Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова, т./XXУШ, 1978 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ШЛАКОВОЙ ВАННЫ ГАЗОМ

М.Р.РУСАКОВ, Н.А.ЛЕБЕДИНСКАЯ,
Г.В.ВОСТРИКОВ, Л.М.ШАЛЫГИН

Правильный выбор оптимальной конструкции обеднительного агрегата (геометрия печного пространства, расположение и заглубление фурм и т.д.) не возможен без знания характера движения шлака, особенно степени его перемешивания. В связи с этим было проведено холодное моделирование движения шлаковой ванны в непрерывном процессе обеднения шлаков. Ввиду невозможности учета всех факторов такого сложного процесса, как продувка шлакового расплава природным газом с одновременным вводом электроэнергии, было выполнено качественно-приближенное моделирование на водовоздушной модели.

Модель была выполнена в 1/5 величины промышленного обеднительного агрегата и представляла собой прямоугольный ящик из оргстекла. Воздух подавали по внутреннему каналу стеклянных цилиндрических фурм. Степень перемешивания в модели оценивали на основе анализа реакции системы на импульсное возмущение. На вход модели заливали фиксированный объем индикатора (щелочи) и по изменению концентрации индикатора в различных точках модели во времени судили о степени перемешивания жидкости.

Экспериментальные данные обрабатывали по следующим уравнениям:

$$C_{(t_i)} = \frac{C_{\text{вых}(t_i)}}{C_{\text{ср}(0)}} ; \qquad (1)$$

$$\theta_{(t_i)} = \frac{C_{\text{вых}(t_i)}}{C_{\text{ср}(t_i)}} ; \qquad (2)$$

$$P_{(t_i)} = 1 - \frac{C_{\text{ср}(t_i)}}{C_{\text{ср}(0)}} ; \qquad (3)$$

$$C_{\text{ср}(t_i)} = C_{\text{ср}(0)} - \frac{1}{\theta} \int_0^{t_i} C_{\text{вых}}\, dt ; \qquad (4)$$

$$C_{ср(0)} = \frac{V_{NaOH}\, M_{NaOH}\, N_{NaOH}}{V_Ж} \qquad (5)$$

$$\theta = \frac{V_Ж}{W_Ж}, \qquad (6)$$

где $C_{(t_i)}$ и $\sigma_{(t_i)}$ – соответственно относительная и безразмерная выходные концентрации индикатора; $C_{вых(t_i)}$ – концентрация индикатора на выходе из модели, г/л; $C_{ср(0)}$ – средняя начальная концентрация индикатора в ванне, г/л; $C_{ср(t_i)}$ – средняя концентрация индикатора в модели в момент времени t_i, г/л; $P_{(t_i)}$ – часть индикатора, успевшая к моменту t_i покинуть модель; θ – среднее время пребывания жидкости в модели, мин; V_{NaOH}, M_{NaOH}, N_{NaOH} – объем, относительная молекулярная масса и нормальность залитого индикатора; $V_Ж$ – объем жидкости в модели, л; $W_Ж$ – скорость протока жидкости через модель, л/мин.

В опытах изменяли следующие параметры: количество, заглубление и расположение фурм, время пребывания жидкости в модели (высоту ванны и скорость протока жидкости), расход воздуха, количество, расположение и тип перегородок (поперечная и продольная).

Для любого момента времени t_i параметр P характеризует величину "проскока" индикатора на выход модели, а параметр σ – неравномерность распределения индикатора в ванне модели, т.е. по величине этих параметров можно судить о степени перемешивания жидкости.

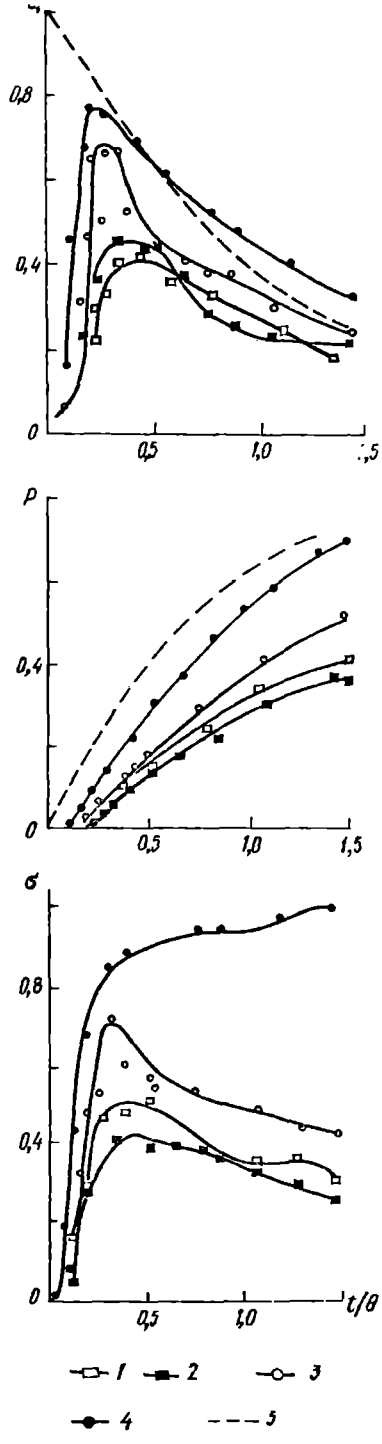
При струйном поступлении жидкости на вход модели в опытах наблюдали заметный проскок индикатора. Визуализация входящей струи жидкости чернилами показала, что он обусловлен формированием придонного течения индикатора под действием начального импульса струи. Проскок индикатора на выход модели отрицательно сказывается на технологических показателях процесса, так как сокращается время пребывания жидкости в модели.

Возрастание заглубления фурмы с 20 до 100 мм (см. рисунок, режимы I и 4) при продувке через одну фурму увеличивает величину P с 0,27 до 0,55 для момента времени $t = \theta$, а величину σ с 0,5 до 0,93.

Аналогичные результаты получаются и при продувке через две фурмы в модели с перегородкой. При установке двух поперечных перегородок степень перемешивания больше, чем в модели без перегородок (величина σ значительно больше).

Снижение σ после достижения кривой максимума свидетельствует о формировании в модели проточной и застойной зон. Время достижения σ_{max} характеризует время запаздывания, в течение которого достигается равномерное распределение индикатора в ванне модели. Для режимов, в которых кривая изменения σ после достижения максимума имеет пологий участок, возможно количественно оценить объем застойных зон в модели.

К моменту времени, когда $\sigma = \sigma_{max}$, в модели устанавливается относительно равномерное распределение индикатора по зонам. Незначительное снижение σ после максимума (пологий участок кривых режимов I и 2) указывает на то, что примерно такое же распределение индикатора по зонам сохраняется



Изменение параметров C_1, P и σ под влиянием величины заглубления сопла для различных режимов модели 1-3 - 20 мм; 4 - 100 мм; 5 - теоретическая кривая, соответствующая степени идеального перемешивания

и в дальнейшем. При этом по численному значению σ можно судить о величине зоны с активным смешением, а по значению $(1-\sigma)$ - о размере застойной зоны. При таком способе оценки при заглублении фурмы на 20 мм величина застойной зоны составляет 60-65% (режимы 1,2), а при заглублении 100 мм застойная зона уменьшается до 10% и к моменту времени $t = 1{,}5\,\theta$ практически исчезает (режим 4).

В условиях проведения опытов время пребывания жидкости в модели θ изменяли, переставляя по высоте сливное отверстие и изменяя скорость ее поступления. Было обнаружено, что уменьшение времени пребывания жидкости в модели до θ = 25-27 мин сказывается на степени перемешивания, увеличивая проскок индикатора на выход.

Увеличение расхода воздуха при продувке через одну фурму в модели с двумя поперечными перегородками с 400 до 610 л/ч при заглублении фурмы 20 мм и $t=\theta$ увеличивает параметр P в 1,4, а σ в 1,7 раза. При заглублении же 100 мм перемешивание улучшается уже при расходе воздуха 200 л/ч. Дальнейшее увеличение расхода до 400-580 л/ч увеличивает параметры перемешивания P и σ незначительно.

Таким образом, влияние расхода воздуха на степень перемешивания ванны наиболее ощутимо при малых заглублениях фурмы, поэтому при большом заглублении фурмы можно добиться значительного перемешивающего эффекта при гораздо меньшем расходе воздуха. Это значит, что в реальных условиях процесса обезуглероживания при увеличении заглубления фурмы можно значительно снизить расход газа без ухудшения показателей по перемешиванию шлака.

При увеличении числа фурм до шести и расходе воздуха вдвое в той же модели с двумя перегородками наблюдается максимальный эффект перемешивания. В модели с продольной перегородкой степень перемешивания значительно ниже.

По сравнению с моделью без перегородки, установка продольной перегородки ухуд-

шает перемешивание при заглублении фурмы, равном 100 мм, и улучшает при заглублении, равном 20 мм. Дальнейшее увеличение числа перегородок не приводит к качественному изменению характеристик модели. Наиболее высокие значения параметра θ достигаются в модели с двумя поперечными перегородками и шестью фурмами при заглублении фурмы, равном 1/3 высоты ванны, и расходе воздуха 610-1200 л/ч.

Проведенное исследование на холодной модели показало, что чем больше заглубление фурмы и расход воздуха, тем интенсивнее циркуляционное течение в ванне и тем быстрее и равномернее усредняется индикатор по объему модели. Время пребывания индикатора в модели зависит от заглубления фурмы, расхода воздуха, скорости поступления и объема жидкости, а также от конструктивных особенностей модели. При двух и большем количестве фурм индикатор сначала усредняется в циркуляционной зоне первой фурмы и лишь затем последовательно захватывается циркуляционными потоками от следующих фурм. В этом случае в модели в течение некоторого времени существуют зоны, в которых индикатор отсутствует, так как циркуляционные потоки от следующей газовой струи, истекающей из фурмы, являются своеобразным барьером, затрудняющим попадание индикатора в следующую зону.

Результаты проведенного исследования могут быть использованы лишь для качественной оценки условий смешения в реальном агрегате и должны быть дополнены изучением характера движения шлака в промышленных условиях.