



The results of numerical modeling of heating operation of furnace of the metal high-speed jet heating are given.

И. А. ТРУСОВА, Д. В. МЕНДЕЛЕВ, П. Э. РАТНИКОВ, БНТУ

УДК 620.9:662.92

ВЫБОР ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЛИНКЕРА ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ ПЕЧАХ

В работах [1,2] отмечены основные требования, предъявляемые к пылеугольным горелкам, используемым во вращающихся печах, включающие полное сгорание топлива; широкий диапазон регулирования; минимальные вредные выбросы и низкие скорости истечения продуктов сгорания при входе в печь.

Последнее обстоятельство вызвано обеспечением минимального уноса пыли при обработке тонкодисперсного материала.

Наряду с общими требованиями к пылеугольным горелкам вращающихся печей такого класса предъявляются ряд специфических требований. Прежде всего, горелки должны обеспечивать состав и температуру газовой среды в объеме печи, необходимые условиям протекания процесса в слое.

При торцевом отоплении печей горелки в основном должны обеспечивать максимально возможную длину факела. При этом факел в отдельных случаях не должен касаться футеровки печи и обрабатываемого материала для исключения его спекания. Поэтому горелочные устройства должны позволять регулировать характеристики факела: длину, форму, положение в печи и т. д.

Поскольку все имеющиеся в энергетике пылеугольные горелки обеспечивают получение лишь короткого и широкого факела (максимальная длина 10–15 м), заполняющего весь объем топки [2], то применение подобных горелок во вращающихся печах цементной промышленности нецелесообразно, поскольку они не соответствуют в полной мере требованиям обжига клинкера.

Длина факела горелок при использовании природного газа составляет 20–45 м. Исходя из изложенных требований, по результатам анализа технической литературы установлено, что наиболее удовлетворяет указанным выше требованиям уни-

версальная горелка австрийской компании Unitherm-Cemcon системы M. A. S. (mono air-duct system), способная работать, как утверждают официальные производители, на любом органическом топливе (природный газ, низко- и высококалорийные угли и их пыли, древесные опилки, любые загрязненные масла и т. д.) (рис. 1). Рассматриваемая горелка имеет функцию регулируемой степени перемешивания пылеугольного топлива и первичного воздуха за счет применения гибкого устройства закрутки потоков, состоящего из бронированных шлангов. Закрутке может подвергаться также либо поток первичного воздуха, либо поток пылеугольного топлива. Последнее представляется более рациональным, так как поток воздуха выполняет не только функцию компонента горения, но и является средой для охлаждения корпуса горелки.

Таким образом, в связи с ростом стоимости природного газа наряду с решением главных задач – увеличением объема производства и снижением расхода энергоносителей использование подобного типа горелок в данных условиях является весьма перспективным для дальнейшего анализа и расчета.

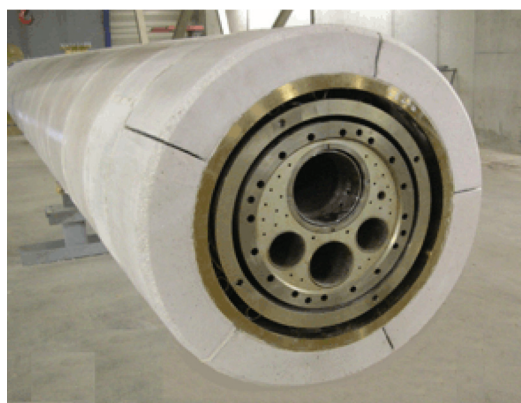


Рис. 1. Универсальная горелка Unitherm M. A. S.

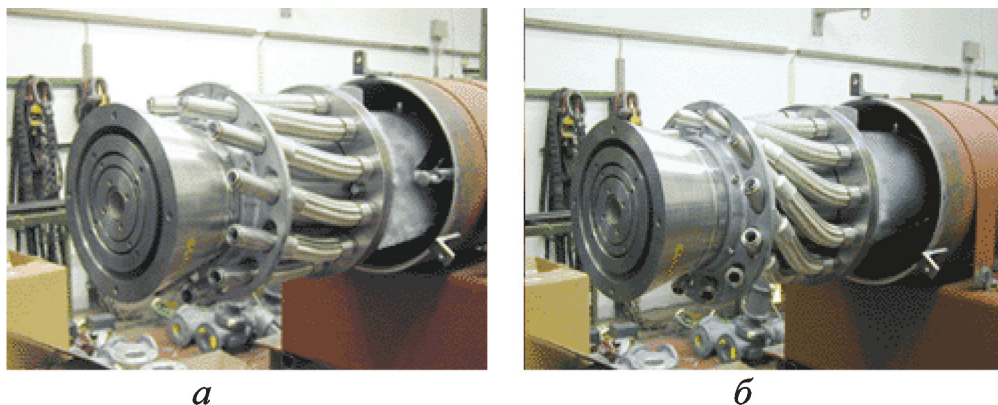


Рис. 2. Углы распыления за счет изгиба шлангов: *a* – 10° (положение регулятора 1,5) – максимальная длина пламени; *б* – 35° (положение регулятора 8, 4) – минимальная длина пламени

На рис. 2 приведены рекомендуемые углы отклонения шлангов специальной насадки для достижения различных длин факела. Регулировать углы можно с помощью специального регулятора, шкала на котором меняется от 1 до 9, а углы соответственно – от 0 до 40°.

На основе многостороннего анализа данных по универсальным горелочным устройствам, которые были разработаны и установлены на вращающихся печах разной производительности и размеров в цементной промышленности фирмой Unitherm-Semson, была создана номограмма по их выбору в зависимости от размеров печи (рис. 3).

Кривые на номограмме аппроксимированы полиномом 2-го порядка.

Методом анализа и всестороннего учета всех факторов, влияющих на выбор горелки, было получено выражение для расчета мощности подбираемой горелки:

$$M_{\Gamma} = \frac{P}{24 \cdot 3600} \frac{29,3\eta}{(1-AR) \cdot 0,0013T_2 \frac{L_0^B}{Q_H^P} + 1} \alpha,$$

где $\alpha = \alpha(LD)$ – эмпирическая полиномиальная зависимость от размера печи и горелки (рис. 3); P – производительность печи по клинкеру, т/сут;

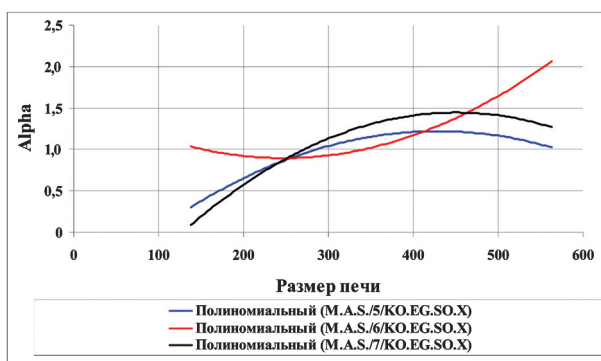


Рис. 3. Номограмма по выбору специального коэффициента для расчета мощности горелки

η – проектируемая энергоемкость печи, кг у. т./т клинкера. В качестве проектируемой энерго-емкости принимались мировые стандарты, находящиеся на уровне 130 кг у. т./т клинкера; T_2 – температура подогрева вторичного воздуха, °C; L_0^B – теоретически необходимый объем воздуха для горения твердого топлива, м³/кг [3]; Q_H^P – теплота сгорания твердого топлива, определяемая в соответствии с составом топлива по формуле Менделеева [3], МДж/м³; AR – доля первичного воздуха от суммарного (для горелок М. А. S. – максимальное значение $AR = 0,15$).

При выборе размера самой горелки (в названии горелки М. А. S. – это цифра) необходимо пользоваться следующей системой критериев, полученных аналитическим методом:

$$\begin{cases} ARv_1 = \frac{Q_H^P}{L_0^B} I_1, \\ X_{\text{см}} = \frac{d}{2\sqrt{n}ARm} \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}, \end{cases}$$

где v_1 – скорость истечения первичного воздуха, м/с; I_1 – удельный момент первичного воздуха, Н/МВт. Как правило, такой тип горелок проектируется с данным параметром в пределах 5–12 Н/МВт, однако, как утверждает сама фирма-производитель, достаточно иметь 5–8 Н/МВт; $X_{\text{см}}$ – длина зоны смешения, м; d – диаметр форсунки, через которую вдвигается пылеугольное топливо, м; n – количество форсунок (как правило, в таких горелках принимается равным 12–15); m – коэффициент смешения (как правило, принимается равным 0,14–0,17); T_1 – температура первичного воздуха (как правило, используется холодный воздух, для того чтобы охлаждать корпус горелки).

Таким образом, наиболее приемлемым вариантом использования пылеугольных горелок на предприятиях цементной промышленности Республики Беларусь являются универсальные горелки си-

ки Беларусь являются универсальные горелки системы М. А. S., расчет и выбор которых осуществляется согласно приведенной выше методике.

На предприятиях ОАО «Красносельскстройматериалы» и ПРУП «Белорусский цементный завод» установлены пять горелок системы М. А. S: 4 шт. – М. А. S./5/EG. X и 1 шт. – М. А. S./3/EG. SG (производитель Unitherm-Cemcon). Первый тип горелок работает на природном газе и вторичных отходах, второй тип – на природном газе и мазуте.

Энергоемкость производства цементной промышленности [4] на конец 2006 г. составила около 200 кг у. т./т, что является завышенным, учитывая показатели мировых стандартов (на уровне 130 кг у. т./т).

Для снижения приведенного выше показателя и увеличения объемов производства необходим перевод печей цементной промышленности на отопление пылеугольным топливом, осуществляя выбор универсальных горелочных устройств системы М. А. S. с помощью разработанной методики.

Литература

1. Винтовкин А. А., Ладыгичев М. Г., Гусовский В. Л. Горелочные устройства промышленных печей и топок: Справ. М., 1999.
2. Лисиенко В. Г., Шелоков Я. М., Ладыгичев М. Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология: Справ. изд.: В 2-х кн. Кн. 2. М.: Теплотехник, 2004.
3. Metallurgические печи. Теория и расчеты: Учеб. В 2-х т. Т. 1 / Под общ. ред. В. И. Тимошпольского, В. И. Губинского. Мн.: Белорусская наука, 2007.
4. Экономическая газета. Вып. № 59(1078) от 10.08.2007 г.