

Prototyp korpusu cewki w technologii drukowania 3D

Instrukcja do ćwiczenia laboratoryjnego

ver. 04.11.2013

Patryk Strankowski, Jarosław Guziński

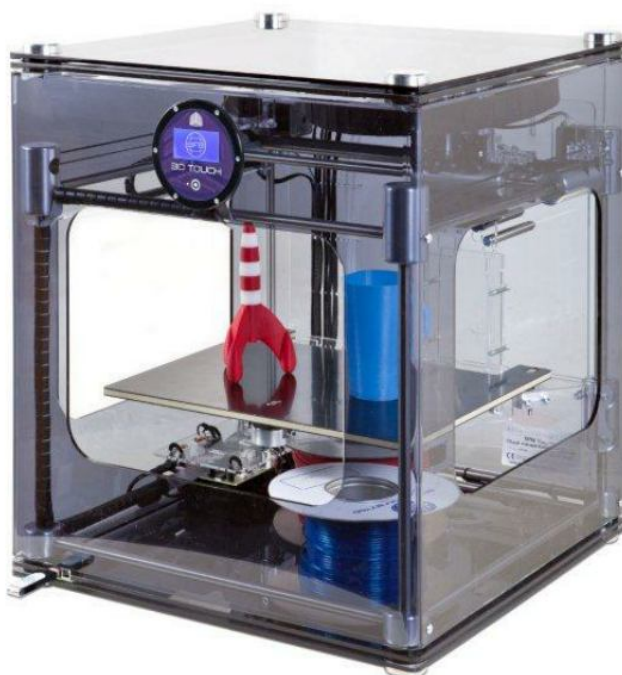
1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z technologią drukowania przestrzennego prototypowych elementów konstrukcyjnych. W ćwiczeniu projektowany jest korpus cewki przy wykorzystaniu programu z grupy CAD. Zaprojektowany element wykonywany jest na drukarce 3D.

2. Wprowadzenie

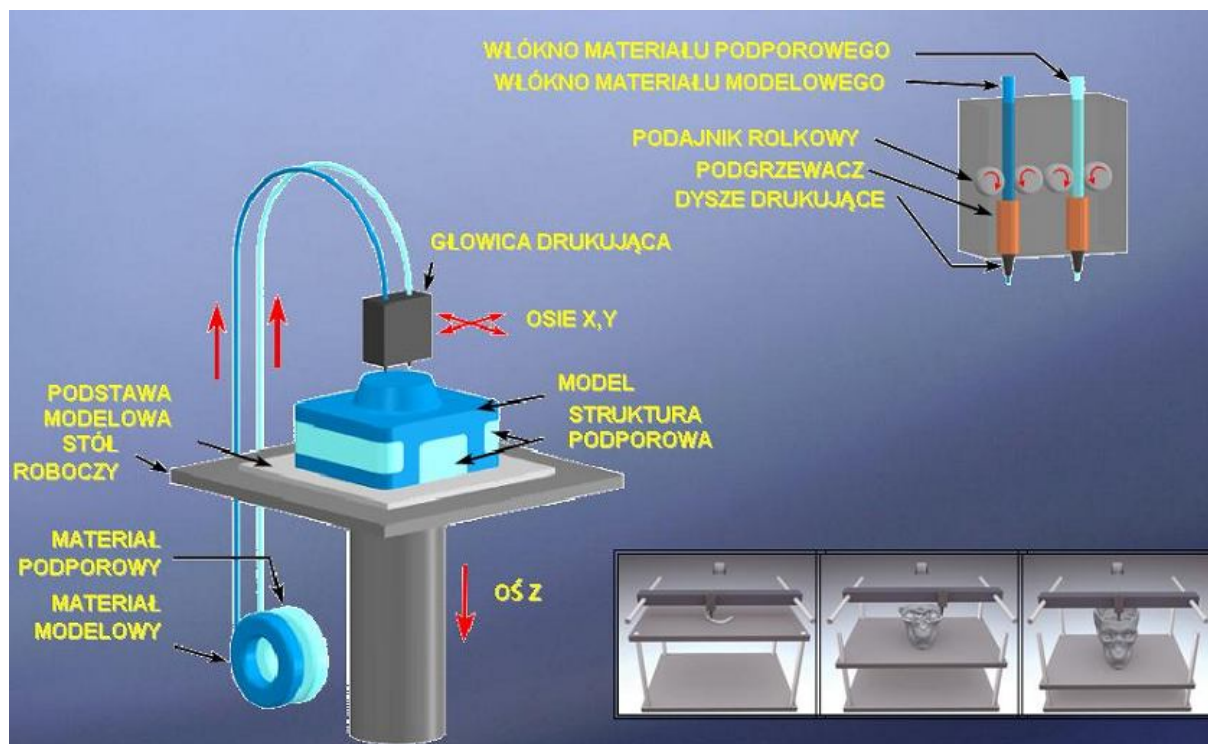
Cewki dławików i transformatorów wykonywane są z drutów miedzianych nawijanych na odpowiednio ukształtowanych korpusach nazywanych też karkasami. Korpus wykonany z materiału elektroizolacyjnego [1]. Przy produkcji wielkoseryjnej korpusy wytwarzane są z tworzywa sztucznego przez formowanie roztopionego materiału w dedykowanych formach. Wykonanie takich form jest nieekonomiczne dla konstrukcji prototypowych. Korzystniejszym jest wykorzystanie drukarek 3D.

W ćwiczeniu wykorzystywana jest drukarka firmy Bits from Bytes typu BFB-3000 3D Touch – rys. 2.



Rys. 1. Widok drukarki BFB-3000 3D Touch

Drukarka BFB-3000 3D Touch jest urządzeniem stosującym technikę FDM (ang. *Fused Deposition Modeling*). Jest to metoda polegająca na roztapianiu w głowicach drukujących tworzywa dostarczanego przez podajniki i osadzanie materiału w kolejnych warstwach na stole roboczym. Głowica wykonuje ruchy w osiach X i Y natomiast stół roboczy w osi Z. Zasadę działania urządzenia pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Zasada działania drukarki 3D w technice FDM

Grubość nanoszonych warstw tworzywa wynosi 0.025 mm. Jako materiał modelowy można wykorzystać wytrzymałe tworzywo sztuczne ABS lub biodegradowalne tworzywo PLA. Tworzywo PLA używane może być też jako materiał podporowy. Temperatura głowicy dla PLA to 195°C natomiast dla ABS to 260°C. **W ćwiczeniu model będzie wykonywany z PLA.**

Stosowanie materiału podporowego wymaga jednak czasochłonnego procesu stosowania, np. materiał podporowy PLA usuwa się przez umieszczenie modelu w wodzie o temperaturze 80°C na 48 godzin. Dlatego założono, że w ćwiczeniu **model ma być zaprojektowany tak aby nie stosować materiału podporowego.**

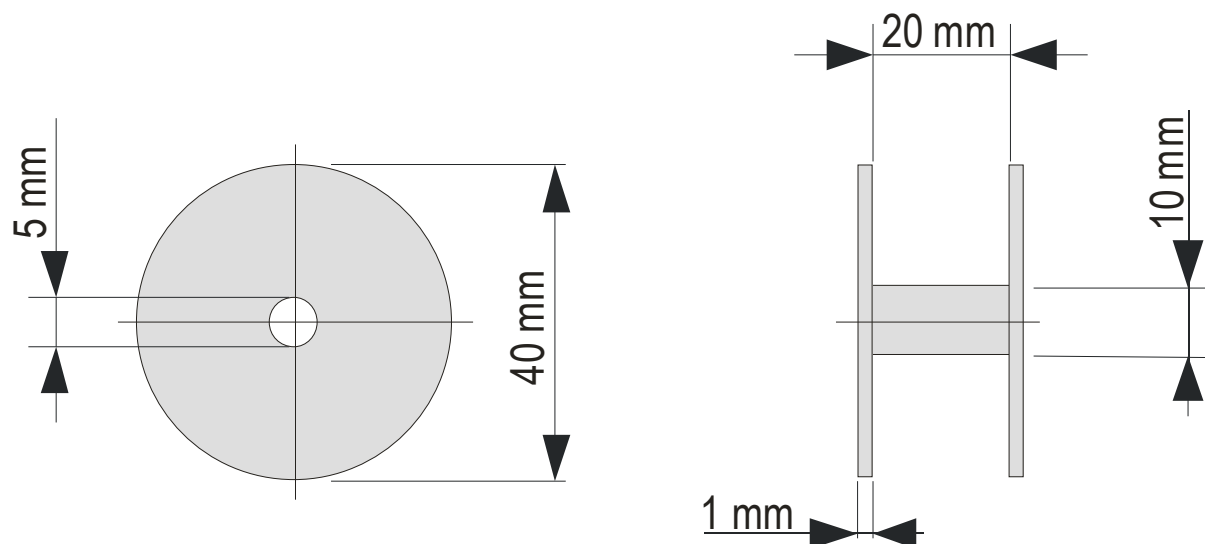
3. Projekt korpusu cewki

Do zaprojektowania korpusu cewki można wykorzystać dowolny program z grupy CAD, który umożliwia przygotowanie modeli przestrzennych oraz eksport projektu w formacie STL¹, np. komercyjny Autodesk Inventor, lub darmowe Google SketchUp, Free CAD czy też Autodesk 123D Design.

W ćwiczeniu wykorzystano darmowy program dostępny w sieci Internet - Autodesk 123D Design [2]. Zaletą tego programu jest prosta i intuicyjna obsługa oraz możliwość eksportu modelu do pliku w formacie STL.

Widok przykładowego, projektowanego karkasu pokazano na rys 3.

¹ STL – rozpowszechniony format zapisu graficznego modeli trójwymiarowych (ang. *STereoLithography*)



Rys. 3. Widok projektowanego korpusu cewki

Przed rozpoczęciem rysowania korpusu należy przewidzieć późniejszy sposób wykonania elementu na drukarce 3D. Zgodnie z założeniem prototyp ma być wykonany bez użycia materiału podporowego dlatego korpus będzie zaprojektowany i wykonany z dwóch części.

Pierwszym rysowanym elementem jest walec stanowiący podstawę korpusu. Bryła – walec dostępna jest pod: PRIMITIVES → CYLINDER (rys 4).



Rys. 4. Wybór bryły - walca

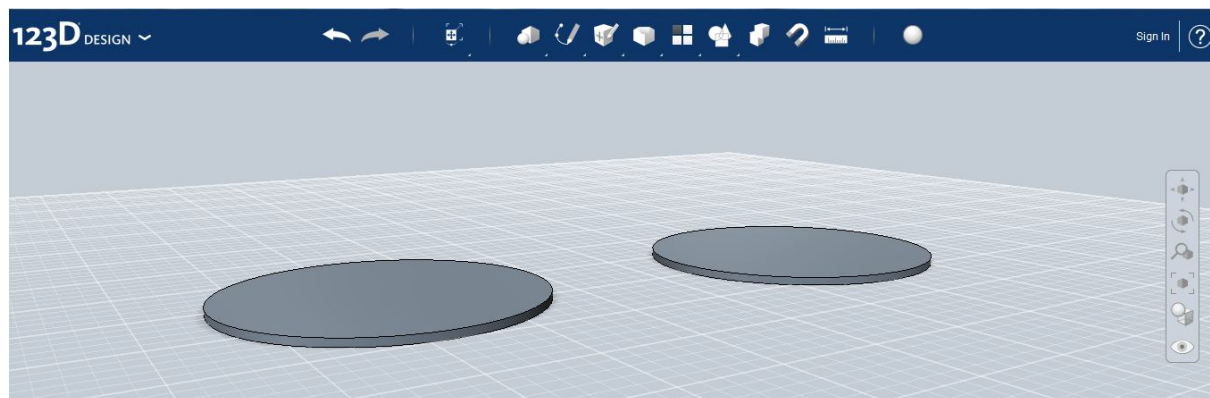
Na ekranie pojawi się walec, którego parametry można ustawić w dolnym okienku - rys. 5. Wysokość należy ustawić na 1mm a szerokość na 40 mm. Ruch myszki zmienia położenie walca.



Rys. 5. Ustawienie wymiarów walca

Przy umiejscowieniu walca należy zwrócić uwagę na obszar druku, najlepiej jest ułożyć element na środku widocznego okna.

Operację należy powtórzyć dla drugiej części korpusu. Po poprawnym wykonaniu operacji oba walce powinny wyglądać tak jak na rys. 6.



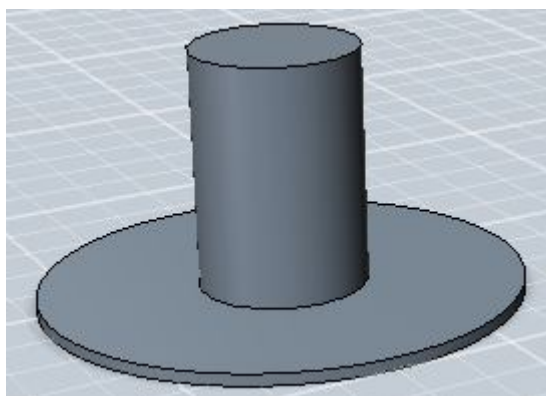
Rys. 6. Podstawy dolnej i górnej części korpusu

Aby zmienić kierunek spojrzenia na model, można posłużyć się narzędziem perspektywy znajdującym się prawej, górnej strony ekranu - rys 7.



Rys. 7. Narzędzie perspektywy do zmiany kierunku spojrzenia na model

Kolejny krok, to umieszczenie walca na podstawie części dolnej karkasu. Walec ten będzie stanowił środkową część karkasu – rys. 7.



Rys. 7. Dolna część korpusu

Należy usunąć środek walca tak aby mieściła się w nim kolumna rdzenia. Wybierając okrąg pod SKETCH → CIRCLE (rys. 8) można oznaczyć powierzchnię, która następnie będzie usunięta - rys. 9.



Rys. 8. Wybór okręgu



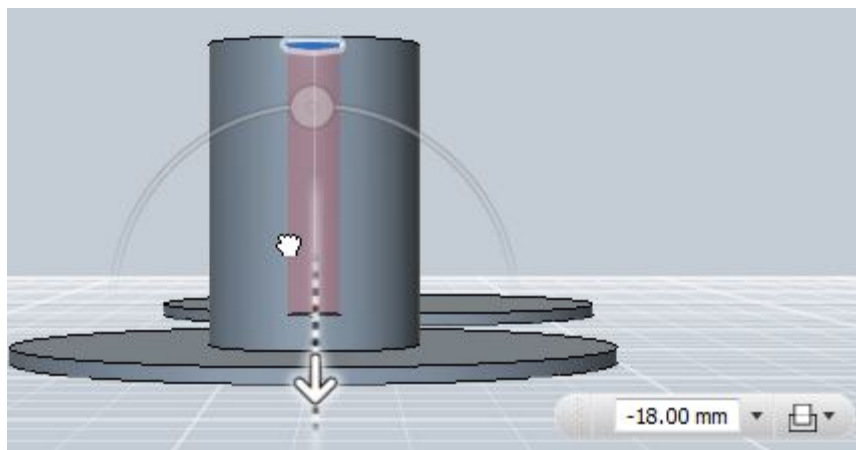
Rys. 9. Rysowanie okręgu

Następnie należy zaznaczyć koło i wybrać funkcję wytłaczania figury pod CONSTRUCT → EXTRUDE - rys. 10.

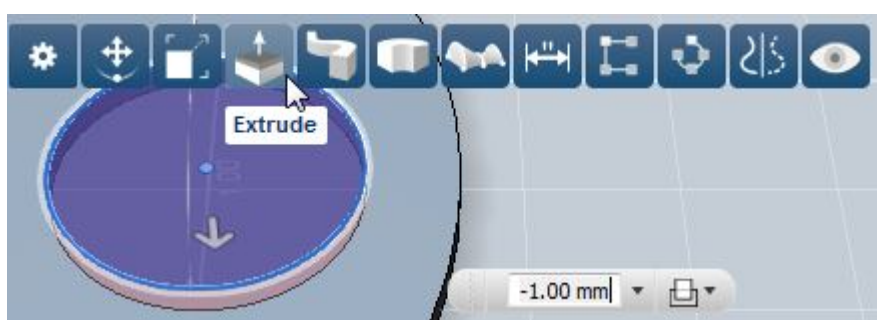


Rys. 10. Wybór funkcji EXTRUDE

Inna możliwość aktywacji funkcji EXTRUDE, to podwójne kliknięcie na obszar koła i wpisanie w ustawieniach ujemnej długości środkowego walca – rys. 11 i rys. 12.



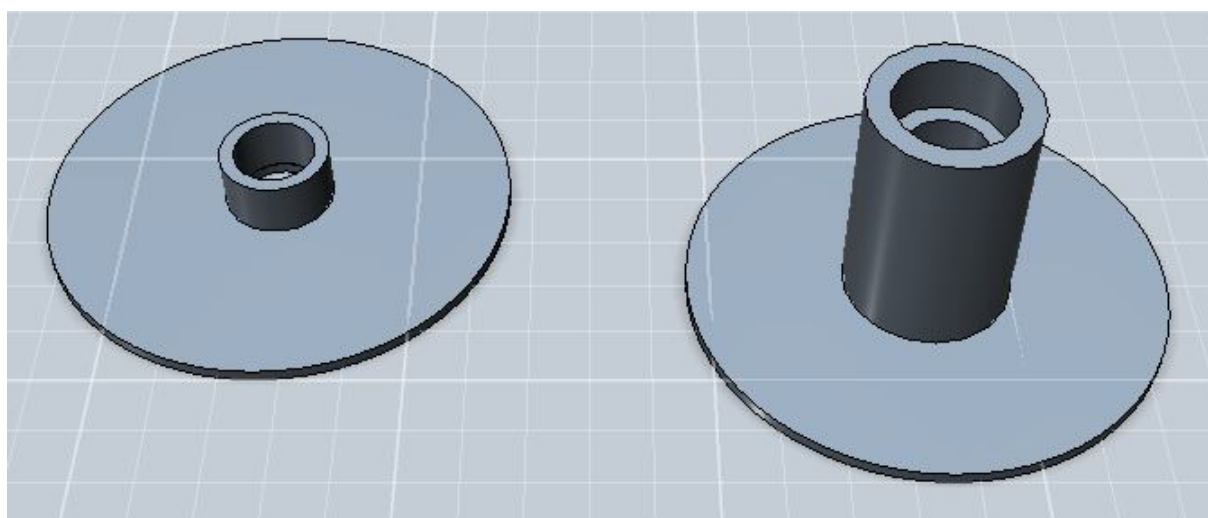
Rys. 11. Usuwanie materiału ze środka walca dolnej części korpusu cewki



Rys. 12. Usuwanie materiału ze środka walca górnej części korpusu cewki

Obie części korpusu mają być łączone na wcisk. Należy odpowiednio dobrać średnice walców.

Rezultat prac pokazano na rys. 13.



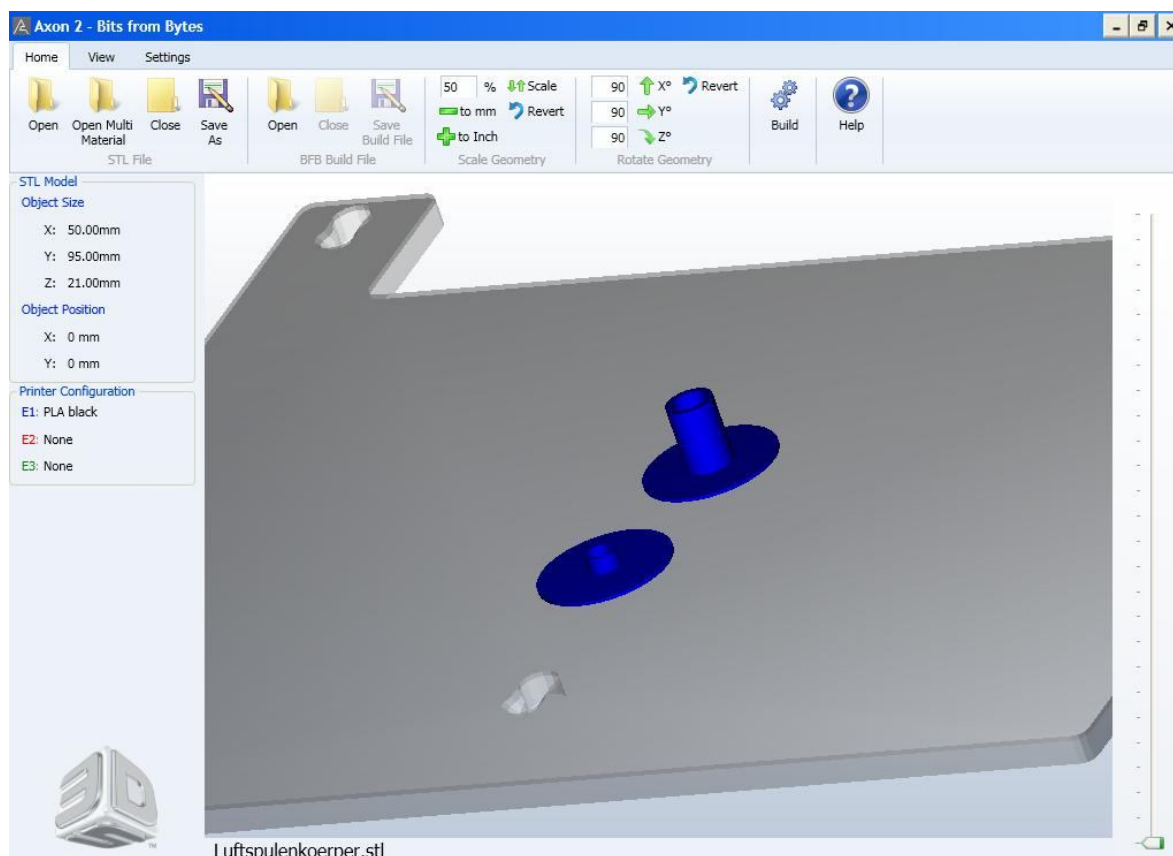
Rys. 13. Gotowe modele elementów korpusu cewki

Przygotowany projekt należy wyeksportować w formacie STL z menu 123Design→Export STL. Plik ten umożliwi późniejszy importu modelu do programu AXON, który przetworzy plik tak, aby drukarka mogła drukować opracowany wzór.

4. Przygotowanie pliku obsługi drukarki

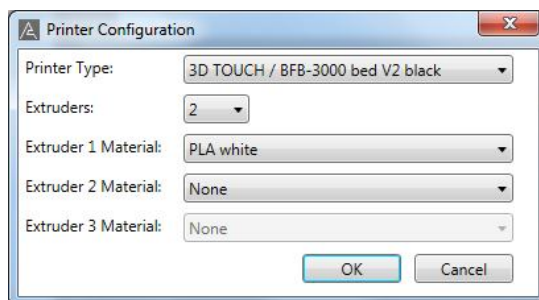
Drukarka 3D przyjmuje jako dane wejściowe plik z rozszerzeniem BFB. Plik BFB jest generowany w programie AXON 2 dedykowanym do drukarki BFB-3000 3D Touch. W programie AXON ustawiana jest orientacja modelu i określany jest rodzaj tworzywa i dokładność oraz sposób wykonania.

Do programu AXON należy zaimportować plik STL z menu STL File→OPEN. Po poprawnym zaimportowaniu pliku powinien pojawić się widok modelu – rys. 14.



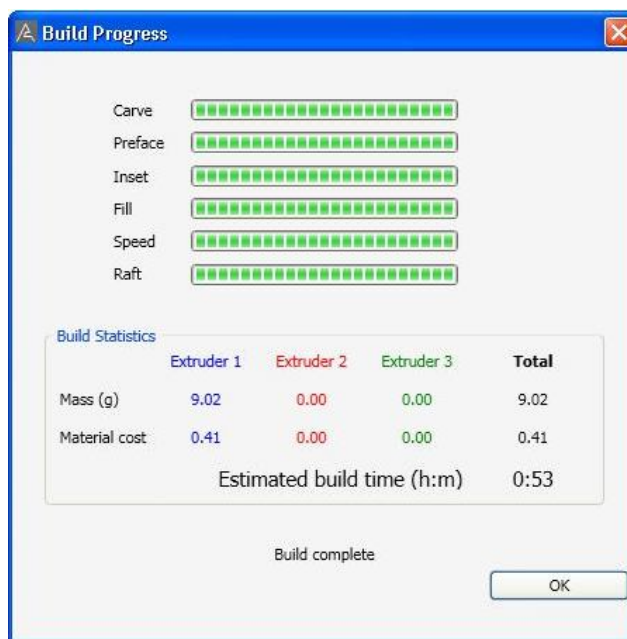
Rys. 14. Model korpusu zaimportowany w programie AXON

Następnie należy wprowadzić ustawienia drukarki dostępne w menu: SETTINGS BUILD→Printer Configuration – rys. 15



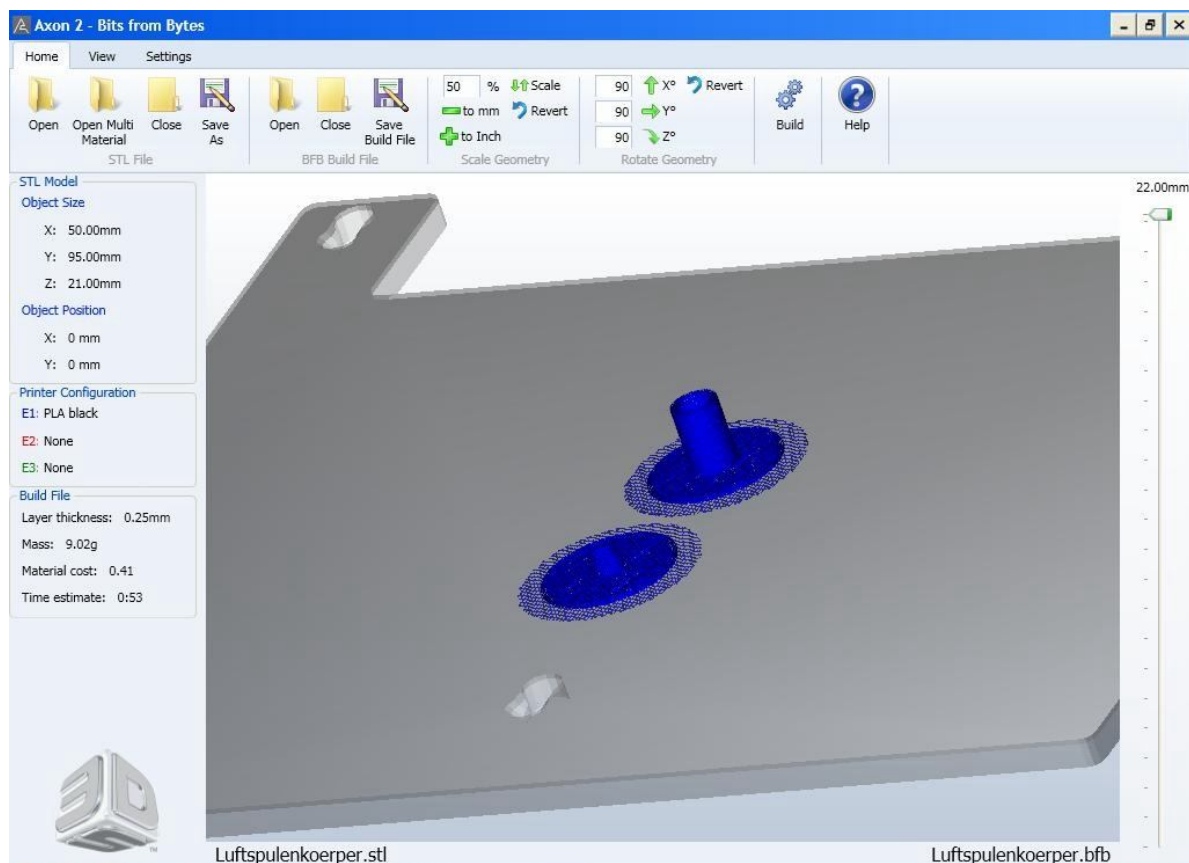
Rys. 15. Edycja ustawień drukarki

Polecenie BUILD rozpoczyna proces kompilacji modelu i tworzenia pliku wynikowego BFB – rys. 16.



Rys. 16. Proces kompilacji modelu do pliku BFB

Po zakończeniu kompilacji modelu, pojawią się dodatkowe elementy na widoku korpusu. Dodane są dodatkowe cienkie warstwy zapewniające stabilne ułożenie elementów na stole roboczym – rys. 17.



Rys. 17. Proces kompilacji modelu do pliku BFB

5. Wykonanie korpusu na drukarce BFB- 3000 3D Touch

Plik z rozszerzeniem BFB przygotowany w programie AXON należy przegrać na pamięć USB. Pamięć podłączyć do drukarki – rys. 18.



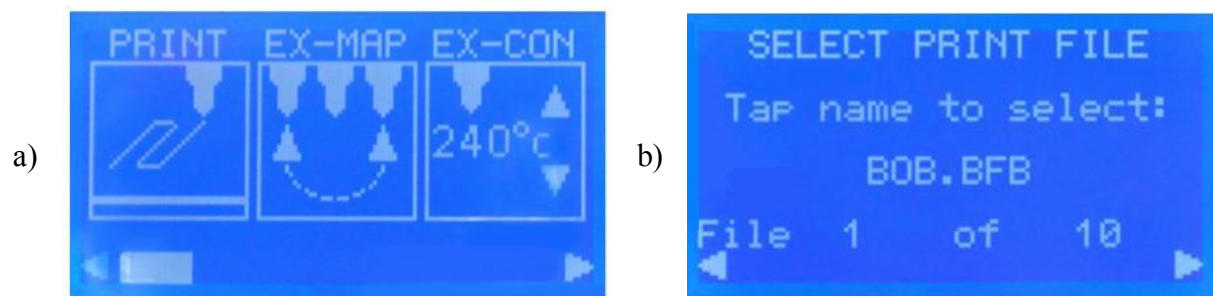
Rys. 18. Przeniesienie pliku BFB do drukarki przez pamięć USB

Obsługa drukarki odbywa się za pomocą przycisku i dotykowego panelu sterującego – rys. 19.



Rys. 19. Panel sterujący drukarki 3D

Na panelu drukarki wybrać na ekranie polecenie PRINT (rys. 20a) i wybrać nazwę pliku z projektem (rys. 20b)



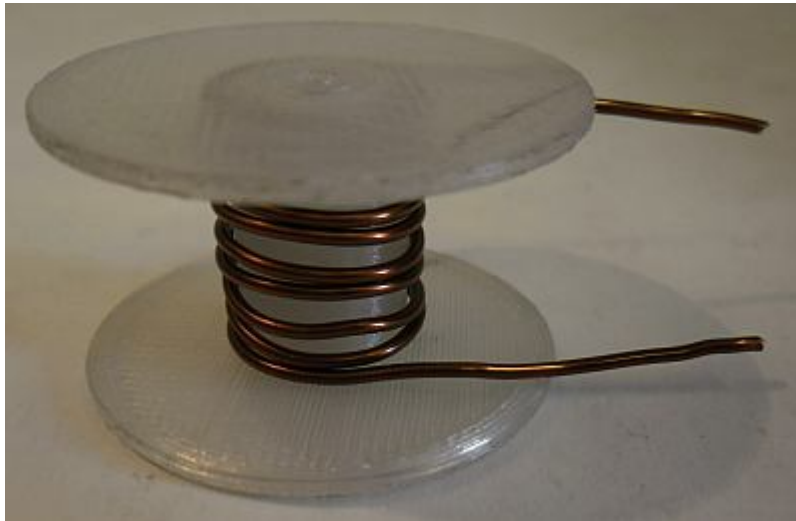
Rys. 20. Panel sterujący: a) polecenie drukowania, b) wybór pliku modelu

Po wybraniu pliku drukarka automatycznie rozpoczyna proces drukowania. Dla przykładowego modelu drukowanie trwa ok. 60 min.

Widok gotowego modelu korpusu pokazano na rys. 21 i rys. 22.



Rys. 21. Gotowy korpus cewki



Rys. 22. Uzwojenie miedziane nawinięte na korpus cewki

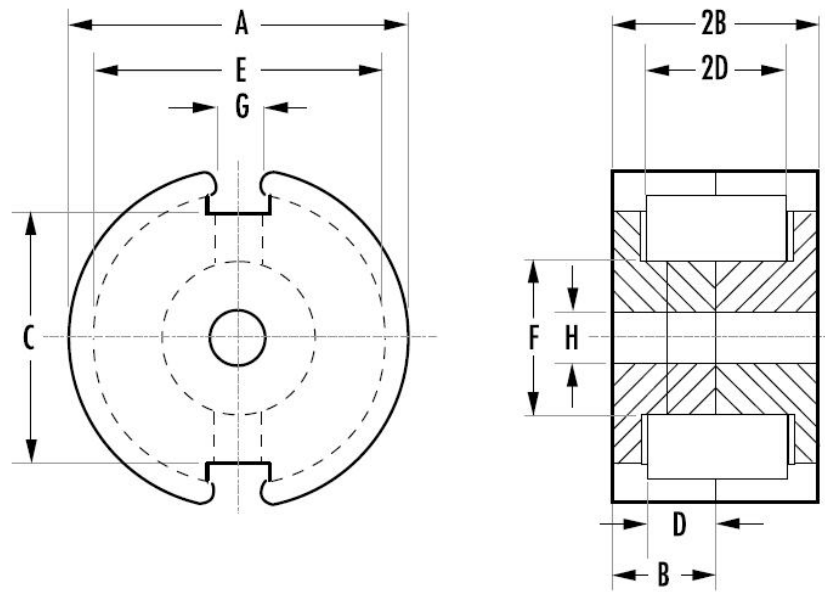
6. Program ćwiczenia

1. Narysować model korpusu cewki. Wymiary modelu dobrać do rdzenia wskazanego przez prowadzącego.
2. Przygotować plik BFB dla drukarki.
3. Wydrukować korpus.

7. Literatura

1. Konopiński T., Pac R.: *Transformatory i dławiki elektronicznych urządzeń zasilających*. WNT, Warszawa 1979.
2. Strona WWW programu Autodesk 123D Design: www.123dapp.com/design
3. Strona WWW firmy Bits from Bytes: www.bitsfrombytes.com/
4. Strona WWW firmy MAGNETICS: www.mag-inc.com
5. MAGNETICS: *Ferrite cores*. 2012 Catalogue.

8. Załącznik – dane rdzeni ferrytowych kubkowych MAGNETICS



TYPE/SIZE	ORDERING CODE	DIMENSIONS (mm)									
		A	B	2B	C	D	2D	E	F	G	H
PC 7/4	0_40704UG	7.24 ± 0.15	2.08 ± 0.05	4.16 ± 0.1	4.72 nom	1.4 min	2.79 min	5.74 min	3.0 max	1.52 min	1.09 ± 0.05
PC 9/5	0_40905UG	9.3 + 0/-0.3	2.7 + 0/-0.15	5.4 + 0/-0.3	6.5 ± 0.25	1.8 + 0.15/-0	3.6 + 0.3/-0	7.5 + 0.25/-0	3.9 + 0/-0.2	2.0 ± 0.2	2.04 + 0.06/-0
PC 11/7	0_41107UG	11.1 ± 0.2	3.25 ± 0.05	6.5 ± 0.1	6.8 ± 0.25	2.2 + 0.15/-0	4.4 + 0.3/-0	9.0 + 0.4/-0	4.7 + 0/-0.2	2.2 ± 0.3	2.1 ± 0.1
PC 11/9	0_41109UG	11.28 + 0/-0.4	3.43 ± 0.08	6.86 ± 0.16	7.54 ± 0.2	2.48 ± 0.08	4.96 ± 0.16	9.0 + 0.4/-0	4.7 + 0/-0.2	1.8 + 0.3/-0	2.0 + 0.08/-0
PC 14/8	0_41408UG	14.3 + 0/-0.5	4.18 ± 0.06	8.35 ± 0.13	9.5 ± 0.3	2.8 + 0.2/-0	5.6 + 0.4/-0	11.6 + 0.4/-0	6.0 + 0/-0.2	2.7 + 1.2/-0	3.1 ± 0.1
PC 18/11	0_41811UG	18.0 ± 0.4	5.3 ± 0.05	10.6 ± 0.1	13.4 ± 0.3	3.7 ± 0.1	7.4 ± 0.2	15.15 ± 0.25	7.45 ± 0.15	3.8 ± 0.6	3.1 ± 0.1
PC 18/14	0_41814UG	18.0 ± 0.4	7.1 ± 0.2	14.2 ± 0.4	11.8 ± 0.25	5.05 + 0.2/-0	10.1 + 0.4/-0	14.0 + 0.4/-0	7.4 + 0/-0.3	3.6 + 0.3/-0	3.1 ± 0.08
PC 22/13	0_42213UG	22.0 + 0/-0.8	6.7 ± 0.1	13.4 ± 0.2	15.0 ± 0.4	4.6 + 0.2/-0	9.2 + 0.4/-0	17.9 + 0.6/-0	9.4 + 0/-0.3	3.8 ± 0.6	4.4 + 0.3/-0
PC 26/16	0_42616UG	25.5 ± 0.5	8.05 ± 0.1	16.1 ± 0.2	18.0 ± 0.4	5.5 min	11.0 min	21.6 ± 0.4	11.3 ± 0.2	3.8 ± 0.6	5.5 ± 0.1
PC 28/23	0_42823UG	27.7 ± 0.4	11.43 ± 0.15	22.86 ± 0.3	19.7 nom	8.15 min	16.3 min	22.0 min	12.88 max	3.81 min	5.56 ± 0.1
PC 30/19	0_43019UG	30.0 ± 0.5	9.45 ± 0.05	18.9 ± 0.1	20.5 ± 0.5	6.5 min	13.0 min	25.4 ± 0.4	13.3 ± 0.2	4.3 ± 0.6	5.5 ± 0.1
PC 36/22	0_43622UG	35.6 ± 0.6	10.95 ± 0.05	21.9 ± 0.1	26.2 ± 0.6	7.3 min	14.6 min	30.4 ± 0.5	15.9 ± 0.3	4.9 ± 0.6	5.55 ± 0.15
PC 42/29	0_44229UG	42.4 ± 0.7	14.7 ± 0.05	29.4 ± 0.1	32.0 ± 0.7	10.15 min	20.3 min	36.3 ± 0.7	17.4 ± 0.3	5.1 ± 0.6	5.55 ± 0.15

TYPE/SIZE	ORDERING CODE	NOMINAL A_L (mH / 1000 turns)								
		R	P	F	T	J	W	C	E	V
PC 7/4	0_40704UG	886	964	1,200		2,257	4,286		900	950
PC 9/5	0_40905UG	1,013	1,100	1,365		2,727	6,029	640		
PC 11/7	0_41107UG	1,533	1,667	2,000		3,900	7,666	800	1,650	1,800
PC 11/9	0_41109UG	1,467	1,573	1,900						
PC 14/8	0_41408UG	2,053	2,240	2,800	2,800	5,073	8,400	1,100	2,100	2,240
PC 18/11	0_41811UG	3,067	3,333	4,000		7,500	12,000	1,400	3,000	3,650
PC 18/14	0_41814UG	3,076	3,268	3,350		5,088				
PC 22/13	0_42213UG	4,040	4,400	4,900	5,200	9,100	16,000	1,700	3,900	4,650
PC 26/16	0_42616UG	5,213	5,667	6,350		11,700	20,000			6,000
PC 28/23	0_42823UG			7,000						
PC 30/19	0_43019UG	6,680	7,267	8,100		15,100	25,000	2,800	8,000	7,000
PC 36/22	0_43622UG	8,700	9,467	10,200	10,800	17,500	32,667			9,000
PC 42/29	0_44229UG	9,200	10,000	12,000			40,000			9,000

TYPE/SIZE	ORDERING CODE	MAGNETIC DATA						HARDWARE	
		I_o (mm)	A_o (mm ²)	A min (mm ²)	V_o (mm ³)	WaAc (cm ⁴)	Weight (grams per set)	Bobbins	Clips
PC 7/4	0_40704UG	9.9	7.0	5.9	69	0.002	0.5	✓	
PC 9/5	0_40905UG	12.5	10.1	8.0	126	0.003	0.8	✓	✓
PC 11/7	0_41107UG	15.5	16.2	13.2	251	0.006	1.8	✓	✓
PC 11/9	0_41109UG	16.2	16.3	13.2	264	0.01	1.9		
PC 14/8	0_41408UG	19.8	25.1	19.8	495	0.02	3.2	✓	✓
PC 18/11	0_41811UG	25.8	43.3	36.0	1,120	0.07	6.4	✓	✓
PC 18/14	0_41814UG	29.3	42.6	36.0	1,248	0.09	7.4		
PC 22/13	0_42213UG	31.5	63.4	50.9	2,000	0.18	13	✓	✓
PC 26/16	0_42616UG	37.6	93.9	77.4	3,530	0.39	20	✓	✓
PC 28/23	0_42823UG	48.1	128	101	6,160	0.58	32	✓	
PC 30/19	0_43019UG	45.2	137	116	6,190	0.74	34	✓	✓
PC 36/22	0_43622UG	53.2	202	172	10,700	1.53	57	✓	✓
PC 42/29	0_44229UG	68.6	265	214	18,200	3.68	104	✓	✓