

МЕЖКРИСТАЛЛИТНАЯ КОРРОЗИЯ И ЕЁ РАЗВИТИЕ НА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КОТЛА НА ПРИМЕРЕ ПАРОВОГО ДВУХБАРАБАННОГО КОТЛА ТИПА ДЕ-25-24-380-ГМО

**А.А. ВАСИЛЬЕВ, А.А. ДРОМИАДИ, Д.С. ИВАНОВ, Г.Л. ИРДЫНЧЕЕВ,
К.В. ТОЛСТОЙ**

*ООО «Экспертно-консультативный Центр «Дедал»,
350051, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Монтажников, д.1;
электронная почта: dedal_expert@mail.ru*

В статье рассмотрены процессы появления и развития межкристаллитной коррозии на основных элементах парового котла. Описаны внешние признаки межкристаллитной коррозии на примере парового котла типа ДЕ и способы её предупреждения.

Ключевые слова: межкристаллитная коррозия, износ, хрупкие разрушения, трещины.

Современный котел представляет собой сложный механизм. Для каждого из его элементов и для всего котла в целом при проектировании задается вполне определенный эксплуатационный режим. Качество материала, конструкция соединений и креплений элементов – все рассчитывается на определенные параметры и режим эксплуатации. Несоблюдение заданного режима эксплуатации может приводить к авариям и повреждениям котлов, при этом наибольшую опасность представляют взрывы, которые сопровождаются разрушением котельных помещений с травмированием обслуживающего персонала.

Число отказов в работе паровых котлов продолжает оставаться довольно большим. Основной причиной такого положения является внутренняя коррозия. Коррозионное повреждение труб, включенных в пароводяной тракт, приводит к аварийному останову мощного котла столь же быстро, как и малопроизводительного котла. Разница – в несоизмеримо большем ущербе от последствий такого останова [2].

Как показали многочисленные коррозионные испытания и промышленные наблюдения, низколегированные и даже аустенитные стали при эксплуатации котлов могут подвергаться интенсивной коррозии.

Коррозия металла поверхностей нагрева паровых котлов вызывает его преждевременный износ, а иногда приводит к серьезным неполадкам и авариям.

Большинство аварийных остановов связана со сквозными коррозионными поражениями труб поверхностей нагрева и барабанов котлов.

Агрессивность котловой воды определяется наличием в ней растворенной едкой щелочи и кремниевой кислоты, являющейся катализатором процесса межкристаллитной коррозии. За счет выпара воды откладываются щелочи, значительно увеличивающие концентрацию.

Химическое воздействие на металл агрессивной котловой воды выражается в коррозионных разъеданиях, ослабляющих основные элементы котла. При совместном механическом, термическом и химическом воздействии в металле барабана котла появляются межкристаллитная коррозия и другие дефекты.

Межкристаллитную коррозию также называют каустической или щелочной хрупкостью металла или коррозионным растрескиванием.

Межкристаллитная коррозия возникает у находящегося под воздействием близких к пределу текучести механических и растягивающих напряжений металла в среде с высокой концентрацией веществ, растворенных в котловой воде. Металл приобретает хрупкость и в нем образуются микротрещины, превращающиеся впоследствии в сквозные. Обнаружить межкристаллитную коррозию можно только по явно выраженным трещинам.

Отличительными особенностями межкристаллитной коррозии является распространение начальных микроскопических трещин по границам кристаллитов – зерен металла; крупные трещины являются в основном транскристаллитными, т.е. проходят по кристаллам, это объясняется дальнейшей концентрацией механических напряжений в зоне повреждений.

Другим отличительным признаком межкристаллитной коррозии является бездеформационный или хрупкий по внешнему виду излома характер разрушений. Сложность межкристаллитной коррозии заключается в отсутствии

в зоне образования трещин деформации металла, т.е. изменения геометрических размеров элемента, металл которого вблизи трещин сохраняет свою пластичность, прочность и текучесть. До разрушения пострадавший элемент котла не меняет своей формы, трещина треснувшей накладке или основного листа барабана, а также кольцевых трещин труб не увеличиваются. Трещины, как правило, имеют сильно разветвленный характер [3].

Появление хрупких разрушений начинается с образования мелких невидимых волосных трещин. Развитие трещин начинается в наружном слое металла трубы или обечайки барабана, непосредственно примыкающем к сварному или вальцовочному соединению котла. Постепенно развиваясь, трещины в местах повреждений переходят в транскристаллитные, разрушение ускоряется и захватывает все большее сечение коррозионного поражения (Рис.1.). При разрушении обечайки барабана образуются трещины в мостиках между отверстиями экранных и кипячительных труб. При разрушении завальцованной трубы образуются сквозные кольцевые трещины.



Рис.1. Схема развития межкристаллитной коррозии.

Внешними признаками процесса образования хрупких разрушений являются: пропаривание у кромок листов сварных соединений, в вальцованных

соединениях, у основания штуцеров и воротниковых фланцев; появление солевых отложений в этих же местах и в водосоединительных трубках водоуказательных приборов, на линиях рециркуляции, ввода пара для подогрева барабанов, в перемычках между трубными отверстиями [4] при их обстукивании.

При выявлении внешних признаков хрупких разрушений необходимо тщательно проверить подозрительные места. Трубные отверстия, а также поверхность металла возле отверстий зашлифовывают и после травления реактивами осматривают. В некоторых случаях выявляют трещины ультразвуковым способом, для уточнения результатов, также проводят магнитно-порошковую дефектоскопию поврежденных элементов котла.

Серьезная опасность межкристаллитной коррозии заключается в том, что трещины начинают углубляться в недоступных осмотру местах – в межшовном пространстве, зазорах между завальцованными концами труб и гнездами барабанов и коллекторов. Там коррозия начинает протекать с некоторым ускорением. В начальный период разрушение металла происходит очень медленно, а затем с течением времени скорость его резко возрастает и может принять катастрофические размеры. В практике эксплуатации известны случаи, когда этот процесс заканчивался взрывом котла.



Рис.2. Распространение межкристаллитной коррозии на внутренней поверхности нижнего барабана парового котла ДЕ-25-24-380ГМО.

На паровых двухбарабанных котлах типа Е (ДЕ), длительно работающих на накипном режиме, после организации Na-катионирования воды и перевода на безнакипный режим с относительно высокой щелочностью котловой воды через один-два года обнаруживались трещины межкристаллитной коррозии. С другой стороны, исследования показали, что у большинства даже сильно изношенных котлов с длительностью работы до 40 лет, но работающих на накипном режиме, трещин, неразрушающими методами не выявлено.

На большинстве котлов в результате протекания межкристаллитной коррозии пострадали нижние барабаны, в которые производится подача питательной воды и лишь некоторые – верхние. Это происходит в результате частых растопок и остановов и сильно меняющейся нагрузки котла.

За последние годы проведен ряд исследований, характеризующих влияние на межкристаллитную коррозию состава металла и способа его термической и механической обработки. Наибольшее число аварий, происшедших вследствие хрупких разрушений металла, наблюдалось в котлах из стали с содержанием углерода ниже 0,15%. Низколегированные стали являются более устойчивыми к трещинообразованию, чем обычная малоуглеродистая сталь. Относительно высокую устойчивость имеет сталь с присадкой молибдена [2].

Считается, что стали, успокоенные алюминием и полностью раскисленные, содержат мало оксидов по границам зерен, которые могли бы растворяться в щелочи и тем самым способствовать образованию трещин. Поэтому раскисленные, т.е. нестареющие, стали менее подвержены растрескиванию.

Помимо этого, исследования случаев межкристаллитной коррозии металла котлов показали, что процесс образования трещин происходит при сравнительно невысокой относительной щелочности котловой воды. Поэтому с точки зрения предотвращения межкристаллитной коррозии к водному режиму должны быть предъявлены более жесткие требования.

Для предупреждения межкристаллитной коррозии металла паровых котлов относительная щелочность котловой воды у них должна поддерживаться не выше 20% [4].

Лишь строгое соблюдение эксплуатирующей организацией требований к качеству питательной и котловой воды, указанных в руководстве по эксплуатации и Федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» в совокупности с содержанием котла в исправном состоянии и обеспечением безопасных условий его работы, путем организации квалификационного обслуживания и ремонта [1], позволяет

избежать негативных последствий, связанных с появлением и дальнейшим развитием межкристаллитной коррозии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Ростехнадзора №116 от 25.03.2014 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» (Зарегистрировано в Минюсте России 19.05.2014 №32326)// «Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти», № 38, 22.09.2014.

2. Баранов П.А. Предупреждение аварий паровых котлов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 272 с.: ил.

3. Баранов П.А. Эксплуатация и ремонт паровых и водогрейных котлов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 264 с.: ил.

4. Паровые котлы ДКВР (ДЕ). Краткое описание и инструкция по монтажу и эксплуатации Бийского котельного завода, 1977.

REFERENCES

1. Prikaz Rostekhnadzora №116 ot 25.03.2014 «Ob utverzhdenii Federalnykh norm i pravil v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Pravila promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh obektov, na kotorykh ispolzuetsya oborudovanie, rabotayushchee pod izbytochnym davleniem» (Zaregistrovano v Minyuste Rossii 19.05.2014 №32326)// «Byulleten normativnykh aktov federalnykh organov ispolnitelnoy vlasti», № 38, 22.09.2014.

2. Baranov P.A. Preduprezhdenie avariyy parovykh kotlov. – M.: Energoatomizdat, 1991. – 272 p.

3. Baranov P.A. Eksploatatsiya i remont parovykh i vodogreynykh kotlov. – M.: Energoatomizdat, 1986. – 264 p.

4. Parovye kotly DKVR (DE). Kratkoe opisanie i instruktsiya po montazhu i eksploatatsii Biyskogo kotelnogo zavoda, 1977.

*INTERGRANULAR CORROSION AND ITS DEVELOPMENT ON THE MAIN
ELEMENTS OF THE BOILER ON THE EXAMPLE OF DOUBLE-DRUM STEAM
BOILER TYPE DE-25-24-380-GMO*

**A.A. VASILEV, A.A. DROMIADI, D.S. IVANOV, G.L. IRDYNCHEEV,
K.V. TOLSTOY**

*LLC "Expert Advisory Centre "Dedal"
1, Montazhnikov str., Krasnodar, Russian Federation, 350051;
e-mail: dedal_expert@mail.ru*

In the article the processes of emergence and development of intergranular corrosion on the main elements of a steam boiler. Describes the outward signs of intergranular corrosion on the example of a steam boiler of the type DE and methods for its prevention.

Key words: intergranular corrosion, wear, brittle fracture, cracks