

УДК 621.182.9

А.И. Петров

Оценка причин повреждений обмуровок в топках судовых паровых котлов

A.I. Petrov

Estimation of reasons of refractory damage in ship steam boilers' furnaces

Аннотация. Интенсивность процессов сгорания в топке парового котла оказывает значительное влияние на обмуровку. Для правильной оценки влияния сгорания необходимо знать теплофизические свойства материалов и учитывать их при выборе технологии ремонта. В статье рассматриваются некоторые экспериментальные данные с целью разработки более совершенной технологии ремонта обмуровок.

Abstract. The intensity of combustion processes in the furnace of the steam boiler has a significant impact on the refractory. It is necessary to know the thermophysical properties of materials and take them into account in the choice of repair technology for proper evaluation of burning influence. In the paper some experimental data have been considered in order to develop better technology for refractory repair.

Ключевые слова: обмуровка, растрескавшийся, разъедание, скалывание, огнеупорный материал, глазурь, пористый, шлак, коррозия, эрозия, тепловая нагрузка

Key words: refractory, cracked, corroding, breaking off, fireproof material, glaze, porous, slag, corrosion, erosion, heat load

1. Введение

Многолетняя практика эксплуатации паровых котлов показывает, что разрушение обмуровочных поверхностей топков остается одной из самых распространенных причин аварий, которые сопровождаются, как правило, выходом котлов из строя и большими экономическими потерями, обусловленными простоем судна и ремонтом установки (Орехов, 1982). Характер повреждений во многом зависит от протекающих в топке физико-химических процессов, которые, в свою очередь, являются следствиями:

- реально установившихся или произвольно изменившихся тепловых нагрузок;
- сжигания топлива плохого качества (с высоким процентным содержанием во фракционном составе Na, V, Ca, Mg);
- эксплуатационных ошибок (неправильного выбора сопел форсунок, неудовлетворительной центровки форсунок, поддержания минимальной производительности за счет многократного гашения и розжига факела);
- несовершенства технологии ремонта или нарушения условий ее выполнения, особенно при выборе материалов.

Если повреждения, обусловленные неправильно выбранными режимами эксплуатации, легко устранимы, то последствия от агрессивного воздействия высоковязких сортов дешевого мазута (который в настоящее время широко используется) или выбора несовершенных технологических процессов ремонта более разрушительны и требуют значительных усилий для их устранения.

2. Причины разрушений обмуровки

Принято считать, что в среднем ресурс обмуровки до ее замены составляет примерно 15 000-20 000 часов. Однако часты случаи, когда обмуровка выходит из строя уже через 4 000-6 000 часов, а иногда ее фурменную часть меняют и через 2-3 месяца (Залкинд, 1972; Орехов, 1982).

Процесс разрушения обмуровки из-за агрессивного воздействия продуктов сгорания называется шлакоразъеданием. В этом процессе одновременно действуют взаимосвязанные эрозия и коррозия. Химический состав золы топлива и огнеупорного материала, структура огнеупора и уровень действующих температур определяют скорость развития процесса разрушения. Соединения Ca, Na, V и Mg, входящие в состав шлаков на поверхности огнеупоров, растворяют вещества, содержащиеся в составе огнеупорного материала. Сначала растворяется SiO₂, который переходит в шлак, при этом соединения щелочных металлов насыщают поверхностный слой огнеупора и резко снижают температуру его плавления. Например, содержание в материале обмуровки пятиоксида ванадия и его комплексных соединений с натрием (до 80 %) снижает температуру плавления с 1 600 до 700 °С (Кошечев, 2003). Очень

большое влияние на разъедание оказывает непредвиденное увеличение температуры. Так, повышение температуры в топке на 50-60 °С выше расчетной в течение часа способно привести к такому износу, который происходит при расчетных режимах обычно через 2-3 месяца (Орехов, 1982). Однако действие физико-химических процессов проявляется не только в разъедании материала обмуровки, но также и в изменении его теплофизических и механических (прочностных) свойств. По толщине обмуровки формируются зоны с различной пористостью. Обычно рабочая поверхность покрыта темно-коричневой оглазурованной пленкой толщиной 1 мм, за которой следует рабочая зона в пределах 20-40 мм с довольно высокой плотностью. В результате при установившемся тепловом режиме к обычным температурным напряжениям в рабочих слоях прибавляются дополнительные напряжения на границах ошлакованных, спеченных и нешлакованных слоев. Эти напряжения обусловлены различными коэффициентами температурного расширения слоев обмуровки и приводят к растрескиваниям, а затем скалываниям слоев обмуровки. Оголенные поверхности обмуровки вновь подвергаются коррозии.

Процесс такого разрушения особенно усиливается в условиях нестационарных температурных режимов. Простой расчет тепловых напряжений, возникающих в поверхностных слоях при теплонапряженности в топочном объеме порядка 2675 МДж/(м³·ч), показывает, что температура внутренних слоев неэкранированных поверхностей (до 3-5 мм) составляет 1500-1550 °С. При действующих в процессе эксплуатации теплосменах поверхностные слои обмуровки в период охлаждения испытывают напряжения, превышающие предел их прочности, что ведет к растрескиванию рабочей поверхности и последующему ее активному разрушению.

В настоящее время рекламируется и предлагается к использованию большое число различных полимерных композиционных материалов. Их разнообразие обусловлено технологией производства, которая может включать армирование, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), холодное вспучивание.

Многими предприятиями налажено производство таких материалов, как сухие смеси для получения тонких (0.5-2.5 мм) керамических СВС-покрытий, СВС-мертели для "сварки" керамическим швом в монолит различных видов огнеупорных изделий, сухие смеси на основе волластонита для формирования на рабочих поверхностях штучных огнеупорных изделий или огнеупорных бетонов толстостенных (до 4-10 мм) керамических обмазок.

Существуют огнеупорные клеи, предназначенные для склеивания огнеупорных материалов или упрочнения их поверхности в условиях действия высоких температур (до 1600 °С) и скоростей газовых потоков (до 100 м/с).

Применяются неформованные огнеупоры в виде порошков, паст или суспензий, а также шамотные заполнители, которые по гранулометрическому составу подразделяются на щебень, песок и порошок с содержанием Al₂O₃ до 35 % и характеризуются огнеупорностью не менее 1690 °С.

Однако результаты испытаний показывают, с одной стороны, высокие основные характеристики этих материалов, например, максимальные температуры применения (1600-1800 °С), износостойкость, адгезию к огнеупорам, прочность при сжатии (до 45 Мпа) и растяжении (до 15 Мпа), а с другой – достаточно высокую общую пористость (до 20 %), которая в совокупности с пустотностью кристаллических решеток оксидов и химических соединений (до 30 %) дает общую пустотность около 50 %.

3. Заключение

При наличии высокой пористости (до 20 %) действие физико-химических процессов проявляется не только в разъедании поверхностных слоев материала футеровки, но и в изменении его теплофизических и механических (прочностных) свойств по глубине. В результате даже при установившемся тепловом режиме к обычным температурным напряжениям в рабочих слоях прибавляются дополнительные напряжения на границах ошлакованных и нешлакованных слоев, что приводит к растрескиванию и последующему скалыванию материала.

Анализ перечисленных обстоятельств, реально присутствующих в процессе современной эксплуатации котлов и инсинераторов, а также отсутствие эффективной технологии ремонта в судовых условиях обуславливают целесообразность проведения исследовательских работ в области совершенствования технологии ремонта обмуровок с учетом сочетаемости теплофизических свойств современных огнеупорных материалов или изделий из них.

Литература

- Залкинд Е.М. Материалы обмуровок и расчет ограждений паровых котлов. М., Энергия, 1972. 183 с.
Кощев И.Д. Огнеупорные материалы. М., Интермед Инжиниринг, 2003. 320 с.

Орехов И.Г. Предотвращение аварий судовых котельных установок. М., Транспорт, 1982. 160 с.

References

Zalkind E.M. Materialy obmurovok i raschet ograzhdeniy parovyh kotlov [Refractory materials and calculation of boilers protection]. М., Energiya, 1972. 183 p.

Koshcheev I.D. Ogneupornye materialy [Fireproof materials]. М., Intermed Inzhiniring, 2003. 320 p.

Orekhov I.G. Predotvraschenie avariyy sudovyh kotelnyh ustanovok [Prevention of accidents of marine boiler plants]. М., Transport, 1982. 160 p.

Информация об авторе

Петров Александр Иванович – Морская академия МГТУ, кафедра судовых энергетических установок, канд. техн. наук, доцент, e-mail: alexp954@mail.ru

Petrov A.I. – MSTU Marine Academy, Department of Ship Power Plants, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, e-mail: alexp954@mail.ru