

# Analiza wpływu zawartości TiC w nanokompozycie na topografię powierzchni po obróbce frezowaniem

The analysis of the influence of the content of TiC in the nanocomposite on the milled surface topography

DARIUSZ GRZESIAK  
BANDAR ALMANGOUR  
SARA DUDZIŃSKA  
DANIEL GROCHAŁA  
EMILIA BACHTIAK-RADKA \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.322

W pracy autorzy opisują wyniki badań skrawalności nanokompozytu umocnionego węglikiem tytanu (TiC). Analizie poddano w szczególności wpływ ilości nanokrystalicznej fazy umacniającej na zmiany wybranych parametrów topografii powierzchni po frezowaniu przy zachowaniu stałych wartości technologicznych parametrów skrawania.

**SŁOWA KLUCZOWE:** SLM, nanokompozyt, TiC, frezowanie, topografia powierzchni frezowanej.

*The results of studies on machining of nanocomposite reinforced by titanium carbide (TiC) have been described. The influence of the reinforcement phase share on the variability of selected parameters of the surface topography at constant machining parameters was the main subject of the analysis.*

**KEYWORDS:** ASLM, nanocomposite, TiC, milling, milled surface topography

Materiały nanokompozytowe, w szczególności nanokompozyty w osnowach metalicznych, stanowią obiecującą grupę materiałów, które nierzadko charakteryzują się właściwościami niespotykanymi w klasycznych materiałach i kompozytach [1]. W połączeniu z nowoczesnymi technologiami wytwarzania przyrostowego, pozwalającymi na formowanie ich w relatywnie szybki i mało skomplikowany sposób w praktycznie dowolny kształt geometryczny, pozwala to uznać je za materiały przyszłości. Jednakże oprócz wielu niewątpliwych zalet, mają one również pewne wady, z których najpoważniejszą z punktu widzenia budowy i eksploatacji maszyn jest niewystarczająca dokładność wymiarowo – kształtowa oraz wysoka chropowatość surowych powierzchni. Niedogodności tych można uniknąć stosując dodatkową obróbkę podnoszącą jakość powierzchni części, które tego wymagają. Jedną z form takiej obróbki jest obróbka skrawaniem. W prezentowanej pracy przedstawiono wyniki analizy wpływu zawartości nanokrystalicznej fazy umacniającej w nanokompozycie uformowanym za pomocą technologii SLM (Selective Laser Melting Selekttywne Stapianie Laserowe), na parametry struktury geometrycznej powierzchni po frezowaniu.

## Materiały i metody badawcze

Analizie poddano trzy zestawy próbek wykonanych w technologii SLM przy użyciu urządzenia MCP HEK RE-

\* Mgr Bandar AlMangour (balmangour@gmail.com) – University of California, Los Angeles; dr inż. Dariusz Grzesiak (dariusz.grzesiak@zut.edu.pl), mgr inż. Sara Dudzińska (sara.dudzinska@zut.edu.pl), dr inż. Daniel Grochała (daniel.grochala@zut.edu.pl), mgr inż. Emilia Bachtia-Radka (emilia.bachtia-radka@zut.edu.pl) – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

ALIZER II wyposażonego w laser światłowodowy o mocy maksymalnej 100W. Próbki wykonano w trzech wariantach bez fazy umacniającej oraz o 5% i 10% udziale objętościowym TiC. Materiał osnowy próbek stanowiła stal AISI 316L, powszechnie stosowana w wytwarzaniu przyrostowym [2-7] której postacią surową był proszek wyprodukowany przez firmę MTT Technologies GmbH. Jako fazę umacniającą wykorzystano nanokrystaliczny węgiel tytanu (TiC) o kubicznym kształcie cząstek i rozmiarze 40 nm. Proszek stali 316L łączony był z węglikiem tytanu przy użyciu młyna kulowego, w którym oba substraty mieszane były z prędkością 200 obr/min przez 8 godzin.

Wytwarzanie próbek odbywało się przy wykorzystaniu jednakowych dla wszystkich wariantów parametrów technologicznych procesu SLM podanych w tabl. I.

**TABLICA I. Parametry technologiczne procesu SLM**

Szybkość skanowania [mm/s]	250
Moc lasera [W]	100
Średnica wiązki lasera [mm]	0,18
Grubość stapianej warstwy [mm]	0,05
Odległość ścieżek lasera [mm]	0,12

Próbki uformowane zostały w kształt prostopadła o podstawie prostokąta o wymiarach 5x70x5mm. Po uformowaniu usunięto wierzchnią, chropowatą warstwę materiału, a następnie przeprowadzono proces frezowania walcowo-czołowego przemieszczając narzędzie równolegle do dłuższego boku próbki, w taki sposób, że oś narzędzia pokrywała się z osią symetrii próbki. Do frezowania wykorzystana została głowica frezarska o średnicy 40mm, wyposażona w płytki XDKT 11T308SR-R50 HCN2235 firmy WNT. Proces obróbki wszystkich próbek przeprowadzono z jednakowymi parametrami technologicznymi, których wartości zamieszczono w tabl. II.

**TABLICA II. Parametry technologiczne procesu SLM**

Prędkość skrawania $V_c$ [m/min]	90
Głębokość skrawania – $a_p$ [mm]	0,5
Szerokość skrawania – $B$ [mm]	5
Prędkość posuwu $f$ [mm/ostre]	0,07

## Wyniki

Pomiary topografii wykonano za pomocą multisensorycznej maszyny do badań struktury geometrycznej powierzchni Altisurf A520, firmy Altime. W wyniku pomiarów zaobserwowano następujące zależności wybranych parametrów topografii powierzchni po frezowaniu od objętościowej zawartości fazy umacniającej w nanokompozycie:

- parametr wysokości 3D – Sv (maksymalna wysokość wgłębienia powierzchni), parametry funkcyjne 3D – Sk (głębokość chropowatości rdzenia) i Svk (zredukowana głębokość doliny) oraz parametr przestrzenny 3D – Str (wydłużenie struktury powierzchni) wykazały liniowy wzrost wartości w zależności od udziału fazy umacniającej, przy czym wariant o zerowej zawartości TiC nie wykazywał odchylenia od tej liniowości.

- mniej liniową zależność zaobserwowano w przypadku parametru wysokości 3D Sz (maksymalna wysokość powierzchni) – próbki o zawartości 10% TiC charakteryzowały się wyraźnie większą wartością tego parametru w stosunku do próbek pośrednich (5% TiC), aniżeli próbki pośrednie w stosunku do próbek z czystej stali.

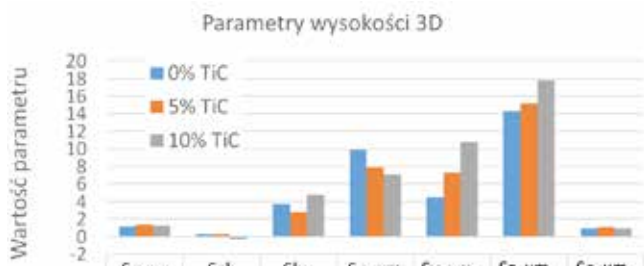
- parametr wysokości 3D – Sp (maksymalna wysokość piku powierzchni) oraz parametr przestrzenny 3D – Sal (długość autokorelacji powierzchni) wykazały się tendencją spadkową wraz ze wzrostem zawartości fazy umacniającej, przy czym spadek ten nieznacznie odbiegał od liniowego – w przypadku Sp odchylenie od liniowości nastąpiło w przypadku próbek z czystej stali, natomiast w przypadku parametru Sal odchyleniem takim cechowały się próbki o zawartości 10% TiC.

- parametr wysokości 3D – Sku (kurtoza powierzchni) osiągał wyraźnie niższe wartości w przypadku próbek o zawartości 5% TiC. Próbki o tym udziale fazy umacniającej cechowały się natomiast znacząco wyższymi od pozostałych wariantów nanokompozytu wartościami parametrów objętościowych 3D – Vv (objętość pustej przestrzeni powierzchni) oraz Vmc (objętość rdzenia materiału powierzchni).

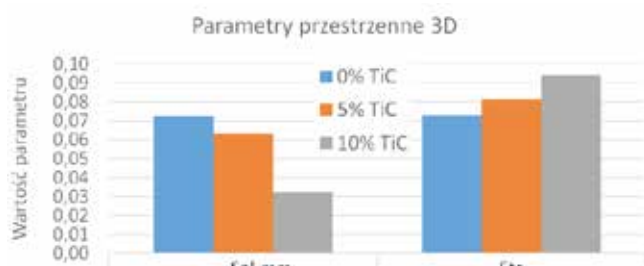
- Najbardziej zauważalny wzrost wartości odnotowano w przypadku parametru Std (kierunkowość struktury powierzchni), który ze średniej wartości 0,833° w przypadku czystej stali 316L wzrósł do odpowiednio 177° dla nanokompozytu o zawartości 5% TiC oraz 176° dla nanokompozytu o zawartości 10% TiC.

- parametry wysokości 3D – Sq, Ssk oraz Sa, a także parametry objętościowe 3D – Vm i Vmp nie wykazały zauważalnych różnic wartości w zależności od udziału fazy umacniającej w nanokompozycie.

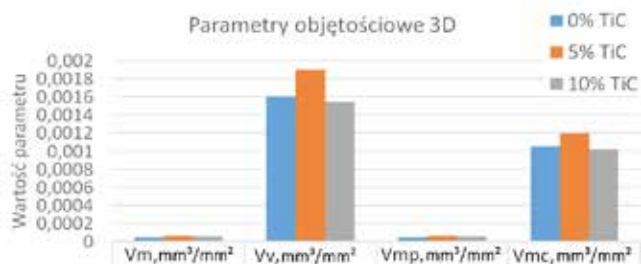
Zestawienie powyższych wyników przedstawiono w formie wykresów na rysunkach 1+5.



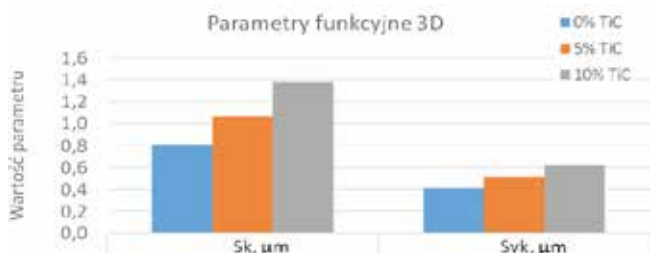
Rys. 1. Wykres wartości parametrów wysokości 3D – Sq, Ssk, Sku, Sp, Sv, Sz oraz Sa



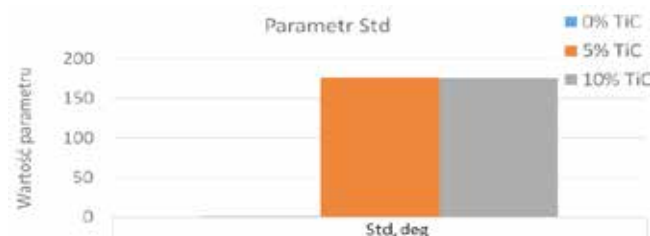
Rys. 2. Wykres wartości parametrów przestrzennych 3D – Sal oraz Str



Rys. 3. Wykres wartości parametrów objętościowych 3D – Vm, Vv, Vmp oraz Vmc



Rys. 4. Wykres wartości parametrów funkcyjnych 3D – Sk oraz Svk



Rys. 5. Wykres wartości parametru wysokości Std

## Podsumowanie

Jak wykazały przedstawione wyniki badań, zastosowanie nanokompozytów w osnowach metalicznych w miejsce standardowych metali i ich stopów, niesie za sobą konieczność uwzględnienia znaczącej zmiany topografii powierzchni po typowej obróbce frezowaniem, która jest bardzo często wykorzystywana do tzw. postprocessingu części wytwarzanych za pomocą technologii SLM. W przypadku nanokompozytów zaobserwowano wyraźną zmianę wartości większości parametrów topografii powierzchni, porównując je do tych, uzyskanych z pomiarów czystej stali. W dużej części zmiany te przebiegają liniowo, jednakże w celu dokładniejszego poznania ich charakteru, należy rozszerzyć zakres analizowanych wartości udziału procentowego TiC oraz jednocześnie zagęścić podział tego zakresu na poszczególne wartości.

## LITERATURA

1. Akhtar NF, „Microstructure evolution and wear properties of in situ synthesized TiB and TiC reinforced steel matrix composites”. *J. Alloys Compd.* Vol. 459 (2008): pp. 491-497.
2. Kruth J.P. et al. „Selective laser melting of iron-based powder”. *J. Mater. Process. Technol.* Vol. 149 (2004): pp. 616-622.
3. Li R. et al. „Densification behaviour of gas and water atomized 316L stainless steel powder during selective laser melting”. *Appl. Surf. Sci.* Vol. 256 (2010): pp. 4350-4356.
4. Li R. et al. „316L stainless steel with gradient porosity fabricated by selective laser melting”. *J. Mater. Eng. Perform.* Vol. 19 (2010): pp. 666-671.
5. Mertens A. et al. „Microstructures and mechanical properties of stainless steel AISI 316L processed by selective laser melting”. *Mater. Sci. Forum* (2014).
6. Wang D. et al. „Investigation of crystal growth mechanism during selective laser melting and mechanical property characterization of 316L stainless steel parts”. *Mater. Des.* Vol. 100 (2016): pp. 291-299. ■