

Analiza warstwy wierzchniej po procesie stopowania metodą EDA z zastosowaniem elektrody Fe-WC

Analysis of the surface layer after the alloying process (EDA) using the electrode Fe-WC

PIOTR MŁYNARCZYK
SŁAWOMIR SPADŁO *

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.1.18>

Przedstawiono krótko analizę modyfikowania siluminu z zastosowaniem metody EDA. Warstwa wierzchnia była modyfikowana w procesie obróbki elektroerozyjnej za pomocą elektrody kompozytowej wykonanej ze spieku Fe-WC. Wykonano podstawowe badania metalograficzne oraz EDS naniesionej warstwy. Na tej podstawie określono skuteczność przeniesienia się składników stopowych z elektrody do materiału modyfikowanego.

SŁOWA KLUCZOWE: EDM, EDA, warstwa wierzchnia

The article presents a brief analysis of the deposition layer using EDA. The surface layer was modified using electrodes Fe - WC on the machine electro-erosion. The layer was tested by metallographic methods and EDS. There were identified on the basis of which the transmission of alloying elements from the electrode to the weld overlay.

KEYWORDS: surface layer, spark deposition, EDM, coating

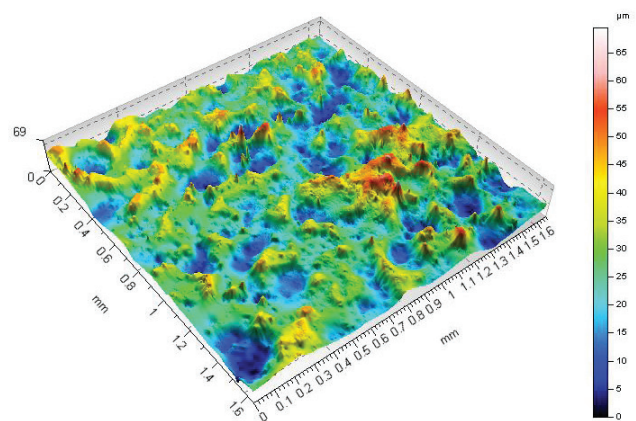
Rozwój inżynierii materiałowej oraz tendencje w budowie maszyn wymuszają stosowanie różnego rodzaju materiałów, często o specyficznych właściwościach. Materiały te powinny się charakteryzować m.in. dużą trwałością, odpornością na ścieranie oraz korozję. Wytwarzanie całości konstrukcji z tego rodzaju materiałów jest związane z dużymi kosztami, a zatem często pożądanym efektem, przy spełnieniu kryteriów ekonomicznych procesu wytwarzania, uzyskuje się poprzez modyfikację warstwy wierzchniej.

Istnieje wiele metod modyfikacji warstwy wierzchniej, jedną z nich jest nanoszenie z wykorzystaniem energii wyładowań elektrycznych (EDA – *electrical discharge alloying*).

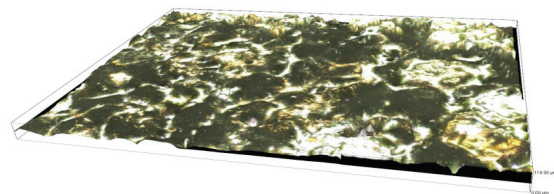
Obróbka elektro-erozyjna (EDM) to kontrolowany proces usuwania materiału. Jest stosowana do usuwania metalu za pomocą wyładowań elektrycznych [1, 2, 4, 5, 6, 7, 9]. Materiał elektrody stanowi anodę – ma polaryzację dodatnią – natomiast przedmiot obrabiany jest katodą i ma polaryzację ujemną. EDM polega na erozji mikroobjętości materiału w wyniku wyładowań elektrycznych, podczas których tworzy się łuk między elektrodą a obrabianym przedmiotem, a energia elektryczna jest przekształcana w energię cieplną. Odwrócenie polaryzacji sprzyja zmianom charakteru procesu, tak że znaczna ilość materiału z elektrody roboczej (stopującej) może być odkładana na powierzchni obrabianego przedmiotu [3, 8, 10, 11, 12, 13]. W wyniku transferu masy w warunkach występowania ciekłego metalu powstają korzystne warunki do modyfikacji składu chemicznego warstwy wierzchniej.

Badanie struktury geometrycznej powierzchni po EDA

W celu określenia rozkładu wyładowań oraz oceny konstytuowanej w procesie stopowania struktury geometrycznej powierzchni przedmiotu stopowanego wykonano pomiary SGP profilometrem Talysurf CCI Lite – Taylor Hobson. Przykładową powierzchnię poddaną stopowaniu z wykorzystaniem wyładowań elektrycznych przedstawiono na rys. 1. Analiza mapy wysokościowej oraz rozkład rzędnych profilu wskazują, że SGP ma charakter niezdeterminowany. Świadczy to o równomiernym rozkładzie wyładowań na powierzchni stopowanej i stanowi przesłankę do wnioskowania, że proces wymiany masy pomiędzy elektrodami jest równomierny na całej powierzchni przedmiotu modyfikowanego.



Rys. 1. Obraz 3D powierzchni po obróbce EDA wykonany za pomocą profilometru Talysurf CCI Lite – Taylor Hobson

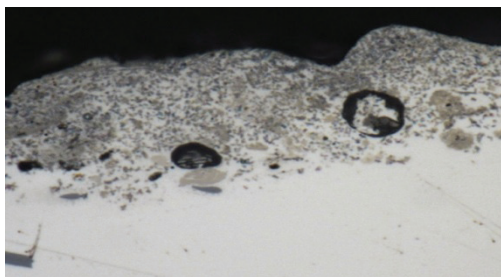


Rys. 2. Obraz 3D powierzchni po obróbce EDA wykonany za pomocą mikroskopu Nikon Eclipse MA 200

Do określenia topografii powierzchni po obróbce EDA przy użyciu elektrody Fe-WC wykorzystano mikroskop optyczny Nikon Eclipse MA 200 z systemem analizy obrazu NIS 4.20 i motoryką osi z. Przykładowy obraz topografii powierzchni przedstawiono na rys. 2. Fotografia przedstawia efekty wyładowań w postaci nakładających się kraterów. Badania metalograficzne wykonano na zglądach przygotowanych w sposób standardowy (polerowa-

* Mgr inż. Piotr Młynarczyk (piotrm@tu.kielce.pl), dr hab. inż. Sławomir Spadło prof. PŚk (sspadlo@tu.kielce.pl) – Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

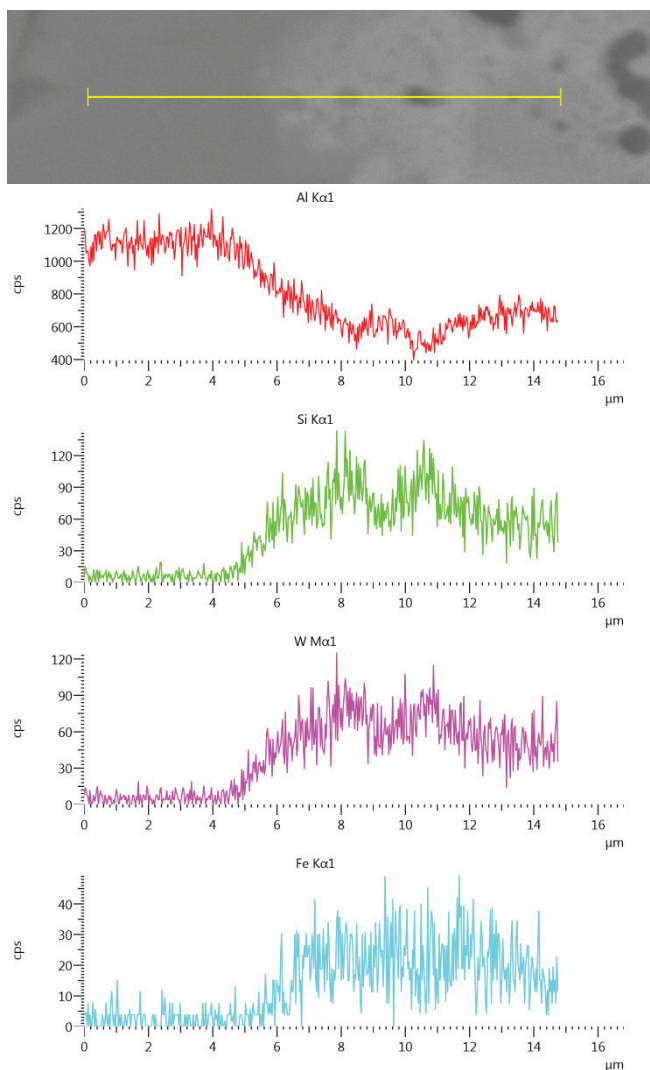
nych i trawionych). Przykładową strukturę metalograficzną warstwy wierzchniej przedstawiono na rys. 3. Widoczne zmiany strukturalne wskazują na właściwe wymieszanie składników stopowych z materiałem rodzimym, którym był stop aluminium AISi9Cu3.



Rys. 3. Mikrofotografia SEM mikrostruktury metalograficznej warstwy po stopowaniu EDA

Analiza liniowa SEM

Badania mikrostruktury metalograficznej uzupełniono analizą liniową składu chemicznego. Została ona przeprowadzona wzdłuż wybranej linii na powierzchni próbki, tak aby obejmowała materiał rodzimy oraz warstwę zmodyfikowaną. W wyniku analizy otrzymano rozkłady wybranych pierwiastków (rys. 4) w obszarze połączenia warstwy naniesionej z podłożem. Analizę przeprowadzono z użyciem mikroskopy elektronowej typu OXFORDX-MAX.



Rys. 4. Analiza liniowa SEM składu chemicznego warstwy modyfikowanej

Obserwacja mikrostruktury SEM oraz analiza składu chemicznego z wykorzystaniem mikroskopy EDS wskazują, że nastąpiła dyfuzja materiału z elektrody roboczej do warstwy materiału rodzimego. Szczegółowe wyniki analizy składu chemicznego zostały zestawione w tablicy.

TABLICA. Skład chemiczny warstwy wierzchniej po obróbce EDA (wagowo w %)

	Al	Si	Fe	Co	Cu	W	Σ
Analiza 1	65,38	12,23	11,23	0,78	3,19	7,19	100
Analiza 2	64,38	12,69	11,44	1,00	3,71	6,78	100
Analiza 3	64,71	9,12	13,13	0,69	4,07	8,28	100

Podsumowanie

W wyniku stopowania z zastosowaniem wyładowań elektrycznych EDA z użyciem elektrody z WC-Fe następuje wymiana masy pomiędzy elektrodą stopującą a powierzchnią modyfikowaną.

Szczegółowa analiza składu chemicznego przeprowadzona liniowo oraz punktowo wykazuje na znaczny wzrost zawartości wolframu w warstwie wierzchniej – od 6 do 9%.

Połączenie pomiędzy warstwą modyfikowaną a materiałem rodzimym ma charakter dyfuzyjny.

Grubość modyfikowanych warstw osiąga około 5–10 μm.

LITERATURA

- Dąbrowski L., Świercz R. "The study of the microstructure of the surface layer after treatment (EDM)". *World of Machine Tools*. 7, 1–2 (2012): s. 26–30.
- Davydov A.D., Kozak J. "Physico-Chemical Principles of Electrochemical Discharge Machining". *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 3 (1991): s. 3–13.
- Lee H.G., Simao J., Aspinwall D.K., Dewes R.C., Voice W. "Electrical discharge surface alloying". *J. Mater. Process Technol.* (2004): s. 334–340.
- Nowicki B., Dmowska A., Podolak-Lejtas A. "Morphology of traces made by individual electric discharge in the EDM". *Advances in Manufacturing Science and Technology*. 33, 4 (2009): s. 5–24.
- Nowicki B., Pierzynowski R., Spadło S. "Investigation of electro-discharge mechanical dressing (EDMD) of diamond abrasive wheels with conductive bonds using brush electrodes". *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B: Journal of Engineering Manufacture*. 220, 3 (2006): s. 421–428.
- Nowicki B., Pierzynowski R., Spadło S. "The surface layer of parts machined by brush electro discharge mechanical machining (BEDMM)". *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B: Journal of Engineering Manufacture*. 218 (2004): s. 9–15.
- Nowicki B., Podolak-Lejtas A. "Investigations of the effect of combined EDM machining with burnishing process on the condition of the surface layer". *Advances in Manufacturing Science and Technology*. 32, 4 (2008): s. 5–17.
- Patowari P.K., Saha P., Mishra P.K. "An experimental investigation of surface modification of C-40 steel using W-Cu powder metallurgy sintered compact tools in EDM". *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* (2015): s. 343–360.
- Sidhu H.S., Banwait S.S. "Analysis and Multi-objective Optimisation of Surface Modification Phenomenon by EDM Process with Copper-Tungsten Semi-sintered P/M Composite Electrodes". *American Journal Mechanical Engineering*. (2014): s. 130–142.
- Spadło S., Kozak J., Młynarczyk P. "Mathematical Modelling of the Electrical Discharge Mechanical Alloying Process". *17th CIRP Conference on Electro Physical and Chemical Machining (ISEM)*. 6 (2013): s. 422–426.
- Stambekova K., Lin H.M., Uan J.Y. "Microstructural and Corrosion Characteristics of Alloying Modified Layer on 5083 Al Alloy by Electrical Discharge Alloying Process with Pure Silicon Electrode". *Mater. Trans. JIM*. (2012): s. 1436–1442.
- Tsunekawa Y., Okumiya M., Mohri N., Kurbe E. "Surface Modification of Aluminum Matrix Composites by Electrical Discharge Alloying". *Mater. Sci. Forum*. (1996): s. 1661–1666.
- Yan B.H., Lin Y.C., Huang F.Y., Wang C.H. "Surface Modification of SKD 61 during EDM with Metal Powder in the Dielectric". *Mater. Trans. JIM*. (2001): s. 2597–2604.