

	<b>Organizatorzy:</b>  Politechnika Łódzka  Wydział Mechaniczny	<b>XXXVIII NAUKOWA SZKOŁA OBRÓBKİ ŚCIERNEJ</b> <b>Łódź - Uniejów</b> 09-11.09.2015	
	• Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn • Katedra Technologii Maszyn		

## Wpływ parametrów obciążania rolką formującą na chropowatość powierzchni obrotowych

**Influence of parameters of grinding wheel dressing with the aid of the diamond form disc on the roughness of the ground cylindrical surfaces**

**MAŁGORZATA SIKORA  
DARIUSZ OSTROWSKI \***

DOI: 10.17814/mechanik.2015.8-9.388

W artykule przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych wpływu procesu kondycjonowania ściernicy ceramicznej diamentową rolką formującą na wybrane parametry powierzchni szlifowanej. Przeprowadzono próby wgłębnego szlifowania materiału 41Cr4. Wyznaczono wpływ posuwu obciążania i stosunku prędkości obwodowej ściernicy do prędkości obwodowej rolki obciążacza na stan powierzchni detalu.

**SŁOWA KLUCZOWE:** kondycjonowanie ściernic, obciążanie, szlifowanie

*The paper presents results of experimental investigations on influence of parameters of the ceramic grinding wheel conditioning process with the aid of the diamond form disc on selected parameters of the ground cylindrical surfaces. Experimental tests have been done using workpieces made of the 41Cr4 steel. Influence of the dressing feed and the ratio of the grinding wheel peripheral speed to the dressing disc peripheral speed on the ground surface parameters has been found.*

**KEYWORDS:** conditioning, grinding wheel dressing, grinding

### Wstęp

Warunkiem prawidłowego przebiegu procesu szlifowania jest nadanie czynnej powierzchni ściernicy (CPS) właściwości skrawnych oraz wymaganego kształtu. Proces ten nazywany jest kondycjonowaniem. Niewłaściwie dobrane parametry kondycjonowania ściernicy mogą prowadzić do pogorszenia chropowatości szlifowanej powierzchni, powstania nadmiernych drgań, wzrostu wartości składowych sił szlifowania a w efekcie końcowym również do skrócenia

okresu trwałości ściernicy [4, 5].

Proces kondycjonowania może być realizowany przy wykorzystaniu obciążaczy stacjonarnych lub obrotowych. W przypadku kondycjonowania obciążaczami wirującymi można wyróżnić dwie odmiany obciążaczy: rolki kształtowe oraz rolki formujące.

Rolki kształtowe stosowane są najczęściej w produkcji wielkoseryjnej oraz w przypadkach gdy wymagany jest złożony zarys ściernicy. Krótki czas obciążania połączony z długą żywotnością narzędzia pozwala na wydajny i powtarzalny przebieg procesu przygotowania CPS [2, 3].

Rolki formujące znajdują natomiast zastosowanie w każdym obszarze techniki szlifowania, zwłaszcza w produkcji nisko i średnioseryjnej, oraz prototypowej. Wszelkie zmiany kształtu ściernicy są stosunkowo łatwo realizowane w przypadku procesu prowadzonego na obrabiarce z numerycznym układem sterowania [2].

W ramach niniejszego artykułu ze względu na większą uniwersalność analizie poddany zostanie wpływ procesu kondycjonowania rolką formującą na stan powierzchni elementów obrotowych.

### Charakterystyka kondycjonowania rolką formującą

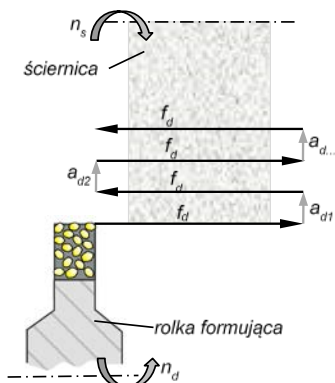
Proces kondycjonowania rolką formującą polega na dosuwaniu ściernicy o parametr  $a_d$  a następnie przemieszczaniu obciążacza wzdłuż tworzącej z prędkością posuwu  $f_d$ . Posuw  $f_d$  realizowany jest najczęściej na przemian w obu zwrotach po każdorazowym dosuwie o  $a_d$ . Na rysunku 1 przedstawiono kinematykę procesu kondycjonowania rolką formującą.

Proces kondycjonowania rolką formującą charakteryzowany jest następującymi parametrami:

- prędkość obwodowa ściernicy:  $v_s$ ,
- prędkość obwodowa rolki:  $v_d$ ,
- głębokość kondycjonowania  $a_d$ ,

\* dr inż. Małgorzata Sikora (malgorzata.sikora@p.lodz.pl),  
dr inż. Dariusz Ostrowski (dariusz.ostrowski@p.lodz.pl)

- posuw obciążacza:  $f_d$ ,
- kierunek obrotów rolki (współbieżny, przeciwbieżny).



Rys. 1. Kinematyka procesu obciążania rolką formującą

Dodatkowym parametrem opisującym proces kondycjonowania przy użyciu obciążacza rolkowego jest parametr  $q_d$  będący stosunkiem prędkości obwodowej ściernicy i rolki obciążacza [3]:

$$q_d = \frac{v_s}{v_d} \quad (1)$$

gdzie:  $v_s$  – prędkość obwodowa ściernicy,  
 $v_d$  – prędkość obwodowa obciążacza rolkowego.

Proces obciążania może być realizowany na dwa sposoby: współbieżnie bądź przeciwbieżnie. W przypadku metody współbieżnej krawędzie skrawające obciążacza przebywają drogę po epicykloidzie, natomiast w przypadku obciążania przeciwbieżnego po hipocykloidzie [6]. Według danych producentów ściernic rodzaj metody ma wpływ na:

- topografię ściernicy,
- siły powstające w trakcie procesu kondycjonowania,
- naprężenia powstające w ściernicy,
- chropowatość powierzchni obrabianej [6].

Parametry charakteryzujące proces kondycjonowania rolką formującą mają znaczący wpływ na stan czynnej powierzchni ściernicy, co przekłada się na jakość szlifowanej powierzchni [1]. Stąd też, niezmiernie istotnym jest prawidłowy dobór warunków obciążania celem uzyskania wymaganych parametrów detalu opisujących stan jego powierzchni.

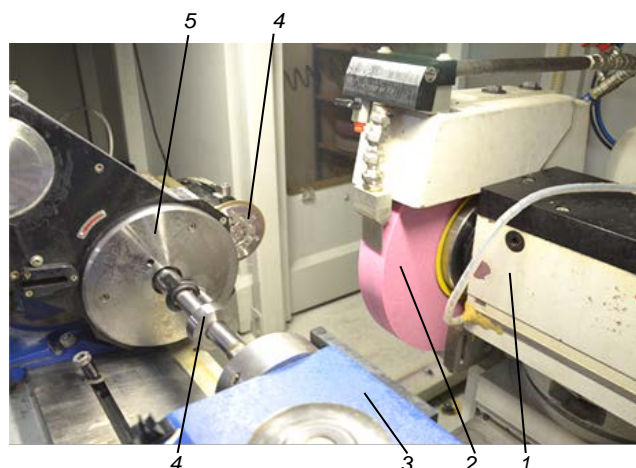
W niniejszym artykule analizie poddano wpływ takich parametrów jak: metoda obciążania (współbieżna, przeciwbieżna), stosunek prędkości  $q_d$  oraz posuw obciążacza  $f_d$  na jakość powierzchni elementów obrotowych, do obróbki których wykorzystano ściernicę ceramiczną z elektrokorundu szlachetnego o barwie różowej.

## Badania doświadczalne

Prace badawcze przeprowadzono na szlifierce sterowanej numerycznie TOS-BUA 25. Na rysunku 2 przedstawiono widok strefy obróbki.

### Warunki badań

Badania przeprowadzono na materiale 41Cr4 w stanie ulepszonym cieplnie do 53 HRC ściernicą ceramiczną 98A46J9VC40 firmy Tyrolit.



Rys. 2. Widok strefy obróbki: 1 – wrzeciennik narzędzia, 2 – ściernica, 3 – konik, 4 – przedmiot obrabiany, 5 – wrzeciennik przedmiotu, 6 – zespół obciążacza krążkowego

W przeprowadzonych próbach szlifowano wglębnie próbki w postaci pierścieni o średnicy  $\phi 70$  mm i szerokości 15 mm osadzone na trzpieniu lekkozbieżnym.

Procesy kondycjonowania ściernic realizowano przy wykorzystaniu obciążacza krążkowego typu spiekane RI29 firmy DR. KAISER (wielkość ziarna: D426 zgodnie z FEPA, koncentracja ziarna: 150 (6,6 krt/cm<sup>3</sup>) [2], z parametrami:

- pięć przejść, każde po  $a_d$  [ $\mu\text{m}$ ]: 10,
- posuw  $f_d$  [mm/min]: 50; 100; 150; 200; 250,
- prędkość obrotowa obciążacza  $n_d$  [obr/min]: 1 433; 2 866; 4 515; 5 732 (5 732 - tylko dla obciążania przeciwbieżnego).

Przyjęte do badań wartości prędkości obwodowej ściernicy  $v_s$  oraz obciążacza rolkowego pozwoliły uzyskać wartości parametru  $q_d$  równe 0,3; 0,5; 0,8 i 1,0 (1,0 – tylko dla obciążania przeciwbieżnego).

Badania realizowano dla prędkości skrawania  $v_s = 33$  m/s oraz wydajności objętościowej szlifowania  $Q'_w = 1$  mm<sup>3</sup>/(mm·s).

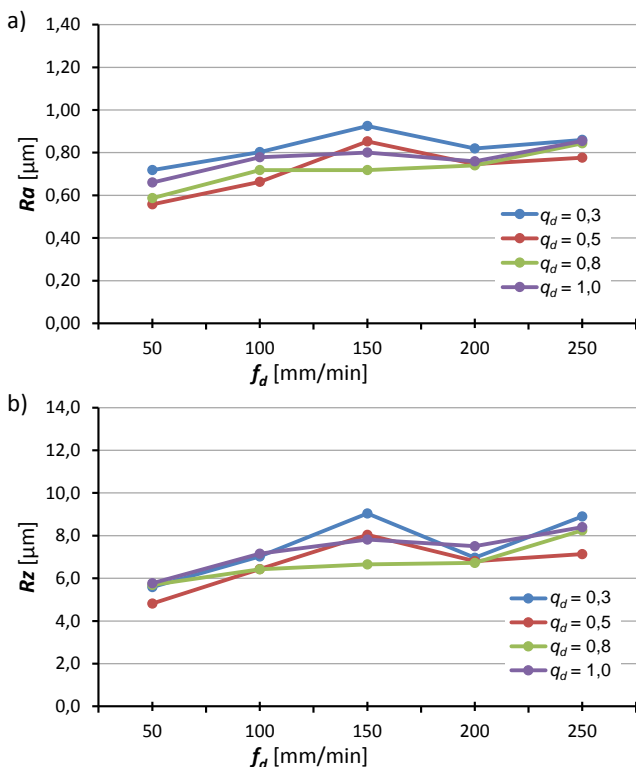
Proces szlifowania realizowano w cyklu składającym się z dosuwu roboczego bez wyiskrzania oraz szybkiego odskoku z prędkością 200  $\mu\text{m/s}$ , każdorazowo zbierając nadatek o wielkości 30  $\mu\text{m}$ . Jako chłodziwo zastosowano 3% wodny roztwór emulsji syntetycznej Mobilcut 321. Wszystkie próby powtarzano trzykrotnie. Pomiar parametrów chropowatości dokonano przyrządem do pomiaru chropowatości SurfTest SJ-200 firmy Mitutoyo.

### Wyniki badań

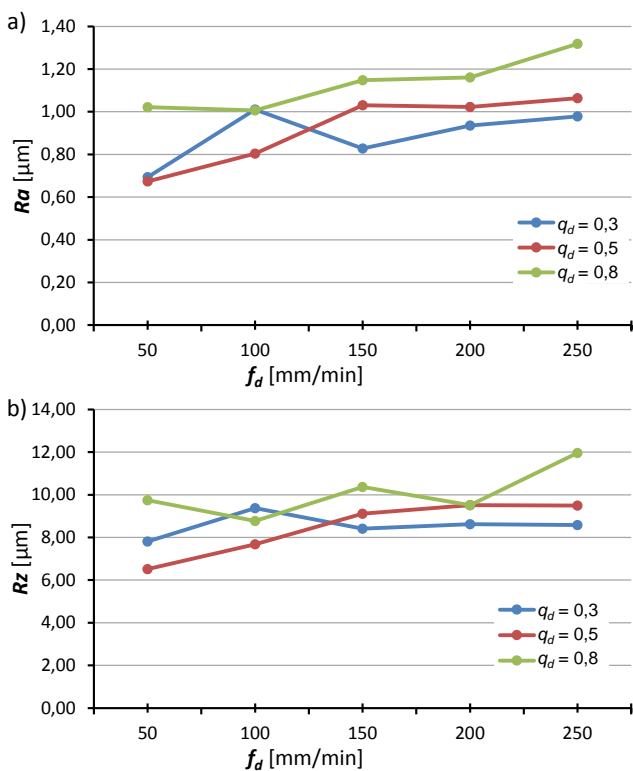
Na rysunkach 3 i 4, przedstawiono zmiany parametrów chropowatości  $R_a$  i  $R_z$  powierzchni w funkcji posuwu przy kondycjonowaniu przeciwbieżnym i współbieżnym. Z rysunku 3 wynika, że najniższą chropowatość opisaną parametrami  $R_a$  i  $R_z$  uzyskano dla posuwu 50 mm/min oraz  $q_d = 0,5$ . Zmiana posuwu w zakresie 100 ÷ 150 mm/min powoduje znaczny wzrost chropowatości dla  $q_d = 0,5$  i  $q_d = 0,3$ , natomiast dla  $q_d = 0,8$  i  $q_d = 1$  chropowatość detalu praktycznie pozostaje na stałym poziomie.

Podczas współbieżnego kondycjonowania ściernicy (rys. 4) chropowatość powierzchni pogarsza się wraz ze wzrostem posuwu. Jedynie dla  $q_d = 0,3$  zaobserwowano

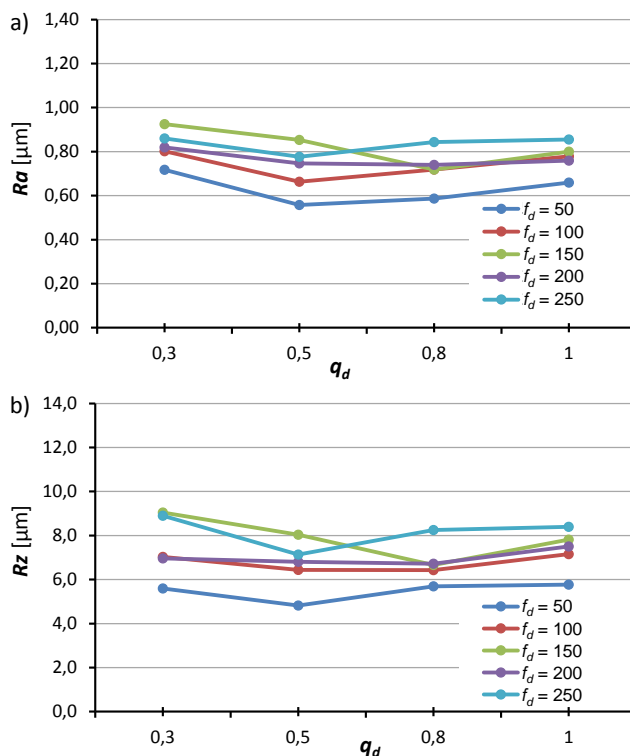
spadek wartości parametru Ra i Rz dla  $f_d$  równego 150 mm/min.



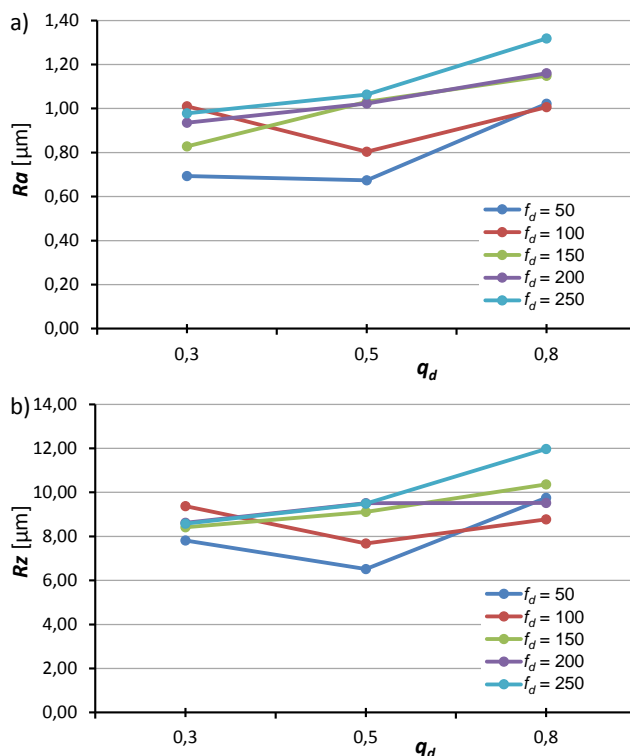
Rys. 3. Zależność chropowości Ra i Rz szlifowanej powierzchni od posuwu obciążacza  $f_d$  dla obciążania przeciwbieznego i różnych wartości współczynników  $q_d$



Rys. 4. Zależność chropowości Ra i Rz szlifowanej powierzchni od posuwu obciążacza  $f_d$  dla obciążania współbieżnego i różnych wartości współczynników  $q_d$



Rys. 5. Zależność chropowości Ra i Rz szlifowanej powierzchni od wartości współczynnika  $q_d$  dla obciążania przeciwbieznego i różnych wartości posuwów  $f_d$

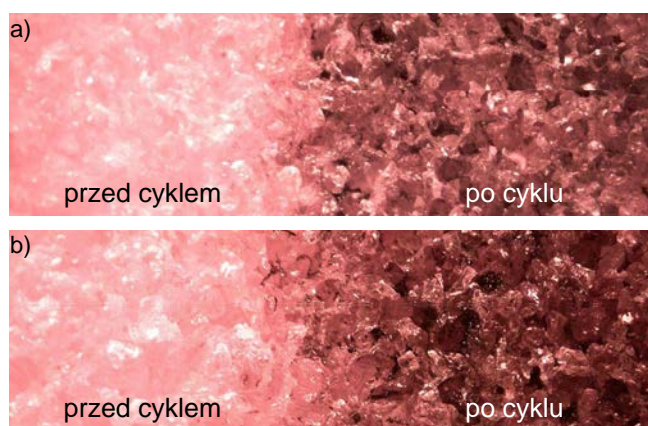


Rys. 6. Zależność chropowości Ra i Rz szlifowanej powierzchni od wartości współczynnika  $q_d$  dla obciążania współbieżnego i różnych wartości posuwów  $f_d$

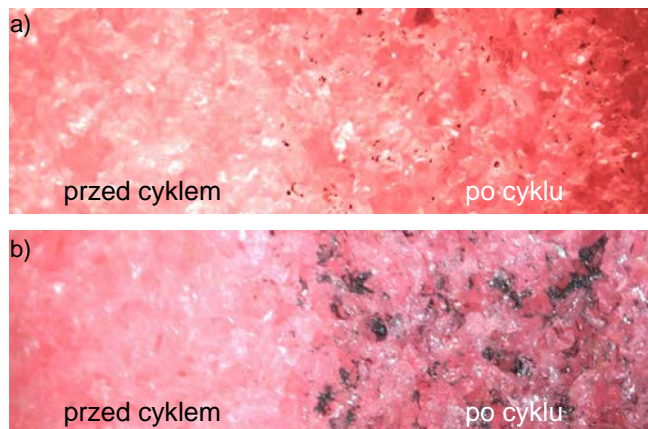
Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono zmiany parametrów chropowości Ra i Rz szlifowanej powierzchni w funkcji współczynnika  $q_d$ . Najniższą chropowość uzyskano podczas kondycjonowania przeciwbieznego ściernicy (rys. 5.) dla współczynnika  $q_d = 0,5$  przy posuwie 50 mm/min. Zwiększenie wartości współczynnika  $q_d$  z 0,3 do 0,5 powoduje zmniejszenie chropowości szlifowanej powierzchni dla

wszystkich prędkości posuwowych rolki. Dla współczynnika  $q_d$  z zakresu  $0,5 \div 0,8$  chropowatość powierzchni zmniejsza się przy posuwie  $f_d = 150$  mm/min, dla pozostałych posuwów nieznacznie się zwiększa lub pozostaje na stałym poziomie. Podczas kondycjonowania współbieżnego (rys. 6) chropowatość powierzchni dla posuwów 50 i 100 mm/min zmniejsza się wraz ze wzrostem współczynnika  $q_d$ , zaś po przekroczeniu  $q_d = 0,5$  stan powierzchni obrobionej pogarsza się.

Uzyskane wartości chropowatości znajdują odzwierciedlenie w stanie CPS bezpośrednio po procesie szlifowania. Na rysunkach 7 i 8 przedstawiono zdjęcia obrazujące stan czynnej powierzchni ściernicy dla przykładowego zestawu parametrów:  $f_d = 50$  i 150 mm/min oraz  $q_d = 0,8$  w zależności od sposobu kondycjonowania: współbieżne i przeciwbieżne.



Rys. 7. Widok CPS bezpośrednio po próbie szlifowania dla obciążania współbieżnego, współczynnika  $q_d = 0,8$  oraz posuwu  $f_d$ : a)  $f_d = 50$  mm/min; b)  $f_d = 150$  mm/min



Rys. 8. Widok CPS bezpośrednio po próbie szlifowania dla obciążania przeciwbieżnego, współczynnika  $q_d = 0,8$  oraz posuwu  $f_d$ : a)  $f_d = 50$  mm/min; b)  $f_d = 150$  mm/min

Pokazane na rysunku 7 oraz 8 zdjęcia CPS przedstawiają ściernicę bezpośrednio po procesie kondycjonowania (lewa część) oraz po wykonaniu cyklu obróbkowego (prawa część). Zaobserwować można znaczące zabrudzenie (rys. 7) jak i punktowe ślady zalepienia ściernicy (rys. 7 b i 8b).

Przedstawione obrazy potwierdzają znacząco lepszy stan CPS dla wariantu obciążania przeciwbieżnego (rys. 8) aniżeli w przodku współbieżnego (rys. 7), co skutkowało uzyskaniem niższych wartości współczynników chropowatości Ra i Rz.

Wzrost prędkości posuwowej  $f_d$  powoduje jednak zwiększenie stanu zalepienia ściernicy w obu sposobach kondycjonowania.

### Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych w zakresie wpływu parametrów kondycjonowania ściernic ceramicznych obciążaczem krążkowym oraz parametrów szlifowania można stwierdzić że:

1. Istnieje wyraźny wpływ prędkości posuwowej procesu obciążania na chropowatość powierzchni detalu obrabianego, wraz ze wzrostem posuwu obciążacza  $f_d$  chropowatość powierzchni rośnie.
2. Sposób kondycjonowania ściernicy wykazuje wyraźny wpływ na chropowatość, podczas profilowania przeciwbieżnego uzyskano niższe wartości chropowatości.
3. Podczas kondycjonowania przeciwbieżnego uzyskano najmniejszą chropowatość dla  $Q_d = 0,5$  mm<sup>3</sup>/(mm·s), a w przypadku współbieżnego dla  $Q_d = 0,3$  mm<sup>3</sup>/(mm·s).
4. Zmiana współczynnika  $Q_d$  wpływa nieznacznie na chropowatość opisaną parametrem Ra i Rz w przypadku kondycjonowania przeciwbieżnego i znacznie w przypadku kondycjonowania współbieżnego.
5. Zwiększenie wartości posuwu przy niektórych parametrach  $q_d$  nie powoduje znaczącej zmiany chropowatości, a znacznie skraca czas kondycjonowania.
6. Sposób kondycjonowania ma bezpośredni wpływ na skrawalność CPS.

Przeprowadzone badania potwierdziły znaczną złożoność procesu szlifowania wałków jak i samego wpływu przygotowania narzędzia ściernego do pracy na chropowatość powierzchni obrabianej.

### LITERATURA

1. Baseria H., Rezaeib S. M., Rahimib A., Saadatec M.: Analysis of the disc dressing effects on grinding performance—part 2: effects of the wheel topographical parameters on the specific energy and workpiece surface roughness. *Machining Science and Technology*, Vol. 12, No. 2, 2008.
2. Dr Kaiser: Kondycjonowanie ściernic; Lie-08-2013 © DR. KAISER Diamantwerkzeuge
3. Rowe B.W.: Principles of Modern Grinding Technology. 2014 ISBN: 978-0-323-24271-4
4. SAAD A., BAUER R., WARKENTIN A., Investigation of single-point dressing overlap ratio and diamond-roll dressing interference angle on surface roughness in grinding. *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, Vol. 34, No. 2, 2010.
5. Żyłka Ł., Babiarz R., Ostrowski R.: Wpływ parametrów obciążania rolką kształtową na chropowatość szlifowanej powierzchni zamka łopatkii silnika lotniczego. *Mechanik 8-9/2013*.
6. WINTER Diamond tools for dressing grinding wheels 2014/2015. #2722.