

Analiza struktury geometrycznej powierzchni po frezowaniu elementów ażurowych ze stopów tytanu wytworzonych metodą SLM

Analysis of surface topography of titanium lattice structures after milling

MARCIN A. KRÓLIKOWSKI
SARA DUDZIŃSKA *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.397

Selektywne stapianie proszków metali (SLM) umożliwia generowanie obiektów 3D metodą przyrostową, zwłaszcza z metali i stopów trudnoskrawalnych i biogodnych. Nie da się jednak uniknąć obróbki ubytkowej wytworzonych tą metodą elementów. Przedstawiono obserwację i analizę warstwy wierzchniej ażurowych struktur parametrycznych z biogodnego stopu tytanu po procesie frezowania. Analiza wykonana została z wykorzystaniem multisensorycznej maszyny do badań topografii powierzchni AltiSurf A520 firmy Altimet. **SŁOWA KLUCZOWE:** SLM, Frezowanie, SGP

Selective Laser Melting of metals (SLM) provides the possibility to generate 3D models by additive manufacturing. Particularly this method is intended to produce parts of bio-compatible and hard metal alloys. Subtractive machining – cutting, of this materials could not be eliminated however. This paper is aimed at explanation of surface structure as phenomena caused by surface milling of regular lattice structures of titanium, bio-compatible alloy. Measurements were carried out with application of multi – sensor surface topography machine AltiSurf A520.

KEYWORDS: SLM, Milling, Surface Texture

Metoda SLM (selektywne stapianie wiązką lasera metali i ich stopów) umożliwia – jako jedyna obok SLS (spiekanie) wytwarzanie elementów metalowych o zaprojektowanej, ażurowej strukturze wewnętrznej. Konieczna jest jednak czasami obróbka skrawaniem takich elementów, chociażby ze względu na dokładność procesu SLM [3]. Obróbka ta traktowana jest jako wykończeniowa (postprocessing), zwłaszcza elementów części współpracujących. O ile przy obróbce skrawaniem elementów litych opanowanie procesu jest możliwe nawet w przypadku materiałów trudnoskrawalnych, o tyle podczas obróbki struktur porowatych o złożonej reprezentacji geometrycznej występują zjawiska zmienności przekroju i grubości warstwy skrawanej. Problem jakości powierzchni biogodnych stopów tytanu po SLM jest znany i szeroko badany w dużych zespołach [1, 2].

Cel badań

Badania miały na celu zaobserwowanie, a więc obserwacja na podłożu fenomenologicznym, wpływu zmienności parametrów geometrycznych struktur ażurowych wytworzonych ze stopu tytanu metodą SLM na strukturę warstwy wierzchniej po frezowaniu. Jako materiał referencyjny przyjęto stal.

Obróbka struktur wytworzonych SLM

Struktury obrabiano narzędziem pełnowęglkowym o średnicy 10 mm. Przyjęto stal GP1 (według firmy EOS,

parametry tamże) jako materiał referencyjny i obrabiano z parametrami: $v_c = 100$ m/min, posuw 150 mm/min, głębokość 0,2 mm.

Stop tytanu Ti64 (według EOS; pełna nazwa – Ti6Al4V) obrabiano z parametrami: $v_c = 50$ m/min, posuw 150 mm/min, głębokość 0,2 mm.



Rys. 1. Próbkę bezpośrednio po frezowaniu, jeszcze na płycie technologicznej

Metodyka badań

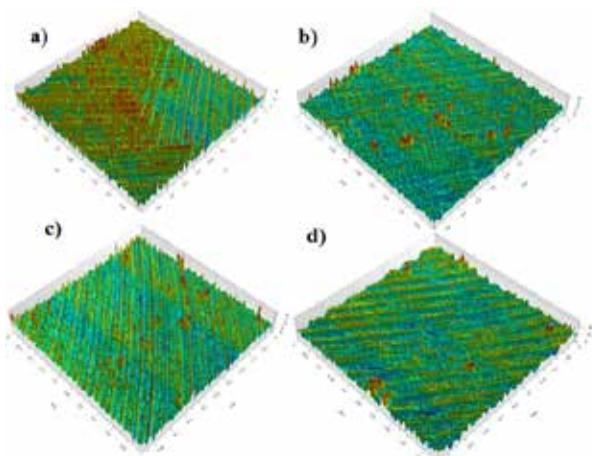
Pomiary SGP okrągłych przekrojów po frezowaniu prowadzono z wykorzystaniem multisensorycznej maszyny do badań topografii powierzchni AltiSurf A520 firmy Altimet. Pomiary wykonano na polach o wymiarach 1×1 mm. Akwizycję punktów powierzchni prowadzono z wykorzystaniem sensora konfokalnego CL3 o zakresie pracy do 1,2 mm i rozdzielczości pionowej 60 nm. Analizę zebranych danych i opracowanie topografii powierzchni (zgodnie z normą ISO 25178) prowadzono z wykorzystaniem oprogramowania AltiMap PREMIUM 6.2. Metodyka analizy topografii powierzchni została dobrana eksperymentalnie i dla zarejestrowanych chmur punktów powierzchni każdorazowo obejmowała:

- skanowanie badanej powierzchni frezowanej o wymiarach $1,0 \times 1,0$ mm,
- wyodrębnienie fragmentu zeskanowanej powierzchni o wymiarach $0,5 \times 0,5$ mm
- wyznaczenie na każdym z wyodrębnionych pól pomiarowych wartości progowej w celu usunięcia błędnie zebranych punktów powierzchni (punkty usuwane ustawiono jako wartości niemierzone),
- poziomowanie powierzchni (płaszczyznę średnią wyznaczoną metodą najmniejszych kwadratów LS),
- wyznaczenie wartości wybranych stereometrycznych parametrów chropowatości (3D) według ISO 25178.

Wyniki badań

Na rys. 2 przedstawiono przykładowe zarejestrowane podczas badań powierzchnie okrągłych przekrojów poddanych frezowaniu.

* Dr inż. Marcin A. Królikowski (marcin.krolikowski@zut.edu.pl), mgr inż. Sara Dudzińska (sara.dudzinska@zut.edu.pl) – Instytut Technologii Mechanicznej, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie



Rys. 2. Obrazy izometryczne wybranych powierzchni: a) małego okrągłego przekroju Ti6Al4V, b) małego okrągłego przekroju GP1, c) dużego okrągłego przekroju Ti6Al4V, d) dużego okrągłego przekroju GP1

Uzyskane wyniki dla obrabianych powierzchni badanych struktur przedstawiono w tabeli.

TABLICA Wartości wybranych parametrów topografii powierzchni odmiennych struktur uformowanych z użyciem SLM z GP1 oraz Ti64

Nazwa parametru	Wartość parametru dla dużych okrągłych przekrojów Ti64	Wartość parametru dla dużych okrągłych przekrojów GP1	Wartość parametru dla małych okrągłych przekrojów Ti64	Wartość parametru dla małych okrągłych przekrojów GP1
Sq	2,547	3,163	3,500	2,607
Ssk	0,765	0,678	0,835	0,688
Sku	5,827	4,73	4,283	5,203
Sp	17,2	19,9	17,333	14,833
Sv	9,110	10,343	10,543	8,570
Sz	26,3	30,267	27,833	23,433
Sa	1,937	2,407	2,690	1,973
Sk	4,893	6,2	6,330	5,480
Svk	1,937	2,273	2,007	2,113
Vm	0,0002	0,000239	0,00027	0,000196
Vv	0,0032	0,00401	0,00483	0,003213
Vmp	0,0002	0,000239	0,00027	0,000196
Vmc	0,0021	0,00258	0,00284	0,002127

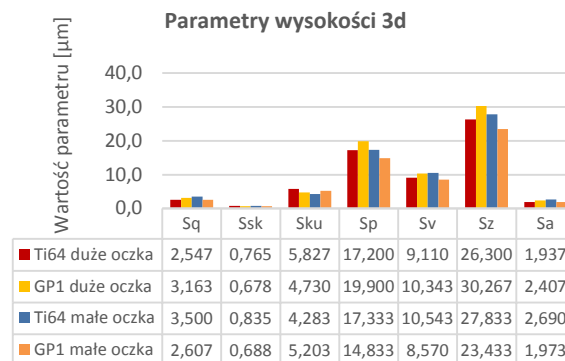
Wyniki otrzymanych średnich wartości wysokościowych parametrów powierzchni 3D dla obu materiałów oraz dwóch rodzajów struktur przedstawiono na rys. 3. Wartości parametrów wysokościowych dla struktur o większych przekrojach są wyższe dla struktur wykonanych z GP1 w porównaniu z Ti64. Odmienne tendencje występują dla struktur o mniejszych przekrojach. W tym przypadku wartości parametrów są wyższe dla struktur tytanowych. Wartości parametrów wysokościowych dla struktur z Ti64 są wyższe dla struktur o mniejszych przekrojach niż dla struktur o większych przekrojach. Analogiczne tendencje zauważalne są w przypadku parametrów funkcyjnych. Ponadto w przypadku wartości parametrów funkcyjnych objętości dla struktur o większych przekrojach wykonanych z Ti64 oraz dla struktur o małych oczkach wykonanych z GP1 są sobie równe. Porównanie wartości parametrów funkcyjnych przedstawiono na rys. 4 i 5.

Podsumowanie

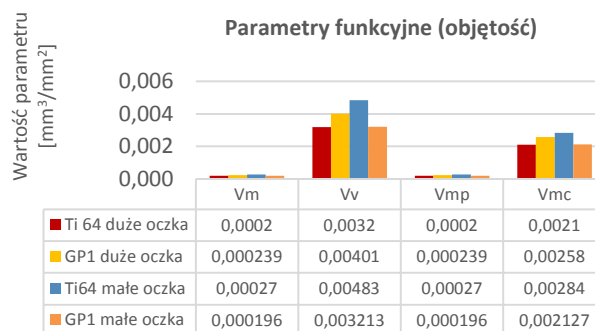
Przedstawione wyniki mają charakter obserwacji na podłożu fenomenologicznym. Zarejestrowano odmienne

wartości parametrów SGP 3D dla struktur otrzymanych z Ti64 oraz GP1, mimo przeprowadzenia obróbki wykończeniowej z takimi samymi parametrami geometrycznymi. W przypadku wartości parametrów dla struktur o większych przekrojach większe wartości zarejestrowano dla GP1; odmienny trend został zarejestrowany dla struktur o mniejszych przekrojach.

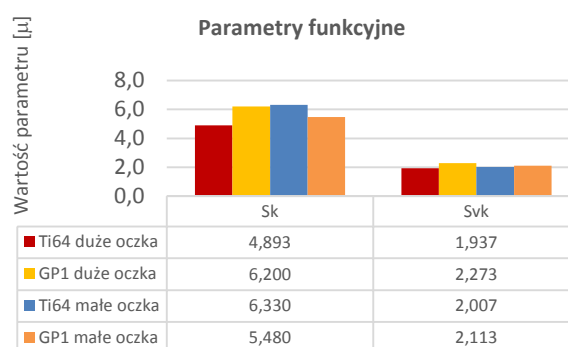
Uzyskane wyniki wskazują na istotny wpływ prędkości skrawania i skrawalności materiału obrabianego. Badania są kontynuowane w celu określenia trendu.



Rys. 3. Średnie wartości wybranych parametrów wysokościowych SGP 3D dla powierzchni struktur wykonanych z Ti64 oraz GP1



Rys. 4. Średnie wartości wybranych parametrów funkcyjnych objętości dla powierzchni struktur wykonanych z Ti64 oraz GP1



Rys. 5. Średnie wartości wybranych parametrów funkcyjnych dla powierzchni struktur wykonanych z Ti64 oraz GP1

LITERATURA

- Miltona S., Morandea A., Chalob F., Leroy R. "Influence of finish machining on the surface integrity of Ti6Al4V Produced by selective laser melting". *Procedia CIRP*. Vol. 45, 2016: pp. 127+130.
- Moni Ribeiro Filhoa S.L., Laurob C.H., Helton Santos Buena A., Cardoso Brandão L. "Influence cutting parameters on the surface quality and corrosion behavior of Ti-6Al-4V alloy in synthetic body environment (SBF) using Response Surface Method". *Measurement*. Vol. 88, June 2016, pp. 223+237.
- Królikowski M., Filipowicz K. "Verification of geometrical accuracy of selective laser melting (SLM) built model". *Advances in Manufacturing Science and Technology*. Vol. 37 (3): pp. 85+91.