

И.А.Маначин, А.П.Толстопят, А.Ф.Шевченко, Т.А.Рузова

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВДУВАНИЯ НА ПРИФУРМЕННУЮ ЗОНУ ПРИ ИНЖЕКЦИОННОМ РАФИНИРОВАНИИ ЧУГУНА МАГНИЕМ

Целью данных исследований является оценка влияния скорости и расхода газовой среды на газосодержание и межфазную поверхность прифурменной зоны при инжекционном рафинировании чугуна в ковшах. Приведены результаты экспериментальных исследований изменения газосодержания в ванне и поверхности образующихся полостей в жидкости. На лабораторной установке варьировали величинами расхода и скорости газа. Замеряли условное газосодержание и условную удельную поверхность газовых пузырей.

межфазная поверхность, инжекционное рафинирование, изменение газосодержания, скорость газа, газовые пузыри.

Состояние вопроса. Создание развитой межфазной поверхности рафинирующей среды при инжекционной внепечной обработке жидких расплавов обеспечивает рациональные условия для протекания тепло- и массообменных процессов при ковшевом их рафинировании. Выполненными ранее исследованиями [1–4,6] было установлено влияние расхода газа и угла истечения потока из фурмы на газосодержание ванны и межфазную поверхность, но остался открытым вопрос, как влияет скорость истечения и расход газа на параметры массообменной зоны при сохранении постоянными других газодинамических параметров потока. Настоящая публикация представляет результаты выполненных авторами исследований влияния расхода газа (при сохранении постоянной скорости) и скорости истечения (при сохранении постоянного расхода) на газосодержание ванны и суммарную поверхность образующихся полостей.

Методика исследований. Исследования выполнены по разработанной ранее [1–6] методике экспериментального «холодного» моделирования процесса вдувания холодных потоков в прозрачную жидкую ванну, но с усовершенствованием методики и аппаратуры исследований. Были увеличены мощность и количество источников света с применением рассеивающего экрана 6 (рис.1). Для съемки зоны вдувания и барботирования вместо аналоговой видеокамеры применена цифровая Sanyo VPC HD 1000 с частотой съемки 60 кадр/сек. и выдержкой 1/10000. Длительность съемки объекта единичного эксперимента увеличена с 5 до 10 сек, а объем получаемой информации по единичному эксперименту достиг 600 кадров. Для обработки видеоматериала применен быстродействующий персональный компьютер 8 (рис.1) с двухядерным процессором.

По разработанной методике [5–7] определяли условное газосодержание (S_r) и условную межфазную поверхность пузырей в жидкости (Π_r) при варьировании (таблица) расхода газа (V_r), скорости потока (W_n) и угла вдувания (α). Расход газа на модели варьировали в пределах от 0,36 до 2,28

м³/час, что соответствовало расходу 36 – 228 м³/час в реальных промышленных условиях.

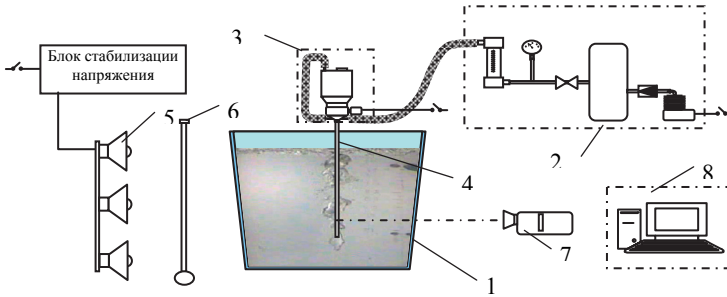


Рис.1 Схема лабораторной установки для холодного моделирования процесса вдувания газовых и двухфазных потоков в жидкую ванну. 1– прозрачная модель ковша; 2 – блок управляемой подачи газа; 3 – дозирующее устройство для твердой фазы; 4 – фурменное устройство; 5 – система подсветки; 6 – светорассеивающий экран; 7 – цифровая видеокамера; 8 – персональный компьютер для обработки видеоматериала.

Таблица. Экспериментально исследованные режимы

Объект исследований	Фурма одно-сопловая
Угол отклонения струи от вертикали – α , град	0°, 45°, 90°
Расход газа–носителя (V_r) нм ³ /ч	$0,36 \leq V_r \leq 2,28$
Диаметр сопла фурмы (d_c), мм	1,4; 1,6; 1,8; 2,0
Скорость истечения потока (W_n) в жидкость, м/с	$47 < W_n < 330$

Результаты исследований. Экспериментальные данные «холодного» моделирования показали, что суммарное условное газосодержание ванны (S_r) и межфазная поверхность (Π_r) газовых полостей в ванне увеличиваются (рис.2) с увеличением расхода вдуваемого газа (при различных диаметрах канала и различных углах вдувания струи) до значений $V_r \leq 1,5-1,8$ нм³/ч, а при больших значениях V_r наблюдаются непрогнозируемые колебания и выпадения. Особенно это проявляется при вдувании через прямоточную фурму погружения ($\alpha=0^\circ$) и при вдувании потока под углом $\alpha=90^\circ$. Проявившиеся отклонения можно объяснить влиянием дна и стенок сосуда на условия формирования и диспергирования потока, когда при больших расходах газа окончание струи в большей степени приближается к стенке (дну) ковша (рис.1), что может вносить возмущения в барботируемую зону.

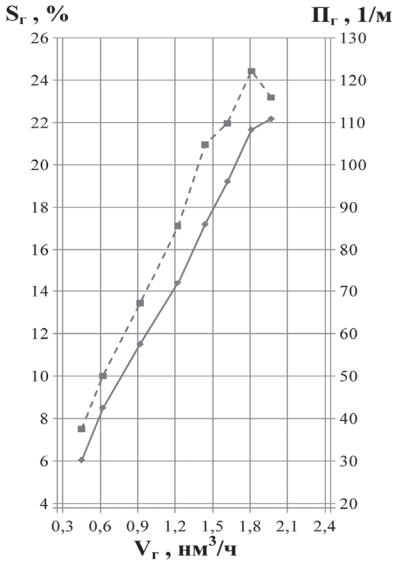


Рис.2 Зависимость суммарных условного газосодержания (S_r) и условной удельной поверхности (Π_g) пузырей в жидкости воздуха от расхода газа (V_g). Угол отклонения канала фурмы (α) 45° , диаметр канала 1,8 мм
 ◆ — S_r ; ■ — Π_g .

Фактические экспериментальные данные позволяют оценить влияние только скорости потока (при постоянном расходе газа) или расхода газа (при постоянной скорости) на газосодержание и межфазную поверхность пузырей в барботируемой зоне. Установлено, что при вертикальном вдувании прямооточной односопловой фурмой ($\alpha = 0^\circ$) увеличение скорости потока при сохранении $V_g = \text{const}$ сопровождается незначительным уменьшением газосодержания (S_r) и поверхности (Π_g).

При вдувании газа в жидкую ванну под углом 90° к вертикальной оси фурмы и особенно под углом 45° увеличение скорости газа (при $V_g = \text{const}$) (рис.3) скорости потока в большей степени способствует увеличению образующейся в жидкости более развитой межфазной поверхности (Π_g), что обусловлено большим диспергированием образующихся газовых полостей и пузырей.

Экспериментально показано, что увеличение. Иной характер закономерностей при вдувании прямооточной фурмой ($\alpha = 0^\circ$) может быть обусловлен другим механизмом пузырьобразования, когда пузыри при вертикальном вдувании, формируются и отрываются от общего объема промежуточной достаточно стационарной прифурменной газовой полости [3].

Варьирование расходом вдуваемого газа (рис.4) оказалось наиболее влияющим фактором на изменение газосодержания ванны и поверхность образующихся газовых пузырей. Как следует из рис.4 увеличение V_g при сохранении $W_n = \text{const}$ практически повсеместно сопровождается существ-

венным увеличением суммарных величин как газосодержания, так и суммарной поверхности образующихся в ванне газовых полостей.

При расходах газа более $1,4\text{--}1,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ характер изменения V_r в ряде случаев может изменяться, что объяснено нами влиянием стенки модели на барботирующую зону ванны. Поэтому мы наблюдаем не свободно истекающий поток и барботируемую массообменную зону, а «мятую» несложко деформируемую барботирующую зону.

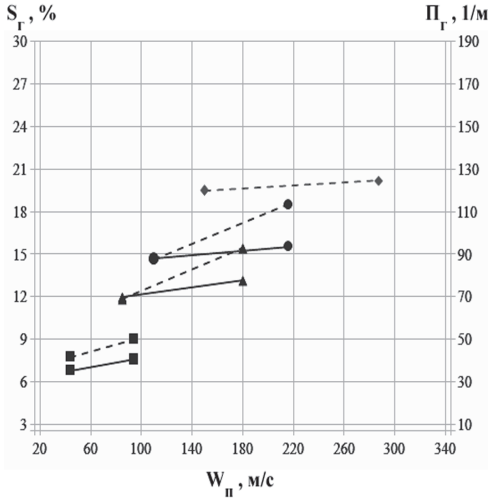


Рис.3. Зависимость S_r и Π_r от скорости потока (W_n) при $V_r = \text{const}$.

Угол отгиба сопла на выходе $\alpha = 45^\circ$.

— S_r ; - - - Π_r .

■ - при $V_r = 0,53 \text{ м}^3/\text{ч}$;

▲ - при $V_r = 1,02 \text{ м}^3/\text{ч}$;

● - при $V_r = 1,27 \text{ м}^3/\text{ч}$;

◆ - при $V_r = 1,75 \text{ м}^3/\text{ч}$;

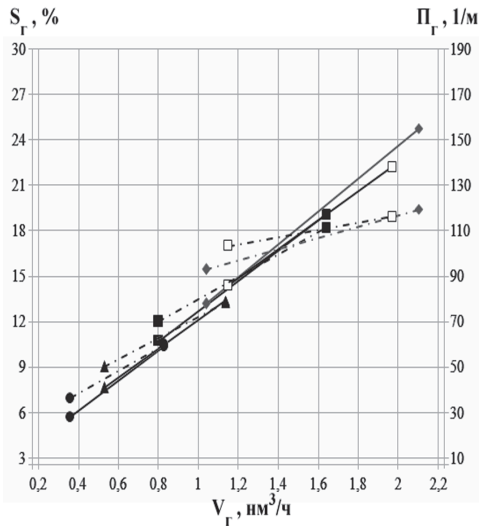


Рис.4. Зависимость условного газосодержания (S_r) и удельной поверхности пузырей в жидкости (Π_r) от расхода (V_r) газа при $W_n = \text{const}$

Угол отгиба канала фурмы $\alpha = 45^\circ$. - S_r ; - - - Π_r .

● - при $W_n = 65 \text{ м/с}$;

▲ - при $W_n = 95 \text{ м/с}$;

■ - при $W_n = 140 \text{ м/с}$;

◆ - при $W_n = 180 \text{ м/с}$;

□ - при $W_n = 205 \text{ м/с}$;

△ - при $W_n = 253 \text{ м/с}$.

Выводы. Фактические данные экспериментов на «холодной» жидкой модели свидетельствуют о следующих закономерностях:

1. Увеличение расхода вдуваемого инжектирующего газа, реализованное как за счет расхода, так и скорости потока, в итоге сопровождается увеличением газосодержания ванны (S_r) и суммарной поверхности (Π_r) пузырей.

2. Увеличение скорости истекающего из фурмы потока (при сохранении постоянным расхода газа) практически не влияет на газосодержание ванны, но увеличивает поверхность образующихся пузырей и полосей, что происходит за счет лучшего диспергирования потока в ванне. Поэтому увеличение скорости потока способствует увеличению площади межфазной поверхности в реакционной зоне.

3. Наиболее влияющим фактором на S_r и Π_r является увеличение расхода вдуваемого газа, в т.ч. при постоянстве скорости истекающего в ванну потока. Увеличение расхода газа как за счет увеличения скорости потока (при сохранении диаметра сопла), так и за счет увеличения диаметра сопла фурмы (при сохранении скорости потока), сопровождается увеличением газосодержания ванны и поверхности пузырей в барботирующей зоне расплава.

1. *Газораспределение* при заглубленном дутье газовой фазы в жидкость. /А.П.Толстопят, В.В.Давидсон, В.И.Елисеев, Т.А.Рузова и др.// Материалы XXII научной конференции стран СНГ «Дисперсные системы» 18 – 22 октября 2006г. – Одесса– МОН Украины. – С.326–327.
2. *Оценка* параметров проникновения истекающей из фурмы магнийсодержащей струи в расплав чугуна. / С.А.Шевченко, А.Ф.Шевченко, В.И.Елисеев, А.П.Толстопят //Сб. ИЧМ Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Вып.13– 2006. – С.48–51.
3. *Оценка* влияния угла инжектирования затопленной струи на гидродинамику барботируемой ванны. /С.А.Шевченко, А.П.Толстопят, Т.А.Рузова, А.Ф.Шевченко // Сб. ИЧМ Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Вып.14 – 2007. – С.132–139.
4. *Исследование* параметров газораспределения неоднородности при заглубленном вдуве двухфазной струи в жидкость. / А.П.Толстопят, Т.А.Рузова, Л.А.Флеер и др. //Труды XXIII научной конференции стран СНГ. 22 – 26 сент. 2008 г. – Одесса – МОН Украины – С.347–348.
5. *Компьютерное* определение параметров газожидкостных эмульсий по их изображениям /Т.А.Рузова, А.Ф.Шевченко, С.А.Шевченко // Труды XXIII научной конференции стран СНГ. 22 – 26 сент. 2008 г. – Одесса. – МОН Украины – С.310 – 311.
6. *Моделирование* заглубленной продувки чугуновозного ковша. Параметры газораспределения. / А.П.Толстопят, Л.А.Флеер, В.И.Елисеев, Т.А.Рузова, А.Ф.Шевченко, С.А.Шевченко //Сб. ИЧМ Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии– Вып.17– 2008. – С.97–110.

7. *Компьютерная обработка кинограмм процесса взаимодействия газовых струй с жидкостью.* / Т.А.Рузова, А.П.Толстопят, А.Ф.Шевченко.
8. *Шевченко С.А.* Энергетика та автоматика виробничих процесів. // Науковий вісник НГУ. – № 12. – 2007. – С.91–95.

*Статья рекомендована к печати
докт. техн. наук А.С.Вергуном*

І.О.Маначин, О.П.Толстоп'ят, А.П.Шевченко, Т.О.Рузова

Вплив параметрів вдування на прифурменну зону при інжекційному рафінуванні чавуну магнієм

Метою даних досліджень є оцінювання впливу швидкості і витрат газового середовища на газовміст і міжфазну поверхню прифурменої зони при інжекційному рафінуванні чавуну в ковшах. Наведено результати експериментальних досліджень зміни газовмісту у ванні і поверхні порожнин, що утворюються в рідині. На лабораторній установці варіювали величинами витрати та швидкості газу. Заміряли умовний вміст газів і умовну питому поверхню газових бульбашок.