

УДК 620.178.16;66.045.12

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭРОЗИОННЫЙ ИЗНОС ТРУБЧАТОГО ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОТЛА

И. Д. Суворин¹, П. В. Осипов², В. А. Микула³

^{1,2,3} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ Suvorin.ig@yandex.ru

Аннотация. В работе рассмотрено, как различные факторы влияют на эрозионный износ трубчатого воздухоподогревателя энергетического котла. Определены наиболее уязвимые для эрозии точки. Предложен метод расчета воздухоподогревателя с помощью математического моделирования.

Ключевые слова: абразивный износ, воздухоподогреватель, летучая зола, эрозионный износ, CFD

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING EROSION WEAR OF A PIPE HEATER OF A POWER BOILER

I. D. Suvorin¹, P. V. Osipov², V. A. Mikula³

^{1,2,3} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

¹ Suvorin.ig@yandex.ru

Abstract. The work considers how various factors affect the erosive wear of a tubular air heater of a power boiler. The points most vulnerable to erosion have been determined. A method for calculating an air heater using mathematical modeling is proposed.

Keywords: abrasive wear, CFD, erosion wear, air heater, fly ash

Эрозия — это процесс, при котором материал удаляется с поверхности в результате воздействия потока абразивных частиц, вследствие чего поверхность истирается и толщина стенок становится меньше. В таблице приводится анализ влияния основных параметров на эрозионный износ.

Таблица

Влияние основных параметров на эрозионный износ

Фактор, влияющий на эрозионный износ	Параметры фактора	Характер зависимости износа от данного фактора
Длительность взаимодействия	Начальный период (до 40 мин.)	Линейно-возрастающий
	С течением времени (~ > 40 мин.)	Нелинейный характер, шероховатость, развиваемая на поверхности за счет эрозии, выходит на постоянный уровень
Форма частиц [1]	Острые угловатые частицы	Высокий уровень удельной массовой эрозии (~в 4 раза больше, чем у сферических)
	Сферические частицы	Минимальный уровень удельной массовой эрозии
Размер частиц ($d_{\text{ч}}$) [2, 3]	Несколько микрометров	Не разрушают материал поверхности из-за низкой кинетической энергии
	От ~10 мкм до 100–150 мкм	Практически прямая пропорциональность эрозии от $d_{\text{ч}}$
	Более 100–150 мкм	Эффект насыщения, величина эрозии не изменяется
	Любой диаметр для стекла	Линейная зависимость величины эрозии
Материал частиц [4]	Твердость	Возрастание эрозии до 700 ед. твердости по Викерсу. После 700 ед — не изменяется. Температура, термообработка влияют на изменение твердости, иногда — на размер частиц
	Плотность	Чем выше плотность, тем выше кинетическая энергия, следовательно, выше эрозия

Окончание табл.

Фактор, влияющий на эрозионный износ	Параметры фактора	Характер зависимости износа от данного фактора
Свойства материала стенки [5]	Пластичные материалы, используемые в твердотопливной энергетике	Чем выше твердость, тем меньше эрозионный износ
Скорость частиц [6]	Эрозия начинается при критической скорости частиц и возрастает с ростом скорости. Зависимость эрозии от скорости имеет вид: $E \sim U_p^n$, где E — скорость эрозии; U_p — скорость частицы в момент удара; n — для пластичных материалов от 2,3 до 2,7; для хрупких — от 2 до 4	
Угол удара частиц [6]	Для пластичных материалов	Зависимость эрозии от угла имеет максимум при 15° , минимум — при углах близких к прямому
	Для хрупких материалов	Скорость эрозии возрастает вместе с увеличением угла падения и достигает максимума при прямом угле
Температура	Зависимость скорости эрозии от температуры неоднозначна и зависит в основном от свойств и материала частиц	

Высокотемпературная эрозия-коррозия труб теплообменников и других конструкционных элементов признана основной причиной простоев на электростанциях. Затраты на техническое обслуживание и замену сломанных труб в тех же установках также очень высоки.

Существующие методики оценки эрозионного износа, применяемые при разработке котельных агрегатов [7], пригодны только для расчета стандартных конструкций теплообменных поверхностей.

Из изложенного выше следует, что исследование эрозионного износа поверхностей нагрева энергетического оборудования является актуальной задачей.

Ожидается, что наиболее уязвимыми участками трубчатого воздухоподогревателя будут входной участок, в котором происходит сужение и последующее расширение потока, а также перегородка (рис. 1) [8].

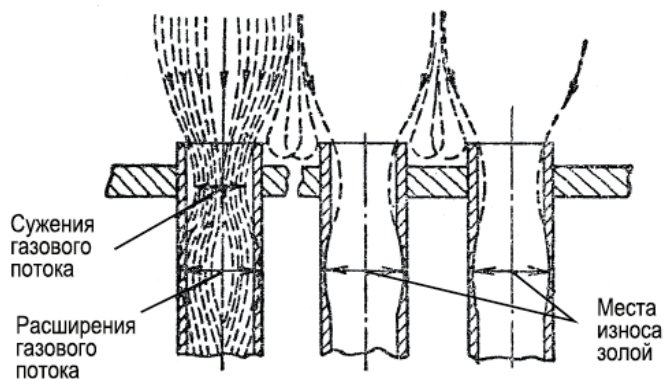


Рис. 1. Наиболее уязвимые участки трубчатого воздухоподогревателя

Планируется выполнить CFD-моделирование эрозионного износа базовой конструкции трубчатого воздухоподогревателя и провести дальнейший анализ на предмет уменьшения эрозионного износа.

Список источников

1. Salik J., Buckey D., Brainard W.A. The effect of mechanical surface and heat treatments on erosion resistance of 6061 aluminum alloy // *Wear*. 1981. Vol. 65, iss. 3. P. 351–358.
2. Tilly G. P. A two stage mechanism of ductile erosion // *Wear*. 1973. Vol. 23, iss. 1. P. 87–96.
3. Tilly G. P., Sage W. The interaction of particle and material behaviour in erosion processes // *Wear*. 1970. Vol. 16, iss. 6. P. 447–465.
4. Levy A. V., Chik P. The effect of erodent composition and shape on the erosion of steel // *Wear*. 1983. Vol. 89 (2). P. 151–162.
5. Modeling solid-particle erosion of ductile alloys / B. F. Levin [et al.] // *Metall. Mater. Trans. A*. 1999. Vol. 30 (7). P. 1763–1774.
6. A comprehensive review of solid particle erosion modeling for oil and gas wells and pipelines applications / M. Parsi [et al.] // *J. Nat. Gas Sci. Eng.* 2014. Vol. 21. P. 850–873.
7. Вдовенко М. И., Баяхунов А. Я., Чурсина Н. Я. Загрязнение и износ поверхностей нагрева парогенераторов. Алма-Ата : Наука, 1978. 133 с.
8. Жихар Г. И. Котельные установки тепловых электростанций. Минск : Вышэйшая школа, 2015. 522 с.