

dr inż. Wojciech MUSIAŁ, email: wmusial@vp.pl

mgr inż. Mariola CHOROMAŃSKA, email: mariola@choromańska.tu.koszalin.pl

Politechnika Koszalińska

PROJEKT SYSTEMU DOSUWU NANOMETRYCZNEGO DO PRECYZYJNEJ OBRÓBKI MATERIAŁÓW CERAMICZNYCH

Streszczenie: W artykule zaprezentowano badania powierzchni ceramicznych płytek skrawających. Opracowano stanowisko badawcze, umożliwiające obróbkę materiałów ceramicznych z zastosowaniem zespołu dosuwu nanometrycznego, którego zadaniem jest minimalizacja efektu kruchości pęknięcia ceramiki w strefie obróbki. Dzięki zastosowaniu zespołu dosuwu nanometrycznego możliwe będzie wygładzanie powierzchni obrabianej poprzez uplastycznienie materiału ceramicznego w strefie obróbki, a w konsekwencji zmniejszenie defektów na powierzchni i w warstwie wierzchniej szlifowanego materiału. Przewiduje się, że zastosowanie kaskady stosów piezoelektrycznych umożliwi nie tylko sprawniejsze szlifowanie w warunkach plastycznego płynięcia materiału obrabianego ale również umożliwi realizację procesu obciążania i kondycjonowania powierzchni czynnej ściernic.

Słowa kluczowe: dosuw, mikro-szlifowanie, szlifowanie w warunkach plastycznego płynięcia, ceramika

THE PROJECT OF SYSTEM THE IN-FEED THE NANOMETRICAL TO PRECISE PROCESSING OF CEAMIC MATERIALS

Abstract: This paper presents initial research on the surfaces of cutting ceramic plates ground using diamond grinding wheels. What was used in the tests was a research post that made it possible to machine ceramic materials using piezoelectric feed-in system whose aim was to minimize the effect of brittle cracking of the ceramic material in the machining zone. Due to precise machining it is possible to smooth out the machined surface by plasticizing the material removal mechanism and, in consequence, reducing the defects on its surface and in the surface layer of the grind material.

Keywords: feed-in, micro-grinding, ductile-regime grinding, ceramics

1. WPROWADZENIE

Nowoczesne materiały ceramiczne stosowane są zarówno jako elementy wykonawcze konstrukcji mechanicznych np. w postaci łożysk hybrydowych (rys. 1), ale również jako osłony termiczne, filtry, implanty bio-niereaktywne lub ostrza techniczne (rys. 2).

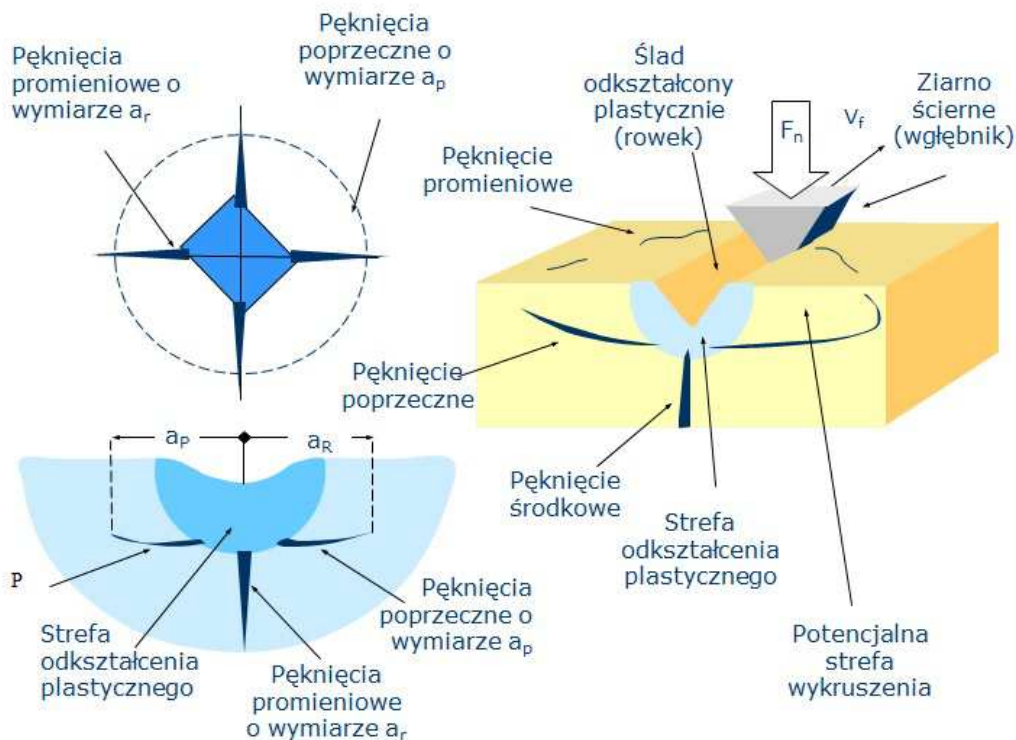


Rys. 1. Łożyska hybrydowe <http://www.lozyskaceramiczne.pl/>



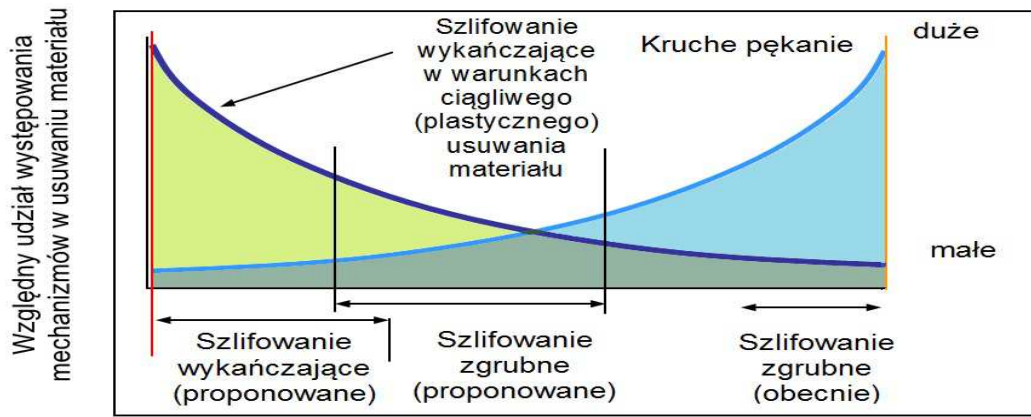
Rys. 2. Przykład nowego typu ostrzy technicznych <http://www.lutz-blades.com/pl/produkty/ostrza-wedlug-rodzaju/ostrza-ceramiczne.html>

W przypadku ostrzy, materiał ceramiczny musi być kształtowany w taki sposób, aby zapewnić małą ilość defektów na powierzchni, jak i w warstwie wierzchniej obrabianego materiału. Nie jest to łatwe ze względu na podatność materiałów ceramicznych na zjawisko kruchego pęknięcia (rys. 3).



Rys. 3. Mechanizm kruchego pęknięcia materiałów ceramicznych [6]

Aby zminimalizować efekt kruchego pęknięcia w trakcie procesu szlifowania materiałów ceramicznych, zaproponowano realizację procesu mikroszlifowania poniżej wartości progowej wnikanía ziaren ściernych w obrabiany materiał, umożliwiającą obróbkę w warunkach plastycznego płynięcia materiału ceramicznego (rys. 4).

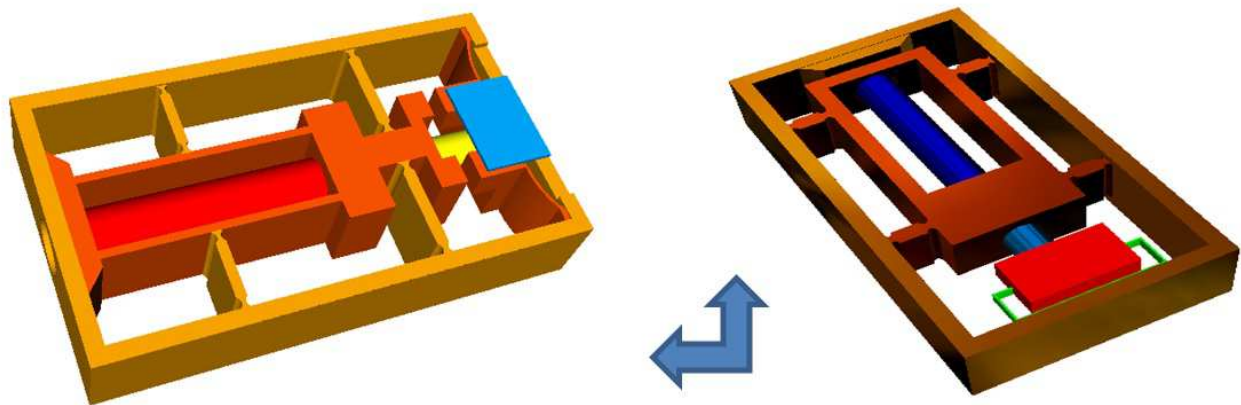


Rys. 4. Udziały kruchego i plastycznego płynięcia materiałów ceramicznych [2]

Zastosowanie tej metody umożliwia otrzymywanie powierzchni charakteryzujących się znacznie mniejszą ilością defektów na powierzchni jak i w warstwie wierzchniej obrobionego materiału [1-4]. W tym celu zaprojektowano zespół dosuwu nanometrycznego (rys.5), który został poddany optymalizacji konstrukcyjnej, aby uzyskać zadowalające parametry użytkowe i umożliwić otrzymywanie dosuwu pozwalającego na realizację procesu mikroszlifowania w warunkach plastycznego płynięcia w strefie szlifowania.

2. PROJEKT ZESPOŁU DOSUWU NANOMETRYCZNEGO

Przeprowadzona optymalizacja konstrukcji zespołu dosuwu nanometrycznego umożliwiła zwiększenie zakresu dosuwu, przy jednoczesnym zmniejszeniu siły koniecznej do realizacji dosuwu i przy zwiększonej sztywności zespołu dosuwu nanometrycznego (rys. 5).

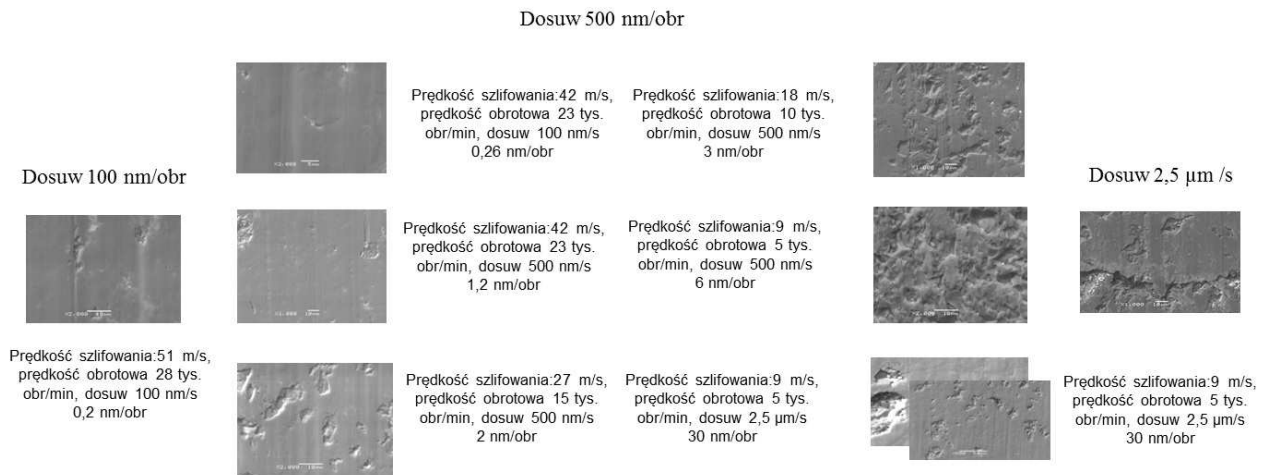


Rys. 5. Optymalizacja konstrukcji zespołu dosuwu nanometrycznego

Przeprowadzona analiza wyników badań wskazuje, że zmniejszenie warstwy skrawającej przypadającej na pojedyncze ziarna ściernie w strefie szlifowania, powoduje zmniejszenie wartości chropowatości powierzchni obrabianej. Efekt ten uzyskano poprzez modyfikację prędkości szlifowania przy stałym zaprogramowanym dosuwie mikrometrycznym.

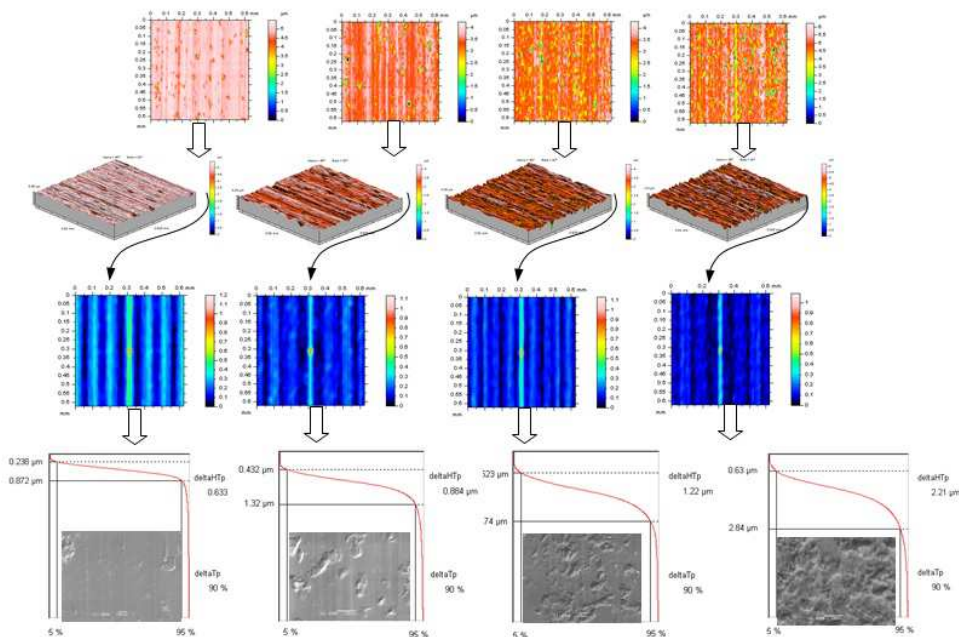
Zastosowanie zespołu dosuwu nanometrycznego pozwala uzyskać jeszcze bardziej wygładzone powierzchnie o zminimalizowanej ilości defektów na powierzchni, jak

i w warstwie wierzchniej obrabianego materiału, o czym świadczą badania zrealizowane na ceramice korundowej z wykorzystaniem stosów piezoelektrycznych (rys. 6 oraz rys. 7).



Rys. 6. Wyniki szlifowania ceramiki korundowej z wykorzystaniem zespołu dosuwu nanometrycznego

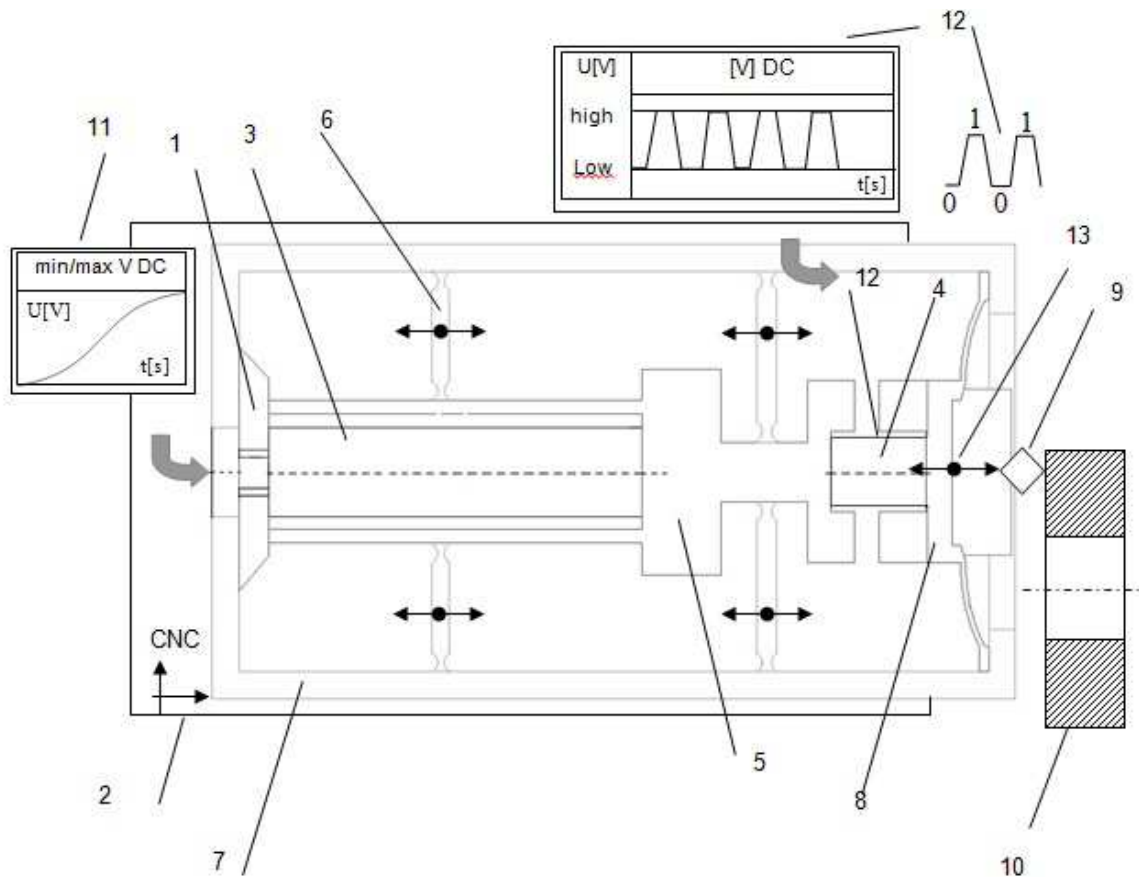
Do realizacji precyzyjnego szlifowania materiału ceramicznego planuje się zastosować stos piezoelektryczny, który pozwala na sterowanie dosuwem wgłębnym oraz częstotliwością kontaktu ziaren ściernych w określonej jednostce czasu (nr zgłoszenia patentowego P. 405 357).



Rys. 7. Zmiana krzywej nośności powierzchni obrabianych w funkcji zmiany grubości warstwy skrawanej przypadającej na jeden obrót ściernicy [5]

Przedstawiony na rysunku 8 schemat urządzenia do precyzyjnej obróbki ubytkowej materiałów ceramicznych posiada element oporowy (1), umocowany na stole (2) szlifierki sterowanej numerycznie. Do elementu oporowego (1) zamocowana jest kaskada dwóch

stosów piezoelektrycznych (3, 4) o różnej mocy, zasilanych napięciem prądu stałego w zakresie od kilkudziesięciu do kilkuset wolt. Kaskada stosów piezoelektrycznych podparta jest wzdłuż osi posuwu popychaczem (5), przenoszącym ruch posuwowy i posuwisto-zwrotny, wywołany stosami piezoelektrycznymi (3, 4). Popychacz (5) umocowany jest na elementach sprężystych (6) związanych z korpusem nośnym (ramą) (7) i stołem CNC (2). Do popychacza (5) przymocowany jest drugi stos piezoelektryczny (4), który wywołuje nacisk na elastyczny element oporowy (8), do którego zamocowany jest element obrabiany (9) za pomocą narzędzia (10).



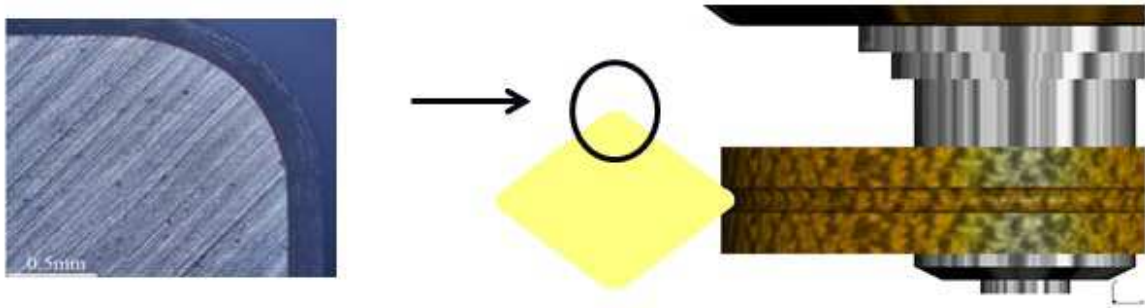
Rys. 8. Zasada funkcjonowania głowicy obróbkowej [5]

Jak pokazano na rysunku 8, stos piezoelektryczny (3) na początku kaskady realizuje funkcję dosuwu wglębnego (11), natomiast stos piezoelektryczny (4) na końcu kaskady realizuje ruch posuwisto-zwrotny o charakterystyce napięcia (12) o dużej częstotliwości, w zakresie odkształceń sprężystych (13) np. w cyklu kondycjonowania oraz precyzyjnego obciągania ściernic [5].

Projekt zaprezentowanego systemu składa się przynajmniej z dwóch stosów piezoelektrycznych umieszczonych na początku kaskady i charakteryzujący się znaczną mocą i dużą sztywnością, jednocześnie umożliwia generowanie płynnego i precyzyjnego ruchu w zakresie odkształceń sprężystych generowanych na elementach sprężystych (6). Zasilanie stosu piezoelektrycznego realizowane jest za pomocą napięcia stałego w zakresie od kilkudziesięciu do kilkuset wolt (11).

Stos na końcu kaskady charakteryzuje się dużą częstotliwością zmiany zwrotu kierunku ruchu, od kilku do kilkudziesięciu Hz lub więcej. Duża prędkość zmiany kierunku ruchu będzie możliwa tylko dla małych i lekkich elementów obrabianych (np. płytek skrawających). Zaprojektowany system szlifowania i wygładzania powierzchni materiału

ceramicznego może być stosowany do obróbki płytek skrawających (wykonanych z ceramiki korundowej) (rys. 9).



Rys. 9. Szlifowanie ceramicznych płytek skrawających

Dla przedstawionej propozycji zastosowania stosów piezoelektrycznych do obróbki materiału ceramicznego, można dodać również funkcję precyzyjnego zagłębiania wierzchołków ziaren ściernych w obrabiany materiał, co może umożliwić redukcję defektów w warstwie wierzchniej obrabianego materiału, a także ułatwić przejście od mechanizmu kruchego pęknięcia do stanu plastycznego płynięcia materiału obrabianego. W konsekwencji zaprezentowana metoda obróbki, może pozwolić na utrzymywanie odpowiedniej temperatury w strefie szlifowania na niewielkich mikro- lub nawet nano-obszarach szlifowanego materiału oraz zminimalizować efekt kruchego pęknięcia materiału obrabianego w warstwie wierzchniej.

3. PODSUMOWANIE

Można przewidywać, na podstawie zrealizowanych badań, że wykorzystanie zespołu dosuwu piezoelektrycznego pozwoli na zwiększenie precyzji obróbki i umożliwi uzyskanie lepszych efektów na powierzchni, oraz w warstwie wierzchniej obrabianego materiału. W kolejnych etapach badawczych planuje się przeprowadzić wygładzanie powierzchni ceramicznych płytek skrawających z kontrolowaną głębokością dosuwu nie przekraczającą kilkudziesięciu nanometrów i w konsekwencji uzyskać efekt plastycznego płynięcia materiału obrabianego w strefie szlifowania, a co za tym idzie uzyskanie obniżonego zdefektowania powierzchni, jak i warstwy wierzchniej szlifowanego materiału.

Uzyskane wyniki pozwalają sformułować wniosek, że w przypadku obróbki materiałów ceramicznych, istnieje możliwość realizacji wygładzania powierzchni obrabianych (płytek ceramicznych) z zastosowaniem precyzyjnego systemu sterowania opartego na siłownikach piezoelektrycznych.

W kolejnych etapach realizowanych badań, planuje się zastosowanie ulepszonych stosów piezoelektrycznych umożliwiających minimalizację dosuwu do wartości nanometrycznych i maksymalnego zakresu ruchu dochodzącego do 200 mikrometrów. Dzięki temu możliwe będzie ograniczenie niekorzystnych zjawisk zachodzących w strefie szlifowania, m.in. niekontrolowanego wzrostu głębokości wnikania ziaren ściernych w obrabiany materiał, co w konsekwencji może powodować zwiększenie siły w strefie szlifowania (możliwość zwiększenia się warstwy skrawanej przypadającej na pojedyncze ziarna ścierny), co może wywołać znaczny przyrost obciążenia ziarna ściernego, a w konsekwencji wzrost temperatury w warstwie wierzchniej obrabianego materiału oraz na powierzchni czynnej ściernicy, a nawet w głębszych warstwach spoiwa ściernicy. Dla takich warunków obróbki w realizowanych wcześniejszych etapach badań obserwowano

pęknięcia na powierzchni oraz w warstwie wierzchniej obrabianego materiału, a także mikropęknięcia ściernicy, powodujące w konsekwencji jej rozerwanie.

LITERATURA

- [1] CHOROMAŃSKA M.: Praca magisterska pt: *Badania procesu szlifowania powierzchni tnącej ceramicznych płytek skrawających*
- [2] BIFANO T. G.: *Ductile-Regime Grinding of Brittle Materials*. PhD Thesis, NC State University, Raleigh, NC, 1988
- [3] BLAKE P., T. G. BIFANO, T. A. DOW, R. O. SCATTERGOOD: *Precision machining of ceramic materials*. Am. Ceram. Soc. Bull., 67(1988)6, 1038-1044
- [4] JURCZYK M., JAKUBOWICZ J.: *Nanomateriały ceramiczne*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 2004
- [5] Wojciech Musiał, Mariola Choromańska: *Badania procesu szlifowania ceramicznych płytek skrawających w warunkach plastycznego płynięcia*. Innovative Manufacturing Technology, Kraków 2013 ISBN 978-83-931239-7-0
- [6] MUSIAŁ W.: Rozprawa doktorska na temat: *Badanie procesu mikroszlifowania w warunkach ciągłego usuwania materiału*. Politechnika Koszalińska, Koszalin 2007