

Wpływ wybranych parametrów docierania na jakość powierzchni i wydajność obróbki pierścieni z węgliku krzemu

Influence of selected lapping process parameters on surface quality and material removal rate of silicon carbide rings

ŁUKASZ NORZYMBERCZYK
STANISŁAW PŁONKA*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.241

Przedstawiono badania wpływu nacisku jednostkowego i czasu docierania na jakość powierzchni i wydajność obróbki pierścieni wykonanych ze spiekanego węgliku krzemu. Obróbkę przeprowadzono na docierarce jednotarczowej z kompozytowym docierakiem i zawiesiną ze ścierniwem diamentowym, przy stałej prędkości obrotowej. Jakość powierzchni pierścieni określono przez pomiary wybranych parametrów chropowatości oraz płaskość powierzchni.

SŁOWA KLUCZOWE: docieranie jednostronne, ścierniwo diamentowe, węgiel krzemu

The paper presents the influence of pressure and time of lapping on a surface quality and material removal rate of sintered silicon carbide rings. The machining was performed on a single side lapping machine with composite lapping plate and diamond slurry at constant rotational speed. The surface quality of the rings was determined through measurement of selected roughness parameters and surface flatness.

KEYWORDS: single side lapping, diamond slurry, silicon carbide

Uszczelnienia mechaniczne czołowe są stosowane w odpowiedzialnych maszynach przepływowych i służą do ograniczenia wycieku w miejscach przejścia wału przez otwór w korpusie. Najważniejszymi elementami tych uszczelnień są pary pierścieni ślizgowych, których powierzchnie czołowe tworzą szczelinę dławiącą wyciek zarówno w trakcie pracy maszyny, jak i podczas jej postoju.

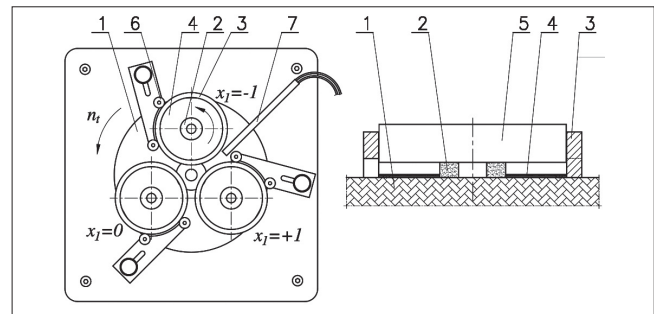
Podstawowym procesem obróbki powierzchni czołowych pierścieni uszczelnień mechanicznych jest docieranie, prowadzone zazwyczaj na docierarkach jednotarczowych. Pozwala ono osiągnąć wysoką dokładność kształtowo-wymiarową oraz bardzo niską chropowatość mimo użycia stosunkowo prostych środków produkcji [1]. Jakość wykonania tych powierzchni w znaczący sposób determinuje poprawność pracy całego uszczelnienia [2, 3]. Uzyskanie pożądanej jakości powierzchni jest istotne zwłaszcza w przypadku pierścieni wykonanych z materiałów super-twardych (np. ze spiekanego węgliku krzemu czy z węgliku wolframu). Tego rodzaju materiały mogą być obrabiane z zastosowaniem zawiesiny ze ścierniwem diamentowym oraz kompozytowego docieraka [4, 5].

Metodyka i wyniki badań

Celem badań było wyznaczenie wpływu nacisku jednostkowego p i czasu docierania t na jakość powierzchni i wagową wydajność obróbki pierścieni wykonanych ze

spiekanego węgliku krzemu SiC. W badaniach wykorzystano pierścienie o średnicy zewnętrznej $\varnothing 87$ i wewnętrznej $\varnothing 37,2$ oraz grubości 20 mm, wykonane ze spiekanego węgliku krzemu o gęstości $3,1 \text{ g/cm}^3$. Powierzchnie czołowe przeznaczone do docierania przygotowano przez szlifowanie ściernicą diamentową typu 11A2 $80 \times 6 \times 4 \times 20$ D151 C-75N. Badaniom poddano próbki o chropowatości powierzchni $Ra \leq 0,15$ oraz $Rz \leq 1,05 \mu\text{m}$.

Docieranie przeprowadzono na docierarce jednotarczowej z docierakiem NEW LAM® M'M' Blue 24" przy stałej prędkości obrotowej $n_t = 69 \text{ obr/min}$. Obrabiarkę wyposażono w trzy gniazda ustalające o średnicy wewnętrznej $\varnothing 248 \text{ mm}$ wraz z zestawem separatorów. Podstawą układu dozowania zawiesiny ze ścierniwem diamentowym był system Kemet Electronic Dispenser wraz z układami mieszającymi i dyszami natryskowymi. W badaniach wykorzystano zawiesinę BioDIAMANT® M.M.333 z ziarnami polikrystalicznego, syntetycznego diamentu o wielkości $9 \mu\text{m}$ z bazą wodną. Przyjęto schemat dozowania ścierniwa: dawka $0,5 \text{ g}$ natryskiwana co 25 s . Dodatkowo płytę zwilżano wodą w ilości $0,3 \text{ g}$ co 14 s . Ułożenie gniazd oraz pierścieni pokazano na rys. 1.



Rys. 1. Układ docierania w trakcie badań: 1 – docierak kompozytowy, 2 – docierany pierścień, 3 – gniazdo ustalające, 4 – separator, 5 – docisk, 6 – rolki prowadzące, 7 – układ dozowania

Badania prowadzono w oparciu o plan statyczny, zdeteminowany, wieloczynnikowy PS/DS-P: $\alpha[1,000/2 \times 3]$. Poziomy i wartości zmiennych niezależnych zestawiono w tabl. I.

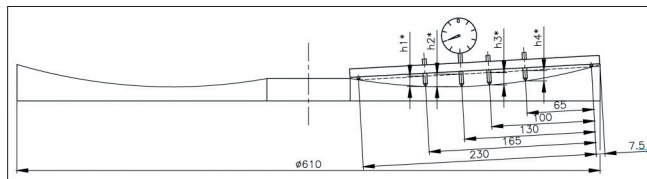
TABLICA I. Poziomy i wartości zmiennych niezależnych

Wielkości wejściowe		Wartości dla kodów ($\alpha = 1,000$)		
x_i	Δx_i	-1	0	+1
$x_1 = p, \text{ kPa}$	6,0	18,0	26,0	34,0
$x_2 = t, \text{ min}$	2,0	4,0	6,0	8,0

Dla każdego z dziewięciu układów planu przyjęto trzy powtórzenia, przy czym jednocześnie obrabiano trzy pierścienie należące do różnych układów, odpowiadające wartościom kodowym: $x_1 = -1$, $x_1 = 0$, $x_1 = +1$ (rys. 1).

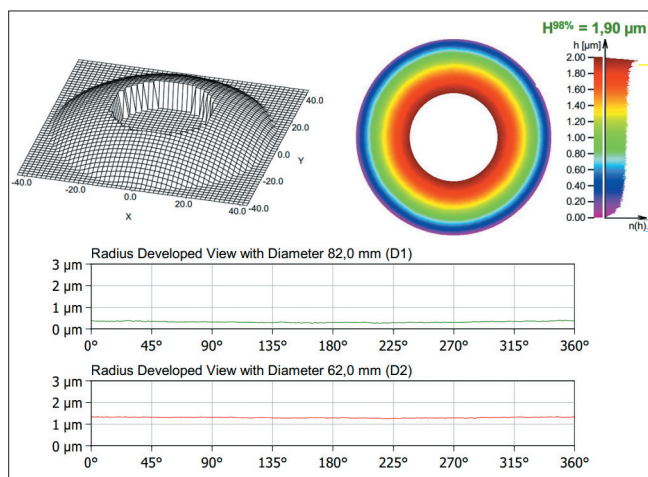
* Mgr inż. Łukasz Norzyberczyk (lnorzyberczyk@wp.pl) – ANGA Uszczelnienia Mechaniczne Sp. z o.o.; prof. dr hab. inż. Stanisław Płonka (splonka@ath.bielsko.pl) – Wydział Budowy Maszyn i Informatyki Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej

Miało to na celu ograniczenie korelacji pomiędzy zmianą płaskości powierzchni docieraka oraz naciskiem jednostkowym w analizie ich wpływu na płaskość powierzchni docieranej. Płaskość powierzchni docieraka (wklęsłość) mierzono w trzech przekrojach promieniowych co 120° za pomocą wyposażonego w czujniki przyrządu (rys. 2), z dokładnością do $3 \mu\text{m}$.



Rys. 2. Sposób pomiaru płaskości powierzchni docieraka w czterech punktach w przekroju promieniowym

Płaskość powierzchni docieranych mierzono za pomocą interferometru laserowego TOPOS 100 firmy Lamtech z dokładnością do $0,1 \mu\text{m}$. Analizowano odchyłkę płaskości $H98\%$ (98% powierzchni mieści się w tolerancji) oraz parametr P_t profilu rozwinięcia kąтового (rys. 3). Wyniki zestawiono w tabl. II.



Rys. 3. Przykładowy wynik pomiaru płaskości powierzchni docieranej ($p = 34 \text{ kPa}$, $t = 4 \text{ min}$, płaskość docieraka $P_d = [10, 15, 13, 9]$)

TABLICA II. Płaskość powierzchni docieranych

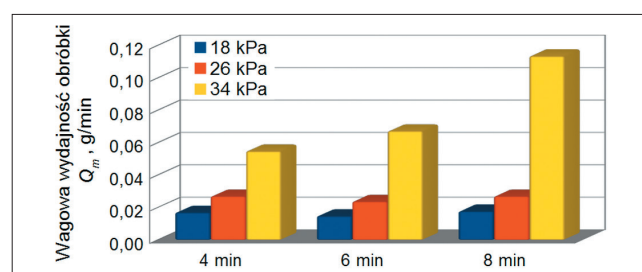
Płaskość docieraka (rys. 2) $P_d = [h_1, h_2, h_3, h_4], \mu\text{m}$	$H98\%, \mu\text{m}/P_t, \mu\text{m}$		
	$p = 18 \text{ kPa}$	$p = 26 \text{ kPa}$	$p = 34 \text{ kPa}$
[11, 14, 13, 11]	1,87/0,16	1,94/0,61	1,97/0,14
[11, 15, 13, 9]	1,84/0,11	1,84/0,12	1,82/0,08
[10, 15, 13, 11]	2,17/0,12	1,83/0,08	1,90/0,14
[9, 13, 13, 10]	1,68/0,12	1,69/0,10	1,68/0,11
[8, 13, 13, 10]	1,60/0,09	1,59/0,11	1,63/0,12
[4, 5, 5, 1]	0,67/0,08	0,69/0,14	0,71/0,18
[3, 5, 5, 1]	0,42/0,08	0,39/0,08	0,43/0,13
[2, 4, 4, 1]	0,46/0,11	0,46/0,09	0,47/0,11
[2, 4, 4, 1]	0,45/0,08	0,45/0,11	0,50/0,14

Do oceny jakości powierzchni docieranej wybrano następujące parametry chropowatości 2D: średnią arytmetyczną rzędnych profilu R_a , wysokość chropowatości rdzenia R_k , zredukowaną wysokość wzniesień profilu R_{pk} , zredukowaną głębokość wgłębień profilu R_{vk} , udział materiałowy wzniesień Mr_1 , udział materiałowy wgłębień Mr_2 [6]. Pomiar chropowatości przeprowadzono pięciokrotnie w kierunku obwodowym, za pomocą Hommel Tester T1000 z końcówką pomiarową T1E o promieniu zaokrąglenia ostrza $2 \mu\text{m}$ i kącie 60° . Uśrednione wyniki zestawiono w tabl. III.

TABLICA III. Chropowatość powierzchni docieranych

p, kPa	t, min	$R_a, \mu\text{m}$	$R_k, \mu\text{m}$	$R_{pk}, \mu\text{m}$	$R_{vk}, \mu\text{m}$	$Mr_1, \%$	$Mr_2, \%$
18	4	0,13	0,32	0,08	0,35	5,9	82,8
	6	0,12	0,31	0,08	0,33	5,9	83,3
	8	0,12	0,28	0,07	0,39	6,2	83,5
26	4	0,11	0,27	0,07	0,31	6,0	83,2
	6	0,13	0,31	0,08	0,36	6,6	83,4
	8	0,10	0,25	0,08	0,29	6,5	83,6
34	4	0,11	0,29	0,07	0,31	6,0	83,7
	6	0,12	0,31	0,08	0,31	6,3	84,6
	8	0,11	0,27	0,07	0,30	6,2	83,5

Wagową wydajność obróbki Q_m w mg/min wyznaczono przez pomiar masy pierścieni za pomocą wagi precyzyjnej Radwag PS 750/X z dokładnością $0,005 \text{ g}$ – obliczano średnią arytmetyczną z pięciu pomiarów. Czas obróbki mierzono stoperem z dokładnością $0,05 \text{ min}$. Rezultaty zobrazowano na rys. 4.



Rys. 4. Wagowa wydajność obróbki ścierniwem diamentowym $9 \mu\text{m}$ w zależności od nacisku jednostkowego i czasu docierania

Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają stwierdzić, że w rozpatrywanym zakresie wartości wielkości wejściowych wpływ nacisku jednostkowego oraz czasu obróbki na zmianę chropowatości powierzchni jest nieistotny. To oznacza, że w analizowanym zakresie możliwe jest uzyskanie powierzchni o powtarzalnych właściwościach trybologicznych.

Jednocześnie nie stwierdzono bezpośredniego wpływu nacisku jednostkowego i czasu obróbki na płaskość powierzchni docieranej. Różnice pomiędzy pierścieniami obrabianymi z różnymi parametrami przy jednakowej płaskości powierzchni docieraka mieszczą się w dokładności pomiarowej interferometru laserowego. Natomiast przyjęcie centralnego położenia pierścienia względem gniazda ustalającego umożliwiło uzyskanie równomiernej krzywizny względem rozwinięcia kąowego.

Zwiększanie nacisku jednostkowego prowadzi do wzrostu wagowej wydajności obróbki. Czas docierania wpłynął na jej wartość jedynie przy najwyższym rozpatrywanym nacisku jednostkowym.

LITERATURA

- Barylski A. „Obróbka powierzchni płaskich na docierarkach”. Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2013.
- Wizner M., Jakubiec W., Starczak M. „Description of surface topography of sealing rings”. *Wear*. Vol. 271, No. 3–4 (2011): pp. 571–575.
- Gacek J., Norymberczyk Ł., Płonka S. „Determination of a face seal's operational parameters on test bench”. *Measurement Automation Monitoring*. Vol. 61, No. 12 (2015): pp. 555–560.
- Marinescu I.D., Uhlmann E., Doi T. „Handbook of Lapping and Polishing”. Boca Raton: CRC Press, 2007.
- Stahli A.W. „The Technique of Lapping”. Pieterlen: Wydawnictwo firmy A.W. Stahli Ltd., 1998.
- PN-EN ISO 4287:1999/A1:2010 Specyfikacje geometrii wyrobów – Struktura geometryczna powierzchni: metoda profilowa – Terminy, definicje i parametry struktury geometrycznej powierzchni. ■