УДК 622.23.037.008

В.А.ВОРОНОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

РАЗРАБОТКА КОСТРУКЦИИ МИКРОДИФФУЗИОННОЙ ГОРЕЛКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Водоугольные суспензии (ВУС) по своим энергетическим характеристикам мало уступают таким видам топлива, как нефть, мазут и газ. Их сжигание характеризуется высокой экологической безопасностью, малой зольностью и высокой полнотой сгорания. Для эффективного сжигания такого вида топлива к горелочным устройствам должны быть предъявлены особые требования. Так, конструкция этих устройств должна предусматривать подвод не только самого топлива, но и специальные каналы для подачи воздуха как окислителя и распылителя и газа для воспламенения и поддержания горения в начальный период.

Приводится расчет основных величин, описывающих процесс горения топлива, основные геометрические параметры для проектирования горелки и обоснование конструктивных характеристик микродиффузионной газовой горелки для сжигания ВУС.

Coal-water slurries (CWS) are hardly inferior to such fuels as oil, black oil and gas in respect of their energy characteristics. But their burning is characterized with high level of environmental safety, low ash content and high combustion efficiency.

Torches for effective burning such fuel should meet special requirements. So, the design of these devices should not only provide fuel (CWS) injection, but also special channels for air feeding, acting both as oxidizer and spray, as well as channels for gas supply, for ignition and burning up-keeping in the initial period of operation.

The given piper presents calculation of basic values describing the process of fuel burning, the main geometrical parameters for torch designing and substantiation of constructional characteristics of a microdiffusion gas torch (MDGT) as applied for CWS burning.

Водоугольные суспензии (ВУС) – новый вид энергетического топлива, позволяющий повысить экологические показатели сжигания натуральных топлив в энергетических установках. Газификация ВУС – один из основных путей развития парогазовых установок на угле.

Водоугольная суспензия является экологически и экономически наиболее эффективным видом топлива, поскольку обеспечивает 100-процентную полноту сгорания наиболее дешевого твердого топлива и практически полное отсутствие токсичных компонентов в вентиляторных выбросах. Новая технологическая схема получения ВУС включает гидродинамическую мельницу нового поколения и гидроциклонное обогащение. Такая схема обеспечивает технически и экономически эффективный процесс получения высокостабильной суспензии из глубокоизмельченного угля практически любой марки и возможность обогащения процесса углем.

При горении жидкого топлива физическими стадиями процесса являются распыливание топлива, прогрев его, испарение и образование горючей смеси. В связи с этим при сжигании жидкого топлива возможны два случая.

1. Сжигание легкоиспаряющегося топлива, когда топливо заранее испаряется, смешивается с воздухом и горючая гомогенная смесь подается в камеру сгорания. В этом случае механизм и закономерности горения жидкого топлива ничем не отличаются от горения газообразного топлива.

2. Сжигание топлива в жидком состоянии. Такое сжигание применяют в случае

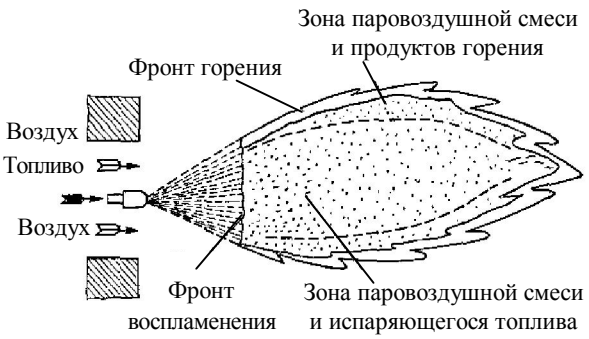


Рис.1. Структура факела жидкого топлива

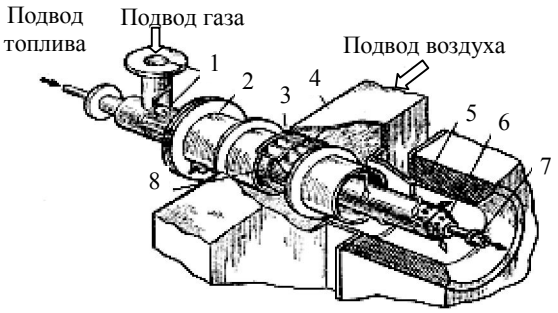


Рис.2. Горелка для сжигания мазута
1 – подвод газа; 2 – корпус горелки; 3 – завихритель;
4 – короб подвода воздуха; 5 – кирпичная кладка;
6 – отверстия выхода газа; 7 – мазутная форсунка;
8 – круглый шибер для регулирования

трудноиспаряющегося топлива (мазут, смолы, соляровое масло) в топках паровых котлов, в промышленных печах, в дизелях. В настоящее время не существует достаточно строгой теории горения топлива в жидком состоянии. Установлено, что горение жидкого топлива возможно только в паровой фазе, так как температура кипения жидкого топлива всегда ниже температуры самовоспламенения.

Воспламенение топлива происходит не сразу на выходе из форсунки, а на некотором расстоянии, там, где создается благоприятный состав смеси и достаточно высокая температура (рис.1). В том случае, когда обеспечивается турбулизация струи и ее закручивание, как и при сжигании газа, факел получается короткий, а сжигание более полное.

Если сжигается газовое или жидкое топливо (или газовое вместе с жидким), то топочная камера выполняется с горизонтальным или слегка наклонным подом. Тепловое напряжение топочного объема при сжигании газового и жидкого топлива одно и то же, поэтому в камерных топках для сжигания газа можно сжигать и ВУС. Форсунки для подачи и распыливания жидкого топлива, а также газовые горелки располагают фронтально, встречно или по углам топки.

По способу распыливания жидкого топлива форсунки делятся на механические, паровоздушные и комбинированные. Распыливание топлива в механических форсунках происходит под действием кинетической энергии струи самого мазута, вытекающего через сопловые отверстия в головке форсунки. В комбинированных форсунках топливо распыляется за счет совместного действия давления струи топлива и энергии распыливающей среды.

Для сжигания ВУС выбирают камерные топки смешанного типа, позволяющие подавать в горелку вместе с топливом газ для воспламенения и воздух. Сходное строение имеет горелка для сжигания мазута (рис.2).

Уголь донецкий марки Т характеризуется следующими параметрами:

$$C^{р} + H^{р} + S^{р} + N^{р} + O^{р} = 71{,}2\ \%;$$

$$\frac{m_{т.в}}{m_{т.в} + m_{в}} = 0{,}7,$$

где $m_{в}$ и $m_{т.в}$ – масса влаги и твердого вещества соответственно.

Сжигается водоугольная суспензия, содержащая элементы по рабочей массе: $C^{р} = 44\ \%$; $H^{р} = 2{,}17\ \%$; $S^{р} = 1{,}96\ \%$; $N^{р} = 0{,}63\ \%$; $O^{р} = 1{,}19\ \%$; $A^{р} = 20{,}05\ \%$; $W^{р} = 30{,}0\ \%$.

Определяем располагаемую теплоту $Q_{н}^{р}$, если температура подогрева $t_{Т} = 93$ °С и энтальпия пара, идущего на распыливание паровыми форсунками $i_{ф} = 3280$ кДж/(кг·к). Низшая теплота сгорания рабочей массы топлива $Q_{н}^{р} = 338C^{р} + 1025H^{р} - 108{,}5(O^{р} - S^{р}) - 25W^{р} = 338 \cdot 44 + 1025 - 2{,}17 - 108{,}5(1{,}7 - 1{,}96) - 25 \cdot 30 = 16374{,}46$ кДж/кг; КПД брутто $\eta_{ка}^{бр} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) = 100 - (7 + 0{,}5 + 1 + 1{,}3 + 0{,}4) = 89{,}8\ \%$.

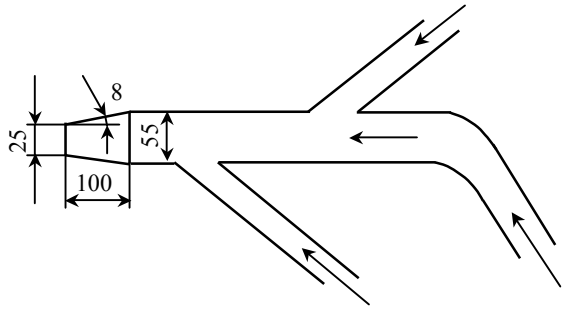


Рис.3. Предварительная схема горелки

Энтальпию пара находим по *TS*-диаграмме, как точку пересечения изобары $P = 0{,}1$ МПа и изотермы $t = 200$ °С: $i_{\text{пп}} = 3390$ кДж/кг. Энтальпию питателя ($i_{\text{пв}}$) и котловой воды ($i_{\text{кв}}$) находим по известной таблице: $i_{\text{пв}(t\,=\,150\ ^\circ\text{C})} = 632{,}2$ кДж/кг; $i_{\text{кв}(P\,=\,4\ \text{МПа})} = 1087{,}5$ кДж/кг.

Расчет условного топлива: $B_{\text{у}} = B\text{Э} = B\dfrac{Q^{\text{р}}_{\text{н}}}{29300} = 2{,}43\dfrac{16652{,}2}{29300} = 1{,}38$ кг/с, где B – расход топлива, Э – коэффициент пересчета на условное топливо.

Мощность процесса: $\text{N} = Q^{\text{р}}_{\text{н}} B_{\text{у}} = 16374{,}46 \cdot 1{,}38 = 22596{,}75$ кВт.

При проектировании горелки для ВУС за основу принимаем так называемое сопло Лаваля (рис.3).

Микродиффузионная (МД) технология сжигания топлива – это технология универсального назначения. Она наиболее эффективна среди применяемых сегодня в промышленности и теплоэнергетике. По сравнению с существующими горелками, в которых используется диффузионный механизм горения или частичное предварительное смешение, горелки, реализующие МД-технологию, позволяют улучшить все характеристики горения, а также технологические и экологические показатели объектов, в составе которых они эксплуатируются.

Микродиффузионные горелочные устройства (МДГГ) обеспечивают значительный положительный эффект при замене ими действующих горелок любых типов, особенно при использовании на новых объектах, так как их проектируют с максимальным учетом требований, предъявляемых к условиям их работы. Горелки МДГГ прямоточного типа. Они характеризуются пониженной массой, легкостью монтажа, простотой и надежностью эксплуатации, повышенным ресурсом работы, низким уровнем шума, широким диапазоном изменения нагрузки, полным сгоранием топлива при коэффициенте избытка воздуха в печи $a = 1{,}03$-$1{,}05$, коротким факелом.

Научный руководитель д.т.н. проф. *В.И.Александров*