



Potencjał użytkowy ściernicy obciążanej wieloziarnistym warstwowym obciążaczem stojącym

Grinding wheel properties after dressing with multigrain stationary diamond dresser

RYSZARD DĘBKOWSKI*

Opisano sposób kształtowania powierzchni ściernicy przez obciążacz wieloziarnisty warstwowy. Przedstawiono propozycję wskaźnika pokrycia przy obciążaniu dla obciążaczy wieloziarnistych. Zaprezentowano ocenę własności eksploatacyjnych i potencjału użytkowego ceramicznej ściernicy elektrokorundowej obciążanej obciążaczem 6-cio ziarnistym. Ocenę potencjału opracowano na podstawie parametrów funkcji rozkładów statystycznych, opisujących czynną część profilu powierzchni ściernicy.

SŁOWA KLUCZOWE: obciążacz wieloziarnisty, wskaźnik pokrycia, obciążanie

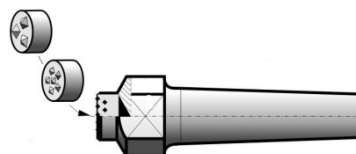
The paper describes the method of forming a cutting surface of the grinding wheel by multigrain diamond dresser. The proposal of overlap ratio for multigrain diamond dresser is made. Moreover, the article includes evaluation of cutting properties of vitrified grinding wheel dressed with six-grained diamond dresser. Presented assessment of wheel properties is based on parameter of probability density function describing wheel's cutting part.

KEYWORDS: Multigrain diamond dresser, overlap ratio, dressing

Obszerną grupę narzędzi stosowanych do przywracania właściwości skrawnych oraz nadawania wymaganego kształtu czynnej powierzchni ściernicy stanowią diamentowe obciążacze monokrystaliczne. W grupie tej znajdują się m.in. diamentowe obciążacze wieloziarniste stojące. W ich budowie wykorzystuje się gorszego gatunku, drobniejsze ziarna diamentowe. Tańszy surowiec oraz możliwość jego całkowitego, bezodpadowego zużycia powoduje, że obciążacze wieloziarniste są ekonomiczną alternatywą dla obciążaczy jednoziarnistych. Wśród zalet opisujących korzyści z ich stosowania wymienia się także: mniejsze ryzyko zniszczenia obciążacza w przypadku wystąpienia twardych wtrąceń w materiale ściernicy oraz skrócenie czasu obciążania

ściernicy, poprzez możliwość stosowania większych posuwów wzdłużnych [1].

Jedną z odmian tego rodzaju narzędzi są obciążacze warstwowe z regularnie ułożonymi kryształami diamentów w jednym lub kilku rzędach. Diamenty utwardzone są w spieku mieszanek proszków i węglików metali (rys. 1).



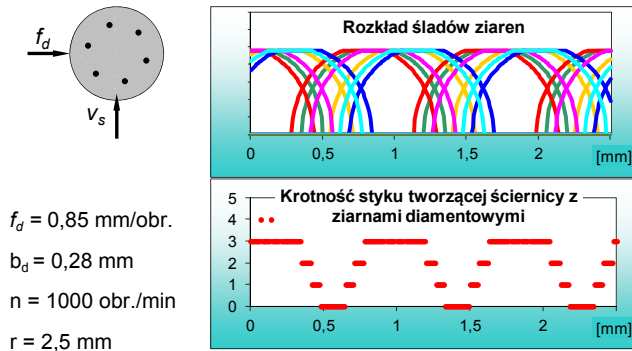
Rys. 1. Obciążacz diamentowy wieloziarnisty warstwowy [2]

Obciążanie należy prowadzić ustawiając obciążacz prostopadle do czynnej powierzchni ściernicy. W przypadku obciążania ściernicy walcowej obciążacz winien zajmować dokładnie takie samo położenie w kolejnych zabiegach. Powierzchnia, na której leżą wierzchołki diamentów przyjmuje bowiem kształt powierzchni obciążanej i przesunięcie lub obrót tak ukształtowanego obciążacza zmienia warunki pracy ziaren diamentowych. Pracę obciążania z zadaniem przez operatora dosuwem wykonują tylko ziarna najbardziej wysunięte w kierunku ściernicy, inne, w skrajnych przypadkach, mogą w ogóle nie brać udziału w kształtowaniu CPS. Dopiero dotarcie obciążacza w nowym położeniu przywraca pełną współpracę wszystkich ziaren diamentowych.

Kształtowanie czynnej powierzchni ściernicy przy użyciu wieloziarnistego obciążacza warstwowego przebiega odmiennie w stosunku do operacji wykonywanej obciążaczem jednoziarnistym. Rozłożenie ziaren diamentowych na powierzchni obciążacza powoduje, że wchodzą one w styk ze ściernicą w różnej fazie jej obrotu. W zależności od wartości posuwu obciążania, prędkości obrotowej ściernicy oraz liczby i wzajemnego usytuowania ziaren diamentowych na powierzchni obciążacza, położenie względem siebie torów wierzchołków poszczególnych diamentów na tworzącej

* dr inż. Ryszard Dębowski, ryszard.debowski@p.lodz.pl

ściernicy przyjmuje różne konfiguracje. Mogą zdarzać się zarówno sytuacje wielokrotnego nakładania się śladów jak i sytuacje, w których tory wierzchołków nie przetną w ogóle tworzącej ściernicy na niektórych odcinkach (rys. 2).



Rys. 2. Symulacja styku ziaren diamentowych wieloziarnistego obciągacza warstwowego z tworzącą ściernicy

Kształtowana obciągaczem wieloziarnistym czynna powierzchnia ściernicy składa się z obszarów o różnej krotności styku z ziarnami diamentowymi. Poziome linie na rysunku 2b wskazują te części tworzącej ściernicy, na których powtórzenie kontaktu z wierzchołkami diamentów obciągacza nastąpiło określoną liczbę razy. Jak można zauważyć na rys. 2b, charakterystyczną cechą rozkładów śladów ziaren wzdłuż tworzącej ściernicy jest ich periodyczne powtarzanie – na tworzącej ściernicy występują odcinki ukształtowane przez obciągacz w jednakowy sposób. Średnią wartość krotności styku tworzącej ściernicy z wierzchołkami ziaren diamentowych można scharakteryzować średnią ważoną, oddającą udział poszczególnych odcinków w całej tworzącej, wzór (1) [3]:

$$k_1 = \frac{\sum k_{li} \cdot l_i}{l_c} \quad (1)$$

gdzie: k_1 – wskaźnik pokrycia przy obciąganiu wieloziarnistym obciągaczem stojącym, k_{li} – liczba określająca krotność styku powierzchni ściernicy z ziarnem diamentowym podczas jednego skoku obciągacza, l_i – długość odcinka tworzącej ściernicy stykającej się z ziarnem diamentowym k_1 – razy, l_c – długość tworzącej ściernicy.

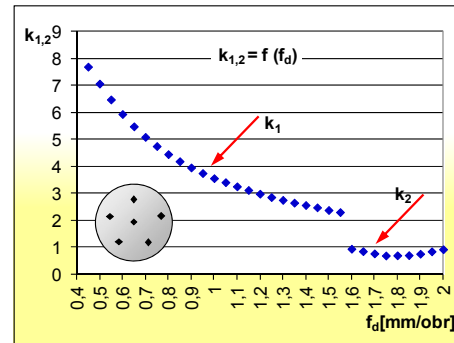
Analiza wzoru (1) wskazuje, że wariant obciągania, w którym może pojawić się część tworzącej nie mającej styku z ziarnami diamentowymi (powstaje wówczas na CPS rowek śrubowy), nie będzie charakteryzowany wartością szczególną (np. < 1), jak w przypadku wskaźnika k_d , stosowanego do nadzorowania operacji obciągania wykonywanych obciągaczem jednoziarnistym. Dla takiego przypadku właściwym jest posłużenie się wskaźnikiem wyznaczonym wg wzoru (2) [3]:

$$k_2 = \frac{f_d - l_0}{f_d} \quad (2)$$

gdzie: f_d – posuw obciągacza na jeden obrót ściernicy, l_0 – sumaryczna długość tworzącej ściernicy nie mającej styku z ziarnami diamentowymi, określana w granicach odcinka przemieszczenia obciągacza podczas jednego obrotu ściernicy.

Przykładowy wykres wartości wskaźników k_1 , k_2 w funkcji prędkości posuwu obciągacza (dla układu wierzchołków diamentów wskazanych w narożniku wykresu) przedstawiono na rysunku 3. Wykres wskazuje, że przy posuwie powyżej 1,6 mm/obr. nastąpi tworzenie się rowka śrubowego na powierzchni ściernicy. Przy mniejszych wartościach posuwu

średnia wartość krotności styku wierzchołków diamentów z powierzchnią ściernicy jest ponad 2-krotna.



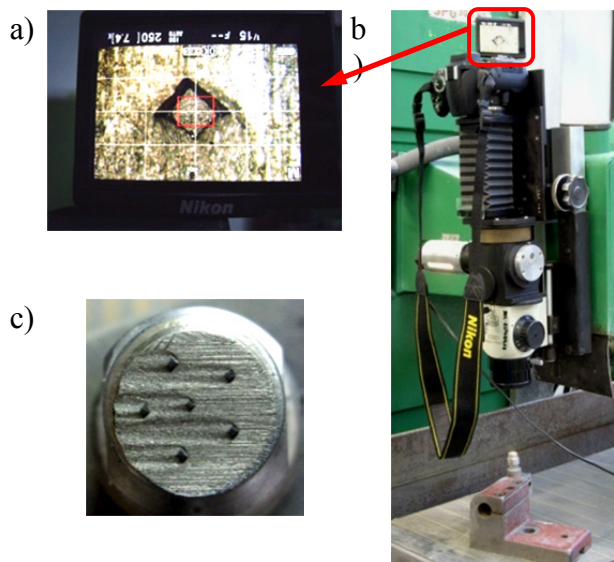
Rys. 3. Średnia wartość wskaźnika pokrycia przy zastosowaniu wieloziarnistego obciągacza warstwowego

Zmienna krotność styku tworzącej ściernicy z kryształami diamentów obciągacza wieloziarnistego nasuwa przypuszczenie, że jej czynna powierzchnia będzie składała się z obszarów w różny sposób przygotowanych do szlifowania. Przypuszczenie takie wydaje się uprawnione, biorąc pod uwagę znane efekty wpływu wartości wskaźnika k_d na stan CPS w przypadku obciągania z użyciem obciągacza jednoziarnistego. W niniejszej pracy opisano wyniki badań stanu czynnej powierzchni ściernicy obciąganej obciągaczem stojącym wieloziarnistym z różnymi wielkościami posuwu tego narzędzia.

Badania doświadczalne

Na opisywanym etapie rozważania zagadnienia badania ograniczono do oceny własności skrawnych jednego rodzaju ściernicy (zastosowano ceramiczną ściernicę elektrokorundową o charakterystyce 38A46KVB). Poddawano ją obciąganiu z różnymi wartościami posuwu f_d przy użyciu 6-ziarnistego obciągacza warstwowego. Obciągacz został specjalnie wykonany do prowadzonych badań. W jego budowie użyto podobnej wielkości, ośmiościennych kryształów diamentu syntetycznego. Ziarna na powierzchni czołowej obciągacza zostały jednakowo zorientowane, by z uwagi na anizotropię twardości diamentów zapewnić jednakową odporność na ścieranie. Osiągnięcie tej cechy przy użyciu diamentów naturalnych, których budowa jest bardzo zróżnicowana, wymagałoby sortowania dużej ilości surowca w celu wyselekcjonowania odpowiedniego kształtu diamentów, podwyższając niepotrzebnie końcową cenę narzędzia. Rysunek 4c przedstawia powierzchnię czołową stosowanego w badaniach obciągacza.

Przed rozpoczęciem badań obciągacz został poddany docieraniu, by w próbach zasadniczych pracował stabilnie, nie ulegał gwałtownemu zużyciu. W kolejnych zabiegach zapewniono jednakowe położenie i zorientowanie obciągacza względem ściernicy – oprawka obciągacza pozostawała na stole szlifierki przez cały okres badań a ustawienie stołu kontrolowano układem pomiarowym o rozdzielczości 1 μm . Z układu tego korzystano także w celu oceny wielkości starcia oraz położenia wierzchołków kryształów diamentów. Pomiar wykonywano z użyciem mikroskopu zamocowanego bezpośrednio na osłonie ściernicy. Taki pomiar miał dwie podstawowe zalety: nie zmieniano położenia oprawki na stole oraz zachowano dokładne pokrycie kierunku pomiaru i kierunku posuwu obciągania. Zastosowany w mikroskopie sposób oświetlenia pola obserwacji pozwolił wyodrębnić w obrazie ziaren diamentowych powierzchnie starcia wierzchołków. Zwiększyło to precyzję oceny wielkości czynnej szerokości każdego kryształu diamentu. Na rysunku 4b przedstawiono widok zestawu pomiarowego i sposób użycia.



Rys. 4. Pomiar położenia i starcia wierzchołków ziaren diamentowych obciążacza

Wyniki pomiarów położenia i starcia wierzchołków ziaren były niezbędne do wyznaczenia teoretycznych wartości wskaźników pokrycia $k_{1,2}$ wg wzorów (1) i (2). Do obliczeń zastosowano własny program, który wartości wskaźników wyznaczał na podstawie wyników symulacji kontaktu poszczególnych ziaren diamentowych z tworzącą ściernicy, przy założonej prędkości posuwu obciążania i prędkości obrotowej ściernicy.

Badania prowadzono według następującego schematu:

- pomiar położenia i szerokości czynnej wierzchołków ziaren diamentowych,
- obciążanie,
- szlifowanie próbki,
- pomiar mikrogeometrii CPS,
- pomiar chropowatości powierzchni szlifowanej.

Obciążanie ściernicy i szlifowanie próbki prowadzono na szlifierce SPG 30x80, zgodnie z warunkami przedstawionymi w tabeli 1. Próbkę o szerokości 15mm z zahartowanej stali 40H (53HRC) szlifowano wgłębnie.

Tab. 1. Warunki badań doświadczalnych

Charakterystyka ściernicy	1 350x127x40 38A 46K VBE
Obciążacz	6-ziarnisty stojący warstwowy (1kr)
Parametry obciążania	$a_d=0,02$ mm/2xskok (obciążanie kończone przejściem z dosuwem) $f_d= (0,35; 0,6; 0,9; 1,2; 1,65)$ mm/obr. z zastosowaniem CCS
Parametry szlifowania	$a=0,01$ mm/2xskok (szlifowanie kończone przejściem z dosuwem) $v_R=10$ m/min z zastosowaniem CCS

Pomiar mikrogeometrii CPS wykonano na specjalnym profilometrze z aerostatycznie łożyskowanym wrzecionem o powolnym napędzie i jednostką pomiarową ME10. Wykonywano pomiary zarysu obwodowego. W celu archiwizacji sygnał analogowy wzmacniacza ME10 próbkowano z częstotliwością odpowiadającą przemieszczeniu obwiedni CPS o ok. 5 μ m. Wzmocnienie pomiarowe ustawiono na możliwie wysokim poziomie, by osiągnąć wyższą dokładność odwzorowania części wierzchołkowej profilu CPS, która bierze

udział w dekohezji materiału obrabianego. Stosowany zakres pomiarowy był przez to mniejszy od głębokości profilu, wynikiem czego dolna część zarysu nie była odwzorowywana w sygnale pomiarowym.

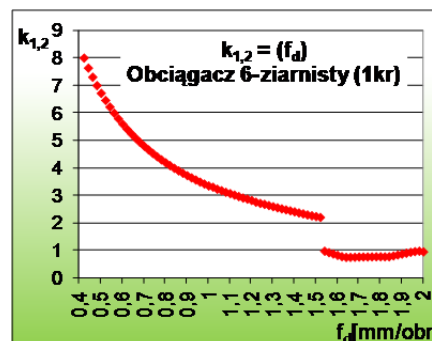
Wyniki badań

W tabeli 2 zestawiono zdjęcia stanu wierzchołków ziaren diamentowych obciążacza wykonane pomiędzy kolejnymi próbami obciążania. Wykonane pomiary starcia wykazały stabilną wielkość powierzchni wierzchołków ziaren w okresie wykonywanych badań. Można uznać, że zachodzące zużycie nie wpłynęło w istotny sposób na proces rozłupywania ziaren ściernych i spoiwa w procesie obciążania. Zużycie to nie zmieniło też istotnie warunków symulacji torów ruchów ziaren względem tworzącej ściernicy i przebiegu teoretycznego wykresu średniego stopnia pokrycia reprezentowanego wskaźnikiem $k_{1,2}$.

Tab. 2. Stan wierzchołków ziaren diamentowych obciążacza przed kolejnymi próbami obciążania

f06	f035	f09	f12	f16
Y=0,616	Y=0,610	Y=0,615	Y=0,620	Y=0,618
Y=0,535	Y=0,540	Y=0,558	Y=0,574	Y=0,605
Y=0,675	Y=0,672	Y=0,678	Y=0,675	Y=0,680
Y=0,455	Y=0,458	Y=0,462	Y=0,465	Y=0,468
Y=0,607	Y=0,612	Y=0,620	Y=0,630	Y=0,640
Y=0,411	Y=0,415	Y=0,422	Y=0,431	Y=0,438

Na rysunku 5 widoczny jest wykres zmiany wartości $k_{1,2}$ w funkcji wartości posuwu obciążania wyznaczony dla przyjętego w badaniach ustawienia obciążacza.



Rys. 5. Średnia wartość wskaźnika pokrycia przy obciążaniu w funkcji posuwu obciążacza stosowanego w badaniach

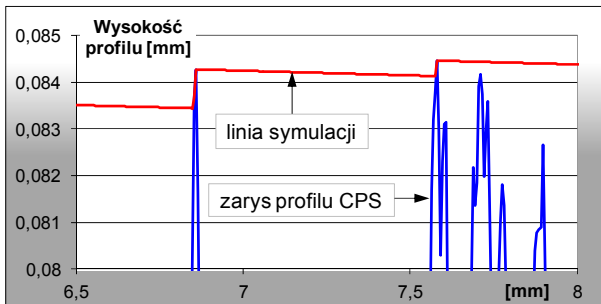
Miejsce przerywania ciągłości linii wykresu wskazuje wartość posuwu (ok. 1,55 mm/obr.), przy której na tworzącej ściernicy występują odcinki nie mające styku z ziarnami diamentów podczas pojedynczego przejścia obciążającego. Oznacza to możliwość wystąpienia zwoju gwintu na CPS. Mniejsze posuwy winny gwarantować średni stopień pokrycia od 2 do 8.

■ Ocena mikrogeometrii ściernicy po obciążaniu

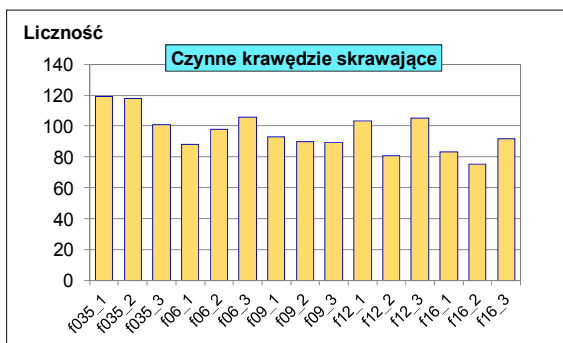
Po każdym obciążeniu ściernicy rejestrowano trzy obwodowe zarysy profilu CPS, przesunięte względem siebie wzdłuż tworzącej o odległość nie będącą wartością posuwu obciążania ani jego wielokrotnością. Długość obwodu ściernicy, na którym odwzorowywano profil CPS wynosiła ok. 328 mm. Wyniki wykonanych pomiarów służyły do wyznaczenia metodą symulacji szlifowania (rys. 5) zbiorów liczności i głębokości czynnych krawędzi skrawających oraz grubości warstwy skrawanej. Zbiory te przyjmuje się jako parametry oceny potencjału użytkowego ściernicy [4]. Wskaźnik k_v (wzór 3) [5,6], którego wartość odpowiada tangensowi kąta wnikania materiału obrabianego w przestrzeń roboczą ściernicy, przyjęto w symulacji na poziomie 0,0002. Wielkość ta odpowiada warunkom szlifowania średniokładnego.

$$k_v = 2 \frac{v_{ft}}{v_s} \sqrt{\frac{a_e}{D_{eq}}} \quad (3)$$

w którym: v_{ft} – prędkość przedmiotu [m/s]; v_s – prędkość ściernicy; a_e – dosuw szlifowania; D_{eq} – równoważna średnica ściernicy.



Rys. 6. Przebieg symulacji szlifowania



Rys. 7. Licznosc zbiorów czynnych krawędzi skrawających na CPS formowanej obciążaniem z różnymi wartościami posuwów

Sumaryczną liczbę czynnych krawędzi skrawających otrzymaną w poszczególnych symulacjach przedstawiono na rysunku 7. Oznaczenie kolumn wykresu (co będzie kontynuowane na kolejnych wykresach) składa się z członu charakteryzującego posuw obciążania oraz członu określającego numer wykonanego pomiaru topografii ściernicy.

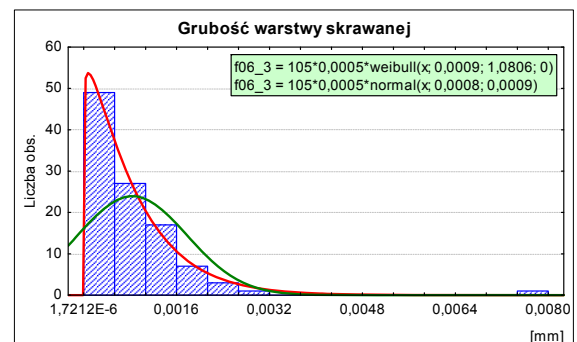
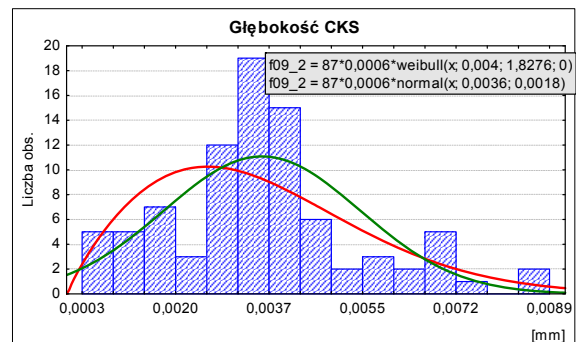
Przebieg wykresu wskazuje na odwrotnie proporcjonalną zależność liczby potencjalnie czynnych krawędzi skrawają-

cych od prędkości posuwu. Zwiększanie posuwu powoduje ukształtowanie na CPS mniejszej liczby krawędzi czynnych. Zmiana ta w skrajnych przypadkach dochodzi do 50%.

Wewnętrzną strukturę poszczególnych zbiorów scharakteryzowano histogramami rozkładów licznosci głębokości występowania czynnych krawędzi skrawających oraz grubości warstwy skrawanej. Dla późniejszych porównań i analiz do histogramów dopasowano funkcje prawdopodobieństwa rozkładów. Obliczenia zostały przeprowadzone przy użyciu programu Statistica v.6.1 [7]. Na rysunku 8 przedstawiono przykładowe histogramy zbiorów głębokości CKS oraz grubości warstwy skrawanej wraz z wygenerowanymi wykresami funkcji gęstości prawdopodobieństwa rozkładu: Weibulla (linia czerwona) i normalnego (linia zielona). Na wykresach widoczne są także uproszczone równania przedstawiające parametry funkcji rozkładu:

- Weibulla
 - parametr skali (określający charakterystyczną wartość zbioru),
 - parametr kształtu (przyjmowany jako wskaźnik zmienności wartości zbioru),
- normalnego
 - średnia arytmetyczna,
 - odchylenie standardowe (określa przeciętne zróżnicowanie zbioru wartości od średniej arytmetycznej).

Jak można zauważyć dopasowanie funkcji prawdopodobieństwa do histogramów nie jest pełne i obliczone parametry obu rozkładów z różnym przybliżeniem charakteryzują rzeczywiste zbiory wartości. Stąd dla możliwości porównania sposobu reprezentowania zbiorów przez wskazane funkcje, dalej przedstawiono wykresy parametrów obu rozkładów.

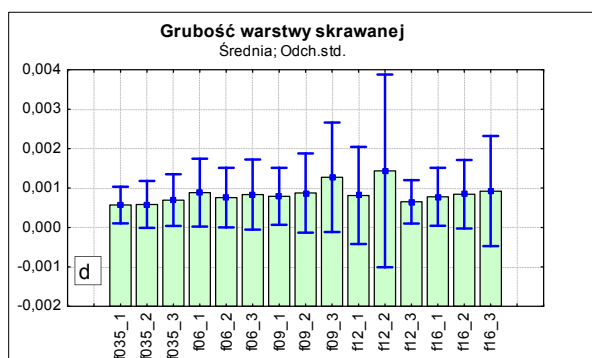
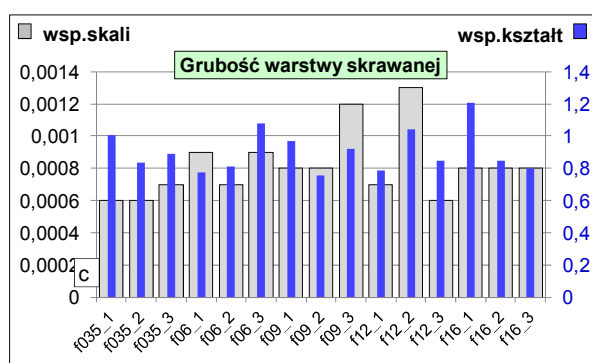
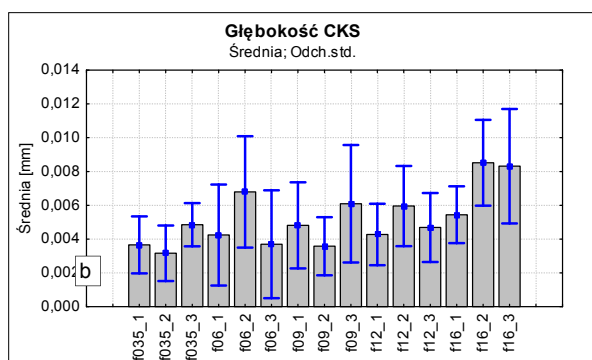
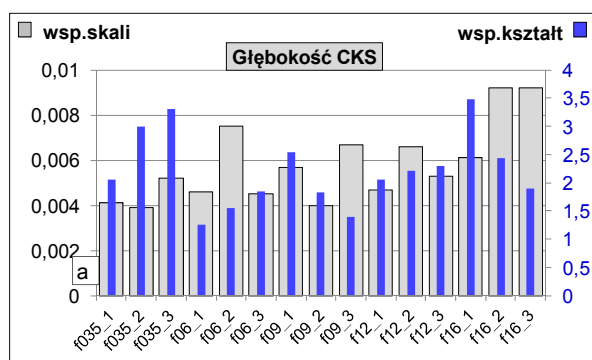


Rys. 8. Histogramy parametrów potencjału użytkowego ściernicy z wykresami funkcji rozkładu Weibulla i normalnego

Rysunek 9 przedstawia wykresy zmian wartości parametrów rozkładu normalnego i Weibulla zbiorów głębokości położenia czynnych krawędzi ziaren względem obwiedni ściernicy oraz grubości warstwy skrawanej, dla przeprowadzonych 15 symulacji szlifowania.

Parametry obu funkcji wskazują zróżnicowanie zbiorów otrzymanych w procesie symulacji. Analizując łącznie wyniki dla określonego posuwu obciążania można opisać potencjał użytkowy CPS następująco:

- f035 – efektem zastosowania najmniejszego posuwu obciążania jest uzyskanie największej liczby krawędzi czynnych, które są skupione na najmniejszej głębokości profilu CPS. Tak obciążona ściernica będzie usuwała warstwę bardzo drobnymi wiórami.
- f06 – nieco większa prędkość posuwu kształtuje mniejszą liczbę CKS o zróżnicowanej i rozproszonej głębokości położenia w przestrzeni CPS. Krawędzie są podobnie obciążone, gdyż grubość warstwy skrawanej zmienia się w niewielkim zakresie.



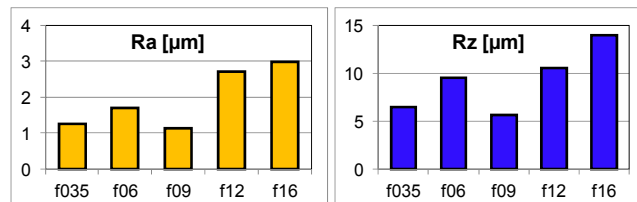
Rys. 9. Parametry funkcji rozkładu normalnego (b,d) i Weibulla (a,c) opisane na zbiorach wyników symulacji szlifowania ściernicą obciążoną z różnym posuwem obciążacza

- f09 – kolejne zwiększenie posuwu w małym stopniu wpływa na powiększenie rozproszenia ale poprzez ukształtowanie mniejszej ich liczby przyczynia się do usuwania warstwy wiórami o większej grubości.
- f12 – w zależności od miejsca pomiaru profilu CPS wystąpiła istotna różnica liczby CKS, przy większej ich liczbie, średnia wielkość warstwy skrawanej jest mała a krawędzie występują bliżej obwiedni CPS. Mniejsza liczba krawędzi rozprasza się na większej głębokości profilu przez co pojawia się większa grubość skrawanej warstwy.
- f16 – obciążanie z największą prędkością posuwu powoduje powstanie najmniejszej liczby krawędzi skrawających rozłożonych na największej głębokości profilu. Grubość warstwy skrawanej przez poszczególne krawędzie jest podobna.

Opisane zmiany ocenione na podstawie łącznej interpretacji trzech parametrów dla kolejnych wielkości posuwu obciążacza wskazują ogólną tendencję zmiany potencjału użytkowego CPS. Wzrostowi posuwu obciążania towarzyszy zmniejszenie liczby krawędzi skrawających, rozproszenie ich położenia i zróżnicowaniu ich obciążenia. Takiej interpretacji trudno dokonać na podstawie pojedynczych pomiarów i symulacji. Wyniki indywidualnej oceny każdego profilu mogą być do siebie bardzo podobne (np. f035_3 i f12_1). Można więc z tego wnioskować, że CPS kształtowana wielozłazistym warstwowym składa się z pasm o różnym potencjale użytkowym.

■ Ocena właściwości eksploatacyjnych CPS

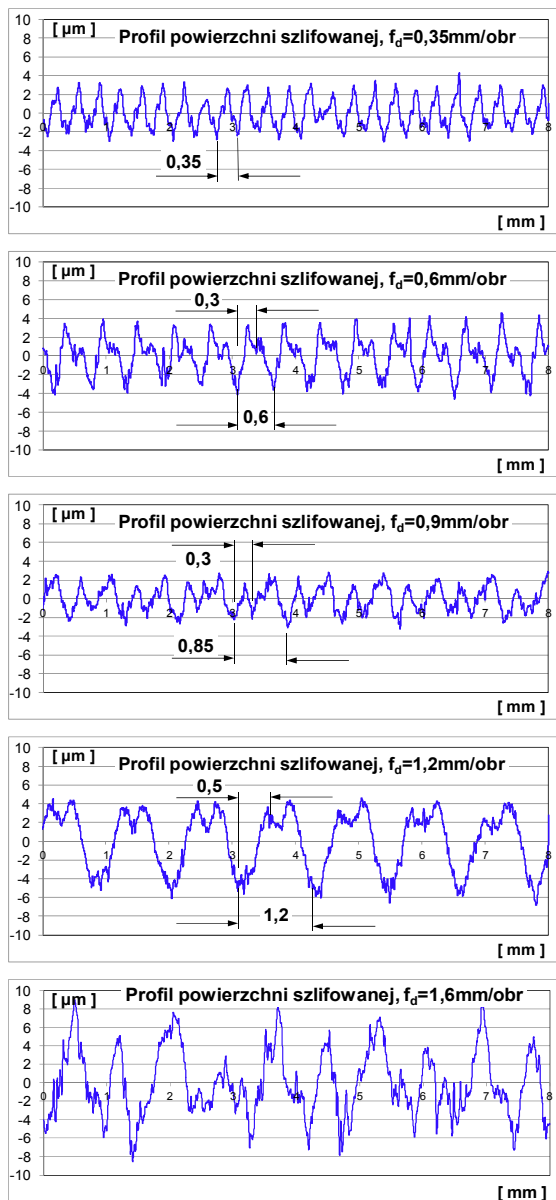
Właściwości eksploatacyjne ściernicy obciążanej z różnymi wartościami posuwów obciążania oceniono na podstawie wyniku szlifowania wgłębnego płaszczyzny próbki ze stali hartowanej. W każdym z badanych przypadków po wykonaniu 10 przejść szlifujących oceniono stan warstwy wierzchniej na podstawie pomiaru chropowatości powierzchni. Wyniki pomiarów reprezentowane parametrami Ra i Rz obrazują wykresy na rysunku 10. Otrzymane wartości wykazują wzrost chropowatości szlifowanej powierzchni po użyciu do obróbki ściernicy obciążonej z wyższym posuwem. Wniosku takiego można było się spodziewać, natomiast zaskakująca jest bardzo wysoka wartość parametrów chropowatości. Na podstawie wyników obliczeń wskaźników $k_{1,2}$ potencjalnie wysoką chropowatość mogłaby mieć próbka szlifowana ściernicą obciążoną z posuwem 1,6 mm/obr., gdy na CPS powstaje rowek śrubowy.



Rys. 10. Chropowatość powierzchni szlifowanej ściernicą obciążoną z określonym posuwem

Na rysunku 11 zamieszczono wykresy profilu chropowatości powierzchni próbek. Zwraca uwagę ich okresowość. Niezależnie od zastosowanej prędkości posuwu obciążacza, a co za tym idzie wartości wskaźnika pokrycia przy obciążaniu, kształt profilu chropowatości powtarza się w określonym, stałym odstępie. Na wykresach profili zazna-

czono odległości powtarzających się zarysów. Oprócz próbek szlifowanej ściernicą obciążoną z największym posuwem ($f_d=1,6$ mm/obr.) na pozostałych okresowość zarysu ma wartość stosowanego posuwu.



Rys. 11. Profile chropowości powierzchni próbek szlifowanych ściernicą obciążoną z różnymi posuwami

Wy tłumaczeniem tego zjawiska może być tylko nierównomierne zużywanie się wierzchołków ziaren diamentowych obciążacza. Jeden z kryształów, mając wyższą twardość (poprawne zorientowanie ziaren być może nie wyeliminowało wpływu anizotropowości na szybkość zużycia) lub będąc w mniejszym stopniu obciążony pracą rozłupywania i wykruszania materiału ściernicy, ulegał wolniejszemu zużyciu. Skutkiem tego kryształ ten wystawał powyżej pozostałych i złobił „własny” rowek, tworząc na powierzchni ściernicy zwoje o skoku posuwu obciążania. W przypadku wykresu profilu chropowości próbki szlifowanej ściernicą obciążoną z najwyższym stosowanym posuwem jego okresowość nie jest jednoznaczna. Profil ma natomiast największą wysokość, zbliżoną do głębokości z jaką była obciążana ściernica (0,02 mm). Świadczy to, że część tworzącej ściernicy w ostatnim przejściu obciążającym nie miała w ogóle styku z wierzchołkami diamentów obciążacza, a więc wyznaczona teoretyczna wartość posuwu, przy której wskaźnik $k_{1,2}$ ma

wartość mniejszą od 1 potwierdzona została w praktyce. Brak wyraźnej okresowości wykresu profilu chropowości ma dwie przyczyny: 1) nałożenia się okresowości wynikającej z nierównego zużywania się wierzchołków kryształów diamentów z okresowością braku styku tworzącej ściernicy z diamentami oraz 2) mniejszej głębokości szlifowania od uzyskanej obciążaniem wysokości czynnej chropowości ściernicy, przez co obserwowany profil chropowości jest wynikiem dwóch kolejnych przejść szlifujących.

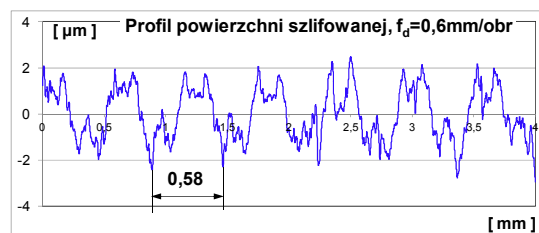
Opisane wyżej efekty szlifowania przy użyciu ściernicy obciążonej wielozłazistym obciążaczem warstwowym nie były tymi, jakich należało się spodziewać dla tego typu obróbki. Niezależnie od zastosowanej prędkości posuwu obciążacza otrzymano wysoką chropowość powierzchni szlifowanej oraz okresowość profilu. Wyniki te wymagały skonfrontowania z wynikami innej niezależnej próby, wykonanej z zastosowaniem innego egzemplarza obciążacza.

W badaniach dodatkowych zastosowano tego samego typu obciążacz, o tej samej liczbie i sposobie rozłożenia ziaren diamentowych ale pochodzenia naturalnego (rys. 12a). Podobnie jak w badaniach właściwych przeprowadzono na wstępie długotrwałe docieranie obciążacza, wykonując kilkadziesiąt przejść obciążających tej samej ściernicy. Po tej operacji obciążono ściernicę z posuwem 0,6 mm/obr a następnie przeszlifowano powierzchnię próbki. Po przeprowadzeniu pomiaru profilu chropowości szlifowanej powierzchni (rys. 12b) okazało się, że efekt obróbki był podobny do otrzymywanych wcześniej. Profil chropowości miał charakter okresowy a średnie odchylenie profilu od linii średniej (R_a) miało stosunkowo dużą wartość – 0,98 μm .

a)



b)



Rys. 12. Obciążacz z naturalnymi kryształami diamentu i profil chropowości powierzchni próbki szlifowanej ściernicą obciążoną z posuwem 0,6 mm/obr.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania obciążania ceramicznej ściernicy elektrokorundowej diamentowym obciążaczem wielozłazistym warstwowym wykazały, że w opisanych warunkach:

- potencjał użytkowy czynnej powierzchni ściernicy zależy od zastosowanej prędkości posuwu obciążacza; większe prędkości powodują powstanie mniejszej liczby czynnych krawędzi skrawających, których rozkład w przestrzeni roboczej ściernicy sięga większych głębokości, wzrasta obciążenie krawędzi wzrastającą grubością warstwy skrawanej,
- wyniki oceny potencjału użytkowego ściernicy obciążonej z określonym posuwem na podstawie pojedynczych odwzorowań jej profilu, wykonanych

w różnych częściach CPS, mogą się istotnie różnić między sobą a jednocześnie wykazywać podobieństwo do wyników oceny otrzymanych dla ściernicy obciążonej z innym posuwem. Prognozowanie sposobu pracy CPS na podstawie parametrów statystycznych funkcji rozkładów czynnych krawędzi skrawających należy więc prowadzić, interpretując łącznie wszystkie opracowane charakterystyki otrzymane z kilku miejsc CPS,

- wskaźnik k_2 jest przydatnym parametrem charakteryzującym zabieg obciążania - poprawnie wskazuje prędkość posuwu obciążacza, przy której część CPS nie ma styku z ziarnami diamentowymi obciążacza w pojedynczym przejściu obciążającym,
- podczas użytkowania wieloziarnistych obciążaczy warstwowych szczególną uwagę należy zwrócić na właściwą pozycję obciążacza względem ściernicy oraz na proces jego zużycia. Nierównomierne zużycie wierzchołków i najmniejsze wysunięcie jednego powyżej pozostałych powoduje kształtowanie na powierzchni ściernicy rowka, którego skutkiem jest wysoka chropowatość i okresowość profilu szlifowanej powierzchni,
- niska jakość powierzchni szlifowanej przy użyciu ściernicy obciążonej z jednokrotnym dosuwem a_d warstwowego obciążacza wieloziarnistego na podwójny skok wskazuje, że taki sposób obciążania można stosować tylko do zgrubnego kształtowania powierzchni ściernic.

LITERATURA

1. Oczół K., Porzycki J., Szlifowanie: podstawy i technika. Warszawa, : Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1986
2. www.diaborex.com.pl
3. Dębkowski R., Gołabczak A., Wskaźnik pokrycia przy obciążaniu wieloziarnistym obciążaczem stojącym. Współczesne problemy obróbki ścierniej, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej 2009, s.137
4. Urbaniak M., System oceny użytkowych właściwości ściernic. Politechnika Łódzka, Zeszyty Naukowe nr 913, s. 89. Łódź 2002.
5. Verkerk J., Peters J., Final Report Concerning CIRP Cooperative Work on the Characterization of Grinding Wheel Topography. Annals of the CIRP, Vol. 26/2/1977, s. 385-395
6. König W., Lortz W., Properties of Cutting Edges Related to Chip Formation in Grinding. Annals of the CIRP, Vol. 24/1/1975. s. 231-235
7. STATISTICA – Opis systemu. StatSoft Polska Sp. z o.o., Kraków 2002