

**УДК 622.182:621.178**

## **АНАЛИЗ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ БАРАБАНОВ КОТЛОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ИЗ СТАЛИ 16ГНМА В УСЛОВИЯХ ТЭЦ**

Мордовин Денис Владимирович, студент гр. ТСм-231, I курс  
Лоскутов Леонид Геннадьевич, студент гр. ТСм-231, I курс  
Донских Данил Алексеевич, студент гр. ТСм-231, I курс

Научный руководитель: Абабков Н. В., к.т.н., доц.

Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

### **Введение**

Проблема надёжной и безопасной эксплуатации энергетического оборудования является основной задачей, т.к. большая часть оборудования (до 90%) выработала свой расчётный ресурс. На котлах высокого давления барабаны занимают особое место, от безаварийной работы которых зависит энергетическое оборудование ТЭЦ в целом. В настоящее время накоплен большой опыт контроля, ремонта и эксплуатации барабанов котлов высокого давления.

При длительной эксплуатации барабанов в тяжёлых условиях и в агрессивных средах под действием нагрузок, происходят процессы, которые связаны с изменением микроструктуры металла, и внутренних напряжений, а также возникновению микротрешин.

Методы неразрушающего контроля, применяемые на сегодняшний день, нацелены в основном на выявление уже существующих дефектов в основном металле барабана или его сварных соединений. Однако они не могут позволить обнаружить стадию зарождения микроповреждений и провести оценку предельного состояния металла. Для обеспечения безопасной эксплуатации энергетического оборудования всё больше необходим метод, который включает в себя прогнозирование и оценку дальнейшей безопасной эксплуатации.

### **Описание объекта**

Объектом исследования данной статьи будет являться барабан котлов высокого давления ТП-87 из стали 16ГНМА.

Барабан котла – это элемент, который выполняет функцию сбора и раздачи рабочей среды, для отделения пара и воды, очистки пара и обеспечения запаса воды в кotle. Барабаны изготавливают из вальцованных или штампованных обечаек, которые имеют один или два продольных шва. Днища барабанов штампуют из листа. Обечайки и днища соединяют между собой при помощи сварных соединений.

Барабан имеет внутренний диаметр 1600мм., наружный 1830мм., толщину стенки обечаек 115мм., и общую длину 17800мм.

Элементами барабана являются обечайки, днища, лазовые отверстия, отверстия парового и водяного объёма, мостики между отверстиями, продольные и кольцевые сварные соединения, швы приварки внутрибарабанных устройств, а также отверстия линии аварийного слива и линии рециркуляции.

Материал из которого изготовлен барабан – жаропрочная низколегированная сталь 16ГНМА. Её химический состав представлен в таблице 1.

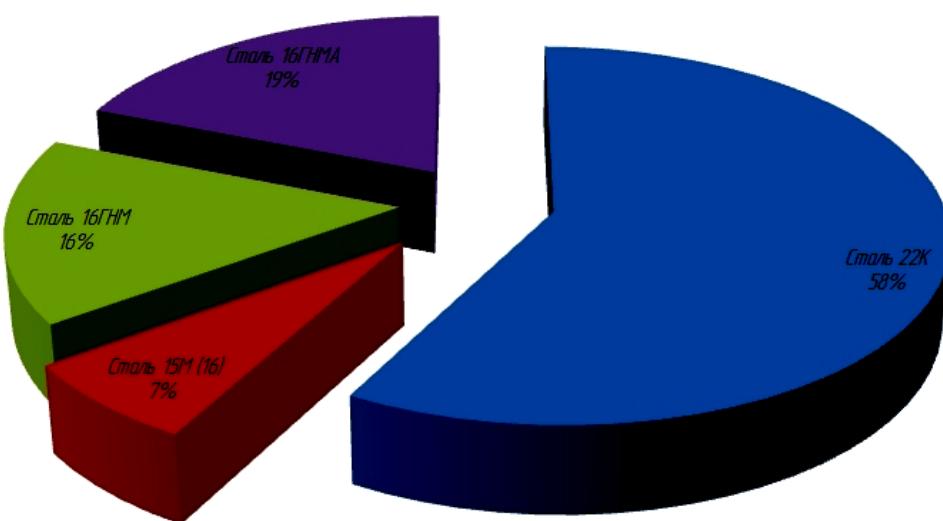
Таблица 1

Химический состав в % стали 16ГНМА

Марка стали	C	Si	Mn	Mo	S	P
	не более					
16ГНМА	0,15-0,18	0,17-0,37	0,9-1,1	0,39-0,5	0,035	0,035

Таблица 2

Распределение барабанов, эксплуатируемых на ТЭЦ по маркам стали.



### Трещины

Факторами, влияющими на пониженную прочность барабана являются стесненность деформации, возникающее из большого количества устройств, отверстий на относительно малой площади. Повышенное содержание неметаллических включений и вредных примесей, возникающих как на стадии изготовления, так и после ремонтов с помощью сварки. Недостаточная послесварочная термообработка, которая приводит к наличию закалочной структуры и высокому уровню остаточных напряжений, а также сварные дефекты являются причиной образования трещин в отдельно наиболее нагруженных местах.

В целях обнаружения трещин в производственных условиях применяют различные методы неразрушающего контроля:

- Визуально-измерительный;
- Магнитопорошковый;

- Капиллярный.

Для возможного разрушения барабанов котлов необходимо несколько факторов, в связи с большой толщиной стенки. Совокупность стесненности деформации, хрупкого состояния основного металла, и наличие очаговой трещины, являются основными для разрушения барабана.

Вследствие присутствия остаточных напряжений в процессе эксплуатации возникают трещины в сварных соединениях и околошовной зоне. Такие трещины наблюдаются около мест приварки кронштейнов крепления внутрибарабанных устройств, около швов приварки лапы затвора лаза на внутренней поверхности днища и кольцевые трещины около шва приварки кольца укрепления кромки лаза.

Вследствие стояночной коррозии, работы на плохо деаэрированной воде появляются коррозионные язвы, цепочки язв и раковины на внутренней поверхности обечаек и днищ, а также на поверхности отверстий и лаза.

Вокруг отверстий в основном в пределах водяного объема обнаруживают трещины, располагающиеся преимущественно радиально или вдоль оси барабана.



Рис.1 Трещины на отверстиях водоопускных труб.

Эти трещины возникают из-за термических напряжений. Они могут быть скрыты под трубами при вальцовке труб в барабане. Дефекты (трещины, язвы и др.) могут быть также обнаружены на приварных штуцерах или в их околошовных зонах.

Наиболее интенсивно трещины у отверстий водоопускных труб развиваются в первый период после зарождения, со временем темп роста их в глубину существенно замедляется. В начальной стадии развития рост трещин в глубину происходит более интенсивно, чем в длину. С достижением некоторой глубины наблюдается тенденция к опережающему росту трещин в длину.

### Ультразвуковой контроль

При ультразвуковом контроле сварных соединений барабанов следует применять эхо-импульсный метод. Ультразвуковой контроль сварного

соединения выполняют по продольному или поперечному способу перемещения преобразователя.

Основными измеряемыми характеристиками выявленных дефектов являются:

- площадь эквивалентного отражателя;
- координаты дефекта в сечении;
- условные размеры дефекта;

Условными размерами выявленного дефекта являются: условная протяженность, условная ширина и условная высота. В результате ультразвукового контроля обнаруживают такие дефекты как: поры, трещины, шлаковые включения. В сварных швах приварки обечаек дефекты относят к одному из следующих типов: объемные непротяженные, объемные протяженные, плоскостные.

В металле обечаек на перемычках между водоопускными отверстиями также возможно присутствие расслоения металла.

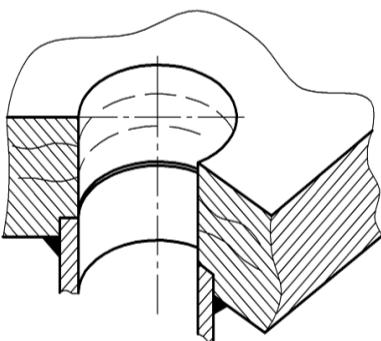


Рис.2 Расслоение в металле барабана.

Контроль металла на расслоение проводят прямым преобразователем, либо с помощью ультразвукового толщинометра.

### Заключение

Одним из наиболее перспективных методов неразрушающего контроля основного металла и сварных соединений для выявления дефектов является акустический метод. В течении 2024 года планируется провести неразрушающий контроль барабанов котлов высокого давления спектрально-акустическим методом системой «Астрон», а также ряд исследований физико-механических свойств, микроструктуры обечаек и сварных соединений. Исследования будут проводится во время капитальных ремонтов котлов в на Ново-Кемеровской ТЭЦ. После всех исследований, испытаний и обработки информации будет проведён сравнительный анализ состояния металла в зависимости от различного срока эксплуатации оборудования.

### Список литературы

1. Абабков Н.В., Кашубский Н.И., Князьков В.Л. и др.; под ред. Смирнова А.Н. Диагностика, повреждаемость и ремонт барабанов высокого давления. М.: Машиностроение, 2011- с.52-54, 62,

2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2006 – 354с.
3. Смирнов А.Н. Повреждаемость сварных соединений. Спектрально-акустический метод контроля / А.Н. Смирнов, Н.А. Конева, Н.А. Попова, С.В., Фольмер, Э.В. Козлов // М.: Машиностроение, 2009 – 278 с.
4. Смирнов А. Н. Структурно-фазовое состояние, поля внутренних напряжений и акустические характеристики в длительно работающем металле поврежденного барабана котла высокого давления / А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков, Э.В. Козлов и др. // Контроль. Диагностика. – 2012 – №7. – С. 13–17.
5. Щербинский В.Г. Технология ультразвукового контроля сварных соединений. Москва, 2005 – с.5-8.
6. Шелихов Г.С. Магнитопорошковая дефектоскопия в рисунках и фотографиях. Москва, 2002 – с.122-124.
7. Смирнов А.Н. / Под общ. ред. Блюменштейна В.Ю., Кречетова А.А. Контроль. Диагностика. Ресурс. Кемерово, 2007 – с.168-170.
8. РД 34.17.421-92. Типовая инструкция по контролю и продлению срока службы металла основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций.
9. СТО-021-21-21-2003. Основные элементы котлов, турбин и трубопроводов тепловых электрических станций. Контроль состояния металла. Нормы и требования.

© Мордовин Д.В.  
© Лоскутов Л.Г.