

	Organizatorzy: Politechnika Łódzka Wydział Mechaniczny	XXXVIII NAUKOWA SZKOŁA OBRÓBKI ŚCIERNEJ Łódź - Uniejów 09-11.09.2015	
	• Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn • Katedra Technologii Maszyn		

Technologia szlifowania miniaturowych części na profilowej szlifierce optycznej

Grinding technology of miniature parts using optical profile grinder

ANDRZEJ GOŁĄBCZAK
 JÓZEF KACZMAREK
 MARCIN GOŁĄBCZAK *

DOI: 10.17814/mechanik.2015.8-9.351

W artykule przedstawiono technologię kształtowania miniaturowych części z ceramiki alundowej i hartowanej stali szybko tnącej w procesie szlifowania na profilowej szlifierce optycznej sterowanej numerycznie. Proces szlifowania miniaturowych części realizowano ściernicami supertwardymi ze ścierniwem diamentowym i regularnego azotku boru spojonych spoiwem metalowym. Zaprezentowano technologię szlifowania oraz wyniki dokładności kształtowo-wymiarowej i chropowatości powierzchni uzyskane w tych procesach.

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie, miniaturowe części, szlifierka profilowa, ściernice supertwarde

In the article the technology of shaping of miniature parts made from Alund ceramics and hardened HSS steel in grinding process using CNC optical profile grinder has been presented. The grinding process of miniature parts has been carried out using diamond and CBN metal bond super hard grinding wheels. Also grinding technology and investigation results concerning shape and dimensional accuracy and surface roughness obtained after grinding have been depicted.

KEYWORDS: grinding process, miniature parts, profile grinder, superhard grinding wheels

Wprowadzenie

Miniaturyzacja urządzeń mechanicznych wymusza konieczność doskonalenia technik mikroobrobki, które mogą sprostać wysokim wymaganiom kształtowo-wymiarowym i chropowatości powierzchni wytwarzanych mikroczęści z trudnoobrabialnych materiałów konstrukcyjnych [1, 5, 7]. Wiodącą technologią spełniającą te wymagania są metody

mikroobrobki ściiernej, w tym zwłaszcza mikroszlifowania ściernicowego. Procesy mikroszlifowania są trudne w realizacji, ponieważ wymagają specjalnych szlifierek, ściernic i metod ich obciążania oraz oprzyrządowania technologicznego [2, 3, 5, 7].

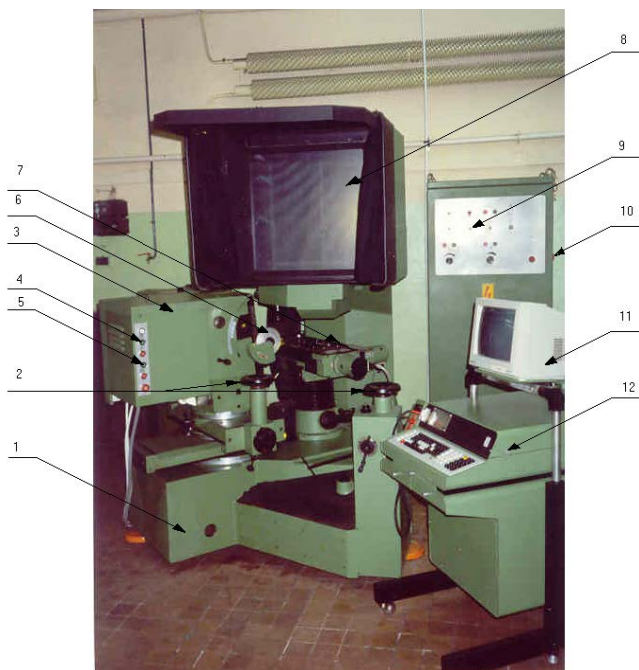
Celem artykułu jest prezentacja opracowanej technologii szlifowania miniaturowych części wykonanych z ceramiki alundowej i hartowanej stali szybko tnącej SW 18 oraz wyników dokładności kształtowo-wymiarowej i chropowatości powierzchni uzyskanych tą technologią. Szlifowania miniaturowych części realizowano ściernicami supertwardymi ze ścierniwem diamentowym i regularnego azotku boru spojonych spoiwem metalowym. Do szlifowania miniaturowych części adoptowano profilową szlifierkę optyczną typu KON-250-34 sterowaną numerycznie, węgierskiej firmy SZIMFÉK (Székesfehérvári Metál Fék-és Kőszőrűgépgyár Zrt.).

Technologiczne możliwości szlifierki KON-250-34

Szlifierka KON-250-34 jest przeznaczona do szlifowania profili kształtowych, powierzchni przyłożenia wieloprofilowych narzędzi skrawających, np. słupkowych noży kształtowych [4]. Budowę szlifierki oraz rozmieszczenie jej głównych zespołów przedstawiono na rysunku 1. Szlifowane przedmioty mocowane są w specjalnych uchwytach na stole szlifierki, który wykonuje ruchy robocze w płaskim układzie współrzędnych w osiach X i Y, według opracowanego programu sterującego. Zakres przesuwu stołu szlifierki wynosi odpowiednio: wzdłuż osi X 250 mm, wzdłuż osi Y 100 mm. Pionowe położenie stołu roboczego szlifierki jest regulowane w zakresie 200 mm. Położenie stołu jest ustawiane w procesie szlifowania tak, aby zarys szlifowanego przedmiotu znajdował się w płaszczyźnie ogniskowej układu mikroskopowego szlifierki. Wówczas możliwa jest obserwacja i kontrola szlifowanego zarysu na monitorze szlifierki - 8. Ściernica - 6 zamocowana jest na wrzecionie wrzeciennika -3, który wykonuje główny ruch obrotowy oraz pionowy ruch posuwisto-zwrotny w zakresie 100 mm. Wrzeciennik ściernic

* Prof. dr hab. inż. Andrzej Gołąbczak (andrzej.golabczak@p.lodz.pl),
 Dr inż. Józef Kaczmarek (jozef.kaczmarek@p.lodz.pl),
 Dr inż. Marcin Gołąbczak (marcin.golabczak@p.lodz.pl)

nicy - 3 posiada możliwość obrotu wokół dwóch osi pionowych i jednej poziomej. Regulacja obrotu wrzeciennika wokół osi pionowych umożliwia obróbkę przedmiotów o bardzo złożonych profilach, natomiast obrót wokół osi poziomej obróbkę powierzchni odchylonych od pionu o maksymalny kąt 10° . Integralną częścią składową maszyny jest jednostka sterująca (12), umożliwiającą programowanie szlifierki. System programowania szlifierki (funkcje i reguły zdań) odpowiada typowym systemom programowania obrabiarek CNC [4].



Rys. 1. Widok ogólny szlifierki typu KON 250-34: 1 - podstawa, 2 - pokręta ręcznego ustawiania stołu roboczego w kierunku osi X i Y, 3 - wrzeciono, 4 - przycisk włączenia ściernicy, 5 - przycisk włączenia ruchu wahadłowego ściernicy, 6 - ściernica, 7 - stół roboczy, 8 - jednostka optyczna, 9 - włącznik oświetlenia układu optycznego obrabiarki, 10 - włącznik główny, 11 - monitor, 12 - jednostka sterująca

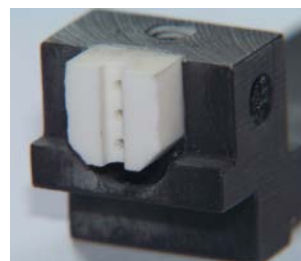
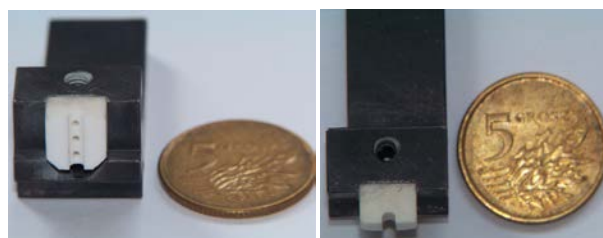
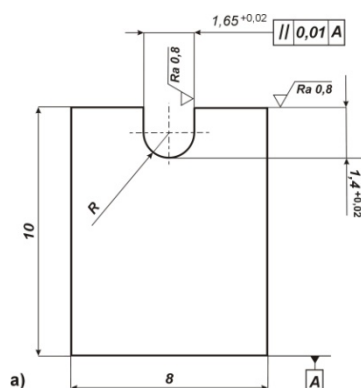
Realizacja procesów szlifowania poszczególnych miniatury części wymagała doposażenia szlifierki w specjalne oprzyrządowanie do ich ustalenia i mocowania na stole szlifierki, doboru ściernic ze ścierniw supertwardych i spoiw metalowych, ustalenia warunków szlifowania i obciążania oraz opracowania stosownych programów sterujących torem ruchu szlifowanych przedmiotów względem czynnej powierzchni ściernicy.

Technologia szlifowania miniatury części

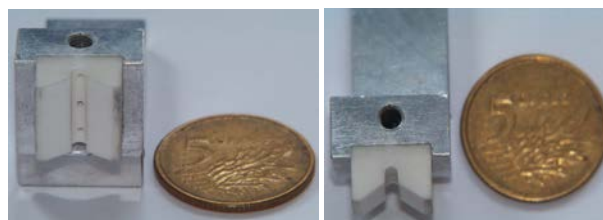
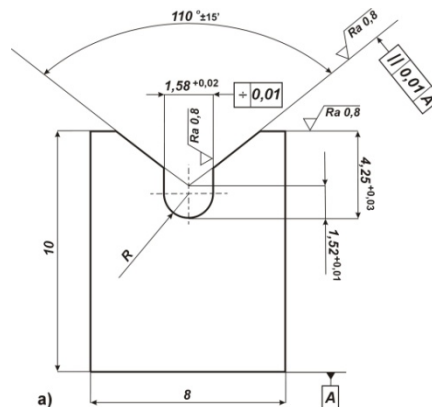
Opracowana technologia dotyczy precyzyjnego szlifowania dwóch pryzm z leukosafiru oraz tarczy uzębionej z hartowanej stali szybko tnącej SW 18 (64 HRC). Wymiary geometryczne szlifowanych miniatury części oraz wymagania w zakresie dokładności i chropowatości powierzchni dokładności przedstawiono na rysunkach 2-4.

■ Szlifowanie pryzmy promieniowej z leukosafiru

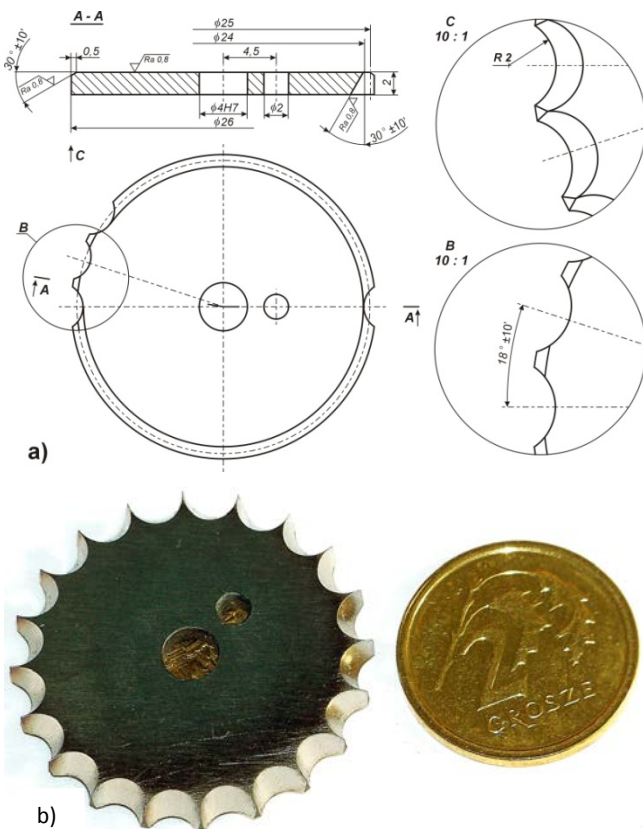
Do szlifowania pryzmy promieniowej (rys. 2) zastosowano tarczową ściernicę diamentową $\varnothing=150$ mm i grubości 1,5 mm o charakterystyce technicznej: D181 C125 M, której czynną powierzchnię obciążono elektroerozyjnie na promień $r = 0,75$ mm.



Rys. 2. Pryzma promieniowa z leukosafiru: a) wymiary w przekroju poprzecznym, b) widok ogólny



Rys. 3. Pryzma kątowa z leukosafiru: a) wymiary w przekroju poprzecznym, b) widok ogólny



Rys. 4. Tarcza użębiona ze stali szybkotnącej SW 18, a) wymiary geometryczne, b) widok ogólny

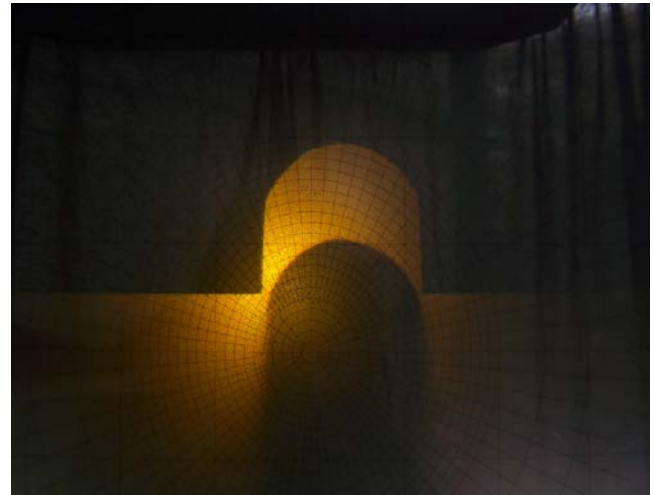
Operację szlifowania przeprowadzono w dwóch zabiegach, z których pierwszy zabieg dotyczył szlifowania powierzchni płaskiej na wymiar 10 mm, natomiast drugi zabieg szlifowania rowka pryzmy na głębokość $1,4^{±0,02}$ mm z zachowaniem warunków symetrii i równoległości do bazy „A”. Ustawienie szlifowanej pryzmy na stole szlifierki względem ściernicy w tej operacji szlifowania ilustruje rysunek 5. Dobrano technologiczne parametry szlifowania [4, 6]: prędkość ściernicy $v_s = 28$ m/s, dosuw ściernicy $a_e = 0,1$ mm, posuw wzdłużny ściernicy $v_f = 8$ m/min, posuw poprzeczny stołu $v_p = 0,05$ mm/skok. Opracowano następnie program sterujący torem ściernicy względem szlifowanej pryzmy, definiując współrzędne odcinków oraz łuku okręgu rowka pryzmy.



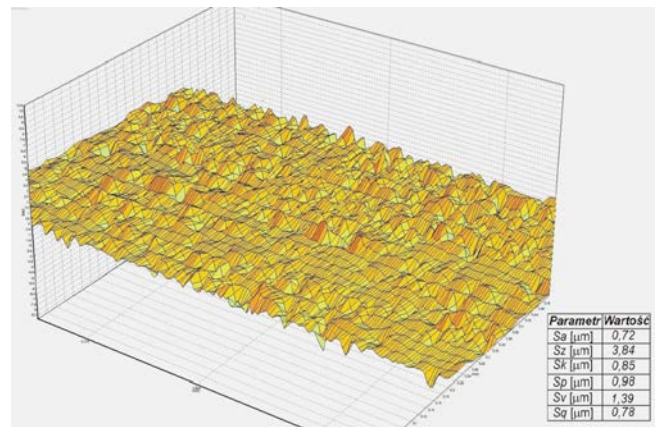
Rys. 5. Widok ustawienia pryzmy promieniowej na stole szlifierki względem ściernicy

Szlifowania realizowano bez udziału cieczy chłodzącej, a w końcowej fazie szlifowania stosowano przejścia wyiskrzające.

Po zakończeniu szlifowania przeprowadzono kontrolę dokładności kształtowo-wymiarowej pryzmy na monitorze szlifierki (rys. 6) i mikroskopie warsztatowym oraz pomiary chropowatości powierzchni na profilografie PGM IOS Topo 01P-Kraków. Przykładowe wyniki profilografowania powierzchni przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 6. Widok pryzmy promieniowej na monitorze szlifierki po zakończeniu procesu szlifowania



Rys. 7. Obraz i parametry chropowatości powierzchni pryzmy promieniowej

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów uzyskano następujące wyniki dokładności wymiarowo-kształtowej: głębokość rowka $1,65^{+0,012}$ mm, szerokość rowka $1,4^{+0,016}$ mm, odchyłkę symetrii rowka 0,01 mm, odchyłkę równoległości rowka do bazy „A” 0,01 mm oraz chropowatość powierzchni $S_a = 0,64 ± 0,72$ µm. Uzyskane wyniki pomiarów potwierdziły dobrą zgodność z wymaganiami konstrukcyjnymi.

■ Szlifowanie pryzmy kątovej z leukosafiru

Proces technologiczny szlifowania pryzmy kątovej (rys. 3) realizowano w dwóch etapach. Pierwszy etap szlifowania polegał na wykonaniu profilu kątovej ($110^{±15}$) diamentową ściernicą profilową o charakterystyce technicznej: 150x20 x32 x5 D54 50 M 110° (dla całej serii przedmiotów), natomiast drugi etap obejmował szlifowanie powierzchni czołowej pryzmy na żądany wymiar 10 mm i rowka promieniowego na głębokość $4,25^{+0,03}$ ściernicą tarczową zastosowaną wcześniej do szlifowania pryzmy

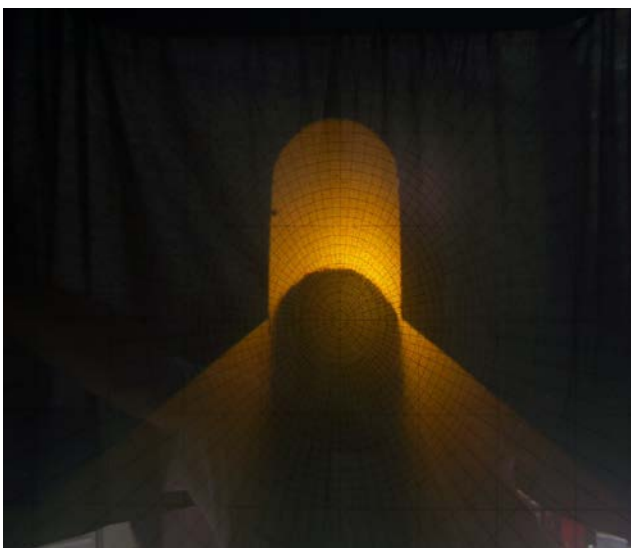
promieniowej. Widok ustawienia szlifowanej pryzmy kątowej na stole szlifierki względem ściernicy w tej operacji szlifowania przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Widok ustawienia pryzmy kątowej na stole szlifierki względem ściernicy

Dla obydwu szlifowania etapów dobrano parametry szlifowania [4, 6]: prędkość ściernicy $v_s = 28$ m/s, posuw wzdłużny ściernicy $v_f = 8$ m/min. Dla etapu pierwszego dobrano posuw wgłębny stołu $v_r = 0,05$ mm/skok, natomiast dla etapu drugiego dosuw ściernicy $a_e = 0,1$ mm, i posuw poprzeczny stołu $v_p = 0,05$ mm/skok. Opracowano następnie program sterujący torem ściernicy względem szlifowanej pryzmy, definiując współrzędne odcinków oraz łuku okręgu rowka pryzmy.

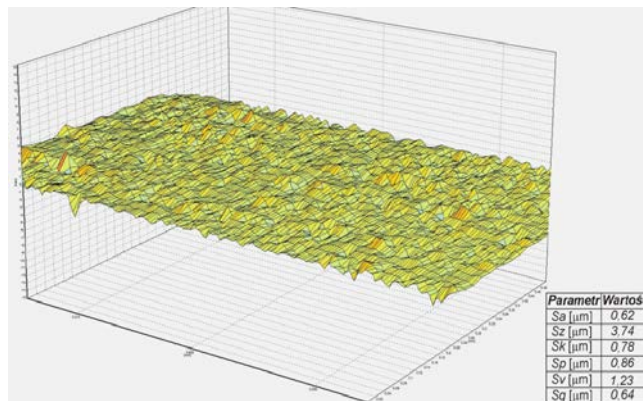
Przeprowadzono kontrolę uzyskanych dokładności kształtowo-wymiarowych pryzmy na monitorze szlifierki (rys. 9) i mikroskopie warsztatowym oraz pomiary chropowatości powierzchni na profilografie PGM IOS Topo 01P-Kraków. Przykładowe wyniki profilografowania powierzchni przedstawiono na rysunku 10.



Rys. 9. Widok pryzmy kątowej na monitorze szlifierki po zakończeniu procesu szlifowania

Uzyskano następujące wyniki dokładności wymiarowo-kształtowej: kąt pryzmy 110^{+10} , całkowita głębokość rowka głębokość rowka $4,25^{+0,010}$ mm, głębokość rowka promieniowego $1,52^{+0,008}$ mm, szerokość rowka $1,58^{+0,015}$ mm, odchyłkę symetrii rowka 0,01 mm, odchyłkę równoległości

rowka do bazy „A” 0,01 mm oraz chropowatość powierzchni $S_a = 0,52 \div 0,64$ μm . Uzyskane wyniki pomiarów potwierdziły dobrą zgodność z wymaganiami konstrukcyjnymi.



Rys. 10. Obraz i parametry chropowatości powierzchni pryzmy kątowej

■ Szlifowanie tarczy uzębionej ze stali szybkotnącej SW 18

Do szlifowania tarczy uzębionej (rys. 4) zastosowano ściernicę z regularnego azotku boru ze spoiwem metalowym $\varnothing=150$ mm i grubości 1,5 mm o charakterystyce technicznej: CBN 181 100 M, której czynną powierzchnię obciągnięto elektroerozyjnie na promień $r = 0,75$ mm. Dla uzyskania wymaganych kątów: (pochylenia zarysu 30° oraz podziałki zębów tarczy 18°) zastosowano specjalny przyrząd podziałowy. Widok ustawienia szlifowanej tarczy uzębionej zamocowanej w przyrządzie podziałowym na stole szlifierki względem ściernicy przedstawiono na rysunku 11.

Dobrano parametry szlifowania [4,6]: prędkość ściernicy $v_s = 28$ m/s, posuw wzdłużny ściernicy $v_f = 8$ m/min, posuw wzdłuż promieniowego zarysu stołu $v_p = 0,03$ mm/skok. Opracowano następnie program sterujący torem ściernicy względem szlifowanego zarysu zębów tarczy, definiując współrzędne łuku okręgu o promieniu $R=2$ mm.



Rys. 11. Widok ustawienia tarczy uzębionej na stole szlifierki względem ściernicy

Po zakończeniu operacji szlifowania tarczy przeprowadzono kontrolę uzyskanych dokładności kształtowo-wymiarowych tarczy na monitorze szlifierki i mikroskopie warsztatowym oraz pomiary chropowatości powierzchni na profilografie PGM IOS Kraków.

Uzyskane wyniki pomiarów potwierdziły dobrą zgodność z wymaganiami określonymi na rysunku konstrukcyjnym.

Podsumowanie

Opracowano procesy technologiczne szlifowania miniatury części na profilowej szlifierce optycznej sterowanej numerycznie oraz programy sterujące procesem obróbki i wymagane oprzyrządowanie technologiczne.

Sprawdzono przydatność opracowanej technologii do szlifowania serii miniatury części z leukosafiru i hartowanej stali szybko tnącej. Wyniki pomiarów dokładności wymiarowo-kształtowej i chropowatości powierzchni wykonanych miniatury części wykazały dobrą zgodność z wymaganiami określonymi w dokumentacji konstrukcyjnej.

Oceniono technologiczne możliwości profilowej szlifierki optycznej w zakresie kształtowania złożonych rysów miniatury części oraz uzyskiwanych klas dokładności wymiarowo-kształtowej i chropowatości powierzchni.

LITERATURA

1. Alting L., Kimura F., Hansen H.N., Biscaccho G.: Micro Engineering. Annals of the CIRP, 52(2003)2, 635-657.
2. Galen E.: Superabrasive grinding. Manufacturing Engineering, 126(2001)2, 80-87.
3. Gołąbczak A.: Selected problems of form dressing of grinding wheel. Advances in Manufacturing Science of Technology, 26(2002), 19-38.
4. Dokumentacja techniczna i programowanie szlifierki optycznej KON-250-34.
5. Jie Feng: Microgrinding of Ceramic Materials, Ph.D. thesis, University of Michigan, USA, 2010.
6. Marinescu I.D., Tonshoff H.K., Inasaki I.: Handbook of Ceramics Grinding and Polishing, William Andrew, 2000.
7. Lipiński D., Kacalak W.: Assessment of the Accuracy of the Process of Ceramics Grinding with the Use of Fuzzy Interference. Springer, Berlin 2007, pp. 596-603.