

УДК 669.1

Кабанов В.Д., Метелкин А.А., Шевченко О.И., Плешивцев К.Н., Игнатьев И.Э.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ РАСПЛАВА В СИСТЕМЕ «ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ ВАКУУМАТОР - СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫЙ КОВШ» С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДАЧИ НЕЙТРАЛЬНОГО ГАЗА ВО ВПУСКНОЙ ПАТРУБОК ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ВАКУУМАТОРА

Аннотация. В данной работе рассмотрен вопрос моделирования движения расплава в системе «циркуляционный вакууматор – сталеразливочный ковш». Показано, что при низких расходах аргона во впускной патрубке вакууматора сталеразливочного ковша образуются зоны со слабым перемешиванием металла. Установлен расход аргона во впускной патрубке циркуляционного вакууматора, обеспечивающий качественное перемешивание металла в сталеразливочном ковше.

Ключевые слова: циркуляционный вакууматор, дегазация металла, моделирование движения металла.

В настоящее время потребители металла предъявляют все более высокие требования к качеству продукции. Одним из этих требований является операция вакуумирования стали, поэтому ведущие металлургические предприятия вводят в эксплуатацию агрегаты по обработке металла вакуумом.

Одна из задач, которые стоят перед специалистами заводов, - это освоение и повышение эффективности работы установок вакуумирования стали.

Известно, что на скорость дегазации металла в циркуляционном вакууматоре влияют многочисленные факторы, такие как глубина остаточного давления в вакуум – камере, время вакуумирования и расхода Ar, подаваемого во впускной патрубке [1,2]. От расхода аргона, подаваемого во впускной патрубке, зависит скорость циркуляции [2], соответственно, и скорость удаления водорода и азота из металла. Однако на практике выяснилось, что при повышенном расходе аргона возрастают теплотери. Данным фактом пользуются опытные сталевары для корректировки температуры металла в сталеразливочном ковше перед отдачей его на разливку.

В период освоения циркуляционного вакууматора в ПАО «НЛМК» было установлено, что на некоторых плавках происходило резкое снижение температуры на 40°C в конце разливки сталеразливочного ковша. Также было отмечено изменение температуры в процессе разливки, происходило как повышение, так и понижение температуры (20–25°C). Были рассмотрены многочисленные технологические параметры, теплоизоляционные шлаковые смеси, возможные ошибки оборудования и т.д. В итоге было определено, что на данных плавках расход аргона составлял менее 1600 л/мин. При этом необходимо заметить, что при низком расходе аргона создается возможность замалливания трубок подачи аргона.

Для понимания данного явления была создана гидродинамическая модель системы «циркуляционный вакууматор – сталеразливочный ковш» (рис. 1).

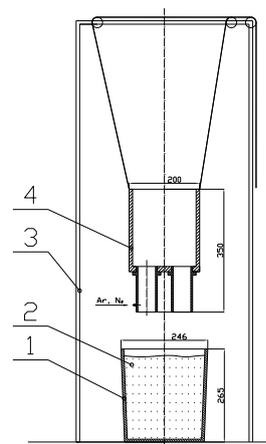


Рис. 1. Гидродинамическая модель системы металлургических агрегатов

вакуумкамера – сталеразливочный ковш:

- 1 – модель сталеразливочного ковша; 2 – расплав, имитирующий жидкую сталь; 3 – система блочных элементов для подъема и опускания вакууматора; 4 – модель циркуляционного вакууматора

Созданная система включает в себя модель сталеразливочного ковша, модель циркуляционного вакууматора, систему подъемных механизмов и систему откачки воздуха. Модель циркуляционного вакууматора и сталеразливочного ковша выполнена из оргстекла для наглядности передвижения жидкости внутри системы.

К модели вакууматора, во впускной патрубке, подведен шланг для подачи воздуха или другого газа из баллона, на баллоне установлен редуктор подачи воздуха и ротаметр, благодаря которому можем регулировать количество подаваемого газа в патрубок.

Раствор моделирующий расплав металла включает в себя смесь воды, алюминиевой пудры и стирального порошка.

Установили следующие параметры соответствия:

- в зависимости от диаметров патрубков;
- в зависимости от плотности моделирующей жидкости.

В соответствии с принятыми параметрами подобия составлена табл. 1.

Теория и технология металлургического производства

Расход газа во впускной патрубок на модели циркуляционного вакууматора в соответствии с промышленной установкой 320 т

Вид установки	Расход аргона, л/мин				
	Модель циркуляционного вакууматора	2,5	5,0	10,0	20,0
Промышленная установка 320 т	262,5	525,0	1050,0	2100,0	2887,5

Опыты показали, что при небольших расходах аргона, до 10,0 л/мин в сталеразливочном ковше, во время обработки металла на циркуляционном вакууматоре, возможно образование застойных зон и зон со слабым перемешиванием стали в верхней его части (рис. 2). Зона со слабым перемешиванием металла распространяется на глубину погружения патрубков.

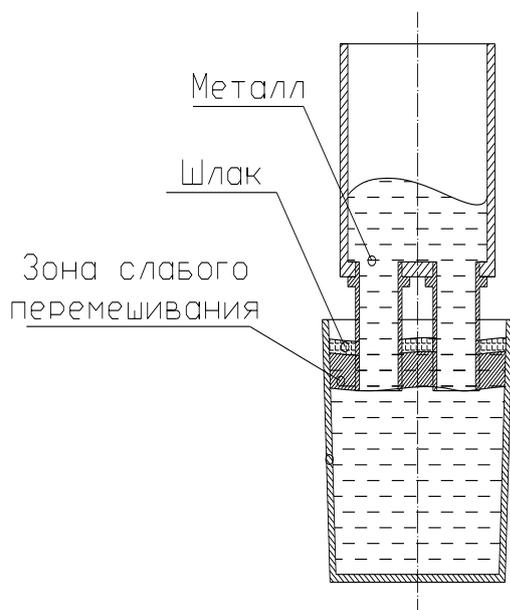


Рис. 2. Зона с недостаточным перемешиванием верхних слоев металла в сталеразливочном ковше

Таким образом, моделирование расплава в системе «циркуляционный вакууматор – сталеразливочный ковш» показало, что при расходе аргона менее 800-1000 л/мин в верхней части сталеразливочного ковша образуется зона застоя, или зона с недостаточным перемешиванием металла на глубину заглупле-

ния патрубков.

Возможно во время разливки сталеразливочного ковша с зоной недостаточного перемешивания металла в верхней части, по окончании разливки, когда металл с данной зоны начнет поступать в промежуточный ковш, произойдет резкое охлаждение стали в промежуточном ковше и, как следствие, замерзание погружных стаканов и аварийное завершение разливки металла на установке разливки стали.

Установив и введя в технологические параметры расход аргона во впускной патрубок 2100 л/мин и введя дополнительную операцию - продувку аргоном после вакуумирования стали, исключили случаи неоднородности металла по температуре и получили необходимый химически однородный состав металла по всему ковшу с требуемыми значениями водорода.

Таким образом, моделирование расплава в системе «циркуляционный вакууматор – сталеразливочный ковш» показало, что при расходе аргона менее 1000 л/мин недостаточно для качественного перемешивания металла в сталеразливочном ковше.

На основании данных, полученных моделированием расплава, а также введя дополнительную продувку аргоном после вакуумирования стали, удалось стабилизировать процесс разливки на установках непрерывной разливки стали.

Список литературы

1. Бигеев А.М., Бигеев В.А. *Металлургия стали. Теория и технология плавки стали : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп.* Магнитогорск : МГТУ, 2000. 544 с.
2. Кнюппель Г. *Раскисление и вакуумная обработка стали. Основы и технология ковшовой металлургии.* М. : Металлургия, 1984. 414 с.

Сведения об авторах

Кабанов Владислав Дмитриевич – студент кафедры металлургических технологий, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, Нижнетагильский технологический институт (филиал), Нижний Тагил. E-mail: kabanovvladislav3012@gmail.com

Метелкин Анатолий Алексеевич – канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры металлургических технологий, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Нижнетагильский технологический институт, (филиал). Нижний Тагил. E-mail: anatoliy82@list.ru

Шевченко Олег Игоревич – д-р техн. наук, зав. кафедрой металлургических технологий, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Нижнетагильский технологический институт (филиал). Нижний Тагил. E-mail: shvchenko_oleg@mail.ru

Плешивцев Константин Николаевич – начальник участка циркуляционного вакууматора конвертерного цеха №2 ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат». 398040, Липецк. E-mail: Pleshivtsev_kn@nlmk.com

Игнатьев Игорь Эдуардович – д-р техн. наук, ст. научн. сотр., Институт металлургии Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург. E-mail: igx2@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

MODELING OF MOVEMENT OF THE MELT IN THE SYSTEM CIRCULATORY VACUUM UNIT - STEEL LADLE FOR DETERMINE THE OPTIMAL PARAMETERS FOR THE SUPPLY OF NEUTRAL GAS INTO THE INLET PIPE OF THE CIRCULATORY VACUUM DEGASSER

Kabanov Vladislav Dmitrievich - Student, Department of metallurgical technologies Ural Federal University named after first President of Russia B. N. Yeltsin" Nizhny Tagil technological Institute (branch), Nizhny Tagil, Russia. E-mail: kabanovvladislav3012@gmail.com

Metelkin Anatoly Alekseevich - Cand. Sci.(Eng.) Associate Professor of Department metallurgical technology "Ural Federal University named after first President of Russia B. N. Yeltsin" Nizhny Tagil technological Institute (branch), Nizhny Tagil, Russia. E-mail: anatoliy82@list.ru

Shevchenko Oleg Igorevich - Dr. Sci.(Eng.), head. the Department of Metallurgical technology, "Ural Federal University named after. First President of Russia B. N. Yeltsin " Nizhny Tagil Institute of technology (branch). Nizhni Tagil, Russia. E-mail: shevchenko_oleg@mail.ru

Pleshivtsev Konstantin Nikolaevich - the Chief of a site of circulating vacuum degasser in the Converter shop №2 of OJSC "Novolipetsk steel", Lipetsk, Russia. E-mail: Pleshivtsev_kn@nlmk.com

Ignatiev Igor Eduardovich - Dr. Sci.(Eng.), Assistant Professor, Federal state budgetary institution of science Institute of metallurgy, Ural branch of RAS, Ekaterinburg, Russia. E-mail: igx2@mail.ru

Abstract: *In the work the question of modeling of melt motion in the system "circulatory vacuum degasser – steel ladle" is observed. It is shown that at low argon consumption in the inlet pipe of the circulatory vacuum unit, zones with weak stirring of the metal are formed in the steel ladle. The consumption of argon in the inlet pipe of the circulating vacuum degasser, providing high-quality mixing of the metal in the steel ladle, was defined.*

Keywords: *Circulation degasser, degassing of metals, modeling of metal movement.*

Ссылка на статью:

Кабанов В.Д., Метелкин А.А., Шевченко О.И., Плешивцев К.Н., Игнатьев И.Э. Моделирование движения расплава в системе «циркуляционный вакууматор - сталеразливочный ковш» с целью определения оптимальных параметров подачи нейтрального газа во впускной патрубок циркуляционного вакууматора// Теория и технология металлургического производства. 2019. №4 (31). С. 26-34.

Kabanov V. D., Metelkin A.A., Shevchenko O. I., Pleshivtsev K. N., Ignatyev I. E. Modeling of movement of the melt in the system circulatory vacuum unit - steel ladle for determine the optimal parameters for the supply of neutral gas into the inlet pipe of the circulatory vacuum degasser. *Teoria i tecnologia metallurgiceskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2019, vol. 31, no. 4, pp.26-34.

Теория и технология металлургического производства