

ABC drukowania 3D v1.1

opracowane przez

propox

many ideas > one solution



drukarki 3D



filamenty



akcesoria

propox



SPIS TREŚCI

- 1. Wstęp**
- 2. Co to jest drukarka 3D i jakie są jej rodzaje?**
 - a) FDM
 - b) SLA
 - c) SLS
- 3. Krótka historia domowych drukarek FDM**
- 4. Ogólna budowa drukarki 3D w technologii FDM**
- 5. Proces przygotowania drukarki GEEETECH i3 pro B do drukowania**
 - a) kalibracja
 - b) przed samym drukowaniem
- 6. Proces drukowania**
 - a) projekt modelu
 - b) cięcie
 - c) drukowanie
- 7. Filamenty**
 - a) wstęp
 - b) trochę o PLA i ABS
 - c) podstawowe różnice pomiędzy PLA a ABS
 - d) różnice występujące w użytkowaniu
 - e) obróbka wydruków
 - f) przechowywanie
 - g) pozostałe rodzaje filamentów

8. Utrudnienia podczas drukowania

- a) wyraźne warstwy na powierzchni obiektu
- b) przewieszania (overhangs)
- c) nitki
- d) szczegóły

9. Po wydrukowaniu

- a) ściąganie wydruku z podłoża
- b) usuwanie podpórek
- c) wygładzanie wydruku

10. Ciekawostki

- a) waza

1

Wstęp

W poradniku zamieszczone i omówione zostaną podstawowe pojęcia i zasady, ułatwiające odnalezienie się w świecie druku 3D. Jak jest zbudowana drukarka 3D i jak działa? Jak wygląda proces drukowania? Jakie problemy można napotkać i jak sobie z nimi poradzić? Postaramy się odpowiedzieć na te pytania w dalszej części tekstu.

Opracowany przez firmę Propox poradnik oparty jest na informacjach dostępnych w sieci Internet oraz na własnych doświadczeniach.

2

Co to jest drukarka 3D i jakie są jej rodzaje?

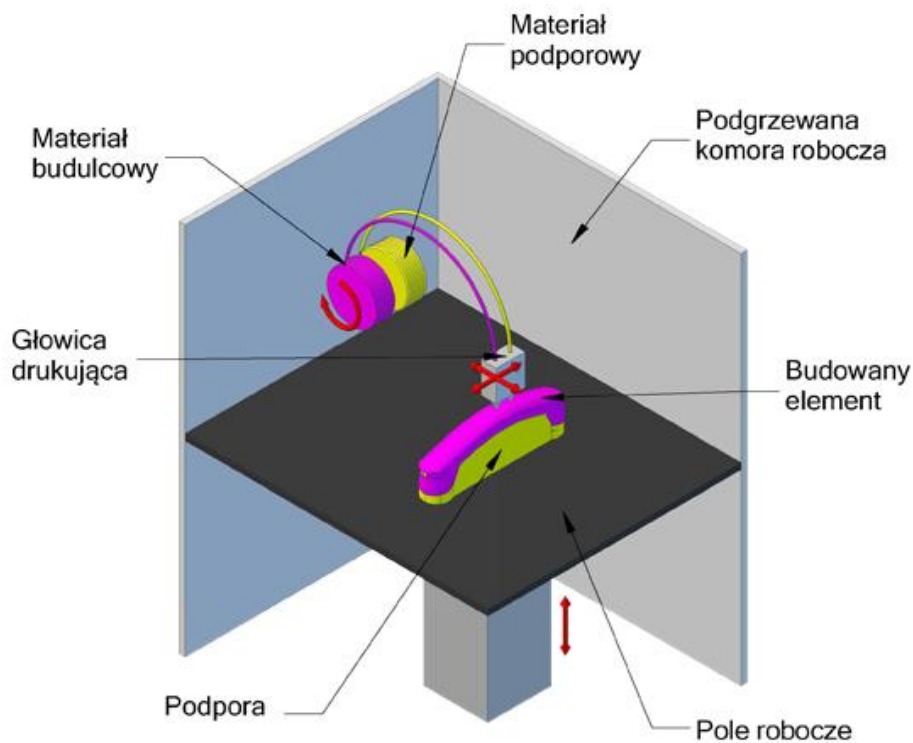
Drukarka 3D to urządzenie odwzorowujące trójwymiarowy model w rzeczywistej przestrzeni. Możliwe jest to dzięki kształtowaniu warstwa po warstwie materiału (plastik/płyn/proszek), który stopniowo buduje zadany obiekt.

Istnieje wiele praktycznych realizacji powyższej definicji. Najważniejsze z nich to technologie:

a) FDM – osadzanie topionego materiału

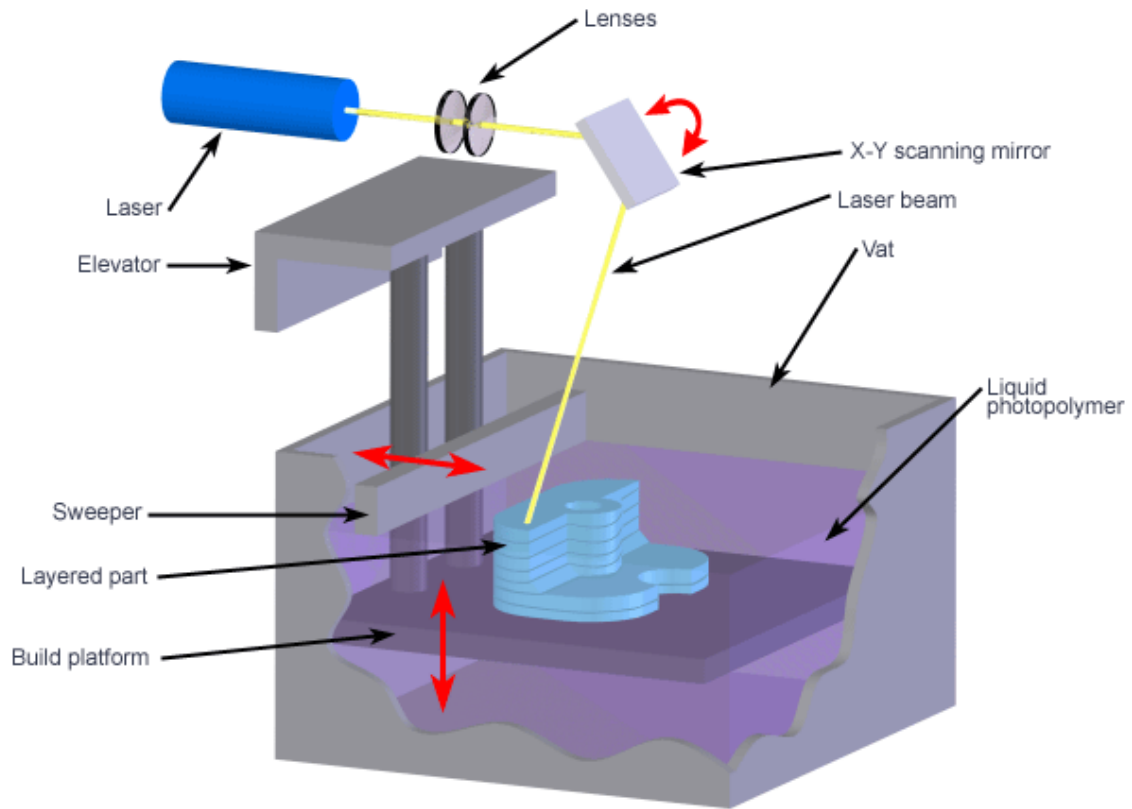
Metoda ta polega na nakładaniu warstwa po warstwie materiału drukującego (filamentu) na podłożu za pomocą głowicy poruszającej się w przestrzeni trójwymiarowej. W zależności od modelu drukarki może się poruszać również podłoże. Materiał dostarczany jest w formie włókna o średnicy rzędu milimetrów nawiniętego na szpulkę. Jego koniec wpinany jest do głowicy drukującej, która podgrzewa materiał do temperatury topnienia i wyciska w odpowiednim punkcie podłoża. Po kontakcie z temperaturą otoczenia materiał schładza się i zestala. Metoda ta jest najmniej szczegółowa (mimo to efekt może być więcej, niż zadowalający),

natomiast rekompensuje tę wadę dobrymi właściwościami mechanicznymi, a przede wszystkim prostotą działania, co przekłada się na niską cenę drukarek. Ze względu na swoją popularność oraz fakt, że firma Propox zajmuje się dystrybucją drukarek opartych o tę technologię, dalsza część poradnika będzie się skupiała na metodzie FDM.



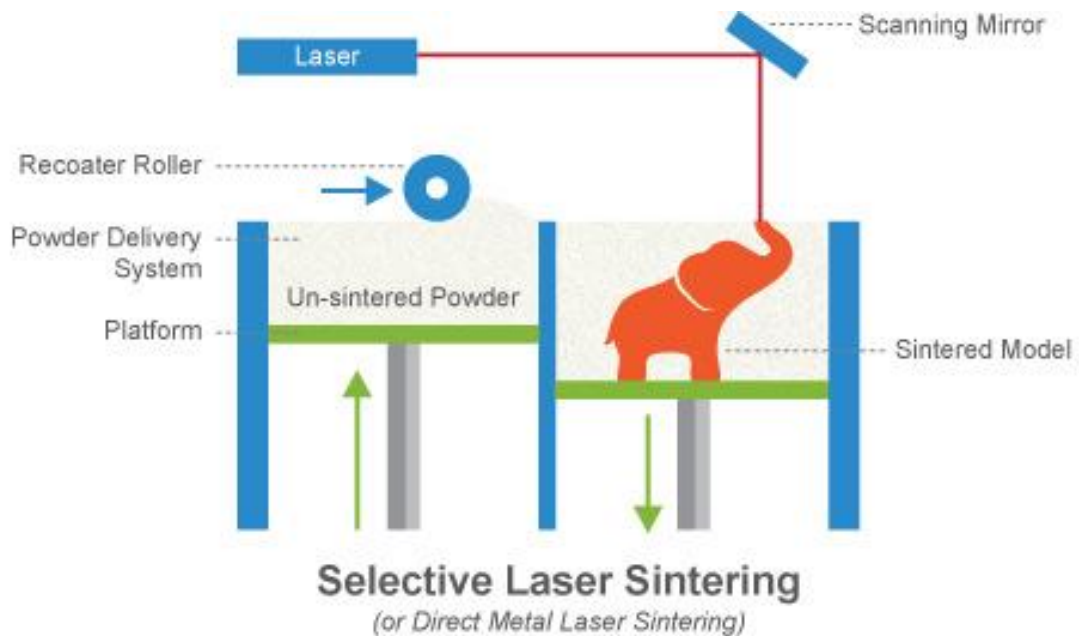
b) SLA – stereo litografia

Jest to najstarsza metoda druku 3D. W zbiorniku z ciekłym plastikiem znajduje się platforma, która po utwardzeniu odpowiedniego kształtu wierzchniej warstwy plastiku przez laser, zanurza się dokładnie o grubość jednej warstwy. Ponownie nowopowstała cienka warstwa płynu jest utwardzana i proces powtarza się do uzyskania zadanego kształtu obiektu. W tej technologii otrzymujemy zwykle gładkie powierzchnie modelu. Po zakończeniu drukowania obiekt oczyszcza się w specjalnym roztworze, a następnie umieszcza w piecu ultrafioletowym.



Copyright © 2008 CustomPartNet

c) SLS – selektywne spiekanie laserowe

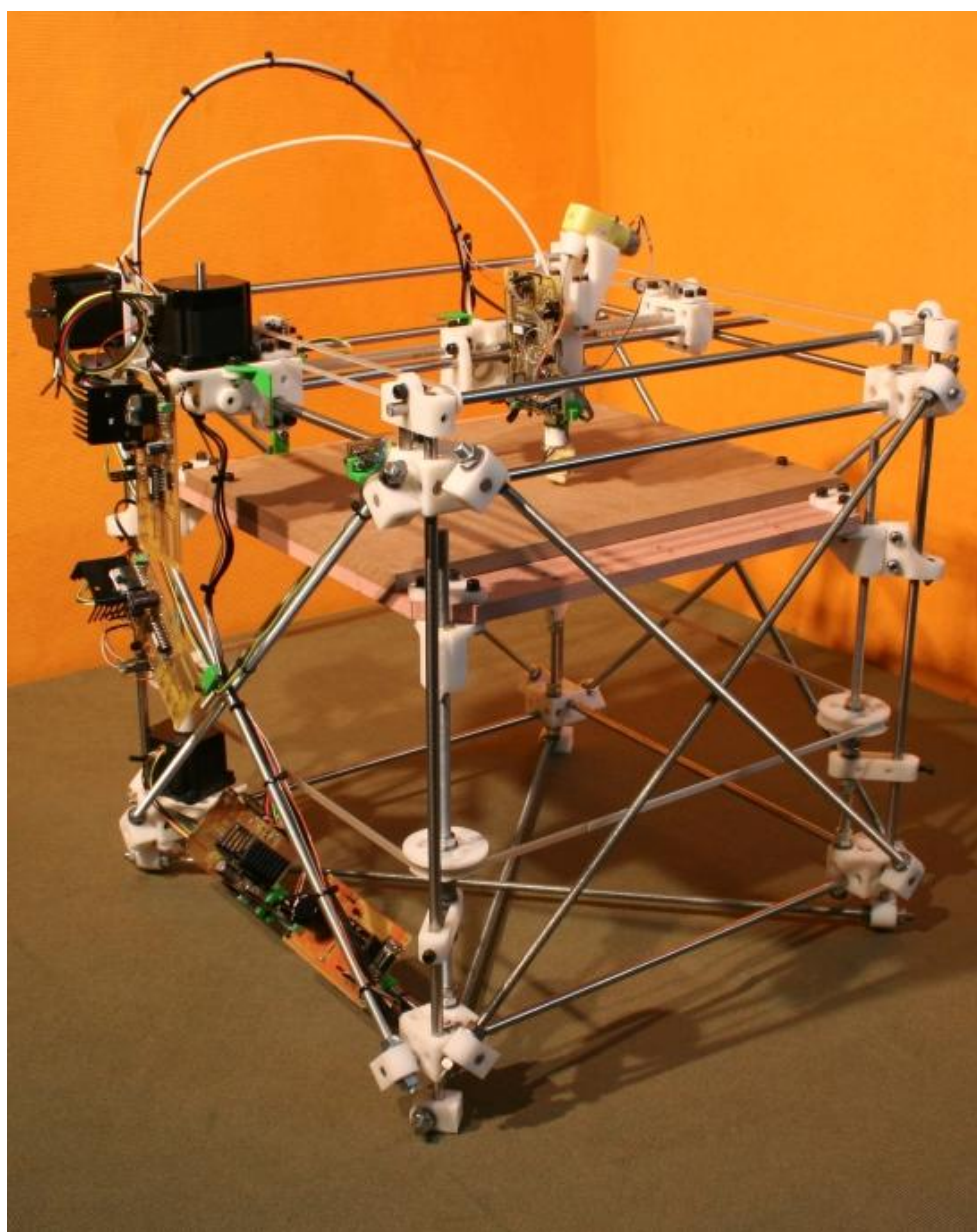


Sposób działania tej metody jest bardzo podobny do technologii SLA. Główną różnicą jest wypełnienie zbiornika nie płynem, a proszkiem. Zastosowane mogą być proszki nylonowe, ceramiczne, szklane, a także metalowe. Przekroje kolejnych warstw są spiekane laserem o dużej mocy.

Wierzchnie warstwy proszku są natomiast rozprowadzane przez automatyczną rolkę. Wykonane modele charakteryzują się wysoką dokładnością, jednak mogą być porowate, co wymaga stosowania utwardzaczy.

3

Krótką historia domowych drukarek FDM



Idea produkowania obiektu warstwowo pojawiła się już w XIX wieku, natomiast za opracowanie pierwszej kompletnej technologii, która została opatentowana, uznaje się Charlesa Hulla, a mowa o stereolitografii, omówionej w poprzednim rozdziale. Metoda ta jednak zyskała większe powodzenie w przemyśle, a dzisiaj w warunkach domowych przyjęły się drukarki wykorzystujące technologię FDM, wynalezioną przez Scotta Crumpa. Drukarki te z pewnością zyskały swoją popularność dzięki rozpoczętemu przez dr Adriana Bowyera projektowi RepRap. Niezwykły pomysł prostych, tanich i samoreplikujących się (plastikowe części można wydrukować samodzielnie, reszta to ogólnodostępne części mechaniczne i elektroniczne) drukarek zebrał wokół siebie niemałą społeczność, która rozwija go dzięki idei open-source. Oznacza to, że projekty mechaniczne, elektroniczne i oprogramowanie jest ogólnodostępne i dozwolone, a nawet zalecane jest ich modyfikowanie. Jedną z najpopularniejszych modyfikacji stworzył Josef Průša, jedna z głównych postaci stojących za RepRapem, odpowiedzialny za modele kolejno: Prusa Mendel, Prusa Mendel i2, Prusa i3. Drukarki te wyróżniają się przede wszystkim prostotą i możliwością szybkiego ich złożenia. Nazywane są one na stronie internetowej RepRapa Fordem T (pierwszy produkowany na masową skalę samochód) wśród drukarek 3D.

4

Ogólna budowa drukarki w technologii FDM

Na rynku występuje wiele modeli drukarek 3D o różnej budowie, jednak na ogół składają się z następujących elementów:

- **Stelaż**, który utrzymuje stabilnie wszystkie pozostałe elementy drukarki
- **Podłoże (bed)**, często podgrzewane, na którym drukuje się model
- **Ekstruder (extruder/nozzle)**, czyli właściwego elementu drukującego, który ma za zadanie wyciskać odpowiednie ilości podgrzanego materiału w odpowiednim punkcie przestrzeni 3D
- **Prowadnice**, które pozwalają na przemieszczanie ekstrudera oraz podłoża w wyznaczonej przestrzeni drukowania (najczęściej sześcian)

- **Silniki krokowe**, które mają za zadanie przemieszczać ekstruder oraz podłoże po prowadnicach, a także wyciskać materiał z ekstrudera
- **Panel sterujący** z wyświetlaczem i gniazdem na kartę pamięci, na którym odczytać można bieżące informacje na temat drukowania (m.in. postęp, temperatury), ręcznie ustawić parametry drukarki, przeprowadzić kalibrację oraz drukować offline (bez komputera) z karty SD.
- **Płytkę sterującą**, serce drukarki 3D, która monitoruje i ustawia zadaną temperaturę drukowania, steruje silnikami krokowymi oraz umożliwia komunikację z panelem sterującym i komputerem PC.

5

Proces przygotowania drukarki PROPOX i3 pro B do drukowania

a) kalibracja

Przed drukowaniem należy skalibrować drukarkę zgodnie z informacjami zawartymi w instrukcji, którą znaleźć można na stronie www.propox.com w dziale „Drukarki 3D”.

b) przed samym drukowaniem

Na podgrzewane podłoże drukarki zwykle kładzie się szklaną szybkę, aby uzyskać idealnie gładką powierzchnię jako podstawę wydruku. Czasami drukowane obiekty odklejają się od takiego podłoża. Aby temu zapobiec, szło pokryć można taśmą kaptonową, niebieską taśmą malarską lub skorzystać z nieco mniej znanej metody - wyczyścić ją octem. Ostatnia metoda najmniej zaburza gładką powierzchnię szkła i jest zaskakująco skuteczna, dlatego szczególnie ją polecamy.

Przede wszystkim jednak do drukarki należy dostarczyć materiał do drukowania. Końcówkę spiralnego filamentu zalecamy umiejętnie wyprostować w rękach. Następnie należy przycisnąć sprzęgło ekstrudera i przecisnąć filament przez otwór znajdujący się na jego wierzchu. Wyprostowanie filamentu pomoże przy kolejnym kroku, a konkretnie

poprowadzeniu końcówki filamentu przez kolejny otwór znajdujący się wewnątrz ekstrudera. Pozostała część filamentu powinna samoczynnie rozwijać się ze szpulki bez nadmiernego napięcia działającego na ekstruder.

6

Proces drukowania

a) projekt modelu

Pierwszą czynnością, jaką należy wykonać, aby rozpocząć proces drukowania, jest stworzenie modelu lub pozyskanie gotowego. Do wykonania projektu wykorzystać należy oprogramowanie wspierające projektowanie modeli trójwymiarowych, z których wiele można uzyskać za darmo. Do darmowych i polecanych aplikacji należą m.in. Blender, Google SketchUp oraz Tinkercad. Nauka wykonywania złożonych i estetycznych obiektów może być czasochłonna, lecz bez wątpienia satysfakcjonująca. W sieci można znaleźć wiele darmowych kursów, które tę czynność ułatwiają. Oprócz wykonania modelu aplikacje te umożliwiają zapisanie go w odpowiedniej formie. Największą popularnością wśród domowych drukarzy 3D cieszy się prosty format .STL, który reprezentuje jedynie geometrię obiektu (bez koloru, tekstury), co w związku z powszechnością drukarek z jednym tylko ekstruderem jest zupełnie wystarczające.

W przypadku, gdy nie jesteśmy zainteresowani tworzeniem własnego projektu, nic nie stoi na przeszkodzie, by skorzystać z kreatywności innych osób. W wielu miejscach sieci znaleźć można społeczności drukarzy 3D, którzy dzielą się swoimi modelami. Ich mnogość sprawia, że niemal pewnym jest znalezienie tego, czego szukamy. Może to być misterna ozdoba lub też funkcjonalny organizer czy kołowrotek dla chomika. Takich miejsc w Internecie jest wiele, lecz jednymi z bardziej popularnych są Thingiverse, Pinshape i YouMagine. Konkretnie projekty zaopatrzone są w plik .STL do pobrania, często porady autora dotyczące drukowania jego modelu oraz komentarze i zdjęcia obiektu po druku wstawiane przez innych użytkowników.

b) cięcie

Po uzyskaniu pliku modelu 3D (najczęściej .STL) należy go pociąć, tzn. dostosować do drukarki 3D, która różni się od komputera tym, że zamiast wizualizacji modelu musi go zamienić w fizyczny obiekt. Aby tego dokonać, drukarka musi otrzymać dokładne współrzędne punktów, w których ma wyciskać filament, a do których obliczenia niezbędne są konkretne parametry ów filamentu i drukarki, m.in. średnica filamentu oraz średnica dyszy. Współrzędne te wraz z dodatkowymi wytycznymi sterującymi drukarką (np. jaką temperaturę ma utrzymywać) zamieszczane są w tzw. G-kodzie. Na szczęście nie trzeba takiego kodu pisać ręcznie, a z pomocą przychodzi nam rodzina programów nazywanych slicerami, które generują G-kod na podstawie pliku STL. Najbardziej popularnym jest program Slic3r, którego możliwości opiszemy poniżej.

Firma Propox dołącza (i nie czerpie z tego żadnej korzyści materialnej, a jedynie z wdzięcznością do autorów pomaga początkującym drukarzom wystartować) aplikację Slic3r zintegrowaną z programem Repetier-Host, który pozwala na sterowanie drukarką z poziomu komputera (online) oraz folder konfiguracyjny PROPOX dostosowujący wstępnie Slic3ra do dostarczonej drukarki. Dlaczego wstępnie? Ustawienia Slic3ra można podzielić na 3 grupy: parametry drukarki, filamentu i drukowania konkretnego modelu. Podczas, gdy parametry drukarki takie jak średnica dyszy i wymiary podłoża są stałe dla danej drukarki (chyba, że zdecydujemy się na wymianę ekstrudera), to te dotyczące filamentu należy dostosowywać przy każdej zmianie filamentu, a te dotyczące modelu przy każdym nowym wydruku. Nie jest to konieczne w przypadku bardzo prostych obiektów testowych, ale żeby drukarka poradziła sobie z trudniejszymi zadaniami, trzeba jej w tym pomóc. Wiąże się to z faktem, że drukarka to tylko maszyna wykonująca kod przygotowany przez Slic3ra i nie przewiduje zapobiegania takim sytuacjom jak na przykład wyciskanie filamentu w powietrzu bez podparcia. Skoro wyjaśniliśmy sobie znaczenie parametryzacji, przystąpmy do wyjaśnień.

Po wczytaniu modelu do Repetier-Hosta, po prawej stronie aplikacji w zakładce Slicer naciskamy przycisk „Configuration”.

W zakładce „**Printer Settings**” następujące opcje są szczególnie ważne:

Size and coordinates -> Bed size – wymiary podłoża potrzebne do podglądu wydruku.

Size and coordinates -> Print center – punkt środkowy wydruku. Zmieniamy, gdy chcemy punkt odniesienia drukowania obiektu w innym miejscu podłoża.

Firmware -> G-code flavour – wykorzystywane w drukarce oprogramowanie.

Capabilities -> Extruders – liczba ekstruderów.

Size -> Nozzle diameter – średnica dyszy. Jeżeli dyszę uzyskaliśmy z nieznanego źródła i nie mamy informacji o jej średnicy, dobrym sposobem na pomiar jest bardzo powolne (np. 1mm/s) wyciśnięcie z niej filamentu i zmierzenie jego średnicy.

Retraction -> Length – istnieje możliwość, że materiał pod wpływem swojej lepkości i grawitacji będzie samoistnie wypływał z ekstrudera podczas jego przemieszczania. W wyniku tego zjawiska na drukowanym obiekcie pojawiają się nitki filamentu rozwieszane w miejscach, gdzie jałowo (bez wyciskania filamentu) poruszał się ekstruder. Wymieniony parametr sprawia, że w takim przypadku filament będzie wciągany do ekstrudera na podaną odległość (zwykle 1-2 mm).

Retraction -> Lift-Z – odległość (wystarczy 0.1mm), na jaką ma się podnosić cały ekstruder podczas biegu jałowego, aby zabezpieczyć się przed zaczepianiem po drodze o wystające elementy obiektu. Taka sytuacja zwykle nie powinna mieć miejsca. Jest to dodatkowe zabezpieczenie, które spowalnia proces drukowania.

Retraction -> Speed – szybkość, z jaką ma być dokonywana retrakcja. Odpowiednią wartość użytkownik drukarki powinien znaleźć eksperymentalnie. Część społeczności drukarzy zgadza się, że szybkość ta powinna być dość duża (np. 100 mm/s). Aby umożliwić drukarce realizację tej opcji, należy na panelu sterującym w opcjach zwiększyć maksymalną szybkość osi E.

W zakładce „**Filament Settings**”:

Filament -> Diameter – średnica filamentu. Istotny parameter, ze względu na to, że przekłada się na ilość materiału wyciskanego w ekstruderze. Zdarza się, że rzeczywista średnica różni się od podanej przez producenta, dlatego zaleca się zmierzyć filament w kilku miejscach i obliczyć średnią arytmetyczną.

Filament -> Extrusion multiplier – pozwala na kontrolowanie ilości ekstrudowanego materiału poprzez podanie mnożnika np. 1.05 to 105%. Przydatne przy eksperymentowaniu. Zaleca się pozostawić wartość domyślną 1.

Temperature -> Extruder – możliwość ustawienia temperatury ekstrudera. Odpowiednia wartość różni się w zależności od materiału, a informacje na ten temat powinien dostarczyć producent materiału. Przyjęło się, że dla materiału PLA temperatura powinna wynosić od 160 do 230°C, a dla ABS od 215 do 250°C. Jednak dokładną temperaturę determinuje nawet kolor materiału czy szybkość ekstrakcji (im szybciej, tym wyższa temperatura). Możliwe jest również ustawienie osobnej temperatury dla pierwszej warstwy obiektu. Przyjęło się, że powinna wynosić około 5° więcej, niż dla pozostałych warstw.

Temperature -> Bed – temperatura podłoża. Przyjęło się dla PLA około 60°, a dla ABS 110°. Gorący filament wyciskany na zimne podłoże ma tendencje do podwijania się i zakłócenia dalszego drukowania. Podgrzewane podłoże zapobiega temu zjawisku.

W zakładce „Print settings”:

Layer height -> Layer height – wysokość jednej warstwy. Im mniejsza wysokość, tym większa rozdzielczość i dokładność, ale dłuższy czas drukowania.

Vertical shells -> Perimeters – zwykle zależy nam na tym, żeby boczne ściany, jeżeli zaprojektowane zostały jako szczelne i gładkie, również takie zostały wydrukowane. Nie zawsze jednak tak jest w przypadku cienkich ścianek. Warto ustalić minimalną wartość szczelnych obrysów na co najmniej 2.

Horizontal shells -> Solid layers – podobnie jak w przypadku ścianek, może wystąpić błąd w drukowaniu dolnej lub górnej warstwy, dlatego zaleca się drukować je podwójnie lub potrójnie.

Infill -> Fill density – aby nie zużywać materiału na wypełnianie niewidocznych przestrzeni, wypełnia się je tylko częściowo. Parametr ten określa w jakim stopniu ma być wypełniony obiekt, gdzie 0% to brak wypełnienia. Już wartość 40% daje bardzo dobrą wytrzymałość.

Infill -> Fill pattern – wzór wypełnienia. Najszybsze w druku są line, rectilinear, concentric i honeycomb, natomiast najbardziej wytrzymały z powyższych jest honeycomb (plaster miodu).

Support material -> Generate support material – włączenie tej opcji aktywuje generowanie podpory pod elementy obiektu, które ustawione są pod trudnymi do drukowania kątami (tzw. przewieszenia).

Support material -> Overhang threshold – największy kąt przewieszenia, dla którego nie będzie generowana podpórka. Kąt ten mierzony jest od osi poziomej, a więc 0° oznacza oś poziomą, a 90° oś pionową. Przykład: chcemy wydrukować literę Y, a parametr Overhang threshold jest ustawiony na 10° , niestety kąt ramion litery Y jest większy (około 60°), a więc w rezultacie podpórka nie jest generowana.

Options for support material and raft -> Pattern – wzór podpórki. Podobnie jak wzory wypełnienia, różnią się one wytrzymałością i szybkością drukowania.

Options for support material and raft -> Pattern spacing – parametr określający, jak gęsta ma być podpórka.

Speed for print moves -> Perimeters - ustawienie szybkości drukowania obwódek obiektu. Drukowanie ich nieco wolniej pozwoli uzyskać dokładniejsze zewnętrzne powierzchnie obiektu.

Speed for print movies -> Infill – wypełnienia są ukryte wewnątrz obiektu, dlatego można je drukować szybciej.

Speed for non-print moves -> Travel – szybkość przemieszczania się ekstrudera pomiędzy wyciskaniem filamentu. Parametr ten warto ustawić na najwyższą wartość, na jaką pozwala drukarka. Pozwoli to zapobiec mazaniu roztopionym filamentem po obiekcie.

Brim -> Brim width – tzw. rondo, dodatkowe obwódki do pierwszej warstwy. Zwiększają one spodnią powierzchnię obiektu, który w efekcie lepiej trzyma się podłoża.

Gdy już dostosujemy do swoich celów wszystkie parametry, pozostaje nam rozpocząć proces cięcia naciskając przycisk „Potnij programem Slic3r”. Otrzymamy w wyniku plik o rozszerzeniu .gco, czyli wykonywalny przez drukarkę G-kod. O tym, co zrobić, aby drukarka faktycznie go wykorzystwała, piszemy w następnym punkcie.

Po więcej szczegółów zapraszamy do przejrzania instrukcji Slic3ra, której tłumaczenie dostępne jest na stronie www.propox.com.

c) drukowanie

Otrzymany w procesie cięcia G-kod należy w jakiś sposób przesłać do drukarki. Można to zrobić wykorzystując (offline) kartę SD, o ile drukarka ma na nią odpowiednie gniazdo lub przesyłając (online) kod przez program nazywany hostem po podłączeniu drukarki do komputera.

W pierwszym przypadku po wsunięciu karty do gniazda SD drukarki należy z poziomu panelu sterującego wybrać drukowanie z karty oraz odpowiedni plik .gco, który się na niej znajduje.

W przypadku wykorzystania programu typu Host polecenia do drukarki przesyłane są na bieżąco z komputera, co przez możliwość występowania zakłóceń może prowadzić do bardzo krótkich przerw w drukowaniu, które wpływają negatywnie na jakość wydruku. Poza przesyłaniem całego pliku G-kodu można również ręcznie sterować drukarką (np. przesunąć podłoże o określoną odległość).

7

Filamenty

a) Wstęp

Najczęściej stosowanymi materiałami w druku FDM jest polilaktyd (polikwas mlekowy) nazywany PLA oraz akrylonitrylo-butadieno-styren nazywany przez wszystkich ABS. Występuje też wiele pomniejszych materiałów takich jak : SmartABS, PLA Soft, Nylon, Poliwęglan, BendLay, LayBrick, LayWood, HIPS, PVA, TPE.

b) Trochę o PLA i ABS

- PLA jest biodegradowalnym termoplastycznym poliestrem, wytwarzanym z surowców odnawialnych. Przy produkcji PLA najczęściej wykorzystywana jest kukurydza lub buraki cukrowe. Do wytworzenia 1 kg PLA potrzebne jest ok 2,5 kg ziarna kukurydzy (o wilgotności 15%). Dużą zaletą PLA jest to, że można regulować szybkość rozkładu, która może wynosić od kilku miesięcy do kilku lat, uwarunkowane jest to od rodzaju zadania który będzie wykonywał dany produkt. Przezroczysty PLA jest bardzo podobny do termoplastycznych konwencjonalnych tworzyw, dzięki jego właściwościom, i techniki wytwarzania.

Pod względem właściwości zbliżony jest najbardziej do polistyrenu, jednak po zmodyfikowaniu może posiadać właściwości podobne do polipropylenu i polietylenu. PLA ma doskonałe właściwości organoleptyczne, i jest bardzo dobry do kontaktu z żywnością. PLA łączy się z wieloma dodatkami w celu zwiększenia wydajności dla zadań specjalnych. Stosuje się mieszanie z polisacharydami: skrobią, która obniża cenę i skraca czas biologicznego rozkładu, celulozą w postaci włókien, zwiększającą sztywność i odporność na temperaturę. Kolejnym rodzajem są blendy z wypełniaczami nieorganicznymi takimi jak talk, szkło itd. Poprawa wytrzymałości na pękanie przy rozciąganiu, którą zobrazować można w takiej sytuacji jak np. odporność kubka na pękanie po jego ściśnięciu, wiąże się z dodatkiem kauczuków.

- ABS są to tworzywa sztuczne wytwarzane w procesie polimeryzacji butadienu oraz kopolimeryzacji akrylonitrylu ze styrenem wraz z jednoczesnym szczepieniem powstałego kopolimeru na polibutadienie. Głównymi właściwościami ABS jest: gęstość w okolicach 1,05 g/cm³; duża twardość oraz odporność na różnego rodzaju zarysowania; dobre właściwości izolacyjne; zadowalająca odporność na działanie olejów, rozcieńczonych kwasów i tłuszczów. Do minusów należy brak odporności na działanie światła, promieniowania UV oraz na działanie kwasów. Jest jednym z niewielu tworzyw sztucznych, które można w późniejszym etapie pokrywać warstwami metalicznymi podczas obróbki galwanicznej. W związku z wysoką temperaturą podczas tworzenia 190–240 °C i temperaturą samej formy 40–80 °C, czas suszenia wynosi ok 3,4 godziny. Materiał ABS może występować w różnych kolorach. Przed zakupem lepiej najpierw sprawdzić jak się drukuje takim materiałem (np. poprosić o próbki, lub skorzystać z wiedzy innych użytkowników drukarek 3D) a potem ewentualnie dokonać zakupu. Skład mieszanki ABS-u to 15 do 35% akrylonitrylu, 5 do 30% butadienu, 40 do 60% styrenu. Akrylonitryl odpowiedzialny jest za udurowienie ABS-u. Butadien daje sprężystość, elastyczność. Styren daje połysk, jednolitość (ma wpływ na porowatość). Drukując różnymi próbkami ABS-u zauważalne są różnice w jakości i wyglądzie wydruków (w niektórych przypadkach bardzo znacząco). Jedne z nich są bardziej elastyczne, inne mają powierzchnię błyszczącą, jeszcze inne matową.

c) Podstawowe różnice pomiędzy ABS a PLA

Jeśli chodzi o fakturę filamentów, to ABS jest bardziej matowy podczas gdy PLA ma zdecydowanie gładszą, błyszczącą powierzchnię. Te różnice są szczególnie widoczne po wydrukowaniu modelu z danego materiału. Ponadto, kolory w ABS są mniej intensywne w przeciwieństwie do PLA, gdzie można uzyskać fantastyczne nasycenie barw.

d) Różnice występujące w użytkowaniu

ABS wymaga wyższej temperatury topnienia, która oscyluje w granicach 230°C – 270°C (za standardową przyjmuje się 240°C). Ponadto z uwagi na dużą kurczliwość w trakcie procesu druku 3D, wymaga podgrzewanego stołu roboczego, wskazana jest również zamknięta i podgrzewana komora robocza (choć w bez tych dwóch ostatnich warunków, wydruki w dalszym ciągu mogą wyjść poprawnie – wszystko zależy od ich rozmiaru i geometrii). W trakcie druku 3D ABS wydziela się zapach typowy dla topionego plastiku, co ma też związek z wydzielaniem się szkodliwych oparów. Choć opary same w sobie nie są trujące – dłuższa ekspozycja na opary może mieć wpływ na zdrowie użytkownika, w postaci zwiększenia ryzyka zachorowania na choroby układu oddechowego. Dlatego w przypadku ABS zdecydowanie zaleca się pracę w dedykowanych, wentylowanych pomieszczeniach. PLA drukuje się w niższej od ABS temperaturze, na poziomie 190°C – 220°C (za standardową przyjmuje się 200°C). Praktycznie nie kurczy się w trakcie wydruku, chociaż zdarzają się przypadki, że materiał potrafi podwinąć się na krawędziach (ma to związek zarówno z samym materiałem od danego producenta, warunkami w pomieszczeniu, w którym pracuje drukarka 3D [przeciąg lub duża różnica w temperaturze], jak i specyficzną geometrią modelu). Zapach jaki jest wydzielany w trakcie procesu druku 3D jest bardziej przyjemny. Mimo, że PLA jest produkowane na bazie mączki kukurydzianej, nie oznacza to bynajmniej, że filament nie emituje szkodliwych cząsteczek – po prostu jest ich dużo mniej niż w przypadku ABS. W dalszym ciągu wskazane jest drukowanie w dedykowanym pomieszczeniu, które jest wentylowane. Generalnie PLA jest dużo łatwiejsze w druku 3D od ABS, w dużej mierze z uwagi na problemy związane z kurczliwością tego drugiego. PLA nie wymaga ponadto grzanego stołu roboczego. Jeżeli dysponujemy grzanym stołem, można go rozgrzać do temperatury ok. 70°C i wyłączyć grzanie po wydrukowaniu pierwszej warstwy (temperatura i tak będzie sukcesywnie spadać przez min. kilka dalszych minut). W przypadku ABS stół musi być rozgrzany do 100°C.

e) Obróbka wydruków

Mimo większych problemów w procesie drukowania 3D, ABS jest zdecydowanie lepszym materiałem do dalszej obróbki. Ma przede wszystkim dużo większą elastyczność od PLA (choć nie jest wcale elastyczny!) – przy wygięciu pojawia się na nim charakterystyczny biały ślad (mikropęknięcia na powierzchni materiału), podczas gdy PLA po prostu pęka. ABS świetnie się szlifuje i można w nim bez problemów wiercić otwory. W przypadku PLA jest to bardzo utrudnione. Jeśli chodzi o usuwanie podpór, tu również ABS jest bardziej przyjaznym materiałem, gdy odchodzą one łatwiej i lepiej maskuje się ewentualne ślady łączenia modelu z podporami. W przypadku PLA – jeżeli geometria danego modelu wymaga wygenerowanie dużej ilości podpór, które na dodatek będą rozmieszczone w trudno dostępnych miejscach, czasem lepiej po prostu zrezygnować z wydruku, niż tracić później czas na bezowocne próby ich usuwania.

Dotyczy to przede wszystkim obiektów ciętych na darmowych slicerach w rodzaju Cury, Slic3ra lub KISSlicera, które nie zawsze radzą sobie z wygenerowaniem dobrych (czytaj: łatwych do usunięcia) podpór.

f) Przechowywanie

Bardzo istotna w druku 3D jest stała średnica filamentu. W przypadku, gdy średnica waha się nawet niewiele, wyciskana jest mniejsza lub większa ilość filamentu, co oczywiście wpływa na jakość wydruku. Filament może nieznacznie zmieniać swoje wymiary w zależności od warunków przechowywania. Najbardziej popularne materiały, takie jak PLA i ABS, a szczególnie nylon, należy przechowywać w suchych miejscach, aby nie chłonęły wilgoci. Inną kwestią wartą zauważenia jest fakt, że na filamencie znajdującym się bezpośrednio w powietrzu gromadzi się kurz, który następnie gromadzi się w ekstruderze, dlatego dobrą praktyką jest trzymanie szpułek z filamentem w szczelnych woreczkach lub każdorazowe czyszczenie filamentu przed drukiem.

g) Pozostałe rodzaje filamentów

- **SmartABS** to udoskonalona pod kilkoma względami, nowsza wersja ABS. Zmniejszono w niej skłonność materiału do kurczenia się wskutek zmian temperatur. Oprócz tego, warstwy filamentu bardzo dobrze łączą się ze sobą, a samo tworzywo, jako jeden z materiałów do druku 3D, jest bardziej uniwersalne – można używać go w większości drukarek FDM. Jest idealny do większych wydruków. Zalecana temperatura podczas tworzenia ze SmartABS to 250°C.

- **PLA Soft** to przekształcona i udoskonalona przez niemiecką firmę Orbi-Tech, wersja filamentu PLA. Od pierwowzoru różni ją znacznie większa elastyczność – tworzywo ma właściwości zbliżone do twardych gum. Do druku 3D nie potrzeba podgrzewanego stołu. Zalecana temperatura podczas pracy waha się między 210 a 220°C. Wielką zaletą PLA jako materiału do druku 3D jest brak skłonności do kurczenia w procesie drukowania.

- **Nylon** to materiał poliamidowy do drukowania w 3D, który spośród innych filamentów, wyróżnia się dużą wytrzymałością, trwałością i rozciągliwością. Jest powszechnie wykorzystywany do wytwarzania tkanin, dzianin, lin, żyłek, a także panewek łożysk, kół zębatych i innych produktów. Użycie nylonu w druku 3D umożliwia uzyskanie bardzo dobrych efektów i bardziej zadowalającej jakości niż podczas drukowania z filamentów PLA czy ABS. Nylon jest bowiem wytrzymalszy, zarówno pod względem mechanicznym, jak i chemicznym. Niewielką wadę produktu stanowi właściwość wydzielania toksycznych zapachów. Zaleca się druk w temperaturze od 240 do 250°C, koniecznie w wentylowanym pomieszczeniu. Nylon nie będzie nadawał się dla osób z małym doświadczeniem w druku 3D. Produkt dla obytych, którzy poradzą sobie z problemem przyczepiania się warstw produktu. Zalecana prędkość druku to 40mm/s (max 70 mm/s).

- **Poliwęglan** to tworzywo o właściwościach porównywalnych do aluminium. Podobnie jak inne materiały do druku 3D, jest to tworzywo bardzo trwałe, twarde i przezroczyste. Często bywa stosowane w roli droższego zamiennika filamentu ABS. Do druku potrzeba utrzymania wysokich temperatur (260-310°C), które to mogą być niemożliwe do uzyskania w niektórych drukarkach 3D.

- **BendLay** to bezbarwny (przez włókna materiału przechodzi aż 91% światła), trwały i plastyczny filament, stosowany w medycynie oraz do wytwarzania opakowań spożywczych. Świetny do drukowania naczyń czy butelek. Jako materiał do druku 3D, cechuje się dużą giętkością (zdolność do zginania się o 175% bez powstawania przebarwień lub odcisków). Zaleca się druk w temperaturze wahającej się od 215 do 240°C. Warto również wspomnieć o dużej przyczepności pomiędzy warstwami filamentu oraz stabilności termicznej – podobnej do materiału PLA. BendLay przykleja się do materiałów PLA i ABS.

- **LayBrick** to materiał do druku 3D będący mieszanką poliestru, kredy i naturalnych związków mineralnych. Posiada właściwości podobne do kamienia (twardy i kruchy, gładka bądź kamienna faktura). Dzięki swoim cechom, nadaje się zarówno do szlifowania, jak i malowania. LayBrick będzie doskonałym materiałem do drukowania makiet czy modeli architektonicznych. Do wytwarzania wydruków z tego filamentu nie potrzeba podgrzewanego stołu. W zależności od pożądanego efektu, można drukować w temperaturze około 165°C (efekt: gładka faktura) lub 210°C (faktura zbliżona do kamienia lub piaskowca). Aby nie uszkodzić kruchego obiektu, przed odczepieniem go od blatu należy odczekać od dwóch do czterech godzin, aż materiał ulegnie całkowitemu stwardnieniu.

- **LayWood** to materiał przeznaczony do druku 3D, który posiada właściwości drewna (faktura, zapach), jednak jest bardziej giętki. Szczególnie nadaje się do drukowania makiet budynków, drewnianych dekoracji lub elementów do mebli. Podobnie jak drewno, materiał można poddawać cięciu i wierceniu. Co ciekawe, tworzywo zmienia kolor pod wpływem temperatury drukowania (zalecana to od 180 do 240°C). Wyższa pozwoli uzyskać ciemniejsze odcienie, niższa – jaśniejsze. Do druku z filamentu LayWood nie potrzeba podgrzewanego stołu. Materiał nie sprawia kłopotów w trakcie wychodzenia przez dyszę (nie podwija się), ale może się zdarzyć, że zostanie ona zapchana (przekrój dyszy powinien mieć min. 0,4 mm). Po wydrukowaniu, na modelu mogą pozostać małe kawałki drewna.

- **HIPS** (High Impact Polystyrene) to filament podporowy do drukowania w ABS. Ma właściwości bardzo zbliżone do tego materiału. Po zakończeniu procesu drukowania, model należy potraktować roztworem d-limonene, dzięki któremu materiał HIPS ulegnie rozpuszczeniu, natomiast filament

ABS zostanie nietknięty. Taki proces może trwać od 8 godzin do doby, zależnie od rozmiaru i kształtu wydruku. Zastosowanie materiału HIPS w druku 3D daje bardzo szerokie możliwości – chociażby uzyskania efektu „wiszących” elementów. Materiał powszechnie używany do wywarzania plastikowych sztuczków oraz opakowań spożywczych.

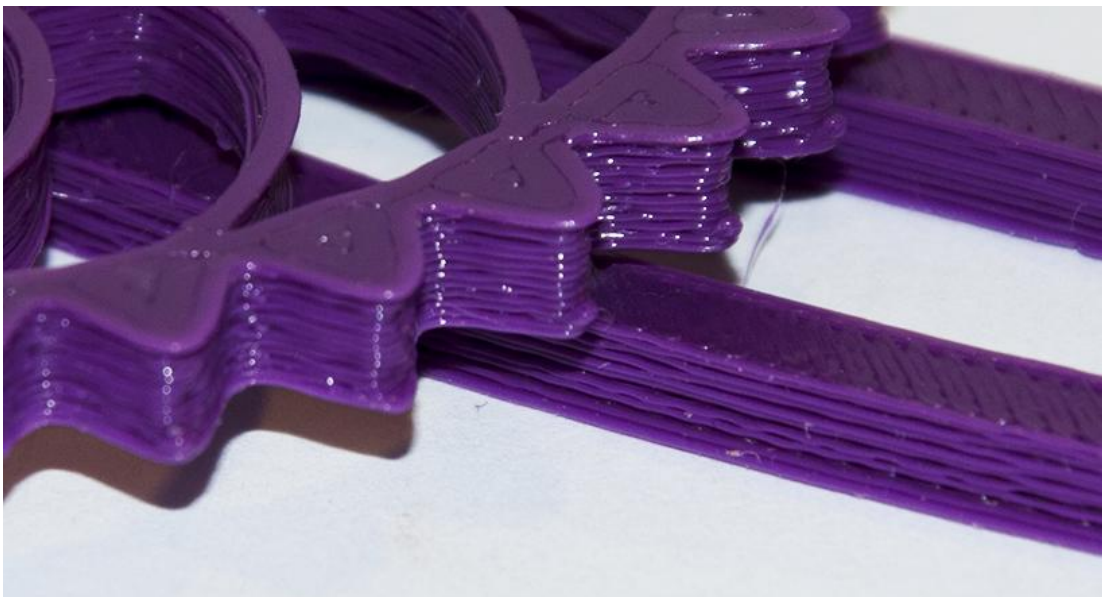
- **PVA** to tworzywo podporowe, przeznaczone przede wszystkim do drukowania wymyślnych modeli w PLA. Filament rozpuszcza się w wodzie. Dzięki niemu możliwe jest wytworzenie takich elementów, jak chociażby łożyska kulkowe czy klatki mechanizmów przekładni za pomocą drukarek 3D.

- **TPE** to materiał przynależący do rodziny elastomerów termoplastycznych, zwanych także kauczukami termoplastycznymi. Jak sama nazwa wskazuje, jest to filament niezwykle plastyczny, sprężysty i miękki (twardość wg skali Shore'a: A~90). TPE, w porównaniu do innych materiałów do druku 3D, cechuje się dużą odpornością na różne związki chemiczne – w tym kwasy utleniające, oleje, smary, roztwory zasad i węglowodory alifatyczne. Zalecana temperatura drukowania to 210°C.

8

Utrudnienia podczas drukowania

a) Wyraźne warstwy na powierzchni obiektu

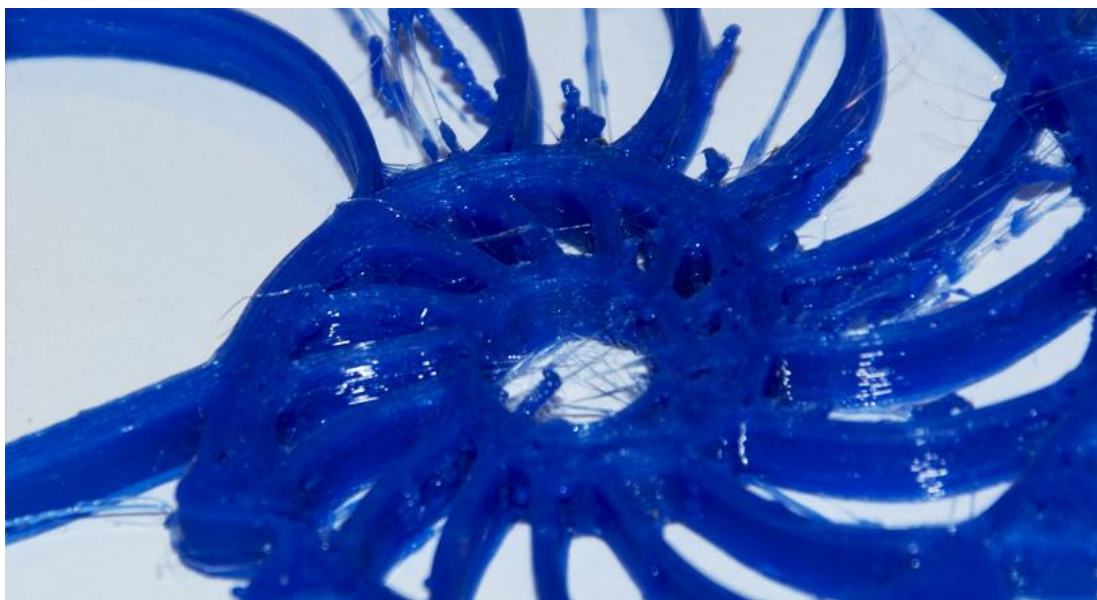


Aby zmniejszyć wyraźnie warstwy obiektu (wyglądające jak schodki) można zmniejszyć wysokość pojedynczej warstwy (Layer height), wprowadzić dokładną średnicę filamentu (Filament -> Diameter) i zmniejszyć ilość wyciskanego filamentu (Filament -> Extrusion multiplier) w programie Slic3r. Wyraźne rezultaty może zapewnić zmiana dyszy na mniejszą.

b) przewieszania (overhangs)

Drukowanie każdego modelu zaczyna się od spodniej warstwy, która nakładana jest na podłoże. Każda kolejna warstwa przykleja się do poprzedniej. Jednak w przypadku, gdy obiekt posiada elementy ustawione pod małym kątem względem osi poziomej filament może nie mieć podparcia i zapaść się. W takim przypadku należy skorzystać z możliwości generowania podpórek, którą oferuje program Slic3r. Parametry odpowiedzialne za podpórki (support) opisane są w punkcie 6b [odnośnik], a także w instrukcji Slic3ra dostępnej na stronie propox.com. Największy kąt nachyleń, dla których mają być generowane podpórki należy wyznaczyć eksperymentalnie, jednak zwykle jest to 45°. Szczególnym przypadkiem przewieszania jest most, który ma podparcie z obu stron.

c) nitki (smugi)



W czasie, gdy ekstruder przemieszcza się pomiędzy dwoma punktami, w których wyciska filament, roztopiony filament pod wpływem grawitacji może wypływać z dyszy, tworząc plastikowe smugi, które wyglądają jak

nitki. Aby temu zapobiec należy ustawić odpowiednio retrakcję, czyli proces przesuwania filamentu w głąb ekstrudera o określoną odległość i z określoną szybkością. Parametry te opisane są w punkcie 6b oraz w instrukcji Slic3ra dostępnej na stronie propox.com/druk.

d) szczegóły

Aby zwiększyć dokładność drukowania, zewnętrzne warstwy (perimeters) zaleca się drukować wolniej, niż resztę obiektu (np. 30%).

9

Po wydrukowaniu

a) ściąganie wydruku z podłoża

Często wydrukowany model przywiera do podłoża tak mocno, że nie sposób go oderwać bez ryzyka uszkodzenia. Należy poczekać do ostygnięcia podłoża, a następnie pomóc podważenie go nożykiem lub innym cienkim narzędziem. Jeżeli podłożem jest szklana płytką, problem rozwiązać może ściągnięcie jej z drukarki i opłukanie wraz z obiektem w zimnej wodzie.

b) usuwanie podpórek

W większości przypadków podpórkę można usunąć mechanicznie korzystając z cienkiego narzędzia. Solidne części wydruku zaleca się podważać płaskim śrubokrętem, natomiast szczegółowe fragmenty oczyszczać nożykiem. Aby wyjąć materiał podpórki ze środka obiektu można użyć szczypiec.

Niektóre modele drukarek wyposażone są w wiele ekstruderów. W takim przypadku podpórki można drukować innym materiałem, niż sam obiekt. Oznacza to, że do ich usuwania wykorzystać można metody chemiczne.

c) wygładzanie wydruku

Najczęściej na wydrukach widoczne są wyraźnie warstwy spowodowane niewystarczającą rozdzielczością drukowania. Jeżeli w zniwelowaniu problemu nie pomogły porady z punktu 8a [odnośnik] i jakość wydruku jest niezadowolająca, należy wykorzystać pewne metody jego wygładzania. W domowych warunkach można wykorzystać następujące:

- dla PLA powierzchnię wydruku można rozgrzać np. lutownicą na gorące powietrze lub wypolerować drobnym papierem ściernym

- wydruk z ABS można umieścić w pojemniku z acetonem tak, aby nie stykał się z nim, a więc obiekt można zawiesić lub umieścić na warstwie izolacyjnej (np. folia aluminiowa). Opary acetonu są wystarczające, aby wygładzić powierzchnię modelu. Przed przystąpieniem do tego procesu warto zapoznać się ze szczegółowymi poradnikami na ten temat znajdującymi się w Internecie.

**NALEŻY ZACHOWAĆ SZCZEGÓLNA OSTROŻNOŚĆ,
GDYŻ ACETON JEST ŁATWOPALNY, A JEGO OPARY SZKODLIWE.**

Poza powyższymi metodami wykorzystywane jest również piaskowanie, lecz wymaga ono specjalistycznych urządzeń.

10

Ciekawostki

a) Waza

Jeżeli znaleźliśmy ciekawy, ale wypełniony model i chcemy z niego zrobić coś w stylu wazy, w ustawieniach Slicera możemy usunąć wypełnienie, a także wierzchnią warstwę.

b) Przydatne linki

- Projekty 3D

<http://www.thingiverse.com/>

<https://pinshape.com/>

<https://www.youmagine.com/>

-Programy

<http://www.repetier.com/>

<http://sketchup.com.pl/>

<https://www.blender.org/>

<https://www.tinkercad.com/>

-Fora

<http://forum.propox.com/>

<http://www.geeetech.com/forum/>

<http://www.mojreprap.pl/board/>

propox

many ideas > one solution



drukarki 3D



filamenty



akcesoria