

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

Stereometria warstwy wierzchniej w procesie szlifowania materiałów trudnościeralnych

Stereometry of the surface layer in the process of grinding difficult to machine materials

RYSZARD WÓJCİK
RADOSŁAW ROSIK
PRZEMYSŁAW WEJMAN
ROBERT WALCZAK *

DOI: 10.17814/mechanik.2015.8-9.399

W artykule zaprezentowano wyniki badań stereometrii warstwy wierzchniej kształtowanej podczas procesu szlifowania powierzchni płaskich, stali trudnościeralnych. Do badań wykorzystano ściernice najnowszej generacji Quantum, proces prowadzono bez udziału płynów obróbkowych starając się zachować warunki w jakich te stale pracują.

SŁOWA KLUCZOWE: stale trudnościeralne, szlifowanie, chropowatość

The paper presents the part of studies on the surface topography formation during grinding flat surface, difficult to machine steels. For the studies applied a new generation grinding wheel- Quantum, grinding process was carried out without the fluids, in order to keep the conditions in which those steels are habitually work.

KEYWORDS: difficult to machine, grinding wheel, surface roughness

Rosnące wymagania dotyczące maszyn i urządzeń a zwłaszcza wydłużenie okresów eksploatacji oraz aspekty ekonomiczne zmuszają do poszukiwania i stosowania materiałów o zwiększonej wytrzymałości ścierniej. Należy podkreślić, że w niektórych branżach takich jak górnictwo odkrywkowe rośnie zapotrzebowanie na materiały odporne na ścieranie [5,6,8].

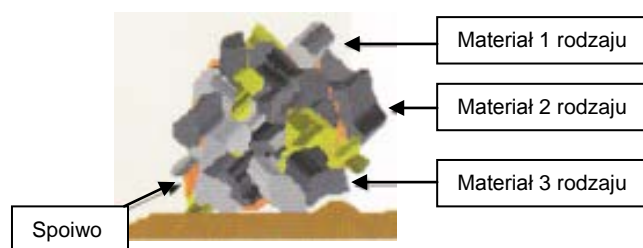
W związku z powyższym prace badawcze prowadzone są nad tego rodzaju stalami o podwyższonej odporności na zużycie ściernie. W ramach badań sprawdzono jak proces obróbki ścierniej wpływa na wybrane właściwości materiało-

we, w tym:

- odporność na zużycie ściernie,
- podwyższenie odporności na udary mechaniczne,
- uzyskania odpowiedniej zdolności na zginanie.

W przypadku niektórych konstrukcji, a zwłaszcza stalowych, wymagane jest zachowanie chociażby dobrej spawalności.

W większości zastosowań przemysłowych wymienione czynniki połączone ze sobą stanowią pewną kombinację prowadzącą do różnych poziomów odporności. W niektórych przypadkach osiągnięcie wysokiej wytrzymałości w połączeniu z odpornością na ścieranie wymaga struktur martenzytycznych. Z kolei uzyskanie wytrzymałości i twardości oraz udarności wymaga trójfazowych struktur: bainitu, ferrytu, skoagulowanego perlitu. Stąd wymagane są technologie stalownicze zapewniające wysokie walory użytkowe i jakościowe. Na rys.1 zaprezentowano przykładową budowę materiału będącego mieszaniną różnych materiałów ściernych o różnej twardości i procentowym udziale.



Rys.1. Budowa materiału ściernego oddziaływującego na materiał trudnościeralny

Ekwiwalentna twardość materiału ściernego T_0 jest równa sumie iloczynów procentowej zawartości poszczególnych składników stałych materiałów i ich twardości:

*dr hab inż. Ryszard Wójcik –prof. PŁ (rwojck@p.lodz.pl), dr inż. Radosław Rosik (radek.rosik@p.lodz.pl), mgr inż. Przemysław Wejman (wejman.przemyslaw@gmail.com), mgr inż. Robert Walczak robert.walczak@dokt.p.lodz.pl

$$T_0 = (\%)_1 \cdot T_1 + (\%)_2 \cdot T_2 + (\%)_3 \cdot T_3 \quad (1)$$

Gdzie: $(\%)_{1,2,3}$ – procentowy udział poszczególnych składników zawartych w materiale ściernym, $T_{1,2,3}$ twardość poszczególnych materiałów.

Badania, pomiar chropowatości

Proces szlifowania przeprowadzono na szlifierce do płaszczyzn SPD – 30b, wykorzystano próbki o wymiarach 10x30x100 mm w stanie nieutwardzonym ze stali XAR 400, Brinar 400 i Dillidur 500V, wszystkie parametry wytrzymałościowe, skład chemiczny, właściwości mechaniczne podano w pierwszej części artykułu [10]. Sam proces realizowano w formie jednego przejścia wglębne. Badania eksperymentalne zrealizowano z następującymi parametrami; $v_w = 0,2$ m/s, $v_s = 25$ m/s, $a_e = 0,01$ mm. Proces szlifowania przeprowadzono z udziałem ściernicy 01 350x32x127 2NQ60J VS3, bez podawania płynu obróbkowego w strefę obróbki.

Do pomiaru topografii powierzchni wykorzystano profilograf firmy Hommel Hercules Werkzeughandel model TurboWaveline60. Stanowisko pomiarowe przedstawione jest na rys. 2.

Profilografometr TurboWaveline60 z oprogramowaniem pozwala mierzyć chropowatość oraz falistość. Za pomocą specjalnego oprogramowania Hommel Map na podstawie zadanej ilości przejść igły pomiarowej tworzona jest przestrzenna mapa topograficzna badanej powierzchni w układzie 3D.



Rys.2. Stanowisko pomiarowe topografii powierzchni wraz z komputerem

Wyniki badań

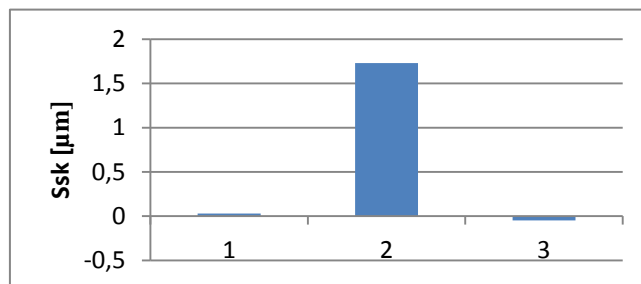
W tabeli 1 przedstawiono wartości parametrów SGP warstwy wierzchniej szlifowanych próbek z materiałów trudnościeralnych. Obejmują one wybrane parametry struktury geometrycznej powierzchni: amplitudowe, powierzchniowe i objętościowe, przestrzenne, hybrydowe oraz funkcjonalne.

Tab. 1. Parametry struktury geometrycznej

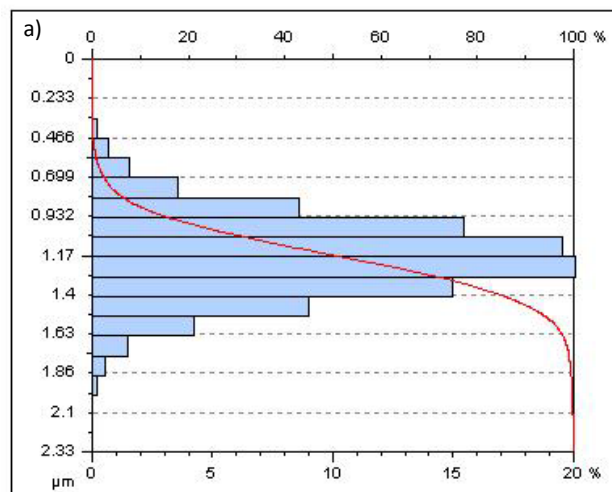
Symbol parametru	Powierzchnia		
	Materiały		
	Brinnar 400	Dillidur 500V	Xar 400
Parametry amplitudowe			
Sa	0,184 μm	0,206 μm	0,185 μm
Sq	0,234 μm	0,289 μm	0,243 μm
Sp	1,170 μm	4,810 μm	3,350 μm
Sv	1,16 μm	1,33 μm	2,09 μm

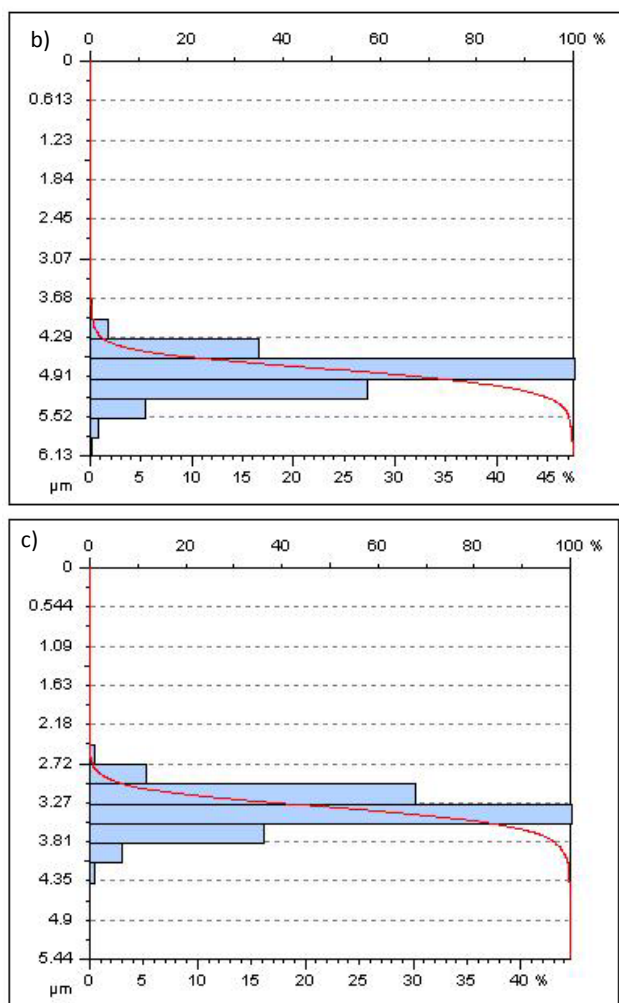
St	2,33 μm	6,13 μm	5,44 μm
Ssk	0,0294	1,73	-0,0478
Sku	3,56	26,5	5,73
Sz	1,94 μm	4,68 μm	3,61 μm
Parametry przestrzenne			
Sds	25,6 pks/mm ²	28 pks/mm ²	28,6 pks/mm ²
Str	0,0229	0,0182	0,0082
Sal	2,68x10 ⁻⁵ mm	2,13x10 ⁻⁵ mm	9,62x10 ⁻⁶ mm
Parametry hybrydowe			
Sdq	0,039 $\mu\text{m}/\mu\text{m}$	0,0512 $\mu\text{m}/\mu\text{m}$	0,0585 $\mu\text{m}/\mu\text{m}$
Ssc	0,0165 1/ μm	0,0242 1/ μm	0,0244 1/ μm
Sdr	0,0765%	0,129%	0,141
Parametry funkcjonalne [mm ³ /mm ²]			
Vmp	0,000157	0,000178	0,000246
Vmc	0,000838	0,000952	0,000149
Vvc	0,000274	0,000289	0,000267
Vvv	2,74x10 ⁻⁵	3,43x10 ⁻⁵	3,25x10 ⁻⁵

Z rys.4 wynika, że w zależności od rodzaju szlifowanego materiału zmienia się rozkład materiału na wysokości profilu (rozkład funkcji ADF) oraz kształt przestrzennej krzywej udziału materiałowego. Szlifowanie Dillidur 500V (rys.4b) powoduje, że więcej materiału kumuluje się w obrębie wzniesień czyli ponad linią średnią, co może świadczyć o deformacji profilu. Skutkiem zmiany rozkładu materiału na wysokości profilu są odpowiednie modyfikacje skośności Ssk (rys.3) wyraźny wzrost parametrów Ssk = 1,73 i Sku = 26,5 następuje w przypadku szlifowania materiału Dillidur 500V. Biorąc pod uwagę kształt krzywej nośności (3d BAC), można stwierdzić, że obróbka materiałów trudnościeralnych: Brinnar 400 oraz Xar 400 ściernicą Quantum ogólnie poprawia nośność wyjściowej powierzchni po procesie szlifowania.



Rys.3. Wartości skośności Ssk powierzchni: 1 – Brinnar 400, 2 – Dillidur 500V, 3 – Xar 400





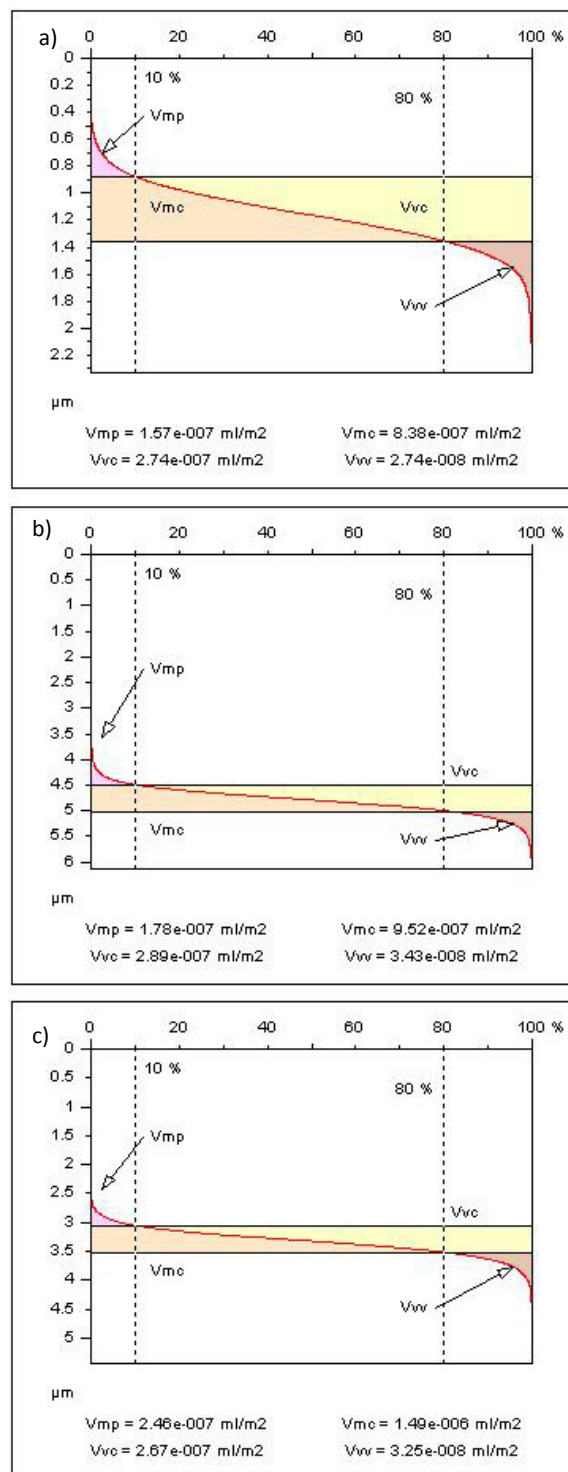
Rys.4. Kształt krzywych udziału materiałowego i rozkładu funkcji ADF powierzchni: a) Brinnar 400, b) Dilidur 500v, c) Xar 400

■ Charakterystyki funkcjonalne powierzchni

Analiza funkcjonalna oparta jest na czterech parametrach objętościowych z grupy 13 V-parametrów [2,3,9]:

- objętości rdzenia (V_{mc})
- objętości pustek rdzenia (V_{vc})
- objętości materiału wierzchołków (V_{mp})
- objętości pustek we wgłębieniach (V_{vv}).

Ich rozkład dla wyżej wymienionych materiałów przedstawiono na rys. 5. Największą objętość pustek we wgłębieniach uzyskano po procesie szlifowania Dillidur 500V, wynosi ona $V_{vv} = 3,43 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{mm}^2$. Wpływa to na zwiększenie wydajności przepływu płynu we wgłębieniach nierówności w strefie poniżej rdzenia [4]. Dodatkowo powierzchnia charakteryzuje się dużą ilością pustek rdzenia $V_{vc} = 0,000289 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$, a zatem posiada większą zdolność do gromadzenia płynu w rdzeniu. Jest to podstawowa część wysokości powierzchni z punktu widzenia zużycia podczas eksploatacji. Najmniejszą wartość z prezentowanych parametrów uzyskano po szlifowaniu próbki z materiału Brinnar 400. Dodatkowe dane dla trybologów o retencji płynu w dolinach mikronierówności na styku współpracy dwóch powierzchni można uzyskać na podstawie wektoryzacji sieci mikrorowków [7].

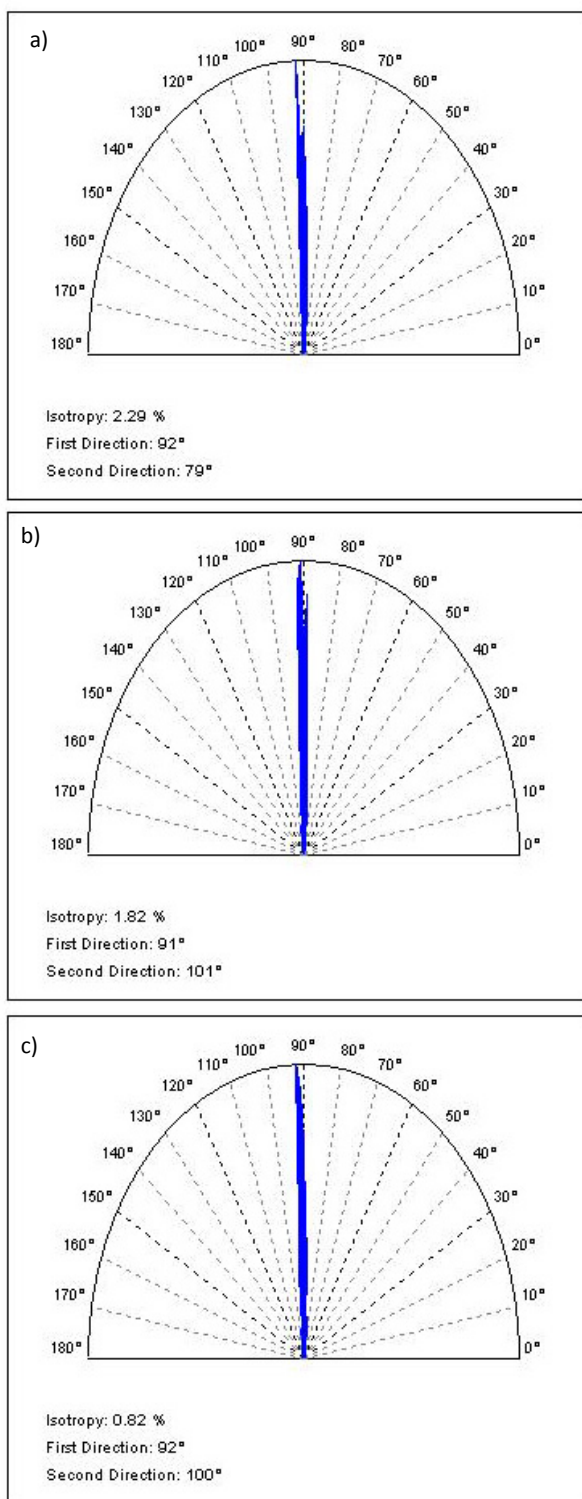


Rys.5. Objętościowe parametry funkcjonalne powierzchni po szlifowaniu: a) Brinnar 400, b) Dilidur 500V, c) Xar 400

■ Parametry przestrzenne i hybrydowe

Zbiór 12 S-parametrów obejmuje cztery parametry przestrzenne czyli *spatial parametres*, które opisują cechy struktury powierzchni [1,4]:

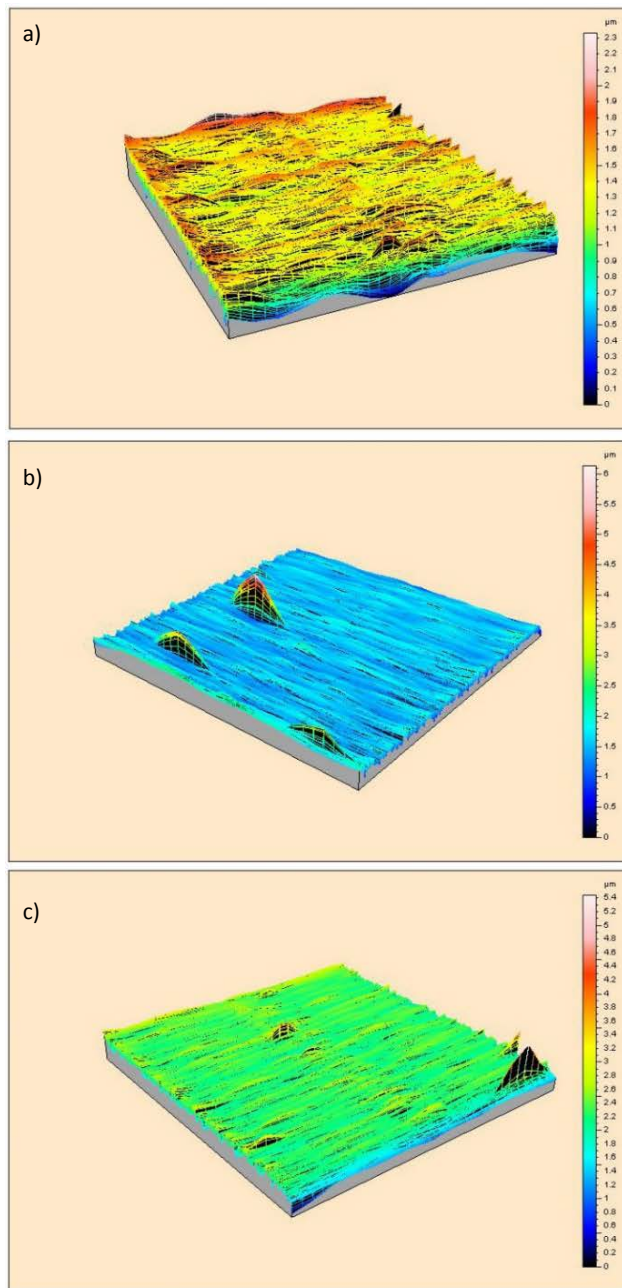
- długość autokorelacji powierzchni (S_{al}),
- wydłużenie tekstury powierzchni (S_{tr}),
- kierunkowość tekstury powierzchni (S_{td}),
- gęstość wierzchołków wzniesień (S_{ds}).



Rys.6. Kierunkowość struktury: a) Brinnar 400, b) Dillidur 500V, c) Xar 400

Powierzchnie materiałów Dillidur 500V oraz Xar 400 po szlifowaniu z głębokością $a_p = 0,01$ mm zawierają dużo więcej wierzchołków na jednostkę powierzchni niż po obróbce materiału Brinnar 400. Natomiast w przypadku tego samego materiału, większa wartość parametru Str oznacza, że powierzchnia szlifowana ma słabszą kierunkowość (czyli anizotropię) tekstury od pozostałych obrabianych materiałów. Mimo to wartość parametru Str $< 0,1$ i tak wskazuje na wysoką anizotropowość wszystkich szlifowanych powierzchni. Właściwości te potwierdza diagram kierunkowości powierzchni, który został przedstawiony na rys.6, na którym widać, że poziom izotropowości dla materiału Brinnar 400 przekracza nieznacznie 2%. Parametry Std i Sal są

wynikiem analizy funkcji autokorelacji i zależą od stereometrii powierzchni. Wartość parametru Std dla Brinnar 400 oraz Xar 400 jest równy 92° , natomiast dla Dillidur 500V wyniósł 91° dla powierzchni szlifowanej. Wartość tego parametru informuje, że dominujące ślady obróbkowe są prostopadłe do ich kierunku pomiaru. Największą wartość współczynnika zanikania funkcji autokorelacji Sal uzyskano dla materiału Brinnar 400 (rys.7a).



Rys.7. Rozkład funkcji autokorelacji dla powierzchni: a) Brinnar 400, b) Dillidur 500V, c) Xar 400

Natomiast na rys. 7a i b można zaobserwować, że po szlifowaniu Xar 400 oraz Dillidur 500V nastąpiły miejscowe zagłębienia. Brak prawidłowego odprowadzenia wiórów ze strefy szlifowania powoduje szybkie zalepianie się czynnej powierzchni ściernicy. To niekorzystne zjawisko powoduje, że oprócz skrawania ziarnami ściernymi, w trakcie tego procesu dodatkowo styk z materiałem obrabianym mają przyklejone wióry, które bardzo często wychodzą poza obrys ściernicy. W konsekwencji podczas trwania obróbki pozostawiają ślad w postaci głębokich rys na powierzchni warstwy wierzchniej.

W dalszej części artykułu podjęto się analizy kolejnych trzech parametrów hybrydowych:

- średniego kwadratowego nachylenia nierówności (Sdq),
- średniego arytmetycznego promienia wierzchołków (Ssc),
- rozwinięcia powierzchni (Sdr).

Powierzchnia szlifowana Xar 400 jest złożona z nierówności o znacznie większym pochyleniu (0,0585) niż po obróbce Dillidur 500V (0,0512) oraz Brinnar 400, przy obróbce ostatniego materiału uzyskano dużo mniejszą wartość (0,039). Również krzywizny nierówności na powierzchni szlifowanej są większe (Ssc = 0,0244) niż na pozostałych obrabianych materiałach. Wartości parametru Ssc mieszczą się w przedziale $0,004 - 0,03 \mu\text{m}^{-1}$, co jest charakterystyczne dla typowych powierzchni kształtowanych przez obróbkę szlifowaniem. Pozytywną cechą powierzchni szlifowanej Brinnar 400 jest również to, że uzyskano najmniejszą jednostkę powierzchni płaskiej (rozwinięcie powierzchni) Sdr = 0,0765%.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono wybrane parametry charakterystyki profilu oraz topografii powierzchni uzyskanej na próbkach z materiałów trudnościeralnych: Brinnar 400, Dillidur 500V oraz Xar 400 w wyniku procesu szlifowania ściernicą Quantum ze spoiwem Vitrium³. Stosowanie różnych technik pomiaru oraz wizualizacji powierzchni umożliwia ocenę cech stereometrycznych oraz właściwości eksploatacyjnych. Dzięki szybkiemu rozwojowi technologii pomiarowych możliwe jest prognozowanie właściwości funkcjonalnych części, poprzez właściwy dobór warunków szlifowania na poszczególnych etapach procesu technologicznego.

LITERATURA

1. Adamczak S., Pomiar geometryczny powierzchni. Zarysy kształtu, falistość i chropowatość. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2008.
2. Grzesik W. "Wpływ obróbki sekwencyjnej na topografię powierzchni stali utwardzonej", *Mechanik* 5-6 2014, s.350-363.
3. Grzesik W., Rech J., Wanat T., Surface finish on hardened bearing parts produced by superhard and abrasive tools, *International Journal Maching Tools Manufacture*, 47 (2007), pp.255-262.
4. Grzesik W., Szlifowanie ściernicą CBN – charakterystyka profilu i topografii powierzchni utwardzonej stali po przeprowadzeniu procesu cz.II, *Stal* 5-6/2014, s.21-23.
5. Habrat W, Oczóś K., Doskonalenie procesów obróbki ściernicą. *Mechanik*, 8-9/2010, s.517-529.
6. Oczóś K. E., Doskonalenie techniki szlifowania. Część II. *Mechanik*, 10, 2005
7. Oczóś K.E., Liubimov V., "Struktura geometryczna powierzchni", Oficyna Wyd. PRz, Rzeszów 2003
8. Plichta J., Kierunki rozwoju procesów szlifowania. *Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji, Politechnika Wrocławska*, 1997.
9. Rosik R., Grduńska A., Wpływ prędkości szlifowania na stan warstwy wierzchniej w procesie szlifowania stopu tytanu, *Mechanik*, 8-9/2014, s.284-288.
10. Wójcik R., Rosik R., Wejman P., Walczak R., Analiza składowych siły skrawania w procesie szlifowania materiałów trudnościeralnych, *Mechanik* 8-9 2015.