

# К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ЗАРАСТАНИЯ ПОГРУЖНЫХ СТАКАНОВ В ПРОЦЕССЕ РАЗЛИВКИ НА МНЛЗ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

*Д.В. Ахметов*

При освоении разливки высокоуглеродистой стали на сортовой машине непрерывного литья заготовок кислородно-конвертерного цеха ОАО «ЧМК», периодически имело место уменьшение серийности разливки из-за затягивания погружных стаканов промежуточных ковшей.

Для выявления причин затягивания после окончания разливки с внутренних стенок стаканов были отобраны образцы материала для анализа на растровом электронном микроскопе JEOL JSM-6480LV Южно-Уральского государственного университета с энергодисперсионным спектрометром фирмы «Oxford Justrument». Всего было отобрано три образца материала затягивания стакана ковша от разных серий. Химический состав стали плавов, на которых произошло затягивание стакана, представлен в табл. 1.

Таблица 1  
Химический состав стали опытных плавов перед выдачей на разливку

Химический состав, %						
C	Mn	Si	S	P	Al	Ca
0,68– 0,69	0,51– 0,53	0,20– 0,22	0,011– 0,017	0,007– 0,013	0,038– 0,044	0,0006– 0,0023

Выплавку высокоуглеродистой стали марки 70 производили в конвертерах с последующей обработкой на агрегате комплексной обработки стали (АКОС). Сталь раскисляли алюминиевой катанкой, вводимой в металл трайб-аппаратом, из расчета получения содержания алюминия в готовой стали 0,02–0,04 %. Для модифицирования неметаллических включений в конце обработки в металл трайб-аппаратом вводили силикокальций в виде 250–300 метров кальцийсодержащей проволоки СК30 и производили усреднительную продувку аргоном.

Сталь разливали в заготовку квадратного сечения 180×180 мм. Температура начала и конца разливки 1495–1498 и 1490–1500 °С соответственно. Для защиты струи металла от вторичного окисления использовали защитные трубы и погружные стаканы. Погружные стаканы были выполнены из огнеупоров Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-С, а шлаковый пояс из ZrO<sub>2</sub>-С, материалов обладающих химической инертностью и высокими механическими характеристиками – прочностью при высоких температурах и термостойкостью [1].

Исследования показали, что материал зарастания стакана промежуточного ковша представляет собой смесь металла с неметаллической фазой, при этом состав неметаллической фазы может существенно отличаться по своему химическому и фазовому составу. В одних случаях она состоит из алюмината кальция (рис. 1), в других – из смеси зерен сульфида кальция с алюминатом кальция или из смеси алюмината кальция, в котором находятся розетки алюмомагниевого шпинели (рис. 2). Такое разнообразие связано с тем, что на загрязненность жидкого металла твердыми включениями влияет несколько факторов: окисленность металла и шлака после выпуска, режимы внепечной обработки, интенсивность вторичного окисления на всех стадиях обработки и разливки, организация потоков металла в промежуточном ковше, тип покровного шлака, тип используемых разливочных стаканов и т. д. [2].

При достаточно низкой температуре разливки, превышающей температуру ликвидус не более чем на 20...30 °С, на стенке стакана промежуточного ковша вначале, вероятно, образуется слой неметаллических включений размером 1–2 мм, а затем на этой подложке осаждаются материалы затягивания, состоящий из металла и неметаллической фазы. При этом доля металла может достигать 90 % объема слоя. Аналогичные результаты исследования были получены в работе [1].

Алюминаты кальция и глинозем (см. рис. 1) являются характерными отложениями на стенках погружного стакана. Это определенным образом согласуется с данными работы [3], где отложения имели смешанный состав – от алюмината кальция до глинозема, однако в данном исследовании включений корунда в материале отложения на стенках стакана не обнаружено, даже если содержание алюминия в разливаемом металле превышало 0,03 %.

Представляется, что наличие в материале зарастания оксидов алюминия и кальция связано с окислением струи металла при разливке. Для сниже-

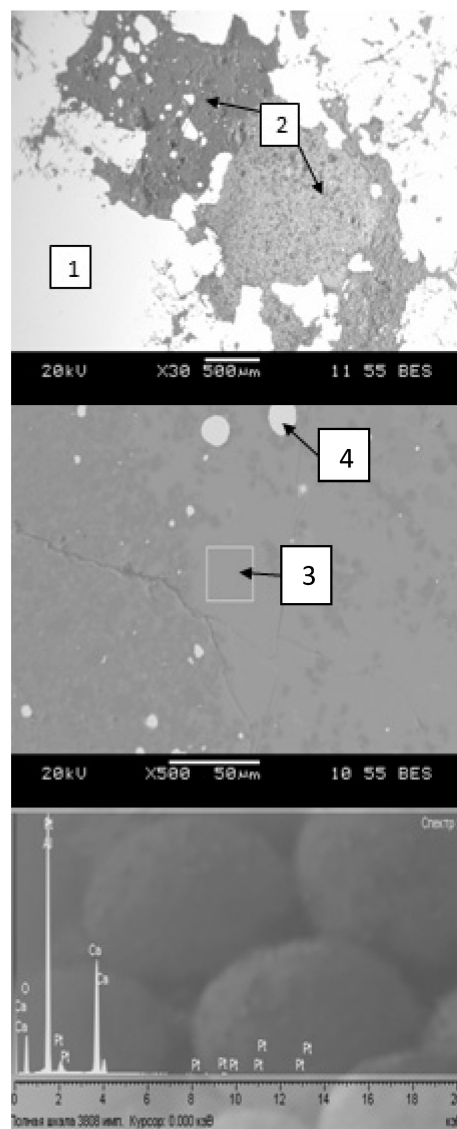


Рис. 1. Материал зарастания канала погружного стакана промежуточного ковша (1 – сталь, 2 – неметаллическая фаза). Алюмокальциевые отложения в материале зарастания канала погружного стакана (3 – алюминаты кальция, 4 – включения кальция)

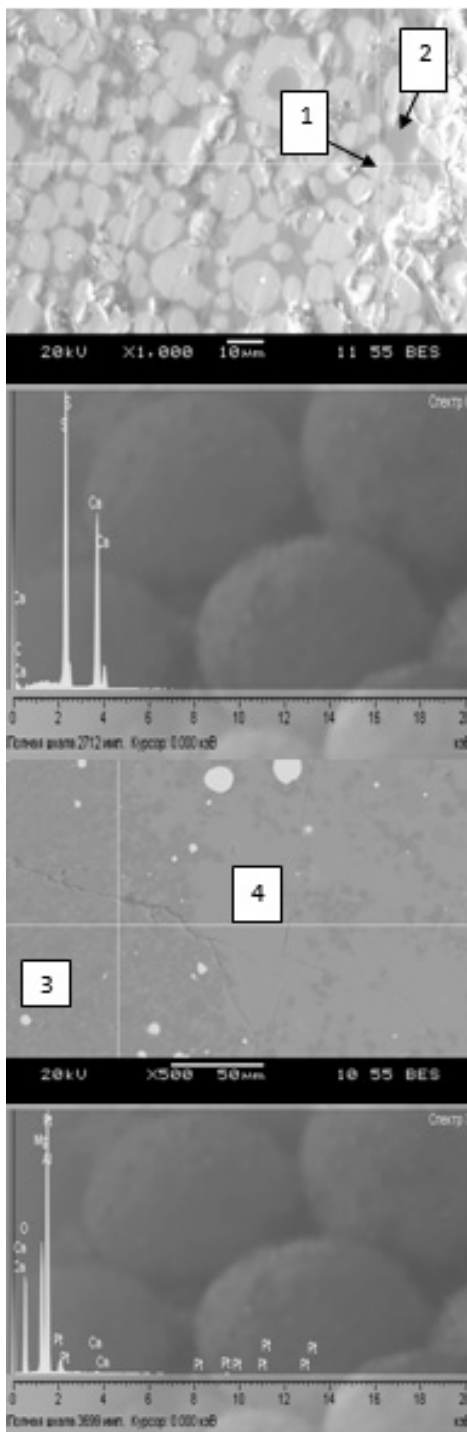


Рис. 2. Связка из алюмината кальция в материале зарастания погружного стакана (1 – алюминат кальция, 2 – сульфид кальция). Розетки алюмомагниево-шпинели (3) в материале зарастания (4) канала погружного стакана

ния затягивания металлопровода алюминатом кальция, кроме обязательной продувки металла аргоном после присадки силикокальция, была внедрена защита металла от вторичного окисления.

Таблица 2

Химический состав алюмокальциевых отложений в материале зарастания канала погружного стакана

Хим. состав	O	Al	Ca	Итог
Состав, %	34,56	36,26	29,18	100,00

Содержание кислорода в металле можно оценить по приросту азота между пробами. При передаче сталеразливочного ковша с АКЭС на машину непрерывного литья заготовок прирост азота составляет не более 0,001 %. Кроме того, за время разливки содержание азота в пробах, отобранных из промежуточного ковша увеличивалось в среднем на 0,002 %. Наиболее вероятным представляется вторичное окисление металла из-за подсоса воздуха в месте стыка защитной трубы и шибера стальной ковша. Для предотвращения вторичного окисления на данном участке было установлено кольцо для продувки аргоном.

Образование сульфида кальция (рис. 2) вызвано введением в металл проволоки СК30. В исследовании [4] предполагается, что отложение этого типа неметаллических включений на стенках погружного стакана происходит по реакции:

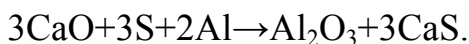


Таблица 3

Химический состав сульфида кальция в материале зарастания канала погружного стакана

Хим. состав	S	Ca	Итог
Содержание, %	47,58	52,42	100,00

Анализ технологии внепечной обработки показал, что образование сульфидов кальция произошло на плавке при содержании S в металле перед выдачей на разливку 0,017 %. Для предотвращения образования сульфидов кальция содержание серы в готовом металле было регламентировано. Высокое содержание алюминия в металле и работа шлаком позволяет удалить серу до содержания в металле  $\leq 0,014$  %.

Еще одним характерным отложением в стакане ковша является материал, состоящий из алюмината кальция в котором находятся розетки алюмомагниевого шпинели (см. рис. 2). Для конвертерной стали характерно низкое содержание магния и кальция, поэтому можно полагать, что образование магнезиальной шпинели осаждающийся в канале ковша при разливке конвертерной стали, происходит в результате обмывки торкрет слоя футеровки промежуточного ковша, причем происходит это преимущественно на первых плавках в серии.

Таблица 4  
Химический состав алюмомагниевого шпинели  
в материале зарастания канала погружного стакана

Хим. состав	O	Mg	Al	Ca	Итог
Содержание, %	37,49	18,33	43,90	0,28	100.00

Косвенно это подтверждается графиками положения стопоров (рис. 3): в начале каждой серии (1–3 плавка) происходит увеличение уровня положения стопора, что необходимо для увеличения проходного сечения стакана ковша. Для уменьшения обмыва футеровки необходима тщательная подготовка промежуточного ковша перед разливкой – после нанесения торкрет слой разглаживается и уплотняется.

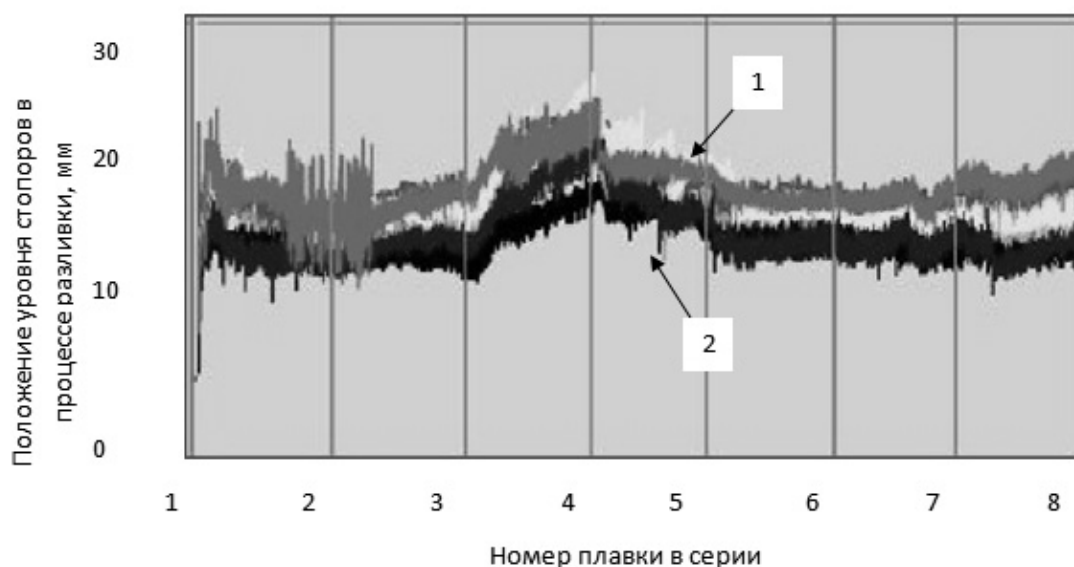


Рис. 3. Положения стопоров при разливке серии плавков на МНЛЗ  
(1 – ручей № 1, 2 – ручей № 2)

## **Выводы**

Методом растровой электронной микроскопии были исследованы материалы затягивания погружных стаканов при разливке высокоуглеродистой стали, раскисленной алюминием.

Установлено что материал зарастания стакана промежуточного ковша представляет собой смесь металла с неметаллической фазой, при этом состав неметаллической фазы существенно отличается и состоит из зерен алюмината кальция, из смеси сульфида кальция с алюминатом кальция или из смеси алюмината кальция, в котором находятся розетки алюмомагнетитовой шпинели.

Предположены и опробованы технические приемы, позволяющие уменьшить скорость зарастания стаканов ковша посредством продувки металла аргоном для уменьшения вторичного окисления, предварительного уплотнения торкрет слоя футеровки промежуточного ковша и регламентации содержания серы в маркировочной пробе. Предложенные технологические решения позволили стабилизировать процесс разливки и обеспечить стабильную разливаемость до 20 плавов в серии.

## **Библиографический список**

1. Вдовин, К.Н. Предотвращение зарастания погружных стаканов в процессе разливки сталей, раскисленных алюминием / К.Н. Вдовин, А.В. Русаков, К.А. Лисичкина // *Металлург.* – 2008. – № 6. – С. 36–37.
2. Дюдкин, Д.А. Современная технология производства стали / Д.А. Дюдкин, В.В. Кисиленко. – М.: Теплотехник, 2007. – 528 с.
3. Аксельрод, Л.М. Механизм зарастания погружных стаканов при непрерывной разливке стали / Л.М. Аксельрод, В.М. Паршин, Е.Ф. Мазуров // *Сталь.* – 2007. – № 4. – С. 30–33.
4. Мюллер, П. Применение погружных стаканов с различными системами покрытий / П. Мюллер, Т. Грёлинг, Р. Румпф // *Черные металлы.* – 2008. – № 3. – С. 36–38.