



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-3-41-45>  
УДК 621.742.486; 621.743.42

Поступила 08.08.2019  
Received 08.08.2019

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЕ МОДИФИЦИРОВАННОЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ЖИДКОСТЕКЛЬНОЕ СВЯЗУЮЩЕЕ

Ю. Ю. ГУМИНСКИЙ, С. Л. РОВИН, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: [guminskiy1988@gmail.com](mailto:guminskiy1988@gmail.com)

*Описаны вопросы экологической безопасности литейного производства, связанные с применением органических связующих. Рассмотрены преимущества и недостатки жидкостеклового связующего материала. Представлен механизм влияния ультрадисперсного модификатора на структуру и свойства жидкостеклового связующего. Обоснована перспективность применения экологически чистого модифицированного ультрадисперсными материалами жидкостеклового связующего.*

**Ключевые слова.** Жидкостеклоное связующее, силикат натрия, модифицирование, ультрадисперсный материал, выбиваемость.

**Для цитирования.** Гуминский, Ю. Ю. Экологически чистое модифицированное ультрадисперсными материалами жидкостеклоное связующее / Ю. Ю. Гуминский, С. Л. Ровин // *Литье и металлургия*. 2019. № 3. С. 41–45. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-3-41-45>.

## ECO-FRIENDLY LIQUID-GLASS BINDER MODIFIED BY ULTRADISPERSED MATERIALS

YU. YU. HUMINSKI, S. L. ROVIN, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave. E-mail: [guminskiy1988@gmail.com](mailto:guminskiy1988@gmail.com)

*Advantages and disadvantages of liquid glass binder are considered. Mechanism of the influence of an ultradispersed modifier on the structure and properties of a liquid-glass binder are submitted. The prospects of using environmentally friendly liquid-glass binder modified with ultrafine materials are justified.*

*The questions of ecological safety of foundry production connected with application of organic binders are described. The advantages and disadvantages of the liquid-glass binder are considered. The mechanism of influence of ultradispersed modifier on the structure and properties of the liquid-glass binder is presented. The prospects of using environmentally friendly liquid-glass binder modified with ultrafine materials are justified.*

**Keywords.** Liquid-glass binder, sodium silicate, modification, ultradispersed material, knockout.

**For citation.** Hyminski Yu. Yu., Rovin S. L. Eco-friendly liquid-glass binder modified by ultradispersed materials. *Foundry production and metallurgy*, 2019, no. 3, pp. 41–45. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-3-41-45>.

Для развития литейного производства требуется его постоянное обновление и модернизация на основе прогрессивных действующих и новых перспективных технологических процессов. Необходимость интеграции отечественного литейного производства в мировой рынок ставит перед литейщиками серьезные задачи по снижению себестоимости, повышению качества и товарного вида отливок, а также по повышению экологической чистоты производства.

Предпочтительное отношение к современным органическим связующим при изготовлении стержней связано с рядом их важных технологических преимуществ, прежде всего, это высокая прочность после отверждения и низкая остаточная прочность после заливки металла, благодаря которым достигается высокое качество отливок и снижаются трудозатраты на их изготовление. Однако, несмотря на значительный прогресс, применение таких связующих приводит к образованию токсичных газов, особенно при заливке расплава, и опасных твердых отходов в виде отработанных смесей. В результате в атмосферу цеха и окружающую среду попадают такие вредные вещества, как аммиак, ацетон, акролеин, фенол, формальдегид, фурфурол и др.

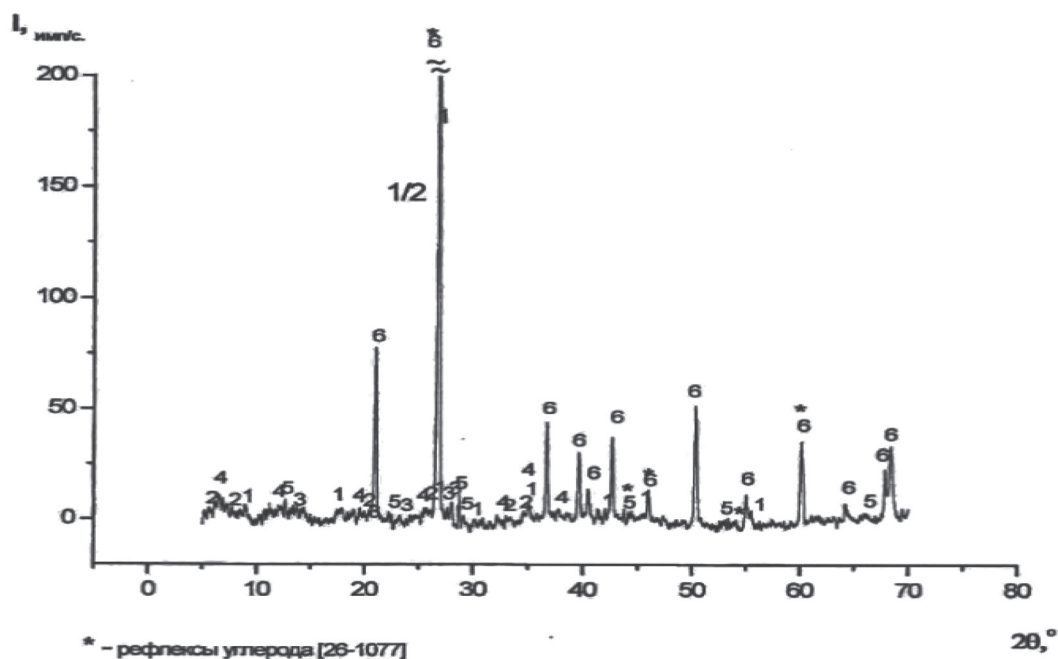


Рис. 1. Рентгенограмма ультрадисперсного модификатора

Использование формовочных и стержневых смесей на жидком стекле позволяет существенно снизить токсичную и экологическую опасность производства отливок. Кроме того, жидкостеклянные смеси имеют значительно меньшую стоимость относительно смесей на органических связующих и могут использоваться при изготовлении форм и стержней как для стального, так и для чугунного литья [1]. Немаловажно и то, что захоронение отходов IV класса опасности, к которым относятся отработанные жидкостеклянные смеси, стоит в несколько раз дешевле, чем захоронение отходов II–III класса опасности, к которым относятся отработанные ХТС на органических связующих. К тому же отработанные жидкостеклянные смеси можно использовать в строительстве автомобильных дорог. Большой опыт в этом имеют США.

Сдерживающими факторами широкого применения жидкостеклянных формовочных и стержневых смесей и основной причиной сокращения их использования являются плохая выбиваемость, высокая склонность к пригару, относительно низкая живучесть, повышенная гигроскопичность, плохая регенерируемость [2].

Однако ужесточение экологических требований заставляет исследователей и производителей снова возвратиться к решению задач повышения технологичности жидкостеклянных смесей.

Традиционный способ улучшения технологических свойств жидкостеклянных смесей – введение в их состав различных модифицирующих добавок органического и неорганического происхождения, а также комплексных модификаторов на их основе. Основная задача модифицирования – обеспечить упрочнение смеси в холодном состоянии и ее разупрочнение после высокотемпературного воздействия [3].

Одним из наиболее эффективных способов является автоклавное модифицирование жидкого стекла ультрадисперсными материалами.

Исследования показали, что применение ультрадисперсного углеродсодержащего модификатора позволяет добиться снижения работы выбивки почти в 2 раза, при этом сохраняя экологические преимущества жидкостеклянного связующего.

Результаты рентгенофазового исследования экспериментального модификатора приведены на рис. 1.

Количественный анализ проидентифицированных фаз в ультрадисперсном модификаторе, проведенный рентгенографическим методом, показал, что основными кристаллическими фазами в нем являются графит, содержание которого в смеси составляет не менее 50%, и кварц – до 35%. На дифрактограмме хорошо прослеживается широкий размытый малоинтенсивный рефлекс в области  $2\theta$  10–150°, являющийся суперпозицией аморфной фазы и фонового излучения. В состав модификатора входят также мушкетит, гидробиотит, корренсит и альбит.

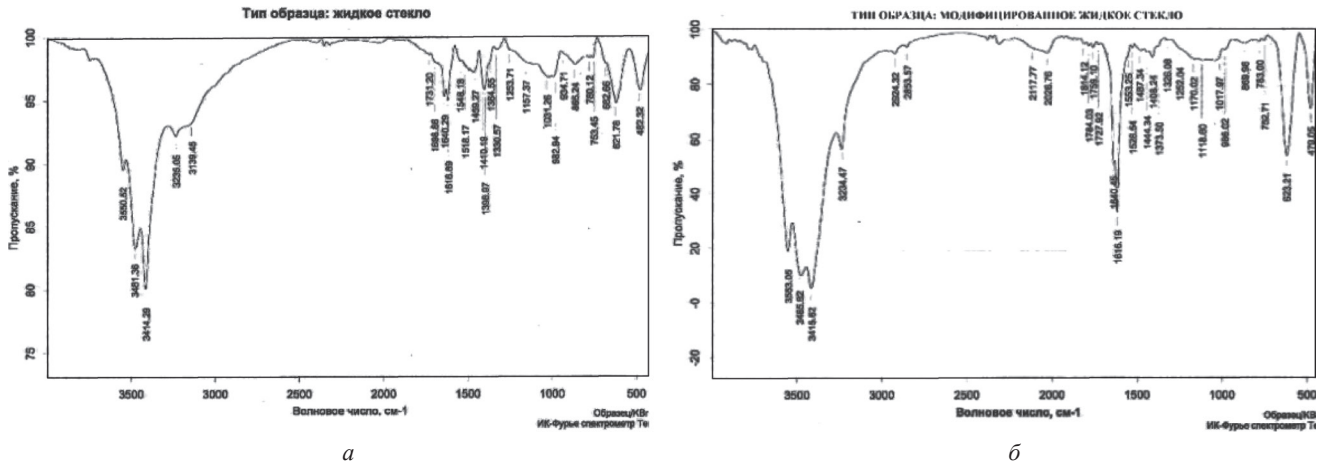


Рис. 2. ИК спектрограммы: а – немодифицированного жидкого стекла; б – модифицированного жидкого стекла

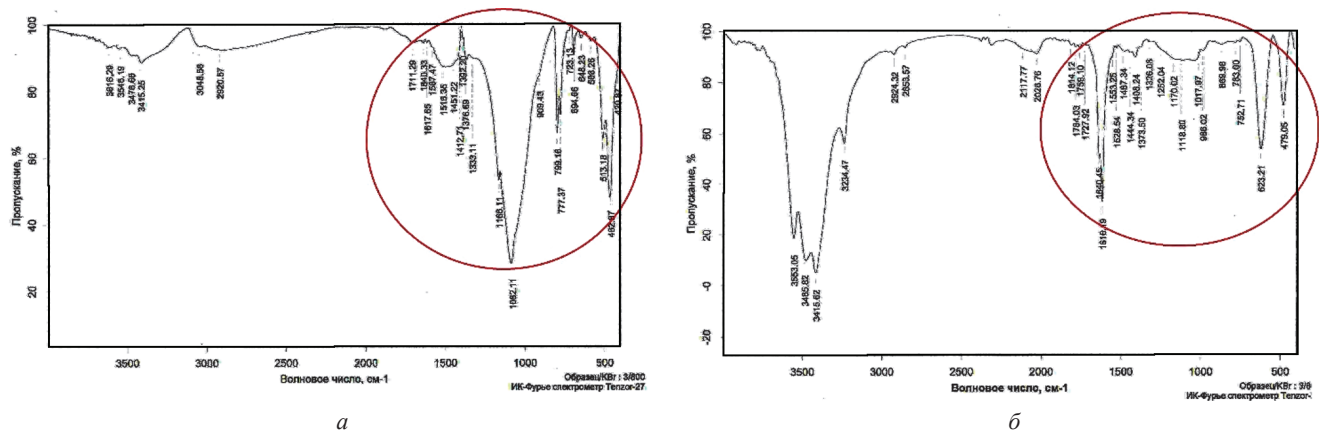


Рис. 3. ИК спектрограммы: а – модификатора; б – модифицированного жидкого стекла

Следует отметить, что из-за обильного количества  $\text{SiO}_2$  жидкостекольные связующие являются рентгеноаморфными. Поэтому более целесообразно исследование структуры силикатного связующего при помощи ИК спектрографии.

На рис. 2 представлены ИК спектры обычного жидкостекольного связующего и исследуемого модифицированного жидкого стекла, а на рис. 3 – ИК спектрограммы модификатора и модифицированного им связующего. Из ИК спектрограмм видно, что модифицированное жидкое стекло не имеет характерных для модификатора пиков в области повышенной интенсивности  $800\text{--}1200\text{ см}^{-1}$ , но в то же время, в отличие от обычного жидкого стекла появляются пики в зонах  $450\text{--}650$  и  $\sim 1840\text{ см}^{-1}$ .

Это можно объяснить тем, что частицы модификатора встраиваются в структуру силикагеля и образуют химическое соединение, а не находятся как механическая смесь в коллоидном растворе связующего.

Главное отличие ультрадисперсного модификатора в том, что благодаря его размеру он встраивается внутрь структуры глобулы силикагеля, и при температуре  $800\text{ }^\circ\text{C}$ , когда происходит его термическая деструкция, разрушается и сама глобула силикагеля, обеспечивая желаемое уменьшение остаточной прочности жидкостекольной смеси и снижение трудоемкости операций выбивки форм и регенерации смеси.

Были также проведены исследования структуры модифицированного связующего при температурах, превышающих  $800\text{ }^\circ\text{C}$  (рис. 4). В сравнении со спектром немодифицированного прокаленного жидкого стекла в спектре прокаленного модифицированного жидкого стекла происходит большее расширение и увеличение интенсивности полосы валентных колебаний кремнекислородных групп в области  $800\text{--}1300\text{ см}^{-1}$ , а также смещение положения максимумов, характеризующих деформационные и валентные колебания силикатного тетраэдра в высокочастотную область.

Помимо ИК спектрографии структура силикатных связующих изучалась с помощью оптического микроскопа (рис. 5). Исследования образцов, подвергнутых нагреву до  $800\text{ }^\circ\text{C}$ , позволили выявить, что модификатор встраивается в структуру жидкого стекла, располагаясь по границам глобул (темная область на рис. 5, б).

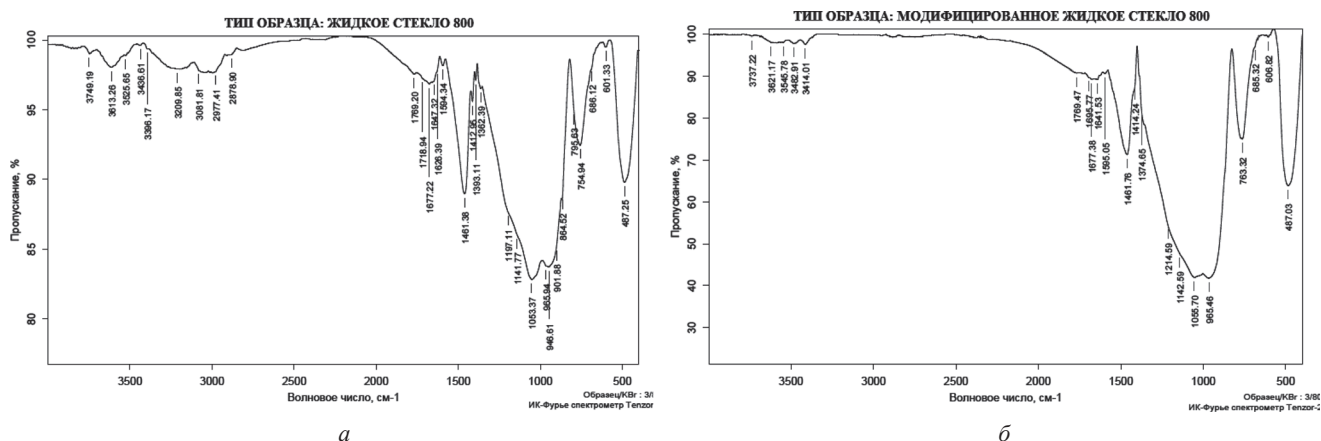


Рис. 4. ИК спектрограммы чистого жидкого (а) и модифицированного жидкого стекла при 800 °С (б)

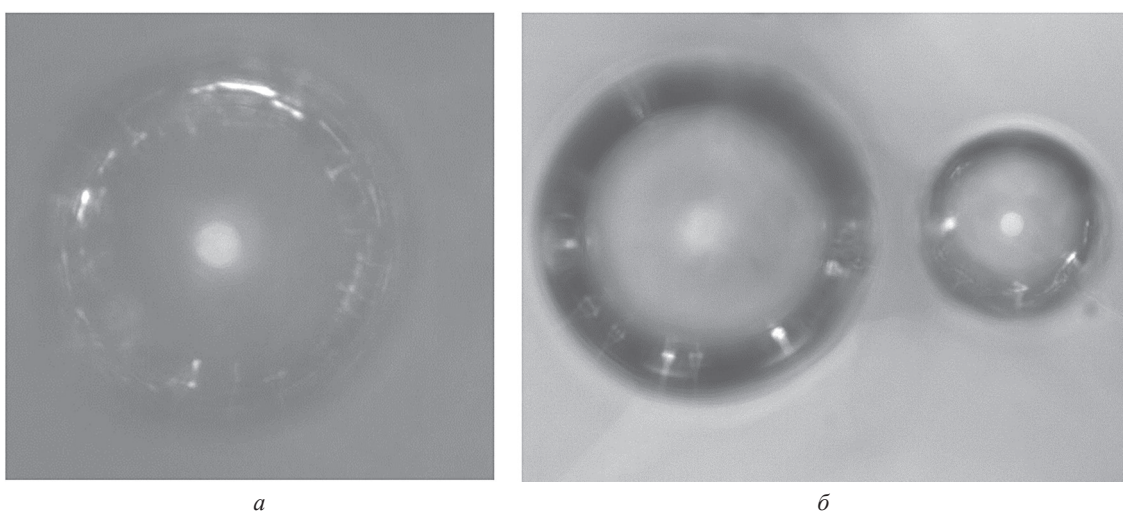


Рис. 5. Структура жидкостекляного связующего, прогретого до 800 °С.  $\times 500$ : а – обычного; б – модифицированного ультрадисперсными материалами

С учетом результатов исследований был разработан технологический процесс модифицирования жидкого стекла неорганическим ультрадисперсным углеродсодержащим материалом. Полученное модифицированное жидкостекляное связующее обеспечивает более чем двухкратное снижение остаточной прочности формовочной смеси после заливки металла.

### Выводы

1. Проведенные исследования позволили определить механизм влияния ультрадисперсного модификатора на структуру и свойства жидкостекляного связующего, а также установить взаимосвязь между структурой модифицированного силикатного связующего, его свойствами и качеством жидкостекляных смесей.
2. Выявлено, что ультрадисперсный модификатор улучшает выбиваемость жидкостекляных смесей, отверждаемых по  $\text{CO}_2$ -процессу за счет его термической деструкции внутри глобулы силикагеля, вследствие чего происходит разупрочнение смеси при температуре заливки.
3. Переход на экологически чистое жидкостекляное связующее, модифицированное ультрадисперсными материалами, позволит значительно улучшить микроклимат на рабочих местах формовщиков и заливщиков в литейных цехах, сократить выбросы опасных веществ в атмосферу и исключить необходимость захоронения отходов стержневых смесей II–III класса опасности.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кукуй Д. М. Технология процессов смесеприготовления и изготовления песчаных литейных форм / Д. М. Кукуй, А. П. Мельников, С. Л. Ровин и др. Минск: БНТУ, 2009. 437 с.
2. Крутилин А. Н. Повышение эффективности использования жидкостекляных смесей. Обзорная информация. Ч. 1. Модифицирование / А. Н. Крутилин, Ю. Ю. Гуминский, О. А. Русевич, Л. В. Кульбичкая // Литье и металлургия. 2018. № 1. С. 47–54.

3. **Кукуй Д. М.** Автоклавное модифицирование жидкого стекла высокомолекулярными соединениями / Д. М. Кукуй, В. В. Шевчук, В. А. Есепкин и др. // Литейное производство. 1989. № 2. С. 10–11.

#### REFERENCES

1. **Kukuy D. M., Melnikov A. P., Rovin S. L., etc.** *Texnologiya processov smeseprigotovleniya i izgotovleniya peschanyh litejnyh form* [Technology of processes for mixing and manufacturing sand casting molds]. Minsk BNTU Publ., 2009, 437 p.
2. **Krutilin A. N., Huminski Yu. Yu., Rusevitch O. A., Kulbitskaya L. V.** Povyshenie effektivnosti ispolzovaniya zhidkostekolnyh smesej. Obzornaya informaciya. Ch.1. Modificirovanie [Improvement of efficiency of use of liquid-glass mixtures. Overview information. Part 1. Modification]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2018, no. 1, pp. 47–54.
3. **Kukuy D. M., Shevchuk V. V., Esepkin V. A.** Avtoklavnoe modifitsirovanie zhidkogo stekla vysokomolekulyarnymi soedineniyami [Autoclave modification of liquid glass with high molecular weight compounds]. *Litejnoe proizvodstvo = Foundry production*, 1989, no. 2, pp. 10–11.