

Wojciech KAPŁONEK

POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA, KATEDRA INŻYNIERII PRODUKCJI

Ocena topografii powierzchni arkuszy ściernych z wykorzystaniem światła strukturalnego i komputerowej analizy obrazu

Mgr inż. Wojciech KAPŁONEK

Dyplom magistra inżyniera mechanika o specjalności Inżynierskie Zastosowania Komputerów uzyskał w 2003 roku na Politechnice Koszalińskiej. Od 2003 roku doktorant w Katedrze Inżynierii Produkcji Politechniki Koszalińskiej. Jego główne zainteresowania zawodowe to pomiary nierówności powierzchni metodami optycznymi oraz komputerowa obróbka i analiza obrazu.



e-mail: wkaplonek@tu.koszalin.pl

Streszczenie

W pracy przeanalizowano możliwość wykorzystania jednej z metod światła strukturalnego do oceny topografii powierzchni arkuszy ściernych. Przedstawiono krótki opis sposobu tworzenia wzorów optycznych, z wykorzystaniem światła laserowego za pomocą, którego oświetlano badane powierzchnie. Zamieszczono także wyniki badań doświadczalnych prowadzonych z zastosowaniem oprogramowania do analizy obrazu Image-Pro Plus i ImageJ. W badaniach tych porównywano zarejestrowane obrazy powierzchni arkuszy ściernych wyznaczając parametry fotometryczne i geometryczne.

Surface topography assessment of abrasive sheets by structured light and image analysis**Abstract**

In the paper one of structured light method for evaluation of surface topography of abrasive sheets is described. This method is based on projection onto the measured surface light pattern and analysing a degree of defects. These defects can give more information about condition of measured surface. Brief description of method for creating patterns with using source of laser light is presented. The results of experimental investigations leaded with image analysis software Image-Pro Plus and ImageJ was presented also. In this investigations were compared images from abrasive sheets marking photometric and geometrical parameters.

1. Wstęp

Wśród szerokiej gamy produkowanych obecnie narzędzi ściernych dużą grupę stanowią narzędzia w postaci arkuszy ściernych o podłożu papierowym lub płóciennym. Stosowane są one w obróbkach wykańczających, głównie w przemyśle maszynowym, motoryzacyjnym, meblarskim. Na proces obróbki ścierniej w dużym stopniu wpływa struktura geometryczna powierzchni [1, 2] narzędzia. Jej ocena może dać wiele informacji o zniekształceniach powierzchni narzędzia wynikających z jego zużycia lub wad. Najczęściej badania struktury geometrycznej powierzchni przeprowadza się metodami profilometrycznymi [3]. Charakteryzują się one wysoką dokładnością są jednak czasochłonne, co w warunkach produkcyjnych lub eksploatacyjnych uniemożliwia przeprowadzenie szybkich pomiarów. W takich warunkach zazwyczaj nie jest wymagana wysoka dokładność, ale szybkość i prawidłowość dokonywanej oceny. Powyższe wymagania spełniają metody optyczne, które są szeroko stosowane w warunkach produkcyjnych. Niestety w przypadku narzędzi ściernych metody optyczne posiadają pewne ograniczenia. Wynikają one z zakresu wysokości mierzonych nierówności oraz z niejednorodności właściwości optycznych ocenianych powierzchni. Pomimo tego istnieją pewne grupy metod optycznych, które pozwalają oceniać powierzchnie optycznie niejednorodne o dużych nierównościach.

Są to m.in. metody wykorzystujące zjawisko samozacieniania powierzchni [4], oraz metody światła strukturalnego [5].

2. Metody światła strukturalnego

Metody światła strukturalnego należą do grupy optycznych metod profilometrycznych [6]. W obrębie metod światła strukturalnego możemy wyróżnić metody przekroju świetlnego [7], metody mory [4] oraz metody, w których wykorzystuje się wzory optyczne o różnym kształcie [6].

Jedną z szeroko wykorzystywanych metod światła strukturalnego, jest metoda rzutowania wzorów światła. Polega ona na projekcji pod pewnym kątem wiązki światła, która po przejściu przez optyczny element dyfrakcyjny oświetla powierzchnię badanego przedmiotu specyficznym wzorem światła (ang. *pattern*) w kształcie linii [8] lub siatki [9]. Tworzony obraz może być prosty lub skomplikowany, zależy to od zastosowanego elementu optycznego. Nierówności powierzchni zniekształcają powstający na niej obraz. Stopień zniekształcenia może dać wiele informacji o stanie badanej powierzchni. Zarejestrowany obraz poddawany jest ocenie w systemach komputerowej analizy obrazu. Możliwe jest uzyskanie przestrzennego, 3-wymiarowego odwzorowania badanej powierzchni. Metoda ta charakteryzuje się bezstykowym sposobem pomiaru, krótkim czasem dokonywanej oceny oraz niewielką wrażliwością na drgania. Często stanowi uzupełnienie metod stykowych i interferometrycznych.

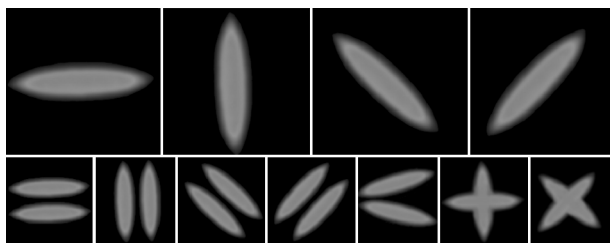
3. Badania doświadczalne

Podstawowym celem badań doświadczalnych było sprawdzenie przydatności metody światła strukturalnego do oceny topografii powierzchni. Do badań przeznaczono 10 arkuszy ściernych o różnym kolorze nasypu i zmiennej granulacji ziarna. Arkusze pocięto na pasy o długości $l = 100$ mm i szerokości $d = 50$ mm. Parametry badanych arkuszy ściernych przedstawiono w tablicy 1.

Tab. 1. Parametry arkuszy ściernych użytych w badaniach
Tab. 1. The parameters of tested abrasive sheets

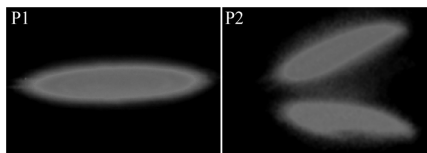
Nazwa	Granulacja ziarna	Kolor nasypu	Producent
Papier ścierny płótnowany	36	Jasno brązowy	FAS-Union (Polska)
Płótno maszynowe	40	Ciemno brązowy	FAS-Union (Polska)
Papier ścierny	40	Żółty	Dragon (Dania)
Płótno maszynowe	60	Ciemnobrązowy	FAS-Union (Polska)
Papier ścierny	80	Żółty	Dragon (Dania)
Płótno maszynowe	120	Brązowy	FAS-Union (Polska)
Papier ścierny	240	Żółty	FAS-Union (Polska)
Papier ścierny	320	Ciemno szary	CE (Czechy)
Papier ścierny	360	Jasno szary	Matador (Niemcy)
Papier ścierny	1000	Szary morski	FAS-Union (Polska)

Powierzchnie arkuszy ściernych użyte w badaniach oświetlano wzorami optycznymi wykorzystując światło laserowe. Wiązka światła laserowego rzutowana pod kątem tworzyła na badanej powierzchni obraz w kształcie owalnej plamki. Zastosowanie dwóch źródeł światła laserowego umożliwiało tworzenie wzorów o żądanym kształcie (linie równoległe, krzyż). Różne kształty możliwych do uzyskania wzorów pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Różne kształty rzutowanych wzorów tworzone z wykorzystaniem jednego źródła światła laserowego (góra), dwóch źródeł światła laserowego (dół)
Fig. 1. Various projected pattern shapes creating with: one source of laser light (top), two sources of laser light (bottom)

W badaniach wykorzystano dwa typy wzorów. Pierwszy tworzył na powierzchni arkusza obraz w kształcie pojedynczej, owalnej plamki (P1), natomiast drugi dwóch, owalnych plamek (P2). Wzory miały długości odpowiednio 8,5 mm i 5 mm. Przedstawiono je na rysunku 2.



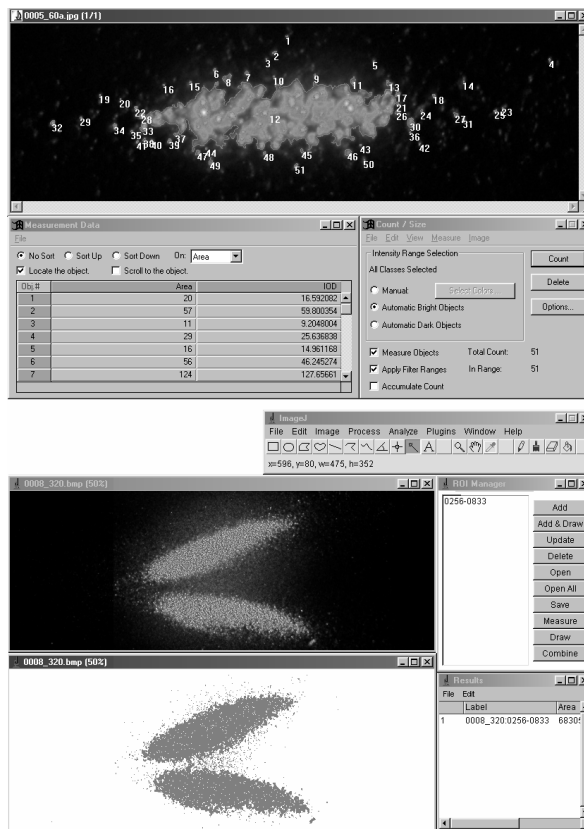
Rys. 2. Dwa typy wzorów zastosowane w badaniach arkuszy ściernych
Fig. 2. Two types of patterns used in tests

Badania przeprowadzono na stanowisku pomiarowym, w którego skład wchodził laser półprzewodnikowy o mocy 5 mW emitujący w sposób ciągły wiązkę światła o długości fali $\lambda = 675$ nm zamocowany w uchwycie oraz cyfrowy aparat fotograficzny Olympus Camedia C-5060WZ. Aparat ten posiadał matrycę typu CCD o wielkości 1/1,8 cala i efektywnej liczbie 5,1 miliona pikseli. Ustawiono go na specjalnym statywie, tak, aby mógł wykonywać zdjęcia pod kątem 90° .

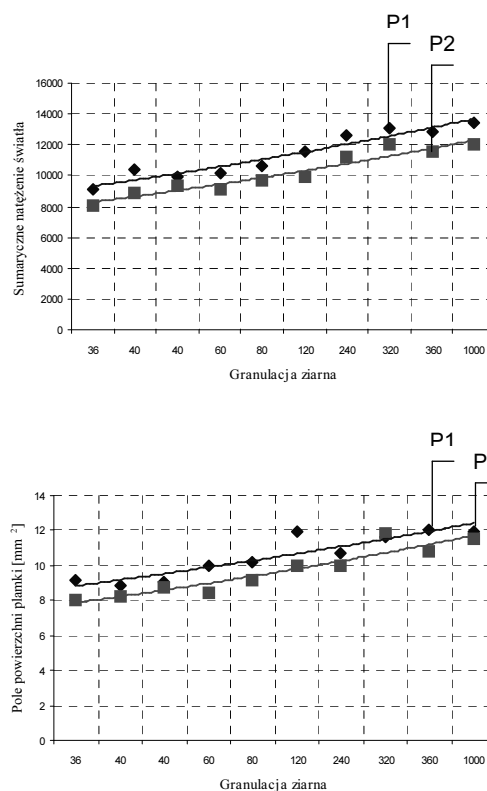
4. Komputerowa analiza obrazu

Podstawowym celem analizy obrazu było określenie parametrów geometrycznych (pole powierzchni) i fotometrycznych (sumaryczne natężenie światła) obrazów powstających na powierzchni badanych arkuszach ściernych. Analizę przeprowadzono z wykorzystaniem oprogramowania Image-Pro Plus 5.1 oraz ImageJ 1.34. Pierwszy z programów był specjalistycznym produktem firmy Media Cybernetics, Inc. (USA) [10], natomiast drugi został napisany w języku Java przez Wayne'a Rasbanda z National Institute of Mental Health (USA) i dostępny jest w Internecie jako oprogramowanie typu freeware [11].

Pole powierzchni powstającego obrazu oraz sumaryczne natężenie światła było określane na podstawie automatycznego (Image-Pro Plus 5.1) zliczania jasnych obiektów występujących w obrazie. O tym, który z obiektów był rozpoznawany przez program za jasny decydowała wartość progowa natężenia światła dobierana przez program podczas analizy. Wartość tę program ustala na podstawie porównania średniego natężenia tła i natężenia najjaśniejszych obszarów obrazu. Oprogramowanie ImageJ 1.34 posłużyło do porównania wyników uzyskanych wcześniej w Image-Pro Plus 5.1. Tutaj kontur obrazu zaznaczano ręcznie, a program automatycznie podawał wartości szukanymi parametrów. Na rysunku 3 pokazano okna obu programów podczas analizy obrazu powierzchni arkusza ściernego.



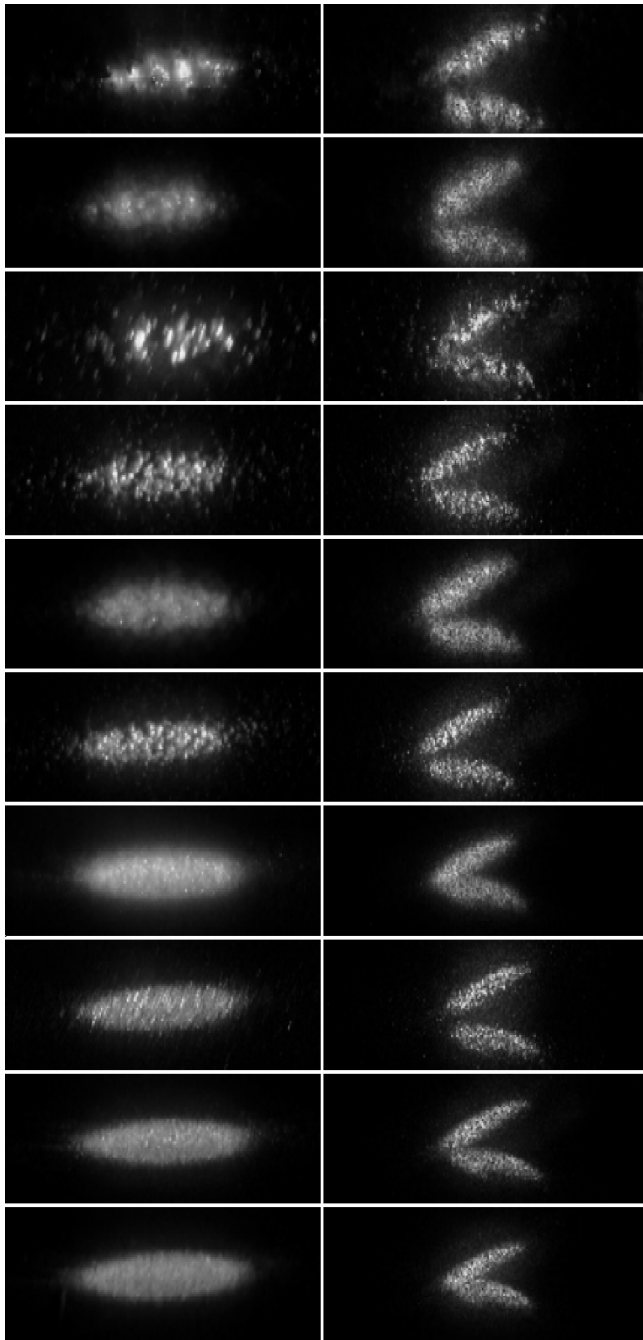
Rys. 3. Okna programów komputerowych Image-Pro Plus 5.1 (góra) i ImageJ 1.34 (dół) podczas analizy obrazu powierzchni arkusza ściernego
Fig. 3. Computer programs windows Image-Pro Plus 5.1(top) and IMAGEJ 1.34 (bottom) during image analysis of abrasive sheet



Rys. 4. Wyniki badań arkuszy ściernych w postaci wykresów: uśrednionych wartości powierzchni plamki od granulacji ziarna (góra), sumarycznego natężenia światła od granulacji ziarna (dół)

Fig. 4. Results of tests in a form of diagrams: average values of spot area on grain granulation (top), integrated optical intensity on grain granulation (bottom)

Końcowym etapem komputerowej analizy obrazu było zestawienie wyników uzyskanych z obu programów. Wyniki te poddano aproksymacji funkcją wykładniczą i pokazano w formie wykresów na rysunku 4. Pierwszy przedstawia zależność uśrednionych wartości pola powierzchni plamki od granulacji ziarna. Zniekształcenie plamki malało w miarę zmniejszania się granulacji ziarna, co było także dobrze widoczne na uzyskanych obrazach powierzchni. Drugi natomiast przedstawia zależność sumarycznego natężenia światła od granulacji ziarna. Wartości tej wielkości podawanej w jednostkach umownych wzrastały w miarę zmniejszania się granulacji ziarna.



Rys. 5. Różne zniekształcenia obrazów powstających na powierzchni arkuszy ściernych o granulacji (z góry na dół): 36, 40, 40, 60, 80, 120, 240, 320, 360, 1000

Fig. 5. Various deformations of images for abrasive sheets (from top to the bottom): 36, 40, 40, 60, 80, 120, 240, 320, 360, 1000

Na rysunku 5 zestawiono obrazy uzyskane podczas badań. Pokazują one różne zniekształcenia obrazów powstających na badanych powierzchniach arkuszy ściernych wynikające z różnej granulacji ziarna ściernego.

5. Wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zaproponowana metoda optyczna pozwala z dość dobrym przybliżeniem oceniać topografie powierzchni arkuszy ściernych. Może być przydatna w zastosowaniach praktycznych, a jej zaletą jest bezstykowy i krótki czas pomiaru. Zastosowanie oprogramowania do analizy obrazu pozwala na określenie parametrów fotometrycznych i geometrycznych badanej powierzchni. Pozytywne wyniki badań skłaniają do dalszego prowadzenia prac z wykorzystaniem omawianej metody. Przewiduje się m.in. przeprowadzenie badań na arkuszach ściernych wykonanych zgodnie z wymaganiami FEPA (Federation of European Producers of Abrasives).

6. Literatura

- [1] B. NOWICKI: Struktura geometryczna. Chropowatość i falistość powierzchni. WNT, Warszawa, 1991.
- [2] K. E. OCZOŚ, V. LUBIMOV: Struktura geometryczna powierzchni - podstawy klasyfikacji z atlasem charakterystycznych powierzchni kształtowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2003.
- [3] M. WIECZOROWSKI, A. CELLARY, J. CHAJDA: Przewodnik po pomiarach nierówności powierzchni czyli o chropowatości i nie tylko. Politechnika Poznańska, Poznań, 2003.
- [4] C. ŁUKIANOWICZ, J. IAQUINTA: Surface topography assessment of abrasive sheets by light scattering and self-shadowing methods. Archives of Civil and Mechanical Engineering; V(2): 71-84 (2005).
- [5] C. ŁUKIANOWICZ: Podstawy pomiaru nierówności powierzchni metodami rozpraszania światła. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 2001.
- [6] P. PAWLUS: Topografia powierzchni – pomiary, analiza, oddziaływanie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2005.
- [7] S. UCHIDA, H. SATO, M. O-HORI: Two Dimensional Measurement of Surface Roughness by the Light Sectioning Method. Annals of the CIRP, Vol.28 (1), 419-423, 1979.
- [8] M. R. SAJAN, C. J. TAY, H. M. SHANG, A. ASUNDI: TDI Imaging—A Tool for Profilometry and Automated Visual Inspection. Optics and Lasers in Engineering 29, (1998), 403-411.
- [9] D. BERTANI, M. CETICA, M. MELOZZI, L. PEZATTI: High-resolution optical topography applied to ancient painting diagnostics. Optical Engineering 34 (4), 1995, 1219-1225.
- [10] Image-Pro Plus. Start-up Guide for Windows. Media Cybernetics, Inc., Silver Spring, MD, 2004. <http://www.mediacy.com>
- [11] ImageJ, National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland, USA. <http://rsb.info.nih.gov/ij/>