

Н. А. Кидалов, А. С. Адамова, И. Д. Машенцев, М. Д. Безмогорычный

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОЙ ГЛИНЫ В СОСТАВЕ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ*

Волгоградский государственный технический университет

e-mail: adamova@vstu.ru

Данная работа посвящена определению содержания активной глины в формовочных смесях в зависимости от их состава. Показано, что обработка глинистого связующего оказывает влияние на количество активного бентонита в смеси.

Ключевые слова: песчано-глинистая форма, активная глина, активный бентонит, обменные катионы, ионный обмен.

N. A. Kidalov, A. S. Adamova, I. D. Maschencev, M. D. Bezmogorychnyy

DETERMINATION OF ACTIVE CLAY IN THE COMPOSITION OF THE MOLDING MIXTURE

Volgograd State Technical University

This article is devoted to determining the content of active clay in molding mixtures depending on their composition. It is shown that the processing of the clay affects the amount of active bentonite in the mixture.

Keywords: sandy-clay form, active clay, active bentonite, exchangeable cations, ion exchange.

В промышленности подавляющее число деталей изготавливается методом литья. При этом основную массу отливок (около 44 %) получают в песчано-глинистые формы, изготовленные из смеси песка и глины [1]. Качество отливок напрямую зависит от качества формовочной смеси, брак отливок по вине формы составляет до 60 % [2].

Одним из показателей качества формовочных песчано-глинистых смесей является количество активной глины. Активная глина, или активный бентонит – это количество катионов глины, находящихся на поверхности частицы, способных к обмену. Иными словами, процент содержания активной глины – это ее обменная

емкость. Поддержание удовлетворительного уровня количества активной глины позволяет сократить расходы на приобретение новых исходных материалов, увеличить длительность использования формовочных песчано-глинистых смесей без введения освежения, а также повысить физико-механические свойства смесей и, следовательно, качество форм и получаемой продукции. Считается, что формовочная смесь пригодна к использованию, когда содержание в ней активной глины составляет не менее 8 % [3].

Основным способом восполнить содержание активной глины является введение освежения – новой, свежей глины. Однако это означает дополнительные траты на материалы, кото-

© Кидалов Н. А., Адамова А. С., Машенцев И. Д., Безмогорычный М. Д., 2023.

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

рые могут достигать 60 % на отливку. По данным Счетной палаты РФ в настоящее время Россия на 89,6 % зависит от импорта бентонитов для литейного производства; около 70 % каолина поставляется из Украины [4, 5]. В сложившейся экономической и политической ситуации поставки сырья задерживаются или невозможны.

В данной работе проводится исследование содержания активной глины в формовочных песчано-глинистых смесях для литейного производства в зависимости от их состава и способа обработки глинистого связующего. Определение количества активной глины проводилось

с помощью теста на окрашивание метиленовым голубым. Принцип данного теста основан на химической реакции ионного обмена, где легкообмениваемые положительные ионы, находящиеся на отрицательной поверхности глинистой частицы, замещаются катионами метиленового голубого, которые выделяются красителем в процессе его разложения в воде (рис. 1). Способ позволяет количественно определить способность формовочной смеси поглощать ионы путем измерения количества метиленового голубого, необходимого для покрытия всей (внешней и внутренней) поверхности частиц глины, содержащихся в смеси.

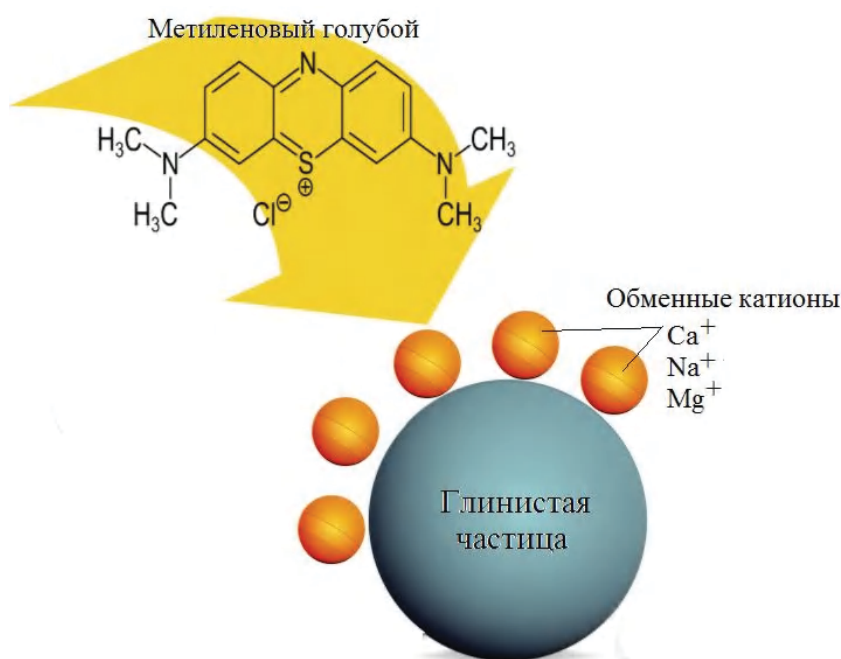


Рис. 1. Обмен катионов, адсорбированных на поверхности глинистых минералов метиленовым голубым

К способам повышения содержания активной глины в формовочных смесях можно отнести активацию глины (химическую, механическую, комплексную), ультразвуковую обработку, добавку освежения и другие. В работе проводились исследования содержания активной глины в составах формовочных песчано-глинистых смесей. Исследовались следующие смеси:

1) отработанная формовочная песчано-глинистая смесь, бывшая в употреблении, то есть прошедшая несколько раз заливку жидким металлом и подверженная воздействию высоких температур;

2) отработанная формовочная смесь с добавлением освежения – свежих компонентов –

песка (7 %) и глины (3 %). Добавка свежих материалов позволила повысить физико-механические свойства формовочных смесей, в частности – газопроницаемость (за счет ввода песка) и предел прочности при сжатии во влажном состоянии (за счет ввода глины);

3) песчано-глинистая смесь, приготовленная с использованием свежих материалов – песка и глины, – которые не контактировали с жидким металлом;

4) песчано-глинистая смесь, где глина была добавлена в виде высококонцентрированной водно-глинистой суспензии с понизителем вязкости – углещелочным реагентом [6];

5) песчано-глинистая смесь с использованием водно-глинистой суспензии, обработанной

ультразвуком при следующих параметрах: частота 20 кГц; время обработки 15 минут;

б) песчано-глинистая смесь на основе глины, прошедшей активацию химическим веществом – гидрокарбонатом натрия NaHCO_3 .

Использовались следующие исходные компоненты:

– песок кварцевый марки $1\text{K}_2\text{O}_3\text{O}_3$ (ГОСТ 2138–91);

– бентонитовая глина марки C1T_2 Латненского месторождения Воронежской области (ГОСТ 28177–89).

Составы исследуемых формовочных песчано-глинистых смесей приведены ниже в таблице.

Составы формовочных смесей

Номер смеси	Обозначение	Содержание компонентов в смеси, масс. %				
		Отработанная	Песок	Глина	ВГС (15 %)	Вода
1	Отработанная	100	-	-	-	5, сверх 100
2	Отработанная + освежение	90	7	3	-	5, сверх 100
3	Глина	-	95	5	-	5, сверх 100
4	Суспензия	-	94	-	6	-
5	Ультразвук	-	94	-	6	-
6	Хим. активация	-	95	5	-	5, сверх 100

Состав бентонитовой водно-глинистой суспензии следующий:

Бентонитовая глина	15 масс. %	45 г
Вода	85 масс. %	255 г

Обработка глины ультразвуком проводилась в ультразвуковой ванне ПСБ-2828-05, которая включает в себя генератор ультразвуковых колебаний и преобразователь. Генератор вырабатывает электрические импульсы, которые преобразуются в механические волны (волны давления) в жидкости для вибрационного ультразвукового действия. Эти волны давления вызывают образование и схлопывание крошечных пузырьков в жидкости – процесс, известный как кавитация. Это приводит к высвобождению энергии и давления, что создает интенсивное воздействие на погруженный в ванну объект, в данном случае – водно-глинистую суспензию.

Химическая активация глины проводилась с использованием гидрокарбоната натрия – соды NaHCO_3 . Для активации навеску глины помещали в ступку, добавляли 1 % соды и перемешивали в течение 5 минут. За это время происходило замещение катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} и прочих) диффузного слоя глины катионами Na^+ , кроме того – измельчение размера частиц глины, увеличение удельной площади поверхности, что положительно сказывалось на набухаемости, водопоглощении и, как следствие, связующей способности глин.

Для определения содержания активного бентонита, то есть для выявления количества

обменных катионов глины, использовали краситель метиленовый голубой ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}$) ТУ 6-09-40-5171-84. Навеску 5 г исследуемой формовочной смеси помещали в колбу, доливали 50 мл дистиллированной воды и кипятили в течение 5 минут. После остывания добавляли 2 мл 5%-го нормального раствора серной кислоты (H_2SO_4). Серная кислота увеличивает концентрацию ионов водорода в глине, что, в свою очередь, нейтрализует отрицательный заряд глинистых минералов. Этот процесс нейтрализации способствует высвобождению обменных катионов из частиц глины. Далее в полученный



Рис. 2. Капли формовочных смесей с метиленовым голубым

раствор формовочной смеси добавляли по 1 мл метиленового голубого (приготовленного из расчета 3,74 г на 1 л дистиллированной воды), перемешивали и стеклянной палочкой наносили каплю смеси на фильтровальную бумагу до появления светло-голубого ореола вокруг пятна от раствора смеси с метиленовым голубым. По количеству израсходованного метиленового голубого, используя калибровочную кривую, судили о процентном содержании активного бентонита в составе формовочной песчано-глинистой смеси.

На рис. 2 представлены капли растворов исследуемых формовочных смесей с красителем

метиленовым голубым, нанесенные на фильтровальную бумагу. Видно, что капля формовочной смеси, бывшей в употреблении, имеет слабый ореол, а формовочная смесь, содержащая глину, активированную химическим способом в присутствии гидрокарбоната натрия NaHCO_3 , напротив, имеет яркий голубой ореол. Это говорит о различном содержании обменных катионов, находящихся на поверхности глинистых частиц.

Результаты проведенных исследований по определению активной глины представлены на рис. 3.

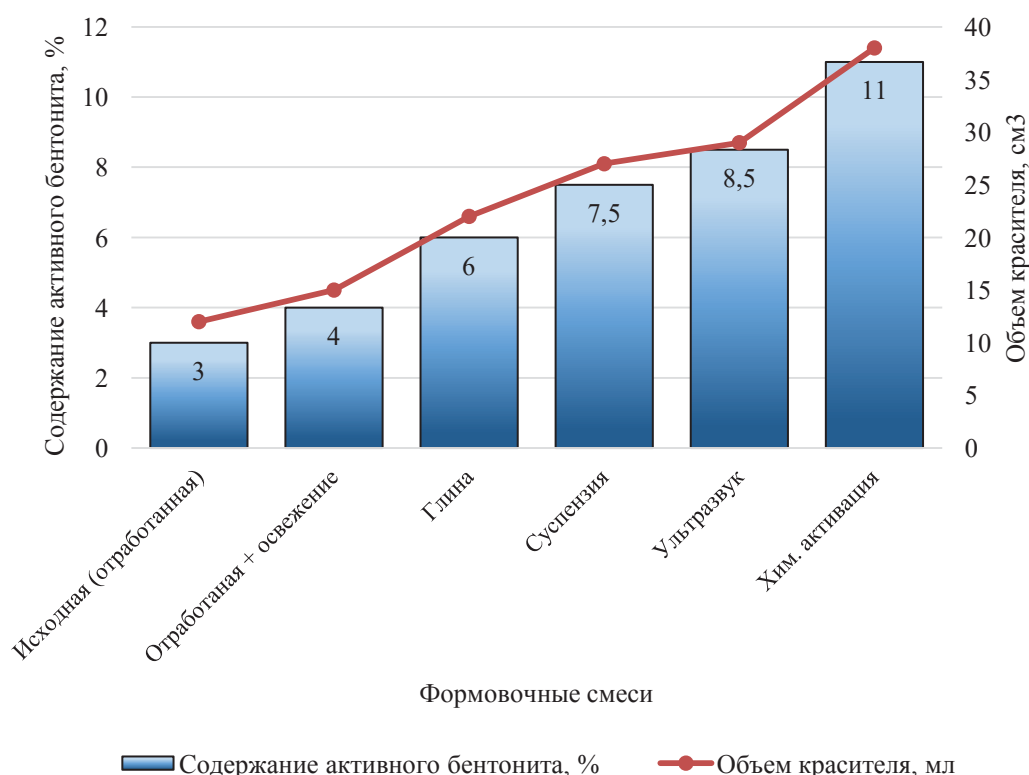


Рис. 3. Зависимость содержания активного бентонита в формовочных смесях от их состава

Наименьшее содержание активного бентонита имеет смесь, бывшая в употреблении — 3 % (для определения потребовалось 12 мл красителя). Это значение говорит о том, что качество смеси низкое, при ее многократном использовании будет низкое качество поверхности отливок. Частица отработанной формовочной смеси, подвергаясь воздействию высоких температур, растрескивается, что понижает газопроницаемость и увеличивает склонность к образованию пригара.

Данный факт согласуется с литературными данными, где говорится о том, что глина в составе формовочной смеси при многократном

воздействии высоких температур теряет свои пластичные и связующие свойства, которые в дальнейшем не восстанавливаются. В этом случае неактивная глина становится вредной примесью. Для улучшения физико-механических и технологических свойств формовочной смеси отработанную формовочную смесь нужно регенерировать и освежать. Освежение подразумевает собой введение в состав смеси 7–10 % свежих песка и глины, частицы которых восполняют растресканные компоненты формовочных материалов (таким образом повышаются физико-механические свойства смеси и, следовательно, качество отливок).

При добавлении к отработанной смеси осеживания в виде свежих песка и глины повышается содержание активного бентонита до 4 % (использовалось 15 мл красителя). Рост активного бентонита происходит за счет добавки новой порции глины, тем не менее его содержание не удовлетворяет требованиям – считается, что формовочная смесь должна иметь как минимум 8 % активной глины.

Таким образом, применение отработанных формовочных смесей требует постоянного контроля их технологических свойств, включения в производственный цикл операции регенерации, что сопровождается ростом производственных затрат, материалов и оборудования.

Определялось содержание активного бентонита в составе формовочной смеси, приготовленной на основе песка и глины. Результаты показали, что емкость обменных катионов составляет 6 %, для ее определения было задействовано 22 мл красителя, что по сравнению с анализом отработанной смеси выше в 2 раза.

Применение в составе смеси глины в виде водно-глинистой суспензии повышает емкость активных катионов до 7,5 % (27 мл. красителя). Использование глины в виде суспензии позволяет увеличить активную глину на 1,5 % из-за особенности строения глинистых частиц: частицы в составе водно-глинистой суспензии полностью окружены водой; молекулы воды проникают между пакетами глины, раздвигая их, из-за чего глина набухает. Разделение пакетов глины высвобождает новые катионы, которые способны к обмену, вследствие этого увеличивается емкость обменного комплекса, или содержание активного бентонита.

Формовочные смеси на основе глины в виде сухом и в виде водно-глинистой суспензии имеют активный бентонит не более 8 %, что также не удовлетворяет требованиям ТУ, следовательно, было принято решение о дополнительной обработке глинистого связующего с помощью ультразвука и химической активации.

Формовочная песчано-глинистая смесь на основе водно-глинистой суспензии, обработанной ультразвуком, имеет 8,5 % активного бентонита; для его определения потребовалось 29 мл красителя метиленового голубого. Рост активной глины объясняется тем, что воздействие ультразвука способствует диспергации глинистых частиц, то есть их измельчению; при этом каждая глинистая частица окружена водой. По литературным данным [7] при воздей-

ствии ультразвука увеличение удельной поверхности бентонитовых глины составляет 50 %, что означает увеличение гидрофильности монтмориллонита, а это говорит о том, что гораздо быстрее происходит процесс мицеллообразования и, следовательно, больше молекул воды проникает между пакетами (происходит более полное их набухание, улучшаются эксплуатационные свойства бентонитовых глины, что ведет к увеличению прочностных характеристик формовочных смесей).

Исследовалось содержание активного бентонита в составе формовочной смеси на основе глины, которая была активирована гидрокарбонатом натрия – содой NaHCO_3 . Химическая активация способствует ионному обмену между обменными катионами глины и натрием, входящим в состав этой добавки. В исследуемом образце при химической активации происходит рост содержания активной глины до 11 %; для определения потребовалось 38 мл красителя, рост по сравнению с исходной смесью увеличился в 3,6 раз. Это происходит благодаря тому, что идет ионный обмен между обменными катионами глины и ионами натрия самой добавки, что увеличивает емкость обменного комплекса.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что качество отливок напрямую зависит от качества формовочной смеси и одним из важных показателей является количество содержания активной глины, то есть количество тех катионов глины, которые способны к ионному обмену. Состав формовочной смеси влияет на содержание активной глины. Так, наиболее высокие показатели содержания активной глины – 11 % – имеет формовочная смесь, изготовленная на основе глины, которая была активирована химическим способом в присутствии гидрокарбоната натрия NaHCO_3 . Наименьшие показатели имеет отработанная формовочная смесь – 3 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дибров, И. А. Состояние и перспективы развития литейного производства России / И. А. Дибров // Литейное производство и металлургия 2021. Беларусь [Электронный ресурс] : 29-я Международная научно-техническая конференция и информационная выставка : Труды участников конференции / Белорусский национальный технический университет ; под общ. ред. Е. И. Маруковича ; ред.: С. В. Машканова [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 6–11.
2. Берг, П. П. Качество литейной формы / П. П. Берг. – М. : Машиностроение, 1971. – 291 с.

3. *Категоренко, Ю. И.* Технология литейного производства / Ю. И. Категоренко. – Екатеринбург : Издательство РГППУ. – 2018. – 684 с.

4. Счетная палата оценила риски, которые мешают импортозамещению дефицитных полезных ископаемых [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ach.gov.ru/checks/12888> (дата обращ. 27.05.2023).

5. РИА Новости. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://web.telegram.org/z/#-1101170442> (дата обращ. 27.05.2023).

6. Влияние углещелочного реагента на свойства формовочных смесей с применением высококонцентрированных водно-глинистых суспензий / Н. А. Кидалов, Н. А. Осипова, А. С. Князева, А. Сахарова // Литейное производство. – 2014. – № 1. – С. 21–23.

7. *Матвеев, И. В.* О результатах измельчения огнеупорных глин до наноразмерного состава / И. В. Матвеев, А. А. Соколев // Литейное производство. – 2011. – № 3. – С. 11–13.