

рошка ферросилиция и надежно работающая система азотоснабжения СВС-реакторов в сочетании с оптимальной газопроницаемостью шихты, в свою очередь, обеспечивают устойчивость технологии, надежную воспроизводимость ее результатов, а также высокую производительность процесса.

В начале освоения производства азотированного ферросилиция в качестве шихты использовали порошок 75%-ного ферросилиция. Однако из-за высокой температуры горения (более 1900°C) произошло несколько случаев прогара СВС-реакторов. Для снижения температуры во фронте горения и уменьшения вероятности появления в нем большого количества жидкой фазы, снижающей газопроницаемость шихты, в ее состав в качестве инертной добавки ввели порошок азотированного ферросилиция. Это мероприятие полностью исключило случаи прогара реакторов.

В настоящее время азотированный ферросилиций производится для непосредственного леги-

рования азотом трансформаторной стали нитридного варианта ингибирования и для приготовления неформованных огнеупоров. Оба продукта в основном используются Магнитогорским металлургическим комбинатом при выплавке указанной стали в конвертерном цехе [10] и в качестве упрочняющего компонента в составе леточных масс для доменного производства.

Для легирования трансформаторной стали используется нитрид ферросилиция с содержанием азота 18...23%. Для приготовления леточных масс азотированный ферросилиций производят с содержанием азота 20...25%. Это достигается небольшими изменениями состава металлической шихты.

В заключение следует отметить, что в последнее время к использованию азотированного ферросилиция, производимого ООО «НГПФ «Эталон», стали проявлять интерес ряд российских металлургических и огнеупорных предприятий.

Библиографический список

1. Огнеупоры и их применение: Пер. с яп. / Под ред. Инамуры Я.М. М.: Металлургия, 1984. 448 с.
2. Pant P., Dahlmann P., Schlump W., Stein G. A new nitrogen alloying technique 2 way to distinctly improve the properties of austenitic steel // Steels research. 1987. № 1. P. 18–25.
3. Menzel J., Stein G., Dahlmann P. Manufacture of N-Alloyed steels // Preprints for the 2nd International Conference. Aachen. 1990. P. 365–371.
4. О механизме и закономерностях горения кремния в азоте / Мукасьян А.С., Мартыненко В.М., Мержанов А.Г., Боровинская И.П., Блинов Н.Ю. // Физика горения и взрыва. 1986. Т. 12. № 5. С. 43–49.
5. Новиков Н.П., Боровинская И.П., Мержанов А.Г. Термодинамический анализ реакций самораспространяющегося высокотемпературного синтеза // Процессы горения в химической технологии и металлургии: Сб. трудов / Под ред. А.Г. Мержанова. Черноголовка, 1975. С. 174–188.
6. Самсонов Г.В. Нитриды. Киев: Наук. думка, 1969. 378 с.
7. Мержанов А.Г., Боровинская И.П., Володин Ю.Е. О механизме горения пористых металлических образцов в азоте // Докл. АН СССР. 1972. Т. 206. № 4. С. 905–908.
8. Зиатдинов М.Х. Легирующий материал на основе нитрида кремния и способ его получения: Пат. 2218440 Россия, МКИ С 22 С 33/00.
9. Шатохин И.М., Зиатдинов М.Х., Чирков В.А. Способ производства легирующего материала на основе нитрида кремния: Пат. 2210615 Россия, МКИ С 22 С 33/00.
10. Совершенствование технологии выплавки трансформаторной стали в конвертерном цехе ОАО «ММК» / Сеничев Г.С., Тахаутдинов Р.С., Бодяев Ю. А. и др. // Сталь. 2006. № 3. С. 17–22.
11. Казачков Е.А. Расчеты по теории металлургических процессов. М.: Металлургия, 1988.

УДК 621.746.047:669.054.2

К. Н. Вдовин, В. В. Точилкин, М. В. Семенов, А. Н. Русаков

РАФИНИРОВАНИЕ МЕТАЛЛА В ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ

Промежуточный ковш является важным технологическим агрегатом МНЛЗ. Его расположение и конструкция оказывают существенное влияние на качество получаемого металла. Если раньше промежуточный ковш использовался только для распределения потоков стали по ручьям МНЛЗ, усреднения химического состава металла и

поддержания стабильности скорости разливки, то в настоящее время его функции значительно расширились, а одной из основных стала функция удаления неметаллических включений (НВ).

Чтобы обеспечить удаление неметаллических включений в промежуточном ковше, его снабжают специальными гидродинамическими уст-

ройствами, которые позволяют оптимизировать параметры течения металла и тем самым создают благоприятные условия для удаления неметаллических включений из стали.

Источниками загрязнения стали НВ являются: собственно плавильные агрегаты, сталеразливочные ковши, промежуточные ковши и даже кристаллизатор.

Промежуточные ковши, выпускаемые промышленностью, можно классифицировать, например, по форме: прямоугольный, Л-образный, Т-образный, П-образный. Ковши, оборудованные различными системами: плазменного подогрева, с вакуумной камерой, с электромагнитным перемешиванием и т. п.

В свою очередь, рафинирующие устройства промежуточных ковшей можно классифицировать по механизмам рафинирования:

1. Газогазифирующие:
 - фурмы;
 - сопла: щелевые, цилиндрические, пористые пробки, пробки.
2. Гидродинамические:
 - пороги: угловые, прямолинейные;
 - вихрегасители;
 - турбогасители;
 - перегородки: перекрывающие верхнюю часть ковша, криволинейные, прямолинейные.
3. Фильтрующие:
 - коагулирующие;
 - осаждающие.

В газогазифирующих устройствах металл рафинируется за счет продувки газами. Флотация НВ и вынос их к покровному шлаку способствует удалению мелких НВ, которые самостоятельно не могут всплыть. При работе таких устройств возникает переохлаждение металла, кроме того, требуется целая система подготовки газов к продувке.

Гидродинамические устройства за счет своей формы и расположения в промежуточном ковше изменяют направление течения металла и тем самым способствуют удалению НВ. Главным недостатком этих устройств является небольшая эффективность удаления мелких НВ. Но они просты по конструкции и обеспечивают простоту изготовления и монтажа в ковше.

В типовых фильтрационных устройствах происходит осаждение НВ на керамических фильтрующих элементах, изготовленных из материалов, содержащих большой процент оксида

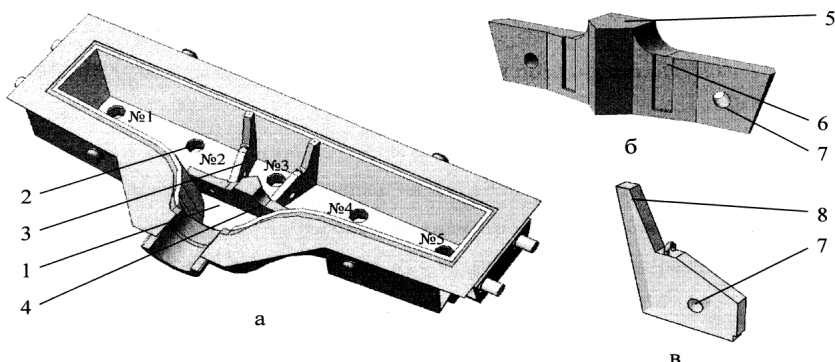


Рис. 1. Конструкция СРП промежуточного ковша:
а – общий вид системы; **б** – разделительная перегородка;
в – порог; 1 – приемная камера; 2 – разливочный стакан;
 3 – порог; 4 – перегородка; 5 - выступ; 6 – монтажные пазы;
 7 – переливное отверстие; 8 – выступ для газоподачи

кальция. Основной недостаток этих устройств заключается в относительно быстром зарастании фильтра, а часть адсорбированных включений может попадать в сталь.

Добиться эффективного удаления НВ в промежуточном ковше можно, оснащая его не одним, а несколькими различными рафинирующими устройствами. Комбинации различных гидродинамических устройств образуют систему, которую можно называть системой распределения потоков стали (СРП). Такие системы уже известны и состоят из перегородок, порогов и турбогасителей.

В Магнитогорском государственном техническом университете совместно с сотрудниками ММК была разработана СРП пятиручьевого, Т-образного промежуточного ковша МНЛЗ для электросталеплавильного цеха Магнитогорского металлургического комбината (рис. 1). Емкость ковша 26,0...28,0 Мг. Данная конструкция защищена патентом на полезную модель РФ «Ковш промежуточный для непрерывной разливки металла». Решение о выдаче патента от 16.10. 2006 г.

Кроме того, была создана математическая модель, позволившая не только оценивать эффективность работы СРП, но и создать методику проектирования подобных устройств*.

Изображенная СРП на рис. 1 была испытана в течение нескольких месяцев 2006 года.

Последовательность монтажа СРП в промежуточном ковше показана на рис. 2.

Перед разливкой металла ковш торкретировали корундобетоном и ставили под разливку слитков размерами 150×150 мм. Средняя продолжительность работы ковша составляла 30...40 ч.

* Вдовин К.Н., Семенов М.В., Точилкин В.В. Рафинирование металла в промежуточном ковше МНЛЗ: Монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. 118 с.

Результаты анализа макроструктуры промежуточного ковша

Дефекты макроструктуры	Ковш	
	Опытный	Стандартный
ЦП	0,5	0,61
ОЛ	0,5	0,85
ЛПТ общ.	1,22	1,25
ЛПТ осев.	0,89	1,0
ЛПТ углов.	0,41	0,65
КТЗ	0,81	1,3
ГП внутр.	0,3	0,43
ГП поверхность	0,9	0,96

Важнейшими характеристиками макроструктуры слитков являются: центральная пористость (ЦП); осевая ликвация (ОЛ); ликвационные полосы трещины (ЛПТ); краевая точечная загрязненность (КТЗ); газовый пузырь (ГП). Качество непрерывно-литой заготовки характеризуется согласно ОСТ 14-1-235-91 с использованием четырехбалльных шкал «Метод контроля макроструктуры непрерывно-литой заготовки для производ-

ства сортового проката и трубной заготовки».

Для проведения анализа работы СРП провели серию из 24 плавков: 12 плавков СтЗсп, 3 плавки 09Г2С, 5 плавков 35ГС и 4 плавки Ст1сп. Для контроля качества макроструктуры отобрали 68 темплетов.

Средний балл дефекта «КТЗ» снизился при разливке как легированных, так и углеродистых марок сталей, хотя в ковше № 11 произошел незначительный рост балла дефекта «КТЗ» (рис. 3).

В другом эксперименте при разливке одной плавки стали 09Г2С и 6 плавков стали СтЗсп получили данные, представленные в таблице.

Как видно из приведенной таблицы, применение СРП позволяет говорить о получении металла с более качественными характеристиками по большинству тестируемых показателей макроструктуры.

Большое значение при определении качества слитка уделяется показателю «КТЗ». Проанализировав большое количество разлитых плавков (311 штук) стали Зсп, было установлено, что глав-

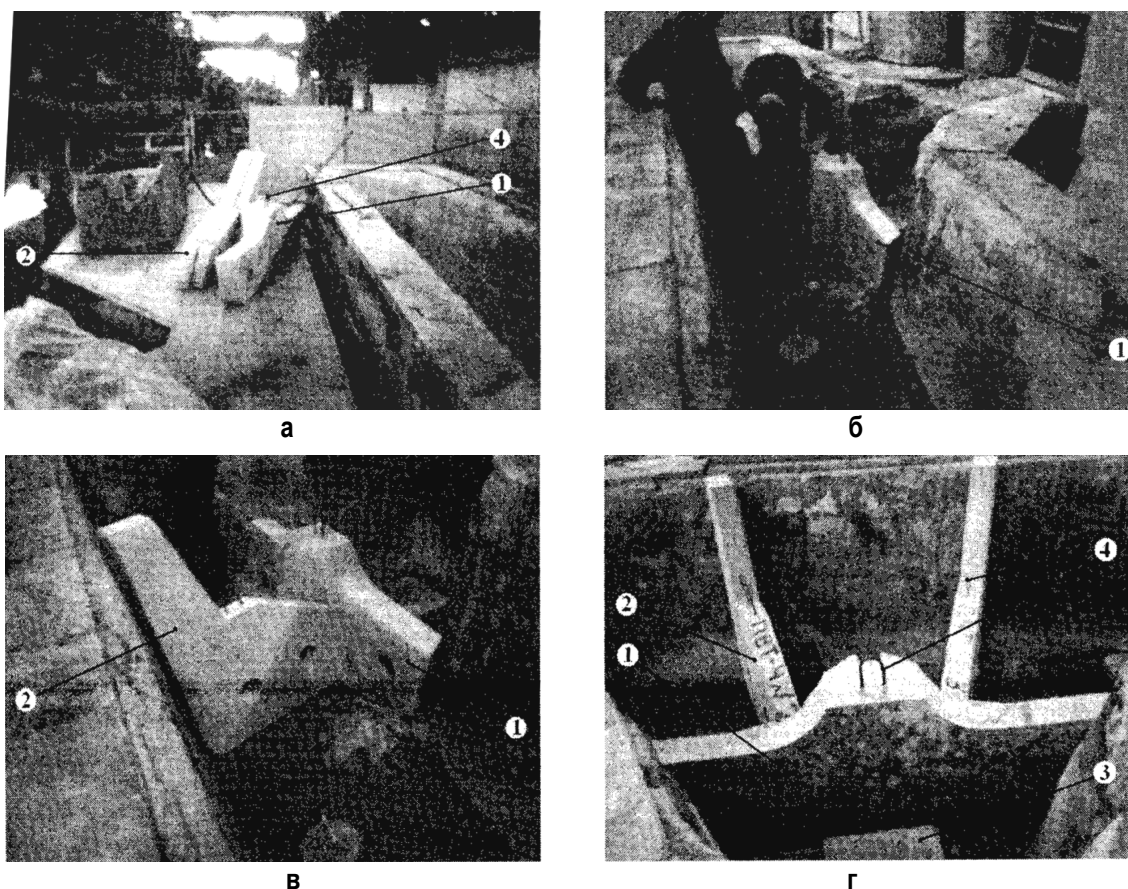


Рис. 2. Монтаж СРП в промежуточном ковше:

- а – доставка элементов на рабочую площадку; б – установка разделительной перегородки;
- в – установка порогов; г – общий вид готовой СРП; 1 – разделительная перегородка;
- 2 – порог; 3 – бойная плита; 4 – монтажные петли

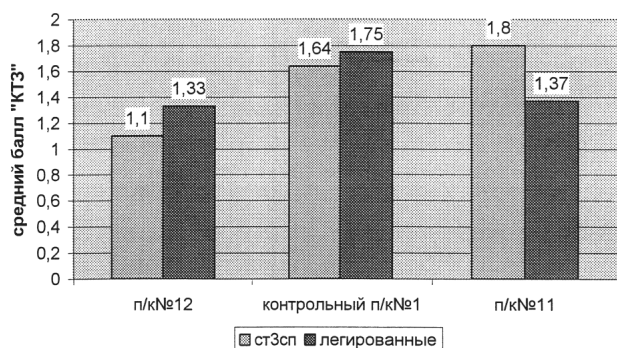


Рис. 3. Распределение среднего балла «КТЗ» в темплетах слитков, отлитых в опытном и стандартном промежуточных ковшах

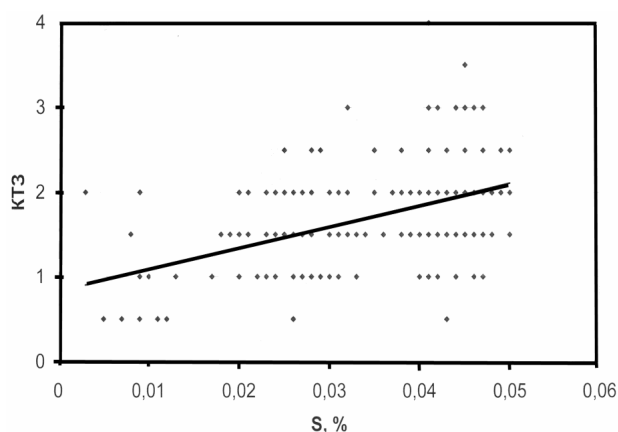


Рис. 4. Зависимость коэффициента точечной загрязненности от содержания серы в металле

ной причиной увеличения балла дефекта «КТЗ» являются сера и медь, присутствующие в металле. Наглядно это можно увидеть на рис. 4.

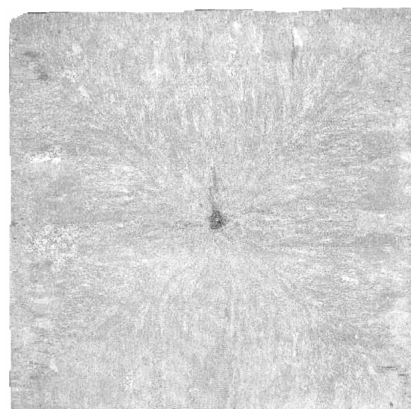


Рис. 5. Темплет стали Ст3сп с коэффициентом точечной загрязненности 3,5 балла

Изменение содержания меди в стали 3сп колеблется в пределах от 0,008% до 0,019%, а «КТЗ» при этом меняется от 0,5 до 3,0 баллов.

Наибольший балла 3,0...3,5 получается, если в стали содержится одновременно более 0,04...0,055% серы и 0,017...0,020% меди.

Фотография темплета с «КТЗ» 3,5 балла приведена на рис. 5.

Выводы: Серийные испытания СРП на ММК в течение сентября – декабря 2006 г. показали эффективность ее использования и хорошую стойкость в процессе разливки. Кроме того, СРП стали обеспечивают после разливки, при подготовке нового промежуточного ковша, полное отделение остатков металла, элементов СРП, торкретмассы от основного бетонного покрытия, без его нарушения по всей структуре разливочной и приемной камер. СРП изготавливает Магнитогорский завод ЗАО «Огнеупор».