

УДК 669.14

**МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЗАРАСТАНИЯ
КАНАЛА КОВШОВОГО ЗАТВОРА**

С.П. Еронько, М.Ю. Ткачев, Е.А. Понамарева
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

Приведены результаты физического моделирования процесса зарастания канала затвора сталеразливочного ковша и оценена возможность влияния на его интенсивность вибрационного воздействия.

Ключевые слова: сталеразливочный ковш, шиберный затвор, разливочный стакан, зарастание, вибратор, физическое моделирование.

Present results of physical simulation from process prevention of the obliteration metal channel of ladle slide gate system and were assessed opportunities to influence vibration action on the intensity of this phenomenon.

Key words: ladle, slide gate system, casting nozzle, obliteration, vibration, physical simulation.

Проблема затягивания выпускного канала сталеразливочного ковша, с которой столкнулись производственники после замены стопорных устройств шиберными затворами, до настоящего времени остается нерешенной несмотря на многочисленные исследовательские работы, проводившиеся за последние 50 лет с целью установления факторов, способствующих интенсивному уменьшению живого сечения потока жидкости, и поиску путей устранения этого явления. Полученные при этом теоретические и экспериментальные данные позволили сделать вывод о том, что главные причины и механизм формирования отложений на стенках канала ковшового затвора (рис. 1) обусловлены протекающими в нем гидродинамическими, тепловыми и химическими процессами [1]. Поэтому в качестве действенных мер, направленных на исключение негативных последствий, вызванных указанными процессами, ранее предлагалось:

- использовать ковшовые стаканы со специальным профилем канала, минимизирующим гидравлическое сопротивление потоку металла [2];



Рисунок 1 – Продольный разрез
настыли, извлеченной из
канала ковшового затвора

- наносить на стенки канала огнеупорных элементов шибера специального покрытия, материал которого способен вступить в химическое взаимодействие с отложениями и образовывать при этом легкоплавкие соединения, смываемые потоком жидкой стали [3];

- применять подогрев корпуса разливочного стакана за счет тепла, выделяемого при сгорании специальной газовой смеси, вдвухаемой через пористый элемент нижней огнеупорной плиты затвора при кратковременном перекрытии его выпускного канала [4];

- поддерживать необходимый тепловой баланс в канале ковшового стакана путем наружного обогрева его корпуса с помощью встроенного в гнездовой блок разливочного узла ковша спирального элемента, к которому

подается электропитание [5].

Анализ литературных данных об эффективности отмеченных предложений по снижению числа случаев применения кислорода для промывки канала ковшового затвора из-за уменьшения его проходного сечения свидетельствует о том, что данный вопрос по-прежнему следует считать актуальным и поиски его решения следует продолжить. Одним из путей дальнейших исследований в данной области является изучение возможности активного влияния на механику процесса формирования отложений на стенках канала ковшового затвора вибрационного воздействия с целью разрушения связей между центрами кристаллизации, которые находятся на поверхности огнеупора, контактирующей с расплавом, и формирующимися (растущими) дендритами. Нарушая их рост можно предположить снижение скорости увеличения толщины образующихся отложений.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ МАШИН И АГРЕГАТОВ

Для качественной оценки возможности влияния на интенсивность процесса зарастания канала затвора сталеразливочного ковша использовали метод физического моделирования. С этой целью изготовили в масштабе 1: 2 плоскую прозрачную модель шибера затвора. К ее конструктивной особенности следует отнести наличие двух вертикальных полостей, параллельно расположенных относительно разливочного канала по его бокам. Подаваемая в полости проточная вода интенсифицировала направленный отвод тепла от стенок разливочного канала, контактирующих с жидкостью, имитирующей металлический расплав. Жидкий металл имитировали расплавом тиосульфата натрия, нагреваемым до температуры 100° С.

В качестве возбудителя вертикальных колебаний, воздействующих на плоскую прозрачную модель ковшового затвора, использовали жестко прикрепляемый к ее нижней части специально изготовленный двухдебалансный вибратор направленного действия. Он включал два параллельных вала, установленных в подшипниковых опорах, синхронизированных между собой парой зубчатых колес с одинаковым числом зубьев и несущих на консольных хвостовиках дебалансы. Крутящий момент каждому валу передавался посредством клиноременной передачи от отдельного микродвигателя постоянного тока с регулируемой частотой вращения. Вибратор был укомплектован набором съемных дебалансов с целью возможности ступенчатого изменения обеспечиваемой им возмущающей силы путем варьирования количества закрепляемых на его валах возбудителей колебаний.

Вибрационную нагрузку, прилагаемую к модели ковшового затвора, задавали частотой колебаний и амплитудой. Амплитуду A вычисляли используя выражение

$$A = m \varepsilon / m_{\text{в}},$$

где m – масса дебалансов вибратора;

ε – эксцентриситет вибратора;

$m_{\text{в}}$ – масса вибратора.

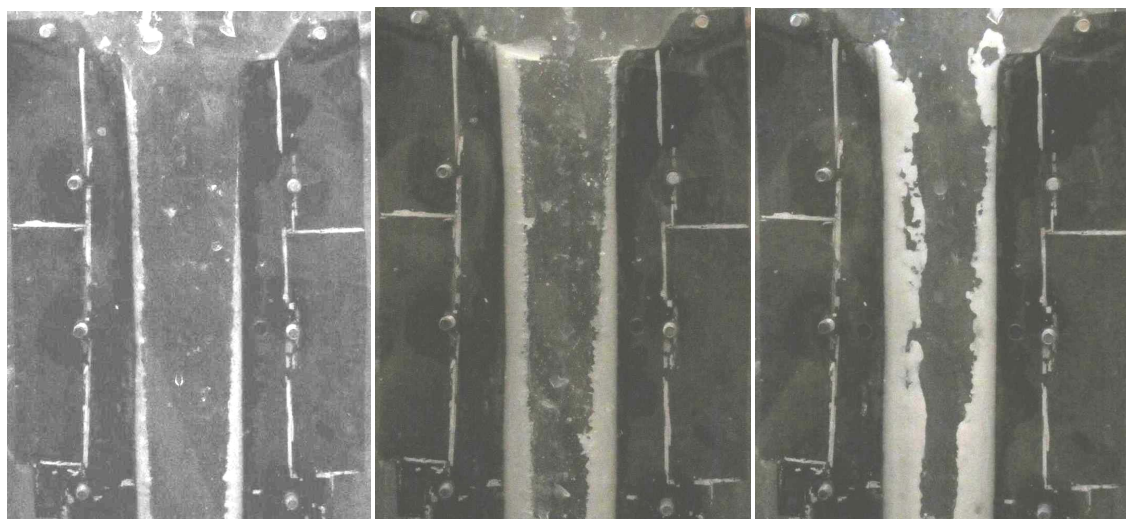
Для условий проводившегося эксперимента значения указанных параметров составляли: $m = 45$ г; $\varepsilon = 10$ мм; $m_{\text{в}} = 450$ г; $A = 1$ мм.

Поскольку многолетняя практика применения шибера затворов свидетельствует о том, что процесс затягивания разливочного стакана ковша наиболее интенсивно развивается в те периоды, когда его сталевыпускной канал перекрыт, на первом этапе

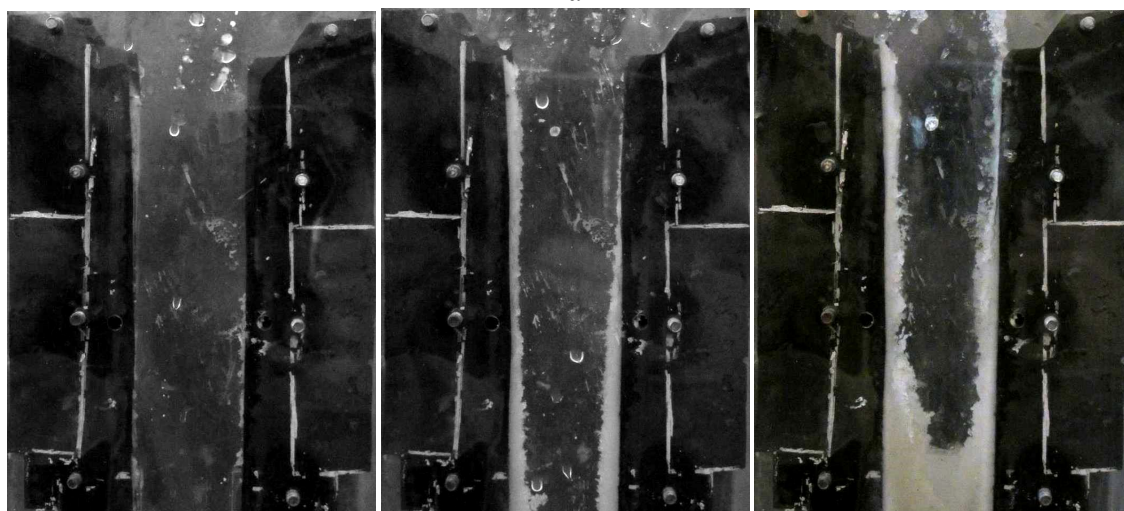
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ МАШИН И АГРЕГАТОВ

модельных исследований планировалось выполнить проверку влияния вибрационного воздействия на скорость роста толщины слоя отложений в условиях отсутствия движущихся потоков металла, способных смывать их с контактной поверхности огнеупора.

Опыты проводили последовательно по двум вариантам имитации процесса разливки (рис. 2). В первом из них моделировали процесс отложения на стенках канала модели слоя частиц с видеофиксацией



а



б

Рисунок 2 – Форма слоев имитатора настыли, образовавшихся в канале плоской модели затвора в случае отсутствия (а) и наличия вибрационного воздействия на нее (б) при нахождении в перекрытом состоянии в течение 2 мин (левый столбец); 5 мин (средний столбец) и 10 мин (правый столбец)

его толщины через равные промежутки времени при отсутствии какого-либо воздействия на данный процесс (фото на рис. 2 а).

Во втором опыте при моделировании процесса зарастания канала шиберного затвора его подвергали воздействию вибрации с фиксированными частотой и амплитудой возбуждаемых колебаний, генерируемых вибратором направленного действия (фото на рис. 2 б).

Полученная информация свидетельствует о том, что вибрация наиболее эффективна для разобращения образующихся кристаллов со стенкой канала разливочного стакана в начальный период развития процесса его зарастания. По мере роста толщины слоя отложений влияние вибрационного воздействия на данный процесс ослабляется.

Отделяемые во время вибрационного воздействия от стенок стакана частицы при закрытом разливочном канале накапливаются в его нижней части непосредственно над верхней неподвижной плитой модели затвора, что в производственных условиях может препятствовать нормальному продолжению разливки металла после повторного открытия канала.

Выводы. Вибрационное воздействие на разливочный узел ковша целесообразно оказывать непосредственно в момент открытия шиберного затвора и до выравнивания температур контактных поверхностей стенок канала его огнеупорных изделий и омывающего их потока жидкого металла.

Дальнейшие исследования в данной области должны быть связаны с оценкой степени влияния на процесс зарастания канала шиберного затвора основных параметров вибрационного воздействия (амплитуды, частоты и интенсивности колебаний), а также с конструктивной разработкой вибратора, являющегося структурным элементом разливочной системы сталеразливочного ковша.

Список литературы

1. Предотвращение процесса затягивания канала сталеразливочного узла промежуточного ковша МНЛЗ / Л.М. Аксельрод [и др.] // Новые огнеупоры. – 2007. – № 2. – С. 9-14.
2. Horiuchi T. «MOGUL» – lined submerged entry nozzle / Т. Horiuchi, М. Kajimura // UNITECR'05, 9th Biennial Worldwide Congress on Refractories 9-11 November 2005.
3. Аксельрод Л.М. Разработка технологии изготовления огнеупорного материала, замедляющего процесс затягивания / Л.М. Аксельрод, Г.Г. Мельникова, Г.О. Бодина // Огнеупоры и техническая керамика. – 2001. – № 2. – С. 22-25.
4. Кононов В.А. Разработка шиберных систем для разливки мелких слитков и фасонного литья / В.А. Кононов, В.П. Василенко, А.А. Алпатов // Новые огнеупоры. – 2011. - № 11. – С. 18-24.
5. Жилин Д.И. Повышение эффективности шиберного затвора с дополнительным подогревом разливочного канала / Д.И. Жилин // Заготовительные производства в машиностроении. – 2015. – № 11. – С. 3-6.