

ЗВЕДЕННЯ НЕІНВАРІАНТНИХ КРИВИХ ТЕЧІЇ УДАРОМІЦНОГО ПОЛІСТИРОЛУ ДО ІНВАРІАНТНОГО ВИДУ

Криві течії полімерів при розрахунках полімерного обладнання визначають методами капілярної віскозиметрії на круглих або плоскощільних каналах. Пропонується метод приведення кривих течії полімерів, неінваріантних відносно гідравлічного радіусу каналу, до інваріантного виду

Ключові слова: крива течії, віскозиметрія, гідравлічний радіус

Кривые течения полимеров при расчетах полимерного оборудования определяют методами капиллярной вискозиметрии на круглых или плоскощелевых каналах. Предлагается метод приведения кривых течения полимеров, неинвариантных относительно гидравлического радиуса канала, к инвариантному виду

Ключевые слова: кривая течения, вискозиметрия, гидравлический радиус

The flow curves of polymers in the calculation of the polymer equipment was determined by the capillary viscosimetry on the round or planar parallel-plate channels. The reduction method of polymers flow curves non-invariant with respect to the hydraulic radius of the channel to the invariant form is proposed

Keywords: flow curve, viscosimetry, hydraulic radius

В. І. Сівецький

Кандидат технічних наук, професор
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування*
Контактний тел.: (044) 454-92-77, 050-440-98-95

Д. Д. Рябінін

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки*
Контактний тел.: 096-440-22-32

О. Л. Сокольський

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування*
Контактний тел.: (044) 454-92-77, 066-218-64-76
E-mail: sokolkiev@ukr.net

А. В. Рагульський

Студент
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування
*Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”
пр. Перемоги 37, корпус 19, м. Київ, 03056
Контактний тел.: 063-178-62-55

1. Постановка проблеми

Використання гідравлічного радіусу при розрахунку як способу переходу від каналів прямокутного поперечного перерізу до круглих каналів при течії розплавів полімерів приводить до кривих течії, які неінваріантні відносно гідравлічного радіусу каналу [3]. Для зведення кривих течії розплаву до інваріантного виду відносно гідравлічного радіусу каналу запропоновано використовувати поряд з гідравлічним радіусом реологічну змінну, яку умовно називають реологічним радіусом і яка залежить від реологічних властивостей неньютонівських рідин [2]. Розрахунок прямокутних каналів при течії розплавів полімерів являє значний практичний інтерес у зв'язку із розповсюдженням таких каналів у обладнанні для виготовлення виробів із полімерів та інших процесах хімічної технології [3].

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для випадків течії розплавів полімерів в круглих і плоскощільних каналах в роботі [1] запропонований метод визначення швидкості ковзання і істинної кривої течії полімерів за неінваріантними реологічними характеристиками. Цей метод дозволяє визначити залежність швидкості ковзання на стінках круглого і плоскощільного каналів від напруження зсуву і істинну криву течії за неінваріантними відносно поперечних розмірів каналів залежностями ефективного градієнту швидкості від напруження зсуву, які були отримані звичайними методами, що дозволяє урахувувати специфічні властивості матеріалу типу композицій на основі ПВХ.

Для каналів з прямокутним поперечним перерізом в роботі [3] встановлено неінваріантність кривих те-

чий розплавів полімерів відносно гідравлічного радіусу каналу, отриманні співвідношення, які дозволяють визначити уточнений радіус каналу R_R , який умовно названо реологічним. Розміри досліджуваних каналів були вибрані сумірними із промисловими. Висоту прямокутних каналів було вибрано 2мм, 4мм, 6мм, 8мм, 16мм та 32мм, а ширина залишається сталюю і дорівнює 32мм.

Нерозв'язаною раніше частиною загальної проблеми є застосування реологічного радіусу каналу R_R для зведення кривих течії полімерів, неінваріантних відносно гідравлічного радіусу каналу, до інваріантного виду. Зокрема, це необхідно для забезпечення можливості використання даних капілярної віскозиметрії при гідравлічному розрахунку каналів з некруглим поперечним перерізом.

3. Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Метою статті є формулювання алгоритму вирішення задачі зведення кривих течії полімерів, неінваріантних відносно гідравлічного радіусу каналу, до інваріантного виду.

Вирішення планується у два етапи. На першому етапі з використанням гідравлічного радіусу $R_{Гі\text{х}32}$ отримаємо криві течії полімерів, неінваріантні відносно гідравлічного радіусу каналів. Другий етап проводиться з використанням реологічного радіусу каналу $R_{Гі\text{х}32}$ і завершується зведенням кривих течії, неінваріантних гідравлічного радіусу каналів, до інваріантного виду.

4. Виклад основного матеріалу дослідження

На першому етапі для розрахунку гідравлічного радіусу $R_{Гі\text{х}32}$, напруження зсуву на стінці каналу $\tau_{Гі\text{х}32}$ та ефективного градієнту зсуву $\Gamma_{Гі\text{х}32}$ використаємо такі співвідношення [2]:

$$R_{Гі\text{х}32} = \frac{S_{і\text{х}32}}{\chi_{і\text{х}32}}, \tag{1}$$

$$\tau_{Гі\text{х}32} = \frac{\Delta P_{і\text{х}32} \cdot R_{Гі\text{х}32}}{L_{і\text{х}32}}, \tag{2}$$

$$\Gamma_{Гі\text{х}32} = \frac{Q_{і\text{х}32}}{2\pi \cdot R_{Гі\text{х}32}^3} \tag{3}$$

де $S_{і\text{х}32}$ – площа нормального перерізу каналу; $\chi_{і\text{х}32}$ – змочений периметр; $\Delta P_{і\text{х}32}$ – перепад тиску на каналі довжиною $L_{і\text{х}32}$ з гідравлічним радіусом $R_{Гі\text{х}32}$; $Q_{і\text{х}32}$ – об'ємна витрата.

На другому етапі використаємо співвідношення наведені у роботі [2]. Алгоритм вирішення задачі складається з наступних операцій.

З використанням співвідношення (1) для гідравлічного радіусу $R_{Гі\text{х}32}$ із співвідношення (3) визначаємо ефективний градієнт швидкості $\Gamma_{Гі\text{х}32}$.

З використанням ефективного градієнту швидкості $\Gamma_{Гі\text{х}32}$, визначеного за рівнянням (3), на кривій течії каналу $2\text{х}32$ знаходимо величину напруження зсуву τ_x .

Знаходимо напруження зсуву на стінці i -го каналу [3]:

$$\tau_{R_{Гі\text{х}32}} = \tau_x \left(\frac{R_{Гі\text{х}32}}{R_{Rі\text{х}32}} \right)^{3n}, \tag{4}$$

Відмічаємо величину напруження зсуву $\tau_{R_{Гі\text{х}32}}$ на кривій течії i -го каналу.

Послідовно переносимо величину напруження зсуву $\tau_{R_{Гі\text{х}32}}$ на криву течії каналу $2\text{х}32$ за умови, що $\tau_{R_{Гі\text{х}32}} = \tau_{R_{Rі\text{х}32}}$.

Величину ефективного градієнту швидкості $\Gamma_{R_{Rі\text{х}32}}$ визначаємо за [3]:

$$\Gamma_{R_{Rі\text{х}32}} = \Gamma_{R_{Гі\text{х}32}} \sqrt[n]{\frac{\tau_{R_{Гі\text{х}32}}}{\tau_x}}, \tag{5}$$

Величини $\tau_{R_{Гі\text{х}32}} = \tau_{R_{Rі\text{х}32}}$ та $\Gamma_{R_{Rі\text{х}32}}$, які визначені за співвідношенням (4) та (5), належать до кривої течії каналу $2\text{х}32$ і набувають сенсу середнього за периметром напруження тертя на стінці та ефективного градієнту швидкості, які характеризують напружений стан i -го каналу. Такі перетворення можливі для будь-якого каналу. Внаслідок чого криві течії розплавів полімерів, що рухаються у прямокутних каналах, стають інваріантними відносно розмірів поперечного перерізу каналу.

В таблиці 1 наведені розрахункові данні для зведення кривої течії розплаву удароміцного полістиролу, неінваріантної відносно гідравлічного радіусу каналу $8\text{х}32$, до інваріантного виду.

Таблиця 1

Параметри течії удароміцного полістиролу марки УП-1ЛА у каналі $8\text{х}32$ за температури 190°C

Температура розплаву, $^\circ\text{C}$	Гідравлічний радіус $R_{Г8\text{х}32}$, см	Реологічний радіус $R_{R8\text{х}32}$, см	$\tau_{R_{Гі\text{х}32}}$, Н/см ²	τ_x , Н/см ²	$\Gamma_{R_{Г8\text{х}32}}$, с ⁻¹	$\Gamma_{R_{R8\text{х}32}}$, с ⁻¹	n
190	0,323	0,1907	2,2	1	13,25	64,43	0,4986
	0,323	0,1974	2,82	1,35	24	105,3	0,4986
	0,323	0,2075	3,78	1,95	49	252,84	0,404
	0,323	0,1943	5	2,7	105	482,81	0,404
	0,323	0,1972	6	3,3	157	1113,13	0,357

На рис.1 суцільними лініями показані консистентні криві течії для каналів $2\text{х}32$ та $8\text{х}32$ за температури 190°C , отримані в результаті дослідів, які порівнюються із розрахунковими даними.

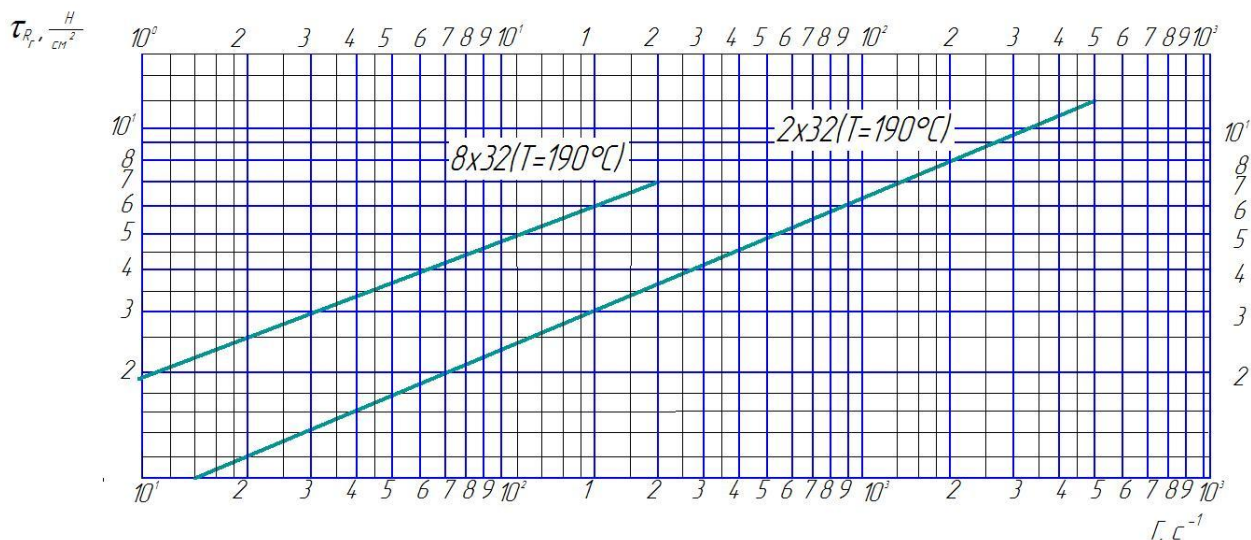


Рис. 1. Консистентні криві течії удароміцного полістиролу марки УП-1ЛА для каналів 2×32 та 8×32 за температури 190°С

Висновки

Наведений у статті метод зведення кривих течій до інваріантного виду дає змогу підвищення точності визначення реологічних характеристик розплаву удароміцного полістиролу і можливість використання результатів віскозиметричного експерименту для

розрахунку опорів прямокутних каналів довільного перетину.

Перспективи подальших досліджень у цьому напрямку можуть бути направлені на виявлення впливу індексу течії на реологічні характеристики розплаву полімерів.

Література

1. Жданов, Ю.А. Метод определения скорости скольжения и истинной кривой течения полимеров по неинвариантным реологическим характеристикам [Текст] / Ю.А. Жданов, Л.А. Иванова, Д.Д. Рябинин // Респ. межв. научно-техн. сб. "Химическое машиностроение". – 1973. – № 18. – С. 50–57.
2. Рябинін, Д.Д. Про реологічний аспект використання поняття гідравлічного радіуса [Текст] / Д.Д. Рябинін, А.М. Мотін // Вестник Национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт". Машиностроение. – 2001. – № 41. – С. 55–59.
3. Пристінні ефекти в процесах переробки полімерних матеріалів [Текст] / В.І. Сівецький, О.С. Сахаров, О.Л. Сокольський, Д.Д. Рябинін . – К. : НТУУ «КПІ», 2009. – 140 с.