

Wpływ właściwości dielektryka na chropowatość powierzchni po obróbce elektroerozyjnej

Influence of the dielectric properties of surface roughness after electrical discharge machining

DOROTA ONISZCZUK-ŚWIERCZ
RAFAŁ ŚWIERCZ*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.12.565

W artykule przedstawiono wyniki badań doświadczalnych obróbki EDM stali w roztworze nafty z płatkami grafenowymi oraz w dielektryku na bazie nafty. Wyznaczono wpływ rodzaju zastosowanego dielektryka na chropowatość obrabianych powierzchni. Stwierdzono, że modyfikacja właściwości dielektryka istotnie wpływa na proces erozji elektrycznej obrabianego materiału.

SŁOWA KLUCZOWE: obróbka elektroerozyjna, płatki grafenowe w dielektryku, chropowatość powierzchni

The article presents results of experimental investigation EDM with graphene flakes in dielectric and pure kerosene. The relations between surface roughness and different kind of dielectric parameters have been determined. Modification of the properties of the dielectric has a significant impact on the process of electrical erosion of the workpiece.

KEYWORDS: electrical discharge machining (EDM), graphene flakes, surface quality

Ważna pozycja obróbki EDM w branży wytwarzania elementów konstrukcyjnych i narzędzi z materiałów trudnoobrabialnych znajduje odzwierciedlenie w pracach badawczych dotyczących tego sposobu obróbki, prowadzonych zarówno w uniwersyteckich ośrodkach naukowo-badawczych, jak i firmach przemysłowych. Publikowane wyniki prac badawczych dotyczą zwłaszcza [1, 5, 6]:

- fizyki zjawiska usuwania materiału,
- optymalizacji parametrów procesu EDM,
- zagadnień związanych z dokładnością i stanem warstwy wierzchniej,
- eliminacji niekorzystnych cech warstwy wierzchniej po obróbce EDM,
- zagadnień związanych ze stabilnością procesu z uwzględnieniem analizy zachodzących wyładowań elektrycznych,
- mikroobróbki EDM.

Dotychczas zainteresowanie naukowców koncentrowało się na analizowaniu możliwości obróbki szerokiego spektrum materiałów w procesie erozji elektrycznej, przy czym zastosowanie w obróbce elektroerozyjnej grafenu jest nowym obszarem badawczym, dotychczas nieomawianym w dostępnej literaturze.

Grafen jest jedną z alotropowych odmian węgla, podobnie jak diament i grafit. Posiada dwuwymiarową strukturę o grubości jednego atomu węgla. Badania struktur utworzonych z pojedynczych atomów węgla wyodrębiają występowanie fluorenu oraz nanorurek. Fluoreny tworzą pustą w środku, zamkniętą bryłę, natomiast nanorurki

przyjmują postać pustych w środku walców. Wielu naukowców określa grafen jako „matkę” wszystkich materiałów grafitowo-węglowych [2–4].

Cel, przedmiot i warunki badań

Badania miały na celu określenie wpływu zastosowanego dielektryka (nafty, roztworu nafty z płatkami grafenowymi) i charakteru impulsów elektrycznych na chropowatość obrabianych powierzchni. W badaniach uwzględniano rzeczywiste zmierzone wartości impulsów elektrycznych, więc można je uogólnić dla obrabiarek elektroerozyjnych, pozwalających na nastawienie badanych parametrów.

Przedmiotem badań było zastosowanie płatków zredukowanego tlenku grafenu w dielektryku – analizowano ich wpływ na chropowatość powierzchni po obróbce elektroerozyjnej.

Obróbce EDM poddano szlifowane próbki o wymiarach 12 × 12 mm z hartowanej stali 1.2713 (WNL). Zastosowano elektrodę miedzianą (M1E).

Roztwór grafenu płatkowego (RGO – zredukowanego tlenku grafenu) w nafcie opracowano w Laboratorium Grafenowym na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej.

Warunki badań:

- polaryzacja prosta,
- zmienne niezależne monitorowane i rejestrowane w trakcie procesu: amplituda natężenia prądu I w impulsie (1,7–14 A), czas impulsu t_{on} (5–150 μ s),
- dielektryk: nafta oraz roztwór nafty z grafenem płatkowym o stężeniu procentowym 0,1%,
- głębokość drążenia: 0,2 mm.

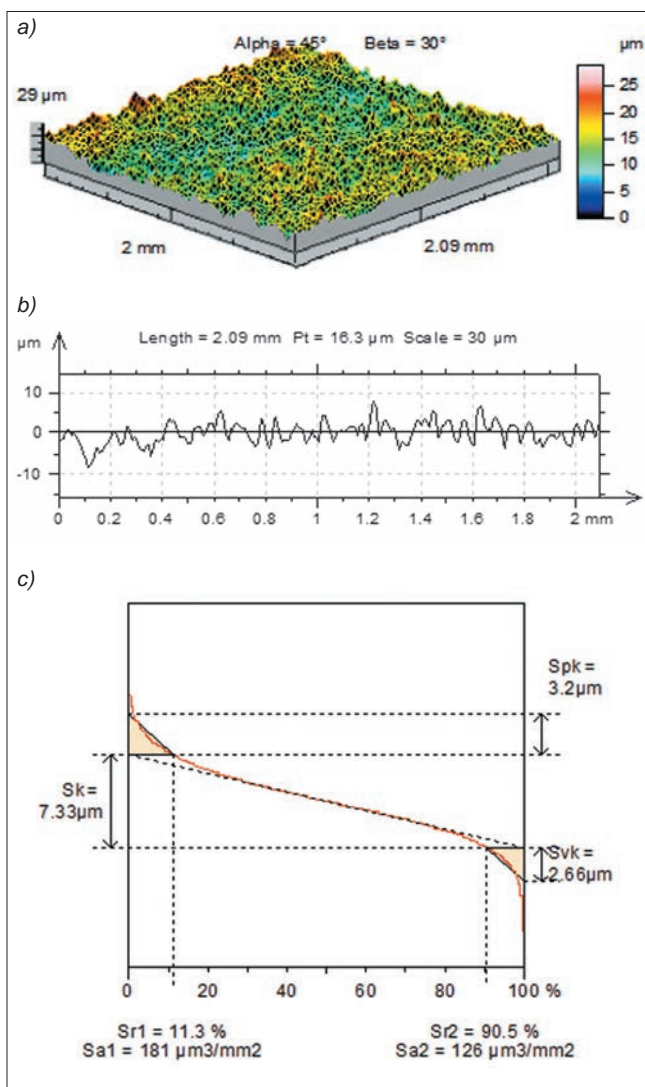
Wyniki badań

Badania struktury geometrycznej powierzchni (SGP) prowadzono na profilometrze skanującym FORMTALY-SURF Series 2 Taylor Hobson. Na rysunku przedstawiono przykładową analizę chropowatości powierzchni (próbka nr 1) po obróbce EDM w dielektryku – nafcie. W przypadku każdej z próbek dokonano pomiaru powierzchni o wymiarach 2 × 2 mm. Przyjęto krok dyskretyzacji w osiach X i Y równy 10 μ m.

Właściwości tribologiczne powierzchni mogą być oceniane poprzez analizę krzywej nośności i takich jej parametrów, jak:

- S_k – wysokość chropowatości rdzenia w μ m,
- S_{pk} – zredukowana wysokość wzniesień w μ m,
- S_{vk} – zredukowana wysokość wgłębień w μ m,
- $Sr1$ – udział nośny wierzchołków w %,
- $Sr2$ – udział nośny wgłębień w %.

* Dr inż. Dorota Oniszczyk-Świercz (doo@meil.pw.edu.pl), dr inż. Rafał Świercz (rsw@meil.pw.edu.pl) – Instytut Techniki Wytwarzania, Politechnika Warszawska



Rys. Przykładowa analiza chropowatości powierzchni (próbka 1): a) obraz stereometryczny powierzchni, b) profilograf powierzchni, c) krzywa nośności

Parametry Svk i $Sr2$ pozwalają na ocenę własności smarnych powierzchni i są miarą zdolności utrzymywania płynu przez powierzchnie ślizgowe. Parametr Spk może z kolei dostarczyć informacji na temat odporności powierzchni na zużycie ściernie (im mniejsza wartość Spk , tym większa odporność). Wysokość chropowatości rdzenia Sk określa natomiast wysokość chropowatości po wstępnym docieraniu.

W tabelicy przedstawiono analizę wybranych parametrów krzywej nośności powierzchni dla próbek obrabionych zgrubnie bądź wykończeniowo. W doświadczeniach używano nafty lub roztworu nafty z płatkami grafenowymi.

TABLICA. Parametry krzywej nośności powierzchni

Nr próbki	Parametry obróbki EDM	Parametry krzywej nośności				
		Sk , μm	Spk , μm	Svk , μm	$Sr1$, %	$Sr2$, %
Nafta						
1	$I = 2 \text{ A}$ $t_{on} = 10 \mu\text{s}$	7,37	3,16	2,65	11,1	90,6
2	$I = 14 \text{ A}$ $t_{on} = 150 \mu\text{s}$	37,7	19,9	7,61	14,5	93,8
Roztwór nafty z RGO						
3	$I = 2 \text{ A}$ $t_{on} = 10 \mu\text{s}$	3,22	2,1	2,03	9,69	88,8
4	$I = 14 \text{ A}$ $t_{on} = 150 \mu\text{s}$	28,6	10,3	8,73	9,72	91,9

Zredukowana wysokość wzniesień Spk dla próbki 1 po obróbce w naftcie wyniosła $3,16 \mu\text{m}$, a wysokość chropowatości rdzenia $Sk = 7,37 \mu\text{m}$. Udział nośny wierzchołków stanowi ok. 11% powierzchni. Wzrostowi energii wyładowania (czasu impulsu i natężenia prądu) towarzyszy wzrost ilości erodowanego materiału, co prowadzi do zmiany parametrów krzywej nośności. Dla wartości energii odpowiadającej obróbce zgrubnej (próbka 2) zaobserwowano blisko sześciokrotny wzrost parametrów Spk i Sk , przy czym udział nośny wierzchołków $Sr1$ uległ nieznacznej zmianie i kształtował się na poziomie ok. 14%.

Analiza porównawcza próbek poddanych obróbce z tymi samymi parametrami (czas impulsu i natężenie prądu) wskazuje, że zmiana właściwości ośrodka (nafta z płatkami grafenowymi lub bez), w którym następują wyładowania, ma istotny wpływ na końcowy stan struktury geometrycznej powierzchni i jej właściwości tribologiczne. Zredukowana wysokość wzniesień Spk dla próbki 3 po obróbce w roztworze 1% z płatkami grafenowymi wynosi $2,1 \mu\text{m}$ i jest o 30% mniejsza w porównaniu z powierzchnią obrabioną z tymi samymi parametrami w naftcie. Wysokość chropowatości rdzenia wynosi $Sk = 3,22 \mu\text{m}$ i jest o 50% mniejsza w stosunku do obróbki w naftcie.

W przypadku parametrów odpowiadających obróbce zgrubnej (próbka 4) w roztworze nafty z płatkami grafenowymi również zaobserwowano istotne zmiany w budowie topografii powierzchni w stosunku do obróbki w naftcie (próbka 2). Zauważono ok. dwukrotne zmniejszenie parametrów Spk i Sk , przy czym udział nośny wierzchołków $Sr1$ uległ obniżeniu i wyniósł ok. 10%.

Przytoczone wyniki badań topografii powierzchni wskazują jednoznacznie, że zarówno w przypadku obróbki z parametrami odpowiadającymi wykańczaniu powierzchni, jak i dla obróbki zgrubnej zastosowanie płatków grafenowych w naftcie wyraźnie zmienia transport elektronów podczas wyładowania elektrycznego. Część elektronów emitowanych z katody jest rozpraszana na powierzchni płatków grafenowych i następuje dyspersja wyładowań elektrycznych.

Podsumowanie

W wyniku zastosowania płatków grafenowych w dielektryku (naftcie) podczas obróbki elektroerozyjnej następuje dyspersja wyładowania elektrycznego. „Rozszczepienie” wyładowania elektrycznego na płatkach grafenowych powoduje obniżenie energii wyładowań docierających do powierzchni przedmiotu obrabianego. W efekcie generowane są kraterki o mniejszej średnicy i głębokości w stosunku do obróbki bez płatków grafenowych w dielektryku. Przeprowadzone badania potwierdziły, że zastosowanie płatków grafenowych w dielektryku powoduje kilkakrotne zmniejszenie parametrów chropowatości powierzchni w stosunku do obróbki elektroerozyjnej w naftcie.

LITERATURA

- Jiang Y., Zhao W., Gu L., Kang X. „Monitoring of EDM Gap Discharge Status with Wavelet Transform Method”. ISEM 2010.
- Klocke F., Schwade M., Klink A., Veselovac D. „Analysis of material removal rate and electrode wear in sinking EDM roughing strategies using different graphite grades”. *Procedia CIRP*. 6 (2013): pp. 164–168.
- Liao L. et al. „High-speed graphene transistors with a self-aligned narrow gate”. *Nature*. 467 (2010): pp. 305–308.
- Novoselov K.S. et al. „A roadmap for graphene”. *Nature*. 6 (2012): pp. 183–191.
- Ruszaj A., Skoczypiec S. „Tendencje rozwojowe wybranych niekonwencjonalnych procesów wytwarzania”. *Mechanik*. Nr 4 (2015): s. 1–8.
- Spadlo S., Kozak J., Młynarczyk P. „Mathematical modelling of the electrical discharge mechanical alloying process”. *Procedia CIRP*. 6 (2013): pp. 423–427.