



<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/be4-218-044>

DOI: 10.30889/2523-4692.2018-04-01-044

## MODELING OF THE POLYMERIC MATERIAL MELTING PROCESS IN THE 3D PRINTER EXTRUSION CHANNEL

### МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЛАВЛЕННЯ ПОЛІМЕРНОГО МАТЕРІАЛІ В КАНАЛІ ЕКСТРУДЕРА 3D ПРИНТЕРА

Ivitskiy I.I. / Івіцький І.І.

PhD, as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-9749-6414

Solovei V.V. / Соловей В.В.

graduate student / магістрант

Sokolskiy O.L. / Сокольський О.Л.

s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-7929-3576

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

**Анотація.** У роботі здійснено моделювання процесу плавлення полімерного матеріалу в каналі екструдера 3D принтера з метою визначення якості проплавлення полімерного матеріалу та можливості застосування методу 3D друку для створення виробів з інтелектуальних полімерних композиційних матеріалів.

**Ключові слова:** 3D друк, 3D принтер, плавлення полімерів

**Вступ.** Адитивні технології на сьогоднішній є одним з найбільш перспективних шляхів розвитку галузі переробки полімерних матеріалів, який змінить не тільки способи отримання готових виробів, а й технологічні підходи до прототипування та малосерійного виробництва [1]. Процес плавлення полімерного матеріалу в каналі екструдера 3D принтера відрізняється від процесу плавлення в звичайному екструдері через відсутність шнека та відносно коротку зону плавлення.

**Основний текст.** Моделювання процесу плавлення полімеру в каналі екструдера 3D принтера проводиться для виявлення можливих ефектів, які можуть виникати при друці і можуть в подальшому вплинути на кінцевий результат [2] та визначення можливості застосування методу 3D друку для створення виробів з інтелектуальних полімерних композиційних матеріалів.

Для вирішення даної задачі моделювання, потрібно розділити задачу на дві частини:

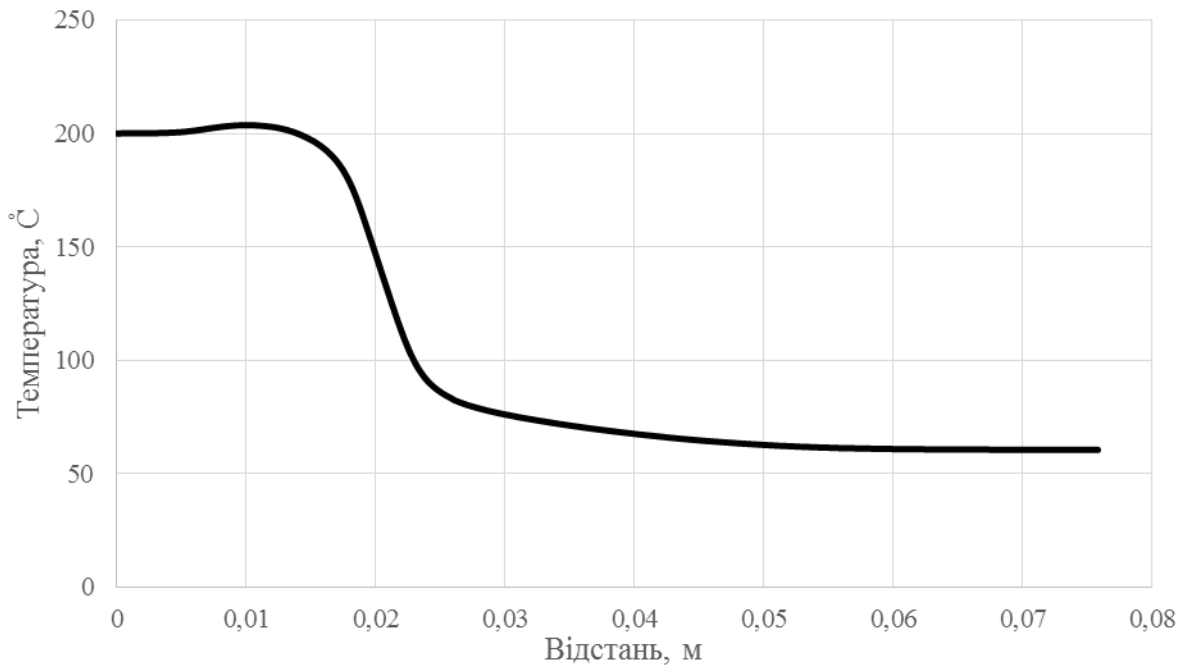
1. Отримання температури на стінці по всій довжині каналу в екструзійній голівці;

2. Моделювання процесу плавлення полімеру в каналі екструдера.

Після моделювання першої частини задачі в програмному комплексі ANSYS, отримуємо графік розподілу температур по стінці каналу екструдера (рис. 1).

Дані з графіка, зображеного на рис. 1 використовуються в якості вихідних даних для моделювання другої частини задачі.

Моделювання проводилося для одного з найбільш розповсюджених для 3D друку матеріалів – PLA [3]. Властивості матеріалу PLA, що використовувалися

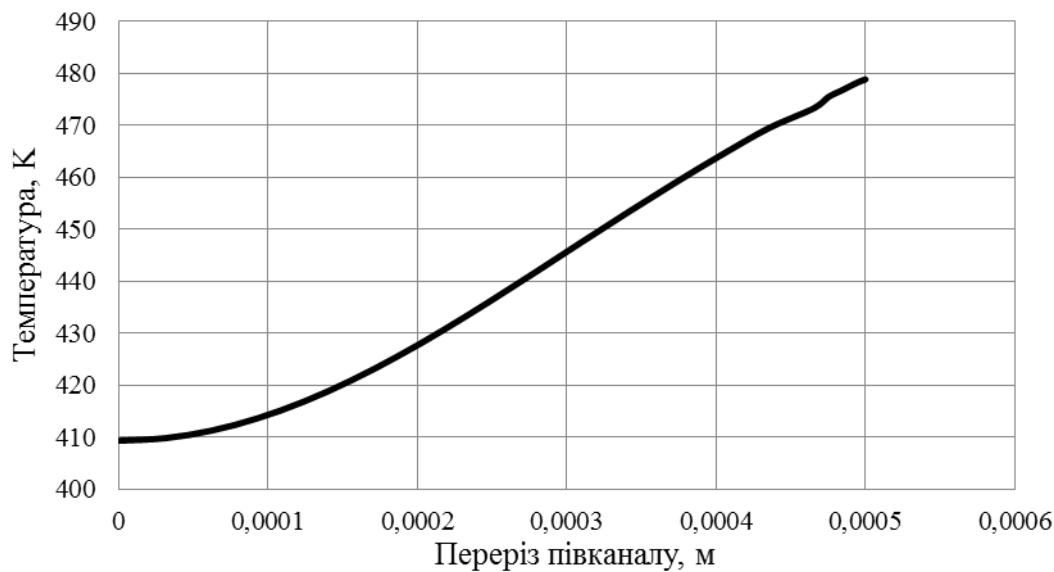


**Рис. 1. Графік розподілу температур по стінці каналу екструдера**

при моделюванні:

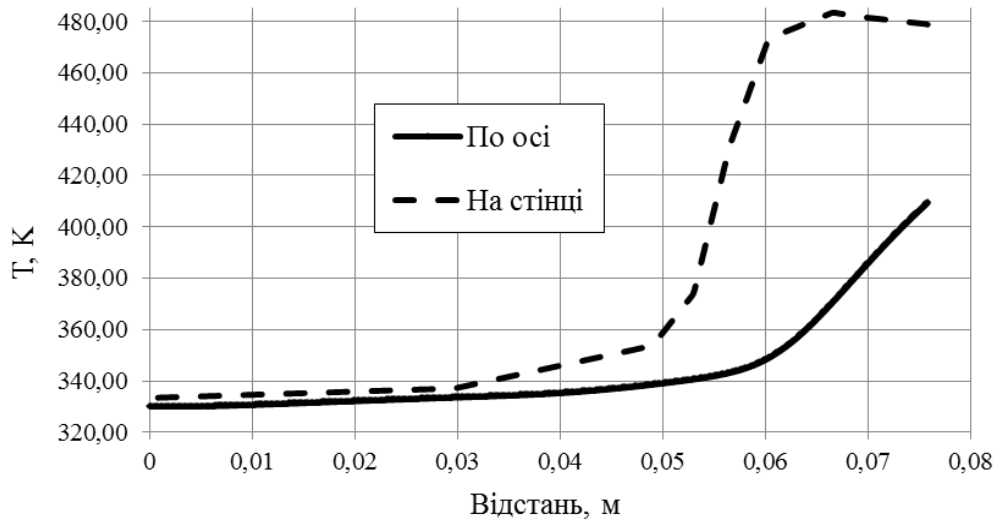
- Температура плавлення: 157.2-170 °C
- Густина: 1300 кг/м<sup>3</sup>
- Питома теплоємність: 1800 Дж/кг·К
- Теплопровідність: 0.13 Вт/м·К
- В'язкість: 2000 Па·с

В результаті моделювання отримано графік розподілу температур в розплаві полімеру на виході з каналу по перерізу півканалу, що зображено на рис. 2.



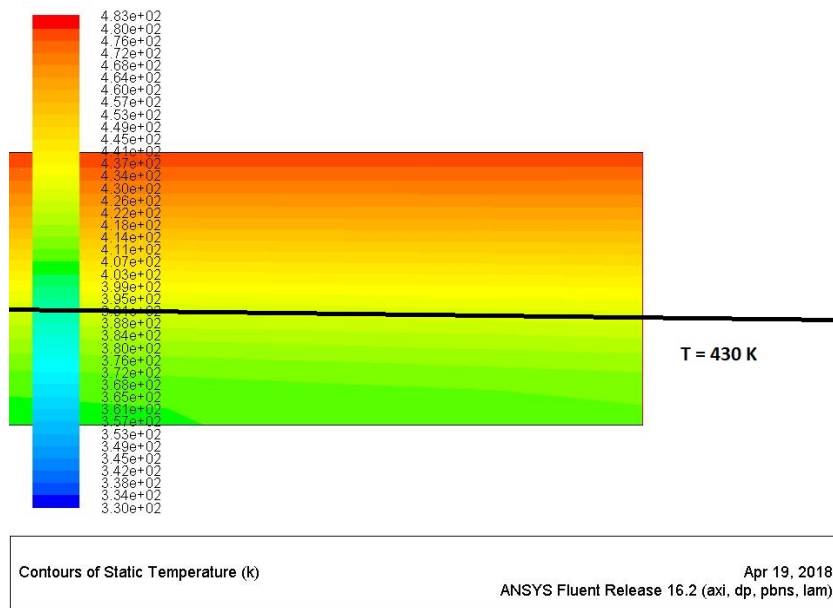
**Рис. 2. Графік розподілу температур в розплаві PLA на виході з каналу**

Крім того, отримано графік різниці розподілу температур в розплаві полімеру між стінкою каналу та віссю каналу, що зображено на рис. 3.



**Рис. 3. Графік розподілу температур в розплаві PLA між стінкою каналу та віссю каналу**

Для аналізу даних, отриманих при моделюванні, на температурному полі перерізу екструзійного каналу проведено уявну лінію розділення повністю розплавленого PLA та його напіврідкою фазою, яка знаходиться в проміжку між температурою переходу в рідину та температурою повної кристалізації.



**Рис. 4. Графічне зображення розподілу температур в розплаві PLA між стінкою каналу та віссю каналу з уявною лінією розділу фаз ( $T$  – температура переходу в повністю розплавлений стан)**

Як видно з рис. 4, полімерний матеріал при виході з екструдера 3D принтера не проплавляється по всьому об’єму, в середині стренги залишається непроплавлене осердя. Це непроплавлення унеможливорює створення методом 3D друку виробів з інтелектуальних полімерних матеріалів в зв’язку з необхідністю введення у розплав полімеру інтелектуальних датчиків [4]. Крім того, на поверхні розподілу між полімером та стінкою екструдера можуть



виникати пристінні ефекти різної природи [5].

Питання проплавлення полімерного матеріалу по всьому об'ємі потребує вдосконалення конструкцій екструдера, адже досягти повного проплавлення матеріалу збільшенням температури неможливо через вірогідність термодеструкції полімеру.

**Висновки.** В результаті числового моделювання процесу плавлення полімерного матеріалу в каналі екструдера 3D принтера отримано дані, що свідчать про неповне проплавлення матеріалу по всьому об'ємі матеріалу, що потребує удосконалення конструкцій екструдерів 3D принтерів.

### Література:

1. McCarthy K. Improving Rapid Prototyping Through the Installment of 3D Printers in Automotive Companies / Kelly McCarthy. – Michigan: Western Michigan University, 2012. – 29 p. – (Western Michigan University).

2. 3D Printing. A Qualitative Assessment of Applications, Recent Trends and the Technology's Future Potential / [L. Bechthold, V. Fischer, A. Hainzmaier та ін.]. – München: Center for Digital Technology and Management, 2015. – 108 p.

3. Matias E. 3D Printing: On Its Historical Evolution and the Implications for Business / E. Matias, B. Rao. // 2015 Proceedings of PICMET '15: Management of the Technology Age. – 2015.

4. Ivitskiy I. I. Simulation of Intelligent Sensors Dipping Into the Melting Polymer Composite / I. I. Ivitskiy, O. L. Sokolskiy, V. M. Kurilenko // Technology Audit and Production Reserves. — 2016. — Vol 5, N 3(31). — P. 22—26. Doi: 10.15587/2312-8372.2016.81236

5. Ivitskiy I. I. Influence of a Lubricant on the Flow Parameters of a Molten Polymeric Material in Channels of Forming Devices / I. I. Ivitskiy, A. L. Sokolskiy, I. O. Mikulionok // Chemical and Petroleum Engineering. — 2017. — Vol 53, Issue 1-2. — P. 84—88. Doi: 10.1007/s10556-017-0299-5

**Annotation.** The modeling of polymer material melting process in the channel of the 3D printer extruder is carried out. The purpose of the study is to determine the quality of polymer material penetration and the possibility of using the 3D printing method to create products from intelligent polymer composite materials.

**Keywords:** 3D printing, 3D printer, polymer melting

### References:

1. McCarthy K. (2012). Improving Rapid Prototyping Through the Installment of 3D Printers in Automotive Companies. *Michigan: Western Michigan University*, 29.

2. Bechthold L., Fischer V., Hainzmaier A. (2015). 3D Printing. A Qualitative Assessment of Applications, Recent Trends and the Technology's Future Potential. *München: Center for Digital Technology and Management*, 108.

3. Matias E., Rao B. (2015) 3D Printing: On Its Historical Evolution and the Implications for Business. *Proceedings of PICMET '15: Management of the Technology Age*.

4. Ivitskiy I. I., Sokolskiy O. L., Kurilenko V. M. (2016). Simulation of Intelligent Sensors Dipping Into the Melting Polymer Composite. *Technology Audit and Production Reserves, Vol 5, N 3(31)*, 22-26. Doi: 10.15587/2312-8372.2016.81236

5. Ivitskiy I. I., Sokolskiy A. L., Mikulionok I. O. (2017). Influence of a Lubricant on the Flow Parameters of a Molten Polymeric Material in Channels of Forming Devices. *Chemical and Petroleum Engineering, Vol 53, Issue 1-2*, 84-88. Doi: 10.1007/s10556-017-0299-5