

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ИСПЫТАНИЯ ИНЖЕКЦИОННЫХ ГОРЕЛОК ДЛЯ ПЕЧИ ОБЖИГА АНОДОВ

А.А. Винтовкин¹, В.В. Деньгуб¹, В.Л. Каратаев²,
В.Д. Бортников², С.А. Марков³

¹ООО «НПФ «Горелочный центр» (г. Екатеринбург, Россия)

²ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической
теплотехники» (ОАО «ВНИИМТ»)
(г. Екатеринбург, Россия)

³СПб Политехнический университет, кафедра систем
и технологий управления
(г. Санкт-Петербург, Россия)

Описан начальный опыт разработки и испытания горелок для печи обжига анодов.

Ключевые слова: горелка, факел, контроль пламени, запальник, расход газа.

It described the initial experience in the development and testing of burners for anode baking furnace.

Keywords: torch, torch, flame control, pilot light, gas consumption.

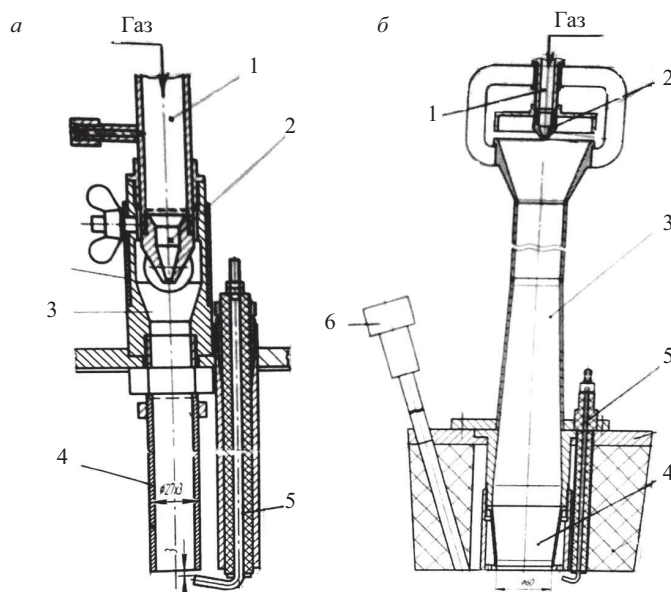
Печь типа (ОАО «Энергопром – Челябинский электродный завод») отапливается за счет сжигания летучих компонентов, выделяющихся из анодов при их спекании, и природным газом, который сжигается в отапливаемых простенках печи. Горелки устанавливаются в отверстия на своде простенков. В эти простенки нагнетается воздух, нагретый до 700–800 °С в зонах печи, в которых происходит охлаждение готовых изделий. Принцип работы горелок заключается в частичной инжекции вытекающей струей газа, воздуха из окружающей атмосферы и сжигание этой смеси в потоке высокотемпературного вторичного воздуха.

В связи с технологическим требованием иметь максимально длинный факел по всей высоте простенка с равномерной температурой сжигание газа должно происходить с минимальным подсосом холодного воздуха в смеси-тель в количестве, обеспечивающим только надежный розжиг и безотрывное горение.

По заданию Заказчика для печи разработаны инжекционные горелки ГПН-0,1, общий вид которых приведен на рисунке а, а техническая характеристика представлена в таблице.

Технические характеристики горелок ГПО

Параметр	Типоразмер	
	ГПО-0,1	ГПО-0,3
Тепловая мощность, кВт	110,0	300,0
Расход природного газа, м ³ /ч	10,0	30,0
Давление газа перед горелкой, кПа	80,0	80,0
Длина факела визуальная, м	1,0	1,5



Горелки печи обжига анодов:
a – ГПО-0,1; *б* – ГПО-0,3: 1 – подвод газа, 2 – сопло; 3 – смеситель; 4 – наконечник; 5 – электрод контроля розжига; 6 – датчик контроля пламени

Горелка имеет газоподводящий патрубков, на выходном торце которого соединенным со смесителем установлено газовое сопло. Смеситель имеет поворотные жалюзи для регулируемого подсоса атмосферного воздуха. Он установлен на горелочной плите и соединен с выхлопной трубой, которая входит в канал отверстия свода и обращена в сторону отапливаемого простенка печи.

На горелочной плите установлены электроискровое запальное устройство, патрубок с оптическим датчиком контроля пламени и смотровой патрубок.

Серия таких горелок испытана, сертифицирована и поставлена Заказчику.

Особенностью работы печи является периодическое перемешивание зоны огня в соответствии с периодами перемещения технологических зон: сушки, обжига, охлаждения.

Зона огня состоит из двух зон полного огня, стабилизирующих температурный режим на температуре обжига, заданной в диапазоне температур 1100–1250 °С, и 1-й зоны форсированного огня, обеспечивающей нагрев от 800 °С до температуры обжига в течение заданного темпа продвижения огня (24–36 ч).

На огневых позициях горелки могут работать в дискретном режиме по сигналам вкл/выкл от регуляторов АСУТП, либо в режиме регулировки подачи газа (ручной или автоматической). Во время операции перемещения технологических зон на один шаг относительно камер печи горелки отключаются, демонтируются с технологических позиций и устанавливаются на

опорную передвижную конструкцию (мост) в специальные крепления. Мост переставляется краном на следующую камеру печи. Периодические перестановки горелок приводят к рискам повреждения электродов, что требует чрезвычайно бережного отношения.

Обнаружено также, что при работе печи наблюдается вынос пыли из зон охлаждения анодов вместе с воздухом, который нагнетается в отапливаемые простенки. Эта пыль отлагается на изоляторе электрода розжига и является причиной в отказе искрообразования на рабочем конце электрода.

Вывод, который может быть сделан на основании полученного опыта работы горелок с электророзжигом, заключается в целесообразности изменения конструкции запальника в пользу применения пилотных мини-горелок для управляемого поджига основной горелки, при этом электрод пилотной горелки вынесен из зоны топки и надежно защищен благодаря конструкции свечи от паразитных разрядов. Стоит отметить, что при штатно проходящем режиме обжига в печи условия для саморозжига ($T > 800$ °С), подаваемого горелкой газа, обеспечиваются технологически. Однако для первого по ходу движения топочных газов горелочного моста в случае нарушения технологического режима условия саморозжига могут нарушаться, что может привести к опасным последствиям.

При освоении производства предприятию не удалось выйти на проектные показатели по производительности печи и качеству обжига электродов. Сложившееся состояние было объяснено недостаточной мощностью установленных горелок. Поэтому были разработаны более мощные горелки ГПО-0,3.

Горелка ГПО-0,3 (рисунок, б) имеет смеситель, аналогичный смесителю классических инжекционных горелок, но рассчитанный на меньший коэффициент инжекции первичного воздуха, и выходной наконечник со стройным кольцевым стабилизатором.

Однако увеличение мощности горелок не привело к положительным результатам.

Была выполнена оценка качества сжигания газа в одном из крайних греющих простенков на печи № 7 ЧЭЗ. Замерами определяли содержание в продуктах сгорания оксида углерода и кислорода с использованием индикаторных трубок по МВИ-1-06.

Замеры показали, что концентрация оксида углерода в четвертой горелке достигает 3 %, а воздуха, поступающего из камеры охлаждения печи, хватает только для полного сжигания газа в первых двух по ходу воздуха горелках.

Выявлено, что в зону горения поступает недостаточное для горения количество подогретого воздуха, часть которого уходит через открытые лючки зоны охлаждения, часть – через наружные стенки крайних греющих простенков. При этом несгоревший пиролизный газ частично догорает в неоттапливаемых зонах печи, частично выбрасывается в атмосферу, а частично конденсируется и отлагается в виде жидких фракций в газовом тракте печи, включая дымосос.

Отдавая себе отчет в том, что оперативно обеспечить газоплотность воздушного тракта печи не представляется возможным без остановки печи на капитальный ремонт, предприятием было предложено разработать инжек-

ционные горелки, обеспечивающие подсос воздуха в количестве, необходимом для полного сжигания газа в надежде на то, что это позволит при сохранении существующей схемы движения подогретого воздуха через простенок обеспечить также сжигание горючих газов, которые выделяются из электродов при их обжиге.

Кроме того, предложено, наряду с переводом горелок на режим полного предварительного смешения, обеспечить импульсный режим подачи газа с частотой включения отсечного клапана порядка 0,5–3 с.

Для экспериментальной проверки возможности работы инжекционной горелки в импульсном режиме был разработан опытный образец горелки тепловой мощностью 170 кВт, обеспечивающей полное сгорание топлива при коэффициенте избытка воздуха 1,05–1,1. Общий вид горелки соответствовал варианту, показанному на рисунке, б.

Испытания горелки проведены на аттестованном стенде ВНИИМТ, представляющем собой цилиндрическую камеру сгорания с теплоизоляцией. Внутренний диаметр камеры сгорания – 470 мм, длина камеры – 3200 мм. Горелка вместе с горелочным камнем, имитирующим конфигурацию свода реальной печи, была размещена с одного торца стенда, а с противоположно торца осуществлялся отвод дымовых газов в боров. Горелка устанавливалась горизонтально.

В процессе испытаний фиксировались:

- расходы, давления и температуры газа и воздуха;
- климатические параметры в помещении;
- температура внутри стабилизатора и за стабилизатором;
- состав и температура уходящих дымовых газов;
- разрежение в стенде и уровень шума в контрольных точках при работе горелки.

Для моделирования импульсной подачи газа на газопроводе перед горелкой был установлен шаровый кран, на вал которого через муфту был подсоединен двигатель, запитанный через лабораторный трансформатор. За один оборот шара происходит два включения – отключения, при этом давление перед горелкой меняется от максимального до нуля и снова до максимального.

В процессе работы горелки в таком режиме, особенно на высоких частотах вращения шара, давление газа перед соплом может не уменьшаться до нуля, так как участок от клапана до сопла является буферной емкостью, истечение газа из которой может происходить при полностью перекрытом сечении.

Выполнены две серии испытаний горелки при работе:

- в стационарном режиме;
- в импульсном режиме.

При работе в стационарном режиме горелка обеспечивала проектный расход газа при его давлении перед горелкой 0,74 кПа. При этом коэффициент расхода воздуха составлял 1,04, оксид углерода отсутствовал, а оксиды азота составляли 188 мг/м³.

Далее переходили на пульсационную подачу газа с большой частотой пульсаций и затем медленно уменьшали частоту пульсаций до 2,2 включений за секунду, проводя промежуточные замеры состава дымовых газов.

При этом коэффициент избытка воздуха незначительно нарастал в пределах 1,07–1,11, оксиды углерода отсутствовали, оксиды азота оставались на уровне 180 мг/м³.

Измерять давление газа перед горелкой и расход газа не представлялось возможным. По оценке давление составляло около половины от номинального, а расход около 0,7 от номинального, т.е. мощность горелки составляла порядка 120 кВт.

При уменьшении частоты пульсаций ниже 2,2 с происходил срыв горения.

Таким образом, экспериментально установлено, что никаких существенных улучшений в работе горелки при переводе ее из стационарного в пульсирующий режим подачи газа не происходит.

Более того, уменьшается максимальная мощность горелки, происходит срыв горения при уменьшении частоты пульсаций, появляются затруднения, при контроле параметров работы и наличия пламени.

Полученный опыт разработки и испытания горелок подтверждают правильность выбранного направления организации системы отопления печи, заключающийся в максимальном использовании для горения газа высокотемпературного воздуха и снижения до минимума подсоса из атмосферы холодного воздуха.

Это направление позволяет обеспечить максимальное снижение расхода топлива.

Дальнейшее направление работ должно быть сосредоточено на совершенствовании конструкций горелок для работы в высокотемпературном запыленном воздухе и на горении летучих компонентов, выделяющихся из анодов, которые до сих пор оставались без внимания.

Контактная информация

Данная статья опубликована в сборнике докладов международной научно-практической конференции «Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности», посвященной 95-летию основания кафедры ТИМ, УрФУ и 85-летию основания Научно-исследовательского института металлургической теплотехники ОАО «ВНИИМТ», прошедшей в Екатеринбурге 17–18 сентября 2015 г.

Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники (ОАО «ВНИИМТ») предлагает эффективные технологии переработки металлургического сырья и энергоэффективные печные агрегаты для металлургии и машиностроения.

Если Вас заинтересовала информация, представленная в данной статье Вы можете обратиться по следующим координатам.

ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники»
(ОАО «ВНИИМТ»)

620137, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Студенческая, д. 16

Генеральный директор

Зайнуллин Лик Анварович

Тел. +7 (343) 374-03-80

Факс.: +7 (343) 374-29-23

Email: aup@vniimt.ru

www.vniimt.ru

Министерство образования и науки Российской Федерации
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
Институт материаловедения и металлургии
Кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»

Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности

**Сборник докладов международной
научно-практической конференции
«Современные научные достижения металлургической
теплотехники и их реализация в промышленности»,
посвященной 95-летию основания кафедры ТИМ,
УрФУ и 85-летию основания ОАО «ВНИИМТ»**

Екатеринбург, 17–18 сентября 2015 г.



Екатеринбург
2015

УДК 669.04:004(06)
ББК 34.303-12я431(0)

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. **А.Н. Дмитриев** (гл. науч. сотр., Институт металлургии Уральского отделения РАН);

д-р техн. наук, проф. **Е.В. Торопов** (профессор кафедры «Промышленная теплоэнергетика», ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет))

С 56 Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности: Сборник докладов международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию основания кафедры ТИМ, УрФУ и 85-летию основания ОАО «ВНИИМТ» (Екатеринбург, 17–18 сентября 2015 г.); Под ред. Г.М. Дружинина, Л.А. Зайнуллина, В.В. Лаврова, Н.А. Спирина, Ю.Г. Ярошенко. – Екатеринбург, 2015. – 436 с.

ISBN 978-5-9907151-1-0

В сборник включены доклады, представленные на международной научно-практической конференции «Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности» (17–18 сентября 2015 г.), посвященной 95-летию основания кафедры «Теплофизика и информатика в металлургии», УрФУ и 85-летию основания НИИМТ ОАО «ВНИИМТ». Доклады отражают становление двух научных центров, организатором которых был видный металлург-теплотехник Н.Н. Доброхотов. Это становление двух коллективов – кафедры и института – прослеживается в докладах, отразивших результаты научно-исследовательских работ ученых вузов и НИИ, предприятий и организаций России, стран ближнего и дальнего зарубежья по современным проблемам металлургической теплотехники черной и цветной металлургии. Тематика докладов конференции отражает динамику сотрудничества кафедры УрФУ и НИИМТ ОАО «ВНИИМТ», достижения специалистов в области теплотехники агломерационного и доменного производства, теплотехники нагревательных печей для нагрева металла и агрегатов для термообработки. Отражены также методы и способы эффективного использования энергетических ресурсов, информационные технологии в металлургии, а также актуальные проблемы экологии и управления тепловыми режимами технологических агрегатов в металлургии, машиностроении, промышленности строительных материалов.

Материалы сборника представляют интерес для специалистов, занимающихся решением теплотехнических проблем в металлургии и других отраслях промышленности, а также могут быть полезны студентам высших учебных заведений.

УДК 669.04:004(06)
ББК 34.303-12я431(0)

Редакционная коллегия: д.т.н. Г.М. Дружинин, д.т.н. Л.А. Зайнуллин, д.т.н. В.В. Лавров, д.т.н. Н.А. Спирин, д.т.н. Ю.Г. Ярошенко.

Все статьи в номере опубликованы при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Постановление № 211, контракт № 02.А03.21.0006).

All the articles were financially supported by the Government of the Russian Federation (Act 211, contract no. 02.A03.21.0006).

Ответственность за содержание предоставленных материалов несут авторы докладов. Воспроизведение сборника или его части без ссылки на издателя запрещается.

ISBN 978-5-9907151-1-0

© Уральский федеральный университет, 2015
© Авторы статей, 2015