

Analiza termiczna głowicy drukarki 3D

Analysis of thermal 3D printer head

WOJCIECH KIŃSKI
KRZYSZTOF NALEPA
WOJCIECH MIĄSKOWSKI *

Materiały z XX SKWPPWiE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.144

W artykule przedstawiono rozwiązanie konstrukcyjne typowej głowicy drukującej chłodzonej powietrzem, wykorzystywanej w drukarkach 3D w technologii FDM oraz innowacyjnej głowicy, w której zastosowano chłodzenie cieczą. Dla obu wariantów została wykonana analiza termiczna przy użyciu programu SolidWorks Flow.

SŁOWA KLUCZOWE: drukarka 3D, badanie termiczne

The article presents the design solution of typical air-cooled printing head used in FDM technology 3D printers and innovational head, in which the liquid cooling has been applied. Both variants were thermally analyzed using SolidWorks Flow package.

KEYWORDS: 3D printer, thermal tests

Rozwój technik szybkiego prototypowania prowadzi do coraz powszechniejszego stosowania drukarek 3D. Jedną z najtańszych, a przez to najpowszechniejszych technologii stał się druk FDM (*fused deposition modeling*). W tej technologii termoplastyczny materiał tworzący wydruk (filament) podawany jest do głowicy drukującej. Celem głowicy drukującej jest przetapianie tworzywa sztucznego i nanoszenie go na platformę roboczą urządzenia. Obecnie stosuje się wiele rozwiązań głowic drukarek 3D, które różnią się od siebie konstrukcją oraz użytymi materiałami.

Prawidłowo skonstruowana i pracująca głowica powinna zapewnić doprowadzenie materiału do stanu umożliwiającego precyzyjne wytłaczanie w strefę druku (upłynnienie przez podgrzanie do odpowiedniej temperatury). Ogrzewana jest strefa końcowa głowicy, w pobliżu dyszy wylotowej. Dystrybucja ciepła wzdłuż toru przemieszczania się filamentu powoduje powstawanie niekorzystnych warunków przesuwania materiału. Podgrzany materiał staje się elastyczny, co może powodować zapychanie się otworów doprowadzających materiał do strefy przetapiania. Dlatego projektuje się głowice, tworząc w nich strefy o różnych temperaturach.

Przedmiot badań

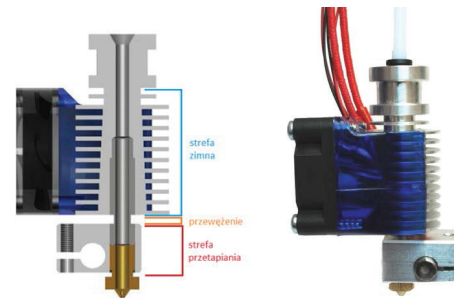
Analizie termicznej zostały poddane dwie głowice drukujące: chłodzona powietrzem głowica E3D v6 oraz model głowicy z chłodzeniem wodnym zaproponowany przez autorów niniejszego artykułu. Głowica E3D cechuje się wysoką jakością wykonania oraz użytymi materiałami, co przekłada się na jakość drukowanych modeli.

Każda głowica posiada różne strefy ciepła, które odgrywają kluczową rolę w jej poprawnym funkcjonowaniu. Na rys. 1 przedstawiono rozmieszczenie stref ciepła w badanej głowicy E3D.

Można wyszczególnić trzy główne strefy ciepła: strefa przetapiania, przewężenie, strefa zimna.

W strefie przetapiania panuje najwyższa temperatura. Zadaniem realizowanym w tej strefie jest rozgrzewanie tworzywa sztucznego do temperatury topnienia. W bločku grzewczym zamontowane zostały grzałka oraz czujnik temperatury, który kontroluje i utrzymuje temperaturę na zadanym poziomie.

* Wojciech Kiński (wojtekinski@wp.pl); Krzysztof Nalepa (nalepa@uwm.edu.pl); Wojciech Miąskowski (wojmek@uwm.edu.pl) – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Wydział Nauk Technicznych



Rys. 1. Strefy ciepła głowicy E3D oraz widok rzeczywisty głowicy

Zadaniem przewężenia jest odizolowanie strefy cieplej od strefy zimnej głowicy. Dzięki temu, że w miejscu przewężenia znajduje się tuleja o niewielkim przekroju, transport ciepła o wysokim poziomie temperatury ze strefy przetapiania jest utrudniony i w mniejszym stopniu oddziałuje na strefę zimną.

Celem strefy zimnej jest zapobieganie przedwczesnemu przegrzewaniu się filamentu.

Elementy dobrej głowicy powinny być wykonane z odpowiednich materiałów, które dobrze przewodzą ciepło lub są bardzo dobrymi izolatorami. Należy także zapewnić odpowiedni balans między strefami ciepła.

Badania symulacyjne

Analizę rozkładu temperatury przeprowadzono dla tradycyjnej głowicy drukującej chłodzonej powietrzem (rys. 4a) oraz innowacyjnej, w której zastosowano chłodzenie przy użyciu cieczy (rys. 4b). W celu uproszczenia modelu pominięto łączniki (śruby, podkładki).

W symulacji zastosowano prostopadłościenne objętości skończone z zagęszczeniem siatki elementów w wymagających tego obszarach (rys. 2, 3).

Podczas prowadzenia symulacji dla obu głowic przyjęto parametry:

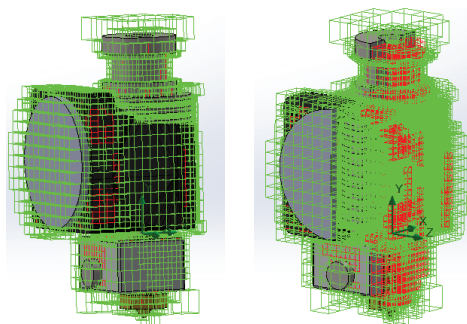
- temperatura otoczenia 20°C,
- ciśnienie atmosferyczne 101 325 Pa,
- temperatura grzałki 200°C,
- grzałka w postaci elementu walcowego o stałej temperaturze w całej objętości,
- włączona opcja przewodności cieplnej w materiale typu ciało stałe.

W przypadku głowicy chłodzonej powietrzem:

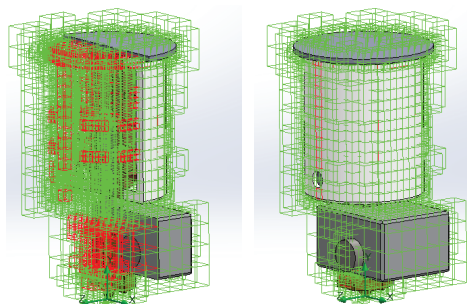
- włączona opcja wypromieniowania (radiation) ciepła z elementu chłodzącego,
- wentylator tłoczący powietrze w kierunku radiatora, kierunek przepływu powietrza wzdłuż osi X (rysunek 4a),
- materiał radiatora – aluminium.

W symulacji prowadzonej dla głowicy chłodzonej cieczą:

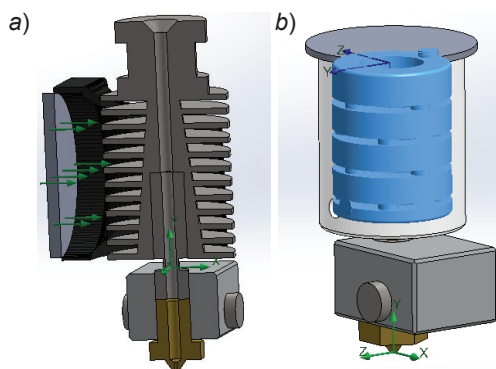
- ciecz chłodząca – woda o temperaturze 20 °C (rys. 4b).
- W celu walidacji modelu symulacyjnego, rozkład temperatury tradycyjnej głowicy drukującej, uzyskany w wyniku symulacji komputerowej, został porównany z rozkładem uzyskanym z kamery termowizyjnej. Temperatura pracy głowicy podczas analizy termowizyjnej oraz zadana w trakcie symulacji wynosiła 200 °C.



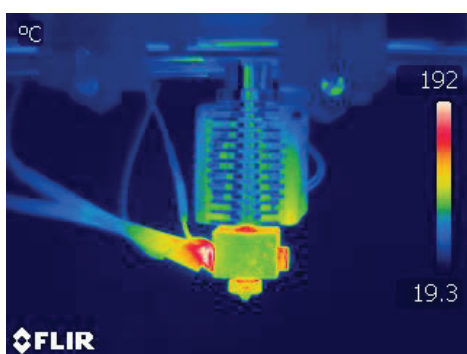
Rys. 2. Siatka objętości skończonych przyjęta w symulacji głowicy E3D [opracowanie własne]



Rys. 3. Siatka objętości skończonych przyjęta w symulacji zaproponowanej głowicy chłodzonej cieczą [opracowanie własne]



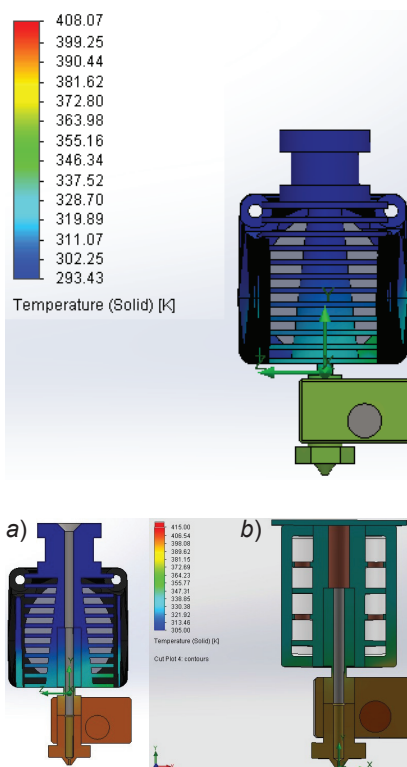
Rys. 4. Warunki chłodzenia głowicy: a) powietrzem, b) cieczą [opracowanie własne]



Rys. 5. Analiza rozkładu temperatury z kamery termowizyjnej [opracowanie własne]

Analizę termowizyjną przeprowadzono w warunkach normalnej pracy głowicy zamontowanej w drukarce 3D (rys. 5). Parametry pracy urządzenia oraz parametry otoczenia podczas analizy termowizyjnej:

- temperatura otoczenia 20°C,
- temperatura grzałki głowicy 200°C,
- wentylator chłodzący głowicę tłoczący,
- przepływ powietrza 3 m³/h,
- rozpraszanie ciepła z głowicy poprzez radiator,
- materiał radiatora – aluminium.



Rys. 6. Analiza rozkładu temperatury w tradycyjnej głowicy w programie SolidWorks Flow [opracowanie własne]

Rys. 7. Analiza rozkładu temperatury w głowicy: a) chłodzonej powietrzem oraz b) chłodzonej cieczą [opracowanie własne]

Porównanie wyników symulacji komputerowej oraz obrazu termowizyjnego pozwala stwierdzić zbieżność modelu symulacyjnego z rzeczywistym rozkładem temperatur w analizowanej głowicy (rys. 6).

Rozpraszanie ciepła w strefie zimnej głowicy E3D realizowane jest poprzez przetłaczanie powietrza przez radiator. Powoduje to niekontrolowane nagrzewanie już wydrukowanych elementów oraz elementów roboczych drukarki. Zaproponowano więc modyfikację głowicy poprzez zastosowanie chłodzenia wymuszonym obiegiem cieczy.

W oparciu o przeprowadzone wcześniej symulacje i analizę termowizyjną głowicy chłodzonej powietrzem została przeprowadzona analiza komputerowa zaproponowanej głowicy chłodzonej cieczą, w celu sprawdzenia efektów takiej modyfikacji. Wyniki symulacji przedstawiono na rys. 7.

Podsumowanie

Po przeprowadzeniu symulacji można stwierdzić, że w obu rozwiązaniach głowic uzyskano efekt niskiej temperatury w strefie zimnej. W przypadku zastosowania chłodzenia cieczą temperatura w strefie zimnej głowicy była równomierna na całej długości tej strefy. W głowicy chłodzonej cieczą uzyskuje się wyższą temperaturę w strefie przetopu filamentu. Jest to spowodowane brakiem nawiewu powietrza na głowicę, zmniejsza się więc również zapotrzebowanie na energię do podgrzania głowicy. Dzięki zastosowaniu chłodzenia cieczą można zmniejszyć wymiary gabarytowe głowicy drukującej oraz uzyskać bardziej stabilną pracę głowicy (stabilniejsza temperatura przetopu materiału), a także usunąć niedogodność głowicy chłodzonej powietrzem w postaci nadmuchiwanie powietrza na tworzony wydruk (co może powodować zniekształcanie wydruku).

LITERATURA

1. <http://resource.ansys.com/staticassets/ANSYS/staticassets/resource-library/casestudy/Printer-Extruder-Application-Brief-Case-Study.pdf>.
2. http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2015Journal/048_Journal_TMT_2015.pdf.
3. <http://e3d-online.com/E3D-v6>.