

Możliwości kondycjonowania oraz kształtowania ceramicznych narzędzi ściernych

The capabilities of conditioning and forming of ceramic grinding tools

MAŁGORZATA SIKORA
BOGDAN KRUSZYŃSKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2015.12.600

W artykule przedstawiono rozważania na temat metod przywracania właściwości skrawnych czynnej powierzchni ściernic ceramicznych jak i nadawania im wymaganego zarysu. W końcowej części pracy przedstawiono specjalny autorski przyrząd umożliwiający wykonanie wstępnego kształtowego profilu ceramicznego narzędzia ściernego na dowolnej szlifierce. **SŁOWA KLUCZOWE:** obciążanie ściernic, kondycjonowanie profilowe ściernicy

*The paper considers methods for reconditioning cutting ability of the ceramic grinding wheels as well as giving them the required profile. In the final part of the study a special original device enabling pre-shaping of a ceramic grinding tool on any grinding machine. **KEYWORDS:** dressing of grinding wheels, profile conditioning grinding wheels*

Wstęp

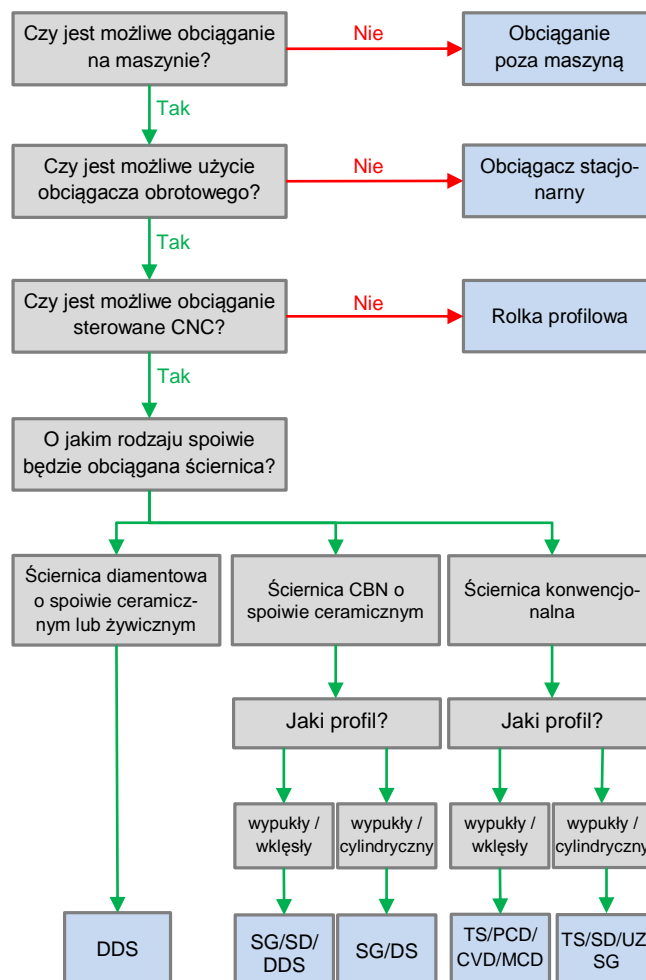
Warunkiem prawidłowego przebiegu procesu szlifowania jest nadanie czynnej powierzchni ściernicy (CPS) właściwości skrawnych. Proces ten nazywany jest kondycjonowaniem. Niewłaściwie dobrane parametry kondycjonowania ściernicy mogą prowadzić do pogorszenia chropowatości szlifowanej powierzchni, powstania nadmiernych drgań, wzrostu wartości składowych sił szlifowania a w efekcie końcowym również do skrócenia okresu trwałości ściernicy [7,11].

Drugim celem prowadzenie procesu kondycjonowania jest nadanie wymaganego kształtu czoła ściernicy.

Proces kondycjonowania może być realizowany przy wykorzystaniu obciążaczy stacjonarnych lub obrotowych. Przykładowy diagram procesu wyboru rodzaju obciążacza proponowany przez firmę Winter przedstawiono na rysunku 1. W procesie wyboru obciążacza uwzględniono możliwości techniczne obrabiarki, rodzaj narzędzia ściernego jak i kształt profilu do uzyskania.

Obciążacze stacjonarne

Obciążacze stacjonarne stosowane są na maszynach nie posiadających rotacyjnego systemu obciążania i są alternatywą w aspekcie ekonomicznym dla systemów rotacyjnych. Możliwości funkcjonalne obciążaczy stacjonarnych uzależnione są w pełni od układu sterowania maszyny. W przypadku obrabiarek ze sterowaniem manualnym jedynym profilem jaki jest się w stanie uzyskać jest zarys walcowy, natomiast w przypadku szlifierek ze sterowaniem numerycznym za pomocą tego prostego narzędzia mogą być również nadawane skomplikowane profile ściernic.



Rys. 1. Diagram procesu wyboru obciążacza proponowany przez firmę WINTER (oznaczenia proponowanych rozwiązań obciążaczy wg firmy Winter) [10]

W ofercie handlowej producentów obciążaczy można znaleźć szeroką gamę obciążaczy stacjonarnych, które w zależności od zastosowanego rodzaju diamentu dzieli się na następujące grupy:

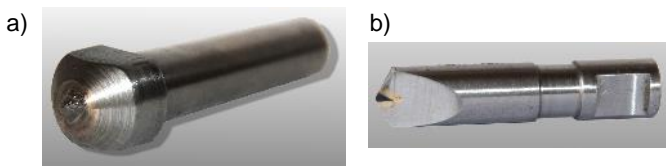
- jednoziarniste,
- wieloziarniste,
- impregnowane wieloziarniste.

Jednoziarniste diamentowe narzędzia do obciążania zawierają kryształ diamentu o rozmiarze 1 ct lub większym. Wykorzystywane są do bardzo wymagającego obciążania zarówno powierzchni płaskich jak i kształtowych i są oferowane w jednej z dwóch form jako:

- obciążacz nieszlifowany z orientacją części diamentowej – do obciążania powierzchni płaskich,
- obciążacz zeszlifowany w stożek lub trapez – do obciążania powierzchni kształtowych.

* dr inż. Małgorzata Sikora (malgorzata.sikora@p.lodz.pl),
prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński (bogdan.kruszynski@p.lodz.pl)
– Politechnika Łódzka

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy obciążacz nieszlifowany oraz zeszlifowany w stożek.



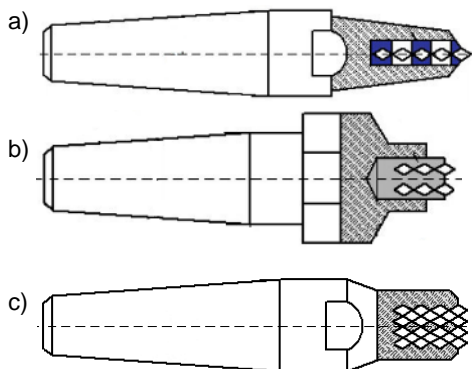
Rys. 2. Przykładowe obciążacze stacjonarne jednoziarniste: a) nieszlifowany z chwytem stożkowym; b) szlifowany z chwytem walcowym [2]

Ważnym zagadnieniem w przypadku obciążaczy jednoziarnistych jest konieczność zapewnienia prawidłowego ustawienia obciążacza względem ściernicy. Obciążacz zgodnie z zaleceniami powinien być ustawiony pod kątem $5\div 15^\circ$ względem powierzchni ściernicy w jej osi. Dodatkowym zagadnieniem, na które należy zwracać uwagę podczas eksploatacji obciążaczy jednoziarnistych jest dbałość o równomierne zużywanie się diamentu, tzn. w przypadku gdy w wyniku zużycia na końcówce diamentu powstaje niesymetryczne zużycie należy obrócić diament w celu zachowania jego stożkowego kształtu. Należy również zadbać aby w wyniku zużycia diamentu nie dochodziło do styku ściernicy z stalowym trzonkiem obciążacza, gdyż może doprowadzić to w wyniku znaczącego wydzielania się ciepła do oddzielenia diamentu od trzonka.

W przypadku obciążaczy zeszlifowanych (rys. 2b) możliwości formowania powierzchni kształtowych oraz precyzja, wzrastają wraz z zmniejszaniem kąta końcówki diamentowej. Jednak wraz z zmniejszaniem się kąta zarysu obciążacza należy szczególnie unikać niestabilnych warunków pracy (wstrząsów i drgań).

Dobór rozmiaru ziarna diamentu obciążacza dokonywany jest w korelacji z średnicą ściernicy.

Drugą grupą obciążaczy stacjonarnych są wieloziarniste obciążacze diamentowe, które zawierają materiał diamentowy o rozmiarze $425/355 \mu\text{m}$ lub większy [9]. Stosowane są do obciążania powierzchni płaskich ściernic o większych średnicach. W przypadku tego typu obciążaczy należy zapewnić aby środek obciążacza znajdował się w osi ściernicy natomiast jego czoło było ustawione prostopadle do tworzącej ściernicy. Wśród obciążaczy wieloziarnistych można wyróżnić obciążacze: szeregowy (rys. 3a), warstwowy wielorzędowy (rys. 3b) oraz agregatowy (rys. 3c).



Rys. 3. Budowa obciążaczy wieloziarnistych: a) szeregowy; b) warstwowy wielorzędowy; c) agregatowy [2]

Dodatkowo wśród obciążaczy wieloziarnistych wyróżnia się obciążacze słupkowe przeznaczone do prostego kondycjonowania ściernic. Na rysunku 4 przedstawiono widok przykładowych obciążaczy słupkowych.

Ilość słupków diamentowych dobierana jest w funkcji ilości średnicy i grubości ściernicy [3], natomiast rozmiar słupków w zależności od wielkości ziarna ściernicy.



Rys. 5. Przykładowe obciążacze słupkowe o konstrukcji płytkowej [3]

Obciążacze płytkowe słupkowe charakteryzują się stałym przekrojem poprzecznym co gwarantuje jednakowe warunki obciążania przez cały okres jego użytkowania. Dodatkowo w przypadku tego typu obciążaczy nie ma konieczności ich „obracania”.

Trzecią grupą wieloziarnistych narzędzi do przywracania właściwości skrawnych ściernic są obciążacze impregnowane wieloziarniste bazujące na diamentowym pyłe o rozmiarze dochodzącym do $315/250 \mu\text{m}$ na części roboczej zamocowanej w stalowej oprawce. Znajdują one zastosowanie do o obciążania ściernic o powierzchni walcowej charakteryzujących się mniejszym rozmiarem ziaren oraz ściernic o mniejszych średnicach [9].

W wyborze odpowiedniego rodzaju obciążacza stacjonarnego mogą pomóc informacje udostępniane w katalogach ich producentów. Przykład takiego zestawienia zamieszczonego w katalogu firmy NORTON przedstawiono w tablicy 1.

TABLICA I. Kryteria wyboru wariantu obciążacza stacjonarnego [5]

Jak stosować ○ Zalecane ● Wysoko zalecane	OGÓLNY WYBÓR					
	Proste ściernice bez profilu	Ściernice profilowane	Granulacja	Automatyczny proces obciążania	Obciążanie ekonomiczne	Bardzo szybkie obciążanie
OBCIĄGACZ						
Jednoziarnisty	○		Wszystkie			
Wieloziarnisty	●		36-180		●	●
Płytkowy	●	○	36-180	●	●	○
Profilowy		●	36-180			

Niezmiernie istotnym zagadnieniem w procesie kondycjonowania ściernic jest zapewnienie prawidłowego chłodzenia części roboczej obciążacza podczas procesu kształtowania ściernicy. Podawanie chłodziwa należy rozpocząć przed wystąpieniem kontaktu diament-ściernica. W przypadku gdy z różnych przyczyn podawanie chłodziwa jest niemożliwe należy wykonywać przerwy pomiędzy kolejnymi przejściami ($3\div 5 \text{ s}$) w celu umożliwienia wystygnięcia diamentu. Ciekawym rozwiązaniem oferowanym przez firmę Dr KAISER jest stacjonarny obciążacz wieloziarnisty słupkowy z możliwością chłodzenia od wewnątrz. Taka forma chłodzenia może szczególnie się sprawdzić w przypadkach gdy dotarcie do strefy styku diament-ściernica w tradycyjny sposób jest utrudnione lub gdy ilości ciepła wydzielane podczas procesu kondycjonowania są nad wyraz znaczące. Na rysunku 5 przedstawiono widok obciążacza z króćcem przyłączeniowym do doprowadzenia chłodziwa.

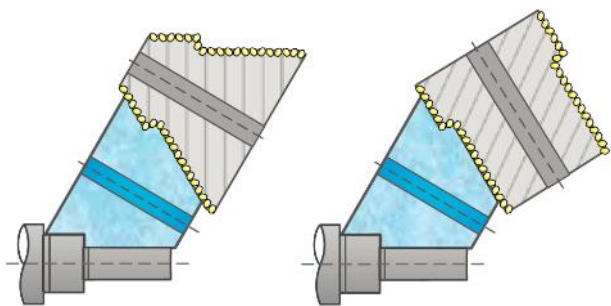


Rys. 5. Widok obciążacza płytkowego słupkowego z możliwością chłodzenia od wewnątrz firmy Dr KAISER [3]

Obciążacze obrotowe

W przypadku kondycjonowania obciążaczami wirującymi można wyróżnić dwie odmiany obciążaczy: rolki kształtowe oraz rolki formujące. Kształtowanie zarysu CPS obciążaczami wirującymi odbywa się poprzez odwzorowanie profilu obciążacza na ściernicy (rolka kształtowa) lub poprzez nadanie kształtu za pomocą dostępnej kinematyki maszyny ze sterowaniem CNC (rolka formująca).

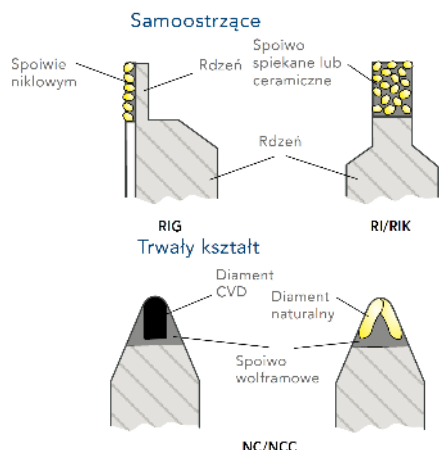
Rolki kształtowe stosowane są najczęściej w produkcji wielkoseryjnej, masowej oraz w przypadkach gdy wymagany jest złożony zarys ściernicy. Krótki czas obciążania połączony z długą żywotnością narzędzia pozwala na wydajny i powtarzalny przebieg procesu przygotowania czynnej powierzchni ściernicy [3,6]. Skuteczność procesu obciążania i wyniki szlifowania zależą od wzajemnego usytuowania osi wirującego obciążacza, ściernicy i szlifowanego przedmiotu [4]. Stosowane są trzy typowe usytuowania: równoległe oraz dwa rozwiązania z ustawieniem skośnym. Na rysunku 6 zobrazowano układy geometryczne o ustawieniu skośnym. Wady i zalety poszczególnych usytuowań przedstawiono w pracy [4].



Rys. 6. Przykłady możliwości wzajemnego usytuowania obciążacza-ściernicy-przedmiotu obrabianego [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 [1,3,8].

Wśród rolek formujących wyróżnia się: rolki samoostrzące oraz o trwałym kształcie. Rolki samoostrzące stosowane są głównie do prostych profili. Dzięki zjawisku samoostrzenia mamy do dyspozycji wciąż nowe wierzchołki skrawne na obciążaczu, które sprawiają, iż proces jest efektywny i wydajny. Natomiast w przypadku bardzo wysokich wymagań dokładnościowych w stosunku do uzyskiwanego profilu, stosowane są narzędzia o stabilnej formie. Na rysunku 7 przedstawiono przykładowe rolki w wydaniu samoostrzącym i o trwałym kształcie [3].



Rys. 7. Przekładowe rozwiązania rolek formujących samoostrzących i o trwałym kształcie [3]

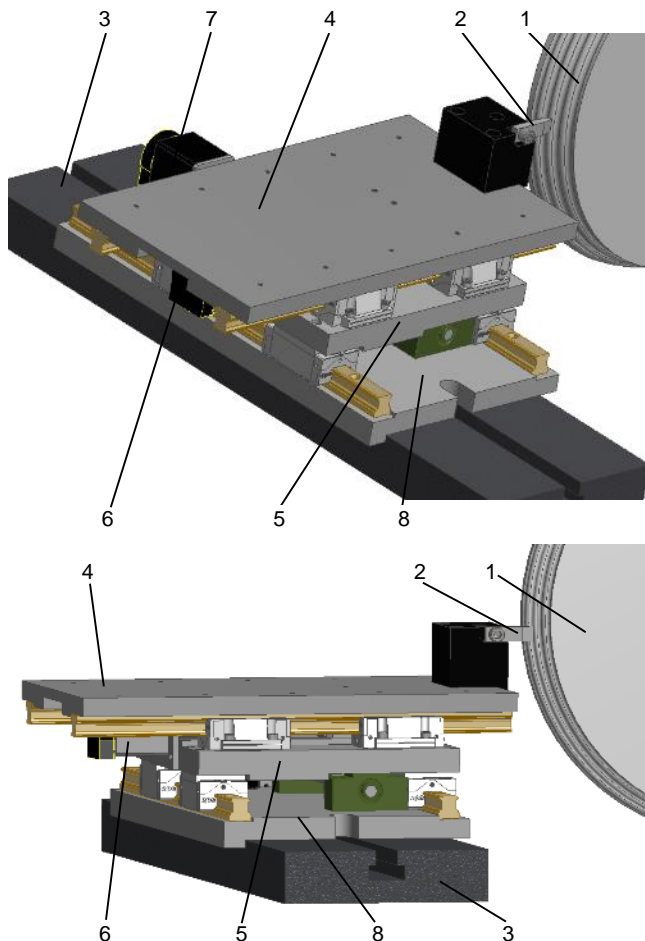
Wstępne formowanie CPS

Handlowe ściernice są najczęściej dostępne w postaci walcowej. W przypadku konieczności uzyskania innego wymaganego zarysu, co ma miejsce np. przy szlifowaniu zamków łopatek, koniecznym jest usunięcie znaczącej objętości materiału ściernego celem otrzymania wymaganego zarysu CPS.

Dotychczas profilowe kondycjonowanie CPS wykonywane jest przy wykorzystaniu specjalnych rolek profilowych o złożonym kształcie bezpośrednio na stanowisku produkcyjnym. Wymaga to wykorzystywania skomplikowanego oraz drogiego narzędzia jakim jest rolka kształtowa. Dodatkowo podczas realizacji proces nadawania wymaganego kształtu CPS (odwzorowania kształtu rolki na ściernicy) nie jest prowadzony proces produkcyjny na stanowisku, co dodatkowo generuje koszty. Czas profilowania ściernicy jest proporcjonalny do różnic średnic w zarysie profilu narzędzia.

Znane są także rozwiązania, w których wymagany złożony kształt powierzchni skrawającej ściernicy może być wykonany przy wykorzystaniu rolki formującej lub obciążacza stacjonarnego, jednak takie rozwiązanie wymaga obrabiarki (szlifierki) z precyzyjnym numerycznym układem sterowania, co wymaga znaczących nakładów finansowych.

Alternatywą do wstępnego profilowania zarysu ceramicznych narzędzi ściernych dla kosztownych rozwiązań w postaci rolek wirujących może stać się specjalny uniwersalny przyrząd autorskiej konstrukcji umożliwiający nadawanie wstępnego profilu narzędziom ściernym na szlifierce z dowolnym układem sterowania. Na rysunku 7 przedstawiono konstrukcyjny model 3D proponowanego przyrządu.



Rys. 8. Widok modelu 3D przyrządu do wstępnego profilowania ściernic: 1 – ściernica, 2 – obciążacz stacjonarny, 3 – stół szlifierki, 4 – zespół ruchu poprzecznego, 5 – zespół ruchu wzdłużnego, 6 – silnika napędowy osi poprzecznej, 7 – silnik napędowy osi wzdłużnej, 8 - podstawa

Przyrząd przedstawiony na rysunku 8 jest wyposażony w stacjonarny obciągacz diamentowy zamocowany poprzez uchwyt do górnej płyty realizującej ruch prostopadły do tworzącej ściernicy przy wykorzystaniu precyzyjnej przekładni śrubowo-tocznej za pomocą silnika krokowego wyposażonego w przetwornik impulsowo-obrotowy. Ruch wzdłuż tworzącej realizuje analogiczny zespół napędowy jak ruch prostopadły. Dodatkowo dzięki zastosowaniu precyzyjnych prowadnic tocznych możliwe jest uzyskanie wysokiej precyzji ruchu w obu osiach sterowanych. Układ sterowania urządzenia oparto na intuicyjnej w obsłudze handlowej karcie sterowania.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy metod kształtowania narzędzi ściernych można zauważyć zróżnicowaną przydatność poszczególnych rozwiązań zarówno w aspekcie technicznym oraz w niezmiernie istotnej w kwestii ekonomicznej.

Obciągacze stacjonarne mogą być wykorzystywane w wielu przypadkach do kształtowania profili ściernic konwencjonalnych przy jednoczesnej niskiej cenie. Głównym ograniczeniem technicznym w stosowaniu obciągaczy stacjonarnych są występujące trudności w kształtowaniu zarysów krzywoliniowych charakteryzujących się dużymi kątami pochylenia tworzącej czynnej powierzchni ściernicy.

W aspekcie funkcjonalności obciągacze obrotowe zasadniczo nie mają ograniczeń co do ich stosowania w kształtowaniu złożonych zarysów profili CPS, jednak znaczące koszty samych narzędzi diamentowych jak i dedykowanego układu napędzającego ograniczają zastosowanie rolek kształtowych tylko do produkcji seryjnej i masowej.

Alternatywą szczególnie dla kształtowych rolek obciągających może być zaproponowane autorskie urządzenie do profilowego kondycjonowania ściernic z zastosowaniem stacjonarnego obciągacza.

Podziękowanie

Badania realizowane w ramach Projektu "Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym", Nr POIG.01.01.02-00-015/08-00 w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (PO IG). Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

LITERATURA

1. Baseria H., Rezaeib S. M., Rahimib A., Saadatc 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. Diamos. "Obciągacze diamentowe". Katalog 2014.
3. Dr Kaiser. Kondycjonowanie ściernic; Lie-08-2013 © DR. KAISER Diamantwerkzeuge
4. Gołąbczak A. "Metody obciągania ściernic kształtowych – Część I. Metody Mechaniczne". *Obróbka Metalu*. Nr 3/2014. s.21÷27.
5. Norton. Katalog 2015. s. 301.
6. 3 Rowe B.W., Principles of Modern Grinding Technology. 2014 ISBN: 978-0-323-24271-4
7. 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.
8. Sikora M., Ostrowski D. "Wpływ parametrów obciągania rolką formująca na chropowatość powierzchni obrotowych". *Mechanik*. Nr 8-9/2015. (2015), s. 715/296÷299.
9. UrdiamantL Ściernice diamentowe oraz ściernice z regularnego azotku boru. 08/2007.
10. WINTER Diamond tools for dressing grinding wheels 2014/2015. Catalogue no. 5. #2722.
11. Żyłka Ł., Babiarsz R., Ostrowski R., „Wpływ parametrów obciągania rolką kształtowaną na chropowatość szlifowanej powierzchni zamka łopatki silnika lotniczego”. *Mechanik*. Nr 8-9/2013. (2013). 508÷515/706.