

СІВЕЦЬКИЙ В. І., к.т.н., проф.; СОКОЛЬСЬКИЙ О. Л., к.т.н., доц.;
ІВІЦЬКИЙ І. І., аспірант; КУРИЛЕНКО В. М., магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТІННИХ ЕФЕКТІВ У ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛАХ

Досліджено пристінні ефекти для трьох типів полімерних матеріалів, а також вторинно перероблюваного матеріалу. Визначено вплив змащувального агента на пристінні ефекти та залежності швидкості полімерного матеріалу на стінці каналу від напруження зсуву.

Ключові слова: полімер, пристінні ефекти, ковзання стінкою, швидкість на стінці.

© Сівецький В. І., Сокольський О. Л., Івіцький І. І., Куриленко В. М., 2015.

Постановка проблеми. Під час числового моделювання течії розплаву полімерного матеріалу однією з важливих межових умов є швидкість матеріалу на стінці каналу, що суттєво впливає на процес у цілому. Проте швидкість на стінці залежить від напруження зсуву, тому для адекватного моделювання слід визначити відповідні співвідношення.

Аналіз попередніх досліджень. Автори праці [1] під час визначення величини пристінних ефектів базувалися на припущенні, що проковзування виникає внаслідок виникнення на межі поділу розплав – тверда стінка низькомолекулярного шару та визначали його в'язкість для подальшого моделювання з його врахуванням. Автори праці [2] запропонували ітераційний метод визначення залежності швидкості на стінці від об'ємної витрати рідини на вході в канал, на базі цієї методики у праці [3] демонструється визначення пристінних ефектів для поліетилену високої густини.

В експериментальних дослідженнях потоку розплаву полімеру часто застосовують, як у дослідженні потоку газу чи малов'язкої рідини, спостереження за переміщенням міток, якими можуть бути підфарбовані шари, нитки або окремі частинки [4]. Кількісне визначення швидкостей зазвичай пов'язане з використанням прозорих корпусів каналів, що обмежує діапазон досліджуваних температур і тисків. Невирішеною частиною наукової проблеми є відсутність експериментальних даних, що можуть бути використані для завдання межових умов проковзування на стінці під час числового моделювання течії розплаву полімерних матеріалів.

Метою досліджень є визначення наявності, природи й величини пристінних ефектів у полімерних матеріалах для подальшого використання цих даних під час числового моделювання течії розплаву.

Виклад основного матеріалу. Реологічні властивості розплавів полімерів досліджували на експериментальній установці на базі капілярного віскозиметра типу ПРТ-3 у діапазоні швидкостей зсуву 10...100 с⁻¹. Температуру підтримували одноканалним ПІД-регулятором температури МікРа 600. Для зворотного зв'язку використовували хромель-алюмелеву термопару. Час, протягом якого матеріал видавлювався крізь сопло, виміряли секундоміром «Інтеграл С-01». Використовували 8 капілярів різних конфігурацій (табл. 1).

Таблиця 1 – Конфігурація капілярів

Номер	Внутрішній діаметр, мм	Довжина, мм
1	1±0,005	8±0,025
2	1,18±0,005	8±0,025
3	1,5±0,005	12±0,025
4	2±0,005	16±0,025
5	2,095±0,005	8±0,025
6	2,095±0,005	16±0,025
7	2,5±0,005	20±0,025
8	3±0,005	24±0,025

Навантаження задавали комплектом вантажів масою 0,45; 0,96; 1,2; 1,64; 4,095; 4,995 і 4,995 кг, а також поршнем із тримачем масою 1,2 кг. Швидкості зсуву визначали за методикою [5]. Похибку непрямих вимірювань визначали за методикою [6].

Досліджували полістирол ПС-С-1-3; поліетилен високої густини 15802-020; севілен 11104-030. Для дослідження впливу змащувальних речовин, застосовували змащувальний агент Zell Chemia CWN-105 (масова частка 5 %).

Виявлено, що характер утворення пристінних ефектів у досліджених матеріалах є різним. Зокрема, пристінні ефекти в полістиролі ПС-С-1-3 і поліетилені високої густини 15802-020 виникають завдяки ковзанню розплаву твердою стінкою, тоді як у севілені 11104-030, вторинному полістиролі ПС-С-1-3 і всіх трьох полімерах матеріалах із додаванням змащувального агента – завдяки утворенню низькомолекулярного пристінного шару на межі зі стінкою.

На основі одержаних даних визначено залежності швидкості на стінці каналу від напруження зсуву (рис. 1, табл. 2 і 3). При цьому сумарна відносна похибка швидкості зсуву становила 0,495 %.

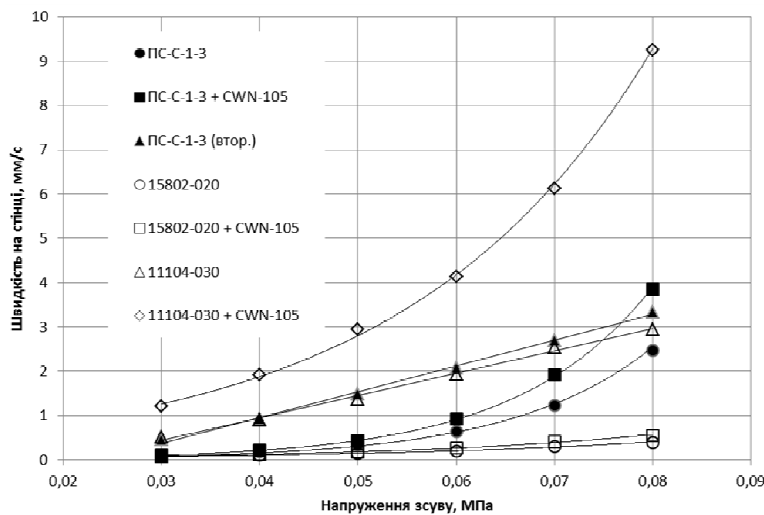


Рис. 1 – Залежності швидкості на стінці каналу від напруження зсуву

числового моделювання.

Таблиця 2 – Коефіцієнти експоненційної залежності

Полімер	Марка	Змащувальний агент	Коефіцієнти рівняння $v_{\text{ковз}} = a \exp(bt)$	
			$a, 10^{-5}$	$b, 10^{-5}$
Полістирол	ПС-С-1-3	–	0,93	7,01
Полістирол	ПС-С-1-3	Zell Chemia CWN-105	1,14	7,29
ПЕВГ	15802-020	–	2,48	3,5
ПЕВГ	15802-020	Zell Chemia CWN-105	2,57	3,89
Севілен	11104-030	Zell Chemia CWN-105	38	3,99

Таблиця 3 – Коефіцієнти лінійної залежності

Полімер	Марка	Змащувальний агент	Коефіцієнти рівняння $v_{\text{ковз}} = at - b$	
			$a, 10^{-8}$	$b, 10^{-3}$
Полістирол	ПС-С-1-3 вторинний	–	5,05	1,07
Севілен	11104-030	–	5,83	1,37

Перспективи подальших досліджень. Доповнення класичних математичних моделей течії неньютонівської рідини врахуванням пристінних ефектів і перевірка їхнього впливу під час числового моделювання.

Список використаної літератури

1. Визначення в'язкості пристінного шару у формуючих каналах обладнання для переробки полімерів / О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, І. О. Мікульонок, І. І. Івіцький // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2014. – № 2. – С. 66–69.
2. Sokolskyi A. L. Method of Accounting Wall Slip Polymer in Modeling Channel Processing Equipment / A. L. Sokolskyi, I. I. Ivitskyi // Modern Scientific Research and their Practical application. – 2014. – № 10. – P. 136–140.
3. Ivitskyi I. I. Polymer Wall Slip Modelling / I. I. Ivitskyi // Technology Audit and Production Reserves. – 2014. – № 3. – P. 8–11.
4. Жданов Ю. А. Исследование профиля скоростей при течении расплава полимера в цилиндрических каналах / Ю. А. Жданов, В. Ф. Дубовицкий. // Химическое машиностроение. – 1968. – № 8. – С. 42–47.
5. Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава термопластов : ГОСТ 11645-73. – М. : Изд-во стандартов, 1973. – 12 с.

Босый В. В. Инженерные методы расчета погрешностей при выполнении лабораторных работ по курсам «Тепломассообмен» и «Техническая термодинамика» / В. В. Босый, Г. Н. Васильченко, Е. Н. Панов. – К., 1985. – 72 с.

Для більшості матеріалів характер залежностей має експоненціальний характер. Із додаванням змащувального агента швидкості на стінці збільшуються, причому зі збільшенням напруження зсуву ці відмінності є суттєвішими.

Вторинний полістирол і севілен демонструють лінійний характер залежностей. Це свідчить про ньютонівський характер змащувального шару, утвореного на стінці.

Висновок. Доведено наявність пристінних ефектів у досліджуваних матеріалах. Продемонстровано, що їхній характер залежить від матеріалу. Одержано залежності швидкості на стінці від напруження зсуву, що можуть стати вихідними даними для