

Д. Т. Н. К. Н. Вдовин<sup>1</sup>, д. т. н. В. В. Точилкин<sup>1</sup>, О. А. Марочкин<sup>1</sup> (✉), В. И. Умнов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет», г. Иркутск, Россия

УДК 666.762.2:621.746.047

## НОВЫЕ ВСТАВКИ ИЗ ПЛАСТИЧНЫХ ОГНЕУПОРОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СТРУИ МЕТАЛЛА ПРИ РАЗЛИВКЕ НА МНЛЗ

Разработанные конструкции вставок с буртом исключают взаимодействие жидкой стали с воздухом в процессе работы сортовых МНЛЗ и позволяют обеспечить рациональные параметры подачи аргона в кольцевую выемку огнеупорной трубы. При этом повышаются стабильность процесса разливки и качество разливаемого металла.

**Ключевые слова:** машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), защитная труба, стакан-коллектор, защитная вставка, пластичный огнеупор.

Несмотря на широкое применение пластмасс и других продуктов химического синтеза сталь продолжает оставаться основным конструкционным материалом. Значение стали обусловлено ее универсальностью, позволяющей создавать многообразие механических и других свойств, геометрических форм и размеров изделий. Тем не менее при всех достоинствах стали необходимо постоянно улучшать качество готовой продукции. Одно из решений этой задачи — обеспечение содержания азота в электростали различных марок 0,004–0,007 %.

На МНЛЗ взаимодействие жидкой стали с воздухом в основном происходит на участке сталеразливочный ковш — промежуточный ковш (рис. 1). Участок имеет 3 зоны. В зонах 0–0 и 2–2 поверхность жидкой стали защищена специальными укрывными материалами (шлакообразующими и теплоизолирующими смесями), препятствующими взаимодействию жидкой стали с воздухом. Зона 1–1 включает огнеупорные элементы (рис. 2): стакан-коллектор 1, плотно установленный в дно сталеразливочного ковша; защитную трубу 2 с отверстием для подачи аргона во внутреннюю кольцевую полость; специальную вставку 3 из пластичного огнеупора [3].

В процессе прохождения потоков стали на участке сталеразливочный ковш — промежуточный ковш наблюдается эрозия огнеупорных элементов в зоне 1–1 от возникновения

зазора, через который во внутреннюю полость защитной трубы проникает воздух. Толщины зазоров можно определить, исходя из условий их образования: при температурном расширении кварцевой защитной трубы, при выгорании вставки из пластичного огнеупора, в результате эрозии огнеупорных изделий.

Температурное расширение кварцевой защитной трубы определяется по ТКЛР:

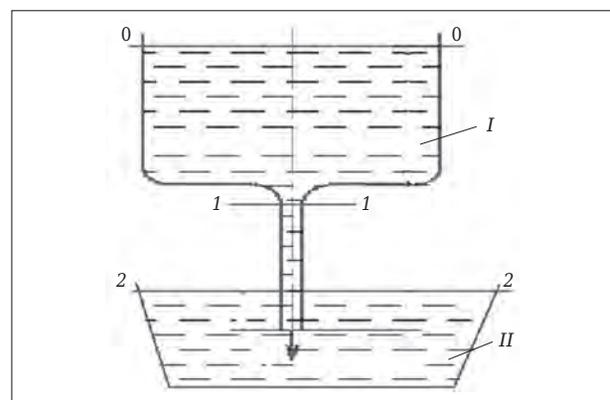
$$l = l_0 (1 + \alpha t), \quad (1)$$

где  $l$  — длина образца после воздействия температуры;  $l_0$  — начальная длина образца;  $\alpha$  — ТКЛР;  $t$  — температура образца.

При расчете температурного расширения по внутреннему диаметру защитной трубы в верхней ее части формула (1) примет вид

$$D_{\text{вт}}^{1610} = D_{\text{вт}}^0 (1 + \alpha t), \quad (2)$$

где  $D_{\text{вт}}^{1610}$  — внутренний диаметр кварцевой защитной трубы при нагреве до 1610 °С;  $D_{\text{вт}}^0$  — но-



**Рис. 1.** Зоны взаимодействия азота и жидкой стали на участке сталеразливочный ковш (I) — промежуточный ковш (II)

✉  
О. А. Марочкин  
E-mail: m\_a\_r\_chel74@mail.ru

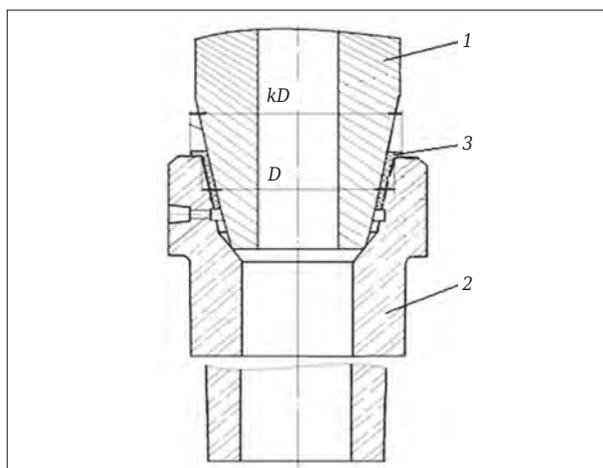


Рис. 2. Огнеупорные элементы зоны 1–1 (см. рис. 1)

минальный диаметр защитной трубы при 0 °С;  $a$  — ТКЛР, для кварца  $\text{ТКЛР} = 0,000014 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;  $t$  — температура образца, для частного случая  $t = 1610 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Толщина зазора, возникающая при температурном расширении кварцевой защитной трубы

$$D_{\text{вт}}^{\text{TP}} = 1,0225 D_{\text{вт}}^0 \quad (3)$$

Для определения остальных толщин были проведены исследования использованных (отработанных) защитных труб в верхней ее части. Выгорание вставки из пластичного огнеупора происходит по одной стороне, поэтому толщина зазора, образованная при выгорании вставки из пластичного огнеупора, составит

$$D_{\text{вт}}^{\text{BB}} = 0,5 D_{\text{вт}}^{\text{B}} = 1,03125 D_{\text{вт}}^0 \quad (4)$$

Размер очага эрозии защитных труб (без учета сколов) составляет от 1,05 до 1,15  $D_{\text{вт}}^0$ . Для расчета размера бурта принята максимальная толщина зазора, образованная от эрозии огнеупорных изделий:

$$D_{\text{вт}}^{\text{ЭP}} = 1,15 D_{\text{вт}}^0 \quad (5)$$

Для создания условий, препятствующих проникновению воздуха в полость зоны 1–1, необходимо, чтобы размер бурта защитной вставки превышал толщины зазоров, полученные по

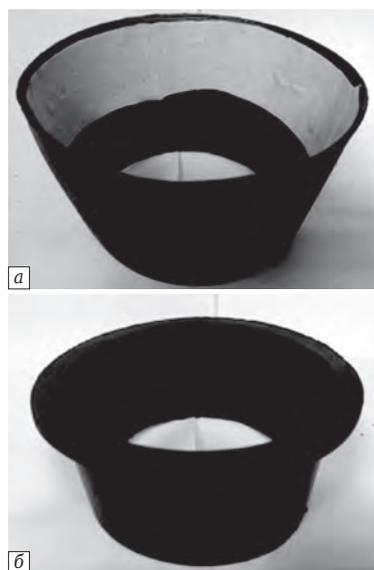


Рис. 3. Защитные вставки: а — ранее существующая; б — измененная

формулам (3)–(5) относительно внутреннего диаметра защитной трубы в верхней ее части:

$$D_{\text{бурта}} = k D_{\text{вт}}^0 = 1,0225 \cdot 1,03125 \cdot 1,15 D_{\text{вт}}^0$$

Полученный размер бурта относительно внутреннего диаметра защитной трубы составит

$$D_{\text{бурта}} = 1,212 D_{\text{вт}}^0 \approx 1,2 D_{\text{вт}}^0 \quad (6)$$

Решением задачи стало создание новой конструкции вставки, имеющей торцевую поверхность с наружным диаметром не менее 1,2 диаметра отверстия огнеупорной трубы в верхней ее части по плоскости (см. рис. 3, б). Применение вставки с диаметром, меньшим 1,2D (см. рис. 3, б), приводило к выгоранию торцевой части вставки по плоскости соприкосновения огнеупорных изделий. Применение диаметра бурта, большего 1,2D от внутреннего диаметра защитной трубы в верхней ее части, приводило к короблению торцевой части, к неплотному прилеганию по этой плоскости и соответственно к трещинообразованию торцевой части вставки. Поэтому величина 1,2D является рациональной и приемлемой в аналогичных конструкциях [2].

**Взаимодействие воздуха с жидкой сталью при различных размерах бурта защитной вставки**

Размер бурта	Величина относительно внутреннего диаметра	Увеличение содержания азота в жидкой стали, %	Трещинообразование на вставках
0	$1,0625 D_{\text{вт}}^0$	$\geq 0,0010$	Да
2	$1,1 D_{\text{вт}}^0$	$\geq 0,0005$	»
4	$1,2 D_{\text{вт}}^0$	$< 0,0005$	Нет
8	$1,4 D_{\text{вт}}^0$	$\geq 0,0005$	Да
12	$1,6 D_{\text{вт}}^0$	$\geq 0,0005$	»

Для подтверждения полученной расчетной формулы (6) были проведены эксперименты по определению оптимального размера бурта вставки относительно внутреннего диаметра защитной трубы. Для этого были изготовлены различные вставки с размерами бурта от  $0,0625D$  до  $1,6D$ . Полученные эмпирические данные, подтверждающие формулу рационального диаметра бурта, приведены в таблице.

### Библиографический список

1. **Аверин, В. В.** Азот в металлах / В. В. Аверин, А. В. Ревякин, В. И. Федорченко, Л. Н. Козина. — М.: Металлургия, 1976. — 224 с.  
 2. **Пат. 102552 РФ, МПК В 22 D 41/08.** Устройство для защиты струи металла при разливке на машине непрерывного литья заготовок / Бигеев В. А., Вдовин К. Н., Точилкин В. В., Великий А. Б., Кашеев Д. В., Марочкин О. А., Хоменко А. А., Шевченко С. В.; заявл. 07.10.10; опубл. 10.03.11, Бюл. № 3.

Для дальнейшего улучшения качества готовой продукции наряду с применением вставок с буртом в зоне 1—1 необходимо применение конструкций манипуляторов, обеспечивающих необходимое усилие прижима для гарантированного прилегания плоскостей соприкосновения огнеупорных элементов и точную центровку огнеупорных элементов.

3. **Вдовин, К. Н.** Применение пластичных огнеупоров усовершенствованной конструкции для защиты струи металла при разливке стали на сортовых МНЛЗ / К. Н. Вдовин, В. В. Точилкин, О. А. Марочкин // Новые огнеупоры. — 2014. — № 1. — С. 3—5. ■

Получено 27.01.14

© К. Н. Вдовин, В. В. Точилкин, О. А. Марочкин, В. И. Умнов, 2014 г.

Представительство Promat GmbH

Департамент «Высокотемпературная изоляция»  
 Россия, 115477, Москва, ул. Кантемировская, 58  
 телефон: + 7 495 411 6007, факс: + 7 495 231 7977  
 Интернет: www.promat.ru, E-mail: hpi@promat.ru

**Promat**  
 High Performance Insulation

## УНИКАЛЬНЫЕ МИКРОПОРИСТЫЕ ПЛИТЫ STEELFLEX ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ СТАЛРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

РЕКЛАМА



### Достоинства применения в сталковшах:

- Обладает теплопроводностью в 5 раз меньшей любых известных теплоизоляционных материалов;
- Не выгорает и не даёт усадку на всём интервале применения;
- Постоянство теплофизических свойств на всём интервале работы сталковша, т.е. температура на обечайке ковша 1-й и последней плавки будут одинаковые;
- Бережно сохраняет электроэнергию и минимизирует затраты;
- Увеличивает объём сталковша;
- Значительно снижает температуру оболочки сталковша;
- Снижает температуру поступающего расплава;
- Увеличивает стойкость рабочего и арматурного слоя;
- Снижает скорость остывания стали;
- Уменьшение времени на ремонты;
- Является защитным барьером в случае прохода металла.

### Выпускаемая продукция:

- Микропористая теплоизоляция;
- Керамоволокнистые и поликристаллические плиты, картон, маты, модули и бумага;
- Плиты из силиката кальция;
- Огнеупорный легковесный кирпич;
- Огнеупорный клей для склеивания любых поверхностей;
- Высокотемпературные крепежные системы;
- Жаропрочные бетоны, ткани, ленты, шнуры;
- Фасонные изделия по чертежам заказчика;
- Отвердители и различного рода покрытия;
- Теплоизоляционные материалы для алюминиевой и стекольной промышленности;
- Подготовка проектов теплоизоляции агрегатов;
- Бесплатная доставка каталогов и образцов.

Приглашаем Вас оценить все достоинства эффективного применения продукции PROMAT:  
 Виртуальный калькулятор расчёта температуры на холодной стенке  
<http://www.microthermgroup.com/high/EXEN/site/calculator.aspx>

**Ищем партнеров для развития дистрибьюторской сети в регионах.**

