

під час експериментів при дослідженні реологічних властивостей розплавів полімерів. Застосування інформаційних та математичних методів відкриває можливості для отримання важливих практичних результатів та подальших наукових досліджень.

### Література

1. Цебрєнко М. В. Ультратонкие синтетические волокна - М.: Химия, 1991. - 214ст.
2. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Введение в математическую статистику. М.: Изд-во ЛКИ, 2010. —600 с.
3. Культин Н. Delphi в примерах и задачах (3-е издание). С-Пб.: БХВ-Петербург, 2012. – 288 с.

РЕЗАНОВА В.Г., ДРОБОТЕНКО Є.Ю.

### ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ КІНЕТИКИ РОЗПАДУ СТРУМЕНЯ В ПОЛІМЕРНІЙ МАТРИЦІ

REZANOVA V.G., DROBOTENKO.E.Yu

#### SOFTWARE FOR CALCULATION OF THE DECAY KINETICS OF THE JET IN A POLYMER MATRIX

*Purpose – is the development of software for calculating the kinetics of decay of the jet in the polymer matrix. The software will allow to significantly reducing the time spent performing large amount of labor-intensive work on processing the input data.*

*Theoretical researches of process of calculation of the decay kinetics of polymer jets to define the average PP microfibers diameter and increasing of their part in the nanofilled mixtures mass was established*

*Keywords: polymers, polymer jets, microfiber, decay kinetics, compatibilizator.*

### Вступ

Використання полімерних матеріалів - це один із найголовніших критеріїв, за допомогою якого оцінюють рівень науково-технічного прогресу будь-якої країни. Дослідження у галузі фізико-хімії полімерів сприяли винайденню нового способу отримання надтонких синтетичних волокон (мікрволокон) за допомогою переробки розплавів сумішей полімерів (так зване специфічне волокноутворення). За допомогою даного способу можна отримати мікрволокна з розмірами від кількох долей до десятих долей мікрону. Вони мають унікальну структуру поверхні, а саме - волокна мікронних розмірів вкриті мікрофібрилами по всій поверхні. Завдяки такій структурі дані мікрволокна мають вовноподібні та бавовноподібні властивості.

Методологія специфічного волокноутворення була винайдена в 1960-х роках. Суть методу полягає в тому, що волокна з одного полімеру (волокноутворюючого) утворюються в дисперсній масі іншого полімеру (матричного) за рахунок гідродинамічних сил. Краплі полімеру дисперсної фази в розплаві суміші двох полімерів під дією розтягуючих напруг перетворюються у рідинні струмені. Деформування струменів відбувається, доки розтягуюча напруга не досягне максимального

значення. При наближенні до формуючого отвору розтягуючі напруги релаксуються, при чому збільшується діаметр утворених струменів та втрачається їх паралельність. Згодом при з становленням зсувної течії струмені знову паралелізуються та витягуються. Коли з формуючого отвору виходить суміш полімерів, відбувається кристалізація полімерів, при цьому пучок ультратонких волокон знаходяться всередині матричного полімеру. Виділяють волокна шляхом розчинення матричного полімеру речовинами, інертними до волокноутворюючого полімеру.

### **Постановка задачі**

Метою роботи є розробка програмного забезпечення для розрахунку кінетики розпаду струменя в полімерній матриці, а отже - розрахунок поверхневого натягу на межі поділу фаз.

### **Основна частина**

Простий випадок розплаву суміші полімерів потрібно розглядати як дисперсію крапель першого полімеру в масі іншого. Така дисперсія в реологічному режимі розглядається на двох рівнях:

- 1) макрореологічний – це рівень, на якому визначаються реологічні властивості дисперсії в цілому, такі як нормальні напруги та в'язкість;
- 2) мікрореологічний – це рівень, на якому відбувається детальний опис руху окремих крапель.

Розплав полімерних дисперсій має мікрореологічні властивості. Дані властивості визначаються, як і вхідним станом дисперсії (приклад, ступінь і тип диспергування), так і змінами, які відбуваються з полімером дисперсної фази (краплі) під час процесу течії розплаву (приклад, зміна розміру, форми, кількості та інші).

У дисперсійному середовищі при малому градієнті швидкості крапля набуває форми еліпсоїда обертання, а при великих значеннях вона перетворюється у рідкий циліндр, по-іншому - рідкий струмінь. Щоб визначити величину деформації краплі, потрібно розрахувати поля швидкостей та тисків як ззовні краплі, так і всередині.

Відомо, що рідкий циліндр (струмінь) є термодинамічно нестійким через не вигідне співвідношення поверхні і об'єму, і з плином часу такий струмінь розпадається на ланцюжок крапель.

Проводимо дослід, у якому розглядаємо розпад струменя на краплі та обробляємо результати за відомою теорією.

Алгоритм роботи

- 1) Пучок волокон нагрівається на предметному столику мікроскопа і через певні
- 2) проміжки часу робимо мікрофотографії. Спочатку маємо тільки волокна (рис.1), потім – волокна і краплі, в кінці дослідів – всі волокна розпались на краплі (рис. 2).

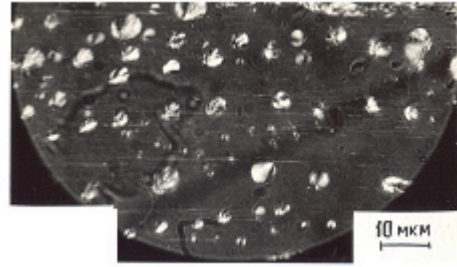
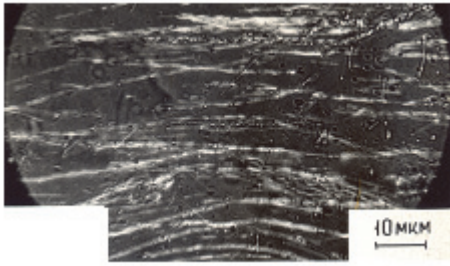


Рис. 1. Мікрофотографія пучка волокон

Рис. 2. Мікрволокна розпались на краплі

3) Виміряти та записати діаметри волокон.

4) Розрахувати  $C$  – це середнє арифметичне діаметрів волокон. Воно рахується за формулою :

$$C = \frac{\sum d}{N} \quad (1)$$

де  $\sum d$  – це сума всіх діаметрів волокон, а  $N$  – кількість волокон.

5) Далі потрібно порахувати

$$\frac{\ln((C - d_0))}{d_0} \quad (2)$$

де  $C$  - це середнє арифметичне діаметрів волокон, а  $d_0$  – розрахунковий діаметр.

6) Наступним кроком буде виміряти діаметри крапельок ( $2a_0$ ) .

7) Треба виміряти  $\lambda$  (Рис. 3).

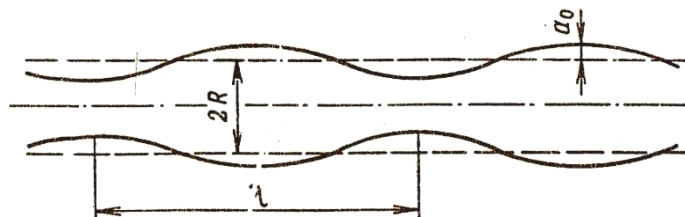


Рис. 3. Схематичне зображення рідкого циліндра

8) Потрібно порахувати  $a_0$  (середнє арифметичне діаметрів крапельок).

9) Потрібно порахувати  $\lambda_m$  (середнє арифметичне  $\lambda$ ), яке рахується за формулою:

$$\lambda_m = \frac{\sum \lambda}{N} \quad (3).$$

10) Потрібно порахувати  $q$  – коефіцієнт нестабільності струменя за формулою:

$$q = \frac{\Delta \ln 2a}{d_0 \cdot \Delta t} \quad (4).$$

11) Знаходимо з теоретичної кривої значення

$$\Omega(\chi, \rho) \quad (5)$$

де  $\chi$  – це складна функція хвильового числа, що розраховується за формулою

$$\chi = \pi * d_0 / \lambda_m \quad (6)$$

та  $\rho$  - співвідношення в'язкостей фаз, яке рахується за

$$\rho = \eta_1 / \eta_2 \quad (7).$$

12) Тепер знаходимо поверхневий натяг  $\sigma$  за формулою:

$$\sigma = q * \eta_{\text{матр}} * d_0 / \Omega(\chi, \rho) \quad (8)$$

де  $\eta_{\text{матр}} = 740$ .

### Висновки

Дане дослідження та проведення розрахунків за відповідною методикою дало змогу розрахувати поверхневий натяг  $\sigma$  на межі поділу фаз між двома компонентами суміші. За інших однакових умов, зниження  $\sigma$  сприяє стабільності рідких струменів меншого радіусу, тобто забезпечується одержання більш тонких волокон. Отже, цей параметр визначає значною мірою, чи буде відбуватись волокноутворення для даної пари полімерів. Саме зі зменшенням  $\sigma$  пов'язаний механізм дії компатибілізаторів. Тому практичне значення роботи полягає в тому, що впливаючи на  $\sigma$ , можна забезпечити утворення мікрОВОЛОКОН за умов, коли без компатибілізатора волокноутворення не відбувається. Це значно раціоналізує роботу дослідника, оскільки науково обгрунтовані висновки робляться на основі розрахунків, без проведення довготривалих і дорогих дослідів.

### Література

1. Цебренко М. В. Ультратонкі синтетичні волокна - М.: Хімія, 1991. - 214ст.
2. Tomotika S. On the stability of a cylindrical thread of a viscous liquid surrounded by another viscous fluid - Proc. Roy. Soc. : (London), 1935, Vol.A150- P.322-337.
3. Культин Н.Б. Програмування на Delphi-Інтернет – видавництво,2015.- 232 ст.