

УДК 621.74.045

## АНАЛИЗ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПЕСЧАНО-БЕНТОНИТОВЫХ СМЕСЕЙ

*Бондарчук Д.А., студент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Литейные технологии»*

*Научный руководитель: Коротченко А.Ю., к.т.н., доцент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Иванова А.В., к.т.н., старший научный сотрудник ЗАО «Литаформ»  
Россия, 115533, г. Москва, проспект Андропова, 22  
[korotchenko@bmstu.ru](mailto:korotchenko@bmstu.ru)*

Основную часть производственной песчано-глинистой смеси составляет отработанная смесь, прошедшая не один термический цикл. Важной задачей является выбор составов смесей, способных выдерживать высокие температуры и сохранять физические свойства при многократных заливках. Кроме того, очень важно иметь представление о динамике изменения свойств формовочной смеси для поддержания заданных свойств и расчета освежения. При выборе составов формовочных смесей необходимо учитывать как температуру заливки сплава, так и металлоёмкость формы. Это особенно важно при изготовлении крупных толстостенных отливок, для которых время воздействия жидкого металла на форму возрастает. Температура поверхности формы при этом может достигать температуры заливки металла, что может привести к оплавлению, спеканию формовочной смеси и как следствие к изменению прочности формы, ее газопроницаемости и ухудшению качества литья.

Для оценки свойств связующих и формовочных смесей на их основе при воздействии температуры существуют следующие параметры:

- *огнеупорность,*
- *термостойкость,*
- *долговечность.*

Под *огнеупорностью* в широком смысле понимают свойство материалов противостоять не сплавляясь температурам не ниже 1580 °С без дополнительной механической нагрузки. Известно [1], что каолиновые глины являются более

огнеупорными материалами, чем бентонитовые. Формовочные смеси состоят из нескольких материалов, обладающих различной огнеупорностью. Поэтому следует различать огнеупорности каждого материала отдельно и огнеупорность смеси. На практике могут встречаться «неогнеупорные» смеси, хотя каждый материал в отдельности является «огнеупорным».

*Термостойкость* характеризует смесь с точки зрения сохранения прочности при определенных условиях нагружения и нагрева [2]. Данное свойство при измерении на образцах зависит от термостойкости связующей композиции и теплофизических свойств песка. Показатель термостойкости бентонита влияет на расход связующего в реальном производстве. Определение термической устойчивости бентонита по ГОСТ 28177-89 является необходимым, но не достаточным для характеристики поведения связующего в процессах заливки.

Под *долговечностью* понимают способность смеси сохранять свои «положительные» свойства после многократных циклов нагрева. Для определения долговечности можно использовать разные параметры: изменение содержания конституционной воды, зернового строения, концентрации водородных ионов. Определение прочностных свойств смеси после каждого цикла нагрева позволяет выявить связь между долговечностью и физико-механическими свойствами. Нагрев смеси может осуществляться как путем заливки металла в специально подготовленную форму, так нагревом и выдержкой образцов смеси при определенных условиях.

С целью изучения характера изменения физико-механических и химических свойств формовочных смесей при термоциклировании и отработке методики определения долговечности была проведена серия экспериментов по комплексной оценке свойств формовочных смесей на различных типах связующих в процессе циклического нагрева. За основу исследований в данной работе была взята стандартная методика определения долговечности [3].

Характеристика исходных связующих материалов представлена в Таблице 1. Формовочные смеси в зависимости от вида связующего обладают различными свойствами. Физико-механические свойства смесей на активированном бентоните в большинстве случаев выше, чем у смесей на неактивированном бентоните и на каолининовой глине. Из представленного материала видно, что наибольшей термостойкостью обладает активированный бентонит, а предел прочности при сжатии во влажном состоянии формовочной смеси после термообработки изменяется в зависимости от типа связующего следующим образом: самым высоким обладает смесь

на активированном бентоните (0,90 кг/см<sup>2</sup>), затем следует неактивированное связующее (0,69 кг/см<sup>2</sup>), затем – каолинистая глина (0,33 кг/см<sup>2</sup>).

Таблица 1

Характеристика исходных связующих материалов по ГОСТ 28177-89

Наименование показателя	Наименование образца		
	<i>Хакасский активированный бентонит</i>	<i>Хакасский неактивированный бентонит</i>	<i>Нижнеуевельская глина</i>
Предел прочности при сжатии во влажном состоянии, кг/см <sup>2</sup>	0,95	0,94	0,39
Предел прочности при разрыве в зоне конденсации влаги, кг/см <sup>2</sup>	28	10	6
Предел прочности при сжатии во влажном состоянии после термообработки, кг/см <sup>2</sup>	0,9	0,69	0,33
Термостойкость, ед.	0,95	0,73	0,85
Коллоидальность, %	97	31	19
Водопоглощение, ед.	8,5	3	4

Для проведения испытания формовочные смеси готовились из свежих материалов, состав приближен к производственным смесям. Испытания проводились в рабочем интервале влажности, характерном для смесей из свежих материалов.

Формовочные смеси на основе бентонита содержали 8 % связующего и имели влажность в интервале (2,7...3) %. Смеси на глинистом связующем – 10 % глины и влажность (4,5...5) %. В качестве зерновой основы исследуемых смесей использовался кварцевый песок с модулем мелкости 57...58, средним диаметром зерна 0,22 мм. Смеси приготавливались в лабораторном катковом смесителе.

В процессе исследований производились измерения прочности при сжатии, разрыве, сколе во влажном состоянии, прочности в зоне конденсации влаги, фиксировались влажность, уплотняемость, насыпной вес, а также сорбционная способность и водородный показатель формовочных смесей. После испытаний в исходном состоянии, из всей смеси готовили стандартные образцы, которые выдерживались в муфельной печи в течение часа при температуре 500 °С. Прокалённые и охлаждённые на воздухе до комнатной температуры образцы, разрушали пестиком в ступке и доводили до заданной влажности путем перемешивания в смесителе. После этого проводили измерения описанных выше свойств. Измерения проводили в течение трех циклов нагрева смеси. Каждое испытание проводилось на трех образцах, расхождение между результатами испытаний не более 10 % от среднеарифметической величины. Результаты исследований представлены на рис.1 - рис.6.

Из представленного на рис.1. – рис.4. материала видно, что прочностные свойства смеси на Хакасском активированном бентоните значительно выше свойств смесей на основе как неактивированного бентонита, так и каолиновой глины. Особенно низкими свойствами отличается формовочная смесь на основе каолиновой глины. С возрастанием циклов прокалики физико-механические и химические свойства формовочных смесей на основе представленных связующих изменяются незначительно.

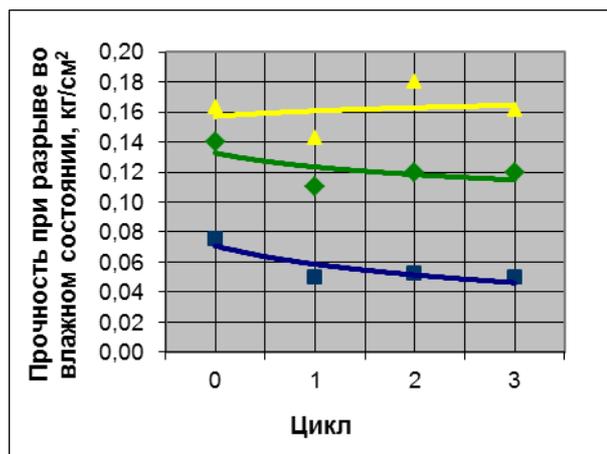
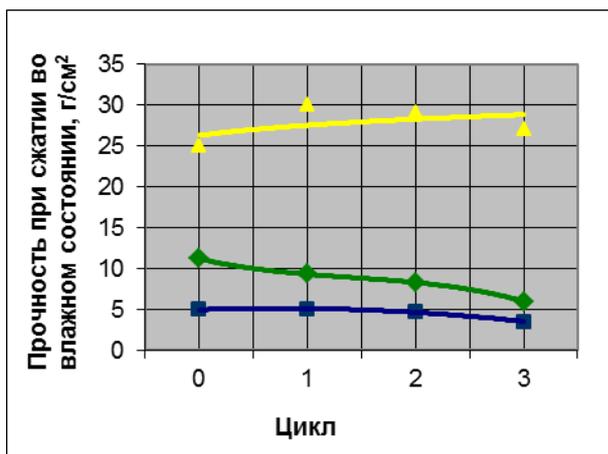


Рис.1. Зависимость прочности при сжатии во влажном состоянии от числа термических циклов.

Рис.2. Зависимость прочности при разрыве во влажном состоянии от числа термических циклов.

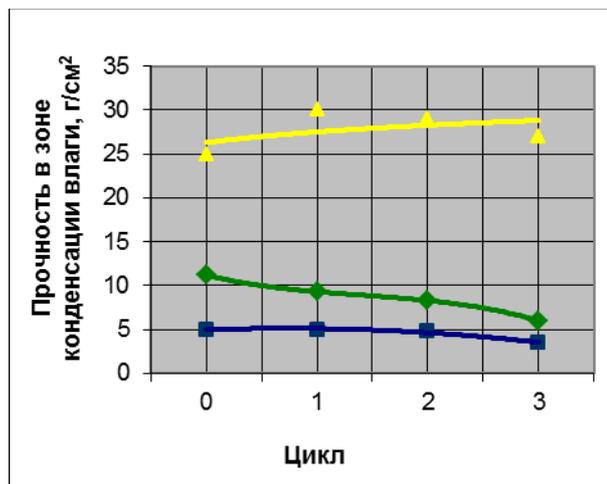
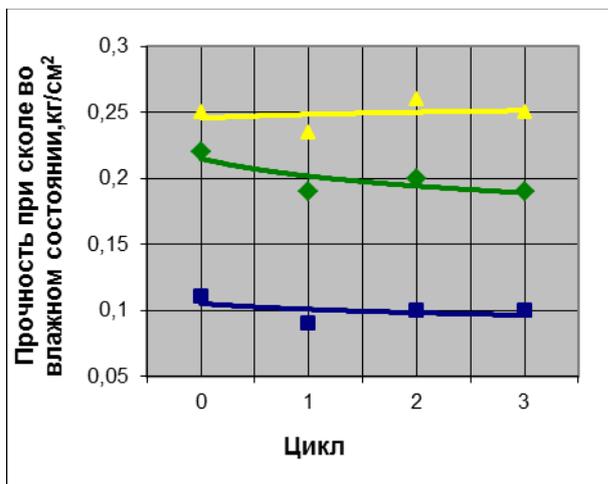


Рис.3. Зависимость прочности при сколе во влажном состоянии от числа термических циклов.

Рис.4. Зависимость прочности в зоне конденсации влаги от числа термических циклов.

- Формовочная смесь на активированном Хакасском бентоните;

- Формовочная смесь на неактивированном Хакасском бентоните;

- Формовочная смесь на неактивированном Нижнеуевельской глины

Однако необходимо отметить некоторые особенности поведения смесей при термоциклировании в зависимости от типа связующего.

У смеси на основе активированного бентонита наблюдается небольшой прирост прочности при разрыве и сколе во влажном состоянии и прочности в зоне конденсации влаги, при этом прочность при сжатии во влажном состоянии и сорбционная способность смеси уменьшается. У формовочной смеси на основе каолиновой глины с увеличением количества циклов, наоборот, наблюдается некоторое снижение прочности при разрыве и сколе во влажном состоянии и прочности в зоне конденсации влаги с одновременным увеличением прочности при сжатии во влажном состоянии. Изменение прочностных свойств смесей можно объяснить явлением дегидратации – выделение конституционной и цеолитной воды при нагревании. После повторного увлажнения смеси и доведения ее до заданной влажности происходит явление регидратации, т.е. обогащение связующего конституционной и цеолитной водой. При прохождении указанных процессов, часть воды теряется необратимо, и именно этот является причиной изменения свойств смесей при повторных нагревах.

Явление дегидратации часто сопровождается двумя противоположными процессами: спеканием зерен песка и оолитизацией [4]. Спекание зерен песка сопровождается падением прочности смеси, а с другой стороны образованием шамотизированных участков, которые могут превратиться в пыль при повторной обработке в смесителе. Образовавшаяся пыль или, так называемая мелочь, способна временно увеличить прочность смеси при сжатии.

При циклическом нагреве формовочных смесей происходит изменение физико-химического и минералогического состава, а также содержание примесей. Данные изменение отражены на рис.5, рис.6.

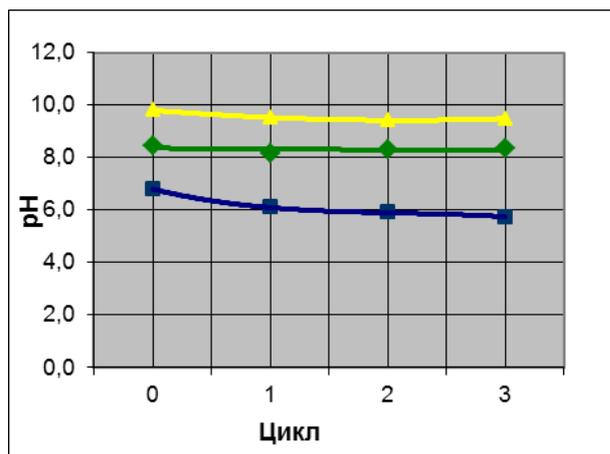


Рис.5. Зависимость водородного показателя ПГС от числа термических циклов.

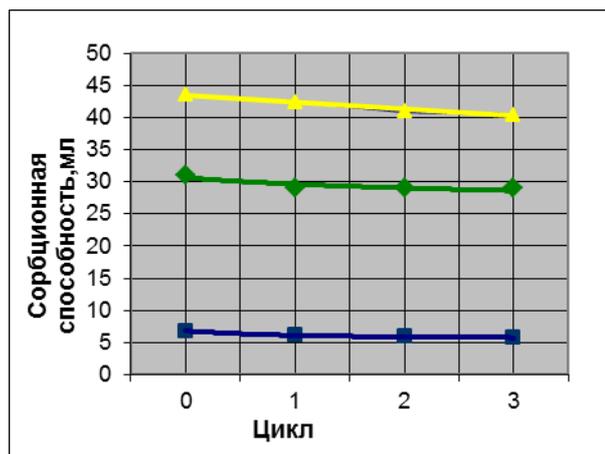


Рис.6. Зависимость сорбционной способности ПГС от числа термических циклов.

- Формовочная смесь на активированном Хакасском бентоните;

- Формовочная смесь на неактивированном Хакасском бентоните;

- Формовочная смесь на неактивированном Нижнеуевельской глины

Содержание активного бентонита в смеси – сорбционная способность – с увеличением циклов прокалки снижается, так как активный бентонит или глина частично выгорают. Изменение водородного показателя характеризует химические изменения, произошедшие в смеси в результате термических превращений, выгорание примесей, о чем свидетельствует так же изменение цвета формовочных смесей при нагревании.

Таким образом, проведённые исследования по комплексной оценке свойств формовочных смесей на различных типах связующих в процессе циклического нагрева и отработка методики определения долговечности показали следующее:

1. Долговечность ПГС, определяемая по указанной в данном исследовании методике, позволяет судить об изменении свойств связующих в процессе термоциклирования.

2. Полученные значения долговечности коррелируется с определяемым по ГОСТ 28177-89 пределом прочности при сжатии формовочных смесей после термообработки связующего.

3. Указанная методика оценки долговечности ПГС может быть использована при разработке новых составов песчано-бentonитовых формовочных смесей.

### **Список литературы**

1. Берг П.П. Основы учения о формовочных материалах. М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1948. С.280-288.
2. Технология литейного производства/ Трухов А.П. [и др.] М.: Издательский центр «Академия», 2005.С. 77-78.
3. ГОСТ 3594.8-77 «Глины формовочные. Метод определения долговечности»
4. Карташов В.Г. Изменение свойств глин и бентонитов при их нагреве/ В.Г. Карташов, Я.И. Медведев, Ю.М. Погосбемян //Литейное производство.-1986.- №7.- С.10-11