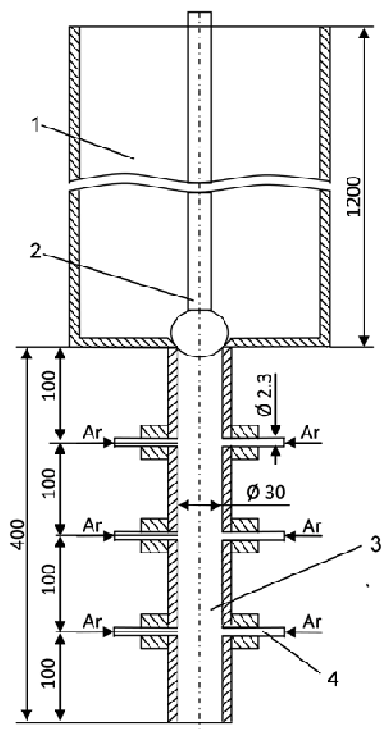


Выводы. Для изучения особенностей формирования газо-металлического потока в процессе выпуска плавки из конвертера разработана физическая модель и создана лабораторная установка. С её помощью планируется определять оптимальные режимы подачи газа в полость летки для получения хорошо организованного газо-металлического потока. Это позволит перенести часть рафинировочных процессов из ковша в летку, что даст возможность снизить расход раскислителей и улучшить технико-экономические показатели конвертерной плавки.

Результаты работы представлены в сообщении 2.



- 1 – емкость, моделирующая конвертер;
2 – стопор; 3 – модель летки;
4 – сопло

Рисунок 3 – Схема устройства модели летки, закрепленной на емкости

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулик А.Д. Совершенствование выпуска стали из конвертера / А.Д.Кулик, М.А.Кащеев, А.А.Похвалитый // *Металлургическая и горно-рудная промышленность.* – 2013. – №1. – С.18-20.
2. Марков Б.Л. Физическое моделирование в металлургии / Б.Л.Марков, А.А.Кирсанов. – М.: Металлургия, 1984. – 119с.

Поступила в редколлегию 27.06.2013.

УДК 669.184

ОГУРЦОВ А.П., д.т.н., профессор
КУЛИК А.Д., к.т.н., доцент
КАЩЕЕВ М.А., к.т.н., доцент
ПОХВАЛИТЫЙ А.А., ассистент
СОТНИЧЕНКО В.С., студент

Днепродзержинский государственный технический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПУСКА МЕТАЛЛА ИЗ КОНВЕРТЕРА. СООБЩЕНИЕ 2. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА

Введение. В работе [1] показана актуальность проблемы повышения рафинировочного потенциала конвертерной технологии, полная оценка которого пока отсутствует. В работе [2] предложено решать эту задачу за счет расширения функций выпускного канала конвертера. Струю металла, попавшую в летку, предлагается подвергнуть воздействию газа требуемого состава и давления и преобразовать ее в однородный газо-металлический поток с высокой удельной поверхностью раздела. Это позволит, в случае подачи инертного газа, обеспечить протекание процессов обезуглероживания –

раскисления, дегазации. Не исключается возможность ввода газовых смесей ($O_2 + N_2$ или $O_2 + Ar$), что позволит расширить диапазон влияния на изменение состава металла.

В сообщении 1 рассмотрены особенности приближенного моделирования новой технологии для выпускного канала 240-т конвертера.

Постановка задачи. В основу работы поставлена цель: изложить результаты первого этапа приближенного моделирования, показать не только количественные параметры, но и качественную оценку характера взаимодействия в узких каналах ($d/L \approx 1/10$, где d – диаметр летки, L – длина летки) высокоскоростной струи жидкости с газообразной средой, оценить роль ее тормозящего эффекта, влияние на организацию и брызгоунос с учетом места расположения сопел для подачи газа.

Некоторые особенности. Детально методика изложена в сообщении 1. Выполненный этап исследований носит предварительный характер, т.к. ограничились моделированием сложного процесса истечения без учета напора шлаковой фазы. С одной стороны, это упрощало исследование (устройство модели), с другой – дало возможность оценить поведение жидкой струи в новых условиях без влияния второго менее плотного расплава.

Модель сталевыпускного канала 240-т конвертера выполнили с использованием масштабного коэффициента $d'_{M_2}/d_i = 1/5$, определенного с помощью критерия Вебера [3], где d'_{M_2} , d_i – диаметр выпускного канала модели и конвертера соответственно.

Схема лабораторной установки приведена на рис.1. В табл.1 указаны параметры образца и модели.

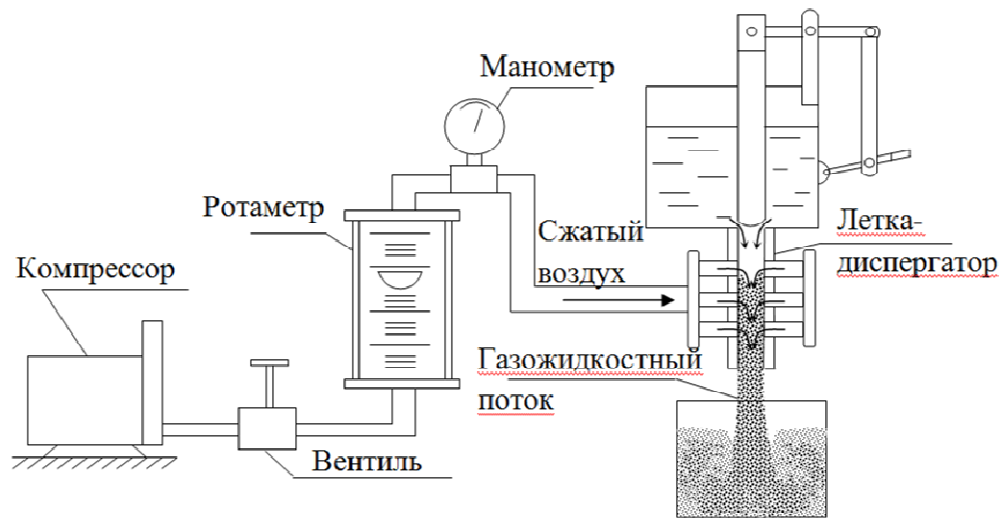


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки

Результаты работы. Было проведено несколько серий опытов. Первая серия предусматривала определение времени выпуска жидкости массой ~ 300 кг из емкости при обычных условиях выпуска – без обработки сжатым воздухом (с оценкой естественного брызгоуноса). Вторая серия опытов предусматривала определение длительности выпуска при тех же начальных условиях, но с подачей сжатого воздуха в полость модели летки через 6 отверстий диаметром 2,3 мм, расположенных вдоль летки на трех уровнях с шагом 100 мм (рис.2). Данные табл.2 позволили констатировать следующее.

1. Подача сжатого газа в канал модели летки в количестве $0,60$ м³/мин (для образца это соответствует 24 м³/мин) заметно удлиняет время выпуска: с 117 секунд при

Таблица 1 – Основные переменные для образца и модели

Наименование переменных	Образец	Модель (масштаб. коэф. 0,2)
Высота столба жидкости, Н, мм	1500	300 (500-1000)
Диаметр летки d_0 , мм	150 (200)	30 (36)
Длина летки H_n , мм	2000	400
Диаметр отверстия для подачи газа в летку, мм	11,26	2,3
Число сопел	8	2
Угол наклона сопел к стенке летки, град.	90	90
Моделирующая жидкость	Сталь	Вода
Плотность, кг/м^3	7000	1000
Поверхностное натяжение, Н/м	1,2	0,073
Средне массовый расход $G_m = M_{пл}/\tau_{вып.}$, т/мин	24 ($\tau_{вып.} \approx 10$ мин.)	0,154
Рабочий газ для обработки жидкости	Аргон	Воздух
Плотность газа, кг/м^3	1,78	1,29
Интервал изменения расхода газа, $\text{м}^3/\text{мин}$	2,4-24	0,1-0,6 (0,86)

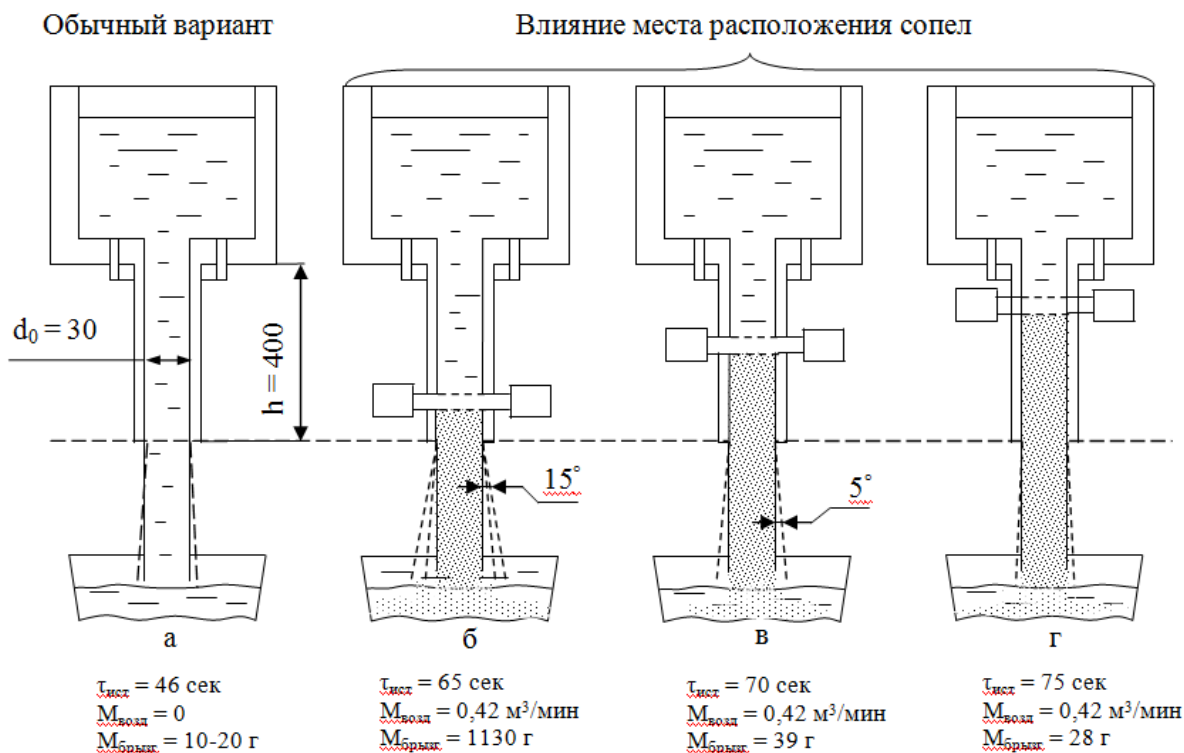


Рисунок 2 – Влияние места расположения диспергатора на состояние потока в летке, его организацию и разбрызгивание

выпуске в обычном режиме оно увеличилось до 212 секунд при обработке струи сжатым воздухом; степень торможения струи изменялась в пределах от 1,56 до 2,13 раз (в среднем 1,81 раза).

2. При подаче сжатого воздуха в отмеченном режиме (через все сопла, расположенные на трех уровнях, при $P = 0,5$ МПа и расходе $0,6$ $\text{м}^3/\text{мин}$) образуется достаточно структурированный однородный газожидкостный поток. Однако на выходе из канала он был неорганизованным: рассеивание струи, брызгоунос $0,15$ % от массы жидкости; угол разбрызгивания достигал $10-15^\circ$.

При проведении второй серии опытов вначале выявили влияние расхода воздуха на «пробивную силу» газовых струй, которую оценивали по их смыканию в канале. Об-

Таблица 2 – Количественная оценка первой и второй серии опытов

Уровень жидкости в емкости, мм.	Время истечения, сек.		$\Delta\tau$, сек	Тормозящий эффект (степень снижения скорости) при воздействии газовым потоком, τ_2/τ_1
	Обычная струя, τ_1	С обработкой струи сжатым воздухом, τ_2		
1000-900	9	14	5	1,56
900-800	9	15	6	1,67
800-700	10	16	6	1,60
700-600	10	17	7	1,70
600-500	11	18	7	1,64
500-400	12	20	8	1,67
400-300	12	23	11	1,92
300-200	13	26	13	2,00
200-100	14	29	15	2,07
100-0	16	34	18	2,13
	117	212		1,81

наружено, что такое смыкание происходит при расходе газа от 0,3-0,4 м³/мин. до 0,6-0,7 м³/мин. – возникает режим «пробоя». При расходе воздуха ниже указанного газовые струи теряют свою жесткость, удлиняются и выгибаются в сторону движения жидкости с формированием «воронки» изменяющейся длины и дальнейшим исчезновением. При возникновении воронки образуются «газовые дорожки», при которых удельная поверхность газ-металл снижается, в результате чего снижается эффект диспергирования струи жидкости. Таким образом, в режиме «пробоя», т.е. при расходе газа от 0,3-0,4 м³/мин. до 0,6-0,7 м³/мин, создаются условия для эффективного диспергирования струи, при которых удельная поверхность газ-металл имеет максимальное значение. В связи с отмеченным недостатком, а именно значительным брызгообразованием, провели третью серию опытов, целью которых было получение минимального брызгоуноса (табл.3).

Таблица 3 – Результаты трех серий опытов

Условия работы	Расход воздуха, м ³ /мин	Время истечения, сек.	Масса брызг, г	Комментарии к опытам
Без подачи воздуха	0	46	20	Хорошо организованная струя (брызгоунос 0,020 : 300 = 0,01 %)
Воздух через 6 отв.	0,60	70	440	Значительное рассеивание газожидкостного потока (относительные потери 0,15% от общей массы жидкости в емкости)
Первый ярус (2 отв.)	0,42	75	28 (48)	Получен организованный газожидкостный поток с незначительным брызгоуносом (относительные потери 0,02 % (0,03 %))
Второй ярус (2 отв.)	0,42	70	80	Средняя степень рассеивания струи (относительные потери 0,05 %)
Третий ярус (2 отв.)	0,42	65	1100	Значительное рассеивание газожидкостного потока в его нижней части (относительные потери 0,73%)

Третью серию опытов выполняли с соблюдением таких условий: подачу сжатого воздуха выполняли через попарно расположенные сопла на трех разных уровнях (первый – 300 мм от нижнего торца; второй – 200 мм; третий – 100 мм); использовали напор воды с уровнем в емкости от 1,0 до 0,5 м; расход газа-диспергатора был одинаковым и составлял 0,42 м³/мин (что соответствовало для образца 15 м³/мин).

Выводы. Проведено моделирование гидродинамических процессов при вдувании газа в канал выпускного отверстия конвертера. Установлена возможность преобра-

зования струи металла в полости выпускного канала в газожидкостный поток с различной степенью организации его после выхода из летки. Определен режим, при котором брызгоунос имеет минимальное значение, а поток наиболее организован.

При всех вариантах расположения сопел **ниже их уровня возникает однородный газожидкостный поток** с большой поверхностью раздела газ-жидкость, но **с различной степенью их организации**. При этом увеличивается время истечения в 1,56-2,13 раза относительно обычного режима выпуска.

Решающим фактором для организации струи является место установки сопел. **По мере перемещения сопел от нижнего края вверх летки** степень организации потока улучшается. Минимальный брызгоунос зафиксирован при расположении сопел в 300 мм от торца модели летки, т.е. в реальной летке для 240-т конвертера это расстояние составит около 1500 мм от ее торца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об альтернативном направлении развития конвертерной технологии / А.Д.Кулик, В.В.Несвет, В.П.Полетаев, А.А.Похвалитый // Экологическая безопасность: проблемы и пути решения: 6-ая Междунар. науч.-практ. конф., 6-10 сентября 2010 г., г. Алушта: сб. трудов. – X., 2010. – С.241-245.
2. О назревшей необходимости расширения рафинировочного потенциала конвертерной технологии (рабочие гипотезы: в порядке обсуждения) / А.Д.Кулик, М.А.Кашцев, А.А.Похвалитый, А.С.Пономарь // Сборник научных трудов Днепродзержинского государственного технического университета (технические науки). – 2011. – № 2 (17). – С.25-30.

Поступила в редколлегию 27.06.2013.

УДК 621.785.539:787.044:669.296

ЛЫСЕНКО А.Б., д.ф.-м.н., профессор
ГУБАРЕВ С.В., ассистент
КАЛИНИНА Т.В., к.ф.-м.н, доцент

Днепродзержинский государственный технический университет

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ НА СТРУКТУРУ СПЛАВОВ Cu-Zr

Введение. В последние десятилетия при производстве металлических сплавов, наряду с традиционными металлургическими технологиями, находят использование методы закалки из жидкого состояния (ЗЖС). В этих методах тонкие слои перегретого расплава приводятся в контакт с массивным теплоприемником и быстро охлаждаются путем отвода тепла в его внутренние слои [1-3]. Для типичных условий ЗЖС скорость охлаждения расплава достигает значений $\sim 10^6$ К/с, при которых нормальный ход процессов кристаллизации нарушается и фиксируются метастабильные структурные состояния, в том числе аморфные и нанокристаллические с уникальным комплексом свойств. Переход материалов в аморфное состояние происходит при достаточно высоких (критических) скоростях охлаждения расплава v_c , которые соответствуют слоям толщиной в несколько десятков микрометров. Уровень значений v_c может быть существенно снижен за счет целенаправленного подбора природы и относительных количеств компонентов, которые обеспечивают замедление процессов зарождения и роста