

Adam BARYLSKI¹

AUTOMATYCZNA ANALIZA WYMIARÓW MIKROZIAREN ŚCIERNYCH

W docieraniu konwencjonalnym, docierakami aktywowanymi w sposób swobodny, jednym z ważnych warunków obróbki jest sposób dozowania pasty lub zawiesiny ścierniej. Jest to istotny problem zarówno w aspekcie technologicznym (jakościowym) jak i ekonomicznym. W pracy przedstawiono skomputeryzowaną analizę wielkości i kształtu mikroziaren ściernych przy użyciu specjalnego oprogramowania MultiScan v. 6.08 oraz zautomatyzowane pomiary z wykorzystaniem analizatora laserowego Analysette 22 Micro Tec (Fritsch GmbH). W drugim systemie pomiarowym, obrazy przekazywane są z kamery CCD sprzężonej z mikroskopem stereoskopowym. Program MultiScan stosowany jest do analizy obrazów mikroskopowych.

AUTOMATIC CONTROL OF ABRASIVE MICROGRAINS SIZE

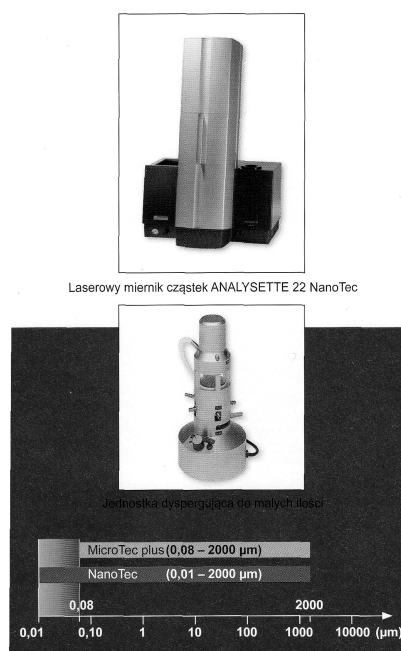
In conventional lapping, with the use of lapping tool activated in unconstrained mode, one of the most important factors is the way of paste or abrasive slurry dosage. This process is a crucial issue from both technological (quality) and economic points of view. The computer analysis of size and shape micrograins abrasive using special software MultiScan v 6.08 and laser particle sizer Analysette 22 Micro Tec (Fritsch GmbH) for automated measurement is presented in the paper. In the too measurements system, images of impressions were obtained b/w CCD camera mounted on a stereoscopic microscope. Software MultiScan was used for computer analysis of microscopic images.

1. WPROWADZENIE

W metodach obróbki wykańczającej i bardzo dokładnej luźnym ścierniwem, stereometria kształtowanej powierzchni w zasadniczym stopniu zależy od parametrów geometrycznych stosowanych mikroziaren ściernych. Także intensywność procesów zużycia ściernego, zachodzących w obecności cząstek trwałych, zależy od ich stereometrii. Pojawia się więc problem określenia wielkości mikroziaren ściernych, które jako bryły o przestrzennie złożonych kształtach są obiektami trudnymi do analizy [8,13,14].

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, tel.: +48 58 347 19 82, fax: +48 58 347 14 50, e-mail: abarylsk@pg.gda.pl

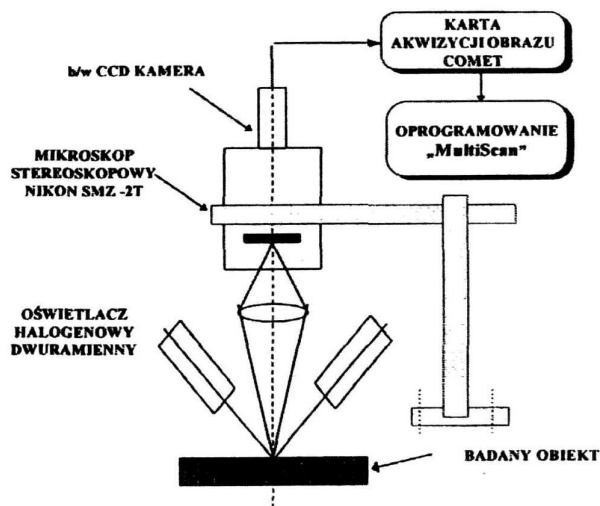
Znanych jest i stosowanych w praktyce kilka sposobów oceny wielkości i kształtu mikroziaren. Są to głównie metody sedymentacyjne [4], mikroskopowe [6] i laserowe [1,7,12]. Na rys. 1 przedstawiono przykład takiego analizatora firmy Fritsch GmbH. Zakres jego pomiaru wynosi: 0,01-1000 μm – analiza na mokro i 0,1-1000 – gdy badania prowadzone są na sucho [10]. W analizie stopnia zużycia mikroziaren zlecić można też mikroskopię skaningową [2], mikroanalizę rentgenowską [3] lub wykorzystanie skomputeryzowanego analizatora obrazu [1].



Rys.1. Laserowy miernik cząstek Analysette 22 Nano Tec (Fritsch GmbH);

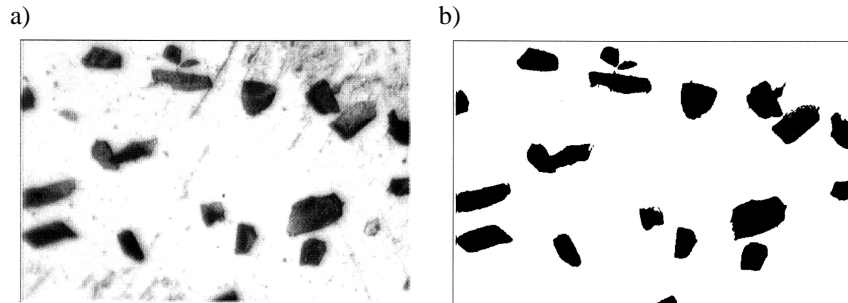
2. WYNIKI BADAŃ

Badania z wykorzystaniem analizatora laserowego poprzedziła analiza mikroskopowa mikroziaren ściernych (badania płaskiego obrazu mikroskopowego – rzutów mikroziaren na płaszczyznę obserwacji). Jako parametry diagnostyczne wielkości mikroziaren przyjęto wymiary jego obrazu (długość l i szerokość b), a także pole powierzchni A . Pomiary przeprowadzono na skomputeryzowanym stanowisku, wyposażonym w mikroskop stereoskopowy, kamerę CCD i oprogramowanie MultiScan v.6.08 firmy Computer Scanning System Sp z o.o. [9](rys.2).



Rys.2. Skomputeryzowana analiza wielkości mikroziaren ściernych przy użyciu oprogramowania MultiScan

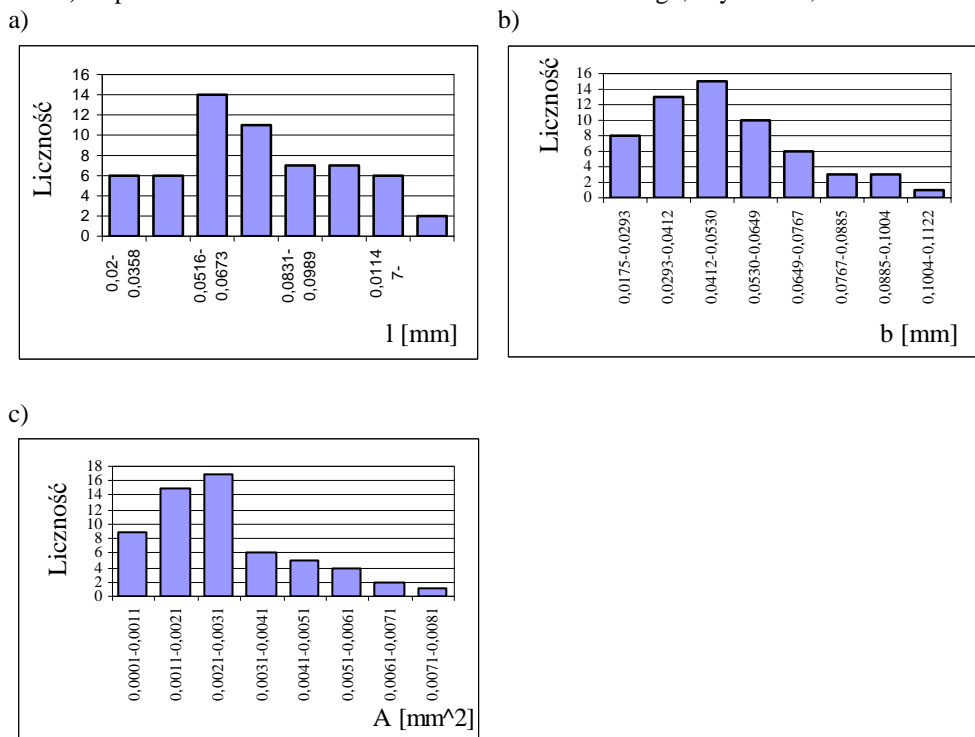
Opracowanie statystyczne zmierzonych wielkości możliwe jest przy użyciu arkusza kalkulacyjnego Excel, do którego program MultiScan eksportuje wyniki pomiarów [11]. Obraz analizowanej partii ziaren ściernych z mikroskopu stereoskopowego, poprzez kamerę CCD, jest zapisywany w postaci pliku w pamięci komputera. Tak otrzymany obraz mikroskopowy nie może być jednak bezpośrednio wykorzystany do automatycznej analizy, gdyż występują różne odcienie tła i stopnie szarości ziaren. Należy więc dążyć do uzyskania obrazu o skrajnych kontrastach (białe tło i czarne obrazy ziaren - lub odwrotnie). Efekt ten można uzyskać przy zastosowaniu filtrów binaryzujących, zawartych w programie MultiScan (rys.3). W pierwszym etapie filtrowania otrzymuje się obraz, w którym ziarna przyjmują barwę czarną na białym tle, jednak na ziarnach widoczne są białe pola będące pozostałością refleksów świetlnych pochodzących z pierwotnego obrazu mikroskopowego. Usunięcie tych refleksów otrzymuje się poprzez kolejny etap obróbki obrazu, jakim jest filtrowanie „z zalewaniem otworów”. W oparciu o tak przygotowany obraz po odpowiednim wyskalowaniu, korzystając z funkcji „pomiar – szukaj obiekty”, program sam zlicza i zaznacza badane ziarna. Następnie, komendą „oblicz”, realizowany jest właściwy pomiar parametrów geometrycznych płaskich obrazów ziaren.



Rys.3. Cząstki ścierniwa 98C F320/29: a) przed binaryzacją, b) po binaryzacji

W celu przeanalizowania wyników pomiarów oraz ich analizy statystycznej należy wyznaczyć liczbę przedziałów klasowych m szeregu rozdzielczego. Liczba ta powinna spełnić następujące warunki [5]:

- spełniać zależność: $0,5n^{1/2} \leq m \leq n^{1/2}$ (gdzie n – liczebność próby), czyli $4 \leq m \leq 8$;
- nie powinna być mniejsza niż 7 i większa niż 15;
- spełniać warunek Huntsbergera: $m = 1 + 3,3 \lg n$, czyli $m \approx 6,9$;
- spełniać warunek de Brook'sa i Carruthersa: $m < 5 \lg n$, czyli $n < 8,8$.

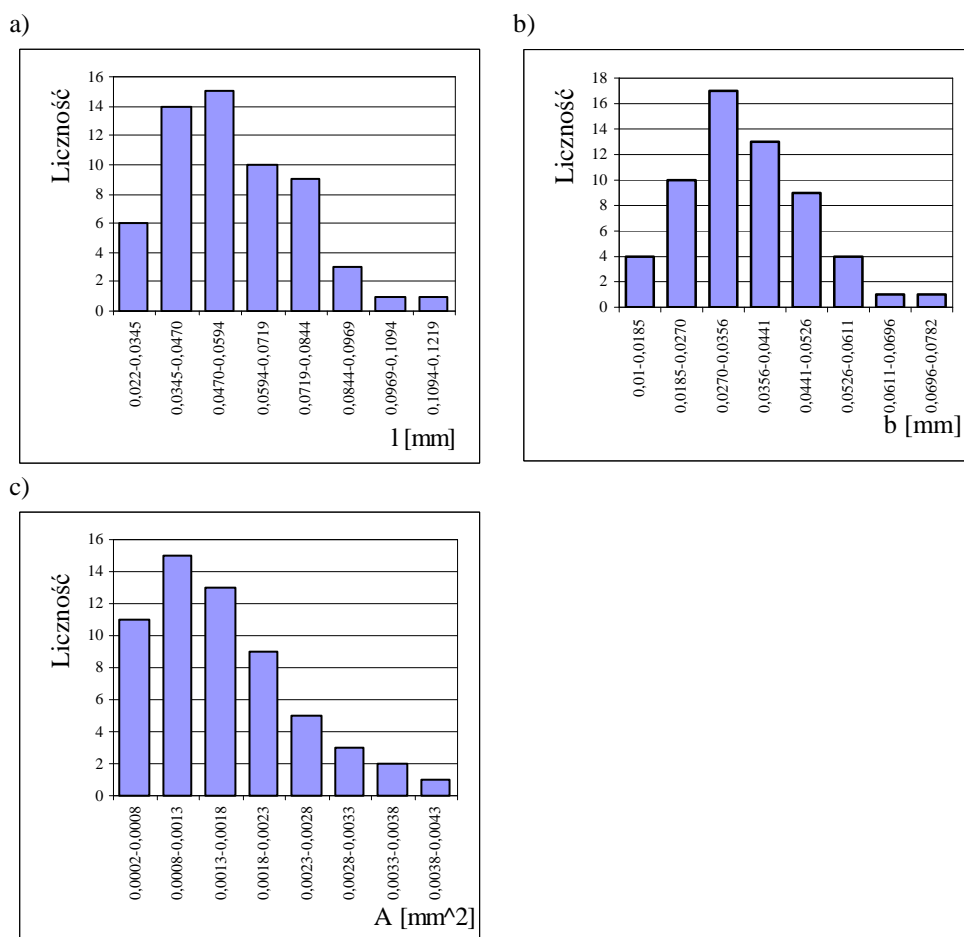


Rys.4. Rozkłady wielkości mikroziaren 99A F320/29: a) długość l , b) szerokość b , c) pole powierzchni A

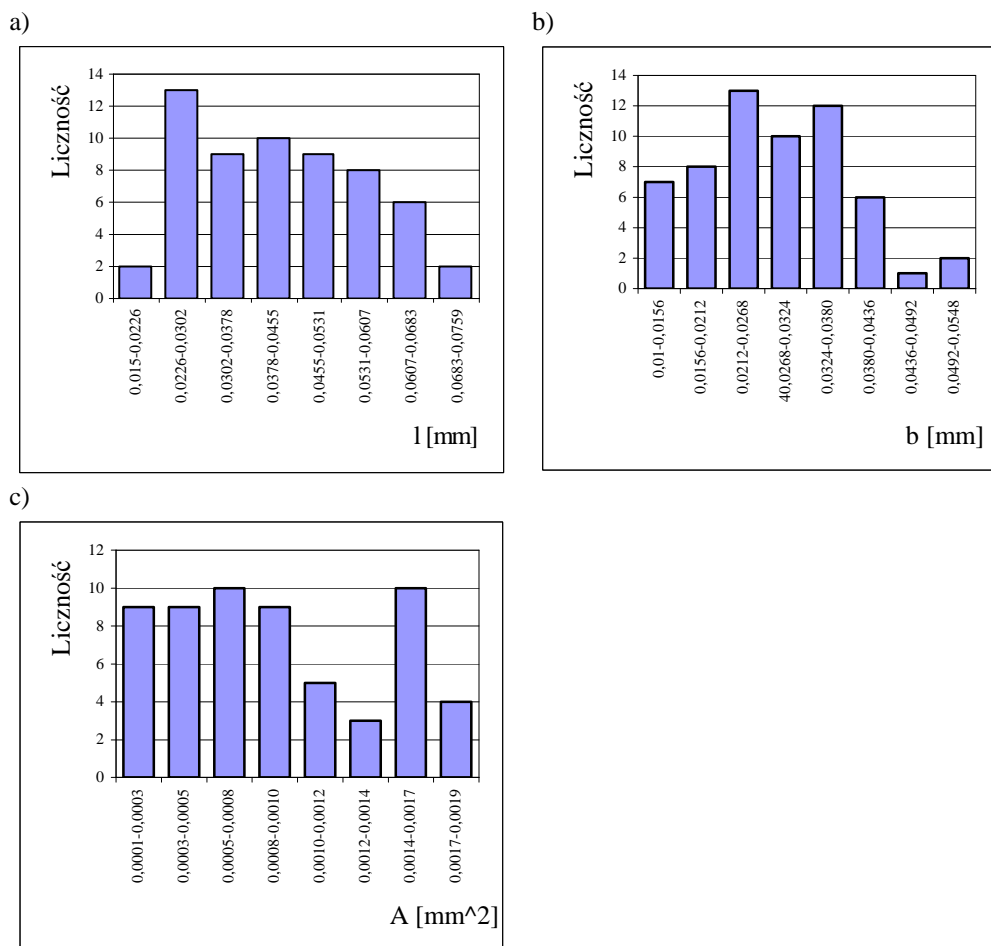
Tab.1. Charakterystyki rozkładów

Mikroziarna	95A F500/13	98C F500/13	98C F320/29	99A 320/29
Długość obrazu mikroziarna l [mm]				
x_{sr}	0,0378	0,0429	0,0636	0,0760
c	0,04215	0,04545	0,0441	0,0831
x_m	0,0365	0,0387	0,0368	0,0781
x_d	0,0329	0,0282	0,0324	0,0631
s^2	0,0000897	0,0002012	0,000163	0,000898
s	0,009471	0,01418	0,0128	0,0300
d	0,0077	0,0121	0,0104	0,0245
v	25%	33%	35%	39%
a	0,6258	0,2401	0,0496	0,239
e	-0,1601	-1,0024	0,142	-0,800
Szerokość obrazu mikroziarna b [mm]				
x_{sr}	0,0246	0,0282	0,0574	0,0509
c	0,02555	0,0324	0,0720	0,0649
x_m	0,0263	0,0305	0,0599	0,0542
x_d	0,0225	0,247	0,0491	0,0446
s^2	0,0000412	0,0000963	0,000383	0,000411
s	0,006420	0,00981	0,0196	0,0203
d	0,0053	0,0081	0,0160	0,0163
v	26%	35%	34%	40%
a	0,2576	0,2777	0,0617	0,708
e	-0,4845	-0,4333	0,0779	-0,00331
Pole powierzchni obrazu mikroziarna A [mm ²]				
x_{sr}	0,0007	0,0009	0,00160	0,00270
c	0,000925	0,001	0,00225	0,00410
x_m	0,0006	0,0010	0,00140	0,00300
x_d	0,0005	0,0006	0,00110	0,00230
s^2	0,0000001	0,0000003	0,000000700	0,000000290
s	0,0002981	0,00051	0,000864	0,00169
d	0,0002	0,0004	0,0007	0,00130
v	42%	58%	55%	62%
a	0,8563	0,2932	0,787	0,879
e	0,08260	-1,1655	0,126	0,207

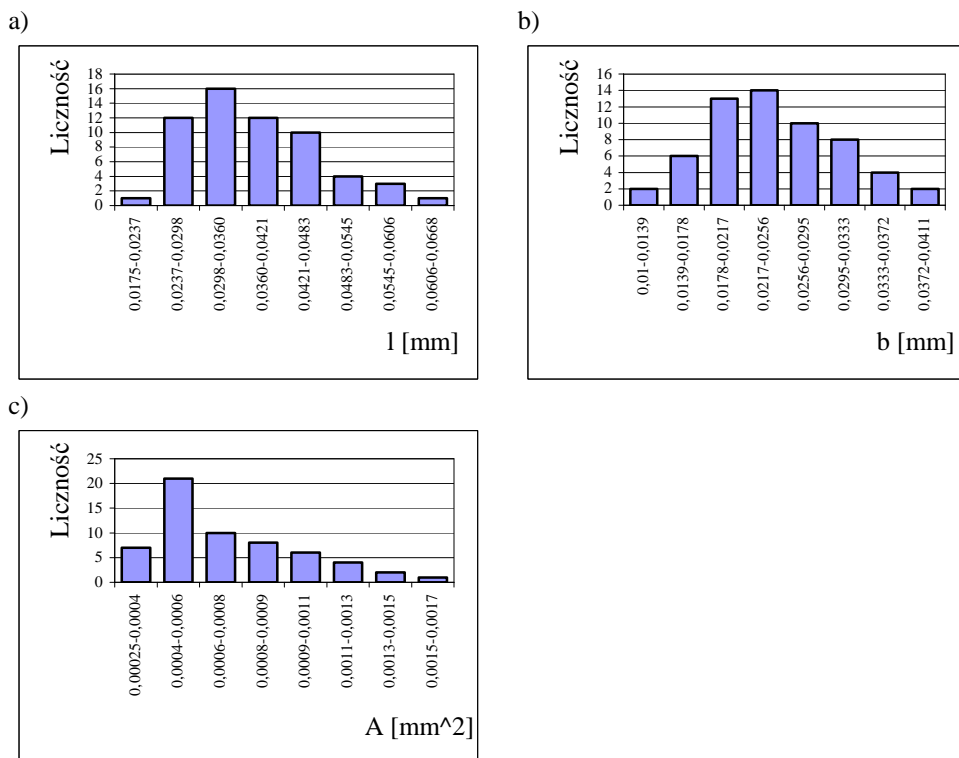
W dalszych badaniach przyjęto liczbę przedziałów klasowych szeregów $m = 8$, wyznaczając: charakterystyki położenia – średnią arytmetyczną x_{sr} , środek rozstępu c, medianę x_m i wartość modalną x_d ; charakterystyki rozproszenia – wariancję s^2 , średnie odchylenie kwadratowe s, odchylenie przeciętne d, współczynnik zmienności v; charakterystykę asymetrii – współczynnik asymetrii a; charakterystykę skupienia – eksces e. Wyniki wyznaczonych charakterystyk wybranych mikroziaren węgla krzem i elektrokorundu podano w tab.1, zaś zbudowane szeregi rozdzielcze na rys.4-7.



Rys.5. Rozkłady wielkości mikroziaren 98C F320/29: a) długość l , b) szerokość b , c) pole powierzchni A



Rys.6. Rozkłady wielkości mikroziaren 98C F500/13: a) długość l , b) szerokość b , c) pole powierzchni A

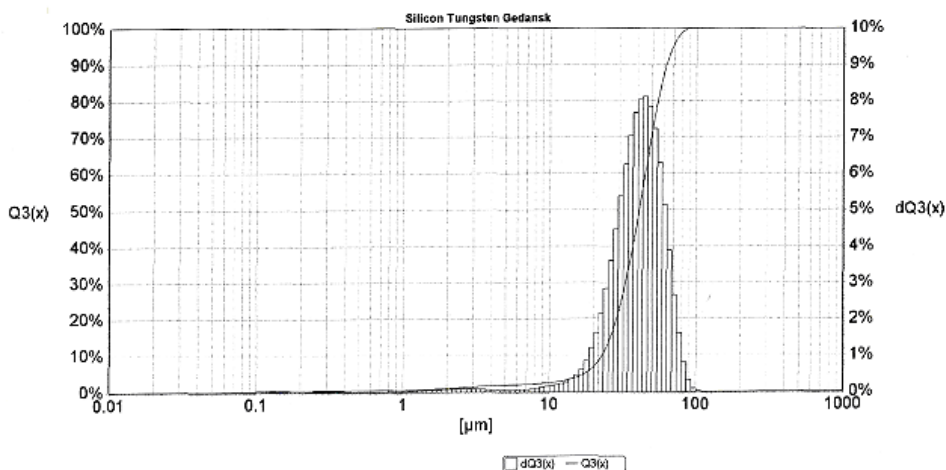


Rys.7. Rozkłady wielkości mikroziaren 95A F500/13: a) długość l , b) szerokość b , c) pole powierzchni A

Otrzymane szeregi dla mikroziaren 98C mają asymetrię dodatnią (prawostronną), przy czym dla mikroziaren o numerze F500/13 jest ona większa. Badane mikroziarna mają zbliżony współczynnik zmienności, zaś różną miarę koncentracji. Dla rozkładu mikroziaren większych (F320/29) występuje eksces dodatni, czyli wynika z tego, że jest to rozkład wysmukły w stosunku do skupienia szeregu reprezentatywnego dla populacji o rozkładzie normalnym. Mikroziarna 98C F500/13 mają zaś eksces ujemny, o czym świadczy rozkład spłaszczony, a więc wartości są bardziej rozproszone. Ponadto łatwo zauważyć, że mikroziarna mniejsze węglika krzemu zawierają w swoim rozkładzie większą liczbę cząstek w krańcowych przedziałach klasowych. W przypadku mikroziaren 98C i 99A o numerze F320/29 stwierdzono asymetrię dodatnią, przy czym dla 99C jest ona nieco większa. Oba rozkłady mają zbliżony współczynnik zmienności, zaś odmienną miarę koncentracji. Mikroziarna 98C mają eksces dodatni, zaś 99C – ujemny. Porównując rozkłady mikroziaren 98C i 95A o numerze F500/13 stwierdzono porównywalną asymetrię prawostronną oraz większą wartość współczynnika zmienności rozmiarów rozkładu węglika (33%), w porównaniu z elektrokorundem (25%), zaś eksces jest zawsze dodatni (rozkład wysmukły).

Średnie wartości współczynnika kształtu ($K = l/b$) analizowanych ścierniw są zbliżone i wynoszą: $K = 1,56$ dla 95A F320/29, $K = 1,64$ dla 98C F320/29, $K = 1,57$ dla 95A F500/13 i $K = 1,52$ dla mikroziaren 98 F500/13.

Przykład rozkładu wielkości mikroziaren 98C F320/29 otrzymany na podstawie analizy laserowej zamieszczono na rys.8.



Rys.8. Rozkład wielkości mikroziaren 98C F320/29 - Analysette 22 Micro Tec (Fritsch GmbH)

3. PODSUMOWANIE

Stosowanie skomputeryzowanego systemu analizy mikroziaren ściernych ułatwia między innymi ocenę kształtu mikroziaren przed podjęciem decyzji o ich wykorzystaniu w procesach obróbki ścierniej.

Zastosowane w badaniach automatyczne sposoby pomiaru wielkości mikroziaren ściernych należy zaliczyć obecnie do metod wydajnych, o dużym stopniu informatywności. Zastąpienie tradycyjnej analizy sedymentacyjnej metodą spektrometrii laserowej można uznać za kierunek właściwy.

W każdej metodzie pomiarowej wielkości i kształtu ścierniwa koniecznym jest przestrzeganie zasady, aby sam proces analizy nie spowodował rozdrobnienia ziaren (pękanie) lub ich powiększania (zrosty). W praktyce, wybrany sposób analizy zależy głównie od rodzaju i rozmiarów cząstek, zaś czasochłonność i dokładność poszczególnych pomiarów jest bardzo zróżnicowana.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] An H., Mori Y., Kataoka T., Endo K., Inagaki K., Yamamura K., Yamauchi K., Fukuike T.: *A New Apparatus for Measuring Particle Size of the Order of Nanometer (2rd Report). Evaluation of Measuring System by using Standard Particles*, In. J. Japan Soc. Prec. Eng., vol.28, nr 4, s.356-361, 1994.
- [2] Barylski A.: *Analiza kształtów i rozmiarów mikroziaren ściernych za pomocą mikroskopu skaningowego*, Szkło i Ceramika, nr 1, s.34-36, 1985.
- [3] Barylski A.: *Ocena rozmiarów mikroziaren ściernych z wykorzystaniem mikroanalyzera rentgenowskiego*, Szkło i Ceramika, nr 3-4, s.108-110, 1985.
- [4] Barylski A.: *Systemy automatycznej kontroli wymiarowej mikroziaren ściernych*, Diagnostyka, nr 3(39), s.253-258, 2006.
- [5] Bobrowski D.: *Probabilistyka w zastosowaniach technicznych*, WNT, Warszawa, 1980.
- [6] Borowik S., Wiśniewski D.: *Proszki testowe w badaniach efektywności filtrów oraz wrażliwości zanieczyszczeniowej elementów i układów hydraulicznych*, [Materiały] V Ogólnopolska Konf. Nauk.-Tech. POLTRIB'99, Tribologia dla eksploatacji, Polskie Towarzystwo Tribologiczne, Centrum Szkolenia "Explonaf", Szczyrk, 16-18.06.1999, s.135-151.
- [7] Bumiler M.: *Particle Size Analysis of Powder Metal Using Laser Diffractin*, Industrial Heating, June, s.41-45, 1997.
- [8] Hagiwara S., Obikawa T., Yanai H.: *Evaluation of lapping grains based on shape characteristics*, J. of the Japan Soc. of Prec. Eng., vol. 61, s.1760-1764, 1995.
- [9] Materiały firmy Computer Scanning Systems Sp. z o.o. (Warszawa), 1996.
- [10] Materiały firmy Fritsch GmbH (Idar-Oberstein), 2010.
- [11] Narloch M.: *Komputerowa analiza wielkości i kształtu mikroziaren ściernych*, PG, Katedra TMiAP, pr. dypl., prowadzący pracę A. Barylski, Gdańsk, 1999.
- [12] Niebuhr D., Pülm S., Witt W.: *Analysis, conversion and visualization of particle size data combined with a data based control system for particulate processes*, [Materiały] 7. Europ. Symposium Particle Charact., s.1209-1213, 1998.
- [13] Peng Z., Kirk T.B.: *Wear particle classification in a fuzzy grey system*, Wear, vol. 225-229, s.1238-1247, 1999.
- [14] Yoshioka M., Hagiwara J.: *Simulation of Time-dependent Distribution of Abrasive Grain Size in Lapping (2rd Report). Discussion on Breakage Probability, Multiplication Tate and Transition Probability of Abrasive Grains*, J. of the Japan Soc. of Prec. Eng., vol. 61, s.1270-1274, 1995.