

УДК 621.742

DOI 10.35211/1990-5297-2023-10-281-70-73

*Н. А. Кидалов, А. С. Адамова, М. Д. Безмогорычный,
В. П. Васильев, А. А. Исенгалиев, А. И. Краснопрошин*

**ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА
БЕНТОНИТОВЫХ ВОДНО-ГЛИНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ***

Волгоградский государственный технический университет

e-mail: adamova@vstu.ru

Статья посвящена изучению воздействия ультразвуковой обработки на свойства литейных глин и водно-глинистых суспензий. Показано, что применение ультразвука снижает условную вязкость суспензий и способствует повышению коллоидальности глин.

Ключевые слова: песчано-глинистая форма, ультразвук, ультразвуковая обработка, вязкость.

*N. A. Kidalov, A. S. Adamova, M. D. Bezmozorychnyy,
V. P. Vasilev, A. A. Isengaliyev, A. I. Krasnoprosin*

**EFFECT OF ULTRASONIC TREATMENT ON THE PROPERTIES
OF BENTONITE WATER-CLAY SUSPENSIONS**

Volgograd State Technical University

The article is devoted to studying the effect of ultrasonic treatment on the properties of foundry clays and water-clay suspensions. It is shown that the ultrasound reduces the relative viscosity of suspensions and increase in the colloidality of clays.

Keywords: sandy-clay form, ultrasonic, ultrasonic treatment, viscosity.

Получение качественного литья важно для развития промышленности: повышается конкурентоспособность продукции на рынке, уменьшаются производственные затраты за счет повышения производительности и снижения количества дефектов и брака литья, качественные отливки обеспечивают повышенную надежность и долговечность конечных изделий, делая их способными выдерживать экстремальные условия, нагрузки и износ. Кроме того, получение точного литья сложной конфигурации позволяет разрабатывать новые и инновационные продукты, что способствует совершенствованию производственных процессов и общему прогрессу во многих отраслях промышленности.

Наиболее распространенным способом получения отливок является литье в песчано-глинистые формы, при этом связующее – глина – может вводиться в виде водно-глинистой суспензии (ВГС). Для достижения необходимых технологических свойств формовочных глин необходимо улучшать их качество, используя дополнительные технологические операции, например, обработку ультразвуком.

Ультразвуковая обработка позволяет измельчить размер глинистых частиц, что ведет к улучшению ее технологических параметров,

что, в свою очередь, способствует повышению прочности смеси, ее термостойкости и других эксплуатационных характеристик [1; 2]. А это, в конечном итоге, влияет на получение высококачественных отливок.

В данной работе проводились исследования влияния ультразвуковой обработки на свойства бентонитовой глины Латненского месторождения Воронежской области марки С1Т₂ (ГОСТ 28177–89) и шамотной глины марки ПГБ (ТУ 1522-009-00190495-99), которая по своему составу приравнивается к каолиновым глинам. На основе данных глин приготавливались водно-глинистые суспензии – 15 масс.% для бентонитовой и 60 масс.% для каолиновой глины. Обработка ультразвуком велась при следующих параметрах: частота 20 кГц, время обработки – 5, 10, 15, 20 минут.

На рис. 1 представлены данные зависимости коллоидальности формовочных глин – каолиновой и бентонитовой от времени обработки ультразвуком. Из графика видно, что каолиновая глина без обработки ультразвуком имеет коллоидальность равную 20 %. Обработка ультразвуком в течение 5 минут повышает коллоидальность до 21,2 %. Наибольший рост значений коллоидальности наблюдается при обработке в течение 15 минут – 28 %.

© Кидалов Н. А., Адамова А. С., Безмогорычный М. Д., Васильев В. П., Исенгалиев А. А., Краснопрошин А. И., 2023.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке ВолгГТУ в рамках научного проекта № 08/556-23.

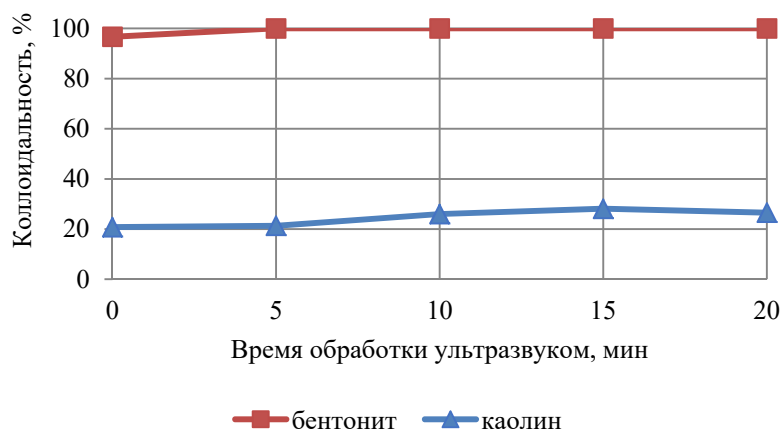


Рис. 1. Коллоидальность литейных глин

Бентонитовая глина без ультразвуковой обработки имеет коллоидальность равную 99,5 %. Данный высокий показатель характерен для всех бентонитовых глин ввиду их строения: межпакетное расстояние бентонитов соизмеримо с размерами молекул воды, из-за чего вода свободно проникает внутрь слоев глины, раздвигая их, что приводит к высоким значениям набухаемости. Использование ультразвука позволяет повысить коллоидальность до 100 %. Продолжительность обработки в дальнейшем не сказывается на коллоидальности.

Увеличение коллоидальности для исследуемых глин происходит из-за того, что под воздействием ультразвука пакеты глинистых частиц разрушаются, молекулы воды проникают внутрь глинистой частицы, тем самым увеличивая степень набухания глины. В то же время, акустические колебания приводят к диспергации глинистых частиц – под воздействием

ультразвуковых волн, частицы распадаются на более мелкие, которые, в свою очередь, увеличивают площадь поверхности и плотность заряда частиц. Эта увеличенная площадь поверхности и плотность заряда делают глинистые частицы более стабильными и с большей вероятностью остаются во взвешенном состоянии в растворе [2; 3].

Для бентонитовой глины замечено, что 15 минут воздействия ультразвука положительно сказывается на подвижности раствора спустя 24 часа покоя (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что суспензия, необработанная ультразвуком, спустя сутки неподвижна, что указывает на ее высокую тиксотропность. Тиксотропные свойства глинистой суспензии приводят к слипанию наиболее мелких глинистых частиц, в результате чего создается коагуляционная структура, имеющая объемное сетчатое строение, которая препятствует осаждению более крупных частиц глины [4].

Воздействие ультразвуком на бентонитовые суспензии способствует изменению тиксотропных свойств: заметно, что изменилась текучесть (рис. 2), которая является характеристикой тиксотропных свойств. По литературным данным [5], известно, что в первые минуты ультразвуковой обработки разрушаются естественные структурные элементы суспензии, такие как ультрамикроагрегаты и микроагрегаты. Одновременно происходит перераспределение гидратных оболочек вокруг глинистых частиц и ликвидация пор. В этом случае происходит снижение вязкости, увеличение седиментационной устойчивости, что и наблюдается в проведенных исследованиях. В проведенном исследовании общим для каолиновой и бентонитовой глин является улучшение свойств при воздействии ультразвука в течение 15 минут.



Продолжительность ультразвуковой обработки, мин

Рис. 2. Суспензия глин после ультразвуковой обработки в течение разного количества времени

Далее были исследованы свойства водно-глинистых суспензий: условная вязкость с использованием вискозиметра истечения ВЗ-4, плотность по весовому методу, седиментационная устойчивость.

Плотность бентонитовых водно-глинистых суспензий практически не изменялась при воздействии ультразвука и составляла $1,45 \text{ г/см}^3$. Плотность каолиновых суспензий была равна $1,05 \text{ г/см}^3$, ультразвуковая обработка так же не оказывала существенного влияния на плотность суспензий. Это можно объяснить тем, что в одном и том же объеме суспензий содержалось равное по массе количество суспензии и, следовательно, при подсчете плотности весовым способом итоговое значение плотности не меняется.

Седиментационная устойчивость бентонитовых водно-глинистых суспензий, в которых не использовалась ультразвуковая обработка, составляла 98 %. При воздействии ультразвука удалось повысить седиментационную устойчивость до 100 %, при этом продолжительность ультразвуковой обработки не влияла на результат.

Каолиновые водно-глинистые суспензии имеют низкую седиментационную устойчивость – не более 20 %. Воздействие ультразвука не значительно повышает способность суспензий к осаждению – на 3–5 %.

На рис. 3 представлены зависимости условной вязкости бентонитовой и каолиновой суспензии от времени ультразвуковой обработки.

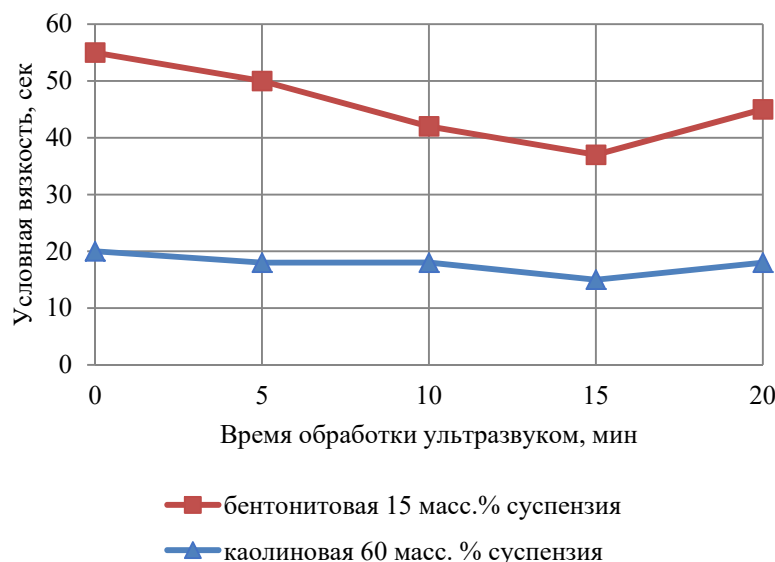


Рис. 3. Условная вязкость водно-глинистых суспензий

Условная вязкость исходной каолиновой водно-глинистой суспензии составляет 20 секунд. При воздействии ультразвука в течение 5 и 10 минут вязкость падает до 18 секунд. Дальнейшее увеличение продолжительности ультразвуковой обработки снижает условную вязкость на 35 %, и составляет 15 секунд.

Бентонитовые водно-глинистые суспензии более вязкие, условная вязкость исходной необработанной суспензии составляет 55 секунд. Воздействие ультразвука в течение 5 минут снижает вязкость до 50 секунд. 10-минутная обработка ультразвуком позволяет снизить условную вязкость на 23 %, 15 минутная обработка – на 33 % – это объясняется тем, что в глинистой суспензии ультразвук вызывает акустические волны, которые создают микроструи, разбивающие глинистые частицы и гли-

нистые агрегаты, рассеивая их в жидкости (воде). Кроме того, ультразвуковая обработка приводит к возникновению раскливающего давления в порах и трещинах глинистых частиц, измельчая их [5; 6].

Значение условной вязкости бентонитовой суспензии при 15 минутной обработке ультразвуком минимально, при обработке ультразвуком в течение 20 минут наблюдается рост условной вязкости до 45 секунд – на 21,6 %. Установлено [4; 6], что более длительное воздействие ультразвука приводит к агрегатированию и коагуляции глинистых частиц из-за их столкновения между собой под воздействием ультразвуковых волн, что негативно сказывается на реологических свойствах суспензии. Таким образом, чрезмерное воздействие ультразвука приводит к повреждению частиц, что

ведет к снижению стабильности и увеличению осаждения частиц, а это, в свою очередь, повышает вязкость суспензии.

Результаты проведенных исследований показывают, что ультразвуковая обработка глинистого связующего в виде суспензии позволяет улучшить ее реологические характеристики, в частности – условную вязкость и седиментационную устойчивость. Наиболее существенные изменения свойств характерны для бентонитовых водно-глинистых суспензий. Использование ультразвуковой обработки позволяет применять более высококонцентрированные бентонитовые суспензии, которые в составе формовочных песчано-глинистых смесей будут обеспечивать более высокие технологические физико-механические свойства и, следовательно, получать качественные отливки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Franco, F.* Influence of the particle-size reduction by ultrasound treatment on the dehydroxylation process of kaolinites / F. Franco, Pérez-Maqueda L. A., Pérez-Rodríguez J. L. // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2004. – № 78. – P. 1043–1055.
2. *Lapides, I.* The effect of ultrasound treatment on the particle-size of Wyoming bentonite in aqueous suspensions / Lapides I., Yariv S. // Journal Of Materials Science. – 2004. – № 39. – P. 5209 – 5212.
3. *Чекмарев, А. С.* Ультразвуковая обработка глинистого сырья / А. С. Чекмарев, А. В. Скворцов, А. З. Сулейманова, А. И. Хацринов [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 8. – С. 277–283.
4. *Шукин, Е. Д.* Коллоидная химия / Е. Д. Шукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина. – 7-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 444 с.
5. *Пятко, Ю. Н.* Влияние ультразвуковой обработки на свойства трепела / Ю. Н. Пятко [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12–2. – С. 320–324.
6. *Чекмарев, А. С.* акустическая обработка глинистых суспензий с целью регулирования технологических свойств глины месторождения Шеланга : дисс. ... канд. техн. наук: 02.00.11 / Чекмарев Антон Сергеевич. – Казань, 2012. – 192 с.