

Хмелев С.С., Хмелев В.Н., Карзакова К.А., Голых Р.Н.

*Бийский технологический институт, Бийск*

*ssh@bti.secna.ru*

**Улучшение свойств полимерных композиционных материалов  
применением ультразвукового кавитационного воздействия**

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-179.2014.8*

Основная тенденция развития современной промышленности полимерных композиционных материалов (ПКМ) заключается в улучшении эксплуатационных характеристик известных материалов и создании новых материалов с недостижимыми при реализации традиционных технологий свойствами. Очевидно, что придание новых свойств известным материалам и создание новых структур в создаваемых материалах возможно только за счет целенаправленного энергетического воздействия, способного изменять структуру и связанные с ней свойства полимеров.

Анализ современных исследований позволяет установить, что воздействие ультразвуковыми (УЗ) колебаниями высокой интенсивности во многих случаях является эффективным способом улучшения технологических свойств ПКМ. Особенно отмечается значительное влияние УЗ воздействия на структуру и свойства эпоксидных материалов [1]. Поэтому предпринимаются многочисленные попытки практического применения УЗ оборудования для: снижения вязкости, как чистого олигомера, так и композиций с отвердителями [2]; улучшения смачивающей способности эпоксидного связующего поверхности армирующего пластика [3]; введения в ПКМ различного рода наномодификаторов с целью упрочнения и повышения вязкости разрушения [4]; разбивания агрегатов наночастиц и равномерного их распределения по объему [5]; диспергирования углеродных нанотрубок с

образованием гомогенной суспензии [6]; повышения прочностных характеристик при модификации ультразвуком высоконаполненных композитов на основе полипропилена и древесной муки [7].

Авторы исследований при этом указывают, что УЗ воздействие позволяет: создавать материалы со структурой, лишенной крупных дефектов и неоднородностей; обеспечить возможность перехода в область весьма больших концентраций наномодификаторов в полимерной матрице; обеспечить разрушение агломератов наночастиц и их равномерное распределение по всему обрабатываемому объему. При этом все авторы отмечают, что значительные изменения структуры и свойств реализуются только в лабораторных условиях, на маленьких объемах и только при возникновении в обрабатываемом неотвержденном полимере развитой кавитации. Попытки использования серийного ультразвукового оборудования в промышленных масштабах не позволили достичь ожидаемого эффекта. Обусловлено это тем, что большинство неотвержденных ПКМ относятся к классу неньютоновских жидкостей для которых неизвестны численные значения интенсивности УЗ колебаний, необходимые для возникновения и поддержания кавитационного режима, а аномально высокое затухание УЗ колебаний в таких средах не позволяет создать кавитационные зоны обработки заметных размеров.

Поэтому, возникает необходимость построения и анализа теоретических моделей для выявления режимов (по интенсивности воздействия) возникновения и распространения кавитационной области в жидких средах различной вязкости и характеризующиеся различными зависимостями вязкости от градиента скорости [8]. Кроме того, необходимость формирования кавитационной области максимального размера обуславливает необходимость поиска условий реализации кавитационного режима в проточных объемах, достаточных для реализации процессов в промышленных масштабах, т.е. создания специализированного оборудования.

Решение поставленных задач позволило получить численные значения акустической энергии [9], необходимой для создания и поддержания кавитации в вязкой неньютоновской жидкости, определить размеры кавитационной области [10], выработать требования к УЗ технологическим аппаратам и технологическим объемам [11], создать колебательные системы [12] с многопакетными пьезоэлектрическими преобразователями и многополуволновыми излучателями, мощностью до 8000 ВА.

Разработанные ультразвуковые технологические аппараты могут быть использованы для целей улучшения эксплуатационных характеристик известных и создания новых полимерных композиционных материалов

#### **Список использованных источников**

1. **Воронков, А.Г.** Эпоксидные полимеррастворы для ремонта и защиты строительных изделий и конструкций [Текст] / А.Г. Воронков, В.П. Ярцев // Томск: Изд-во ТГТУ, 2006. – 62 с.
2. **Ганиев, М.М.** Повышение прочностных свойств композиционных полимерных материалов применением ультразвуковой обработки эпоксидного связующего [Текст] / М.М. Ганиев // Известия вузов. Авиационная техника. – 2007. – №4.
3. **Ганиев, М.М.** Влияние ультразвуковой обработки на физико-механические свойства клеевых соединений и эпоксидных композиций [Текст] / М.М. Ганиев // Известия ВУЗов. Авиационная техника. – 2008. – № 2.
4. **Гуняев, Г.М.** Влияние ультразвуковой обработки на прочностные свойства композиционных полимерных материалов [Текст] / Г.М. Гуняев [и др.] // Пластические массы. – 2003. – № 10. – С.15–16.
5. **Корохин, Р.А.** Влияние ультразвуковой обработки наномодифицированных связующих на вязкость разрушения отвержденных

композиций [Текст] / Р.А. Корохин [и др.] // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2011. – т. 17. – №4. – С. 527–538.

6. **Шебанов, С.М.** Деформации при многократном сжатии в нелинейной области нанокompозита эпоксидная смола – многослойные углеродные нанотрубки [Текст] / С.М. Шебанов // Композитный мир. – 2010. – июль–август.

7. **Ишков, А.В.** Прочностные свойства высоконаполненных композитов на основе полипропилена и древесной муки при ультразвуковой обработке [Текст] / А.В. Ишков, Ю.Т. Панов // Химия и химическая технология. – 2011. – т. 54. – вып. 1. – С. 108–110.

8. **Хмелев, В.Н.** Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве [Текст] / В.Н. Хмелев, Г.В. Леонов, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов // Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2007. – 400 с.

9. **Хмелев, В.Н.** Выявление оптимальных режимов и условий ультразвуковой кавитационной обработки высоковязких жидкостей [Текст] / В.Н. Хмелев, С.С. Хмелев, Р.Н. Голых, К.А. Карзакова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – №2. – С. 249–252.

10. **Хмелев, В.Н.** Моделирование процесса формирования кавитационной области в вязких жидкостях для определения оптимального обрабатываемого технологического объема и режимов акустического воздействия [Текст] / В.Н. Хмелев, С.С. Хмелев, Р.Н. Голых, Р.В. Барсуков, А.В. Шалунов // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2010. – №4. – С. 66–70.

11. **Хмелев, В.Н.** Повышение эффективности ультразвукового воздействия при производстве высоконаполненных композиционных материалов [Текст] / В.Н. Хмелев, С.С. Хмелев, Р.Н. Голых, К.А. Карзакова // Южно-Сибирский научный вестник. – 2012. – №2(2). – С. 189–192. Режим доступа: [http://s-sibsb.ru/images/articles/2012/2/47\\_189-192.pdf](http://s-sibsb.ru/images/articles/2012/2/47_189-192.pdf).

12. **Хмелев, С.С.** Повышение эффективности кавитационно-акустических воздействий на химико-технологические процессы в аппаратных системах с жидкой фазой значительной вязкости [Текст] / диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Бийск, 2011.