom między ziarnami – ogranicza możliwości negatywnego wpływu zalepania CPS. Ilustruje to porównanie sił szlifowania (normalnej F_n i stycznej F_t) podczas szlifowania ściernicą konwencjonalną i wielowarstwową (rys. 2).

W przypadku szlifowania ściernicą konwencjonalną już po 20 przejściach zarejestrowano drgania w układzie obróbkowym, świadczące o stępieniu CPS. Natomiast w pracy ściernicy wielowarstwowej zjawisko to nie wystąpiło nawet po 50 przejściach roboczych.

* Dr inż. Rafał Świercz (rsw@meil.pw.edu.pl); dr hab. inż. Józef Zawora (jzawora@meil.pw.edu.pl); dr hab. inż. Lucjan Dąbrowski, prof. nadzw. (ld@meil.pw.edu.pl); dr hab. inż. Mieczysław Marciniak, prof. nadzw. (mima@meil.pw.edu.pl) – Politechnika Warszawska

Program badań

Do badań porównawczych efektów szlifowania czołowego ściernicami CrA36L7V i SiC36L7V zastosowano ściernice trzpieniowe o zmodyfikowanej strukturze CPS, którą w obu przypadkach tworzyły mieszaniny ziaren o numerach 36 i 80 (rys. 3).



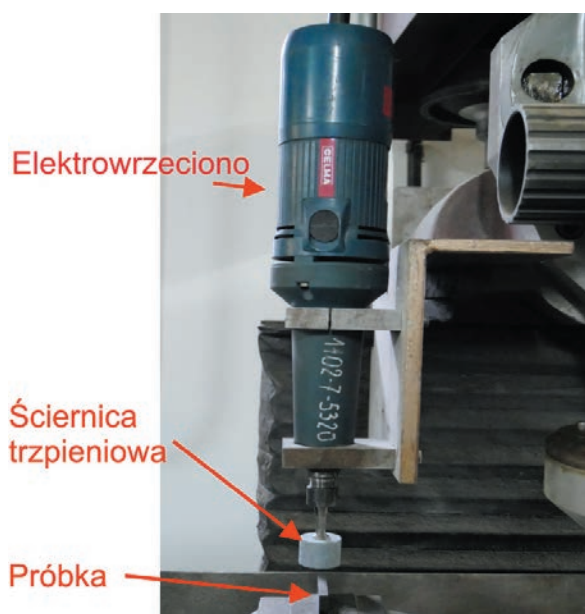
Rys. 3. Ściernice o zmodyfikowanej strukturze z ziarnem SiC i CrA

W budowie ściernic zmodyfikowanych zachowano standardowy procentowy udział objętościowy ścierniwa Vz, który dla średniej twardości L i numeru struktury 7 wynosi 48%. Ten standardowy udział ścierniwa składa się z dobraneo eksperymentalnie zmienionego procentowego składu ziaren o numerze 36 i drobniejszych ziaren o numerze 80 w następującej proporcji objętościowej:

$$V_z = 50\% V_{z36} + 50\% V_{z80}$$

W zmodyfikowanych ściernicach CrA_(m) i SiC_(m) (rys. 3) zachowano standardowy udział spoiwa, co przy zwiększonej liczbie ziaren o numerze 80 spowodowało zmniejszenie średniego przekroju mostków łączących ziarna [4, 5].

Do badań szlifowania czołowego wykorzystano szlifierkę do płaszczyzn z hydraulicznym napędem posuwów oraz elektrowrzeciono o prędkości obrotowej $n = 16\,000$ obr/min (rys. 4).



Rys. 4. Stanowisko do badań efektywności szlifowania czołowego



Rys. 5. Zestaw pomiarowy z cewką indukcyjną do porównawczej oceny masy metalu zalepiającego CPS (po lewej) oraz wygląd powierzchni szlifowanej

Badania porównawcze efektywności obróbkowej ściernic konwencjonalnych i modyfikowanych zrealizowano przez pośrednie pomiary q , tj. umownego stopnia zalepiania CPS, rejestrowanego na przyrządzie pokazanym na rys. 5, oraz przez pomiar ubytku a warstwy zeszlifowanej w kolejnych odcinkach czasu.

Wyniki pomiarów

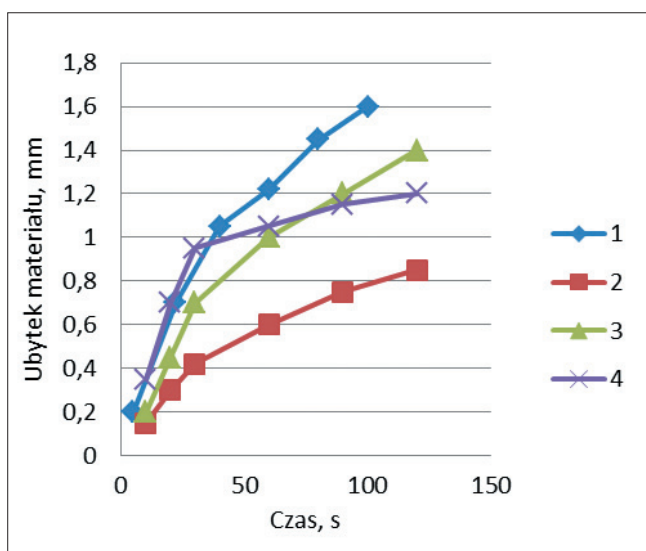
W tabeli zestawiono umowne wskaźniki q charakteryzujące podatność na zalepianie czynnej powierzchni badanych ściernic z ziarnem SiC i CrA o strukturze standardowej oraz modyfikowanej: SiC_(m) i CrA_(m).

TABLICA. Umowne wskaźniki $q(mA)$ stopnia zalepiania CPS szlifowaną stalą 100Cr

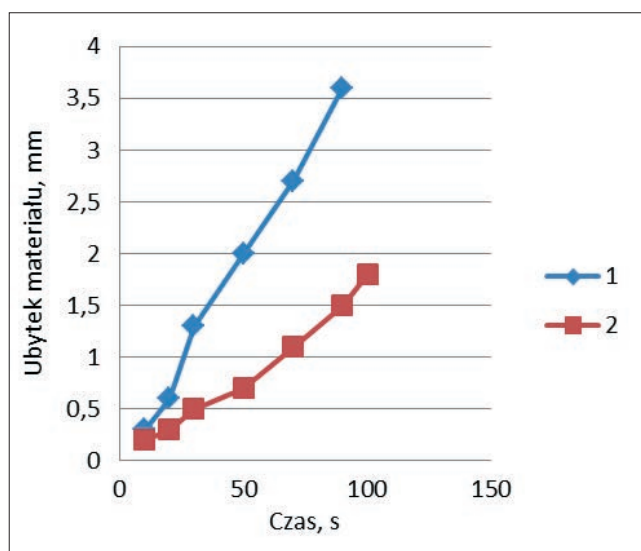
Narzędzie	Ściernice standardowe		Ściernice modyfikowane	
	SiC	CrA	SiC _(m)	CrA _(m)
Granulacja ziaren	36 80	36 80	(36+80)	(36+80)
Wskaźnik zalepiania $q(mA)$	4 6	3 4,5	3,5	2,8

Porównanie umownego wskaźnika q stopnia zalepiania CPS w przypadku ściernic standardowych potwierdza rolę powinowactwa chemicznego, które zwiększa podatność na zalepianie ściernic z ziarnem SiC w stosunku do ściernic z ziarnem CrA – niezależnie od granulacji tych ziaren. Ilościowe wyniki wydajności szlifowania ściernicami o budowie standardowej przedstawiono na rys. 6. Ściernice standardowe z ziarnem CrA o numerze 36 oraz z ziarnem SiC o numerze 36 są bardziej efektywne (krzywe 1 i 3 na rys. 6) niż ściernice CrA z ziarnem o numerze 80 i ściernice SiC o numerze 80 (krzywe 2 i 4 na rys. 6). Różnice te wynikają z odmiennych warunków mikroskrawania ziaren o zróżnicowanej granulacji i większej podatności na zalepianie czynnej powierzchni ściernic z ziarnami o numerze 80. W modyfikowanych strukturach CPS, tj. CrA_(m) i SiC_(m), obecność ziaren drobnych zmienia warunki kontaktu ściernicy z materiałem szlifowanym, gdyż tworzy lokalnie strukturę przestrzenną, mającą cechy użytkowe ziaren mikrokryształicznych. Struktura ta odtwarzana jest po każdorazowym zabiegu obciążania, dzięki czemu w procesie szlifowania biorą udział ziarna o numerach 36 i 80.

Ten sposób usuwania nadmiaru przynosi lepsze efekty pod względem wydajności szlifowania ściernicami o zmodyfikowanej CPS przy tych samych parametrach technologicznych. Ilustrują to uzyskane wyniki ilościowe



Rys. 6. Wydajność szlifowania ściernicami standardowymi z ziarnami CrA o numerach 36 i 80 (krzywe 1 i 3) oraz z ziarnami SiC o numerach 36 i 80 (krzywe 2 i 4)



Rys. 7. Efekty wydajnościowe szlifowania czolem z użyciem ściernic o zmodyfikowanej strukturze CrA_(m) (krzywa 1) oraz ściernicą SiC_(m) (krzywa 2)

dotyczące wydajności szlifowania (charakteryzowane ubytkiem materiału szlifowanego) zarówno z użyciem ściernic CrA_(m) (krzywa 1 na rys. 7), jak i ściernic SiC_(m) (krzywa 2 na rys. 7).

Rezultaty wydajnościowe uzyskane w przypadku ściernic CrA_(m) są lepsze niż w przypadku ściernic SiC_(m), przy czym wyniki te i tak przewyższają – o 50÷80% – wartości wydajności osiągnięte przez ściernice standardowe. Zwiększenie wydajności szlifowania jest możliwe dzięki zmniejszonemu przekrojom mostków spoiwa. Dzieje się tak wskutek zwiększenia liczby ziaren o granulacji 80 w objętości ściernicy. Zmodyfikowana w ten sposób struktura przestrzenna CPS wspomaga proces samostrzenia, który jest ułatwiony dzięki cienkim mostkom spoiwa. Ponadto udział ziaren o granulacji 80 w ściernicach modyfikowanych intensyfikuje proces usuwania wypyłek powstających w procesie bruzdowania, realizowanego przez ziarna o granulacji 36. Do istotnych zalet badanych ściernic zalicza się zmniejszenie sił szlifowania i wydłużenie czasu pracy między kolejnymi zabiegami obciążania.

Podsumowanie

W procesie szlifowania płaszczyzn czolem ściernicy wierzchołki ziaren ściernych przemieszczają się w strefie mikroskrawania wzdłuż złożonej krzywej cykloidalnej. Techniczne warunki destrukcji warstwy szlifowanego metalu są w tym wypadku zależne od przestrzennej struktury czynnej powierzchni ściernicy. Modelowanie tej struktury i jej kontaktu z powierzchnią obrabianą wyraźnie wskazuje na czynną rolę zaledwie 5-procentowej części danego wymiaru ziaren. Efektywność obróbkowa zbioru ziaren w CPS, oceniana w kategoriach stochastycznych, jest uzależniona od wymiarów, kątów rozwarcia naroży oraz płaskości ścian tych ziaren [6]. Na tę efektywność wpływają również wielkość oraz równomierność rozmieszczenia porów w objętości ściernicy. Uzyskuje się to przez modyfikację struktury CPS, polegającą na stosowaniu ziaren o różnej granulacji, co stanowi fizyczne uzasadnienie możliwości ich efektywnego wykorzystania w technologii. Potwierdziły to wyniki badań procesu zalepiania CPS oraz wyniki wydajnościowe szlifowania. Na te drugie miała wpływ superpozycja skutków procesu bruz-

dowania ziaren o większych wymiarach (o numerze 36) i wspomagających je ziaren drobniejszych (o numerze 80), które jednocześnie odgrywają decydującą rolę w uzyskiwaniu wymaganej stereometrii obrabianej powierzchni, możliwej do uzyskania w procesie szlifowania. Dotyczy to zwłaszcza ściernic z najnowszą odmianą ziaren z azotko-tlenku aluminium (AlON), które mogą być stosowane do szlifowania stali o twardości od 45 do 60 HRC oraz stali nierdzewnej. Ziarna te są bardzo przydatne w procesach szlifowania, dla których charakterystyczna jest duża powierzchnia styku ściernicy z przedmiotem szlifowanym i które są obciążone ryzykiem wystąpienia uszkodzeń termicznych powierzchni obrabianej. Są to przede wszystkim procesy [7, 8]:

- realizowane na szlifierkach z pionową osią wrzeciona ściernicy,
- szlifowania wgłębnego,
- szlifowania głębokiego z posuwem pełzającym,
- szlifowania bezkłowego,
- szlifowania wałów korbowych.

Obserwowana redukcja zalepień czynnej powierzchni ściernicy skutkuje dodatkowo zmniejszeniem obciążeń cieplnych w strefie szlifowania.

LITERATURA

1. Koziarski A. „Czynna powierzchnia ściernicy”. Monografia. Łódź: Wydawnictwo Naukowe Politechniki Łódzkiej, 1997.
2. Nadolny K., Plichta J. „Jednoprześciowe szlifowanie otworów ściernicami o strefowo zróżnicowanej budowie”. Praca zbiorowa. Koszalin: Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, 2008.
3. Nakajima T., Okamura K., Uno Y. “Traverse grinding techniques for improving both productivity and surface finish”. *International Grinding Conference*, Fontana, Wisconsin. SME, Mr84-534, August 27–29, 1984.
4. Olszak W. „Obróbka skrawaniem”. Warszawa: WNT, 2008.
5. Niżankowski Cz. „Technologia i eksploatacja ściernic z korundów spiekanych stosowanych w procesach szlifowania płaszczyzn”. Kraków: Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2013.
6. Kacalak W., Szafraniec F., Tandecka K. „Metodyka modelowania powierzchni czynnej narzędzi ściernych z uwzględnieniem korelacji przestrzennego rozmieszczenia ich wierzchołków dla określonych ściernic rzeczywistych”. *Mechanik*. 8–9 (2014): s. 185.
7. Ocoś K.E., Habrat W. „Innowacje w obróbce ściernic. Cz. I. Ściernice, szlifierki uniwersalne i produkcyjne”. *Mechanik*. 11 (2008): s. 895.
8. Świercz R., Oniszcuk-Świercz D., Dąbrowski L. „Mikroobróbka wykończeniowa – obróbka przetłoczno-ścierna”. *Mechanik*. 8–9 (2016): s. 1132–1133.