



Рис. 6. Дымовая труба плавильной печи AnacondaSmelterStack

Дымовая труба Березовской ГРЭС в г. Шарыпово Красноярского края имеет высоту 370 м, построена в 1985 г. (рис. 7).



Рис. 7. Дымовая труба Березовской ГРЭС

По мнению большинства специалистов, в том числе и из числа руководителей Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, данные сооружения должны являться объектами особого внимания надзорных органов в связи с особыми условиями их эксплуатации. Главное требование к конструкции промышленных труб — их устойчивость к внешним атмосферным воздействиям и к газам, проходящим через них.

irts@bk.ru

Материал поступил в редакцию 8 октября 2015 г.

УДК 69.059.22

© Коллектив авторов, 2015

Коррозионные процессы в железобетонных дымовых трубах ТЭЦ

**С.Г. Деркач,
И.И. Федотенкова,
А.И. Пашечко**

эксперты ЗАО «НПО «СРЭ»

В.М. Жоров

эксперт «ИТЦ «ИРТС»

**Е.А. Подлесняк,
О.А. Рудых**

эксперты ООО «СИБДИЭКС»

Описаны воздействия влажности, температуры, давления и разности концентраций агрессивных газов на коррозионные процессы в дымовых трубах.

Ключевые слова: промышленные дымовые трубы, продукты сгорания, коррозия, состав бетона, цемент.

Промышленные дымовые трубы предназначены для отвода продуктов сгорания различных видов топлива. При их работе в материалах конструкций труб за счет градиентов влажности, температуры, давления и разности концентраций агрессивных газов внутри дымового канала и между стволом и футеровкой внутри ствола возникает направ-



ленный поток агрессивных агентов, вызывающий коррозию строительных материалов (бетона, футеровки).

Скорость поглощения сернистого газа бетоном протекает постепенно, ее определяет процесс диффузии. Причем скорость поглощения сернистого ангидрида SO_2 значительно снижается при увеличении температуры бетонного ствола, так как при этом происходит снижение влажности бетона. При увеличении влажности бетона повышается скорость поглощения сернистого газа, при этом происходит изменение химического состава бетона, особенно в области швов бетонирования, плохо провибрированных участков бетона в конструкции.

Существует следующая закономерность протекания коррозионных процессов в бетоне при воздействии SO_2 и температуры:

при 20°C в поверхностной зоне бетона преобладает двухводный гипс $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$. Карбонат кальция CaCO_3 присутствует в виде единичных скоплений мелких зерен, сера заполняет поры и пустоты (кристаллы гипса CaSO_4 и CaCO_3 белого цвета, сера — характерного зеленоватого цвета);

при 65°C в поверхностной зоне бетона толщиной 5–6 мм присутствует CaSO_4 , содержание CaCO_3 и серы увеличивается;

при 85°C толщина поверхностной коррозионной зоны составляет 2,5–3 мм и в ней содержатся CaSO_4 , CaCO_3 , сера и появляются кристаллы полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \times 0,5\text{H}_2\text{O}$;

при 105°C реакционная зона составляет 1–2 мм и содержит $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \times 0,5\text{H}_2\text{O}$, SO_2 , CaCO_3 и серу, которая представлена обгоревшими стекловидными частицами;

при $200\text{--}300^\circ\text{C}$ реакционная зона составляет 1–1,5 мм и в ее составе полностью преобладает SO_2 , присутствует CaCO_3 и оплавившиеся частички серы.

С повышением температуры происходят уменьшение толщины реакционной зоны и снижение количества гидратной воды и новообразований в виде CaSO_4 .

При совместном удалении дымовых газов от сжигания мазутного и газообразного топлива на бетон воздействуют одновременно CO_2 и SO_2 . При этом содержание CO_2 в бетоне сначала увеличивается, а после достижения экстремального значения уменьшается в результате вторичного взаимодействия CaCO_3 с сернистым газом с образованием CaSO_4 . Содержание SO_3 непрерывно увеличивается до тех пор, пока не будет израсходован весь CaCO_3 . Реакции коррозии идут последовательно: сначала идет карбонизация цементного камня и раствора, а затем сульфатация. Это является следствием более быстрой диффузии CO_2 по сравнению с SO_2 .

Коррозионные процессы в толще железобетонного ствола относят к коррозии I, II и III видов по классификации В.М. Москвина.

Коррозия I вида наблюдается при конденсации водяных паров на внутренней поверхности железобетонного ствола, особенно на участках менее плотного бетона, в рабочих швах бетонирования, вызываемого гради-

ентами температуры и влажности. При этом происходит выщелачивание бетона — гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При достаточной интенсивности протекания процессов выщелачивания может произойти также разложение гидратированных минералов цементного камня — гидроалюминатов, гидросиликатов и гидроферритов кальция. Понижение щелочности среды в бетоне способствует развитию коррозии арматуры. Коррозия I вида наблюдается в дымовых трубах при низких температурах удаляемых газов, а также в период пусков и остановов трубы.

При коррозии II вида происходит химическая реакция обменного взаимодействия агрессивных составляющих дымовых газов с гидратированными составляющими цементного камня.

При коррозии III вида появляются кристаллические новообразования в результате коррозии II вида, причем деструктивные процессы в бетоне обусловлены большим объемом и ростом кристаллических новообразований.

В дымовых трубах коррозия II и III видов протекает в результате обменных реакций между гидратированными минералами цементного камня и сернистым газом или его конденсатами — сернистой кислотой H_2SO_3 и серной кислотой H_2SO_4 . H_2SO_4 вступает во взаимодействие с наиболее растворимой составляющей бетона $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образуя CaSO_4 , который переходит в $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, который вдвое увеличивается в объеме. При росте кристаллов гипса происходит уплотнение бетона, затем в некоторых случаях — вторичные процессы коррозии. Гипс вступает в реакцию с гидратированными алюминатами и ферритами кальция. При этой реакции образуются малорастворимые гидросульфалоюминаты кальция с увеличением объема твердой фазы $3\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 3\text{CaSO}_4 \times 31\text{H}_2\text{O}$. Рост кристаллов гипса и гидросульфалоюмината кальция в теле затвердевшего бетона вызывает образование макро- и микротрещин вплоть до полного разрушения бетона. Образующаяся при растворении SO_2 в водном конденсате H_2SO_3 оказывает на цементный камень бетона аналогичное действие, что и H_2SO_4 , только первичная реакция с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ вызывает образование бисульфата кальция $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$, который впоследствии переходит в гипс.

Скорость диффузии SO_2 и миграции H_2SO_3 вглубь бетона предопределяется капиллярно-поровой структурой бетона, который должен иметь плотную структуру с замкнутыми порами, что достигается путем введения комплексных химических добавок.

Большое влияние на скорость протекания коррозии в цементном камне оказывает химический состав применяемого портландцемента. Лабораторному испытанию воздействию сернистого газа подвергались следующие виды цемента: сульфатостойкий, шлакопортландцемент, глиноземистый, портландцемент и др.

При воздействии на эти цементы SO_2 во всех образцах наблюдалось увеличение содержания сернистых соединений. Но отмечается различный характер напряжений:

в глиноземистом и сульфатостойком цементе сернистые соединения образуются в виде очень мелких кристаллов, лишь уплотняющих (но не разрушающих за 1 год) структуру образцов. Образующиеся соединения представляют собой кристаллы CaSO_4 , ангидрида и сернокислого железа;

в сульфатостойком цементе сернистые соединения образуются за счет $\text{Ca}(\text{OH})_2$, выделяющегося при гидратации C_3S , и разложения трехкальциевого алюмината C_4AF ;

в глиноземистых цементах сернистые соединения образуются за счет взаимодействия с растворимыми алюминатами.

При воздействии H_2SO_4 (1 %) на образцы из вышеуказанных цементов происходило их разрушение через 1 год.

Таким образом, коррозионные процессы в железобетонных дымовых трубах зависят от многочисленных факторов, включающих состав дымовых газов, зависящих от вида топлива и режимов работы, а также свойства строительных материалов (цемента, бетона, футеровки и т.д.).

irts@bk.ru

Материал поступил в редакцию 8 октября 2015 г.

УДК 697.85

© Коллектив авторов, 2015

Дымовые промышленные трубы. Аварийность и проблемы эксплуатации

А.И. Пашечко,

С.Г. Деркач,

И.И. Федотенкова,

В.А. Кравчук

эксперты ЗАО «НПО «СРЭ»

В.М. Жоров

эксперт «ИТЦ «ИРТС»

Е.А. Подлесняк,

О.А. Рудых

эксперты ООО «СИБДИЭКС»

Представлены материалы результатов обследования строительных конструкций дымовых промышленных труб, проведенных специалистами специализированных организаций.

Ключевые слова: дымовые промышленные трубы, условия эксплуатации, вид топлива, аварии, обрушение, конденсат.

За последние 15–20 лет в результате резкого снижения уровня промышленного производства, вызванного экономическим и политическим кризисами в стране, изменения проектных видов топлива (переход с угля и мазута на природный газ) значительно изменился режим работы промышленных труб и ослаб контроль за их техническим состоянием, что пагубно сказалось на прочностных характеристиках и сроках безопасной эксплуатации, подтверждением чему служит целый ряд серьезных аварий.

Примеры чрезвычайных происшествий и аварий, связанных с обрушением дымовых труб вследствие старости, неправильной эксплуатации, ошибок при строительстве и стихийных бедствий, показаны на рис. 1.