

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Физические методы контроля»

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ В ПРОИЗВОДСТВЕ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для магистрантов специальности 1-38 80 01 «Приборостроение»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2021

УДК 620.17
ББК 30.607
Н54

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Физические методы контроля» «17» мая 2021 г.,
протокол № 8

Составитель канд. техн. наук. доц. С. С. Сергеев

Рецензент канд. техн. наук М. Н. Миронова

Методические рекомендации предназначены к практическим занятиям
по дисциплине «Неразрушающий контроль в производстве» для магистрантов
по специальности 1-38 80 01 «Приборостроение».

Учебно-методическое издание

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ В ПРОИЗВОДСТВЕ

Ответственный за выпуск	С. С. Сергеев
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать 20.10.2021 . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 1,4 . Уч.-изд. л. 1,37 . Тираж 16 экз. Заказ № 726.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2021

Содержание

Введение.....	4
Практическое занятие № 1. Изучение методики неразрушающего контроля сварного соединения трубопровода АЭС.....	5
Практическое занятие № 2. Изучение методики неразрушающего контроля железнодорожных рельсов.....	9
Практическое занятие № 3. Изучение методики неразрушающего обследования сосуда, работающего под давлением.....	14
Практическое занятие № 4. Оценка результатов неразрушающего контроля объекта и составление заключения	20
Список литературы	22

Введение

Учебная программа «Неразрушающий контроль в производстве» дает представление студентам об организации контроля качества и диагностики в различных отраслях промышленности. Цель преподавания данной дисциплины состоит в том, чтобы суммировать все полученные студентами ранее знания по различным методам неразрушающего контроля (НК), научить выбирать оптимальный метод (или несколько методов) контроля в зависимости от информативности и производственных задач, организовать с максимальной эффективностью службу контроля и систему контроля качества в процессе производства и эксплуатации промышленных изделий, ознакомить с современными принципами контроля качества продукции в различных отраслях промышленности.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся:

– узнает современные особенности технического контроля и управления качеством, о различных вариантах применения методов и средств НК в процессе производства материалов и изделий и эксплуатации объектов, структуру и функции служб контроля на предприятиях, вопросы метрологического обеспечения, сертификации, аккредитации, стандартизации и автоматизации в НК;

– сумеет выбрать оптимальный метод и средства НК для конкретных промышленных объектов, оценить их возможности с точки зрения достижения максимальных информативности и достоверности, организовать на предприятии службу НК для конкретных изделий, объектов или материалов;

– овладеет представлением о видах и способах формирования требований к параметрам, аппаратуре и подготовке нормативной документации и обслуживающего персонала по НК в различных отраслях промышленности.

Практическое занятие № 1. Изучение методики неразрушающего контроля сварного соединения трубопровода АЭС

Цель занятия: изучение нормативных документов и получение практических навыков разработки инструкции на неразрушающий контроль сварного соединения трубопровода.

В соответствии с РД 34-10.030–89 *Правила контроля качества сварных соединений трубопроводов атомных станций* в процессе изготовления и монтажа трубопроводов АЭС осуществляется систематический контроль качества производства сварочных работ, который включает в себя предварительный, входной, операционный и приемочный контроль готовых сварных изделий, а также контроль исправления дефектов.

При предварительном и входном контроле выполняется:

- контроль состояния сварочного оборудования, сборочно-сварочных приспособлений, аппаратуры и инструмента;
- контроль квалификации персонала;
- входной контроль основных материалов;
- входной контроль сварочных материалов;
- входной контроль материалов для дефектоскопии;
- контроль технологии.

При операционном контроле выполняется:

- контроль подготовки под сварку;
- контроль сборки соединений под сварку;
- контроль процесса сварки и наплавки.

Приемочный контроль готовых сварных соединений включает неразрушающий контроль.

Контроль исправления дефектов в сварных соединениях включает: контроль полноты удаления дефектов; контроль процесса заварки дефектного участка сварного соединения; контроль качества исправления дефектных участков сварного соединения.

Методы и объемы приемочного контроля выбираются организацией, выполняющей изготовление и (или) монтаж трубопроводов в соответствии с настоящим документом и указываются в производственной контрольной документации (ПКД).

Приемочный контроль включает неразрушающие (ультразвуковой и радиографический методы, капиллярная дефектоскопия, визуальный и измерительный контроль, контроль прогонкой металлического шарика, стилоскопирование, измерение твердости, гидравлические испытания) и разрушающие (испытание механических свойств, металлографические исследования, испытания на стойкость против межкристаллитной коррозии, испытания на содержание ферритной фазы) методы.

В зависимости от установленного объема проведения неразрушающий контроль подразделяется на сплошной и выборочный.

Сплошной контроль проводят по всей протяженности каждого сварного соединения трубопровода, выполненного сварщиком.

При выборочном контроле контролируется соответствующий процент сварных соединений, сваренных сварщиком независимо от диаметра труб.

Выбор контролируемых стыков труб, подвергаемых выборочному неразрушающему контролю, производится службой контроля предприятия (монтажной организацией) из числа наиболее трудновыполнимых или вызывающих сомнения по результатам визуального контроля.

Если при проведении выборочного неразрушающего контроля каким-либо методом обнаружены недопустимые для данного сварного соединения несплошности, то производится дополнительный контроль тем же методом удвоенного количества однотипных сварных соединений, выполненных тем же сварщиком.

Дополнительному контролю подлежат однотипные сварные соединения, расположенные на конкретном трубопроводе в пределах одного помещения.

Если при дополнительном контроле будут вновь обнаружены дефекты, то контроль в объеме 100-процентным методом, которым обнаружены дефекты, подлежат все однотипные сварные соединения труб, выполненные сварщиком, допустившим брак. При этом контролю подлежат:

- 1) при изготовлении деталей и сборочных единиц трубопровода из деталей и труб – сварные соединения, выполненные в течение трех смен, включая предыдущую и последующую;
- 2) при укрупнении сборочных единиц в комплексы (укрупненные монтажные блоки) – сварные соединения, выполненные на одном комплексе;
- 3) при монтаже трубопровода из деталей комплексов и сборочных единиц – сварные соединения, выполненные в течение 6 смен, включая три предыдущие и две последующие смены.

Если невозможно установить сварщика, выполнившего данное сварное соединение, то дополнительному и сплошному контролю подвергаются все однотипные сварные соединения.

В сварных соединениях с различной номинальной толщиной стенки объемы контроля устанавливаются по номинальной толщине более тонкостенной трубной детали.

При неразрушающем контроле сварных соединений, выполненных дуговой сваркой, контролируемая зона должна включать металл шва и прилегающие к краям шва участки основного металла шириной: не менее 5 мм при номинальной толщине сваренных деталей до 5 мм включительно; не менее номинальной толщины сваренных деталей при их номинальной толщине более 5 мм до 20 мм включительно; не менее 20 мм при номинальной толщине сваренных деталей более 20 мм.

В сварных соединениях деталей различной номинальной толщины ширина контролируемых участков основного металла определяется отдельно для каждой из сваренных деталей в зависимости от ее номинальной толщины.

При доступности сварных соединений для визуального, измерительного, капиллярного и магнитопорошкового контроля с двух сторон контроль следует проводить как с наружной, так и с внутренней стороны. Контроль указанными методами кольцевых сварных соединений деталей с номинальным внутренним диаметром до 800 мм включительно с внутренней стороны допускается не проводить, за исключением случаев, когда необходимость такого контроля оговорена чертежами изделия или ПКД.

При ультразвуковом контроле сварных соединений необходимость контроля внутренней и наружной сторон детали, а также контроля на поперечные трещины определяется указаниями ПКД в зависимости от специфики контролируемых сварных соединений.

При радиографическом контроле угловых и тавровых сварных соединений в случаях, предусмотренных ПКД, допускается уменьшение ширины контролируемой зоны.

Контроль качества сварных соединений (за исключением стилокопирования, визуального и измерительного контроля) должен выполняться после термической обработки (если таковая является обязательной для сварного соединения).

Если сварное соединение подлежит обработке давлением (деформированию) или механической обработке с удалением части шва, приемо-сдаточный неразрушающий контроль должен быть проведен после выполнения указанных операций.

Допускается проведение радиографического контроля до окончательной механической обработки сварного соединения, если припуск для указанной обработки на каждую сторону не превышает 10 % номинальной толщины сваренных деталей. При этом требуемая чувствительность контроля должна выбираться по номинальной толщине стенки после механической обработки.

Последовательность проведения неразрушающего контроля различными методами определяется указаниями ПКД, однако визуальный и измерительный контроль, а также стилокопирование должны предшествовать контролю другими методами.

Протяженность (длина, периметр) сварных соединений определяется по их наружной поверхности.

При технической невозможности проведения радиографического или ультразвукового контроля отдельных сварных соединений (из числа подлежащих обязательному контролю указанными методами) по совместному решению конструкторской организации, головной материаловедческой организации и предприятия-изготовителя (монтажной организации) трубопровода допускается взамен контроля указанными методами проводить сплошной послойный визуальный контроль в процессе выполнения сварного соединения (с фиксацией результатов контроля в специальном журнале) и последующий капиллярный или

магнитопорошковый контроль (или контроль травлением) готового сварного соединения. При этом послойный контроль должны выполнять контролеры служб контроля, а объем капиллярного или магнитопорошкового контроля (контроля травлением) устанавливается указанным решением и включается в ПКД.

Визуальный и измерительный контроль

Визуальному и измерительному контролю подлежат все сварные соединения. При этом каждое сварное соединение подлежит сплошному визуальному контролю.

При проведении визуального и измерительного контроля следует руководствоваться унифицированной методикой ПНАЭ Г-7-016–89 и ПКД.

Визуальный контроль производится для выявления в сварных соединениях дефектов типа трещин, наплывов, подрезов, пор, непроваров, шлаковых и вольфрамовых включений, прожогов, незаплавленных кратеров и пр.

При визуальном контроле проверяются также качество подготовки поверхности швов и околошовной зоны для проведения последующих контрольных операций и правильность маркировки и клеймения.

Визуальный контроль производится, как правило, невооруженным глазом, а в сомнительных местах – с помощью лупы 2...7-кратного увеличения после тщательной очистки поверхности швов и околошовной зоны от шлака, брызг и других загрязнений или после механической обработки, если таковая предусмотрена технологическим процессом или производственной инструкцией.

При измерительном контроле замеры предварительной наплавки кромок и выполненных сварных швов проводят в соответствии с указаниями ПКД, но не менее, чем в трех местах каждого шва. Замеры, в первую очередь, проводят на участках, вызывающих сомнение в части размеров при визуальном контроле.

Нормы допустимости поверхностных дефектов в сварных соединениях трубопроводов должны соответствовать приведенным в ПНАЭ Г-7-010–89 (в таблицах 7–12) сварных соединений III категории.

Формы и размеры конструктивных элементов выполненных швов (ширина и выпуклость или вогнутость поверхности шва, смещение кромок), а также геометрическое положение осей сваренных деталей (смещение, излом или неперпендикулярность) должны удовлетворять требованиям конструкторской или проектно-технологической документации.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты должны быть исправлены до проведения контроля другими методами.

Задание

При выполнении практического занятия необходимо разработать методику визуально-измерительного контроля заданного сварного соединения определенного трубопровода. Методика должна содержать следующие разделы:

- область применения инструкции;
- требования к квалификации персонала по неразрушающему контролю;

- требования к используемой аппаратуре и инструменту;
- подготовка к контролю;
- проведение контроля и определение размеров дефектов;
- оценка качества изделия;
- оформление результатов контроля.

Контрольные вопросы

- 1 Какова разрешающая способность визуального метода контроля?
- 2 Чему равна зона зачистки основного металла при подготовке деталей под дуговую сварку?
- 3 Каковы требования к шероховатости поверхности контролируемого изделия?
- 4 Какую освещенность контролируемой поверхности необходимо обеспечить для уверенного обнаружения дефектов?
- 5 Что является нормируемым показателем при оценке качества сварного соединения?
- 6 Из каких нормативных документов берутся размеры выпуклости сварного шва?
- 7 Какие дефекты однозначно не допускаются в сварных соединениях?
- 8 Какой объем сварных соединений подвергается визуально-измерительному контролю?

Практическое занятие № 2. Изучение методики неразрушающего контроля железнодорожных рельсов

Цель занятия: изучение нормативных документов и требований к методам и средствам неразрушающего контроля железнодорожных рельсов.

В соответствии с нормативными документами НК при эксплуатации рельсов выполняют по всей их длине (сплошной НК) с целью своевременного выявления дефектов, указанных в технической документации. Межконтрольные интервалы (периодичность НК) устанавливают в соответствии с требованиями владельца инфраструктуры.

В случае необходимости уточнения результатов сплошного НК выполняют НК отдельных сечений рельсов (вторичный НК).

Акустический вид НК по ГОСТ 18353 применяют для обнаружения внутренних и поверхностных дефектов, а также по решению владельца инфраструктуры железнодорожного транспорта при сплошном НК применяют магнитный вид НК по ГОСТ 18353 для обнаружения дефектов, выходящих на поверхность катания головки рельсов.

Дополнительно допускается применять оптический и/или вихретоковый вид НК по ГОСТ 18353 для обнаружения дефектов, выходящих на поверхность рельсов.

Допускается применение других видов и методов НК, не регламентированных настоящим стандартом, если соответствующие методики НК рельсов верифицированы по ГОСТ 33514 и согласованы с владельцем инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Технологическая документация по НК, персонал, выполняющий НК, а также организация работ по НК рельсов должны соответствовать требованиям ГОСТ 34513.

Средства НК должны обеспечивать возможность реализации требований настоящего стандарта, а также соответствовать требованиям ГОСТ 34513.

Требования к методам неразрушающего контроля рельсов

Методы акустического вида неразрушающего контроля. При сплошном НК рельсов применяют эхометод по ГОСТ 23829, при котором с поверхности катания должен быть обеспечен контроль головки рельса (за исключением мертвой зоны), а также шейки рельса (за исключением зоны под болтовыми и другими отверстиями в рельсе) и ее проекции в головку и подошву. Требования к эхометоду приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к эхометоду при сплошном НК рельсов

Зона контроля	Тип волны	Параметр НК				
		f , МГц	α , град	γ , град	M , мм, не более	K_u/K_α , дБ
Шейка и ее проекции в головку и подошву	l	2,25...2,75	0	–	6	16/–
Средняя часть головки	t		65...70	0...10	3	–/16
Боковые грани головки	t		55...60 или 65...70	33...35 или 41...43	–	16/– или 5/–
Шейка рельса и ее проекция в подошву	t		38...47	0	–	18/–
<i>Примечание – Угол поворота пьезоэлектрического преобразователя относительно продольной оси рельса в боковую грань головки, взаимодействующую с гребнем колеса подвижного состава; чувствительность контроля может быть увеличена при ухудшении акустического контакта</i>						

Дополнительно, по требованию владельца инфраструктуры железнодорожного транспорта, может быть применен зеркально-теневого метод по ГОСТ 23829, при котором должен быть обеспечен контроль шейки с поверхности катания рельса (за исключением зоны под болтовыми и другими отверстиями в рельсе) и ее проекций в головку и подошву. Требования к зеркально-теневого методу приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Требования к зеркально-теневого методу при сплошном НК рельсов

Зона контроля	Тип волны	Параметр НК		
		f , МГц	α , град	K_y , дБ
Шейка и ее проекции в головку и подошву	l	2,25...2,75	0	14

При вторичном НК рельсов применяют эхометод по ГОСТ 23829, требования к которому приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Требования к эхометоду при вторичном НК рельсов

Зона контроля	Поверхность рельса, с которой выполняют НК	Тип волны	Параметр НК			
			f , МГц	α , град	M , мм, не более	K_y/K_z , дБ
Боковая грань головки, взаимодействующая с гребнем колеса подвижного состава	Противоположная боковая грань	t	2,25...2,75	0	6	16/–
				8...55	8	18/–
Боковая грань головки, не взаимодействующая с гребнем колеса подвижного состава	Противоположная боковая грань	t		0	6	16/–
				48...55	8	18/–
Средняя часть головки	Поверхность катания	t		65...70	3	–/16
Шейка рельса и ее проекция в подошву	Поверхность катания	t		38...47	–	20/–
Шейка рельса и ее проекция в головку и подошву	Поверхность катания	l		0	6	16/–
Шейка рельса	Боковые поверхности шейки	l		0	6	16/–

Методы магнитного вида неразрушающего контроля. При сплошном НК рельсов применяют индукционный метод по ГОСТ 18353.

НК рельсов индукционным методом выполняют в режиме приложенного поля по ГОСТ 24450.

Тангенциальная составляющая вектора напряженности магнитного поля на поверхности рельса между полюсами намагничивающей системы при нахождении намагничивающей системы в статическом состоянии должна составлять не менее 10 А/см.

Требования к средствам неразрушающего контроля рельсов

При НК рельсов с использованием акустического вида применяют следующие средства контроля:

- дефектоскоп (аппаратно-программный комплекс);
- преобразователи по ГОСТ 26266;
- контактирующую жидкость;
- средства метрологического обеспечения НК (меры, настроечные образцы).

Средства НК рельсов с использованием акустического вида должны обеспечивать прозвучивание поперечных сечений рельса с шагом не более 5 мм.

При НК рельсов с использованием магнитного вида применяют следующие средства контроля:

- дефектоскоп (аппаратно-программный комплекс);
- намагничивающую систему;
- прибор для измерения напряженности магнитного поля;
- средства метрологического обеспечения НК;
- магнитные преобразователи.

Средства сплошного НК рельсов должны обеспечивать автоматическую регистрацию сигналов и параметров, определяющих контролируемую зону и чувствительность НК рельсов, в соответствии с нормативным документом (НД).

Проведение неразрушающего контроля рельсов

Подготовку средств НК к проведению НК рельсов выполняют в соответствии с руководством по эксплуатации и требованиями технологической инструкции по НК.

Настройку средств НК выполняют в начале каждой рабочей смены, при замене преобразователей или типа контактирующей жидкости.

Настройку эквивалентной чувствительности эхометода НК выполняют по мерам СО-2 по ГОСТ 14782 или СО-3Р по ГОСТ 18576. В качестве отражателя применяют цилиндрическое отверстие диаметром 6 мм на глубине 15 мм.

Настройку условной чувствительности зеркально-теневого метода НК выполняют на бездефектном участке рельса. В качестве отражателя используют донную поверхность рельса.

Для настройки эквивалентной чувствительности при НК рельсов допускается применение настроечных образцов, в которых выполнены отражатели, альтернативные указанным в НД, если это предусмотрено технологической инструкцией по НК. При этом должны быть обеспечены значения чувствительности в соответствии с данными, приведенными в таблицах 1–3.

При наличии разногласий в оценке результатов НК при применении настроечных образцов настройку чувствительности необходимо выполнять по мерам СО-2 согласно ГОСТ 14782 или СО-3Р в соответствии с ГОСТ 18576.

Для проверки работоспособности средств НК рекомендуется применение испытательных участков пути. Конструкция испытательных участков пути и технология проверки средств НК должны быть описаны в технологической документации по НК. Проверку работоспособности средств НК рекомендуется выполнять на рабочих скоростях НК.

В процессе НК рельсов выполняют сканирование, анализ и интерпретацию регистрируемых сигналов от дефектов, а также оценку качества рельсов по результатам НК в соответствии с технологической инструкцией по НК.

Результаты НК рельсов заносят в журнал (ведомость, электронный протокол) НК. Перечень обязательных сведений для включения в журнал (ведомость, электронный протокол) НК, а также продолжительность их хранения должны быть установлены технологической инструкцией по НК в соответствии с требованиями ГОСТ 34513.

Рельс признают дефектным при выполнении всех следующих условий:

- амплитуда сигнала от дефекта превышает уровень чувствительности, установленный в НД;
- координаты дефекта соответствуют его расположению в зоне контроля.

Задание

При выполнении практического занятия необходимо изучить нормативные требования к проведению неразрушающего контроля железнодорожных рельсов при эксплуатации.

Контрольные вопросы

- 1 Какие нормативные документы регламентируют неразрушающий контроль железнодорожных рельсов при эксплуатации?
- 2 Какие виды НК применяются для оценки качества рельсов?
- 3 Каковы требования к методам НК, применяемым при контроле рельсов?
- 4 Каковы требования к техническим средствам, применяемым при контроле рельсов?
- 5 Какие дефекты однозначно не допускаются в рельсах при эксплуатации?
- 6 Кто имеет право проводить НК железнодорожных рельсов при эксплуатации?

Практическое занятие № 3. Изучение методики неразрушающего обследования сосуда, работающего под давлением

Цель занятия: изучение нормативных документов и получение практических навыков разработки инструкции на неразрушающий контроль сварных швов сосудов, работающих под давлением.

Объекты контроля. Объектами контроля сосудов и аппаратов являются материалы, элементы корпуса, сварные соединения.

К материалам, из которых изготавливают сосуды и аппараты, относятся листовая сталь, в том числе двухслойная, сортовой прокат, кованные и штампованные заготовки.

К элементам корпуса сосуда, аппарата относятся фланцы, крышки, обечайки, днища, штуцера (патрубки), горловины.

Различным способам исполнения сосудов и аппаратов соответствуют следующие типы сварных соединений:

- стыковые и угловые, соединяющие монолитные однослойные элементы;
- стыковые и угловые, соединяющие многослойные элементы;
- стыковые и угловые, соединяющие однослойные элементы с многослойными.

По расположению в сосуде и аппарате должны быть установлены следующие категории сварных соединений:

- продольные сварные соединения в обечайках, в сферических и эллиптических днищах и их заготовках;
- кольцевые сварные соединения в обечайках, кольцевые сварные швы, соединяющие кованные, штампованные, многослойные (рулонированные) обечайки между собой и с днищами, фланцами, горловинами;
- сварные швы, соединяющие фланцы, трубные доски с обечайками, а также фланцы с патрубками;
- сварные соединения вварки (приварки) штуцеров (патрубков), горловин в обечайки, днища;
- сварные соединения приварных элементов к корпусу;
- соединения приварки труб к трубной решетке.

Методы контроля стальных сварных сосудов, работающих под давлением

Геометрические размеры и форму поверхностей необходимо измерять с помощью средств, обеспечивающих погрешность не более 30 % установленного допуска на изготовление.

Габаритные размеры сосудов необходимо определять путем суммирования размеров входящих в них сборочных единиц и деталей.

Контроль качества поверхностей на отсутствие плен, закатов, расслоений, грубых рисок, трещин, снижающих качество и ухудшающих товарный вид, необходимо проводить путем визуального и измерительного контроля.

На поверхности сосуда не допускаются риски, царапины, вмятины и другие дефекты, превышающие требования стандартов или технических условий на поставку основного материала. Недопустимые дефекты исправляют.

Обязательную проверку наличия, содержания, мест расположения клейм на сварных швах и маркировки на готовом сосуде (самостоятельно поставляемых сборочных единицах и деталях) необходимо осуществлять визуальным осмотром.

Контроль качества сварных соединений необходимо проводить:

- визуальным и измерительным контролем;
- механическими испытаниями;
- испытанием на стойкость к межкристаллитной коррозии;
- металлографическими исследованиями;
- стилоскопированием сварных швов;
- ультразвуковым контролем;
- радиографическим контролем;
- капиллярным или магнитопорошковым контролем;
- другими методами (акустической эмиссией, люминесцентным контролем, определением содержания ферритной фазы и др.), если необходимо.

Окончательный контроль качества сварных соединений сосудов, подвергаемых термической обработке, необходимо проводить после нее.

Для сварных соединений сосуда из низколегированных марганцовистых и марганцево-кремнистых сталей или двухслойных сталей с основным слоем из этих сталей, подвергаемых в процессе изготовления нормализации или закалке с отпуском, механические испытания и металлографические исследования допускается проводить до окончательной термической обработки (высокого отпуска).

При этом полученные положительные результаты механических испытаний необходимо считать окончательными.

В процессе изготовления сборочных единиц и деталей необходимо проверить на соответствие требованиям стандартов (технических условий) и проектной документации:

- состояние и качество свариваемых сборочных единиц и деталей и сварочных материалов;
- качество подготовки кромок и сборки под сварку;
- соблюдение технологического процесса сварки и термической обработки.

Визуальный и измерительный контроль сварных соединений

Визуальный контроль и измерение сварных швов необходимо проводить после очистки швов и прилегающих к ним поверхностей основного металла от шлака, брызг и других загрязнений.

Обязательному визуальному и измерительному контролю подлежат все сварные швы в соответствии с действующей НТД и ГОСТ 3242 для выявления дефектов, выходящих на поверхность шва и не допустимых в соответствии с требованиями настоящего стандарта. Визуальный и измерительный контроль необходимо проводить в доступных местах с двух сторон по всей протяженности шва.

Механические испытания

Механическим испытаниям необходимо подвергать стыковые сварные соединения, определяющие прочность сосуда. К стыковым соединениям, определяющим прочность сосуда, следует относить продольные швы обечаек, хордовые и меридиональные швы выпуклых днищ. Механические испытания необходимо проводить на контрольных стыковых сварных соединениях.

Измерению твердости необходимо подвергать металл шва сварных соединений сосудов (работающих под давлением деталей) из сталей и металл шва коррозионно-стойкого слоя в сварных соединениях из двухслойных сталей.

Допускается проводить измерение твердости металла шва на контрольных образцах, если невозможно его осуществить на готовом сосуде (детали). Твердость необходимо проверять не менее чем в трех точках поперек сварного соединения.

При получении неудовлетворительных результатов по какому-либо виду механических испытаний допускается проведение повторного испытания на удвоенном количестве образцов, вырезанных из того же контрольного сварного соединения, по тому виду механических испытаний, которые показали неудовлетворительные результаты. Если при повторном испытании получены неудовлетворительные результаты хотя бы на одном образце, сварное соединение считают непригодным.

Испытание на стойкость к межкристаллитной коррозии

Испытание сварного соединения на стойкость к межкристаллитной коррозии в соответствии с ГОСТ 6032 необходимо проводить для сосудов (сборочных единиц, деталей), изготовленных из сталей аустенитного, ферритного, аустенитно-ферритного классов и сплавов, двухслойной стали с коррозионно-стойким сплавом из аустенитных и ферритных сталей и сплавов, по требованию технических условий или проектной документации.

Форма, размеры и количество образцов должны соответствовать ГОСТ 6032.

Испытание на стойкость к межкристаллитной коррозии необходимо проводить в соответствии с ГОСТ 6032. Метод испытания должен быть указан в проектной документации.

Металл шва и зона термического влияния должны быть стойкими к межкристаллитной коррозии.

При получении неудовлетворительных результатов допускается проведение повторного испытания на удвоенном количестве образцов, вырезанных из того же контрольного сварного соединения.

Если при повторном испытании получены неудовлетворительные результаты хотя бы на одном образце, сварное соединение считают непригодным.

Металлографические исследования

Металлографическим исследованиям необходимо подвергать стыковые сварные соединения, определяющие прочность сосудов:

- 1, 2 и 3-й групп, работающих под давлением более 5 МПа, или при температуре ниже минус 40 °С;
- 1-й и 2-й групп, работающих при температуре выше 450 °С;
- из сталей и сплавов, склонных к термическому воздействию (марок 12МХ. 12ХМ. 15Х5М и др.), из сталей аустенитного класса без ферритной фазы (марок 08Х17Н15МЗТ. 06ХН28МДТ и др.) и из двухслойных сталей и сплавов.

Металлографические макро- и микроисследования необходимо проводить согласно действующей НТД на одном образце от каждого контрольного сварного соединения.

Если при металлографическом исследовании в контрольном сварном соединении будут обнаружены недопустимые внутренние дефекты, которые должны быть выявлены радиографическим или ультразвуковым контролем все производственные сварные соединения, контролируемые данным сварным соединением, подлежат повторному 100-процентному контролю тем же методом неразрушающего контроля. В случае получения удовлетворительных результатов повторного контроля сварные швы считают годными.

При получении неудовлетворительных результатов допускается повторное металлографическое исследование на удвоенном количестве образцов, вырезанных из того же контрольного сварного соединения.

Если при этом испытании получены неудовлетворительные результаты хотя бы на одном образце, сварное соединение считают непригодным.

Радиографический и ультразвуковой контроль сварных соединений

Для выявления внутренних дефектов сварных соединений необходимо применять методы неразрушающего контроля, в которых используют проникающие физические поля: радиографический и ультразвуковой.

Ультразвуковой контроль сварных соединений следует проводить в соответствии с действующей НТД.

Радиографический контроль сварных соединений следует проводить в соответствии с действующей НТД.

Метод контроля (ультразвуковой, радиографический или их сочетание) необходимо выбирать исходя из возможностей более полного и точного выявления недопустимых дефектов с учетом особенностей физических свойств металла, а также особенностей методики контроля для данного вида сварных соединений сосуда (сборочных единиц, деталей).

Метод контроля качества стыковых, угловых и тавровых сварных соединений необходимо определять согласно нормативному документу.

Обязательному контролю радиографическим или ультразвуковым методом подлежат:

- стыковые, угловые, тавровые сварные соединения, доступные для этого контроля;
- места сопряжения (пересечений) сварных соединений;
- сварные соединения внутренних и наружных устройств по указанию в проектной документации или в технических условиях на сосуд (сборочную единицу, деталь);
- сварные соединения элементов из стали перлитного класса с элементами из сталей аустенитного класса в 100-процентном объеме;
- перекрываемые укрепляющими кольцами участки сварных швов корпуса, предварительно зачищенные заподлицо с наружной поверхностью корпуса;
- прилегающие к отверстию участки сварных швов корпуса, на которые устанавливают люки и штуцера.

Места контроля сварных соединений сосудов 3, 4 и 5-й групп радиографическим или ультразвуковым методом должны быть указаны в технической документации на сосуд.

Перед контролем соответствующие участки сварных соединений должны быть так замаркированы, чтобы их можно было легко обнаружить на картах контроля и радиографических снимках.

При невозможности осуществления контроля сварных соединений радиографическим или ультразвуковым методом из-за их недоступности (ввиду конструктивных особенностей сосуда, ограниченности технических возможностей этих методов или по условиям техники безопасности) или неэффективности (в частности, при наличии конструктивного зазора) контроль качества этих сварных соединений необходимо проводить другими методами неразрушающего контроля.

Сварные соединения сосудов, снабженных быстросъемными крышками, подлежат 100-процентному контролю ультразвуковым или радиографическим методом.

Капиллярный и магнитопорошковый контроль

Капиллярному или магнитопорошковому контролю необходимо подвергать сварные швы, недоступные для осуществления контроля радиографическим или ультразвуковым методом, а также сварные швы сталей, склонных к образованию трещин при сварке.

Капиллярный и магнитопорошковый контроль сварных соединений необходимо проводить согласно действующей НТД (ГОСТ 18442).

Объем капиллярного контроля и класс чувствительности определяют в соответствии с требованиями проектной документации.

Контроль на герметичность

Необходимость контроля на герметичность, степень герметичности и выбор методов и способов испытаний должны быть оговорены в технической документации на сосуд.

Контроль на герметичность необходимо проводить согласно требованиям нормативной документации.

Контроль на герметичность гидравлическим способом с люминесцентным индикаторным покрытием или люминесцентно-гидравлическим способом допускается совмещать с гидравлическим испытанием на прочность.

Контроль на герметичность крепления труб для трубных систем, соединений «теплообменная труба – трубная решетка», где не допускается смешение сред (переток жидкости), необходимо проводить гелиевым (галогенным) течеискателем или люминесцентно-гидравлическим способом в соответствии с нормативным документом.

Контроль сварных швов на герметичность допускается проводить капиллярным методом: смачиванием керосином. При этом поверхность контролируемого шва с наружной стороны необходимо покрывать мелом, а с внутренней стороны – обильно смачивать керосином в течение всего периода испытания.

Качество сварного соединения считают удовлетворительным, если в результате применения любого соответствующего установленному классу герметичности метода не будет обнаружено течи (утечек).

Задание

При выполнении практического занятия необходимо составить примерную инструкцию на один из видов неразрушающего контроля сварного шва сосуда по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы

- 1 Какие типы сварных швов используются при изготовлении сосудов, работающих под давлением?
- 2 Какие виды и методы неразрушающего и разрушающего контроля используются при обследовании сосудов?
- 3 Что собой представляют металлографические исследования?

- 4 Какие требования предъявляются при контроле герметичности?
- 5 Для чего проводятся механические испытания?

Практическое занятие № 4. Оценка результатов неразрушающего контроля объекта и составление заключения

Цель занятия: изучение требований к оформлению и хранению документов по результатам неразрушающего контроля сварных соединений промышленных объектов.

Требования к оформлению и хранению технической документации по результатам неразрушающего контроля сварных соединений

Результаты контроля качества сварных соединений промышленных объектов оформляют в виде заключений (в двух экземплярах) отдельно на каждое сварное соединение в соответствии с нормативными документами и фиксируют в журнале контроля сварных соединений методами НК. К каждому заключению должна быть приложена схема проконтролированного соединения с указанием на ней координат продольных сварных швов и мест расположения недопустимых дефектов.

Заключениям следует присваивать уникальный номер, соответствующий номеру сварного соединения.

Заключению, оформленному по результатам проведенного повторного контроля, присваивается номер, соответствующий номеру первично выданного заключения на проконтролированное сварное соединение, с добавлением аббревиатуры «ПК». Номер заключения по дублирующему контролю должен соответствовать номеру заключения, выданного при первичном контроле, с добавлением аббревиатуры «ДК». Номер заключения на сварное соединение после проведенного ремонта должен соответствовать номеру заключения первичного контроля с добавлением аббревиатуры «Р».

Заключение первичного и повторного контроля вместе с соответствующими комплектами радиографических снимков входят в состав исполнительной документации. В заключениях необходимо указывать категорию трубопровода, толщины свариваемых трубных секций, вид/тип дефекта, направляемого в ремонт, и его координаты по мерному поясу.

Каждый дефект должен быть отмечен в заключении отдельно и иметь подробное описание с указанием:

- символа условного обозначения дефекта;
- длины (протяженности) дефекта или суммарной длины (протяженности) цепочки и скопления пор или включений в миллиметрах (с указанием преобладающего размера дефекта в группе);
- глубины залегания дефектов в миллиметрах (только для УЗК);
- условной высоты дефектов (если она определяется) в миллиметрах или знаками ($>$ или \leq) по сравнению с нормой на контроль;

– дополнительной информации, в зависимости от особенностей применяемого метода НК;

– заключения о допустимости дефекта: «допустим», «недопустим».

Допускается однотипные дефекты на снимке или на участке шва длиной 300 мм обозначать одной строкой с указанием их количества перед условным обозначением дефекта (для однотипных дефектов), разделяя их точкой с запятой. Если длина шва или его периметр менее 300 мм, указывают количество однотипных дефектов по всей длине (периметру) шва.

В заключении также указываются:

– суммарная протяженность дефектов по всей длине (периметру) шва;
– заключение о годности сварного соединения («годен», «ремонт», «вырезка», «повторный контроль»).

В заключении необходимо кратко отразить факт проведения повторного контроля и его результаты:

– метод контроля;
– номер заключения;
– заключение о допустимости (годности).

Радиографические снимки и заключения, подтверждающие выполнение ремонта сварного соединения, хранятся вместе со снимками и заключениями, на основании которых соединение направлялось в ремонт.

Допускается записывать в одном заключении на каждый метод НК все сварные стыки одной ремонтной конструкции.

Заключения по результатам контроля сварного соединения, подтвержденные специалистами службы контроля заказчика, предоставляются производителю сварочно-монтажных работ.

При выявлении неудовлетворительного качества радиографических снимков по результатам НК срок выдачи заключений при повторном радиографическом контроле увеличивается в 2 раза.

Хранение результатов НК

Результатом проведения работ по НК являются:

– заключения НК сварных соединений, выполненных на объекте (собранные в папку с реестром);
– журналы контроля сварных соединений методами НК;
– исходные данные контроля (электронный носитель информации, жесткий диск);
– радиографические снимки сварных соединений;
– электронный архив с данными оцифровки радиографических снимков (электронный носитель информации, жесткий диск).

Заключения по результатам НК, схемы проконтролированных соединений, оцифрованные радиографические снимки, результаты УЗК, схемы раскладки сварных стыков на объекте хранятся в эксплуатирующей организации в течение всего срока эксплуатации объекта.

Журналы контроля сварных соединений неразрушающими методами хранятся у производителя работ по НК до сдачи объекта в эксплуатацию и передаются заказчику в составе исполнительной документации.

Задание

При выполнении практического занятия необходимо составить примерное заключение по результатам ультразвукового контроля сварного шва резервуара, трубопровода или сосуда (по заданию преподавателя).

Контрольные вопросы

- 1 Какие требования предъявляются к оформлению заключения по результатам НК промышленного объекта?
- 2 Как архивируется техническая документация по результатам НК объектов?
- 3 Какая информация должна содержаться в заключении по результатам НК?

Список литературы

- 1 **РД 34-10.030–89.** Правила контроля качества сварных соединений трубопроводов атомных станций. – Москва: Изд-во стандартов, 1989. – 32 с.
- 2 **СТБ 1133–98.** Соединения сварные. Метод контроля внешним осмотром и измерениями. Общие требования. – Минск: Госстандарт, 1999. – 10 с.
- 3 **ГОСТ 16037–80.** Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Изд-во стандартов, 2000. – 23 с.
- 4 Методы контроля качества в машиностроении: учебное пособие / Е. Г. Кравченко [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2017. – 132 с.
- 5 **Новокрепцов, В. В.** Неразрушающий контроль сварных соединений в машиностроении: учебное пособие для академ. бакалавриата / В. В. Новокрепцов, Р. В. Родякина; под науч. ред. Н. Н. Прохорова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2017. – 274 с.
- 6 **Щербинский, В. Г.** Технология ультразвукового контроля сварных соединений / В. Г. Щербинский. – 3-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: СВЕН, 2014. – 495 с.
- 7 **Герасимова, А. Г.** Контроль и диагностика тепломеханического оборудования ТЭС и АЭС: учебное пособие / А. Г. Герасимова. – Минск: Вышэйшая школа, 2011. – 272 с.
- 8 **ГОСТ Р 55724–2013.** Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. – Москва: Изд-во стандартов, 2013. – 42 с.
- 9 **ГОСТ 34513–2018.** Система неразрушающего контроля продукции железнодорожного назначения. Основные положения. – Москва: Изд-во стандартов, 2018. – 43 с.