

К. т. н. **А. С. Тимофеева**¹ (✉), **М. С. Базарова**², **Н. А. Морозова**²

¹ ФГАОУ ВО «Старооскольский технологический институт имени А. А. Угарова», г. Старый Оскол, Россия

² ЗАО «ПКФ «НК», г. Старый Оскол, Россия

УДК 666.76:[669.18.046.518:621.746.328-33

ПОДБОР ОГНЕУПОРА ДЛЯ ВОРОНКИ СТАКАНА-ДОЗАТОРА ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ СТАЛИ

Представлен обзор литературы по работе промежуточного ковша и возможности вести непрерывную разливку стали «открытым стартом». На основе экспериментальных исследований подобран состав огнеупорного бетона для стартовой воронки стакана-дозатора.

Ключевые слова: огнеупорный бетон, воронка стакана-дозатора, футеровка, промежуточный ковш.

В современной системе технологий промежуточный ковш МНЛЗ рассматривается как один из важных элементов, влияющих на качество непрерывнолитой заготовки [1]. Изначально он главным образом исполнял функции приема и распределения металла по ручьям. Однако благодаря существенному повышению требований к качеству стали в последние десятилетия его роль

стала более значимой. Современный промежуточный ковш (рис. 1) выполняет разные функции.

Футеровка промежуточного ковша работает в чрезвычайно сложных условиях, поскольку ее рабочий слой непрерывно контактирует с жидкой сталью в течение длительного времени (10–25 ч и более). После окончания разливки футеровка промежуточного ковша охлаждается вместе с остатком металла, который затем удаляется. При этом многократно используемая часть футеровки подвергается дополнительным нагрузкам, связанным с циклическим изменением температуры и механическим воздействием (при удалении остатка). Следовательно, промежуточный ковш необходимо футеровать тщательно подобранными видами огнеупоров с учетом специфики его эксплуатации. Футеровка промежуточного ковша должна отвечать требованиям, обеспечивающим его устойчивую бесперебойную работу. Огнеупоры в промежуточном ковше выполняют следующие функции:

- обеспечивают защиту кошуа промежуточного ковша от разрушения при контакте с металлом;
- минимизируют потери тепла жидкой сталью;
- способствуют организации рациональных потоков движения металла в промежуточном ковше;
- обеспечивают дозировку металла при переливе в кристаллизатор;
- защищают сталь от вторичного окисления при переливе из сталеразливочного ковша в промежуточный, а затем в кристаллизатор [2].

Одним из определяющих этапов в процессе непрерывной разливки является организация управляемого поступления металла из промежуточного ковша в кристаллизатор [1–3]. Регулирование подачи металла в кристаллизатор можно осуществлять несколькими способами:

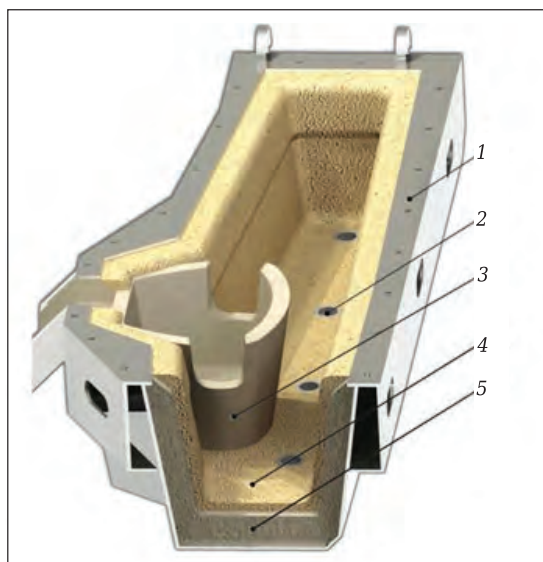


Рис. 1. Промежуточный ковш МНЛЗ: 1 — кошуа промежуточного ковша; 2 — стакан-дозатор; 3 — металлоприемник; 4 — торкрет-слой; 5 — рабочий слой



А. С. Тимофеева
E-mail: uked@yandex.ru

с использованием стопора-моноблока, скользящего затвора или с помощью стартовой трубы. Применение воронок является необходимым звеном осуществления так называемого «открытого» старта. Его достоинством является допустимость начала разливки без дополнительных действий по открытию канала стакана-дозатора. Это происходит вследствие отрыва воронки промежуточного ковша при достижении в нем необходимого уровня металла. Воронки устанавливают над стаканами-дозаторами, чаще всего на разной высоте, что способствует обеспечению старта ручьев МНЛЗ поочередно.

Для достаточно слаженной работы промежуточного ковша и кристаллизатора необходимо, чтобы отрыв воронки от стакана-дозатора происходил в нужный момент, когда уже над стаканом находится чистый металл без шлака. Для этого необходимо подобрать такой состав огнеупора для воронки, который обеспечивал бы непрерывное течение металла из промежуточного ковша в кристаллизатор без захвата неметаллических включений с наименьшими затратами, бесперебойно.

Исследования проводили с целью выявления состава, выдерживающего температуру 1500 °С без оплавления, высокой усадки и достижения плотности 2,2 г/см³. Во время изготовления огнеупорных образцов были созданы идентичные условия для каждого состава. Соблюдали влажность воздуха, контролировали температуру в климатической увлажняющей камере, время перемешивания и время вибрирования. Варианты составов приведены в таблице. Все составы по-разному затворяли водой (20 °С) или жидким стеклом ($\rho = 1,14 \text{ г/см}^3$). Варианты затворения, %, приведены ниже:

Огнеупорная смесь.....	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Жидкое стекло..	70	60	50	—	—	—	—	—	—
Вода.....	—	—	—	30	20	20	18	15	20

Компоненты шихты взвешивали в чаше затворения на весах, помещали в лабораторный смеситель, сухую смесь перемешивали в течение

30 с. Далее сухую смесь затворяли водой. После добавления воды смесь перемешивали в течение 1 мин. Фиксировали массу огнеупорной бетонной смеси и количество введенной жидкости. Рассчитывали количество воды, необходимой для затворения 1 кг огнеупорной бетонной смеси. Формование осуществляли способом вибрации. На двойную форму с длиной ребра 100 мм надевали предохранительную насадку. Две формы устанавливали на виброплощадку симметрично относительно центра. Время вибрирования 30 с. После завершения вибрации удаляли предохранительную насадку, поверхность образцов выравнивали с помощью стальной пластины. Затем формы со смесью устанавливали в увлажняющую камеру. На следующие сутки форму разбирали, образцы ставили обратно в камеру на 3 сут для спокойного и равномерного схватывания. Таким образом, были изготовлены 18 образцов девяти составов (рис. 2).

На подобранных составах выявляли зависимости линейной усадки от плотности образца.

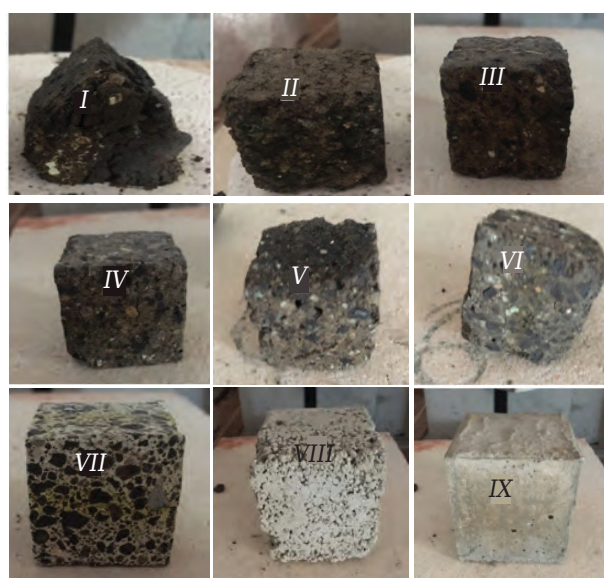


Рис. 2. Образцы составов I–IX после нагрева

Составы огнеупорных широкого спектра I–IX

Компонент	Содержание компонента, %, в смеси								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Шлак фракции, мм:									
6–3	18	23	25	25	27	27	27	—	—
3–1	18	23	25	25	26	26	26	—	—
1–0,5	7	9,5	10	10	11	11	11	—	—
<0,5	7	9,5	10	10	11	11	11	—	—
Опилки (< 3 мм)	25	21	25	25	—	—	—	—	—
Цемент:									
Цем I 42,5	25	14	5	5	25	—	—	—	—
Secar 38	—	—	—	—	—	25	—	—	55
Портландцемент	—	—	—	—	—	—	—	26	—
NK-CEM 72	—	—	—	—	—	—	25	—	—
Шамот (<5 мм)	—	—	—	—	—	—	—	44	—
Керамзит (<5 мм)	—	—	—	—	—	—	—	30	6
Кварцевый песок	—	—	—	—	—	—	—	—	39

Процесс вибрирования образцов-кубов с ребром 100 мм проводили в формах 2ФК100 с использованием лабораторной установки, имитирующей процесс формования на виброплощадке СМЖ-539, усовершенствованной частотным преобразователем серии Altivar 312 фирмы Schneider Electric. Для повышения плотности образцов длительность вибропрессования увеличивали до 2 мин. Частота колебаний была неизменной (50 Гц). Полученные данные показаны на рис. 3, а. Видно, что между плотностью и прочностью образцов существует зависимость.

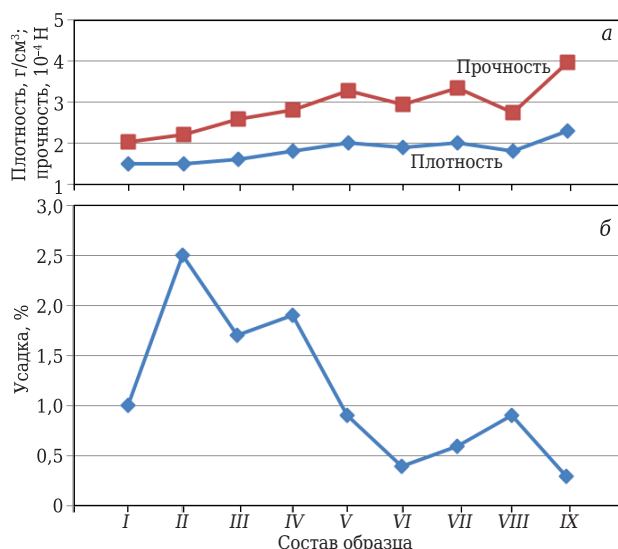


Рис. 3. Плотность, прочность (а) и усадка (б) образцов разных составов



Рис. 4. Образцы после испытаний в производственных условиях

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что наиболее оптимальными составами для получения мелкоштучных бетон-

ных изделий из мелкозернистого бетона являются составы V и VII, а также состав IX, полученный с использованием песчано-керамзитовой смеси фракции мельче 5 мм. Этот состав обеспечивает получение заданных характеристик по прочности и плотности с более высокими показателями, чем другие составы.

В лабораторных условиях провели испытания образцов на остаточные изменения размеров при нагреве в зависимости от плотности (рис. 3, б). Наиболее низкие показатели остаточных изменений размеров при нагреве проявляются в составах I, V, VI, VII, VIII и IX. По результатам испытаний эти показатели соответствуют ГОСТ 5402.1, т. е. не превышают 1 %.

В соответствии с испытаниями в лабораторных условиях были выявлены оптимальные составы для продолжения дальнейших испытаний в производственных условиях на ОЭМК. Были произведены идентичные образцы приоритетных составов (с максимальной прочностью и минимальной усадкой) I, V, VI, VII, VIII и IX. Образцы помещали в печь, применяемую для разогрева погружаемых стаканов, на 10 ч. Результаты показаны на рис. 4. Образцы составов I и VIII (на рис. 4 не показан) значительно оплавлились по всей поверхности, составов V и VII имели незначительные следы оплавления, составов VI и IX не имели следов оплавления. Таким образом, по всем характеристикам наиболее приемлемым для производства воронки стакана-дозатора является состав IX.

Библиографический список

1. **Смирнов, А. Н.** Современные промежуточные ковши для высокопроизводительных МНЛЗ / А. Н. Смирнов, А. В. Кравченко, А. П. Верзилов, В. Г. Ефимова // *Черная металлургия*. — 2012. — № 9. — С. 19–27.
2. **Смирнов, А. Н.** Непрерывная разливка стали : уч. пособие / А. Н. Смирнов, С. В. Куберский, Е. В. Штепан. — Донецк : ДонНТУ, 2011. — 482 с.
3. **Смирнов, А. Н.** Металлургические мини-заводы / А. Н. Смирнов, В. М. Сафонов, Л. В. Дорохова, А. Ю. Цупрун. — Донецк : Норд-Пресс, 2005. — 469 с. ■

Получено 02.10.19

© А. С. Тимофеева, М. С. Базарова,
Н. А. Морозова, 2020 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



IFEX 2020

16-я Международная выставка литейных технологий, оборудования, материалов и услуг

28 февраля – 1 марта 2020 г.

г. Ченнай, Индия

www.ifexindia.com