

Wpływ wybranych czynników na efektywność procesu szlifowania

MIROSŁAW KOTWIS, WOJCIECH ŻYŁKA *

W artykule przedstawiono dalsze rezultaty badań eksperymentalnych dotyczących wpływu wybranych czynników procesu szlifowania na stan powierzchni elementów obrotowych. Opis pierwszej części zawarty jest w numerze 3/2022. W tej części analizowano wpływ granulacji ziaren ścierniwa na chropowatość obrabianych powierzchni, a także związek między parametrami obciążania ściernicy a stanem powierzchni po obróbce. Stwierdzono różnicowaną istotność tych czynników.

Wprowadzenie

Szlifowanie stanowi najczęściej jedną z ostatnich operacji w procesie wytwarzania elementów maszyn. Takie usytuowanie szlifowania powoduje to, że poświęca się jemu tak dużo uwagi. Stan powierzchni elementów tworzących strukturę maszyn i urządzeń determinuje bowiem ich wydajność, sprawność i niezawodność, a więc ogólnie ujmując – efektywność tych maszyn.

W pierwszej części tej pracy [2] zestawiono czynniki, od których zależy efekt operacji szlifowania w aspekcie stanu struktury geometrycznej powierzchni (SGP) określanej wartością parametrów jej chropowatości. Zbiór tych czynników jest bardzo liczny, a wpływ poszczególnych elementów tego zbioru na stan powierzchni opisano w licznych publikacjach, np. [1, 3, 5]. W większości przypadków dotyczą one relacji między parametrami i warunkami szlifowania, a parametrami opisującymi strukturę geometryczną obrabianej powierzchni.

Mniej uwagi poświęca się rodzajowi narzędzia i jego stanowi początkowemu oraz parametrom z jakimi stan ten jest kształtowany. Z tego powodu w prezentowanych badaniach jako czynniki zmienne przyjęto właśnie te czynniki.

Warunki i zakres badań eksperymentalnych

Na szlifierce JOTES E 450 NP obrabiano wałek o średnicy $d = 40$ mm ze stali 1.6587 za pomocą ściernicy 89A 60 HS V217. Wyniki tych badań porównano z rezultatami badań szlifowania ściernicą 89A 80 HS V217 opisanych w pracy [2]. Jak z oznaczenia wynika ściernice te różniły się jedynie numerem ziarna – granulacją ziaren ścierniwa. Ściernica 89A 60 HS V217 ma ścierniwo o większych gabarytach niż druga z porównywanych ściernic. Stworzono w ten sposób warunki pozwalające na potwierdzenie wpływu granulacji ścierniwa na kształtowanie stanu początkowego ściernicy i wpływu tego stanu na parametry SGP.

Wartości najistotniejszych parametrów realizowanej obróbki były następujące:

- prędkość obwodowa ściernicy $v_s = 25$ m/s,
- posuw szlifowania: $f_{s1} = 0,5$ m/min, $f_{s2} = 1,5$ m/min, $f_{s3} = 2,5$ m/min,
- głębokość szlifowania (dosuw) $g = 0,01$ mm.

Początkowy stan ściernic zmieniano obciążając je (diamentując) z trzema prędkościami: $f_{d1} = 0,5$ m/min, $f_{d2} = 1,5$ m/min, $f_{d3} = 2,5$ m/min.

Efekty obróbki obserwowano porównując następujące parametry uzyskanej chropowatości: R_a , R_z , R_p i R_v . Ich wartości mierzono za pomocą maszyny pomiarowej MarSurf GD 120 z głowicą pomiarową BFW A 4-45-2/90.

Więcej szczegółów dotyczących warunków i parametrów obróbki zawartych jest w pracy [2].

Zrealizowany program i wyniki badań eksperymentalnych

Wpływ parametrów diamentowania ściernicy na topografię powierzchni szlifowanej nie jest często opisywany w literaturze fachowej. Nieliczne publikacje, np. [4]

* Mgr inż. Mirosław Kotwis, Uniwersytet Rzeszowski, Instytut Inżynierii Materiałowej – absolwent, dr inż. Wojciech Żyłka, e-mail: w.zylka@ur.edu.pl, Uniwersytet Rzeszowski, Instytut Inżynierii Materiałowej.

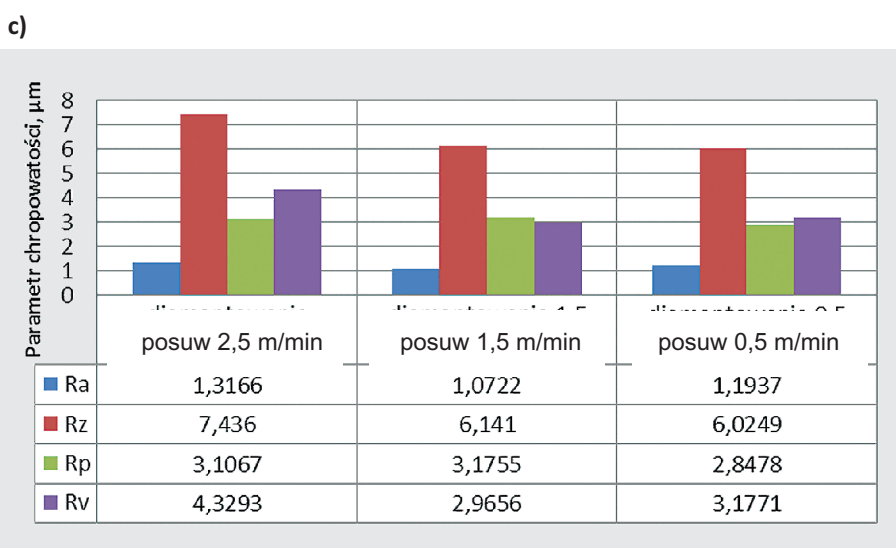
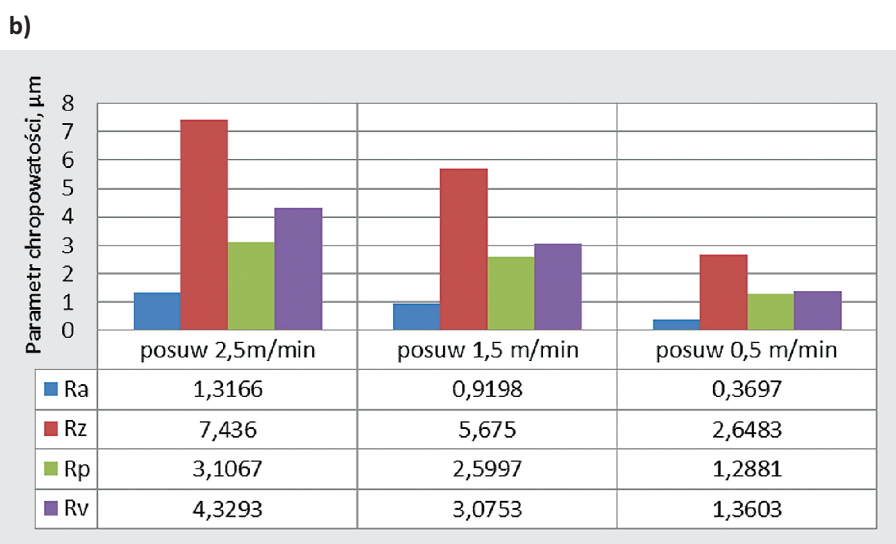
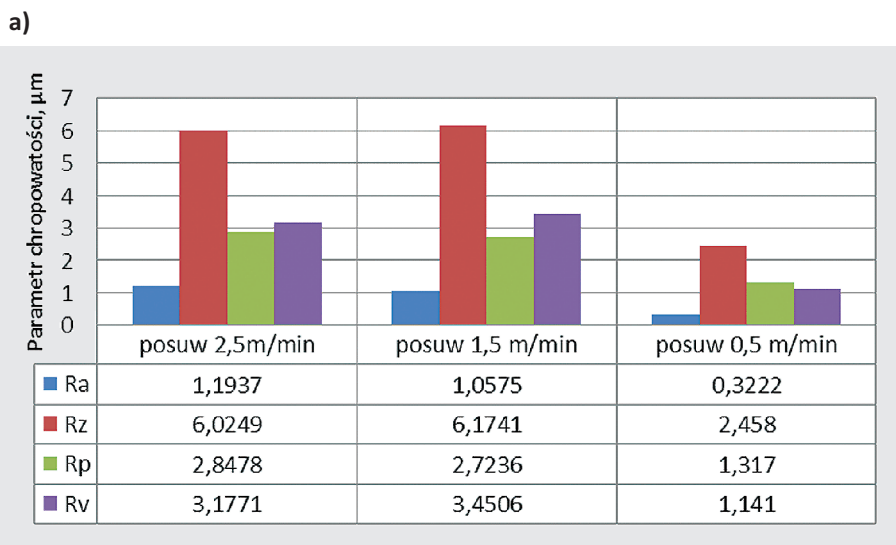
wskazują jednak na istotność tego zagadnienia, dlatego też w tych badaniach zajęto się tym aspektem obróbki szlifowaniem. W celu zebrania materiału umożliwiającego porównanie efektów szlifowania ściernicami o różnej ziarnistości ścierniwa przeprowadzono cykl badań identyczny jak opisany w pracy [2] lecz ściernicą o większej granulacji ścierniwa, tj. ściernicą oznaczoną symbolem 89A 60 HS V217. Ściernice diamentowano takim samym narzędziem, z analogicznymi jak we wspomnianej pracy [2] parametrami. Dzięki temu można było określić relacje między parametrami diamentowania ściernic a parametrami struktury geometrycznej szlifowanych powierzchni.

Rezultaty dotyczące uzyskanych wartości wybranych parametrów chropowatości powierzchni przedstawiono na rys. 1. Zawarto na nim wartości parametrów, a także graficzny obraz (histogramy) uzyskanych rezultatów.

Porównując uzyskane wyniki stwierdzić można duże podobieństwo jakościowe w zakresie szlifowania z takimi samymi posuwami ściernicy f_s (na rysunku porównanie w pionie). Ilościowe zmiany widoczne są natomiast porównując rezultaty szlifowania z różnymi posuwami ściernicy (w poziomie). Parametry diamentowania miały niewielki wpływ na chropowatość powierzchni. Największe różnicowanie wartości parametru R_a stwierdzono dla powierzchni szlifowanej z różnymi posuwami f_s ściernicą diamentowaną z prędkością $f_{d3} = 2,5$ m/min. Wartość tego parametru uzyskana szlifowaniem z posuwem $f_{s1} = 0,5$ m/min wynosi $0,37 \mu\text{m}$, natomiast przy posuwie $f_{s3} = 2,5$ m/min jest ponad czterokrotnie większa ($1,32 \mu\text{m}$). Podobne relacje stwierdzono dla parametru R_z .

W celu porównania wpływu prędkości podczas diamentowania f_d ściernic o różnej granulacji (60 H5 i 80 H5) na efekty szlifowania, wyniki ilościowe zestawiono w Tabelcy 1.

Porównując rezultaty szlifowania ściernicami o różnej granulacji ścierniwa diamentowanymi z tą samą prędkością f_d wyraźne różnice stwierdzono jedynie przy posuwie $f_{s2} = 1,5$ m/min. W większości pozostałych przypadków mniejsze wartości parametrów chropowa-



Rys. 1. Wpływ prędkości posuwu f_s szlifowania tarczą ścierną 89A 60 HS V217, diamentowanej z różnymi posuwami f_d , na chropowatość szlifowanej powierzchni:
 a) $f_{d1} = 0,5$ m/min, b) $f_{d2} = 1,5$ m/min, c) $f_{d3} = 2,5$ m/min

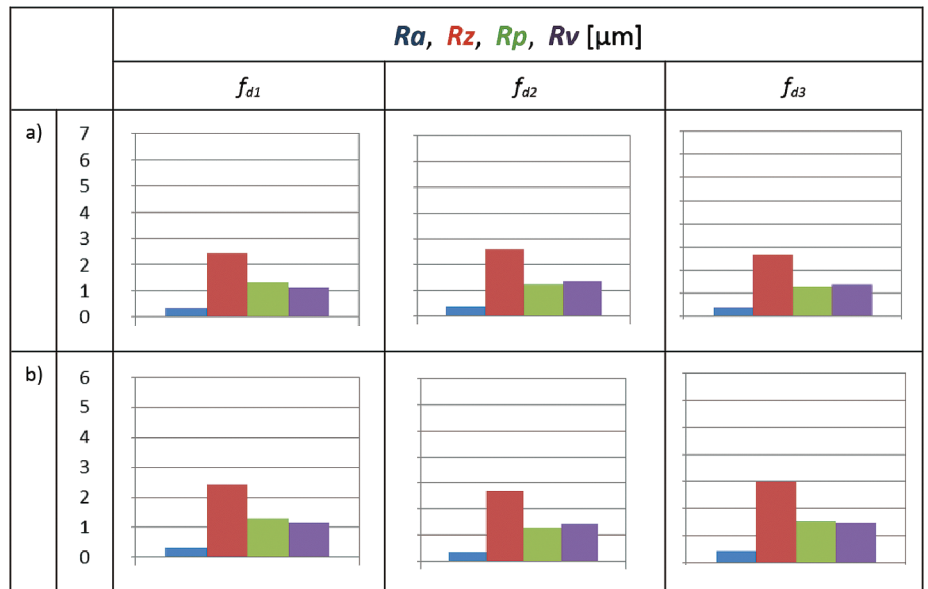
tości uzyskano dla ściernicy o mniejszej granulacji, przy czym różnice są niewielkie.

Uzyskane rezultaty badań zestawiono także w formie graficznej na rys. 2÷4. Na wykresach widoczne jest pewne zróżnicowanie parametrów R_p i R_v , a więc maksymalnej wysokości wzniesienia profilu chropowatości i maksymalnej głębokości wgłębienia profilu chropowatości. Jak wiadomo suma tych dwóch parametrów stanowi wartość parametru R_z . W większości stwierdzonych przypadków wysokość mikronierówności R_p jest mniejsza niż głębokość wgłębień R_v .

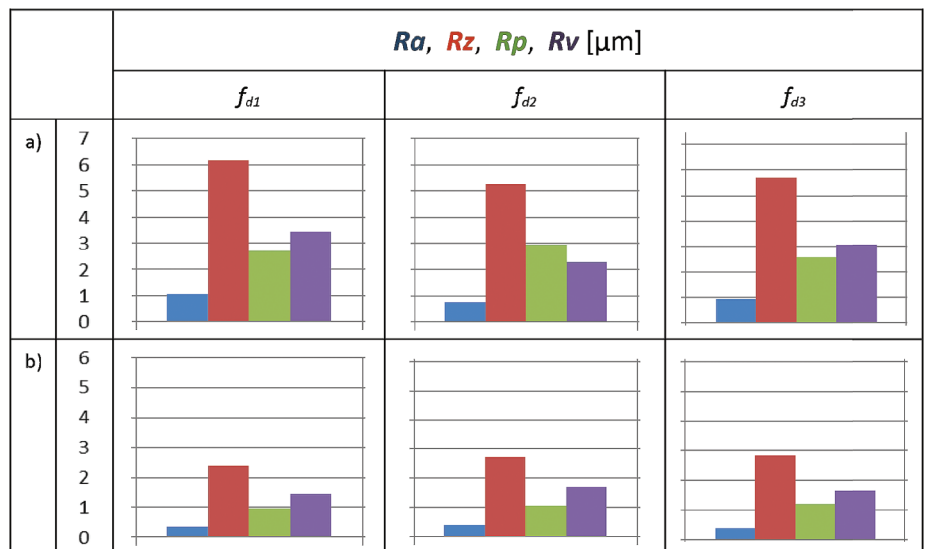
Analizując wykresy zawarte na rys. 2÷4 można stwierdzić, że parametry diamentowania mają wpływ na SGP, lecz niewielki, a obserwacja ta dotyczy wszystkich wartości posuwu ściernic f_s . Stwierdzono, że powierzchnie szlifowane ściernicami diamentowanymi z większymi prędkościami charakteryzują się parametrami SGP o większych wartościach. Stwierdzone zwiększenie parametru R_z było największe (ok. 25%) dla ściernic o ścierniwiwie grubszym przy posuwie $f_{s3} = 2,5$ m/min. Pewne odchylenie od tej reguły stwierdzono dla ściernic 60 HS, dla których zarejestrowano nieznaczne zmniejszenie (ok. 8%) tego parametru.

Podsumowanie

Rezultaty badań przedstawionych w tym artykule, a także w pracy [2], potwierdziły wpływ wielu czynników na stan powierzchni po szlifowaniu, co stanowi potwierdzenie licznych doniesień literaturowych. Na ich podstawie można oce-



Rys. 2. Chropowatość powierzchni szlifowanych ściernicami (o różnej granulacji ścierniwa) dla zmiennych prędkości diamentowania f_d : a) 89 A 60 HS V217, b) 89 A 80 HS V217; $f_{s1} = 0,5$ m/min



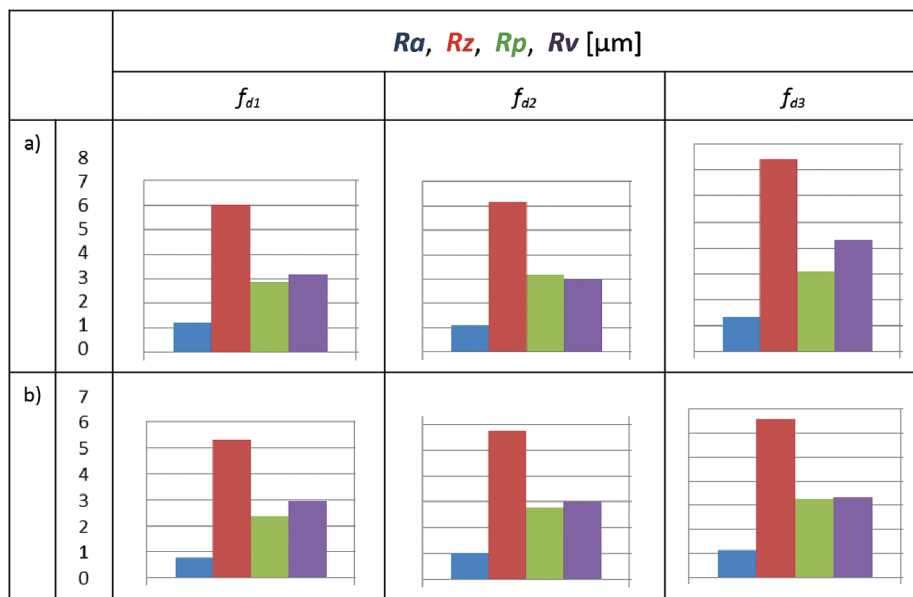
Rys. 3. Chropowatość powierzchni szlifowanych ściernicami (o różnej granulacji ścierniwa) dla zmiennych prędkości diamentowania f_d : a) 89 A 60 HS V217, b) 89 A 80 HS V217; $f_{s2} = 1,5$ m/min

Tablica 1. Wartości parametrów chropowatości powierzchni szlifowanej tarczami ściernymi diamentowanymi z różnymi prędkościami f_d

Parametr chropowatości μm	Posuw ściernicy f_s , m/min	Prędkość diamentowania, f_d , m/min					
		0,5		1,5		2,5	
		ściernica 89A ... V217					
		60 HS	80 HS	60 HS	80 HS	60 HS	80 HS
R_a	0,5	0,3222	0,3016	0,3853	0,3550	0,3697	0,4275
R_z		2,4580	2,4282	2,5997	2,6846	2,6483	2,9972
R_p		1,3170	1,2722	1,2294	1,2698	1,2881	1,5201
R_v		1,1410	1,1560	1,3703	1,4148	1,3603	1,4771
R_a	1,5	1,0575	0,3445	0,7491	0,3697	0,9198	0,3849
R_z		6,1741	2,4033	5,2654	2,7423	5,6750	2,8664
R_p		2,7235	0,9521	2,9549	1,0489	2,5997	1,1940
R_v		3,4506	1,4512	2,3105	1,6934	3,0753	1,6724
R_a	2,5	1,1937	0,7727	1,0722	1,0096	1,3166	1,1133
R_z		6,0249	5,3022	6,1411	5,7734	7,4360	6,5686
R_p		2,8478	2,3628	3,1755	2,7833	3,1067	3,2517
R_v		3,1771	2,9394	2,9656	2,9901	4,3293	3,3169

nić wpływ poszczególnych wielkości, lecz jedynie jakościowo. Dynamiczny rozwój inżynierii materiałowej w zakresie tworzyw konstrukcyjnych, z których wytwarzane są elementy maszyn powoduje jednak sytuację, że badania takie są niezbędne, gdyż potrzebne są informacje ilościowe. Po to, aby móc optymalizować procesy obróbki niezbędna jest bowiem wiedza szczegółowa dotycząca danego tworzywa.

Analizując relacje między czynnikami mającymi wpływ na SGP należy mieć ponadto na uwadze to, że relacje te ulegają zmianom na skutek nieuniknionego procesu zużywania ściernicy.



Literatura

[1] Deja M., Waszczur P., Wszelak K.: Wpływ parametrów szlifowania na chropowatość powierzchni stali 1.0562 w stanie zmięczonym. *Mechanik* nr 11/2017, ss. 1006-1008.

[2] Kotwis M., Żyłka W.: Badania czynników determinujących efektywność procesu szlifowania. *Obróbka Metalu* nr 3/2022, ss. 30-33.

[3] Oczóś K.E., Porzycki J.: *Szlifowanie: podstawy i technika*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1986.

[4] Puertoa P. et al.: Evolution of surface roughness in grinding and its relationship with the dressing parameters and the radial wear. *Procedia Engineering* 63 (2013), s. 174-182.

[5] Uhlmann E. et al.: Influence of rail grinding process parameters on rail surface roughness and surface layer hardness. *Wear*, vol. 366-367/2016, pp. 287-293. ■

Rys. 4. Chropowatość powierzchni szlifowanych ściernicami (o różnej granulacji ścierniwa) dla zmiennych prędkości diamentowania f_d : a) 89 A 60 HS V217, b) 89 A 80 HS V217; $f_{s3} = 2,5 \text{ m/min}$