

УДК 621.74

**В. З. Тьднюк, Н. А. Тараненко**

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,  
Киев,  
Восточно-украинский национальный университет имени Владимира Даля,  
Луганск*

### **ПРОЦЕСС ВЫДЕЛЕНИЯ ГАЗА ПРИ ВСПЕНИВАНИИ ПОЛИСТИРОЛА И ИЗГОТОВЛЕНИИ ГАЗИФИЦИРУЕМЫХ МОДЕЛЕЙ**

Как известно, литье по выжигаемым (газифицированным) моделям (ЛГМ), также как и литье по выплавляемым моделям, выполняется в неразъемные формы, а модель удаляется путем выжигания в процессе заливки жидкого металла [1]. Промышленное применение ЛГМ фактически началось в 60-х годах прошлого века, но до сих пор не имеет развитой теоретической базы в виде физико-математических моделей.

После предварительного вспенивания гранул полистирола в горячей воде или паром, и последующей их обработки (высушивания), гранулы засыпаются в форму для изготовления модели и с помощью пара или другим методом (например, токами высокой частоты) происходит процесс окончательного вспенивания полистирола и спекания его гранул в пенополистироловую модель.

Качество отливок зависит от количества материалов после термодеструкции модели, т. е. от пористости пенополистироловой модели без ущерба ее основных прочностных свойств [2]. Поэтому важно приближенное физико-математическое описание процесса выделения газа в первой фазе вспенивания полистирола, а такое описание предваряет феноменологическая модель процесса. Построение такой модели и является основной целью работы.

При промышленном изготовлении гранулы полистирола для ЛГМ наполняются углеводородом пентаном (или изопентаном), который является вспенивающим фактором, и находится в связанном состоянии в гранулах. При вспенивании пентан переходит в летучее состояние и расширяется, вследствие чего расширяются и гранулы полистирола.

Состояние газа в каждой из гранул полистирола при вспенивании можно описать известным уравнением состояния идеального газа. Таким образом, объем газа будет зависеть от давления и массы газа, который выделяется при вспенивании. Сам полистирол при этом до начала процесса спекания и перехода в вязкотекучее состояние находится в высокоэластичном состоянии, которое характеризуется малым значением модуля упругости.

Приближенный анализ такой модели дает возможность полагать, что давление газа внутри гранул полистирола будет определяться лишь упругими постоянными полистирола в высокоэластичном состоянии. Т. е. конечная

пористость пенополистирола зависит, в основном, от процента содержания вспенивающего фактора. Средние же размеры пузырьков воздуха, толщина их стенок и прочностные характеристики пенополистирола в целом весьма зависят от характеристик и режимов процесса вспенивания.

Список литературы

1. В. М. Григорьев. Литье по выжигаемым моделям. – Хабаровск: изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2002. – 50 с.
2. В. С. Шуляк. Литье по газифицируемым моделям. – Санкт-Петербург: НПО «Профессионал», 2007. – 405 с.

УДК 621.74

**В. А. Усенко, В. Н. Ковшов, В. А. Петренко, Р. А. Куприков,  
С. Е. Сулименко**

*Национальная металлургическая академия Украины,  
Днепропетровск*

### **ВОПРОСЫ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ РАБОТЫ ВЕРХНЕЙ И НИЖНЕЙ ЗОН ДОМЕННОЙ ПЕЧИ**

Рациональное распределение шихты и газа возможно тогда, когда каждой единице обрабатываемого материала в любом поперечном сечении печи соответствует определенное количество газа. Установить это возможно, если известно количественное распределение физических свойств загруженной на колошнике шихты по радиусу печи. Кроме того, распределение газового потока в нижней части доменной печи, определяемое дутьевым режимом, значительно влияет на взаимораспределение шихты и газа в доменной печи. Поэтому необходимо определить газораспределение в нижней и верхней зонах.

В нижней зоне были проведены исследования распределения газового потока по поперечному сечению на физических моделях. В верхней зоне газораспределение зависит в основном от распределения железорудной шихты по радиусу колошника доменной печи.

Радиальное распределение толщины железорудного слоя  $h_a$ , определяющего газодинамику, может быть подсчитано на основе математической модели распределения шихты и выражено полиномом второй степени в общем виде

$$h_a = a_0 + a_1x + a_2x^2, \quad (1)$$

где:  $a_0, a_1, a_2$  – постоянные коэффициенты полинома,  $x$  – текущее значение радиуса колошника. Сегрегация шихты по радиусу может быть записана в соответствии с прежними исследованиями

$$d_i = b_0 + b_1 x, \quad (2)$$

где:  $b_0 = d_{cp} (1,12 - 0,073 H)$ ,  $b_1 = d_{cp} (0,23 H - 0,345)$ ,  $d_{cp}$  – средний размер шихты,  $H$  – уровень засыпи.

Неравномерное распределение порозности по радиусу выражено формулой

$$\varepsilon_i = (d_{cp} + \varepsilon_{cp} x) / (d_{cp} + x), \quad (3)$$

Подставим эти выражения в формулу скорости газа по радиусу  $V_{np}$  и получим неравномерное распределение скорости по радиусу колошника:

$$V_{np} = Q / S_{cp} \varepsilon_{cp} (h_{cp} d_i (d_{cp} + \varepsilon_{cp} x) / d_{cp} \varepsilon_{cp} h_a x) 0,5, \quad (4)$$

Здесь  $Q$  и  $S$  – количество колошникового газа и площадь поперечного сечения колошника.

Рассчитаем толщину слоя  $h_a$  по радиусу печи для систем загрузки ААКК↓, КАКА↓, КААК↓ и ККАА↓, как чаще всего применяемые на производстве, по адекватной модели, разработанной на кафедре металлургии чугуна НМетАУ, применительно к доменным печам полезного объема 2000 м<sup>3</sup>. Данные расчетов показывают, что прямые подачи подгружают поперечное сечение печи на расстоянии 0,05 - 0,40 радиуса колошника, считая от стенки, а подачи КААК↓ и КАКА↓ (промежуточные) – 0,20 - 0,75. На этих участках площади газовая нагрузка минимальна. Прямая подача недогружает участок радиуса 0,4 - 0,75, промежуточные – 0 - 0,2. Участок радиуса у оси печи от 0,75 - 1,0 недогружается исследованными порядками скипов, однако прямая подача может загрузить осевой участок при массе подачи более 30 т и уровне засыпи более 1,75 м. Выгодным отличием порядка скипов КАКА↓ от КААК↓ являются более высокие газовые нагрузки в центре и низкие в серединной части радиуса, объясняющиеся меньшей загрузкой оси печи железорудной составляющей.

Изменение массы подачи и уровня засыпи при прямой подаче мало влияют на колебание газовой нагрузки на периферии, но в центре, на участке (0,6 - 1,0)  $R_k$  от стены, она значительно увеличивается. Промежуточные системы загрузки мало откликаются на регулирующие воздействия массой подачи и уровнем засыпи, что позволяет увеличивать массу подачи при таких порядках скипов.

Для полного и более правильного анализа газодинамического режима

необходимо учитывать и перепад давлений в слое. Для его расчета воспользовались уравнением Жаворонкова, из которых видно, что потери давления газа при прохождении через слой, для прямого порядка скипов гораздо выше, причем с увеличением массы подачи и уровня засыпи перепад растет значительно в основном за счет перекрытия центра печи железорудными составляющими. Промежуточные системы загрузки меньше влияют на перепад давлений с изменением их массы и уровня засыпи.

Учитывая газораспределение и потери давления в каждом слое, определили общее газораспределение и потери давления для цикла подач. Суммарное расположение газовых нагрузок по циклу подач просчитаем исходя из условия аддитивности.

Таким образом, метод оценки загрузки печи, основанный на математической модели газодинамики верха доменной печи, позволяет выбрать наиболее рациональный цикл подач и учесть газораспределение в нижней зоне, которое обусловлено длиной циркуляционной зоны горения.

УДК 621.74.04

*Л. В. Усенко, С. И. Репях, О. В. Соценко*

*Национальная металлургическая академия Украины, Днепрпетровск*

### **О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ УДАЛЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ ОТЛИВОК, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ЛВМ**

Проблема повышения качества отливок из алюминиевых сплавов методом литья по выплавляемым моделям (ЛВМ) продолжает оставаться актуальной. Это обусловлено тем, что при использовании известных способов выбивки и удаления стержней на отливках образуются такие дефекты как повышенная шероховатость, царапины, «забои», «заоваленность» острых кромок и др. По-прежнему при использовании ЛВМ для производства отливок сложной конфигурации, имеющих внутренние полости, карманы и поднутрения, часто возникают затруднения из-за невозможности удаления остатков керамической оболочки и стержней из готовых отливок.

Для удаления стержней из внутренних полостей средне- и крупногабаритных отливок из цветных сплавов используют электрогидравлическую выбивку. Отливки ответственного назначения очищают в пескоструйных, гидроскоструйных, дробеметных и дробеструйных камерах, а также путём химико-термической, электрохимической обработки и др. Основными недостатками очистки отливок абразивными материалами - кварцевым песком, электрокорундом, карбидом кремния и др. - являются значительное пылеобразование и повышение шероховатости поверхности отливок из сплавов на