

# Koncepcja systemu podawania materiału w drukarkach 3D wykorzystującego zużyty materiał w technologii FDM

The concept of the material supply system in 3D printer using a wear FDM material

WOJCIECH KIŃSKI  
PAWEŁ PIETKIEWICZ\*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.7.78>

Prezentujemy model koncepcyjny wylączarki drukującej z materiału pochodzącego z odpadów po procesie wydruku i z nieudanych modeli. Zwrócono uwagę na budowę głowicy drukującej wraz z wylączarką przystosowaną do rozdrobionych części z tworzyw sztucznych. Celem takiego rozwiązania jest ograniczenie odpadów z procesu wydruku.

**SŁOWA KLUCZOWE:** drukarka 3D, FDM, wylączarka, recycling

*Presented is a conceptual model of an extruder that prints from waste after the printing process as well as from unsuccessful models. Particular attention was paid to the construction of the print head with an extruder adapted to previously fragmented plastic parts. The purpose of this solution is to reduce waste from the printing process.*

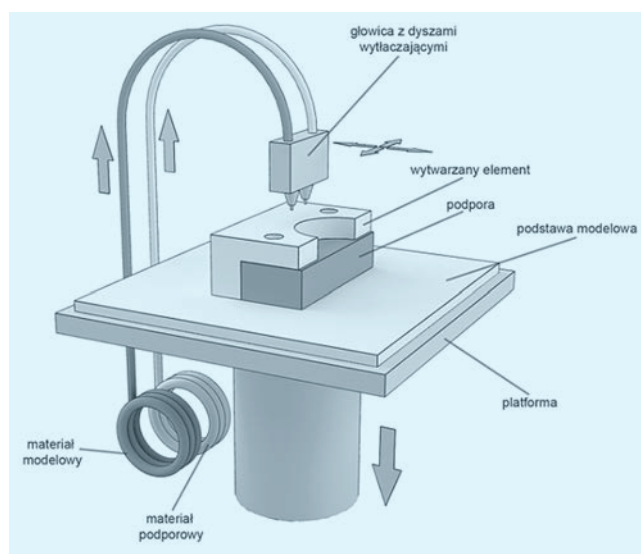
**KEYWORDS:** 3D printer, FDM, extruder, recycling

Druk 3D jest zaliczany do metod wytwarzania addytywnego, polegających na wytwarzaniu fizycznych obiektów trójwymiarowych na podstawie modelu komputerowego. Pierwsze techniki drukowania przestrzennego zostały opracowane w latach 80. XX w. Jednak dopiero na początku XXI w. nastąpił właściwy rozwój tej dziedziny [1] ze względu na opatentowanie różnych technologii.

## Technika FDM

Techniki druku przestrzennego różnią się od siebie m.in.: dokładnością wykonania modelu rzeczywistego, rodzajami obsługiwanych materiałów, prędkością druku oraz przeznaczeniem (różne technologie mają odrębne zastosowania). Najpopularniejszą techniką druku 3D jest osadzanie topionego materiału (FDM – *fused deposition modeling*).

Technologia ta jest tożsama z FFF (*fused filament fabrication*), LPD (*layer plastic deposition*) oraz MEM (*melted and extruded modeling*). Materiał służący do budowy modelu jest podgrzewany w głowicy do temperatury topnienia, a następnie wylączany poprzez dyszę [5]. Głowica z dyszami wylączającymi steruje przepływem materiału i porusza się w strefie roboczej urządzenia. Materiał jest dostarczany do wylączarki w formie drutu. Zasadę działania urządzeń drukujących wykorzystujących tę metodę przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Technologia FDM [2]

W metodzie FDM, podobnie jak w przypadku pozostałych technik, model powstaje poprzez nakładanie materiału termoplastycznego warstwa po warstwie. Stopiony materiał jest spajany z wcześniej położonymi warstwami podczas stygnięcia. Nakładanie kolejnych warstw trwa aż do uzyskania pełnej wysokości detalu. Struktury podporowe są budowane zazwyczaj z wykorzystaniem tej samej wylączarki.

Do głównych zalet techniki FDM można zaliczyć:

- wysoką dokładność wymiarową rzędu  $\pm 0,02$  do  $\pm 0,3$  mm w zależności od sposobu orientacji w komorze roboczej,
- niski koszt zakupu i eksploatacji urządzeń drukujących,
- możliwość stosowania rozpuszczalnych materiałów podporowych,
- dużą bazę materiałów przeznaczonych do druku,
- możliwość pracy w warunkach biurowych,
- łatwy post processing wydrukowanych detali.

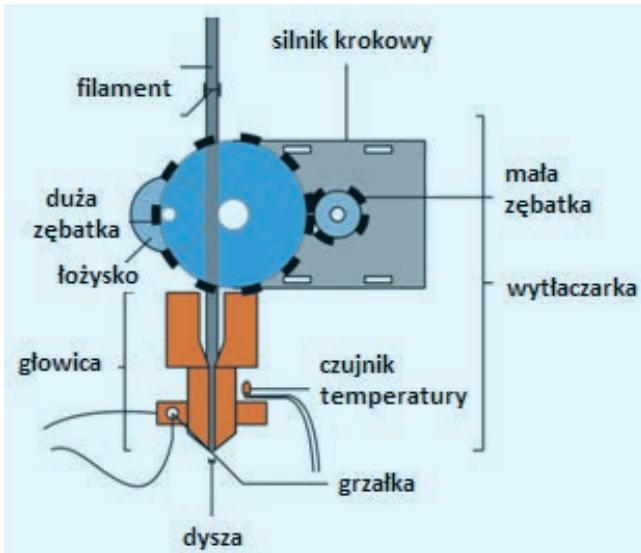
## Typy wylączarek

Obecnie w drukarkach pracujących w technologii FDM materiał jest podawany do wylączarki w formie drutu. Są dwa typy rozwiązań wylączarek:

- wylączarka bezpośrednia,
- wylączarka typu „Bowden”.

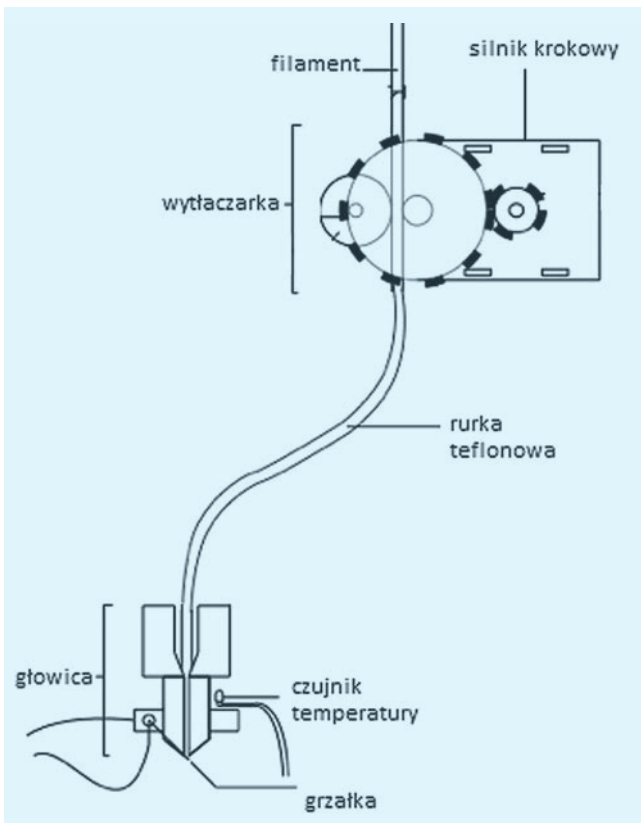
\* Mgr inż. Wojciech Kiński (wojciech.kinski@uwm.edu.pl), dr inż. Paweł Pietkiewicz (papiet@uwm.edu.pl) – Wydział Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Wytłaczarka z napędem bezpośrednim (rys. 2) jest montowana bezpośrednio przed samą głowicą drukującą. Napęd jest zapewniony przez silnik krokowy, często sprzęgnięty z przekładnią. To rozwiązanie cechuje się prostotą działania oraz niezawodnością. Wadą takiej metody realizacji przesuwu materiału jest duży ciężar karetki, przez co jej ruchy powodują duże siły bezwładności działające na konstrukcję wsporczą drukarki.



Rys. 2. Schemat i budowa wytłaczarki z napędem bezpośrednim [3]

W porównaniu z wytłaczarką montowaną bezpośrednio, w wytłaczarce typu „Bowden” (rys. 3) wytłaczarka i głowica drukująca są oddzielone od siebie rurką teflonową. Ma to na celu obniżenie masy oraz zmniejszenie wymiarów karetki.



Rys. 3. Podawanie filamentu w wytłaczarce typu „Bowden” [4]

Wytłaczarka wraz z silnikiem krokowym jest montowana zazwyczaj do obudowy drukarki 3D. Filament podawany przez wytłaczarkę przemieszcza się w rurce teflonowej, pełniąc funkcję przewodnicy. Między filamentem znajdującym się wewnątrz rurki a jej ściankami znajduje się wolna przestrzeń, która przyczynia się do wyboczenia materiału. Stopień wyboczenia materiału może mieć znaczenie dla równomiernego tempa podawania materiału do strefy, w której następuje jego przetopienie [4]. Z tego powodu rozwiązanie typu „Bowden” nie jest przeznaczone do drukowania z tworzyw charakteryzujących się wysoką elastycznością oraz kruchością (jak niektóre kompozyty).

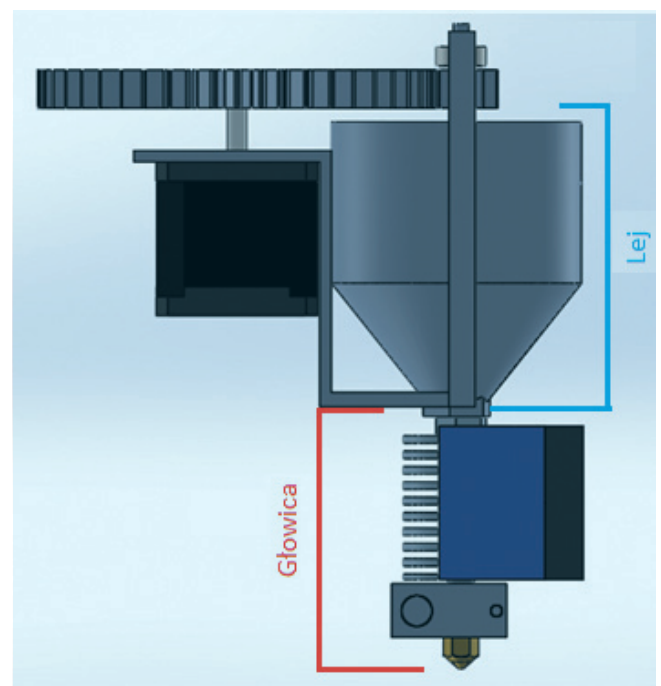
### Koncepcja budowy wytłaczarki

Rozwiązania podawania materiału w druku 3D do głowicy wymagają stosowania określonej formy materiału – tzw. filamentu. Do jego podstawowych parametrów należy średnica, która powinna być stała na całej długości filamentu.

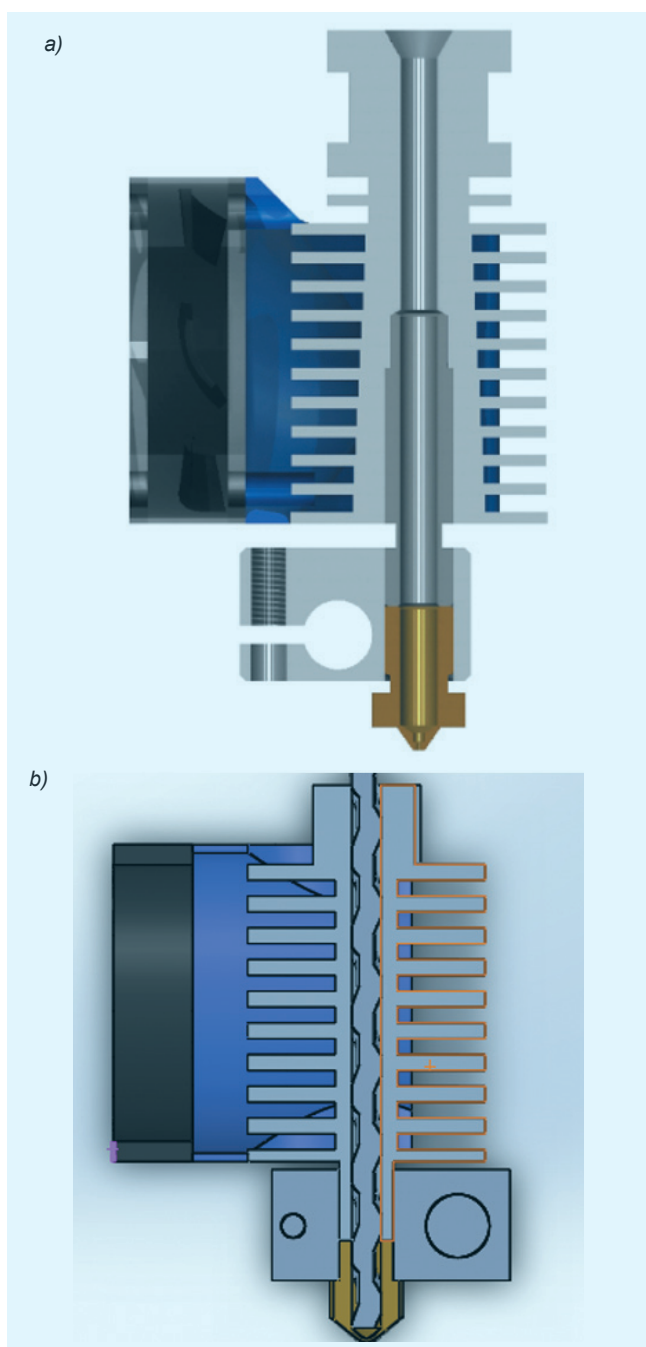
Podczas wykonywania wydruków w technologii FDM powstaje znaczna ilość odpadu. Wynika to głównie z konieczności stosowania tzw. elementów podporowych. W przypadku problemów związanych z działaniem głowicy drukującej lub wytłaczarki filamentu, może się on blokować, powodując powstawanie dodatkowych odpadów. Szacuje się, że masa odpadu może sięgać ok. 20% masy wydruku.

Po przeanalizowaniu stosowanych rozwiązań podawania materiału do głowicy opracowano koncepcję podawania materiału drukującego w postaci granulatu. Jest to forma pozwalająca na wykorzystanie odpadów z wydruków. Zastosowanie granulatu spowodowałoby także wyeliminowanie problemów związanych z odchyłkami średnicy filamentu od wymiaru nominalnego. Granulat tworzyw sztucznych stosowanych w druku 3D jest dostępny na rynku.

Koncepcję systemu podawania materiału drukującego do głowicy przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Koncepcja systemu podawania materiału drukującego w postaci granulatu



Rys. 5. Przekrój głowicy drukującej: E3D v6 (a); koncepcja budowy głowicy (b)

Opracowany system podawania materiału drukującego wymaga zastosowania konstrukcji składającej się z trzech elementów: zasobnika, podajnika granulatu oraz głowicy drukującej.

Z uwagi na potrzebę zachowania zwartej budowy, system podawania materiału stanowi odrębny moduł konstrukcji drukarki 3D.

Zasobnik, którego dolna część ma postać stożka, zapewnia możliwość ciągłego podawania materiału do dyszy. Aby uniezależnić prędkość podawania granulatu od jego ilości w zasobniku, zastosowano podajnik granulatu w postaci specjalnie ukształtowanego pręta. Zapewnia on zachowanie wolnych przestrzeni między nim a ściankami bocznymi głowicy drukującej. W przestrzeniach tych przemieszcza się granulaty. Ruch obrotowy pręta podającego powoduje przesuwanie się ziaren granulatu w dół. Napęd zapewniają silnik krokowy oraz przekładnia zębata.

Materiał w postaci granulatu jest transportowany do komory przetopu, będącej elementem głowicy drukującej. Schemat budowy głowicy przedstawiono na rys. 5 i porównano z jedną z głowic stosowanych w drukarkach 3D.

Według opracowanej koncepcji głowica drukująca ma analogiczną budowę jak powszechnie stosowane głowice. Zakłada się, że dysza prowadząca materiał do komory przetopu będzie miała stałą średnicę. Umieszczony w dyszy pręt wykonuje ruch obrotowy. Dzięki jego kształtowi materiał do druku w formie granulatu będzie się przemieszczał wzdłuż pręta. Po dotarciu do komory przetopu będzie wyciskany z głowicy poprzez dyszę.

Główne cechy proponowanego systemu podawania materiału drukującego:

- dostarczanie do głowicy drukującej materiału w formie sypkiej (granulatu tworzywa),
- kontrola tempa podawania materiału drukującego do głowicy poprzez dobór obrotów pręta podajnika,
- możliwość wykorzystania materiału pochodzącego z odpadu,
- większa kontrola nad prędkością podawania materiału oraz jej zmianami podczas wydruku modelu,
- potrzeba opracowania systemu zasypywania zasobnika granulatem.

## Podsumowanie

Drukarki 3D wykorzystujące metodę FDM (komercyjne oraz projekty typu RepRap) pozwalają na drukowanie z tworzywa sztucznego w formie drutu. W związku z tym, że drukarki są wykorzystywane głównie do tworzenia i budowy prototypów, wiele wydrukowanych części po krótkotrwałym użytkowaniu staje się niepotrzebne. Podczas wydruku większości modeli niezbędne jest także stosowanie tzw. elementów podporowych, które po zakończeniu wydruku są usuwane i stanowią odpad produkcyjny. Omówione w artykule rozwiązanie systemu podawania materiału do druku w technologii FDM w postaci granulatu może pozwolić na wykorzystanie traconego w ten sposób materiału.

Ze względu na brak publikowanych wyników badań naukowych dotyczących wpływu ponownie przetopionego tworzywa sztucznego na jakość wydruku, opracowanie koncepcji systemu podawania granulatu będzie początkiem badań na Wydziale Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, mających na celu opracowanie konstrukcji całego modułu do drukarek 3D, który być może uda się zastosować w różnych modelach drukarek dostępnych na rynku.

## LITERATURA

1. Czerwiński K., Czerwiński M. „Drukowanie w 3D”. Warszawa 2013.
2. <https://drukarki3d.pl/technologie/fdm/> (dostęp: 20.03.2018).
3. <https://www.engineersgarage.com/articles/3d-printing-processes-material-extrusion> (dostęp: 20.03.2018).
4. Kiński W., Pietkiewicz P. „Główne parametry eksploatacyjne wpływające na jakość wydruków w technologii FDM”. *Przegląd Mechaniczny*. 6 (2017): s. 54–56.
5. Wimpenny D.I., Pulak M., Pandey L., Kumar J. „Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies”. Springer, 2017. ■