

УДК 691.175

Котермина О.Н. – аспирант

E-mail: e-kotermi87@mail.ru

Старовойтова И.А. – кандидат технических наук, ассистент

E-mail: irina-starovoitova@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование свойств гибридных связующих, приготовленных с использованием кавитационной обработки

Аннотация

В настоящей работе представлены результаты исследований влияния кавитационной обработки жидкого стекла на технологические свойства гибридных связующих, плотность, прочность и теплостойкость. Установлены закономерности влияния времени кавитационной обработки на технологические свойства связующих: вязкость, время гелеобразования, время тепловой обработки и плотность гибридных связующих. Выбрано оптимальное время кавитационной обработки жидкого стекла.

Ключевые слова: гибридные связующие, кавитационная обработка, диспергирование, вязкость, время гелеобразования, плотность, прочность, теплостойкость.

Введение

Двадцать первый век – век био- и нанотехнологий, всеобщей информатизации, электроники и ультразвука.

Ультразвук представляет собой волнообразно распространяющееся колебательное движение частиц среды и характеризуется рядом отличительных особенностей по сравнению с колебаниями слышимого диапазона. В ультразвуковом диапазоне частот сравнительно легко получить направленное излучение; ультразвуковые колебания хорошо поддаются фокусировке, в результате чего повышается интенсивность ультразвуковых колебаний в определенных зонах воздействия. При распространении в газах, жидкостях и твердых телах ультразвук порождает уникальные явления, многие из которых нашли практическое применение в различных областях науки и техники [1].

В последние годы ультразвук начинает играть все большую роль в промышленности и научных исследованиях. Успешно проведены теоретические и экспериментальные исследования в области ультразвуковой кавитации и акустических течений, позволившие разработать новые технологические процессы, протекающие при воздействии ультразвука в жидкой фазе. В настоящее время формируется новое направление химии – ультразвуковая химия, позволяющая ускорить многие химико-технологические процессы и получить новые вещества. Научные исследования способствовали зарождению нового раздела акустики – молекулярной акустики, изучающей молекулярное взаимодействие звуковых волн с веществом. Возникли новые области применения ультразвука: интроскопия, голография, квантовая акустика, ультразвуковая фазометрия, акустоэлектроника [2].

Области применения кавитационной обработки разнообразны: медицина, химическая промышленность, машиностроение, радиоэлектроника и др. УЗ- и кавитационная обработка широко применяется и в материаловедении для обеспечения сверхтонкого диспергирования (не реализуемого другими способами) и ультразвукового эмульгирования. Эти процессы связаны с увеличением поверхности взаимодействия и поэтому лежат в основе интенсификации множества других процессов. Возникающая под действием колебаний в жидкости кавитация и сопровождающие её мощнейшие микропотоки, звуковое давление и звуковой ветер воздействуют на пограничный слой и «смыывают» его. Таким образом, устраняется сопротивление переносу реагирующих веществ и интенсифицируется технологический процесс.

Причины эффективности ультразвуковых технологий в жидких средах обусловлены тем, что:

1. Условия ввода УЗ-колебаний из колебательных систем с помощью металлических рабочих инструментов в жидкости наиболее благоприятные, по

сравнению с введением УЗ-колебаний, например, в газовые среды. Обусловлено это тем, что удельное волновое сопротивление жидких сред значительно (для воды в 3500 раз) больше, чем у газов и поэтому большая мощность излучается из колебательной системы в жидкость при одинаковой амплитуде колебаний инструмента колебательной системы.

2. В жидких средах возникает и протекает специфический физический процесс – ультразвуковая кавитация, – обеспечивающий максимальные энергетические воздействия как на сами жидкости, так и на твердые тела в жидкостях. УЗ-кавитация – основной инициатор физико-химических процессов, возникающих в жидкости под действием ультразвука. Она реализуется за счет трансформации низкой плотности энергии ультразвука в высокую плотность энергии вблизи и внутри газового пузырька. Физический смысл данного явления заключается в следующем. В кавитационной волне во время полупериодов разрежения возникают кавитационные (пульсирующие) пузырьки, резкое захлопывание которых в результате перехода в область повышенного давления приводит к явлению типа гидроудара и сопровождается значительным повышением температуры. При этом в жидких средах происходит разрушение твёрдых тел, граничащих с кавитирующей жидкостью.

Гибридные связующие на основе полиизоцианата и жидкого стекла, разработанные на кафедре технологии строительных материалов, изделий и конструкций Казанского государственного архитектурно-строительного университета [3-5], представляют собой микрогетерогенные системы как в жидком состоянии (эмульсии), так и в отверждённом. При отверждении в исследуемых системах идёт несколько химических реакций, большинство из которых протекает на границе раздела фаз. В связи с этим состояние и площадь межфазной поверхности будет оказывать значительное влияние на скорость протекающих процессов и структуру отверждённых композитов. Поэтому для увеличения площади межфазного взаимодействия, а также стабилизации эмульсий на основе полиизоцианата и жидкого стекла представляется целесообразным использовать УЗ- и кавитационную обработку. Целью данного этапа работ является исследование влияния кавитационной обработки жидкого стекла на технологические свойства гибридных связующих, прочность и теплостойкость.

Методика приготовления образцов и методы исследования

Методика приготовления гибридных связующих заключается в смешении компонентов связующего (полиизоцианата и жидкого стекла) и последующей тепловой обработке. Предварительная подготовка жидкого стекла включала кавитационную обработку на виброкавитационном эмульгаторе в течение 20, 25, 30 и 40 минут. После обработки ЖС взвешенные компоненты перемешивались в течение 3 минут на лабораторной мешалке со скоростью 800-1000 об/мин. Полученная эмульсия заливалась в подготовленные металлические формы, где проходила процесс отверждения. После выдержки при комнатной температуре отверждение связующих проводили с помощью тепловой обработки при 100 °С (с предварительной выдержкой в течение 1 часа при 80 °С). Общее время тепловой обработки связующих в зависимости от времени предварительной кавитационной обработки ЖС составляло от 2,5 до 5 часов.

Для связующих определялись технологические параметры: вязкость, время гелеобразования (жизнеспособности), время тепловой обработки, а также плотность, прочность при сжатии и теплостойкость.

Вязкость определяли по стандартной методике на вискозиметре ВЗ-4 [6]. За показатель вязкости принималось время истечения (сек) 100 мл связующего из вискозиметра с диаметром сопла 4 мм.

Время гелеобразования связующих при температуре (25 ± 3) °С измерялось временем (мин) с момента смешения компонентов (начала реакции между ними) до потери текучести.

За время тепловой обработки принимали общее время отверждения связующих при 80-100 °С.

Плотность и прочность при сжатии отверждённых связующих определяли на образцах-цилиндрах диаметром 15 мм и высотой 22,5-24 мм по стандартным методикам [7, 8].

Теплостойкость по Вика определялась на отвержденных образцах связующих толщиной не менее 3 мм [6].

Экспериментальная часть

После пропускания жидкого стекла через кавитационный эмульгатор и смешения с полиизоцианатом определялась вязкость связующих в течение 2 часов после приготовления (табл.). Из приведённых в таблице данных следует, что проведение кавитационной обработки ЖС приводит к значительному снижению вязкости: исходная вязкость связующих по ВЗ-4 составляет 117 сек, а при проведении обработки вязкость составляет 55-75 сек. При этом увеличение времени кавитационной обработки с 20 до 40 мин приводит к монотонному снижению вязкости.

Таблица

**Плотность и технологические характеристики
модифицированных гибридных связующих на основе ПИЦ и ЖС**

Характеристика связующего	Время обработки ЖС на эмульгаторе, мин				
	0	20	25	30	40
1. Вязкость по ВЗ-4, сек:					
- сразу после приготовления;	117	75	70	65	55
- ч/з 30 мин	205	90	88	80	74
- ч/з 60 мин	240	124	120	110	96
- ч/з 120 мин	280	159	153	148	126
2. Время гелеобразования, мин	190	90	105	120	180
3. Время тепловой обработки связующих, ч	5	2,5	3	3,5	4
4. Плотность отвержденных связующих, г/см ³	1,38	1,25	1,22	1,20	1,10

Зависимость времени гелеобразования связующих от времени обработки ЖС носит экстремальный характер – минимум наблюдается при времени обработки, равном 20 мин. При дальнейшем увеличении времени обработки время гелеобразования начинает возрастать. Несмотря на максимальное время гелеобразования базового (немодифицированного) состава связующего, технологическая перерабатываемость выше у модифицированных связующих, так как вплоть до потери текучести (в течение 100-180 мин) они обладают вдвое меньшей вязкостью.

Предварительная кавитационная обработка приводит также к сокращению времени тепловой обработки гибридных связующих: время тепловой обработки базового состава составляет 5,0 ч, а время тепловой обработки связующих после предварительной обработки ЖС сокращается до 2,5-4,0 ч.

Плотность модифицированных связующих несколько уменьшается по сравнению с базовым составом (с 1,38 г/см³ до 1,10-1,30 г/см³). Прочность при сжатии, представленная на рис., незначительно возрастает (относительно базового состава) при обработке в течение 20 минут, при дальнейшем увеличении времени обработки прочность снижается. Теплостойкость по Вика отвержденных связующих при обработке жидкого стекла в течение 20 мин возрастает на 2-3⁰, а при увеличении времени кавитационной обработки до 40 мин снижается на 5⁰.

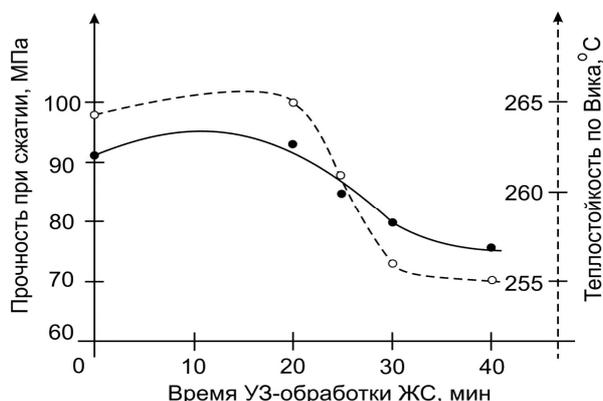


Рис. Зависимости прочности при сжатии и теплостойкости отвержденных связующих от времени кавитационной обработки жидкого стекла

Заключение

Из полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что проведение кавитационной обработки жидкого стекла способствует сверхтонкому диспергированию кремнезёма в растворе щёлочи, что приводит к увеличению границы раздела фаз и площади межфазного взаимодействия полиизоцианата и жидкого стекла (при приготовлении гибридных связующих) и интенсификации физико-химических процессов отверждения.

При виброкавитационной обработке в течение 20-40 минут вязкость систем снижается в 1,5-2 раза, время гелеобразования сокращается на 1-2,5 часа, время тепловой обработки снижается с 5,0 часов до 2,5-4 часов. На прочность при сжатии и теплостойкость отверждённых связующих предварительная кавитационная обработка жидкого стекла в течение 20-25 мин влияния практически не оказывает, увеличение времени обработки приводит к незначительному снижению данных показателей.

Следует отметить, что при использовании разработанных гибридных связующих для изготовления композиционных материалов низкая вязкость и быстрое отверждение при сохранении высоких физико-механических показателей и теплостойкости являются важными технологическими преимуществами. Поэтому проведение кавитационной обработки ЖС в течение 20-25 мин, приводящее к значительному снижению вязкости и сокращению времени тепловой обработки за счёт обеспечения сверхтонкого диспергирования, является целесообразным и технологически оправданным.

На следующем этапе работ предстоит изучить процессы структурообразования модифицированных гибридных связующих, приготовленных по указанной выше технологии.

Список литературы

1. Балдаев Р.А. Применения ультразвука. – М: Издательство Техносфера, 2006. – 576 с.
2. Маргулис М.А. Звукохимические реакции и сонолюминесценция. – М: Химия, 1986. – 300 с.
3. Старовойтова И.А., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г., Родионова О.Е., Померанцев А.Л. Оптимизация составов гибридных связующих на основе полиизоцианатов и водных растворов силиката натрия // Известия КазГАСУ, 2008, № 2 (10). – С. 122-130.
4. Старовойтова И.А. Гибридные связующие нового поколения для полимерных композиционных материалов /И.А. Старовойтова, Л.А. Абдрахманова, В.Г. Хозин, Д.А. Солдатов // Сборник статей X Академических чтений РААСН «Достижения, проблемы и направления развития теории и практики строительного материаловедения». – Пенза-Казань, 2006. – С. 371-374.
5. Старовойтова И.А., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г., Алиев А.Д., Шапагин А.В. Исследование структуры и свойств органонеорганических композитов //Сб. тезисов докладов и сообщений на 14 Всероссийской конференции «Структура и динамика молекулярных систем». – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 221 с.
6. Воробьев В.А., Коровникова В.В. Лабораторный практикум по полимерным строительным материалам. – М: Высшая школа, 1969. – 184 с.
7. Архангельский Б.А. Пластические массы. Справочное пособие. – Л.: Государственное союзное издательство судостроительной промышленности, 1961. – 228 с.
8. Григорьев А.П., Федотова О.Я. Лабораторный практикум по технологии пластических масс. – М: Высшая школа, 1977. Часть 2. – 264 с.

Kotermiina O.N. – post-graduate student

E-mail: e-kotermiina87@mail.ru

Starovoitova I.A. – candidate of technical sciences, assistant

E-mail: irina-starovoitova@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Research of properties hybrid binders prepared with use of cavitation processing

Resume

The twenty-first century – the century of biotechnology and nanotechnology, general information, electronics and ultrasound.

In recent years, ultrasound, described in detail in this paper, begins to play an increasing role in industry and research. Successfully carried theoretical and experimental research in the field of ultrasonic cavitation and acoustic streaming. This allowed to develop new processes that occur when exposed to ultrasound in the liquid phase. At present, a new trend of Chemistry – Chemistry ultrasound is formed. This will accelerate many chemical processes and gain new substance. Scientific studies have contributed to the emergence of a new section of acoustics – molecular acoustics that studies the molecular interaction of sound waves with matter. There are new applications of ultrasound: introscopy, holography, quantum acoustics, ultrasound fazomeriya, acousto-electronics.

So, in the present research regularities of influence of cavitation treatment on technological and operational properties of hybrid binders on the base of polyisocyanate and liquid glass are presented. The regularities of the effect of time of cavitation treatment on the technological properties of the binder: viscosity, gelatination, the time of heat treatment and the density of the hybrid binders are installed. 20-25 min – the optimum time of cavitation processing of the liquid glass are selected.

It should be noted that using the developed hybrid binder for the manufacture of composite materials the low viscosity and rapid curing while maintaining high physical and mechanical properties and heat resistance are important technological advantages.

Therefore, an cavitation processing of liquid glass for 20 min, resulting in a significant reduction in viscosity and reducing the heat treatment by providing a superfine dispersing, feasible and technologically justified.

Keywords: hybrid binders, cavitation processing, dispersion, viscosity, gelatination time, density, compression strength, thermal stability.

References

1. Baldaev R.A., Application of ultrasound. – M.: Publishing Technosphere, 2006. – 576 p.
2. Margulis M.A. Soundchemical reaction and sonoluminescence. – M: Chemistry, 1986. – 300 p.
3. Starovoitova I.A., Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G., Rodionov O.A., Pomerantsev A.L. Optimization of hybrid binders based on polyisocyanates and aqueous solutions of sodium silicate // *Izvestija KazGASA*, 2008, № 2 (10). – P. 122-130.
4. Starovoitova I.A. Hybrid binders for the new generation of polymer composites / I.A. Starovoitova, L.A. Abdrakhmanova, V.G. Khozin, D.A Soldatov // *Collected papers of academic readings Collection of articles X RAASN Academic reading «Achievements, challenges and directions of development of the theory and practice of building materials»*. – Penza – Kazan, 2006. – P. 371-374.
5. Starovoitova I.A., Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G., Aliev A.D., Shapagin A.V., Investigation of the structure and properties of composites organonorganic // *Proc. Abstracts of papers and communications in 14 All-Russian Conference «Structure and dynamics of molecular systems»*. – Yoshkar-Ola, MarGTU, 2007. – P. 221.
6. Vorobyev V. A., Korovnikov V.V. Laboratory workshop on polymer building materials. – M.: High School, 1969. – 184 p.
7. Archangelsky B.A. Plastics. A Reference Guide. – L.: A State union publishing house shipbuilding industry, 1961.
8. Grigoriev A.O., Fedotova O.J. Laboratory workshop on the technology of plastics. – M: High School, 1977. (Part II).