

Н.С. Евтушенко, ст. преп. (Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков); О.И. Шинский, д.т.н., проф. (Физико-технологический институт металлов и сплавов АН Украины, г. Киев); О.И. Пономаренко, д.т.н., проф. (Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков) Украина

Исследование свойств регенерируемых смесей на основе ОФОС

Исследованы физико-механические свойства холоднотвердеющих смесей на смолах с олигофурфурилоксисилановым связующим (ОФОС) с использованием отработанных песков для получения качественных отливок из черных и цветных сплавов.

Ключевые слова: формовочные пески, связующее, олигофурфурилоксисилансы, регенерация, рентгенографический фазовый анализ, прочность на сжатие, реактивность формовочной смеси.

Досліджено фізико-механічні властивості холоднотвердіючих сумішей на смолах з олигофурфурилоксисилановим в'язучим (ОФОС) з використанням відпрацьованих пісків для отримання якісних виливків з чорних і кольорових сплавів.

Ключові слова: формувальні піски, в'язуче, олигофурфурилоксисиланси, регенерація, рентгенографічний фазовий аналіз, міцність на стиск, реактивність формувальної суміші.

The physico-mechanical properties of cold-mix with a resin binder oligofurfuriloxysiloxane (ОФОС) using spent sands to produce quality castings of ferrous and non-ferrous alloys.

Keywords: molding sand, binder, oligofurfuriloxysiloxane, regeneration, X-ray phase analysis, compressive strength, reactivity sand.

Анализ литературных данных и постановка проблемы.

Для получения качественных отливок в песчаных формах большое значение имеет материал, из которого изготовлена сама форма. В современном литейном производстве существует большое количество способов изготовления форм и стержней с применением многочисленных составов смесей. Одними из самых распространенных являются холоднотвердеющие смеси (ХТС). Использование таких смесей вносит весьма ощутимые положительные изменения в технологический процесс отливок – снижает трудоемкость, повышает точность стержней, форм и, соответственно, отливок. При этом освобождаются производственные площади, занятые сушильными печами, повышается общая культура труда в литейном цехе.

Однако одним из существенных сдерживающих факторов является высокая стоимость такой смеси. Стоимость смеси складывается из стоимости кварцевого песка, связующего, катализатора и энергетических затрат на ее изготовление. При этом из материалов наиболее дорогими являются химические составляющие смеси: связующие и

катализатор. На их долю приходится 60-65% стоимости тонны формовочной смеси при использовании свежего кварцевого песка[1]. Одним из способов уменьшения себестоимости смеси служит снижение процентного содержания связующего до минимума, необходимого для достижения смесью необходимых прочностных характеристик. Уменьшение количества связующего так же положительно сказывается и на экологической обстановке литейного цеха.

Другим способом снижения стоимости смеси является повторное использования песков для изготовления форм. Формовочные пески – основной компонент формовочных и стержневых смесей: в формовочных смесях они составляют до 95% всей массы смеси, а в стержневых – 95...97%.

В настоящее время наиболее широко применяются кварцевые формовочные пески – более 90% всех песков, потребляемых литейным производством. Это объясняется прежде всего широкой распространенностью песков в природе. Кроме того, с точки зрения литейной технологии, кварцевый песок имеет ряд несомненных преимуществ: высокую температуру

плавления (1713°C); высокую твердость, способствующую хорошей сопротивляемости истирающему действию в процессах приготовления смесей, изготовлению форм и стержней и при выбивке и очистке отливок; химическую инертность при обычных температурах (рН чистого кварцевого песка 7); не изменяет своих свойств под влиянием кислорода воздуха и воды, а также минералов, присутствующих в песках; хорошую смешиваемость с различными компонентами смесей; хорошую смачиваемость водой, а также в большей или меньшей степени всеми применяемыми связующими материалами; универсальность (применяемость при изготовлении отливок из различных сплавов).

Наиболее жесткие требования предъявляются к пескам, для приготовления формовочных и стержневых смесей холодного и горячего отверждения, особенно при использовании в качестве связующего смол.

Согласно многочисленным рекомендациям, при работе с химически твердеющими формовочными смесями содержание глинистой составляющей не должно превышать 0,5%, а основная фракция пе-

ска должна быть 0,2...0,315 [1,2,3]. Авторы [4] подчеркивают, что количество глинистых частиц в песках, предназначенных для химически отверждаемых стержневых смесей, не должно превышать 0,2...0,5% (преимущественно 0,2%). В Европе и США литейные производства стремятся работать на песке с содержанием глинистой составляющей менее 0,2% [5].

Для получения качественных формовочных и стержневых ХТС предпочтительно использование обогащенных песков. Однако обогащенный песок значительно дороже карьерных песков и отправлять его в отвал после выбивки экономически невыгодно. Поэтому наиболее рациональным решением является повторное использование песков.

В связи с этим изучение свойств отработанных песков, свойств формовочных смесей на их основе и получение высокого качества отливок является актуальной задачей литейного производства.

Методы исследований. В качестве изучаемых параметров были выбраны физико-механические показатели свойств формовочной смеси. Механические свойства смесей являются одним из важных факторов, определяющих возможность получения качественных отливок. Одним из основных механических свойств является прочность смесей на сжатие, определяемая по стандартной методике [6,7]. Для рентгенографического фазового анализа песков использовалась методика [8].

Результаты исследований. В работе изучались ХТС на основе олигофурфурилоксисиласанов. Это новое экологическое связующее, разработанное в НТУ «ХПИ» [6]. Олигомерное связующее представляет собой подвижную жидкость темно-коричневого цвета, которая отверждается под действием кислотных отвердителей. Связующее не имеет в своем составе ядовитых либо отравляющих веществ – типа мочевиноальдегидных либо феноло-формальдегид-фуральных смол, которые изначально имеют в своем составе фенолы и альдегиды и выделяют их при термической деструкции связующих во время заливки формы расплавленным металлом.

Основной целью регенерации является восстановление зернового состава песка и удаление пленок связующего с зерен кварцевого песка. Наибольшее распространение

для регенерации холоднотвердеющих смесей получили механический и термомеханический способы. Технологическая схема механической регенерации включает в себя процессы выбивания формы, дробления спеченных кусков смеси, механического перетиравания смеси, охлаждения регенерата, пылеудаление.

Анализ литературных источников показал эффективность использования процесса регенерации для ХТС. Так, например, можно использовать регенерата до 90% при фуран-процессе и 60...70% при альфа-сет процессе [1]. При этом необходимо учитывать, что могут возникать проблемы в регенерации из-за несовместимости кислотных и основных смесей.

С целью исследования прочностных свойств отработанной формовочной смеси были изготовлены три состава смеси со связующим ОФОС. В первом составе в качестве наполнителя использовался свежий кварцевый песок, во втором – отработанная холоднотвердеющая смесь после трехкратного оборота; в третьем – отработанная холоднотвердеющая смесь после шестикратного оборота. Во всех смесях в качестве катализатора использовали паратоуолсульфокислоту (ПТСК) 50% в количестве 1%. Количество смолы ОФОС – 2%.

При приготовлении смеси в качестве наполнителя использовали кварцевый песок марки 2К1О₁02 ГОСТ 2138 – 91. Смесь готовили традиционным для ХТС способом. На 100 в.ч. кварцевого песка по ГОСТ 29234.0 – 91 добавляли

1,0 в.ч. 50% водного раствора кислотного катализатора ПТСК, смесь тщательно перемешивали на протяжении 60 секунд, потом к этой смеси добавляли 2 в.ч. связующего и снова тщательно перемешивали на протяжении 120 секунд. Смесь заформовывали в 9-местную пресс форму, которая используется для исследования свойств ХТС, выдерживали в течение 30 минут и образцы извлекали из формы.

Данные исследований прочности смеси со свежим песком и с использованием отработанной смеси приведены в табл. 1.

На рис. 1 представлена сравнительная оценка прочностных свойств смеси с использованием свежего песка и с использованием отработанной смеси.

Анализ данных показывает, что прочность смесей на основе отработанной смеси ниже, чем в смесях на основе свежего песка. Падение прочности составляет 0,1...0,2 МПа за один оборот смеси. Повысить прочность таких смесей можно за счет увеличения процентного содержания смолы и катализатора. Однако даже при 6-кратном обороте смеси по показателям прочности дополнительный ввод этих компонентов не требуется.

Также проводилось изучение реактивности формовочных смесей на основе свежего песка и с использованием отработанной смеси.

Под реактивностью формовочной смеси понимаем способность ее компонентов вступать в реакцию между собой. В частности, это касается взаимодействия смолы с катализатором. Реактивность харак-

Таблица 1. Прочность смесей на основе свежего песка и с использованием отработанной смеси

Использованный песок	Прочность на сжатие, МПа						
	0,5 ч	1 ч	1,5 ч	2 ч	2,5 ч	3 ч	24 ч
Свежий песок	0,64	1,2	1,44	1,7	1,85	1,96	2,8
Отработанная смесь, 3 оборота	0,42	0,51	0,98	1,3	1,52	1,71	2,2
Отработанная смесь, 6 оборотов	0,37	0,4	0,72	0,9	1,1	1,3	1,75

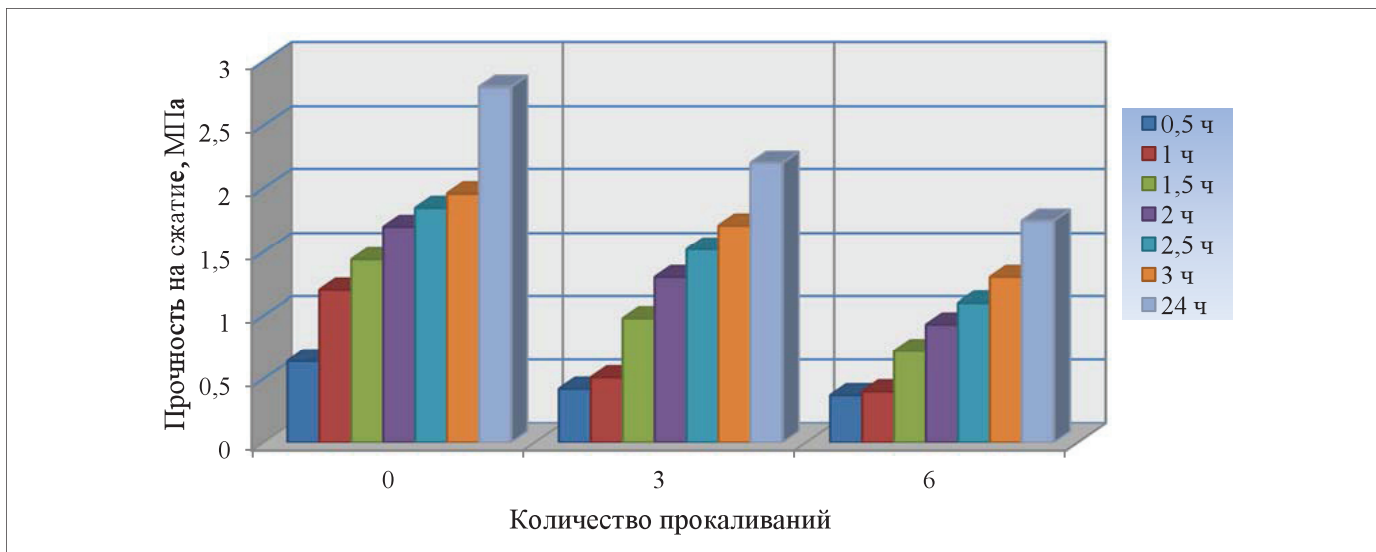


Рис. 1. Прочностные свойства свежей смеси и с использованием отработанной смеси

теризуется промежутком времени, через который между компонентами смеси начинается взаимодействие.

Для исследования смесь готовили аналогичным способом. После каждого оборота приготавливалась новая смесь на основе отработанной и определялась ее реактивность.

Данные по исследованию реактивности смеси приведены в табл. 2.

На рис.2 представлена диаграмма со сравнительной оценкой реактивности формовочной смеси с использованием свежего песка и с использованием отработанной смеси.

Из диаграммы видно, что с увеличением количества оборотов отработанной формовочной смеси реактивность ее постепенно снижается, то есть, процесс отверждения образцов с каждым оборотом смеси

ускоряется. Это объясняется тем, что в отработанной смеси остается некоторое количество смолы и катализатора и отработанная смесь имеет более высокую скорость взаимодействия компонентов, что позволяет впоследствии уменьшить дозировку составляющих смеси.

Для исследования структуры отработанных песков ХТС на смолах с олигофурфуроилксисилаксановым связующим был проведен следующий эксперимент.

Для исследования образцы готовили по методике, приведенной ранее. Затем их помещали в муфельную печь и при температуре 800°C выдерживали в течение часа. По истечении времени образцы рассыпались и из песка снова изготавливали образцы. Этот процесс повторяли 8 раз. Каждый раз изучали структуру зерен песка с помощью электронного микроскопа с увеличением в 112 раз. Со време-

нем наблюдалось появление «бархатной» пыли на зернах песка. На рис. 3 представлено изображение песка в исходном состоянии и после восьмикратного оборота. Предположительно считаем, что «бархатная» пыль на зернах является коксовой составляющей смолы.

Поэтому для исследования составов отработанных песков был проведен рентгенографический фазовый анализ. Рентгеносъемка проводилась на аппарате ДРОН 3.0 в медном излучении ($\lambda=1,54\text{Å}$) с монохроматором на дифрагируемом пучке при $U=30\text{кВ}$, $I=30\text{А}$.

Дифрактограммы снимались в угловом интервале $2\theta=16...75^\circ$. Установлено, что на дифрактограммах присутствует только кварц. Других элементов в песке не выявлено. Сравнение дифрактограмм показывает, что первая дифрактограмма отличается от восьмой повышенной дисперсностью кварца. Это объясняется тем, что при повторном использовании песков идет процесс истирания зерен.

Выводы

1 Для изготовления ХТС с использованием смолы ОФОС целесообразно использовать обогащенный песок, с содержанием глинистой составляющей не более 0,2...0,5%, и основной фракцией песка 0,2...0,315.

2. Для уменьшения стоимости ХТС отработанные смеси необходимо регенерировать, используя механический и термомеханический способы регенерации.

3. Прочность смесей на основе отработанной смеси ниже, чем в смесях на основе свежего песка.

Таблица 2. Реактивность смесей на основе смеси с использованием свежего песка и с использованием отработанной смеси

Количество оборотов смеси	Величина реактивности смеси, мин
0 (свежий песок)	10
1	8
2	8
3	8
4	7
5	7
6	5

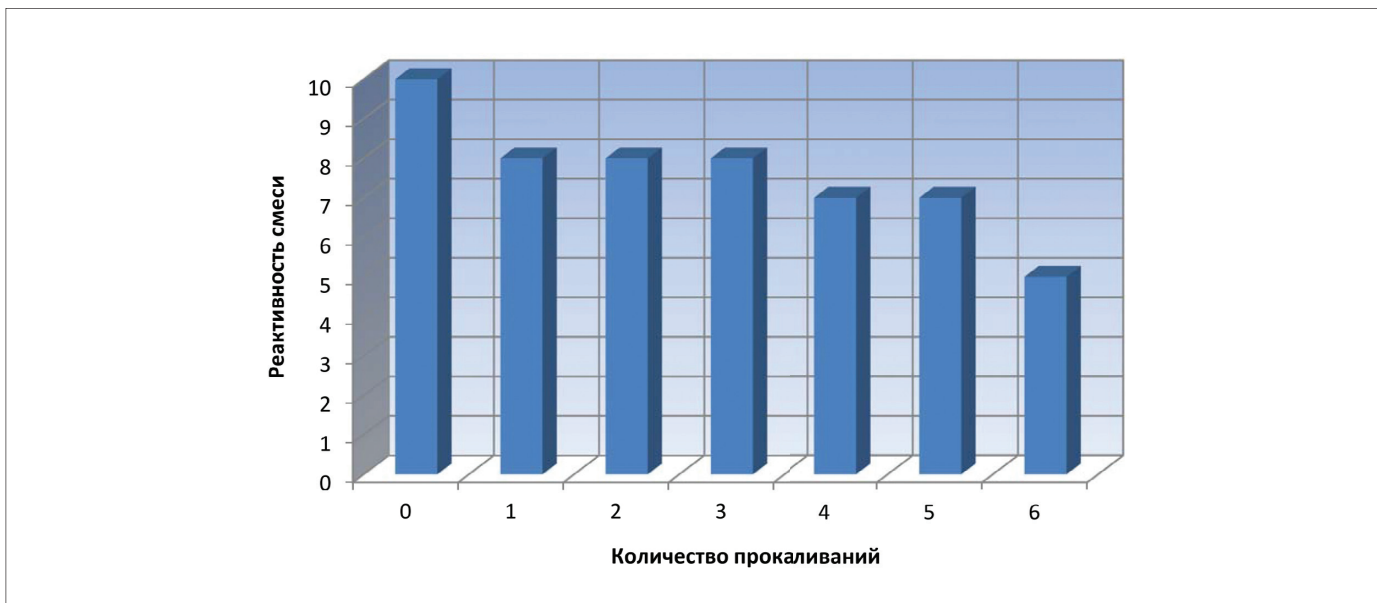


Рис. 2. Реактивность смеси на основе свежего песка и с использованием отработанной смеси

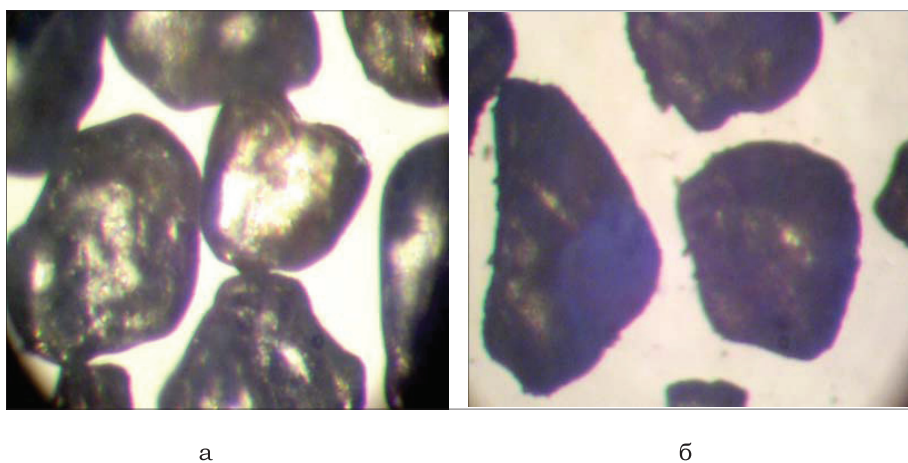


Рис. 3. Изменение зерновой структуры песка: а – исходное состояние песка, б – после восьмикратного оборота

Падение прочности составляет 0,1...0,2 Мпа за один оборот смеси. Повысить прочность таких смесей можно за счет увеличения процентного содержания смолы и катализатора. Однако даже при 6-кратном обороте смеси по показателям прочности дополнительный ввод компонентов не требуется.

4. С увеличением количества оборотов отработанной формовочной смеси реактивность ее постепенно снижается и процесс отверждения образцов с каждым оборотом смеси ускоряется. Это объясняется тем, что в отработанной смеси остается некоторое количество смолы и катализатора, и отработанная смесь имеет более высокую скорость взаимодействия компонентов, что позволяет впоследствии уменьшить дозировку составляющих смеси.

5. Исследования отработанных песков показали, что: со временем на поверхности зерен песка наблюдалось появление «бархатной» пыли. «Бархатная» пыль на зернах является коксовой составляющей смолы.

Рентгенографический фазовый анализ показал, что на дифрактограммах присутствует только кварц. Других элементов в песке не выявлено. Сравнение дифрактограмм показывает, что первая дифрактограмма отличается от последующих повышенной дисперсностью кварца.

Список литературы:

1. Трещалин А.В. Технология регенерации для ХТС- процессов. // Литье Украины, 2008. – №7(95)
2. Болдин А.Н. Литейные формовочные материалы. Формо-

вочные, стержневые смеси и покрытия: справочник / А.Н.Болдин, Н.И.Давыдов, С.С.Жуковский и др. – М.: Машиностроение, 2006. – 507 с.

3. Жуковский С.С. Холоднотвердеющие смеси в современных технологиях изготовления стержней и форм. // Литейщик России. – С.10-16.

4. Калашикова А.Я. Формовочные материалы и смеси для прогрессивных технологических процессов изготовления форм и стержней / А.Я.Калашикова, Г.П.Галкин – М: НИИМаш, 1976. – 59с.

5. Бройтман О.А. Современные методы испытаний формовочных материалов и песчано-смоляных смесей / О.А.Бройтман, Э.Д.Бусби, М.Р.Стэнклиф // Литейщик России, 2009. – №8. – С. 20 – 34.

6. Медведев Я.И. Технологические испытания формовочных материалов. / Я.И.Медведев, И.В.Валисовский – М.: Машиностроение, 1973. - 312с.

7. ГОСТ 23409.7-78. Пески формовочные, смеси формовочные и стержневые. Методы определения прочности при сжатии, растяжении, изгибе и срезе. – Введен 01.01.80

8. Структура и физические свойства твердого тела. Лабораторный практикум. / Под ред. Палатника Л.С. . – Киев: Вища шк., 1983, 264с.

9. Патент на корисну модель № 23593 Україна. Спосіб одержання холоднотвердіючих сумішей. Авторів Каратеев А.М., Пономаренко О.І., Євтушенко Н.С. та ін. Опубл. 25.05.2007. Бюл. № 7, 2007 р.