

Оценка структурных изменений в металле высокотемпературного оборудования ТЭС

МЕДВЕДЕВ В.Д.

Начальник службы металлов и сварки, эксперт

ЮНУСОВ М.М.

Начальник отдела неразрушающего и разрушающего контроля, эксперт

ПОПКОВ А.А.

Начальник отдела экспертизы и диагностирования, эксперт

ЗАВОДСКОЙ А.В.

Начальник лаборатории отдела экспертизы и диагностирования, эксперт

РОГОВ Р.Н.

Начальник лаборатории отдела экспертизы и диагностирования, эксперт

ООО ИЦ «ЭНЕРГОПРОГРЕСС»

E-MAIL: INBOX@EPROG.TATENERGO.RU

Освещены аспекты оценки структурных изменений в металле высокотемпературного оборудования ТЭС.

На сегодня большая часть оборудования ТЭС выработала свой проектный и нормативный ресурс, что, естественно, отражается на снижении его надежности. Вследствие накопления внутренних и внешних повреждений в элементах такого оборудования существенно возрастают риски, связанные с развитием аварийных ситуаций на производстве, неплановыми остановками оборудования и т.п. В этой связи вопросы предотвращения отказов и превентивной диагностики оборудования ТЭС, в т.ч. на основе анализа структурных изменений в металле оборудования, являются чрезвычайно актуальными.

Как отмечено в [1], более 90% оборудования тепловых электростанций России работают на высоких и сверхвысоких параметрах пара. При этом оборудование электростанций эксплуатируется при давлении 14-23,5 МПа и температуре 230-370°С для элементов из стали 20К, 345-580°С – из стали 12Х1МФ, ~560°С – из стали 15Х1М1Ф.

Наиболее широко используемая и хорошо зарекомендовавшая себя сталь перлитного класса 12Х1МФ, из которой изготовлено большинство высокотемпературных элементов паропроводов и котлов, была разработана и внедрена в промышленное использование еще в 50-х годах. Тогда большинство паропроводов рассчитывалось на ресурс 100 тыс. часов при рабочей температуре, а по мере приближения к выработке расчетного ресурса рабочая температура снижалась, что позволяло продлить их дальнейшую эксплуатацию.

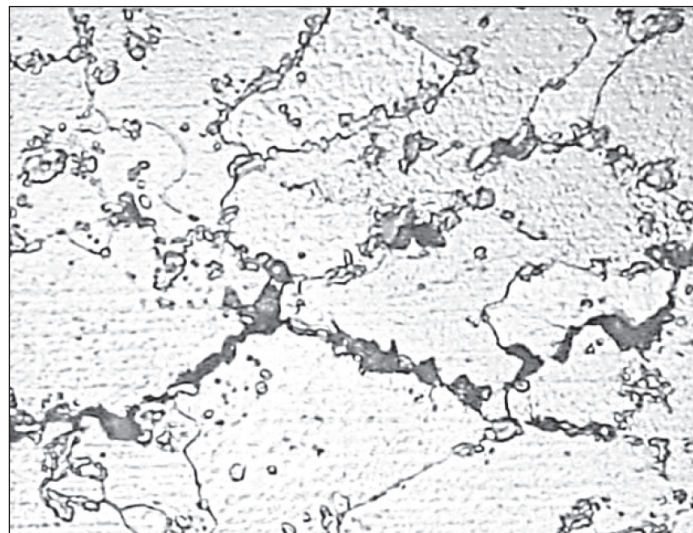
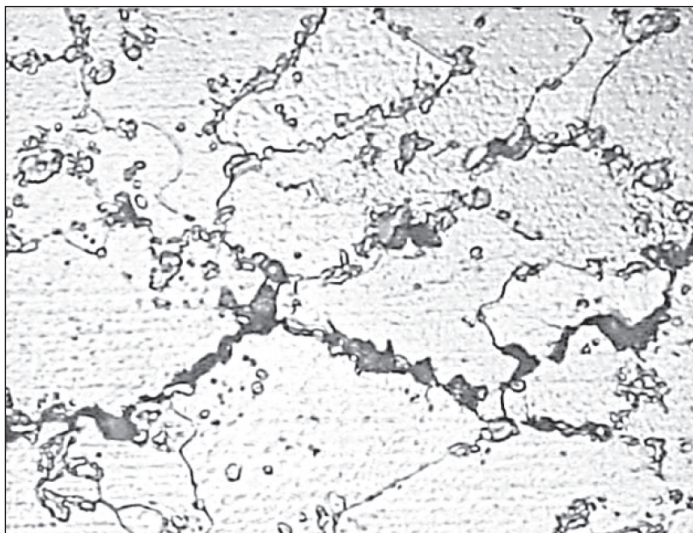
Сегодня порядка 50% паропроводов, изготовленных из стали 12Х1МФ, находятся за пределами паркового ресурса, в ряде случаев наработка паропроводов составляет 250-300 тыс. часов [2].

Вопросам исследования процессов, происходящих в металле паропроводов из стали 12Х1МФ, посвящены труды многочисленных отечественных авторов [3, 4]. Периодичность, объемы и виды контроля элементов из стали 12Х1МФ, критерии оценки состояния металла в исходном состоянии и после длительной

эксплуатации хорошо проработаны и представлены в современной нормативно-технической документации [5, 6].

Одной из многочисленных сфер деятельности, в области которых ООО ИЦ «Энергопрогресс» оказывает услуги для нужд производственных предприятий Татарстана, является исследование состояния металла оборудования объектов котлонадзора. Как правило, указанные работы проводятся в рамках реализации процедуры технического аудита оборудования (сосуды, трубопроводы пара и горячей воды, паровые и водогрейные





Поврежденность металла порами при ползучести (паропровод острого пара после эксплуатации в течение 140 тыс. часов при $T=560^{\circ}\text{C}$, сталь 12Х1МФ) ($\times 1000$) [9]

котлы, элементы энергетических котлов и т.п.) на предприятиях заказчиков, а также при проведении ЭПБ, на предмет определения соответствия оборудования предъявляемым к нему требованиям [7, 8] (см. фото).

Для решения указанных задач в состав ИЦ входит специализированное подразделение «Служба металлов и сварки» (СМиС), имеющее в своем составе лабораторию неразрушающего контроля (свидетельство об аттестации № 58А120692 от 28.05.2015) и лабораторию разрушающих и других методов контроля (свидетельство об аккредитации № ИЛ/ЛРИ-00120 от 28.04.2015).

В части исследования состояния металлов работа СМиС осуществляется по следующим направлениям:

- контроль металла основных узлов и деталей энергооборудования;
- лабораторные исследования металла оборудования (определение химического состава, прочности, текучести, удлинения, сужения, ударной вязкости);
- металлографические исследования;
- оценка ресурса элементов оборудования по состоянию металла (методом реплик).

Оценка ресурса элементов котельного оборудования по состоянию металла является сегодня востребованной и актуальной задачей. Именно контроль состояния металла оборудования в течение определенного времени позволяет в той или иной степени судить о прогнозном ресурсе инспектируемого элемента. В частности, для этих целей может быть успешно использована шкала микроповреждаемости, представленная в [5]. Например, в таких элементах, как барабаны котлов, коллектора, гибы труб различного назначения периодически обнаруживаются дефекты типа трещин. При этом использование

критериев оценки, соответствующих 7-балльной шкале, согласно [5], позволяет не только оценить текущее состояние металла, но и спрогнозировать развитие деградационных процессов в нем на конкретный промежуток времени. Для иллюстрации изложенного на рисунке (заимствован из [9]) показано образование цепочек пор и их слияние с переходом в трещины при длительной эксплуатации паропровода из стали 12Х1МФ в условиях ползучести.

Расчет протяженности трещин после

их образования проводится с использованием зависимостей скорости роста трещины при статическом и циклическом нагружении [9]. При этом решение о возможности дальнейшей эксплуатации оборудования с растущими трещинами и предельные размеры трещин определяются на основе анализа диаграмм разрушения, связывающих максимально допустимую величину коэффициента интенсивности напряжений и величину предельной нагрузки элемента при наличии трещины фиксированной длины.

Литература

1. Анализ повреждаемости парогенерирующего оборудования ТЭС/В.М. Кушнаренко и др.//Вестник ОГУ. – 2003, № 6. – С. 117-128.
2. Баландина М.Ю. Влияние структурно-механической неоднородности на повреждаемость и долговременную прочность металла высокотемпературного оборудования ТЭС: Дис. ... канд. техн. наук. – С.-Петербург, 2009.
3. Антикайн П.А. Металлы и расчет на прочность котлов и трубопроводов. – М.: Энергоатомиздат. – 1990. – 368 с.
4. Бугай Н.В. Работоспособность и долговечность металла энергетического оборудования/Н.В. Бугай, Т.Г. Березина, И.И. Трунин. – М.: Энергоатомиздат. – 1994. – 272 с.
5. СТО 17230287.27.100.005-2008 Основные элементы котлов, турбин и трубопроводов ТЭС. Контроль состояния металла. Нормы и требования.
6. ФНП «Правила промышленной безопасности ОПО, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением»//Утв. приказом Ростехнадзора от 25.03.2014.
7. ФЗ № 116 от 21.07.1997 «О промышленной безопасности ОПО» (ред. от 02.07.2013).
8. ФНП «Правила проведения ЭПБ»//Утв. приказом от 14.11.2013 № 538.
9. Данюшевский И.А. Эксплуатация оборудования в особо тяжелых условиях, их безопасность, надежность и ресурс/И.А. Данюшевский, С.В. Пучков// Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2013, № 9(115). – С. 51-60.