

The results of the researches of the influence of a melt s on quality of castings the aluminum alloy AK7 are presented.

gas, flux, alloys, aluminum, rapid-spray, refining

Поступила 9.03.11

УДК 502.1(075.8): 621.74

И. А. Шалевская, Ю. И. Гутько

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Луганск

## Расчет выбросов загрязняющих веществ в литейном производстве

Рассмотрен вопрос выброса загрязняющих веществ литейными плавильными печами, произведен анализ существующих подсчетов выбросов и предложен вариант математического моделирования процесса, который можно применять при расчете вентиляции, реконструкции производства, а также вычислении и согласовании предельно допустимых показателей выбросов.

**Ключевые слова:** плавильная печь, загрязняющие вещества, атмосфера, пыль неорганическая, газы, аэрозоли, оксид железа, расчет выбросов, математическое моделирование, содержание химических элементов, температура плавления

Проблема загрязнения атмосферы выбросами промышленности является одной из глобальных. При этом литейное производство, к сожалению, остается среди лидеров по образованию и выбросу загрязняющих веществ в атмосферу.

В литейных цехах около 40-50 % газообразных и пылевых отходов приходится на долю плавильных агрегатов. Величина выбросов пыли в атмосферу колеблется от 0,3-0,4 кг/т выплавляемого металла в индукционных печах до 10-18 при плавке в вагранке закрытого типа с горячим дутьем [1]. Состав пыли при плавке чугуна вторым способом включает кремнезем, оксиды железа, глинозем и углерод, а при плавке первым – главным образом оксиды железа и кремния, а также кроме пыли выделяется большое количество газов, в основном, это оксиды углерода (CO), оксиды азота (NO) и сернистый газ.

При производстве стали электроплавильным способом в состав газов входят (в %): 5-70 CO, 5-15 CO<sub>2</sub>, 0,5-5,0 H<sub>2</sub>, 3-10 O<sub>2</sub>, остальное – N<sub>2</sub> [2]. Газы, отводимые от электросталеплавильных печей, взрывоопасны. Запыленность газа зависит от качества шихты и составляет 2-10 г/м<sup>3</sup> без продувки ванны кислородом и 14-100 г/м<sup>3</sup> при продувке. Плотность пыли равна ≈4 г/см<sup>3</sup>.

Средний дисперсный состав пыли характеризуется следующими данными (без

продувки кислородом): при размере частиц (мкм) < 5, 5-10, 10-20, 20-44, > 44 процентное их содержание (по массе) будет составлять 71,9-67,9; 8,3-6,8; 9,8-6,0; 9,0-7,5; 6,5-6,3 соответственно.

При применении кислорода дисперсность пыли резко возрастает, и содержание возгонов доходит до 85-95 %.

В табл. 1 [3] приведены выбросы аэрозолей, сопровождающие различные процессы.

При этом, по мнению авторов работы [3], указанные данные не совсем надежные и могут существенно изменяться от наличия примесей в металлическом ломе, температуры расплава, марки сплава, конструктивных параметров печи.

Таблица 1

**Выбросы аэрозолей в литейном производстве при отсутствии подавления**

Источник выброса	Приблизительный фактор выброса, кг/т	Мелкие частицы (размер < 5 мкм), %
Сырой металлический лом при загрузке	0,055 лома*	30
Плавление и литье: – индукционная печь – модифицирование – разливка – охлаждение	0,88 загрузки	80
	1,32 модифицированного продукта	80
	2,2 разлива	95
	2,3 разлива	95

\*Примечание: частицы размером > 50 мкм

Средние удельные показатели по выбросу загрязняющих веществ при плавке стали и чугуна в литейных цехах предприятий Луганска представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Средние удельные показатели по выбросу загрязняющих веществ**

Наименование загрязняющего вещества	Выброс загрязняющих веществ при плавке, кг/т	
	стали	чугуна
Неорганическая пыль с содержанием 20-70 % SiO <sub>2</sub>	5,00	0,40
Диоксид азота (NO <sub>2</sub> )	0,33	0,08
Диоксид серы (SO <sub>2</sub> )	2,70	0,26
Оксид углерода (CO)	5,90	1,30

Количество выбросов пыли зависит от множества факторов, этим процессом, как правило, можно управлять при соблюдении технологической дисциплины, применении комплекса мер по вытяжке пыли и систем пылеподавления. В первую очередь количество выбросов пыли зависит от шихты (степени ее чистоты и подготовки), состояния оборудования, оснащенности вытяжными зонтами и системами вентиляции, ведения процесса плавки (температурных параметров при загрузке шихтовых материалов, флюсов и раскислителей).

В сборнике методик [4] расчет выброса загрязняющего вещества рекомендуется производить по формуле

$$П = qD\beta(1 - \eta), \quad (1)$$

где  $q$  – удельное выделение вещества на единицу продукции (кг/т);  $D$  – расчетная производительность агрегата (т/ч);  $\beta$  – поправочный коэффициент для учета условия плавки;  $\eta$  – эффективность средств по снижению выбросов в долях единицы.

ванных выбросов рекомендуется ввести в формулу (1) коэффициент 1,4.

При этом мы считаем, что данная методика учитывает не все показатели, влияющие на процесс выброса загрязняющих веществ: при проведении инструментальных замеров концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны в действующем производстве фактические данные не всегда соответствовали величинам, полученным эмпирическим путем. В связи с этим была поставлена задача построения математической модели, связывающей выброс загрязняющего вещества с параметрами плавки металла.

Для математического моделирования процесса использовали метод планирования экспериментов [5]. В качестве независимых переменных выбрали следующие данные:  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ , соответствующие содержанию химических элементов углерода, кремния, серы, фосфора, марганца в сплаве в относительных единицах;  $x_6$  – объем плавки ( $Q$ ), кг;  $x_7$  – температура плавления металла ( $T$ ), °С;  $x_8$  – продолжительность выдержки перегретого металла в печи  $q/Q$ , мин;  $x_9$  – доля металлического лома в шихте  $m/Q$ ;  $x_{10}$  – продолжительность выдержки перегретого металла в печи  $\tau$ , мин;  $x_{11}$  – перегрев металла над ликвидусом  $\Delta t_n$ , °С – соответственно.

В процессе эксперимента для контроля выбрали следующие показатели концентрации вредных веществ в выбросах от плавильной печи:  $X$  – неорганическая пыль с содержанием 20-70 % SiO<sub>2</sub>;  $N$  – диоксид азота (NO<sub>2</sub>);  $S$  – диоксид серы (SO<sub>2</sub>);  $C$  – оксид углерода (CO).

Область определения независимых переменных представлена в табл. 3.

Эксперимент был разделен на два этапа. Замеры выбросов загрязняющих веществ планировалось производить в период расплавления шихты, а также во время перегрева и выдержки жидкого металла. Поэтому на первом этапе запланировано изучение влияния первых девяти факторов на количество выбросов  $x_1-x_9$ , на втором –  $x_{10}-x_{11}$ .

Таблица 3

**Область определения независимых переменных**

Уровни варьирования независимых переменных	Независимые переменные										
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$
	C, %	Si, %	S, %	P, %	Mn, %	Q, кг	T, °С	q/Q	m/Q	$\tau$ , мин	$\Delta t_n$ , °С
Основной уровень (0)	3,25	1,95	0,08	0,15	0,75	500	1200	0,5	0,2	10	300
Интервал варьирования	0,25	0,25	0,02	0,07	0,25	50	50	0,2	0,1	10	50
Верхний уровень (+1)	3,5	2,2	0,1	0,22	1,0	550	1250	0,7	0,3	20	350
Нижний уровень (-1)	3,0	1,7	0,06	0,08	0,5	450	1150	0,3	0,1	0	250

Во время работы плавильных агрегатов кроме организованных нужно учитывать неорганизованные выделения за счет неплотностей технологического оборудования и некоторых операций производственного процесса (например, при выпуске расплавленного металла в изложницы, ковши и др.). Они составляют в среднем 40 % от массы веществ, выделяемых плавильными агрегатами. Поэтому для оценки количества организованных и неорганизо-

Считаем, что предложенный вариант планирования эксперимента по построению математической модели, связывающей количество выбросов в атмосферу вредных веществ от плавильных литейных печей с параметрами процесса плавки, можно будет применять при расчете вентиляции, реконструкции производства и расчете и согласовании предельно допустимых показателей выбросов.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Ващенко К. И., Шумихин В. С. Плавка и выпечная обработка чугуна для отливок. – Киев: Вища школа, 1992. – С. 220-221.
2. Юдашкин М. Я. Очистка газов в металлургии. – М.: Металлургия, 1976. – С. 346-347.
3. Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Пер. с англ. / Под ред. С. Калверта, Г. М. Инглунда. – М.: Металлургия, 1988. – С. 81.
4. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – С. 28-29.
5. Технические и экономические основы литейного производства / Под ред. В. М. Шестопала. – М.: Машиностроение, 1974. – С. 48-64.

### Анотація

Шалевська І. А., Гутько Ю. І.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин в ливарному виробництві

Розглянуто питання викиду забруднюючих речовин від ливарних плавильних печей, проведено аналіз діючих розрахунків викидів та запропоновано варіант математичного моделювання процесу, який можна використувати при розрахунках вентиляції, реконструкції виробництва та розрахунках і узгодженні гранично допустимих показників викидів.

### Ключові слова

плавильна піч, забруднюючі речовини, атмосфера, пил неорганічний, гази, аерозолі, оксид заліза, розрахунок викидів, математичне моделювання, вміст хімічних елементів, температура плавлення

### Summary

Shalevskaya I., Gut'ko Yu.

The calculation of contaminated substances in casting production

The problem of pollutants release from melting furnaces is considered. The analyze of existing blowouts of calculations was performed. The method of mathematical process' simulation is proposed. It is adapted to reconstruction, calculation and coordination of ventilation and maximum allowable indexes of blowouts.

### Keywords

melting furnace, contaminated substances, atmosphere, nonorganic dust, gases, aerosols, iron oxid, blowouts calculation, mathematical simulation, chemical elements content, melting temperature

Поступила 13.01.11

УДК 681.51.007.57:669.184

**В. С. Богушевский, Е. А. Сергеева, С. В. Жук**

Национальный политехнический институт «КПИ», Киев

## Динамическая модель управления температурным режимом конвертерной ванны

На основании теплового баланса разработана модель изменения температуры конвертерной плавки в процессе продувки. Проанализирована динамика отдельных составляющих баланса: расплавления лома, выгорания примесей, ввода охлаждающих и шлакообразующих добавок, тепловых потерь конвертера. Приведены зависимости изменения температуры от параметров дутьевого режима.

**Ключевые слова:** ванна, футеровка, плавка, кислород, температура, сталь