

Студент гр. 10404119 Бартошика А.А.  
Научный руководитель Ровин С.Л.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Ужесточение норм законодательства «Об охране окружающей среды», значительное повышение тарифов на захоронение опасных промышленных отходов, требует поиска новых экологически чистых материалов и способствует возрождению интереса к неорганическим связующим, в первую очередь, к жидкому стеклу (ЖС).

ЖС в качестве связующего начали применять в литейном производстве более ста лет назад. Помимо использования в составе стержневых и формовочных смесей, ЖС применяют также для приготовления противопожарных красок и огнеупорных суспензий при литье по выплавляемым моделям. Жидкостекольные смеси отличаются низкой стоимостью, доступностью и хорошими экологическими показателями, возможностью использования для изготовления отливок широкой номенклатуры из черных и из цветных металлов. Однако, в конце 80-х, в 90-х годах прошлого века популярность и объемы применения жидкостекольных смесей начали снижаться, уступая место более прочным смесям на синтетических смоляных связующих. Главными недостатками жидкостекольных смесей являются затрудненная выбиваемость и плохая регенерируемость, кроме того, жидкостекольные смеси имеют большую усадку, повышенную хрупкость и осыпаемость, а также меньшую удельную прочность чем современные песчано-смоляные смеси [1].

Для отверждения ЖС используются тепловая сушка, а также газообразный ( $\text{CO}_2$ ), твердые (феррохромовый шлак, нефелиновый шлам, реже ферросилиций, алюминат кальция, сульфат магния и др.) и жидкие отвердители (сложные эфиры). На выбиваемость смеси большое влияние оказывает содержание в ней жидкого стекла и величина его модуля. Снижение количества жидкого стекла в смеси на 1% уменьшает работу выбивки на 25-35%. Поэтому содержание жидкого стекла в смеси необходимо снижать до минимально возможного уровня, исходя из требуемых прочностных и технологических характеристик. Применение жидких отвердителей вместо  $\text{CO}_2$  или порошкообразных отвердителей позволяет снизить содержание ЖС в смеси с 5,5-6,0% до 3,0-3,5%, и соответственно улучшить выбиваемость более чем в 2 раза. Кроме того, использование жидких отвердителей более технологично, позволяет увеличить скорость отверждения смеси и производительность формовки. Чаще всего, в качестве жидкого отвердителя используют полиэтиленгликоли и пропиленкарбонат [2,3].

Повышение модуля стекла также заметно улучшает выбиваемость смесей, так, увеличение модуля с 2,7 до 3,0 снижает работу выбивки в 1,5-2 раза. Кроме того, высокомодульное стекло позволяет получать более высокие прочностные характеристики. Поэтому, применяя высокомодульное стекло, можно дополнительно снизить его содержание в смеси и тем самым улучшить выбиваемость [3].

Однако наиболее эффективным способом устранения недостатков жидкого стекла является его модифицирование. В зависимости от назначения модификаторы ЖС условно делятся на группы: к первой относятся материалы, обеспечивающие повышение прочности смеси и, таким образом, позволяющие сократить количество ЖС в смеси и, соответственно, снизить работу выбивки; ко второй – материалы непосредственно разупрочняющие смесь после заливки расплава в форму (т.е. после воздействия высоких температур); к третьей –

комплексные модификаторы. Наиболее эффективным способом модифицирования является введение добавок во время приготовления жидкого стекла [1-3].

Для улучшения выбиваемости применяются следующие материалы: черный и серебристый графит, измельченный кокс, древесный пек, каменноугольная пыль, мазут, древесные опилки, гидрол (побочный продукт крахмалопаточного производства), фенолформальдегидные смолы, шунгит и др. [4]. Практически все они газифицируются (выгорают) при прогреве до высоких температур (от 500 – смолы, мазут, до 900°C – графит, каменноугольная пыль), что приводит к разрушению пленки связующего и соответственно снижению остаточной прочности смеси. При изготовлении стальных отливок углеродосодержащие добавки применять нежелательно, так как это приводит к науглероживанию поверхности отливок. Для улучшения выбиваемости в этом случае рекомендуется применять неорганические вещества, содержащие окислы Al, Ca, Mg, Ba и др. Хороший эффект обеспечивается также при модифицировании поверхностно-активными веществами (ПАВ), что позволяет уменьшить поверхностное натяжение ЖС, следовательно, улучшить смачивание зерен наполнителя, таким образом, повысить прочность, уменьшить количество стекла в смеси и соответственно снизить работу выбивки [5].

В настоящее время ряд ведущих компаний уже освоили серийный выпуск модифицированных силикатных связующих, обеспечивающих получение требуемых прочностей смеси при значительно меньшем содержании ЖС. Одной из таких компаний является ASK-CHEMICALS. Её экологичная связующая система INOTEC на основе ЖС, предназначена для использования в составе формовочных и стержневых смесей при изготовлении отливок из цветных сплавов и чугуна, позволяет снизить содержание связующего до 3%, увеличить скорость отверждения и значительно уменьшить вероятность возникновения пригара, обеспечивает минимальную гигроскопичность и придает смеси повышенную долговечность, снижает остаточную прочность и работу выбивки (в 3-4 раза, по сравнению с немодифицированным ЖС), а также улучшает регенерируемость смеси [6].

Благодаря указанным свойствам, формовочные и стержневые смеси, приготовленные с использованием современного модифицированного жидкого стекла способны уже вполне достойно конкурировать со смесями на синтетических смоляных связующих.

#### Список использованных источников

1. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства: учебник / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, Н.В. Андрианов. В 2 ч., часть 1. Формовочные материалы и смеси. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2011. – 384 с.
2. Жуковский, С.С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм: справочник / С.С. Жуковский. – М.: Машиностроение, 2010. – 256 с.
3. Корнеев, В.И. Растворимое и жидкое стекло / В.И. Корнеев, В.В. Данилов. – Санкт-Петербург: Стройиздат, 1996. – 216 с.
4. Гуминский, Ю.Ю. Применение жидкостекольного связующего, модифицированного ультрадисперсными материалами / Ю. Ю. Гуминский, С.Л. Ровин // Литейное производство. – 2019. – №11. – С. 17-20.
5. Алиев Д. О. Исследование механизма формирования прочности жидкостекольных смесей и разработка состава жидкостекольной смеси улучшенной выбиваемости: автореферат дис. канд. техн. наук / Волгоград, 2004. – 23 с.
6. ASK-CHEMICALS / INOTEC-технологии – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.askchemicals.com/ru/produkcija-uslugi/neorganicheskie-svjazujushchie-inotec/inotec-tekhnologii>