МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СОГЛАСОВАНО
с Госгортехнадзором России
от 02 июня 2003 г.
№ БК-03-35/182

УТВЕРЖДЕНО
Приказом
Министерства энергетики
Российской Федерации
от 30.06.2003 г. № 272

ИНСТРУКЦИЯ ПО ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Москва ЦПТИ ОРГРЭС 2004

gost.e-ecolog.ru

© ЦПТИ ОРГРЭС, 2004

Вводится в действие
с 30.06.2003 г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. В процессе эксплуатации паропроводов, их сварных соединений и корпусных (литых, штампованных, кованых) деталей из перлитных сталей в металле протекают процессы, приводящие к существенным изменениям структуры, в частности, сфероидизации перлитной составляющей, обеднению твердого раствора легирующими элементами, накоплению микропор. В сварных соединениях паропроводов из стали 20 наблюдаются выделения графита. Указанные изменения могут привести к недопустимому снижению служебных характеристик металла

1.2. Работоспособность длительно эксплуатировавшихся деталей во многих случаях может быть восстановлена термической обработкой, что обеспечивает дальнейшую надежную эксплуатацию оборудования.

1.3. Восстановительной термической обработке (ВТО) могут подвергаться как отдельные элементы паропровода (гнутые или прямые трубы, сварные соединения), так и паропровод в целом; ВТО могут подвергаться также корпусные детали арматуры, литые колена и тройники

1.4. Восстановительная термическая обработка паропроводов может выполняться как с их демонтажем, так и без демонтажа.

1.5. Настоящая Инструкция (СО 153-34 17.459-2003) распространяется на паропроводы из сталей типа 20, 12МХ, 15ХМ, 12Х1МФ и 15Х1М1Ф и на его корпусные детали

1.6. Исполнитель проводит работы по ВТО на качественном уровне, обеспечивающем получение свойств металла после ВТО в соответствии с требованиями действующих технических условий в состоянии поставки.

2. КРИТЕРИИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ВТО

2.1. В гибах паропровода, подвергаемого ВТО, не должно быть недопустимых дефектов, выявленных визуальным контролем и неразрушающей дефектоскопией, согласно действующей нормативной документации.

2.2. Сварные соединения паропроводов, оцененные согласно действующим нормативным документам первым баллом, не подвергаются ВТО и подлежат переварке.

2.3. Сварные соединения паропроводов из стали 20 с выделениями графита, оцененные баллом 4 (по шкале Д) нормативного документа, ВТО не подлежат и должны быть переварены.

2.4. Прямые трубы не должны иметь недопустимых дефектов, перечисленных в технических условиях, по которым они изготавливались. Прямые трубы длиной менее 500 мм могут не подвергаться ВТО при условии, что их остаточный ресурс не меньше ресурса паропровода после ВТО.

2.5. Как правило, не подвергаются ВТО.

– трубы и их сварные соединения из сталей 12Х1МФ, 15ХМ, 12МХ, имеющие карбидные выделения размером более 15 мкм в сочетании с поврежденностью 2 балла и более (шкалы К) нормативного документа;

– трубы из стали 15Х1М1Ф, имеющие карбидные выделения размером 7 мкм и более в сочетании с поврежденностью 2 балла и более (шкалы К) нормативного документа. Сварные соединения из стали 15Х1М1Ф ВТО не подвергаются

3. КОНТРОЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ДО ВТО

Для получения максимальной информации с целью назначения индивидуального режима ВТО каждого элемента энергооборудования проводятся следующие контрольно-диагностические операции

3.1. Ознакомление с проектной, монтажной, ремонтной и эксплуатационной документацией по восстанавливаемым деталям.

3.2. Ультразвуковая толщинометрия растянутых частей 100% гибов.

3.3. Визуальный контроль в объеме 100% прямых труб и гибов. Контроль гибов методами УЗК и МПД в объеме 100%. Допускается вместо МПД применение эквивалентных методов (вихретокового, поверхностными волнами, капиллярного и т.д.)

3.4. Визуальный контроль и УЗК в объеме 100% сварных соединений по методике согласно действующей нормативной документации.

3.5. Контроль твердости основного металла труб и наплавленного металла сварных соединений в объеме не менее 10% методом ударного отпечатка. Допускается применение альтернативных методов измерения твердости, обеспечивающих получение результатов с точностью не менее 10%.

3.6. Неразрушающий контроль микроструктуры и микроповрежденности в объеме не менее 20% гибов методом реплик согласно действующей нормативной документации. Контроль проводится на растянутой части гибов. На крутоизогнутых отводах микроструктура и поврежденность контролируются и на прямом участке на расстоянии не более одного наружного диаметра от начала или конца гнутого участка. Допускается вместо реплик использовать сколы, если при взятии сколов толщина стенки уменьшается не более чем на 10% ее номинального значения и не более чем на 2 мм. Место взятия скола подлежит зашлифовке с целью устранения острых граней. Допускается также применение вместо метода реплик портативных металлографических микроскопов с возможностью фиксации изображения (с помощью фотографической приставки, видеомагнитофона и т.п.). Возможно применение сканирующей электронной микроскопии вместо световой металлографии.

Во всех случаях глубина снимаемого слоя не должна выводить оставшуюся толщину стенки за пределы допустимых значений. В противном случае для контролируемого элемента следует провести коррекцию дополнительного ресурса.

Аналогичному контролю подвергаются ЗТВ не менее двух наиболее напряженных сварных соединений (для труб из низколегированной перлитной стали). Основанием для их

выбора является расчет фактического напряженного состояния паропровода.

При ВТО сварных соединений паропроводов из углеродистой стали в качестве дополнительного рекомендуется качественный химический контроль содержания графита в ЗТВ сварных соединений в соответствии с нормативной документацией (методика определения степени графитизации в углеродистых сталях приведена в приложении 1)

3.7 Поверочный расчет на прочность (от внутреннего давления) в объеме 100% гибов (при необходимости) согласно РД 10-249-98 (утвержден Постановлением Госгортехнадзора России от 25.08.98 г. № 50 с учетом фактических размеров гибов, их структурного состояния и фактических параметров пара за все время эксплуатации (только для труб из низколегированной перлитной стали).

3.8. Проведение обследования трассы паропровода, его опорно-подвесной системы и индикаторов температурных перемещений с целью обнаружения недостатков; разработка рекомендаций по их устранению; уточнение данных для проведения поверочного расчета трассы паропровода на прочность и самокомпенсацию и разработка мероприятий по сопровождению опорно-подвесной системы с составлением соответствующих актов Перечисленные работы должны обеспечивать:

– исключение влияния механических нагрузок на нагреваемый участок, выбор варианта раскрепления паропровода и очередности нагрева;

– устранение конденсата из обрабатываемых участков (основные принципы предотвращения деформирования паропровода при проведении ВТО приведены в приложение 2).

3.9. Контроль твердости корпусных деталей арматуры, литых колен и тройников методом ударного отпечатка не менее чем в трех точках для каждой детали. Допускается применение альтернативных методов измерения твердости, обеспечивающих точность измерений не менее 10%.

3.10. Визуальный контроль и МПД радиусных переходов корпусных деталей в объеме 100%. Обнаруженные дефекты подлежат выборке и заварке Допускается применение вме-

сто МПД альтернативных методов дефектоскопии (вихретокового, поверхностными волнами, капиллярного и т.п.).

3.11. Неразрушающая металлография корпусных деталей с применением реплик или сколов не менее чем в двух точках на каждой детали.

3.12. По окончании контроля составление графика выполнения ВТО с учетом особенностей обрабатываемых элементов, результатов контрольно-диагностических операций, возможности устранения контруклонов, необходимости принудительного охлаждения нагреваемых участков.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ВТО

4.1. Проведение ВТО допускается индукционным, печным или радиационным нагревом по рекомендованным режимам ВТО, приведенным в приложении 3.

4.2. При выполнении ВТО индукционным нагревом допускается образование зон дополнительной перекристаллизации, характеризующихся нерекомендованной структурой Шкалы микроструктур технических условий. В пределах одной трубы допускается не более двух зон, расположенных на концах прямых труб (но не более 150 мм от сварного соединения). На гнутых трубах наличие указанных зон допускается только на их прямых участках, но не более 150 мм от сварного соединения. Во всех случаях длина зон не должна превышать удвоенной толщины стенки.

Получение нерекомендованной структуры не допускается, кроме случаев, указанных выше. При ее образовании необходимо выполнить повторную ВТО.

4.3. При индукционном нагреве сварных соединений термическая обработка проводится с соблюдением следующих условий:

– ограничения максимальной скорости подъема температур (максимальная допустимая скорость подъема температур при индукционном способе местного нагрева в процессе ВТО сварных соединений приведена в таблице 1 приложения 4);

— обеспечения минимальной ширины зоны местного нагрева (минимальная допустимая ширина кольцевой зоны равномерного нагрева сварных соединений паропроводов при ВТО неподвижным индуктором приведена в таблице 2 приложения 4).

4.4. Для проверки правильности сборки электрических схем оборудования (при ВТО с помощью индукционного нагрева) и функционирования КИП, достижения требуемых параметров режима ВТО, а также взаимодействия персонала, выполняющего ВТО, со станционными службами проводится пробная ВТО макетной трубы. В качестве макетной трубы рекомендуется использовать трубу того же типоразмера и той же марки стали, как и у труб обрабатываемого паропровода, предпочтительно трубу, вырезанную из обрабатываемого паропровода.

4.5. При индукционном нагреве макетная труба устанавливается на временных опорах. Во избежание ее провисания расстояние между опорами не должно превышать 2 м.

4.6. Измерения температуры макетной трубы или трубы паропровода при индукционном нагреве выполняются хромель-алюмелевыми термоэлектрическими преобразователями (термопарами), подключенными экранированными проводами к регистрирующим приборам класса точности не ниже 0,5. На регистрирующий прибор не должны оказывать влияние электромагнитные наводки.

Термоэлектрические преобразователи на прямой трубе располагаются по спирали с шагом по оси трубы не более 400-500 мм. На гибах они располагаются в нейтральных и сжатой зонах с тем же шагом. Температурный режим ВТО регистрируется на диаграммных лентах приборов.

Термоэлектрические преобразователи и КИП должны быть поверены. Скорость движения диаграммной ленты и масштаб по температуре должны обеспечивать их расшифровку невооруженным глазом.

При ВТО с помощью печного нагрева контроль температуры определяется конструкцией печи, конструкцией и ве-

личиной обрабатываемых деталей, величиной садки и должен обеспечивать равномерность нагрева в предписанных интервалах. Температурный режим должен регистрироваться на диаграммных лентах.

Допускается использование эквивалентных методов контроля температуры при условии регистрации ее на диаграммных лентах и обеспечении соответствующей точности измерения.

4.7. Восстановительная термическая обработка должна вестись по режимам, обеспечивающим получение в основном металле труб из стали 12Х1МФ и 15Х1М1Ф структуры не ниже 5 балла. Шкалы рекомендованных структур технических условий на изготовление труб. Микроструктура труб остальных сталей должна соответствовать микроструктуре труб заводской поставки. В сварных соединениях труб должна отсутствовать мягкая прослойка и феррито-карбидная структура.

4.8. При ВТО паропровода без его демонтажа очередность обработки участков определяется в каждом конкретном случае его трассировкой, исходным состоянием опорно-подвесной системы, наличием или отсутствием контруклонов, результатами контроля металла до ВТО, а также с учетом расположения опорно-строительных конструкций соответствующего цеха. При этом должно быть обеспечено отсутствие конденсата в обрабатываемом участке.

4.9. Основные принципы предотвращения деформирования паропроводных труб и устранения контруклонов при выполнении ВТО без демонтажа паропровода изложены в приложении 2.

4.10. При проведении ВТО индукционным или радиационным нагревом отдельных демонтированных труб или блоков (нескольких труб, соединенных сварными стыками) следует учитывать рекомендации пп. 4 2—4 7 настоящей Инструкции.

4.11. При выполнении ВТО печным нагревом необходимо предпринять специальные меры, исключающие поводку обрабатываемых деталей.

5. КОНТРОЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПОСЛЕ ВТО

После ВТО проводятся следующие контрольно-диагностические операции:

5.1. Ультразвуковая толщинометрия растянутых частей гибов в объеме 100%.

5.2. Визуальный контроль в объеме 100% прямых труб и гибов. Кроме того, на гибах проводится УЗК и МПД в объеме 100%. Допускается вместо МПД применение эквивалентных методов (вихретокового, поверхностными волнами, капиллярного и т.д.).

5.3. Визуальный контроль и УЗК 100% сварных соединений.

5.4. Неразрушающий металлографический контроль в объеме 100% гибов и прямых труб из низколегированных перлитных сталей. Контроль проводится с целью оценки качества ВТО и проверки соответствия микроструктуры проектной марке стали. При этом контроль гибов выполняется на их нейтральной части, или сжатой части, или на прямом участке. Для гибов, где до ВТО выявлена микроповрежденность 2 балла и более, контроль выполняется на их растянутой части.

Металлографический контроль 100% сварных соединений, в которых по результатам предыдущего контроля была обнаружена поврежденность порами (для низколегированных перлитных сталей), а также 10% сварных соединений, в которых по результатам предыдущего контроля была обнаружена графитизация (для углеродистых сталей). При обнаружении графитизации или поврежденности порами после ВТО хотя бы в одном сварном соединении объем контроля увеличивается до 100%, а дефектные стыки подлежат повторной ВТО или переварке.

5.5. Измерение твердости наплавленного металла сварных соединений (для низколегированных перлитных сталей) в объеме 100%.

5.6. Измерение твердости основного металла гибов в объеме 100%, прямых труб — в объеме 10%. При этом обязательно

измерение твердости труб, в которых по результатам предыдущего контроля была обнаружена поврежденность порами.

5.7. Измерение овальности в объеме 100% гибов.

5.8. Измерение диаметра труб по вновь установленным реперам и рядом с ними для последующего контроля остаточной деформации и скорости ползучести. Полученные значения диаметров следует считать исходными.

5.9. Проведение поверочного расчета на прочность (от внутреннего давления) в объеме 100% гибов по РД 10-249-98 (утвержден Постановлением Госгортехнадзора России от 25.08.98 г. № 50. При этом учитываются параметры пара при последующей эксплуатации и фактическая толщина стенки (исключая толщину окалины).

5.10. Для оценки служебных характеристик восстановленного металла исследование вырезки из одной трубы (может быть использована макетная труба) и при необходимости одного стыка, подвергшихся ВТО, с определением механических свойств, микроструктуры и длительных характеристик[1]. Последний вид испытаний производится для основного металла в тех случаях, если:

– в течение предшествующей эксплуатации наблюдались случаи аварийного повреждения паропроводных труб по причине ползучести, коррозии, эксплуатации при завышенных параметрах или нагрузках (более 500 ч);

– при предшествующем контроле, в том числе при контроле перед ВТО, обнаружен хотя бы один элемент с недопустимым дефектом от ползучести;

– при предшествующем контроле, в том числе при контроле перед ВТО, обнаружен хотя бы один элемент с микроповрежденностью 4 балла и более;

– на паропроводе имеется хотя бы одна труба с остаточной деформацией более 0,75% для прямых труб из стали 12Х1МФ и 0,6% для гнутых труб из той же стали, а также прямых и гнутых труб из сталей других марок.

---

[1] В отдельных случаях организация, проводящая ВТО, может принять решение не производить вырезку для оценки кратковременных и(или) длительных характеристик

5.11. Проведение после выполнения ВТО и контрольно-диагностических операций поверочного расчета на прочность трассы паропровода и каждого гиба в отдельности с учетом фактического состояния опорно-подвесной системы и фактических геометрических характеристик гибов.

При определении ресурса следует использовать допускаемые напряжения по РД 10-249-98 (утвержден Постановлением Госгортехнадзора России от 25.08.98 № 50).

5.12. Неразрушающий контроль твердости восстановленных корпусных деталей арматуры не менее чем в трех точках для каждой детали.

5.13. Контроль механических свойств каждой восстановленной корпусной детали по вырезке (производится при возможности) в объеме, указанном в технических условиях на поставку.

5.14. Визуальный контроль и МПД радиусных переходов восстановленных корпусных деталей (при необходимости). Допускается применение альтернативных методов контроля (поверхностными волнами, вихретокового, капиллярного и т.п.).

5.15. Неразрушающее исследование микроструктуры каждой восстановленной корпусной детали не менее чем в двух точках.

5.16. После выполнения ВТО отсчитывание с нуля наработку восстановленных элементов.

6. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ ВТО

6.1. Твердость основного металла восстановленных труб и наплавленного металла восстановленных сварных соединений должна удовлетворять следующим требованиям:

- для сталей 12МХ и 15ХМ – не менее 125 НВ;
- для стали 12Х1МФ – не менее 130 НВ;
- для стали 15Х1М1Ф – не менее 150 НВ.

При получении неудовлетворительных значений твердости измерения повторяются на удвоенном количестве точек; при подтверждении получения неудовлетворительной твер-

дости проводится повторная ВТО дефектного элемента или переварка дефектного стыка

6.2. В сварных соединениях из углеродистой стали наличие графитных выделений не допускается.

6.3. Основной металл паропроводных труб (в пределах обрабатываемого паропровода) из низколегированных сталей по микроструктуре не должен иметь разброс более трех баллов шкалы рекомендованных микроструктур действующих технических условий. В микроструктуре не должно быть пор. Допускается наличие карбидных частиц размером не более 4 мкм для всех марок сталей.

Количество перлитной составляющей в микроструктуре сталей 12Х1МФ и 15Х1М1Ф должно быть не менее 20%.

Количество перлитной составляющей в микроструктуре других низколегированных сталей должно быть не менее 15%.

6.4. Кратковременные и жаропрочные механические свойства должны удовлетворять требованиям действующих технических условий.

6.5. Свойства литых деталей должны соответствовать действующим нормативным документам

7. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ И ОФОРМЛЕНИЕ ДОКУМЕНТАЦИИ ПОСЛЕ ВТО

7.1. После завершения ВТО заказчик выполняет:

— продувку паропровода от окалины по общепринятой для монтажных и ремонтных работ методике (при проведении ВТО без защитной атмосферы);

— обеспечение работ по восстановлению опорно-подвесной системы под руководством исполнителя,

— гидравлическое испытание давлением 1,25 расчетного (при необходимости) и наружный осмотр паропровода,

— восстановление тепловой изоляции;

— восстановление опор, подвесок паропровода и приведение их в работоспособное состояние. Места установки опор и подвесок должны соответствовать проекту (расчету);

— восстановление при необходимости дренажей, воздушников, импульсных линий, реперов для измерения тепловых перемещений, реперов для измерения остаточной деформации. Количество реперов для измерения тепловых перемещений и места их установки должны соответствовать проекту (расчету).

7.2. Исполнитель после окончания работ представляет заказчику предварительное заключение, подтверждающее качество выполнения ВТО. В заключении отражаются результаты дефектоскопического, металлографического и иных видов контроля, а также соответствие опорно-подвесной системы требованиям нормативной документации.

7.3. На основании указанного заключения и положительных результатов технического освидетельствования (выполняется при необходимости) устанавливается срок временной эксплуатации.

Срок временной эксплуатации ограничивается периодом проведения жаропрочных испытаний. До окончания указанного срока исполнитель отсылает заказчику окончательное заключение, в котором содержится документация, подтверждающая и уточняющая выводы заключения, данные о ресурсе и условиях дальнейшей эксплуатации оборудования, включая порядок последующего контроля металла.

7.4. При обосновании отказа от проведения испытаний на жаропрочность ресурс дальнейшей эксплуатации энергетического оборудования в каждом конкретном случае устанавливается специализированной организацией. При этом учитывается предыдущий опыт проведения ВТО организацией-исполнителем, результаты контрольно-диагностических операций по оценке качества проведения ВТО деталей энергооборудования

8. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Перед допуском к работам по подготовке и проведению ВТО все лица, участвующие в этих работах, проходят соответствующий инструктаж по технике безопасности с регистрацией в специальном журнале

8.1. При выполнении работ, связанных с подготовкой и проведением ВТО, необходимо соблюдать меры безопасности.

8.2. При отсутствии на рабочем месте розеток отключение и подключение к электрической сети электроприборов и инструментов производят дежурные электрики. Перед включением электроприбора или инструмента в электрическую сеть он должен быть заземлен голым гибким медным проводом сечением не менее 2,5 мм^2.

8.3. Дополнительные факторы повышенной опасности при проведении ВТО:

— высокие температуры нагреваемых участков труб паропроводов (свыше 1000°С),

— нагрев отдельных металлических деталей в радиусе 10 — 15 м от центра работающего индуктора до температуры свыше 50°С;

— воздействие токов высокой частоты.

В связи с этим необходимо уделять повышенное внимание мерам электробезопасности, пожаробезопасности и методам работы при высоких температурах.

8.4. Работы по подготовке и проведению ВТО проводятся только по наряду-допуску.

8.5. Не допускается находиться вблизи подключенного к электропитанию ТВЧ индуктора. Каждый подход к оснащенному индуктором паропроводу проводится только при отключенном от электропитания ТВЧ индукторе и по согласованию с термистом-оператором, непосредственно управляющим техпроцессом ВТО. При этом на пульте оператора должна висеть табличка "Не включать, работают люди"

8.6. На период срезки стяжек все прочие работы на этом трубопроводе должны быть прекращены. Работающие на соседнем оборудовании должны быть предупреждены о возможности сотрясения трубопровода и о недопустимости нахождения на трубопроводе, под ним или соприкосновения с ним во время срезки стяжек

8.7. Все работы необходимо проводить с площадок обслуживания трубопроводов или со специально сооруженных лесов. Леса должны быть приняты мастером по монтажу или

ремонту трубопроводов с записью в журнале приемки и осмотра лесов и подмостей. Не допускается выполнять срезку стяжек с лесов, лестниц, подмостей, связанных с трубопроводом. Срезка стяжек может выполняться с люлек, соседнего трубопровода или оборудования с применением предохранительных поясов. Нахождение на трубопроводе, на подвесках которого срезаются стяжки, и крепление карабином предохранительного пояса к деталям этих подвесок не допускается. Выполняющий срезку стяжек должен находиться сбоку на расстоянии вытянутой руки от места реза. Места возможного падения срезанных стяжек должны быть ограждены

8.8. Для снижения динамического воздействия на трубопровод при срезке стяжек с блоков пружин, установочная затяжка которых отличается от затяжки для холодного состояния более чем на 20%, должны применяться упрощенные резьбовые стяжки, разгрузочные устройства или грузоподъемные механизмы.

8.9. При пробивке отверстий в перекрытиях для крепления опор и подвесок следует пользоваться штатными защитными очками. В случае необходимости рабочее место ограждается защитными экранами. В места пробивки отверстий необходимо прекратить доступ посторонних лиц.

8.10. Не допускается в качестве тяг раскрепления применять тросы, в том числе тросы лебедок.

8.11. При необходимости исходя из конкретных условий следует разработать дополнительные мероприятия по правилам техники безопасности и охране труда при проведении работ по техническому обеспечению паропроводов при проведении ВТО.

Приложение 1

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ГРАФИТИЗАЦИИ В УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЯХ

Основными методами определения степени графитизации в углеродистых сталях (преимущественно в околошовной зоне) являются металлографический и химический

Металлографическая оценка степени графитизации

Для выполнения этого вида контроля подготавливается металлографический шлиф на участке, прилегающем к сварному соединению. Шлиф необходимо выполнять с пятикратной переполировкой с травлением. Степень графитизации оценивается в баллах. При этом отдельно оценивается степень графитизации околошовной зоны и основного металла.

При оценке степени графитизации применяется светлопольное освещение. Рекомендуется применение также темнопольного освещения и поляризованного света, поскольку при этом на графитных частицах можно различить остатки перлитной структуры. Это позволяет избежать перебраковки. Рекомендуется увеличение около ×300.

Контроль микроструктуры производится фотографированием соответствующим переносным микроскопом и с помощью реплик. Следует иметь в виду, что графитные частицы весьма слабо отпечатываются на репликах. По этой причине оценка степени графитизации должна производиться только при наблюдении структуры под микроскопом с последующим подтверждением результатов фотографированием реплик (при необходимости).

Качественная химическая оценка графитизации

Из мест предполагаемой графитизации чистым напильником отбирается стружка не менее чем для трех навесок массой по 0,25 г каждая, она ссыпается в пробирки, в кото-

рые доливается 3 мл азотной кислоты (1:1). Пробирки помещаются в стакан с холодной водой. После окончания бурной реакции они выдерживаются 15—20 мин в стакане с кипящей водой до прекращения выделения паров азотной кислоты. При наличии в стали графита на дне пробирки остается подвижный легкий черный осадок, который не следует смешивать с появляющейся иногда в растворе светло-коричневой взвесью.

При отборе стружки следует избегать попадания в нее частиц тепловой изоляции, пыли и других нерастворимых в азотной кислоте загрязнений.

Рекомендуется применять химический метод только для констатирования отсутствия или присутствия графитизации. Если же химическим методом доказано наличие графита, то такой элемент подлежит обязательному контролю с помощью металлографии.

Приложение 2

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПАРОПРОВОДА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВТО

1. Подготовительные работы

Подготовительные работы, связанные с опорно-подвесной системой паропровода, подлежащего ВТО, выполняются в первую очередь и включают в себя:

1.1. Ознакомление с проектной, монтажной, ремонтной и эксплуатационной документацией по восстанавливаемому паропроводу, технической программой проведения ВТО, планируемой техникой для обеспечения нагрева и охлаждения паропровода, в том числе предполагаемым количеством участков, предназначенных для ВТО. Определение типа теплоизоляции, которую планируется установить на паропровод после проведения ВТО.

1.2. Проведение обследования паропровода и его опорно-подвесной системы с целью выявления видимых дефектов и разработки рекомендаций по их устранению, измерение высот пружин в исходном состоянии, уточнение данных для проведения поверочных расчетов трассы паропровода на прочность и самокомпенсацию. Составление расчетных схем паропроводов и выполнение расчетов на прочность и самокомпенсацию температурных расширений. Разработка мероприятий по приведению оси паропровода в монтажное положение. Выбор оптимального варианта разгрузки паропроводов при проведении ВТО для каждого нагреваемого участка. Разработка мероприятий по техническому обеспечению ВТО.

1.3. Обеспечение требуемого количества грузоподъемных механизмов (талей, домкратов, талрепов), временных опор, тяг, хомутов, шарнирных соединений тяг, блоков пружин и необходимых расходных материалов.

1.4. Ознакомление персонала электростанции, который планируется привлечь к проведению работ по раскреплению паропроводов, с основами технологии технического сопро-

вождения ВТО; составление плана-графика работ совместно с персоналом электростанции, термистами и металловедами, согласование плана-графика с заказчиком.

1.5. Разработка рекомендаций по осушке паропровода, срезке (если это необходимо) дренажей, вспомогательных трубопроводов и металлоконструкций, подготовке к демонтажу штатных элементов опорно-подвесной системы, попадающих в зону проведения ВТО.

1.6. Приведение паропровода в монтажное положение и фиксация упругих элементов ОПС стяжками. Разрезка паропровода для снятия внутренних напряжений. Установка стяжек должна производиться до начала снятия тепловой изоляции. На каждой пружине стаканы блоков должны быть зафиксированы двумя противолежащими стяжками, сечение каждой из которых не менее сечения основной тяги.

1.7. После снятия тепловой изоляции производится обследование технического состояния трассы паропровода с целью определения недопустимых прогибов паропроводов и других дефектов. Результаты проверки оформляются актом за подписью представителей заказчика и представителя исполнителя.

1.8. Анализ ранее вскрытых дефектов: свищей, трещин, а также случаев разрушения опор и подвесок, обратных уклонов; значения расчетных напряжений и причин замены труб и гибов. При проведении анализа необходимо учитывать перегревы и эксплуатацию на нерасчетных параметрах, вибрацию при пусках и остановах оборудования. Данные проведенного анализа систематизируются и отражаются в акте (см. п. 1.7 настоящего приложения).

1.9. Составление графика проведения ВТО с учетом особенностей конкретной трассы паропровода, устранения контруклонов, а также возможности выполнения принудительного охлаждения нагреваемых участков (в случае нагрева неподвижными индукторами).

1.10. До начала работ паропровод должен быть осушен и должны быть приняты меры к предотвращению попадания воды в паропровод. Хомуты штатных подвесок должны быть заменены на нагреваемом участке на временные. Полнос-

тью должны быть установлены и опробованы грузоподъемные механизмы, временные опоры, упоры и оттяжки.

2. Основные работы

2.1. Для предотвращения пластического деформирования паропровода при проведении ВТО необходимо выполнить следующие условия:

— обеспечить компенсацию массы элемента и прилегающих к нему участков, подвергающихся нагреву;

— исключить влияние на свободное температурное расширение нагретой зоны со стороны холодных участков паропровода;

— предотвратить воздействие на нагреваемый участок внутренних силовых факторов и усилий самокомпенсации;

— сохранить значения пространственных смещений концов паропровода при разрезке (при необходимости).

2.1.1. Условия, перечисленные в п. 2.1 настоящего приложения, должны обеспечиваться специально разрабатываемой системой опорных элементов как в нагретой зоне, так и на холодных участках паропровода.

Предотвращение всех видов воздействий на нагреваемый участок паропровода должно осуществляться специальной системой ограничителей, неподвижных и подвижных опор (подвесок), оттяжек, а также следящих приспособлений. При этом должны соблюдаться следующие критерии:

— осевое усилие на концах нагреваемого участка должно быть равным нулю: $F_{ос} = 0$;

— эквивалентное напряжение в любой точке холодной части паропровода не должно превышать значения

$$\sigma_{экв} < K\ \sigma_{т},$$

где K — коэффициент запаса прочности, принимаемый равным 0,6;

$\sigma_{т}$ — предел текучести металла в холодной зоне.

2.1.2. При невозможности предотвращения воздействия на нагреваемый участок (см. п. 2.1.1 настоящего приложения) осевых усилий, изгибающих и крутящих моментов, а

также невозможности компенсации температурных перемещений концов нагретого участка допускается дополнительная разрезка паропровода на время проведения ВТО.

2.2. При проведении ВТО допускается производить устранение прогибов и контруклонов на нагреваемых участках путем приложения дополнительных деформирующих усилий в требуемой зоне. При проведении ВТО подвижным индуктором допускается подгибка гибов на угол до 5°, разгибка гибов не допускается.

2.2.1 Устранение прогибов и контруклонов на нагреваемом участке должно производиться при снятом напряжении на индукторе.

3. Применяемые опоры и приемы работы

3.1. Применяются следующие опоры и подвески:

— монтажные тележки;

— тяги с хомутом регулируемой высоты;

— специальные домкраты с усилием до 20 т и ходом до 200 мм;

— тали грузоподъемностью 3-5 т;

— временные пружинные подвески;

— рамки;

— направляющие;

— неподвижные опоры;

— талрепы;

— оттяжки.

3.2. Основные приемы работы следующие:

— выставление участков на тягах или тележках;

— выставление участков с зазорами для выправления осевой линии;

— следящие перемещения временных опор для компенсации массы участков и температурных расширений;

— применение следящих подвесок с малой жесткостью для постоянной компенсации массовой нагрузки и температурных расширений;

— принудительное перемещение участков паропровода для выправления его осевой линии;

— воздействие на холодные участки паропровода.

4. Сопровождение опорно-подвесной системы паропровода в процессе ВТО

4.1. После намотки индукторов окончательно выставляются хомуты, производятся упреждающие затяжки или зазоры, фиксируется холодное состояние паропровода на штатных или временных индикаторах перемещений Производится окончательный осмотр участков, подготовленных к нагреву. При удовлетворительных результатах осмотра дается разрешение на начало нагрева.

4.2. При первом цикле нагрева осмотр и при необходимости операции сопровождения производятся при температурах 300; 600; 750; 850; 950; 1000 и 1050°С. При отклонениях перемещений труб от расчетных значений, т.е. возможности нежелательной деформации трубы, работы по ВТО приостанавливаются до принятия технического решения.

При повторных циклах нагрева контроль и регулировка приспособлений для разгрузки производится с учетом поведения системы сопровождения при первом цикле нагружения.

4.3. Наблюдение за состоянием паропровода во время нагрева включает

– регистрацию перемещений и сравнение с расчетными величинами;

– проверку степени натяжения тяг временных опор,

– проверку работоспособности постоянных и временных опор

4.4. Силовое воздействие на нагреваемый участок включает.

– регулировку усилия на тягах хомутов;

– устранение дефектов трассировки деформированием труб,

– создание соответствующих нагрузок от грузоподъемных механизмов.

4.5. После завершения работ по ВТО в соответствии с п 7 1 настоящей Инструкции заказчик должен обеспечить удаление временных опор и разгружающих устройств, выполнение работ по наладке опорно-подвесной системы паропровода.

4.6. После выполнения наладочных работ трасса паропровода не должна иметь защемлений.

Фактические тепловые перемещения паропровода вдоль каждой оси системы координат (мм) не должны отличаться от соответствующих проектных (расчетных) перемещений более чем на $+ (25 + 0{,}3|\Delta_i|)$ в горизонтальном и $+0{,}5 (25 + 0{,}3|\Delta_i|)$ в вертикальном направлениях (Δ_i — проектное видимое перемещение вдоль оси i, мм). Фактические значения тепловых перемещений должны быть занесены в формуляр

Нагрузки на опоры и подвески (высоты пружин) в рабочем и холодном состояниях паропровода должны соответствовать расчетным значениям с отклонениями не более ±15%. Фактические данные высот пружин подвесок должны быть занесены в формуляр.

Приложение 3

РЕКОМЕНДОВАННЫЕ РЕЖИМЫ ВТО

Марка стали	Рекомендуемые температура нагрева, длительность выдержки, скорость охлаждения (V°C/мин) при проведении ВТО
12МХ	Нормализация 950–1030°С. Время выдержки от 20 до 40 мин, $V_{охл}$ > 5°С/мин Отпуск 680–730°С в течение от 30 мин до 1 ч
15ХМ	Нормализация 980–1060°С Время выдержки от 20 до 60 мин, $V_{охл}$ > 5°С/мин Отпуск 680–730°С в течение от 30 мин до 1 ч
12Х1МФ	Нормализация 980–1080°С. Время выдержки от 20 до 60 мин, $V_{охл}$ > 5°С/мин. Отпуск 700–750°С в течение от 30 мин до 3 ч
15Х1М1Ф	Нормализация 980–1080°С. Время выдержки от 20 до 60 мин, $V_{охл}$ > 5С°/мин. Отпуск 710–750°С в течение от 5 до 10 ч

Примечания:

1 Скорость охлаждения после отпуска не лимитируется.

2 Для сталей 12МХ и 15ХМ при получении всех свойств после нормализации в пределах требований, оговоренных техническими условиями, отпуск разрешается не проводить

3 Количество циклов ВТО, температура нормализации и отпуска выбираются в пределах, указанных в данной таблице, в зависимости от состояния металла после длительной эксплуатации

4 Скорость охлаждения сварных соединений для стали 12Х1МФ должна находиться в интервале 7–9°С/мин

5 Длительность отпуска сварных соединений из стали 12Х1МФ должна быть не менее 1,5 ч

6 Режимы ВТО сварных соединений 12МХ и 15ХМ совпадают с режимом основного металла

7 Сварные соединения стали 15Х1М1Ф не подвергаются ВТО

8 Режимы ВТО паропроводов из стали 20 определяются по фактическому состоянию металла

9 Специализированная организация, проводящая ВТО, в зависимости от состояния металла и результатов его контроля до ВТО имеет право на корректировку вышеуказанных режимов ВТО

Приложение 4

МАКСИМАЛЬНАЯ ДОПУСТИМАЯ СКОРОСТЬ ПОДЪЕМА ТЕМПЕРАТУР И МИНИМАЛЬНАЯ ДОПУСТИМАЯ ШИРИНА КОЛЬЦЕВОЙ ЗОНЫ РАВНОМЕРНОГО НАГРЕВА ИНДУКЦИОННЫМ СПОСОБОМ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПАРОПРОВОДОВ ПРИ ВТО

Таблица 1 – Максимальная допустимая скорость подъема температур при индукционном способе местного нагрева в процессе ВТО сварных соединений паропроводов

Толщина стенки паропроводных труб, мм	Максимальная допустимая скорость нагрева (°С/мин) в диапазоне температур, °С		
	20–550	550–800	800–1000
20	100	100	100
36	30	25	15
40	25	20	13
45	20	15	9
60	10	7	4,5

Таблица 2 – Минимальная допустимая ширина кольцевой зоны равномерного нагрева сварных соединений паропроводов при ВТО неподвижным индуктором

Наружный диаметр паропроводных труб $D_н$, мм	Минимальная допустимая ширина зоны равномерного нагрева L (мм) при толщине стенки паропроводных труб, мм		
	20	40	60
200	140	180	210
400	200	280	330
600	250	340	410

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие положения 3
2. Критерии, определяющие возможность проведения ВТО 4
3. Контрольно-диагностические операции, выполняемые до ВТО 4
4. Проведение ВТО 7
5 Контрольно-диагностические операции, выполняемые после ВТО 10
6. Оценка качества выполнения ВТО 12
7. Заключительные работы и оформление документации после ВТО 13
8. Техника безопасности 14
Приложение 1. Методика определения степени графитизации в углеродистых сталях 17
Приложение 2. Основные принципы предотвращения деформирования паропровода при проведении ВТО 19
Приложение 3. Рекомендованные режимы ВТО 25
Приложение 4 Максимальная допустимая скорость подъема температур и минимальная допустимая ширина кольцевой зоны равномерного нагрева индукционным способом сварных соединений паропроводов при ВТО 26

gost.e-ecolog.ru