

**POLITECHNIKA**



**BIAŁOSTOCKA**

**WYDZIAŁ**



**ZARZĄDZANIA**

**KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ**

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

***Nowoczesne techniki wytwarzania  
w meblarstwie***

Kod przedmiotu: **IMS05879, IMN05879**

**Ćwiczenie Nr 2**

**Wpływ parametrów druku 3D na jakość  
otrzymanych wydruków**

Autor:

dr inż. Arkadiusz Łukjaniuk

Białystok 2020

*Wszystkie prawa zastrzeżone*

*Wszystkie nazwy handlowe i towarów występujące w niniejszej instrukcji są znakami towarowymi zastrzeżonymi lub nazwami zastrzeżonymi odpowiednich firm odnośnych właścicieli.*

---

Laboratorium „**Nowoczesne techniki wytwarzania w meblarstwie**”

Ćw. Nr2 „**Wpływ parametrów druku 3D na jakość otrzymanych wydruków**”

Strona 2

**Cel ćwiczenia:** Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z wpływem parametrów druku 3D na jakość otrzymanych wydruków oraz doskonalenie umiejętności wykonywania wydruków 3D wybranego obiektu.

## 1. WPROWADZENIE

Drukowanie 3D metodą FDM ma swoje zalety i wady.

Do zalet należą:

- wysoka dokładność wymiarowa nawet dla bardzo dużych detali powyżej 500 mm;
- możliwość wytwarzania kolorowych modeli;
- małe straty materiałowe;
- urządzenie nie działa na zasadzie sterowania wiązką lasera, a to powoduje, że koszt urządzenia nie jest wysoki;
- możliwość pauzowania procesu wydruku (np. możliwe jest umieszczenie wewnątrz modelu metalowej podkładki);
- szeroka gama nietoksycznych i wytrzymałych materiałów modelowych;
- możliwość wykonywania modeli o skomplikowanej geometrii.

Natomiast do wad należy zaliczyć:

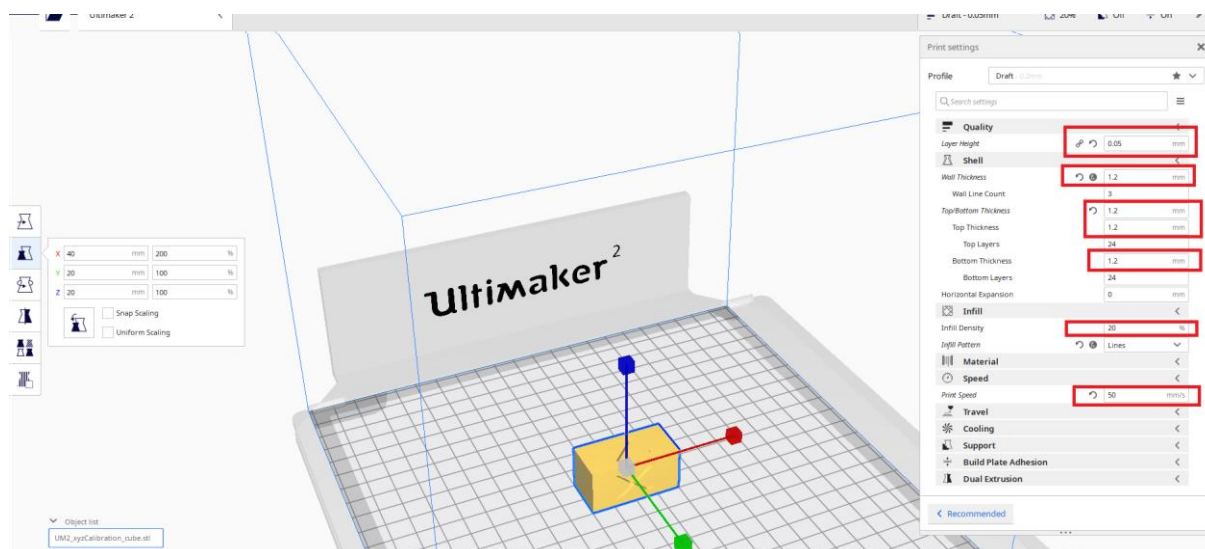
- widoczne linie podziału „nici”;
- widoczne miejsca zerwań materiału;
- niewłaściwa jakość materiałów użytych do druku (powoduje skręcanie, kurczenie i wypaczanie elementów);
- niska rozdzielczość (ze względu na grubość „nici”);
- niemożliwość wykonania drobnych detali;
- problemy podczas druku skomplikowanych kształtów;
- możliwość zatkania dyszy półpłynnym filamentem [1].

Na dokładność wydruku 3D metodą FDM ma niebagatelny wpływ ustawienie parametrów wydruku w programie „krajalnicy”, np. Cura.

Do takich najważniejszych parametrów ustawianych w programie Cura są:

- ✓ wysokość warstwy wydruku;
- ✓ grubość ścianek bocznych;
- ✓ grubość ścianek: dolnej i górnej;
- ✓ prędkość wydruku;
- ✓ procentowe wypełnienie wnętrza modelu.

Rysunek 1 przedstawia widok okna programu Cura z pokazanymi parametrami druku sześcienu kalibracyjnego.



Rysunek 1. Parametry wydruku sześcianu kalibracyjnego wraz z jego wymiarami

Parametry ustawiane w programie Cura bezpośrednio wpływające na jakość otrzymanego wydruku to:

- ✓ jakość (Quality) wysokość warstwy (Layer height) - ma ona wpływ na jakość wydruku.

Im wyższa warstwa tym gorsza jakość wydruku:

- 0,05 mm- najwyższa jakość (ustawiona na rys.1);
  - 0,1 mm- bardzo dobra jakość;
  - 0,2 mm-dobra jakość;
  - 0,3 mm- jakość robocza.
  - ✓ grubość ścian zewnętrznych (Shell thickness)- wartość wpisana musi być wielokrotnością średnicy głowicy. Jeśli mamy głowicę 0.6mm to przy podwójnej warstwie zewnętrznej (taką zalecamy) będzie wynosić 1.2mm (ustawiona na rys.1);
  - ✓ grubość dolnej i górnej ściany wydruku („Bottom/Top thickness”) - preferujemy ustawienie tej wartości na poziomie 0,6mm. Przy takiej wysokości warstwa początkowa i końcowa są odpowiednio trwałe, ale nie zużywamy na nie za dużo plastiku. Jednak może to wpłynąć na niezupełne wypełnienie górnej części modelu. Wartość ta została ustanowiona na rys. 1 równa 1,2 mm.
  - ✓ wartość wypełnienia („Infill Density”) - jest to ilość materiału wypełniającego środek bryły określona w %.
- Od ilości materiału wypełniającego zależy wytrzymałość modelu:
- 5-20 – słaba;
  - 20-40 – mocna (na rys. 1 – 20%);
  - 50-70 - nieco krucha;
  - 70-100 - materiał mało pracuje – krucha.

- ✓ prędkość („Speed) - jej zwiększenie skutkuje pogorszeniem jakości wydruku.

Przedziały prędkościowe wraz z informacją o odpowiadającej im jakości:

- 1-25 - bardzo dokładna;
- 25-50 – dokładna;
- 50-70 – niedokładna (ustawiona na rys.1 jako 50 mm/s);
- 70-100 – robocza.

Zakres dopuszczalnej prędkości drukowania jest określany dla poszczególnych materiałów:

- PLA - może być drukowana do 100 mm/s;
- PLA elastyczne- musi być drukowane wolno, do max 50 mm/s;
- PVA - wolniejsza, do max. 50mm/s;
- Nylon - wolniejsza, do max 50 mm/s;
- ABS - może być drukowana do 100mm/s.

## 2. PRZEBIEG ĆWICZENIA

1. Przygotować plik z rozszerzeniem \*.stl wybranego obiektu do druku (jest nim sześcián kalibracyjny o wymiarach: x=40mm, y=20 mm i z=20mm).
2. Wgrać ten plik do programu CURA.
3. Ustawić parametry wydruku:
  - a) średnicę dyszy głowicy drukarki – 0,6mm;
  - b) grubość warstwy – 0,05 mm;
  - c) grubość ścianek 1,2 mm;
  - d) grubość dolnej i górnej warstwy druku – 1,2 mm;
  - e) gęstość wypełnienia wydruku – 20%;
  - f) prędkość wydruku – 50 mm;
  - g) uaktywnić platformę przylegania wydruku;
  - h) ustawić temperaturę wydruku – 210 °C;
  - i) zapisać plik z rozszerzeniem \*.gcode.
4. Sprawdzić stan techniczny drukarki 3D: naciągi pasków, czystość stolika, poprawność zamontowania filamentu.
5. Włączyć drukarkę 3D, sprawdzić poziomowanie stolika i włączyć podgrzewanie stolika oraz dyszy głowicy drukarki.
6. Po podgrzaniu głowicy drukarki przeprowadzi próbne wytłaczanie filamentów.
7. Wgrać plik z programu CURA i rozpocząć wydruk.
8. Kontrolować pracę drukarki.

9. Po zakończeniu pracy drukarki i ostygnięciu wydruku - zdjęć gotowy wydruk.

Tak otrzymana próbka wydruku będzie miała nr1.

10. Powtórzyć p-pty 3,6-9 dla parametrów wydruku podanych w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie parametrów wydruku

Numer próbki	grubość warstwy	prędkość wydruku	gęstość wypełnienia	grubość ścianek	grubość dolnej i górnej warstwy druku	materiał PLA kolor
	mm	mm/s	%	mm	mm	
1	0,05	50	20	1,2	1,2	czerwony
2	0,1					
3	0,2					
4	0,3					
5	0,5					
6	0,3	10	20	1,2	1,2	czerwony
7		30				
8		80				
9		120				
10	0,3	50	10	1,2	1,2	czerwony
11			40			
12			40			
13	0,1	20	30	1,2	1,2	biały
14	0,2					
15	0,4			0,6	1,2	
16	0,2					
17	0,3	50	20	1,2	1,2	niebieski
18	0,5					

Tabela 1. Badanie wpływu grubości warstwy druku na jakość otrzymywanych wydruków

Prędkość wydruku 20 mm/s, wypełnienie – 30%											
Nr próbki	kolor	Grubość warstwy mm	Pomiary kontrolne wymiarów					Ocena wizualna wydruków			
			X	$\Delta X$	Y	$\Delta Y$	Z	$\Delta Z$	Widok boku w płaszczyźnie	FOTOGRAFIA	Opis zauważonych wad i różnic w wyglądzie
13	B	0,1							X		
									Y		
										Z	
14	B	0,2							X		
									Y		
										Z	
16*	B	0,2							X		
									Y		
										Z	
15	B	0,4							X		
									Y		
										Z	

\*- wydruk o pojedynczej warstwie drukowanych ścian

Tabela 2. Badanie wpływu grubości warstwy druku na jakość otrzymywanych wydruków

Prędkość wydruku 50 mm/s, wypełnienie – 20%											
Nr próbki	kolor	Grubość warstwy mm	Pomiary kontrolne wymiarów						Ocena wizualna wydruków		
			X	$\Delta X$	Y	$\Delta Y$	Z	$\Delta Z$	Widok boku w płaszczyźnie	FOTOGRAFIA	Opis zauważonych wad i różnic w wyglądzie
1	Cz	0,05							X		
									Y		
									Z		
2	Cz	0,1							X		
									Y		
									Z		
3	Cz	0,2							X		
									Y		
									Z		
4	Cz	0,3							X		
									Y		
									Z		
5	Cz	0,5							X		
									Y		
									Z		
17	N	0,3							X		
									Y		
									Z		
18	N	0,5							X		
									Y		
									Z		

Tabela 3. Badanie wpływu prędkości druku na jakość otrzymywanych wydruków

Grubość warstwy h=0,3 mm, wypełnienie – 20%											
Nr próbki	kolor	Prędkość druku mm/s	Pomiary kontrolne wymiarów						Ocena wizualna wydruków		
			X	$\Delta X$	Y	$\Delta Y$	Z	$\Delta Z$	Widok boku w płaszczyźnie	FOTOGRAFIA	Opis zauważonych wad i różnic w wyglądzie
6	Cz	10							X		
									Y		
									Z		
7	Cz	30							X		
									Y		
									Z		
4	Cz	50							X		
									Y		
									Z		
17	N	50							X		
									Y		
									Z		
8	Cz	80							X		
									Y		
									Z		
9	Cz	120							X		
									Y		
									Z		
									Z		



Tabela 4. Badanie wpływu wypełnienia wnętrza modelu na jakość otrzymywanych wydruków  
Grubość warstwy  $h=0,3$  mm, prędkość druku  $v=50$  mm/s

Nr próbki	kolor	Wypełnienie wnętrza modelu %	Pomiary kontrolne wymiarów						Ocena wizualna wydruków		
			X	$\Delta X$	Y	$\Delta Y$	Z	$\Delta Z$	Widok boku w płaszczyźnie	FOTOGRAFIA	Opis zauważonych wad i różnic w wyglądzie
10	Cz	10							X		
									Y		
									Z		
4	Cz	20							X		
									Y		
									Z		
17	N	20							X		
									Y		
									Z		
11	Cz	40							X		
									Y		
									Z		
12*	Cz	40							X		
									Y		
									Z		

\*- wydruk o pojedynczej warstwie drukowanych ścian

Uwaga – wydruki różnych kolorów robione na różnych drukarkach

### ***W sprawozdaniu należy:***

- Przeprowadzić pomiary boków x, y i z wydrukowanych prostopadłościanów, obliczyć różnice w otrzymanych wymiarach w porównaniu z modelem i umieścić w odpowiednich komórkach tabel 2, 3, 4 i 5.
- Wykonać fotografie 3 płaszczyzn wydrukowanych próbek i umieścić w odpowiednich komórkach tabel 2, 3, 4 i 5.
- Przeprowadzić wizualną ocenę jakości wydruków i przedstawić spostrzeżenia w odpowiednich komórkach tabel 2, 3, 4 i 5.
- Przedstawić wnioski, jakie nasunęło wykonywane ćwiczenie.

### **3. PYTANIA I ZADANIA KONTROLNE**

1. Wymień podstawowe parametry ustawienia druku 3D wpływające na jakość otrzymanych wydruków.
2. Opisz wpływ grubości warstwy nakładanego tworzywa na jakość wydruku.

3. Opisz wpływ prędkości druku na jakość wydruku 3D.
4. Opisz wpływ grubości ścian bocznych oraz ściany dolnej i górnej modelu na jakość wydruku 3D.
5. Wymień wady druku 3D metodą FDM.
6. Wymień zalety druku 3D metodą FDM.

#### **4. LITERATURA**

1. J. Dyrda, R. Dydra: O metodach Rapid Prototyping słów kilka. „Forum Narzędziowe Oberon”, nr 03 (44) / 2010.
2. Siemiński P., Budzik G.: Techniki przyrostowe. Druk, drukarki 3D, Politechnika Warszawska, Warszawa, 2015.
3. Czerwiński K., Czerwiński M.: Drukowanie w 3D. InfoAudit, Warszawa, 2013.
4. Kaziunas France A.: Świat druku: Przewodnik, Helion, Gliwice, 2014.
5. <http://omni3d.com/files/pl/manual/manual.pdf.9>.

#### **Wymagania BHP**

*Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciwpożarową oraz przestrzeganie zasad w nich zawartych. Wybrane urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym mogą posiadać instrukcje stanowiskowe. Przed rozpoczęciem pracy należy zapoznać się z instrukcjami stanowiskowymi wskazanym i przez prowadzącego.*

*W trakcie zajęć laboratoryjnych należy przestrzegać następujących zasad!*

- *Sprawdzić, czy urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym są w stanie kompletnym, nie wskazującym na fizyczne uszkodzenie.*
- *Sprawdzić prawidłowość połączeń urządzeń.*
- *Załączenie napięcia do układu pomiarowego może się odbywać po wyrażeniu zgody przez prowadzącego.*
- *Przyrządy pomiarowe należy ustawić w sposób zapewniający stałą obserwację, bez konieczności nachylania się nad innymi elementami układu znajdującymi się pod napięciem.*
- *Zabronione jest dokonywanie jakichkolwiek przełączeń oraz wymiana elementów składowych stanowiska pod napięciem.*
- *Zmiana konfiguracji stanowiska i połączeń w badanym układzie może się odbywać wyłącznie w porozumieniu z prowadzącym zajęcia.*
- *W przypadku zaniku napięcia zasilającego należy niezwłocznie wyłączyć wszystkie urządzenia.*
- *Stwierdzone wszelkie braki w wyposażeniu stanowisk oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu sprzętu należy przekazywać prowadzącemu zajęcia.*
- *Zabrania się samodzielnego włączania, manipulowania i korzystania z urządzeń nie należących do danego ćwiczenia.*
- *W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym należy niezwłocznie wyłączyć zasilanie stanowisk laboratoryjnych za pomocą wyłącznika bezpieczeństwa, dostępnego na każdej tablicy rozdzielczej w laboratorium. Przed odłączeniem napięcia nie dotykać porażonego.*