

УДК 666.3/7:629.7

DOI: 10.18577/2071-9140-2014-0-2-56-58

Т.А. Кириенко<sup>1</sup>, Ю.А. Балинова<sup>1</sup>**ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНОЙ ВЛАЖНОСТИ НА РЕОЛОГИЮ ТОНКИХ СЛОЕВ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ «НЕОРГАНИЧЕСКИЕ СОЛИ–ОРГАНИЧЕСКИЙ ПОЛИМЕР»**

*Рассмотрено влияние влажности окружающего воздуха на реологию концентрированных водных растворов системы «неорганические соли–органический полимер». Показано влияние влажности на динамическую вязкость растворов, энергию активации вязкого течения и вязкоупругое поведение. Установлены зависимости указанных реологических характеристик от влажности, позволяющие прогнозировать и регулировать свойства растворов в ходе технологических процессов их переработки в условиях изменяющейся влажности.*

**Ключевые слова:** атмосферная влажность, раствор, неорганическая соль, органический полимер.

*Influence of humidity of air on a rheology of the concentrated water solutions of system «inorganic salts–organic polymer» is considered in article. Influence of humidity on dynamic viscosity of solutions, energy of activation of a viscous current and viscoelasticity is shown. Dependences of the specified rheological characteristics on humidity allowing to predict and regulate properties of solutions during technological processes of their processing in the conditions of changing humidity are established.*

**Keywords:** atmospheric humidity, solution, inorganic salt, organic polymer.

<sup>1</sup>Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal state unitary enterprise «All-Russian scientific research institute of aviation materials» State research center of the Russian Federation] E-mail: admin@viam.ru

В настоящее время одним из наиболее перспективных классов композиционных материалов для изделий авиационной техники являются керамические и металлические композиционные материалы, наполненные волокнами на основе оксида алюминия [1–8]. При получении таких материалов существует ряд проблем, одну из которых авторы рассматривают в данной статье.

Проблема влияния атмосферной влажности на реологию тонких слоев водных растворов системы «неорганические соли–органический полимер» представляет научный интерес и имеет большое практическое значение, между тем почти нет работ по исследованию влияния влажности на вязкоупругие свойства водных растворов. В связи с этим была предпринята попытка изучить влияние атмосферной влажности на реологию тонких слоев водных растворов.

Под тонким слоем в данной работе понимается слой водного раствора толщиной не более 0,05 мм. Исследовались три образца водных растворов системы «неорганические соли–органический полимер–вода» с соотношением компонентов 45:5:50% (по массе).

Все измерения выполнялись с помощью реометра Physica MCR 501 (фирма Anton Paar) с измерительной системой CP50-1TG (конус–плита, угол 1 град) [9, 10]. Для контроля и регулирования атмосферной влажности вокруг измерительной системы был установлен кожух, в котором влажность окружающего воздуха варьировалась

от 30 до 80%. Измерительная система нагревалась и охлаждалась с помощью измерительной ячейки с регулируемой температурой – элемента Пельтье.

Первым этапом исследования стало измерение динамической вязкости [11–14] трех образцов при постоянной температуре 20°C и скорости сдвига, равной 10<sup>-1</sup> с, при различных значениях атмосферной влажности. Во избежание изменения реологических свойств изучаемых образцов в процессе хранения из-за процессов испарения или поглощения влаги, образцы хранили в герметичной таре.

В результате установлено значительное влияние влажности на величину динамической вязкости. Установленная зависимость носит линейный характер при влажности >40%, при этом в среднем увеличение влажности окружающего воздуха на 10% приводит к уменьшению динамической вязкости на 0,2 Па·с. При меньших значениях влажности, вязкость не зависит от влажности (рис. 1).

Следующим этапом исследования стало измерение температурной зависимости в интервале температур от 20 до 0°C, в режиме осцилляции, при амплитуде деформации 0,05% и частоте 1 Гц. В процессе эксперимента влажность окружающего воздуха варьировалась в пределах от 30 до 80%. Установлено, что влажность в диапазоне до 60% не оказывает существенного влияния на энергию активации (рис. 2). При влажности >60% происходит сорбция воды тонким слоем водного раствора.

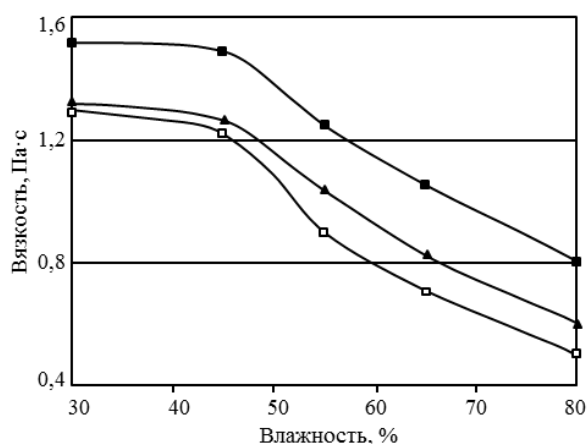


Рис. 1. Зависимость вязкости образцов с условным номером 1 (□), 2 (■) и 3 (▲) от влажности

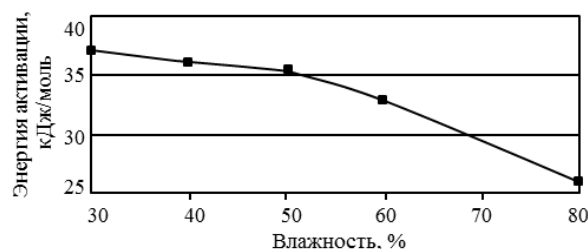


Рис. 2. Зависимость энергии активации от влажности

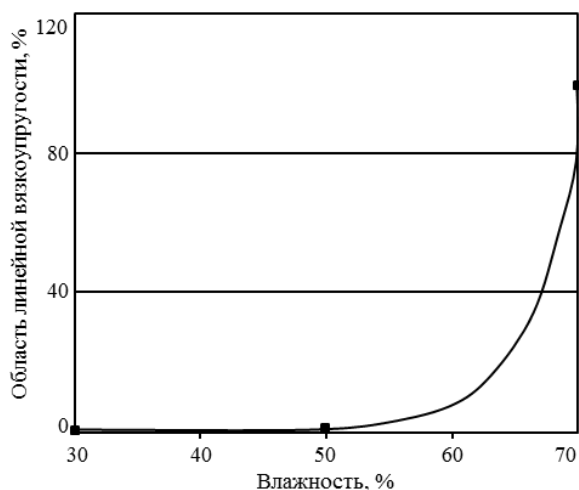


Рис. 3. Зависимость области линейной вязкоупругости от влажности

Третьим этапом исследования являлось установление влияния влажности на вязкоупругое поведение тонких слоев растворов. Испытания проводились при постоянной угловой частоте 10 град/с и амплитуде деформации, логарифмически нарастающей в диапазоне значений 0,01–1000%. Температура испытания была постоянной

и составляла 20°C. Влажность в процессе эксперимента варьировалась от 30 до 80%.

Установлено, что увеличение влажности атмосферного воздуха приводит к увеличению области линейной вязкоупругости (рис. 3). Это означает, что система «неорганические соли–органический полимер» стабильна в диапазоне деформаций от 0 до 100%, что благотворно влияет на технологические процессы, например, пропитку или получение порошков, которые также становятся более стабильными [15, 16].

Таким образом, увеличение влажности приводит к изменению эксплуатационных характеристик слоев растворов и стабильности процессов получения керамических материалов по растворной технологии [17].

В данной работе было изучено влияние атмосферной влажности на реологические характеристики водных растворов системы «неорганические соли–органический полимер». В ходе проведения исследований определено, что влажность является одним из важнейших факторов, влияющих на свойства концентрированных водных растворов и определяющих технологические параметры процессов формирования тонких слоев из них [18–20].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 7–17.
2. Щетанов Б.В., Купцов Р.С., Свистунов В.И. Методы получения монокристаллических волокон оксида алюминия для создания композиционных материалов и высокотемпературной волоконной оптики //Труды ВИАМ. 2013. №4. Ст. 01 (viam-works.ru).
3. Ивахненко, Ю.А., Бабашов В.Г., Зимичев А.М., Тинякова Е.В. Высокотемпературные теплоизоляционные и теплозащитные материалы на основе волокон тугоплавких соединений //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 380–385.
4. Каблов Е.Н., Щетанов Б.В., Ивахненко Ю.А., Балинова Ю.А. Перспективные армирующие высокотемпературные волокна для металлических и керамических композиционных материалов //Труды ВИАМ. 2013. №2. Ст. 05 (viam-works.ru).
5. Щетанов Б.В., Балинова Ю.А., Люлюкина Г.Ю., Соловьева Е.П. Структура и свойства непрерывных поликристаллических волокон  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> //Авиационные материалы и технологии. 2012. №1. С. 13–17.

6. Гращенко Д.В., Щетанов Б.В., Тинякова Е.В., Щеглова Т.М. О возможности использования кварцевого волокна в качестве связующего при получении легковесного теплозащитного материала на основе волокон  $Al_2O_3$  //Авиационные материалы и технологии. 2011. №4. С. 8–14.
7. Гращенко Д.В., Балинова Ю.А., Тинякова Е.В. Керамические волокна оксида алюминия и материалы на их основе //Стекло и керамика. 2012. №4. С. 32–36.
8. Способ получения высокотемпературного волокна на основе оксида алюминия: пат. 2395475 Рос. Федерация; заявл. 02.06.2008; опубл. 27.07.2010. Бюл. №34. 6 с.
9. BSISO 6721-10. Plastics – Determination of Dynamic mechanical properties. Part 10: Complex shear viscosity using a parallel-plate oscillatory rheometer. London: BSI. 2001. 15 p.
10. ГОСТ 25276–82. Методы определения вязкости ротационным вискозиметром при определенной скорости сдвига. М.: Изд-во стандартов. 1982. 4 с.
11. Кингери У.Д. Введение в керамику. 2-е изд. М. 1967. 183 с.
12. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Химия. 1988. 464 с.
13. Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология. Концепции, методы, приложения. М.: Профессия. 2010. 560 с.
14. Шрамм Г. Основы практической реологии и реометрии. М. 2003. 312 с.
15. Shafeiei-Sabet S., Hamad W.Y., Hatzikiriakos S.G. Influence of degree of sulfation on the rheology of cellulose nanocrystal suspensions //Rheologica Acta. 2013. V. 52. №8. P. 741–751.
16. Шаулов А.Ю., Берлин А.А. Неорганические и гибридные полимеры //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2011. №10. С. 3–5.
17. Баранова Г.В., Гринберг Е.Е., Жариков Е.В. Получение нанопорошков иттрий-алюминиевого граната гибридной золь-гель технологией и изготовление керамики //Успехи в химии и химической технологии. 2010. Т. 24. №9. С. 89–94.
18. Mironova M.V., Semakov A.V., Tereshchenko A.S., Tatarinova E.A., Getmanova E.V., Muzafarov A.M., Kulichikhin V.G. Rheology of carbosilane dendrimers with various types of end groups //Polymer Science. Series A. 2010. T. 52. №11. С. 1156–1162.
19. Ильин С.О., Малкин А.Я., Куличихин В.Г. Особенности реологии концентрированных суспензий //Коллоидный журнал. 2012. Т. 74. №4. 492 с.
20. Ильин С.О., Куличихин В.Г., Малкин А.Я. Необычные реологические эффекты, наблюдаемые в растворах полиакрилонитрила //Высокомолекулярные соединения. 2013. Т. 55. №8. С. 1071–1078.