

ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ВАГРАНОЧНОГО ПРОЦЕССА

И. Ф. Селянин, А. В. Феоктистов, С. А. Бедарев
Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия

Основным топливом ваграночной плавки является литейный кокс. Однако все более остро становится проблема с его обеспечением в условиях постоянно увеличивающейся стоимости и ухудшения его качества.

Поиски альтернативного вида топлива ведутся давно. Все большее распространение в качестве топлива находит антрацит и тощие марки углей, однако его применение требует глубоких теоретических и практических исследований. Теплотворная способность этих углей выше, чем у кокса. Однако основным недостатком является их низкая термическая стойкость, вследствие чего они при быстром нагреве в вагранке и большом давлении столба шихтовых материалов растрескиваются, что приводит к уменьшению свободного сечения вагранки и к нарушению хода плавки.

Для проведения экспериментов по замене кокса на антрацит и тощие угли и исследования процесса плавки в лаборатории Сибирского Государственного индустриального университета был смонтирован лабораторный ваграночный комплекс, схема которого представлена на рисунке 1.

При выборе геометрических параметров вагранки были рассмотрены в сравнении основные параметры доменной печи и вагранки. На основании теории подобия были выведены основные геометрические размеры для лабораторных вагранок, представленные в таблице 1, где $D_в$ – внутренний диаметр вагранки, $H_в$ – полезная высота, $H_{хк}^л$ – высота холостой колоши, $h_{кз}^л$ – высота кислородной зоны, $D_к^л$ и $D_{ш}^л$ – размеры кусков кокса и шихты. Полный расчет всех параметров процесса приведен в работе [1].

Установка включает в себя вагранку (1) с внутренним диаметром 200 мм, вентилятор (2) высокого давления ВР120–28 с номинальной производительностью $Q = 4,5 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($P=400 \text{ мм вод. ст.}$) и рекуператор (3) высотой 1500 мм, способного подогревать дутье до 200°C .

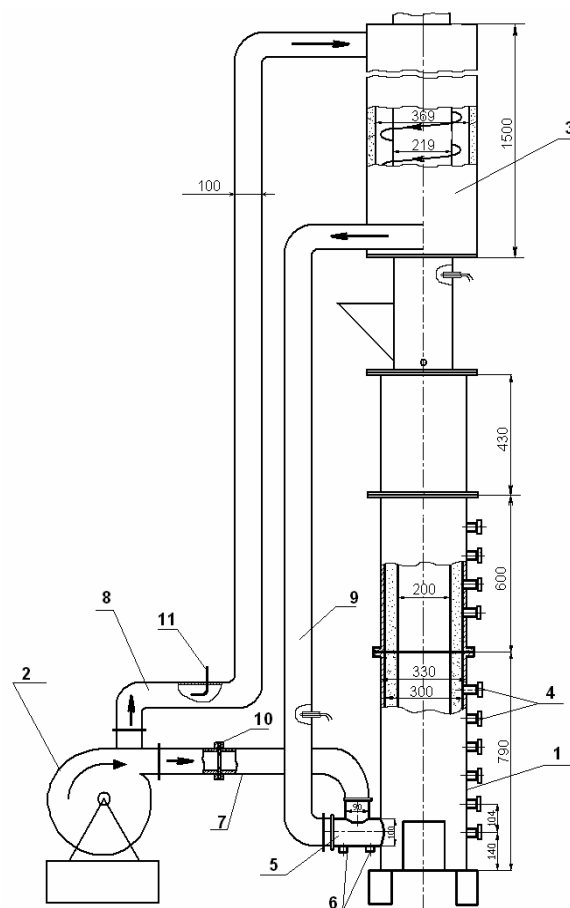


Рисунок 1 – Лабораторный комплекс

Таблица 1 – Основные геометрические параметры лабораторных вагранок

$D_в$, м	$H_в$, м	$H_{хк}^л$, м	$h_{кз}^л$, м	$D_к^л$, м	$D_{ш}^л$, м
0,20	2,2	0,601	0,175	0,03	0,0314
0,25	2,4	0,617	0,175	0,03	0,0366
0,30	2,6	0,633	0,175	0,03	0,0396
0,35	2,8	0,645	0,175	0,03	0,044

Требуемый напор вентилятора определяли по методике описанной в работе [2].

Начиная от уровня фурмы через каждые 104 мм установлены измерительные отверстия (4) для забора ваграночных газов через зонд газоанализатора **VarioPlus Industrial** фирмы **MRU GmbH** и измерения температуры поверхности топлива с помощью пирометра спектрального соотношения **C-3000.4**. Вагранка снабжена одной фурмой (5), которая в свою очередь является и камерой смешения, в которую через штуцеры (6) могут, в зависимости от плана эксперимента, подводиться баллонный кислород, природный газ и водяной пар. Воздух в фурму подается либо напрямую от вентилятора (2) через воздухопровод (7) – холодное дутье; либо по цепочке воздухопровод (8) – рекуператор (3) – воздухопровод (9) – подогретое дутье. Расход дутья измеряется с помощью диафрагмы (10) и трубы Пито (11), вмонтированных в воздухопроводы (7) и (8) соответственно.

Металлические колоши набирались из чугунного лома отопительных радиаторов марки СЧ-20. Добавлялся известняк в количестве 3–5 %. Расход топлива составлял 16–18 % от металлозавалки.

В начале были проведены плавки на антраците без подогрева дутья. Температура металла на выходе составляла $T_m=1180\text{--}1220\text{ }^{\circ}\text{C}$. С увеличением температуры дутья температура металла прогрессивно росла. Так при подогреве воздуха до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура металла уже находилась в пределах $T_m=1250\text{--}1270\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Наиболее оптимальные результаты были получены при следующих параметрах плавки: дутье подогревалось до температуры $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ и увлажнялось до содержания пара порядка 5%. Эксперименты показали, что большее увлажнение нецелесообразно, т. к. затраты на разложение водяного пара не компенсировались подогревом дутья и печь шла на захлаживание. Расход дутья составлял $1,75\text{--}1,80\text{ м}^3/(\text{м}^2\cdot\text{с})$.

Температура металла на выходе составляла $T_m=1350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура колошниковых газов в точке замера ниже завалочного окна составляла примерно $810\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Забор ваграночных газов для анализа его химического состава производился в пяти измерительных отверстиях начиная от уровня фурмы. В каждом измерительном отверстии газ забирался в 5 точек на одной оси через каждые 50 мм. Схема шахты вагранки с изображением точек отбора газа приведена на рисунке 2.

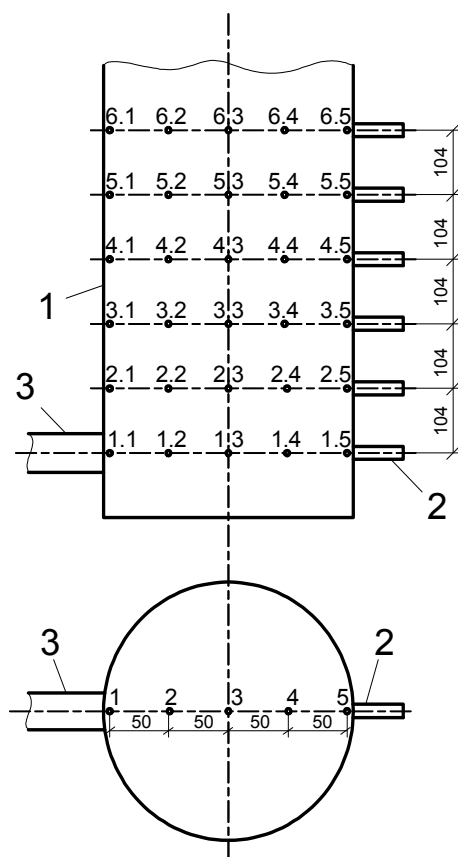


Рисунок 2 – Схема шахты вагранки с изображением точек отбора газа

По результатам газового анализа были построены графики, отображающие динамику газообразования в слое топлива по высоте холостой колоши. Состав газовой фазы в точках забора по центральной оси шахты вагранки при плавке с подогревом дутья до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ и увлажнением его до содержания пара в нем порядка 5 % приведен на рисунке 3.

Используя полученные данные были рассчитаны или косвенным путем определены основные технологические параметры плавки, такие как высота холостой колоши, длина кислородной зоны и др.

По результатам исследований был сделан основной вывод о возможности использования антрацита в качестве топлива для ваграночной плавки. Для этого необходимо подогревать и одновременно увлажнять дутье. Чем выше подогрев, тем выше температура металла на выходе. Оптимальные технологические параметры плавки достигались при максимально возможном для данного рекуператора подогреве дутья до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ и увлажнении его до 5 %, ход печи был ровным, температура металла на выходе составляла примерно $T_m=1350\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Содержание O₂, CO и CO₂

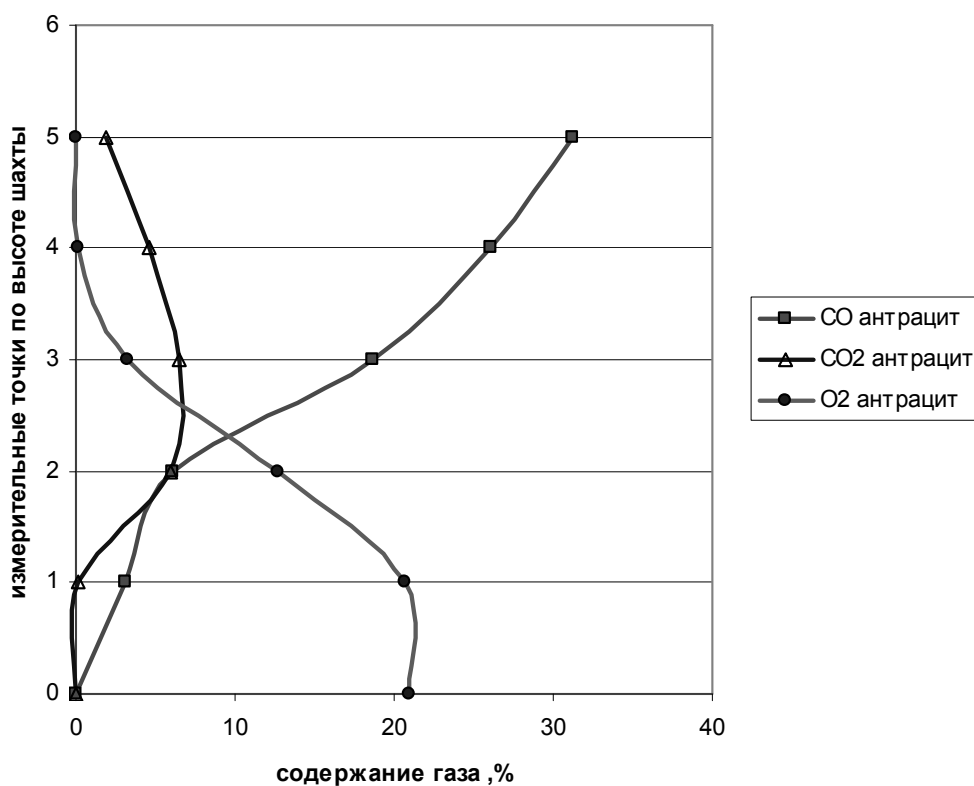


Рисунок 3 – Состав газовой фазы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селянин И. Ф. Геометрические размеры лабораторных вагранок, шихты и топлива / И. Ф. Селянин, А. В. Феоктистов, С.П. Мочалов, С. А. Бедарев // Заготовительные производства в машиностроении. – 2008. - № 4. – С. 10 – 11.

2. Феоктистов А. В. Определение номинальных характеристик воздухоудельных средств на стадии проектирования ваграночной установки / А. В. Феоктистов, И. Ф. Селянин, С. А. Бедарев и др. // Литейщик России. – 2010. - № 1. – С. 34 – 37.