

# Analiza wybranych parametrów SGP płaskich modeli wykonanych wybranymi rapid technologiami

An analysis of chosen surface texture parameters of flat models made with selected rapid technologies

ANDRZEJ KAWALEC  
ANNA BAZAN  
MARCIN SAŁATA  
IRENEUSZ CENA \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.491

W artykule skupiono uwagę na wartościach wybranych parametrów SGP przedmiotów wykonanych rapid technologiami: FDM, Polymer Jetting i SLS. Analizowane powierzchnie zostały zmierzone metodą stykową z użyciem profilometru 3D. W procesach wytwarzania modeli stosowano materiały wyjściowe typowe dla tych technologii oraz różne dopuszczalne grubości warstw. **SŁOWA KLUCZOWE:** technologie przyrostowe, topografia powierzchni

*Attention is paid in this paper on the magnitudes of chosen surface texture parameters of models made with selected rapid technologies: FDM, Polymer Jetting and SLS. Analyzed surfaces were measured by contact method using a 3D profile measurement gauge. In manufacturing processes of making models there were used various input materials and allowable thicknesses of layers recommended for those technologies. **KEYWORDS:** additive technologies, surface topography*

Metody wytwarzania przyrostowego (Additive Manufacturing – AM) są powszechnie stosowane do szybkiego wytwarzania prototypów (Rapid Prototyping), wykorzystywanych m.in. w przemyśle motoryzacyjnym, lotniczym, AGD oraz w aplikacjach medycznych [1–3].

Do najbardziej rozpowszechnionych metod RP należą m.in.: Multi Jet Modeling, Polymer Jetting (PolyJet), Fused Deposition Modeling (FDM), Selective Laser Sintering (SLS), Stereolithography Apparatus – SLA) oraz 3D Printing (3DP). Metody te wykorzystują materiał wyjściowy w różnej postaci: stałej (FDM), ciekłej (SLA i Polymer Jetting) i sproszkowanej (SLS, 3DP). Różnią się także dopuszczalną grubością warstw budujących model, dokładnością wymiarowo-kształtową [4] oraz chropowatością powierzchni [5, 6]. W artykule skupiono uwagę na wartościach wybranych parametrów topografii powierzchni modeli RP.

## Metodyka badań

Badaniom poddano płaskie powierzchnie modeli wykonanych różnymi rapid technologiami: FDM, PolyJet oraz SLS. W procesach wytwarzania modeli wymienionymi rapid technologiami stosowano materiały wyjściowe zalecane dla poszczególnych technologii przez producentów wykorzystywanych maszyn oraz różne dopuszczalne grubości warstw (tablica).

Topografię powierzchni modeli zmierzono ze pomocą profilometru stykowego TalyScan 150 z krokiem próbkowania w osi X oraz w osi Y (osie poziome) równym 10  $\mu\text{m}$ . Na każdym modelu zmierzono 4 powierzchnie o wymiarach 3 mm x 3 mm. Mapy topografii oraz parametry 3D struktury geometrycznej powierzchni (SGP) wyznaczono w programie SPIP 6.4.2.

Do analizy SGP wykonanych modeli przyjęto parametr wysokościowy  $S_a$ , a także parametr związany z funkcją autokorelacji  $Str_{20}$  [7].

**TABLICA. Stosowane technologie i grubości warstwy przy wykonywaniu badanych modeli**

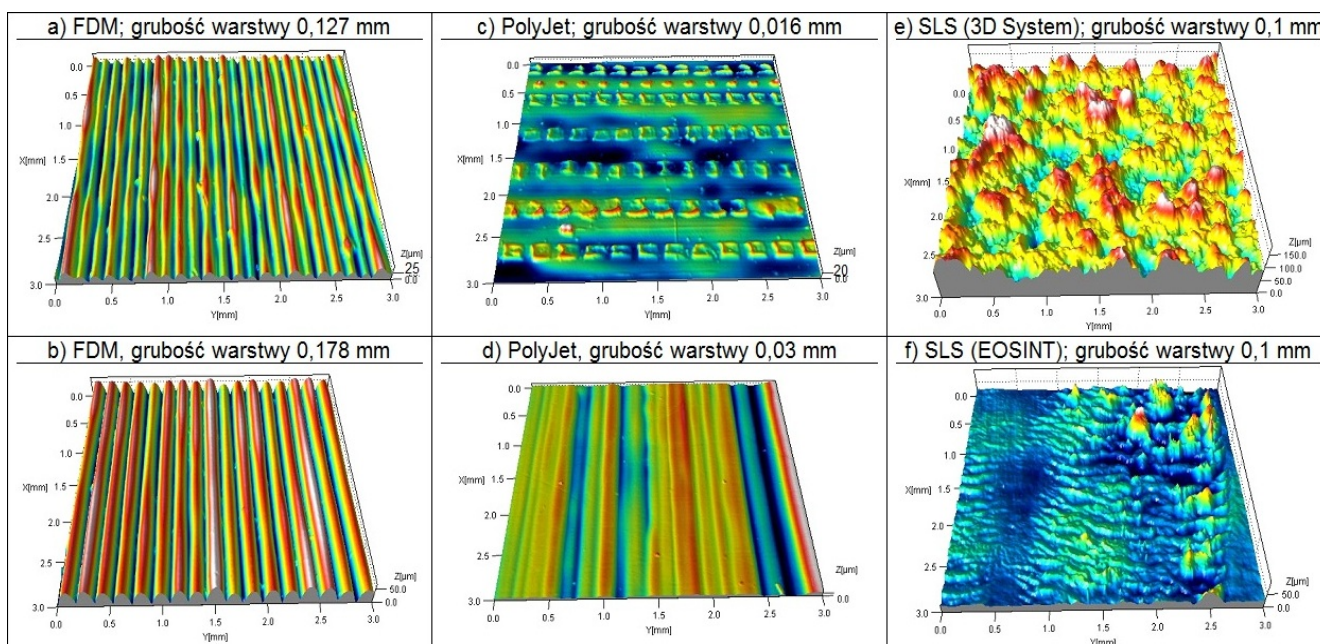
Technologia	Grubość warstwy, mm
FDM	0,127
FDM	0,178
PolyJet	0,016
PolyJet	0,03
SLS (firmy 3D System)	0,1
SLS (firmy EOSINT)	0,1

## Wyniki badań

Na rys. 1 przedstawiono przykładowe mapy topografii analizowanych powierzchni modeli wykonanych różnymi rapid technologiami z różnymi grubościami warstw. Na powierzchniach modeli FDM poszczególne warstwy są wyraźnie widoczne, a struktura jest ukierunkowana. Modele PolyJet również odznaczają się ukierunkowaną strukturą, jednak ze względu na stosunkowo małą grubość warstw granice między nimi nie są widoczne. Modele SLS mają bardziej izotropową powierzchnię, przy czym na modelu wykonanym przy użyciu urządzenia firmy EOSINT w obrębie powierzchni pomiarowej ujawnia się pewne zróżnicowanie. Na części badanej powierzchni – prawa część mapy topografii na rys. 1f – wysokości wzniesień są dużo większe niż w pozostałym obszarze.

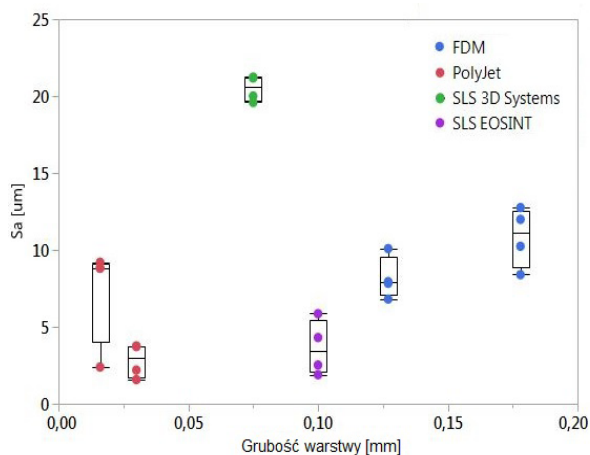
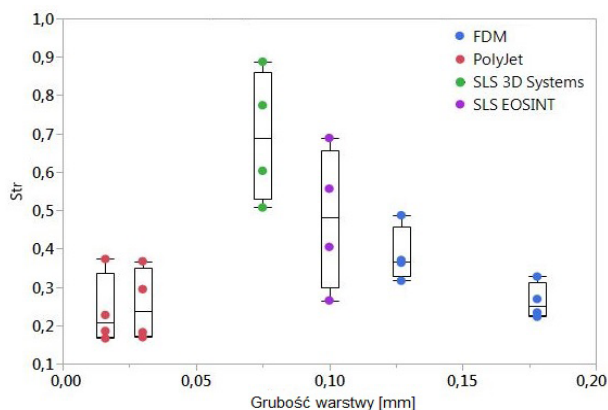
Zależności pomiędzy grubością warstwy oraz stosowaną metodą wytwarzania modelu i wybranymi parametrami SGP przedstawiono na rys. 2–3. Parametr  $S_a$  zależy istotnie zarówno od grubości warstwy, jak również od metody wytwarzania (w tym również od producenta urządzenia). Największą wartość chropowatości powierzchni mają modele SLS wykonanych na urządzeniu firmy 3D Systems. Wartość średnia parametru  $S_a$  tych modeli jest niemal czterokrotnie większa niż dla modeli wykonanych na urządzeniu firmy EOSINT.

\* Dr hab. inż. Andrzej Kawalec (ak@prz.edu.pl), mgr inż. Anna Bazan (abazan@prz.edu.pl), mgr inż. Marcin Sałata (msalata@prz.edu.pl) – Politechnika Rzeszowska; mgr inż. Ireneusz Cena (cena@pec-engineering.com) – Prototype & Engineering Center s.r.o., Mlada Boleslav CR



Rys. 1. Przykładowe mapy topografii badanych modeli

Wartości parametru  $Str_{20}$ , który jest miarą izotropowości powierzchni potwierdzają wnioski z oceny wizualnej map topografii. Modele SLS mają bardziej izotropową powierzchnię niż modele FDM i PolyJet. Rozstęp parametru  $Str_{20}$  jest też dla tych modeli największy, co świadczy o zróżnicowaniu topografii w obrębie danego modelu SLS pod kątem analizowanego parametru.

Rys. 2. Wartości parametru  $Sa$  powierzchni badanych modeliRys. 3. Wartości parametru  $Str_{20}$  powierzchni badanych modeli

## Podsumowanie

W artykule uwagę skupiono na wartościach parametru wysokościowego  $Sa$  oraz przestrzennego  $Str_{20}$  struktury geometrycznej powierzchni przedmiotów wykonanych rapid technologiami: FDM, PolyJet i SLS. Analizowane powierzchnie zostały zmierzone metodą stykową z użyciem profilometru 3D. W procesach wytwarzania modeli wymienionymi rapid technologiami stosowano materiały wyjściowe zalecane dla poszczególnych technologii przez producentów wykorzystywanych maszyn oraz różne dopuszczalne grubości warstw. Wyniki pomiarów i obliczeń wskazują na wyraźne różnice w wartościach analizowanych parametrów SGP. Wyznaczone wartości parametrów SGP zależą zarówno od analizowanej rapid technologii, producenta urządzenia, jak i przyjętej grubości warstwy.

Dalsze badania analizowanych modeli będą skupione na pogłębionej ocenie rozkładu przestrzennego nierówności powierzchni zarówno w odniesieniu do topografii powierzchni (na podstawie parametru  $Scl$  [7]), jak i pojedynczego profilu 2D (na podstawie parametru  $Rsm$  [7]). Zarówno dla profilu 2D, jak i 3D planowana jest również analiza spektralna.

## LITERATURA

1. Beaman J. "Additive/Subtractive Manufacturing Research and Development in Europe". World Technology Evaluation Center, 2007.
2. Chua C., Leong K., Lim C. "Rapid prototyping. Principles and applications". Singapore: World Scientific Publishing Company, 2010.
3. Cena I., Kawalec A. „Zastosowanie techniki Rapid Tooling do kontroli jakości wytwarzanych części samochodowych”. *Mechanik*. R. 81, nr 12 (2008): s. 1022–1028.
4. Budzik G., Burek J., Bazan A., Turek P. "Analysis of the Accuracy of Reconstructed Two Teeth Models Manufactured Using the 3DP and FDM Technologies". *Journal of Mechanical Engineering*. Vol. 62, No. 1 (2016): pp. 11–20.
5. Campbell R.I., Martorelli M., Lee H.S. "Surface roughness visualisation for rapid prototyping models". *Computer-Aided Design*. Vol. 34, No 10 (2002): pp. 717–725.
6. Kaji F., Barari A. "Evaluation of the Surface Roughness of Additive Manufacturing Parts Based on the Modelling of Cusp Geometry". *IFAC-PapersOnLine*. Vol. 48, No 3 (2015): pp. 658–663.
7. „Scanning probe image processor. User's and reference guide". 2012. ■