

досліджень та отримання важливих практичних результатів. Зокрема – математичні моделі можуть бути використані для оптимізації параметрів процесу та для прогнозування його поведінки у майбутньому.

Ключові слова: оптимізація, мікрофібрилярні структури, експеримент, матриця.

Література

1. Резанова В.Г., Резанова Н.М. Програмне забезпечення для дослідження полімерних систем. Монографія. – К.: АртЕк, 2020. – 358 с.
2. Резанова В.Г., Голодов Д.В. Дослідження та розробка програмного забезпечення для побудови математичної моделі формування мікрофібрилярних структур // Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві. Зб.наук. праць – К.: Освіта України, 2019. – с. 200-203
3. Рефатова С. Теорія планування експерименту [Електронний ресурс] / С. Рефатова, В. Єремєєв // Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Богдана Хмельницького. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: http://lib.mdpu.org.ua/e-book/teor_plan/Lection1/Lection1.html.
4. Stroustrup B. Programming: Principles and Practice Using C++ (2nd Edition). Addison-Wesley Professional, 2014. – 1312 p.
5. Мейерс С. Эффективный и современный C++. М.: Вильямс, 2016. - 304 с.

РЕЗАНОВА В.Г., НИКА М. П.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИСПЕРСІЙНИХ СЕРЕДОВИЩ

REZANOVA V.G., NIKA M.P.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR RESEARCH OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF DISPERSIONS

The study of mixtures of viscous liquids, in particular melts of polymer mixtures, is relevant in the world. Research is based on knowledge of the basic principles of classical hydrodynamics

Purpose and tasks. The purpose of the work is to create software for processing experimental data on determining the value of effective viscosity of polymer melt, the nature of the flow and graphic representation of the results of the study.

The task is to calculate the parameters of the flow of polymer melts and to present the results in graphical form.

Object and subject of research. The object of the study is polymer composites. Their properties are determined by a number of factors - the characteristics of the polymer matrix,

the size of nanoparticle particles, their shape, orientation and mutual placement. The interaction between the filler and the polymer at the molecular level, which can lead to an increase or decrease in the viscosity of the melts of such systems, has a significant influence on the rheological indexes.

The subject of the study is the process of automated calculation of the flow parameters of the melts of polymers and their mixtures.

Вступ

Актуальним в світі є дослідження сумішей в'язких рідин, зокрема розплавів сумішей полімерів. Дослідження ґрунтуються на знаннях основних положень класичної гідродинаміки.

Дослідження явищ структуроутворення має великий науковий інтерес з точки зору створення загальної теорії процесів переробки сумішей полімерів, визначення ролі входових процесів, які відіграють вирішальну роль не тільки при переробці розплавів сумішей, але й при переробці розплавів індивідуальних полімерів. Зазвичай при створенні полімерних композицій керуються практичними міркуваннями, тобто емпіричний пошук випереджає розвиток теорії. Проте лише науково обґрунтований підхід до вибору хімічної природи полімерів, їх співвідношення, знання закономірностей зміни макрореологічних властивостей суміші від її мікроструктури дасть можливість одержувати полімерні композиції з заданими властивостями. Вивчення механізмів, процесів та явищ, що спостерігаються при переробці розплавів сумішей полімерів, є важливим і актуальним та підлягає подальшому дослідженню.

Постановка завдання

Властивості полімерних систем у в'язко-текучому стані характеризуються різними величинами, серед яких важливою в практичному відношенні є ефективна в'язкість. Для дослідження реологічних характеристик розплавів полімерів використовують капілярні віскозиметри постійного тиску, оскільки в них течія відбувається за зсувовим механізмом, як і у технологічному обладнанні для їх переробки [1]. Розрахунок параметрів течії розплавів полімерів та представлення одержаних результатів у графічному вигляді є достатньо трудомістким та потребує значних затрат часу [1]. Виходячи із вищесказаного, в роботі ставиться актуальна задача дослідження, розрахунку та зручного графічного представлення реологічних характеристик дисперсійних середовищ.

Основна частина

Особливістю переробки полімерів у виробі є необхідність їх переведення у в'язко-текучий стан з метою надання необхідної форми. Відомо, що в основі класичної гідромеханіки лежить модель в'язкої рідини

Ньютона, згідно з якою напруга зсуву (τ) прямо пропорційна швидкості деформації ($\dot{\gamma}$): $\tau = \eta \dot{\gamma}$, де коефіцієнт пропорційності η називають в'язкістю. Характер течії високомолекулярних сполук підпорядковується ступеневому закону: $\tau = \eta \dot{\gamma}^n$ де n – ступінь відхилення від ньютонівської течії. З огляду на це, вивченого реологічну поведінку вихідних та модифікованих розплавів полімерів з метою встановлення основних закономірностей їх течії як чинника, що впливає на технологічні параметри переробки. Програмне забезпечення розробляли в середовищі Delphi мовою Object Pascal [2, 3, 4].

Реологічні характеристики досліджуваних розплавів полімерних систем вивчали за допомогою капілярного віскозиметра. Течія розплаву через капіляр відбувається за рахунок перепаду тисків між його кінцями: $\Delta P = P/F$, де P – маса поршня, рамки і навантажувальних дисків та зусилля пружини індикатора; F – площа поршня. Обробку експериментальних результатів здійснювали з використанням загальноприйнятої методики для неньютонівських систем [1]. Напругу зсуву на стінці капіляру визначали за співвідношенням:

$$\tau = \frac{4r \cdot P}{\pi \cdot d_n^2 \cdot 2L} = K_1 \cdot P, \text{ де } r, L - \text{ радіус і довжина капіляру відповідно; } d_n -$$

діаметр поршня; K_1 – постійна величина для даного капіляру, яка залежить від його діаметра і довжини. За отриманими даними будується попередня крива течії, що зв'язує напругу із градієнтом швидкості зсуву на стінці капіляру. З неї розраховують режим течії як тангенс кута нахилу дотичної в даній точці кривої: $n = \frac{\Delta \lg D}{\Delta \lg \tau}$.

Програмне забезпечення здійснює зображення попередньої кривої течії. Для одержання істинної кривої течії та розрахунку величини в'язкості попередню криву течії умовно розділяють на дві частини: одна відповідає найбільшій ньютонівській в'язкості, а друга – «структурній» ділянці, а потім для них розраховують середнє значення показника n_{cp} .

Розроблене програмне забезпечення дозволяє представити у графічному вигляді істинну криву течії $\lg \dot{\gamma} = f(\lg \tau)$, а також залежності η від напруги і швидкості зсуву. На рис. 1 наведено розраховані значення функції $\lg \eta = f(\lg \tau)$ для розплаву поліпропілену, наповненого 1,0 мас. % Ag/Al₂O₃.

Висновки

Проведено дослідження та розроблено програмне забезпечення для обробки експериментальних результатів реологічних властивостей полімерних дисперсій. Створена програма дозволяє розрахувати в'язкість

та режим течії розплавів, а також представити результати у вигляді графічних зображень кривої течії і залежності в'язкості від напруги та швидкості зсуву. Програма дозволяє суттєво спростити і зробити набагато ефективнішим процес обробки експериментальних результатів, а також вибрати технологічні параметри переробки в залежності від реологічних характеристик розплавів.

Ключові слова: програмне забезпечення, розплав полімерів, в'язкість.

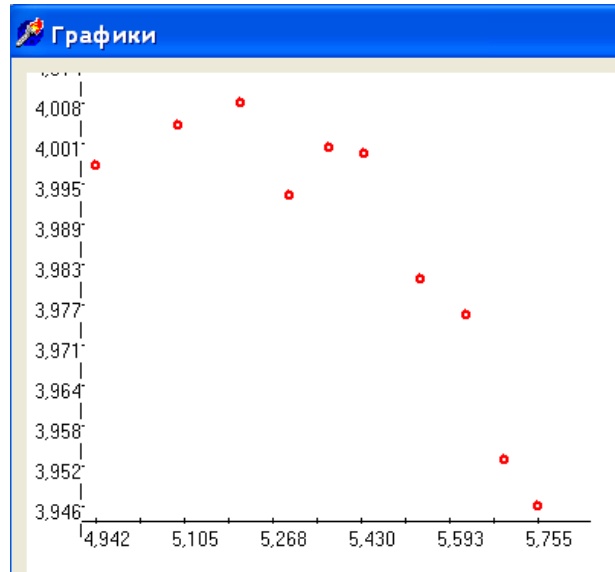


Рисунок 1 - Програмне зображення залежності $\lg \eta = f(\lg \tau)$

Література

1. Rezanova N.M., Rezanova V.G., Plavan V.P., Viltaniuk O.O. The influence of nano-additives on the formation of matrix-fibrillar structure in the polymer mixture melts and on the properties of complex threads // *Vlákna a textil (Bratislava, Slovak Republic)* - №2, 2017. - p. 37-42
2. Фленов М. Библия Delphi (3-е издание) // СПб.: БХВ-Петербург, 2012 – 688 с.
3. Осипов Д. Л. Delphi. Программирование для Windows, OS X, iOS и Android // СПб.: БХВ-Петербург, - 2014. – 464 с.
4. Пестриков В., Маслобоев А. Delphi на примерах // СПб.: БХВ-Петербург, 2012 – 496 с.

РЕЗАНОВА В.Г., МОЖНЯКОВА С.В.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

REZANOVA V.G., MOZHNIKOVA S.V.

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR CREATION OF MATHEMATICAL MODEL OF DESIGN OBJECT

In our time of rapid development of communications and a huge flow of information, there is often a need to develop methods that would systematize information and reduce the