

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЯЗКОСТИ НАНОЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ ЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ И ДВУОКСИДИ КРЕМНИЯ

С.В. Димов

*Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН
630090, Новосибирск, Россия*

Дисперсную смесь твердых частиц с размером меньше 100 нм в жидкости принято называть наножидкостью. Большой интерес к наножидкостям вызван тем, что их физические свойства, в том числе вязкость и теплопроводность, значительно отличаются от свойств суспензий с частицами микронного размера [1]. Наножидкости находят широкое применение в медицине, парфюмерии, строительстве, лакокрасочной промышленности и т.д. Псевдопластичное поведение вязкости наножидкости на основе раствора воды с этиленгликолем и частиц оксида кремния наблюдалось в [2]. В [3,4] приведены данные по коэффициенту вязкости такой суспензии с наночастицами оксида кремния, произведенными методом испарения с последующей конденсацией его паров [5]. В [3,4] также было показано, что с уменьшением размера частиц наблюдается увеличение вязкости суспензии и с увеличением температуры уменьшение вязкости пропорционально ее изменению базовой жидкости.

В данной работе проведены исследования вязкости наножидкости на основе этиленгликоля и наночастиц оксида кремния Aerosil (A90, A200, A380). Данные частицы получены высокотемпературным гидролизом на фирме Evonik. Фото частиц аэросила, полученные на просвечивающем электронном микроскопе приведены на рис. 1а. Характерные размеры частиц приведены фирмой изготовителем. На рис. 1.б приведена форма наночастиц оксида кремния по технологии [5].

При приготовлении наножидкости к известной массе этиленгликоля добавлялась необходимое количество частиц оксида кремния, и наножидкость на длительное время помещалась в ультразвуковую ванну. В результате был получен однородный раствор, в котором в течении нескольких дней не наблюдалось выпадения осадка. Объемная концентрация наночастиц определялась, используя табличные данные плотности этиленгликоля и аморфного кремния (2.2 г/см^3). Реологические свойства полученной суспензии определялись при разных скоростях сдвига на ротационном вискозиметре Брукфилда с системой термостатирования.

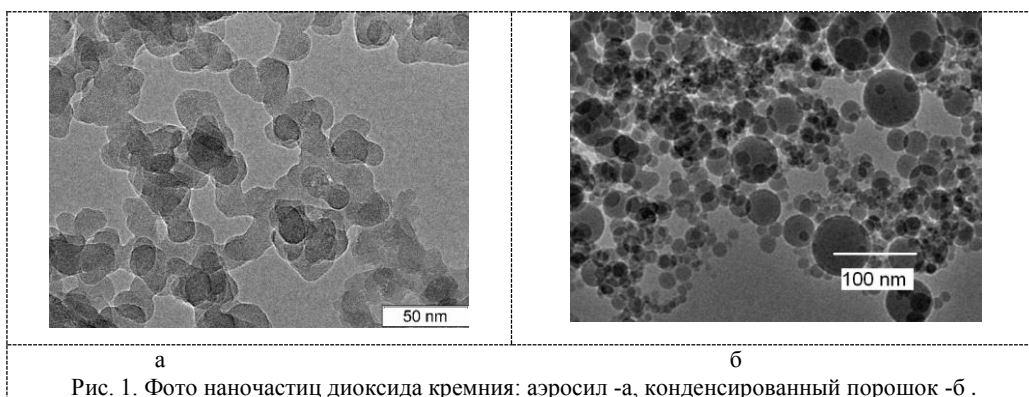


Рис. 1. Фото наночастиц диоксида кремния: аэросил -а, конденсированный порошок -б .

© С.В. Димов, 2015

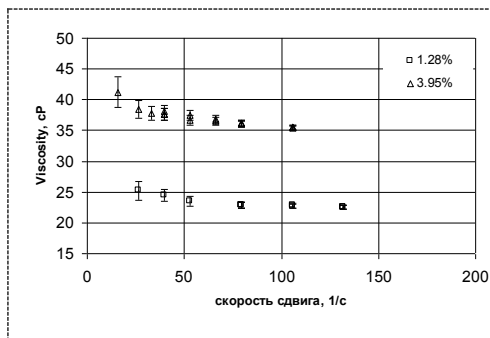


Рис. 2. Вязкость наножидкости диоксида кремния в этиленгликоле в зависимости от скорости сдвига при $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

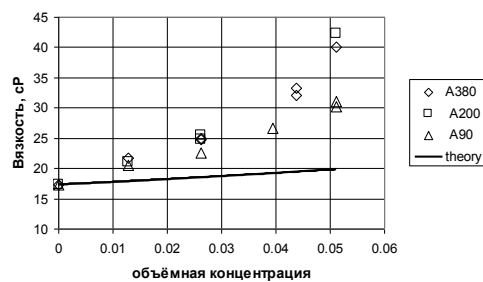


Рис. 3. Коэффициент вязкости наножидкости: этиленгликоль диоксид кремния (Аэросил А380, А200, А90) в зависимости от объёмной концентрации твердой фазы при $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На рис. 2 приведены зависимости эффективной вязкости от скорости сдвига при объёмных концентрациях 1.28 и 3.95% аэросила А380 в этиленгликоле при температуре 25С. Получено, что наножидкость проявляет неньютоновское поведение и вязкость зависит от скорости сдвига. С увеличением концентрации твердой фазы наблюдается существенное увеличение вязкости. На рис.3 приведены данные по коэффициенту вязкости от объёмной концентрации для трех типов порошков, полученные при большой скорости сдвига. Линией на рисунке приведено изменение коэффициента вязкости согласно классической теории. В отличие от данных полученных ранее в [3] увеличение вязкости с уменьшением размера частиц наблюдается только при изменении среднего размера с 20 нм ($S_{уд}=90\text{ м}^2/\text{г}$) до 12 нм ($S_{уд}=200\text{ м}^2/\text{г}$). Дальнейшее уменьшение размера до 7 нм не приводит к увеличению вязкости. Вероятно, это связано как с формой частиц пирогенного диоксида кремния, которые имеют менее округлую форму (Рис. 1 б), так и разными поверхностными свойствами наночастиц данного кремнезема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Mahbubul I.M., Saidur R., Amalina M.A.** Latest developments on the viscosity of nanofluids // Intern. J. Heat and Mass Transfer. 2012. V. 55. P. 874–885.
2. **Namburu P.K., Kulkarni D.P., Dandekar A. and. Das D.K.** Experimental investigation of viscosity and specific heat of silicon dioxide nanofluids // Micro & Nano Letters. 2007. Vol. 2, No 3. P. 67–71.
3. **Рудяк В.Я., Димов С.В., Кузнецов В.В., Бардаханов С.П.** Измерение коэффициента вязкости наножидкости на основе этиленгликоля с частицами двуокиси кремния // ДАН. 2013. Т. 450, № 1. С. 43–46.
4. **Рудяк В.Я., Димов С.В., Кузнецов В.В.** О зависимости коэффициента вязкости наножидкости от размера частиц и температуры // ПЖТФ. 2013. Т.39, N.17. С. 53-60.
5. **Бардаханов С.П., Корчагин А.И., Куксанов Н.К., Лаврухин А.В., Салимов Р.А., Фадеев С.Н., Чершков В.В.** Получение нанопорошков испарением исходных веществ на ускорителе электронов при атмосферном давлении // ДАН. 2006. Т. 409, №3. С. 320–323.