

Określanie zdolności diamentowych folii ściernych do mikrowygładzania

Determining the diamond lapping films' ability to micro-finishing

WOJCIECH KACALAK
KATARZYNA TANDECKA
FILIP SZAFRANIEC
THOMAS G. MATHIA *

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.3.37>

W celu określenia zdolności do mikrowygładzania diamentowych folii ściernych przeprowadzono badania ich topografii powierzchni z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu konfokalnego OLS 4000 firmy Olympus. W analizie cech stereometrycznych powierzchni folii ściernych uwzględniono, że podczas mikrowygładzania ta powierzchnia ulega odkształceniu w wyniku dociskania jej rolką do przedmiotu obrabianego. Opracowano procedury wyznaczania zmian topografii powierzchni folii w strefie obróbki, spowodowanych sprężystymi odkształceniami nośnika folii, spoiwa wiążącego ziarna oraz rolki dociskowej. Zaproponowano nowe parametry aktywności ziaren ściernych i wyznaczono wartości zagłębień ziaren, zależnych od docisku w strefie obróbki i wielkości nominalnej ziarna (3, 9, 15 i 30 μm).

SŁOWA KLUCZOWE: diamentowa folia ścierna, mikrowygładzanie, obróbka precyzyjna, zdolność do wygładzania

In order to determine the micro-finishing abilities of diamond abrasive films, surface topography was analyzed using confocal microscopy OLS 4000 Olympus. In the analysis of stereometric features of the abrasive surface, it was considered that during the micro-finishing process the abrasive surface is pressed against the workpiece. The procedure for determining the changes in topography of the film surface in the treatment area was developed as a result of elastic deformations of the film carrier, the grain binding binder and the pressure roller. New parameters for the activity of abrasive grains were developed and the values of grain hollows, depending on the pressure value in the machining zone and the nominal size of the grain (3, 9, 15, 30 μm) were determined.

KEYWORDS: diamond abrasive film, micro-smoothing, precision machining, finishing ability

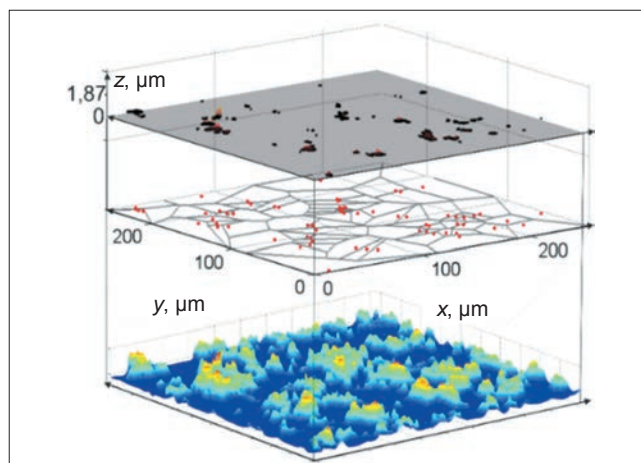
Precyzyjną obróbkę przeprowadza się z wykorzystaniem najwyższej jakości narzędzi ściernych [11]. W foliach ściernych do wygładzania ziarna ścierne są utwardzane na podatnym nośniku w warstwie spoiwa żywicznego [4]. W strefie obróbki, podczas sprężystego dociskania folii do powierzchni przedmiotu za pomocą rolki, ziarna ścierne zagłębiają się w obrabiany materiał [6] i przemieszczają względem siebie – głównie w kierunku normalnym do obrabianej powierzchni [1, 7]. Położenie wierzchołków ziaren ściernych w strefie obróbki różni się znacznie od ich położenia w stanie nieobciążonym [8]. Odchylenie standardowe wysokości wierzchołków ziaren w strefie obróbki jest mniejsze niż wyznaczone w pomiarach topografii folii [9]. W artykule przedstawiono wyniki badań stref

kontaktu wierzchołków ziaren z obrabianym materiałem, uwzględniające odkształcenia folii w strefie obróbki. Badano diamentowe folie ścierne o wymiarach ziaren: 3, 9, 15 i 30 μm . Dane dotyczące liczby pól kontaktu, średniego pola kontaktów zagłębień w materiał obrabiany oraz średniej odległości między obszarami kontaktu pozwalają na określenie zdolności folii do wygładzania [5]. Można też wyznaczyć aktywną sumaryczną powierzchnię czynną folii [3] z uwzględnieniem wymienionych danych oraz rozkładu nacisków w strefie obróbki i relacji między prędkością przemieszczeń powierzchni przedmiotu i folii [2, 10].

Badania zdolności do mikrowygładzania folii ściernych

Do zbadania topografii folii ściernych o nominalnych wielkościach ziaren 3, 9, 15 oraz 30 μm wykorzystano mikroskop konfokalny OLS 4000 firmy Olympus. W celu odwzorowania warunków obróbkowych, czyli sprężystego docisku folii ściernych do przedmiotu obrabianego, przeprowadzono symulację docisku w środowisku obliczeniowym Matlab. Sprężysty docisk folii ściernych zapewnia optymalne wykorzystanie jej potencjału obróbkowego.

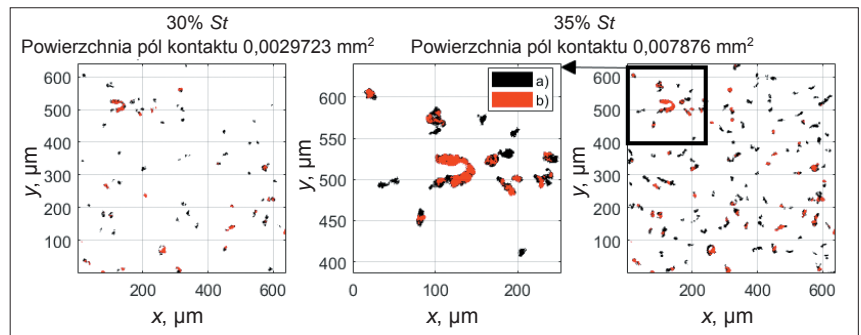
Wyniki symulacji docisku narzędzia rolką dociskową przedstawiono na rys. 2. Wyznaczono cechy stref kontaktów dla zagłębień ziaren odpowiadających 30% i 35% parametru S_t powierzchni folii. Na rys. 2 zaznaczono kontakt folii ściernych z materiałem obrabianym: kolorem czerwonym – dla wariantu bez docisku, kolorem czarnym – dla wariantu ze sprężystym dociskiem. Można zaobserwować znaczne zwiększenie powierzchni kontaktu wskutek odkształcenia sprężystego folii (rys. 2) i zmniejszenia odchylenia standardowego wysokości wierzchołków ziaren ściernych w strefie obróbki (rys. 10).



Rys. 1. Topografia powierzchni folii ściernych o nominalnym rozmiarze ziarna 3 μm . Dekompozycja powierzchni na komórki Woronoja, których centralnym punktem są wierzchołki ziaren, oraz obraz powierzchni pól kontaktu ziaren na głębokości 35% parametru S_t folii

* Prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak (wojciech.kacalak@tu.koszalin.pl), dr inż. Katarzyna Tandecka (katarzyna.tandecka@tu.koszalin.pl), mgr inż. Filip Szafraniec (filip.szafraniec@tu.koszalin.pl) – Wydział Mechaniczny Politechniki Koszalińskiej; Emeritus Research Director, dr hab. inż. Thomas G. Mathia (thomas.mathia@ec-lyon.fr) – Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes (LTDS), École Centrale de Lyon, France

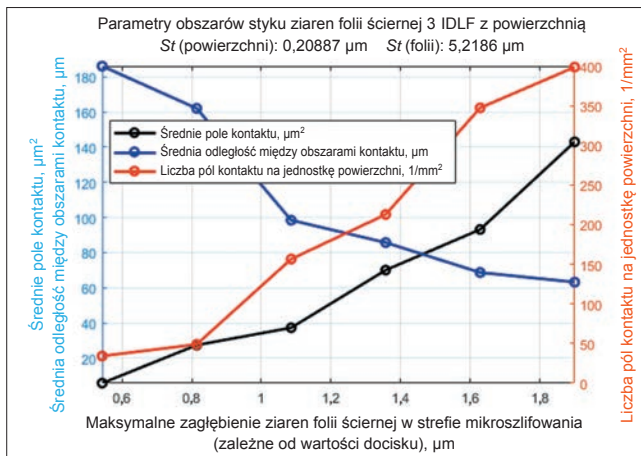
Rys. 2. Ilustracja wpływu odkształceń folii 9 IDLF w strefie mikrowygładzania: a) obraz pól styku w strefie obróbki z uwzględnieniem odkształceń folii i przemieszczenia ziaren ściernych, b) wyniki pomiarów topografii powierzchni czynnej folii



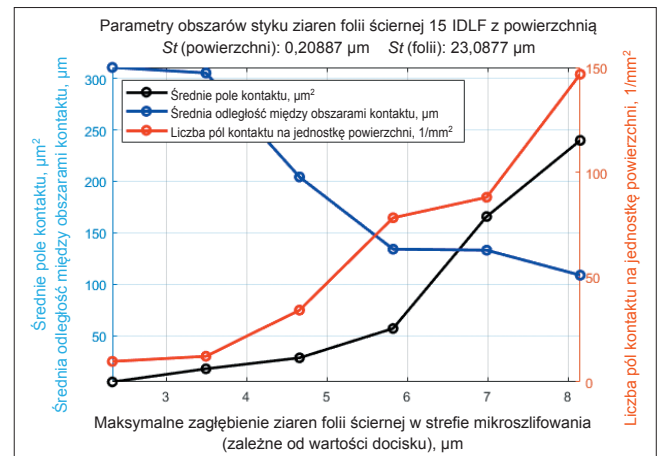
W celu ilościowego opisu zdolności folii ściernych do wygładzania wyznaczono następujące parametry: liczbę pól kontaktów (rys. 3–7), średnie pole kontaktu (rys. 3–6 i 9), średnią odległość między kontaktami ziaren ściernych z materiałem obrabianym (rys. 3–6 i 8) oraz rozrzut wysokości zagłębień (rys. 3–6 i 10) w funkcji zagłębienia wierzchołków ziaren w materiał obrabiany. Średnią odległość między kontaktami wyznaczono z wykorzystaniem komórek Woronoja (rys. 1). Na powierzchni folii (uwzględniając jej odkształcenia) odcięto aktywne wierzchołki – za pomocą powierzchni typowej dla stanu powierzchni podczas wygładzania, odległej od najwyższego wierzchołka o określony ułamek wartości parametru St powierzchni folii. Badania przeprowadzono dla zagłębień w zakresie

0÷35% St . Wyznaczono środki geometryczne wierzchołków, które jednocześnie są punktami centralnymi komórek Woronoja (rys. 1). Na rys. 3–6 przedstawiono opracowane parametry, wykorzystane dalej do oceny zdolności do wygładzania w zależności od maksymalnego zagłębienia wierzchołków w materiał obrabiany dla kolejnych folii ściernych: 3 IDLF (rys. 3), 9 IDLF (rys. 4), 15 IDLF (rys. 5) oraz 30 IDLF (rys. 6).

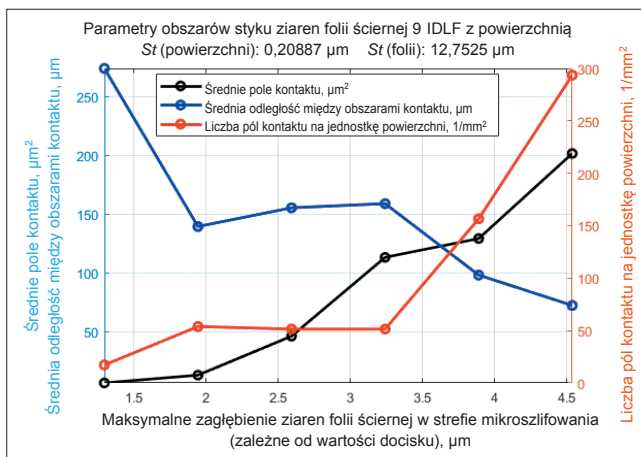
W celu oceny zdolności diamentowych folii ściernych do mikrowygładzania opracowano wskaźnik w_w , który pozwala na ocenę porównawczą folii o zbliżonym rozmiarze ziaren. Wskaźnik ten umożliwia również porównywanie prognozowanej prędkości zmniejszania wysokości nierówności.



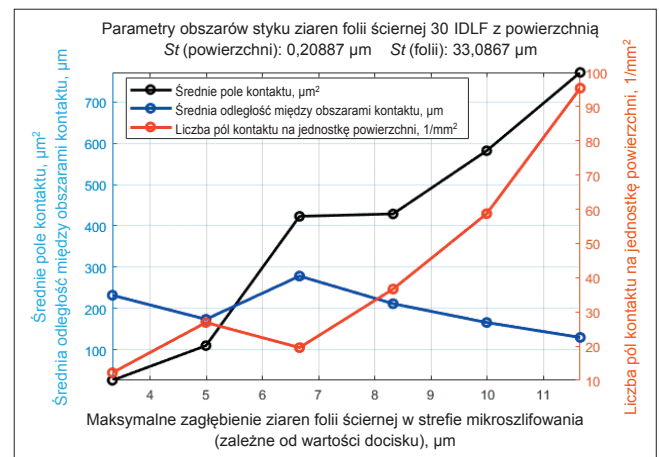
Rys. 3. Średnie pole kontaktu, średnia odległość między obszarami kontaktu oraz liczba pól kontaktu folii ścierniej o nominalnym rozmiarze ziarna 3 µm w zależności od maksymalnego zagłębienia ziaren w materiał obrabiany



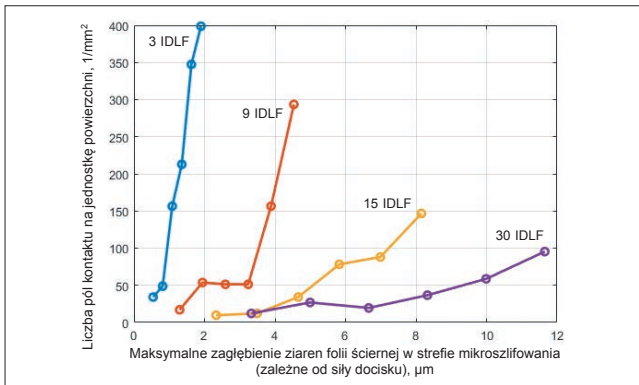
Rys. 5. Średnie pole kontaktu, średnia odległość między obszarami kontaktu oraz liczba pól kontaktu folii ścierniej o nominalnym rozmiarze ziarna 15 µm w zależności od maksymalnego zagłębienia ziaren w materiał obrabiany



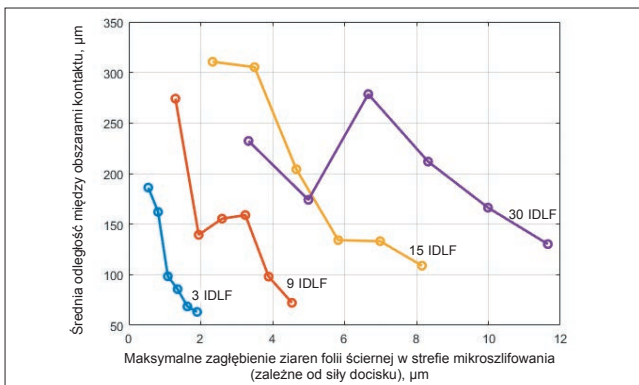
Rys. 4. Średnie pole kontaktu, średnia odległość między obszarami kontaktu oraz liczba pól kontaktu folii ścierniej o nominalnym rozmiarze ziarna 9 µm w zależności od maksymalnego zagłębienia ziaren w materiał obrabiany



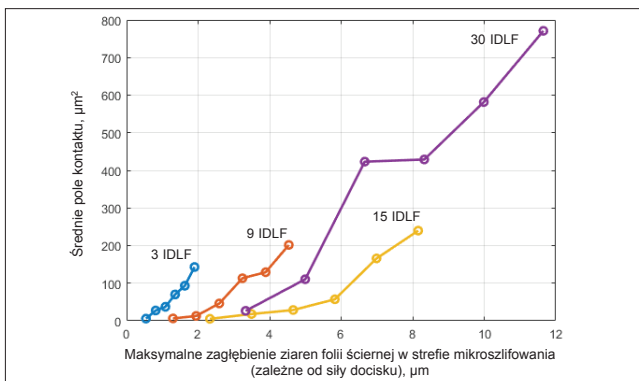
Rys. 6. Średnie pole kontaktu, średnia odległość między obszarami kontaktu oraz liczba pól kontaktu folii ścierniej o nominalnym rozmiarze ziarna 30 µm w zależności od maksymalnego zagłębienia ziaren w materiał obrabiany



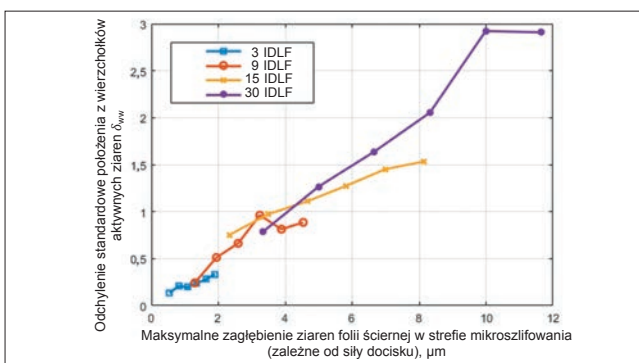
Rys. 7. Liczba pól kontaktu diamentowych folii ściernych z materiałem obrabianym w zależności od maksymalnego zagłębienia ziaren



Rys. 8. Średnia odległość między obszarami kontaktu diamentowych folii ściernych z materiałem obrabianym w zależności od maksymalnego zagłębienia ziaren



Rys. 9. Średnie pole kontaktu diamentowych folii ściernych z materiałem obrabianym w zależności od maksymalnego zagłębienia ziaren



Rys. 10. Odchylenie standardowe wysokości zagłębienia w materiale obrabianym w zależności od maksymalnego zagłębienia ziaren

TABLICA. Wartości wskaźnika w_w dla badanych diamentowych folii ściernych

Folia	3 IDLF	9 IDLF	15 IDLF	30 IDLF
w_w	14,68	0,85	0,26	0,17

Opracowany wskaźnik wyraża się wzorem:

$$w_w = \frac{L_k \cdot \sqrt{P_k}}{h_k \cdot \sigma_{hk}}$$

gdzie: L_k – normalizowana liczba kontaktów, P_k – normalizowane średnie pole powierzchni kontaktów, h_k – normalizowana średnia wartość zagłębienia ziaren, σ_{hk} – normalizowane odchylenie standardowe wysokości wierzchołków aktywnych dla maksymalnej głębokości mikrowygładzania o wartości 20% St folii; normalizacja poprzez określenie stopnia przynależności do wartości z przedziału $\langle 0,1 \rangle$.

Wnioski

- Liczba pól kontaktu w funkcji maksymalnego zagłębienia (w przedziale 0÷35% parametru St folii) ziaren folii ściernych o nominalnej wielkości diamentowego ziarna 3 μm w strefie mikrowygładzania rośnie liniowo przy jednoczesnym liniowym spadku odległości między obszarami kontaktu.
- Liczba pól kontaktu w funkcji maksymalnego zagłębienia, w przedziale 14÷26% wartości parametru St folii ściernych 9 IDLF, nie zmienia się, co oznacza, że stosunkowo mała liczba ziaren aktywnych charakteryzuje się wyrównanym zagłębieniem w materiał obrabiany.
- W przypadku folii ściernych o nominalnych wielkościach ziaren 15 i 30 μm należy stosować głębokości mikrowygładzania powyżej 30% wartości parametru St folii, co jest spowodowane niewielkim przyrostem liczby pól kontaktów poniżej tej wartości.
- Dla niewielkich zagłębień ziaren (małych sił docisku folii ściernych do powierzchni przedmiotu) sumaryczne pole powierzchni kontaktów jest największe w przypadku folii 3 IDLF i najmniejsze dla folii 15 IDLF (rys. 9), co oznacza, że folia 15 IDLF może być pomijana w projektowaniu operacji sekwencyjnego mikrowygładzania.

LITERATURA

1. Kacalak W., Tandecka K. „Analiza procesów mikrowygładzania stopów niklowo-chromowych z wykorzystaniem wyników badań topografii powierzchni i cech powstających mikrowiórów”. *Mechanik*. 8–9 (2016): s. 1170–1171.
2. Kacalak W., Tandecka K., Mathia T.G. „Ocena potencjału obróbkowego folii ściernych z wykorzystaniem sumarycznego aktywnego profilu wyznaczonego z uwzględnieniem kształtu strefy obróbki”. *Mechanik*. 8–9 (2015): s. 173–178.
3. Kacalak W., Tandecka K., Mathia T.G. “A method and new parameters for assessing the active surface topography of diamond abrasive films”. *Journal of Machine Engineering*. 16, 4 (2016): s. 95–108.
4. Kacalak W., Tandecka K., Szafraniec F. „Analiza form zużycia i trwałości folii ściernych”. *Mechanik*. 10 (2017): s. 870–872.
5. Kacalak W., Tandecka K., Szafraniec F. „Analiza aktywności ziaren ściernych w procesie wygładzania foliami ściernymi”. *Mechanik*. 10 (2017): s. 885–887.
6. Khellouki A., Rech J., Zahouani H. “The effect of lubrication conditions on belt finishing”. *International Journal of Machine Tools & Manufacturing*. 50 (2010): s. 917–921.
7. Mezghani S., El Mansori M. “Abrasive properties assessment of coated abrasives for precision belt grinding”. *Surface & Coatings Technology*. 203 (2008): s. 786–789.
8. Mezghani S., El Mansori M., Zahouani H. “New criterion of grain size choice for optimal surface texture and tolerance in belt finishing production”. *Wear*. 266 (2009): s. 578–580.
9. Serpin K., Mezghani S., El Mansori M. “Wear study of structured coated belts in advanced abrasive belt finishing”. *Surface & Coatings Technology*. 284 (2015): s. 365–376.
10. Serpin K., Mezghani S., El Mansori M. “Multiscale assessment of structured coated abrasive grits in belt finishing process”. *Wear*. 332–333 (2015): s. 780–787.
11. Spadto S., Młynarczyk P., Łakomicz K. “Influence of the of electrical discharge alloying methods on the surface quality of carbon steel”. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 89, 5–8, (2017): s. 1529–1534.