

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»

(код и наименование направления подготовки)

Сварка и пайка новых металлических и неметаллических неорганических
материалов

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему «Ультразвуковой контроль качества сварки эстакады»

Студент

Н.С. Седин
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

Руководитель

к. т. н., доцент Г.М. Короткова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 3 |
| 1 Конструктивные особенности эстакады | 6 |
| __1.1 Описание сварной конструкции и примененных типов соединений | 6 |
| __1.2 Дефекты сварных соединений эстакады..... | 9 |
| __1.3 Условия применения методов контроля качества | 16 |
| 2 Анализ методов неразрушающего контроля качества | |
| сварных соединений..... | 20 |
| __2.1 Современное состояние проблемы..... | 20 |
| __2.2 Анализ методов контроля..... | 22 |
| 2.3 Способы создания акустического контакта и влияния угла ввода ультразвуковой волны. | 26 |
| __2.4 Влияние параметров ультразвуковых колебаний..... | 27 |
| __2.5 Расчет параметров ультразвукового контроля | 29 |
| __2.6 Построение АРД – диаграммы..... | 32 |
| 3 Современные средства УЗ-контроля и обоснование выбора оборудования | 36 |
| 3.1 Возможности современных средств УЗ-контроля..... | 39 |
| 3.2 Принцип работы дефектоскопа "PELENG 307" УДЗ-307ВД | 46 |
| 4 Технология ультразвукового контроля сварного соединения..... | 48 |
| 4.1 Технология ультразвукового контроля стыкового сварного соединения | 48 |
| 4.2 Протокол по результатам ультразвукового контроля | 59 |
| 5 Результаты контроля качества сварных соединений | 63 |
| 5.1 Рекомендации по созданию методики неразрушающего контроля сварных соединений | 80 |
| Заключение | 83 |
| Список используемых источников..... | 84 |
| Приложение А Основные требования создания методик неразрушающего контроля сварных соединений..... | 90 |

Введение

Сварные металлические конструкции в настоящее время являются основными несущими конструкциями широко применяемые в промышленном и гражданском строительстве, при монтаже каркасов цехов предприятий машиностроения, химической и нефтехимической и других отраслей народного хозяйства, инфраструктурных объектах космонавтики, энергетики и железнодорожного транспорта, при строительстве мостов, эстакад, виадуков и путепроводов, трубопроводов для транспортировки различных жидких и газообразных сред, других объектов индустриального, сельскохозяйственного и общественного назначения.

Эстакада представляет собой сложное инженерное сооружение пространственного типа, состоящее из металлических ферм и служащее для поднятия вверх путей сообщения, погрузочно-разгрузочных и других сложных технологических операций и т.д. Эстакада является протяженным объектом, состоящим из комплекса сварных однотипных опор и пролётов, предназначенных для размещения автомобильных и железных дорог, инженерных коммуникаций и другой транспортной инфраструктуры выше уровня земли с целью обхода занятой территории в населенных пунктах или организованных ранее транспортных потоков.

Сварные соединения основных несущих элементов эстакады должны обеспечивать необходимое качество и быть максимально прочными и надежными. Надежность и долговечность металлических конструкций и сварных соединений в частности определяется, прежде всего, высоким качеством основных материалов, из которого они изготовлены и сварочных материалов, применяемых при выполнении технологических процессов сварки. Основная часть выполняемых работ по неразрушающему контролю непосредственно связана с контролем качества сварных соединений. В условиях строительства и промышленного производства применяются различные методы неразрушающего контроля, а также разрушающих и других видов испытаний. В настоящее время в соответствии с нормативными

документами Системы неразрушающего контроля на опасных производственных объектах СНК ОПО РОНКТД классификация методов неразрушающего контроля регламентируется стандартом НАКС СНК ОПО РОНКТД – 02-2021.

Из всех современных инструментальных методов неразрушающего контроля самыми распространёнными и широко применяемыми являются: радиографический и ультразвуковой, а также методы поверхностной дефектоскопии: капиллярный и магнитный.

Измерение параметров и технических характеристик сварных соединений, оценка уровня качества изделий и сварных узлов позволяют получить полный спектр информации о состоянии объекта в процессе изготовления, монтажа, эксплуатации, а также реконструкции и ремонта. Кроме того, очень важно обладать сведениями о химическом составе основного материала изделия или конструкции, сварочных материалов, применяемых при их изготовлении, его структуре, режиме, разновидности и глубине термической обработки, ее качестве, о наличии и характере как наружных, так и внутренних дефектов в изделии или конструкции, а также о распределении внутренних рабочих и остаточных напряжений в них в процессе эксплуатации.

Объем и достоверность описанной выше информации, а также эффективность оценки состояния конструкции и сварных соединений в значительной степени определяют пути повышения уровня промышленной безопасности опасных производственных объектов на основе сварных конструкций. В результате повышения требований к качеству сварных конструкций увеличивается значимость неразрушающего контроля при изготовлении и эксплуатации промышленных и народнохозяйственных объектов. Во многих промышленных отраслях неразрушающий контроль выведен в отдельный технологический процесс, так как чаще всего финансовые затраты на проведение мероприятий по неразрушающему контролю можно приравнять к затратам на изготовление самого изделия [28].

Система неразрушающего контроля на всех этапах изготовления и эксплуатации сварных стальных конструкций является одним из важнейших элементов контроля и обеспечения промышленной безопасности, связанная с повышением эффективности контроля за состоянием опасных технических устройств, несущих конструкций и опасных производственных объектов в целом, своевременностью и качеством работ по их техническому обслуживанию при эксплуатации и капитальному ремонту. Решение проблем поддержания их высокой эксплуатационной надежности, нормативной долговечности и обеспечения промышленной безопасности требует постоянной их актуализации, оптимизации и усовершенствования.

Целью, данной выпускной квалификационной работы является повышение эксплуатационной надежности и промышленной безопасности металлической эстакады путем применения современных методов неразрушающего контроля сварных соединений основных конструктивных элементов эстакады.

1 Конструктивные особенности эстакады

1.1 Описание сварной конструкции и примененных типов соединений

На рисунке 1 представлен план закрытой крановой эстакады склада вторсырья. Продольное сечение крановой эстакады приведено на рисунке 2.

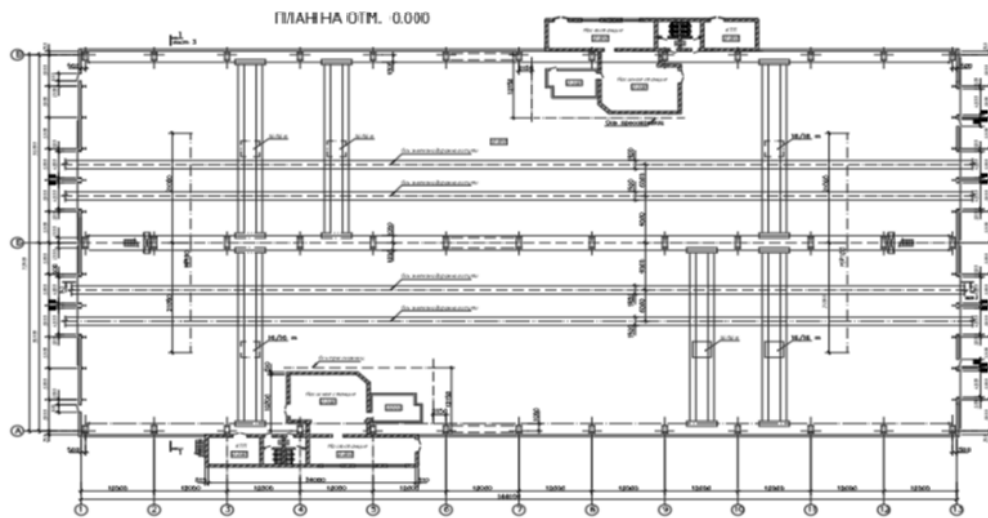


Рисунок 1 – План закрытой крановой эстакады склада вторсырья

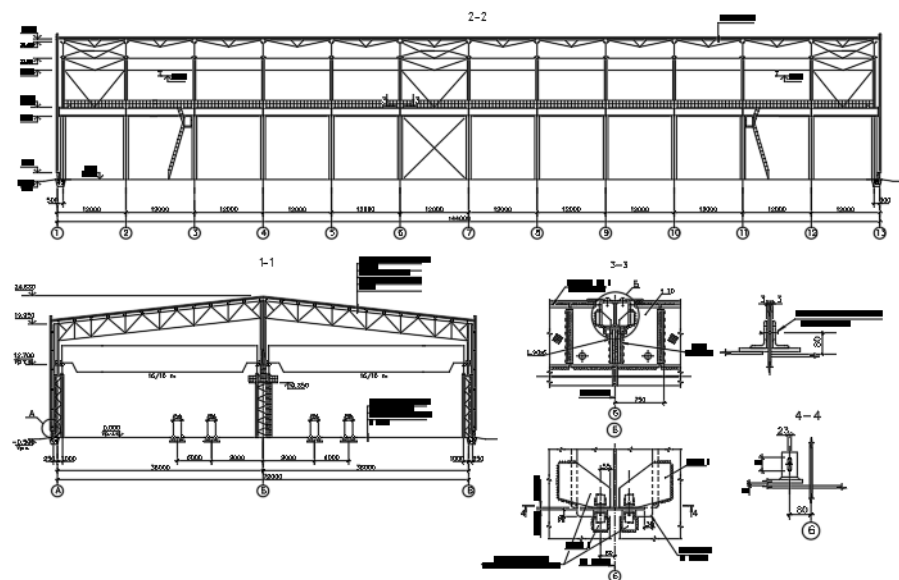


Рисунок 2 – Продольное сечение крановой эстакады

Крановая эстакада – сложная сварная конструкция выполненная с помощью таких соединений [39], как стыковые, угловые, тавровые, нахлесточные.

Стыковые соединения заготовки, примыкающие друг к другу торцами, находящиеся в одной плоскости или на ровной поверхности (рисунок 3). При сварке деталей с разной толщиной допустимо незначительное смещение поверхностей.

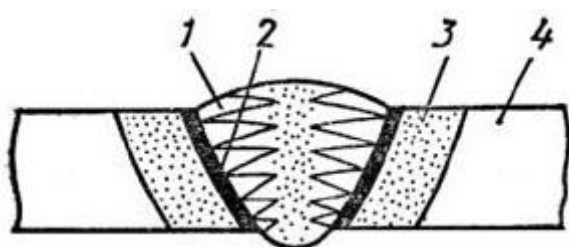


Рисунок 3 – Схема сварного соединения: 1 — сварной шов; 2 — зона сплавления; 3 — зона термического влияния; 4 — основной металл; 1,2,3 – сварное соединение

Угловые сварные соединения двух деталей под любым углом [7,11] (рисунок 4). Если заготовки разной толщины, толстостенная размещается внизу, для того чтобы на тонкой не появились прожоги и подрезы, сварочная ванна создается за счет плавления металла толстой заготовки. Для увеличения прочности соединения швы накладывают с обеих сторон. Внутренний угол сваривают малым током, чтобы на внешней поверхности не образовалось закругление.

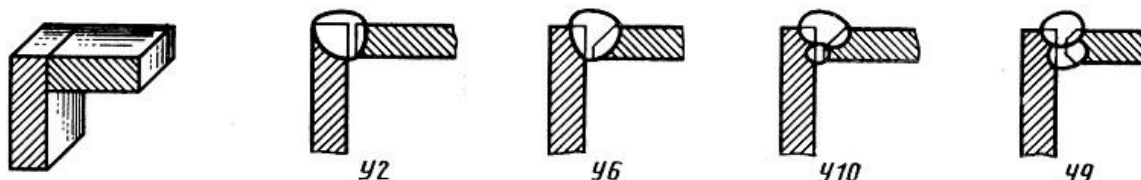


Рисунок 4 – Угловые соединений

Нахлесточными сварными швами соединяют параллельно расположенные пластины, которые наложены одна на другую с перекрытием

(рисунок 5). Для повышения прочности на разрыв и избежания проникновения влаги внутрь сварка производится с обеих сторон. Данным способом соединяются узлы с толщиной стенок до 12 мм.

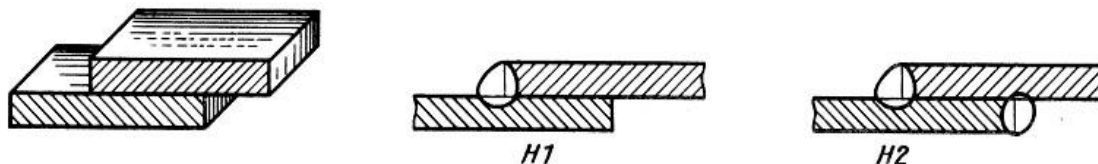


Рисунок 5– Нахлесточные соединения

Тавровые сварные соединения торца одной детали с боковой поверхностью другой под прямым или небольшим углом [7,11] (рисунок 6). В случае когда толщина заготовки больше 4 мм сварка проводится с двух сторон с тщательной подготовкой кромок вертикальной пластины. Тавровые соединения в большинстве случаев применяют при сборке несущих конструкций.

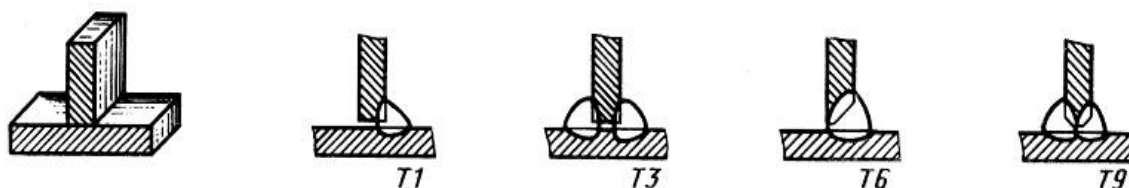


Рисунок 6 – Тавровые соединения

При выполнении торцевых соединений свариваются торцы заготовок, плотно примыкающих друг к другу или расходящихся от места стыка под углом не больше 30° .

В конструкции закрытой крановой эстакады присутствуют все вышеуказанные виды сварных соединений.

1.2 Дефекты сварных соединений эстакады

В работе [18,25] приведены наиболее распространённые дефекты и повреждения конструкций эстакад и элементов подкрановых путей, которые оказывают влияние на работоспособность конструкции (рисунок 7).

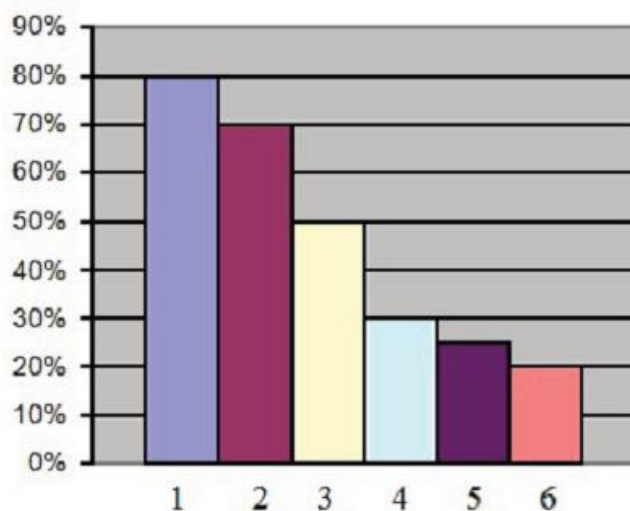


Рисунок 7 – Статистика дефектов металлоконструкций: 1 – нарушение креплений подкрановых рельсов; 2 – геометрические отклонения подкрановых путей; 3 – появление трещин в сварных соединениях; 4 – дефекты креплений тормозных балок и иных элементов к колоннам; 5 – появление трещин в соединениях колонн и конструкций эстакад; 6 – недопустимые деформации несущих элементов эстакад

Возникновение усталостных трещин является одной из первостепенных причин определения металлических сварных соединений как несостоятельных (более 50 % обследуемых), согласно действующим нормам Ростехнадзора. Точное выполнение требований нормативных документов Ростехнадзора приведет к массовому выводу из эксплуатации поврежденных конструкций несмотря на сохранение ими своих функций. В подобных обстоятельствах необходимо усилить контроль и провести доскональное изучение остаточного ресурса конструкций эстакад с эксплуатационными дефектами [22,23,31,33-40]. Данная процедура регулируется соответствующими нормативными документами, обязательной частью которых должны стать данные проведенных аналитических

исследовании напряженно-деформированного состояния (НДС) и диагностики конструкций эстакад в штатных и аварийных ситуациях. Наступление аварийных ситуаций для конструкций эстакад возможно из-за возникновения одиночных повреждений или при проявлении определенного количества различных дефектов, что позволяет определить тип аварийной ситуации как особо опасный. Штатные режимы предполагают эксплуатацию конструкций эстакад грузоподъемных кранов без дефектов и повреждений при уровнях нагрузок на конструкции, предусмотренных нормативными расчетными случаями.

В связи с приведенными выше данными рассматриваются виды дефектов сварных соединений и сопряжений крановой эстакады. Полная классификация возможных дефектов в наружной и внутренней структуре сварного шва представлена в ГОСТ 30242-97.

Появление наружных повреждений сварных швов зачастую сопровождается наличием глубинных нарушений структуры металлического сплава. Данные дефекты могут появиться при использовании любого способа сварки. И подразделяются на сквозные, наружные и внутренние.

Выявить наружные дефекты возможно даже при визуальном осмотре. Большая часть наружных дефектов устраняется без остановки производственного процесса.

Причиной возникновения трещин чаще всего является несоблюдение температурного режима (рисунок 8). Горячие трещины формируются при температуре выше 1100°C . А холодные соответственно при недостаточном уровне разогрева поверхности (до 200°C). Таким образом, наличие трещин влияет на пластичность металла и он разрушается под нагрузкой. [1,27].

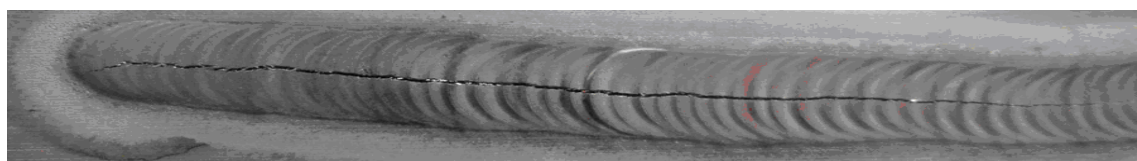


Рисунок 8- Продольная трещина из-за несоблюдения температурного режима

На рисунке 9 приведены рентгенограммы внутренних трещин в сварных соединениях.

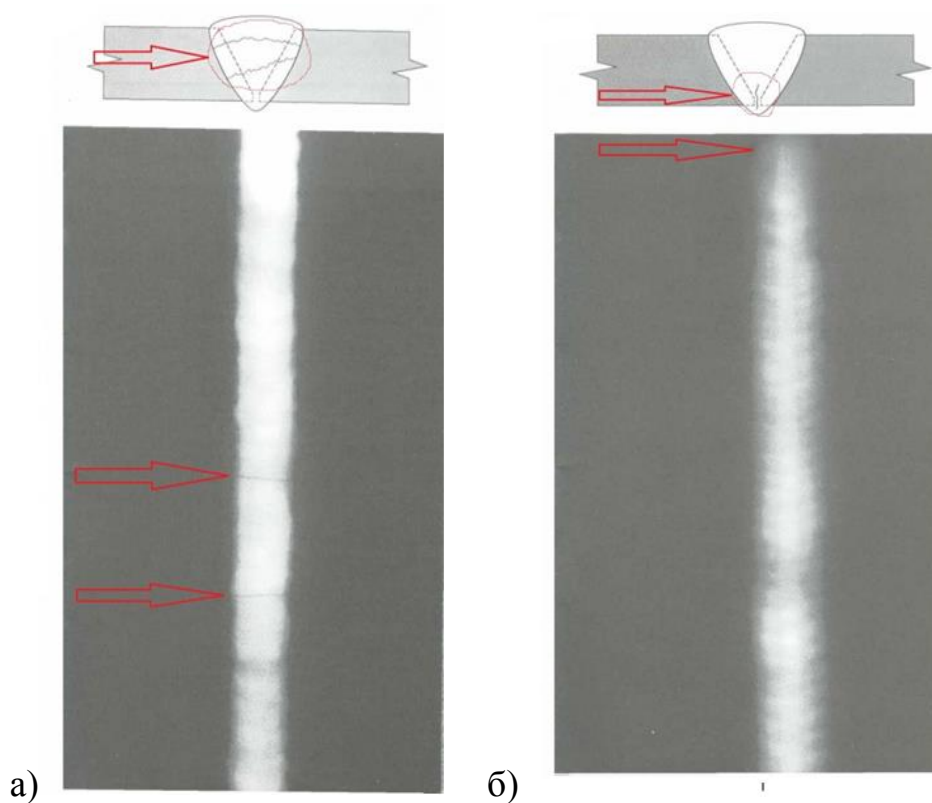


Рисунок 9 – Рентгенограмма сварного соединения

Наиболее часто встречающиеся дефектные нарушения сварных швов – это подрезы [1,41]: видимые углубления между наплавкой и деталью.

Причины появления дефекта: истончение сварных заготовок при слишком высоком напряжении дуги; неравномерный нагрев кромок металла, вызывающий смещение ванны расплава от центра зазора.

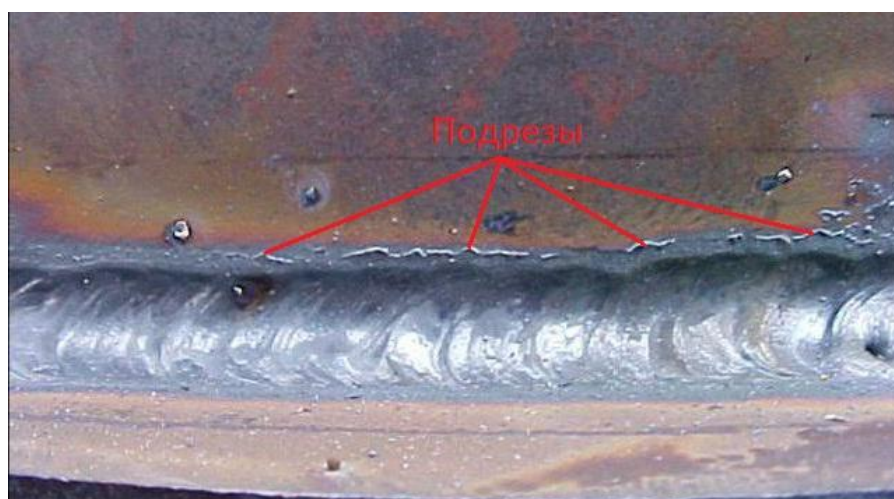


Рисунок 10 – Подрез сварного шва

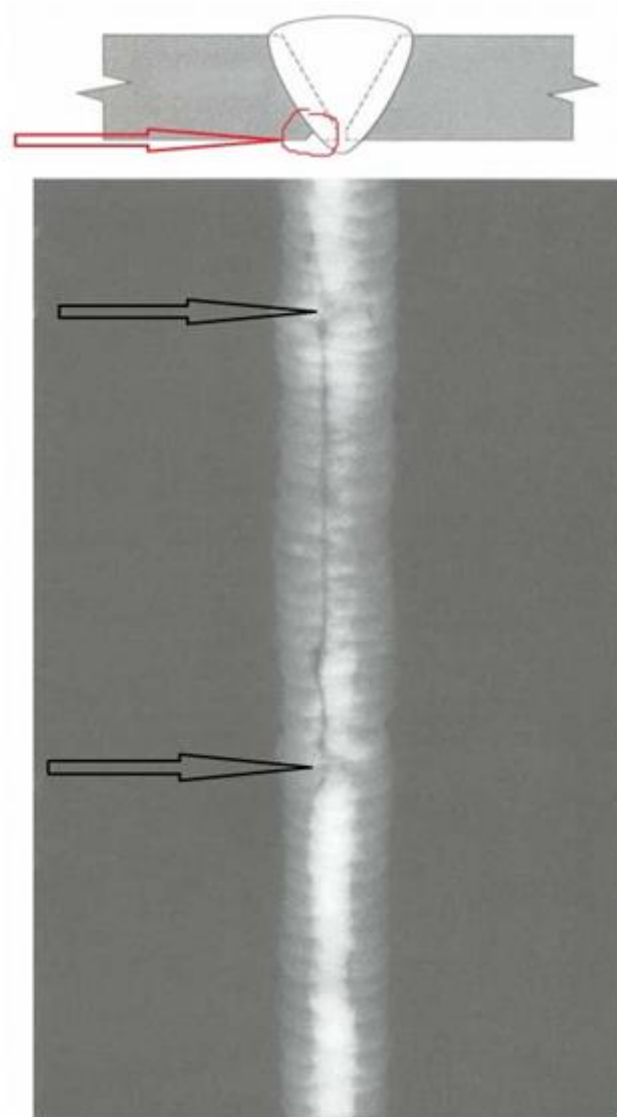


Рисунок 11–Внутренний подрез сварного шва

Свищи – крупные раковины, внешне похожие на воронку, которые портят внешний вид сварного соединения, видны сразу (рисунок 12). Они устраняются вторым проходом.



Рисунок 12 – Воронки свища

Кратер характеризуется рыхлостью металла (рисунок 13), его усадкой. Они часто вызывают появление трещин на поверхности. Кратеры возникают в случае отрыва дуги от поверхности заготовки, либо при отключении дуги. [29]. В случае обнаружения кратера его необходимо зачистить и заварить.

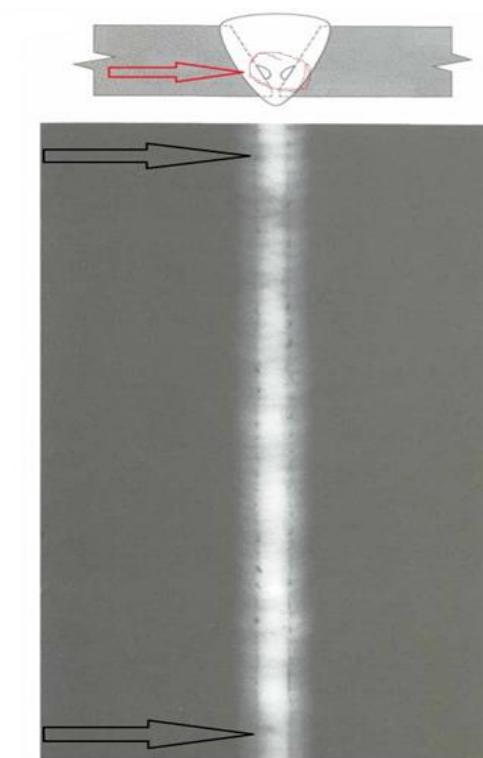


Рисунок 13 – Характер усадки, образование кратера

Наплыв – это вылившийся излишек металла. В связи с этим складывается невозможность образования надежного сварного шва из-за расползания наплавки. (рисунок 14), а так же отсутствует прочный диффузный слой. Из-за недостаточного напряжения электродуга не успевает проплавить заготовку, так же возможная причина возникновения это плохо зачищенные кромки детали.

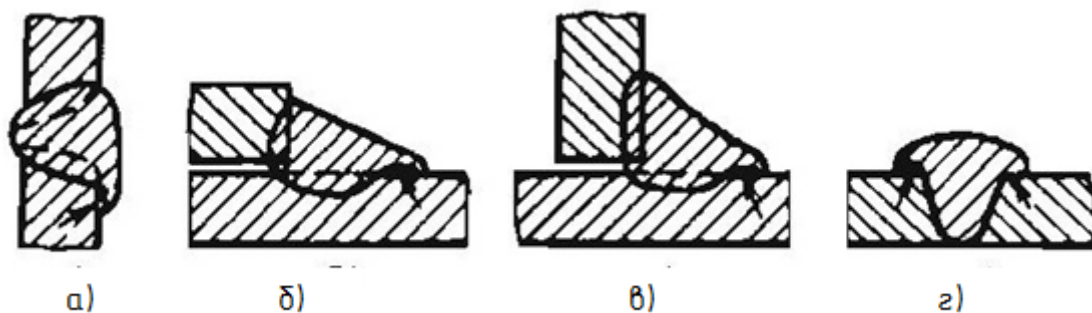


Рисунок 14 –Наплывы в швах: а- стыковом; б-нахлестанном; в- тавровом;

Г-СТЫКОВОМ

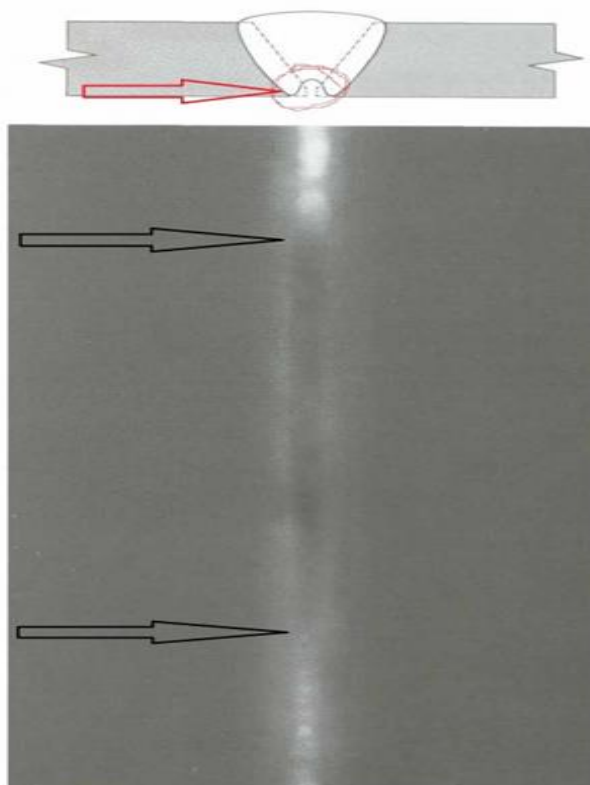


Рисунок 15 – Вогнутость корня шва

Внутренние дефекты, невидимые при визуальном осмотре, но изменяющие структуру металла, самые опасные. Наличие внутренних дефектов в структуре сварного соединения, независимо от причины их появления категорически недопустимы. [5,58]. К внутренним дефектам сварных соединений закрытой крановой эстакады относятся следующие дефекты:

Отпотина или трещина:

– холодная трещина – может появиться в процессе остывания наплавки и диффузного слоя в результате воздействия остаточных напряжений в области прогрева;

– горячая трещина – поперечные или продольные трещины, которые возникают в металле на границе формирующегося зерна.

Горячие трещины более характерны для массива шва и появляются практически сразу в случае если допущен перегрев, либо температура ниже точки плавления. Холодные трещины формируются постепенно в процессе фазовых изменений жидкой металлической массы в кристаллическую решетку.

Возможные причины возникновения: недостаточный разогрев; повышенная влажность воздуха на рабочем месте; плохая экранизация.

Шлаковые включения, которые различаются по размеру, месту расположения. Шлаковое включение — дефект сварного шва, в виде остатков шлака в металле сварного шва оставшегося после кристаллизации металла. Выделяют шлаковые включения: линейные; разобщенные; прочие.

Непровар – дефект, чаще всего допускаемый начинающими специалистами (рисунок 16), определяется недостаточно заполненным стыком между деталями и неравномерной толщиной диффузного слоя. Зачастую непровар возникает в результате многослойной проходки глубоких кромок с наличием окалины.

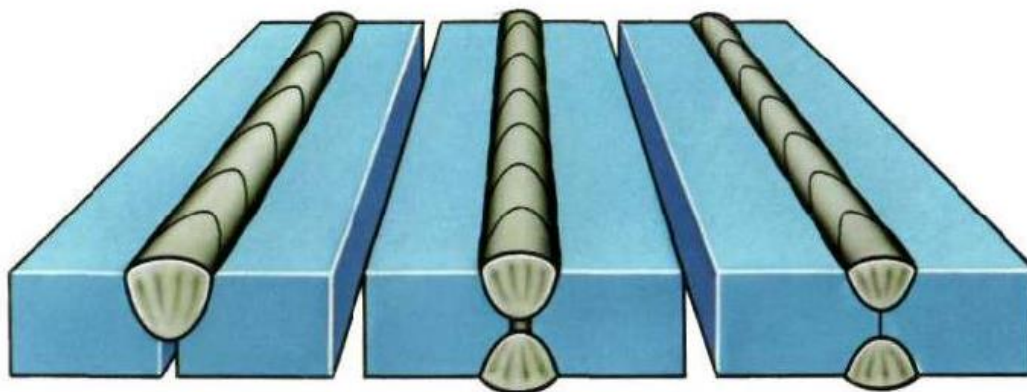


Рисунок 16 – Типы дефекта (непровар) сварного шва.

Пережог (его еще называют перегревом) возникает в результате несоблюдения технологии сварочного процесса (рисунок 17). Происходят нарушения в структурной решетке материала, формируются слишком крупные зерна в шве, и в результате критически ударной вязкости металл становится хрупким. Данный дефект не возможно устранить термообработкой, так как она влияет лишь на микроструктуру, для полного устранения необходимо провести глубокую зачистку, а следом заделку области пережога.

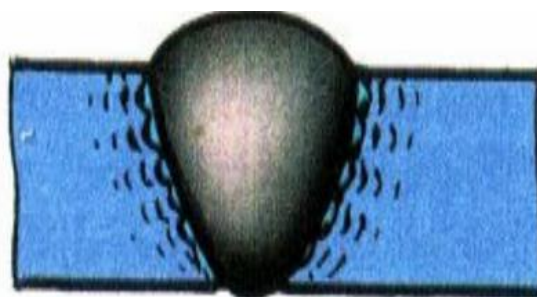


Рисунок 17– Пережог, нарушение структурной решетки

Анализ возможных дефектов в процессе эксплуатации крановой эстакады склада вторсырья показал, что неразрушающий контроль сварных узлов необходим для обеспечения надежности и безопасности функционирования конструкции.

1.3 Условия применения методов контроля качества

Поврежденный сварочный шов может лопнуть под воздействием окружающей среды, силовой нагрузки. Специалисту неразрушающего контроля необходимо выявить тип дефекта, место его расположения, размер» [5;]. В зависимости от предполагаемых условий эксплуатации выбирается метод контроля.

«ВИК (визуально-измерительный) – самый простой и доступный из всех методов неразрушающего контроля. Соединение измеряют, осматривают. Для улучшения визуализации используют лупы, реже микроскопы (смотрят зернистость застывшего металла)» [21].

«Цветная дефектоскопия используется для выявления трещин, несплошностей, наплывов в области сварных швов.

Диагностические методы с использованием приборов [16;21;] (радиационный, ультразвуковой, магнитно-резонансный) определяет дефекты невидимые при визуальном осмотре образованного металлического слоя, зон фазового перехода, где возникают внутренние напряжения. Место сварки покрывают тремя типами химических средств. Сначала очистителем (ацетоном или другими растворителями) подготавливают поверхность. После этого сварной шов из пульверизатора или кисточкой покрывают индикатором-пенетрантом, подходящими к данному виду стали или цветного металла. Затем проявителем. Через несколько секунд дефекты становятся видны. Индикаторную пленку после осмотра сварного соединения снимают сухой тканью и салфеткой, следов на деталях не остается» [22].

«Расчетные сопротивления материалов. Так как зачастую на металлургических заводах предел текучести стали контролируют выборочно, в изготовлении конструкций возможно использование материала с худшими свойствами, чем рекомендованные ГОСТом. Что должно регулироваться при назначении расчетных сопротивлений R_y , R_u . Для прокатной стали они равны нормативным R_{yn} , R_{un} , деленным на коэффициент надежности по материалу γ_m ; принимают $\gamma_m = 1,025...1,15$. Расчетные данные по сопротивлению сдвигу и сжатию получают путем умножения базового расчетного сопротивления (при сжатии, изгибе или растяжении) на коэффициент перехода для сдвига(0,58), для смятия торцевой поверхности при пригонке (1.0), для местного смятия при плотном касании (0,5) причем для сдвига в качестве базового используют расчетное сопротивление R_y , а для смятия - расчетное сопротивление R_u » [3].

Общий анализ результатов исследований реальной работы сварных соединений и методов контроля эксплуатирующихся эстакад, позволяет сделать вывод о незавершенности теоретических и экспериментальных исследований и методик контроля качества сварных соединений на

подвижную нагрузку в тяжелых условиях эксплуатации сварных конструкций.

Отсутствие на данный момент совокупной теории исследований о влиянии местных нагрузок на сварные соединения узлов сопряжений, причин образования внешних и внутренних дефектов, ослаблению и разрушению креплений и сопряжений конструктивных элементов к колоннам и колонн к фундаментам, направленные на обоснование и разработку методов контроля качества соединений при проектировании и эксплуатации металлических конструкций.

В результате анализа выявлялись:

- недостатки нормирования и проектирования, неточности или отсутствия нормативов, а также несовершенства организационно-методического и научно технического обеспечения деятельности специалистов в области неразрушающего контроля и неправильного их применения при эксплуатации и ремонте;

- дефекты, связанные с недостаточным качеством выполнения и монтажа отдельных сварных конструктивных элементов конструкций эстакад;

- дефекты и повреждения в процессе эксплуатации, проявившиеся в результате неправильного ухода и невыполнения плановых регламентных работ конструктивных элементов крановых конструкций;

- отсутствие должного уровня подготовки персонала, оснащенности исследовательских лабораторий, недостаточно высокого технического уровня методических документов и средств неразрушающего контроля;

Система неразрушающего контроля направлена на повышение уровня эксплуатационной надежности и безопасности технических устройств и конструкций, используемых на опасных производственных объектах. Этого можно добиться при высоком уровне достоверности и точности результатов неразрушающего контроля. Что в свою очередь позволяет принимать на основе этих результатов своевременные и взвешенные решения для

обеспечения необходимого высокого уровня промышленной безопасности производственных объектов, в том числе и крановых эстакад [48;49].

Каждое проведенное обследование конструкций в условиях промышленного производства, можно рассматривать как исследование, поскольку поведение каждого сварного соединения в условиях действующего производственного процесса – это настоящее испытание. Всесторонний анализ работы многочисленных однотипных конструкций позволяет с высокой достоверностью показать реальную картину напряженно-деформированного состояния как конструкции в целом, так и ее отдельных элементов [2,19,28,57]. Основываясь на вышесказанном, имеется возможность повлиять на перераспределение компонентов напряженного состояния сварных соединений эстакад с целью снижения до минимального значения величины местных напряжений. Поэтому роль неразрушающих методов контроля в условиях производства чрезвычайно важна.

Таким образом, для решения поставленной цели в выпускной квалификационной работе необходимо решить следующие задачи.

1. Провести анализ методов неразрушающего контроля сварных соединений и выбрать оптимальный метод контроля.
2. Определить требования к разработке методики неразрушающего контроля эксплуатируемой эстакады.
3. Спроектировать технологию неразрушающего контроля на примере стыкового, углового, таврового сварного соединения конструктивных элементов крановой эстакады.
4. Разработать рекомендации по устранению дефектов и методики оценки надежности (остаточного ресурса) конструкций эстакад.

2 Анализ методов неразрушающего контроля качества сварных соединений

2.1 Современное состояние проблемы

Одним из важнейших процессов, применяемый при изготовлении металлических конструкций и соединений является сварка [3,6,7,11] . На данный момент технологии сварки, обеспечивают неплохое качество соединений. Это связано, в первую очередь, с постоянно ужесточающимися требованиями к безопасности и надежности конструкций и с постоянно увеличивающимися нагрузками на объект, что приводит к ужесточению параметров допустимых дефектов.

Технические измерения характеристик изделий, соединений, оценка качества сварных соединений и узлов позволяют получить полную картину состояния объекта в процессе эксплуатации. Однако до сих пор возникает ряд проблем. Эти проблемы связаны в первую очередь с диагностикой качества сварных соединений. Наиболее перспективными с точки зрения улучшения достоверности результатов контроля соединений и высокой производительности являются методы неразрушающего контроля [18].

Целью методов неразрушающего контроля является определение и измерение отклонений от норм сварных соединений и конструкций,

обнаружение скрытых дефектов без разрушения конструкций и изменения ее технологических свойств.

Для неразрушающего контроля качества сварных соединений в условиях эксплуатации, используются различные методы: радиационные, тепловые, акустические и др. Наиболее распространённым для сварных соединений являются акустические методы:

- ультразвуковой эхо – импульсный;
- теневой метод;
- ультразвуковой
- эхо-импульсный с применением фазированных антенных решеток;
- импедансный метод;
- акустико – топографический метод;
- ударно - акустический и др. [2,57].

Из всех вышеперечисленных методов наибольшее применение при неразрушающем контроле качества сварных соединений нашли такие методы как эхо – импульсный с использованием одноэлементных пьезоэлектрических преобразователей, импедансный, теневой, эхо – импульсный с применением ультразвуковых фазированных антенных решеток.

Акустические методы имеют следующие преимущества перед другими методами контроля качества сварных соединений:

- повышение производительности и надежности неразрушающего контроля за счет автоматизации или механизации процесса и минимизация человеческого фактора;
- повышение надежности благодаря высокой технологичности процесса контроля;
- аппаратная реализация методов наиболее доступна и безопасна в сравнении с другими методами и пр.

Для акустических методов, определяющими являются следующие параметры контроля: размеры мертвой зона, чувствительность контроля,

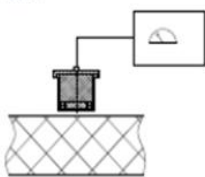
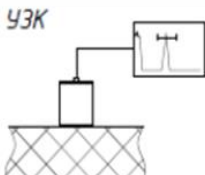
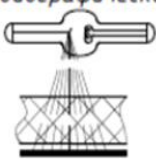
производительность контроля, максимальная информативность и достоверность.

2.2 Анализ методов контроля

Общий анализ методов контроля сварных соединений и материалов можно провести в несколько этапов [41,57] .

Сначала необходимо объяснить, почему наиболее распространенные методы неразрушающего контроля сварных соединений нельзя применять при контроле наиболее распространенных соединений и материалов. Отообразим в таблице 1.

Таблица 1– Основные методы контроля

| | <i>Преимущества</i> | <i>Недостатки</i> |
|--|---|--|
| <p><i>ВТК</i></p>  | <ul style="list-style-type: none"> -высокая чувствительность к микроскопическим дефектам; -не требуется обеспечения контакта с объектом контроля; -высокая производительность; | <ul style="list-style-type: none"> -обнаружение только поверхностных и подповерхностных дефектов; -контроль только электропроводящих изделий; -возможное искажение при многокоординатном контроле; |
| <p><i>УЗК</i></p>  | <ul style="list-style-type: none"> -высокая информативность; -высокая чувствительность; -удобность применения; -отсутствие вредного воздействия; -низкая стоимость оборудования; | <ul style="list-style-type: none"> -необходимо наличие контактной жидкости; -присутствие человеческого фактора; |
| <p><i>Радиографический</i></p>  | <ul style="list-style-type: none"> -наличие документа контроля; -контроль любых материалов; | <ul style="list-style-type: none"> -сложность установки; -необходимо наличие средств защиты от рентгеновского излучения; -низкая эффективность контроля слоистых структур, т.к. не выявляются горизонтальные плоскостные дефекты; |

Невозможность применения магнитопорошкового контроля очевидна и обуславливается магнитными свойствами[4,10], контроль только электропроводящих деталей, возможное искажение при многокоординатном контроле, обнаружение только поверхностных дефектов.

Капиллярный контроль в данном случае малоэффективен, т.к. большинство интересующих нас дефектов является внутренними и не выходит на поверхность.

На данном этапе мы уже смогли существенно ограничить количество возможных для использования методов. Из всех перечисленных методов к контролю сварных соединений и деталей подходит ультразвуковой контроль, хотя и имеет ряд сложностей при внедрении автоматизации.

Следующим этапом поиска подходящего метода стало рассмотрение специальных низкочастотных методов. Однако из-за необходимости повышения качества и производительности контроля соединений, а также в связи с тем, что проблема определения глубины залегания и размера дефекта может быть решена только в ультразвуковом контроле, ультразвуковой низкочастотный метод был выбран в качестве основного.

2.2.1 Теневой метод

Теневой метод дефектоскопии основан на ослаблении интенсивности упругих колебаний ультразвуковой волны в месте дефекта. Чем больше размер дефекта, тем меньше амплитуда колебаний ультразвуковой волны. При проведении контроля в исследуемое изделие вводят ультразвуковые волны (импульсные, непрерывные с частотой модуляции или без нее), используя различные излучатели. Используемое оборудование для данного метода должно быть размещено на противоположных поверхностях изделия.

При использовании данного способа возможен контроль деталей довольно широкого диапазона толщин, но при этом чувствительность снижается пропорционально увеличению толщины.

Преимущества теневого метода:

- полное отсутствие мертвых зон;
- контроль различных материалов, в том числе с плохими акустическими свойствами;
- выявление трещин, расположенных под большим углом относительно поверхности ввода ультразвуковых колебаний;
- возможна настройка приборов без использования стандартных образцов.

Недостатками теневого метода является требование одновременного

доступак обеим сторонам детали, а также точного взаимного расположения приёмного и передающего преобразователей, для чего при ручном контроле необходимо применение специальных оправок – скоб, что неудобно и практически не пригодно для контроля габаритных изделий. Также невозможно определение глубины залегания дефекта, а также плохо выявляются посторонние включения.

2.2.2 Ультразвуковой эхо – импульсный метод

Эхо-метод основывается на излучении в контрольный образец коротких импульсов, упругих колебаний и отметок об амплитуде колебаний и времени возвращения эхо-сигналов, отраженных от дефекта. Временной интервал между зондирующим импульсом и эхоимпульсом пропорционален глубине залегания дефекта, а амплитуда – отражающей способности дефекта» [21].

«Ультразвуковая волна дважды проходит через объект контроля, а углеродная пластина обладает высоким уровнем поглощения волны в отличии от металлических материалов, данный факт вызывает определенные сложности при использовании этого метода контроля.

К преимуществам данного метода контроля можно отнести:

- Возможность контроля только с одной стороны;
- высокая чувствительность контроля;
- возможность измерения глубины залегания дефекта.

К недостаткам данного метода можно отнести:

- не контролируемые мертвые зоны;
- наличие контактной жидкость;
- низкое качество выявления дефектов, расположенных не параллельно поверхности» [42].

2.2.3 Импедансный метод

В основе импедансного метода лежат измерения механического импеданса (жесткости) поверхности детали точке касания преобразователя

[27,29]. Преобразователь образует вынужденные колебания поверхности детали в диапазоне частоты от 3 до 40 кГц. Если дефект находится под поверхностью детали, значение импеданса снижается, амплитуда колебаний увеличивается, эти показания и фиксируются дефектоскопом.

К преимуществам данного метода можно отнести возможность использования сухого контакта, сравнительно недорогое оборудование и возможность калибровки оборудования без использования настроечных образцов.

Недостатки выражаются в сильной зависимости чувствительности от глубины залегания дефекта, что влечет за собой необходимость контроля изделия с двух сторон.

2.2.4 Эхо – импульсный метод с применением ультразвуковых фазированных антенных решеток

Применение ультразвукового контроля с применением фазированных антенных решеток, достаточно молодой метод контроля. С конца 1990-г. Используется как новый метод неразрушающего контроля соединений и материалов. На данный момент ультразвуковые фазированные решетки широко используются во всех отраслях промышленности.

Использование фазированных антенных решеток для неразрушающего контроля удовлетворяет всем современным требованиям к неразрушающему контролю:

- уменьшенное время настройки;
- легкая интерпретация результатов контроля;
- обнаружение мелких дефектов;
- увеличение достоверности обнаружения дефектов и измерения их координат и ориентации;
- мобильность используемого оборудования;
- обнаружение разно – ориентированных дефектов.

Сложность в применении фазированных антенных решеток при

контроле сложных соединений и материалов связана с отсутствием материально – технической базы: отсутствуют требования к настроечным образцам для настройки оборудования с ФАР, отсутствуют способы имитации искусственных дефектов, аналогичных типовым дефектам и обеспечивающих необходимую чувствительность контроля [21-26].

2.3 Способы создания акустического контакта и влияния угла ввода ультразвуковой волны

Акустический контакт (АК) – соединение поверхности объекта контроля и электроакустического преобразователя, обеспечивающее передачу акустической энергии между ними [6]. Качество акустического воздействия может существенно влиять на интерпретацию и достоверность результатов неразрушающего контроля, особенно при автоматизированном процессе контроля.

Щелевой способ АК – способ создания АК через слой жидкости толщиной соизмеримой с длины ультразвуковой волны вводимой в изделие [6].

Данный метод используется для уменьшения неустойчивости акустического контакта. При нем необходимо обеспечение постоянного поддержания слоя контактной жидкости толщиной соизмеримой с длиной волны. Для создания щелевого АК и поддержания постоянного слоя жидкости необходимо использовать специальные оснастки, что для ультразвукового контроля является не простой задачей.

Контактный способ АК – АК через слой, которого толщина меньше половины длины волны [41]. Контактный способ АК создается прижатием ПЭПк объекту контроля.

Струйный способ АК – это метод создания акустического сигнала через струю жидкости, создаваемую между ПЭП и изделием [42]. В статье [45] представлены результаты сравнения иммерсионного и струйного способов создания АК, и показано, а также показано, что струйный контакт при исключении дифракционного расхождения звукового луча в жидкости

дает выгоду в амплитуде сигнала порядка 10 дБ.

В результате экспериментов проведенных на практике, была рассмотрена зависимость усиления дефектоскопа от угла ввода продольной волны в сварное соединение. Результаты показывают, что при углах ввода от 0 до 10 не требует большого изменения усиления, а при углах от 11 до 60 наблюдается резкое падение амплитуды сигнала. Результаты представлены на рисунке 18.

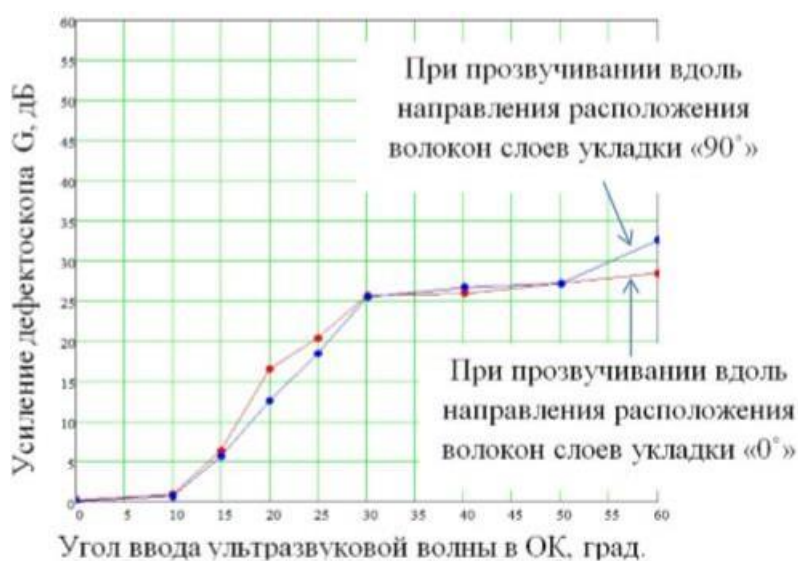


Рисунок 18 – Зависимость усиления дефектоскопа для прошедшей продольной волны от угла ее ввода

Это говорит о том, что в соединениях на каждой границе слоев материала, ультразвуковая волна испытывает переотражение и рассеяние. В результате чего, ультразвуковой сигнал видоизменяется и полезный сигнал объединяется с помехами (с рассеянными либо переотраженными волнами), что в результате затрудняет процесс контроля (не дает возможности отличить сигналы отраженные от несплошностей в материале). Следовательно, можно сделать вывод, что при контроле наклонными преобразователями, результаты контроля будут давать неточные сведения о форме, размерах и ориентации дефектов.

2.4 Влияние параметров ультразвуковых колебаний.

Затухание является одной из основных характеристик

ультразвукового – контроля. Затухание ультразвука – это снижение амплитуды и, соответственно, силы звуковой волны при ее распределении. Коэффициент затухания состоит из двух составляющих рассеивания и поглощения. При рассеивании звуковая энергия так же остается звуковой, но переходит из направленно распространяющейся волны в результате отражений на границе зерен и неоднородностей металла, а при поглощении звуковая энергия переходит в тепловую [25,26].

Коэффициент затухания определяется по формуле:

$$\delta = \frac{20 * \lg A_1/A_2 - 20 * \lg r_2/r_1}{17,36 * (r_2 - r_1)} \quad (1)$$

где A_1 – амплитуда опорного сигнала на расстоянии r_1 ;

A_2 – амплитуда опорного сигнала на расстоянии r_2 .

Эксперименты по влиянию частоты используемого ПЭП на затухание ультразвуковых колебаний проводились на 6 мм образцах. Контроль проводился при помощи одноэлементных ПЭП с частотам 2,5; 5; 10 МГц. Результаты эксперимента представлены на рисунке 19.

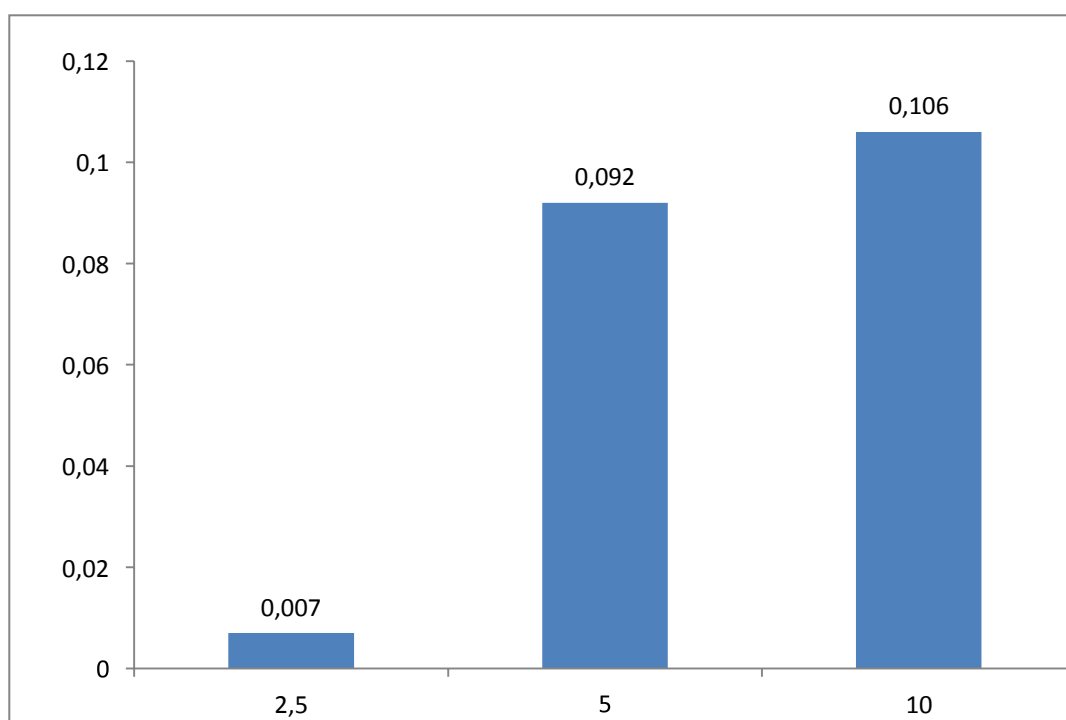


Рисунок 19–Влияние частоты на затухание ультразвуковых колебаний

Из данных диаграмм видно, что с увеличением частоты возрастает затухание, поэтому оптимальным для контроля соединений являются частоты в пределах 2,5 МГц.

2.5 Расчет параметров ультразвукового контроля

Под акустическим трактом понимается путь ультразвукового импульса от излучателя до дефекта и обратно.

Основными эффектами данного метода контроля являются: отражение, преломление, трансформация на границе образца и на самом дефекте, а так же затухание при распространении ультразвуковой волны в исследуемой среде .

Факторы, влияющие на амплитуду полезного сигнала:

- форма дефекта;
- ориентация дефекта в объекте;
- размер дефекта и глубина его.

Расчет акустического тракта подразумевает под собой вычисление зависимости амплитуды полезного сигнала от возможных геометрических параметров дефекта и акустических свойств материала и частоты колебаний» [25].

«В процессе расчета акустического тракта необходимо вычислить амплитуду УЗ-сигнала, который проходит путь от дефекта, с учетом звукопоглощающих свойств материала, частоты ультразвуковой волны, размеров дефекта, так же размера и формы преобразователя и расстояния между ними» [19].

«Формула расчета акустического тракта:

$$\frac{A}{A_0} = \frac{S_a \cdot s}{\lambda^2 \cdot r^2} \cdot e^{-2\delta r}, \quad (2)$$

где: r - расстояние от излучателя до дефекта;

$r > 3r_b$, где r_b – ближняя зона s - площадь дискового отражателя;

S_a – площадь излучателя;

l - длина продольной волны;

α - коэффициент затухания;

A – амплитуда зондирующего сигнала;

A_0 – амплитуда сигнала, отраженного дефекта и принятого преобразователя.

Основные характеристики материала : плотность $\rho = 1550 \text{ кг/м}^3$; скорость распространения продольной волны $l = 6500 \text{ м/с}$; затухание в материале $\delta = \text{дБ/мм}$ [56].

Диаметр и частота преобразователей стандартного ряда показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики преобразователей в зависимости от частоты

| Преобразователь | Рабочая частота f , МГц | Диаметр пьезоэлемента, $2a$, мм | Длина волны, $l \cdot 10^{-3}$, м |
|-----------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| П1 | 1,25 | 20 | 5,2 |
| П2 | 2,5 | 12 | 2,6 |
| П3 | 5,0 | 6 | 1,3 |
| П4 | 10,0 | 6 | 0,65 |

Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Размеры ближней зоны преобразователей

| Преобразователь | Ближняя зона r_6 , мм | $3 r_6$, мм |
|-----------------|-------------------------|--------------|
| П1 | 19,2 | 57,7 |
| П2 | 13,8 | 41,5 |
| П3 | 6,9 | 20,769 |
| П4 | 13,85 | 41,54 |

Таблица 4 – Расчет акустического тракта для выбранных преобразователей

| Преобразователь | Акустический тракт, $20\log(A/A_0)$ |
|-----------------|-------------------------------------|
| П1 | 54,001 |
| П2 | 61,79 |
| П3 | 67,742 |

Графическая зависимость амплитуды от частоты представлены на рисунке 20.

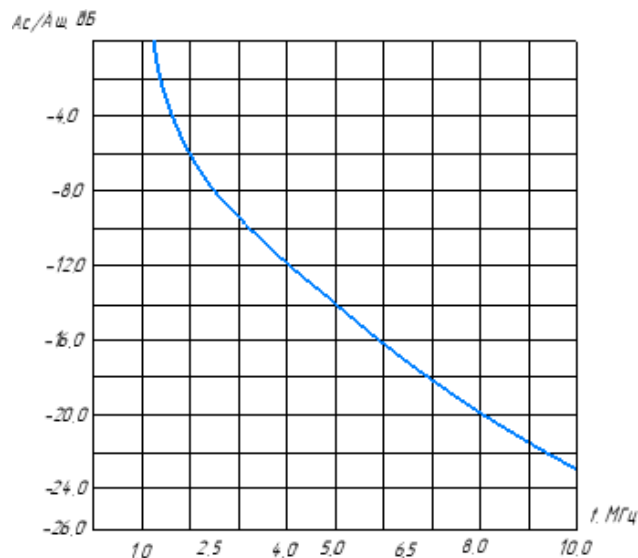


Рисунок 20 – Зависимость амплитуды от частоты ПЭП

Из представленных расчетов видно, что с увеличением частоты уменьшается амплитуда сигнала/шум, но также видим, что с увеличением частоты увеличивается коэффициент затухания. Отсюда можно сделать вывод, что для контроля сварных соединений с данными характеристиками эхо - импульсным методом, оптимальными для контроля являются диапазон частот от 2,5 МГц до 5 МГц.

Выявление зависимостей амплитуды сигнала от различных факторов.

Из полученных ранее данных теоретического анализа построим графики зависимости для проведения научно – исследовательской работы.

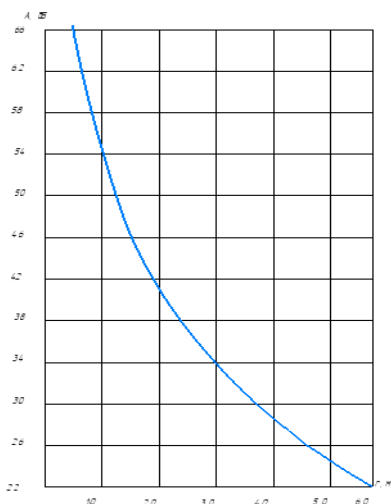


Рисунок 21–Зависимость амплитуды (А) от глубины залегания дефекта

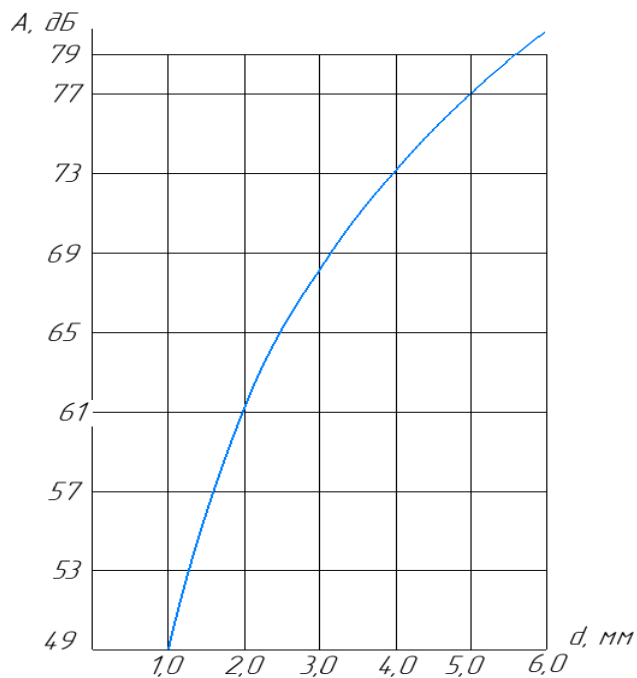


Рисунок 22 – Зависимость амплитуды от размера отражателя

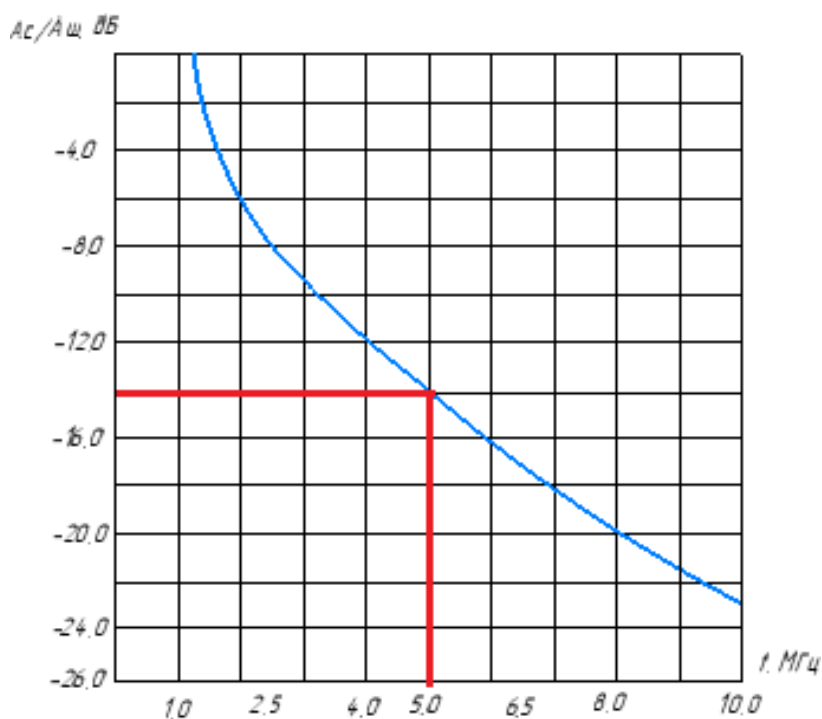


Рисунок 23 – Зависимость амплитуда (А) от частоты (f) и длины волны в изделии

2.6 Построение АРД – диаграммы

Для вычисления амплитуды эхо-сигнала от дефекта в широком диапазоне расстояний и размеров дефектов используются АРД-диаграммы.

Это совокупность кривых устанавливающих зависимость амплитуды эхосигнала от дискового отражателя, который ориентирован перпендикулярно оси ПЭП и отражает до 100% попадающей на него ультразвуковой энергии, расстоянием (дефектом) и излучателем (ПЭП), которое относится к расстоянию от преобразователя до дефекта, таким образом получается группа кривых, которые показывают зависимость от расстояния до дефекта. Каждой кривой соответствует определенный размер (диаметр) отражателя, отнесенный к диаметру пьезоэлемента.» [37] АРД – диаграммы применяются для настройки чувствительности дефектоскопа и определения эквивалентных размеров обнаруживаемых дефектов.

Использование АРД – диаграммы позволяет решить основные задачи:

- оценить коэффициент затухания;
- настроить чувствительность дефектоскопа;
- определить эквивалентные размеры выявляемых дефектов[5].

Из выше приведенных контрольных расчетов, АРД– диаграмму построим для преобразователя с частотой 5,0 МГц.

Для начала зададим ряд размеров выявляемых дефектов: $d_1 = 10^{-3}$ мм;

$$d_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ мм};$$

$$d_3 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ мм};$$

$$d_4 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ мм};$$

$$d_5 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ мм};$$

$$d_6 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ мм};$$

$$d_7 = 7 \cdot 10^{-3} \text{ мм};$$

$$d_8 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ мм};$$

Величина ближней зоны: $r_0 = 6,9$ мм

Используя уравнение акустического тракта диска с площадью s , для дефектов 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 8 мм соответственно, и бесконечной плоскости, для донного сигнала, зададим семейство кривых» [43].

Построим АРД-диаграмму (рисунок 24), по оси ординат отложено отношение амплитуд зондирующего сигнала к сигналу отраженному от

дефекта в отрицательных децибелах, по оси абсцисс расстояние до дефекта в метрах.

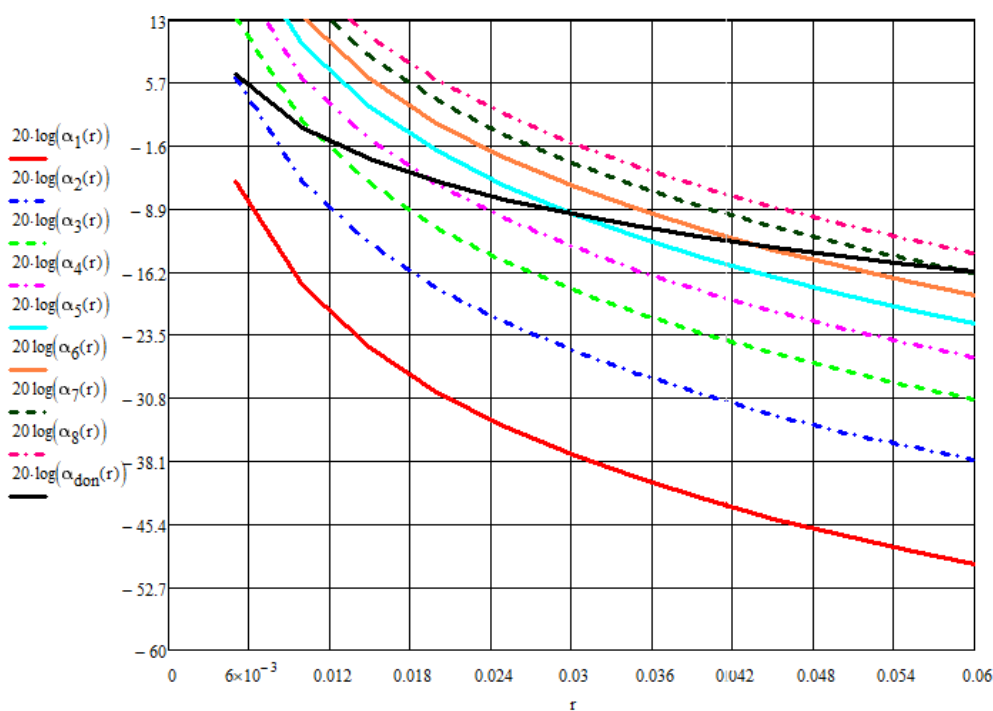


Рисунок 24 – ARF-диаграмма для ПКМ ВКУ-29/ВТкУ-3

Приведенные выше графики зависимостей дают информацию о зависимостях между такими показателями как площадь дискового отражателя, длина поперечной волны, зависимости расстояния в изделии от точки ввода до отражателя. В дальнейшем не будет необходимости пересчитывать отношения показателей, а можно будет снимать показания с графиков, что поможет в работе специалистов и ускорит обработку данных при необходимости.

2.7 Выводы по главе

Применение неразрушающих методов контроля и диагностики сварных соединений и металлической конструкции при эксплуатации является необходимым и обязательным условием обеспечения безопасности и надежности конструкций кранов. Таким образом прочностные свойства конструкций и следовательно, надежность и безопасность реализуется только в случае отсутствия дефектов, что делает необходимым применение неразрушающих методов контроля и

диагностики. Особое внимание уделяется контролю качества на определение наличия внутренних и внешних дефектов, отсутствие инородных включений и пр.

Для обеспечения высокого качества сварных соединений и конструкций, в особенности для конструктивно сложных узлов, необходимо решения ряда вопросов, научно-исследовательских задач, направленных на повышение достоверности, информативности и полноты результатов контроля оптимизации процесса контроля и повышения эксплуатационной надежности и обеспечения промышленной безопасности конструкций.

Из анализа методов неразрушающего контроля и диагностики сварных соединений для контроля качества крановой эстакады применяем ультразвуковые методы контроля, так как они позволяют хорошо выявлять плоскостные дефекты, разноориентированные в контроле с раскрытием 10^{-4} – 10^{-6} мм.

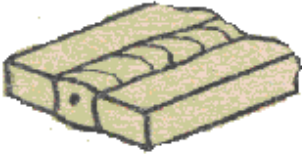
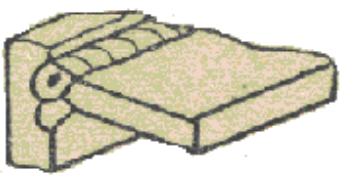
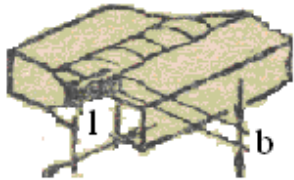

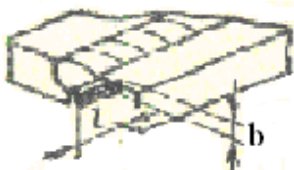
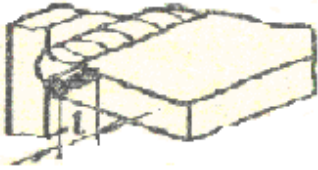
В основе ультразвукового метода диагностики лежат акустические волновые колебания, неразличимые для слуха человека, их регистрация и приборный анализ. Эти волны проходят через материал с определенной скоростью. Если в нем содержатся пустоты, скорость меняется и определяется приборами, как и отклонения в движении волнового потока из-за встречаемых препятствий. По характеристикам акустических волн также можно понять форму и размеры дефектов, их расположение. Экспериментально-исследовательская работа, позволяет обосновать и подтвердить правильность выбранного оборудования для контроля качества сварных соединений крановых эстакад. Расчет параметров ультразвукового контроля и построение АРД-диаграммы дает возможность определить преобразователь с частотой 5 МГц, углом ввода $\alpha = 90^\circ$.

3 Современные средства УЗ-контроля и обоснование выбора оборудования

Сварные соединения являются основным объектом ультразвукового контроля. Мобильность, безвредность для окружающих и персонала, высокая чувствительность к внутренним и поверхностным дефектам – основные преимущества ультразвукового контроля сварных соединений и конструкций в сравнении с другими неразрушающими методами.

Анализ реальных дефектов в процессе эксплуатации крановой эстакады склада вторсырья показал, что внутренние дефекты сварных соединений – самая большая и самая опасная группа дефектов, которую условно можно разбить на три крупные группы [2,8,56]: шлаковые включения и поры, трещины, непровары в корне шва в стыковых, угловых и тавровых соединениях (таблица 5).

Таблица 5 - Наименование преобладающих дефектов эстакады

| Наименование реальных дефектов | Эскизы сварных соединений | |
|--------------------------------|--|--|
| | стыковых | угловых |
| Щлаковые включения и поры |  |  |
| Трещины продольные |  |  |
| Непровары в корне шва |  |  |

Сварные соединения являются сложным объектом для ультразвукового контроля. Большая часть дефектов сварки плавлением можно выявить с помощью ультразвукового контроля, однако есть и такие которые сложно выявить. Одним из таких дефектов является сильно сжатый непровар в корне шва с хорошо подогнанными кромками. При застывании металла шва такой непровар сильно стягивается, металл на кромках деформируется и раскрытие непровара может быть меньше величины при которой ультразвук заметно проходит через воздушный зазор в металле. Сложно выявляются ультразвуковым методом так же неокисленные непровары, которые появляются при использовании сварки давлением» [26;48].

3.1 Возможности современных средств УЗ-контроля

В настоящее время для контроля качества отечественная промышленность, а так же иностранные производители производят современные модели дефектоскопов.

Для контроля качества стыковых соединений толщиной от 10 до 20мм ЭХО - методом выпускается дефектоскоп «OmniScan».

Контроль выполнялся многоканальным (не менее 64 каналов) ультразвуковым дефектоскопом «OmniScan» и многоэлементным преобразователем типа «фазированная решетка» (ПФР). ПФР применяется со следующими характеристиками: с рабочей частотой 2,25 МГц и размером апертуры 9,6×10,0 мм, модель 2.25L64-A2 с рабочей частотой 2,25 МГц и размером апертуры 48,0×12,0 мм.

Контроль производился импульсным эхо-методом, по совмещенной схеме подключения генератора и приемника, поперечными волнами, в режиме секторного или комбинированного сканирования с изменением угла ввода ультразвука в диапазоне от 40 до 70°. Сканирование выполняется с применением датчика пути с разрешением 1/12 мм.

Дефектоскоп относится к современным, передовым средствам контроля, которые позволяют:

- проводить электронно-механическое сканирование объекта контроля с высокой скоростью, по трем координатным осям, обеспечивая при этом малый шаг сканирования и высокое пространственное разрешение;
- выполнять автоматический сбор и полное сохранение результатов контроля в виде массива исходных данных – А сканов (разверток сигнала в координатах «амплитуда-время») по всем точкам электронно механического сканирования;
- осуществлять томографическую обработку исходных данных, наглядно представлять и документировать результаты контроля как виды и сечения объекта контроля по трем координатным осям с отображением его внутренней структуры, включая выявленные дефекты – несплошности.

Все указанные возможности применяемого оборудования позволяют в итоге выполнять контроль с высокой производительностью и при этом надежно выявлять дефекты.

Результаты контроля качества с помощью дефектоскопа «OmniScan» приведены в виде разверток типа В и D (В- и D-сканов) проконтролированных сварных соединений. Схема расположения сканов указанного типа применительно к сварному соединению показана на рисунке 25. Набор из сканов двух указанных типов в сумме показывает местоположение и размеры выявленных дефектов по трем координатным осям.

Результаты УЗК сварных соединений сталей, полученные с помощью дефектоскопа «OmniScan» и ПФР показали, что указанное оборудование позволяет обнаруживать дефекты, наглядно отображать и документировать результаты контроля, показывая местоположение и размеры выявленных дефектов по трем координатным осям: по длине, ширине и толщине сварных соединений.

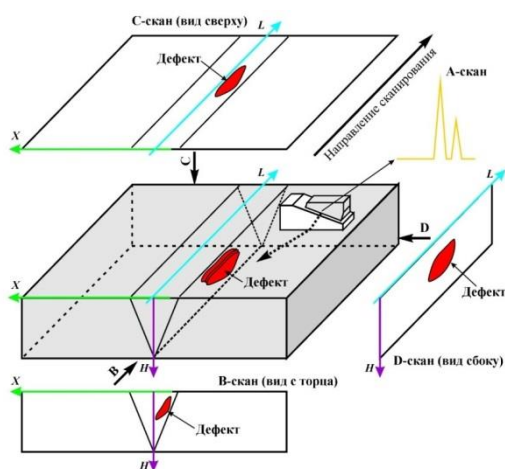
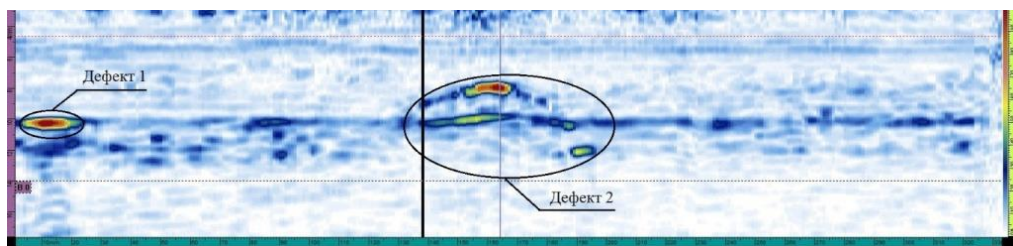


Рисунок 25 - Схема расположения сканов различного сварных соединений.

Полученные результаты УЗК совпали с результатами РК по местоположению таких дефектов, как непровары сварных соединений.

На рисунках 26 – 34 приведены сканы проконтролированных сварных соединений.



Рисунке 26 - D-скан образца № 2 толщиной 14 мм

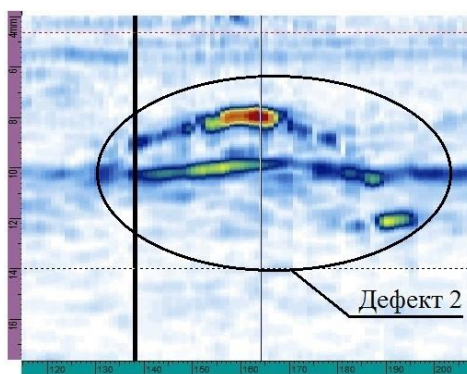


Рисунок 27-Фрагмент D-скана образца № 2 S=14 мм с индикацией дефекта 2

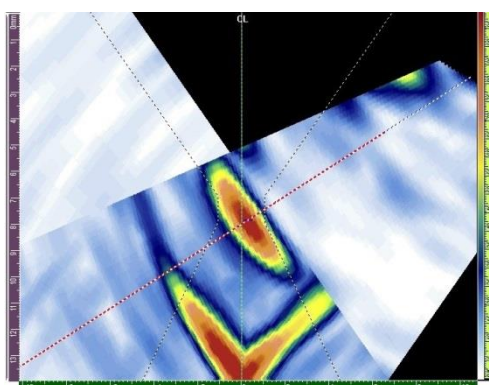


Рисунок 28 -B-скан образца № 2 толщиной 14 мм с индикацией дефекта № 2

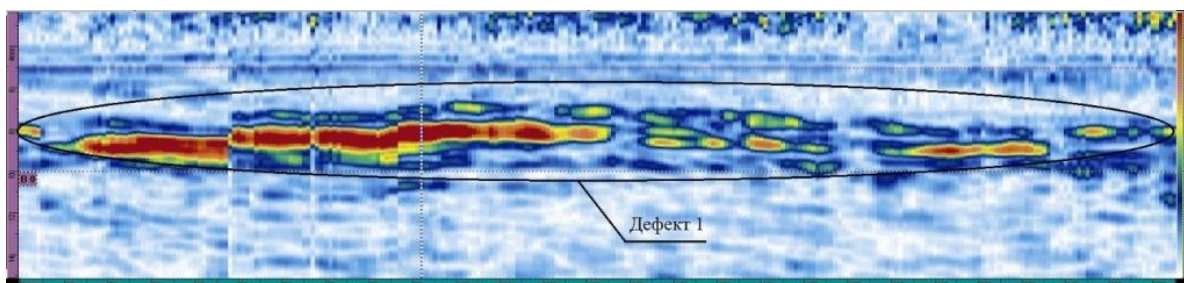


Рисунок 29 - D-скан образца № 3 толщиной 10 мм

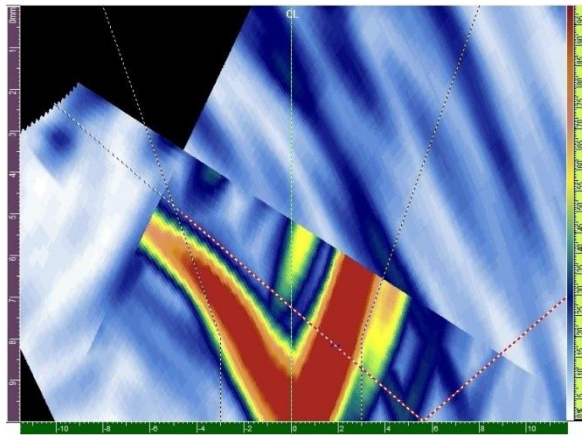


Рисунок 30-В-скан образца № 3 толщиной 10 мм с индикацией дефекта № 1

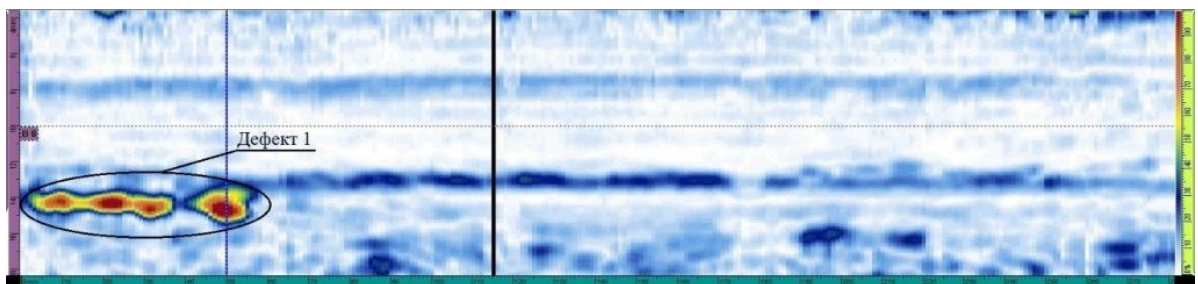


Рисунок 31- D-скан образца №4 толщиной 10 мм

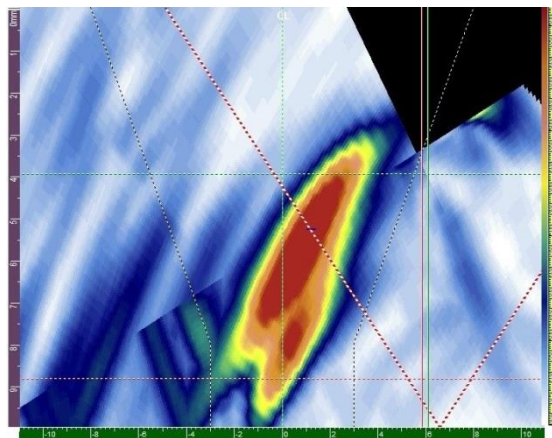


Рисунок 32 - В-скан образца № 4 толщиной 10 мм с индикацией дефекта № 1

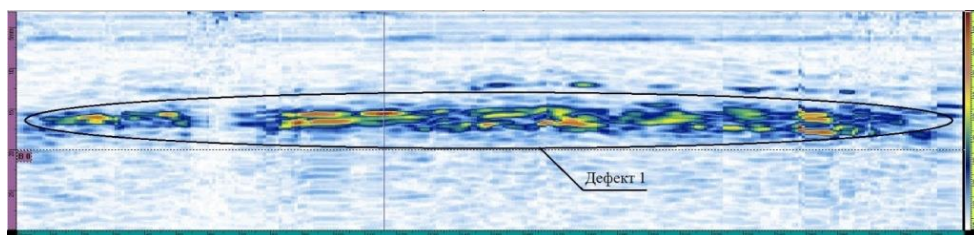


Рис.33 - D-скан образца № 5 толщиной 20 мм

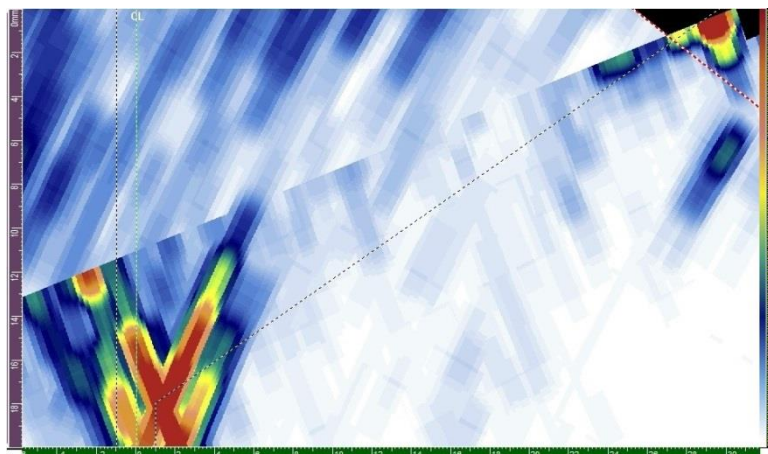


Рисунок 34-В-скан образца №5 толщиной 20 мм с индикацией дефекта № 1

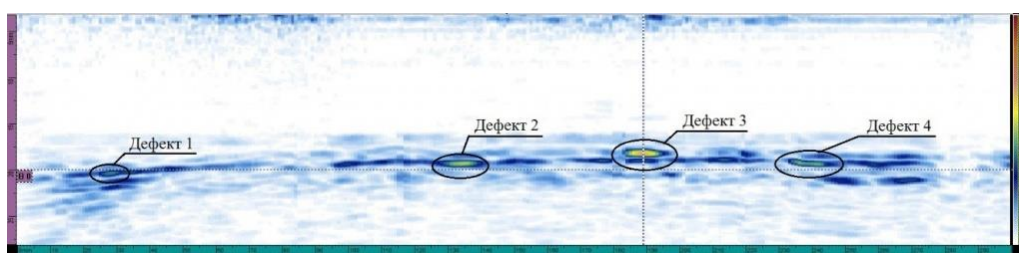


Рисунок 35- D-скан образца № 6 толщиной 20 мм

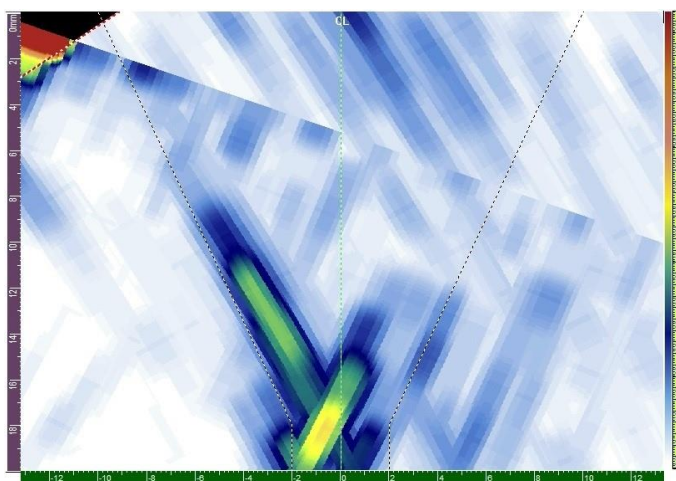


Рисунок 36-В-скан образца №6 толщиной 20 мм с индикацией дефекта № 3

Обозначения типа сканов (В- или D-) даны в соответствии с рисунком 3.1 . На каждом из сканов показаны две координатные шкалы в мм. Для В-сканов это шкала по ширине шва (горизонтальная снизу) и шкала по толщине шва (вертикальная слева). Для D-сканов это шкала по длине шва (горизонтальная снизу) и шкала по глубине залегания отражателей (вертикальная слева). На D-сканах горизонтальная пунктирная линия с

отметкой «В0» показывает значение номинальной толщины сварного соединения, горизонтальная пунктирная линия с отметкой «Т1» показывает удвоенное значение номинальной толщины сварного соединения. Положение индикации отражателя по глубине залегания выше отметки «В0» указывает на то, что эхо-сигналы от данного отражателя получены прямым лучом. Положение индикации отражателя по глубине залегания между отметками «В0» и «Т1» указывает на то, что эхо-сигналы от данного отражателя получены однократно отраженным лучом. Положение отражателя по глубине залегания с учетом отражений эхо-сигналов от донной поверхности и от поверхности ввода ультразвука (в режиме «истинной геометрии») отображается на В-скане.

На В-сканах глубина залегания отражателей показана с учетом расчетных координат отражения эхо-сигналов от донной поверхности объекта контроля (при контроле однократно отраженным лучом) и от поверхности ввода ультразвука (при контроле многократно отраженным лучом). На В-сканах пунктирной линией показаны расчетные границы сварного соединения (зоны сплавления).

Цвет индикаций на сканах указывает амплитуды эхо-сигналов, по которым сформированы данные индикации, в соответствии со шкалой цветокодировки, приведенной в правой части сканов. На указанной шкале амплитуда эхо-сигналов указана в % от полной высоты А-скана. Красный цвет индикаций указывает на высокое значение амплитуды эхо-сигналов, при типовой настройке чувствительности превышающее браковочный уровень. Желтый цвет индикаций указывает на среднее значение амплитуды эхо-сигналов, при типовой настройке чувствительности соответствующее контрольному уровню (уровню фиксации). Синий цвет индикаций указывает на низкое значение амплитуды эхо-сигналов, которое при типовой настройке чувствительности не превышает контрольный уровень (уровень фиксации).

Для образцов №№ 3, 4 и 5 выявленные при УЗК дефекты по местоположению и протяженности соответствуют дефектам типа непровара,

выявленным при РК. Для образца № 2 результаты РК отсутствуют. Для образца № 2 индикация дефекта № 2 имеет характерную дугообразную форму. Это позволяет предположить, что данный дефект представляет собой выборку металла, выполненную диском, с последующей частичной заваркой.

Дефектоскоп OmniScan SX производства компании «Olympus» является прибором нового поколения, который реализует такие передовые технологии УЗК, как применение многоэлементных пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) типа «фазированная решетка» (ФР), электронное сканирование с программно управляемым полем излучения-приема ультразвука, полное документирование и томографическая визуализация результатов контроля. Контроль сварных швов малых и средних толщин до 20 мм и более 20 мм.

Дефектоскоп с ФР обеспечивает сплошное сканирование объекта контроля с малым шагом и высокой скоростью. При этом поперечное сечение сварного шва может быть проконтролировано только путем электронного сканирования, без механических поперечных перемещений ФР, что существенно увеличивает скорость контроля. Одновременно исключаются такие субъективные ошибки, как несоблюдение параметров сканирования и пропуск дефектов.

При контроле сварных швов толщиной приблизительно от 2 до 20 мм можно применять секторное сканирование (сканирование способом качающегося луча), при котором одна и та же апертура (активная группа элементов) ФР излучает и принимает ультразвуковые лучи с переменным углом ввода (в типовом случае от 40 до 70° для поперечных волн в стали). Для реализации секторного сканирования с дефектоскопом OmniScan SX достаточно применить 16-элементную ФР.

В качестве примера секторного сканирования на рисунке 3.12 показана схема прозвучивания, примененная при контроле сварных швов $S = 10$ мм с помощью ФР модели 5L16-A10 со сменной наклонной призмой SA10-N55S-ИНС.

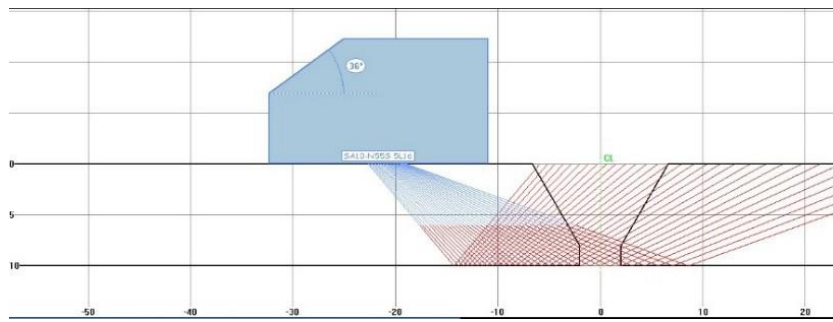


Рисунок 37 - Схема прозвучивания сварного шва при секторном сканировании

При контроле сварных швов толщиной более 20 мм секторное сканирование с помощью 16-элементной ФР не обеспечивает оптимальную схему прозвучивания без поперечных перемещений ФР. В указанном случае может применяться комбинированное электронное сканирование, при котором изменяется как угол ввода луча, так и апертура излучающих и принимающих элементов ФР. Для реализации комбинированного сканирования в данном случае требуется применять ФР, имеющую 64 элемента.

При сканировании выполняется полное документирование (сохранение массива исходных А-сканов по всем точкам электронно-механического сканирования в ПЗУ дефектоскопа) и наглядное отображение результатов контроля – как видов и сечений объекта контроля по различным координатам. Например, может быть получена развертка по периметру сварного шва с проекционным отображением дефектов (С-скан), сечение сварного шва по толщине в плоскости, перпендикулярной или параллельной его продольной оси с отображением дефектов относительно границ шва (В- и D-скан соответственно).

Дефектоскопы "PELENG 307" УДЗ-307ВД предназначены для выявления ультразвуковым и вихретоковым методами контроля дефектов нарушения сплошности таких, как трещины, поры непровары в корне шва. Дефектоскоп удобен для УЗ контроля всех видов сварных соединений.

Проведя анализ возможностей современных средств контроля для работы на крановой эстакаде г. Саранска, остановим выбор на дефектоскопе PELENG УДЗ-307ВД, руководствуясь в основном экономическими соображениями.

3.2 Принцип работы дефектоскопа "PELENG 307" УДЗ-307ВД

Основной принцип работы дефектоскопа основан на использовании ультразвуковых колебаний, которые имеют свойство отражаться от неровностей или поглощаться в контролируемом изделии. Возбуждение и прием УЗК осуществляется одним или парой ручным пьезоэлектрическим преобразователей (ПЭП) подключенным к электронному блоку (БЭ) дефектоскопа.

«Для вихретокового контроля в дефектоскопах предусмотрен анализ взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в объект контроля этим полем с использованием вихретокового преобразователя (ВТП).

Для обнаружения различно ориентированных внутренних дефектов в работе дефектоскопов реализуется эхо-метод, зеркальный и зеркально-теневой методы ультразвукового контроля, а также амплитудный и фазовый методы обработки сигналов при вихретоковом контроле. БЭ включает в себя устройство обработки, приемо-возбудитель, клавиатуру и дисплей. Фотография общего вида дефектоскопа представлена на рисунке 3.14. Устройство обработки является микропроцессорной системой, совместно с программным обеспечением (ПО) осуществляющей работу дефектоскопов во всех режимах. Программное обеспечение используется для настройки дефектоскопа, сбора и обработки информации» [42].



Рисунок 38– Внешний вид дефектоскопа "PELENG 307"

В ультразвуковом дефектоскопе общего назначения открыт доступ к «универсальной» версии ПО. Универсальная версия ПО не содержит готовых настроек для контроля различных объектов. Дефектоскопист самостоятельно создает нужные ему настройки, после чего сохраняет их в памяти прибора. Кроме универсальной версии ПО в дефектоскопе может быть открыт доступ к «специализированным» версиям. Любая специализированная версия ПО содержит типовые варианты (заготовки) будущих настроек для проведения в соответствии с действующими нормативными документами ультразвукового и вихретокового контроля ответственных деталей.

Метрологические параметры специализированных дефектоскопов находятся в пределах метрологических характеристик дефектоскопов общего назначения. В одном дефектоскопе одновременно может быть открыт доступ сразу к нескольким версиям ПО. Доступные версии индицируются на экране дефектоскопов при их включении.

Дефектоскопы являются одноканальной системой ультразвукового (при контактном способе ввода УЗК) или вихретокового контроля [44].

Таким образом, проведя исследования возможностей обнаружения внутренних дефектов современных средств ультразвукового контроля дефектоскопов «OmniScan» и ПФР, OmniScan SX производства компании «Olympus и PELENG УДЗ-307ВД на образцах из ст.20 и 09Г2С толщиной от 10 до 20 мм, приняли решение использовать в при УЗ-контроле крановой эстакады г. Саранска дефектоскоп PELENG УДЗ-307ВД.

4 Технология ультразвукового контроля сварного соединения

4.1 Технология ультразвукового контроля стыкового сварного соединения

Оценка качества сварных соединений позволяет получить полную информацию о состоянии крановой эстакады в процессе эксплуатации [51]. Также важно знать характер и распределение возможных внутренних и поверхностных дефектов в процессе эксплуатации [52-55,58]. Качество этой информации, ее достоверность и оперативность оценки определяют эффективность обеспечения промышленной безопасности.

В производственных организациях г. Саранска неразрушающий контроль выделен в самостоятельный технологический процесс, который оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55724-2013.

Таблица 6 – Объекты контроля

| Объекты контроля: | | | |
|------------------------------------|---|---|---|
| Газовое оборудование | | Объекты металлургического оборудования | |
| Котельное оборудование | | Оборудование химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих и взрывопожароопасных производств | X |
| Подъемно-транспортное оборудование | | Оборудование для транспортировки опасных грузов | |
| Металлообывающее оборудование | X | Строительные конструкции | |

Таблица 7 – Паспорт

| | | | | |
|---|--|---|---|---|
| Метод | Ультразвуковой | Тип разделки кромок | V-образная | |
| Объект контроля | Плоский образец стыкового сварного шва | Шероховатость поверхности, мкм | $\approx R_z 40$ | |
| Материал | сталь 20 | Способ контроля | эхо-импульсный | |
| Геометрические размеры, мм | 300x300x12, t = 12, ширина усиления В = 16 | Чувствительность | сегментный отражатель S=1,6 мм ² | |
| Вид сварки | РДС | | | |
| Средства контроля | Дефектоскоп PELENG УДЗ-307ВД №4040 | Преобразователи ПЭП 121-5-70 ⁰ | Стандартные образцы СО-2, СО-3 СОП 10 №9850 | Вспомогательные ср-ва калиброванный набор образцов шероховатости №2708, масло |
| Регламентирующие документы | ГОСТ Р 55724-2013 | | | |
| Требования к качеству | ГОСТ 31385-2016 | | | |
| Настройка чувствительности, уровни: сегментный отражатель S=2 мм ² | | | | |
| Браковочный, точечная НБР, дБ | | протяженная | | 55,5±2 |
| Контрольный, НК, дБ (Уровень оценки, НОЦ) | | | | – |
| Поисковый, НПОИСК, дБ (Уровень регистрации, НРЕГ) | | | | 61,5±2 |

Скорость и шаг сканирования ≤ 100 мм/сек; шаг ≤ 4 мм

Таблица 8 - Несплошности в сварных соединениях

| ПЭП | № несплошности | Промех* | Координаты несплошностей, мм | | | Длина несплошности $\Delta l \pm 10$, мм | Отклонение амплитуды $\Delta H \pm 2$, дБ | Тип индикации | Оценка качества, балл |
|-----|----------------|---------|------------------------------|--------------|---------------|--|---|---------------|-----------------------|
| | | | $x \pm 5$ * | $z \pm 2$ ** | $y \pm 2$ *** | | | | |
| ПЭП | 1 | 2 | 38 | 65 | 0 | 27 | 6 | Полоскостн. | х |
| ПЭП | 2 | 2 | 125 | 210 | 0 | 85 | 8 | Полоскостн. | х |
| ПЭП | 3 | | 240 | 300 | 0 | 60 | 6 | Полоскостн. | х |
| ПЭП | 4 | | 270 | | 4 | 2 | 4 | Компактный | - |

*x – расстояние от нулевой точки до начала несплошности – несплошность годна,
 **z – глубина залегания несплошности × несплошность непригодна,
 ***y – расстояние от центра шва или от нулевой точки до начала несплошности

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 55724-2013 оформлены таблицы 6-8. В приложении № 1 и № 2 к технологии ультразвукового контроля приводится технологическая карта и дефектограмма.

Приложения: № 1 Инструкция (технологическая карта) и № 2 Дефектограмма
 Образец признан годным / непригодным (нужное подчеркнуть) в соответствии с ГОСТ 31385-2016.

Контроль провели:

Специалист II уровня

Слепокуров М.В. / . .20 /0034-31956-2020/ до 10.04.2023

Специалист III уровня

Седин М.А. / . .20 /0034-16800-2017/ до 31.10.2022

Утвердил:

Специалист III уровня

/ Лазарев А.Л. / 20 / 0034-16803-2017/ до 31.10.2022

Подпись

Ф.И.О.

Дата

4.1.1 Технологическая карта по ультразвуковому контролю

Технологическая карта по ультразвуковому контролю оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55724-2013 [9].

Таблица 9 – Объект контроля

| 4.1.1.1 Объект контроля | |
|-------------------------|---|
| Объект контроля | Экзаменационный образец |
| Контролируемый элемент | Стыковой сварной шов пластин 300x300x12мм |
| Материал основного | сталь 20 |
| Способ сварки | Ручная дуговая (РД) |
| Объем контроля, % | 100% |
| Степень | Сварной шов |

Таблица 10 – Нормативная документация

| 4.1.1.2 Нормативная документация |
|--|
| ГОСТ 5264-80, ГОСТ Р 55724-2013, ГОСТ 31385-2016 |

Таблица 11 – Средства контроля

| 4.1.1.3 Средства контроля | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Дефектоскоп | PELENG УДЗ-307ВД №4040 |
| Преобразователи | П121 -5,0-70 ⁰ |
| Набор измерения шероховатости | ОШС 10...60 по ГОСТ 9378-93 №2525 |
| Стандартные образцы | СО-2, СО-3, СОП 2,0 x 1,2 №693 |
| Вспомогательное оборудование | Линейка 300мм, мел. |
| Контактная жидкость | Масло 5W40 |

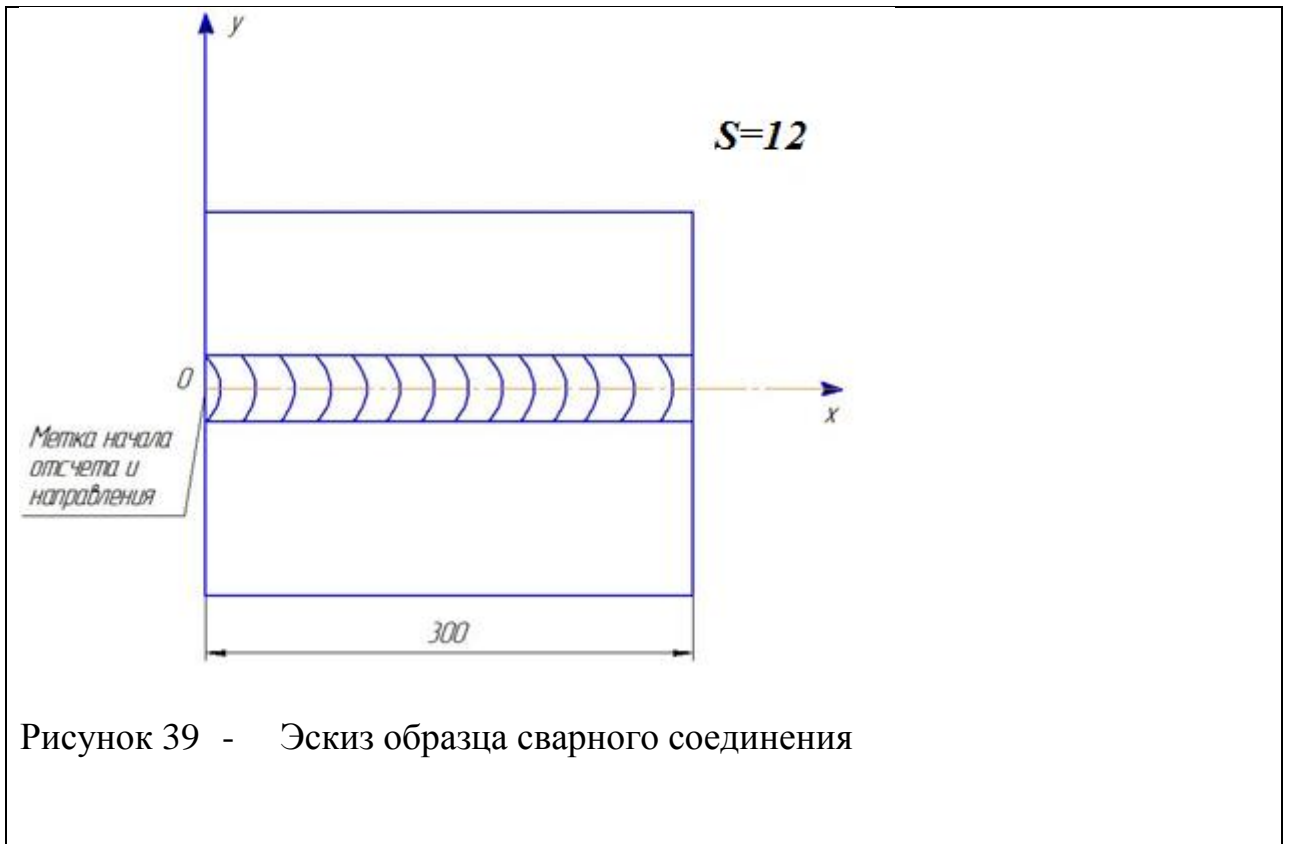


Рисунок 39 - Эскиз образца сварного соединения

4.1.1.1 Подготовка к контролю

1. Получить задание на контроль с указанием типа сварного соединения, марки стали, толщины сварных элементов, кода сварщика, номер чертежа. Ознакомиться с производственной документацией.

2. Убедиться в отсутствии недопустимых наружных дефектов и потребовать удаление, если они будут обнаружены. Поверхность зоны перемещения преобразователя, не должна иметь вмятин и неровностей, с поверхности должны быть устранены брызги металла, отслаивающиеся окалина и краска так же все загрязнения.

При механической обработке соединения, шероховатость поверхности должна быть не более $R_z 40$ мкм по ГОСТ 2789.

3. Провести маркировку и разметку объекта контроля, выбрать начало и направление сканирования.

4. Установить основные параметры контроля:

- чувствительность;
- положение точки выхода луча (стрела) преобразователя;
- угол ввода луча в металл;
- мертвая зона.

По площади плоскодонного отражателя в настроечном образце (НО) или по АРД, SKH – диаграммам настроить предельную чувствительность. В качестве опорного сигнала используют эхо-сигналы от отражателей в СО-2, СО-3, а также от донной поверхности или двугранного угла в контролируемом изделии или в НО (рисунок 39).

«На режиме повышенной чувствительности получить максимальный сигнал от искусственного отражателя. Уменьшить чувствительность, до контрольного уровня, ориентировочно равного 50 % - 70 % от высоты экрана дефектоскопа.

Настройку предельной чувствительности проводят по отражателям, выявляемым прямым и однократно отраженным лучами. Блоком ВРЧ выравнивают амплитуду эхо - сигнала в мм на рабочем участке дефектоскопа.

Поисковая чувствительность устанавливается на 6 дБ выше предельной (браковочной)» [34].

«Угол ввода α ультразвукового луча следует измерять с помощью шкалы стандартного образца СО-2.

Соотношение между углом наклона акустической оси преобразователя β и углом ввода ультразвукового луча в металл для толщины 10 мм составляет $53^{\circ}/(70\pm 1)^{\circ}$.

Контроль угла ввода луча в металл проводить не реже двух раз в смену, в связи с износом призмы преобразователя. Контрольным значением принято считать среднее значение угла ввода по результатам не менее трех измерений.

«Мертвую зону» определять по цилиндрическому отражателю, диаметром 2 мм, в стандартном образце СО-2. «Мертвая зона» не может превышать 3 мм» [52].

Таблица 12 - Параметры ультразвукового контроля стыковых сварных соединений

| Толщина сварного соединения, мм | Ширина усиления шва, мм | Способ прозвучивания | Угол ввода ультразвукового луча- | Рабочая частота (по паспорту), МГц- | Примечание |
|---------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------|
| 12 | 14±2 | Эхо-импульсный | 71 | 5 | - |

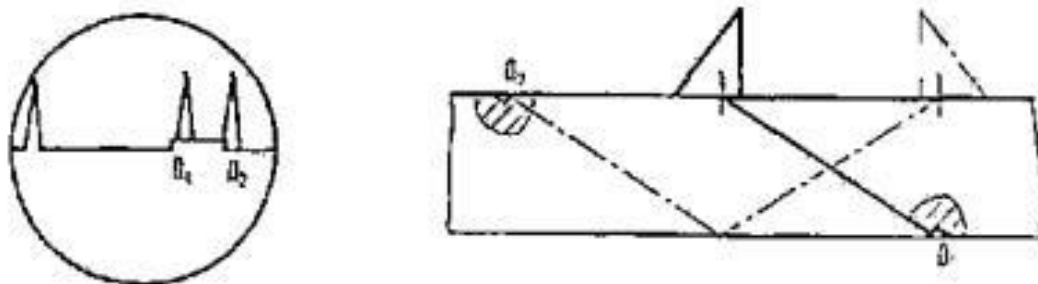


Рисунок 40 - Схема настройки дефектоскопа

Таблица 13 - Настройка чувствительности дефектоскопа

| ПЭП | Поисковый уровень, $A_{\text{поиск}}$, дБ | Контрольный уровень (уровень фиксации), $A_{\text{контр}}$, дБ | Максимально допустимая эквивалентная площадь S_1 , мм ² | Размер зарубки, мм x мм |
|----------------------------|--|---|--|-------------------------|
| П121-5,0-70 ⁰ S | 46 | 40 | 3,5 | 2,0x1,2 |

4.1.1.2 Схема и параметры контроля сварного соединения

Параметры контроля сварного соединения приведены в таблице 14, а схема ультразвукового контроля показана на рисунке 41.

Таблица 14 - Параметры контроля сварного соединения

| Схема прозвучивания | ПЭП | Номинальная толщина св. соединения Н, мм | Ширина усиления сварного соединения Р/с, мм | Lmin, мм | Lmax, мм | Зона зачистки D*, мм |
|---------------------|--------------------------|--|---|----------|----------|----------------------|
| ЭХО-импульс | П121-5,0-70 ⁰ | 12 | 20 | 18 | 55 | 85 |

*D – зона зачистки : $D=L_{max}+30\text{мм}$, где $L_{max}=(m + 1) \cdot S \cdot \text{tg}\alpha$

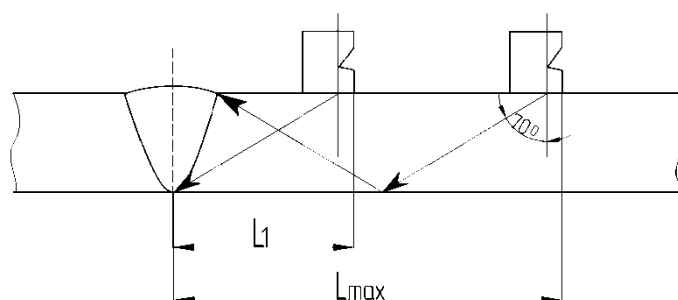


Рисунок 41 - Схема контроля

4.1.1.3 Порядок проведения контроля

1. Акустический контакт ПЭП с контролируемым металлом необходимо создавать контактными, иммерсионными, или щелевыми методами ввода УЗ колебаний.

2. Установить начало контроля. Нанести контактную жидкость в области контроля. В качестве контактной жидкости использовать масло, глицерин, клей КМЦ.

3. Контроль проводить методом поперечно-продольного сканирования. Установить преобразователь перпендикулярно сварному шву и медленно перемещать вдоль сварного шва, проводя продольно-поперечное сканирование движение преобразователя вокруг оси, нормальной к опорной

поверхности, вправо и влево, на угол не больше 10-15 градусов. Шаг построчного перемещения преобразователя не должен превышать 4 - 6 мм. Скорость сканирования – 50 - 75 мм/с .

4. В случае, если полученный эхо-сигнал выше поискового уровня, то необходимо зафиксировать наличие дефекта и определить его параметры. Условные габариты дефекта определять по двум крайним точкам ПЭП, где амплитуда сигнала снижается до поискового.

5. При сканировании необходимо обеспечивать постоянный акустический контакт ПЭП с контролируемой поверхностью.

6. При выявлении дефектов с амплитудой эхо-сигнала равной или выше контрольного уровня определяются координатами h , X , L (по максимальной амплитуде эхо-сигнала).

Глубину залегания дефекта h и расстояния от точки выхода преобразователя до дефекта X определяют по показаниям дефектоскопа при максимальной амплитуде эхо-сигнала от дефекта.

7. Проводятся замеры места расположения дефекта L вдоль продольной оси шва, относительно начала отсчета.

8. Замер максимальной эквивалентной площади проводится по максимальному значению эхо-сигнала по АРД диаграмме (рисунок 2.7) независимо от направленности прозвучивания, при котором он получен.

9. Условную протяженность ΔL измеряют, как расстояние между крайними положениями преобразователя при перемещении его вдоль дефекта (крайнее положение преобразователя, при которых амплитуда эхо-сигнала уменьшается до контрольного уровня).

Если дефект обнаруживается и прямым и однажды отраженными лучами, оценка ΔL проводится по прямому лучу.» [5]

4.1.1.4 Оценка качества

Качество сварного соединения, прошедшего контроль, считается удовлетворительным при соблюдении всех требований приведенных в таблице 3.10 – это эквивалентная площадь одиночных несплошностей и

допускаемое число фиксируемых одиночных несплошностей на любые 100мм протяженности сварного соединения.

Таблица 15 – Качество проконтролированного сварного соединения

| Номинальная толщина, мм | Эквивалентная площадь одиночных несплошностей, мм ² | | Допускаемое число фиксируемых одиночных несплошностей на любые 100 мм протяженности сварного соединения |
|-------------------------|--|--|---|
| | минимально фиксируемая S ₀ | максимально допускаемая S ₁ | |
| 12 | 1,8 | 3,5 | 8 |

4.1.1.5 Оформление отчетной документации

1. Полученные данные по каждому изделию фиксируем в рабочем журнале и заключении вне зависимости от результатов контроля и требований заказчика.

2. В обязательном порядке документация должна содержать сведения:

- о типе контролируемого соединения, индексах, присвоенных изделию и сварному соединению, расположении и длине участка, подлежащего УЗК;
- технологической документации, в соответствии с которой выполняется УЗК и оцениваются его результаты;
- дате контроля;
- идентификационных данных дефектоскописта;
- типе и заводском номере дефектоскопа, преобразователей, СО, СОП;
- непроконтролированных или неполностью проконтролированных участках, подлежащих УЗК;
- результатах УЗК.

3. При описании несплошности применять буквенно-цифровое обозначение характеристик дефекта по ГОСТ Р 55724-2013 [9].

4. Вместо данных об изделии (крановой эстакады) и условиях контроля, содержащихся в технологической карте на УЗК, в журнале указывается обозначение приведенной в работе технологической карты.

4.2 Протокол по результатам ультразвукового контроля

В данной работе приводится протокол по результатам ультразвукового контроля стыкового соединения крановой эстакады. Протокол оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55724-2013 [9].

Таблица 16 – Объект контроля

| 1. Объект контроля | |
|--|---|
| Объект контроля | Экзаменационный образец |
| Контролируемый элемент | Стыковой сварной шов пластин 300x300x12мм |
| Материал основного металла | сталь 20 |
| Способ сварки | Ручная дуговая (РД) |
| Объем контроля, % | 100% |
| Степень контроледоступности | Сварной шов |
| 2. Нормативная документация | |
| ГОСТ 5264-80, ГОСТ Р 55724-2013, ГОСТ 31385-2016 | |
| 3. Средства контроля | |
| Дефектоскоп | PELENG УДЗ-307ВД №4040 |
| Преобразователи | П121 -5,0-70 ⁰ |
| Набор измерения шероховатости | ОШС 10...60 по ГОСТ 9378-93 №2525 |
| Стандартные образцы | СО-2, СО-3, СОП 2,0x1,2 №693 |
| Вспомогательное оборудование | Линейка 300мм, мел. |
| Контактная жидкость | Масло 5W40 |
| Условия контроля | Схема освещения комбинированная (естественное и искусственное освещение). Освещенность 1500 лк Шероховатость Ra 6,3 |

Таблица 17 - Результаты контроля

| Результаты контроля | | | | | | | |
|---------------------|---------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|--|
| № п/ п | Тип дефекта | Координаты дефекта, мм | | | | Размеры дефекта, мм | Соответств ие нормам оценки качества (да / нет) |
| | | X ₁ | X ₂ | Z ₁ | Z ₂ | | |
| 1 | Д-протяженный | 38 | 65 | 0 | | 1.5; l=27 | нет |
| 2 | Д-протяженный | 125 | 210 | 0 | | 2.0; l=85 | нет |
| 3 | Д-протяженный | 240 | 300 | 0 | | 2.5; l=60 | нет |
| 4 | Б-одиочный | 270 | | 4 | | 2 | да |

Заключение о качестве

не годен

(годен / не годен)

Контроль выполнил II уровень _0034-31956-2020 до 10.04.2023

Слепокуров М.В.

уровень, № уд-ния, срок действ., подпись, Ф.И.О.

Проверил III уровень 0034-16803-2017 до 31.10.2022 _____ Лазарев А.Л.

уровень, № уд-ния, срок действ., подпись, Ф.И.О.

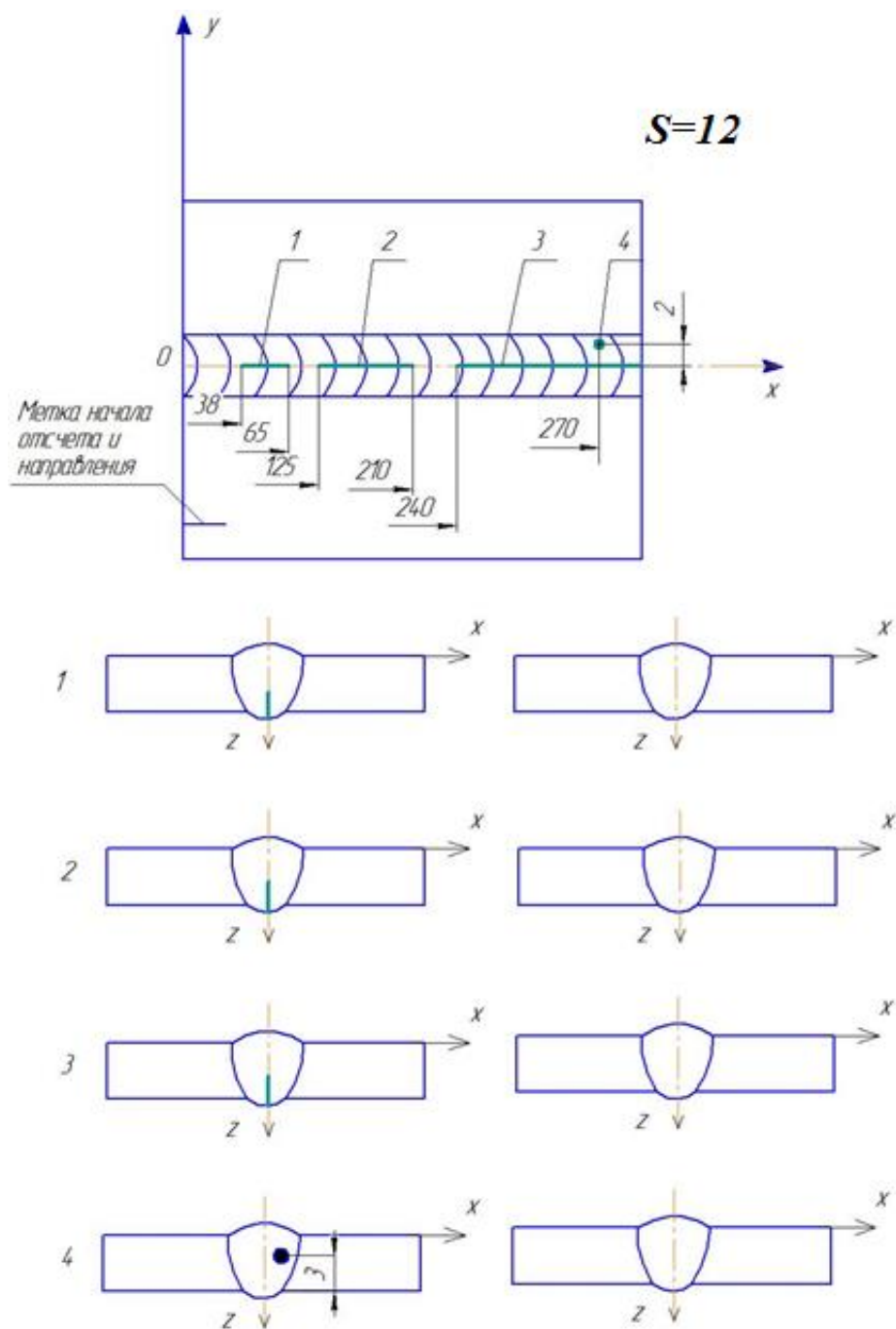


Рисунок 42 - Дефектограмма расположения несплошностей

В протоколе по результатам ультразвукового исследования приводятся дефектограммы (рисунок 42), на которых указывается тип дефекта, его размеры и координаты места расположения.

На рисунке 42 приведена дефектограмма стыкового соединения тестового образца № 006, на котором указано положение 3-х внутренних

дефектов (позиция 1,2,3), расположенных в корне шва. Обозначены координаты обнаруженных внутренних дефектов, а в сечениях шва показано положение внутреннего дефекта в корне шва.

Отдельно обозначен 4-й внутренний дефект, расположенный на глубине 9мм от поверхности шва, на расстоянии 2мм от оси шва и на расстоянии 270мм от начала отсчета дефектов

Выводы по разделу

1. Разработана технология ультразвукового контроля стыкового сварного соединения на базе выбранного оборудования. Технология ультразвукового контроля включает девять операций и протокол по результатам проведенного неразрушающего контроля.

2. Оформление технологического процесса неразрушающего контроля стыкового соединения и протокола по результатам проверки проведено в соответствие с нормативной документацией и требованиями ГОСТ Р 55724-2013.

3. Ультразвуковой контроль сварных соединений крановой эстакады выполнил автор данной работы на предприятии «Вторсырьё» РМ.

5 Результаты контроля качества сварных соединений

Ультразвуковые дефектоскопы предназначены для ультразвукового контроля основного металла и сварных соединений листовых элементов, труб, несущих и ограждающих конструкций [47-53], измерения толщины изделий из металла и других материалов. В ультразвуковом канале применяется контактный способ ввода ультразвуковых колебаний (УЗК). Дефектоскоп может использоваться при монтаже, эксплуатации и ремонте в строительстве, машиностроении, энергетике, металлургической промышленности, на транспорте и в других отраслях. Дефектоскоп, кроме универсальной версии программного обеспечения (ПО), может иметь в своем составе специализированное ПО, позволяющее использовать дефектоскоп в определенных областях промышленности.

Контроль качества сварных соединений, проводимый при реконструкции, ремонте, монтаже крановых конструкций службой контроля продукции, должен осуществляться внешним осмотром и измерениями, механическими испытаниями, методами неразрушающего контроля, предусмотренными нормативными документами. Все сварные соединения и швы подлежат внешнему осмотру и измерениям [8,15] с целью выявления в них следующих возможных наружных дефектов:

- а) неперпендикулярности осей соединяемых узлов, элементов;
- б) смещения кромок соединяемых элементов;
- в) отступления размеров и формы швов от чертежей;
- г) трещин всех видов и направлений;
- д) наплывов, подрезов, прожогов, незаваренных кратеров, непроваров, пористости и других технологических дефектов.

Перед внешним осмотром поверхность сварного шва и прилегающих к нему участков основного металла шириной не менее чем по 20 мм в обе стороны от шва должна быть очищена от шлака, брызг, натеков металла и других загрязнений.

Осмотр и измерение стыковых сварных соединений расчетных элементов должны производиться по всей протяженности соединения. Если внутренняя поверхность сварного соединения недоступна для осмотра, осмотр и измерение производятся только с наружной стороны.

Контроль сварных соединений просвечиванием должен проводиться в соответствии с ГОСТ 7512, ультразвуковой контроль - с ГОСТ 14782 и другими нормативными документами. Контроль сварных соединений элементов расчетных металлоконструкций проводят только после устранения дефектов, выявленных внешним осмотром. При этом обязательному контролю подвергают начало и окончание сварных швов стыковых соединений поясов и стенок коробчатых металлоконструкций балок, колонн, стрел.

При любом методе контроля суммарная длина контролируемых участков сварных соединений устанавливается нормативными документами и должна составлять не менее:

50% от длины стыка - на каждом стыке растянутого пояса коробчатой или решетчатой металлоконструкции;

25% от длины стыка - для всех остальных стыковых соединений;

25% от длины шва - для других видов сварных соединений, указанных в рабочих документах.

Перед проведением просвечивания соответствующие участки сварного соединения должны быть промаркированы с таким расчетом, чтобы их можно было легко обнаружить на снимках.

Оценка качества сварных соединений по результатам внешнего осмотра и неразрушающего контроля должна производиться в соответствии с техническими условиями на изготовление, реконструкцию, ремонт, монтаж крановых конструкций, которые должны содержать нормы оценки качества сварных соединений, исключающие выпуск изделий с дефектами, снижающими их прочность и эксплуатационную надежность.

Качество сварных соединений считается неудовлетворительным, если в них при любом виде контроля будут обнаружены внутренние или наружные дефекты, выходящие за пределы норм, установленных настоящими Правилами и другими нормативными документами на изготовление, реконструкцию, ремонт и монтаж крановых конструкций.

В выпускной квалификационной работе приведены результаты контроля качества сварных соединений выполненных по техническим требованиям контролирующей организации. Контроль проведен и оформлен в виде протоколов и рисунков автором работы.

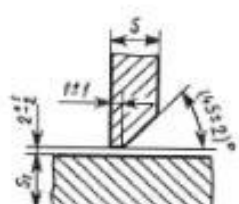
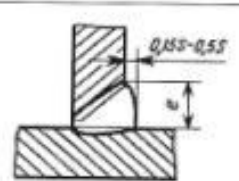
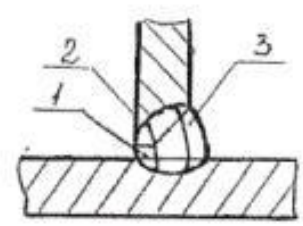
Результаты контроля качества сварных соединений представлены технологическими картами процесса сварки крановой эстакады, оформленные в соответствии с требованиями нормативных документов:

- 1) технологическая карта процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом 1 таврового соединения Т1 (рисунок 43-46),
- 2) технологическая карта процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом 2 таврового соединения Т2 (рисунок 47-51),
- 3) технологическая карта процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом 3 нахлесточного соединения Н2 (рисунок 52-55).

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ

Шифр однотипности РД-1-02-ТОО/Т6

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА

| № п/п | Наименование | Обозначение (показатели) |
|---|---|--|
| 1 | Нормативный документ | СП 70.13330.2012, СП53-101-980, РД 34.15.132-96 |
| 2 | Способ сварки | РД – ручная дуговая сварка покрытыми электродами |
| 3 | Основной материал (марка) | ст10, ст20 ГОСТ 1050-88, ст3 ГОСТ 380, 09Г2С ГОСТ 19281 и другие |
| 4 | Основной материал (группа) | 1 (М01) |
| 5 | Сварочный материал | Б |
| 6 | Толщина свариваемых деталей, мм | 3-12 |
| 7 | Диаметр деталей в зоне сварки, мм | --- |
| 8 | Тип шва | ТШ |
| 9 | Тип соединения | Т |
| 10 | Вид соединения | ос(бп), >15° |
| 11 | Вид и угол разделки кромок | Т6 по ГОСТ 5264-80 |
| 12 | Положение при сварке | Н2; П2; В1; Н45 |
| 13 | Вид покрытия электродов | Б |
| 14 | Режимы подогрева | Без предварительного подогрева |
| 15 | Режимы термообработки | Без термообработки |
| Конструктивные элементы подготовленных кромок и сварного шва | | Порядок наложения валиков |
|  <p>Угол скоса кромок = $(45 \pm 2)^\circ$ Величина притупления = 1 ± 1 Зазор $a = 2^{+1}_{-2}$</p> |  <p>S= от 3 до 5 мм e=7±2 S= от 5 до 8 мм e=10±2 S= от 8 до 11 мм e=14±2 S= от 11 до 14 мм e=18±2</p> |  <p>Валик 1 – диаметр электрода 2,6 мм Валик 2, 3 – диаметр электрода 3,2 мм</p> |

Сварочное оборудование

Инверторный сварочный аппарат.

Очистка

Очистить листы и профили от заусениц, ржавчины. Удалить следы грязи, масла, влаги. Осмотреть поверхность и кромки листов. На кромках и поверхности не должно быть надрывов и трещин.

КОПИЯ ВЕРНА

генеральный директор ООО Антисвар



Подготовка и сборка

Выполнить подготовку кромок элементов под сварку механическим способом шлифовальной машинкой. Допускается обработку кромок элементов под сварку и вырезку отверстий осуществлять кислородной, воздушно-дуговой или плазменной резкой с последующим удалением следов резки шлифовальной машинкой. Поверхности кромок не должны иметь надрывов и трещин.

Рисунок 43 - технологическая карта процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом 1 таврового соединения Т1



Рисунок 44 – Тавровое соединение элементов

2. Зачистить шлифовальной машинкой до металлического блеска кромки и прилегающие к ним поверхности свариваемых элементов на ширину не менее 20 мм от окалины, грязи, краски, масла, ржавчины. Следы зачистки должны быть направлены вдоль кромок.
3. Перед началом каждого прохода или участка шва при температуре окружающего воздуха ниже 0° или при наличии на кромках следов влаги, наледи и т.п. произвести просушку свариваемых кромок стыка нагревом газовой горелкой до температуры 20...50°С.
4. Прихватить свариваемые элементы конструкции ручной сваркой покрытыми электродами. Прихватки выполнять длиной 10-20 мм, на расстоянии 100-200 мм, высота прихваток 3±0,5 мм. Режимы прихваток аналогичны режимам сварки швов. Зачистить прихватки от шлака и брызг, и проконтролировать визуально на наличие недопустимых дефектов (пор, трещин, прожогов, наплывов и т.д.). Прихватки, имеющие недопустимые дефекты, удалить шлифовальной машинкой и выполнить вновь. Начало и конец прихваток зашлифовать для их последующей переплавки в ходе сварки. Запрещается выполнение прихваток у кромок, не подлежащих сварке, в местах пересечения швов и на краях будущих швов.

Параметры процесса сварки

| Номер валика (шва) | Вид покрытия | Диаметр электрода, мм | Род и полярность тока | Сила тока, А | Напряжение, В |
|--------------------|--------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|
| 1 2-3 | Б | 2,6 3,2 | Постоянный, обратной полярности | 70-90 90-110 | От 23 до 30 мм |

Сварка

1. Сварку швов катетом до 4 мм включительно разрешается выполнять в один проход. Сварные швы катетом 5 мм и более необходимо выполнять многослойным способом в два и более слоя.
2. Каждый слой шва перед наложением последующего слоя должен быть очищен от шлака и брызг металла, и проконтролирован визуально на наличие недопустимых дефектов. Участки слоев шва с порами, раковинами и трещинами должны быть удалены механическим способом.
3. При температуре окружающего воздуха ниже -5°С сварку шва рекомендуется производить без перерыва, за исключением времени, необходимого на смену электрода и зачистку шва в месте возобновления сварки.
4. После завершения сварки швы и околошовную зону очистить от шлака и брызг металла, поставить клейма сварщиков.

Контроль качества

Визуальный и измерительный контроль сварных соединений осуществлять в соответствии с РД 03-606-03. По внешнему виду сварные швы должны отвечать требованиям:

- Чешуйчатость шва должна быть гладкая и равномерная, глубина и высота впадин не должна превышать 1 мм;
- Шов должен плавно сопрягаться с основным металлом;
- Трещины, несплавления, наплывы, прожоги, свищи, наружные поры и цепочки пор, грубая чешуйчатость не допускаются.

Контроль швов сварных соединений неразрушающими методами следует производить после исправления недопустимых дефектов, обнаруженных внешним осмотром.

Исправление дефектов

1. Недопустимые дефекты, обнаруженные при контроле, должны быть устранены с последующим контролем исправленных участков.
2. Удаление дефектов производить шлифовальной машинкой с обеспечением плавных переходов в местах выборок. Риски на поверхности металла от абразива должны быть направлены вдоль сварного соединения.
3. Обнаруженные при контроле дефекты сварных швов должны исправляться следующим образом:

Рисунок 45 - технологическая карта процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом 1 таврового соединения Т1

- Чрезмерные усиления сварных швов удалить механическим способом, недостаточные усиления исправить подваркой предварительно зачищенного шва;
- Наплывы удалить механическим способом и при необходимости подварить;
- Подрезы и углубления между валиками подварить, предварительно зачистив места подварки;
- Дефектные участки (трещины, незаплавленные кратеры, поры, неметаллические включения, несплавления и непровары), удалить до «здорового» металла, не оставляя острых углов, и подварить до получения шва нормального размера;
- Все прижоги поверхности основного металла сварочной дугой следует зачищать абразивным инструментом на глубину 0,5-0,7 мм.

Исправление сварных соединений зачеканкой не допускается.

Разработал:
Руководитель сварочных работ
ООО «Ангара»



Богатенков А.Д.

КОПИЯ ВЕРНА
генеральный директор
ООО «Ангара»



КТЭС РД-1-02ТОО/Т6

Лист 3 Листов 3

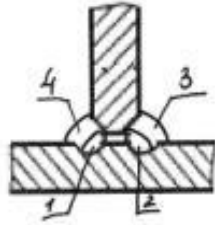
Рисунок 46 - технологическая карта процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом 1 таврового соединения Т1

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ

Шифр однотипности РД-1-03-ТОО/ТЗ

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА

| № п/п | Наименование | Обозначение (показатели) |
|-------|-----------------------------------|--|
| 1 | Нормативный документ | СП 70.13330.2012, СП53-101-980, РД 34.15.132-96 |
| 2 | Способ сварки | РД – ручная дуговая сварка покрытыми электродами |
| 3 | Основной материал (марка) | ст10, ст20 ГОСТ 1050-88, ст3 ГОСТ 380, 09Г2С ГОСТ 19281 и другие |
| 4 | Основной материал (группа) | 1 (М01) |
| 5 | Сварочный материал | Б |
| 6 | Толщина свариваемых деталей, мм | 13-20 |
| 7 | Диаметр деталей в зоне сварки, мм | --- |
| 8 | Тип шва | ТШ |
| 9 | Тип соединения | Т |
| 10 | Вид соединения | дс (бз), б/р |
| 11 | Вид и угол разделки кромок | Т3 по ГОСТ 5264-80 |
| 12 | Положение при сварке | Н2; П2; В1; Н45 |
| 13 | Вид покрытия электродов | Б |
| 14 | Режимы подогрева | Без предварительного подогрева |
| 15 | Режимы термообработки | Без термообработки |

| Конструктивные элементы подготовленных кромок и сварного шва | | Порядок наложения валиков |
|---|---|--|
|  <p>S= от 3 до 15 мм b=0^{+2,0} S= от 15 до 40 мм b=0^{+3,0}</p> |  <p>K= св.5 до 8 вкл.; k=-1,0^{+2,0} K= св.8 до 12 вкл.; k=-1,5^{+2,5}</p> |  <p>Валик 1, 2 – диаметр электрода 3,2 мм Валик 3, 4 – диаметр электрода 4,0 мм</p> |

Сварочное оборудование

Инверторный сварочный аппарат.

Очистка

Очистить листы и профили от заусениц, ржавчины. Удалить следы грязи, масла, влаги. Осмотреть поверхность и кромки листов. На кромках и поверхности не должно быть надрывов и трещин.

КОПИЯ ВЕРНА
генеральный директор *Ангары*
ТОО Ангары

Подготовка и сборка

Выполнить подготовку кромок элементов под сварку механическим способом шлифовальной машинкой. Допускается обработку кромок элементов под сварку и вырезку отверстий осуществлять кислородной, воздушно-дуговой или плазменной резкой с последующим удалением следов резки шлифовальной машинкой. Поверхности кромок не должны иметь надрывов и трещин.

Рисунок 47- технологическая карта процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом 2 таврового соединения Т2

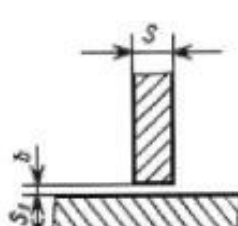
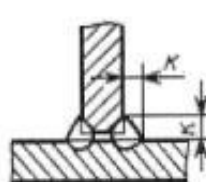
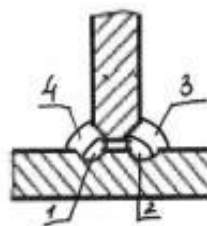


Рисунок 48 – Угловое соединение элементов

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ

Шифр однотипности РД-1-03-ТОО/ТЗ

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА

| № п/п | Наименование | Обозначение (показатели) | |
|--|-----------------------------------|--|---|
| 1 | Нормативный документ | СП 70.13330.2012, СП53-101-980, РД 34.15.132-96 | |
| 2 | Способ сварки | РД – ручная дуговая сварка покрытыми электродами | |
| 3 | Основной материал (марка) | ст10, ст20 ГОСТ 1050-88, ст3 ГОСТ 380, 09Г2С ГОСТ 19281 и другие | |
| 4 | Основной материал (группа) | 1 (М01) | |
| 5 | Сварочный материал | Б | |
| 6 | Толщина свариваемых деталей, мм | 13-20 | |
| 7 | Диаметр деталей в зоне сварки, мм | --- | |
| 8 | Тип шва | ТШ | |
| 9 | Тип соединения | Т | |
| 10 | Вид соединения | дс (бз), б/р | |
| 11 | Вид и угол разделки кромок | Т3 по ГОСТ 5264-80 | |
| 12 | Положение при сварке | Н2; П2; В1; Н45 | |
| 13 | Вид покрытия электродов | Б | |
| 14 | Режимы подогрева | Без предварительного подогрева | |
| 15 | Режимы термообработки | Без термообработки | |
| Конструктивные элементы подготовленных кромок и сварного шва | | Порядок наложения валиков | |
|  <p>$S = \text{от } 3 \text{ до } 15 \text{ мм } b = 0^{+2,0}$ $S = \text{от } 15 \text{ до } 40 \text{ мм } b = 0^{+3,0}$</p> | |  <p>$K = \text{св. } 5 \text{ до } 8 \text{ вкл.}; k = -1,0^{+2,0}$ $K = \text{св. } 8 \text{ до } 12 \text{ вкл.}; k = -1,5^{+2,5}$</p> |  <p>Валик 1, 2 – диаметр электрода 3,2 мм Валик 3, 4 – диаметр электрода 4,0 мм</p> |

Сварочное оборудование

Инверторный сварочный аппарат.

Очистка

Очистить листы и профили от заусениц, ржавчины. Удалить следы грязи, масла, влаги. Осмотреть поверхность и кромки листов. На кромках и поверхности не должно быть надрывов и трещин.

КОПИЯ ВЕРНА

генеральный директор

директор

ООО "Ангара"

**Подготовка и сборка**

Выполнить подготовку кромок элементов под сварку механическим способом шлифовальной машинкой. Допускается обработку кромок элементов под сварку и вырезку отверстий осуществлять кислородной, воздушно-дуговой или плазменной резкой с последующим удалением следов резки шлифовальной машинкой. Поверхности кромок не должны иметь надрывов и трещин.

КТЭС РД-1-03ТОО/ТЗ

Лист 1 Листов 3

Рисунок 49- технологическая карта процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом 2 таврового соединения Т2

2. Зачистить шлифовальной машинкой до металлического блеска кромки и прилегающие к ним поверхности свариваемых элементов на ширину не менее 20 мм от окалины, грязи, краски, масла, ржавчины. Следы зачистки должны быть направлены вдоль кромок.
3. Перед началом каждого прохода или участка шва при температуре окружающего воздуха ниже 0° или при наличии на кромках следов влаги, наледи и т.п. произвести просушку свариваемых кромок стыка нагревом газовой горелкой до температуры 20...50° С.
4. Прихватить свариваемые элементы конструкции ручной сваркой покрытыми электродами. Прихватки выполнять длиной 10-20 мм, на расстоянии 100-200 мм, высота прихваток 3±0,5 мм. Режимы прихваток аналогичны режимам сварки швов. Зачистить прихватки от шлака и брызг, и проконтролировать визуально на наличие недопустимых дефектов (пор, трещин, прожогов, наплывов и т.д.). Прихватки, имеющие недопустимые дефекты, удалить шлифовальной машинкой и выполнить вновь. Начало и конец прихваток зашлифовать для их последующей переплавки в ходе сварки. Запрещается выполнение прихваток у кромок, не подлежащих сварке, в местах пересечения швов и на краях будущих швов.

Параметры процесса сварки

| Номер валика (шва) | Вид покрытия | Диаметр электрода, мм | Род и полярность тока | Сила тока, А | Напряжение, В |
|--------------------|--------------|-----------------------|---------------------------------|--------------|----------------|
| 1-2 | Б | 3,2 | Постоянный, обратной полярности | 90-110 | От 23 до 30 мм |
| 3-4 | | 4,0 | | 120-140 | |

Сварка

1. Сварку швов катетом до 4 мм включительно разрешается выполнять в один проход. Сварные швы катетом 5 мм и более необходимо выполнять многослойным способом в два и более слоя.
2. Каждый слой шва перед наложением последующего слоя должен быть очищен от шлака и брызг металла, и проконтролирован визуально на наличие недопустимых дефектов. Участки слоев шва с порами, раковинами и трещинами должны быть удалены механическим способом.
3. При температуре окружающего воздуха ниже -5°С сварку шва рекомендуется производить без перерыва, за исключением времени, необходимого на смену электрода и зачистку шва в месте возобновления сварки.
4. После завершения сварки швы и околошовную зону очистить от шлака и брызг металла, поставить клейма сварщиков.

Контроль качества

Визуальный и измерительный контроль сварных соединений осуществлять в соответствии с РД 03-606-03. По внешнему виду сварные швы должны отвечать требованиям:

- Чешуйчатость шва должна быть гладкая и равномерная, глубина и высота впадин не должна превышать 1 мм;
- Шов должен плавно сопрягаться с основным металлом;
- Трещины, несплавления, наплывы, прожоги, свищи, наружные поры и цепочки пор, грубая чешуйчатость не допускаются.

Контроль швов сварных соединений неразрушающими методами следует производить после устранения недопустимых дефектов, обнаруженных внешним осмотром.

Исправление дефектов

1. Недопустимые дефекты, обнаруженные при контроле, должны быть устранены с последующим контролем исправленных участков.
2. Удаление дефектов производить шлифовальной машинкой с обеспечением плавных переходов в местах выборок. Риски на поверхности металла от абразива должны быть направлены вдоль сварного соединения.
3. Обнаруженные при контроле дефекты сварных швов должны исправляться следующим образом:

Рисунок 50- технологическая карта процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом 2 таврового соединения Т2

- Чрезмерные усиления сварных швов удалить механическим способом, недостаточные усиления исправить подваркой предварительно зачищенного шва;
- Наплывы удалить механическим способом и при необходимости подварить;
- Подрезы и углубления между валиками подварить, предварительно зачистив места подварки;
- Дефектные участки (трещины, незаплавленные кратеры, поры, неметаллические включения, несплавления и непровары), удалить до «здорового» металла, не оставляя острых углов, и подварить до получения шва нормального размера;
- Все прижоги поверхности основного металла сварочной дугой следует зачищать абразивным инструментом на глубину 0,5-0,7 мм.

Исправление сварных соединений зачеканкой не допускается.

Разработал:
Руководитель сварочных работ
ООО «Ангара»



Богатенков А.Д.

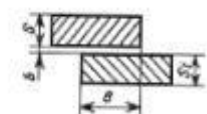

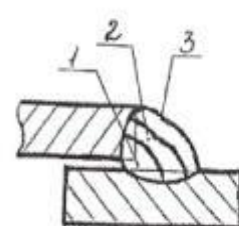


Рисунок 51- технологическая карта процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом 2 таврового соединения Т2

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ

Шифр однотипности РД-1-02-НОО/Н2

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА

| № п/п | Наименование | Обозначение (показатели) |
|---|---|--|
| 1 | Нормативный документ | СП 70.13330.2012, СП53-101-980, РД 34.15.132-96 |
| 2 | Способ сварки | РД – ручная дуговая сварка покрытыми электродами |
| 3 | Основной материал (марка) | ст10, ст20 ГОСТ 1050-88, ст3 ГОСТ 380, 09Г2С ГОСТ 19281 и другие |
| 4 | Основной материал (группа) | 1 (М01) |
| 5 | Сварочный материал | Б |
| 6 | Толщина свариваемых деталей, мм | 3-12 |
| 7 | Диаметр деталей в зоне сварки, мм | --- |
| 8 | Тип шва | НШ |
| 9 | Тип соединения | Н |
| 10 | Вид соединения | дс (бз), б/р |
| 11 | Вид и угол разделки кромок | Н2 по ГОСТ 5264-80 |
| 12 | Положение при сварке | Н2; П2; В1; Н45 |
| 13 | Вид покрытия электродов | Б |
| 14 | Режимы подогрева | Без предварительного подогрева |
| 15 | Режимы термообработки | Без термообработки |
| Конструктивные элементы подготовленных кромок и сварного шва | | Порядок наложения валиков |
|  <p>S= от 2 до 5 мм В= 3-20 b=0^{+1,0}</p> <p>S= от 5 до 10 мм В=8-40 b=0^{+1,5}</p> <p>S= от 10 до 29 мм В=12-100 b=0^{+2,0}</p> |  <p>K= от 3 до 5 вкл. k=-0,5^{+1,0}</p> <p>K= от 5 до 8 вкл. k=-1,0^{+2,0}</p> <p>K= от 8 до 12 вкл. k=-1,5^{+2,5}</p> |  <p>Валик 1 – диаметр электрода 2,6 мм Валик 2, 3 – диаметр электрода 3,2 мм</p> |

Сварочное оборудование

Инверторный сварочный аппарат.

Очистка

Очистить листы и профили от заусениц, ржавчины. Удалить следы грязи, масла, влаги. Осмотреть поверхность и кромки листов. На кромках и поверхности не должно быть надрывов и трещин.

КОПИЯ ВЕРНА
 директор *Кутушов В. Р.*
 ООО "Ангара"

Подготовка и сборка

1. Выполнить подготовку кромок элементов под сварку механическим способом шлифовальной машинкой. Допускается обработку кромок элементов под сварку и вырезку отверстий осуществлять кислородной, воздушно-дуговой или плазменной резкой с последующим удалением следов резки шлифовальной машинкой. Поверхности кромок не должны иметь надрывов и трещин.

Рисунок 52 - технологическая карта процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом 3 нахлесточного соединение Н2

2. Зачистить шлифовальной машинкой до металлического блеска кромки и прилегающие к ним поверхности свариваемых элементов на ширину не менее 20 мм от окалины, грязи, краски, масла, ржавчины. Следы зачистки должны быть направлены вдоль кромок.
3. Перед началом каждого прохода или участка шва при температуре окружающего воздуха ниже 0° или при наличии на кромках следов влаги, наледи и т.п. произвести просушку свариваемых кромок стыка нагревом газовой горелкой до температуры 20...50° С.
4. Прихватить свариваемые элементы конструкции ручной сваркой покрытыми электродами. Прихватки выполнять длиной 10-20 мм, на расстоянии 100-200 мм, высота прихваток 3±0,5 мм. Режимы прихваток аналогичны режимам сварки швов. Зачистить прихватки от шлака и брызг, и проконтролировать визуально на наличие недопустимых дефектов (пор, трещин, прожогов, наплывов и т.д.). Прихватки, имеющие недопустимые дефекты, удалить шлифовальной машинкой и выполнить вновь. Начало и конец прихваток зашлифовать для их последующей переплавки в ходе сварки. Запрещается выполнение прихваток у кромок, не подлежащих сварке, в местах пересечения швов и на краях будущих швов.

Параметры процесса сварки

| Номер валика (шва) | Вид покрытия | Диаметр электрода, мм | Род и полярность тока | Сила тока, А | Напряжение, В |
|--------------------|--------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|
| 1 2-3 | Б | 2,6 3,2 | Постоянный, обратной полярности | 70-90 90-110 | От 23 до 30 мм |

Сварка

1. Сварку швов катетом до 4 мм включительно разрешается выполнять в один проход. Сварные швы катетом 5 мм и более необходимо выполнять многослойным способом в два и более слоя.
2. Каждый слой шва перед наложением последующего слоя должен быть очищен от шлака и брызг металла, и проконтролирован визуально на наличие недопустимых дефектов. Участки слоев шва с порами, раковинами и трещинами должны быть удалены механическим способом.
3. При температуре окружающего воздуха ниже -5°С сварку шва рекомендуется производить без перерыва, за исключением времени, необходимого на смену электрода и зачистку шва в месте возобновления сварки.
4. После завершения сварки швы и околошовную зону очистить от шлака и брызг металла, поставить клейма сварщиков.

Контроль качества

Визуальный и измерительный контроль сварных соединений осуществлять в соответствии с РД 03-606-03. По внешнему виду сварные швы должны отвечать требованиям:

- Чешуйчатость шва должна быть гладкая и равномерная, глубина и высота впадин не должна превышать 1 мм;
- Шов должен плавно сопрягаться с основным металлом;
- Трещины, несплавления, наплывы, прожоги, свищи, наружные поры и цепочки пор, грубая чешуйчатость не допускаются.

Контроль швов сварных соединений неразрушающими методами следует производить после исправления недопустимых дефектов, обнаруженных внешним осмотром.

Исправление дефектов

1. Недопустимые дефекты, обнаруженные при контроле, должны быть устранены с последующим контролем исправленных участков.
2. Удаление дефектов производить шлифовальной машинкой с обеспечением плавных переходов в местах выборок. Риски на поверхности металла от абразива должны быть направлены вдоль сварного соединения.
3. Обнаруженные при контроле дефекты сварных швов должны исправляться следующим образом:

КТПС РД-1-02НОО/Н2

Лист 2 Листов 3

Рисунок 53 - технологическая карта процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом 3 нахлесточного соединения Н2



Рисунок 54 – Нахлесточное соединение элементов

- Чрезмерные усиления сварных швов удалить механическим способом, недостаточные усиления исправить подваркой предварительно зачищенного шва;
- Налпывы удалить механическим способом и при необходимости подварить;
- Подрезы и углубления между валиками подварить, предварительно зачистив места подварки;
- Дефектные участки (трещины, незаплавленные кратеры, поры, неметаллические включения, несплавления и непровары), удалить до «здорового» металла, не оставляя острых углов, и подварить до получения шва нормального размера;
- Все прижоги поверхности основного металла сварочной дугой следует зачищать абразивным инструментом на глубину 0,5-0,7 мм.

Исправление сварных соединений зачеканкой не допускается.

Разработал:
Руководитель сварочных работ
ООО «Ангара»
А.Д.



Богатенков



КТЭС РД-1-02НОО/Н2

Лист 3 Листов 3

Рисунок 55 - технологическая карта процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом 3 нахлесточного соединение Н2

5.1 Рекомендации по созданию методики неразрушающего контроля сварных соединений

Скрытые дефекты сопровождают сварную конструкцию на протяжении всего периода ее эксплуатации. Они могут появиться: на стадии эксплуатации (усталостные трещины, хрупкое и вязкое разрушение). Дефекты изготовления, не обнаруженные своевременно, реализуются на стадии эксплуатации, приводя к внезапным отказам, остановкам и простоям оборудования.

Многочисленными исследованиями установлено [1-8], что детали, подверженные циклическим нагрузкам, 90...97% времени срока службы работают при наличии и развитии дефектов. Даже хрупкое разрушение не происходит мгновенно, а занимает определенный промежуток времени с момента зарождения дефекта до полного разрушения. Такое постепенное накопление повреждений в материале детали позволяет контролировать ее состояние, используя разрушающие и неразрушающие методы контроля.

Использование этих методов контроля позволяет не только обнаружить дефекты, но и оценить опасность повреждения, определить причину возникновения дефекта соединений» [23,26].

Методика неразрушающего контроля сохраняет целостность, рабочих свойств и параметров объекта контроля. Методы неразрушающего контроля обеспечивают нахождение дефектов в материале изделия, соединения без его разрушения. Основной целью использования неразрушающего контроля в исследованиях является надёжное выявление опасных дефектов.

В о б щ е м в и д е к о н т р о л ь
о п р е д е л я е т с я к а к « п р о в е р к а
с о о т в е т с т в и я о б ъ е к т а у с т а н о в л е н н ы м
т р е б о в а н и я м » (Г О С Т 1 6 5 0 4 - 8 1) . П р о в е р к у
о с у щ е с т в л я ю т с п е ц и а л и с т ы с
п р и м е н е н и е м с р е д с т в к о н т р о л я , а

правила, регламентирующие все действия специалистов вплоть до получения результата контроля, содержатся в методиках контроля. Исходя из определения, контроль начинается с изучения требований, предъявляемых к контролируемому объекту [9]. Требования обычно закладываются на стадии проектирования объекта. Иногда приходится иметь дело с дополнительными требованиями, возникающими вследствие особенности эксплуатации и ремонта объекта. Требования к качеству сварных соединений при неразрушающем контроле должны как минимум содержать две составляющие:

- 1) признаки наличия несплошности (минимально фиксируемая несплошность);
- 2) признаки недопустимости несплошности (браковочные признаки).

Первое требование устанавливает границу, по отношению к которой судят о наличии несплошностей, это

позволяет произвести настройку чувствительности дефектоскопа на поиск дефектов.

Второе требование может выступать в двух видах:

а) как требование к максимально допустимой отражательной способности несплошности, выраженное через амплитуду эхосигнала или эквивалентный размер;

б) как требования, связанные с геометрией и расположением несплошностей (условные линейные размеры, площадь зоны индикации, количество и взаимное расположение несплошностей).



Рисунок 56 – Методика установления основных требований

Первое требование является необходимым для начала контроля, а второе - для его завершения» [50]. Схематическое изображение структуры требований представлено на рисунке 56.

Что касается «проверки соответствия», то это - непосредственно процесс контроля, в котором можно выделить три основные стадии: 1) подготовка к контролю; 2) поиск и обнаружение дефектов; 3) принятие решения о годности объекта и соединения. Каждую из них можно разбить на составные части, и так далее - процедуру разбиения можно продолжить до требуемой степени детализации (рисунок 57).



Рисунок 57 – Методика проверки соответствия

Таким образом, требования к качеству сварных соединений при разработке методики неразрушающего контроля должны определяться как «проверка соответствия объекта установленным требованиям [60].

Заключение

Результатом данной квалификационной работы является проведение анализа обследований производственных цехов предприятий и специальных инженерных конструкций, свидетельствуют о том, что высокий уровень износа основных производственных фондов, массовая эксплуатация

инженерных конструкций и металлоконструкций в нормированных сроках с высоким уровнем накопленных повреждений и дефектов приводят к созданию условий возникновения аварийных ситуаций.

Проведен анализ различных типов сварных соединений, дефектов, методов неразрушающего контроля качества сварных соединений конструктивных элементов эстакад производственных зданий.

«Установлены основные причины и характер возникновения дефектов в сварных соединениях. Из анализа объекта контроля следует, что основными дефектами сварного соединения из данного материала являются непровары, трещины и поры.

Выбор оптимального метода контроля качества в зависимости от вида соединения и ее расположения, чувствительности метода контроля, условий работы деталей и технических условий на изделие, материала детали, состояния и шероховатости поверхности, формы и размера детали, доступности детали и зоны контроля, условий контроля.

Подбор оборудования для проведения неразрушающего контроля качества сварных соединений ультразвуковым методом. Данный метод требует наличия специально подготовленных специалистов, специализированного оборудования и вспомогательных средств контроля, и, кроме того, предъявляет особые требования к подготовке поверхности изделия под контроль.

Ультразвуковой контроль выполняют в соответствии с требованиями нормативных документов и методиками контроля конкретного изделия.

Список используемых источников

1. Адаменко А.А. Радиационный неразрушающий контроль сварных соединений Киев: Техника, 1981. – 160с.

2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2013. – 576 с;

3. Доркин В.В. Металлические конструкции: учебник. – Вологда: ИНФРА-М, 2021- 457 с.
4. ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М. : Госстандарт, 1979.- 36с.
5. ГОСТ Р 50.05.04-2018. Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Ультразвуковой контроль сварных соединений из стали аустенитного класса. – М. : Госстандарт, 2018.- 46с.
6. ГОСТ Р ИСО 5577-2009. Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль : словарь. – М. : Изд-во Госстандарт, 2009.- 106с.
7. ГОСТ 6996-66. Сварные соединения. Методы определения механических свойств. – М. : Изд-во стандартов, 1966.- 35с.
8. ГОСТ 11534-75. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М. : Изд-во стандартов, 1975.- 35с
9. ГОСТ Р 55724-2013. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. – М. : Изд-во стандартов, 2013.- 30с
10. ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. – М. : Изд-во стандартов, 1980.- 32с
11. ГОСТ 21105-87. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.– М. : Изд-во стандартов, 1987.- 39с
12. ГОСТ 23518-79. Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М. : Изд-во стандартов, 1979.- 56с.
13. ГОСТ Р ИСО 3452-1-2011. Контроль неразрушающий. Проникающий контроль. Часть 1. Основные требования. – М. : Изд-во стандартов, 2011.- 35с.
14. ГОСТ Р 53697-2009. Контроль неразрушающий. Основные термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 2009.- 30с.
15. ГОСТ 26266-90. Контроль неразрушающий. Преобразователи

ультразвуковые. Общие технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1990.- 25с.

16. ГОСТ 28702-90. Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые. Общие технические требования. – М. : Изд-во стандартов, 1990.- 25с.

17. ГОСТ 23049-84. Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Основные параметры и общие технические требования. – М. : Изд-во стандартов, 1984.- 51с.

18. Гребенников Д.В., Вopilкин А.Х., Гребенников В.В., Бадалян В.Г., Тихонов Д.С. УЗК аустенитных сварных соединений // В мире неразрушающего контроля, 2003. - № 1. - С. 10-15.

19. Гусаров В.Р. Способы повышения информативности и достоверности автоматизированного ультразвукового контроля металлопродукции / сб. трудов международного научного форума «Ультразвуковая дефектоскопия 75». - Санкт-Петербург, 2003 . – с.45-48.

20. Ермолов И.Н., Вopilкин А.Х., Бадалян В.Г. Расчеты в ультразвуковой дефектоскопии : краткий справочник. - М.: «ЭХО+», 2000. - 108 с.

21. Ермолов И.Н, Ермолов М.И. Ультразвуковой контроль : учебник для специалистов первого и второго уровней квалификации. - М.: Изд—во Машиностроение,2001. - 170 с.

22. Измерения. Контроль. Качество. Неразрушающий контроль. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. - 709 с.

23. И-2-МВТУ-81. Инструкция по ультразвуковому контролю сварных узлов грузоподъемного оборудования. М. : Изд-во МВТУ им. Н Баумана, 1981. – 25 с.

24. Ключев В.В. Неразрушающий контроль: Справочник. Том 3/ Ключев В.В., Ермолов И.Н., Ланге Ю.В. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с;

25. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении : учебное пособие. - СПб. : - Изд-во Радиовионика, 1995. - 336 с.

26. Новое оборудование для ультразвукового контроля сварных

соединений // Сварочное производство, 1998. - с.41-42.

27. Клюев В.В, Соснин Ф.Р., Филинов В.Н. и др. Измерения, контроль, испытания и диагностика. Т. IV-3 : Энциклопедия / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, В.Н. Филинов и др.. - М. : Машиностроение. 1998. - 592 с., ил.

28. ПБ 10-382-00. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. – М. : НПО ОБТ, 2000. - с.

29. ПБ 10-611-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации подъемников (вышек). – М. : НПО ОБТ, 2003. - с.

30. ПБ 03-273-99. Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства. – М. : НПО ОБТ, 1999. - с.

31. ПБ 10-14-92. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных машин. – М. : НПО ОБТ, 1992. – с.

32. ТУ 24.22.310-05. Инструкция на производство сварочных работ при ремонте, изготовлении и реконструкции крановых металлоконструкций : приложение № 3. - М. : НПО ОБТ, 2005. - с.

33. РД 36-62-00. Оборудование грузоподъемное. Общие технические требования : руководящий документ. – М. : изд-во , 2000. – 85 с.

34. РД 22-16-2005. Машины грузоподъемные. Выбор материалов для изготовления, ремонта и реконструкции сварных стальных конструкций: руководящий документ. – М. : изд-во , 2005. – 95 с.

35. РД 24.090.52-90. Подъемно-транспортное оборудование. Требования к изготовлению сварных конструкций: руководящий документ. – М. : изд-во , 1990. – 95 с.

36. РД 24.090.97-98. Подъемно-транспортные машины. Материалы для сварных металлических конструкций: руководящий документ. – М. : изд-во , 1998. – 45 с.

37. РД РОСЭК 001-96. Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Контроль ультразвуковой. Основные положения : руководящий документ. – М. : изд-во , 1996. – 65 с.

38. Румянцев С.В. и др. Неразрушающие методы контроля сварных

соединений. – Москва : Машиностроение, 1976 г. - 335 с

39. А.с. № 1534387 СССР, МПК. В23к. Ультразвуковой низкочастотный пьезопреобразователь / А.А.Самокрутов, В.Г. Шевалдыкин, Н.Н. Яковлев (СССР) / Бюл. Изобретений, 1990.- № 1. – 8 с.

40. Самокрутов А.А. Современные методы и технические средства акустического неразрушающего контроля. - М. : Машиностроение-1, 2003. - 140 с.

41. Самокрутов А.А., Козлов В.Н., Мелешко И.А., Пастушков П.С., Алехин С.Г. Миниатюрный ультразвуковой толщиномер А1207 / тезисы докладов 3-й Международной конф. "Диагностика трубопроводов". - Москва, 21-26 марта 2001. - С. 155.

42. Самокрутов А.А., Шевалдыкин В.Г., Козлов В.Н., Мелешко И.А., Пастушков П.С., Алехин С.Г. А1207 ультразвуковой толщиномер нового поколения // В мире неразрушающего контроля, 2001. - № 2. - С. 23 — 24.

43. Седин Н.С. Основные требования создания методик неразрушающего контроля сварных соединений / сб.трудов науч.конф. «Качество контроля сварных соединений».- Саранск : изд-во Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, 2019. - 5с.

44. Патент на промышленный образец №51469 РФ, 7в 23 К 9/06. Ультразвуковой толщиномер (два варианта) / А.А.Самокрутов, В.Н. Козлов, В.Г. Шевалдыкин, С.Г. Алехин, И.А. Мелешко, П.С. Пастушков Ультразвуковой толщиномер (два варианта). – М. : Гос. реестр пром. образцов РФ. 16.11.2002.

45. Соснин Ф.Р. Неразрушающий контроль : Справочник. В 7 т. Под общ.ред. В.В. Ключева. Т. 1 : В 2 кн. : Кн. 1: Визуальный и измерительный контроль. Кн. 2 : Радиационный контроль. - М. : Машиностроение, 2003. - 560 с.: ил.

46. Технологическая инструкция по ультразвуковому контролю сварных соединений ходовых рам при обследовании башенных кранов типа КБ-403. ТИРОСЭК-001-96. 67.И-2-МВТУ-81. Инструкция по ультразвуковому

контролю сварных узлов грузоподъемного оборудования.

47. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций : атлас : Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / С.А. Куркин, В.М. Ховов, А.М. Рыбачук. – М. : Машиностроение, 1989. – 328 с.

48. Технологическая инструкция по ультразвуковому контролю сварных соединений ходовых рам при обследовании башенных кранов типа КБ-403. ТИ РОСЭК-001-96.

49. ТУ 24.22.310-05. Технические условия на регламент выполнения капитального, полно-капитального и капитально-восстановительного ремонтов, изготовление (отдельных элементов), реконструкцию и монтаж грузоподъемных кранов с применением сварки. – М. : изд-во, 2005. – 54с.

50. Троицкий В.А., Валеви́ч М.И. Неразрушающий контроль сварных соединений. - М. : Машиностроение, 1988. – 112 с.

51. Ультразвуковой контроль материалов : справочник, изд. Й. Крауткремер, Г. Крауткремер; пер. с нем. - М. : Металлургия, 1991. - 752 с.

52. Чертищев В.Ю. Определение глубины залегания дефектов в многослойных конструкциях из ПКМ акустическими методами по величине механического импеданса / Чертищев В.Ю., Бойчук А.С., Диков И.А., Яковлева С.И., Генералов А.С. РАН. – М : Дефектоскопия, 2018.- №8. - С. 21-34.

53. Шевалдыкин В.Г., Самокрутов А.А., Козлов В.Н. Ультразвуковые низкочастотные пьезопреобразователи с сухим точечным контактом и их применение для неразрушающего контроля // Контроль. Диагностика, 2003. - № 2.- С. 30- 39.

54. Щербинский В.Г. Технология ультразвукового контроля сварных соединений. - М. : Тиссо, 2005 - 326с.

55. Armanavicius G., Kahes R. Analysis of pseudo noise sequences for multi channel distance measurements. Ultragrzas. 2000.Vol.37.No4.

56. International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering.

2018;10(2):129-140

57. Lee B.B., Furgason E.S. An evaluation of ultrasonic NDT correlation flaw detection sistem. IEEE Trans Souics, Ultrasonic, 1982, SU-31(6), p.359-369.

58. Samokrutov A.A., Kozlov V.N., Shevaldykin V.G., Meleshko I.A. Newapproaches and equipment for ultrasonic thickness gauging with use of single crystal probes. 8th European conference for Non-Destructive Testing. Barcelona, 17-21 June, 2002.

59. Shevaldykin V.G., Kozlov V.N., Samokrutov A.A. Inspection of Concrete by Ultrasonic Pulse-Echo Tomograph with Dry Contact. 7th European conference on Non-Destructive Testing. Copenhagen, 26 — 29 May, 1998.

60. Splitt G. Pesocomposite Transducers-a Milestone for Ultrasonic Testing. 7-th European conference onNDT, V.3,p.2965-2970, Copengagen, 1998.

Приложение А

УДК 658.56 : 621.791

**Основные требования создания методик неразрушающего контроля
сварных соединений**

Н.С. Седин магистрант

Национальный исследовательский Мордовский государственный

«Скрытые дефекты материала сопровождают деталь на протяжении всего периода эксплуатации. Они могут появиться: на стадии получения заготовки (дефекты литья,ковки или прокатки); на стадии изготовления (дефекты обработки, закалки); на стадии эксплуатации (усталостные трещины, хрупкое и вязкое разрушение). Дефекты изготовления, не обнаруженные своевременно, реализуются на стадии эксплуатации, приводя к внезапным отказам, остановкам и простоям оборудования.

Многочисленными исследованиями установлено [1-3], что детали, подверженные циклическим нагрузкам, 90...97% времени срока службы работают при наличии и развитии дефектов. Даже хрупкое разрушение не происходит мгновенно, а занимает определенный промежуток времени с момента зарождения дефекта до полного разрушения. Такое постепенное накопление повреждений в материале детали позволяет контролировать ее состояние, используя разрушающие и неразрушающие методы контроля. Использование этих методов позволяет не только обнаружить дефекты, но и оценить опасность повреждения, определить причину возникновения дефекта соединений.

«Методика разрушающего контроля применяется в основном для определения прочностных и деформационных характеристик конструктивного элемента или иного объекта путем приложения разрушающей нагрузки, после чего объект уже не будет пригоден к использованию. Такой контроль применяют к нескольким объектам из

Продолжения Приложение А

партии, чтобы определить отсутствие нарушения технологий, влияющих на проверяемые параметры.

А методика неразрушающего контроля сохраняет целостности, основных рабочих свойств и параметров объекта контроля. Методы неразрушающего контроля обеспечивают нахождение дефектов в материале

изделия, соединения без его разрушения, путем взаимодействия физического поля или вещества с объектом контроля. В качестве объекта в неразрушающем контроле наиболее часто выступает деталь или сварное соединение деталей. **Основной** целью использования неразрушающего контроля в исследованиях является надёжное выявление опасных дефектов.

Задачи неразрушающего контроля связаны:

- с выбором метода, подходящего для обнаружения наиболее характерных дефектов, возникающих в данном объекте контроля;
- разработки методики и выбора средств для осуществления контроля;
- определения критериев для оценки степени повреждения.

«В самом общем виде контроль определяется как «проверка соответствия объекта установленным требованиям» (ГОСТ 16504-81). Проверку осуществляют специалисты с применением средств контроля, а правила, регламентирующие все действия специалистов вплоть до получения результата контроля, содержатся в методиках контроля. Исходя из определения, контроль начинается с изучения требований, предъявляемых к контролируемому объекту. Требования обычно закладываются на стадии проектирования объекта. Иногда

приходится иметь дело с дополнительными требованиями, возникающими вследствие особенности эксплуатации и ремонта объекта. Требования к качеству деталей и сварных соединений при неразрушающем контроле должны как минимум содержать две составляющие:

Продолжение Приложения А

1) признаки наличия несплошности (минимально фиксируемая несплошность);

2) признаки недопустимости несплошности (браковочные признаки).

Первое требование устанавливает границу, по отношению к которой судят о наличии несплошностей, это позволяет произвести настройку чувствительности дефектоскопа на поиск дефектов.

Второе требование может выступать в двух видах:

а) как требование к максимально допустимой отражательной способности несплошности,

выраженное через амплитуду эхосигнала или эквивалентный размер;

б) как требования, связанные с геометрией и расположением несплошностей (условные линейные размеры, площадь зоны индикации, количество и взаимное расположение несплошностей).

Таким образом, первое требование является необходимым для начала контроля, а второе - для его завершения.

Схематическое изображение структуры требований представлено на рисунке А1.



Рисунок А1 – Методика установления основных требований

Продолжение Приложения А



Рисунок А2– Методика проверки соответствия

«Что касается «проверки соответствия», то это есть не что иное, как непосредственно процесс контроля, в котором можно выделить три основные стадии:

- 1) подготовка к контролю;
- 2) поиск и обнаружение дефектов;
- 3) принятие решения о годности объекта и соединении.

Каждую из них можно разбить на составные части, и так далее - процедуру разбиения можно продолжить до требуемой степени детализации (рисунок А2).

И так требования к качеству деталей и сварных соединений при создании методик неразрушающего контроля должны определяться как «проверка соответствия объекта установленным требованиям».

Продолжение Приложения А

Список литературы:

- 1.Адаменко А.А. Радиационный неразрушающий контроль сварных соединений Киев: Техника, 1981. – 160с.
- 2.Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2013. – 576 с;
- 3.Доркин В.В. Металлические конструкции: учебник. – Вологда : ИНФРА-М, 2021- 457 с.
- 4.ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М. : Госстандарт, 1979.- 36с.
- 5.ГОСТ Р 50.05.04-2018. Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Ультразвуковой контроль сварных соединений из стали аустенитного класса. – М. : Госстандарт, 2018.- 46с.
- 6.ГОСТ Р ИСО 5577-2009. Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль : словарь. – М. : Изд-во Госстандарт, 2009.- 106с.
- 7.ГОСТ 6996-66. Сварные соединения. Методы определения

механических свойств. – М. : Изд-во стандартов, 1966.- 35с.

8.ГОСТ 11534-75. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М. : Изд-во стандартов, 1975.- 35с

9.ГОСТ Р 55724-2013. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. – М. : Изд-во стандартов, 2013.- 30с