

Complex Processing Technology of Ground Filtrational Waters of Solid Municipal Wastes

**Kashkovsky V.I.¹, Sinjakov U.B.²,
Gorbenko V.N.³, Valchuk D.G.²**

¹*Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry of NASU, Kiev*

²*Open JSK «Kievpestrans», Kiev*

³*The State Research-And-Production Corporation «Kiev Institute of Automatics», Kiev*
Complex processing technology for ground filtrational waters of solid municipal wastes is developed. Deep catalitical and oxidizing preliminary purification of filtrate is the key stage. It allows to easily regulate basic indexes of outflows quality. Purified water through bioplateau dump into environment after additional purification by membrane methods is provided. Several methods of concentrated precipitations from different stages of purification decontamination is developed.

Key words: complex processing, filtrational waters, solid municipal wastes ground.

Received July 17, 2009

Приборы и оборудование

УДК 662.99:621.78

Развитие многосопловых погружных горелок для плавильных барботажных печей (Обзор)

Олабин В.М., Максимук А.Б.

Институт газа НАН Украины, Киев

Описаны особенности создания и последующего совершенствования многосопловых горелок для погружного сжигания природного газа и получения минеральных расплавов в барботажных плавильных печах. Приведены примеры успешного применения этих горелок в химической промышленности и промышленности строительных материалов.

Ключевые слова: барботажные плавильные печи, многосопловые погружные горелки.

Описано особливості створення та наступного удосконалення багатосоплових пальників для зануреного спалювання природного газу і одержання мінеральних розплавів у барботажних плавильних печах. Наведено приклади успішного застосування цих пальників у хімічній промисловості та промисловості будівельних матеріалів.

Ключові слова: барботажні плавильні печі, багатосоплові занурені пальники.

Барботажные плавильные печи применяются в цветной и черной металлургии, производстве строительных материалов, а также для переработки различных промышленных и бытовых отходов [1–4].

Эти печи конструктивно отличаются друг от друга, но в основу заложен способ погружного сжигания топлива в расплаве. Первоочередным условием эффективной работы барботажных печей является наличие надежных горелочных устройств для сжигания топлива непосредственно в расплаве.

Горелки, применяемые в пламенных печах, не могут быть использованы для сжигания топлива непосредственно в слое расплавляемого материала из-за большого влияния на работу горелок жидкоподвижного расплава в ванне.

Для отопления барботажных плавильных печей используются выносные камеры горения, в которых происходит сжигание топлива, а в расплав подаются продукты горения [5]. По сути выносные камеры обеспечивают не погружное

сжигание топлива в расплаве, а продувку расплава высокотемпературными продуктами горения.

В барботажных процессах широко применяют фурменные устройства, но в плавильных печах, предназначенных для получения силикатных расплавов, они работают неудовлетворительно [6]. Это происходит из-за образования настывлей на входе смеси в расплав, в которых возникает пульсационное горение со взрывами и сильными гидравлическими ударами. В работе [7] на основе аналитического исследования процесса воспламенения газо-воздушной струи, вдуваемой через фурму в расплав, показано, что для реализации устойчивого погружного горения важное значение имеет длина начального участка, на котором происходит нагрев смеси до температуры воспламенения. Участок должен быть минимально коротким. Достичь этого можно за счет дробления вдуваемой смеси на мелкие струи, подогревом исходной смеси или стабилизацией пламени у места ввода горючей смеси в расплав.

В Институте газа НАН Украины разработан новый тип погружных горелок — многосопловые погружные горелки (МПГ) со щелевой камерой горения. Стабилизация пламени в этих горелках обеспечивается с помощью рециркуляционных зон, которые образуются в щелевидной камере горения встречными струями.

Один из первых вариантов МПГ показан на рис.1 [8]. Цельносварной металлический корпус 1, имеющий в сечении П-образную форму, образует щелевидную камеру горения 2. В боковых стенках камеры горения имеются сопловые планки 3 с отверстиями 4, расположенными попарно друг напротив друга. Внутри корпус образует распределительный канал 5 переменного по длине сечения, сообщающейся отверстиями 4 с камерой горения 2.

Газовоздушная горючая смесь из подводящего трубопровода попадает в коллектор 5, по которому движется с постоянной скоростью, распределяясь между двумя рядами отверстий 4. В камеру горения 2 смесь поступает отдельными струями, которые сталкиваясь при встрече, образуют два потока. Основной поток поворачивает к выходу из камеры, а другой поступает в тупиковую часть камеры — рециркуляционную зону 6, создавая постоянно действующие источники воспламенения.

После розжига горелки поступающая в рециркуляционные зоны смесь сгорает, а образовавшиеся продукты горения поджигают основную часть потока газовоздушной смеси.

Рециркуляционные зоны защищены стенками камеры горения от воздействий пульсирующего расплава, что способствует их надежной, устойчивой работе. Все элементы горелки, находящиеся в расплаве, охлаждаются водой. На наружную поверхность горелки и поверхность камеры горения для уменьшения теплопотерь с охлаждающей водой наносится огнеупорная обмазка, которая в процессе работы замещается гарнисажем.

Исследования работы МПГ показали, что на теплотехнические характеристики горелки большое влияние оказывают размеры рецирку-

ляционной зоны. От выбора ее размеров зависит максимальная нагрузка горелки и полнота горения газовоздушной смеси.

Так, например, нами проведены сравнительные испытания двух кольцевых горелок диаметром 1000 мм, отличающихся только размерами рециркуляционной зоны. Обе горелки работали с одинаковой нагрузкой (300 м³/ч газа), плавил одну шихту и погружались на равную глубину (400 мм). Для горелки с малой глубиной полости (30 мм) нагрузка оказалась выше допустимой, произошел вынос горения из полости, стабилизация нарушилась и вокруг горелки образовалась настывь, пронизанная холодными каналами.

Во второй горелке были изменены (по сравнению с первой) размеры рециркуляционной зоны: глубина увеличена до 60 мм, а ширина уменьшена с 60 до 40 мм. Горелка работала стабильно и успешно обеспечивала плавку. После окончания работы на горелке оставался только слой гарнисажа, полость была свободной. Горелка без дополнительной подготовки использовалась в следующих плавках [9].

Исследованиями определено влияние характеристик рециркуляционной зоны (ширины, глубины, диаметра сопловых отверстий, шага между отверстиями) на стабилизирующие свойства горелки и ее максимальную производительность.

Получена зависимость для определения объема зоны рециркуляции, при котором обеспечивается надежная стабилизация горения заданного максимального расхода горючей смеси через МПГ:

$$V_{з.р} = 0,4 G_{\max} / (170 + 0,11 \omega_0), \text{ дм}^3$$

где G_{\max} — максимальный расход смеси, м³/ч; ω_0 — скорость истечения смеси через сопловые отверстия, м/с.

Зависимость применима в следующих диапазонах геометрических параметров рециркуляционной зоны:

- диаметр сопловых отверстий $d = 6-12$ мм;
- шаг между отверстиями $S = 20-35$ мм;
- ширина зоны $b = 40-60$ мм;
- глубина зоны $h = 40-80$ мм.

Схема размещения МПГ в барботажной печи показана на рис.1. Расстояние от горелки до дна печи составляло около 200 мм. В таком положении камера горения надежно защищена от попадания в нее расплава.

Горелки испытывались на пилотных и опытно-промышленных барботажных печах. Они имели длину щелевой камеры от 0,5 м до 1,5 м, а кольцевые, погружаемые в расплав сверху, — 3 м.

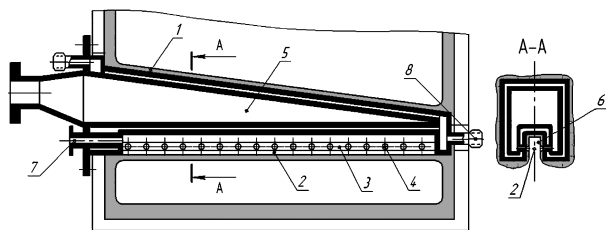


Рис.1. Многосопловая погружная горелка с щелевой камерой горения.

С помощью этих горелок были получены первые положительные результаты при отработке таких технологических процессов, как варка расплава для производства дорсила [10], термическое обесфторивание фосфатов для получения длительно действующих удобрений и кормовых добавок [11], варка стекла для производства стеклокристаллических изделий [12] и др.

Однако принятая схема размещения МПГ, когда корпус горелки находится в расплаве, характеризуется большими теплотерями (3–5 %). Кроме того, обнаружилось, что при эксплуатации МПГ более 4–7 мес металл наружной поверхности корпуса постепенно покрывался мелкими трещинами, которые со временем становились сквозными и выводили горелку из строя.

Чтобы минимизировать эти недостатки корпус горелки был вынесен из расплава. Для этого горелка была перевернута выходом из камеры горения вверх и вмонтирована в днище печи.

Этими горелками была оборудована опытно-промышленная печь, разработанная Институтом газа и построенная на Тульском опытном стекольном заводе Государственного института стекла. Впервые, благодаря варке стекла методом погружного сжигания газа в расплаве, освоено производство белого стеклокристаллического поризованного наполнителя асфальтобетона.

Впоследствии с помощью физического и математического моделирования были определены режимные и конструктивные параметры, при которых обеспечивается гидравлическая устойчивость работы камеры горения, когда она при расположении выходом вверх не заливается расплавом.

Использование в горелке предварительно подготовленной горючей смеси не всегда дает положительный результат, так как оказалось, что с повышением уровня расплава в ванне свыше 500–700 мм и особенно с применением подогретого воздуха работа горелок сопровождалась детонацией и проскоками пламени в распределительный короб горелки. Увеличение скорости истечения горючей смеси из сопловых отверстий камеры горения до 300 м/с не устранило этот недостаток [13].

В дальнейшем с целью предотвращения проскоков пламени в распределительный коллектор отказались от использования предварительно подготовленной горючей смеси. В конструкцию горелки внесен ряд изменений. Разработаны три новых модификации горелок.

В горелке [14] перемешивание газа с воздухом осуществляется непосредственно в камере горения. Такими горелками была оборудована газоэлектрическая печь на Пермском филиале государственного института прикладной химии. На этой печи отработана технология получения

фторида водорода пиролизом фторсодержащих силикатов [13].

В горелке [15] газ с воздухом смешиваются в сопле непосредственно перед камерой горения. Такое конструктивное решение позволило ускорить процесс смесеобразования и соответственно увеличить скорость горения в расплаве. Кроме того, в этих горелках может использоваться для горения воздух, нагретый до 600 °С и более. Эти горелки надежно и эффективно обеспечивали варку расплава в барботажных печах для производства минеральной ваты на Киевском комбинате стройиндустрии.

Наиболее надежной и простой в эксплуатации оказалась горелка [16]. Схема горелки представлена на рис.2. В этом конструктивном варианте процесс образования горючей смеси осуществляется в 2 этапа.

Первый этап включает предварительное, до подачи в горелку, смешение всего потока газа с одной частью (40–50 % общего объема) разделенного надвое потока воздуха с образованием первичной смеси негорючего состава, второй этап — перемешивание в камере горения полученной ранее первичной смеси с оставшейся частью воздуха. Поскольку в объемном отношении оба потока равны, то для их распределения по длине горелки применяют два одинаковых канала, которые образуются вертикальной продольной перегородкой в распределительном коробе горелки. В один из каналов подают «переобогащенную» газоздушную смесь, а в другой — воздух.

Таким образом, в камеру горения через встречно расположенные сопловые отверстия в ее боковых стенках поступает газоздушная смесь и воздух для окончательного перемешивания и воспламенения, а уже горящее пламя дувается в расплав.

Описанными горелками были оборудованы промышленные барботажные печи минераловатного производства ОАО «Киевский комбинат стройиндустрии» и ОАО «Березастройматериалы» в Беларуси. Горелки надежно обеспечивают получение расплава из шлако-базальтовой и

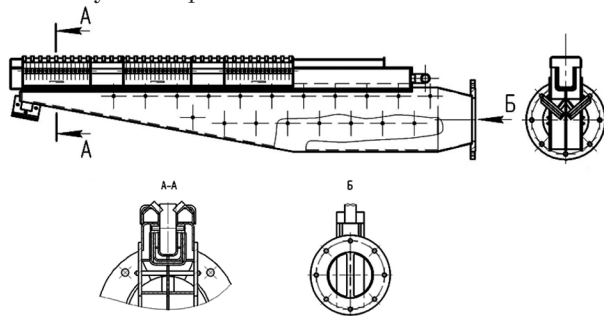


Рис.2. Усовершенствованная многосопловая погружная горелка.

базальто-доломитовой шихты. Они имеют длительный срок службы (более 5 лет). На каждой печи производительностью 2–2,8 т/ч расплава установлено по три горелки с расходом газа до 300 м³/ч. В горелках используется воздух, нагретый до 300–400 °С. Температура расплава на выходе из зоны плавления составляет 1300–1350 °С.

В Институте газа также разработаны многосопловые горелки с более интенсивным смешением и повышенной эффективностью использования газового топлива. Кроме того, благодаря изменениям в конструкции, значительно улучшены эксплуатационные характеристики и уменьшены потери тепла с наружной поверхности горелки [17].

Список литературы

1. Мечев В.В. Состояние и развитие автогенных технологий переработки сульфидных руд и концентратов в СССР и за рубежом // Цв. металлургия. — 1989. — № 4. — С.1–7.
2. Роменец В.А., Ветман Е.Ф., Сакир Н.Ф. Процесс жидкофазного восстановления // Изв. ВУЗов. Черная металлургия. — 1993. — № 7. — С. 9–19.
3. Гоберис С.Ю., Маразас В.М., Олабин В.М. и др. Опытный газовый плавильный агрегат для минераловатного производства // Строит. мат-лы. — 1976. — № 11. — С. 11–12.
4. Усачев А.Б., Роменец В.А., Чайкин Б.С. и др. Новая установка для переработки бытовых и промышленных отходов на базе металлургических технологий // Сталь. — 1995. — № 11. — С. 68–70.
5. Гречко А.В. Параметры дутья и отопительно-дутьевых устройств барботажных пирометаллургических агрегатов // Изв. ВУЗов. Цв. металлургия. — 1985. — № 2. — С. 60–66.
6. Гречко А.В., Иванов В.В. Совершенствование конструкции отопительно-дутьевых устройств для боковой продувки расплава // Там же. — 1992. — № 10. — С.13–17.
7. Олабин В.М., Пиоро Л.С. О воспламенении горючей смеси в расплаве / Теория и практика сжигания газа. — Л. : Недра, 1975. — С. 187–192.
8. Пиоро Л.С., Олабин В.М. Горелочное устройство для сжигания газа в расплаве // Строит. мат-лы. — 1969. — № 4. — С. 18–19.
9. Пиоро Л.С. Получение в шлаковозных ковшах расплавов с заданными свойствами // Там же. — 1967. — № 2. — С. 35–36.
10. Олабин В.М., Сергеев Ю.Н. Производство доменных сигналов конвертерным способом : Тез. докл. Всес. совещ. «Пути интенсификации процессов стекловарения и новые способы получения стекла», (Гомель, 29–31 октября 1974 г.). — М., 1974. — С. 41–42.
11. Пиоро Л.С., Оснач А.М., Олабин В.М. Получение плавящихся обесфторенных фосфатов в конвертерах // Хим. технология. — 1974. — № 5. — С. 3–6.
12. Пиоро Л.С., Олабин В.М., Оснач А.М., Михайленко В.Н. Конвертерная варка силикатных расплавов // Строит. мат-лы. — 1966. — № 8. — С. 33–36.
13. Олабин В.М., Устюгово Л.М. и др. Исследование пиролизного фторсодержащих силикатов в газоэлектрической печи с применением погружных горелок // Хим. технология. — 1979. — № 3. — С. 33–36.
14. А.с. 690242 СССР. МКИ F 23 D 14/38. Погружная горелка / В.М. Олабин, Л.С. Пиоро, А.С. Захаров и др. — Оpubл. 1979, Бюл. № 6.
15. А.с. 1137278 СССР. МКИ F 23 D 14/38. Погружная горелка / В.М. Олабин, Л.С.Пиоро, Я.А.Федоровский, А.А. Кишмышян. — Оpubл. 1985, Бюл. № 4.
16. Пат. 1148 Укр. МКІ⁵ СО 3 В 5/16. Спосіб опалення барботажних печей для одержання мінеральних розплавів та занурений пальник для його здійснення / В.М.Олабін, О.Б. Максимук, Л.С. Піоро. — Оpubл. 1993, Бюл. № 3.
17. Патент України на корисну модель № 40220. МКІ F 23 D 14/22, 14/38. Пальник для барботажної печі / О.Б. Максимук, В.М.Олабін, І.В.Нікітіна, Д.О. Максимук. — Оpubл. 2009, Бюл. №. 3

Поступила в редакцию 20.01.10

Evolution of Multinozzle Submerged Combustion Burners for Melting Bubble Furnaces (Review)

Olabin V.M., Maksymuk O.B.

The Gas Institute of NASU, Kiev

The features of design and further improvement of multinozzle burners for submerged combustion of natural gas and mineral melts obtaining in bubble furnaces are described. The examples the burners successful application in chemical and building materials industry are resulted.

Key words: bubble furnaces, multinozzle submerged combustion burners.

Received January 20, 2010