

УДК 621.181.19

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ЗАНОСА ОТЛОЖЕНИЯМИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА В КОТЛЕ
DETERMINATION OF FACTORS OF CARRIAGE BY DEPOSITS OF HEATING SURFACES DURING FUEL COMBUSTION IN A BOILER

Г. В. Алимов, П. А. Болбас, А. Д. Яковенко

Научный руководитель – Н. Б. Карницкий, д.т.н., профессор
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
tes@bntu.by

G. Alimov, P. Bolbas, A. Yakovenko

Supervisor – N. Karnitsky, Doctor of technical sciences, Professor
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: в статье рассматривается занос отложениями при сжигании мазута в котле.

Abstract: the article discusses the drift of deposits during the combustion of fuel oil in a boiler.

Ключевые слова: отложения, топливо, аутогезия, сжигание.

Keywords: deposits, fuel, autohesion, combustion.

Введение

Известно, что процессы коррозии взаимосвязаны с заносом поверхностей нагрева. При сжигании энергетических топлив на поверхностях нагрева образуются отложения, которые вследствие снижения тепловосприятости этих поверхностей приводят к росту температуры уходящих газов, увеличению аэродинамического сопротивления элементов из-за уменьшения проходных сечений, что влечет за собой снижение производительности.

При соприкосновении летящей золовой частицы с поверхностью нагрева на нее одновременно действуют силы, стремящиеся как удержать, так и оторвать ее. К первым относятся силы адгезии, а также аэродинамические силы прямого набегания потока. К отрывающим частицу факторам относятся аэродинамические и гравитационные силы.

Основная часть

Следует отметить, что из-за отсутствия изнашивающих фракций в летучей золе мазута вследствие малых размеров частиц и их высокой пластичности, относительная доля осаждающейся летучей золы при сжигании мазута значительно выше, нежели при сжигании иных топлив [1].

Основными факторами, определяющими образование связанных отложений, являются: минералогический состав топлива, уровень температур, скорость нагрева и длительность пребывания частиц в зоне высоких температур, протекание физико-химических процессов.

Существуют два фактора, обуславливающие структуру наружных отложений: коррозия на поверхности нагрева и попадание золовых и сажистых частиц на увлажненную серной кислотой поверхность. Наличие этих факторов обу-

славливает двухслойную структуру отложений, причем внутренний слой защищен продуктами коррозии, а внешний, рыхлый содержит в основном золу и сажу, а также свободную серную кислоту. Таким образом внутренний слой играет своего рода роль барьера для молекул серной кислоты.

Автор [2] отмечает, что в развитии процесса коррозии решающую роль играют рыхлые отложения, которые обладая высокой гигроскопичностью, обеспечивают повышенный массообмен и приток паров серной кислоты к поверхности нагрева. Кроме того, в самих отложениях имеются окислы таких металлов, как ванадий, никель являющихся хорошими катализаторами. Поэтому регулярная очистка поверхностей от отложений является действенным средством против коррозии, что не всегда выполняется в практике эксплуатации котла. В отдельных случаях котлы даже не оборудованы средствами периодической очистки и очищаются лишь в период остановов для проведения ремонтов.

Образование липких отложений зависит от ряда причин. Одной из них является конденсация паров легкоплавких соединений, десублимация некоторых элементов минеральной части мазута на конструктивных поверхностях нагрева. При горении мазута некоторая часть компонентов золы испаряется и конденсируется затем по ходу движения на относительно холодных поверхностях нагрева. Первичные отложения обычно липкие, создают условия для осаждения на них частицы золы, кокса и сажи, причем между компонентами отложений и между металлом и отложениями происходят сложные физико-химические превращения. Эти процессы, как правило, сопровождаются коррозией металла, разъеданием обмуровки, которые в свою очередь содействуют образованию плотных отложений, распространяющихся по газовому тракту котла вплоть до воздухоподогревателя.

Большая часть золы мазута состоит из легкоплавких соединений натрия, ванадия и серы, поэтому образование отложений определяется главным образом этими соединениями.

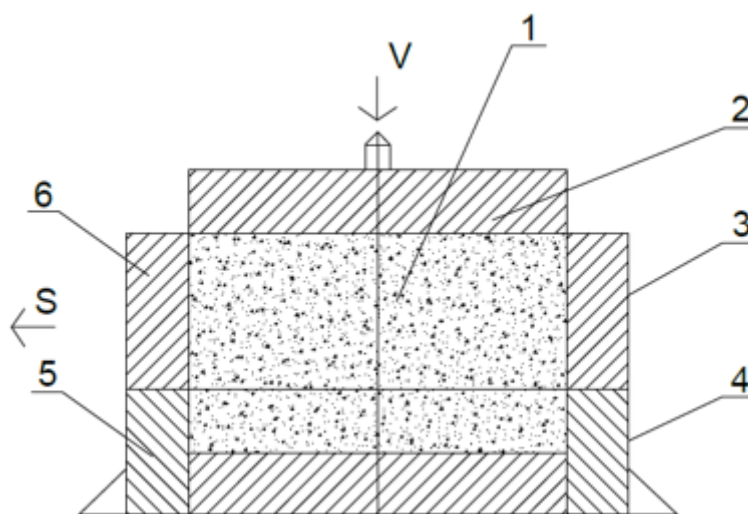


Рисунок 1 – Схема модернизированного прибора Дженике для испытания проб отложений на прямой сдвиг:

1 – исследуемая проба; 2 – уплотняющая крышка; 3, 4 – тензодатчики; 5 – неподвижная часть прибора; 6 – подвижная часть прибора

Сведения о фактическом значении аутогезии и прочности отложений в настоящее время можно получить лишь экспериментальным путем.

Испытания проб на прямой сдвиг проводилось с использованием модернизированного прибора Дженике с усовершенствованным измерительным устройством (рис. 1). Исследуемая проба (1) засыпается в элемент сдвига. Уплотнение создается с помощью грузов посредством крышки (2).

Усилие в горизонтальной плоскости S создается через систему электродвигатель – рамка с тензодатчиками: 3 – блок и 4 – верхняя часть элемента сдвига. Усилие прикладывается до тех пор, пока не произойдет сдвиг верхней части 6 относительно нижней 5. Удельная аутогезионная прочность пылей при прямом сдвиге определяется при предварительной удельной уплотняющей нагрузке $G_y = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ в интервале температур 293-673 К.

Расчетное значение коэффициента внутреннего трения $\text{tg } \phi$ определяется путем построения круга Мора по максимальным значениям силовых и нормальных напряжений (нагрузки). В этом случае $\text{tg } \phi$ определяется в точке касания этого круга с экспериментально полученной кривой предела текучести.

Расчетное значение начального сопротивления сдвигу $\tau_0^{\text{расч}}$ определяется также путем построения, причем в этом случае проводится касательная в точке касания наибольшего из кругов Мора с линией предела текучести и отрезок, отсекаемый ею на оси ординат, определяет величину $\tau_0^{\text{расч}}$

Экспериментальное значение начального сопротивления сдвигу $\tau_0^{\text{расч}}$ определяется при отсутствии уплотнения из зависимости $\varepsilon = f(G)$.

Испытание на разрыв осуществлялось прибором НИИОГАЗ (рис. 2).

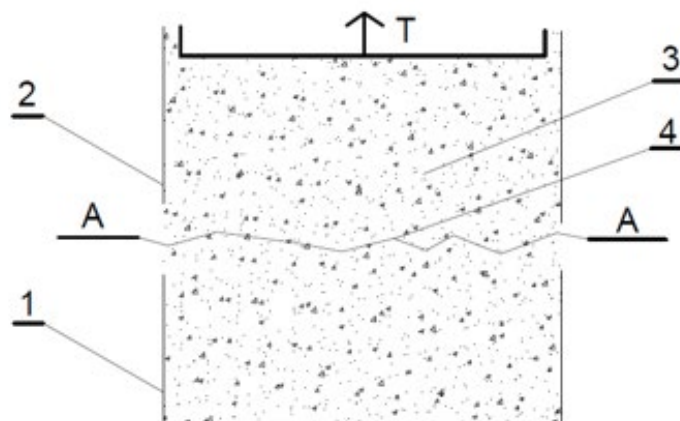


Рисунок 2 – Схема прибора конструкции НИИОГАЗ для испытания проб отложений на разрыв:

- 1 – неподвижная часть цилиндра; 2 – подвижная часть цилиндра; 3 – проба отложений;
- 4 – плоскость разрыва

В работе учитывались оба показателя, т. е. удельное сопротивление сдвигу и удельное сопротивление на разрыв.

Учитывая наличие в отложениях горючих составляющих, получение прочностных характеристик от температуры не представляется возможным, поэтому

все характеристики получены при температуре проб 293 К. Достоверность полученных таким образом результатов подтверждается в работе [3], несмотря на то, что в теории полностью повторить реальные условия, в которых находятся отложения, не удастся. Полученные экспериментальные данные позволяют все же провести сравнительный анализ наружных отложений по их прочностным качествам.

С понижением температуры аутогезионные характеристики пылей уменьшаются. Это подтвердили исследования отложений на трубных выносных кубах воздухоподогревателя котла БКЗ-160-100. Анализ на разрыв указывает, что отложения отнесены к 2-ой группе слипаемости. Сдвиговые характеристики следующие: $\text{tg } \phi = 0,68$; $\tau_0^{\text{эксп}} = 1020 \text{ Па}$; $\tau_0^{\text{расч}} = 2340 \text{ Па}$. Последние две величины обычно для слипающихся пылей. Химсостав отложений на этой поверхности нагрева показал следующую картину: содержание NiO составило 11 %, SO₄ 13 %, а количество полуторных окислов достигло 30,8 %.

Из анализа результатов эксперимента на прочность и химического состава отложений на поверхностях нагрева котла БКЗ-160-100 следует, что количество сульфатов увеличилось по ходу движения в конвективной шахте от пароперегревателя до выносных кубов воздухоподогревателя с 27 до 49, т. е. в 1,8 раза.

Прочность отложений на удельное сопротивление сдвигу увеличилась с 1000 Па до 1340 Па (по расчету) или в 1,34 раза, а по экспериментальным данным с 970 до 1020 Па, т.е. на 50 Па. Таким образом, как химический состав, так и показатели аутогезии свидетельствуют о слипаемости золовых отложений как на высокотемпературных, так и низкотемпературных поверхностях нагрева при сжигании мазута в котлах с подовой компановкой горелочных устройств.

На рис. 3, 4 приведены аутогезионные характеристики наружных отложений на трубных досках выносных кубов воздухоподогревателя котла БКЗ-160-100.

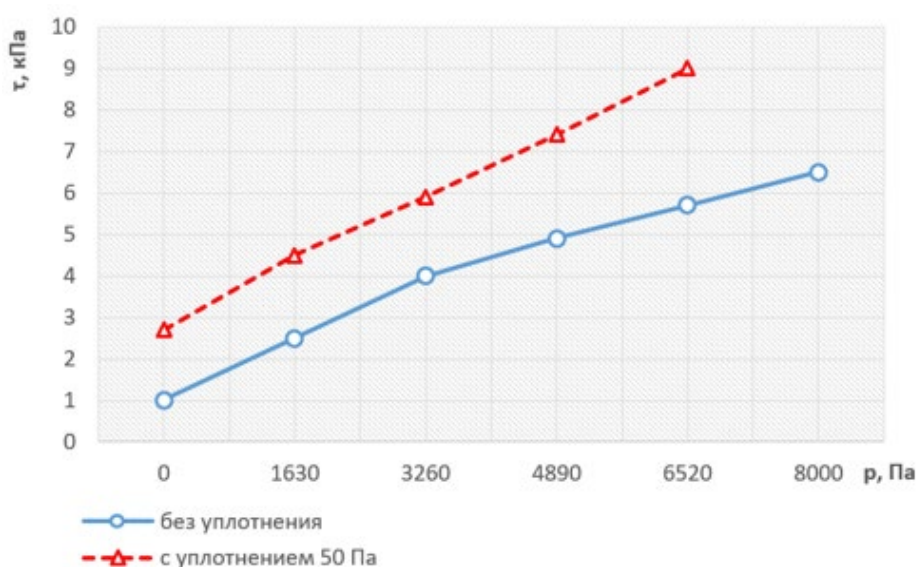


Рисунок 3 – Расчетно-экспериментальное определение начального сопротивления сдвигу и коэффициента внутреннего трения отложений на трубных досках выносных кубов воздухоподогревателя котла БКЗ-160-100 при $\tau_0^{\text{эксп}} = 1340 \text{ Па}$ и $\text{tg } \phi = 0,68$

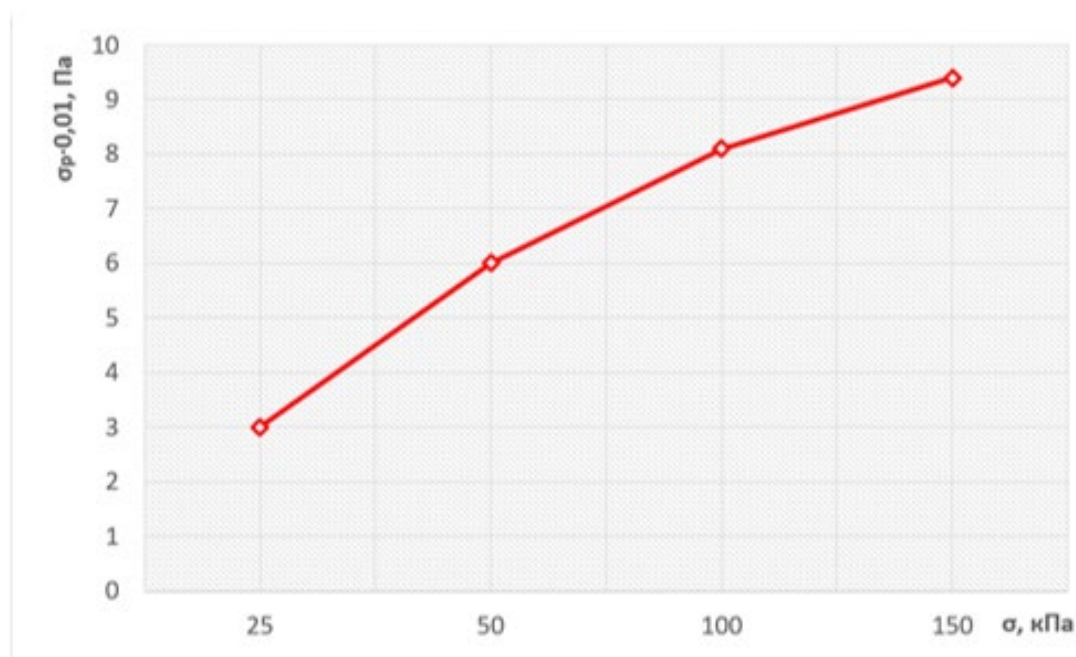


Рисунок 4 – Зависимость сопротивления на разрыв от уплотнения на трубных досках выносных кубов воздухоподогревателя котла БКЗ-160-100

Заключение

В данной работе были определены основные факторы, определяющие образование отложений на поверхности нагрева при сжигании мазута в котле. Проведены испытания проб отложений на разрыв, на прямой сдвиг, в результате которых были получены интересующие нас данные. Так же было проведено расчетно-экспериментальное определение начального сопротивлению сдвигу. С понижением температуры аутогезионные характеристики пылей уменьшаются. Это подтвердили исследования отложений на трубных выносных кубах воздухоподогревателя котла БКЗ-160-100.

Литература

1. Загрязнение и очистка поверхностей нагрева котельных установок / А. Ф. Гаврилов, Б. М. Малкин. – Москва: Издательство Энергия, 1980. – 328 с.
2. Коррозия регенеративных воздухоподогревателей и методы ее предупреждения / И. И. Надыров. – Москва: Издательство ОРГРЭС, 1973. – 12 с.
3. О механизмах импульсной очистки / Б. Д. Кацнельсон – Казань: Издательство Казанского университета, 1973. – 72 с.