

Ocena zdolności skrawnej ściernic supertwardych po elektroerozyjnym obciążaniu elektrodą wirującą

The assessment of cutting ability of super hard grinding wheels after electro-discharge dressing using rotating electrode

MARCIN GOŁĄBCZAK
ANDRZEJ GOŁĄBCZAK
ROBERT ŚWIĘCIK
DARIUSZ KACZMAREK*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.10.130>

English version available on: www.mechanik.media.pl

Przedstawiono wyniki badań dotyczące oceny zdolności skrawnej ściernic supertwardych po elektroerozyjnym obciążaniu elektrodą wirującą. Do oceny zdolności skrawnej ściernic posłużono się metodą szlifowania wzorca zewnętrznego, która umożliwiła określenie temperatury i wydajności względnej szlifowania.

SŁOWA KLUCZOWE: ściernice supertwarde, obciążanie elektroerozyjne, zdolności skrawne, temperatura szlifowania, wydajność względna szlifowania

In the paper investigation results concerning assessment of cutting abilities of super hard grinding wheels shaping after electro-discharge dressing process using rotating tool electrodes have been presented. For assessment of cutting abilities of grinding wheels the method of grinding of outer standard has been applied. Basing on this method the temperature and relative grinding efficiency have been determined.

KEYWORDS: super hard grinding wheels, electro-discharge dressing, cutting abilities, grinding temperature, relative grinding efficiency

Stan czynnej powierzchni ściernicy (CPS) ma decydujący wpływ na jej zdolność skrawną oraz przebieg procesu i wyniki szlifowania, w tym zwłaszcza na dokładność kształtowo-wymiarową i stan warstwy wierzchniej obrabianych przedmiotów. Postępujące procesy zużycia ściernicy w czasie szlifowania – spowodowane m.in. tępieniem ziaren ściernych i zalepianiem CPS produktami szlifowania – wyraźnie obniżają jej zdolności skrawne. Konsekwencją tego jest m.in. wzrost wartości siły szlifowania, podwyższenie temperatury szlifowania i generowanie nadmiernych drgań układu OUPN (obrabiarka – uchwyt – przedmiot – narzędzie), a tym samym – pogorszenie wskaźników jakości i wydajności szlifowania. Z tych powodów istotne znaczenie ma monitorowanie stanu CPS podczas szlifowania oraz przywracanie jej zdolności skrawnych w procesie obciążania [1, 4, 5].

Obciążanie ściernic supertwardych ma na celu odtworzenie (regenerację) mikrostruktury, tj. ukształtowanie mikrogeometrii CPS (uzyskanie wysięgu ostrzy ziaren ściernych ponad metalowe spoiwo) oraz usunięcie produktów szlifowania zalepiających CPS. W przypadku ściernic supertwardych konwencjonalne metody obciążania, wykorzystujące procesy obróbki mechanicznej, są nieefektywne i nieekonomiczne [1]. Specyficzne właściwości fizykomechaniczne ściernic supertwardych wymagają stosowania erozyjnych metod obciążania [1–3]. Wśród

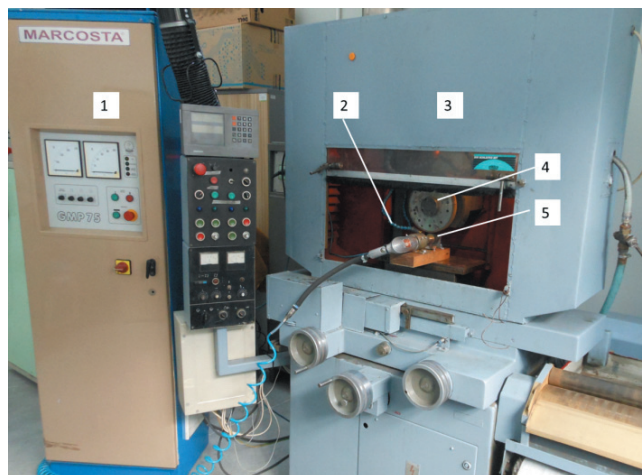
nich można wyróżnić obciążanie: strumieniowe, laserowe, chemiczne, elektrochemiczne, elektroerozyjne oraz hybrydowe [1, 3]. W zastosowaniu przemysłowym szczególnie atrakcyjną metodą jest elektroerozyjne obciążanie (EDGD) elektrodą wirującą.

Dalej przedstawiono wybrane wyniki badań dotyczące oceny zdolności skrawnych ściernic supertwardych, ukształtowanych w zróżnicowanych warunkach elektroerozyjnego obciążania elektrodą wirującą. Do oceny zdolności skrawnych zastosowano metodę szlifowania wzorca zewnętrznego, polegającą na kilkusekundowym teście szlifowania, w którym określano temperaturę szlifowania wzorca Θ_t oraz względną wydajność szlifowania wzorca Q_v . Opis urządzenia pomiarowego do oceny zdolności skrawnych, metodykę pomiaru oraz sposób określania wskaźników Θ_t i Q_v przedstawiono we wcześniejszych publikacjach [2, 3].

Stanowisko badawcze i warunki badań

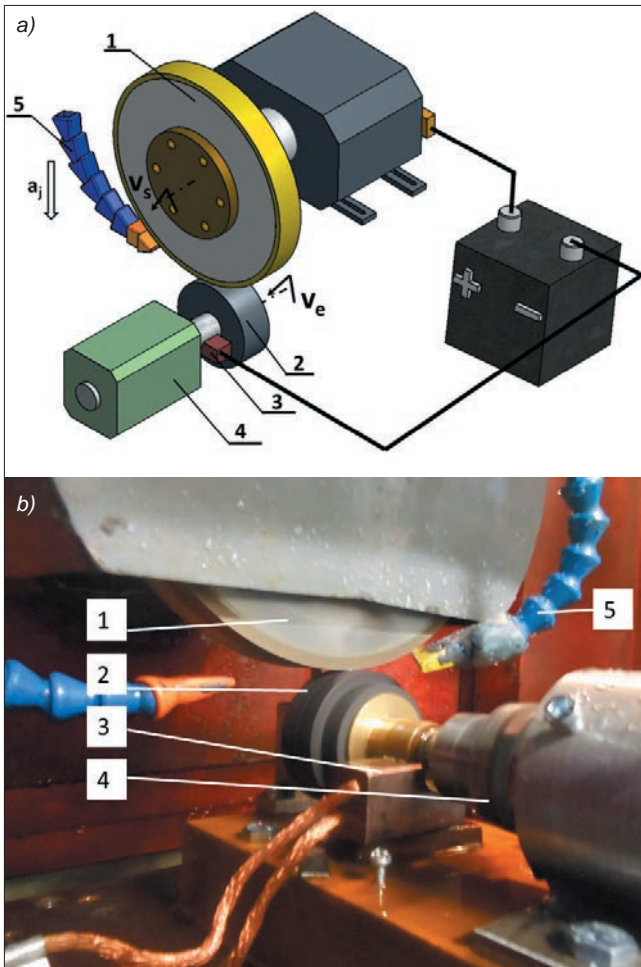
Obciążanie elektroerozyjne realizowano na szlifierce do płaszczyzn typu ECBT8, wyposażonej w: specjalne urządzenie obciążające z węglową elektrodą wirującą, generator impulsów prądowych firmy Marcosta oraz układy kontrolno-pomiarowe procesu obciążania. Widok ogólny stanowiska badawczego do elektroerozyjnego obciążania ściernic supertwardych przedstawiono na rys. 1, a schemat procesu i widok strefy roboczej – na rys. 2.

Zakres badań obejmował próby elektroerozyjnego obciążania ściernic ze ścierniw diamentowych (SD 125/100 M75) oraz ścierniw z regularnego azotku boru (CBN 125/100 M75), spojonych spoiwem metalowym.



Rys. 1. Widok stanowiska do elektroerozyjnego obciążania ściernic: 1 – generator impulsów elektrycznych, 2 – dysza doprowadzająca dielektryk, 3 – szlifierka do płaszczyzn ECBT8, 4 – ściernica, 5 – elektroda wirująca

* Dr hab. inż. Marcin Gołąbczak (marcin.golabczak@p.lodz.pl), prof. dr hab. inż. Andrzej Gołąbczak (andrzej.golabczak@pwsz.wloclawek.pl) – PWSZ Włocławek, Zakład Inżynierii Zarządzania; dr inż. Robert Świątek (robert.swiecik@p.lodz.pl), mgr inż. Dariusz Kaczmarek (cezahr@wp.pl) – Politechnika Łódzka, Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn



Rys. 2. Elektroerozyjne obciążanie ściernic elektrodą wirującą: a) schemat procesu, b) widok strefy roboczej (1 – ściernica, 2 – elektroda wirująca, 3 – doprowadzenie napięcia z generatora impulsów prądowych, 4 – zespół napędu elektrody, 5 – dysze doprowadzające dielektryk, v_e – prędkość elektrody)

Do elektroerozyjnego obciążania ściernic zastosowano wirującą elektrodę węglową (E28S) o średnicy 70 mm i szerokości 30 mm, obracającą się współbieżnie z prędkością 750 obr/min.

Celem badań było ustalenie wpływu parametrów elektrycznych generatora impulsów oraz czasu obciążania w kolejnych dosuwach jednostkowych ściernicy do zdolności skrawne obciążanych ściernic.

Plan badań obejmował 3 serie prób obciążania ściernic z następującymi nastawami mocy generatora impulsów prądu: P1 ($U = 100$ V, $I = 12$ A), P2 ($U = 200$ V, $I = 25$ A), P3 ($U = 300$ V, $I = 50$ A). W każdej serii prób zastosowano jednakową wartość sumarycznego dosuwu ściernicy do elektrody równą 0,1 mm, podzieloną na 10 jednostkowych dosuwów wynoszących 0,01 mm, natomiast różnicowano czas obciążania w kolejnych dosuwach jednostkowych ściernicy – wynosił on odpowiednio:

- w serii I – $t_{01} = 30$ s,
- w serii II – $t_{02} = 60$ s,
- w serii III – $t_{03} = 90$ s.

Zdolności skrawne ściernic supertwardych po próbach elektroerozyjnego obciążania określono na podstawie porównania wartości wskaźników szlifowanego wzorca [2,3], tj.: względnej wydajności szlifowania wzorca zewnętrznego Q_v [mm^3/s] oraz temperatury szlifowania wzorca Θ_t [$^{\circ}\text{C}$]. Jako wzorec zewnętrzny zastosowano próbki ze stopu tytanu, w których umieszczono termopary typu K.

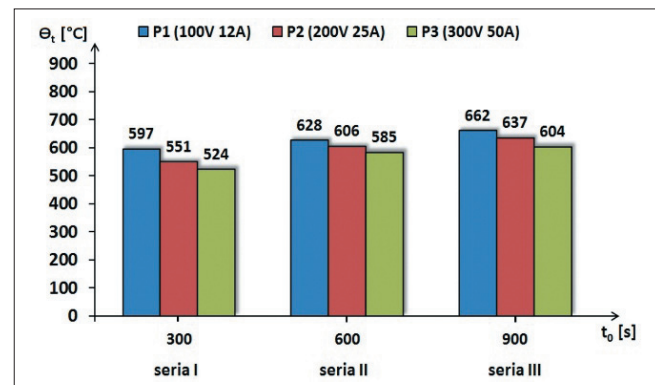
Mając na względzie ocenę skuteczności procesu elektroerozyjnego obciążania ściernic tym sposobem, w poszczególnych próbach obciążania określono względne zużycie elektrody k_v , które wyraża się wzorem:

$$k_v = \frac{\Delta V_e}{\Delta V_s} \cdot 100\%$$

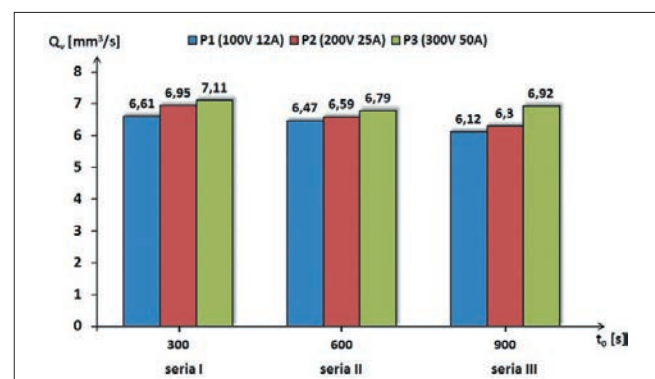
gdzie: ΔV_e – objętościowe zużycie elektrody [mm^3], ΔV_s – objętościowe zużycie ściernicy [mm^3].

Ocena zdolności skrawnych ściernic diamentowych ze spoiwem metalowym

Przykładowe wyniki badań, ilustrujące zmiany zdolności skrawnych ściernicy SD 125/100 M75 w poszczególnych seriach i próbach obciążania elektroerozyjnego, przedstawiono na rys. 3 i 4, a wartości względnego zużycia elektrody zestawiono w tabl. I. Analiza wyników pokazała, że zwiększenie mocy generatora spowodowało niewielki spadek temperatury szlifowania wzorca Θ_t w poszczególnych seriach obciążania (o ok. 12% w serii I, 7% w serii II oraz 9% w serii III).



Rys. 3. Wpływ mocy generatora i czasu obciążania elektroerozyjnego ściernicy SD 125/100 M75 na temperaturę szlifowania wzorca zewnętrznego Θ_t (temperatura szlifowania wzorca ściernicą stępioną $\Theta_t = 622\text{--}667^{\circ}\text{C}$ [3])



Rys. 4. Wpływ mocy generatora i czasu obciążania elektroerozyjnego ściernicy SD 125/100 M75 na względną wydajność szlifowania Q_v (względna wydajność szlifowania ściernicą stępioną $Q_v = 4,87\text{--}5,3$ [3])

TABLICA I. Porównanie wyników względnego zużycia elektrody po obciążaniu elektroerozyjnym ściernicy SD

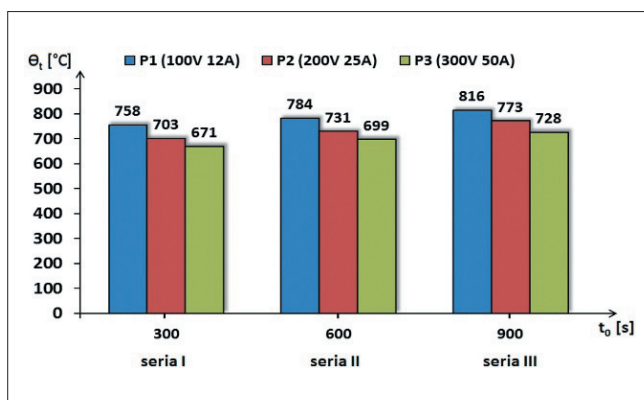
Moc prądu elektrycznego	Względne zużycie elektrody, %		
	seria I ($t_{01} = 30$ s)	seria II ($t_{02} = 60$ s)	seria III ($t_{03} = 90$ s)
100 V · 12 A	45,30	42,02	41,18
200 V · 25 A	46,73	45,51	44,89
300 V · 50 A	47,15	46,93	47,01

Wyniki badań potwierdziły też, że wydłużenie czasu obciążania po kolejnych dosuwach jednostkowych (serie I–III) powoduje niewielki, niekorzystny wzrost temperatury szlifowania Θ_t – o ok. 5% w serii II oraz 3% w serii III. Analiza zmian wskaźnika względnej wydajności szlifowania Q_v wskazuje, że wraz ze wzrostem mocy generatora następuje niewielka poprawa skrawności ściernicy: o 8% w serii I, o 4% w serii II oraz o 12% w serii III. Stwierdzono również, że wydłużenie czasu obciążania po kolejnych dosuwach jednostkowych (serie I–III) wpływa na obniżenie względnej wydajności szlifowania Q_v . Te zmiany Q_v wynosiły ok. 4% w serii II oraz 5% w serii III. Wykazano ponadto, że zwiększanie mocy generatora powoduje wzrost względnego zużycia elektrody (tabl. I): o ok. 4% w seriach I i II oraz o 12% w serii III.

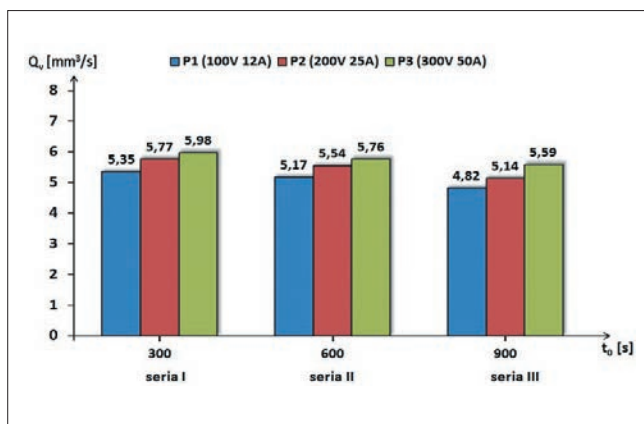
Ocena zdolności skrawnych ściernic z cBN ze spoiwem metalowym

Wyniki badań ilustrujące zmiany zdolności skrawnych ściernicy CBN 125/100 M75 w poszczególnych seriach i próbach obciążania elektroerozyjnego przedstawiono na rys. 5 i 6, natomiast wartości względnego zużycia elektrody zestawiono w tabl. II.

Analiza uzyskanych wyników wskazuje na podobne tendencje zmian wskaźników zdolności skrawnych ściernicy z cBN po obciążaniu elektroerozyjnym oraz względnego



Rys. 5. Wpływ mocy generatora i czasu obciążania elektroerozyjnego ściernicy CBN 125/100 M75 na temperaturę szlifowania wzorca zewnętrznego Θ_t (temperatura szlifowania wzorca ściernicą stępioną $\Theta_t = 870 \div 825^\circ\text{C}$ [3])



Rys. 6. Wpływ mocy generatora i czasu obciążania elektroerozyjnego ściernicy CBN 125/100 M75 na względną wydajność szlifowania wzorca zewnętrznego Q_v (wartość względnej wydajności szlifowania ściernicą stępioną $Q_v = 4 \div 4,4$ [3])

TABLICA II. Porównanie wyników względnego zużycia elektrody po obciążaniu elektroerozyjnym ściernicy z cBN

Moc prądu elektrycznego	Względne zużycie elektrody, %		
	seria I ($t_{01} = 30$ s)	seria II ($t_{02} = 60$ s)	seria III ($t_{03} = 90$ s)
100 V · 12 A	42,15	40,26	39,82
200 V · 25 A	48,63	45,78	41,12
300 V · 50 A	53,12	52,44	49,83

zużycia elektrody jak w przypadku obciążania ściernicy SD. Stwierdzono bowiem, że wzrost mocy generatora spowodował niewielki spadek temperatury szlifowania Θ_t . W poszczególnych seriach obciążania uzyskano obniżenie temperatury szlifowania wzorca, wynoszące: ok. 11% w serii I oraz 10% w seriach II i III. Wykazano, że wydłużenie czasu obciążania po kolejnych dosuwach jednostkowych (serie I–III) powoduje niekorzystny wzrost temperatury szlifowania Θ_t , wynoszący ok. 6÷9%. Wykazano również, że wzrost mocy generatora wpływa na niewielką poprawę względnego wskaźnika skrawności ściernicy Q_v , wynoszącą odpowiednio: 11% w seriach I i II oraz 14% w serii III. Wydłużenie czasu obciążania po kolejnych dosuwach jednostkowych (serie I–III) nie powoduje natomiast istotnych zmian wskaźnika skrawności Θ_t .

W podobnych warunkach elektroerozyjnego obciążania ściernic korzystniejsze wskaźniki skrawności Θ_t i Q_v uzyskano dla ściernicy SD 125/100 M75 niż dla ściernicy CBN 125/100 M75. Stwierdzono również większe wartości względnego zużycia elektrody w próbach obciążania ściernicy CBN 125/100 M75 (tabl. I i II) w porównaniu z obciążaniem ściernicy SD 125/100 M75.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania umożliwiły sprawdzenie przydatności metody elektroerozyjnego obciążania elektrodą wirującą do kształtowania zdolności skrawnych ściernic ze ścierniw diamentowych i z cBN, spojonych spoiwem metalowym. Uzyskane wyniki badań potwierdziły istotną poprawę zdolności skrawnych obciążanych ściernic, wyrażoną wskaźnikami Θ_t i Q_v , w porównaniu ze ściernicami stępienymi [3].

Wykazano, że zwiększenie mocy generatora wpływa na poprawę wartości wskaźników skrawności Θ_t i Q_v obciążanych ściernic. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu wydłużenia czasu obciążania po kolejnych dosuwach jednostkowych na wartości wskaźników skrawności.

LITERATURA

- Gołąbczak A. „Metody kształtowania właściwości użytkowych ściernic”. Monografia. Łódź: Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 2004.
- Gołąbczak A., Koziański T. “Analysis of functional properties of CBN grinding wheels”. *Mechanics and Mechanical Engineering*. 4, 1 (2000): s. 117–120.
- Gołąbczak A., Gołąbczak M., Świąć R., Stańczyk B., Kaczmarek D. „Dwuparametrowa ocena zdolności skrawnych ściernic supertwardych ze spoiwem metalowym”. *Mechanik*. 88, 8–9 (2015): s. 112–116.
- Muttamara A., Phumueang Ch. “Study of electrical discharge machining for truing of diamond grinding wheel”. *International Conference on Mechanical and Production Engineering*, 11–12th July 2015, Pattaya, Thailand.
- Srivastava U.M. “Review of dressing and truing operations for grinding wheels”. *International Journal of Engineering Science and Technology*. 5, 1 (2013): s. 8–19.