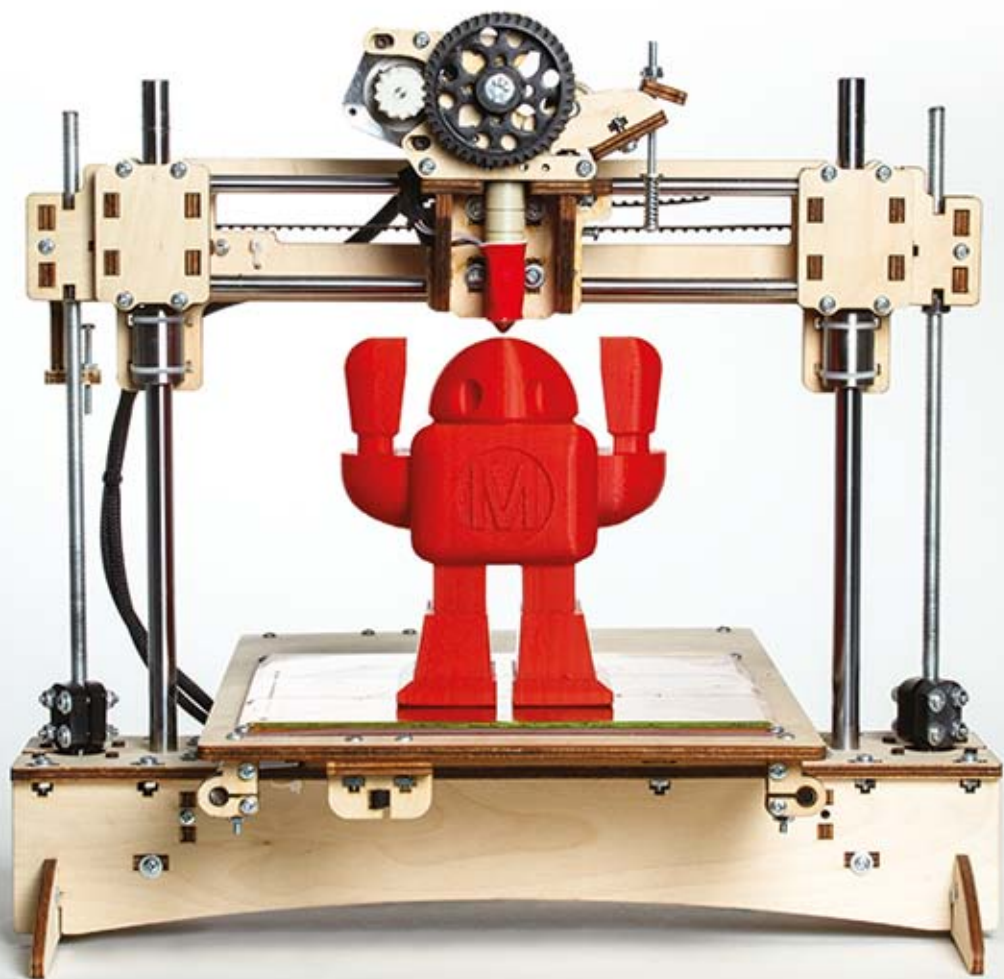


Świat druku 3D



Kompendium wiedzy o druku 3D!

Anna Kaziunas France

Tytuł oryginału: Make: 3D Printing: The Essential Guide to 3D Printers

Tłumaczenie: Zbigniew Waśko

ISBN: 978-83-246-9114-2

© 2014 Helion S.A.

Authorized Polish translation of the English edition of Make: 3D Printing, ISBN 9781457182938

© 2014 Maker Media, Inc., published by Maker Media Inc.

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to publish and sell the same.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiejkolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Wydawnictwo HELION dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie bierze jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Wydawnictwo HELION nie ponosi również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Wydawnictwo HELION

ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: helion@helion.pl

WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<http://helion.pl/user/opinie/swid3d>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

Spis treści

Wstęp	xi
--------------------	-----------

Część I Sprzęt

1. Podstawy drukowania przestrzennego	3
Wybór drukarki	3
Opcje zakupu — w całości, w częściach lub do samodzielnego wykonania.	4
Oprogramowanie	5
Generowanie plików STL	5
Warstwy	6
Porządkowanie	6
Pierwsze drukowanie	6
Anatomia drukarki 3D	7
System pozycjonowania	7
Elementy drukarki 3D	9
Wybór filamentu	11
Etap następny — co drukować?	11
2. Przegląd drukarek 3D	15
Wydruki testowe	16
Waż	16
Figurka sowy	16
Przekładnia łożyskowa	16
Wymagający tester wymiarowości	17
Afinia H-Series	18
Bukobot 8	19
Cube	20
Felix 1.0	21
MakerGear M2	22

Printrbot Jr. (v1)	23
Replicator 2	24
Solidoodle 2	25
Type A Series 1	26
Ultimaker	27

Część II Oprogramowanie

3. Programy komputerowe dla druku przestrzennego	31
Programy do modelowania 3D	31
Slicer, czyli oprogramowanie CAM	34
Sterowanie drukarką — oprogramowanie klienckie	35
Co dalej?	36
4. Modelowanie 3D dla zupełnych nowicjuszy	37
1. Utwórz tinkercadowe konto	37
2. Utwórz otwór	38
3. Wstaw głowę robota	38
4. Wyrównaj położenia głowy i otworu	39
5. Połącz głowę i otwór w jeden obiekt	39
6. Opróżnij wnętrze głowy	39
7. Wykonaj usta robota	40
8. Wymodeluj oczy robota	41
5. Poznajemy Slic3r	45
Etap 1. Nadaj profilowi nazwę	46
Etap 2. Ustawienia druku	47
Obrzeża i warstwy pełne	47
Wypełnienie	48
Szybkość	49
Obwódka	50
Materiał podporowy	50
Uwagi i inne ustawienia	51
Ustawienia zaawansowane	52
Etap 3. Parametry filamentu	52
Chłodzenie	53
Etap 4. Ustawienia drukarki	55
Własny kod G	55
Ustawienia wyciskarki	56
Retrakcja	56

Etap 5. Powrót do zakładki Plater	57
Praca z kilkoma modelami naraz	58
Dobrej zabawy!	58

Część III Skanowanie 3D

6. Wykonywanie skanów przestrzennych i poprawianie ich	61
Na czym polega skanowanie 3D?	61
Ograniczenia	63
123D Catch	63
Posługiwanie się programem 123D Catch	63
Fotografowanie	64
Wysyłanie zdjęć do serwera w chmurze	66
Pobieranie wygenerowanej siatki	67
ReconstructMe	67
Instalacja programu ReconstructMe	68
Jak odtworzyć samego siebie (lub inną osobę)	68
Porządkowanie i naprawianie skanów	
przeznaczonych do druku 3D	70
netfabb	70
Autodesk MeshMixer	71
MeshLab	71
Pleasant3D	72
Naprawianie typowych skanów	72
Naprawianie i porządkowanie skanu w netfabbie	72
Wygładzanie powierzchni siatek	75
Usuwanie zgrubień i wybrzuszeń	77
Ostatnie czynności porządkujące w netfabbie	77
Drukowanie	77
Domykanie skanów reliefowych	77
Postępowanie z dziurami, miejscami niejednoznacznymi i elementami rozłącznymi	78
Domykanie siatki	80
Skanuj swój świat	84
7. Wydrukuj swoją głowę w 3D!	85
1. Zarejestruj się w Autodesk 123D	86
2. Zrób cyfrowe zdjęcia swojej głowy	86
3. Zleć przetwarzanie zdjęć	87

4. Otwórz model	87
5. Popraw swój model	87
6. Uszczelnij go	88
7. Wyczeluj go (opcjonalnie)	88
8. Udostępnij swój model innym (opcjonalnie)	89
9. Zapisz ostateczną wersję modelu w formie nadającej się do druku (opcjonalnie)	89
10. Wydrukuj swoją głowę!	90

Część IV Materiały

8. Tworzywa do druku trójwymiarowego	93
Polilaktyd (PLA)	93
Polilaktyd (PLA miękkie i elastyczne)	93
LAYWOO-D3	94
LAYBRICK	94
Kopolimer akrylonitrylo-butadienowo-styrenowy (ABS)	94
Polistyren wysokoudarowy (HIPS)	94
Nylon	94
Poli(tereftalan etylenu) (PET)	95
Poliwęglan (PC)	95
Polietylen o dużej gęstości (HDPE)	95
Polikaprolakton (PCL)	95
Poli(alkohol winylu) (PVA)	95
9. Przemysłowe materiały i metody druku 3D	97
Kompozyty i ceramika	97
Tworzywa	98
Stereolitografia (SLA)	98
Selektywne spiekane laserowe (SLS)	98
Drukowanie z fotopolimerów	98
Metale	99
Bezpośrednie stapianie metalu laserem (DMLS)	99
Bezpośrednie drukowanie z metalu	99
Pośrednie metody wytwarzania	99

Część V Usługi

10. Drukowanie bez drukarki	103
11. Usługodawcy	107
Prześlij pliki i zamów wydruki	107
Shapeways	107
Ponoko	108
Sculpteo	108
i.materialise	108
Kraftwurx	108
Staples (we współpracy z Mcor)	108
Wytwórcy działający lokalnie	109
makexyz	109
3D Hubs	109
Znajdź mi drukarkę	109
Printchomp	109
Usługi dla profesjonalistów	109
ZoomRP.com	109
RedEye	109
3D Factory	109
Butik 3DP — projektowanie i drukowanie	110
3dPhacktory	110
Solid-Ideas	110

Część VI Techniki wykańczania

12. Farbowanie wydruków	113
1. Przygotowanie materiałów	114
2. Namaczanie farbowanych przedmiotów	114
3. Farbowanie	115
4. Płukanie	115
5. Suszenie	116
6. Pokaz	116
13. Obróbka postprodukcyjna	117
Narzędzia i materiały	118
Sekrety zawodowe	119
Spawanie tarciove	119

Spawanie tarciove elementów niedopasowanych	120
1. Przygotuj urządzenie zapewniające ruch obrotowy	120
2. Przygotuj łączone części	120
3. Zespawaj obie części punktowo, aby ustalić ich wzajemne położenie	121
4. Wypełnij duże szpary	122
5. Utwórz pełną spoinę	123
Naprawa modelu PLA przy użyciu spawania tarciovego	123
Nitowanie — osadzanie tarciove nitów zrywalnych	125
Wykonywanie nitów i zawiasów z filamentu	129
Klejenie i uzupełnianie ubytków za pomocą specjalnie przygotowanej masy ABS	133
Szlifowanie wydruków	134
14. Postarzanie wydruków	137
1. Wybór farby podstawowej	138
2. Wybór farby metalicznej do malowania wytartych krawędzi	138
3. Malowanie techniką „suchego pędzla”	138
4. Imitowanie większych odprysków farby i zadrapań	139
5. Dodawanie zabrudzeń	139
6. To wszystko!	140
 Część VII Zastosowania	
15. Perspektywy druku 3D	143
16. Galeria wydruków 3D	145
Dla gospodarstwa domowego	145
Produkty 3D dostępne aktualnie w sprzedaży	149
W medycynie	152
Wydruki artystyczne i nowatorskie	155
17. Maszyna marzeń	161
18. Drukowanie na pustyni	163
19. Jak wydrukowałem humanoida	165
Wnioski i spostrzeżenia	167
Drukować samodzielnie czy zlecać specjalistom?	170
Co dalej?	170

Część VIII Inne sposoby wykonywania obiektów 3D

20. Frezowanie	175
Subtraktywny odpowiednik drukarki 3D	175
Co chcesz wykonać?	176
Obrabiarka CNC w wydaniu domowym	176
Plany dostępne w serwisie BuildYourCNC.com	177
Jeszcze inne frezarki	178
Othermill	178
Shapeoko 2	178
Systemy przesuwu liniowego	178
MakerSlide	179
OpenBeam	179
OpenBuilds	179
 21. Czaszki z białej czekolady na tackach z tworzywa PLA	 181
Spis materiałów	182
1. Wydrukuj skrzynkę formierską	183
2. Zmieszaj składniki gumy i zalej skrzynkę formierską	184
3. Wyjmij formę	185
4. Zrób nacięcia w formie	185
5. Wyciśnij lecytynę sojową z kapsulek żelowych	186
6. Roztop czekoladę	186
Bambusowy parownik + szklana miska	187
Bambusowy parownik + miękka butelka dozująca (najlepszy sposób)	187
7. Pozwól czekoladzie ostygnąć	187
8. Zalej formę czekoladą	188
9. Włóż formę do lodówki	188
10. W tym czasie wydrukuj tacki	189
11. Ostrożnie wyjmij czekoladki z formy	189
 22. Zbrodnia drukowania	 191
 Dodatek A Zasoby powiązane z drukiem 3D	 193
 Skorowidz	 203

Wydrukuj swoją głowę w 3D!

7

Wykorzystaj cyfrowe zdjęcia oraz drukarkę 3D i zrób sobie plastikową replikę swojej głowy

Autor: **Keith Hammond**

Znakomitym pomysłem na rozpoczęcie przygody z drukiem 3D może być wykonanie trójwymiarowego modelu własnej głowy i wydrukowanie go z twardego plastiku (patrz rysunek 7.1).



Rysunek 7.1. Stolik drukarki pełen głów

Drukarka przestrzenna tworzy obiekt przez wyciskanie roztopionego plastiku i układanie go warstwami. Ponieważ polega to na dodawaniu materiału, a nie wycinaniu w nim, drukowanie przestrzenne zaliczane jest do *wytwórstwa addytywnego*. Wysyłasz do drukarki plik z trójwymiarowym modelem obiektu — obudowy iPod'a, części zamiennej do roweru, własnej głowy — a ona zamienia go w rzeczywisty przedmiot. Maszyny takie są już teraz na tyle tanie, że na ich zakup może sobie pozwolić szkoła, laboratorium, biblioteka, a nawet rodzina. Jest też dużo programów komputerowych służących do tworzenia modeli nadających się do druku.

Na nasze potrzeby najlepszy będzie program 123D firmy Autodesk, ponieważ jest darmowy, działa w internetowej chmurze, więc można go używać na każdym komputerze, i — najważniejsze — potrafi utworzyć trójwymiarowy model na podstawie cyfrowych zdjęć. Dzięki temu możesz zrobić wszystko samodzielnie w domu bez szukania dostępu do skanera laserowego lub eksperymentowania z Kinectem.

Najważniejszym Twoim zadaniem będzie przygotowanie cyfrowego modelu, bo już samo drukowanie możesz zlecić wyspecjalizowanej firmie. Jest dużo takich firm, które przyjmują zlecenia drogą internetową, a gotowy wydruk dostarczają przesyłką kurierską. Ja wydrukowałem swoją głowę za pomocą drukarki Ultimaker z oprogramowaniem Cura. Było to naprawdę łatwe!

Pomyśl, co jeszcze mógłbyś w ten sposób wydrukować. Zamiast własnej głowy mógłbyś przecież wykonać replikę jakiejś budowli czy cennego eksponatu muzealnego. Możesz także wykonać model swojego zwierzątka lub samochodu — niemal wszystkiego, co da się sfotografować.

Niezbędne narzędzia

- Komputer z dostępem do internetu i zainstalowaną przeglądarką internetową.
- Program MeshMixer (opcjonalnie) dostępny za darmo pod adresem <http://www.meshmixer.com>.
- Drukarka 3D i komputer z jej oprogramowaniem (opcjonalnie). Jeśli nie masz bezpośredniego dostępu do drukarki, po prostu wyślij swój model do firmy usługowej. Tam go wydrukują i gotowy odeślą na Twój adres (patrz etap 10.).

1. Zarejestruj się w Autodesk 123D

Otwórz stronę <http://123dapp.com> i załóż całkowicie darmowe konto. Do zrealizowania naszego projektu będzie potrzebna aplikacja 123D Catch. To ona potrafi „zszyć” trójwymiarowy model z cyfrowych fotografii.

W ramach przeprowadzonej niedawno modernizacji programu firma Autodesk dała nam możliwość drukowania modelu na dwa sposoby: albo wysyłasz go do specjalistów, albo pobierasz na swój komputer i drukujesz we własnym zakresie. (Istnieje też rozbudowana wersja instalacyjna programu 123D

Catch, ale na potrzeby naszego projektu wystarczy wersja chmurowa).

2. Zrób cyfrowe zdjęcia swojej głowy

Na tym etapie pracy będzie Ci potrzebna pomoc drugiej osoby. Jako aparatu fotograficznego możesz użyć telefonu komórkowego lub drogiej lustrzanki cyfrowej — im lepszego aparatu użyjesz, tym lepiej swoje zadanie wykona później program 123D Catch. Najlepiej sprawdzą się też zdjęcia zrobione w cieniu, a nie w pełnym słońcu.

Siedź nieruchomo, gdy przyjaciel będzie fotografował Twoją głowę. Powinien zrobić od 30 do 40 zdjęć, wykonując dwa pełne okrążenia z aparatem trzymanym na dwóch różnych poziomach — przy pierwszym okrążeniu niżej, a przy drugim na wysokości, z której czubek głowy będzie dobrze widoczny. Zapobiegnie to powstaniu niepożądanych dziur w miejscach, z których program nie będzie w stanie pozyskać żadnych danych. Aby uzyskać jak najlepszy rezultat, zadbaj, by Twoja głowa wypełniała większą część każdego kadru.

Jeśli zamierzasz się fotografować z wystawionym językiem lub jakąś wymyślną miną, poproś fotografa, by pracował szybko, abyś mógł wytrzymać do końca sesji. Jednak niech uważa, żeby żadne ze zdjęć nie było poruszone lub źle wyostrome, bo





każde rozmycie spowodowane ruchem aparatu lub złym ustawieniem ostrości może wprowadzić aplikację w błąd i spowodować wygenerowanie dziwnych rogów na Twojej głowie.

3. Złe przetwarzanie zdjęć

W programie 123D Catch załaduj wszystkie zdjęcia swojej głowy. Z rozwijanej listy *Capture Resolution* (rozdzielczość modelu) wybierz *High* (wysoka). Nadaj modelowi nazwę i kliknij *Process Capture* (przetwórz zapis).

Serwery firmy Autodesk automatycznie połączą wszystkie fotografie i na ich podstawie wygenerują trójwymiarowy model. Model ten zostanie umieszczony w dziale *My Projects* (moje projekty).

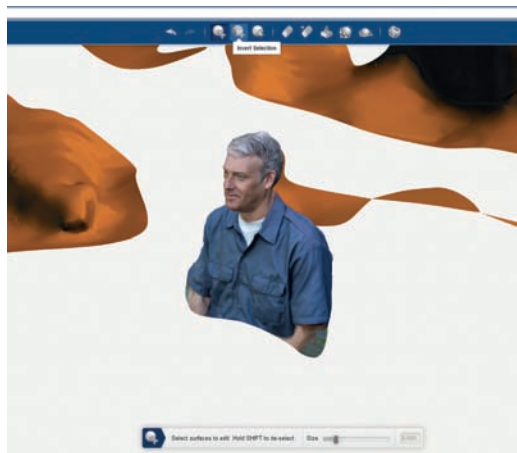
4. Otwórz model

Masz okazję zobaczyć siebie jako trójwymiarowego modela! Ma realistycznie wyglądającą teksturę, zupełnie jak na oryginalnych zdjęciach. Za pomocą narzędzi z przybornika po prawej stronie możesz przesuwać, obracać, przybliżać i oddalać widok modelu.

W tym samym przyborniku włącz opcję *Material & Outlines* (materiał i kontury), aby zobaczyć siatkę będącą podłożem pod teksturę. Super!

5. Popraw swój model

Mój model miał spory róg z tyłu głowy, bo prawdopodobnie niektóre zdjęcia były niezbyt ostre lub zostały zrobione ze zbyt dużej odległości. Wokół modelu znalazły się także elementy tła (patrz rysunek 7.2), których nie miałem zamiaru drukować. Aby się pozbyć takich niechcianych detali, zaznacz je za pomocą narzędzia *Select* (zaznacz) i kliknij przycisk *Delete* (usuń). Możesz też zaznaczyć sam model i kliknąć najpierw przycisk *Invert Selection* (odwróć zaznaczenie), a potem *Delete*.



Rysunek 7.2. Elementy tła

Aby obciąć róg (patrz rysunek 7.3), użyj narzędzia *Delete & Fill* (usuń i wypełnij), a następnie wyrównaj to miejsce pędzlem *Smooth Surface* (wygładzanie powierzchni), tak jak na rysunku 7.4. Przytnij model do odpowiednich rozmiarów i zapisz go pod nową nazwą.



Rysunek 7.3. Wyszukiwanie rogów



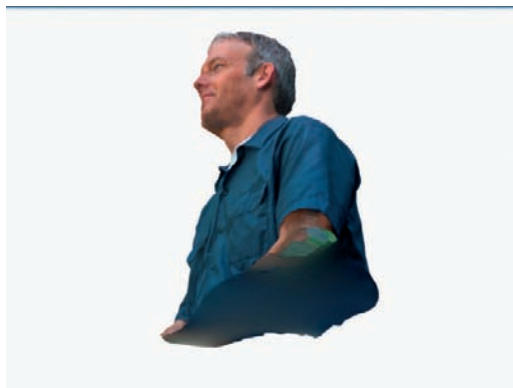
Rysunek 7.4. Przycinanie rogu

6. Uszczelnij go

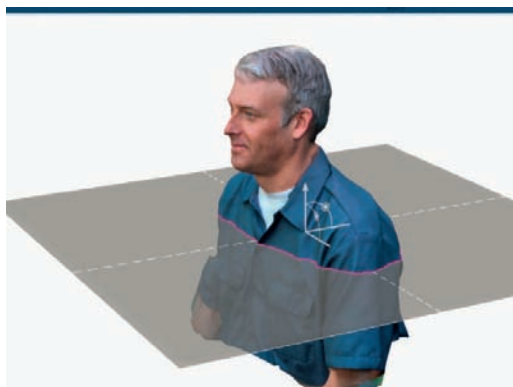
Kliknij kolejno przyciski *Heal Mesh* (napraw siatkę) i *Fill All* (wypełnij wszystko), aby automatycznie załatać wszystkie dziury.

Dół modelu będzie już teraz zamknięty, ale raczej nie będzie płaski, lecz mocno wybruszony (patrz rysunek 7.5), co praktycznie przekreśli możliwość wydrukowania całości — model powinien dobrze przylegać do stolika drukarki, a więc powinien mieć płaską podstawę. Kliknij *Plane Cut* (cięcie płaszczyzną), a następnie ustaw (przez przesuwanie i ewentualnie obracanie) płaszczyznę tnącą w miejscu,

w którym chciałbyś odciąć dół modelu (patrz rysunek 7.6). Po zatwierdzeniu cięcia — za pomocą przycisku *Apply* — model będzie idealnie płaski od spodu. Zapisz go ponownie w dziale *My Projects*.



Rysunek 7.5. Widok od dołu



Rysunek 7.6. Odcinanie dolnej części

W tym momencie możesz wyeksportować model do pliku STL i przekazać go do druku, ale możesz też poddać go dalszej edycji w programie MeshMixer, i właśnie na tym będzie polegał etap 7.

7. Wyczeluj go (opcjonalnie)

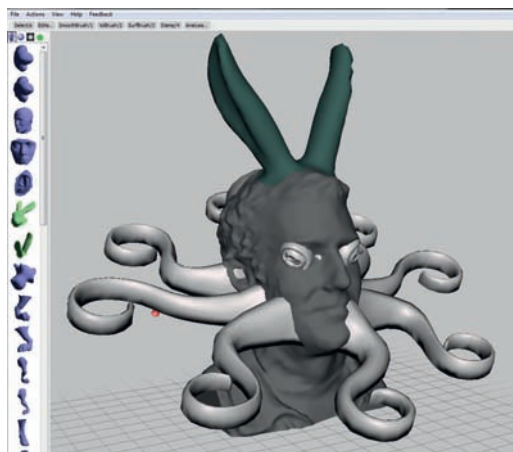
MeshMixer (do pobrania za darmo ze strony <http://meshmixer.com>) to dobre narzędzie do edytowania modeli 3D i łączenia ich w jedną całość. Niedawno program stał się własnością firmy Autodesk i odąd jest regularnie unowocześniany. Przed jego użyciem

warto obejrzeć kilka filmów szkoleniowych zamieszczonych w serwisie YouTube (<http://youtube.com/user/meshmixer>).

Żeby szybko wykonać prosty piedestał, otwórz plik STL w MeshMixerze, zaznacz całą siatkę (*Ctrl + A* lub *Cmd + A*), wybierz polecenie *Edit/Plane Cut* (edycja/cięcie płaszczyzną) i odetnij spód modelu. Następnie zaznacz dolną ściankę i wybierz *Select/Edit/Extrude* (zaznacz/edycja/wytłocz). W panelu *Tool Properties* (właściwości narzędzia) ustaw *EndType* (typ końcówki) na *Flat* (płaska). Za pomocą suwaka *Offset* (przesunięcie) wytłocz spód modelu na odpowiednią głębokość, aby uzyskać prosty i idealnie płaski piedestał dla swojego popiersia. Kliknij *Accept* (zaakceptuj) i zapisz nowy plik STL.

W celu połączenia popiersia z bardziej fantastycznym piedestałem wróć do siatki pochodzącej z programu 123D, która jest nadal otwarta od dołu. Zaznacz ją całą, wybierz *Select/Edit/Convert to Part* (zaznacz/edycja/konwersja na część składową) i kliknij *Accept*. Spójrz na panel *Parts* (składniki) widoczny po lewej stronie¹ — Twoja głowa jest częścią składową, którą można połączyć z innymi częściami. Teraz zaimportuj plik STL z wybranym przez siebie piedestałem — mnie podobają się pionki szachowe z kolekcji Marka Durbina „Column #Chess” (<http://thingiverse.com/thing:19659>). Przeskaluj go tak, by rozmiarowo pasował do Twojego popiersia, a następnie przeciągnij na niego popiersie, żeby oba elementy połączyć. Jeśli nie uda Ci się za pierwszym razem, spróbuj zastosować polecenie *Select/Edit/Remesh* (zaznacz/edycja/nowa siatka). Rezultat zapisz jako nowy plik STL.

MeshMixer pozwala na znacznie więcej (patrz rysunek 7.7). Dodaj do swojej głowy uszy zająca lub macki ośmiornicy albo zrób z siebie monstrum o dwóch głowach. Albo umieść swoją głowę na dozwolniku cukierków Pez!



Rysunek 7.7. Keithornica

8. Udostępnij swój model innym (opcjonalnie)

Po zakończeniu prac nad modelem wybierz *Publish to Gallery* (opublikuj w galerii). Odtąd każdy będzie mógł go otworzyć w przeglądarce internetowej i bawić się nim. (Jeśli używasz instalowanej wersji programu 123D Catch, możesz dodatkowo przygotować animowaną prezentację modelu i umieścić ją w serwisie YouTube).

9. Zapisz ostateczną wersję modelu w formie nadającej się do druku (opcjonalnie)

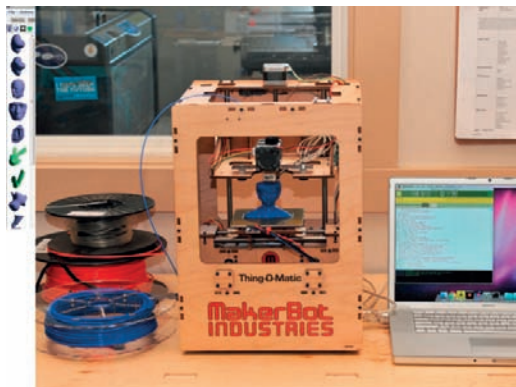
Aby wydrukować swoje popiersie, musisz mieć kopię modelu zapisaną w formacie zrozumiałym dla drukarki 3D. Musisz go więc wyeksportować z programu 123D Catch (lub z MeshMixera) jako plik STL.

Jeśli zamierzasz skorzystać z usług drukarskich firmy Autodesk, możesz ten etap pominąć.

¹ Aby wyświetlić ten panel, należy w przyborniku po lewej stronie kliknąć przycisk *Meshmix* — *przyp. tłum.*

10. Wydrukuj swoją głowę!

Ja swoją głowę wydrukowałem w pracowni MAKE Labs na drukarce Ultimaker, która jest szybka i dokładna — i można ją kupić jako zestaw do samodzielnego montażu. Dobry rezultat możesz także uzyskać, drukując na urządzeniu Thing-O-Matic firmy MakerBot (patrz rysunek 7.8).



Rysunek 7.8. Drukowanie głowy

Najpierw otwórz plik STL w programie sterującym drukarką, który powie jej, gdzie dokładnie ma wycisnąć gorące tworzywo, aby powstał zaprojektowany przez Ciebie obiekt. A konkretnie, jeśli tym programem jest ReplicatorG, zaimportuj plik STL, ustaw

model na środku obszaru roboczego, opuść go do poziomu platformy, na której ma być drukowany, i nadaj mu odpowiednie wymiary. Następnie wybierz *Generate GCode* (generuj kod G), wskaż domyślny profil drukarki i zaznacz pole wyboru *Use Print-O-Matic* (użyj interfejsu Print-O-Matic). Na koniec kliknij *Print* (drukuj).

Patrz, jak Twoja głowa materializuje się na Twoich oczach.

Jeśli nie masz bezpośredniego dostępu do drukarki 3D, nic nie szkodzi — jest wiele firm usługowych, które chętnie Twój model wydrukują. Na stronie <http://123dapp.com> wskaż swój projekt i wybierz *Fabricate/3D Printing* (wytwarzanie/druk 3D), aby wysłać plik do punktu usługowego firmy Autodesk. Potem odbierzesz swoją plastikową głowę na pocztę. Za głowę o wysokości 3 cali zapłacisz raptem około 10 dolarów.

Możesz też skorzystać z usług takich firm jak Shapeways (<http://shapeways.com>) lub Ponoko (<http://ponoko.com>), a w Europie możesz się zwrócić do Sculpteo lub i.materialise. Niektóre firmy mogą wydrukować Twoją głowę z ceramiki, szkła, stali, złota, srebra, a nawet tytanu!

Keith Hammond jest redaktorem czasopisma „Make”. Wychował się na lekturze takich czasopism jak „Scientific American”, „National Geographic” i „Spy”. W latach 90. był współwydawcą magazynów „The Nose” i „Mother Jones Online”. Na początku XXI wieku lobbował w Kongresie za ochroną dzikiej przyrody, a w roku 2007 został pracownikiem Maker Media.

Skorowidz

123D Catch, 63–67, 86
123D Design, 193
3D Burrito, 197
3D ContentCentral, 197
3D Factory, 109
3D Hubs, 109
3DLT, 197
3docean, 198
3dPhacktory, 110
3DTin, 194

A

ABS, 11, 94, 132
aceton, 134
Afinia H-Series, 18

B

Baldwin Joaquin, 150
banki modeli 3D, 196–198
bezpośrednie
 drukowanie z metalu, 99
 stapianie metalu laserem, 99
Bitonti Francis, 158
Blend Swap, 197
Blender 3D Model Repository, 197
Boynton Chris, 157
budowa drukarki 3D, 7–11
budowa własnej frezarki CNC, 176–179
Bukobot 8, 19
Burtonwood Tom, 155

C

CAD, 5, 31–34, 193, 194
CAM, 34, 35
ceramika, 97
chłodzenie w Slic3r, 53, 54
chmura punktów, 61
Continuum Fashion, 150
Cube, 20
CubeHero, 197
Cubify Invent, 194
Cubify Sculpt, 194
Cura, 195
CuraEngine, 196

D

DARwin-OP, 165–171
Digital Grotesque, 159
Dillenburger Benjamin, 159
DMLS, 99
drukarki 3D, 3–13
drukowanie 3D, informacje ogólne, 6, 7
drukowanie
 form do odlewania czekoladek, 181–190
 humanoida, 165–171
 skrzynki formierskiej, 183
 w zakładach usługowych, 103–105

F

Fab Labs, 200
farbowanie wydruków, 113–116

FDM, *Patrz* MPD

Felix 1.0, 21

FFF, *Patrz* MPD

filament, 11, 93–95

fixup, 6

Fontenault Adam, 157

fotografowanie, 64–66

fotopolimery, 98

fotopolimeryzacja, 3

Freakin' Sweet Knots, 151

FreeCAD, 194

frezarka CNC, 175, 176

frezowanie, 175–179

G

gorąca końcówka, 10

GrabCAD, 197

H

Hackerspaces, 200

Hansmeyer Michael, 159

HDPE, 95

HIPS, 94

I

i.materialise, 108

impregnacja, 116

InMoov, 156

interfejsy drukarek, 195

K

Kayser Markus, 163

Kinect, 62

KISSlicer, 196

klejenie i uzupełnianie ubytków za pomocą masy
ABS, 133, 134

kopolimer akrylonitrylo-butadienowo-styrenowy,
94, 132

Kraftwurx, 108

książka harmonijkowa, 155

Kulodrom, 157

L

Lalish Emmett, 157

Langevin Gael, 156

LAYBRICK, 94

LAYWOO-D3, 94

M

Mack Kevin, 162

MakerBot Slicer, 196

MakerGear M2, 22

Makerlele, 156

MakerSlide, 179

Makerspace Directory, 200

MakerWare, 195

makexyz, 109

masa ABS, 133, 134

materiały do druku 3D, 93–99

McMaster-Carr, 197

MeshLab, 71, 75–77, 194

MeshMixer, 71, 78–83, 88, 89, 194

metale, 99

modelowanie w Tinkecard, 37–43

ModiBot, 150

MPD, 3

My Mini Factory, 197

MyEasy3D, 108

N

napawanie tarciove, 119

naprawianie

siatek, 75–83

skanów, 72–84

Nervous System, 149, 157

netfabb, 70–75, 83, 194

nitowanie, 125–129

wykonywanie nitów i zawiasów z filamentu,
129–133

nylon, 94, 116

O

obróbka postprodukcyjna, 117–136

obrzeża w Slic3r, 47, 48

obwódka w Slic3r, 50

- odchylenie progowe, 51
- OpenBeam, 179
- OpenBuilds, 179
- OpenSCAD, 194
- oprogramowanie
 - do druku 3D, 5, 6, 31–36
 - do skanowania 3D, 63–70
 - klienckie, 35, 36
- Organovo, 153
- osadzanie roztopionych polimerów, 3
- Othermill, 178

P

- parametry
 - filamentu w Slic3r, 52–54
 - retrakcji w Slic3r, 56, 57
- PC, 95
- PCL, 95
- PET, 95
- PLA, 11, 93, 123–125, 132,
- plasterkowanie, *Patrz* slicing
- Plater w Slic3r, 57, 58
- Pleasant3D, 72
- pliki STL, 5
- plyta robocza w Slic3r, 57, 58
- podgląd wnętrza modelu w Tinkercard, 42
- podpory, 50, 51
- poli(alkohol winylu), 95
- poli(tereftalan etylenu), 95
- polietylen o dużej gęstości, 95
- polikaprolakton, 95
- polilaktyd, 93, 123–125, 132,
- polistyren wysokoudarowy, 94
- poliwęglan, 95
- Polychemy, 151
- Ponoko, 108
- porządkowanie, 6
- postarzanie wydruków, 137–140
- Printchomp, 109
- Printrbot Jr. (v1), 23
- Printrun/Pronterface, 195
- profile w Slic3r, 46
- programy
 - CAD, 5, 31–34, 193, 194

- do druku 3D, 5, 6, 31–36
- do modelowania bryłowego, 31, 32
- do modelowania obiektów 3D, 5, 31–34, 193, 194
- do modelowania parametrycznego, 32
- do modelowania siatkowego, 33
- do naprawiania siatek, 194, 195
- do poprawiania skanów przeznaczonych do druku 3D, 70–72
- do skanowania 3D, 63–70
- rzeźbiarskie, 32
- Protos Eyewear, 151
- prototypy plastikowe, 4
- przestrzeń
 - negatywna, 37
 - pozytywna, 37
- PVA, 11, 95

R

- ReconstructMe, 67–70
- RedEye, 109
- regulacja drukarki, 198
- Repetier-Host, 195
- Replicator 2, 24
- ReplicatorG, 195
- robot Delta, 9
- Rosenburgh Brent J., 156
- ruchomy stolik, 8

S

- Schmidt Michael, 158
- Sculpteo, 108
- Sculptris, 194
- selektywne spiekanie laserowe, 98
- Series 1, 26
- SFACT, 196
- Shapeoko, 178
- Shapeways, 107
- siatka, 62
- skanowanie 3D, 61–84
- Skeinforge, 196
- skeining, 34
- SLA, 98
- Slic3r, 45–58, 196

- slicer, 6, 34, 35, 196
- slicing, 6, 34
- SLS, 98
- Solar Sinter, 163
- Solid-Ideas, 110
- Solidoodle 2, 25
- spawanie tarciove, 119–129
- Staples, 108
- stereolitografia, 98
- sterowanie drukarką, 35, 36
- STL, 5
- stolik, 9
- Suknia Dity, 158
- suwnica, 8
- system
 - pozycjonowania, 7–9
 - przesuwu liniowego, 178, 179
- szlifowanie wydruków, 134–136
- szybkość w Slic3r, 49, 50

T

- technologia proszkowa, 97
- Thingiverse, 6, 196
- Tinkercad, 37, 193
- Tofty, 149
- Trimble 3D Warehouse, 197
- Trimble SketchUp, 194
- TurboSquid, 197

U

- Ultimaker, 27
- usługodawcy, 107–110
- ustawienia
 - drukarki w Slic3r, 55–57
 - druku w Slic3r, 47–52

W

- warstwy, 6
- Wenman Cosmo, 156
- wiązanie materiałów granulowanych, 3
- wizualizator kodu G, 35
- własny kod G w Slic3r, 55
- wybór drukarki 3D, 3–5
 - wybrane modele, 18–27
- wyciskarka, 10
 - w Slic3r, 56
- wypełnienie w Slic3r, 48, 49
- wytwarzanie
 - addytywne, 3, 85
 - subtraktywne, 175

X

- Xtion, 62

Y

- YouMagine, 197

Z

- zakładka Plater w Slic3r, 57, 58
- zasoby powiązane z drukiem 3D, 193–202
- zastosowanie druku 3D
 - w gospodarstwie domowym, 145–148
 - w medycynie, 152–155
 - wydruki artystyczne, 155–159
- Zoellner Michael, 158
- ZoomRP.com, 109

PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION



1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW
w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA WYDAWNICZA



Helion SA

Przewodnik po świecie drukarek 3D!

Jeszcze do niedawna drukarki 3D można było spotkać wyłącznie w... książkach science fiction. Zaledwie parę lat wystarczyło, by urządzenia te stały się ogólnodostępne. Otwierają one przed projektantami ogrom nowych możliwości, a przygotowanie prototypów jeszcze nigdy nie było tak proste i szybkie. Sięgnij po tę książkę i eksploruj świat druku 3D!

W trakcie lektury poznasz budowę drukarki 3D i jej elementy składowe. Następnie zaznajomisz się z popularnymi programami pozwalającymi na przygotowanie wydruku. Nawet jeśli dopiero zamierzasz zrobić swój pierwszy projekt 3D, z tym przewodnikiem bez problemu przejdziesz przez cały proces i wydrukujesz prototyp na swojej drukarce lub w firmie świadczącej takie usługi. Dowiesz się także wszystkiego o skanowaniu 3D — połączenie możliwości drukarki 3D i technik skanowania trójwymiarowego pozwala stworzyć niesamowite projekty! Na koniec opanujesz zagadnienia związane z przemysłowym wykorzystaniem drukarek, dostępnymi materiałami oraz perspektywami rozwoju tej dziedziny projektowania. Sięgnij po tę książkę i podąż za technologicznym duchem czasu!

Przewodnik po świecie drukarek 3D!

- » poznasz konstrukcję drukarki 3D
- » przygotujesz swój pierwszy projekt do druku przestrzennego
- » poznasz popularne narzędzia
- » zaznajomisz się z dostępnymi materiałami
- » poznasz perspektywy rozwoju druku 3D

helion.pl
księgarnia
internetowa

Nr katalogowy: 22366



Księgarnia internetowa:
<http://helion.pl>



Zamówienia telefoniczne:
0 801 339900



0 601 339900



Helion

Sprawdź najnowsze promocje:
• <http://helion.pl/promocje>
Książki najchętniej czytane:
• <http://helion.pl/bestsellery>
Zamów informacje o nowościach:
• <http://helion.pl/nowosci>

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
<http://helion.pl>

sięgnij po **WIĘCEJ**



KOD KORZYŚCI

ISBN 978-83-246-9114-2



9 788324 691142

cena: 49,00 zł

Informatyka w najlepszym wydaniu

Make:
makezine.com