

PODSTAWY DRUKU 3D

z Josefem Prusą

Wydanie trzecie



WSTĘP

O druku 3D można usłyszeć w TV czy przeczytać w Internecie. Tak, jak ze wszystkimi nowymi technologiami, tak i druk 3D przyciąga uwagę mainstreamowych mediów, ale jest on zazwyczaj traktowany trochę po macoszemu lub tylko w kategoriach sensacji. Krąży wokół niego również sporo mitów – wliczając w to błędne twierdzenie, że jest to nowa technologia. Prawdą jest, że ta technologia wytwarzania istnieje od lat 80-tych ubiegłego wieku, a dziś jest szeroko używana w różnych gałęziach przemysłu, a także przez hobbystów w ich domach i warsztatach.

Pokażemy, że drukowanie 3D (zwane również drukowaniem trójwymiarowym lub przestrzennym) nie jest żadną futurystyczną, skomplikowaną i super-drogą technologią dostępną tylko garstce śmiertelników. Jest zupełnie przeciwnie! Jego zasady są proste i łatwe do zrozumienia. Jest tu co prawda kilka fachowych i trudnych słów oraz skrótów, które na początku mogą wydawać się odstraszać, ale nie masz się czym martwić! Nie jest ich wcale tak dużo i szybko je sobie przyswoisz.

Ta książka pozwoli Ci zrozumieć istniejące technologie druku 3D i zasady ich działania. Przedstawimy Ci cały proces, zaczynając od zdobycia modelu 3D, przez przygotowanie do drukowania aż po finalną obróbkę wydruku. Dowiesz się czym jest ekstruder, cięcie, obrysy i wypełnienie. Wytlumaczymy Ci różnice pomiędzy najczęściej używanymi materiałami i sposoby użycia druku 3D do celów praktycznych.

Zdobędziesz dobre zrozumienie tych technologii i podstawową wiedzę niezbędną na starcie. Jedyną rzeczą, która Ci pozostanie to zakup drukarki i rozpoczęcie drukowania!

◆ **Josef Průša**

Josef Prusa

Josef Prusa (ur. 23.02.1990) zainteresował się zjawiskiem druku 3D studiując na Uniwersytecie Ekonomicznym w Pradze, gdzie dostał się w 2009 r. Niedługo potem stał się jednym z czołowych developerów międzynarodowego, open source'owego projektu Adriana Bowyer'a – RepRap. Dziś można zobaczyć projekt Prusa w różnych wersjach na całym świecie, jest to jedna z najpopularniejszych drukarek i dzięki temu poziom wiedzy na temat technologii druku 3D znacznie wzrósł. W 2012 roku Josef założył firmę Prusa Research, która produkuje drukarki 3D Original Prusa i wysyła ich ponad 10 000 miesięcznie do klientów na całym świecie. Z ponad 400 000 sprzedanych egzemplarzy, Original Prusa i3 jest najczęściej używaną drukarką 3D na świecie.



ZOSTAŃ EKSPERTEM W DRUKU 3D Z PRUSA ACADEMY!

Prusa Academy oferuje kursy online na różne tematy związane z drukowaniem 3D i pomaga opanować obsługę drukarki 3D dzięki łatwym w odbiorze przewodnikom, filmom, quizom i nie tylko! Odwiedź sekcję Academy na prusa3d.com, aby dowiedzieć się więcej!

SPIS TREŚCI

Czym jest druk 3D?	5
Historia druku 3D	6
Wynalezienie stereolitografii	6
Projekt RepRap	6
Zastosowanie dla druku 3D	7
Technologie druku 3D	11
FDM/FFF	12
Komponenty drukarki 3D typu FFF	14
SLA (Stereolitografia)	17
Komponenty drukarki MSLA	19
SLS / DMLS	21
Wybór drukarki 3D	22
Wprowadzenie do druku 3D	24
Pozyskanie modelu 3D	26
Pozyskanie modelu z biblioteki online lub 3D Hubs	26
Oprogramowanie do modelowania 3D	27
Tinkercad	27
Autodesk Fusion	28
Blender	29
OpenSCAD	30
Zasady, o których trzeba pamiętać przy projektowaniu	31
Skanowanie 3D oraz fotogrametria	35
Wybór odpowiedniego materiału do druku	36
Cięcie	36
PrusaSlicer	37
Simplify3D	38
Cura	38
Slicer - podstawowe ustawienia	39
Przygotowanie powierzchni druku	42
Rozpoczęcie drukowania	43
Obróbka gotowego wydruku	43
Klejenie i wygładzanie wydruków przy użyciu acetonu	44
Filamenty	45
PLA	47
PETG, ASA, PC (poliwęglan)	48
FLEX (TPU/TPE/TPEE)	49
Materiały kompozytowe	49
PVA i BVOH do podpór rozpuszczalnych	50
Inne materiały	50
Wielokolorowy druk 3D	51
Wielomateriałowy druk 3D	53
Fotopolimery / żywice	55
Słowniczek	57
FAQ	61



CZYM JEST DRUK 3D?

Druk 3D to zautomatyzowany proces obróbki przyrostowej, w którym drukarka 3D tworzy fizyczny model na podstawie cyfrowych danych (modelu 3D). Istnieje wiele różnych technologii druku 3D, ale najpopularniejsza, FFF (Fused Filament Fabrication), jest prosta z zasady: obiekt jest wytwarzany warstwa po warstwie przez topienie plastikowego włókna. Wyobraź sobie, że przecinasz model 3D na cienkie warstwy – jak ziemniaka w procesie produkcji chipsów. Następnie „weź” pistolet na gorący klej i „narysuj” przy jego pomocy każdą warstwę. Tak, ogólnie mówiąc, odbywa się drukowanie – jest metodą przyrostową, ponieważ dodajemy materiał, w przeciwieństwie do obróbki ubytkowej, która polega na odejmowaniu (np. skrawaniu) istniejącego kawałka materiału.



Druk 3D rośnie i ewoluuje w szybkim tempie. Drukarki 3D oraz materiały są rozwijane nieustająco i powodzeniem przeniosły się ze sfery profesjonalnej do świata hobbystów/makerów. W kolejnym etapie popularność wśród hobbystów pomogła jej rozszerzyć się na różne nowe branże.

Historia druku 3D

Na początku druk 3D był nazywany szybkim prototypowaniem – i to określenie funkcjonuje do dzisiaj, jednak coraz rzadziej. Drukarki były używane wyłącznie do prototypowania, zanim stały się dostępne dla szerszego grona odbiorców.

Typowym przykładem zadania dla szybkiego prototypowania byłoby stworzenie pilota do telewizora. Przygotowanie do produkcji może kosztować dziesiątki tysięcy dolarów (wytworzenie form wtryskowych, opracowanie procesu produkcji, testy...), aby producent miał stuprocentową pewność, że pilot dobrze leży w dłoni użytkownika, a przyciski mogą być z obsługiwane z łatwością. Tutaj z pomocą przychodzi prototypowanie. Nawet biorąc pod uwagę, że ceny drukarek 3D były bardzo wysokie, to koszt stworzenia pojedynczego prototypu starymi metodami wynosił około 1 000 dolarów, co mimo wszystko pozwalało na oszczędności. Jednak ze względu na koszty zakupu maszyn, były one niedostępne dla przeciętnych użytkowników – na szczęście to się zmieniło.

Wynalezienie stereolitografii

Druk 3D znany dzisiaj został wynaleziony w 1984 roku, gdy założyciel 3D Systems, Charles W. Hull złożył wniosek patentowy dla swojego wynalazku – stereolitografii. Hull był pierwszym człowiekiem, który wydrukował dane 3D. Technologia ta (w skrócie SLA) jest używana do dzisiaj. Dowiesz się o niej więcej w rozdziale opisującym różne metody druku.



Pierwsza komercyjna drukarka 3D

W 1992 roku, firma 3D Systems rozpoczęła produkcję i sprzedaż pierwszej komercyjnie dostępnej drukarki 3D, która wykorzystywała technologię SLA.

Projekt RepRap

2005 był prawdopodobnie najważniejszym rokiem w historii współczesnego druku 3D: dr Adrian Bowyer rozpoczął projekt RepRap na Uniwersytecie Bath. Zamysłem było stworzenie drukarki 3D, która będzie w stanie wydrukować jak najwięcej swoich części. Projekt miał otwarte źródło od samego początku, co oznacza, że wszystkie kody źródłowe są dostępne za darmo, a ich modyfikacje i ulepszenia są dozwolone. Było to ważną decyzją, która pozwoliła entuzjastom z całego świata wziąć udział w projekcie.

Jest to również jedna z głównych przyczyn szybkiego rozprzestrzeniania się drukarek 3D na cały świat. Dzięki projektowi RepRap mamy teraz dostęp do drukarek 3D na rynkach DIY/majsterkowiczów i półprofesjonalnym – są to zazwyczaj maszyny kosztujące poniżej 4 000 dolarów.

Społeczność skupiona wokół RepRapów jest ogromna. Jeśli chcesz zrozumieć działanie drukarki 3D (lub jeśli chcesz przetestować różne dodatki, modyfikacje i eksperymenty), to jest to dla Ciebie idealny wybór. Są one sprzedawane jako całkowicie zmontowane i skalibrowane maszyny oraz jako zestawy do własnego montażu, co jest świetną zabawą – jest to również dużo łatwiejsze, niż mogłoby się wydawać.



Adrian Bowyer (po lewej) z jego drukarką 3D RepRap

Zastosowanie dla druku 3D

Druk 3D był na początku używany do tworzenia tanich i szybkich prototypów, lecz wraz ze spadkiem kosztów technologii, drukarki znalazły również zastosowanie w innych obszarach.

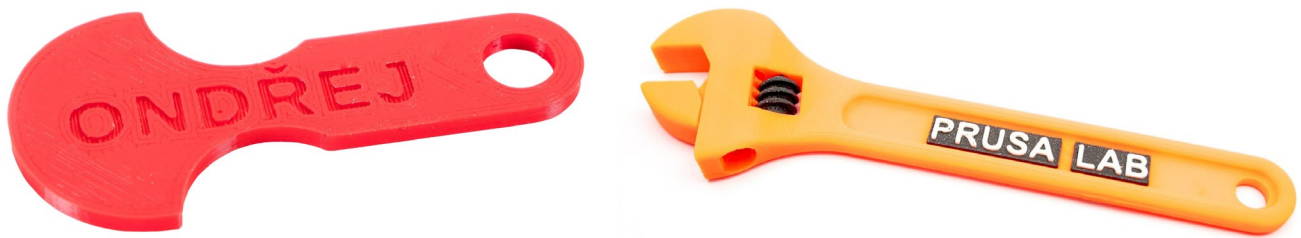
Jednym z przykładów jest produkcja małoseryjna. Niektóre firmy produkują małe serie, więc wysokie koszty związane z wytworzeniem dużych partii nie mają dla nich uzasadnienia, a druk 3D jest dużo bardziej efektywnym rozwiązaniem. Kolejną zaletą jest możliwość natychmiastowej produkcji np. ulepszanego produktu, co oznacza możliwość szybszego niż dotychczas wprowadzenia ulepszeń i nowości.

Stosujemy to podejście w produkcji naszych drukarek 3D Original Prusa i3. Nasza własna farma drukarek liczy już ponad 700 maszyn. Po przeprojektowaniu lub ulepszeniu jakiejś części wystarczy przetestować ją i wrzucić do systemu zarządzania farmą – produkcję możemy rozpocząć praktycznie natychmiast. Oprócz tego możemy wysłać te dane naszym klientom, aby również mogli od razu je wydrukować. Możliwość szybkiego wprowadzania nowych wersji jest jednym z największych atutów druku 3D.

Personalizacja umożliwia tworzenie produktów dopasowanych do specyficznych potrzeb klientów.



Farma drukarek Prusa Research



Może to być np. obudowa na telefon z indywidualnym motywem, konfigurowalny breloczek do kluczy lub produkty marketingowe zmodyfikowane wg życzeń klienta.

Drukarka 3D świetnie nadaje się również do produkcji **zabawek i figurek**. W sieci znajdziesz



tysiące darmowych i płatnych modeli – od prostych zabawek do pieczołowicie przygotowanych gier planszowych.

Drukarki 3D okazują się szczególnie przydatne fanom **cosplayu***, ponieważ mogą być używane

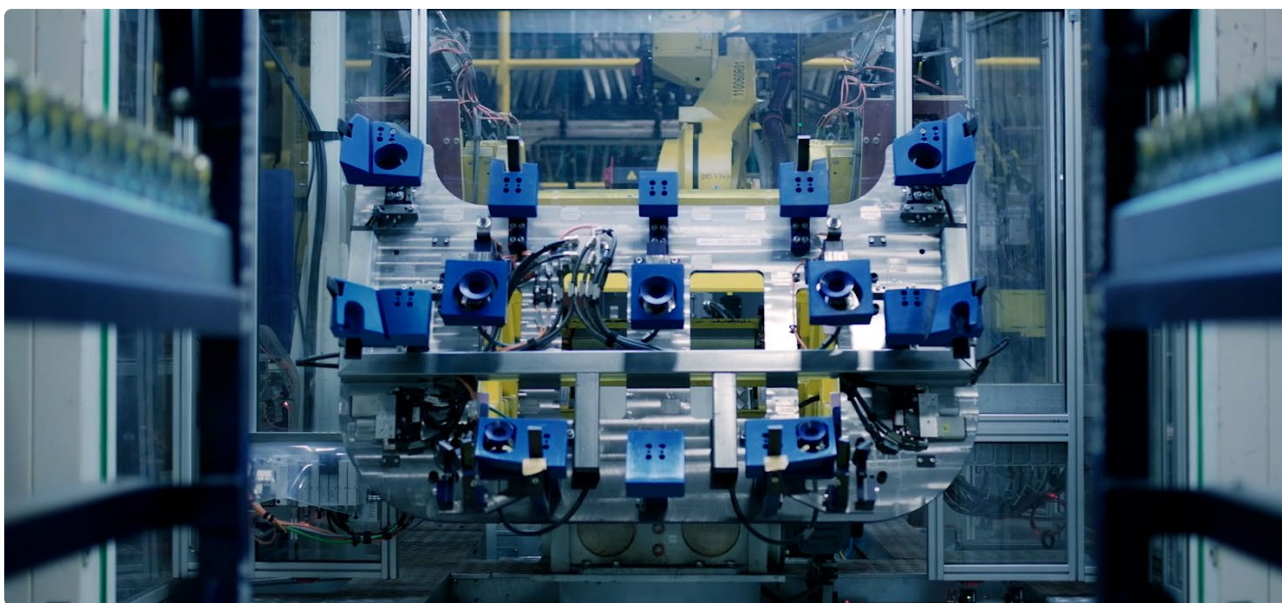


do tworzenia masek, wyposażenia, akcesoriów i innych przedmiotów, które mogą być z łatwością obrabiane (szlifowane i malowane), aby nadać im autentycznego wyglądu.

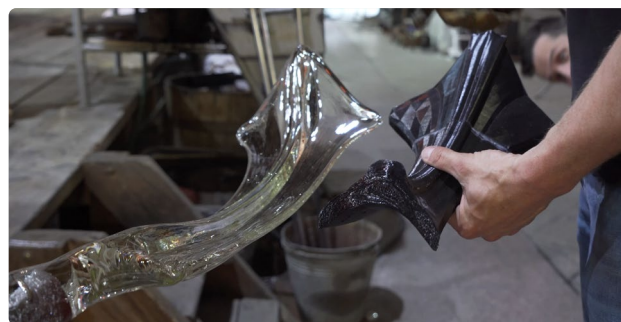
* Cosplay – zbitka słów 'costume play' (tłum. sztuka kostiumowa). Jest rodzajem występu artystycznego, w którym uczestnicy („cosplayerzy”) noszą przebrania reprezentujące wybrane postaci z książek, filmów lub gier wideo.



Innym obszarem, w którym drukarki 3D szczególnie się wyróżniają, jest produkcja części zamiennych – zarówno tych, które nie są już dostępne na rynku wtórnym, jak i tych dostarczanych bezpośrednio przez producentów. Liczba oficjalnie dostępnych do druku części zamiennych do sprzętu AGD rośnie, ponieważ producenci sami wspierają ten trend. Wiele przydatnych przykładów od różnych marek można znaleźć na stronie printables.com/brands! Szukając przykładów w sferze profesjonalnej, znajdziemy interesujące przypadki zastosowania druku 3D w różnych branżach. Np. w motoryzacji służy do wytwarzania różnych niestandardowych przyrządów dla linii produkcyjnych, aby zaoszczędzić koszty i czas. Niektóre drukowane części wytrzymują nawet dłużej niż metalowe!



Najszybszy ultralekki samolot, **Shark**, ma pod maską ponad sto części wydrukowanych w 3D!



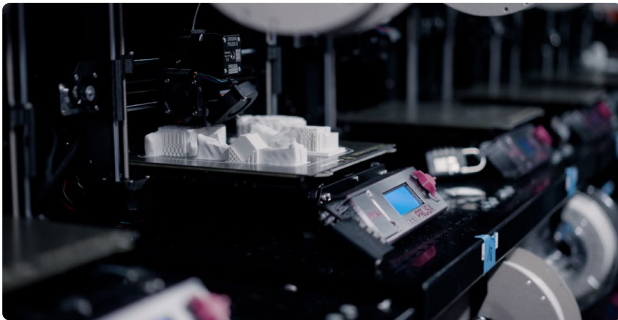
Projektanci używają drukarek 3D do prototypowania i dopracowywania swoich pomysłów przed wysłaniem ich do produkcji.



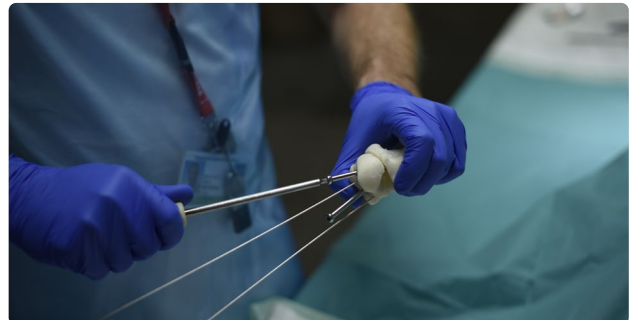
Niektóre z największych umysłów ścisłych pracują nad tajemnicami wszechświata w **CERN**. Drukarki 3D pomagają im tworzyć niestandardowy sprzęt i różne narzędzia.



Drukarki 3D są bardzo popularne wśród twórców efektów specjalnych w przemyśle filmowym. Różne rekwizyty, kostiumy i modele zostały stworzone dzięki drukowi 3D.



Drukarki 3D rozwijają się niezwykle szybko w architekturze i budownictwie. Jedną z najważniejszych części projektów architektonicznych jest wizualizacja modeli. Druk 3D znacznie upraszcza tworzenie szczegółowych modeli koncepcyjnych i prezentacji dla klientów. Najbardziej renomowane uniwersytety na świecie uczą nawet architektów druku 3D.



Druk 3D szybko upowszechnia się w służbie zdrowia, znajdując różne zastosowania w nauczaniu przyszłych lekarzy podstaw anatomii lub pomagając chirurgom przygotować się do operacji – wszystko dzięki modelom wydrukowanym w 3D w skali 1:1 na podstawie skanów CT pacjenta. Dzięki lepszemu przygotowaniu, leczenie trwa krócej i prowadzi do lepszych wyników, ratując nawet życie!

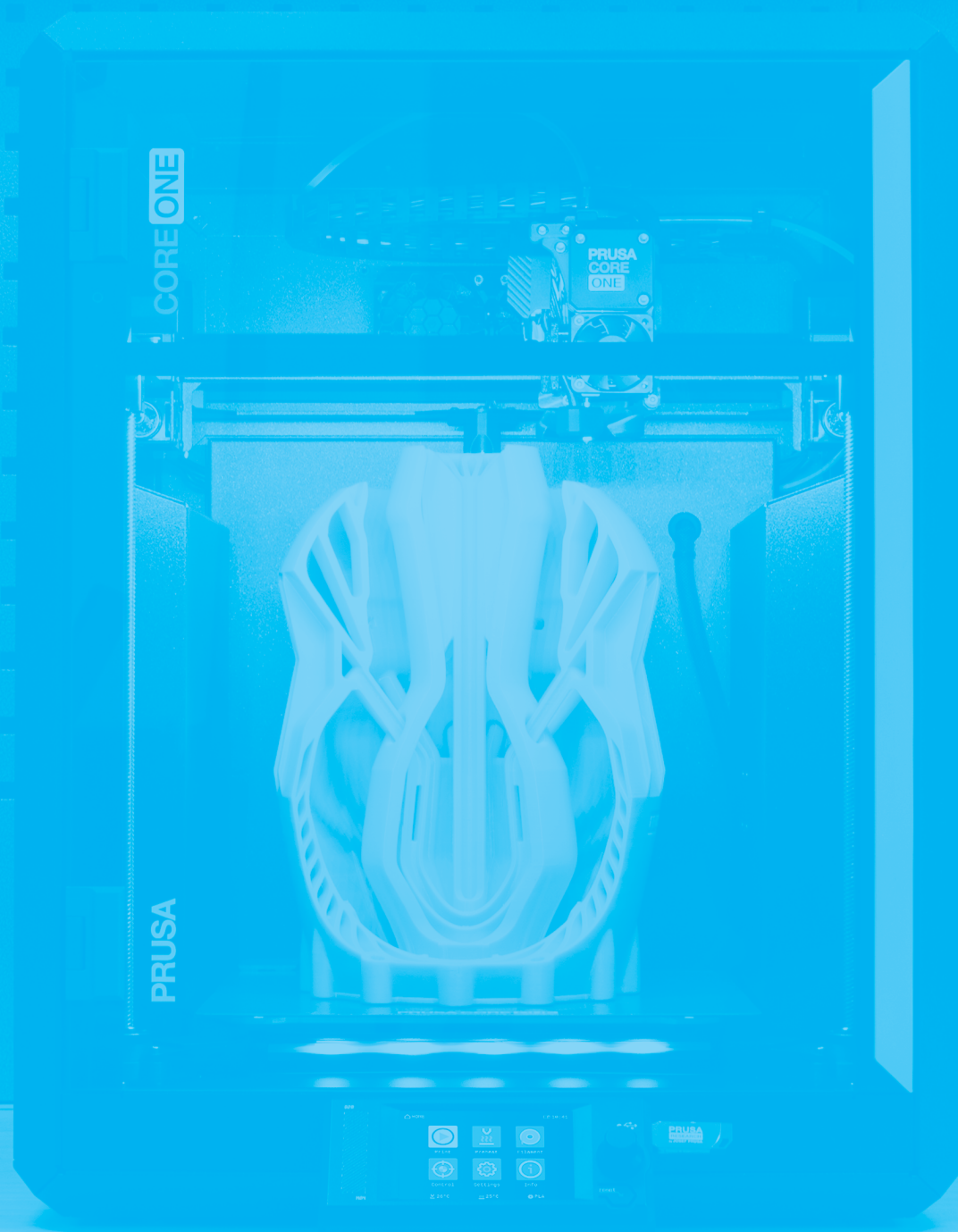
Druk 3D w edukacji

W miarę jak druk 3D upowszechnia się, trafia do sal lekcyjnych na całym świecie. Technologia ta pozwala nauczycielom opracowywać niestandardowe narzędzia edukacyjne, a uczniom rozwijać kreatywność i praktyczne myślenie. Przy niewielkim wysiłku edukacja może być czymś więcej niż tylko książkami i notatkami. Uczniowie tworzą różne eksperymenty i projekty, uczą się współpracy i aktywnie poszukują informacji.



Dołącz do Prusa Education!

Wszystkim szkołom, uniwersytetom i innym instytucjom edukacyjnym oferujemy program edukacyjny Prusa Education, który pomoże przyspieszyć pracę z drukiem 3D. Sprawdź stronę education.prusa3d.com, aby dowiedzieć się, co program ma do zaoferowania Tobie i Twojej szkole.



TECHNOLOGIE DRUKU 3D

Wszystkie rodzaje druku 3D są oparte na tej samej zasadzie: tworzenia modelu przez dodawanie warstw na tych już istniejących. W tej chwili nie istnieje technologia druku 3D, która byłaby uniwersalna i odpowiednia do każdego zastosowania. Dlatego ważne jest, aby zdecydować jak i do jakiego celu będziesz używać drukarki. Aby trochę Ci to ułatwić, podzielimy je na trzy główne kategorie:

1. Włókno plastiku topione i przepychane przez głowicę drukującą (ekstruder) a następnie przez dyszę. To jest typowy opis dla technologii FFF (Fused Filament Fabrication) / FDM (Fused Deposition Modelling). Te określenia mogą być brane za synonimy, jednak FDM jest znakiem towarowym firmy Stratasys.
2. Ciekły materiał utwardzany w warstwy w konkretnych obszarach. Tak zazwyczaj opisalibyśmy SLA – Stereolithography Apparatus. Ciekły surowiec (żywica) jest utwardzany wiązką światła (laserem UV lub panelem LED/projektorem DLP).
3. Drobnny proszek spiekany (zagęszczany i formowany, ale nie roztapiany) przez laser. Ta technologia jest nazywana SLS (Selective Laser Sintering) i jest droższa od dwóch wymienionych poprzednio.

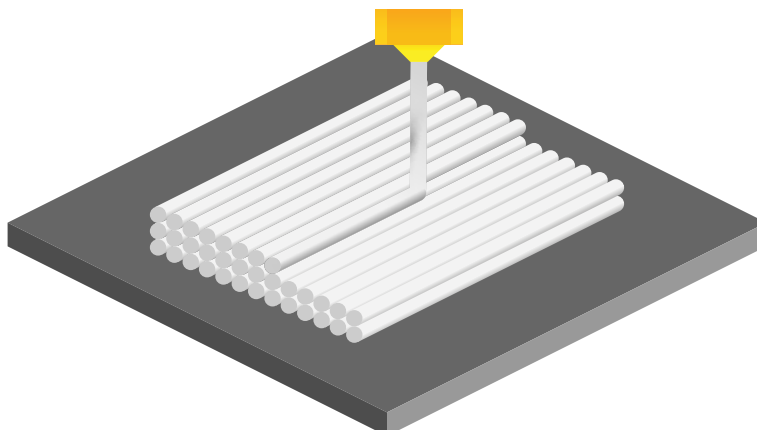
FDM/FFF

Najczęściej używana i najtańsza technologia druku 3D, nadająca się do tworzenia części użytecznych i mechanicznych oraz prototypów. Drukarka używa włókna plastiku jako bazowego budulca.

Na szpulę jest nawinięty plastik zwany filamentem i ma on zazwyczaj średnicę 1,75 mm. Na rynku wciąż znajdują się filamenty o średnicy 3 mm, ale dokładność drukowania nimi jest dość niska, więc nie zalecamy ich używania. W porównaniu do żywic i materiałów w proszku, filamenty są bezpieczne i łatwe w użyciu. Ich wadą jest to, że warstwy są widoczne gołym okiem. Wysokość warstwy mieści się zazwyczaj w przedziale od 0,05 do 0,3 mm.

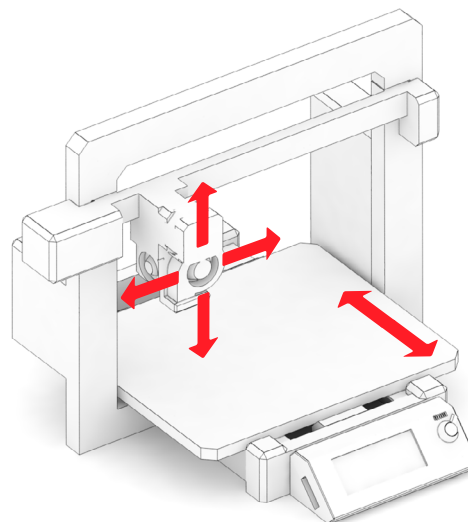


Zakres cen drukarek FFF zaczyna się na ok 150 USD za taną drukarkę z Chin i sięga grubo ponad 100000 USD za profesjonalną maszynę. Drukarka 3D Original Prusa MK4S kosztuje od 3 499 PLN i stanowi idealny stosunek ceny do jakości.

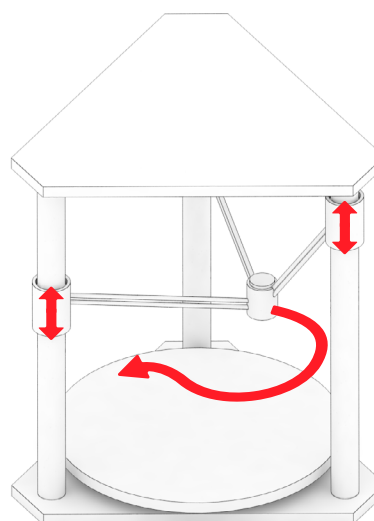


Możemy podzielić drukarki FDM/FFF na podkategorie względem typu kinematyki w przestrzeni 3-osiowej.

1. **Drukarka kartezyjska** swoją nazwę zawdzięcza systemowi współrzędnych XYZ. Ekstruder porusza się w dwóch kierunkach (w osiach X i Z), a stół roboczy w osi Y. Oznacza to również, że stół ma zazwyczaj kształt prostokąta. Drukarka Original Prusa MK4S to drukarka kartezyjska.



2. **Drukarki 3D typu delta** posiadają ekstruder poruszany przy pomocy trzech ramion. Ich dwoma największymi zaletami są prędkość druku i duże objętości robocze. System ten wymaga jednak bardzo dokładnego montażu i kalibracji, a geometria wymusza skomplikowane kalkuleacje ruchów silników krokowych dla każdego z ramion.



Drukarki 3D typu Delta są popularne w zastosowaniach przemysłowych z wielu powodów. Są w stanie wytwarzać bardzo wysokie obiekty o stałej jakości, ponieważ stół grzewczy jest nieruchomy. Ekstruder jest lekki, co prowadzi do mniejszej bezwładności, co przekłada się na większą dokładność. Drukarki 3D Delta od Prusa Research są również wyposażone w aktywnie podgrzewaną komorę roboczą, co znacznie ułatwia pracę z technicznymi materiałami.

- 3. Drukarki 3D CoreXY** zyskują coraz większą popularność. Wykorzystują one szkielet oparty na systemie pasów i kół pasowych z dwoma silnikami krokowymi, które poruszają ekstruderem w osiach X i Y. Stół jest zamontowany na osi Z i porusza się w górę i w dół. Przynosi to szereg korzyści, takich jak wyższa prędkość drukowania i dobra jakość wydruków, ponieważ stół nie porusza się w przód i w tył. Prusa CORE One i Original Prusa XL to drukarki 3D typu CoreXY.



Komponenty drukarki 3D typu FFF

Wszystkie drukarki typu FFF mają podobne konstrukcje. Składają się zazwyczaj z poniższych komponentów:

Ekstruder

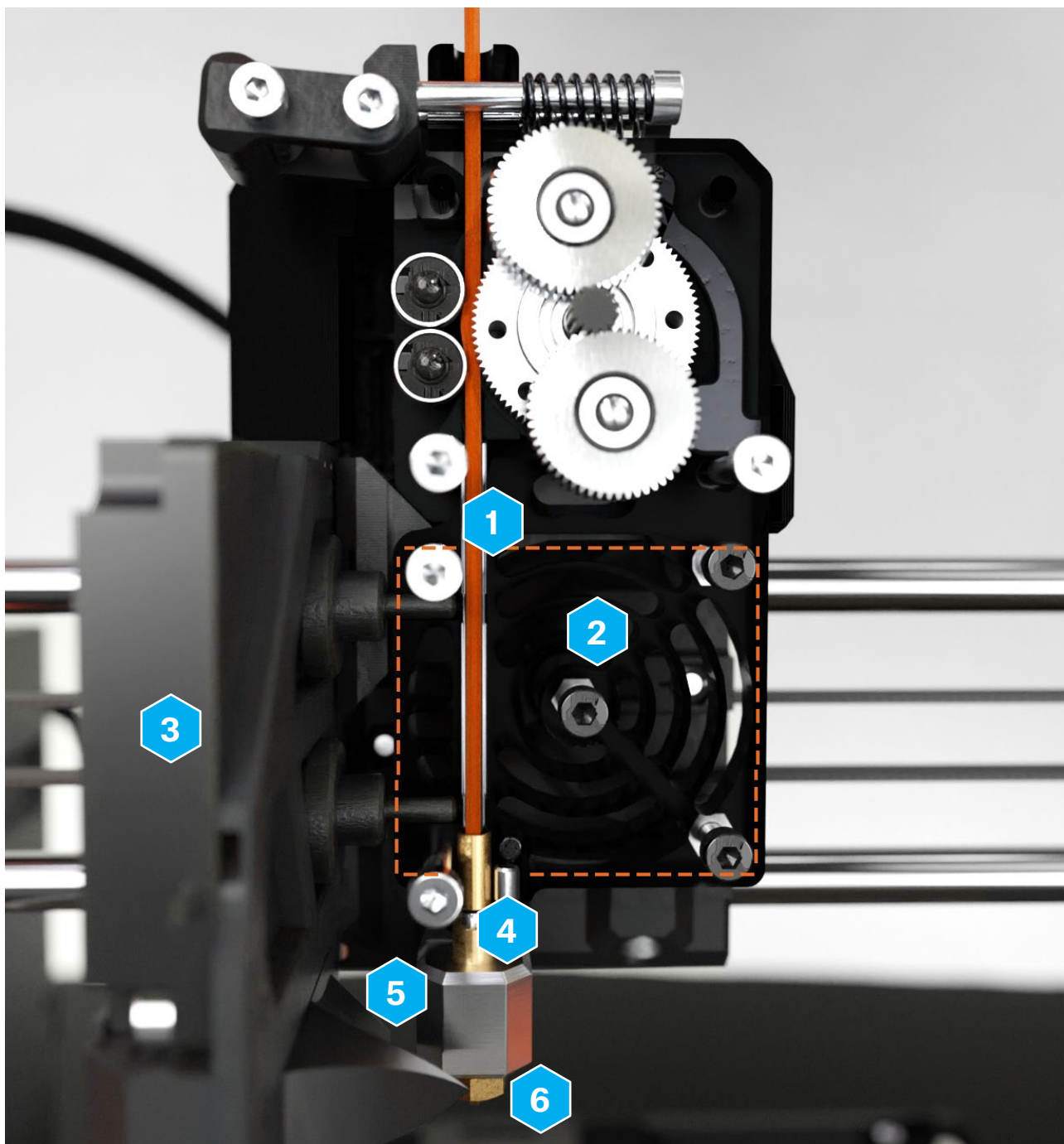
Ekstruder (inaczej głowica drukująca) jest zaprojektowany, aby kłaść kolejne warstwy przez wytłaczanie stopionego plastiku.

Najpierw włókno filamentu wchodzi do ekstrudera przez rurkę PTFE. W tym momencie jest ono nadal materiałem stałym w temperaturze pokojowej. Przechodzi przez radiator, którego zadaniem jest rozpraszanie ciepła pochodzącego z bariery cieplnej (inaczej łącznik lub gardziel) i ograniczenie jego przenikania pomiędzy strefami stałego i stopionego filamentu. Radiator wspomagany jest zazwyczaj wentylatorem zwiększającym wydajność chłodzenia. Bariera cieplna to zazwyczaj tulejka nagwintowana na dwóch końcach z odcinkiem o średnicy zmniejszonej do minimum, aby ograniczyć przewodność cieplną do obszaru, w którym filament powinien pozostać nieroztopiony.

Poniżej znajduje się blok grzejny, który jest wykonany z materiału dobrze przewodzącego ciepło (zazwyczaj jest to aluminium) i jest wyposażony w małą, elektryczną grzałkę wraz z termistorem do pomiaru temperatury. Materiał jest topiony w bloku grzejnym i wypychany przez dyszę. Dysze mogą mieć różne średnice wylotu, a wiele drukarek pozwala na ich wymianę właśnie w celu zmiany średnicy. Nowoczesne ekstrudery są również wyposażone w dodatkowe czujniki i osprzęt oferujący zaawansowane funkcje, które sprawiają, że korzystanie z nich jest bardziej przyjazne dla użytkownika. Na przykład, drukarki 3D Original Prusa wyposażone w Nextruder, wykorzystują czujnik tensometryczny, aby przeprowadzić w pełni automatyczną kalibrację i uzyskać zawsze idealną pierwszą warstwę. Więcej o dyszach o różnych średnicach i ich zaletach przeczytasz w artykule na prusa.io/nozzles.

Ekstruder

- 1 Rurka PTFE
- 2 Radiator
- 3 Wentylator wydruku
- 4 Bariera cieplna (łącznik)
- 5 Blok grzejny
- 6 Dysza



Podgrzewany stół

Podgrzewany stół to ważny element każdej nowoczesnej drukarki 3D i powinien być on kompatybilny z jak najszerszą gamą materiałów. Podgrzewany stół nie pozwala materiałowi podwijać się, wypaczać i odrywać od powierzchni.

Rama

Rama jest strukturą nośną drukarki. Sztywna i precyzyjnie wykonana ma pozytywny wpływ na jakość druku a minimalizując wibracje pozwala jednocześnie drukować szybciej bez widocznych artefaktów na wydrukach.

Silniki krokowe

Silniki krokowe mają za zadanie poruszać wszystkimi osiami drukarki – wliczając w to ruch ekstrudera oraz podgrzewanego stołu, podczas gdy inny z nich dba o ruch filamentu. Zaletą silnika krokowego jest możliwość precyzyjnej kontroli kroków.

Płyta główna

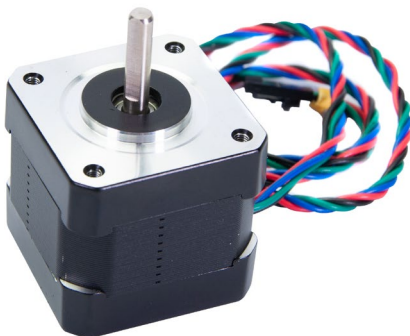
Płyta główna to element elektroniczny kontrolujący całą drukarkę. Jej głównym zadaniem jest interpretowanie plików z instrukcjami (G-code) i kontrolowanie silników, podgrzewanego stołu oraz grzałki ekstrudera bazując na tychże instrukcjach.



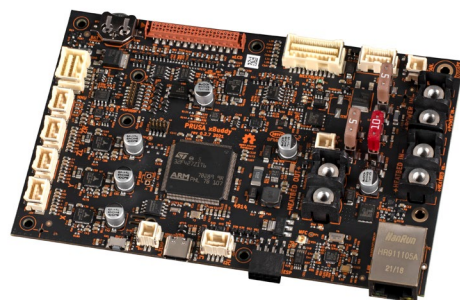
Podgrzewany stół



Rama



Silniki krokowe

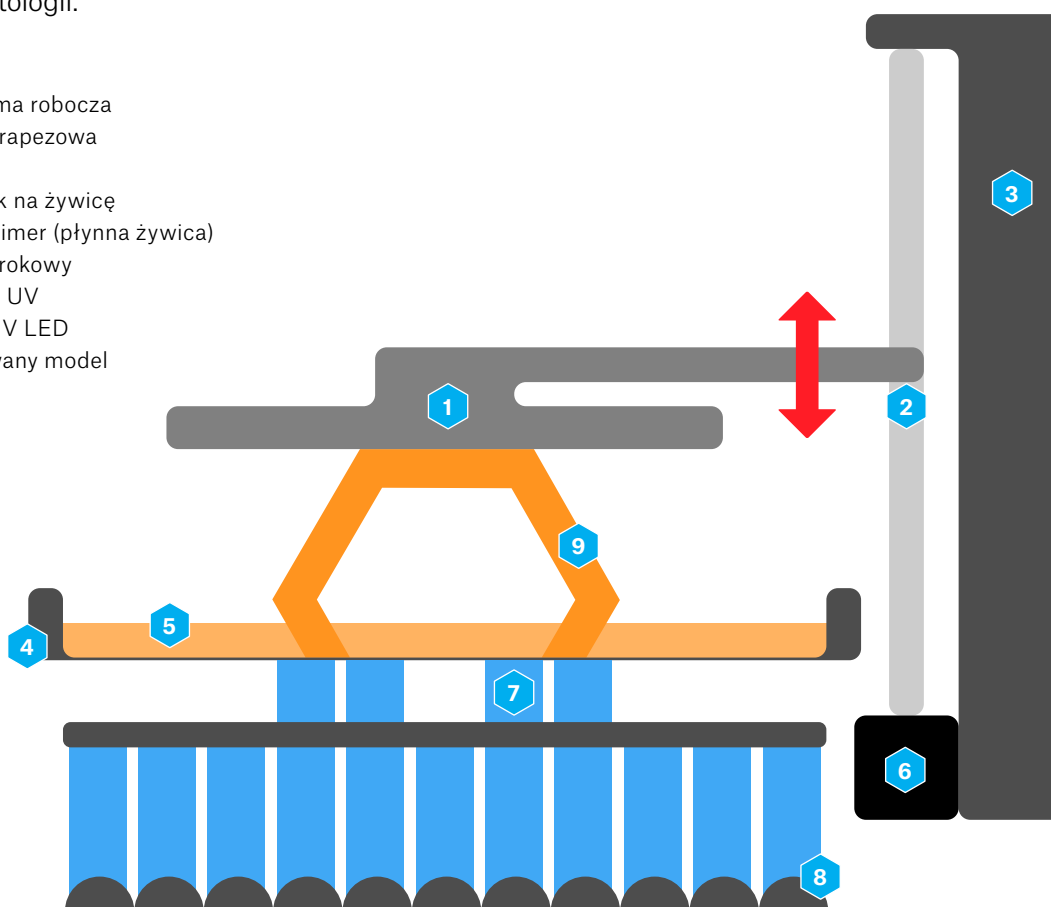


Płyta główna

SLA (Stereolitografia)

Technologia SLA opiera się na utwardzaniu (zestalaniu) światłoczułej ciekłej żywicy poprzez ekspozycję światłem UV. Drukarki 3D SLA wyposażone są w platformę, która przesuwa się po zastygnięciu pojedynczej warstwy, tworząc miejsce na nową warstwę, która przylega do poprzedniej. Zbiornik z żywicą ma przezroczyste dno z panelem LCD zamontowanym pod nim. Wyświetlacz LCD wyświetla maskę pojedynczej warstwy, podczas gdy źródło światła UV świeci przez maskę, a światło przebija się przez odsłonięte obszary o dokładnym kształcie. Daje to niezwykle szczegółowe i gładkie wydruki 3D z warstwami prawie niewidocznymi dla ludzkiego oka. Drukarki 3D SLA są idealne do tworzenia miniatur i prototypów, ale są również bardzo cenione w różnych dziedzinach przemysłu, a zwłaszcza w stomatologii.

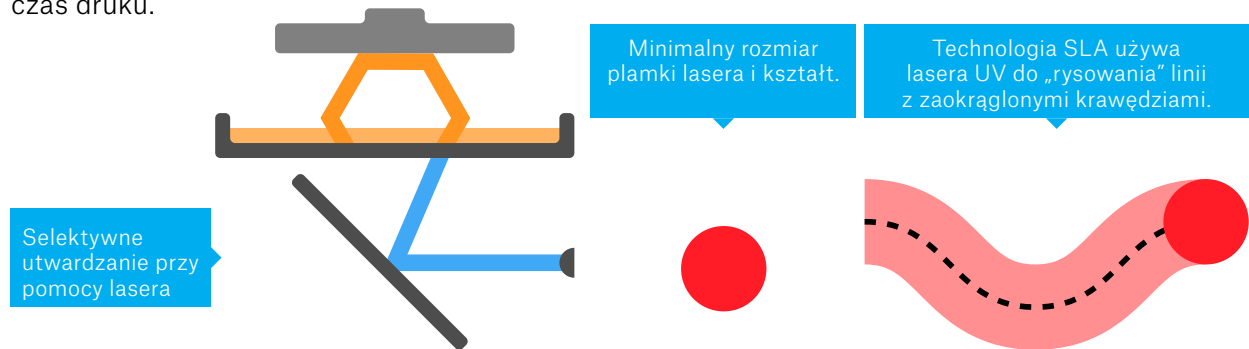
- 1 Platforma robocza
- 2 Śruba trapezowa
- 3 Oś Z
- 4 Zbiornik na żywicę
- 5 Fotopolimer (płynna żywica)
- 6 Silnik krokowy
- 7 Światło UV
- 8 Panel UV LED
- 9 Drukowany model



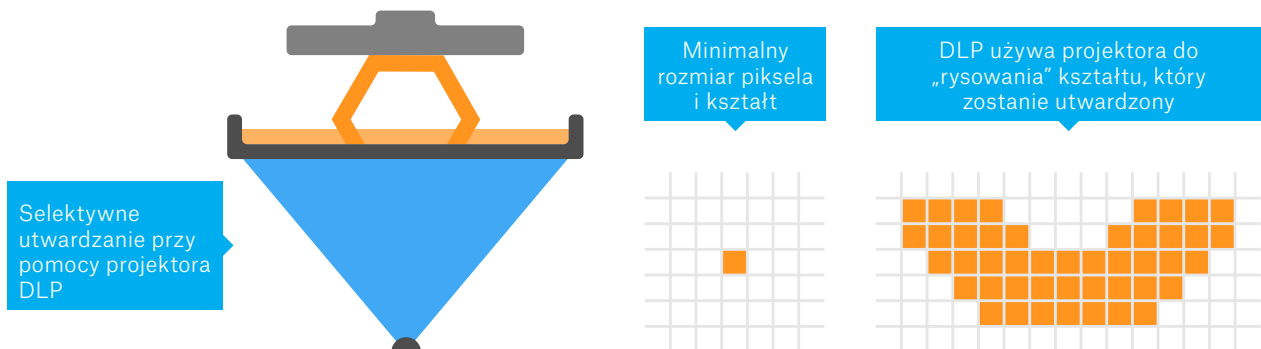
Drukarki SLA są jednak nieco bardziej skomplikowane w użyciu w porównaniu do FFF/FDM. Żywice są cieczami i łatwo je rozlać, a ponadto ważne jest, aby nie miały kontaktu ze skórą lub oczami. Gotowe wydruki są wyciągane ze zbiornika wypełnionego płynną żywicą, więc są mokre i lepkie. Zazwyczaj wymagane jest umycie ich w alkoholu izopropylowym i utwardzenie światłem UV. Ten nieco żmudny proces można znacznie ułatwić, używając specjalistycznego sprzętu – opracowaliśmy Curing and Washing Machine (CW1S) jako wszechstronne akcesorium do naszej Original Prusa SL1S SPEED. CW1S może podgrzać żywicę do temperatury roboczej, a także umyć, wysuszyć i utwardzić żywiczne wydruki 3D w ciągu kilku minut i przy minimalnym wysiłku.

Istnieją trzy główne rodzaje drukarek SLA. Różnią się metodami naświetlania. Nawet jeśli wydają się podobne, to jakość wydruków może się znacznie różnić.

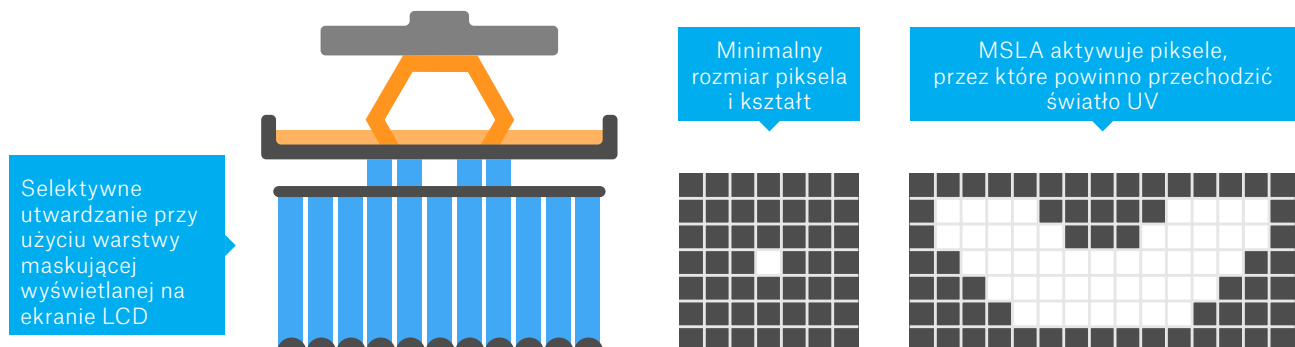
1. **SLA – laserowe** – naświetlanie odbywa się przy pomocy promienia lasera UV. Promień jest kontrolowany przez dwa lustra, które „rysują” każdą z warstw. Czas potrzebny do utwardzenia warstwy zależy od jej powierzchni. W skrócie: czym więcej modeli na platformie, tym dłuższy czas druku.



2. **SLA – DLP (Digital Light Processing)** – cała warstwa jest utwardzana za jednym razem, przy pomocy cyfrowego projektora. Utwardzany jest tylko kształt, który jest wyświetlany przez projektor. Zaletą tej technologii jest oczywista – każda warstwa jest naświetlana przez taką samą ilość czasu, niezależnie od ilości modeli na platformie.



3. **MSLA (Masked Stereolithography)** – naświetlanie jest wykonywane przez wysokiej wydajności źródło światła UV LED, podczas gdy kształt warstwy jest wyświetlany na półprzezroczystej masce na ekranie LCD (znajdującym się pomiędzy UV LED a zbiornikiem z żywicą). Światło ultrafioletowe przechodzi tylko przez białe piksele na ekranie. Ponieważ wyświetlacze LCD mają stałą rozdzielczość, to drukowane obiekty mają stałą rozdzielczość XY, a jedynym aspektem wpływającym na ich jakość jest wysokość warstwy. Drukarki MSLA utwardzają również całą warstwę na raz, co oznacza, że nie ma znaczenia, ile modeli znajduje się na platformie roboczej. Drukarka 3D Original Prusa SL1S SPEED posiada specjalny mechanizm uchylania zbiornika, który zwiększa niezawodność i szybkość.



Powyższe ilustracje są uproszczoną reprezentacją każdej technologii. Opisy technologii DLP i MSLA nie uwzględniają funkcji anti-aliasingu. Bez AA na krawędziach maski wyraźnie widoczne byłyby piksele. Dla laika – anti-aliasing jest w stanie wygładzić ostre krawędzie przez uśrednienie koloru okolicznych pikseli. W naszym przypadku tak właściwie nie jest to tylko biało-czarna krawędź, ale metoda anti-aliasingu tworzy przejście w postaci gradientu, co skutkuje wygładzeniem linii.

Komponenty drukarki MSLA

Sytuacja z drukarkami 3D typu SLA jest podobna jak z FFF/FDM – istnieją różne projekty i konfiguracje, w zależności od metody utwardzania żywicy. Skupimy się na MSLA, ponieważ nasza Original Prusa SL1S SPEED pracuje właśnie w tej technologii.

Panel UV LED

Panel UV LED o wysokiej wydajności jest używany do utwardzania żywicy w zbiorniku. SL1S SPEED wykorzystuje duży panel zamiast pojedynczej diody LED, dzięki czemu rozkład światła UV jest bardziej równomierny. To, w połączeniu z wysokiej jakości układem soczewek, daje wyjątkowo krótkie czasy naświetlania i szybsze drukowanie.

Panel LCD

Obecnie najbardziej pożądanym typem wyświetlacza LCD do druku SLA używanym do „maskowania” jest wyświetlacz monochromatyczny. Zasadniczo panel UV LED świeci światłem przez wyświetlacz do zbiornika z żywicą. Bez maski, powstały obiekt byłby jednolitym blokiem. Dlatego panel LCD wyświetla maskę (ilustrację pojedynczej warstwy) poprzez włączanie lub wyłączanie poszczególnych pikseli. Wyłączone piksele przepuszczają światło UV, a włączone (czarne) piksele blokują je. Rozdzielczość wyświetlacza wpływa na jakość wydruku.

Ekran dotykowy

Jest to drugi z ekranów LCD na wyposażeniu drukarki, jednak nie jest on używany bezpośrednio w procesie druku. Użytkownik może dzięki niemu z łatwością kontrolować drukarkę przez przyjazny interfejs.

Kolumna osi Z

Jedyną osią, w której mechanicznie poruszana jest platforma (w górę i w dół), jest oś Z. Dzięki ekranowi maskującemu ze stałą rozdzielczością X i Y niepotrzebny jest ruch w innych osiach.

Zbiornik (zwany również „vat”) oraz mechanizm tilt

Zbiornik, nazywany czasami „vat” jest pojemnikiem na płynną żywicę. Ma przezroczyste dno, które pozwala na przenikanie światła ultrafioletowego. Drukarka 3D Original Prusa SL1S SPEED posiada nawet specjalny mechanizm przechylania zbiornika, który przyspiesza drukowanie i zwiększa jakość wydruku. Jak to działa? Po utwardzeniu (zestaleniu) każdej warstwy, musi ona scalić się z resztą wydruku, jednak ma również tendencję do przyklejania się do dna zbiornika. Większość drukarek 3D wykorzystuje prosty ruch w górę, który ma na celu oderwać warstwę od dna ruchem pionowym. Mechanizm przechylania umożliwia znacznie delikatniejszy ruch oddzielania warstwy, dzięki czemu dzieje się to stopniowo. Jest to również znacznie szybsze w porównaniu do zwykłego ruchu pionowego.

Pokrywa akrylowa

SL1S jest wyposażona w półprzezroczystą pokrywę z pomarańczowego szkła akrylowego. Blokuje ona dużą porcję światła ultrafioletowego z zewnątrz (np. światła słonecznego), ponieważ mogłoby ono powodować niekontrolowane utwardzanie żywicy w zbiorniku. Blokuje również promieniowanie panelu UV LED przed wydostawaniem się na zewnątrz drukarki oraz zatrzymuje część oparów żywicznych wewnątrz.

Filtracja powietrza

Większość żywic dostępnych na rynku wydziela silny zapach. Dlatego wyposażyliśmy SL1S w filtr powietrza.

Solidna, aluminiowa rama

Rama zapewnia maszynie stabilność i sztywność. Ramy wykonane z bardziej miękkich materiałów mogą wyginać się i wpadać w wibracje, co skutkuje niską jakością wydruków.



Panel UV LED



Wyświetlacz LCD



Ekran dotykowy



Zbiornik (zwany również „vat”)



Kolumna osi Z



Pokrywa akrylowa



Filtracja powietrza

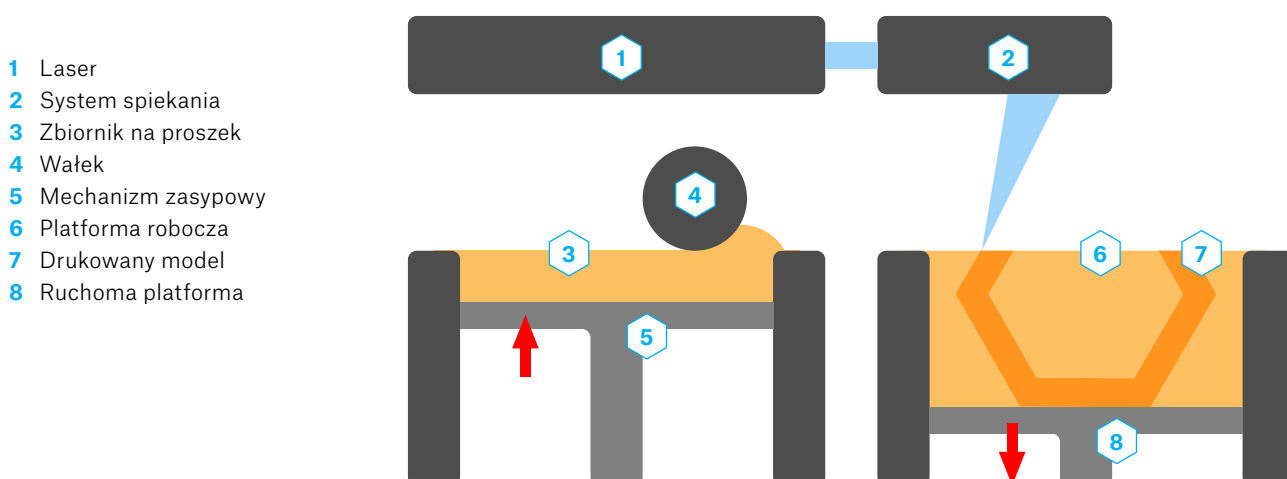


Solidna, aluminiowa rama

Drukarki 3D SLA są generalnie droższe niż FFF. Najtańsze, nadające się do użytku maszyny zaczynają się od około 250 USD, profesjonalne maszyny kosztują grubo ponad sto tysięcy dolarów. Original Prusa SL1S SPEED zaczyna się od 8800 PLN. Ponadto, wybierając drukarkę 3D SLA, zalecamy wybór modelu, który jest kompatybilny z żywicami innych firm, co da Ci znacznie szerszy wybór materiałów.

SLS / DMLS

Innymi technologiami druku 3D są SLS i DMLS, które bazują na procesie zwanym spiekaniem. Ogólnie rzecz biorąc, cienka warstwa proszku jest rozprowadzana po powierzchni roboczej przy pomocy wałka, a następnie wymagany kształt jest spiekany laserem. Po zakończeniu wydruku cały model jest przykrywany proszkiem. Przez zasadę działania tej metody wymagane jest, aby model posiadał otwory, przez które będzie możliwe wysypanie nadmiaru proszku. Nieuformowany materiał może być użyty do następnego wydruku, co oznacza, że tylko niewielka jego część stanowi odpad. Kolejną z zalet są praktycznie niewidoczne warstwy. Drukarki pracujące w tej technologii nie są zbyt popularne wśród społeczeństwa. Ze względu na ich przemysłowe przeznaczenie, ceny również są znacznie wyższe – najtańsze maszyny kosztują w okolicach 6 000 USD.





WYBÓR DRUKARKI 3D

Przy wyborze drukarki 3D ważne jest określenie jej przeznaczenia. Być może szukasz listy drukarek posortowanej od najlepszej do najgorszej, jednak byłoby to niemożliwe bez nadmiernego upraszczania. Zamiast tego postawimy kilka pytań, na które musisz sobie odpowiedzieć przed zakupem drukarki 3D. Pomoże Ci to wybrać odpowiednią maszynę do Twoich celów.

W jaki zakres cenowy celujesz? Interesuje Cię droga, profesjonalna drukarka czy tania, chińska?

Cena odzwierciedla jakość wykonania i żywotność drukarki oraz inne funkcje. Niektóre tańsze drukarki wymagają od użytkownika długiej listy modyfikacji, które trzeba wprowadzić, żeby w ogóle zacząć korzystać z urządzenia. Jeśli szukasz czegoś, co działa od razu po wyjęciu z pudełka, być może trzeba będzie dostosować swoje preferencje.

Jakie jest wsparcie klienta danej drukarki? Czy ma ona aktywną społeczność, która mogłaby pomóc w przypadku napotkania problemów? Czy drukarka ma otwarte źródło? Co z częściami zamiennymi i ulepszeniami?

Wsparcie społeczności jest kluczowym czynnikiem przy wyborze drukarki 3D. Podobnie jak w przypadku smartfonów, gdzie aktywne społeczności przedłużają okres eksploatacji urządzeń poprzez aktualizacje, tak i drukarki 3D typu open-source są wspierane przez zaangażowanych użytkowników, którzy opracowują ulepszenia i części zamienne, zwiększając tym samym ich żywotność.

Jakie są koszty użytkowania?

Niektórzy producenci zezwalają na użycie tylko ich własnych materiałów i części zamiennych. Zwiększa to koszty operacyjne i ogranicza gamę materiałów, których możesz używać.

Czy prędkość ma znaczenie?

Wybierając drukarkę 3D można łatwo zgubić się wśród liczb opisujących różne parametry. Chociaż mogą wydawać się decydujące, większość jest teoretyczna. W rzeczywistości głowica musi wykonywać różne przestoje i ruchy, nigdy nie osiągając deklarowanych dziesiątek tysięcy mm/s. Ograniczeniem są również właściwości termiczne materiału i kształt modelu. Przy bardzo wysokich prędkościach drukowania warstwy mogą się nie skleić, co spowoduje nieudany wydruk. Zamiast deklarowanych prędkości, należy skupić się bardziej na niezawodności i społeczności skupionej wokół danej drukarki.

Jak dużego pola roboczego na prawdę potrzebujesz?

Może się wydawać, że warto mieć jak największy obszar roboczy, jednak w większości przypadków okaże się, że to pieniądze wyrzucone w błoto. Wydruki z PLA zazwyczaj nie będą większe niż 20 cm w jednej osi ze względu na rozszerzalność cieplną, która może powodować ich wyginanie i odklejanie od stołu. Pamiętaj, że możesz przeciąć model na kilka części i skleić je.

Jak szczegółowych wydruków potrzebujesz?

Jakość i szczegółowość wydruków FFF mogą być zmienione przez wybór dyszy o innej średnicy, innego materiału lub zmianę prędkości i temperatur. Prawdą jest jednak, że poziom szczegółowości będzie niższy niż z SLA.

Czy drukarka używająca jednego materiału Ci wystarczy, czy może potrzebujesz wydruków wielomateriałowych (lub nawet w pełnej gamie kolorów)?

W kolejnym rozdziale dowiesz się więcej o drukowaniu wieloma kolorami.

Musisz zdecydować, które z opcji sprawdzą się najlepiej w Twoim przypadku. Wiele z nich sobie przeczy, co oznacza, że potrzebne będą kompromisy. Dla laika: jeśli nie potrzebujesz dużego obszaru roboczego, ale chcesz mieć bardzo szczegółowe wydruki, to dobrym wyborem wydaje się SLA. Większość użytkowników zadowolili jednak drukarka 3D w technologii FFF.



Na prusa3d.com obszernie omówiliśmy temat wyboru drukarki 3D. Przejdź na stronę, aby dowiedzieć się, jak wybrać drukarkę 3D i odkryj świat druku 3D!



WPROWADZENIE DO DRUKU 3D

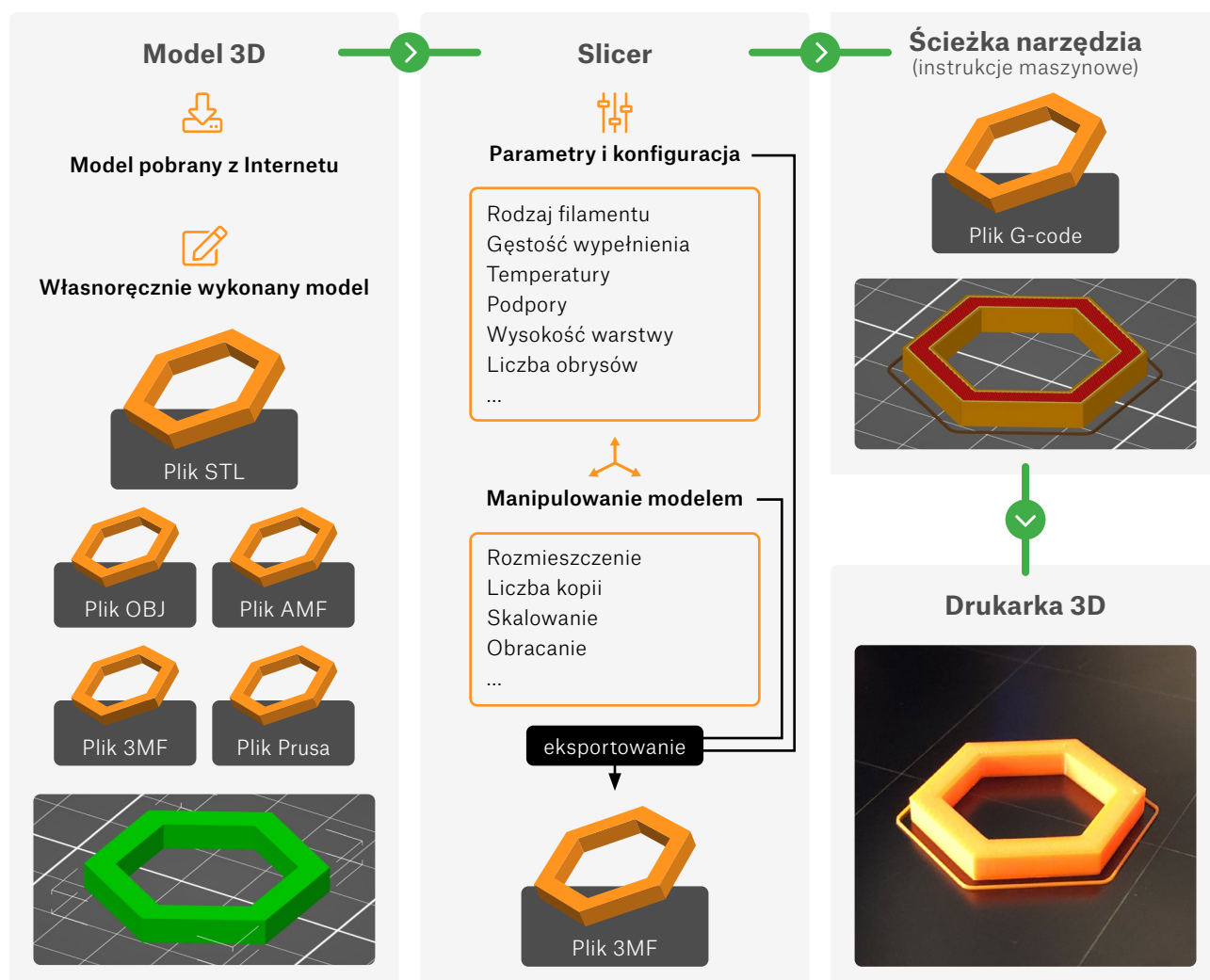
SPRAWDŹ KURS PRUSA ACADEMY!

To tylko krótka zjawka. Aby w pełni zagłębić się w tworzenie własnych modeli, polecamy nasz kurs „Zasady projektowania części do druku 3D” w sekcji Akademii na prusa3d.com.

Proces druku 3D to trzy główne etapy. Musisz mieć model 3D przystosowany do druku, który następnie przygotowujesz, aż w końcu przechodzisz do właściwego drukowania. Przyjrzyjmy się całemu procesowi najpierw ogólnikowo, a potem wejdziemy w szczegóły.

Pierwszym krokiem jest zdobycie modelu 3D, który zazwyczaj będzie występować w formie pliku STL. Nie jest on jednak rozpoznawany przez drukarki 3D i nie da się go od razu wydrukować. Do przetworzenia pliku STL musisz użyć specjalnego narzędzia, znanego jako „slicer”. Na rynku jest wiele slicerów – niektóre darmowe (np. PrusaSlicer), inne płatne (np. Simplify3D) i zazwyczaj są kompatybilne z wybranymi drukarkami, więc musisz wybrać odpowiedni dla swojej maszyny. Możesz zaimportować plik STL do slicera, skonfigurować parametry druku i wyeksportować rezultat jako plik G-code, który jest w zasadzie tym samym modelem pociętym na cienkie warstwy i przekonwertowanym na zestaw instrukcji maszynowych, które drukarka 3D „rozumie”. Slicery dodają również informacje do pliku G-code, takie jak temperatury, prędkości wentylatorów itp. Wynikowy plik jest przygotowany dla konkretnej drukarki, dlatego użytkownicy zazwyczaj udostępniają modele w formie STL – aby każdy mógł pociąć je dla własnej drukarki i filamentu.

Diagram poniżej przedstawia kolejne kroki wymagane dla udanego wydruku 3D.



Pozyskanie modelu 3D

Ogólnie rzecz biorąc, model 3D możesz nabyć w jeden z poniższych sposobów:

1. **Ściągnięcie modelu z Internetu**
2. **Stworzenie własnego modelu**
3. **Zeskanowanie rzeczywistego przedmiotu**

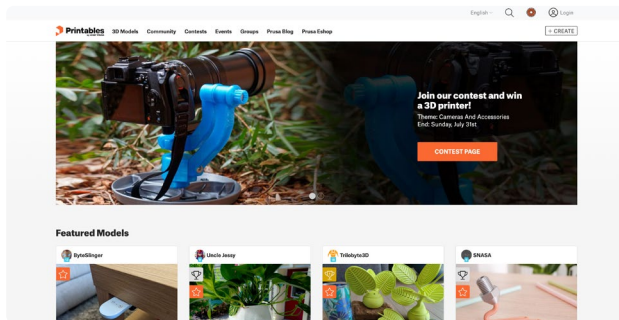
Pozyskanie modelu z biblioteki online lub 3D hubs

Najłatwiej jest zacząć drukowanie 3D przez znalezienie darmowego modelu w Internecie. Zazwyczaj są one udostępniane w formatach .stl lub .obj. Istnieje wiele stron oferujących całe gamy modeli gotowych do pobrania – najlepsze z nich wymieniamy poniżej:

Printables

Darmowe i płatne modele

www.printables.com

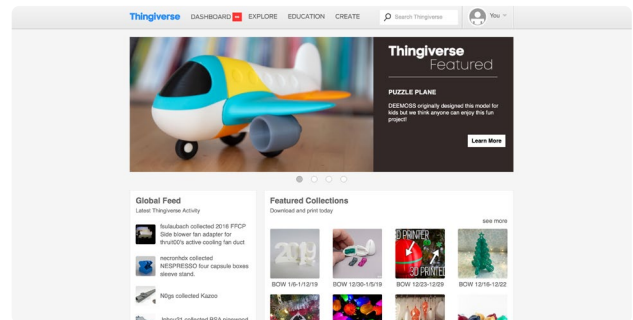


Najwyższej jakości i stale rozwijana biblioteka modeli online dla wszystkich posiadaczy drukarek 3D. Dzięki funkcjom takim jak kanał społecznościowy, podgląd modeli 3D, osiągnięcia, nagrody fizyczne i konkursy społecznościowe, Printables może zaspokoić wszystkie potrzeby związane z drukiem 3D!

Thingiverse

Darmowe modele

www.thingiverse.com

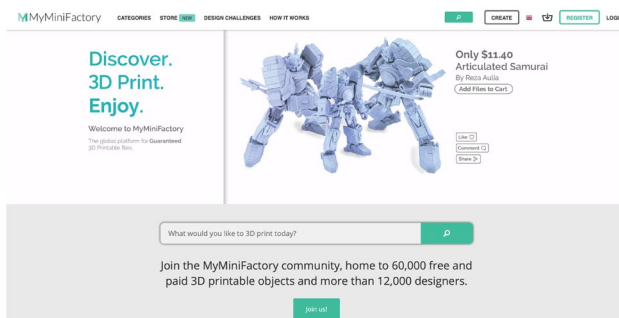


Thingiverse to popularna platforma internetowa z dużą kolekcją modeli do druku, podzielonych na wiele różnych kategorii, takich jak Hobby, Nauka, Zabawki i gry i inne. Nowe modele są dodawane codziennie.

MyMiniFactory

Darmowe i płatne modele

www.myminifactory.com

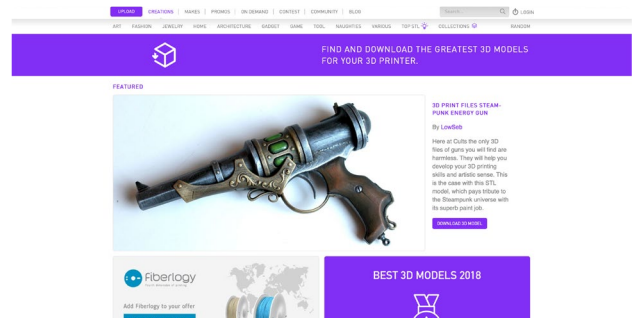


Popularne repozytorium z wyselekcjonowanymi modelami do druku 3D autorstwa profesjonalnych projektantów. Wszystkie modele są testowane przed publikacją, więc możesz mieć pewność, że otrzymujesz wysokiej jakości pliki STL. Cena płatnych modeli wynosi zazwyczaj od 4 do 40 USD.

Cults

Darmowe i płatne modele

www.cults3d.com



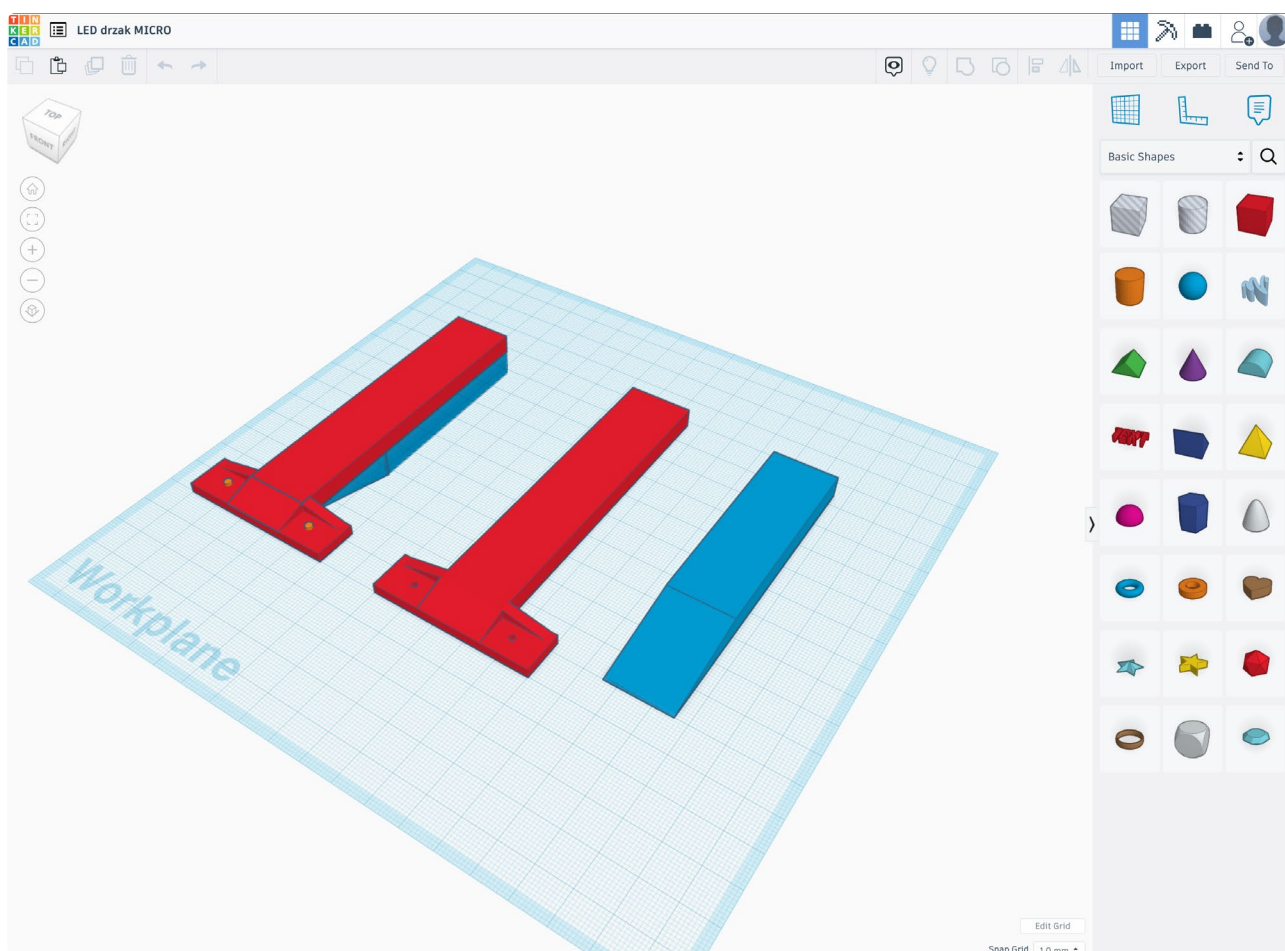
Rynek plików z modelami 3D, na którym makerzy mogą udostępniać za darmo lub sprzedawać swoje pliki STL. Ciekawą różnicą między tą witryną a resztą są różne kolekcje oparte na popularnych markach, takich jak Lego, IKEA czy GoPro.

Oprogramowanie do modelowania 3D

W dzisiejszych czasach mamy szeroki wybór różnych aplikacji do modelowania. Istnieją proste i łatwe do przyswojenia (oraz często oparte na przeglądarce) aplikacje, takie jak Tinkercad. Możesz spróbować swoich sił w modelowaniu parametrycznym z OpenSCAD lub użyć profesjonalnego i popularnego narzędzia, jakim jest Autodesk Fusion. Wszystkie te aplikacje umożliwiają Ci tworzenie modeli i eksportowanie ich jako pliki STL.

Tinkercad

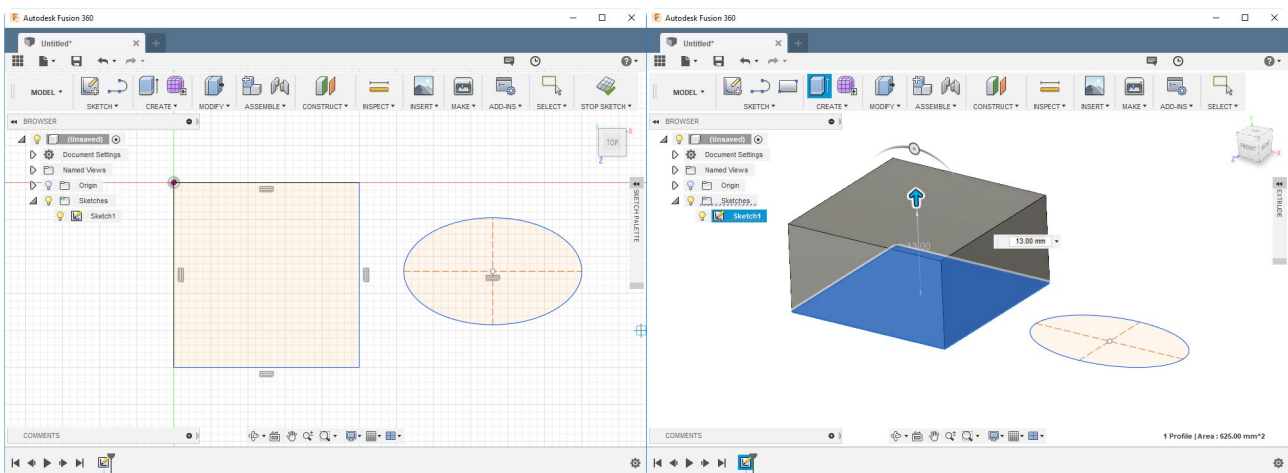
Tinkercad jest świetnym, intuicyjnym narzędziem dla początkujących. Jest darmowy, jednak wymaga rejestracji. W Internecie znajdziesz masę tutoriali, instrukcji i porad. Program opiera się na idei tworzenia modeli z biblioteki prostych kształtów, które możesz umieszczać w przestrzeni i modyfikować. Nie ma tu zaawansowanych funkcji, jednak możesz dzięki niemu importować i edytować istniejące pliki STL. Tinkercad jest dostępny pod adresem www.tinkercad.com.



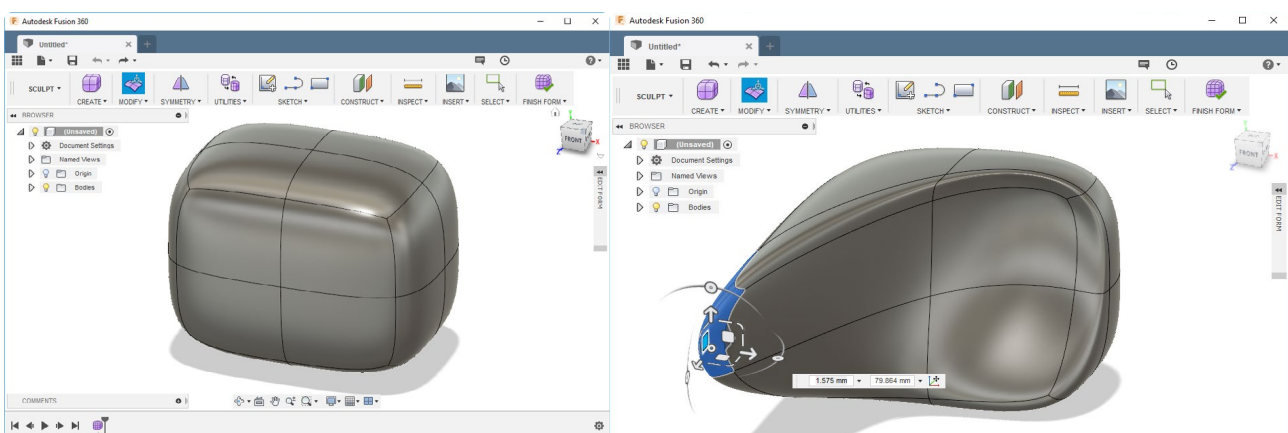
Autodesk Fusion

Jeśli chcesz projektować skomplikowane modele, lub nawet zespoły komponentów, które będą ze sobą współpracować, to warto zapoznać się z profesjonalnym narzędziem – Fusion jest popularną opcją. Użytkownicy mają możliwość pracy zarówno w środowisku CAD (Computer-aided Design), CAM (Computer-aided Machining), jak i analizy wytrzymałości i wizualizacji. Fusion, oprócz modelowania parametrycznego, oferuje również możliwości rzeźbienia. Mamy obszerny kurs modelowania w Fusion w Prusa Academy na prusa3d.com, więc przyjrzyjmy się pokrótce tym dwóm metodom.

Modelowanie parametryczne jest popularną metodą tworzenia modeli strukturalnych i części mechanicznych. Tworzenie obiektu rozpoczyna się od dwuwymiarowego kształtu przy pomocy np. linii, prostokątów, punktów itp. Następnie kształt jest wyciągany, aby stworzyć obiekt 3D.



A teraz wyobraź sobie, że chcesz stworzyć figurkę psa. W tym przypadku metoda modelowania parametrycznego okaże się nieefektywna i niepotrzebnie skomplikowana, ponieważ chcemy stworzyć kształt organiczny. Tutaj pomoże nam rzeźbienie – przypomina ono rzeźbienie w rzeczywistym świecie (np. w glinie czy podobnym materiale), jednak ma wiele zalet, jak np. możliwość cofnięcia ostatniej czynności. Podstawowe kształty, których używamy to kostki, kule, cylindry, ostrosłupy i podobne. Mogą być one dowolnie wyciągane, ściskane i wyginane... Zobacz poniższe ilustracje.



SPRAWDŹ KURS W PRUSA ACADEMY!

Jeśli interesuje Cię tworzenie własnych modeli przy użyciu Autodesk Fusion, polecamy zapoznać się z kursem Modelowanie 3D w Fusion w sekcji Akademia na prusa3d.com.

Blender

Blender jest obecnie prawdopodobnie najlepszym darmowym narzędziem do modelowania 3D. Jest rozwijany na licencji open-source i dostępny dla Windows, Mac i Linux. Może być dość skomplikowany dla początkującego, a czasami nawet chaotyczny, jednak zaskarbił sobie sympatię wielu użytkowników. Szczególnie ci z ambicjami artystycznymi, którzy nie potrzebują precyzyjnego modelowania parametrycznego, uważają go za szczególnie przydatne narzędzie. Rzeźbienie, nakładanie faktur, animacje... Blender jest szwajcarskim szczyrzykiem wśród aplikacji do modelowania 3D.



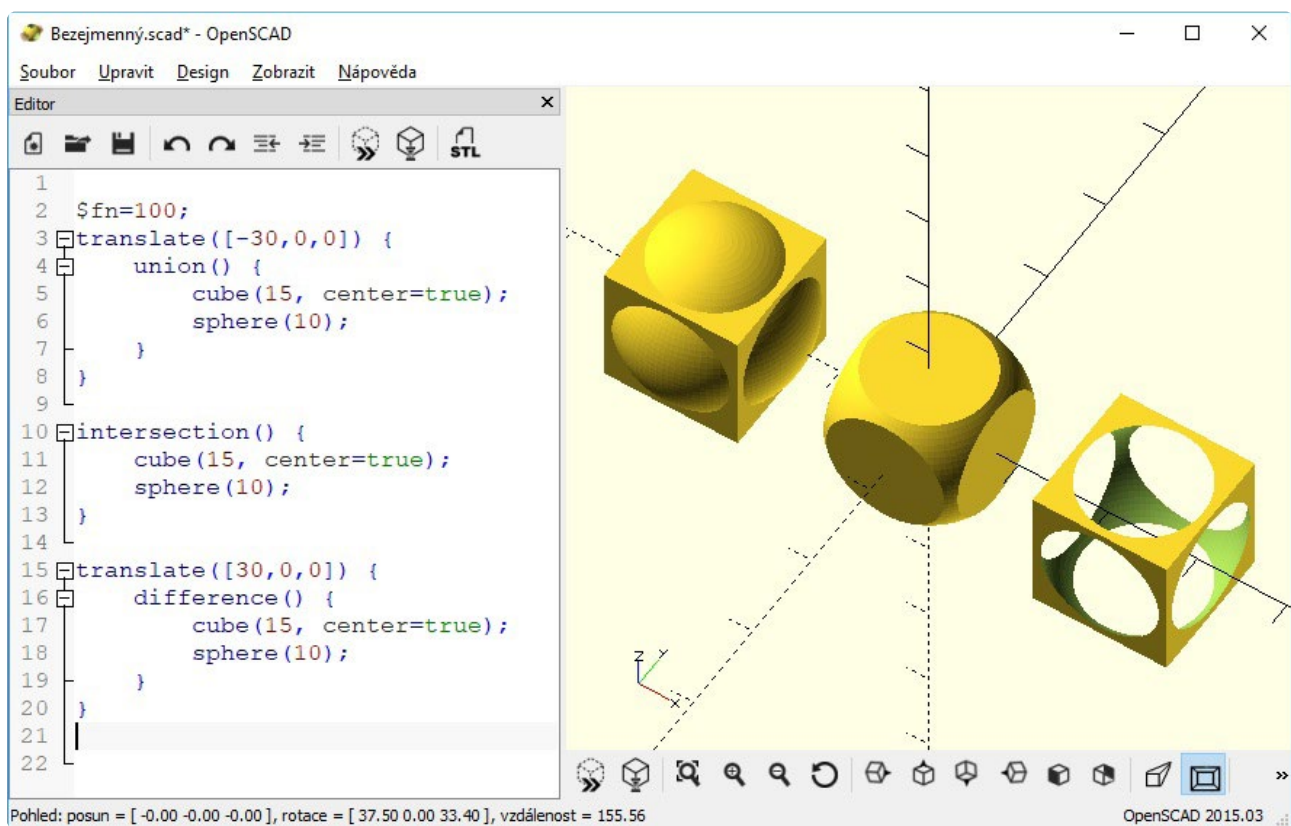
OpenSCAD

OpenSCAD jest projektem open-source dostępnym za darmo na www.openscad.org.

To oprogramowanie wymaga zupełnie innego podejścia do modelowania 3D – opiera się na pisaniu kodu. Interfejs użytkownika jest podzielony na dwie części. W lewej sekcji wpisuje się definicje modelu przez „programowanie” ich, a w prawej jest wyświetlany podgląd 3D. Aplikacja pracuje w oparciu o podstawowe kształty (kostka, wałek, kula...) i proste operacje logiczne jak scalanie, przecinanie czy przenikanie. Program ten pozwala jednak również na używanie zaawansowanych skryptów – możesz używać wyrażeń jak „if”, „while”, „for”, operatorów logicznych i innych. Jeśli masz w sobie więcej z programisty niż artysty, to warto spróbować OpenSCAD.

Rozpoczęcie przygody z tworzeniem modeli w OpenSCAD opisujemy szczegółowo na:

prusa.io/openscad.



Możesz również wypróbować poniższe aplikacje:

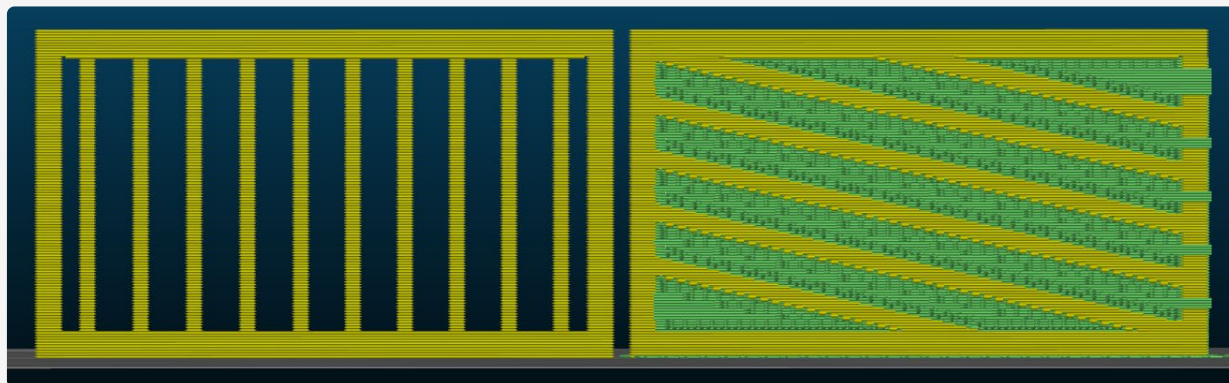
Microsoft 3D Builder
 Meshmixer
 Rhinoceros 3D
 FreeCAD
 Autodesk Inventor
 SolidWorks
 Autodesk AutoCAD
 SketchUp

Zasady, o których trzeba pamiętać przy projektowaniu

1. Postaraj się zminimalizować ilość podpór. Drukarki 3D nie mogą drukować w powietrzu, a i duże zwisy będą wymagać podpór. Aby zaoszczędzić czas, materiał i poprawić jakość powierzchni, postaraj się zaprojektować model tak, aby wymagał jak najmniejszej ilości podpór.

Spójrzmy na przykład – masz zaprojektować element ogrodzenia i od Ciebie zależy, jak będą wyglądały słupki. Na poniższych ilustracjach zobaczysz dwa podejścia do projektu ogrodzenia, jeśli chcesz je drukować pionowo. Najlepszym wyjściem będzie drukowanie go poziomo.

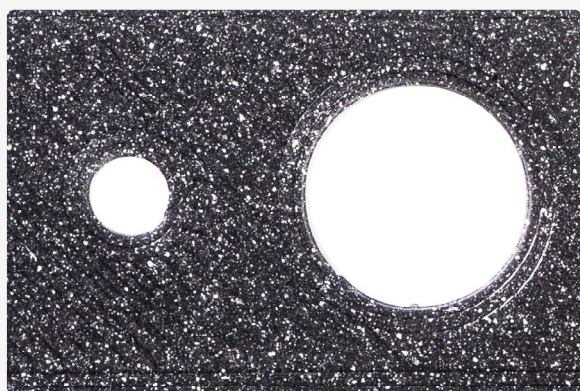
Podgląd modelu w PrusaSlicer – podpory mają zielony kolor, a model żółty.



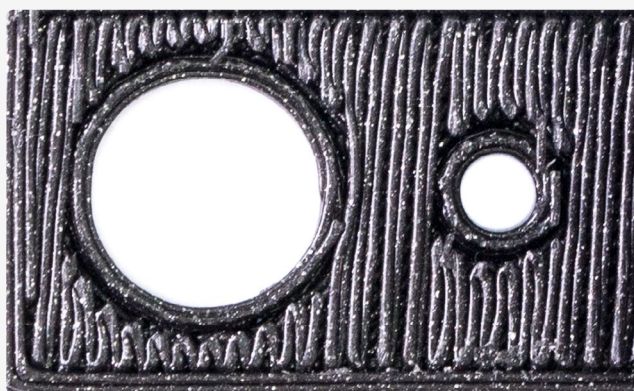
Możliwe jest wydrukowanie tego modelu bez podpór.

Podpory są wymagane do udanego wydruku tego modelu. Jednak usunięcie ich będzie problematyczne a powierzchnia pod nimi nie będzie idealnie gładka.

2. Zdecyduj o orientacji modelu na stole roboczym. Powierzchnie nad podporami nie będą tak gładkie, jak te umieszczone bezpośrednio na stole.



Powierzchnia drukowana bezpośrednio na stole jest idealnie płaska i gładka



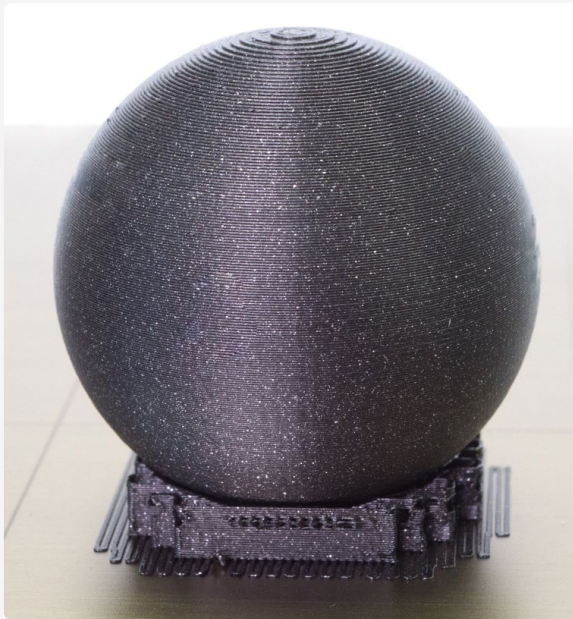
Powierzchnia drukowana nad podporami. Jest nierówna i chropowata. Jest to najgorszy przypadek, użyty do demonstracji. Ściany o mniejszym kącie zwisu wyglądają lepiej nawet z podporami.

SPRAWDŹ KURS W PRUSA ACADEMY!

Jest o wiele więcej do nauczenia się i odkrycia. Aby w pełni zagłębić się w tworzenie własnych modeli, zalecamy zapoznanie się z kursem Zasady projektowania części do druku 3D w sekcji Akademia na prusa3d.com.

- 3.** Wydruk będzie słabszy pomiędzy warstwami niż w kierunku prostopadłym do nich. Jeśli Twój model będzie poddawany jakimś naprężeniom, to warto mieć to na uwadze.
- 4.** Pomyśl o możliwości przecięcia modelu na kilka części, aby można było je optymalnie ułożyć na stole roboczym. Za przykład weźmy zwykłą kulę. Drukowanie jej w jednej części jest dość trudne, ponieważ jej powierzchnia przylegania do stołu będzie bardzo mała. Możesz dodać brim lub podpory, ale ucierpi na tym jakość powierzchni (zobacz ilustrację poniżej). Dobrym rozwiązaniem jest przecięcie jej na dwie części i sklejenie wydruków ze sobą.

Drukowanie kuli jako pojedynczego modelu. Warstwy na spodzie nie są idealne.

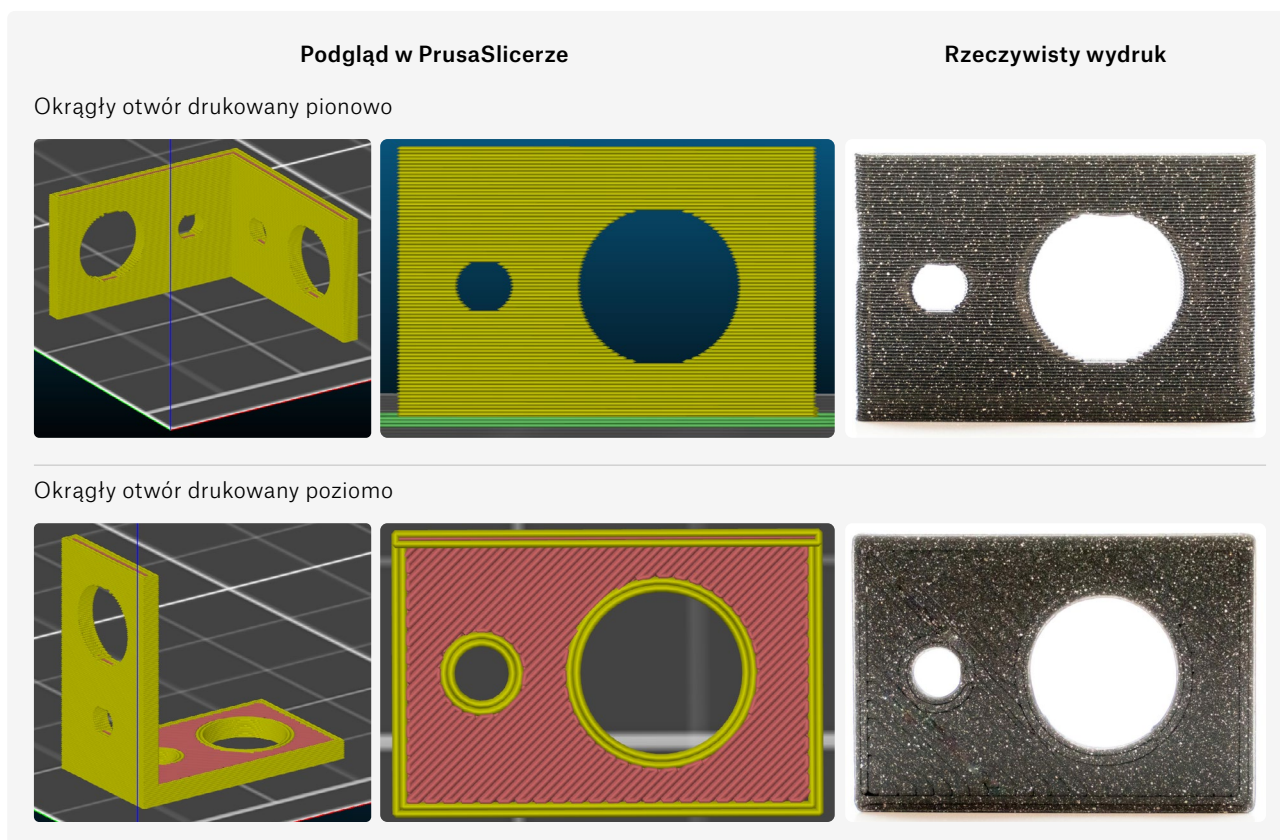


Drukowanie kuli przeciętej na dwie półkule, które zostaną sklejone po wydruku.



- 5.** Projektując części, które mają ze sobą współpracować, musisz wziąć pod uwagę tolerancje. Nie będziesz w stanie pasować ze sobą części z zerowymi tolerancjami. Znalezienie optymalnych wartości będzie prawdopodobnie wymagać kilku prób, ponieważ nie ma jednej, uniwersalnej – tolerancje zależą od rozmiaru modelu, kierunku jego ułożenia (pionowo/poziomo), kształtu części, kalibracji, ustawień, rodzaju materiału i innych czynników. Nie przejmuj się, jeśli nie będą idealne za pierwszym razem i po prostu przetestuj inne ustawienia – w końcu drukarki 3D są zaprojektowane, aby być świetnymi maszynami do szybkiego prototypowania, więc próbuj, aż osiągniesz najlepsze rezultaty.
- Krótki przykład: jeśli chcemy wsunąć pręt o średnicy 10 mm w rurę, to jej średnica powinna być większa o ok. 0,15 mm.

6. Okrągły otwór drukowany w pionie (tzn. na pionowej ścianie modelu) nie będzie idealnie okrągły. Lepszy rezultat osiągniesz drukując otwory poziomo, jak na poniższej ilustracji.



7. Szerokość jednego obrysu drukowanego dyszą 0,4 mm to ok 0,45 mm. Ma to wpływ na całkowitą grubość ścian modelu.

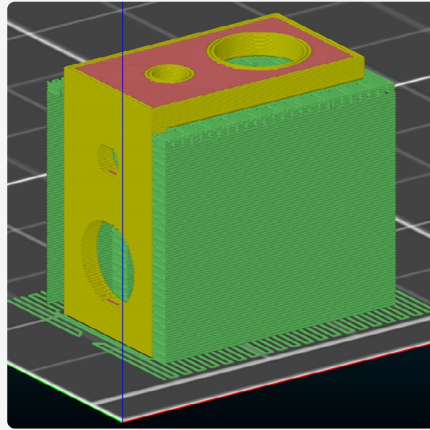
Grubość ścianki	Czy jest to możliwe do wydrukowania?
Mniej niż grubość jednego obrysu	✗
Jeden obrys	✓
Więcej niż grubość jednego obrysu, ale mniej niż dwóch	✗
Więcej niż podwójna grubość jednego obrysu	✓

Przykłady możliwej orientacji modelu i jej wpływ na końcowy wydruk.

Przyjrzyjmy się temu kątownikowi z otworami i temu, jak ułożenie modelu na stole wpływa na wygląd wydruku. Orientacja ma wpływ nie tylko na wygląd, ale również na wytrzymałość.

- ⊕ Strona drukowana równoległe do stołu będzie miała ładne, okrągłe otwory.
- ⊖ Zbyt gęste podpory skutkują zmarnowanym materiałem.
- ⊖ Niska wytrzymałość materiału w narożniku o kącie 90°.
- ⊖ Część drukowana pionowo będzie mieć tendencję do łamania się pomiędzy warstwami.
- ⊖ Część drukowana pionowo nie będzie mieć idealnie okrągłych otworów.
- ⊖ Część nad podporami będzie miała dość nierówną powierzchnię.

Podgląd w PrusaSlicerze

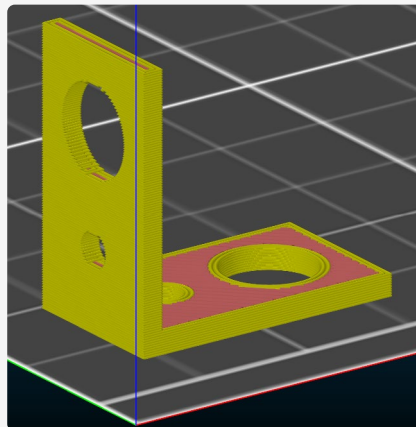


Wydrukowany model



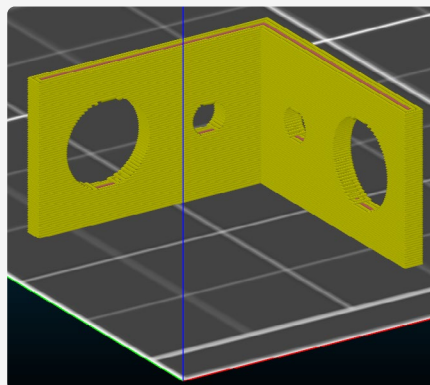
To nie jest optymalna orientacja tego modelu

- ⊕ Strona drukowana równoległe do stołu będzie miała ładne, okrągłe otwory.
- ⊕ Brak podpór.
- ⊖ Niska wytrzymałość materiału w narożniku o kącie 90°.
- ⊖ Część drukowana pionowo będzie mieć tendencję do łamania się pomiędzy warstwami.
- ⊖ Część drukowana pionowo nie będzie mieć idealnie okrągłych otworów.



To nie jest optymalna orientacja tego modelu

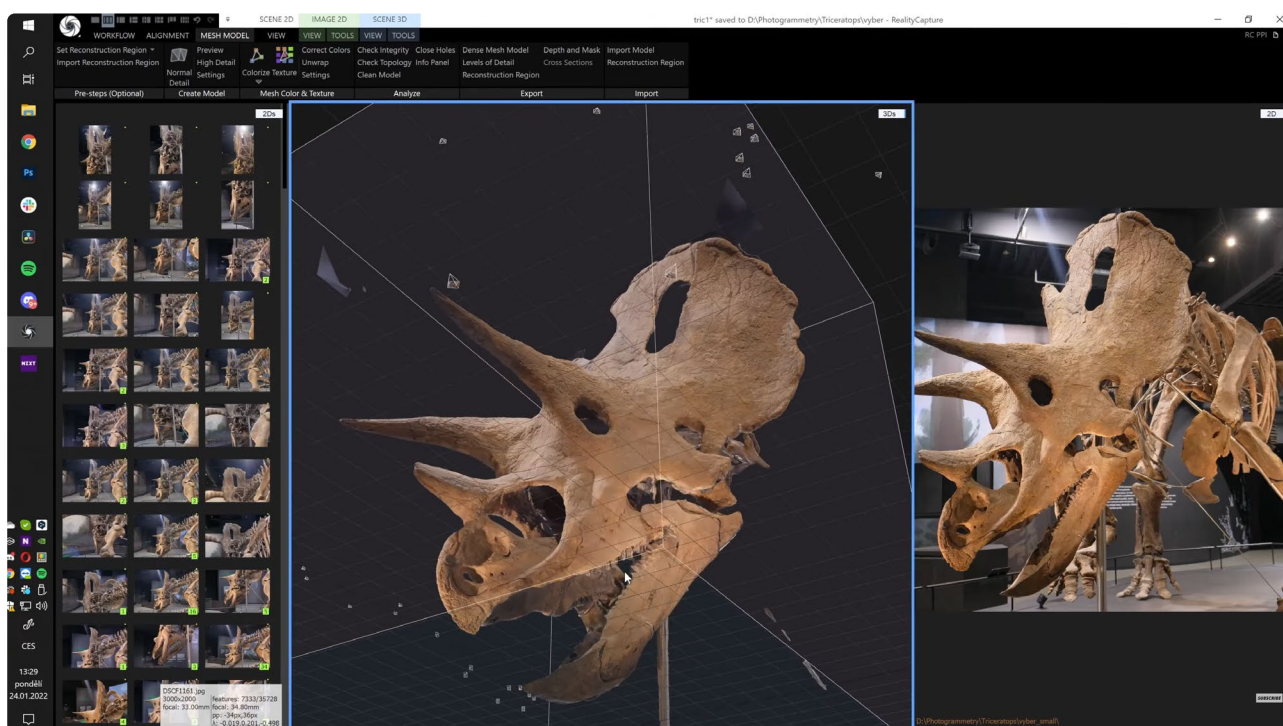
- ⊕ Najwyższa możliwa wytrzymałość materiału w narożniku o kącie 90°.
- ⊕ Brak podpór.
- ⊖ Otwory nie będą idealnie okrągłe.



To jest optymalna orientacja tego modelu

Skanowanie 3D oraz fotogrametria

Skanowanie 3D i fotogrametria to dwie popularne opcje tworzenia cyfrowego modelu z rzeczywistego przedmiotu. Skanery 3D są obecne na rynku już dość długo, ale ich wysoka cena sprawiała, że były nieosiągalne dla większości użytkowników. Dziś najtańsze skanery można kupić za 300 USD, podczas gdy te droższe spokojnie przekraczają pułap 10 000 USD. Tutaj pojawia się pole dla fotogrametrii. Jest technologią znacznie tańszą, jednak wymaga dodatkowej pracy – zasada jej działania opiera się na przetworzeniu w specjalnym oprogramowaniu dziesiątek, a nawet setek fotografii pojedynczego obiektu. Jej zaletą jest to, że możesz do tego użyć nawet aparatu w swoim smartfonie. Więcej o fotogrametrii dowiesz się na: prusa.io/photogrammetry.



Skaner 3D „Sense” firmy 3D Systems

Source: <https://3dprint.com/58221/3d-systems-sense-plus>

Wybór odpowiedniego materiału do druku

Często spotykanym, błędnym stwierdzeniem jest, że filamenty różnią się głównie kolorami.

W rzeczywistości istnieje wiele rodzajów filamentów ze zgoła odmiennymi właściwościami. Niektóre są łatwe w druku i pozwalają uwydatniać szczegóły modeli, ale ich wytrzymałość temperaturowa jest niska (np. PLA), ale na drugim biegunie mamy do wyboru inny materiał (ABS).

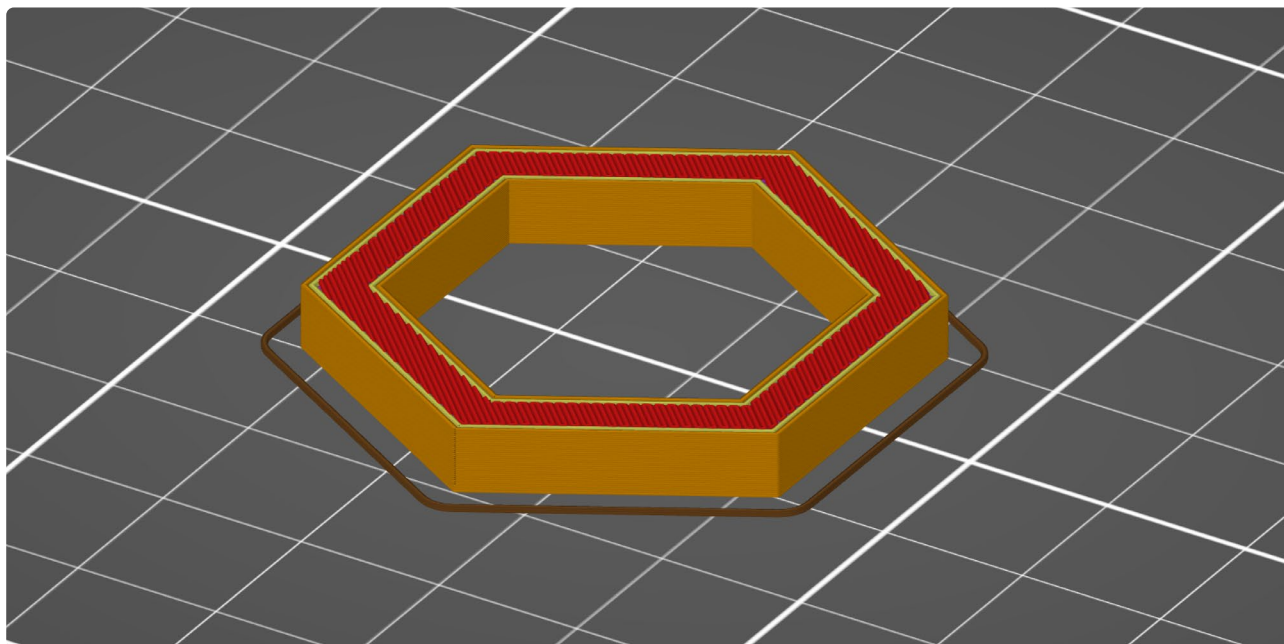


Więcej o materiałach do druku dowiedz się w rozdziale zatytułowanym „Filamenty”.

Cięcie

Cięcie jest procesem przetwarzania modelu 3D w kod maszynowy zwany G-code, przy pomocy oprogramowania zwanego „slicerem” (z ang. „slice” – cięcie). Najpopularniejszymi slicerami są Slic3r PE (i jego następca, PrusaSlicer 2.0), Simplify3D i Cura. Danymi wejściowymi do wygenerowania pliku G-code jest nie tylko sam model, ale również wiele ustawień. Wpływają one na proces druku w zróżnicowany sposób – np. na jakość wykończenia powierzchni, szczegółowość modelu czy czas druku. Możliwe jest również modyfikowanie samych modeli, np. skalowanie, obracanie czy przecinanie oraz inne. W slicerze możesz również ustawiać modele na wirtualnym stole roboczym. Oprogramowanie jest równie ważne jak sprzęt, co oznacza, że właściwe ustawienia cięcia są kluczowe dla dobrego wydruku.

Dostępnych jest wiele slicerów, a każdy z nich ma swoje zalety i wady. Większość z nich jest darmowa. Początkujący powinni zaczynać od slicerów, które oferują gotowe, przetestowane ustawienia cięcia dla swoich drukarek. Dopiero po porządnym zapoznaniu się z działającymi ustawieniami warto przejść do innego oprogramowania czy eksperymentowania z parametrami. Prawie każdy większy producent drukarek 3D ma własny slicer przystosowany do produkowanego przez siebie sprzętu. Przyjrzyjmy się trzem slicerom używanym najczęściej przez użytkowników drukarek Original Prusa.



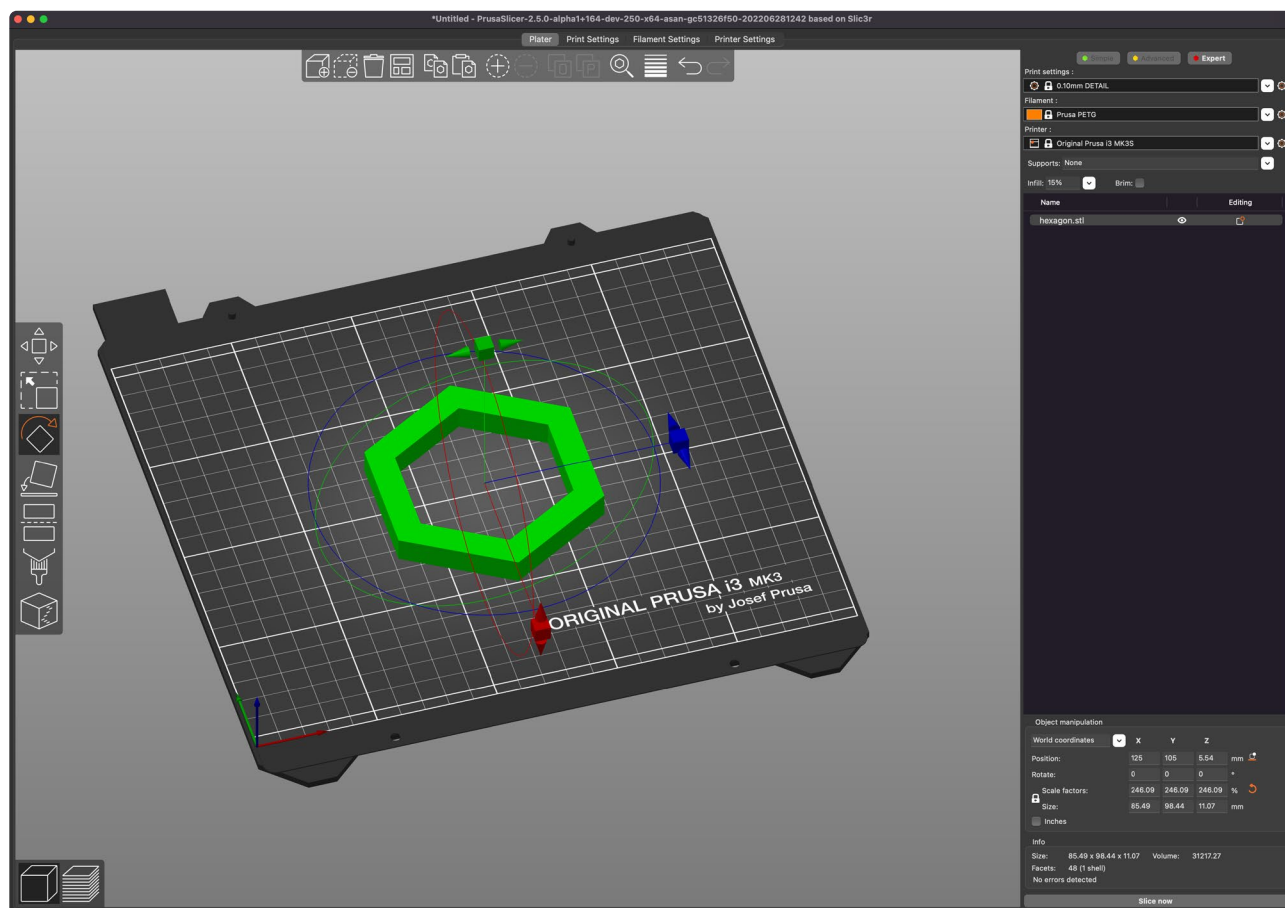
PrusaSlicer

PrusaSlicer bazuje na, a raczej jest „forkiem” projektu open-source o nazwie Slic3r. PrusaSlicer jest naszym domyślnym slicerem i jest również dostarczany z w naszej paczce ze sterownikami i oprogramowaniem. Zawiera wiele ulepszeń i optymalizacji dla produktów Prusa Research, w tym profile dla druku wielomateriałowego i drukarek 3D innych firm. Zawiera również ogromną bazę przetestowanych ustawień dla różnych rodzajów materiałów. Jest doskonałym wyborem dla każdego użytkownika drukarki 3D Original Prusa.

Cechy:

Darmowy i z otwartym źródłem.

- ➔ Zawiera ponad 300 przetestowanych profili dla różnych filamentów, od najbardziej popularnych do egzotycznych (jak np. Woodfill i wiele innych). Profile druku są na bieżąco aktualizowane.
- ➔ Wbudowane narzędzie do aktualizacji firmware drukarek 3D Original Prusa.
- ➔ Obsługa druku Multi-Material.
- ➔ Integracja z Octoprint.
- ➔ Mnóstwo ustawień druku, wliczając w to specjalne modyfikatory działające w zdefiniowanym obszarze.
- ➔ Podgląd pociętego modelu warstwa po warstwie.
- ➔ Ustawienie zmiennej wysokości warstwy.
- ➔ Obsługa drukarek 3D SLA.
- ➔ Generowanie podpór w formie drzewa.
- ➔ Obsługa drukarek 3D innych producentów.



Simplify3D

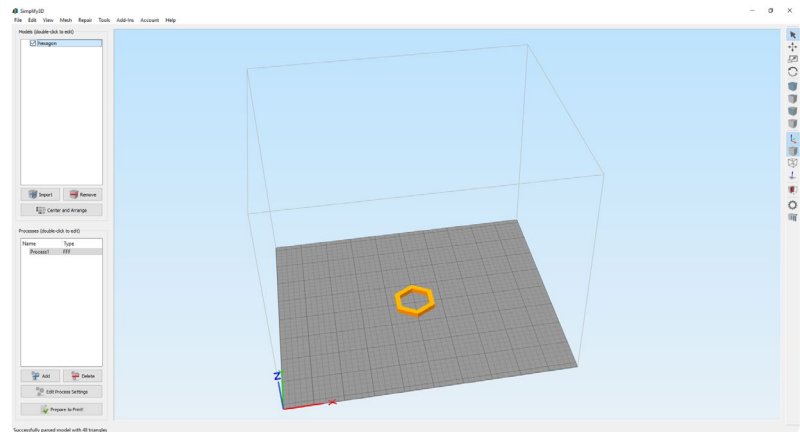
Simplify3D jest oprogramowaniem do cięcia rozwijanym niezależnie – nie jest związane z żadnym producentem sprzętu ani konkretnym modelem. Zawiera profile dla setek różnych drukarek 3D. Jest to szczególnie przydatne, jeśli masz kilka drukarek, od więcej niż jednego producenta, ponieważ nie musisz własnoręcznie tworzyć zestawów ustawień.

Cechy:

Płatny.

- ➞ Realistyczna symulacja ruchów ekstrudera w trybie podglądu.
- ➞ Podgląd pociętego modelu 3D w formacie G-code.
- ➞ Automatycznie generowane podpory z możliwością modyfikacji przez użytkownika.
- ➞ Mnogość ustawień druku.
- ➞ Modyfikatory ustawień

działające w zdefiniowanym obszarze, możliwość zmiany ustawień dla pojedynczych modeli.



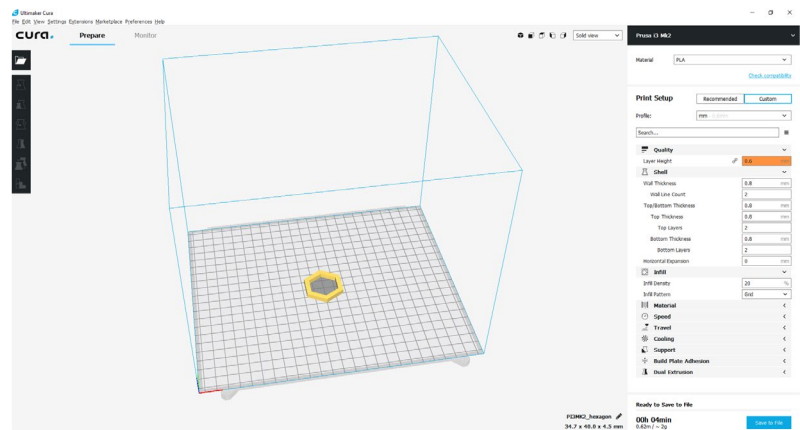
Cura

Cura jest oprogramowaniem do cięcia rozwijanym przez producenta drukarek 3D Ultimaker. Jest najpopularniejszym wyborem wśród użytkowników drukarek tej marki. Ma on jednak wiele profili również dla innych maszyn.

Cechy:

Darmowy i z otwartym źródłem.

- ➞ Prosty, przyjazny dla początkujących interfejs, który oferuje jednak zaawansowane ustawienia.
- ➞ Zoptymalizowane profile dla oficjalnych materiałów i drukarek 3D Ultimaker.
- ➞ Możliwość zmiany ustawień dla pojedynczych modeli pozwalająca na umieszczenie na stole kilku i nadanie każdemu innych parametrów druku.
- ➞ Podgląd pociętego modelu 3D w formacie G-code.
- ➞ Wyświetlanie szczegółowego podsumowania czasu wydruku z podziałem na sekcje (obrysy, podpory, wypełnienie i inne).



Slicer - podstawowe ustawienia

Temperatury dyszy i podgrzewanego stołu – każdy producent filamentu określa optymalny zakres temperatur dla produkowanego przez siebie materiału. Warto trzymać się zalecanych wartości. Zmiana temperatury druku wpływa na finalny wygląd wydruku. Temperatury dyszy zazwyczaj oscylują w zakresie odpowiednio od 200 °C do 240 °C (392 °F do 464 °F) oraz 60 °C do 100 °C (140 °F do 212 °F).

Wysokość warstwy – nazywana czasami „rozdzielczością w osi Z” ma bardzo duży wpływ zarówno na czas druku, jak i wygląd powierzchni wydrukowanego modelu. Wyższe wartości skutkują niższym czasem druku i bardziej widocznymi warstwami. Jest to szczególnie widoczne na powierzchniach o kątach bliskich równoległości do stołu. W większości przypadków warstwa o wysokości 0,15-0,20 mm jest wystarczająca. Niższe wartości spowodują zwiększenie szczegółowości wydruku (i mniej widoczne warstwy), ale również wydłużenie czasu druku. PrusaSlicer ma funkcję zmiennej wysokości warstw – oznacza to, że możesz wybrać, które części obiektu będą miały niższe warstwy (drobne detale lub pochyle powierzchnie), a które mogą mieć wyższe warstwy. W zależności od geometrii, możesz zaoszczędzić sporo czasu drukowania, używając funkcji zmiennej wysokości warstwy i pozwalając PrusaSlicerowi na obliczenie optymalnej wysokości dla różnych części modelu – np. proste pionowe boki będą drukowane ze zwiększoną wysokością warstwy, podczas gdy zaokrąglone krawędzie będą gładziej przy użyciu niższej wysokości warstwy. Kliknij przycisk Zmienna wysokość warstwy, aby otworzyć menu, a następnie dostosuj suwaki i zobacz wynik, klikając przycisk „Adaptacyjny”.

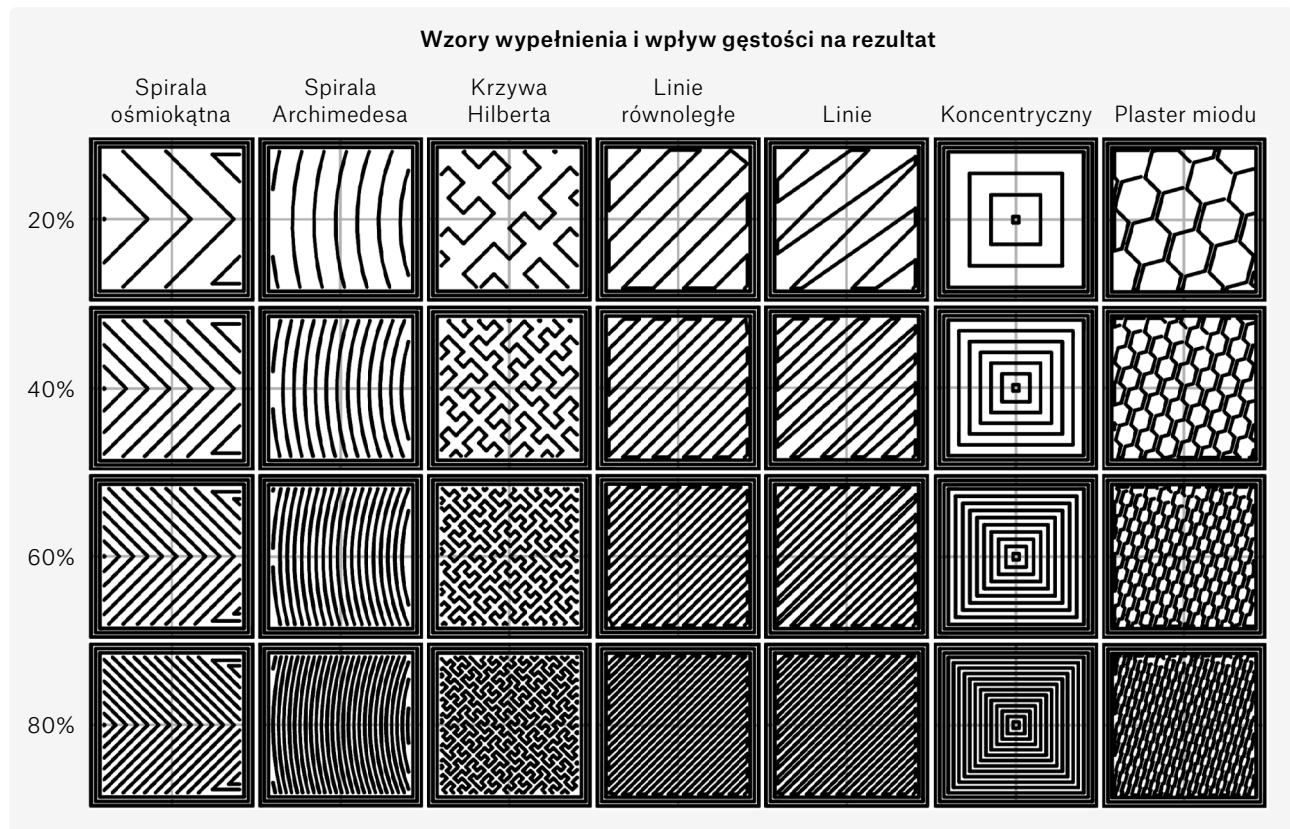
Jak wysokość warstwy wpływa na powierzchnię wydruku



Powłoki pionowe / obrysy – to jest zewnętrzna ściana modelu, czyli ustawiając Powłokę pionową ustawiamy ilość obrysów, z których będzie się składać. Jej grubość możemy policzyć z grubsza mnożąc liczbę obrysów razy średnicę dyszy. Więcej o obrysach dowiesz się z prusa.io/perimeters.

Powłoki poziome / zwarte warstwy – używane do ustawienia liczby dolnych i górnych warstw modelu, które będą kompletnie zwarte (100% wypełnienia).

Wypełnienie – wpływa na czas wydruku, wytrzymałość modelu oraz zużycie filamentu. Wypełnienie (ang. „infill”) jest ustawione procentowo, gdzie 0% to puste wnętrze wydruku. Zazwyczaj używane jest 10-20%. Możliwy jest również wybór wzoru wypełnienia (zobacz ilustrację poniżej).



Podpory – struktury przypominające rusztowanie, które wspierają zwisy oraz elementy drukowane w powietrzu. Są zaprojektowane tak, aby można było je łatwo usunąć, jednak zostawiają pewne ślady na wydruku. Naszym celem jest zminimalizowanie lub nawet wyeliminowanie ich użycia przez obrócenie modelu lub zaprojektowanie go w ten sposób. Mniej podpór to krótszy czas druku i lepszy wygląd modelu. W tej kwestii ogromnie pomogło wprowadzenie podpór organicznych – znacznie ulepszonych typu podpór, który naśladuje wzrost drzew. Podpory organiczne pozwalają na szybsze drukowanie i mniejsze straty filamentu przy jednoczesnym zachowaniu kontaktu ze zwisem.

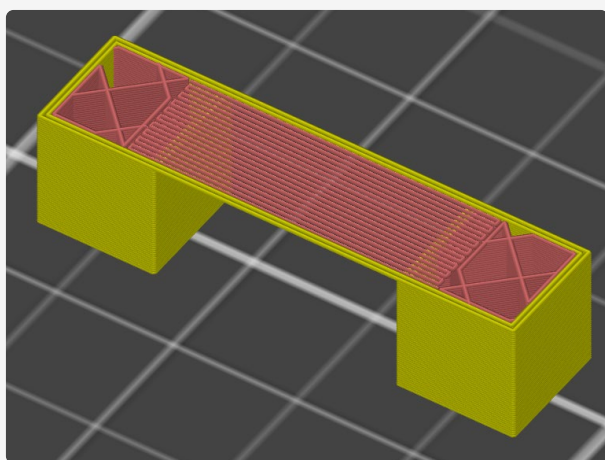


Mosty – drukowanie mostów to jedyny przypadek, w którym drukarka 3D jest w stanie drukować w powietrzu bez warstwy podpierającej. Jest to jednak wyjątkowy przypadek, ponieważ ekstruder rozpościera nitkę wytłaczanego plastiku w prostej linii pomiędzy dwoma punktami podparcia. Oznacza to również, że most musi być równoległy do stołu roboczego. Maksymalna długość mostu jest określona możliwościami chłodzenia Twojej drukarki.

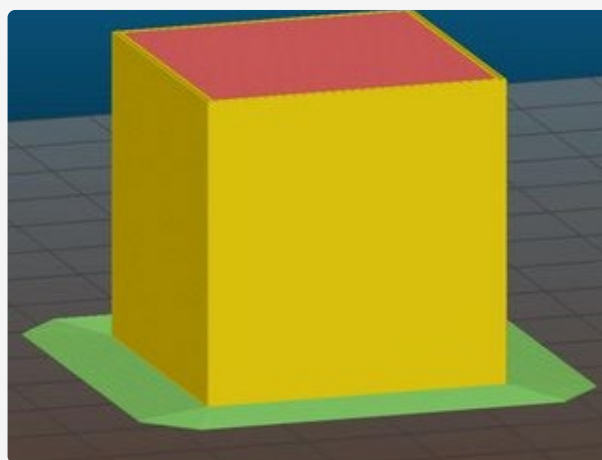
Brim (obramowanie) – służy zwiększeniu adhezji drukowanego modelu do stołu roboczego, np. podczas drukowania małych/cienkich obiektów i wtedy zalecane jest jego włączenie. Jest to dodatkowa płaska warstwa, która zapobiega podwijaniu/odklejaniu się wydruku. Może zostać łatwo usunięta po zakończeniu druku.

Skirt – to drukowany obrys wokół wszystkich modeli na stole. Jest on drukowany na początku, przed wszystkimi obiektami, a jego celem jest głównie stabilizacja przepływu filamentu przez dyszę. Skirt jest również przydatny do weryfikacji przyczepności pierwszej warstwy do płyty. Ponieważ jest on drukowany przed modelami, można szybko dostosować Live Z, jeśli zauważysz, że pierwsza warstwa nie przylega prawidłowo lub jest zbyt ściśnięta przez dyszę.

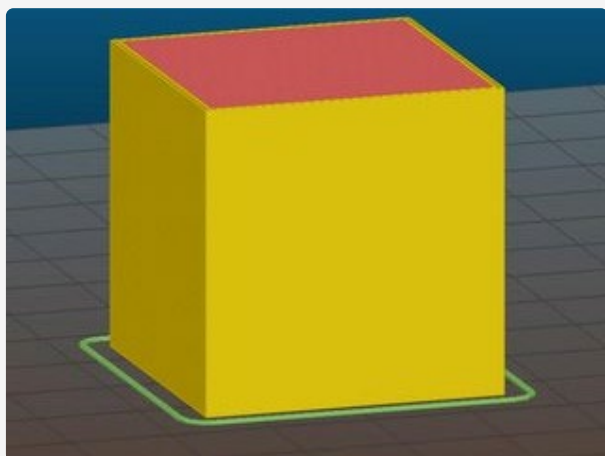
Raft – specjalny rodzaj podpór, które podnoszą cały drukowany model ponad platformę roboczą. Jest używany głównie podczas druku z ABS, ponieważ zapobiega wygnaniu i podnoszeniu wydruku ze stołu.



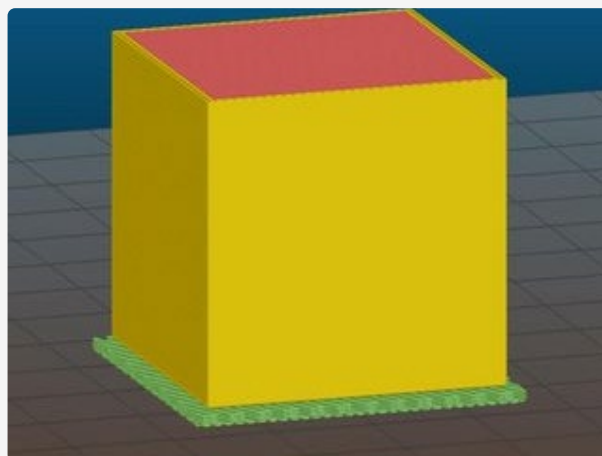
Mosty



Brim (obramowanie)



Skirt



Raft

Chłodzenie – zalecane jest schładzanie drukowanego modelu – szczególnie, jeśli jest to cienka i wysoka struktura, która nie ma czasu na samoczynne schłodzenie się, ponieważ ekstruder pozostaje w jednym miejscu przez dłuższy czas.

Ustawienia zaawansowane

Aplikacje do cięcia oferują całą gamę innych parametrów, które możesz zmieniać i dopasowywać: prędkość obrysów, mostów, wypełnienia i wiele innych. Te ustawienia są zazwyczaj wprowadzone fabrycznie, więc nie ma potrzeby ich zmiany.

Więcej o cięciu przeczytasz w naszym artykule na prusa.io/prusaslicer.

Przygotowanie powierzchni druku



Przygotowanie powierzchni druku jest kluczowe dla powodzenia wydruku. Jeśli drukarka nie jest prawidłowo skalibrowana, a powierzchnia nie pozwala na dobrą przyczepność, to wydruk się nie powiedzie. Za każdym razem sprawdzaj, czy pierwsza warstwa dobrze przykleiła się do powierzchni stołu.

Rozwój drukarek 3D przyniósł wiele rodzajów powierzchni druku. Kiedyś do wyboru były stoły ze szkła lub lustra bez dodatkowego grzania. Aby zwiększyć przyczepność, używano był sok z ABS (fragmenty ABS rozpuszczone w acetonie). Innymi opcjami była taśma kaptonowa lub klej do papieru (Kores). Sprawiało to również, że praca z drukarką powodowała pewien bałagan. Potem wynaleziona została folia PEI – i wszystko się zmieniło. Powierzchnię PEI znajdziesz na wszystkich drukarkach 3D Original Prusa i3 zaczynając od wersji MK2. Ten rodzaj powierzchni nie wymaga długiego i skomplikowanego przygotowania – wystarczy dbać o to, żeby była czysta i odtłuszczona. Jest kompatybilna z wieloma materiałami a jedyną sytuacją, w której potrzebujesz kleju Kores to drukowanie z PET. W tym przypadku klej posłuży jako separator, ponieważ adhezja PET do PEI może być zbyt silna, co utrudnia ściągnięcie wydruku ze stołu.

Obecnie dostępnych jest wiele różnych płyt stołu do drukarek 3D Original Prusa oferujących różne właściwości, co czyni je idealnymi do druku specyficznych materiałów. Niektóre z nich mogą nawet wpływać na wizualny aspekt wydruku – teksturowana płyta powlekana proszkowo przenosi swoją chropowatość na spód wydruku.

Rozpoczęcie drukowania

Rozpoczęcie drukowania oznacza przesłanie wygenerowanego G-code do drukarki 3D. Przejrzyjmy dostępne opcje.

Drukarka 3D potrzebuje ciągłego dostępu do sekwencyjnych instrukcji G-code przez cały czas trwania wydruku, dlatego zalecamy korzystanie z karty SD lub pamięci USB.

Nowoczesne drukarki 3D, podobnie jak większość urządzeń, obsługują Wi-Fi, LAN i zdalne inicjowanie drukowania. Jednak tradycyjne metody, takie jak karty SD i połączenia USB, pozostaną z nami przez jakiś czas, przynajmniej ze względu na ich niezawodność i łatwość użycia, nawet w środowiskach offline lub zamkniętych lub ograniczonych sieciach.

Dodatkowe opcje zdalnego zarządzania drukarkami obejmują Prusa Connect lub OctoPrint. Platformy te poszerzają możliwości kontrolowania i zarządzania drukiem 3D z interfejsu przeglądarki internetowej.

Obróbka gotowego wydruku

Wydruki 3D są zazwyczaj możliwe do użycia zaraz po zakończeniu drukowania – dotyczy to głównie części funkcjonalnych. Jeśli masz dodatkowe wymagania dotyczące wykończenia powierzchni lub ogólnego wyglądu, to musisz przygotować wydruk przy pomocy różnych narzędzi. Jest to nazywane obróbką (ang. „post-processing”).

Na obróbkę składa się wiele technik, materiałów, narzędzi i czynności, których celem jest sprawienie, że powierzchnia będzie gładka, kolorowa i ogólnie lepiej wyglądająca. Modele wykonane z plastiku mogą być szlifowane (używanie elektronarzędzi zazwyczaj powoduje uszkodzenie modelu przez zbyt wysoką temperaturę spowodowaną nadmiernym tarcie), wygładzane szpachlą, laminowane, malowane przy pomocy farb akrylowych lub sprayów... Dodawanie kolejnych powłok może jednak sprawiać, że szczegóły będą zanikać.



Więcej o obróbce wydruków dowiesz się z naszego artykułu na: prusa.io/postprocessing.

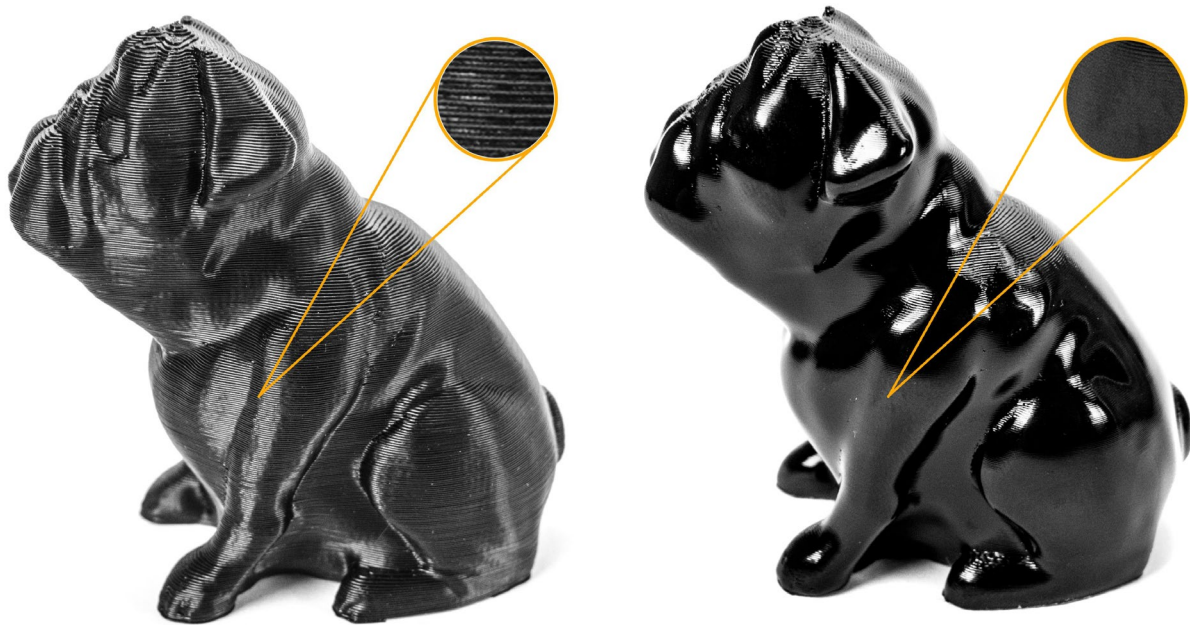


Klejenie i wygładzanie wydruków przy użyciu acetonu

ABS i ASA są materiałami rozpuszczalnymi w acetonie. Może być on również używany do sklejania ze sobą wydruków: posmaruj odrobiną acetonu powierzchnie, które chcesz ze sobą złączyć i dociśnij do siebie.

Aceton może być również używany do wygładzania powierzchni wydrukowanych modeli. Możesz zanurzyć wydruk w acetonie na krótką chwilę (5-10 sekund) lub też zamknąć go w szczelnym pojemniku z odrobiną acetonu na dnie – wydruk nie powinien dotykać pojemnika, a opary wygładzą powierzchnię po jakimś czasie.

Wygładzenie powierzchni prowadzi do utraty niektórych drobnych szczegółów.



UWAGA!

Aceton jest lotny i łatwopalny – dobrze wentyluj pomieszczenie podczas jego używania. Używaj ochronnych rękawiczek i okularów.

Więcej wskazówek:

- ➞ Tzw. „nitkowanie” (ang. „stringing” – cienkie nitki na powierzchni) może być z łatwością usunięte przy pomocy opalarki – operuj nią jednak bardzo krótko, aby nie zdeformować modelu przez zbytne nagrzanie.
- ➞ Materiały takie jak PLA i PETG mogą być klejone ze sobą przy pomocy dobrego kleju cyjanoakrylowego. Możesz użyć aktywatora, aby przyspieszyć sklejenie.



PLA jest materiałem rozpuszczalnym w chloroformie (trójchlorometan). Nie nadaje się on jednak do wygładzania wydruków (np. jak w przypadku acetonu i wydruku z ABS), ponieważ wżera się w powierzchnię. Chloroform może być używany jako klej do łączenia części, ale popularny klej cyjanoakrylowy (tzw. „super-glue”) jest dużo lepszym rozwiązaniem. Chloroform jest substancją niebezpieczną i powinno się nim posługiwać z ostrożnością, w dobrze wentylowanym pomieszczeniu.



FILAMENTY

Wraz ze wzrostem popularności drukarek 3D producenci filamentów wprowadzają nowe kolory lub filamenty o specjalnych właściwościach. Obecna gama dostępnych materiałów jest całkiem szeroka a Ty masz w czym wybierać: łatwo drukujące się i bardzo popularne PLA, uniwersalny PETG do druku części mechanicznych, bardzo mocny i odporny na wysokie temperatury poliwęglan z włóknem węglowym (PC CF), materiały kompozytowe imitujące wygląd drewna lub brązu, filamenty „świejące w ciemności”, miękkie filamenty elastyczne i wiele innych.

Każdy z nich wymaga własnych ustawień druku, co oznacza również, że ten sam rodzaj materiału od innych producentów może wymagać innych temperatur drukowania. Występują nawet różnice pomiędzy filamentami tego samego typu od tego samego producenta, ale o innych kolorach (np. czerwony i niebieski PLA).

Aby osiągnąć najwyższą możliwą jakość druku, podążaj za rekomendacjami producenta filamentu dotyczącymi temperatur druku. Mamy w PrusaSlicerze profile dla większości obsługiwanych filamentów. Tylko w przypadku, gdy wydruki mają widoczne problemy, możesz zacząć dostosowywać profil materiału w ustawieniach PrusaSlicera – dotyczy to temperatur, prędkości wentylatora, prędkości drukowania, przepływu filamentu, retrakcji i innych ustawień.

Najczęściej używanymi filamentami są PLA, PETG i ASA. Wyjaśnimy różnice pomiędzy nimi oraz wskażemy sytuacje, w których sprawdzają się najlepiej. Ale na rynku są również inne interesujące materiały – jest ich tak wiele, że najlepszą metodą zdobycia informacji o nich jest odwiedzenie naszej Bazy Wiedzy z przewodnikiem po materiałach lub stron producentów materiałów.

Jeśli stawiasz swoje pierwsze kroki w druku 3D, to najważniejszym, od czego trzeba zacząć to zaznajomienie się z „podstawowymi” filamentami i przykładami ich wykorzystania. Najbardziej przyjazne użytkownikowi jest PLA. Weźmy ten filament jako pierwszy w naszym przewodniku i porównajmy go z innymi, popularnymi materiałami.



PLA

PLA jest prawdopodobnie najczęściej używanym filamentem.

Jest ku temu kilka powodów:

- ⇒ Jest łatwy w druku. Co to właściwie oznacza? Ładne ogólne wykończenie powierzchni oraz akceptowalna powierzchnia nad podporami i w miejscu dużych zwisów. Dobry do druku małych i szczegółowych modeli. Nie wydziela nieprzyjemnego zapachu podczas pracy.
- ⇒ Ma niską rozszerzalność cieplną w porównaniu do innych materiałów. Nie podwija się i dobrze przylega do powierzchni druku. Z tych powodów nadaje się również do druku dużych modeli.
- ⇒ PLA jest dostępny w wielu kolorach.
- ⇒ Jest również jednym z tańszych materiałów.

Po co nam więc inne materiały?

- ⇒ PLA jest twardy i kruchy. Ma tendencję do pękania na drobne kawałki pod obciążeniem.
- ⇒ PLA ma również niską odporność temperaturową – zaczyna mięknąć w okolicach 60 °C, co sprawia, że nie jest najlepszym wyborem do druku elementów takich jak np. samochodowy uchwyt do telefonu.
- ⇒ W porównaniu do reszty popularnych filamentów, PLA ma najgorszą odporność na warunki atmosferyczne.

W tych trzech sytuacjach lepiej sprawdzi się PETG lub ASA.



PETG, ASA, PC (poliwęglan)

Każdy z tych trzech materiałów jest bardziej elastyczny od PLA, co oznacza, że będzie wykazywał zdolności do nieznacznego uginania się pod obciążeniem i nie pęknie od razu. Na skali od najłatwiejszego do najtrudniejszego w druku, PETG plasuje się pomiędzy PLA i ASA/PC. Problemem przy ASA i ABS jest ich rozszerzalność cieplna. Materiały te mają tendencję do wyginania się i podwijania, co powoduje odklejanie się wydruków od stołu – jest to szczególnie zauważalne przy dużych modelach, co czyni je trudniejszymi do wydrukowania. ASA i ABS wydzielają również bardzo wyraźny zapach podczas drukowania, dużo silniejszy niż PETG i PLA. PETG w porównaniu z PLA ma bardziej błyszczące wykończenie powierzchni oraz tendencję do pozostawiania nitek na wydruku podczas ruchów ekstrudera.

Do czego nadaje się ASA / PC i jakie są między nimi różnice?

ABS był pierwszym ogólnodostępnym materiałem do druku 3D, jednak wraz z ewolucją przemysłu pojawiły się nowe i lepsze materiały. ASA jest postrzegany jako następca ABS. Większość ich właściwości jest taka sama, ale ASA ma kilka korzyści. Jest przede wszystkim odporny na promieniowanie ultrafioletowe i ma niższą rozszerzalność cieplną, co sprawia, że jest łatwiejszy w druku (w porównaniu do ABS).

ASA i poliwęglan są ogólnie uważane za materiały techniczne. ASA jest uważany za następcę ABS, pierwszego powszechnie dostępnego materiału do druku 3D.

ASA jest materiałem odpornym na promieniowanie UV oraz na działanie wysokich temperatur i ma nieco niższą rozszerzalność cieplną, co ułatwia drukowanie. Najpopularniejszą cechą ASA jest to, że można go wygładzać za pomocą oparów acetonu.

Poliwęglan (PC) jest nieco trudniejszy w druku, ale charakteryzuje się dużą odpornością mechaniczną i chemiczną oraz sprawdza się znacznie lepiej w drukowaniu części odpornych mechanicznie i termicznie niż PETG i ASA.

Opisaliśmy tym samym PLA, PETG, ASA i PC – są one wartymi wyboru materiałami do ogólnego drukowania. Możesz jednak wymagać czegoś więcej. Przyjrzyjmy się niektórym rzadziej używanym materiałom, które oferują interesujące właściwości – kryje się jednak za nimi wyższa cena.



FLEX (TPU/TPE/TPEE)

Materiały elastyczne (często nazywane „flex”) są dużą grupą materiałów o właściwościach podobnych do gumy – nie łamią się podczas zginania. Są one produkowane w wielu poziomach twardości. Czym bardziej miękkie (łatwiej uginające się), tym trudniejsze w druku. Filamenty elastyczne nadają się np. do druku kół do modeli zdalnie sterowanych, obudów na smartfony czy tulei gumowych. Pamiętaj jednak, że wydruki nie oferują takiej samej przyczepności jak guma – krótko mówiąc, w szybkich samochodach zdalnie sterowanych lepiej sprawdzą się opony kupione w sklepie.



Materiały kompozytowe

Materiały kompozytowe, np. wypełnione drewnem/metalem/węglem, składają się objętościowo głównie z tworzywa sztucznego (nośnika) i zmieszanego z nim materiału dodatkowego. Filamenty te są jednak zwykle wypełnione materiałami poprawiającymi ich właściwości mechaniczne lub estetyczne. Najpopularniejsze materiały kompozytowe są wypełnione włóknami węglowymi, ale można je również znaleźć domieszkowane włóknami szklanymi, kevlarowymi itp. Włókna te pomagają filamentom uzyskać doskonałą stabilność wymiarową bez wypaczania, zwiększoną odporność na temperaturę, na ścieranie itp. (patrz nasz Prusament PC Blend Carbon Fiber). Materiały te są jednak zazwyczaj droższe i wymagają utwardzanej dyszy.



Bronzefill i inne kompozyty metalowe



Polerowany Bronzefill

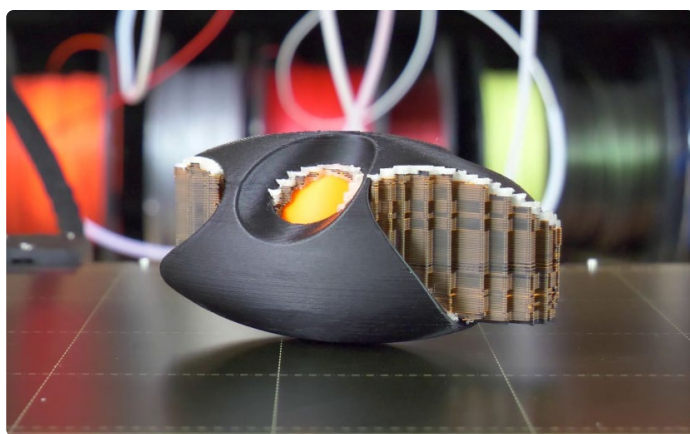
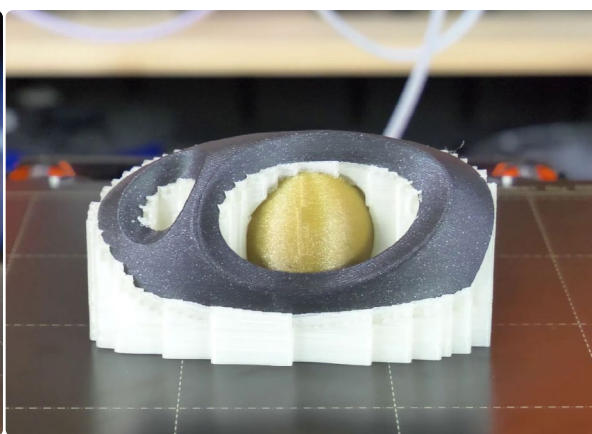
PVA i BVOH do podpór rozpuszczalnych

Najlepszą praktyką podczas drukowania jest obrócenie modelu tak, aby zminimalizować ilość podpór. Czasami jest to jednak niemożliwe. W większości przypadków podpory są drukowane z tego samego materiału, co reszta modelu i odrywane po zakończeniu druku. Na powierzchni nad podporami często możemy odnaleźć pozostałości oderwanego materiału, a warstwy mogą być bardziej widoczne niż w innych miejscach.

Istnieją drukarki 3D, które mogą drukować z dwóch lub więcej materiałów jednocześnie (np. nasze drukarki 3D Original Prusa z Multi Material Upgrade 3 lub Original Prusa XL z wieloma głowicami, co otwiera możliwość użycia innego materiału podporowego. Tutaj do gry wkraczają materiały rozpuszczalne, takie jak PVA i BVOH. Dzięki nim nie jest wymagane ustawienie odstępu warstwy ponad podporami od samych podpór (ustawienie to jest przydatne przy usuwaniu standardowych struktur wspierających). Te materiały są jednak droższe od zwykle używanych filamentów. Jest możliwe zmniejszenie zużycia filamentu rozpuszczalnego przez użycie go tylko na warstwie łączącej podpory z modelem (ang. „interface layers” – jest to kilka warstw pomiędzy podporami a modelem).

BVOH i PVA działają najlepiej z PLA, głównie ze względu na podobne temperatury druku. Obydwa te filamenty są rozpuszczalne w wodzie.

HIPS jest materiałem podporowym rozpuszczalnym w D-limonenie (Lemonessolu) lub acetonie i najlepiej sprawdza się w połączeniu z PETG.



Inne materiały

PP – ma wyższą wytrzymałość temperaturową od ABS i PLA. Jest również odporny chemicznie, elastyczny, ale ma problemy z przyleganiem do powierzchni druku.

Nylon – odporny i wytrzymały materiał z doskonałą przyczepnością warstw. Nylon jest odporny na ścieranie, więc nadaje się do druku części mechanicznych, ale jest również higroskopijny (wchłania wilgoć z otoczenia), co ma negatywny wpływ na wydruk.

PVB – łatwy w druku materiał z temperaturami podobnymi do PLA, dobry do wygładzania powierzchni za pomocą alkoholu izopropylowego. PVB ma dobry wygląd i przezroczystość, ale gorsze właściwości mechaniczne i odporność na temperaturę.

The image shows a Prusa XL 3D printer in operation. A large, detailed Iron Man helmet is being printed on the build platform. The printer's frame is visible, with various components like the extruder and filament spools. The text "ORIGINAL PRUSA XL" is visible on the printer's frame. The entire image has a monochromatic orange tint.

WIELOKOLOROWY DRUK 3D

Na razie opisaliśmy tylko jednokolorowy druk 3D. Oczywistym pytaniem jest to o możliwości drukowania wieloma kolorami na raz. Jasne, że możemy to robić! Jest nawet więcej niż jedna opcja. Obecnie używane metody mają swoje wady i zalety, więc przyjrzyjmy się im.



Jaka jest różnica pomiędzy wydrukami o wielu kolorach a wydrukami o pełnej gamie kolorów?

W naszym przypadku wydruk wielokolorowy oznacza użycie od dwóch do pięciu kolorów. Drukarki 3D obsługujące pełną gamę barw mogą stworzyć dowolny odcień, ponieważ mieszają kolory z palety CMYKW.

Najłatwiejszą drogą do osiągnięcia wydruku wielokolorowego jest ręczna zmiana filamentu podczas drukowania. Dzięki temu możesz stworzyć np. logotyp lub oryginalną wizytówkę.

- ⊕ Nie wymaga modyfikacji Twojej drukarki 3D.
- ⊕ Nie powoduje odpadów materiałowych.
- ⊖ Zmiana filamentu musi być wykonywana ręcznie.
- ⊖ Możliwa jest tylko jedna zmiana koloru na jednej warstwie – nie jest możliwe wrzucenie większej ilości kolorów.



Jeśli opisaną wyżej metodę rozwinimy trochę bardziej, to otrzymamy aktualizację Original Prusa Multi Material Upgrade 3S lub Mosaic Palette. Ich zadaniem jest automatyczna zmiana filamentu, nawet kilka razy na jednej warstwie.

- ⊕ Pozwala na kilka zmian filamentu na jednej warstwie.
- ⊕ Używa oryginalnego (lub lekko zmodyfikowanego), pojedynczego ekstrudera – nie musisz kalibrować kilku osobnych.
- ⊖ Powoduje odpad materiałowy – podczas zmiany filamentu drukarka musi „wyczyścić” resztki poprzedniego materiału z dyszy.
- ⊖ Obsługuje tylko do 5 kolorów.
- ⊖ Nie jest możliwe mieszanie kolorów, aby tworzyć nowe barwy.



Druk pełną gamą kolorów może być osiągnięty przez mieszanie filamentów bezpośrednio w ekstruderze. Zasada jest podobna do drukarek atramentowych, jedyną różnicą jest zastąpienie tuszu filamentem. Drukarka 3D potrzebuje jednak więcej niż tylko filamentów z gamy CMYK – potrzebny jest również kolor biały (W).

- ⊕ 4-5 filamentów wystarczy do stworzenia w pełni kolorowego wydruku.
- ⊕ Nasycone barwy.
- ⊖ Sporo materiału odpadowego.
- ⊖ Do uzyskania odpowiednich barw konieczne są „kalibrowane” filamenty CMYKW.

Możesz również uzyskać wydruk w pełnej gamie barw dzięki maszynie, która jest połączeniem drukarki 3D ze zwykłą (atramentową). Drukarka atramentowa miesza barwy CMYK, aby otrzymać pożądany odcień, który jest następnie nakładany na biały filament.

- ⊕ Możliwe jest uzyskanie dowolnej barwy.
- ⊕ Wystarczy jeden filament.
- ⊕ Brak materiału odpadowego.
- ⊖ Nie jest możliwe uzyskanie w pełni nasyconych kolorów.



WIELOMATERIAŁOWY DRUK 3D

Możliwość druku wielokolorowego to jedno, ale łączenie różnych materiałów w jednym wydruku to zupełnie inna para kaloszy. Daje Ci możliwość tworzenia części lub drukowania modeli z łatwo oddzielanymi podporami albo rozpuszczalnymi w wodzie.

Istnieją jednak pewne ograniczenia: łączenie materiałów zależy od ich właściwości mechanicznych i termicznych. To zadanie dla doświadczonych projektantów i drukarek z wieloma głowicami, takich jak Original Prusa XL ze zmieniającą narzędzi. Dzięki pięciu niezależnym głowicom, może ona drukować do pięciu różnych materiałów jednocześnie przy minimalnej lub zerowej ilości odpadów.

Na przykład ten wytrzymały futerał do przenoszenia mikrofonu jest wykonany z PETG, PLA i TPU.

- ⊕ Pozwala na używanie różnych materiałów w unikalnych projektach.
- ⊕ Idealny do części funkcjonalnych wykorzystujących materiały o różnych właściwościach.
- ⊕ Pozwala tworzyć skomplikowane projekty z różnymi materiałami podporowymi.
- ⊕ Atrakcyjne wizualnie i szczegółowe projekty.
- ⊕ Minimalna ilość odpadów filamentu lub ich brak.
- ⊖ Może być kosztowny ze względu na konieczność użycia specjalistycznych drukarek i materiałów.
- ⊖ Obsługa i kalibracja są bardziej złożone.
- ⊖ Ograniczona kompatybilność materiałów ze względu na różne właściwości.
- ⊖ Wiąże się z potrzebą opanowania obsługi i jest mniej przyjazny dla początkujących.
- ⊖ Może generować odpady filamentu.



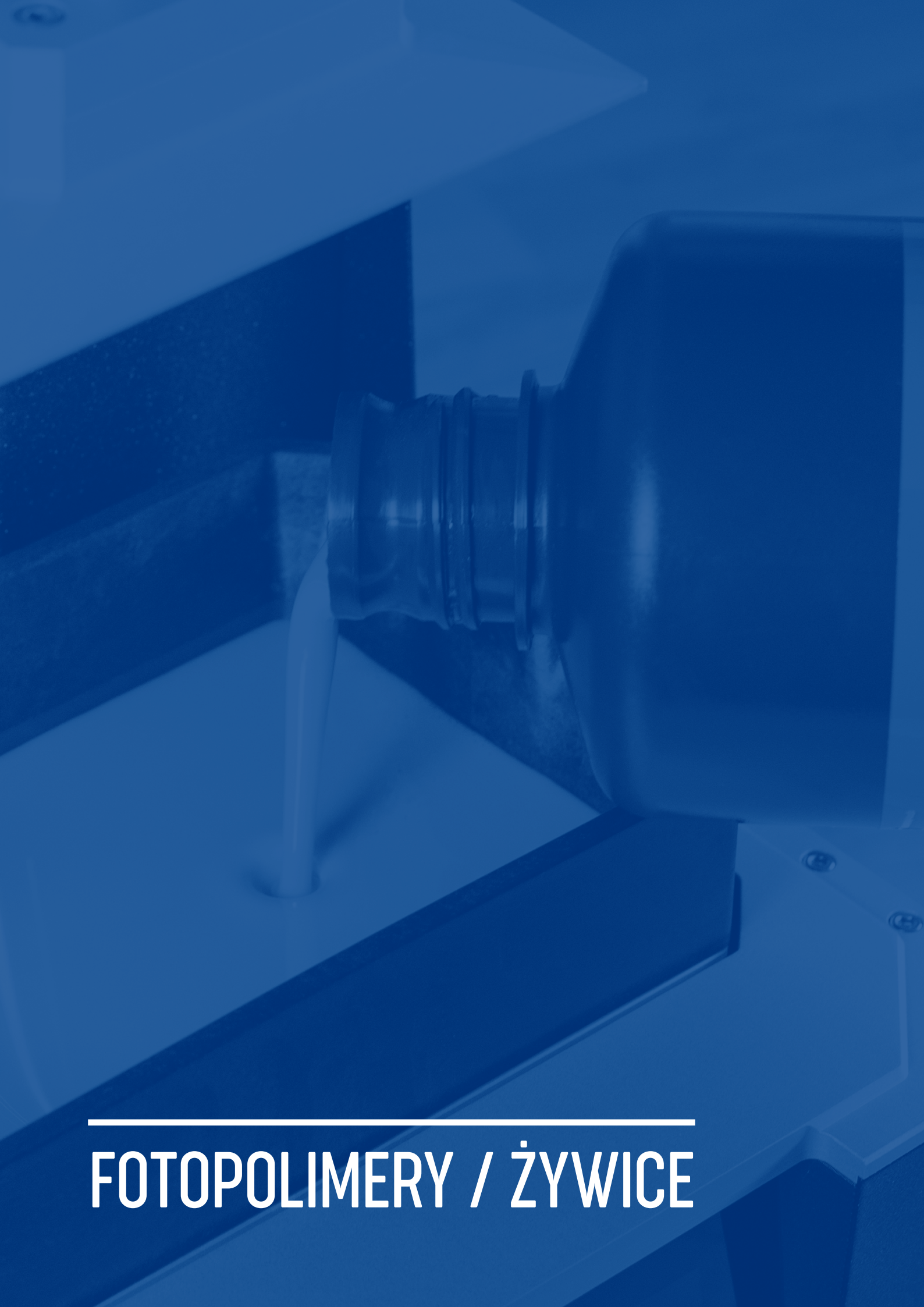
Druk wielokolorowy umożliwia tworzenie barwnych modeli i eliminuje malowanie oraz inne etapy postprodukcji, jednak ma dwie istotne wady: dłuższe drukowanie i odpady. Drukarka 3D z pojedynczą dyszą musi usunąć pozostałości materiału podczas zmiany na nowy, co odbywa się przez przepuszczenie jego większej ilości przez dyszę, aby „wypłukać” pozostałości. Dlatego też rozwiązania do kolorowego druku 3D, jak Original Prusa MMU3, potrzebują wież czyszczących lub podobnych struktur, które oczyszczają ekstruder między zmianami kolorów. Inne drukarki 3D po prostu wyrzucają resztki bezpośrednio na stół. Obie te metody są źródłem plastikowych odpadów, choć ta druga tworzy ich znacznie więcej.

Jest kilka sposobów zmniejszenia ilości odpadów: używanie drukarki 3D ze zmieniającą narzędzi może ograniczyć je do zera. Inne metody to zaawansowane opcje PrusaSlicera – np. czyszczenie filamentu bezpośrednio na wypełnieniu. To rozwiązanie zmniejsza zużycie materiału poprzez ograniczenie ilości, który trafiłby do wieży czyszczącej. Inne wysiłki mające na celu zmniejszenie ilości odpadów w druku 3D wykraczają poza optymalizację samych urządzeń i filamentu: na przykład przemysłowe projektowanie, minimalizujące podpory i odpowiednia orientacja wydruku.



Zrównoważony rozwój w Prusa Research

Nieustannie wdrażamy działania zmniejszające nasz ślad węglowy: szpule Prusamentu są wykonane z plastiku z recyklingu, produkujemy również filamenty z odzysku i wykorzystujemy odpady plastikowe do tworzenia eksperymentalnych wydruków. Nieustannie wdrażamy również środki korzystne dla naszych klientów i środowiska, takie jak lepsze opakowania oraz współpraca z przewoźnikami ograniczającymi emisję. Nasze drukarki można modernizować i naprawiać bez ograniczeń. Sprawdź nasze postępy na dedykowanej stronie na Prusa3d.com.



FOTOPOLIMERY / ŻYWICE

Z żywice (zwane również fotopolimerami lub żywicami światłoczułymi/żywicami UV) są materiałami do drukarek 3D typu SLA. Żywice są płynami utwardzanymi przez naświetlanie ich światłem ultrafioletowym. Zazwyczaj są dużo droższe od filamentów, ale ich ceny mogą również różnić się ze względu na ich właściwości. Najtańsze żywice kosztują ok 30 USD za litr, podczas gdy zaawansowane materiały mogą kosztować 400 dolarów za litr. Są to zazwyczaj żywice stomatologiczne lub odlewnicze. Żywice Prusament Resin kosztują około 320 PLN i oferują dobry stosunek ceny do jakości. Generalnie rzecz biorąc, wydruki z SLA są mniej trwałe od wydruków z FFF. Z drugiej strony nie łamią się one wzdłuż warstw – zamiast tego kruszą się podobnie do szkła.

Żywice składają się zazwyczaj z trzech podstawowych komponentów:

- ➔ **Materiał bazowy** (monomery lub oligomery)
- ➔ **Fotoinicjatory** – molekuły reagujące na światło UV, które inicjują proces utwardzania
- ➔ **Dodatki** – domieszki, które zmieniają kolor lub właściwości żywicy.

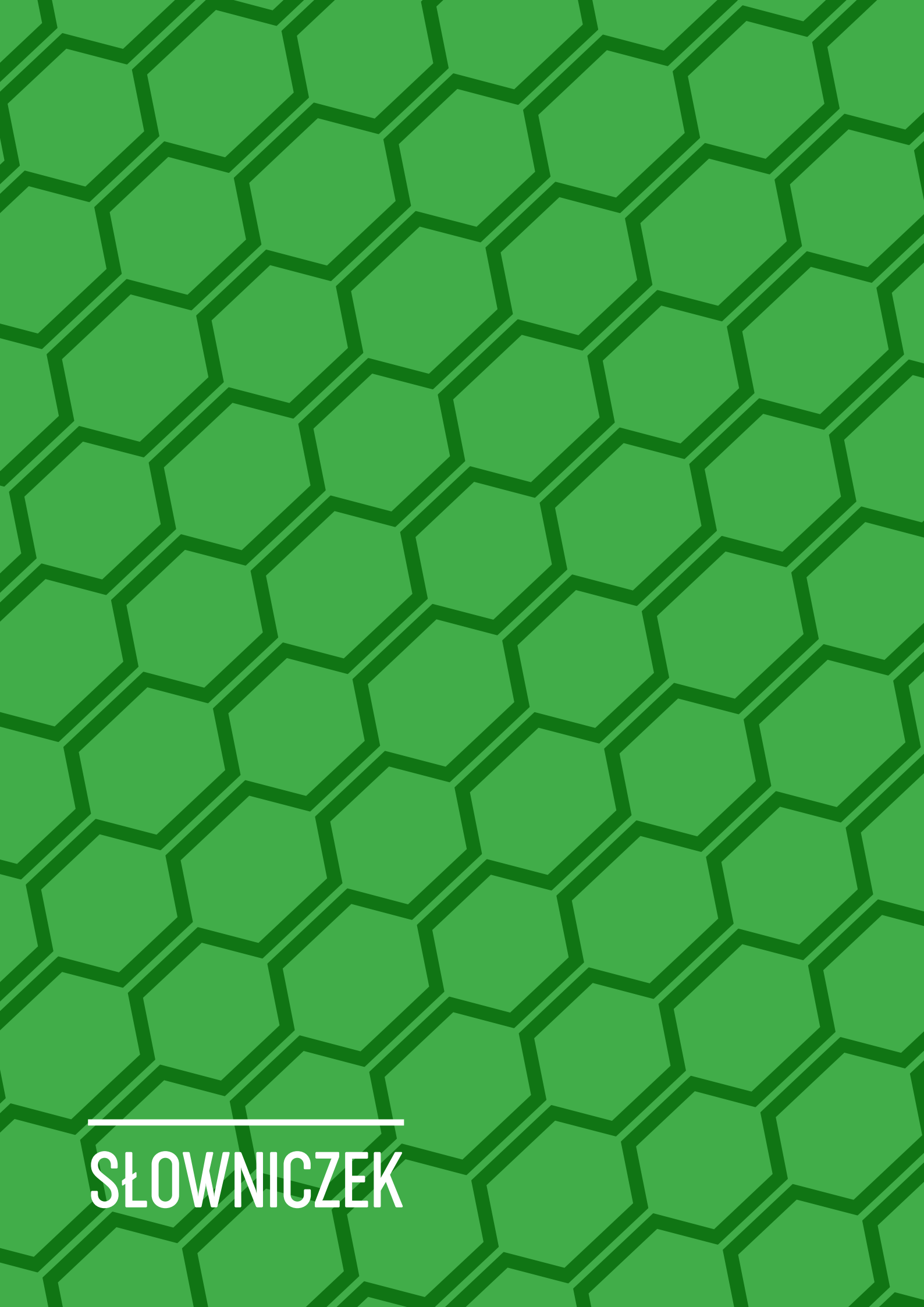


Kupując żywice, zawsze upewnij się, przy jakiej długości fali zachodzi proces ich utwardzania, aby były kompatybilne z Twoją drukarką 3D. Nasze SL1 i SL1S SPEED współpracują ze standardowymi żywicami 405 nm.

Żywice różnią się tylko przez użycie dodatków i barwników. Typowym parametrem, na który mogą wpływać dodatki, jest stopień twardości i wytrzymałości. Poniższa tabela przedstawia najpopularniejsze rodzaje żywic wraz z ich zaletami i wadami.

Rodzaj materiału	Właściwości
Standardowa żywica	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Gładka powierzchnia, duża szczegółowość ⊖ Krucha ⊖ Nie nadaje się do części mechanicznych
Żywica transparentna	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Może być praktycznie przezroczysta dzięki obróbce ⊖ Półprzezroczysta
Żywica do odlewów	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Bardzo szczegółowa ⊕ Świetna do przygotowania form odlewniczych ⊕ Mało lub brak pozostałości po wypaleniu żywicy
Żywice twarde i odporne	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Podobne do materiałów typu ABS i PP ⊕ Częściowo elastyczne ⊕ Nadają się do części mechanicznych ⊖ Mają niską odporność na wysokie temperatury
Żywice odporne na temperatury	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Odporne na wysokie temperatury ⊕ Używane do form wtryskowych ⊖ Drogie
Żywice biokompatybilne	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Nietoksyczne ⊕ Nadają się do wytwarzania implantów stomatologicznych ⊕ Odporne na ścieranie ⊖ Drogie
Żywice elastyczne	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Miękki materiał, wysoka szczegółowość ⊕ Wysoka niezawodność druku i niska lepkość ⊖ Ograniczona deformacja ⊖ Nie nadaje się do recyklingu

Pamiętaj, że płynne żywice są toksyczne. Podczas pracy z nimi należy zawsze używać sprzętu ochronnego, takiego jak rękawice i okulary. Warto wiedzieć, że na rynku dostępne są żywice zawierające różne ilości toksycznych substancji. Zalecamy zapoznanie się z kartą charakterystyki przed ich użyciem. Czasami żywice wydzielają nieprzyjemny zapach i niektórzy uważają, że może on być szkodliwy dla zdrowia. Niestety, nie ma konkretnej korelacji między nieprzyjemnym zapachem a toksycznością. Istnieją bezpieczne chemikalia o nieprzyjemnym zapachu i niebezpieczne o nieprzyjemnym zapachu. Niektórzy dostawcy sprzedają żywice o słabym zapachu, ale ponownie, każda szkodliwa substancja powinna znaleźć się w karcie charakterystyki.



SŁOWNICZEK

W poniższej tabeli znajdziesz najczęściej używane pojęcia oraz ich objaśnienia.

Pojęcie	Opis i objaśnienie
AMF/3MF (plik)	Format plików używany w oprogramowaniu do cięcia, który zapisuje całą zawartość stołu (modele, ich rozmieszczenie oraz ustawienia druku).
FDM / FFF	Technologia druku 3D, zwanego również obróbką przyrostową. Włókno filamentu jest wsuwane do ekstrudera, podgrzewane, topione i wytłaczane. Drukarka ma części mechaniczne poruszające się w trzech osiach, co pozwala jej drukować trójwymiarowe obiekty.
G-code	Plik zawierający listę komend dla drukarki 3D.
OBJ (plik)	Jeden z formatów plików wspierany przez oprogramowanie do cięcia (podobny do STL).
PEI	Folia, którą pokrywana jest powierzchnia stołu roboczego – zapewnia dobrą przyczepność i jest łatwa w obsłudze.
RepRap	RepRap jest pierwszym projektem drukarki 3D o otwartym źródle („open-source”). Został rozpoczęty przez Adriana Bowyer’a na Uniwersytecie w Bath. Projekt jest teraz w rękach społeczności skupionej wokół druku 3D – czyli setek deweloperów i dziesiątek tysięcy użytkowników.
Żywica	Płynny materiał używany do druku w drukarkach 3D typu SLA. Nazywany również fotopolimerem, ponieważ proces utwardzania jest inicjowany przez światło ultrafioletowe.
SLA / DLP	Technologie druku 3D oparte na utwardzaniu płynnej żywicy przy pomocy światła UV.
SLS	Technologia druku 3D oparta na spiekaniu proszków przy użyciu lasera.
STL (plik)	Jeden z formatów plików obsługiwany przez slicery. Określa zestaw punktów (wierzchołków) w przestrzeni 3D, które tworzą krawędzie i wielokąty. Jest to najczęściej spotykany format pliku w druku 3D.
Stół / podgrzewany stół	Powierzchnia robocza drukarki, zazwyczaj z grzałką zwiększającą adhezję filamentu do stołu.
Drukowanie mostów	Ang. „bridging”. Jedyny przypadek, w którym drukarka może drukować w powietrzu bez struktur podporowych, jednak jest przypadkiem szczególnym – most to prosta linia pomiędzy dwoma punktami położonymi na tej samej wysokości w osi Z. Oznacza to, że most musi być równoległy do stołu.

Brim (obramowanie)	Dodatkowy materiał drukowany wokół podstawy modelu, zwiększający jego przyczepność do stołu – szczególnie przydatny przy drukowaniu małych modeli.
Ekstruder	Głowica drukująca. Zazwyczaj składa się z hotendu, mechanizmu podającego filament i wentylatora.
Filament	Materiał używany podczas druku w drukarkach typu FFF/FDM.
Firmware	Oprogramowanie układowe sterujące drukarką 3D.
Bariera cieplna	Zwana również łącznikiem lub gardzielą. Część hotendu w kształcie rurki, która ogranicza przenikanie ciepła z bloku grzejnego do radiatora.
Blok grzejny	Dolna część hotendu wykonana z materiałów dobrze przewodzących ciepło. W bloku grzejnym znajduje się dysza, grzałka i termistor.
Grzałka	Element, który podgrzewa blok grzejny wraz z dyszą.
Hotend	Część ekstrudera, która odpowiada za topienie filamentu.
Wypełnienie	Parametr modelu, który określa gęstość wewnętrznych struktur gotowego wydruku. 100% oznacza zwartą, litą bryłę. Zazwyczaj używa się gęstości w przedziale 10-20%. To ustawienie ma znaczący wpływ na czas druku i ilość użytego materiału.
Warstwa	Jedna warstwa wydruku stworzona w procesie cięcia modelu. Zalecana wysokość warstwy nie powinna przekraczać 0,75 średnicy dyszy. To ustawienie ma znaczący wpływ na czas druku. Czym mniejsza wysokość warstwy, tym bardziej szczegółowy w osi Z będzie wydruk.
Siatka	Sposób odwzorowania modelu 3D. Zestaw wielokątów, krawędzi i powierzchni w trójwymiarowym, kartezjańskim układzie współrzędnych.
Dysza	Część drukarki 3D używana do wytłaczania stopionego plastiku. Jej średnica ma wpływ na jakość i czas druku. Więcej o dyszach dowiesz się na: prusa.io/nozzles .
Nadmierna ekstruzja	Ang. „overextrusion”. Problem w druku 3D – wytłaczanie zbyt dużej ilości materiału przez dyszę, co skutkuje nierówną powierzchnią drukowanego obiektu.
Obrys	Zewnętrzna „ściana” drukowanego modelu. Slicery mają opcję zmiany ilości obrysów. Grubość jednego obrysu jest definiowana średnicą dyszy – dla standardowej dyszy 0,4 mm grubość jednego obrysu to 0,45 mm. Liczba obrysów ma znaczący wpływ na czas druku.

Tratwa	Ang. „raft” – częściej używane określenie. Rodzaj struktur podporowych, które są drukowane pod całą pierwszą warstwą drukowanego modelu.
Retrakcja	Wycofanie filamentu z dyszy podczas ruchu jałowego ekstrudera. Dzięki temu topiony plastik nie wycieka z dyszy na drukowany model. Nieprawidłowe ustawienia retrakcji są często przyczyną powstawania nitek na wydruku (zobacz „nitkowanie”).
Skirt	Linia wokół drukowanego modelu, zazwyczaj wysoka na kilka warstw. Tworzy swojego rodzaju „mikroklimat” wokół wydruku, zmniejszając ryzyko jego wyginania, podwijania i pęknięcia. Może być również używany do sprawdzenia kalibracji wysokości pierwszej warstwy przed wydrukiem
Slicer	Oprogramowanie do konwersji (cięcia) modelu 3D na kod maszynowy „zrozumiały” dla drukarki 3D (G-code). Na rynku jest ich sporo – niektóre są darmowe, niektóre płatne. Przykładami slicerów są PrusaSlicer, Cura, Simplify3D i inne. Slicer nie jest narzędziem do tworzenia modeli.
Cięcie	Proces konwersji modelu 3D na kod maszynowy „zrozumiały” dla drukarki 3D. W tym procesie model jest „cięty” na cienkie poziome warstwy o zdefiniowanej wysokości, a dla ekstrudera tworzone są instrukcje.
Nitkowanie	Ang. „stringing”. Niepożądany efekt pozostawiania cienkich nitek plastiku na wydruku (mogą przypominać pajęczynę). W walce z tym pomagają zazwyczaj prawidłowe ustawienie retrakcji.
Podpory	Ang. „supports”, zwane również często „supportami”. Struktury przypominające rusztowanie, używane podczas drukowania skomplikowanych modeli z dużymi zwisami lub pod elementami wiszącymi w powietrzu. Podpory są drukowane ze specjalnymi ustawieniami, więc zazwyczaj są łatwe do usunięcia po zakończeniu druku. Podpory drukowane w technologii FFF/FDM zazwyczaj zostawiają ślady na powierzchni.
Termistor	Czujnik temperatury. Używany do weryfikacji i korekcji temperatur hotendu i podgrzewanego stołu.
Niedostateczna ekstruzja	Ang. „underextrusion”. Problem w druku 3D – wytłaczanie zbyt małej ilości materiału przez dyszę, co skutkuje brakiem materiału lub nawet całych elementów na drukowanym modelu. Jeśli ustawiona temperatura jest prawidłowa, to może być powodowany zatkana dyszą.



FAQ

Czym jest druk 3D?

Druk 3D to zautomatyzowany proces umożliwiający stworzenie fizycznego obiektu z danych cyfrowych (modelu 3D).

Ile kosztuje używanie drukarki 3D?

Najwyższy koszt stanowi materiał (filament). Koszt wydrukowania modelu zależy głównie od jego wagi. Jeden kilogram filamentu kosztuje około 20-30 USD. Zużycie energii elektrycznej jest podobne do 100-watowej żarówki. Koszt serwisowania drukarki 3D jest dość niski i nie przekracza kilkudziesięciu złotych.

Do czego przydaje się druk 3D?

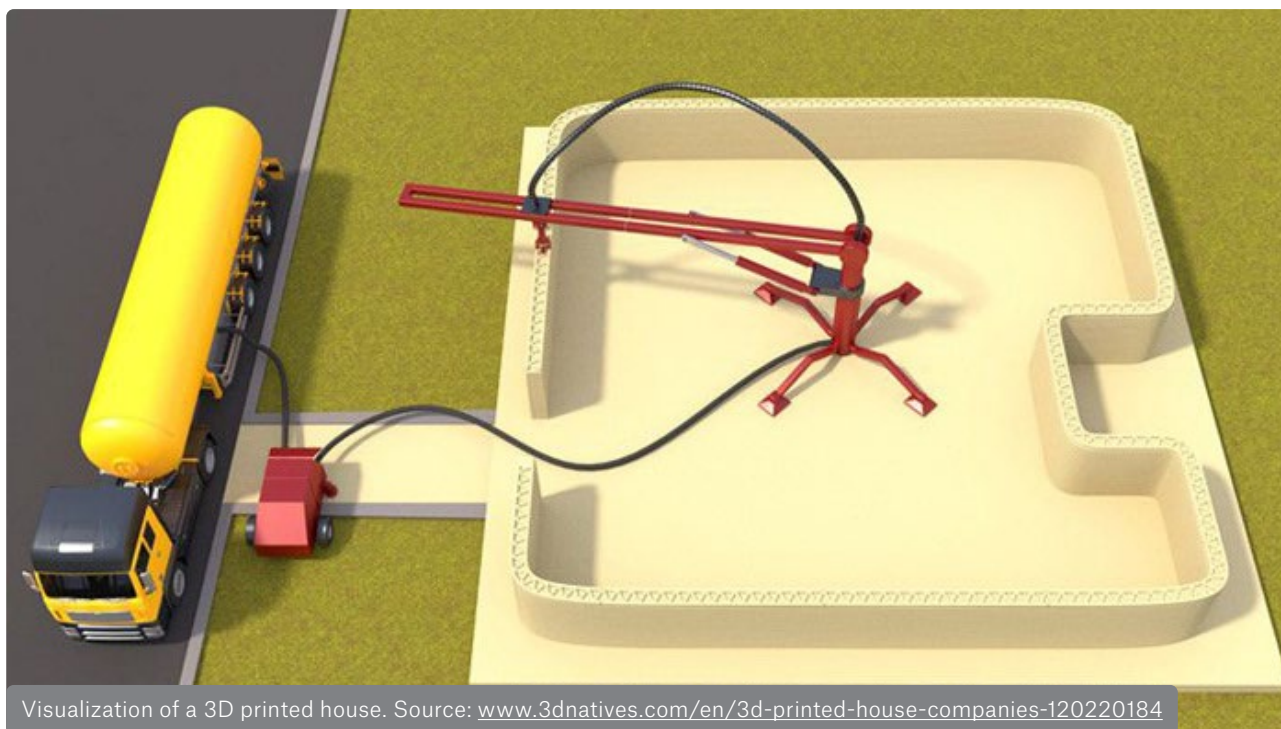
Trudno wymienić wszystkie zastosowania – szybkie prototypowanie, produkcja personalizowanych modeli, produkcja małoseryjna, stomatologia, majsterkowanie... jest tak wiele dziedzin, w których można wykorzystać druk 3D!

Czy druk 3D w technologii FFF jest uważany za przyjazny środowisku?

Druk 3D jest metodą obróbki addytywnej (przyrostowej), co oznacza, że materiał jest dodawany do pustej powierzchni w celu stworzenia obiektu. Jej bezpośrednim przeciwieństwem jest obróbka subtraktywna (ubytkowa), która opiera się na usuwaniu materiału z istniejącego obiektu (np. obróbka drewna). Oznacza to, że druk 3D generuje mniej odpadów. Kolejną korzyścią jest to, że dzięki drukowi 3D możemy naprawiać rzeczy, które w przeciwnym razie zostałyby wyrzucone. Dostępne są również materiały PLA i PETG z recyklingu, które są wykonane w 100% z PLA i PETG pochodzących z odzysku.

Czy jest możliwe wydrukowanie domu?

Tak, kilka prób drukowania betonem i podobnymi materiałami okazało się sukcesami. Działa to na tej samej zasadzie, co drukowanie przestrzenne plastikiem.



Visualization of a 3D printed house. Source: www.3dnatives.com/en/3d-printed-house-companies-120220184

Czy drukarki 3D mogą drukować ludzkie organy?

Jeszcze nie. Jednak naukowcy z całego świata ciężko pracują, aby było to możliwe. Prawie codziennie pojawiają się wiadomości na ten temat. Problemem (i wyzwaniem) jest fakt, że ludzkie organy są niezwykle skomplikowane i ich funkcjonowanie zależy również od innych narządów. Badacze skupiają się na razie na drukowaniu tkanek mniej złożonych organów.

Czy mogę drukować modele większe niż obszar roboczy?

Tak, możliwe jest przecięcie modelu na części i sklejenie po wydruku.

Jaka jest różnica pomiędzy technologiami SLA a FFF?

Druk 3D w technologii FFF (zwany również FDM) używa filamentu jako materiału bazowego – jest to włókno plastiku. Materiał jest topiony i przepychany przez dyszę, która jest częścią ekstrudera (wytłaczarki). SLA z kolei bazuje na utwardzaniu płynnej żywicy światłem UV. Wydruki z drukarek 3D FFF mają bardziej widoczne warstwy w porównaniu do SLA. SLA ma jednak również swoje wady – jedną z nich jest konieczność używania płynnej żywicy, która jest potencjalnie niebezpieczną substancją.

Jakie materiały są używane w druku FFF?

Różne rodzaje tworzyw sztucznych, w niektórych przypadkach z dodatkami. Najpopularniejsze i najczęściej używane filamenty to PLA i PETG. Masz jednak do wyboru szeroką gamę zaawansowanych (bardziej wytrzymałych) materiałów, takich jak ASA, PC Carbon Fiber i Nylon.

Jak długo trwa drukowanie?

Proste pytanie, na które trudno udzielić jednoznacznej odpowiedzi. Zależy to od wielu różnych czynników: głównym jest rozmiar drukowanego modelu, ale również gęstość wypełnienia, liczba obrysów, ilość dolnych i górnych warstw, średnica dyszy, wysokość warstwy, poziom złożoności modelu, użycie podpór i inne. Drukowanie figurki o wysokości 5 cm może zająć kilka godzin. Jednak duże i złożone obiekty mogą spokojnie zająć po kilkanaście czy kilkadziesiąt godzin.

Większość aplikacji do cięcia jest w stanie obliczyć czas druku.

Co zrobić z pustymi szpulami po filamencie?

Zalecamy wyrzucenie ich do kosza na odpady plastikowe. Niestety z kilku powodów nie jest możliwe odkupienie szpul od klientów. Jeśli nie chcesz ich wyrzucać, to istnieje dla nich kilka zastosowań – sprawdź nasz artykuł na: prusa.io/spools.

Czy jest możliwe drukowanie jedzenia?

Jest to zaskakujące, ale tak! Będziesz potrzebować specjalnie przystosowanej drukarki (rodzina RepRap ma ich kilka), aby móc drukować z czekolady, lub nawet drukować naleśniki bezpośrednio na patelnię.

Czy mogę wydrukować kubek lub talerz i używać ich do picia i jedzenia?

Tak, ale musisz pamiętać o kilku rzeczach! PETG i PLA są plastikami nieszkodliwymi, które mogą mieć kontakt z żywnością. Jednak nie jest zalecane używanie wydruków do jedzenia lub picia bez ich wcześniejszego przygotowania. Małutkie szpary pomiędzy warstwami są idealnymi miejscami do rozwoju bakterii, a wyczyszczenie ich jest praktycznie niemożliwe. Przed rozpoczęciem używania drukowanych naczyń pokryj je emalią (lub żywicą) epoksydową dopuszczoną do kontaktu z żywnością.

Jak zmierzyć prędkość drukarki 3D?

Podczas gdy wielu producentów drukarek 3D twierdzi, że ich maszyny drukują z niesamowitą prędkością, w rzeczywistości te reklamowane liczby są głównie teoretyczne. Aby lepiej ocenić prędkość drukarki 3D, zalecamy pobranie slicera producenta i sprawdzenie szacowanego czasu dla wydruku w preferowanych ustawieniach. Najbardziej wiarygodnym sposobem porównania drukarek 3D jest sprawdzenie ich niezawodności i opinii społeczności.

Czy mogę drukować zabawki erotyczne?

Tak, ale raczej tylko na wystawę. Problem jest ten sam, co w przypadku naczyń – rozwój bakterii w szczelinach pomiędzy warstwami. Możliwe jest stworzenie nieszkodliwej powierzchni przez specjalne pokrycie.

Czy możliwe jest wydrukowanie broni?

Teoretycznie tak. Jeśli poświęcisz sporo czasu na obróbkę, to będzie nawet wyglądać dość realistycznie. Czy odważysz się jednak umieścić prawdziwy nabój w plastikowej broni i nacisnąć spust? Nie? My też nie! Prawdopodobnie spowodowałoby to jej rozerwanie na kawałki, które poraniłyby Cię. Nie jest również możliwe przeniesienie takiej broni przez wykrywacz metali, ponieważ metalowy pocisk i tak zostanie wykryty. Może zadajesz sobie teraz pytanie „A co z drukiem proszkami (SLS)?” Tak, to teoretycznie byłoby możliwe, jednak nie ma sensu ze względu na koszty. Jeśli z jakichkolwiek powodów chcesz produkować broń, to wystarczy Ci prosta tokarka.

Podstawy Druku 3D z Josefem Prusą

Ondřej Stříteský

Wydawca:

Prusa Research a.s.
Partyzánská 188/7a
170 00 Praga
Czechy

Współautorzy:

Josef Průša, Martin Bach

Projekt graficzny i skład:

Petr Memory Dragoun

Tłumaczenie:

Jan Olejník, Piotr Karkowski (tłumaczenie na j. polski)