

ЕФИМОВ Г.В. (ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ НАН УКРАИНЫ)

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАФИНИРОВАНИЯ СТАЛИ В ПРОМЕЖУТОЧНЫХ КОВШАХ МНЛЗ

Разработаны материалы для производства фильтрационных элементов на основе изучения свойств, обеспечивающих стабильную работу переточных каналов. Приемлемыми следует считать основные огнеупоры (магнезит, периклазохромит). Были проведены промышленные испытания фильтрационных элементов. Огнеупор подвергался петрографическим исследованиям в районе переточного канала. Фильтрационные элементы на основе периклазохромита являются весьма надежными.

Промежуточный ковш (ПК) для непрерывной разливки стали при правильной организации гидродинамических процессов, протекающих в нем, может служить эффективным устройством для удаления неметаллических включений (НВ) из стали. В ПК металл из приемной камеры в виде затопленных струй поступает в раздаточную камеру по каналам, расположенным в перегородках ковша. Как показано в работах [1, 2] использование каналов различной конфигурации, имеющих определенные углы наклона и схемы расположения их в перегородках ПК, позволяет создать выгодные гидродинамические условия для выноса НВ в шлаковый покров на открытой поверхности металла в промежуточном ковше (рис. 1).

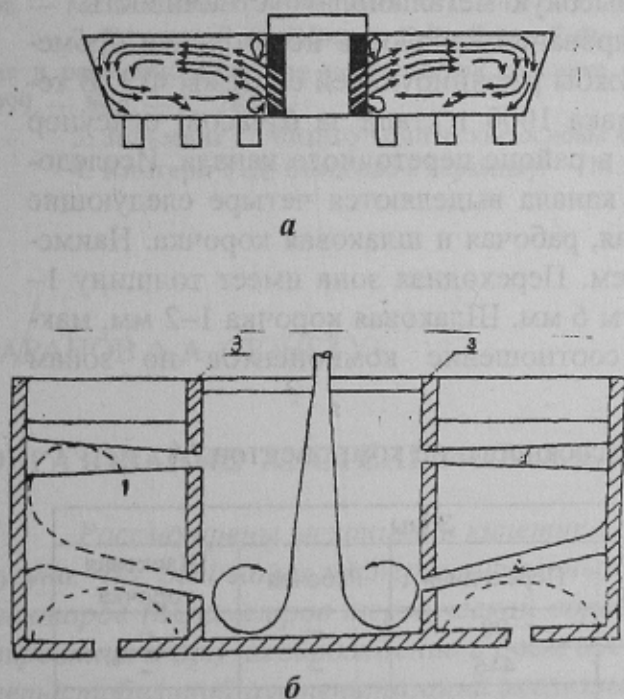


Рис.1. Схема установки фильтрационных элементов в промежуточных ковшах: а — общий вид; б: 1, 2 — затопленные струи, 3 — вертикальные перегородки с фильтрующими элементами

Как следует из опыта применения фильтрационной керамики наиболее эффективным для производства фильтровальных элементов (ФЭ) следует считать корунд (Al_2O_3), магнезит (MgO), периклазохромит и шпинели. Разработка материалов для ФЭ велась нами на основе изучения свойств, обеспечивающих стабильную работу переточных каналов (прочность при высоких температурах, металлоустойчивость и термоустойчивость). Учитывая, что огнеупор, работающий длительное время при высоких температурах, начинает размягчаться, уровень его прочности существенно изменяется. Наступление момента размягчения в основном зависит от огнеупорности состава. Так, у корундовых огнеупоров он составляет $1560^\circ C$ [3], а у магнезитовых — до $1800^\circ C$ [3]. Ход кривых размягчения непостоянен. Некоторые огнеупоры разрушаются весьма быстро после равномерного в течение неко-

торого времени подъема температуры. Обычно хорошие огнеупоры характеризуются плавным подъемом кривой размягчения [3]. При этом нужно также учитывать скорость и характер движения рабочих температур во время эксплуатации огнеупора (плавный подъем температуры или резкое нагревание-охлаждение). Влияние этих факторов зависит от термостойкости огнеупора, т.е. его способности противостоять резким колебаниям темпе-

ратур [4]. По классической теории формирования свойств огнеупоров термостойкость — это способность материала сопротивляться зарождению трещин; она обратно пропорциональна коэффициенту его термического линейного расширения α см⁻¹. Исходя из этого у основных огнеупоров не следует ожидать высокой термостойкости, так как они обладают высоким коэффициентом термического расширения ($13 \div 14,5 \cdot 10^{-6}$ см). У корундового материала он составляет $17 \cdot 10^{-6}$ см [3].

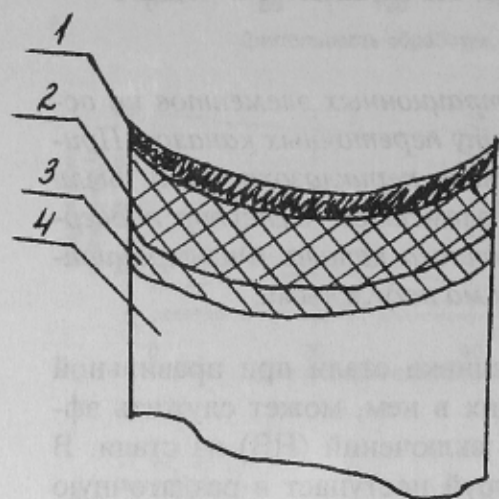


Рис.2. Схема макроструктуры фильтрационного элемента после разливки шести плавков: 1 — шлаковая корочка; 2 — рабочая зона; 3 — переходная зона; 4 — неизменная зона

Поскольку промежуточный ковш нагревается до температуры 1000–1200°С перед разливкой и в течение кампании непрерывной разливки работает в установившемся режиме без резких температурных колебаний, наиболее приемлемыми для ФЭ следует считать основные огнеупоры (магнезит, периклазохромит).

Этим материалам в соответствии с их строением присущи два общих свойства: во-первых, они состоят из высокоогнеупорных окислов, силикатов и шпинелей, во-вторых, характеризуются кристаллическим, а не стеклообразным строением этого материала. Они являются основной, подавляющей частью этой массы при затвердевании и не допускают никакого стеклообразования. Скорость кристаллизации ее настолько велика, что вся расплавленная масса застывает в виде кристаллов [3]. Это обуславливает их высокую металлошлакоустойчивость.

Применение этого материала для формирования каналов в перегородке промежуточного ковша обеспечило высокий срок службы рафинирующей системы ФЭ. В течение всей кампании эксплуатации ПК (разливка 1000 т стали за 6 часов) огнеупор подвергался петрографическим исследованиям в районе переточного канала. Исследования показали, что макроскопически вокруг канала выделяются четыре следующие зоны (рис. 2): наименее измененная, переходная, рабочая и шлаковая корочка. Наименее измененная зона составляет основной объем. Переходная зона имеет толщину 1–2 мм. Рабочая зона составляет 2–4 мм, максимум 6 мм. Шлаковая корочка 1–2 мм, максимум 3 мм. Примерное количественное соотношение компонентов по зонам представлено в табл. 1.

Табл. 1 — Примерное количественное соотношение компонентов, %

Содержание компонентов, %	Зоны			
	Наименее измененная	Переходная	Рабочая	Шлаковая корочка
Периклаз	90	90	—	—
Двукальциевый силикат	6–8	4–6	—	—
Форстерит монтгеллит	2–4	—	—	—
Металлоидные включения (Fe)	—	1–3	2–4	1–3
Магнетит	—	Сл.	2–4	2–4
Шпинелид	—	Сл.	25–30	25–30
Корунд, либо СаО·6Al ₂ O ₃	—	—	20–25	3–5
Мелилиты	—	—	15–20	20–25
Псевдоволластонит	—	Сл.	25–30	15–20
Браунмиллерит	—	—	—	—
Стеклофаза	—	2–4	1–3	5–10

В результате проведенного исследования установлено:

— при контактном воздействии расплава стали и шлака с огнеупором образуется слой, содержащий в своем составе, как компоненты огнеупора, так и компоненты шлака и стали. При остывании этого слоя из него кристаллизуются следующие новообразования: шпинелиды, мелилиты, псевдоволластонит, корунд, магнетит, стеклофаза, браунмиллерит.

— в зависимости от проникновения расплава в огнеупор и от интенсивности взаимодействия его с огнеупором выделяются несколько зон. Наименее измененная зона почти не отличается от основного огнеупора. В переходной зоне наблюдается проникновение Fe и его оксидов, уменьшается количество силикатов, появляется стеклофаза, однако в основном сохраняется первичная структура и фазовый состав огнеупора. В рабочей зоне уже не сохраняется ни структура, ни исходный состав. Наблюдаются только новообразования, кристаллизовавшиеся из расплава. По сравнению со шлаковой корочкой этот расплав был более обогащен компонентами огнеупора. Шлаковая корочка также состоит из новообразований, но среди них несколько больше количество мелилитов, стеклофазы, а шпинелид более обогащен оксидами железа.

Таким образом, износ огнеупора (кирпича) осуществляется путем постепенного замещения периклаза легкоплавкими алюмосиликатами типа мелилитов и стеклофазой и последующего оплавления интенсивно ошлакованного поверхностного слоя. Поскольку износ огнеупора за кампанию ПК составил не более 6 мм (рабочая зона), то ФЭ на основе периклазохромита являются весьма надежными материалами для каналов.

Список литературы

1. Ефимов В.А., Эльдарханов А.С. Современные технологии разлива и кристаллизации сплавов. — М.: Машиностроение, 1998. — С. 348–349.
2. Ефимов В.А., Ефимов В.Г., Днюк Е.Ф., Баранова В.Н., Носоченко О.В. Вторичное окисление и рафинирование при непрерывной разливке стали // ФТИМС НАН Украины. Процессы литья, 1999. — № 4. — С. 28–35.
3. Зальманг Г. Физико-химические основы керамики. — М.: Госстройиздат, 1959. — С. 363.
4. Кингери У.Д. Введение в керамику. — М.: Стройиздат, 1967. — С. 285.

© Ефимов Г.В., 2001

БАРАНОВ А.А. (ДОНГТУ)

ОБРАЗОВАНИЕ АУСТЕНИТА В ЖЕЛЕЗНЫХ СПЛАВАХ

Рассмотрены механизм и кинетика образования аустенита при нагреве стали и чугуна. На основании экспериментальных данных анализируется влияние различных факторов (параметров термической обработки, исходного состояния сплава, деформирования и др.) на зарождение и рост аустенитных кристаллов. Обсуждена природа метастабильной аустенитизации железных сплавов и структурной перекристаллизации.

Образование аустенита в стали и чугуне является наиболее распространенным видом фазовых превращений. Оно имеет место при нагреве стали для горячей деформации, при термической обработке чугуна и стали, сварке. Аустенитизация существенно сказывается на формировании структуры и свойств горячедеформированных и термически обработанных железных сплавов. Несмотря на то, что аустенитизация изучается более ста лет, в ней остается много неосвоенного и дискуссионного [1–7]. Недостаточность сложившихся представлений об аустенитизации железных сплавов выявляется в связи с применением высокоскоростных способов нагрева, использованием им-