Исследования металла и установления причин повреждения гибов необогреваемых труб котла тгм-444

Эксперт **Романенко Виктор Павлович**, ОАО «Севкавэлектроремонт» г. Ростов-на-Дону
Эксперт **Кравченко Виктория Владленовна**, ОАО «Севкавэлектроремонт» г.Ростов-на-Дону

Деятельностью испытательной лаборатории является эксплуатационный контроль качества металла и сварных соединений в процессе эксплуатации, установления причин повреждений и исследования металла после отработки срока службы (ресурса).

Лаборатория является инициатором проведения входного контроля металла и сварных (контактных) соединений при замене поверхностей нагрева, что существенно сократило установку труб с заводским браком.

В настоящее время одной из главных причин, возникших в последние годы в процессе эксплуатации, является обеспечение надежности необогреваемых гибов, по которым транспортируется котловая и питательная вода. При повреждении гибов происходит прекращение работы энергоблока, но самое главное они несут опасность для обслуживающего персонала электростанций.

Так на котлах ТГМ-444 в период капитального ремонта при проведении планового неразрушающего контроля 20-ти гибов необогреваемых трубопроводов, работающих при температуре до 400ºС ультразвуковой дефектоскопией выявлены гибы, имеющие дефекты, амплитуда которых превышала допустимые значения. Контрольная группа была расширена до 80-ти гибов, при контроле которой были выявлены аналогичные дефекты.

Всего было проверено 1225 гибов (100%) на котле ст.№1 и такое же количество гибов на котле ст.№2. Забраковано на котле ст.№1 было 253 гиба, на котле ст.№2 - 364 гиба. Наиболее повреждаемыми оказались водоотводящие (Ø159х15 мм, Ст.20), пароперепускные гибы трубопроводов (питательных, трубопроводов подачи воды от циклонов к нижнему коллектору левого бокового экрана топки, впрыски котла, пароперепускных трубопроводов от барабана к экранам пароперегревателя, паропроводы к топочным ширмам, паропроводов от топочных ширм (правые) к пароохладителям, трубопроводы пароохладителей, трубопроводы от фронтового, разделительного и боковых экранов КШ к пароохладителю, трубопроводы подвода пароводяной смеси от левого бокового экрана топки к барабану и выносным циклонам, трубопроводы подвода пароводяной смеси от правого бокового экрана топки к барабану и выносным циклонам, трубопроводы рециркуляции воды барабан -экономайзер, трубопровод аварийного слива воды из барабана, трубопровод подачи пара к конденсаторам котла Ø 133х 13 мм, сталь марки 20 и 15ГС), трубопровод подачи питательной воды в барабан котла (Ø 108х12 мм), питательных трубопроводов Ø325х24 мм, сталь марки 5ГС. В основном повреждения были на гибах из стали 20, где рабочая среда была вода.

В связи с отсутствием технической возможности замены всех гибов, забракованных по результатам ультразвуковой дефектоскопии произведены были исследования гибов, имеющих дефекты, амплитуда которых превышала допустимые значения и гибов амплитуда которых находится на уровне допустимых значений (Аэтал.=А деф.). Целью исследования являлось

установление характера повреждения и решения вопроса возможности временной (1 год) эксплуатации гибов.

Исследовались гибы Ø 159х15 мм сталь марки 20, Ø 133х13 мм сталь марки 20, Ø273х20 мм сталь 12Х1МФ, Ø325х24 мм (питательные трубопровода котлов с. №№1,2) сталь марки 15ГС.

Геометрические характеристики гибов Ø 159х15 мм сталь марки 20, Ø 133х13 мм сталь марки 20, Ø273х20 мм сталь 12Х1МФ, необогреваемых трубопроводов контролировались только при первичном контроле. Питательные трубопровода имели наработку 195500 часов, при этом назначенный ресурс составляет 200 тыс.часов.

Установлено, что толщина стенки гибов в нейтральной зоне выше номинальной. После ручной зачистки и кислотного травления 18%-ным раствором соляной кислоты на внутренней поверхности в нейтральной зоне гибов обнаружено:

- Ø 133х13 мм: в растянутой зоне -коррозионные дефекты в виде отдельных язв сферической формы диаметром до 2,9 мм и глубиной до 3,4 мм и слившихся в цепочку коррозионные язвы, глубиной до 1,3 мм. Их плотность достигает 1,17 шт./см². Глубина коррозионных язв на внутренней поверхности гиба составляет 34%, что превышает допустимые значения- не более 20% номинальной толщины стенки трубы.

- коррозионно-усталостные трещины длиной до 100 мм, образующие растрескивание металла вдоль нейтральной зоны гиба (рис.1). Поперечное сечение показано на макрошлифе (рис.2).

Выявленный дефект на внутренней поверхности гиба является недопустимым;

- Ø 159х15 мм: прерывистые тонкие трещины длиной 7-10 мм, образующие растрескивание металла вдоль нейтральной зоны гиба. Трещины имеют большое раскрытие 1,5-2,0 мм и носят коррозионный характер. Трещины образуются в основном от слившихся петтингов и язвин диаметром до 2 мм (рис.3). Поперечное сечение показано на макрошлифе (рис.4). Плотность распределения следов такой язвенной коррозии составляет 2,4 шт./см².

- технологический дефект трубы - риска длиной 500 мм глубиной до 1,0 мм, что не превышает допустимые значения - глубиной более 10% номинальной толщины стенки трубы;

- Ø 273х20 мм: множество мелких диаметром до 2 мм коррозионных язв, плотностью до 1,4 шт./см², единичные язвины диаметром до 5 мм плотностью 0,08 шт./см², а также извилистые коррозионно-усталостные трещины шириной раскрытия до 0,5 мм длиной до 200 мм (рис.5);

- Ø 325х24 мм: отдельные коррозионные язвы диаметром до 4,0 мм, глубиной до 0,8 мм, что удовлетворяет требованиям п.6.5.4 РД [1]- допускается оставлять в эксплуатации элементы с одиночными коррозионными язвами глубиной не более 10% номинальной толщины стенки, но не более 3 мм.

Химический состава металл исследованных гибов соответствует требованиям ТУ [2]. Прочностные свойства металла гибов водоотводящих, пароподводящих и труб питательных трубопроводов удовлетворяют требованиям ТУ. При этом прочностные свойства металла труб из стали марки 20 находятся на верхнем уровне (523-549 МПа при требуемом 412-549 МПа), также высокие значения имеют свойства из стали марки 15ГС 542,3- 593,7 МПа при требуемом не менее 490 МПа), а из стали 12Х1МФ - на нижнем уровне (466 МПа против требуемого 412-549 МПа). Наблюдается низкая ударная вязкость с надрезом Менаже (KCU) при температуре испытаний 20ºС на металле гибах Ø159х15 мм из стали 20 -7 Дж/см², при требуемой не менее 49 Дж/см².

Металлографическим анализом установлено, что металл гибов Ø 159х15 м и Ø 133х13 мм, изготовленных из стали 20, имеет ферритно-перлитную структуру с содержанием перлитной составляющей около 30%. Величина зерна соответствует баллу 5-6 ГОСТ [3]. На рис.6 показан

характер трещин, развивающихся с внутренней поверхности нейтральной зоны гиба.

Металл гиба Ø 273х20 мм, изготовленного из стали марки 12Х1М1Ф состоит из 5% отпущенного бейнита и перлита + феррит и карбиды, расположенные по полю и границам ферритных зерен и наиболее близка к браковочной балла 6 шкалы №3 приложения Б к ТУ [2]. Величина зерна соответствует баллу 8-9 ГОСТ [3]. Структура с таким размером зерна является не рекомендованной при температурах ползучести и характеризуется высокой пластичностью, что подтверждается механическими испытаниями и испытаниями на ударную вязкость.

Микроструктура металла гибов Ø 325х24 мм состоит из перлита и феррита. Величина зерна соответствует баллу 5- 6 шкалы ГОСТ [3]. На внутренней поверхности нейтральной зоны гиба обнаружены трещины, развивающиеся от дна коррозионных язв (рис.7). Глубина трещин составляет -1,5…1,9 мм. Поперечное сечение показано на макрошлифе (рис.8).

На всех вырезках выявлены трещины заполненные продуктами коррозии, имеющие широко раскрытую полость, пережимы, разветвленное дно, что указывает на коррозионно-усталостный характер их происхождения обусловленный высоким уровнем действующих термических напряжений и напряжений от внутреннего давления.

Расчет по номинальной толщине стенки подтвердил соблюдение нормативных условий прочности для всех исследуемых гибов при эксплуатации на рабочих параметрах.

Приведенные напряжения как в растянутой, так и в нейтральных зонах гибов не превышает значений допустимых напряжений при расчетной температуре. Расчет показал, что фактические запасы прочности исследуемых гибов превышают нормативный уровень, что является высокой эксплуатационной надежности гибов.

Циклическая долговечность гибов из углеродистой стали составляет не менее 2500 пусков и не менее 500 пусков для гибов из стали 12Х1МФ, следовательно, к настоящему времени циклический ресурс гибов не исчерпан.

Однако, как установлено выше основной причиной повреждений на внутренней поверхности гибов является коррозия в сочетании с механическими напряжениями. Механизм разрушения на первом этапе представлял собой образование очагов коррозионных язв. Далее, в течении эксплуатации под воздействием коррозионной среды и высоких напряжений происходит их рост и выстраивание вдоль оси трубы с формированием трещин. Фактором, способствующим ускоренное коррозионно- усталостного повреждения металла гибов, могло явиться отклонения водно-химического режима котловой воды во время эксплуатации котлов и технологические дефекты в виде рисок, царапин на внутренней поверхности гибов, способствующие развитию пластической деформации и разрушению магнетитового слоя.

Обобщая результаты исследований и расчетов установлено, что гибы необогреваемых труб котлов имеют некоторый запас по живучести, являются ограниченно работоспособными и поэтому допускаются во временную эксплуатацию.

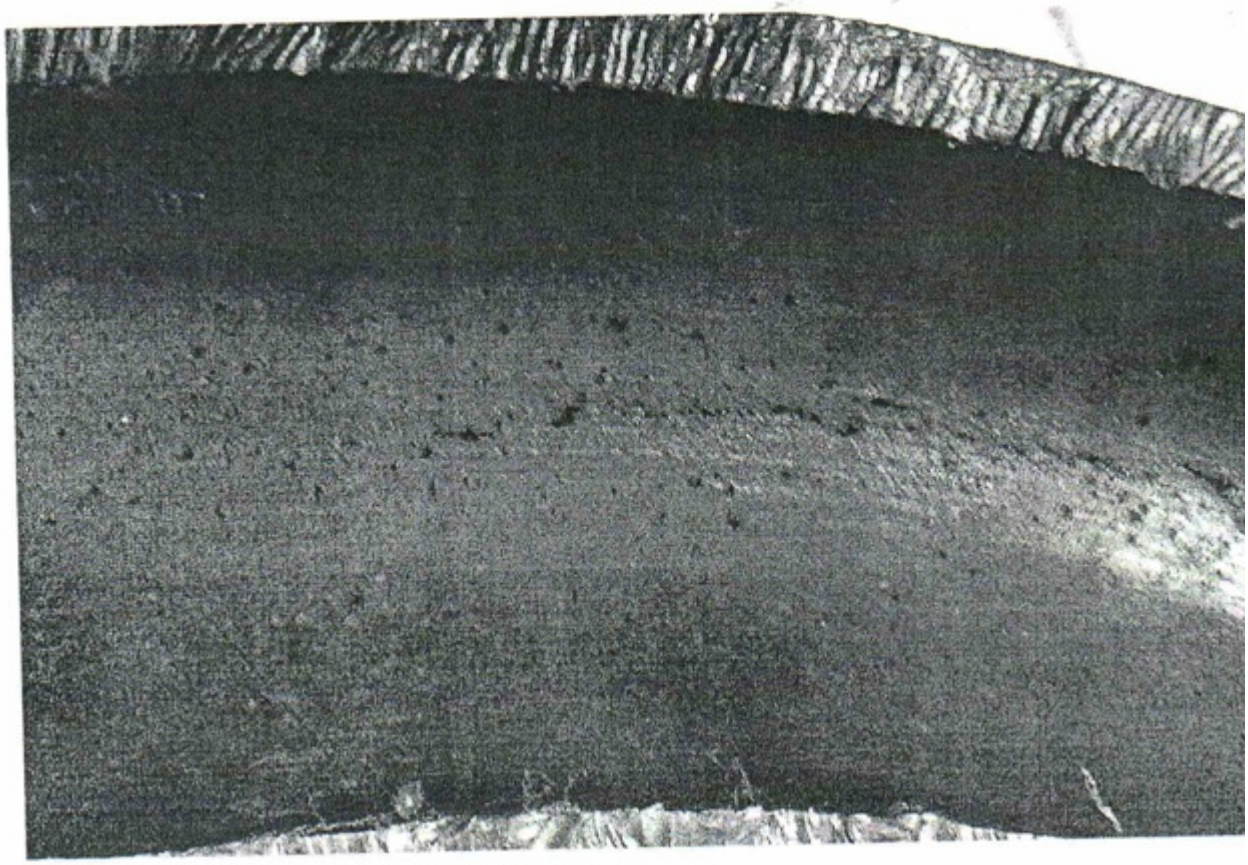


Рис. 1

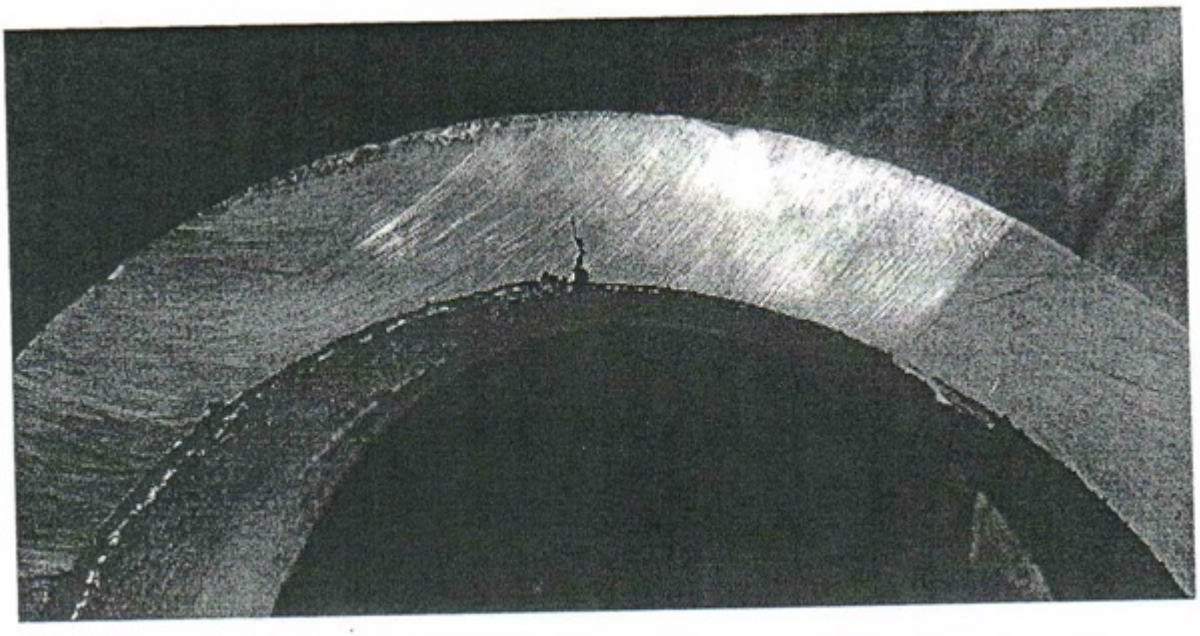


Рис.2

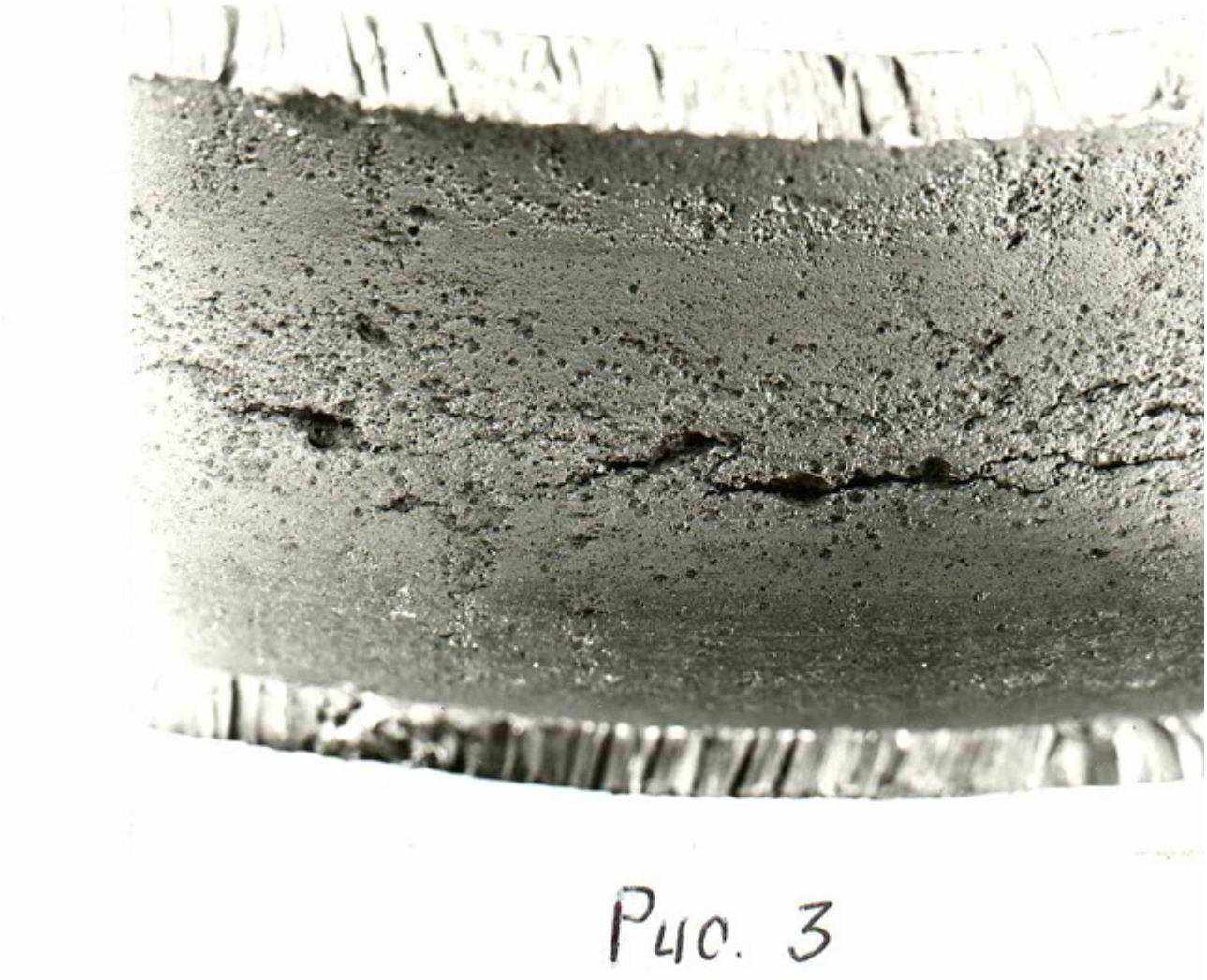


Рис. 3

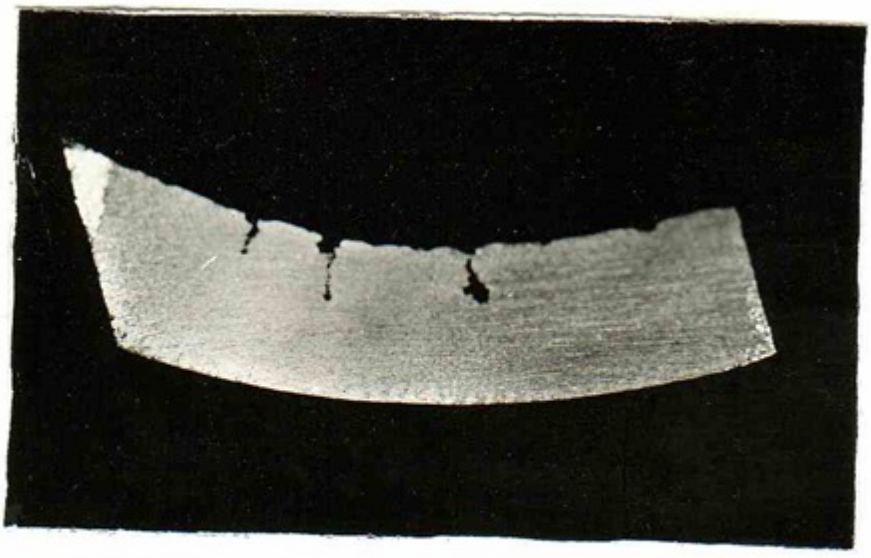


Рис. 4



Рис. 5







1. РД 10-577-03 «Типовая инструкция по контролю металла и продлению срока службы основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций» РД 10-577-03, утвержденной постановлением Госгортехнадзора России от 18.06.2003 года №94

2. ТУ 14-3р-55-2001 «Трубы стальные бесшовные для паровых котлов и трубопроводов».

3. ГОСТ 5639 «Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна».