

## ВЛИЯНИЕ МИКРОПОВРЕЖДЁННОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

Кайзер Иван Евгеньевич. Магистрант гр. ТСм-161, II курс  
Научный руководитель: Абабков Николай Викторович, к.т.н.  
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени  
Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28  
ivan.kaizer@mail.ru

В процессе эксплуатации элементов технических устройств опасных производственных объектов (ТУОПО) энергетической промышленности возникает целый ряд проблем, которые могут привести к техногенным катастрофам и человеческим жертвам. В первую очередь, это связано с тем, что большая часть оборудования (85–90 %) выработала свой ресурс и нуждается в полной или частичной замене [1, 2]. Однако, современное состояние экономики в теплоэнергетической промышленности не позволяет достичь поставленных целей. Поэтому весьма актуальным становится вопрос разработки новых, эффективных технологий, методов и способов оценки работоспособности и восстановления ресурса элементов технических устройств. И для обеспечения безопасной эксплуатации ответственных конструкций все более широкое распространение получает концепция, основанная на «прогнозировании и предупреждении» вместо используемой старой концепции «обнаружение и устранение» [3].

В данной статье были проведены исследования состояния образцов металла прямых участков со сварными стыками главных паропроводов, гибкопароперепускных труб от выходных коллекторов конвективного пароперегревателя IV ступени в паросборную камеру котла, изготовленные из стали 12Х1МФ и которые эксплуатировались на разных ГРЭС и ТЭЦ Кемеровской области.

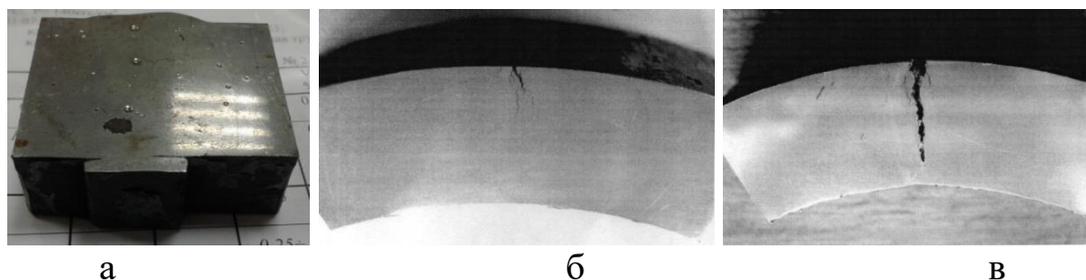


Рис 1 . Вид исследуемых образцов:

- а – Прямой участок со сварным стыком №23;
- б – Гиб №16 пароперепускной трубы от выходных коллекторов;
- в – Гиб пароперепускной трубы №6 от выходных коллекторов конвективного пароперегревателя

Для исследуемых материалов характерным является разрушение по механизму ползучести. Согласно данному механизму, разрушение металла происходит вследствие постепенного накопления микропор, которые в последующим перерастают в микротрещины. Наличие микропор в объеме металла носит название микроповрежденности [2]. Микроповрежденность оценивается по балльной шкале в соответствии с Приложениями Е, Ж и Л ОСТ 34-70-960-96. Изображение структур образцов стали 12Х1МФ представлены на рис. 2.

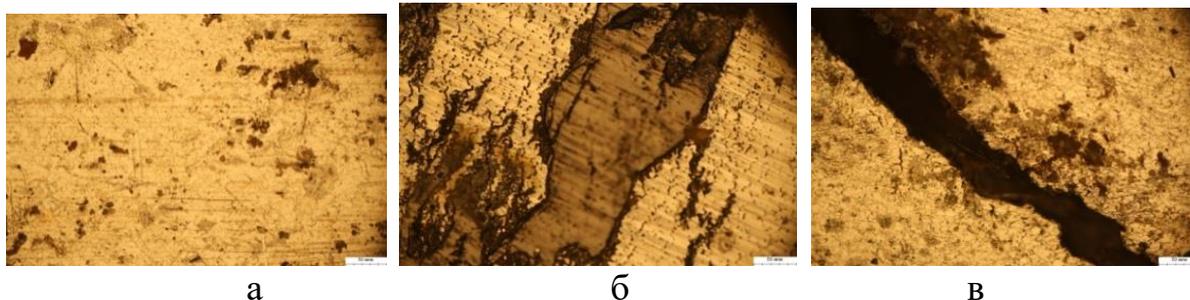


Рис 2. Структуры образцов:

а - Прямой участок со сварным стыком №23; б – Гиб №16 пароперепускной трубы; в – Гиб пароперепускной трубы №6

Для обнаружения дефектов используют разрушающие и неразрушающие методы испытаний [4–7]. К разрушаемым методам исследований относятся: испытания на разрыв, испытания на ударную вязкость, анализ на содержание карбидов и металлографические испытания [2]. Недостатком разрушающих методов является то, что для проведения эксперимента необходимо привести в негодность оборудования, и останавливать производство. Поэтому, в целях обнаружения дефектов в производственных условиях и без приведения в негодность оборудования, применяют различные методы неразрушающего контроля. В настоящее время чувствительность приборов традиционных методов неразрушающего контроля позволяет обнаруживать микроповрежденность только с 4 балла. Для обнаружения микроповрежденности 1, 2 и 3 баллов нужно использовать приборы с большей чувствительностью. Одним из наиболее перспективных методов контроля состояния металла сварных соединений, основного металла и выявления несплошностей в настоящее время считается акустический метод. Спектрально-акустический метод контроля является чувствительным методом оценки локальных полей внутренних напряжений и параметров, акустические характеристики имеют связь с механическими свойствами материалов. Это позволяет судить о механических свойствах материала.

Были проведены исследования состояния образцов металла прямых участков со сварными стыками главных паропроводов, гибов пароперепускных труб от выходных коллекторов конвективного пароперегревателя IV ступени в паросборную камеру котла, изготовленные из стали 12Х1МФ и которые эксплуатировались на разных ГРЭС и ТЭЦ Кемеровской области (таблица 1).

Таблица 1

Общие характеристики исследуемых образцов

№ п/п	Объект	Параметры эксплуатации	Величина зерна	Балл микроповрежденности	Дефекты
1.	Прямой участок со сварным стыком №23 нитки «А» главного паропровода блока №1; Ø325,0×43,0	T = 545 °С, P = 140 кгс/см <sup>2</sup> Наработка: 342 820 ч.	№8	IIп (не выявлена)	Отсутствуют
2.	Гиб №16 пароперепускной трубы от выходных коллекторов конвективного пароперегревателя IV ступени в паросборную камеру котла №5; Ø133,0×17,0	T = 555 °С, P = 140 кгс/см <sup>2</sup> Наработка: 182 621 ч.	№8	6-7	Трещина на наружной поверхности протяженностью 50 мм, несквозная, глубина 6,5–7,0 мм
3.	Гиб пароперепускной трубы №6 от выходных коллекторов конвективного пароперегревателя IV ступени в паросборную камеру котла; 133,0×17,0	T = 555 °С, P = 140 кгс/см <sup>2</sup> Наработка: 230 000 ч.	№7	6-7	Трещина на наружной поверхности протяженностью 140 мм, сквозная

Исследование проводилось при помощи измерительно-вычислительного комплекса «АСТРОН» (4–6, 8, 9) и анализатора напряжений и структуры металлов «INTROSCAN» (7). Были проведены прецизионные измерения времени распространения (задержек) и отношения размахов ультразвуковых импульсов (коэффициент затухания), распространяющихся в материале исследуемого объекта («АСТРОН») с помощью 4 МГц датчика поверхностных акустических волн, а также интенсивности магнитного шума («INTROSCAN»). Для этого были подготовлены зоны контроля на поверхности образцов. После этого были сделаны замеры вышеперечисленных параметров, с расположением датчиков вдоль и поперек относительно центральной оси гибов и паропроводов.

### Результаты и их обсуждение

Результаты измерения акустических и магнитных характеристик, а также их зависимости от наработки и балла микроповрежденности показаны на рис. 3 и 4. Анализ полученных графиков (рис. 3) дает возможность судить об отсутствии каких либо зависимостей между акустических и магнитных характеристик и

наработкой. В то же время видны четкие зависимости между акустическими и магнитными характеристиками и баллом микроповрежденности.

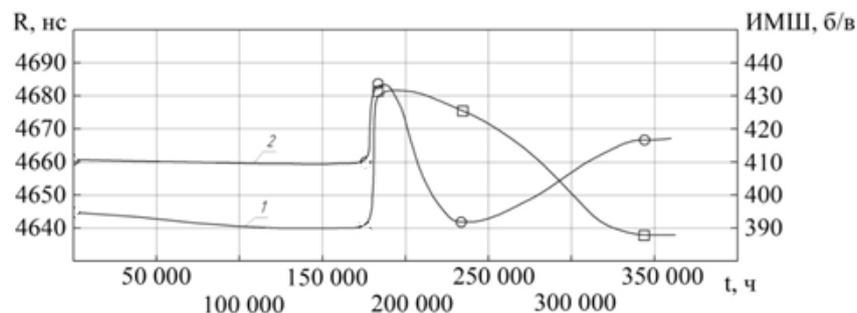


Рис. 3. Зависимости значений интенсивности магнитного шума – ИМШ, б/в (1) и времени задержки поверхностных акустических волн – R, нс (2) от наработки

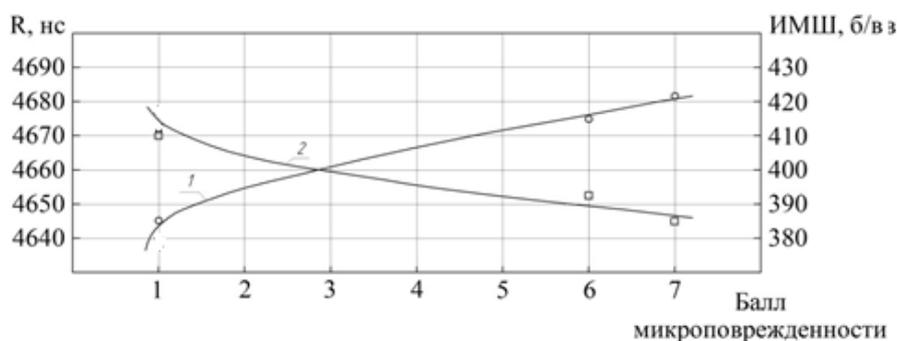


Рис. 4. Зависимости значений времени задержки поверхностных акустических волн – R, нс (1) и интенсивности магнитного шума – ИМШ, б/в (2) от балла микроповрежденности

### Вывод

Проведено исследование образцов металла поврежденных паропроводов акустическими и магнитными методами. Исследованы: образец не имеющие повреждений, образцы с трещинами ползучести и образцы с выявленной микроповрежденности. Спектрально-акустический и магнитно-шумовой методы контроля могут применяться при контроле металла теплоэнергетического оборудования.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, соглашение №14-19-00724-П.*

### Список литературы

1. Смирнов А. Н., Муравьев В. В., Абабков Н. В. Разрушение и диагностика металлов. – Москва-Кемерово: Инновационное машиностроение. 2016. – 479 с.
2. ОСТ 34-70-960-96. Металл паросилового оборудования электростанций. Методы металлографического анализа в условиях эксплуатации/

2. Смирнов, А. Н. Анализ проблем, связанных с безопасной эксплуатацией элементов энергетического машиностроения / А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – № 2. – С. 12–17.

3. Алешин, Н. П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2006. – 368с.

4. Смирнов, А.Н. Оценка состояния длительно работающего металла технических устройств опасных производственных объектов акустическим методом / А.Н. Смирнов, Н.А. Хапонен, А.Н. Челышев и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2004. – № 3. – С. 28–31.

5. Смирнов А. Н., Фольмер С. В., Абабков Н. В. Локальные поля напряжений в сварных соединениях, спектрально-акустический метод их выявления и синергетический подход к материаловедению // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2009, №3. – С. 28–38.

6. Смирнов, А. Н., Блюменштейн В. Ю., Кречетов А. А., Хапонен Н. А. Использование УЗ-сигналов для идентификации НДС // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – С. 32–36.

7. Смирнов А. Н., Абабков Н. В., Козлов Э. В. [и др.] Градиентные структуры при обработке металлов резанием. – Кемерово: ООО «Сибирская издательская группа», 2013. – 179 с.

8. Смирнов А. Н., Абабков Н. В., Козлов Э. В., Конева Н. А., Быкова Н. В. Микроструктура, поля внутренних напряжений и акустические характеристики металла разрушенного ротора паровой турбины // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2014. – № 10. – С. 67–71.

9. Абабков Н. В., Бенедиктов А. В., Смирнов А. Н., Дегтярева О. Н., Глинка А. С. Современное методическое обеспечение для оценки состояния металла потенциально опасного оборудования. Часть 2. Спектрально-акустический метод контроля // Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2010. – № 5. – С. 101–106.