

УДК 621.742.22

Ю. А. Свинороев, канд. техн. наук, доцент, e-mail: desna.us@yandex.ru

Каменский технологический институт (филиал) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М. И. Платова, Каменск-Шахтинский, Россия

РАЗУПРОЧНИТЕЛИ КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СМЕСЕЙ НА ЖИДКОСТЕКЛЬНОЙ ОСНОВЕ

Показана возможность решения проблемы эффективного разупрочнения смесей на жидкостеклянной основе за счет применения комплексных разупрочняющих модификаторов. Предложена модифицирующая добавка, которая в комплексе решает указанную проблему: имеет приемлемый минимум остаточной прочности, как в низкотемпературной (240–300 °С), так и в высокотемпературной области (750–800 °С). Разупрочняющая способность достигается компонентным составом модификатора, включающего лигнинсодержащий материал, бентонитовую глину на натриевом основании и вермикулит. Идея, реализованная в работе, основана на совмещении процессов деструкции компонентов модификатора с процессами, формирующими максимум прочности жидкого стекла в процессе его полиморфизма при прогреве смеси. Так, максимуму в области 300 °С соответствует термодеструкция гидролизного лигнина, которая таким образом осуществляет функцию разупрочнения в этом температурном интервале; максимуму в области 800 °С соответствует метаморфизм неорганических компонентов модификатора – бентонитовой глины и вермикулита, обеспечивающих аналогичное действие в высокотемпературной области. Механизм их действия основывается на совмещении компонентов, обеспечивающих разупрочнение жидкостеклянной смеси как в интервалах низких, так и высоких температур полиморфизма жидкостеклянной композиции. Установили, что важное значение имеет не фактор вида сплава (чугун или сталь), а особенности термонапряженного состояния элементов литейной формы в процессе формирования отливки, например, для мелких и/или тонкостенных стержней полностью омываемых жидким расплавом чугуна рекомендуется компонентный состав модификатора, соответствующий стальному литью, более жаростойкий. По итогам экспериментальных исследований проведена промышленная апробация полученных результатов на примере производства корпуса отливки мульды. Практическое применение разработки позволяет заменить дорогостоящие и экологически опасные смоляные связующие материалы, в частности, технологию, основанную на фуран-процессе, на относительно невысокие по стоимости, но экологичные, жидкостеклянные связующие.

Ключевые слова: жидкое стекло, стержневая смесь, разупрочнение, модификатор, гидролизный лигнин, бентонитовая глина, вермикулит, отливка.

Введение

Допределяет главенствующую роль и значимость литейных связующих материалов в качественном осуществлении процессов формообразования, а значит, и получения в конечном итоге годной отливки. Оценивая номенклатуру и объемы используемых в настоящее время связующих материалов на предприятиях литейного производства, обращает на себя внимание значительность доли, приходящейся на смоляные связующие, обеспечивающие все многообразие ХТС-процессов. Такое

состояние объясняется высокой технологичностью этих процессов и обеспечением требуемого качества производимых отливок, в то же время высокая стоимость смоляных связующих и наличие токсичных выбросов при их использовании обуславливают необходимость поиска новых решений в этой области. Одним из возможных направлений преодоления указанной проблемы может стать расширение использования жидкостекольных связующих материалов при условии успешного разрешения трудностей на этапах их применения в процессах литья.

Цель работы состояла в поиске эффективных разупрочняющих добавок для жидкостекольных связующих материалов, позволяющих эффективно и комплексно решать вопросы выбиваемости литейных форм и стержней, изготовленных из смесей на их основе.

Ход выполнения работы.

Анализ информационных источников, посвященных проблеме совершенствования жидкостекольных технологий, направлен на решение задачи выбиваемости этих смесей. Причиной такого состояния является расплавление силикатов натрия при заполнении литейной формы металлом с последующим спеканием жидкостекольной смеси в процессе охлаждения. По своей физической природе, жидкое стекло — водный щелочной раствор силикатов натрия $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$, представляющий собой гетерогенную систему, имеющую сложные полиморфные превращения, зависящие от концентрации компонентов и температуры. Это предопределяет сложную совокупность разнообразных физико-химических превращений в процессе их применения.

В научной литературе опубликована информация о большом количестве способов разупрочнения связующих композиций на жидком стекле [1–5], которые можно условно разделить по физической природе используемой добавки, а именно, на органические и неорганические. К органическим можно отнести всевозможные эмульсии, содержащие полистирол, многочисленные продукты, получаемые от переработки разнообразного органического сырья; к неорганическим – феррохромовый шлак, глины, продукты переработки горных пород: вермикулит и перлит. Однако, их применение не всегда приводит к желаемому результату, поскольку не в полной мере соответствует природе явления, на предотвращение последствий которого направлено.

Предложено применить в качестве агентов-модификаторов разупрочнения комбинацию материалов, включающую блок, работающий на разупрочнение в диапазоне относительно низких температур (240–300 °С), и блок компонентов, работающий в диапазоне высоких температур (750–800 °С).

Идея исследования основана на совмещении процессов деструкции компонентов модификатора с процессами, формирующими максимум прочности жидкого стекла в процессе его полиморфизма при прогреве смеси.

В качестве исходных компонентов для низкотемпературного разупрочнения нужно взять лигнинсодержащий материал, крупнотоннажный отход при переработке растительного сырья гидролизным способом. Для высокотемпературного разупрочнения – минеральные добавки: глину и вермикулит.

Предполагается, что максимуму в области 300 °С соответствует термодеструкция гидролизного лигнина, которая таким образом осуществляет функцию разупрочнения в этом температурном интервале; максимуму в области 800 °С соответствует метаморфизм неорганических компонентов модификатора – глины (бентонитовой, каолиновой) и вермикулита, обеспечивающих аналогичное действие в высокотемпературной области.

Первоначально проведенная серия адаптивных экспериментов показала, что соотношение жидкого стекла и разупрочняющих добавок в составе исследуемой связующей композиции должна составлять одну треть от объема жидкого стекла. Данная зависимость определена эмпирическим путем и принята в качестве исходной базы для отработки состава искомой связующей композиции на модельных составах смесей.

Предложено разработать модифицирующую добавку, которая смогла бы в

комплексе решить указанную проблему: имела приемлемый минимум остаточной прочности, как в низкотемпературной (240–300 °С), так и в высокотемпературной области (750–800 °С).

Для этих целей были выбраны материалы, действие которых на жидкостекольную основу связующей композиции по отдельности решает задачи разупрочнения в низко- и высокотемпературном интервалах.

Основой состава для обеспечения работы в низкотемпературной области является лигнинсодержащий материал – компонент органического происхождения, обладающий высокой гигроскопичностью и способностью адсорбировать и удерживать влагу, которая в процессе нагрева образует газы (пар с продуктами термодеструкции), являющиеся агентом разупрочнения жидкостекольной матрицы. Накладываясь на процесс структурообразования в жидком стекле, соответствующий низкотемпературному максимуму (в области 300 °С), идет разупрочнение продуктами деструкции гидролизного лигнина формирующихся структур жидкого стекла, что в итоге приводит к падению прочности до уровня 0,3 МПа, что приемлемо с точки зрения «нормальной выбиваемости» смеси.

При повышении прогрева смеси до более высоких температур идет выгорание гидролизного лигнина, его действие, таким образом, прекращается, а в жидкостекольных пленках на поверхности наполнителя формируется легкоплавкая эвтектика, что приводит к увеличению прочности композиции.

Для решения этой задачи вводятся неорганические добавки: бентонитовая глина или вермикулит. Их введение позволяет достичь желаемого эффекта в высокотемпературной области (750–800 °С). Эффект разупрочнения, на этом этапе, состоит в полиморфном превращении этих материалов – явлении вспучивания за счет процессов фазовых превращений, но главное – за счет выделения газов, прежде всего, водяного пара, при высвобождении из минералов конституционной влаги вследствие высоких температур. Наложение конкурирующих процессов, структурообразования жидкого стекла и вспучивания минеральных компонентов смеси (газовыделения) в результате приводит к разупрочнению и, как следствие, желаемому результату. Результирующий эффект представлен на рис. 1.

Предлагаемый комплексный модификатор был опробован в условиях производства для изготовления отливки мульды из стали 25Л весом 107 кг для транспортного машиностроения (см. рис. 2).

Смесь приготавливалась в соответствии рекомендованной рецептуры с применением в составе разработанного комплексного модификатора. После формовки

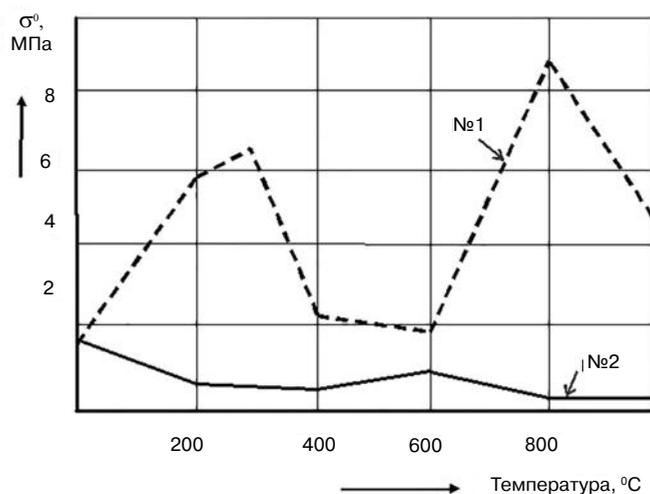


Рис. 1. Показатели остаточной прочности жидкостекольных смесей различных составов: № 1 – модельный состав смеси на жидком стекле без разупрочнителей; № 2 – состав смеси с разупрочняющей добавкой

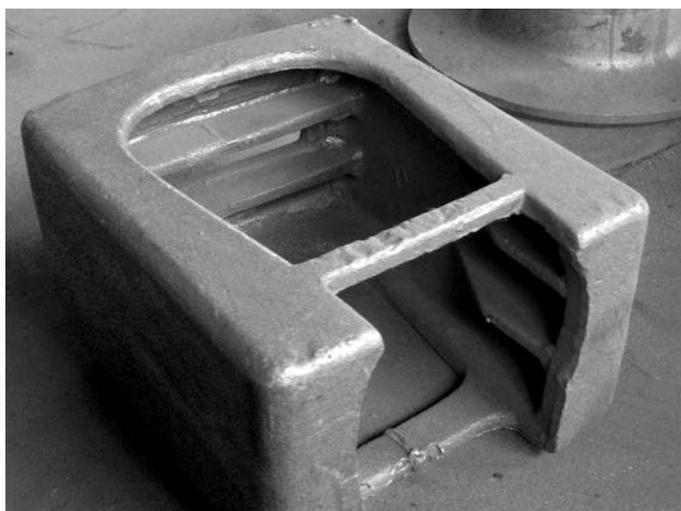


Рис. 2. Отливка мульды, изготовленная с применением разработанного модификатора комплексного действия

происходило отверждение двумя способами: по CO_2 -процессу и сушкой в камерном сушиле при температуре 220°C .

Приготовленные таким образом формы заливались расплавом стали, после остывания отливка извлекалась на обычной выбивной решетке. При визуальном осмотре остатки литейного стержня рассыпались при незначительном внешнем механическом воздействии (легком постукивании молотком по корпусу отливки-мульды).

Данное исследование можно расценивать как начальную фазу работ, посвященной данной проблематике, предполагающее решение задач связанных с уменьшением количества связующего в составе смеси до приемлемого уровня 2,5–3,5 %; оптимизация рецептур состава смеси и состава модификатора в зависимости от особенностей конструкции отливки и марки используемого сплава и т. п. Полученные результаты можно интерпретировать как принципиальную возможность для проведения системных исследований в данной области.

Опытно-промышленные испытания предложенного разупрочняющего модификатора показали эффективность его действия.

Выводы

- В результате проведения исследований разработан эффективный комплексный модификатор для формовочных и стержневых смесей на основе жидкого стекла, обеспечивающий их разупрочнение до приемлемого уровня в широком диапазоне температурных воздействий ($240\text{--}300$ и $750\text{--}800^\circ\text{C}$), соответствующих максимумам остаточной прочности для жидкого стекла.

- Разупрочняющая способность достигается компонентным составом модификатора, включающего лигнинсодержащий материал, бентонитовую глину на натриевом основании и вермикулит.

- Установлено, что важное значение имеет не фактор вида сплава (чугун или сталь), а особенности термонапряженного состояния элементов литейной формы в процессе формирования отливки, например, для мелких и/или тонкостенных стержней, полностью омываемых жидким расплавом чугуна, рекомендуется компонентный состав модификатора, соответствующий стальному литью, более жаростойкий.

- Разупрочняющее комплексное действие модификатора основано на свойствах его компонентов и физико-химических процессах, протекающих в литейной форме в период формирования отливки.

- Идея, реализованная в работе, основана на совмещении процессов деструкции компонентов модификатора с процессами, формирующими максимум прочности жидкого стекла в процессе его полиморфизма при прогреве смеси. Так, максимуму в области 300°C соответствует термодеструкция гидролизного лигнина, которая

таким образом осуществляет функцию разупрочнения в этом температурном интервале; максимуму в области 800 °С соответствует метаморфизм неорганических компонентов модификатора – бентонитовой глины и вермикулита, обеспечивающих аналогичное действие в высокотемпературной области.

- Осуществлены опытно-промышленные испытания предложенного разупрочняющего модификатора, которые показали эффективность его действия при производстве отливки мульды из стали 25Л весом 107 кг для транспортного машиностроения. После остывания отливка извлекалась на обычной выбивной решетке. При визуальном осмотре остатки литейного стержня рассыпались при незначительном внешнем механическом воздействии (легком постукивании молотком по корпусу отливки мульды).

- Практическое применение разработки позволяет заменить дорогостоящие и экологически опасные смоляные связующие материалы, в частности, технологию, основанную на фуран-процессе, на относительно невысокие по стоимости, но экологичные жидкостекольные связующие.

Список литературы

1. Илларионов И. Е. Формовочные материалы и смеси: Моногр. / И. Е. Илларионов, Ю. П. Васин. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. Ун-та, 1992. – Ч. 1. – 223 с.
2. Modern Casting, Jan. 2014, pp. 23–24
3. Инженерная экология литейного производства: уч. пособие / А. Н. Болдин, А. И. Яковлев, С. Д. Тепляков; под общ. ред. А. Н. Болдина. – М.: Машиностроение, 2010. – 352 с.
4. Ткаченко С. С. Экология как критерий эффективности литейного производства будущего / С. С. Ткаченко, А. Н. Болдин // Литье Украины. – 2013. – № 7. – С. 29–30.
5. Gutko Yu. Theoretical aspects and practical recommendations for use of methods of binding materials modification and mechanical treatment to solve technological and ecological production problems / Yr. Gutko, Yu. Svinoroev, V. Kostrub // Teka commission of motorization and energetic industry in agriculture Lublin university of technology Volodymyr Dal East-Ukrainian national university of Lugansk. – Lubin, 2012. – Vol. 12. – № 3. – pp. 51–57.

Поступила 14.02.2019

References

1. Illarionov, I. E., Vasin, Yu. P. (1992) Molding materials and mixtures: Monograph. Cheboksary: publishing house of the Chuvash. Un-ta, P. 1, 223 p. [in Russian].
2. Modern Casting, Jan. 2014, pp. 23–24 [in English].
3. Boldin, A. N. (ed.) (2010) Environmental engineering foundry: study guide. Moscow: Mashinostroenie, 352 p. [in Russian].
4. Tkachenko, S. S., Boldin, A. N. (2013) Ecology – as a criterion of efficiency of foundry production of the future. Casting of Ukraine, no. 7, pp. 29–30 [in Russian].
5. Gutko, Yu., Svinoroev, Yu., Kostrub V. (2012) Theoretical aspects and practical recommendations for use of methods of binding materials modification and mechanical treatment to solve technological and ecological production problems. Teka commission of motorization and energetic industry in agriculture Lublin university of technology Volodymyr Dal East-Ukrainian national university of Lugansk. Lubin, Vol. 12, no. 3, pp. 51–57.

Received 14.03.2019

Ю. О. Свинороєв, канд. техн. наук, доцент, e-mail: desna.us@yandex.ru

Каменський технологічний інститут (філія) Південно-Російського державного політехнічного університету ім. М. І. Платова, Каменськ-Шахтинський, Росія

ЗНЕМІЦНЮВАЧІ КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ ДЛЯ СУМІШЕЙ НА РІДКОСКЛЯНИЙ ОСНОВІ

Продемонстровано можливість вирішення проблеми ефективного знеміцнення сумішей на рідкоскляній основі за рахунок застосування комплексних знеміцнюючих модифікаторів. Запропоновано модифікуючу добавку, яка комплексно вирішує зазначену проблему: має прийнятний мінімум залишкової міцності як в низькотемпературній (240–300 °С), так і у високотемпературній областях (750–800 °С). Знеміцнююча здатність досягається компонентним складом модифікатора, що включає лігніномісткий матеріал бентонітових глин на натрієвій основі та вермикуліт. Ідея, реалізована в роботі, заснована на поєднанні процесів деструкції компонентів модифікатора з процесами, що формують максимум міцності рідкого скла в процесі його поліморфізму при прогріві суміші. Так, максимуму в області 300 °С відповідає термодеструкція гідролізного лігніну, яка таким чином здійснює функцію знеміцнення в цьому температурному інтервалі; максимуму в області 800 °С відповідає метаморфізм неорганічних компонентів модифікатора – бентонітової глини та вермикуліту, що забезпечують аналогічну дію у високотемпературній області. Механізм їх дії базується на поєднанні компонентів, що забезпечують знеміцнення рідкоскляної суміші як в інтервалах низьких, так і високих температур поліморфізму рідкоскляної композиції. Встановили, що важливе значення має не фактор виду сплаву (чавун або сталь), а особливості термонапруженого стану елементів ливарної форми в процесі формування виливки, наприклад, для дрібних і/або тонкостінних стрижнів, повністю омиваних рідким розплавом чавуну, рекомендується компонентний склад модифікатора відповідно сталевому литва, більш жаростійкий. За підсумками експериментальних досліджень проведено промислово апробацію отриманих результатів на прикладі виробництва корпусу виливки мульди. Практичне застосування розробки дозволяє замінити дорогі і екологічно небезпечні смоляні в'язучі матеріали, зокрема технологію, засновану на фуран-процесі, на відносно недорогій, але екологічній, рідкоскляній в'язучій.

Ключові слова: рідке скло, стрижнева суміш, знеміцнення, модифікатор, гідролізний лігнін, бентонітова глина, вермикуліт, вилівок.

Yu. A. Svinoroev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
e-mail: desna.us@yandex.ru

Kamensky Technological Institute (branch) of South Russian State Politechnic University named after M. I. Platova, Kamensk-Shakhtinskiy, Rossiya

SOFTENERS OF COMPLEX ACTION FOR MIXTURES ON THE BASIS OF LIQUID GLASSES

The possibility of solving the problem of effective softening of mixtures on the basis of liquid glass through the use of complex softening modifiers. It is offered the modifying additive which in a complex solves the specified problem: has an acceptable minimum of residual durability, both in low-temperature (240–300 °C), and in high-temperature area (750–800 °C). The softening ability is achieved by the component composition of the modifier, which includes lignin-containing material, bentonite clay on a sodium base and vermiculite. The idea implemented in the work is based on the combination of the processes of destruction of the modifier components with the processes that form the maximum strength of the liquid glass during its polymorphism during the heating of the mixture. Thus, the maximum in the region of 300 °C corresponds to the thermal degradation of hydrolytic lignin, which thus performs the function of softening in this temperature range; the maximum in the region of 800 °C corresponds to the metamorphism of inorganic components of the modifier – bentonite clay and vermiculite, providing a similar effect in the high-temperature region. The mechanism of their action is based on the combination of components ensuring the softening of the liquid-glass mixture both at low and high temperature intervals of the polymorphism of the liquid-glass composition. It was found that the important factor is not the type of alloy (cast iron or steel), and especially the thermally stressed state of the casting mold elements in the process of forming the casting, for example, for small and/or thin-walled rods completely washed by liquid iron melt, it is recommended that the component composition of the modifier corresponding to steel casting, more heat-resistant. According to the results of experimental studies, industrial testing of the results was carried out, on the example of casting production to the casting body – muldas. The practical application of the development allows to replace expensive and environmentally hazardous resin binders, in particular the technology based on furan process, with relatively low cost, but environmentally friendly liquid-glass binders.

Keywords: liquid glass, core mixture, softening, modifier, hydrolytic lignin, bentonite clay, vermiculite.