

Analiza jakości wydruków wybranych drukarek 3D w technologii FDM

Analysis of print quality selected 3d printers FDM technology

WOJCIECH KIŃSKI
KRZYSZTOF NALEPA
WOJCIECH MIĄSKOWSKI
PAWEŁ PIETKIEWICZ *

Materiały z XX SKW PWiE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.143

W artykule przedstawiono testowy element służący do oceny jakości wydruków modeli przestrzennych. Testom zostały poddane wybrane konstrukcje drukarek 3D. Wydrukowane elementy pozwoliły na ocenę jakości pracy drukarek.

SŁOWA KLUCZOWE: drukarka 3D, ocena jakości

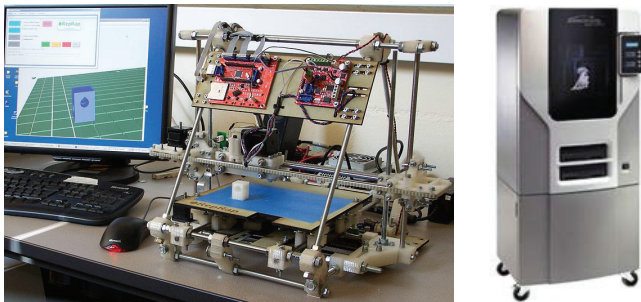
The article presents the standard element used for print quality assessment of the spatial models. Tests have been subjected to selected constructions of 3D printers. Printed elements allowed for the 3d printers quality assessment.

KEYWORDS: 3D printer, quality assessment

Technologia FDM

Technologia FDM (z ang. *fused deposition modeling*) jest jedną z najbardziej popularnych technologii wykorzystanych w druku 3D. Polega ona na wytwarzaniu modelu warstwa po warstwie. Materiał będący w formie granulatu lub drutu dostarczany jest do głowicy, w której zostaje podgrzany do temperatury topnienia, a następnie jest wytłaczany poprzez dyszę głowicy [1].

Na rynku dostępne są różne odmiany maszyn drukujących w technologii FDM, od najprostszych modeli budowanych amatorsko na zasadach *Open Source* (projekt Rep-Rap) [3] do urządzeń profesjonalnych [4].



Rys. 1. Drukarki 3D wykorzystujące technologię FDM: według projektu *Open Source* RepRap – model Mendel (z lewej) [3] oraz profesjonalna drukarka Dimension 1200es [4] (z prawej)

Jakość druku 3D w dużym stopniu zależy od konstrukcji maszyny, w szczególności od precyzji działania mechanizmów ruchu głowicy i tworzonego obiektu oraz sztywności konstrukcji maszyny.

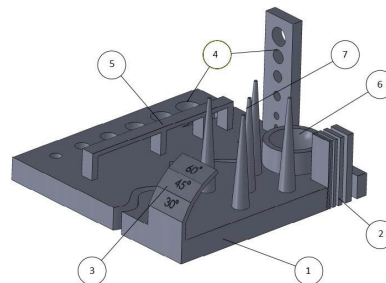
Najczęstsze problemy, z jakimi borykają się użytkownicy drukarek 3D, związane są z trudnościami w uzyskaniu prawidłowych, rzeczywistych wymiarów wydrukowanego modelu 3D, odwzorowaniem skomplikowanych kształtów oraz drukowa-

niem elementów modelu przestrzennego w powietrzu bądź pod dużym kątem (bez materiału podporowego). Aby możliwa była miarodajna ocena jakości druku 3D, opracowano wzorzec zawierający różne elementy składowe ujawniające ewentualne błędy odwzorowania kształtów i wymiarów.

Opis wzorca

Do oceny jakości wydruków posłuży specjalnie zaprojektowany trójwymiarowy model, którego celem jest zbadanie trudnych do wydrukowania kształtów. Wzorzec powstał na podstawie modeli testowych udostępnionych przez producentów drukarek (MakerBot) [2]. Na rys. 2 przedstawiony został model 3D stanowiący wzorzec umożliwiający ocenę jakości druku 3D.

Potrzeba opracowania wzorca do oceny jakości druku pojawiła się podczas wytwarzania modeli mikroturbin wiatrowych do badań w tunelu aerodynamicznym. Pojawiające się na wydrukowanych elementach niedoskonałości skłoniły autorów do poszukiwania metod oceny jakości druku 3D



Rys. 2. Model 3D przeznaczony do testu drukarek 3D: 1 – powierzchnia modelu, 2 – cienkie ścianki, 3 – nawisy, 4 – otwory, 5 – mosty, 6 – elementy kuliste, 7 – wieże

Celem wzorca jest sprawdzenie następujących właściwości wydruków:

- powierzchni modelu – duża powierzchnia modelu ma na celu sprawdzenie przyczepności modelu do platformy roboczej,
- cienkich ścianek – model zawiera cienkie bryły i odstępy między nimi z zakresu od 0,2 mm do 1 mm,
- nawisów – drukując pochylone ściany bez użycia materiału podporowego, model narażony jest na działanie grawitacji, co skutkuje tym, że powstają nawisy,
- otworów – dzięki temu w łatwy sposób możemy zobaczyć, czy osie urządzenia są odpowiednio skalibrowane (w przeciwnym razie zamiast okręgów powstaną elipsy). Otwory w pionowej osi modelu są narażone na wpływ grawitacji,
- mostów – są to elementy, które drukowane są bez użycia materiału podporowego; wpływ grawitacji w dużym stopniu uwidacznia się przy tej operacji,
- elementów kulistych – często zdarza się, że modele posiadają wklęsłe bądź wypukłe elementy; nie zawsze otrzymywane są one w pożądanym sposobie,
- wieży – kolejnym bardzo istotnym parametrem jest retrakcja, odpowiadająca za „zasysanie” wytłaczanego materiału

* Wojciech Kiński (wojtecki@wp.pl), Krzysztof Nalepa (nalepka@uwm.edu.pl); Wojciech Miąskowski (wojmek@uwm.edu.pl); Paweł Pietkiewicz (papiet@uwm.edu.pl) – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Wydział Nauk Technicznych

w momencie, gdy następuje wolny przejazd głowicy drukującej; zbyt niska retrakcja powoduje powstawanie efektu „pajęczyny”, z kolei zbyt duża – ubytki w ściankach modelu.

Opis użytych urządzeń

Do przeprowadzenia badań porównawczych jakości druku 3D zostały użyte dwa urządzenia: popularny Rep-Rap oraz markowa drukarka. Na rys. 3 pokazano urządzenia użyte w testach porównawczych oceny jakości wydruków. Pierwszym z nich było urządzenie Rep-Rap Prusa i3, drugim było urządzenie Robo 3D.

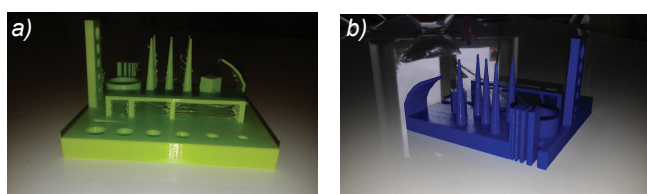


Rys. 3. Drukarki użyte w badaniach: model Prusa i3 (po lewej) oraz Robo 3D (po prawej) [5, 6]

Analiza wydrukowanych wzorców

Wzorec został wydrukowany na obu urządzeniach z wykorzystaniem tych samych parametrów wydruku. Materiał, z którego zostały wydrukowane modele, to PLA (Polilaktyd). Średnica dyszy w głowicach drukujących to 0,4 mm.

Na rys. 4a, b przedstawiono zdjęcia wydrukowanych wzorców. Wydrukowany na urządzeniu Prusa i3 model wzorcowy zawiera liczne niedoskonałości – od niepożądanych nitek materiału, poprzez błędne odtworzenie kształtów (szczególnie otworów) po odkształcenia elementów pionowych i poziomych.



Rys. 4. Wzorec wydrukowany drukarką: a) Open Source, model Prusa i3, b) Robo 3D

Ocena jakości wydruku prowadzona była poprzez oględziny wzrokowe oraz pomiary z użyciem sprzętu metrologicznego. W tabl. II przedstawiono zestawienie ocenianych parametrów dla obu drukarek.

Podsumowanie

Ze względu na coraz powszechniejsze stosowanie technik szybkiego prototypowania w wykorzystaniu druku 3D uzasadnione jest korzystanie z miarodajnych metod oceny jakości druku. Przedstawiony w tym artykule model wzorcowy może być użyty do tego celu, ale pozwala on również na dostosowanie parametrów drukowania do poszczególnych typów maszyn.

Wiele defektów ukazanych na wzorcach można wyeliminować poprzez odpowiedni dobór parametrów wydruku dla danego urządzenia.

TABLICA I. Zestawienie i ocena modeli testowych

Lp.	Urządzenie	Defekty	Ocena metrologiczna	Ocena subiektywna (0+10)
1	Prusa i3	Efekt „pajęczyny”	ocena wizualna	4
		Średnice otworów	pomiar suwmiarką elektroniczną, błąd: -0,3 mm	7
		Drukowanie nawiasów	ocena wizualna (widoczne defekty przy kącie 60 stopni)	7
		Mosty	ocena wizualna	7
		Cienkie ścianki i szczeliny	pomiar szczelinomierzem	4
2	Robo 3D	Efekt „pajęczyny”	ocena wizualna	7
		Średnice otworów	pomiar suwmiarką elektroniczną, błąd: -0,15 mm	9
		Drukowanie nawiasów	ocena wizualna (widoczne niewielkie defekty przy kącie 60 stopni)	9
		Mosty	ocena wizualna	9
		Cienkie ścianki i szczeliny	pomiar szczelinomierzem	7
		Odwzorowanie nieregularnych kształtów	ocena wizualna	8
		Odwzorowanie nieregularnych kształtów	ocena wizualna	9
		Odwzorowanie nieregularnych kształtów	ocena wizualna	9
		Odwzorowanie nieregularnych kształtów	ocena wizualna	7
		Odwzorowanie nieregularnych kształtów	ocena wizualna	9

TABLICA II. Przykładowe defekty wydruków wraz z rozwiązaniami

Lp.	Nazwa defektu	Rozwiązanie
1	Wiszące mosty	a) użycie wentylatora chłodzącego wydruk
		b) zwiększenie prędkości budowy mostów
		c) zmniejszenie przepływu materiału
2	Słaba przyczepność modelu do platformy	a) zastosowanie podgrzewanego stołu roboczego
		b) zwiększenie grubości pierwszej warstwy modelu
		c) zwiększenie przepływu filamentu dla pierwszej warstwy modelu
		d) zmniejszenie prędkości druku pierwszej warstwy
3	Słabe odwzorowanie szczegółów modelu	a) zmniejszenie prędkości wydruku
		b) użycie wentylatora chłodzącego wydruk
		c) zmniejszenie grubości warstwy
		d) zastosowanie dyszy o mniejszej średnicy
4	Słaba adhezja pomiędzy kolejnymi warstwami modelu	a) zwiększenie temperatury głowicy
		b) zmniejszenie prędkości druku
		c) zwiększenie przepływu filamentu
5	Słabe odwzorowanie pochyłych ścian modelu	a) zmniejszenie prędkości wydruku
		b) użycie wentylatora chłodzącego wydruk
		c) zmniejszenie przepływu materiału podczas drukowania pochyłych ścian
		d) generowanie materiału podporowego

* * *

Przedstawione prace zostały wykonane w ramach realizacji projektu nr N N502 511940 pt. „Modele funkcjonalne i badania konstrukcji quasi- autonomicznego punktu oświetleniowego lub sygnalizacyjnego”.

LITERATURA

- Kiński W. „Projekt i budowa drukarki 3D”, Praca inżynierska, WNT UWM w Olsztynie, 2015.
- <http://www.makerbot.com> [dostępne na dzień 27.03.2016 r.].
- <http://reprap.org/wiki/RepRap/pl> [dostępne na dzień 27.03.2016 r.].
- <http://www.cimetrixsolutions.com/products/3d-printers/design-series/dimension-1200es> [dostępne na dzień 27.03.2016 r.].
- http://reprap.org/wiki/Prusa_i3 [dostępne na dzień 27.03.2016 r.].
- <http://robo3d.com/> [dostępne na dzień 27.03.2016 r.].