

УДК 622.232.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОТЛОАГРЕГАТА С ТОПКАМИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КИПЯЩЕГО СЛОЯ

Батурин Д. С., студент; Гавриленко Б. В., профессор, к.т.н.

(ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», г. Донецк, ДНР)

Котлоагрегаты с топками низкотемпературного кипящего слоя (НТКС) предназначены для покрытия отопительных нагрузок и рассчитаны на переменный тепловой режим работы [1]. Применение технологических установок НТКС позволяет сжигать с приемлемым к.п.д. низкокачественные высокозольные угли, в том числе и при пониженных тепловых нагрузках.

Регулирование тепловой производительности котлоагрегата с топкой НТКС реализуется изменением расходов твердого топлива и воздуха, подаваемых в топочное пространство.

Методы регулирования тепловой производительности, предусматривающие позонное осаждение слоя с выделением зон индивидуального ввода дутья и подачу в слой пара (воды) для увеличения отбора тепла требуют существенной реконструкции технологической схемы котлоагрегата и применяются в котлах, работающих в течение длительного времени с фиксированной тепловой нагрузкой.

Регулирование производительности котлоагрегата путем изменения подачи твердого топлива ограничено узким диапазоном рабочих температур кипящего слоя $T_{сл}$. При снижении $T_{сл}$ ниже 700°C резко понижается степень выгорания топлива и интенсивность горения, при $T_{сл}$ выше 950°C возникает угроза шлакования топки. Поэтому степень регулирования по расходу твердого топлива в области рабочих температур 700°C - 950°C ведет к регулированию теплового потока на 20%.

Обычно этот метод используется при регулировании тепловой нагрузки котлов малой мощности, используемых в шахтных котельных. Условием применения метода с максимальным КПД является поддержание в топке избытка воздуха, соответствующего минимальному значению тепловых потерь, что не осуществляется при работе существующих в данный момент котлоагрегатов

Регулирование скорости оживающего воздуха приводит к соответствующим изменениям порозности и высоты КС. При этом из-за больших значений коэффициентов теплоотдачи слоя существенно изменяется тепловая нагрузка котла. При снижении скорости оживающего воздуха и соответствующем уменьшении подачи топлива возможна работа в диапазоне 50-100% номинальной теплопроизводительности. В этом случае для качественного регулирования величины тепловой производительности необходимо учитывать зависимости степени расширения НТКС, расслоения и уноса.

Из двух методов предпочтительным является изменение подачи твердого топлива, однако, требуется точное регулирование производительности забрасывателя топлива для исключения коржевания в топочном пространстве. Изменение подачи топлива при неизменном коэффициенте избытка воздуха не позволяет получить широкий диапазон

регулирования тепловой нагрузки, а его комбинация с изменением скорости оживающего воздуха позволяет устранить этот недостаток.

На величину тепловой производительности влияет теплота сгорания угля, в которой величина зольности изменяется в достаточно широком диапазоне. Важным условием регулирования тепловой производительности котлоагрегата является постоянство температуры и высоты кипящего слоя.

Регулирование и стабилизация температуры слоя в интервале 850...950°C для топок с НТКС является основным условием технологического процесса сжигания угля. При повышении температуры слоя выше 950°C происходит размягчение золы и зашлаковка топки, а при понижении температуры слоя до 700°C возможно прекращение горения топлива [2].

Превышение уровня кипящего слоя выше граничного значения приводит к уносу частиц угля из топки, зашлаковке дымохода, повышению выброса вредных веществ в атмосферу, недожогу и перерасходу сжигаемого топлива. При полном осаждении кипящего слоя не догоревшие частицы угля спекаются и происходит их коржевание на воздухораспределительной решетке.

На выбор критерия управления уровня кипящего слоя влияет характер горения применяемого топлива. Регулирование высоты кипящего слоя осуществляется выгрузкой золы из топочного пространства по величине потерь напора в подрешеточном пространстве; по температуре в нижней части подрешеточной полости или путем изменения расхода дутьевого воздуха.

При сжигании углей с низкой зольностью прирост уровня слоя незначительный, а удаление золы происходит малыми порциями, через большие промежутки времени. При этом любые изменения в количестве подаваемого на горение топлива влияют на температуру слоя. В местах скопления излишков горящего материала возможно повышение температуры до начала размягчения, что приводит к появлению шлаковых образований. Выгрузка золы в этом случае осуществляется по перепаду давления в слое.

Для углей со значительным выходом летучих процесс горения сопровождается резкими колебаниями по давлению и разрежению в топочном пространстве. В этом случае предпочтительнее осуществлять регулирование уровня кипящего слоя по перепаду температуры в слое и под слоем.

Для топок с постоянным поперечным сечением поток энергии, Вт [2]:

$$E = v \cdot f_c \cdot \Delta P, \quad (1)$$

где v - скорость начала псевдооживления, м/с;

f_c - площадь поперечного сечения слоя, м²;

ΔP - потери давления при движении воздуха через псевдооживленный слой (гидравлическое сопротивление слоя), Па.

Основным условием перехода слоя в псевдооживленное состояние с полем сил тяжести является уравнивание частиц слоя напором восходящего потока. Величина ΔP является определяющей при выборе дутьевого вентилятора. Фактические значения потери давления ΔP обычно на 10-15% меньше расчётных значений, из-за недостаточно полного псевдооживления материала в слое и возможного каналообразования.

При неизменной по высоте кипящего слоя H порозности слоя ε потери давления ΔP определяются из выражения:

$$\Delta P = \gamma_{\varepsilon} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot H, \quad (2)$$

где $\gamma_{\varepsilon} = \gamma_t - \gamma$ - эффективный удельный вес частиц, Н/м²;

γ_t, γ - удельный вес соответственно твёрдых частиц и оживающего агента, Н/м³.

При оживлении воздухом $\gamma_t \gg \gamma_v$ и $\gamma_{\varepsilon} \approx \gamma_t$;

γ_v - удельный вес воздуха;

ε - порозность слоя.

Порозность псевдоожигенного слоя ε и его высота H при заданной скорости газового потока однородного слоя определяются из выражений:

$$\varepsilon = \left(\frac{18\text{Re} + 0,36\text{Re}^2}{Ar} \right)^{0,21}, \quad (3)$$

$$H = H_0 \frac{1 - \varepsilon_0}{1 - \varepsilon}, \quad (4)$$

где ε_0 - порозность неподвижного слоя;

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_n}{\rho_T};$$

ρ_n - насыпная плотность слоя; Re – критерий Рейнольдса; $Ar = (gd^3/v^2)[(\rho_m - \rho_g)/\rho_g]$ - критерий Архимеда; d - средний диаметр частиц; ρ_m и ρ_g - плотность газа и твердых частиц;

v - кинематический коэффициент вязкости газа, для предельной скорости псевдоожигения.

С увеличением скорости ожигающего воздуха одновременно возрастают H и ε . Вместе с тем, произведение $(1-\varepsilon)H$ в выражении (2) при постоянной площади поперечного сечения слоя f_c и эффективной массе псевдоожигаемого материала остается неизменным. Поэтому выражение (2) справедливо также для слоя в момент его перехода в псевдоожигенное состояние:

$$\Delta P = \gamma_{\varepsilon} \cdot (1 - \varepsilon_0) \cdot H_0, \quad (5)$$

где H_0 - высота неподвижного слоя;

ε_0 - порозность неподвижного слоя.

Эффективная насыпная плотность материала слоя $\gamma_{\varepsilon} = \gamma_0(1 - \varepsilon_0)$ и высота неподвижного слоя позволяют определить потери напора в слое и контролировать его уровень.

Процесс сжигания твердого топлива в кипящем слое требует постоянного поддержания и регулирования в заданных пределах таких технологических параметров, как температура и высота слоя, объемный расход дутьевого воздуха, разрежение в дымоходе. Для этих целей в настоящее время применяется аппаратура автоматизации котла с НТКС системы «Контур-2», которая включает в себя четыре независимых контура регулирования и регулирующие приборы Р-29. Регулирование высоты слоя по расходу воздуха осуществляется выгрузкой золы из топки (контур «Тяга»). Измерение высоты кипящего слоя для поддержания ее на заданном уровне осуществляется косвенно и основано на повышении давления воздуха перед топкой в зависимости от аэродинамического сопротивления кипящего слоя, определенного его высотой. При этом своевременное удаление золы золоудалителем обеспечивает необходимую высоту слоя. Так как уровень кипящего слоя зависит не только от скорости ожигающего воздуха но и от количества забрасываемого в топку топлива и удаляемой из топки золы, то требуется взаимосвязанное регулирование по отдельным контурам, что ограничено функциональными возможностями аппаратуры автоматизации «Контур-2».

Взаимосвязанное регулирование и стабилизация уровня кипящего слоя в заданном технологическими параметрами диапазоне значений позволит повысить эффективность сжигания низкосортного угля в топках НТКС.

Перечень ссылок

1. Сжигание угля в кипящем слое и утилизация его отходов/ Ж. В. Вискин, В.И. Шелудченко и др. – Донецк: «Типография новы мир», 1997. – 284 с.
2. Сжигание топлива в псевдоожигенном слое. Махорин К. Е. Хинкис П. А. . АН УССР. Ин-т газа. Киев: Наук. думка. 1989. – 200 с.
3. Расчеты аппаратов кипящего слоя: Справочник/ под ред. И.П. Мухленова, Б.С. Сажина, В.Ф.Фролова.- Л.: Химия, 1986. – 352с.