УДК 662.951.2

П.В.ИВАНОВ, Ю.В.ШАРИКОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

Описаны исследования, направленные на повышение энергетического совершенствования топливосжигающих устройств, работающих на газообразном энергоносителе, с целью обеспечения объемного горения за счет предварительного смешения энергоносителя с воздухом и удержания горючих фракций на поверхности минеральных добавок за счет адгезии, что способствует повышению экономичности устройств и снижению вредных выбросов.

The article focuses on the investigation dedicated to perfecting of fuel-burning devices, processing gaseous energy carrier to provide volume burn in consequence of premixing of energy carrier with air and making burning factions stay afloat mineral additive agents in consequence of adhesion and rise of their efficiency and decrease of pollution.

В металлургических агрегатах одним из источников тепловой энергии, необходимой для проведения процессов, является сжигание природного газа. Для этого используют различные горелки, эффективность которых не всегда достаточна. В настоящее время в виду повышения цен на газ и использования в качестве энергоносителя различных газов, в том числе и попутного нефтяного газа, актуальными стали следующие проблемы:

- исследование основных стадий процессов сгорания газа, включая смешение и воспламенение;
- разработка детальной математической модели процесса сгорания;
- создание на ее основе методики расчета основных конструктивных параметров топливосжигающих устройств, обладающих достаточной гибкостью в отношении использования различных видов природного газа;
- обеспечение необходимых требований к параметрам процесса сгорания в агрегатах различного назначения (длина факела, угол раскрытия, температуры и т.д.).

Принципиальным недостатком существующих топливосжигающих устройств является раздельная подача горючего и окислителя в топочное пространство, с которой связаны несовершенство процессов смесеобразования и горения, неполнота сгорания и выбросы вредных веществ в атмосферу.

Устранить указанный недостаток может подача в топочное пространство так называемого однокомпонентного топлива, получаемого предварительным смешением в стехиометрическом соотношении горючего и окислителя в горелке.

Разрабатываемое горелочное устройство должно обеспечивать стабильное бессажевое сжигание неоднородного (смесевого) газообразного топлива и конденсата и отвечать следующим требованиям: полное сгорание газа; отрыв факела от горелки для исключения выгорания элементов конструкции и простота конструкции. Горелка (см. рисунок) состоит из струйного эжектора, который тангенциаль-

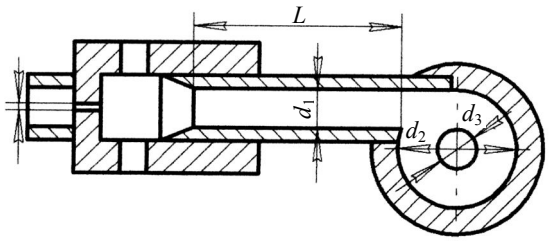


Схема центробежной горелки

d_1 – диаметр струйного эжектора; d_2 – диаметр центробежного эжектора; d_3 – диаметр приосевого отверстия; L – длина струйного эжектора

но присоединен к центробежному эжектору, в котором имеется приосевое отверстие для дополнительного подсоса воздуха, а также ввода в зону горения минеральных добавок. Форсуночное устройство предназначено для сжигания в атмосфере под давлением газовых смесей разнообразного состава (табл.1), а его размеры зависят от расхода газа (табл.2).

Расчет произведен для газа следующего состава, %: CH_4 52,940; C_2H_6 12,320; C_3H_8 10,660; C_4H_{10} 4,210; C_5H_{12} 0,940; H_2S 14,940. При расходе газа 72 000 м^3/сут результаты расчета следующие:

Расход кислорода, м^3/м	3,129
Расход воздуха, кг/с	13,456
Общий расход газовой смеси, кг/с	14,401
Выход SO_2, кг/с	0,361
Выход CO_2, кг/с	2,866

Таблица 1

Компоненты сжигаемого газа

Вещество	Плотность, кг/м^3	Молекулярная масса, кг/моль	Допустимый уровень выбросов
Метан	0,716	16	0
Этан	1,350	30	0
Пропан	2,019	44	0
Бутан	2,672	58	0
Пентан	3,216	72	0
Гексан	-	86	–
Сероводород	1,539	34	–
Водород	0,090	2	–
Кислород	1,470	32	–
Углекислый газ	1,95	44	–

Таблица 2

Размеры форсуночного устройства в зависимости от расхода газа

Расход, м^3/сут	Диаметр выходного сечения, м	Диаметр газового сопла, м	d_2, м	d_3, м
72000	0,51	0,049	1,614	0,484
80000	0,538	0,052	1,701	0,51
90000	0,571	0,055	1,805	0,54
100000	0,602	0,058	1,902	0,571
120000	0,659	0,064	2,084	0,625
150000	0,737	0,071	2,33	0,699
200000	0,851	0,082	2,69	0,807
300000	1,064	0,101	3,29	0,988

Аналитический расчет конструктивных характеристик горелки представлен в табл.3. Расчет велся для давления газа 0,01 МПа.

Для проверки аналитического расчета горелочного устройства была создана физическая модель горелки с диаметром газового сопла $d_c = 10^{-3}$ м и скоростью истечения газовоздушной смеси 50 м/с.

Эксперимент предусматривал испытание и анализ трех вариантов эжекторных форсуночных горелок: на базе струйного эжектора; на базе вихревого эжектора; на базе вихревого эжектора с добавкой в зону горения негорючих мелкодисперсных кремнесодержащих минералов размером до 100 мкм.

Таблица 3

Основные конструктивные характеристики горелки

Параметр	Скорость истечения газовоздушной смеси в атмосферу, м/с			
	20	30	40	50
Площадь струйного эжектора, м^2	$6{,}25\cdot10^{-5}$	$4{,}17\cdot10^{-5}$	$3{,}12\cdot10^{-5}$	$2{,}4\cdot10^{-5}$
Диаметр струйного эжектора, м	$9\cdot10^{-3}$	$7\cdot10^{-3}$	$6{,}00\cdot10^{-3}$	$5{,}6\cdot10^{-3}$
Длина струйного эжектора, м	$7{,}1\cdot10^{-2}$	$5{,}8\cdot10^{-2}$	$5{,}00\cdot10^{-2}$	$4{,}5\cdot10^{-2}$
Площадь центробежного эжектора, м^2	$6{,}2\cdot10^{-4}$	$4{,}17\cdot10^{-4}$	$3{,}12\cdot10^{-4}$	$2{,}4\cdot10^{-5}$
Диаметр центробежного эжектора, м	$2{,}8\cdot10^{-2}$	$2{,}3\cdot10^{-2}$	$2{,}00\cdot10^{-2}$	$1{,}8\cdot10^{-2}$

Выводы

1. Горелка, рассчитанная по описанной математической модели, обеспечивает предварительное смешение горючего газа с воздухом, в результате чего наблюдается бездымное объемное пламя в зоне горения, а также отрыв пламени от горелки, не допускающий выгорания элементов конструкции.

2. При недостаточном подсосе воздуха наблюдается неполнота сгорания топлива в зоне горения, в результате чего размер факела увеличивается и начинается сажеобразование.

3. При отсутствии подсоса воздуха через приосевое отверстие центробежного эжектора визуально наблюдается вращательное движение пламени и увеличение длины факела. При открытии отверстия вращательное движение пропадает, а объем пламени увеличивается.

4. При добавлении негорючих минеральных добавок визуально наблюдается усиление светимости и увеличение объема пламени, обусловленные адгезией горючих фракций на поверхности частиц, как более тяжелых, и влиянием центробежных сил, действующих на частицы минеральных добавок.