

*Is analyzed the few aspects of physical and chemical modification for a multicomponent epoxy polymers, which are reinforced for dispersible and continuous fibred filaments, in particular, features of clasteric foundation in a polymeric composite, superficial co-operating of fibred filaments with epoxy compositions, mechanism of molecular co-operation and adhesion of the reinforced epoxy polymers, and also expedience of application of ultrasonic for the increasing of modification efficiency.*

**Keywords:** cluster, surface, co-operation, adhesion, epoxy polymer, ultrasonic.

Надійшла до редакції 05.05.2012

УДК 678.057

**САХАРОВ О. С.,** д.т.н., проф.; **СІВЕЦЬКИЙ В. І.,** к.т.н., проф.; **СОКОЛЬСЬКИЙ О. Л.,** к.т.н., доц.;  
**КУШНІР М. С.,** магістрант; **КОВАЛЕНКО К. Г.,** магістрант; **БЕХ С. В.,** магістрант  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## ЗМІШУВАННЯ РОЗПЛАВІВ ТЕРМОПЛАСТІВ У КОАКСІАЛЬНОМУ ЗАЗОРІ

*Досліджено залежність ефективності змішування полімерів у коаксіальному зазорі від співвідношення в'язкості дисперсійного середовища й диспергованого матеріалу для двох варіантів обертового руху циліндрів.*

**Ключові слова:** коаксіальний зазор, змішування полімерів, ефективність змішування.

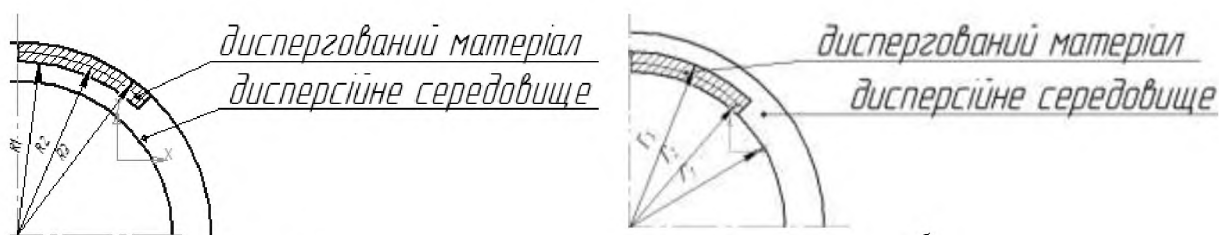
### Постановка проблеми

Під час виробництва в полімерні матеріали й вироби з них зазвичай вводять стабілізатори, наповнювачі, барвники, пластифікатори та інші добавки. Якість виробу безпосередньо залежить від ефективності їхнього змішування, яку оцінюють за накопиченою деформацією, тривалістю процесу, напруженням зсуву тощо. Оскільки ці інтегральні показники не дозволяють одержати повне уявлення про змішування, для опису процесу застосовують числове моделювання [1, 2].

**Метою** статті є опис змішування розплавів термопластів, реалізованого в коаксіальному зазорі між двома циліндрами під впливом обертового руху одного з них за змінних параметрів повздожньої течії.

### Результати досліджень

Змішування в коаксіальному зазорі завдовжки 300 мм розглядали для випадків введення полімеру зі швидкістю 0,1 м/с біля зовнішнього циліндра змішувального пристрою діаметром 90 мм за обертання внутрішнього діаметром 90 мм зі швидкістю 4 і 16 рад/с і навпаки (рис. 1) за співвідношення в'язкості ДМ і ДС 1:0,1; 1:1 і 1:10.



**а**  
**б**  
*а* – біля зовнішнього циліндра за обертання внутрішнього;  
*б* – біля внутрішнього циліндра за обертання зовнішнього

**Рис. 1** – Схеми введення полімеру в коаксіальний зазор

© Сахаров О. С., Сівецький В. І., Сокольський О. Л., Кушнір М. С., Коваленко К. Г., Бех С. В., 2012

Встановлено, що внаслідок обертового руху одного із циліндрів розплаву рухається за спіраллю (рис. 2). Під час руху межі сегмента, що займає ДМ, розширюються, а його концентрація в ДС змінюється внаслідок змішування. Із збільшенням частоти обертання циліндра цей процес прискорюється. Усереднення концентрації ДМ у ДС відображається на значно меншому проміжку.



Рис. 2 – Розподіл матеріалу в середовищі в радіальній площині R3 (рис. 1, а) за співвідношення в'язкості 1:1 та обертової швидкості внутрішнього циліндра 16 (а) і 4 рад/с (б)

Щоб кількісно оцінити взаємодію ДС із ДМ, досліджували динаміку зміни концентрації ДМ у ДС під час їхнього руху в коаксіальному зазорі. За співвідношення в'язкості ДМ і ДС 1:10 (рис. 3, 2) змішування (тобто усереднення концентрації) відбувається найбільш ефективно, а за 1:0,1 – найбільш повільно (рис. 3, 3). У першому випадку внаслідок взаємодії двох полімерів під час їх зсувного деформування в коаксіальному зазорі за умови обертання внутрішнього циліндра концентрація ДМ у ДС наближається до 50 % після проходження ділянки каналу завдовжки 0,1 м, у другому – 0,3 м.

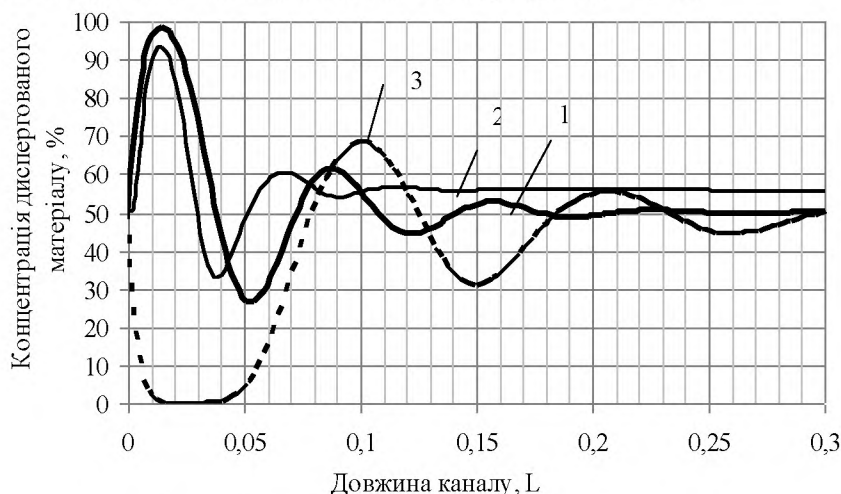


Рис. 3 – Зміна концентрації компонентів за довжиною коаксіального каналу в радіальній площині R3 (рис. 1, б) за співвідношення в'язкості матеріалу й середовища 1:1 (1); 1:10 (2) і 1:0,1 (3)

Для другого варіанта введення ДМ у ДС вплив співвідношення в'язкості є схожим (рис. 4). За однакових умов усереднення концентрацій відбувається після проходження ділянки завдовжки 0,08 і 0,15 м відповідно.

Динаміка зміни розподілу концентрацій компонентів для обох варіантів введення ДМ у ДС також є схожою. При цьому усереднення концентрації двох полімерів із співвідношенням в'язкості  $\lg(\mu_1/\mu_2) = 0,5$  у разі, коли обертається зовнішній циліндр, відбувається на відстані 70 мм, за обертання внутрішнього – 150 мм (рис. 5). Це можна пояснити тим, що в другому випадку накопичується більше деформацій зсуву.

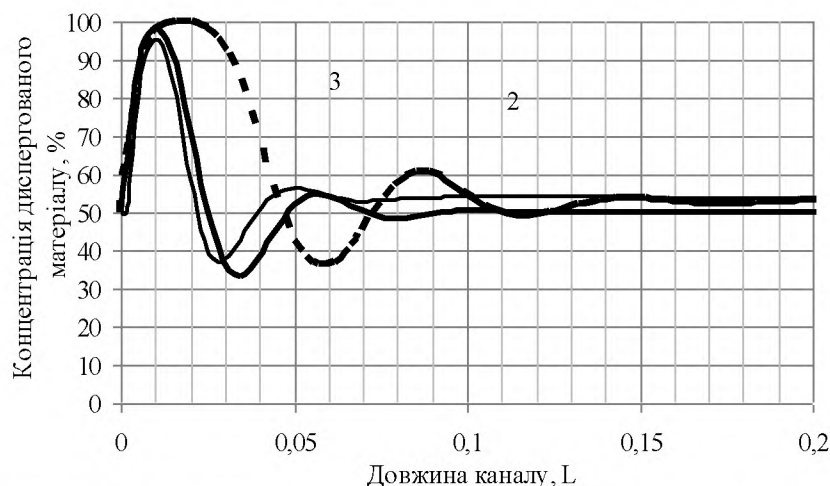


Рис. 4 – Зміна концентрації компонентів за довжиною коаксiального каналу в радіальній площині r1 (рис. 1, б) за співвідношення в'язкості матеріалу й середовища 1:1 (1); 1:10 (2) і 1:0,1 (3)

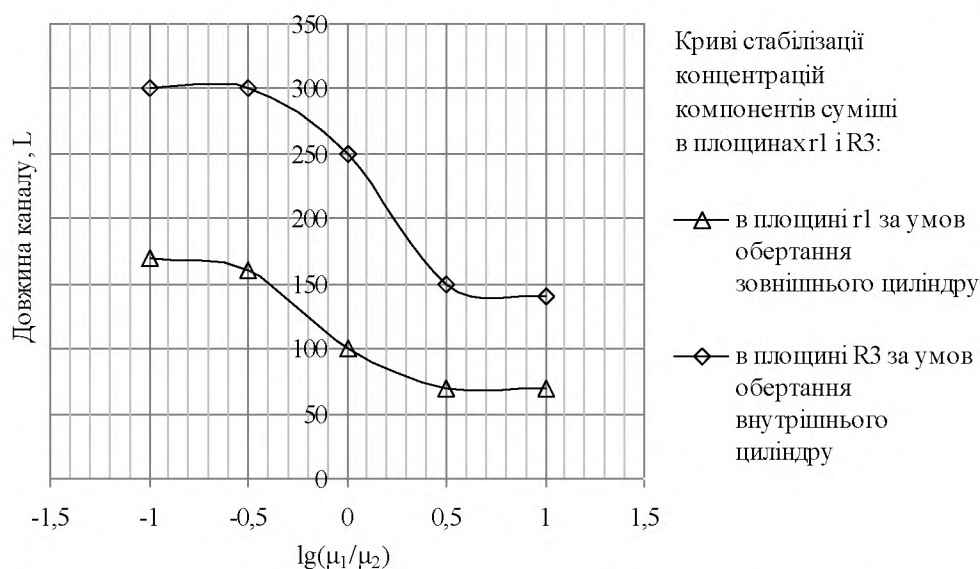


Рис. 5 – Ефективність змішування за обертального руху одного з циліндрів і різного співвідношення в'язкості середовища й матеріалу

#### Висновок

Щоб змішування компонентів розплаву було більш ефективним, доцільно вводити диспергований матеріал у коаксiальний змішувальний канал за умови обертання зовнішнього циліндра. Коли диспергований матеріал є менш в'язким, аніж дисперсійне середовище, ефективність змішування є вищою. Найбільший ефект досягається в діапазоні співвідношення в'язкості диспергованого матеріалу й дисперсійного середовища від 0,5 до 1.

Одержані результати є основою для подальшого моделювання змішування з врахуванням фізико-хімічних процесів, що відбуваються під час перероблення полімерних матеріалів.

#### Список використаної літератури

1. Киричевский, В. В. Нелинейные задачи термомеханики конструкций из слабосжимаемых эластомеров. [Текст] / В. В. Киричевский, А. С. Сахаров – К. : Будівельник, 1992. – 216 с.
2. Сахаров, А. С. Метод конечных элементов в механике твердых тел [Текст] / под общ. ред. А. С. Сахарова и И. Альтенбаха – К. : Вища школа, 1982. – 480 с.

*The mixing of polymers is one of the most effective ways to create materials with a given set of properties. The results of studying the interaction of molten thermoplastics with different concentrations in the mixing were offered.*

**Keywords:** coaxial gap, mixing, polymer.

Надійшла до редакції 05.05.2012

УДК 678.057

**САХАРОВ О. С.**, д.т.н., проф.; **СІВЕЦЬКИЙ В. І.**, к.т.н., проф.; **СОКОЛЬСЬКИЙ О. Л.**, к.т.н., доц.;  
**КУШНІР М. С.**, магістрант; **ІВІЦЬКИЙ І. І.**, магістрант; **ОЛЕКСІШЕН В. О.**, магістрант  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## МОДЕЛЮВАННЯ ПЛАВЛЕННЯ ПОЛІМЕРУ В КАНАЛІ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА

*Розроблено уточнені моделі плавлення полімеру в каналі черв'ячного екструдера, що базуються на поділі процесу на два етапи: руйнування завдяки бародифузії поверхневого шару твердої пробки, що переходить у шар текучої суміші з твердої і рідкої фаз, і плавлення твердої частини в об'ємі суміші під дією дисипативної теплоти.*

**Ключові слова:** моделювання, плавлення, черв'ячний екструдер.

### Постановка проблеми

Механізм процесу плавлення термопластичних полімерів є багатофакторним і складним та затратним для експериментальних досліджень. Тому існуючі фізичні та математичні моделі не повністю відображають процеси і явища, що відбуваються при плавленні полімерів, не враховують ряд важливих факторів і потребують подальшого уточнення.

**Метою** статті є уточнення існуючих моделей плавлення полімеру в каналі черв'ячного екструдера.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

У розрахунках плавлення гранульованого полімеру в каналі черв'ячного екструдера використовують ряд фізичних і математичних моделей, що відрізняються трактуванням процесу, врахуванням різних чинників і точністю розрахунків [1, 2].

Класичним є підхід, згідно з яким плавлення матеріалу починається на поверхні контакту пробки гранул із гарячою стінкою циліндра. Умовою руху матеріалу в зоні плавлення є більше тертя між пробкою й циліндром, аніж тертя між пробкою і черв'яком. Унаслідок тертя й передачі теплової енергії від поверхні стінки циліндра утворюється тонка плівка розплаву. Поступово плівка стовщується і, коли вона стає більшою, аніж радіальний зазор між циліндром і гребенем черв'яка, останній починає зіскрібати шар розплаву, який збирається біля його штовхаючої поверхні. Із просуванням пробки гранул уздовж каналу її ширина зменшується; плавлення закінчується, коли пробка зникає.

Таку модель побудовано на припущенні, що рух матеріалу в зоні плавлення є стаціонарним, поля швидкостей і температур у кожному перерізі каналу є сталими, а полімер має чітко виражену температуру плавлення. Подальші спрощення полягали в тому, що пробку вважали гомогенною, однорідною й неперервною, а поперечний переріз області розплаву й пробки – прямокутним.

Теплота до твердої пробки передається від внутрішньої поверхні циліндра крізь тонку плівку розплаву, що рухається над пробкою. Додаткова теплота генерується в плівці внаслідок роботи в'язкого тертя. Теплопередачею в напрямку осі циліндра та від штовхаючої стінки черв'яка до шару розплаву нехтують, оскільки на більшій частині зони плавлення ширина твердої пробки набагато перевищує її висоту.

Товщину шару гранул в пробці вважають значною, і, оскільки коефіцієнт теплопровідності гранул є малим, температура гранул, що контактують з плівкою, швидко знижується від температури плавлення до температури шарів пробки, досить віддалених від зони контакту. Швидкість плавлення в тонкому шарі на поверхні розділу розплав – пробка в будь-якому поперечному перерізі визначається потужністю теплового потоку, що підводиться до поверхні плавлення.

© Сахаров О. С., Сівецький В. І., Сокольський О. Л., Кушнір М. С., Івіцький І. І., Олексішен В. О., 2012