

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ ПОЛИМЕРА НА ВЯЗКОСТЬ ЕГО РАСТВОРА

<sup>1</sup>Цурова А.Т.\*, <sup>2</sup>Шокумова М.У., <sup>1</sup>Саламов А.Х., <sup>2</sup>Хаширова С.Ю.

<sup>1</sup>*Ингушский государственный университет*

<sup>2</sup>*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова*

\*[tsurova.ashat@yandex.ru](mailto:tsurova.ashat@yandex.ru)

*В данной работе описан метод измерения вязкости раствора полиамида-6 и композита на его основе. Сущность метода заключается в измерении времени истечения раствора полимера через капилляр вискозиметра при постоянной температуре согласно ГОСТ 18249-72. Определена взаимосвязь между молекулярной массой полимера и его вязкостью.*

**Ключевые слова:** вязкость, полимер, композит, раствор полимера.

## DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF THE MOLECULAR MASS OF A POLYMER ON THE VISCOSITY OF THE SOLUTION THEREOF

<sup>1</sup>Tsurova. A.T., <sup>2</sup>Shokumova M.U., <sup>1</sup>Salamov A.H., <sup>2</sup>Khashirova S.Yu.

<sup>1</sup>*Ingush State University*

<sup>2</sup>*Kabardino-Balkarian State University*

*This paper describes a method for measuring the viscosity of a polyamide-6 solution and a composite based on it. The essence of the method is to measure the time of flow of the polymer solution through the viscometer capillary at a constant temperature according to GOST 18249-72. The relationship between the molecular weight of the polymer and its viscosity has been determined.*

**Keywords:** viscosity, polymer, composite, polymer solution.

### Введение

Молекулярная масса  $M$ , один из основных показателей вязкости полимерных растворов, в значительной степени зависит от размеров молекул. В целом существует довольно четкая корреляция между вязкостью и молекулярной массой. На этом основан один из методов определения молекулярной массы полимеров [1].

Растворы полимеров с большей молекулярной массой обладают более высокими значениями вязкости. Вязкость растворов полимеров и их поведение при воздействии механических нагрузок зависят от молекулярной массы и гибкости макромолекул [2].

Характерной особенностью растворов высокомолекулярных соединений является их высокая вязкость по сравнению с чистым растворителем даже при малых концентрациях. Особенно сильно это свойство проявляется у полимеров с длинными линейными макромолекулами, например, у полиамида. Растворы полимеров с той же молекулярной массой, но сферической формой молекул (глобулярные ВМВ) имеют меньшую вязкость. Отсюда следует, что вязкость растворов полимеров возрастает пропорционально асимметрии их молекул [3, 4]. При одинаковой химической структуре молекул вязкость закономерно возрастает с увеличением молекулярной массы. Вязкость зависит также от концентрации полимера и межмолекулярных сил взаимодействия [5].

По мере повышения температуры вязкость жидкости быстро уменьшается. Это происходит потому, что при повышении температуры увеличиваются средние расстояния между молекулами и ослабляется взаимное притяжение между ними (в ассоциированных жидкостях это сопровождается и уменьшением степени ассоциации). Для органических веществ вязкость растет с возрастанием молекулярного веса, с введением в молекулу полярных групп, особенно при наличии в молекуле циклов, чем и объяс-

няется высокая вязкость смазочных масел [6]. Вязкость композитов по всем данным зависит от среднего диаметра молекул. Поэтому вязкость жидкости сильно изменяется в присутствии небольших количеств коллоидов, частицы которых значительно больше молекул самого растворителя. Необходимо отметить, что в разбавленных суспензиях, эмульсиях и коллоидных растворах вязкость линейно возрастает с увеличением объемного заполнения  $V_2/V_1 = \omega$  среды и не зависит от размеров частиц ( $V_1$  – объем дисперсионной среды,  $V_2$  – объем дисперсной фазы).

В данной работе нами исследована вязкость образцов полимера полиамида-6 чистого и модифицированного монтмориллонитом [7].

#### Объекты и методы исследования

Образцы для испытаний были получены методом литья под давлением на машине Politest компании Ray-Rap при температуре 260 °С в Центре полимерных материалов и аддитивных технологий Кабардино-Балкарского государственного университета.

В качестве полимерной матрицы для получения полиамид/слоистосиликатных нанокомпозитов использовали полиамид-6 марки 210/310 производства ООО «Химволокно».

Нанокомпозиты получали путем смешения в расплаве полиамида-6 и монтмориллонита в количестве 3 % от массы ПА-6 на двухшнековом экструдере при температуре 220 °С. Использовали механически очищенный монтмориллонит месторождения Герпегеж.

Относительную вязкость полиамида-6 и нанокомпозитов на его основе, полученных методом смешения в расплаве, определяли согласно ГОСТ 11034-2018 на вискозиметре Уббелоде, типа ВПЖ-2 с постоянной  $0,1 \text{ мм}^2/\text{с}^2$  в растворе серной кислоты.

#### Результаты и их обсуждение

Исследования проводились в водном термостате при температуре 25 °С.

Вискозиметр полностью погрузили (до метки) в воду и закрепили лапками в штативе. Приготовленный раствор полимера (в 20 мл растворителя полностью растворили 0,1 г образца) налили в установленный вискозиметр. Выдерживали вискозиметр с раствором в термостате 20 мин. Резиновой трубкой с помощью груши заполнили вискозиметр до середины верхнего шарика вискозиметра (рис. 1). Довели раствор до метки и отсчитали время истечения раствора. Повторили исследование три раза. Вычислили среднее значение. Таким же методом измеряли вязкость композита полиамида-6. Определение вязкости растворов полимеров основано на измерении времени истечения жидкостей из капилляра вискозиметра.



Рис. 1. Термостат с вискозиметром

Вязкость полученных образцов вычислялась по уравнению Пуазейля

$$\eta = \frac{\pi r^4 \rho g h \tau}{8 \nu L}.$$

Однако обычно при измерении вязкости растворов достаточно определить относительную вязкость раствора  $\eta$  – отношение вязкости раствора к вязкости растворителя

$$\eta_{\text{отн}} = \frac{\eta}{\eta_0}, \quad \eta_{\text{уд}} = \eta_{\text{отн}}^{-1} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0}, \quad \eta_{\text{пр}} = \frac{\eta_{\text{уд}}}{c}, \quad [\eta] = \left( \frac{\eta_{\text{уд}}}{c} \right)_{c \rightarrow 0} = \left( \frac{\ln \eta_{\text{отн}}}{c} \right)_{c \rightarrow 0}.$$

Результаты исследования приведены в *таблице*.

*Таблица*

Вязкость полиамида-6 и нанокompозита на его основе

Образец	Время истечения, с	$\eta_{\text{отн}}$	$\eta_{\text{вд}}, \text{С}$	$\eta_{\text{пр}}$
Серная кислота(конц.)	383, 53	–	–	–
Полиамид -6	424,17	1,10596	0,10596	0,2119
ПА-6+3 % ММТ	432,48	1,1276	0,1276	0,255

Как видно из результатов исследования, при добавлении 3 % монтмориллонита увеличивается вязкость полиамида. Следует отметить, что при добавлении такого количества монтмориллонита в полимерную матрицу увеличиваются физико-механические и термические свойства полиамида [7]. Необходимо отметить, что при этом не меняется молекулярная масса полимера.

### Библиография

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1964. 574 с.
2. Бреслер С.Р., Павлова С.А., Твердохлебова И.И., Методы определения молекулярных весов и полидисперсности высокомолекулярных соединений. М.: Издательство АН СССР, 1963. 335 с.
3. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Гасанов Г.Ш., Гаджиева Ш.Н. Определение конформации и размеров макромолекул полиэтиленгликоля в водных растворах методом вискозиметрии // Журнал физической химии. 2019. Т. 93. № 6. С. 845–849.
4. Бабаевского П.Г. Практикум по полимерному материаловедению. М.: Химия, 1980. 255 с.
5. Тадмор З., Гогос К. Теоретические основы переработки полимеров. М.: Химия, 1984. 627 с.
6. Тагер А.А. Растворы высокомолекулярных соединений. Л.: Наука, 1951. 207 с.
7. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. М.: Химия, 1977. 440 с.
8. Цурова А.Т., Долбин И.В., Жанситов А.А., Мусов И.В., Хаширова С.Ю., Мамхегов М.М., Микитаев А.К. Исследование термических свойств и огнестойкости полиамида-6/слоистосиликатных нанокompозитов // Известия КБГУ. 2014. Т. IV, № 6. С. 48.