

Sposoby zwiększania wydajności druku 3D w metodzie FFF

Ways to increasing performance of FFF 3D printing method

ADAM ŁYŻWA *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.12.543

W artykule przedstawiono trzy metody zwiększania wydajności druku 3D metodą FFF. Próby polegały na zwiększaniu gęstości wypełnienia, wysokości warstwy oraz prędkości druku. Na podstawie wydruków testowych oraz symulacji porównano czasy, zużycie materiału oraz jakość wykonanego przedmiotu przy założonych parametrach druku.

SŁOWA KLUCZOWE: druk 3D, metoda FFF, wydajność druku 3D

Abstract: This article presents three methods of improving efficiency of 3D printing by the FFF method. Trials consisted of increasing the density of infill, layer height and print speed. On the basis of test prints and simulations, made with assumed parameters of printing, times, material consumption and quality wear compared.

KEYWORDS: 3D printing, method FFF method, efficiency of 3D printing

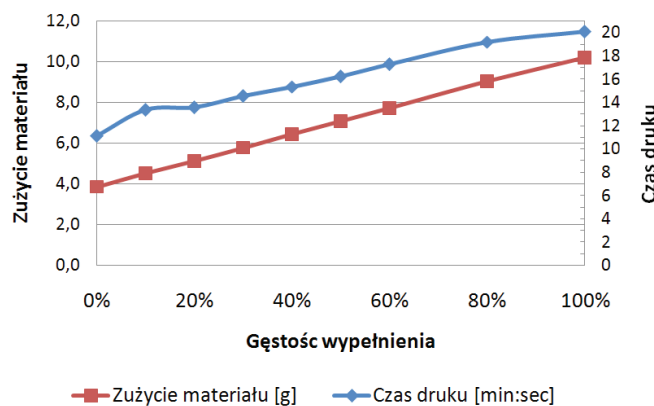
Metoda FFF (ang. *Fused Filament Fabrication*) [1] jest popularną metodą druku 3D, stosowaną w firmach produkcyjnych, biurach projektowych oraz w małych firmach i domach. Wraz ze wzrostem zapotrzebowania na elementy powstające w technologiach przyrostowych, zwiększają się wymagania odnośnie do wydajności procesu ich powstawania. Jako główne czynniki wpływające na efektywność procesu druku 3D przyjęto czas wykonania detalu oraz ilość zużytego materiału. Oba te parametry przekładają się bezpośrednio na koszty wytworzenia elementów. Badaniom poddano zmianę wydajności procesu w zależności od gęstości wypełnienia wydruku, wysokości drukowanej warstwy oraz prędkości drukowania. Jako dodatkowy parametr wzięto pod uwagę jakość wykonanych detali. Wszystkie próbki wydrukowano na urządzeniu GATE 3D firmy 3Novatica [2], z tworzywa PLA [3]. G-kody zostały wygenerowane w programie Cura w wersji 15.02.1. Program sterujący drukarką to Pronterface w wersji 2014.08.01. Przeprowadzone próby pokazały, jak różne wartości testowanych parametrów wpływają na zmianę czasu powstawania wydruków oraz na zużycie materiału. Na podstawie próbných wydruków pokazano, jaki wpływ mają różne wartości poszczególnych parametry na jakość uzyskanych przedmiotów.

Zmniejszenie gęstości wypełnienia wydruku

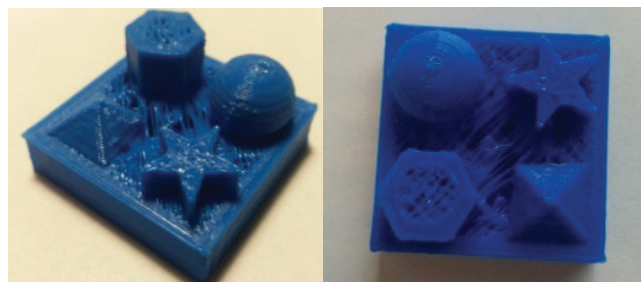
W procesie przygotowania modelu do druku można regulować gęstości wypełnienia wnętrza elementu. Gęstość

ustawia się w zakresie od 0% – obiekt pusty w środku (skorupa), do 100% – obiekt lity. Niektóre programy dają możliwość używania różnych wzorów wypełnienia. Rodzaj wypełnienia nie ma znaczącego wpływu na wydajność procesu. Najczęściej stosowanym wypełnieniem jest kratka.

Zestawienie czasów oraz zużycia materiałów dla różnych gęstości wypełnienia przedstawiono graficznie na rys. 1. Próbkę wydrukowaną przy wypełnieniu 0% pokazano na rys. 2.



Rys. 1. Czas druku oraz zużycie materiału przy różnej gęstości wypełnienia

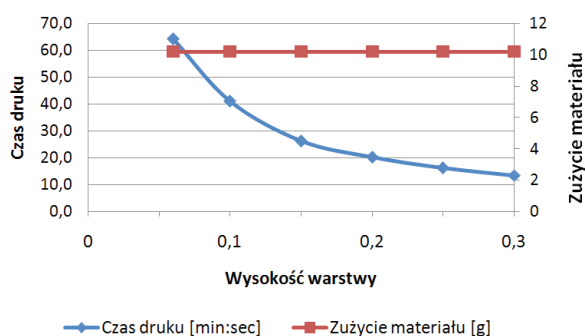


Rys. 2. Model wydrukowany przy wypełnieniu 0% (źródło własne)

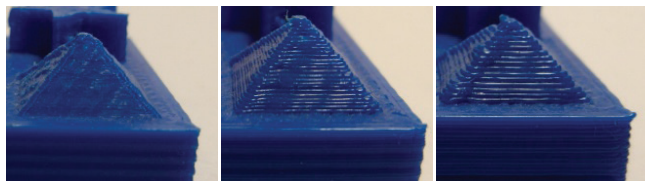
Zwiększanie wysokości warstwy

Inną metodą na poprawę wydajności druku jest zwiększenie wysokości pojedynczej warstwy wydruku. Zakres grubości warstwy dla większości drukarek działających w technologii FFF to 0,06–0,3 mm. Zestawienie czasów oraz zużycia materiału dla różnych wysokości drukowanej warstwy przedstawiono graficznie na rys. 3. Jakość powierzchni drukowanych przedmiotów przedstawiono na rys. 4–6.

* Mgr inż. Adam Łyżwa (adam.lyzwa@dokt.p.lodz.pl) – Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn



Rys. 3. Czas druku oraz zużycie materiału dla różnej wysokości pojedynczej warstwy



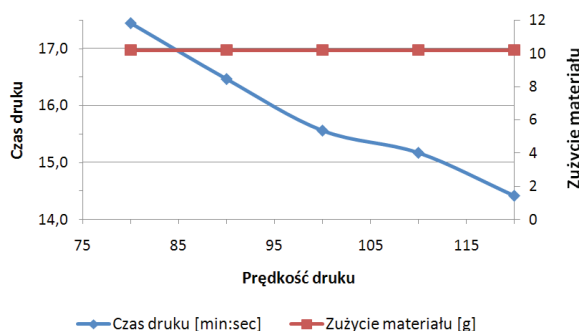
Rys. 4. Wysokość warstwy: 0,06 mm (źródło własne)

Rys. 5. Wysokość warstwy: 0,2 mm (źródło własne)

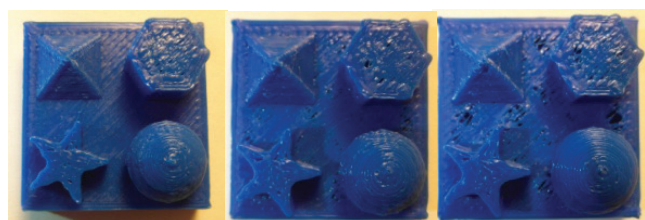
Rys. 6. Wysokość warstwy: 0,3 mm (źródło własne)

Zwiększenie prędkości druku

W procesie generowania kodu istnieje możliwość zmiany kilku różnych parametrów związanych z prędkością, tj. prędkość druku – ogólna prędkość poruszania się głowicy podczas druku, prędkość druku pierwszej warstwy, prędkość druku wypełnienia, prędkość druku ścian zewnętrznych, prędkość druku ścian wewnętrznych. W celu określenia zmian wydajności druku, wszystkie parametry prędkości zostały ustawione na tę samą wartość. Wyniki symulacji przedstawiono na rys. 7. Wydrukowane próbki przedstawiono na rys. 8–10.



Rys. 7. Czas druku oraz zużycie materiału dla różnej prędkości druku



Rys. 8. Prędkość druku: 80 mm/s (źródło własne)

Rys. 9. Prędkość druku: 100 mm/s (źródło własne)

Rys. 10. Prędkość druku: 120 mm/s (źródło własne)

Podsumowanie

Wszystkie przedstawione w artykule metody modyfikacji parametrów druku są w stanie wpłynąć na polepszenie

wydajności procesu wytwarzania metodą FFF. Niektóre z przedstawionych metod powodują wzrost wydajności zarówno czasowej, jak i materiałowej, inne natomiast skracają tylko czas wydruku.

Metoda zmiany gęstości wypełnienia pozwala zarówno skrócić czas wydruku, jak i zredukować ilość zużytego materiału (rys. 1). Próbne wydruki pokazały, że stosowanie wypełnienia o wartości 0% może powodować znaczny spadek jakości wykonanego elementu (rys. 2). Decydując się na wydruk pustego w środku, należy zwrócić uwagę na jego kształt i przeznaczenie. Powierzchnie równoległe do powierzchni stołu drukarki będą bardzo zniekształcone i najprawdopodobniej poprzerywane.

Metoda zwiększania wysokości warstwy drukowanego elementu wpływa tylko i wyłącznie na skrócenie czasu wydruku (rys. 3). Zmiany te są bardzo znaczące. Wysokość pojedynczej warstwy ma również duży wpływ na jakość wytwarzanych przedmiotów. Wydruki o niskiej warstwie są bardziej dokładne i szczegółowe. Te drukowane warstwami o dużej wysokości mają widoczną prążkowaną strukturę ścian bocznych, natomiast elementy okrągłe i pochylone pod kątem są zniekształcone (rys. 4–6).

Metoda zwiększania prędkości druku daje możliwość skrócenia czasu wytwarzania detalu. Próby pokazały, że wraz ze wzrostem prędkości spada jakość wytwarzanych elementów. Przy wyższych prędkościach możemy zaobserwować zniekształcenia geometrii detalu – zaokrąglone i skrzywione naroża oraz brak ciągłości powierzchni (rys. 8–10). W najgorszym przypadku przedmiot drukowany zbyt szybko może niedostatecznie przylegać do powierzchni stołu, co może spowodować podwijanie się krawędzi bocznych lub zerwanie go ze stołu w trakcie drukowania. Innym niebezpieczeństwem druku przy dużych prędkościach jest możliwość zgubienia kroku przez jeden z silników. Powoduje to przesunięcie się części detalu w osi x lub y.

W celu poprawy wydajności, a zarazem utrzymania dobrej jakości wytwarzanych modeli, należy mieszać ze sobą przedstawione w artykule metody. Należy przy tym brać pod uwagę przeznaczenie konkretnego elementu. Wydruki, w których strona wizualna nie odgrywa kluczowej roli, można drukować na podwyższonych parametrach prędkości oraz wysokości warstwy. Spowoduje to znaczne skrócenie czasu druku. Przedmioty, które służyć celom pokazowym, należy wykonać przy niższych prędkościach i mniejszych wysokościach warstwy, co pozwoli uzyskać najlepszą jakość powierzchni i dobre odwzorowanie szczegółów. Zmniejszenie gęstości wypełnienia przedmiotów o dużych gabarytach pozwoli zredukować ilość potrzebnego materiału. Należy jednak pamiętać, że może to negatywnie wpłynąć na jakość ich powierzchni górnych. Na podstawie analizy próbnego wydruku oraz symulacji czasów i zużycia materiału można stwierdzić, że dla wypełnienia 20%, wysokości warstwy 0,1 mm oraz prędkości druku 80 mm/s, powinniśmy otrzymać dobry jakościowo przedmiot przy możliwie najkrótszym czasie wydruku oraz możliwie najmniejszym zużyciu materiału.

LITERATURA

1. <http://www.stratasys.com/3d-printers/technologies/fdm-technology>
2. <http://3novatica.com/pl/>
3. <http://reprap.org/wiki/PLA>
4. Czerwiński K., Czerwiński M. „Drukowanie w 3D”. INFOAUDIT Warszawa 2015. ISBN: 978-83-922674-3-0.
5. „Leksykon naukowo-techniczny z suplementem”. T. P-Ż. Warszawa: WNT, 1989, s. 1104, 1153. ISBN 83-204-0969-1.