

Підвищення теплопровідності дорнотримача формуючої головки для екструзії труб

Єлінов М.М., студ., Бернадін В.М. студ., Гур'єва Л.Н., ас.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано конструкцію дорнотримача, виконаного у формі товстостінного кільця з чотирма стрижнями, які утримують його внутрішню частину. У стрижнях передбачені глухі отвори зі сторони зовнішньої поверхні тримача, в яких розміщуються пластини, виконані з мідного сплаву, теплопровідність якого набагато більша за теплопровідність матеріалу дорнотримача. Така конструкція забезпечує нагрівання стрижнів дорнотримача до температури розплаву, що призводить до усунення можливості утворення спаїв у готовому виробі, які виникають за рахунок більш низької температури на поверхні стрижнів, з якою контактує полімер.

Ключові слова: екструзія, формуюча головка, дорнотримач, теплопровідність, порожнисті вироби.

Вступ. Розроблене технічне рішення належить до обладнання для перероблення термопластичних матеріалів, зокрема до приладів для встановлення та підтримання температурного режиму в екструзійній головці під час екструзії [1-5], і може бути використане в технологічних лініях для виробництва порожнистих виробів.

Найближчою за конструкцією до запропонованого технічного рішення є екструзійна головка для формування порожнистого виробу, що містить розташований на його зовнішній поверхні щонайменше один нагрівник, а також розміщений у порожнині корпусу дорн, з'єднаний з корпусом за допомогою дорнотримача [6].

Основний матеріал. Запропонована конструкція вирішує задачу підвищення якості кінцевого порожнистого виробу шляхом збільшення теплопровідності стрижнів дорнотримача, задля його нагрівання до температури розплаву. Така конструкція забезпечує оптимальний температурний режим, за допомогою якого досягається зменшення в'язкості прилеглих до стрижнів тримача шарів розплаву й, як наслідок, мінімізація спайності потоків полімеру після проходження ділянки тримача.

Поставлена задача вирішується шляхом виконання в дорнотримачі з боку зовнішньої поверхні щонайменше одного глухого отвору, в якому розміщується вставка, виконана з матеріалу, теплопровідність якого значно більша за теплопровідність матеріалу дорнотримача [6].

Суть запропонованого рішення пояснюється схемою, на якій зображено поздовжній розріз екструзійної головки (рис. 1).

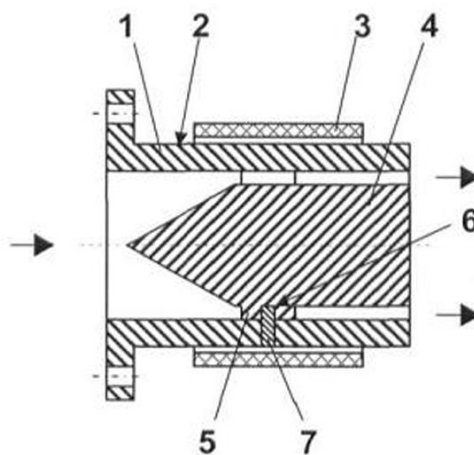


Рисунок 1 – Схема екструзійної головки з модернізованим дорнотримачем

Екструзійна головка для формування порожнистого виробу містить корпус з наскрізним отвором 1, розташований на зовнішній поверхні 2 щонайменше один нагрівник 3, а також розміщений всередині дорн 4, який утримується дорнотримачем 5. У дорнотримачі 5 з боку зовнішньої поверхні 2 корпусу виконано щонайменше один глухий отвір 6 з розміщеною в ньому вставкою 7, виконаною з матеріалу з високою теплопровідністю.

Головка працює наступним чином. Розплав перероблюваного матеріалу просувається у внутрішній частині вузла, між стінкою порожнини корпусу 1 і поверхнею дорна 4, при цьому контактуючи з дорнотримачем 5 і оминаючи його стрижні. Нагрівник 3 розповсюджує тепловий потік в радіальному напрямку вглиб корпусу 1. Наявність у дорнотримачі 5 однієї або декількох вставок 7, забезпечує більш ефективне підведення теплового потоку від нагрівника 3 до дорнотримача 5.

Для підтвердження ефективності пропонуваного рішення, було проведено тепловий розрахунок базової та модернізованої конструкції дорнотримача у ПЗ “ANSYS” в середовищі “Ansys Mechanical” за допомогою системи “Thermal Transient”. Для підтвердження ефективності модернізації потрібно провести розрахунок для базової та модернізованої конструкції. Для цього імпортуємо 3D-модель у системну компоненту “Geometry” (рис. 2 а, б).

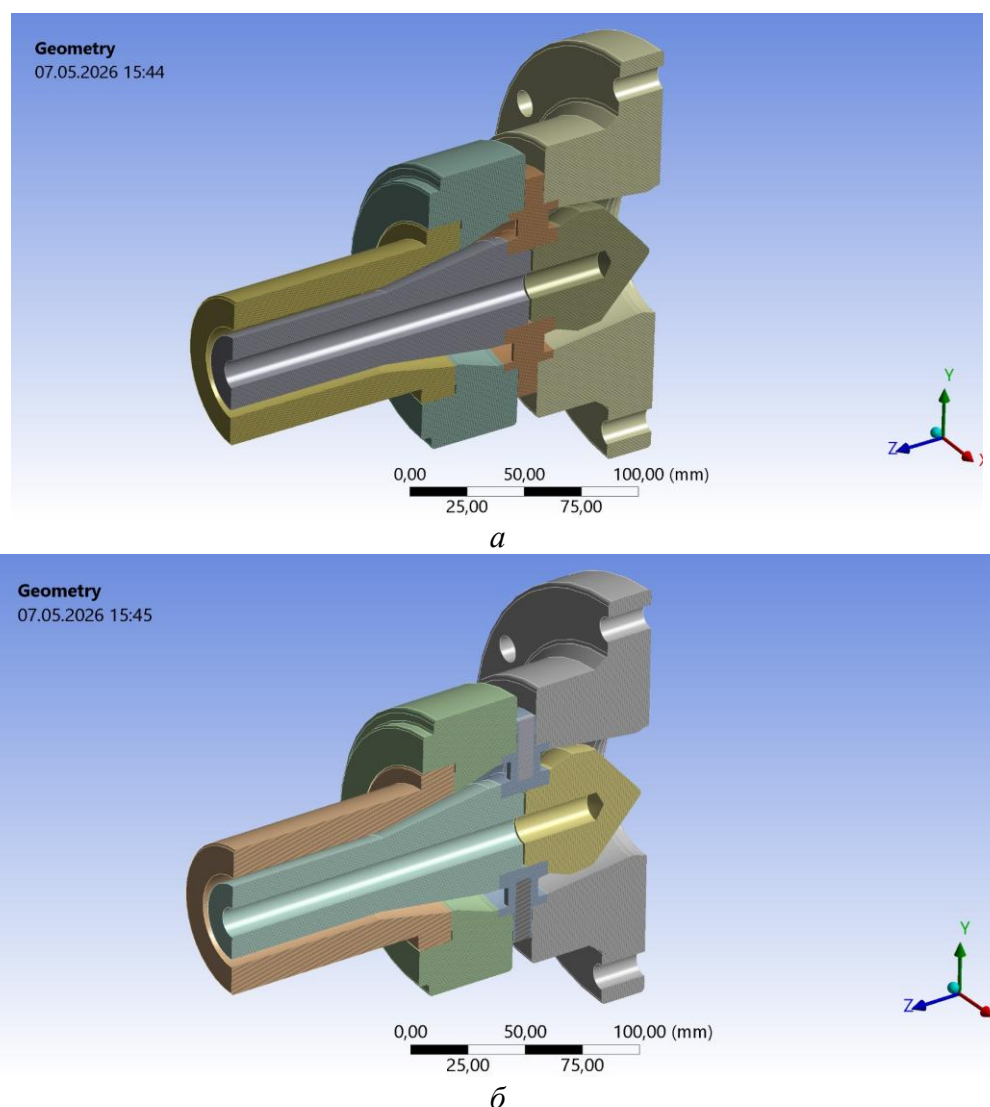


Рисунок 2 – 3D-модель формуючої головки у розрізі: а – базова; б – модернізована

Для кращого розуміння того, як виглядає модернізація, її показано окремо на дорнотримачі (рис. 3).

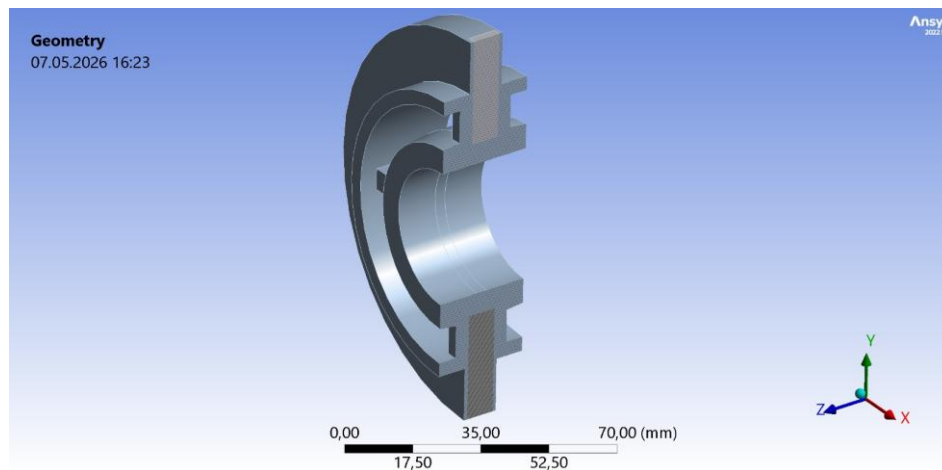


Рисунок 3 – Модернізований дорнотримач у розрізі

За матеріал вузла було прийнято сталь 38Х2МЮА з коефіцієнтом теплопровідності 33 Вт/(м*°С), а за матеріал вставок – мідний сплав С10100 з теплопровідністю 401 Вт/(м*°С).

На рис. 4 представлена сітка скінчених елементів для модернізованої конструкції. Для обох варіантів параметри сітки наступні: розмір елемента – 5 мм, порядок елементів – квадратичний.

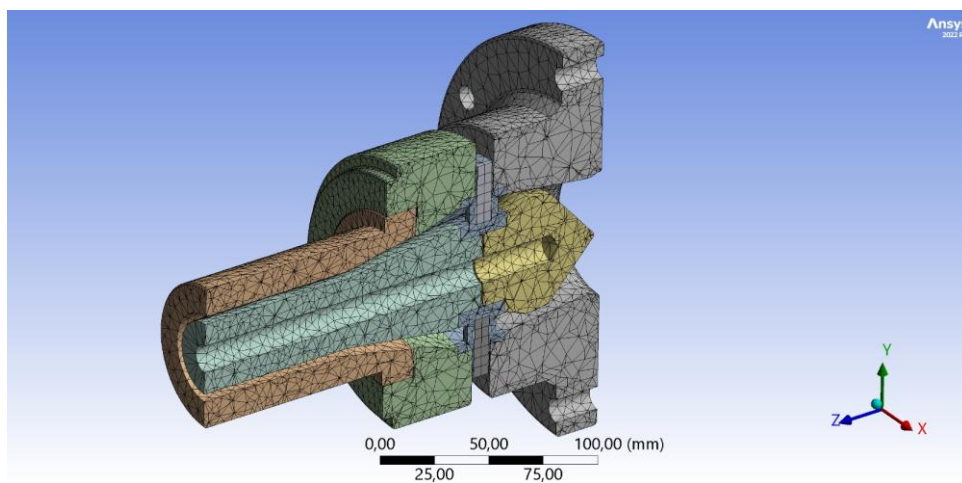


Рисунок 4 – Сітка скінчених елементів для модернізованого вузла

Далі були встановлені умови симуляції (температурні навантаження). Для імітації прогрітої нагрівачем зовнішньої поверхні головки, було використано задану температуру 182 °С (рис. 5 а). Так само було імітовано нагріті вставки в модернізованій конструкції (рис. 5 б).

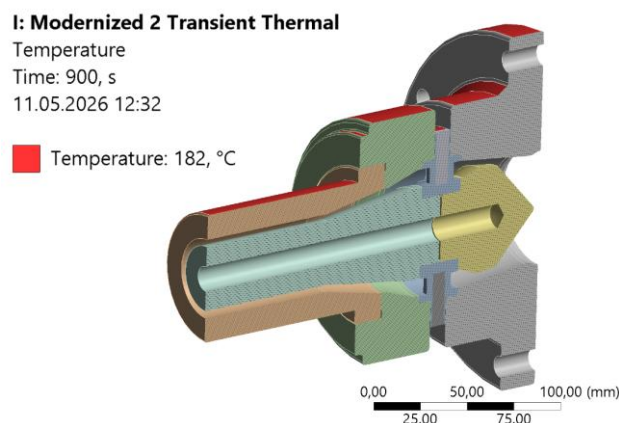


Рисунок 5 – Імітація температури нагрівників

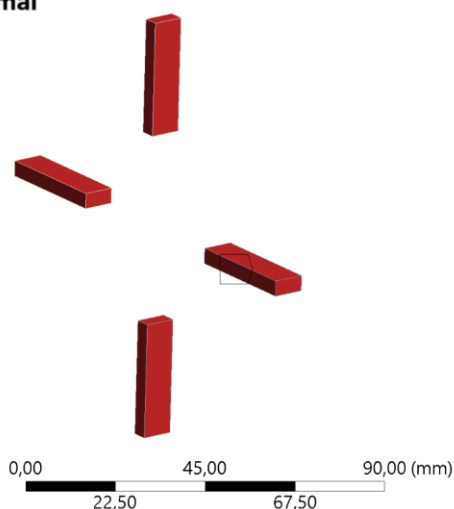
I: Modernized 2 Transient Thermal

Temperature 2

Time: 900, s

11.05.2026 12:38

Temperature 2: 182, °C



б

Рисунок 6 – Імітація температури вставок

Розрахунок проводився за умови нагрівання вузлу протягом 15 хвилин з температурою навколишнього середовища (початковою температурою) 22 °C. Параметри розрахунку наведені в табл. 1

Таблиця 1 – Параметри розрахунку “Analysis Settings” (все, що не вказано, має значення за замовчуванням)

Number Of Steps	1
Step End Time	900 s
Initial Time Step	9 s
Minimum Time Step	0,9 s
Maximum Time Step	90 s

Результати розрахунку наведено на рис. 7 та рис. 8.

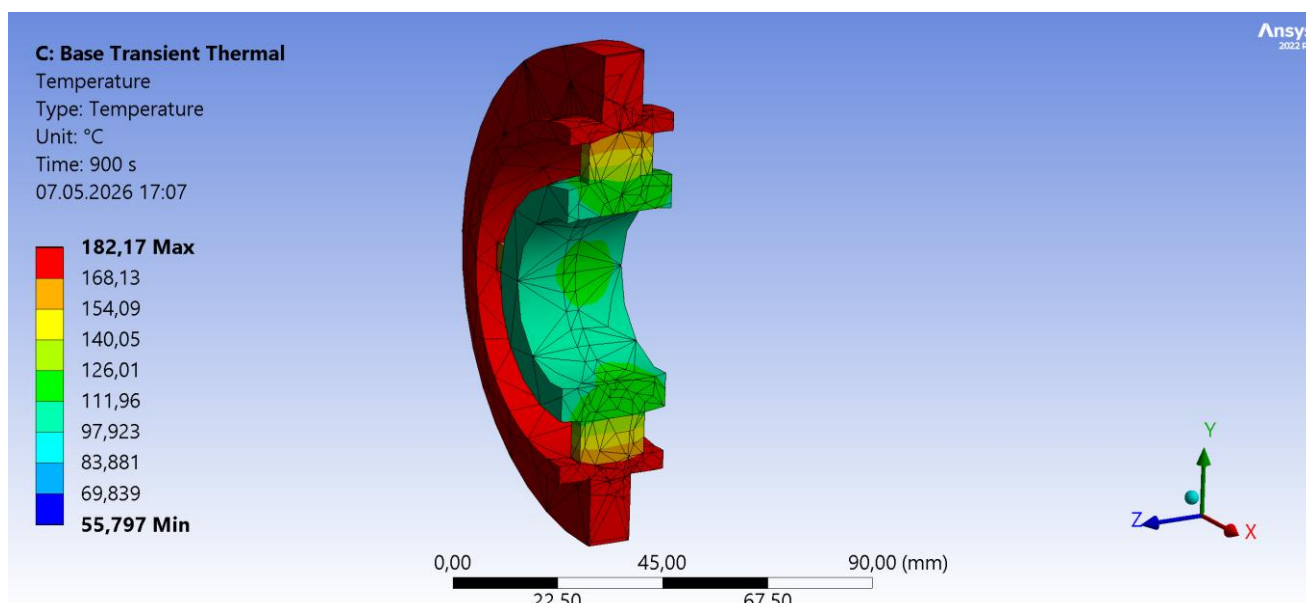


Рисунок 7 – Температурний розподіл в базовому дорнотримачі після 15 хв нагрівання

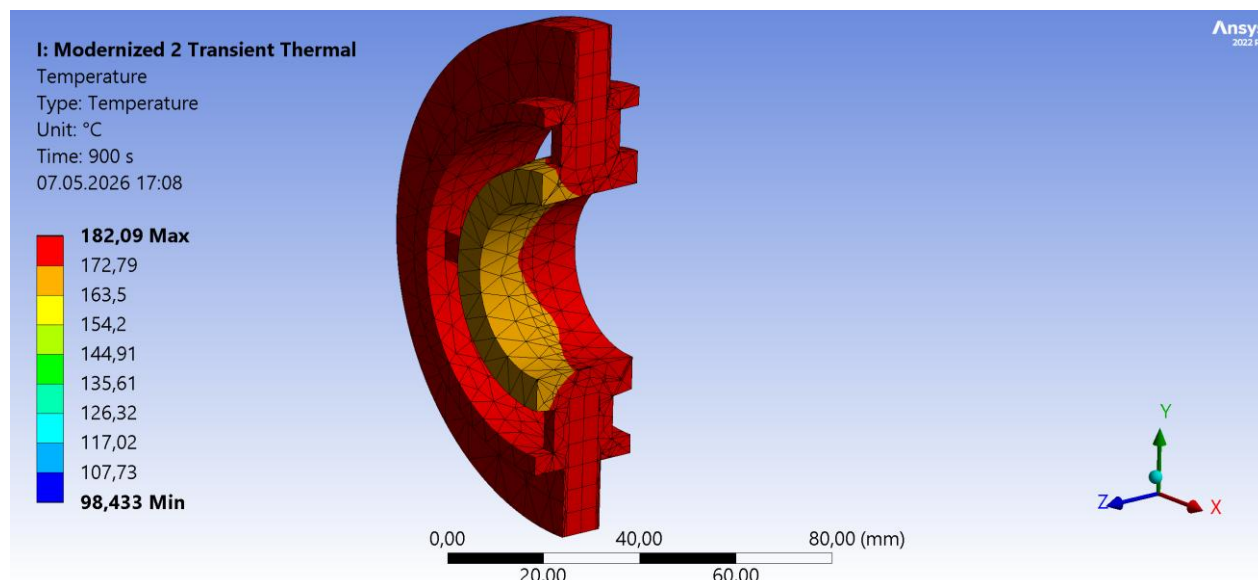


Рисунок 8 – Температурний розподіл в модернізованому дорнотримачі після 15 хв нагрівання

Висновки. Додавання в дорнотримач вставок, виконаних з мідного сплаву підвищує теплопровідність деталі, що призводить до того, що вона краще прогривається ніж немодернізована деталь за один й той самий час. Таке технічне рішення дозволить підвищити якість кінцевого виробу завдяки мінімізації температурного градієнту між дорнотримачем та розплавом.

Перелік посилань

1. Мікульонок І.О. Технологічні основи перероблення полімерних матеріалів : навч. посіб. 3-тє вид., переробл. та доповн. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 296 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/68766>
2. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів: навч. посіб. / І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 200 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/25367>
3. Schenkel G. Plastics Extrusion Technology and Theory. The design and operation of screw extruders for plastics. London : Pliffe Books Ltd., 1966. 477 p.
4. Сівецький, В.І., Рябінін Д.Д., Сокольський О.Л. Особливості реологічної поведінки полімерів. // Вісник НТУУ «КПІ». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2010. № 1. С. 17-20.
5. Коваленко І. В., Малиновський В. В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Київ : Норіта плюс, 2007. 216 с.
6. Екструзійна головка для формування порожнистого виробу : пат. 94625U Україна / І. О. Мікульонок, О. С. Письменний ; № u201405233 ; заявл. 19.05.2014 ; опубл. 25.11.2014 ; Бюл. № 22. 4 с.