

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 кафедры полностью)

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Сварка и пайка новых металлических и неметаллических неорганических материалов»

(направленность, (профиль)/специализация)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Дефектность сварных соединений на опасных производственных процессах при ручной дуговой сварке

Студент

Н. П. Записных

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

К. В. Моторин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы д.т.н., проф. Ковтунов А.И.

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2017 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

д.т.н., проф. Ельцов В.В.

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2017 г.

Тольятти 2017

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ИЗВЕСТНЫХ СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	4
1.1 Описание трубопровода и условий его эксплуатации	4
2.1 Описание изделия и условий его эксплуатации	4
1.2 Анализ свойств материала	10
1.3 Описание дефектов в сварных соединениях и способы их контроля	12
1.4 Анализ известных способов контроля сварных соединений	25
1.5 Задачи диссертации	39
2 Анализ статистики дефектности сварных соединений	40
2.1 Анализ статистики дефектности сварных соединений	40
3 Выявление причин возникновения дефектов	48
3.1 Технологический процесс сборки и сварки трубопроводов	48
3.2 Причины возникновения дефектов	56
4 Разработка рекомендаций, снижающих вероятность образования дефектов при сварке.	77
4.1 Требования к квалификации сварщиков и ИТР	77
4.2 Основные положения организации сварочных работ	79
Заключение	87
Список использованных источников	88

Введение

Сварным соединением называют неподвижное неразъемное соединение двух или нескольких деталей, выполненное сваркой. В него входят: сварной шов, прилегающая к нему зона основного металла с изменениями в результате термического действия сварки (зона термического влияния) и участки основного металла.

Свойства сварного соединения определяются свойствами металла шва и зоны основного металла с измененной структурой и, во многих случаях, с измененными свойствами зоны термического влияния[18].

В процессе образования сварного соединения могут возникать дефекты, то есть различные отклонения от установленных норм и технических требований, которые приводят не только к уменьшению прочности и эксплуатационной надежности, но и к ухудшению внешнего вида изделия. Более того, дефекты могут привести к полному или частичному разрушению конструкции.

Дефекты сварных соединений - это следствие нарушения или неправильного выбора технологического процесса, применения плохих сварочных материалов и недостаточной квалификации сварщика.

Контроль сварных соединений имеет важное значение при производстве металлоконструкций, разработано огромное количество методик оценки сварных соединений, но для полной оценки необходимо использовать нескольких методик одновременно.

В настоящее время применяемые методы контроля трубопроводов не всегда обеспечивают высокого качества.

Поэтому целью магистерской диссертации является повышение качества сварных соединений за счет разработки рекомендаций для снижения вероятности образования дефектов.

1 Анализ исходных данных и известных способов контроля стальных трубопроводов

1.1 Описание трубопровода и условий его эксплуатации

Трубопровод — это сооружение для транспортировки сред (газообразных, жидких, многофазовых) под действием различных давлений в разных сечениях. Трубопровод обычно состоит из труб, компенсаторов, арматуры и других различных деталей.

Трубопроводы делятся на технологические, магистральные и распределительные. Технологические трубопроводы бывают высокого давления (свыше 10 МПа), среднего давления (от 1,6 до 10 МПа), низкого давления (от 0,1 до 1,5 МПа) и вакуумными (ниже 0,1 МПа). На предприятиях по нефтегазовой промышленности суммарная длина достигает нескольких десятков или сотен километров.

Распределительные трубопроводы делятся на: газораспределительные сети городских систем газоснабжения, промышленные трубопроводы нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений, нефтяные системы трубопроводов и так далее. Они имеют кольцевую или разветвленную структуры.

Магистральные трубопроводы включают в себя системы электрохимической защиты, перекачивающие станции и так далее. [1].

Основной элемент трубопровода — труба, которая выполнена из легированных или легированных сталей, пластмасс, стекла, железобетона, чугуна и других материалов. Соединение труб бывает неразъёмным (паяные и клеевые) или разъёмным (сварные, фланцевые и резьбовые).

Сварные соединения обеспечивают хорошую герметичность, отличаются высокой надёжностью и экономичностью по сравнению с другими видами соединений. К фасонным деталям трубопровода относятся тройники для ответвлений, отводы для изменения направления

трубопровода, переходы для изменения диаметров трубопровода, заглушки и так далее. Арматура для трубопровода классифицируется по назначению на запорную, предохранительную, регулирующую, распределительно-смесительную, фазораспределительную, отключающую и обратную. Выбор арматуры проводят в зависимости от рабочих параметров: температуры, давления, диаметра трубопровода, условия установки, агрессивности перекачиваемой среды и так далее. Компенсация трубопровода производится с помощью поворотов, подъемов и спусков трубопроводов или с помощью установок специальных компенсирующих устройств. Опоры для трубопровода бывают свободными, неподвижными и направляющими.

Транспортируемые продукты по степени агрессивности делятся на: неагрессивные, малоагрессивные, среднеагрессивные, высокоагрессивные. Трубопроводы для агрессивных сред производят из труб с повышенной толщиной стенки. Также применяют трубопроводы из высоколегированных сталей, пластмассовые, стеклопластмассовые и т.д.

Трубопроводы могут прокладывают по земной поверхности, с заглублением в землю, над землей и под водой. Выбор прокладки трубопровода производится на основании экономико-технических расчетов, на которые влияют рельеф данной местности, геологическое строение и гидрогеологические условия, климатические условия, естественные и искусственные препятствия, удобство обслуживания трубопровода и физико-химические свойства перекачиваемых сред.

Для защиты трубопроводов от воздействия внешней среды, используют лакокрасочные покрытия, эмалевые покрытия, битумные покрытия, в виде полиэтиленовых покрытий, на основе эпоксидных смол. Для перекачки низкотемпературных и горячих сред используется изоляция. Подземные трубопроводы оснащают средствами электрохимической защиты для уменьшения почвенной коррозии и влияния блуждающих токов [1].

Для трубопроводов существуют правила устройства и безопасной эксплуатации [2]:

1. В период эксплуатации трубопроводов следует осуществлять постоянный контроль за состоянием трубопроводов и их элементов (сварных швов, фланцевых соединений, арматуры), антикоррозионной защиты и изоляции, дренажных устройств, компенсаторов, опорных конструкций и т.д. с записями результатов в эксплуатационном журнале.

2. Контроль безопасной эксплуатации трубопроводов осуществляется в установленном порядке.

3. При периодическом контроле следует проверять:

- техническое состояние трубопроводов наружным осмотром и, при необходимости, неразрушающим контролем в местах повышенного коррозионного и эрозионного износа, нагруженных сечений и т.п.;

- устранение замечаний по предыдущему обследованию и выполнение мер по безопасной эксплуатации трубопроводов;

- полноту и порядок ведения технической документации по обслуживанию, эксплуатации и ремонту трубопроводов.

4. Трубопроводы, подверженные вибрации, а также фундаменты под опорами и эстакадами для этих трубопроводов в период эксплуатации должны тщательно осматриваться с применением приборного контроля за амплитудой и частотой вибрации. Максимально допустимая амплитуда вибрации технологических трубопроводов составляет 0,2 мм при частоте вибрации не более 40 Гц.

Выявленные при этом дефекты подлежат устранению. Сроки осмотров в зависимости от конкретных условий и состояния трубопроводов устанавливаются в документации, но не реже одного раза в 3 месяца.

5. Наружный осмотр трубопроводов, проложенных открытым способом, при периодических обследованиях допускается производить без снятия изоляции.

В необходимых случаях проводится частичное или полное удаление изоляции.

6. Наружный осмотр трубопроводов, уложенных в непроходимых каналах или в земле, производится путем вскрытия отдельных участков длиной не менее 2 м. Число участков устанавливается в зависимости от условий эксплуатации.

7. Если при наружном осмотре обнаружены неплотности разъемных соединений, давление в трубопроводе должно быть снижено до атмосферного, температура горячих трубопроводов - до плюс 60 °С, а дефекты устранены с соблюдением необходимых мер безопасности.

При обнаружении дефектов, устранение которых связано с огневыми работами, трубопровод должен быть остановлен, подготовлен к проведению ремонтных работ в соответствии с нормативно-технической документацией по промышленной безопасности.

8. При наружном осмотре проверяется вибрация трубопроводов, а также состояние: изоляции и покрытий, сварных швов, фланцевых и муфтовых соединений, крепежа и устройств для установки приборов, опор, компенсирующих устройств, дренажных устройств, арматуры и ее уплотнений, реперов для замера остаточной деформации, сварных тройников их соединений, гибов и отводов (рис.1.1, 1.2).



Рисунок 1.1 - Сварной шов



Рисунок 1.2 - Сварной тройник



Рисунок 1.3 – Сварной отвод



Рисунок 1.4 – Сварные переходы



Рисунок 1.5 – Врезка в трубу

На предприятии ООО «Профиль» работа проходит с трубопроводами из таких марок сталей, как:

- 12X18H10T;
- 10X17H13M2T.

1.2 Анализ свойств материала

Химический состав стали 12X18H10T представлен в таблице 1.1 [3].

Таблица 1.1 – Химический состав стали 12X18H10T

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti	Fe
До 0,12%	До 0,8%	До 2,0%	9-11%	До 0,02%	До 0,035%	17- 19%	До 0,3%	0,4 - 1,0%	~67%

Механические свойства материала при температуре $t=20^{\circ}\text{C}$ представлены в таблице 1.2 [3].

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 12X18H10T при 20°C

$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %
529-549	35-40

Хромоникелетитановая аустенитная сталь 12X18H10T - получила наибольшее распространение в промышленности благодаря возможности успешного использования ее в разнообразных эксплуатационных условиях. Эта сталь обладает хорошей коррозионной стойкостью в ряде жидких сред. Более того, она устойчива против межкристаллитной коррозии после сварочного нагрева, сравнительно малоохрупчивается в результате длительного воздействия высоких температур и может быть применена в качестве жаропрочного материала, работающего при температурах $\sim 600^{\circ}\text{C}$.

Будучи высокопластичной в условиях глубокого холода, эта сталь используется в установках для получения жидкого кислорода [4].



Рисунок 1.6 – Сталь 12X18Н10Т

Химический состав стали 10X17Н13М2Т представлен в таблице 1.3 [4]. Механические свойства стали приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.3 – Химический состав стали 10X17Н13М2Т

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Cu	Ti	Fe
До 0,1%	До 0,8%	До 2,0%	12-14%	До 0,02%	До 0,035%	16-18%	2-3%	До 0,3%	0,4 - 1,0%	~61%

Механические свойства материала при температуре $t=20^{\circ}\text{C}$ представлены в таблице 1.4 [4].

Таблица 1.4 – Механические свойства стали 10X17Н13М2Т при 20°C

$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %
529	35

«Сталь 10X17H13M2T применяется в сварных конструкциях, работающих в условиях воздействия фосфорной, уксусной кислот и других средах повышенной агрессивности» [5].



Рисунок 1.7 – Сталь 10X17H13M2T

1.3 Описание дефектов в сварных соединениях и способы их контроля

Для того, чтобы вовремя выявить дефекты, необходимо проводить очень тщательный и систематический контроль сварных соединений на всех стадиях производства трубопроводов. В зависимости от требований проекта или технических условий контроль сварных соединений технологических трубопроводов происходит путем внешнего осмотра всех швов, физических методов контроля (металлографического контроля, просветка гамма-лучами или рентгеновскими аппаратами, ультразвуковым контролем, акустическим контролем) и механических испытаний, а также проверяют плотности

сварных соединений пневматическим или гидравлическим испытанием. В некоторых случаях сварные швы проверяют на коррозионную стойкость. Все зависит от назначения трубопровода и материалов труб [6].

В настоящее время контроль сварных швов производится различными способами: контроль внешнего вида, радиационные виды неразрушающего контроля, акустические виды неразрушающего контроля, магнитные виды неразрушающего контроля, электромагнитные методы, капиллярные методы, методы контроля сплошности сварных швов течеисканием, тепловые методы контроля, ультразвуковой контроль

Контроль качества сварных соединений необходим для: своевременного выявления и устранения дефектов швов, получения сварного соединения высокого качества, определения соответствия изделия требованиям заказчика.

Под качеством продукции понимается совокупность ее свойств, которые обеспечивают пригодность этой продукции удовлетворять определенные потребности, в соответствии с назначением этой продукции. Одним из главных свойств этой совокупности, является надежность. Под надежностью понимают свойство продукции (изделия, машины) выполнять заданные функции, сохраняя во времени установленные эксплуатационные параметры в пределах конкретных значений, установленных разработчиками этой продукции.

Контроль качества сварных соединений начинается с проверки качества подготовки шва, и заканчивается проверкой полученного соединения.

Во время сварки могут возникнуть дефекты из-за различных нарушений требований нормативных документов к подготовке, сварке и сборке соединяемых узлов, термической и механической обработке сварных соединений и самой конструкции, к сварочным материалам.

Дефекты сварных соединений различаются по месту расположения и по причине их возникновения. В зависимости от причин возникновения, их

можно поделить на две группы. Первая группа дефектов - это дефекты, которые связаны с тепловыми и металлургическими явлениями, происходящими в процессе образования, формирования сварного соединения, кристаллизации сварочной ванны и его остывания. После всех операций могут появиться такие дефекты, как холодные и горячие трещины в металле шва и околошовной зоне, поры, шлаковые или вольфрамовые включения, изменения свойств металла шва и зоны термического влияния. Вторая группа дефектов – это дефекты, называемые дефектами формирования швов. К ним относят дефекты, происходящие, в основном, с нарушением режима сварки, неправильной подготовкой и сборкой деталей конструкции под сварку, небрежностью, неисправностью оборудования, низкой квалификацией сварщика и другими. К дефектам этой группы относятся непровары, прожоги, незаваренные кратеры, подрезы, наплывы, и другие дефекты. [9].

По месту расположения дефекты делятся на внешние и внутренние.

К внешним дефектам относятся: нарушение размеров и формы сварного шва, прожог, незаваренный кратер, непровар, подрез зоны сплавления, поверхностное окисление, поверхностные поры, трещины на поверхности шва.

К внутренним дефектам относят внутренние поры, шлаковые или вольфрамовые включения, внутренний непровар, внутренние трещины (продольные или поперечные).

Нарушение размеров и формы шва выражается в неправильном выборе ширины и высоты шва, в слишком большом усилении и резких переходах от основного металла к наплавленному. Данные дефекты при ручной сварке являются результатом низкой квалификации сварщика, плохой подготовки кромок, неправильного выбора тока, плохого качества сборки под сварку. Дефекты формы шва также могут быть следствием колебания напряжения в сети.

Виды дефектов:

Непровар (рис.1.8) – это участок сварного соединения, где присутствует несплавление основного металла с наплавленным, а также отсутствие сплавления между слоями шва. Непровары уменьшают рабочее сечение сварного шва, что приводит к уменьшению работоспособности сварного соединения. Поскольку непровары являются концентраторами напряжений, они могут вызвать появление трещин. Более того, они уменьшают коррозионную стойкость сварного соединения, что приводит к коррозионному растрескиванию [9].

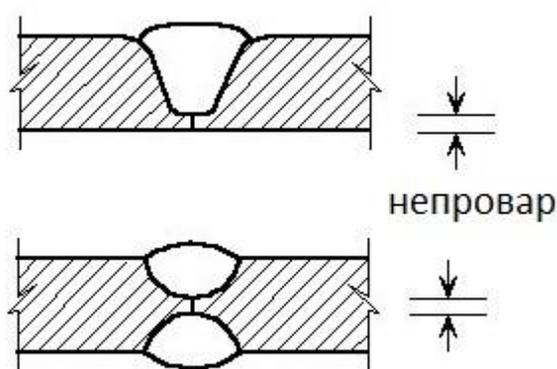


Рисунок 1.8 – Непровар сварного соединения

Причины образования непровара [8]:неправильная форма разделки; малая погонная энергия; плохая подготовка поверхностей;малые зазоры; большая величина притупления; смещение электрода; некачественная зачистка шва после прохода

Особенности непровара и способы исправления и исключения его образования [8]: наиболее характерно при алюминиевых сплавах и под флюсом; трудно выявляются в кольцевых швах.

Исправление непровара осуществляется путем подварки с обратной стороны шва после удаления корневой части.

Прожог - дефект в виде сквозного отверстия, который образовывается из-за вытекания сварочной ванны [8].

Причины образования прожога: большая погонная энергия; большой зазор; смещение кромок; коробление кромок; отставание кромок от подкладки во время сварки; малая величина притупления.

Прожег чаще всего образуется при сварке тонкостенных деталей и во время сварки корневого шва при многослойной сварке. Чтобы избежать прожог, выполняют предварительную подварку корня шва на малых режимах, снижающих вероятность прожога [8].

Кратер (рис.1.9) - это дефект в виде углубления, который образовывается в результате резкого прекращения сварки или внезапного отключения сварочного тока. Дефект сопровождается усадкой и трещинами усадочного происхождения. Кратер является концентратором напряжения. Исправление кратера производится путем удалением дефектного участка с последующей заваркой. При автоматической сварке используют планки для вывода кратера. Также могут производить плавное уменьшение тока в 3-4 раза от номинального. После этого происходит отключение тока [7].

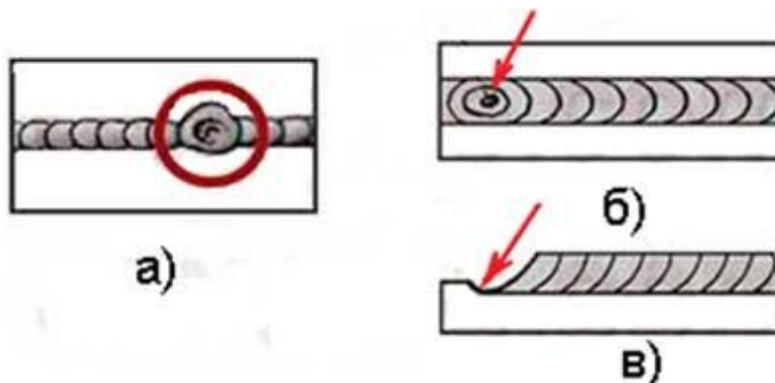


Рисунок 1.9 – Кратер сварного соединения

Наплывы (рис.1.10) – это дефекты, которые образуются из-за натекания жидкого металла на поверхность холодного основного металла, не сплавляясь с ним. Они могут иметь как большую протяженность вдоль шва, так и быть в виде отдельных капель. Больше всего наплывы образуются на вертикальной плоскости при сварке горизонтальных швов.

Наплывы могут образовываться по нескольким причинам: длинная сварочная дуга, большой сварочный ток, неправильный угол наклона изделия при сварке на спуск, неправильный наклон электрода. Во время выполнения кольцевых швов наплывы могут образовываться при слишком маленьком или большим смещением электрода с зенита. В местах, где образуются наплывы, часто могут появляться трещины, непровары и др. Исправление наплывов производят зашлифовкой с плавным переходом к основному металлу [7].

Подрезы (рис.1.10) – это дефекты, представляющие собой продолговатые углубления, которые образуются в металле вдоль края шва. Они образуются из-за увеличенного сварочного тока и слишком длинной дуги. Подрезы приводят к ослаблению сечения соединения и концентрации напряжений, что может послужить причиной разрушения. Исправление подрезов производят заглаживанием дугой (при небольших подрезах) и подваркой (при больших и глубоких подрезах) [7].

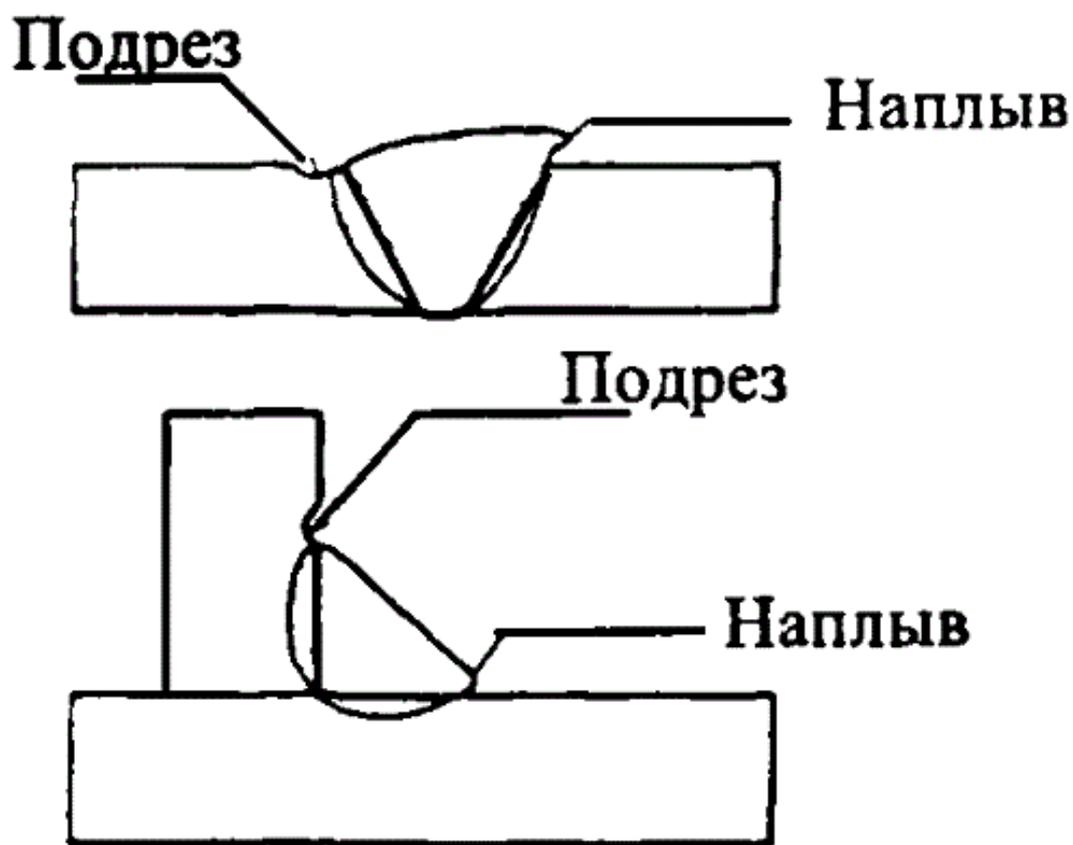


Рисунок 1.10 – Подрез и наплыв в сварном соединении

Вогнутостью (рис.1.11) называется дефект, представляющий собой углубления на обратной поверхности сварного шва. Основными причинами вогнутости является большие зазоры и малое притупление кромок. Чаще всего возникают в стыковых и угловых швах. Исправление – подварка [8].

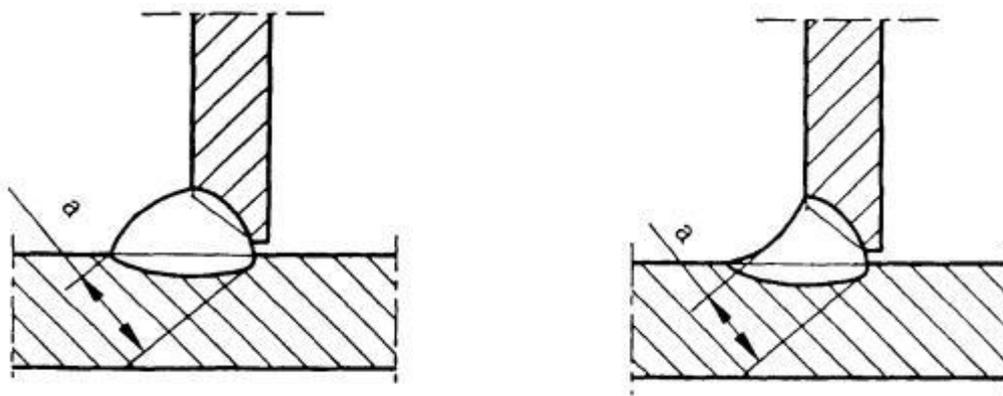


Рисунок 1.11 – Вогнутость в сварном соединении

Смещением кромок (рис.1.12) называется дефект, которые представляет собой несовпадения сваренных кромок по высоте в результате

некачественной сборки сварного соединения. Возникает из-за нарушения технологии сборки. Выявляется, как правило, при сварке тонкостенных элементов. Исправление – подварка [8].

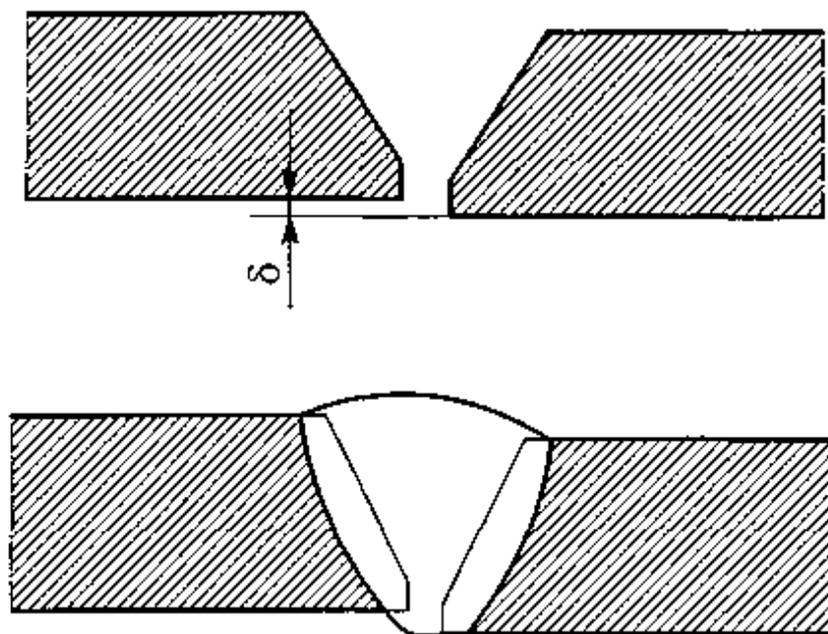


Рисунок 1.12 – Смещение кромок в сварном соединении

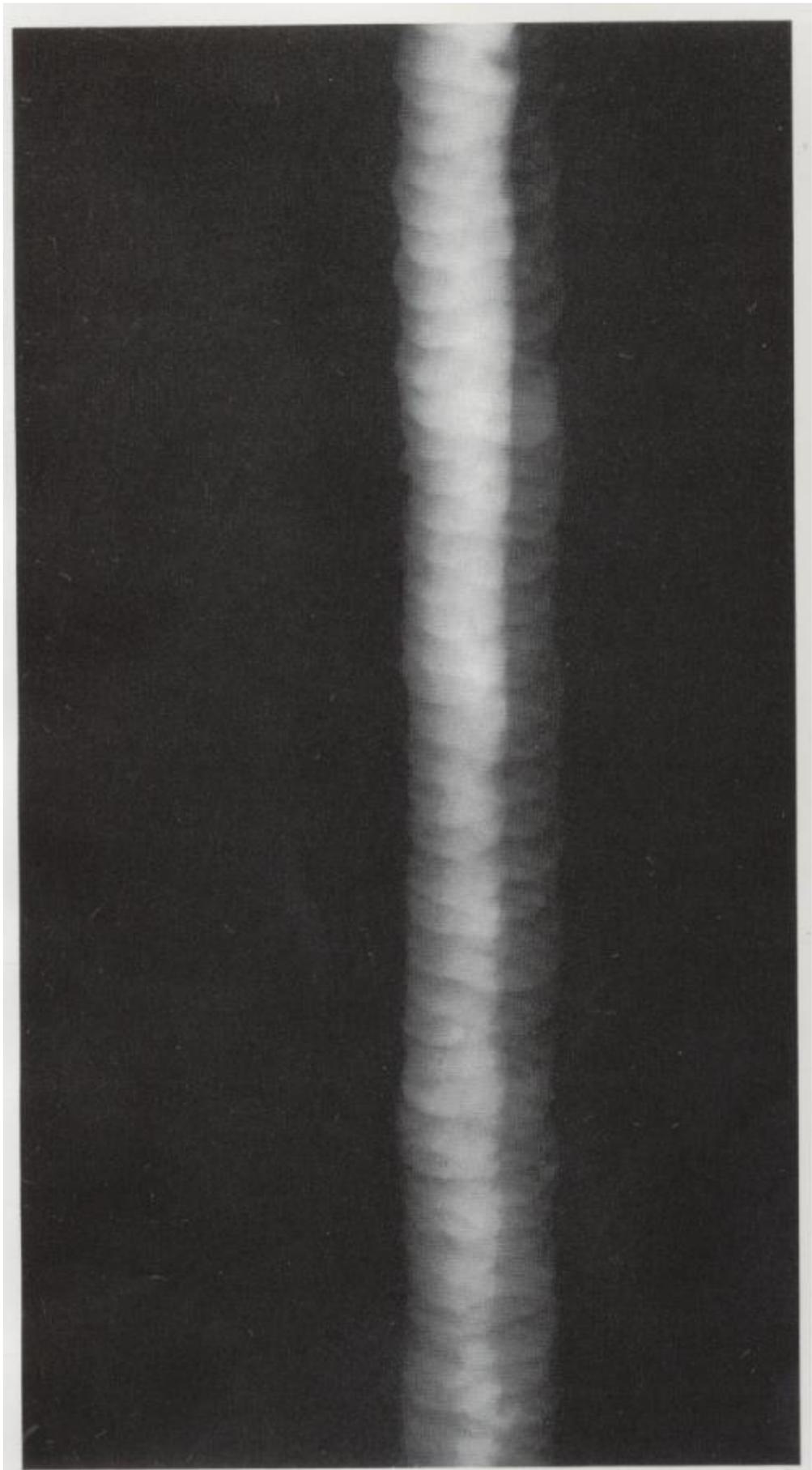


Рисунок 1.13 – Смещение кромок

Свищ (рис.1.14, 1.15, 1.16) - это дефект, представляющий собой несквозное углубление в сварном шве. Появляется в результате некачественного основного металла или плохой защиты сварного шва. Сопровождается порами и трещинами, которые выходят на поверхность. Чаще всего возникают при сварке в углекислом газе. Исправление – зачистка поверхности [8].

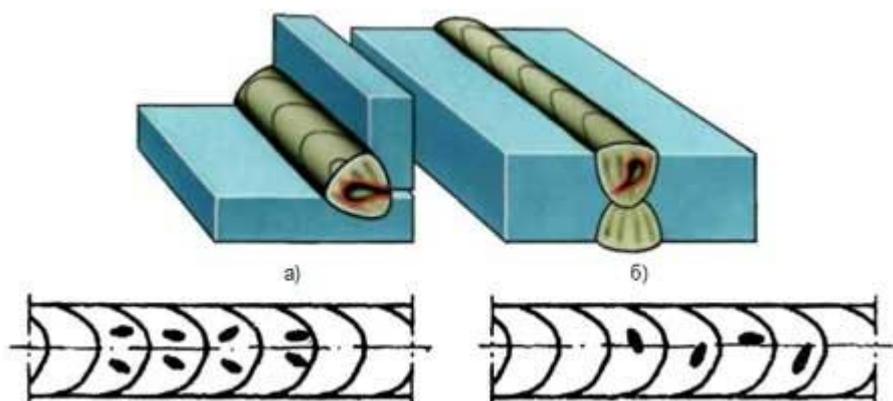


Рисунок 1.14 – Свищи в сварном шве

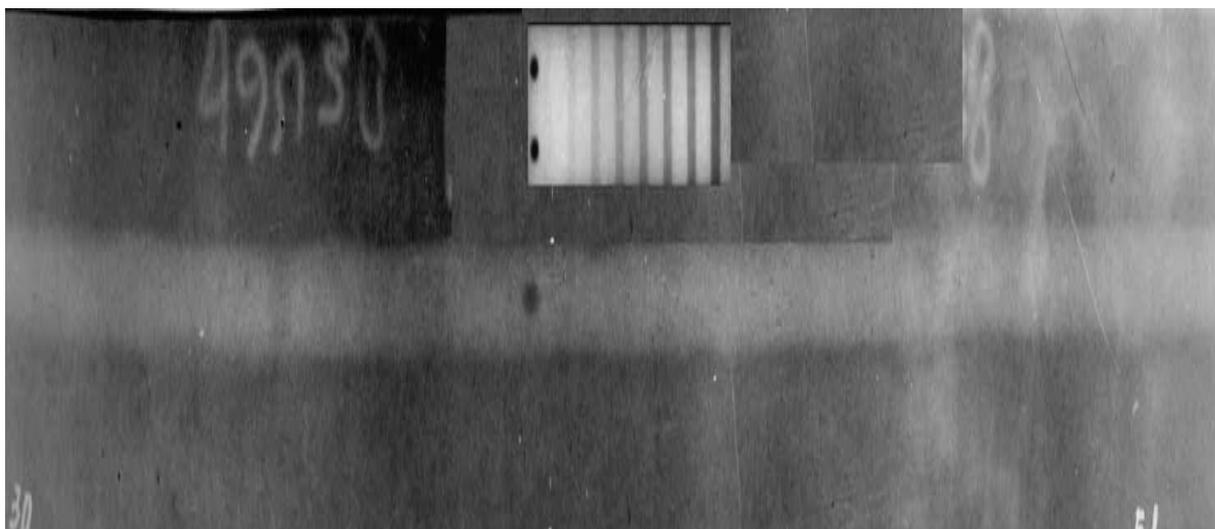


Рисунок 1.15 – Свищ в сварном шве

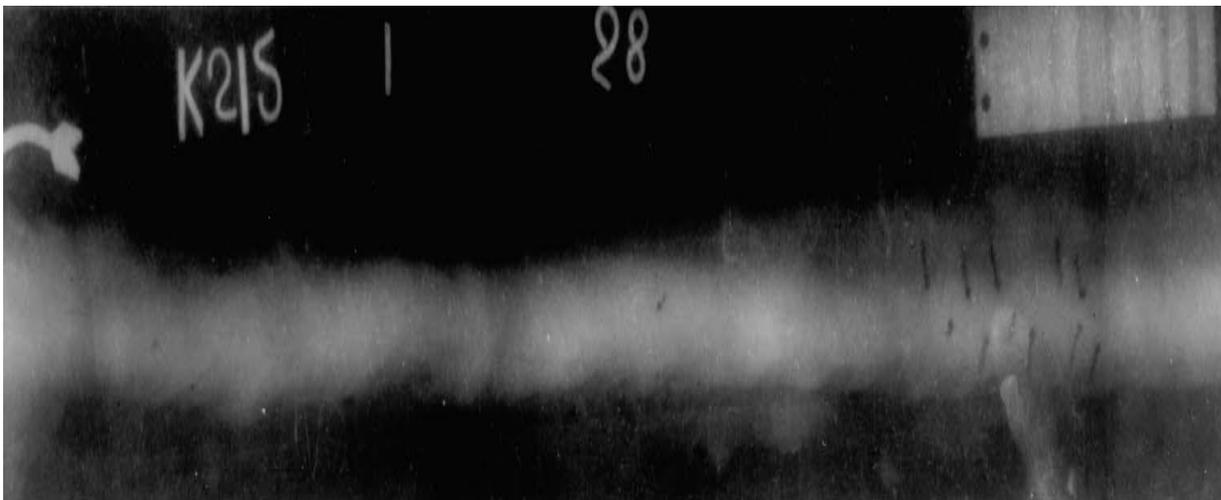


Рисунок 1.16 – Скопление свищей

Трещинами (рис.1.17) называют дефекты сварных соединений, которые представляют собой макроскопические межкристаллические разрушения, которые образуют полости с малым начальным раскрытием. Под действием рабочих и остаточных напряжений трещины распространяются с высокими скоростями. Поэтому хрупкие разрушения, которые вызванные ими, происходят мгновенно и очень опасны [8].

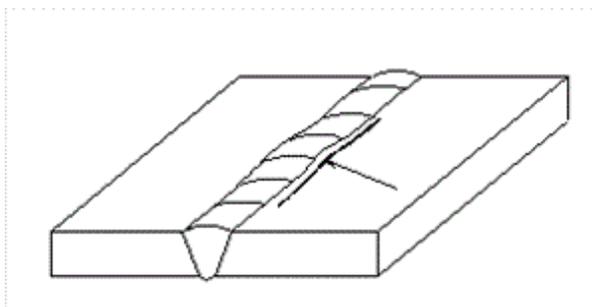


Рисунок 1.17 – Продольная трещина

Причины появления дефектов [8]: очень жесткая конструкция изделия; сварка в жестко закрепленных приспособлениях; большая скорость охлаждения; ошибка в проектировании сварного шва; большое время между сваркой и термообработкой; нарушение технологии сварки; нарушение защиты; плохой основной металл.

Трещины, как правило, наиболее опасный и недопустимый дефект. Исправление – подваривание с предварительной разделкой концов трещины [8].

Поры (рис.1.18) - дефект в виде газовых пузырьков в металле. Они имеют сферическую форму. В сварных соединениях углеродистых сталей поры имеют трубчатую форму. Первоначально, когда поры возникают в жидком металле шва за счет интенсивного газообразования, некоторые пузырьки газа не успевают подняться и выйти в атмосферу. Часть остается в металле шва. Размеры пор могут колебаться от микроскопических (2-3 мм в диаметре). Поры могут расти за счет диффузии газов. Помимо одиночных пор в сварных соединениях могут появляться скопления или цепочки пор, которые равномерно распределены по всему сечению шва [7].

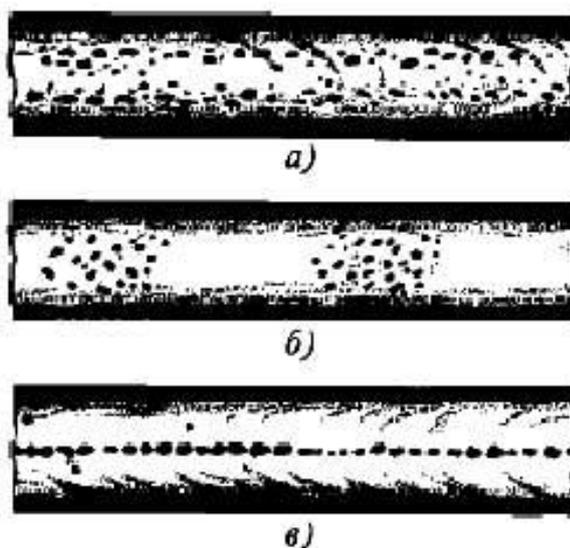


Рисунок 1.18 – Поры (а), скопление пор (б) и цепочка пор (в) в сварном шве

Причины появления пор: слишком влажный флюс; сырые электроды; плохая подготовка свариваемых кромок и поверхности сварочной проволоки; большой диаметр электрода; слишком длинная дуга; большая скорость сварки; плохая защита; некачественный основной металл.

Исправление – единичные поры оставляют, множественные поры подваривают.

Включения - дефекты в виде неметаллических частиц или инородного металла в металле шва. Эти дефекты возникают при сварке слишком длинной

дугой, малом сварочном токе и очень большой скорости сварки, а при многослойной сварке - плохой зачистке включений с предыдущих слоев. Включения ослабляют сечение шва и его прочность. Исправление – подварка с разделкой [8].

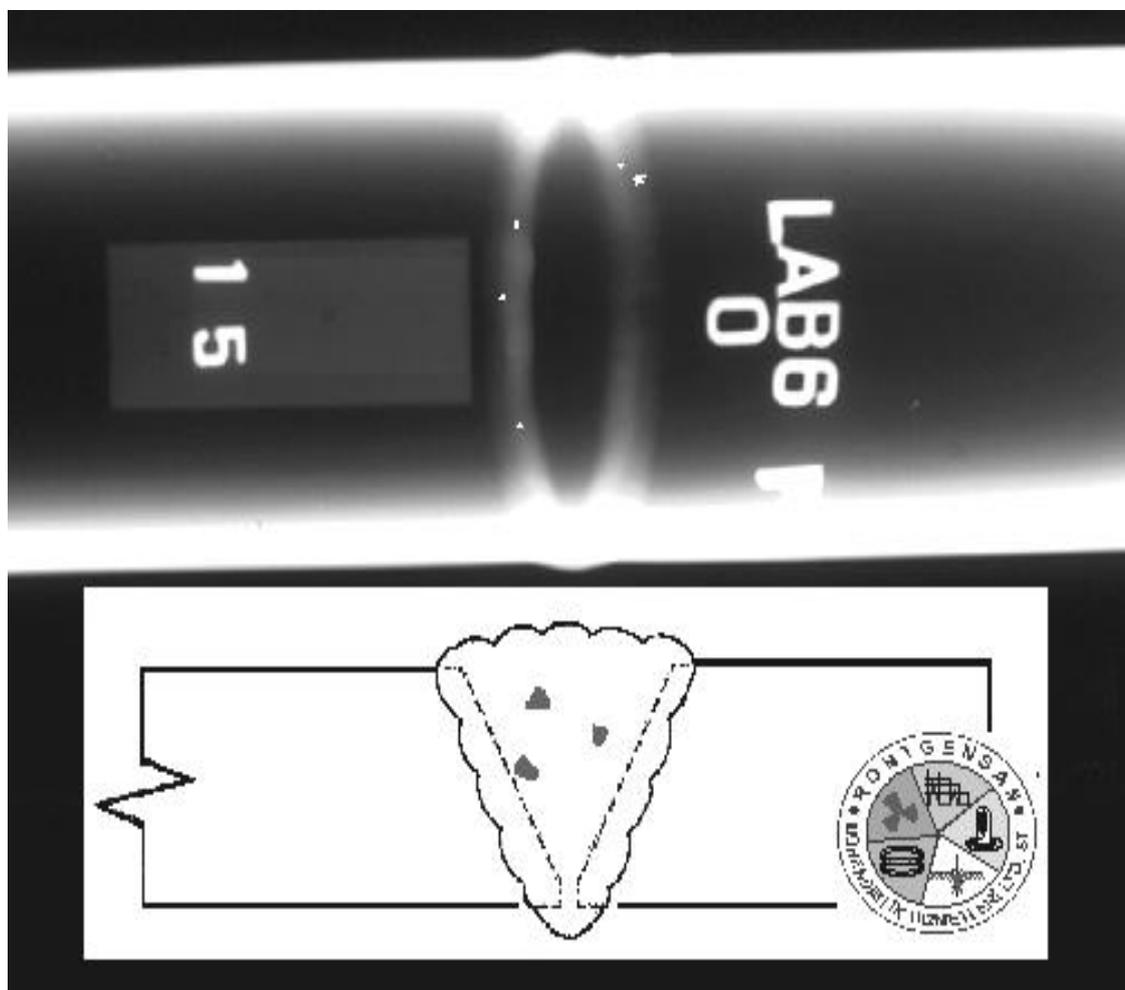


Рисунок 1.19 – Вольфрамовые включения

1.4 Анализ известных способов контроля сварных соединений

Вполне очевидно, что качество сварных швов напрямую влияет на функциональность всей сделанной конструкции. Дефекты могут приводить к ослаблению прочности и разрушению изделий в процессе эксплуатации. В результате проницаемости швов нарушается герметичность сосудов и систем, которые работают под давлением.

После того, как сварочные работы завершены, изделия обязаны подвергаться контролю сварных соединений для того, чтобы обнаружить и исправить дефекты. Невооруженным глазом можно рассмотреть только часть дефектов таких, как - наружные поры, подрезы, непровары, трещины и т.п. Наибольшая часть всех дефектов обычно находится в глубине металла или имеет настолько маленькие размеры, что обнаружить их можно лишь с помощью специальных приборов или оборудования и специальных материалов.

Существует большое количество способов контроля сварных соединений, которые различаются по принципу действия, способности к обнаружению различных видов дефектов, техническому оснащению. Методы контроля сварных швов делятся на разрушающие и неразрушающие.

Неразрушающие методы контроля, в силу понятных причин, наиболее широко используются. Применяются следующие основные методы неразрушающего контроля сварных соединений: визуально-измерительный контроль; радиационная дефектоскопия; ультразвуковая дефектоскопия; магнитный контроль; цветная дефектоскопия; контроль сварных соединений на проницаемость; прочие методы (акустический контроль и т.п.).

Известен способ контроля качества сварных соединений визуально-измерительный. Каждый контроль сварных соединений должна начинаться с внешнего осмотра, благодаря которому можно выявить не только наружные, но и некоторые внутренние дефекты. К примеру, различная высота и ширина

сварного шва и неравномерность складок могут свидетельствовать об обрывах дуги, следствием которых являются непровары.

Перед визуальным осмотром, швы должны тщательно очищаться от шлака, окалины или брызг металла. Более тщательная очистка проводится в виде обработки сварного шва промывкой спиртом и травлением 10%-ным раствором азотной кислоты. Эта операция придает шву матовую поверхность, на которой гораздо легче можно заметить мелкие трещины и небольшие поры. После использования кислоты нужно удалить ее спиртом, чтобы избежать разъедания металла.

Для большей эффективности контроля используют дополнительное освещение и лупу с 5-10 кратным увеличением. Лупа для визуального осмотра – необходимый инструмент. Она помогает выявить многие дефекты, которые недоступны человеческому глазу - тонкие трещины, которые выходят на поверхность, пережог металла, небольшие подрезы. Лупа также позволяет проследить, как ведет себя какая-то конкретная трещина в процессе эксплуатации – будет ли она расти или нет.

При визуальном-измерительном контроле применяются различные измерительные инструменты для замера геометрических параметров сварного шва и дефектов - линейка, штангенциркуль, различные шаблоны.

Внешний осмотр сварных соединений выявляет наружные дефекты - геометрические отклонения стыка, наружные поры и трещины, непровары, подрезы, наплывы.

Однако главный недостаток данного контроля это то, что им нельзя выявить большинство внутренних дефектов, поэтому данного способа контроля недостаточно для полного контроля качества сварных соединений.

Известен способ капиллярного контроля сварных соединений. Данный контроль основан на активности жидкостей - их способности втягиваться в металл, проникать в самые мельчайшие каналы, которые имеются на поверхности материалов (поры, трещины). Чем лучше смачиваемость

жидкости и чем меньше радиус капилляра, тем больше глубина и скорость проникновения жидкости.

С помощью данного контроля можно проверять материалы любого вида и формы: ферромагнитные и неферромагнитные материалы, черные и цветные металлы и их сплавы, стекло, пластмассы, керамику. Чаще всего капиллярный метод применяется для обнаружения невидимых или плохо видимых невооруженным глазом поверхностных дефектов, но благодаря некоторым другим материалам (керосина, например) можно обнаруживать и сквозные дефекты.

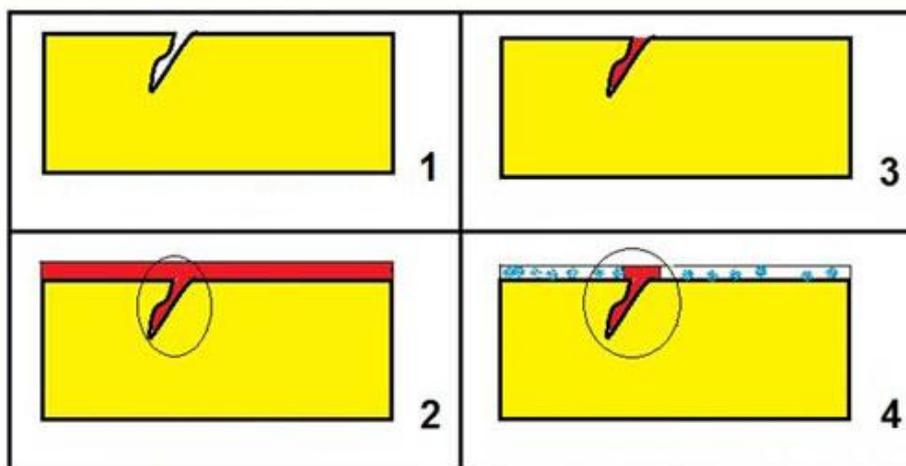
Один из разновидностей капиллярного контроля является контроль сварных швов с помощью пенетрантов. Этот способ является одним из самых распространенных способов контроля качества сварных швов с использованием явления капиллярности. Пенетранты - вещества, которые обладают малым поверхностным натяжением и большой световой и цветовой контрастностью, которые позволяют легко их увидеть. Сущность этого метода заключается в окрашивании дефектов, которые заполнены пенетрантами.



Рисунок 1.20 - Пенетрант для контроля сварных швов

Пенетрант хранится в любой емкости и наноситься на контролируемое сварное соединение любым способом, но самая удобная форма выпуска - аэрозольные баллончики, благодаря которым данная смесь распыляется на поверхность металла. Чаще всего в комплект капиллярного контроля швов входят три баллончика: очиститель (для очистки поверхности от загрязнений и удаления пенетранта с поверхности материала перед проявлением сварного соединения), пенетрант и проявитель (предназначен для -убирания пенетранта из дефекта и создания фона, на котором можно четко увидеть индикаторный рисунок).

Методы контроля с использованием различных пенетрантов могут немного отличаться друг от друга, но обычно они все сводятся к трем операциям - зачистке контролируемой поверхности, нанесению пенетранта на нее и дальнейшему проявлению дефектов с помощью проявителя. В деталях это выглядит следующим образом:



1 – трещина с очищенной поверхностью, 2 – пенетрант, нанесенный на поверхность (заполнил трещину), 3 – поверхность, очищенная от пенетранта (остался в трещине), 4 – проявитель, нанесенный на поверхность (проявитель вытягивает пенетрант из трещины на поверхность, и может создавать светлый фон)

Рисунок 1.21 - Контроль сварных соединений пенетрантом

Поверхность сварного соединения и околошовной зоны очищается от загрязнения, обезжиривается и сушится. При очистке самое главное - не занести в дефекты еще новых загрязнений. Следовательно, механический способ очистки, использовать нежелательно, поскольку повреждения могут забиться посторонними включениями. Чаще всего рекомендуется завершать операцию очистки очистителем, который идет в комплекте. Им нужно протереть поверхность материалом, который не оставляет волокон. Если сварное соединение перед контролем подвергалось травлению, то травящий состав нужно нейтрализовать раствором соды (Na_2CO_3).

При контроле в условиях минусовых температур (если свойства пенетранта допускают этого), поверхность сварного соединения, для начала, рекомендуется протереть чистой тканью, которая смачивается в этиловом спирте. Позже на поверхность распыляют пенетрант и выдерживают в течение 5-20 минут. Данное время необходимо для проникновения жидкости в дефекты.

После выдержки избыток пенетранта удаляется с поверхности материала. Способ удаления пенетранта может различаться в зависимости от его состава. Водорастворимые смеси удаляются тканью без волокон, которая смочена в воде, но обычно избыток пенетранта удаляется очистителем, который входит в состав комплекта. Независимо от способа удаления, надо добиваться того, чтобы поверхность контролируемого соединения была полностью очищена от пенетранта.

В последней стадии операции, из проявителя наносится индикаторная жидкость, вытягивающая пенетрант из полостей дефектов. Она отображает расположение и форму дефекта в виде цветового рисунка. Если необходимо, то во время осмотра можно применять лупу с двукратным увеличением.

Проверка качества сварных соединений с использованием пенетрантов имеет свои достоинства и недостатки. К достоинствам можно отнести простоту использования, высокая чувствительность и достоверность обнаружения дефектов, высокая производительность, многообразие контролируемых материалов, экономичность. К недостаткам можно отнести возможность обнаружения только поверхностных дефектов. Более того, необходимо тщательно очищать шва и невозможно применять после механической обработки поверхностного слоя. Нужно также иметь в виду, что, применяя пенетранты, раскрытые дефекты - более 0,5 мм - могут не проявиться из-за особенности капиллярного явления.

Известен контроль сварных соединений на проницаемость. Ко многим емкостям, которые используются в промышленности и быту, пневматическим и гидравлическим системам, изготовленным с использованием сварки, предъявляются требования герметичности. Для этого проводятся различные испытания на непроницаемость сварных соединений. Есть несколько способов контроля: течеисканием, пузырьковым способом, пневмо- и гидроиспытанием, однако цель всех методов одна и та же: обнаружить сквозные дефекты, через которые рабочая среда может выходить наружу сосуда или системы или проникать внутрь.

Известен способ контроля сварных соединений магнитной дефектоскопией. При контроле сварных соединений магнитными дефектоскопами (рис.1.13) используется явление электромагнетизма. Данные приборы создают вокруг исследуемой области магнитное поле. Поок линий, которые проходят через металл, искривляется в местах дефектов. Данное искажение фиксируется несколькими способами. В сварочном производстве чаще всего используются два способа: магнитопорошковый и магнитографический. Первый способ заключается в том, что на поверхность сварного шва наносят влажный или сухой ферромагнитный порошок, скапливающийся в местах дефектов. Это свидетельствует о наличие несплошностей.

Более совершенный магнитографический способ предполагает наложение на шов ферромагнитной ленты, на которой после пропускания ее через прибор проявляются имеющиеся дефекты.

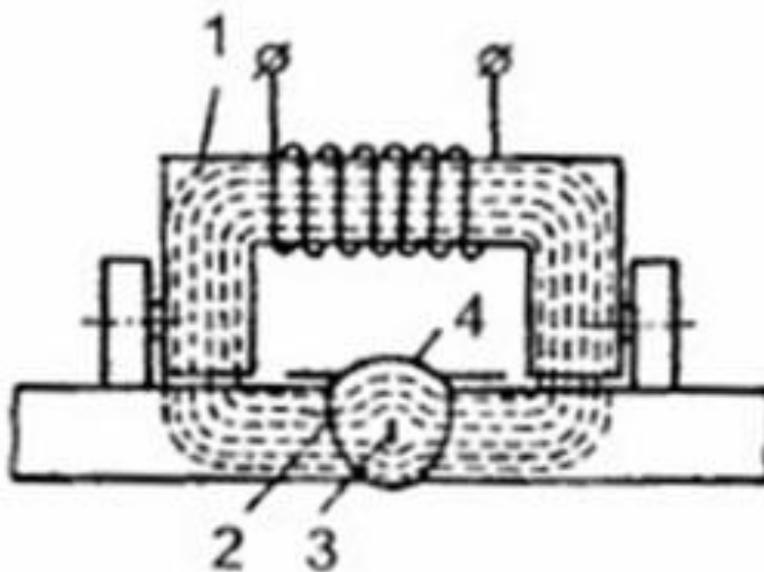


Рисунок 1.22 - Проверка качества сварных швов магнитной дефектоскопией

1 - магнит, 2 - сварной шов, 3 - дефект, 4 - магнитная пленка.

Главный недостаток данного способа заключается в том, что магнитным способам контроля могут подвергаться только ферромагнитные металлы. Хромоникелевые стали, алюминий, медь, не являющиеся ферромагнетиками, магнитному контролю не подлежат.

Известен способ ультразвуковой дефектоскопии (рис.1.23). Данный метод контроля сварных соединений использует способность ультразвуковых волн отражаться от границ, которые разделяют две упругие среды с различными акустическими свойствами. Ультразвуковая волна, которая проходит металл, отражается от нижней поверхности и, фиксируясь датчиком, возвращается обратно. Если внутри металла будет дефект, то датчик сразу же отобразит искажение волны. Разные дефекты отображаются по-разному, поэтому их можно классифицировать.



Рисунок 1.23 - Проверка сварных швов ультразвуковой дефектоскопией

Ультразвуковой контроль сварных соединений не повреждает и не разрушает исследуемый образец. Это является его основным

преимуществом. Более того, имеется возможность проводить контроль сварных соединений как из металлов, так и из неметаллов. Кроме того, выделяется высокая скорость исследования при малой стоимости и опасности для человека и небольшие габариты ультразвукового дефектоскопа. Но при ультразвуковой дефектоскопии нельзя дать ответ на вопрос о реальных размерах дефекта, так как размер дефекта определяется его отражательной способностью и, следовательно, по результатам контроля дается эквивалентный размер дефекта. Важно отметить, что, есть некоторые дефекты, которые очень сложно выявить ультразвуковым методом в силу их формы или расположения в объекте контроля. Кроме того, очень трудный контроль деталей малого размера и малой толщины и деталей, которые имеют сложную форму с криволинейными поверхностями небольшого радиуса. При проведении ультразвукового контроля, по сравнению с радиографическим, нельзя однозначно охарактеризовать дефект (пора, шлаковое или вольфрамовое включение и др.).

Известен способ радиационной дефектоскопии (рис.1.24). Радиационная дефектоскопия, основанная на способности рентгеновского и гамма-излучения, проникает через металлы и фиксирует дефекты на фотопленке, которые встречаются на его пути. Главными недостатками этого метода являются вредность для людей из-за радиационного излучения и дороговизна приборов.

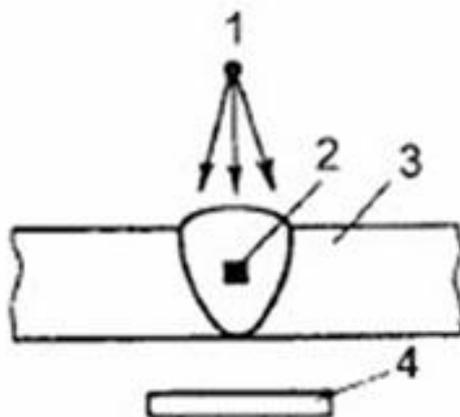


Рисунок 1.24 - Схема просвечивания сварного соединения

1 - источник излучения, 2 - дефект, 3 - контролируемое изделие, 4 – детектор

Известен дистанционный метод контроля трещин (рис.1.25) в материалах и сварных швах [10]. Данный способ основан на регистрации звуковых явлений, сопровождающих рост трещины.

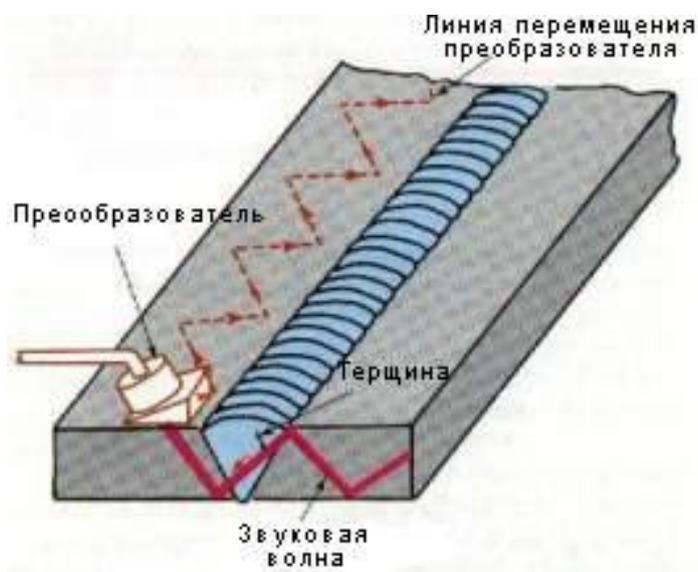


Рисунок 1.25 - Акустический метод контроля

Преимущества данного способа в том, что этот метод дает немедленные результаты. Кроме того, он может быть применен практически для каждого материала. Однако оборудование достаточно громоздкое и требует регулярной настройки. Более того, трудно устранить источники посторонних шумов, которые не позволяют увязать генерацию звука с соответствующим ростом длины трещины.

Известен рентгеновский радиометрический контроль кольцевых сварных соединений [20, 21, 22]. Данный метод контроля относится к системной цифровой радиационной дефектоскопии. В данных системах радиационное изображение преобразуется в цифровое изображение, которое во время проведения контроля может быть подвергнуто разным видам цифровой обработки. Позже построчно выводится на монитор портативного компьютера в виде полутонового изображения.

Радиометрический метод основан на принципе измерения и изменения потока рентгеновского или гамма-излучения, который проходит через материал контролируемого объекта. Детектор- это фотодиод с наклеенным на него сцинтиллятором. Под действием излучения сцинтиллятор испускает видимый свет, световой выход сцинтиллятора пропорционален энергии квантов. Это излучение вызывает ток в фотодиоде.



Рисунок 1.26 – Установка для цифровой радиационной дефектоскопии

Приёмник рентгеновского излучения представляет собой линейку сцинтилляционных детекторов. Каждый из них оснащен усилителем, который образует с ним единый независимый канал. Количество детекторов в линейке определяется шириной зоны контроля. Каждый канал последовательно опрашивается, и благодаря аналого-цифрового преобразователя получаемые сигналы оцифровываются. Блок сбора информации проводит опрос детекторных блоков и передает цифровой массив на портативный компьютер. Когда детекторные блоки перемещаются относительно контролируемого сварного шва, то получается непрерывно

считываемый массив данных. Этот массив записывается в память портативного компьютера для более детального исследования и архивирования. Позже в обработанном виде выводится в виде полутонового изображения на монитор для оперативной оценки качества контролируемого участка (рис. 1.29).



Рисунок 1.29 – Процесс контроля сварного кольцевого соединения

Данный метод контроля обеспечивает измерение выявление недопустимых дефектов в контролируемых сварных соединениях. При радиометрическом контроле могут применяться рентгеновские аппараты и радионуклидные источники. Для радиометрического контроля в диапазоне толщин от 10 до 150 мм достаточно применение 3—4 детекторов. Более того, радиометрический контроль широко применяется не только для исследования большого объема одинаковых изделий, но и обеспечивает высокую оперативность, производительность и степень автоматизации. Но

этот контроль имеет самое худшее пространственное разрешение по сравнению с другими радиационными методами контроля. Кроме того, оборудование слишком дорогое и габаритное.

Известен метод вихретокового контроля сварных соединений [23, 24, 25]. Данный способ неразрушающего контроля основан на анализе взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, которые наводятся в контролируемом объекте. Вихретоковые методы неразрушающего контроля используются для контроля качества электропроводящих сварных соединений таких, как металлов, сплавов, полупроводников, графита. Зона контроля определяется глубиной проникновения электромагнитного поля в контролируемый объект.

Вихревые токи возбуждаются в сварном соединении с помощью преобразователя (катушки индуктивности), который питается переменным или импульсным током (рис. 1.30). Приемным преобразователем служит та же самая или другая катушка.

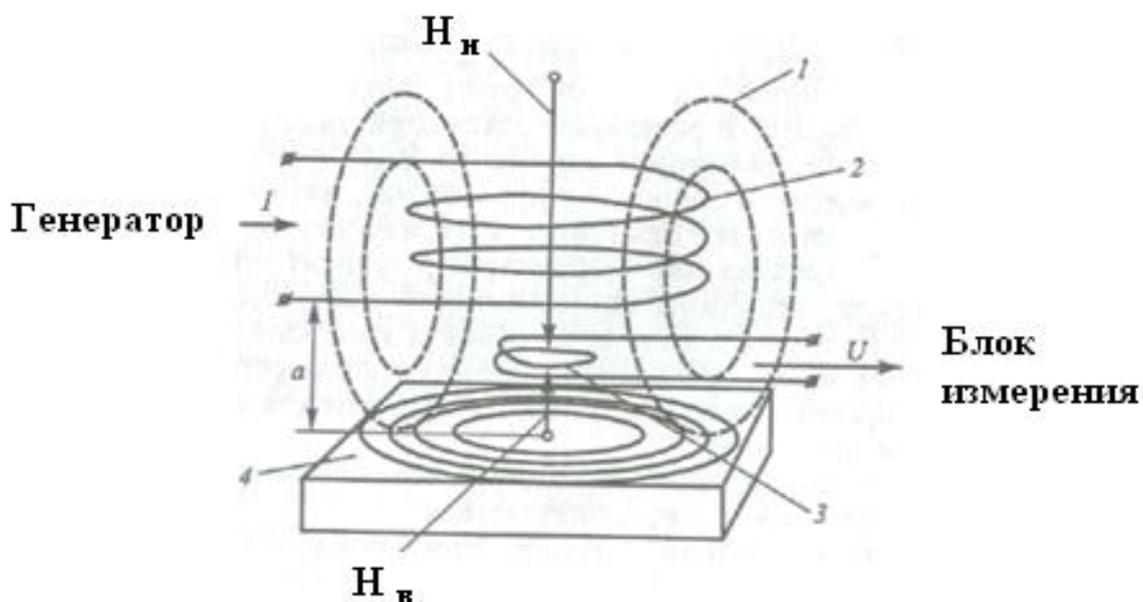


Рисунок 1.30 – Вихретоковый контроль

Основными достоинствами метода являются возможность осуществления многопараметрового и бесконтактного контроля объекта. Поэтому вихретоковый контроль сварных соединений возможно проводить при движении объекта контроля относительно вихретокового преобразователя при том, что скорость движения при контроле может быть большой, а это, в свою очередь, обеспечивает высокую производительность данного контроля. Кроме того, достоинством этого метода является то, что на сигналы преобразователя не влияют давление, влажность, загрязненность газовой среды, загрязненность поверхности объекта контроля, радиоактивные излучения простота конструкции вихретокового преобразователя. Однако наличие покрытия вносит значительные искажения в значения измерений, а также некоторые дефекты, расположенные параллельно зонду, могут остаться незамеченными.

1.5 Задачи диссертации

Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Определить статистику дефектности сварных соединений по результатам контроля;
- 2) Выявить причины возникновения дефектов;
- 3) Разработать рекомендации, снижающие вероятность образования дефектов при сварке.

2 Анализ статистики дефектности сварных соединений

2.1 Анализ статистики дефектности сварных соединений

Был проведен анализ стыков труб сваренных тринадцатью сварщиками при сварке трубопровода для полиамида и циклогексана с 15 июля 2015 по 17 февраля 2017 года.

Проводилась сварка стыков, врезка катушек, отводов, полуотводов, переходов и тройников. Рассматривалась сварка трубопровода с $\varnothing 25$; $\varnothing 32$; $\varnothing 45$; $\varnothing 57$; $\varnothing 76$; $\varnothing 89$; $\varnothing 108$; $\varnothing 133$; $\varnothing 159$; $\varnothing 219$; $\varnothing 273$; $\varnothing 325$; $\varnothing 426$; $\varnothing 530$; $\varnothing 630$ ммс толщиной стенки 2,0; 2,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0 мм из стали 12X18H10T (табл.2.1).

Таблица 2.1 – Статистика дефектности сварных соединений
из стали 12X18H10T

	25x2.0	32x2.5	45x4.0	57x4.0	76x4.5	89x4.5	108x5.0
Толстенко		14\3	6\0	1\0		2\0	2\0
Левищев			1\0		5\0	5\0	5\0
Марданшин					3\1		
Авдеев		4\0	49\1	1\0	2\0	3\0	1\0
Поляков	4\0	6\0		30\0	3\0	1\0	
Антипов			1\0	3\0	2\0	13\0	2\0
Николаев		18\0	4\0	9\0	2\0	4\0	1\0
Ткаченко							
Пенской				3\0	2\0	2\1	4\1
Архипов		1\0		6\1	3\0		
Бухаров		5\0	1\0	12\0	6\0	7\1	6\2
Деркин	9\0	8\0	3\0	28\1			1\0
Шувакин					2\0	3\0	

	133x5.0	159x5.0	219x6.0	273x6.0	325x6.0	426x6.0	530x6.0	630x6.0
Толстенко	18\14	3\1						
Левищев			4\2					
Марданшин			1\1					
Авдеев	2\0	18\2	1\0	1\0	1\0	3\0		
Поляков							5\1	
Антипов		3\0		2\0				
Николаев			2\0					
Ткаченко		4\0			4\3	3\1	9\1	3\0
Пенской	3\0		2\0	1\1	3\2		14\4	5\1
Архипов		1\0			3\1	2\1	7\3	3\0
Бухаров	7\4	1\0					1\0	
Деркин	2\0	2\0	4\0				4\0	
Шувакин	10\0	9\2		2\0		1\0	1\0	

где первое число – общее количество стыков определенного диаметра , а второе число – количество бракованных стыков определенного диаметра.

Проводился контроль качества сварочных образцов в количестве 34 штук. Из них:

5 образцов – стык не годен из-за непровара

3 образца – стык не годен из-за множественных пор или скоплений пор

2 образца – стык не годен внешним осмотром

6 образцов – был найден непровар, но по результатам контроля сварной стык оказался годен

9 образцов – были найдены одиночные или множественные поры, но по результатам контроля сварной стык оказался годен

2 образца – были найдены подрезы, но по результатам контроля сварной стык оказался годен.

15 образцов – в стыке дефектов не обнаружено

Анализ статистики дефектности сварных соединений собирался как по каждому сварщику, так и по различным диаметрам трубопровода.

Сварщик Толстенко сварил 46 стыков, из которых 18 оказались бракованными. Большой брак связан с тем, что плохо работала горелка, и отсутствовал зазор между стыками, вследствие чего образовался непровар. Годных стыков: 28 (60%)

Сварщик Левищев сварил 20 стыков, из которых 2 оказались бракованными. Брак связан с утолщением основного металла на отводе, в связи, с чем образовался непровар. Годных стыков: 18(90%)

Сварщик Марданшин сварил 4 стыка, из которых 2 оказались бракованными. Оба бракованных стыка оказались во множественных порах. Годных стыков: 2(50%)

Сварщик Авдеев сварил 86 стыков, из которых 3 оказались бракованными. Годных стыков: 83 (96%)

Сварщик Поляков сварил 49 стыков, из которых 1 оказался бракованным. Годных стыков: 48(98%)

Сварщик Антипов сварил 26 стыков, из которых бракованных не оказалось. Годных стыков: 26 (100%)

Сварщик Николаев сварил 40 стыков, из которых бракованных не оказалось. Годных стыков: 40 (100%)

Сварщик Ткаченко сварил 23 стыка, из которых 5 оказались бракованными. Брак связан с утолщением основного металла на отводах и переходах, поэтому образовался непровар. Годных стыков: 18 (78%)

Сварщик Пенской сварил 39 стыков, из которых 10 стыков оказались бракованными. Большой брак связан с плохой подготовкой свариваемых

кромки, в результате чего образовывался непровар с одиночными и множественными порами. Годных стыков: 29 (74%)

Сварщик Архипов сварил 26 стыков, из которых 6 стыков оказались бракованными. Брак связан с разной толщиной свариваемых металлов, из-за которой образовывался непровар. Годных стыков: 20 (77%)

Сварщик Бухаров сварил 46 стыков, из которых 7 стыков оказались бракованными. Брак связан с низкой квалификацией сварщика и отсутствием опыта. Годных стыков: 39 (85%)

Сварщик Деркин сварил 61 стык, из которых 1 стык оказался бракованным. Годных стыков: 60 (98%)

Сварщик Шувакин сварил 28 стыков, из которых 2 стыка оказались бракованными. Годных стыков: 26 (93%)

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 25 мм и толщиной 2,0 мм. Было просвечено 13 сварных швов, из которых бракованных не оказалось. Годных стыков: 13 (100%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 32 мм и толщиной 2,5 мм. Было просвечено 56 сварных швов, из которых 3 оказались бракованными. Годных стыков: 53 (95%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 45 мм и толщиной 4,0 мм. Было просвечено 65 сварных швов, из которых 1 оказался бракованным. Годных стыков: 64 (98%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 57 мм и толщиной 4,0 мм. Было просвечено 93 сварных шва, из которых 2 оказались бракованными. Годных стыков: 91 (98%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 76 мм и толщиной 4,5 мм. Было просвечено 30 сварных швов, из которых 1 оказался бракованным. Годных стыков: 29 (97%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 89 мм и толщиной 4,5 мм. Было просвечено 40 сварных швов, из которых 2 оказались бракованными. Годных стыков: 38 (95%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 108 мм и толщиной 5,0 мм. Было просвечено 22 сварных шва, из которых 3 оказались бракованными. Годных стыков: 19 (86%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 133 мм и толщиной 5,0 мм. Было просвечено 42 сварных шва, из которых 18 оказались бракованными. Годных стыков: 24 (57%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 159 мм и толщиной 5,0 мм. Было просвечено 41 сварных швов, из которых 5 оказались бракованными. Годных стыков: 36 (88%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 219 мм и толщиной 6,0 мм. Было просвечено 14 сварных швов, из которых 3 оказались бракованными. Годных стыков: 11 (79%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 273 мм и толщиной 6,0 мм. Было просвечено 6 сварных швов, из которых 1 оказался бракованным. Годных стыков: 5 (83%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 325 мм и толщиной 6,0 мм. Было просвечено 11 сварных швов, из которых 6 оказались бракованными. Годных стыков: 5 (45%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 426 мм и толщиной 6,0 мм. Было просвечено 9 сварных швов, из которых 2 оказались бракованными. Годных стыков: 7 (78%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 530 мм и толщиной 6,0 мм. Было просвечено 41 сварных швов, из которых 9 оказались бракованными. Годных стыков: 32 (78%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 630 мм и толщиной 6,0 мм. Было просвечено 11 сварных швов, из которых 1 оказался бракованным. Годных стыков: 10 (91%).

При контроле стыков сварных соединений было замечено, что бракованные сварные швы диаметром до 133 мм были подвержены

множественным порам, а сварные швы диаметром свыше 133 мм – непроварам, подрезам и смещениям.

Контроль сваренных стыков (отводов, полуотводов, тройников, переходов) проводился как визуальный сто процентов, так и рентгенографический в количестве 20% от общего количества сваренных стыков. При визуальном контроле были выявлены дефекты в виде поверхностных пор и подрезов. При рентгенографическом контроле выявлены поры в количестве до 10 % на 300 мм шва и непровары глубиной до 1,5 мм на 300 мм шва и длиной до 10% от всей длины шва.

Был проведен анализ стыков труб сваренных семью сварщиками при сварке трубопровода для полиамида и циклогексана с 5 июля 2015 по 30 октября 2016 года.

Проводилась сварка стыков, врезка катушек, отводов, полуотводов и тройников. Рассматривалась сварка трубопровода Ø25; Ø32; Ø45; Ø57; Ø89; Ø108; Ø159; Ø325 ммс толщиной стенки 2,5; 3,5; 4,0; 4,5; 6,0 мм из стали 10X17H13M2T (табл.2.2).

Таблица 2.2 – Статистика дефектности сварных соединений
из стали 10X17H13M2T

	10X17H13M2T							
	25x2,5	32x3,0	45x3,5	57x3,5	89x3,5	108x4,0	159x4,5	325x6,0
Деркин	17\0	4\0		8\0		2\0	13\4	4\1
Левищев		27\3		6\1		4\1		
Поляков				15\0				2\1
Авдеев	19\0	102\4	75\26	57\6		1\0		
Шувакин	1\0	3\0		6\0		4\0		
Бухаров			6\0			4\0		
Осипов		183\23			20\1			

где первое число – общее количество стыков определенного диаметра , а второе число – количество бракованных стыков определенного диаметра.

Проводился контроль качества сварочных образцов в количестве 19 штук. Из них:

4 образца – стык не годен из-за непровара

7 образцов – стык не годен из-за множественных пор или скоплений пор

1 образец – стык не годен внешним осмотром

3 образца – были найдены одиночные или множественные поры, но по результатам контроля сварной стык оказался годен

2 образца – были найдены подрезы, но по результатам контроля сварной стык оказался годен.

2 образца – в стыке дефектов не обнаружено

Анализ статистики дефектности сварных соединений собирался как по каждому сварщику, так и по различным диаметрам трубопровода.

Сварщик Деркин сварил 48 стыков, из которых 5 оказались бракованными. Годные стыки: 43 (90%)

Сварщик Левищев сварил 37 стыков, из которых 5 оказались бракованными. Годные стыки: 32 (86%)

Сварщик Поляков сварил 17 стыков, из которых 1 оказался бракованным. Годные стыки: 16 (94%)

Сварщик Авдеев сварил 254 стыка, из которых 36 оказались бракованными. Годные стыки: 218 (86%)

Сварщик Шувакин сварил 14 стыков, из которых бракованных не оказалось. Годные стыки: 14 (100%)

Сварщик Бухаров сварил 10 стыков, из которых бракованных не оказалось. Годные стыки: 10 (100%)

Сварщик Осипов сварил 203 стыка, из которых 24 оказались бракованными. Годные стыки: 179 (88%)

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 25 мм и толщиной 2,5 мм. Было просвечено 36 сварных швов, из которых бракованных не оказалось. Годных стыков: 36 (100%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 32 мм и толщиной 3,0 мм. Было просвечено 319 сварных швов, из которых 30 оказались бракованными. Годных стыков: 289 (91%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 45 мм и толщиной 3,5 мм. Было просвечено 81 сварных швов, из которых 26 оказались бракованными. Годных стыков: 55 (68%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 57 мм и толщиной 3,5 мм. Было просвечено 92 сварных шва, из которых 7 оказались бракованными. Годных стыков: 85 (92%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 89 мм и толщиной 3,5 мм. Было просвечено 20 сварных швов, из которых 1 оказался бракованным. Годных стыков: 19 (95%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 108 мм и толщиной 4,0 мм. Было просвечено 15 сварных швов, из которых 1 оказался бракованным. Годных стыков: 14 (93%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 159 мм и толщиной 4,5 мм. Было просвечено 13 сварных швов, из которых 4 оказались бракованными. Годных стыков: 9 (69%).

Проводился контроль качества трубопроводов диаметром 325 мм и толщиной 6,0 мм. Было просвечено 6 сварных швов, из которых 2 оказались бракованными. Годных стыков: 4 (67%).

При контроле стыков сварных соединений было замечено, что бракованные сварные швы были наиболее подвержены непровару и множественным порам, поскольку была плохая зачистка свариваемых кромок, сырые электроды (сварка проходила на улице) и отсутствие нужного зазора.

Контроль сваренных стыков (отводов, полуотводов, тройников) проводился как визуальный сто процентов, так и рентгенографический в количестве 100% от общего количества сваренных стыков. При визуальном контроле были выявлены дефекты в виде поверхностных подрезов и смещений кромок. При рентгенографическом контроле выявлены поры в количестве до 10 % на 300 мм шва и непровары глубиной до 1 мм на 300 мм шва.

Количество годных стыков стали 12Х18Н10Т: 437 (89%)

Количество годных стыков стали 10Х17Н13М2Т: 511 (88%)

Проанализировав статистику дефектности сварных соединений можно сказать, что результат хороший. Однако при соблюдении всех рекомендаций и технологии процесса сварки можно еще больше снизить вероятность образования дефектов.

3 Выявление причин возникновения дефектов

3.1 Технологический процесс сборки и сварки трубопроводов

При сооружении трубопроводов сварные швы труб бывают поворотными, горизонтальными и неповоротными (рис. 3.1) [19].

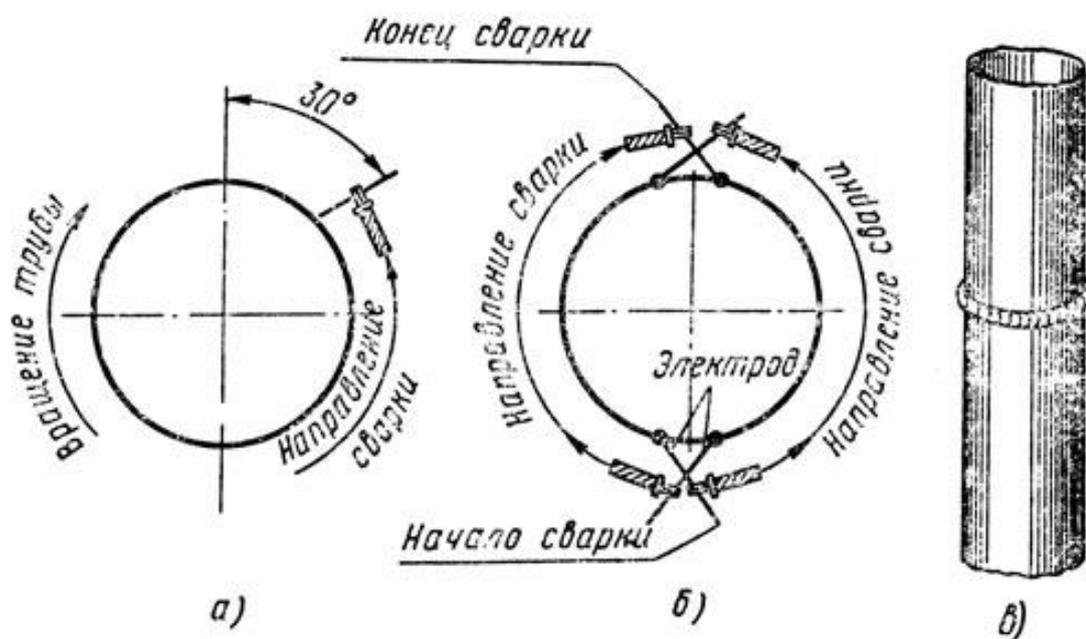


Рисунок 3.1 - Сварные стыки труб:

а - поворотный, б - неповоротный, в - горизонтальный

Перед сборкой и сваркой трубы проверяют на соответствие или несоответствие требованиям проекта, по которому сооружается трубопровод, а также техническим условиям. Главные требования - это наличие сертификата на трубы, отсутствие разностенности труб, отсутствие эллипсности труб, соответствие механических свойств металла и химического состава металла трубы требованиям, указанным в технических условиях или ГОСТах.

При подготовке стыков под сварку, прежде всего, проверяют перпендикулярность плоскости реза трубы к оси, величину притупления и угол раскрытия кромок. Величина притупления должна быть 2-2,5 мм, а угол

раскрытия шва $-60-70^\circ$ (рис. 3.2). Фаски должны снимать с торцов труб газовой резкой, механическим способом или другими способами, которые обеспечивают нужную форму, размеры и качество кромок.

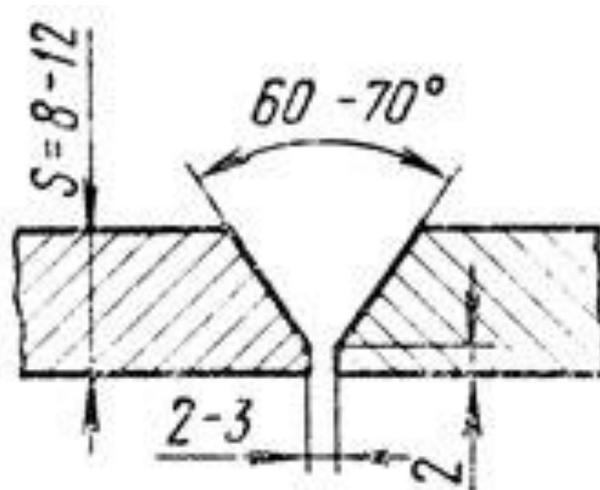


Рисунок 3.2 - подготовка кромок труб под сварку при толщине стенок 8-12 мм

Разная толщина стенок свариваемых труб и смещение кромок не должны превышать 10% от толщины стенки, но быть не более 3 мм. При состыковке труб должен быть обеспечен равномерный зазор между соединяемыми кромками стыкуемых труб, и должен быть равен 2-3 мм.

Перед сборкой кромки стыкуемых труб и поверхности, которые прилегают к ним поверхности на длине 15-20 мм, должны быть очищены от масла, ржавчины, окалины и грязи.

Прихватки, которые являются составной частью сварного соединения, могут выполнять те же самые сварщики, которые сваривают стыки, с применением тех же самых электродов. При сварке труб диаметром до 300 мм прихватки выполняются равномерно по всей окружности в нескольких местах высотой 3-5 мм и длиной 40-60 мм каждая. При сварке труб диаметром больше 300 мм прихватки нужно располагать равномерно по окружности стыка через каждые 250 мм.

При монтаже трубопроводов нужно стремиться к тому, чтобы больше

сварных стыков сваривалось в поворотном положении. Если толщина стенки составляет не менее 12 мм, то такую трубу сваривают в три слоя. Первый слой создает провар в корне шва и хорошее сплавление кромок. Для этого нужно, чтобы наплавленный металл образовал внутри трубы узкий валик высотой примерно 1-1,5 мм, который распределяется по всей окружности стыка. Для того, чтобы получить провар корня шва без сосулек и грата электрода нужно двигать возвратно-поступательно с небольшой задержкой электрода на сварочной ванне, небольшим поперечным колебанием между кромками и образованием малого отверстия в вершине угла скоса кромок. Отверстие должно получиться из-за проплавления основного металла сварочной дугой. Размер этого отверстия не должен быть больше, чем на 1-2 миллиметра, чем установленный зазор между трубами.

При сварке поворотных стыков первый слой высотой 3-5 мм сваривают электродами диаметром 2-4 мм. Второй слой наплавляется электродами немного больше диаметра и при более высоком токе. Первые два слоя можно выполнить несколькими способами:

1. Стык разделяют на четыре участка. Вначале проваривают участки 1 и 2, после чего трубу поворачивают на 180° и заваривают участки 3 и 4 (рис. 3.3). Затем трубу поворачивают еще на 90° и сваривают участки 5 и 6, затем поворачивают трубу на 180° и сваривают участки 7 и 8.

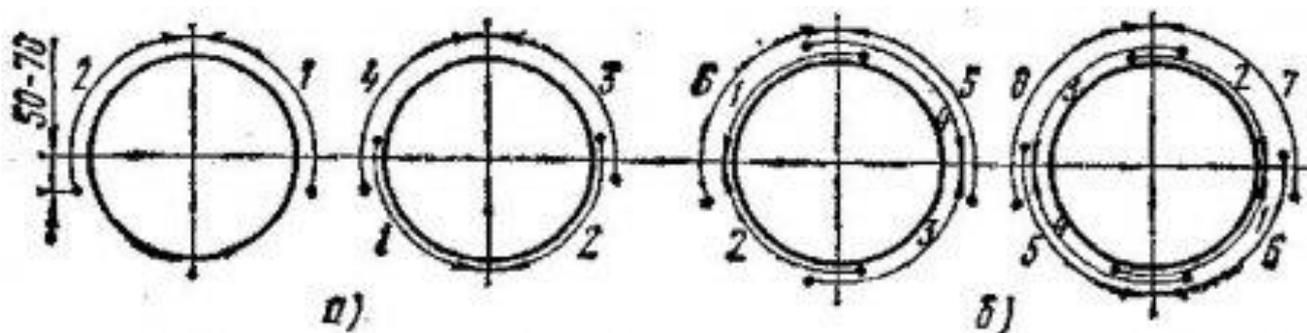


Рисунок 3.3 - Схема сварки стыка трубы: а - первого слоя, б - второго слоя

2. Стык разделяют на четыре участка. Вначале сваривают 1 и 2, затем поворачивают трубу на 90° и сваривают участки 3 и 4 (рис. 3.4). После сварки первого слоя трубу поворачивают на 90° и сваривают участки 5 и 6, затем поворачивают трубу на 90° и сваривают участки 7 и 8.

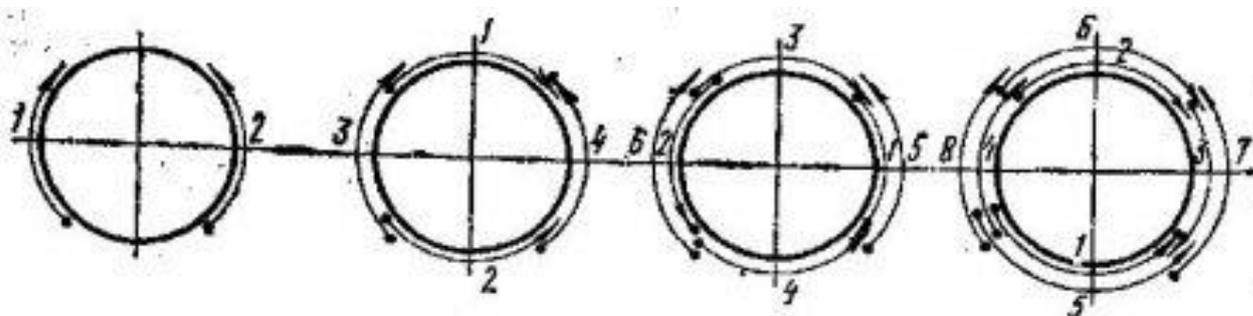


Рисунок 3.4 - Схема сварки стыка трубы по второму методу

3. Данный способ подходит только для сварки труб диаметром больше 500 мм. Стык делят на несколько участков. Сварку ведут обратнo-ступенчатым способом отдельными участками (рис. 3.5).

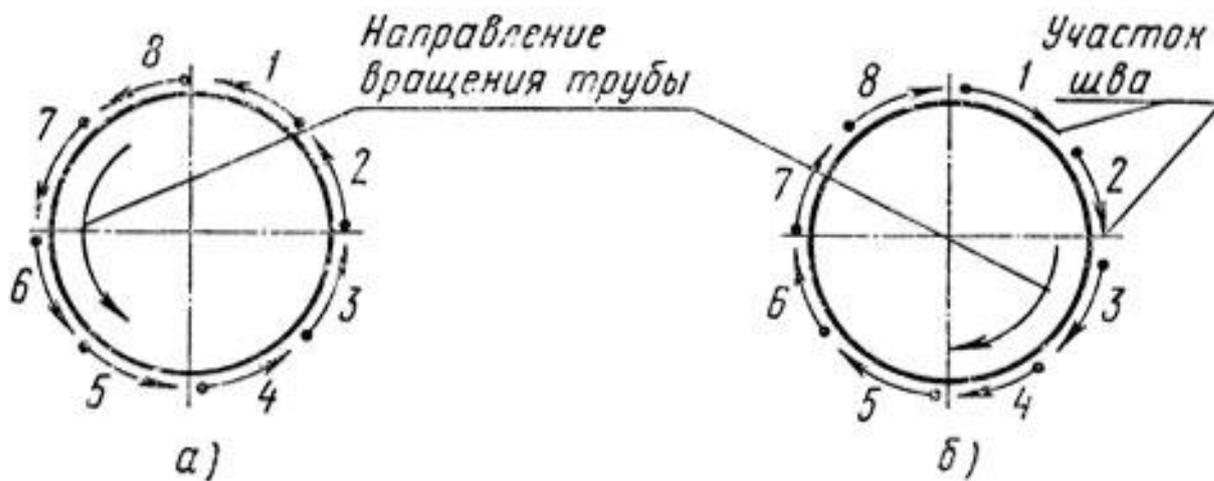


Рисунок 3.5- Схема сварки стыка труб большого диаметра: а - первого слоя, б - второго слоя

Третий слой во всех способах накладывают в одном направлении при вращении трубы. Стык можно не делить на участки и сваривать его сплошным швом с поворотом трубы, если труба диаметром до 200 мм (рис. 3.6). Второй и третий слои выполняются как первый, но в других направлениях. Во всех случаях необходимо каждый последующий слой перекрывать предыдущим на 10-20 миллиметров.

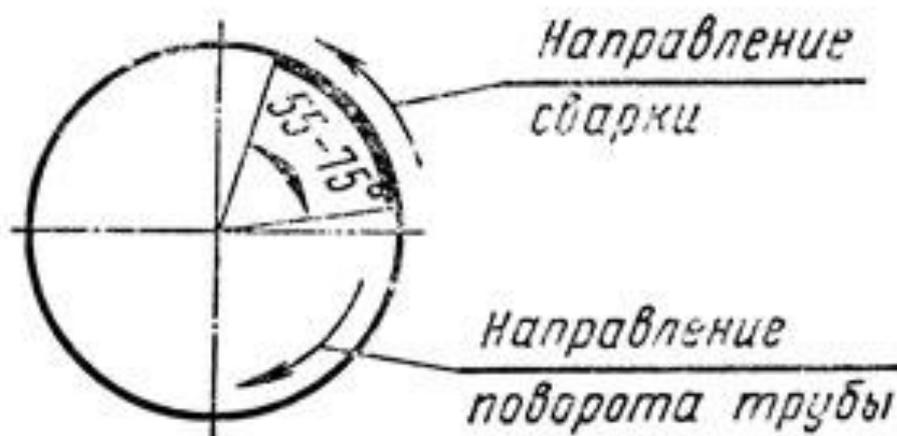


Рисунок 3.6 - Схема сварки стыка труб малого диаметра

При сварке неповоротных стыков трубы если толщина стенки превышает 12 мм, то такой стык сваривают в три слоя. Высота каждого слоя не должна быть больше 4 мм, а ширина валика должна равняться 2-3 диаметрам электрода. Если трубы диаметром не менее 300 мм, то их стыки проваривают обратно-ступенчатым способом. При этом длина каждого участка должна быть от 150 миллиметров до 300 миллиметров (рис.3.7).

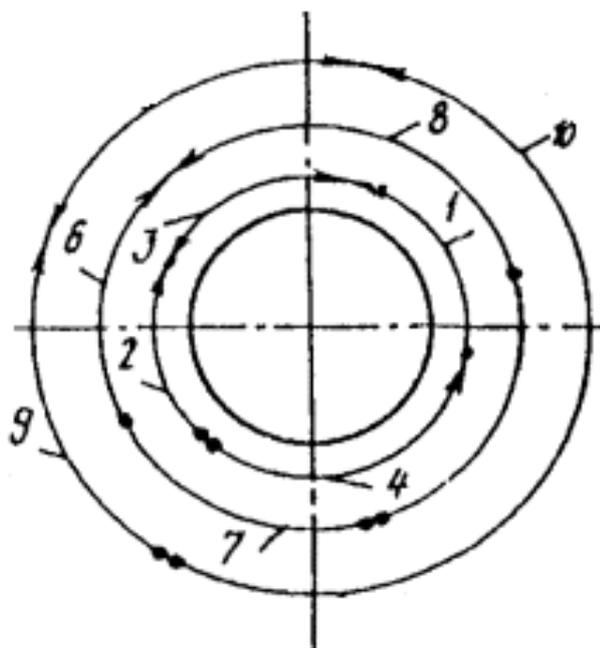


Рисунок 3.7 - Схема наложения слоев при сварке неповоротных стыков труб диаметров от 300 мм

Первый слой получается при возвратно-поступательном движении электрода с задержкой сварочной дуги на сварочной ванне. Величина тока устанавливается 130-180 А. Это позволяет проплавливать кромки сварного соединения с образованием небольшого валика высотой 1-1,5 мм на его внутренней стороне. На свариваемые кромки ничего не должны попадать крупные брызги расплавленного металла. Сварка должна быть проведена без прожогов. Для этого сварочная дуга должна быть короткой. Если оторвать дугу от ванны, то потом ее удаление невозможно более, чем на 1-2 мм. Перекрытие начала и конца среднего слоя должно составлять 15-25 мм.

Режимы для сварки второго слоя такой же, как и для сварки первого. Электрод при сварке второго слоя обязан иметь поперечные колебания от одного края кромки до другого края кромки. Во время сварки поверхность любого слоя может быть вогнутая (рис.3.8а) или немного выпуклая (рис.3.8б). Если шов будет очень выпуклый, (рис.3.8в), то это может послужить причиной непровара.

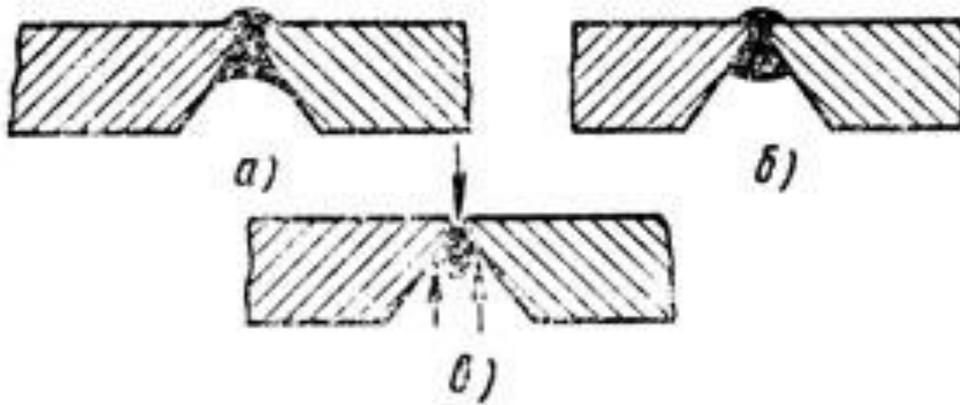


Рисунок 3.8 - Поверхность корневого шва: а - вогнутая, б - слегка выпуклая, в - сильно выпуклая (стрелками указаны возможные места непровара).

Для лучшего наблюдения за зоной сварки последнего слоя, предпоследний слой накладывают так, что его поверхность была на 1-2мм ниже свариваемых кромок (рис.3.9). Последний слой выполняют высотой 2-3 мм и шириной на 2-3 мм больше, чем ширина разделки кромок. Более того, у него должен быть плавный переход от наплавленного металла к основному.

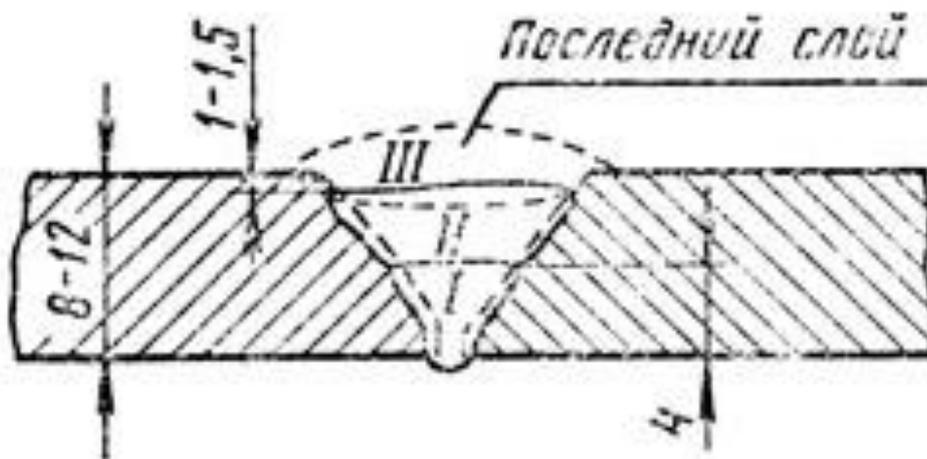


Рисунок 3.9 - Схема заполнения разделки кромок

При сборке горизонтальных сварных соединений нет нужды снимать кромки нижней трубы полностью, так как хватит лишь раскрыть ее на угол 10-15°. Это действие приводит к улучшению процесса сварки, не затрагивая ее качества (рис.3.10а). При сборке неответственных трубопроводов фаска на нижней трубе может не сниматься (рис.3.10б).

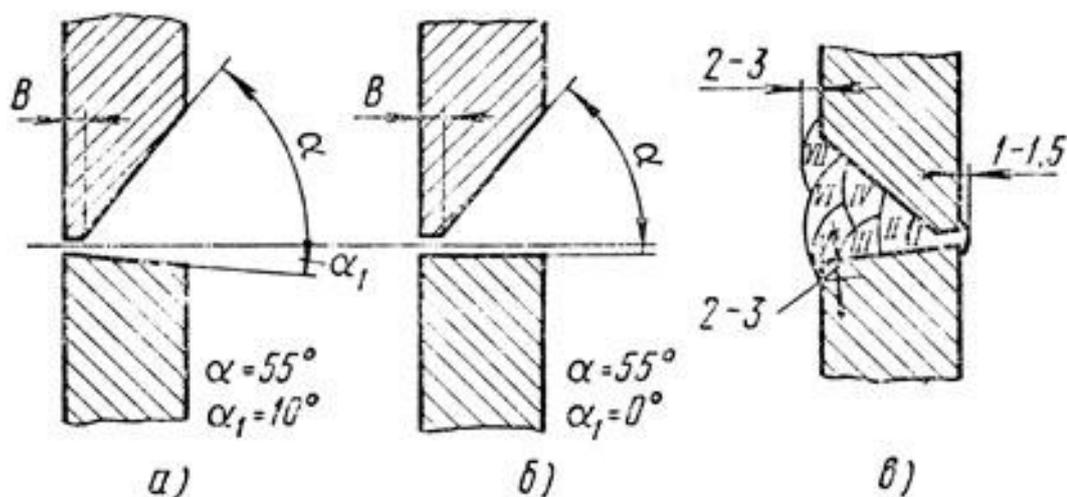


Рисунок 3.10 - Схема разделки кромок горизонтальных сварных соединений ответственных (а) и неответственных (б) трубопроводов и сварки (в).

Хорошим методом сварки горизонтальных сварных соединений является сварка разными валиками небольшого сечения. Первый валик накладывается в вершине шва. Для этого используются электроды диаметром 2-4 мм. После первого валика зачищают поверхность, а следом накладывают второй валик так, чтобы он перекрыл первый от края нижней кромки до края верхней кромки. Сварку выполняют точно также, как и сварку первого слоя. Потом увеличивают ток до 300 А и варят третий валик. Для этого используются электроды диаметром 5 мм, так как они повышают производительность сварки. Третий валик накладывают в противоположном направлении. Более того, он должен перекрывать 70-80% ширины от второго валика. Следующий валик укладывают в противоположном направлении, как и третий, но располагается он в углублении между третьим валиком и

верхней кромкой. При сварке стыка трубы больше, чем в три слоя, каждый последующий слой (начиная с третьего) выполняется в противоположном направлении, чем предыдущий. Трубы диаметром до 200 мм сваривают сплошными швами, а труб с диаметром более 200 мм - обратно-ступенчатым методом [19].

3.2 Причины возникновения дефектов

Степень влияния дефектов на прочность конструкции зависит от глубины, формы и расположения. Наиболее опасные - это вытянутые дефекты с явными очертаниями, менее опасны — дефекты округлой формы. Чем выше глубина дефекта, тем выше этот дефект влияет на прочность соединения. В особо ответственных конструкциях дефекты недопустимы, если их глубина превышает 5—10% толщины основного металла. Дефекты, которые расположены перпендикулярно растягивающему усилию, наиболее опасны. Дефекты, которые расположены параллельно или под углом к главному действующему усилию, менее опасны, чем дефекты, расположенные перпендикулярно. Поэтому наиболее плохое влияние на прочность сварных швов влияют такие дефекты, как трещины и непровары.

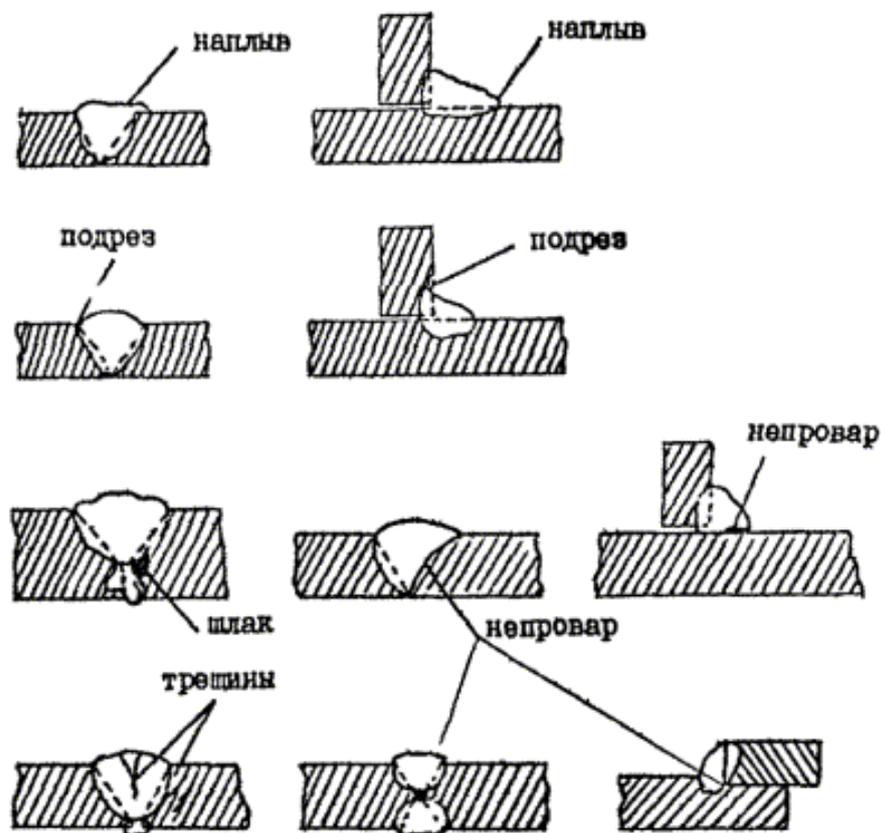


Рисунок 3.11 – Дефекты сварных швов

Причинами возникновения внешних дефектов являются:

- 1) плохая подготовка и подгонка кромок, потому что расстояния между ними получаются различными и, поэтому, уширения необходимо заполнить наплавленным металлом;
- 2) неравномерное перемещение электрода(проволоки), и горелки, следовательно, изменяются по длине высота и ширина шва;
- 3) несоблюдение режима сварки.

Сварные соединения с такими дефектами имеют плохой внешний вид. Деформации и напряжения могут быть вызваны неравномерным распределением и усадкой наплавленного металла. Эти дефекты выявляются визуальным осмотром и проверкой шва шаблонами. Некоторые отклонения устраняются зачисткой с подваркой шва или срубанием лишнего металла.

Внешние трещины могут быть продольными или поперечными в наплавленном или основном металле. Причинами образования трещин могут являться: напряжения, которые возникли из-за неравномерного нагрева и

охлаждения, изменения структуры металла при сварке, повышенное содержание вредных примесей (сера, фосфор) и другие.



Рисунок 3.12 – Продольные трещины

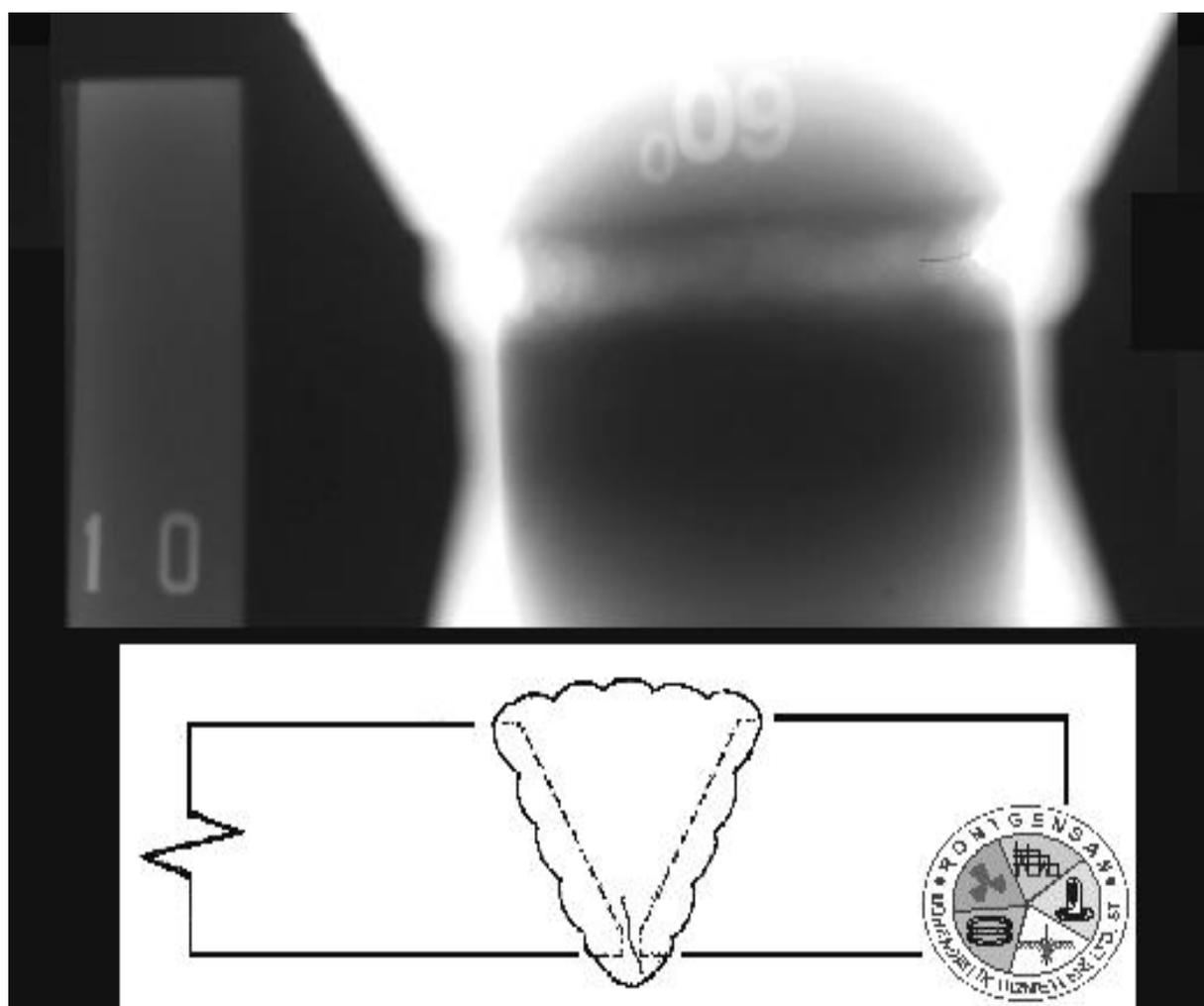


Рисунок 3.13 – Продольная трещина

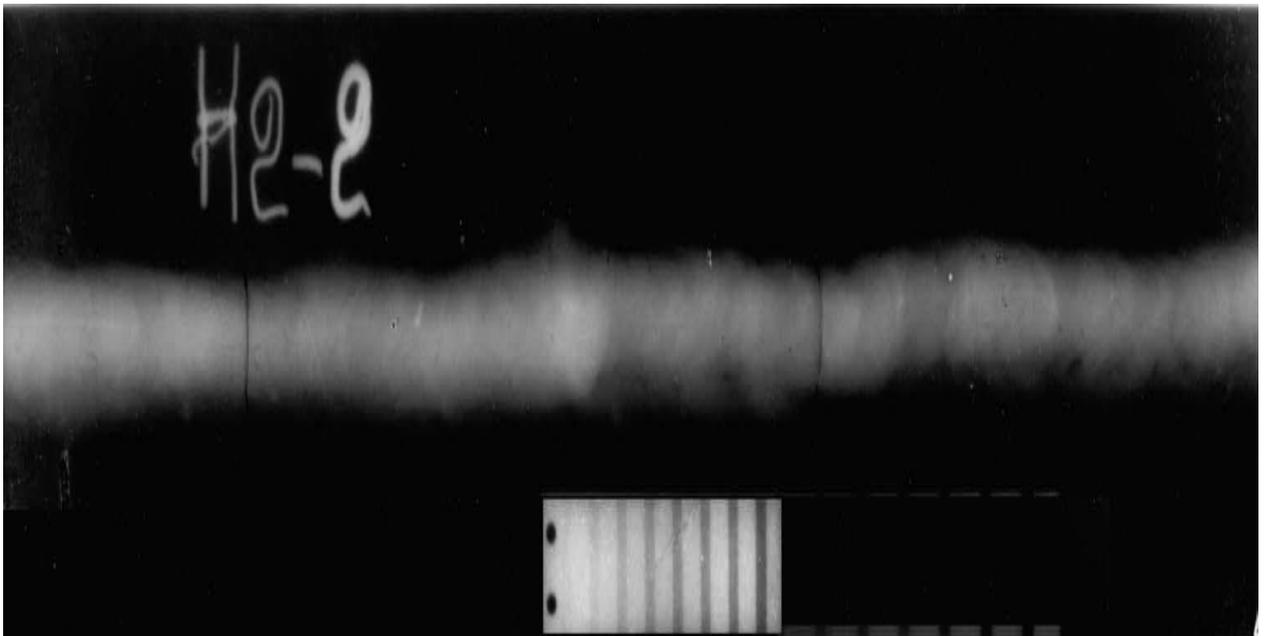


Рисунок 3.14 – Поперечные трещины

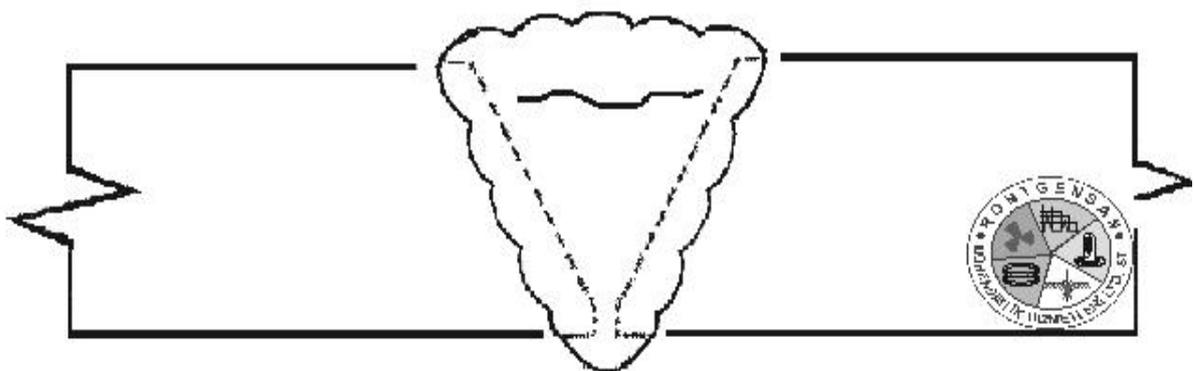


Рисунок 3.15 – Поперечная трещина

Внутренние трещины возникают по одинаковым причинам, что и наружные. Внутренние продольные трещины также могут образоваться в корне шва. Обнаружение внутренних трещин возможно с помощью просвечивания шва гамма- или рентгеновскими лучами. Дефектные участки сварного шва с трещинами убирают и заваривают.

Из-за трещин могут появляться такие дефекты, как поры, непровары, включения и т. п. Трещины могут появляться при кристаллизации металла во время процесса сварки. Чем хуже сваривается металл, тем выше вероятность образования трещин. Участки сварных соединений с трещинами вырубают полностью или удаляют кислородной резкой и снова сваривают. Стыки трубопроводов, имеющие трещины длиной более 100 мм, вырезают полностью, и трубы сваривают заново.

Подрезы — это дефекты, связанные с уменьшением толщины основного металла в местах перехода к наплавленному. Данный дефект возникает при сварке с увеличенным током или горелкой большой мощности. В местах подрезов прочность сварного соединения уменьшается, поскольку они служат местом концентрации напряжений. Подрезы убирают зачисткой и заваркой.

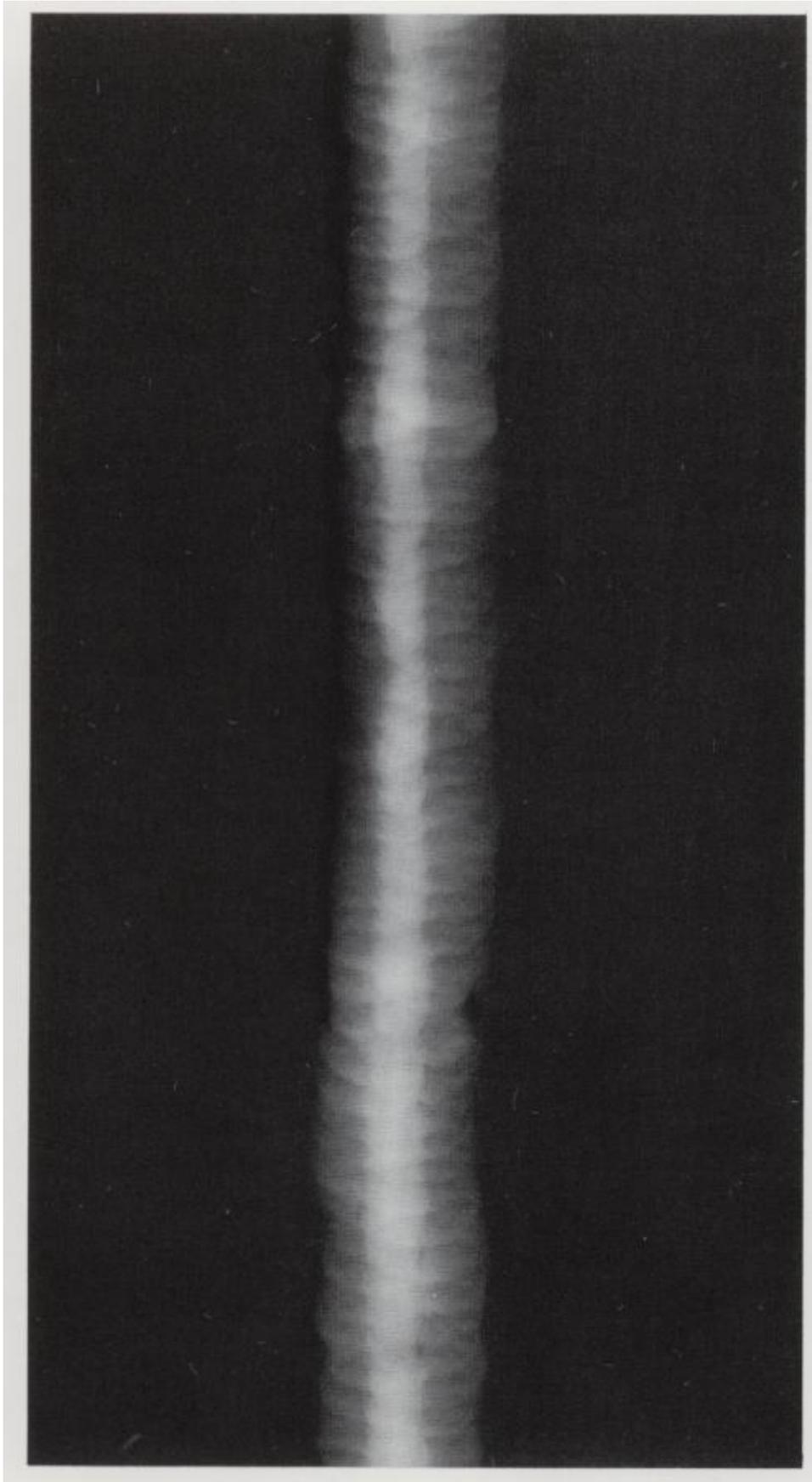


Рисунок 3.16 – Внешний подрез

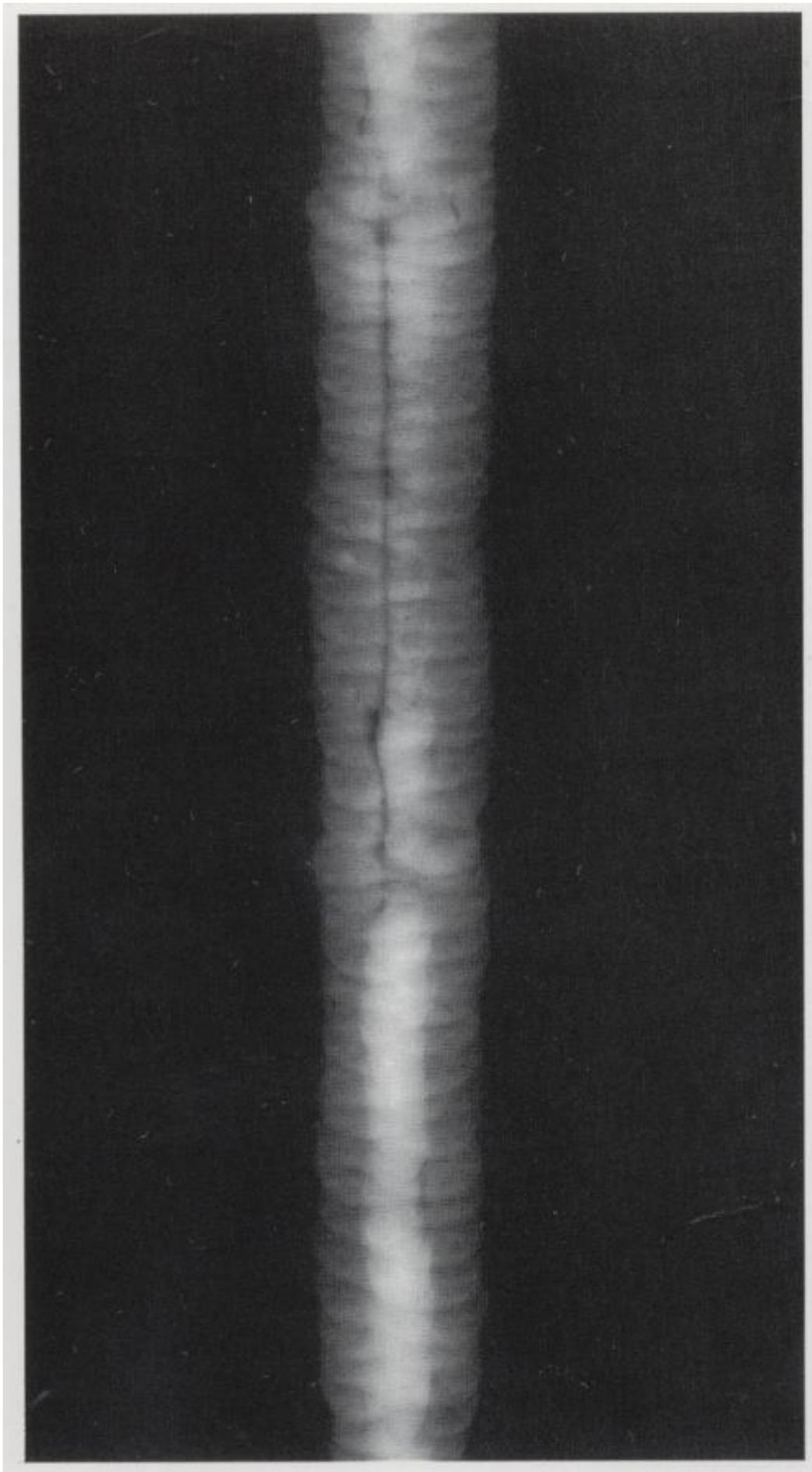


Рисунок 3.17 – Внутренний подрез

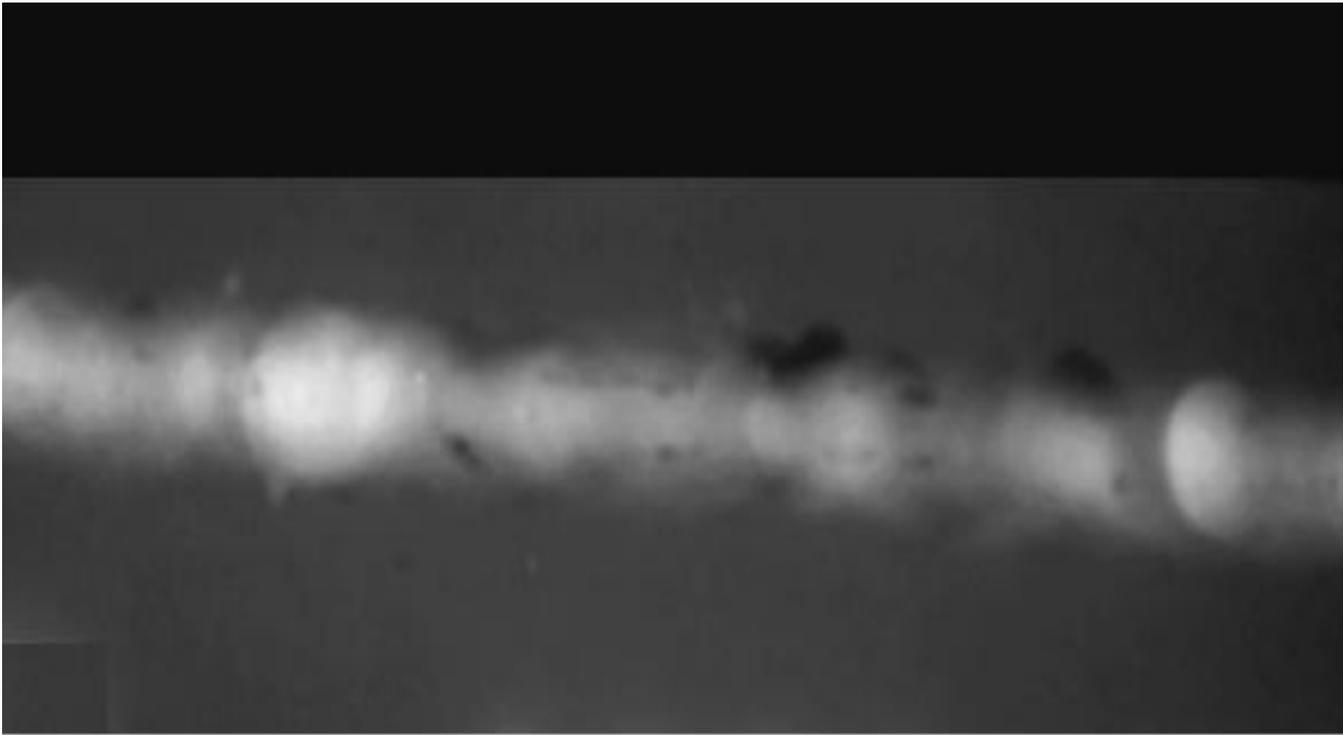


Рисунок 3.18 – Внешние и внутренние подрезы

Незаплавленные углубления, остатки шлаковых включений и неровная поверхность сварного соединения появляются из-за недостаточной квалификации сварщика или неправильного выполнения сварки. Сварные соединения с большим количеством таких дефектов обладают низкой прочностью, следовательно, эти участки необходимо убирать или вырезать до основного металла и заваривать снова.

Наплывы могут образовываться при очень быстром плавлении электрода и натекании жидкого металла на плохо нагретую поверхность основного металла. Они располагаются в различных местах, имеют большую протяженность и сопровождаются непроваром основного металла. Наплывы нужно вырезать и проверять, нет ли в этом месте непровара.

Кроме внешних дефектов наибольшую опасность представляют внутренние дефекты.

Поры могут образовываться из-за поглощения расплавленным металлом газов (водорода, окиси углерода и др.), не успевающих выделиться при застывании металла, и они остаются в сварном шве в виде пузырьков.

Главной причиной их появления являются или влажность электродного (проволочного) покрытия, или неправильная регулировка пламени горелки. Кроме того, поры появляются из-за несоответствия химического состава основного и присадочного металла, наличия ржавчины или окалины на кромках, выкрашивания шлаковых металла и. Поры делают сварное соединений проницаемым для жидкостей и газов.

Если поры выходят на поверхность сварного шва, они легко обнаруживаются внешним осмотром с помощью лупы. Для того, чтобы выявить внутренние пор, изделие испытывают поджатым воздухом, давлением водой, просвечивание рентгеновскими или гамма-лучами или смачивание керосином.

Окислы и шлаковые включения делают слабее сечение шва. Они образуются из-за сварки с очень длинной сварочной дугой и окислительным пламенем.

Одинарные поры и шлаковые включения не сильно снижают механических свойств сварного соединения. Скопления, цепочки пор, вольфрамовые и шлаковые включения приводят к концентрации напряжений в определенном месте и резкому уменьшению пластичности, прочности и вязкости наплавленного металла. В сварных соединениях особо ответственных конструкций допускаются только шлаковые включения и отдельные поры. Кроме того, возможны небольшие скопления пор в количестве 4— 5 шт. на 1 см²сечения шва, глубиной не более 10% от толщины металла.



Рисунок 3.19 – Шлаковое включение

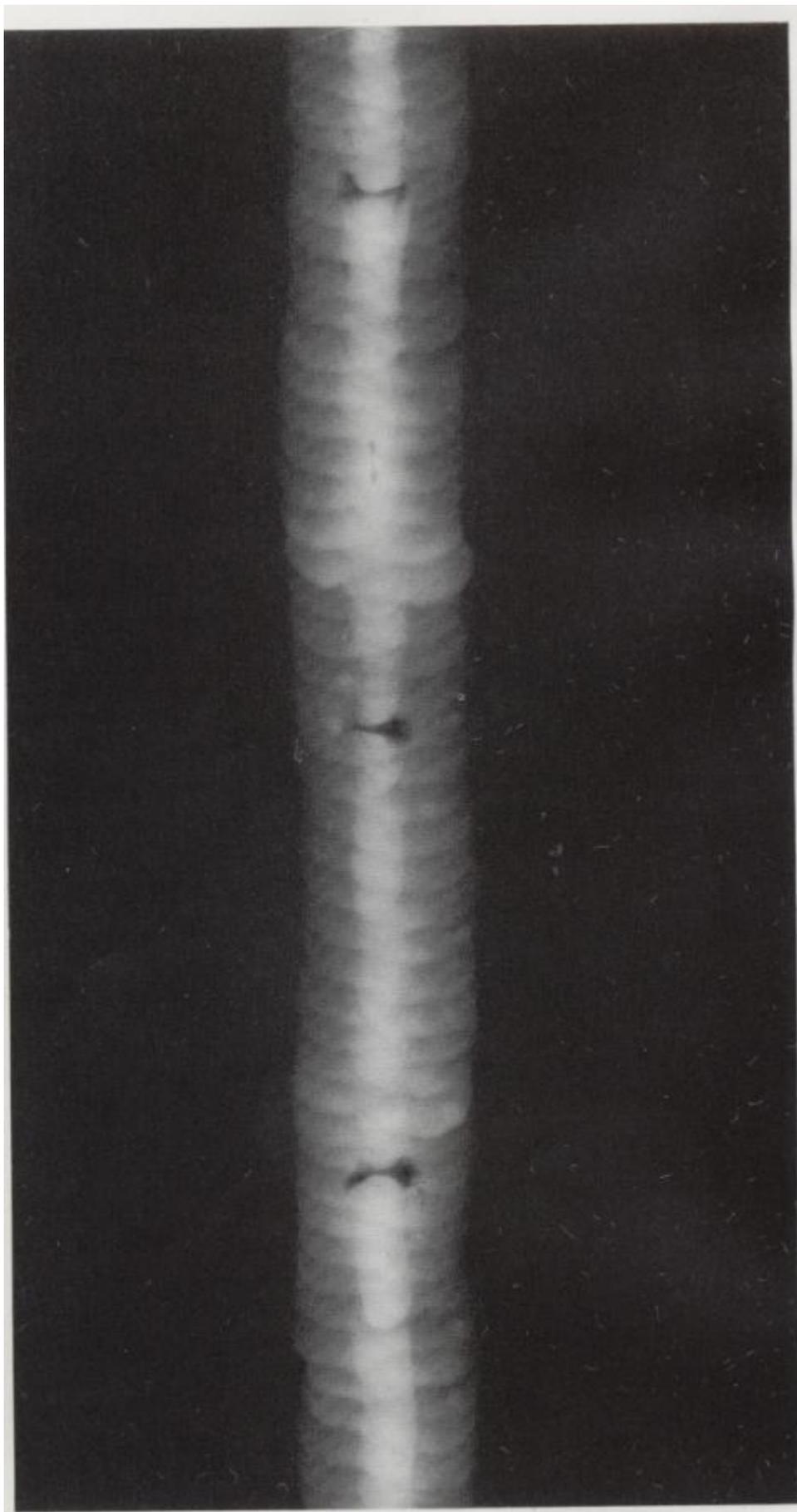


Рисунок 3.20 – Шлаковые включения

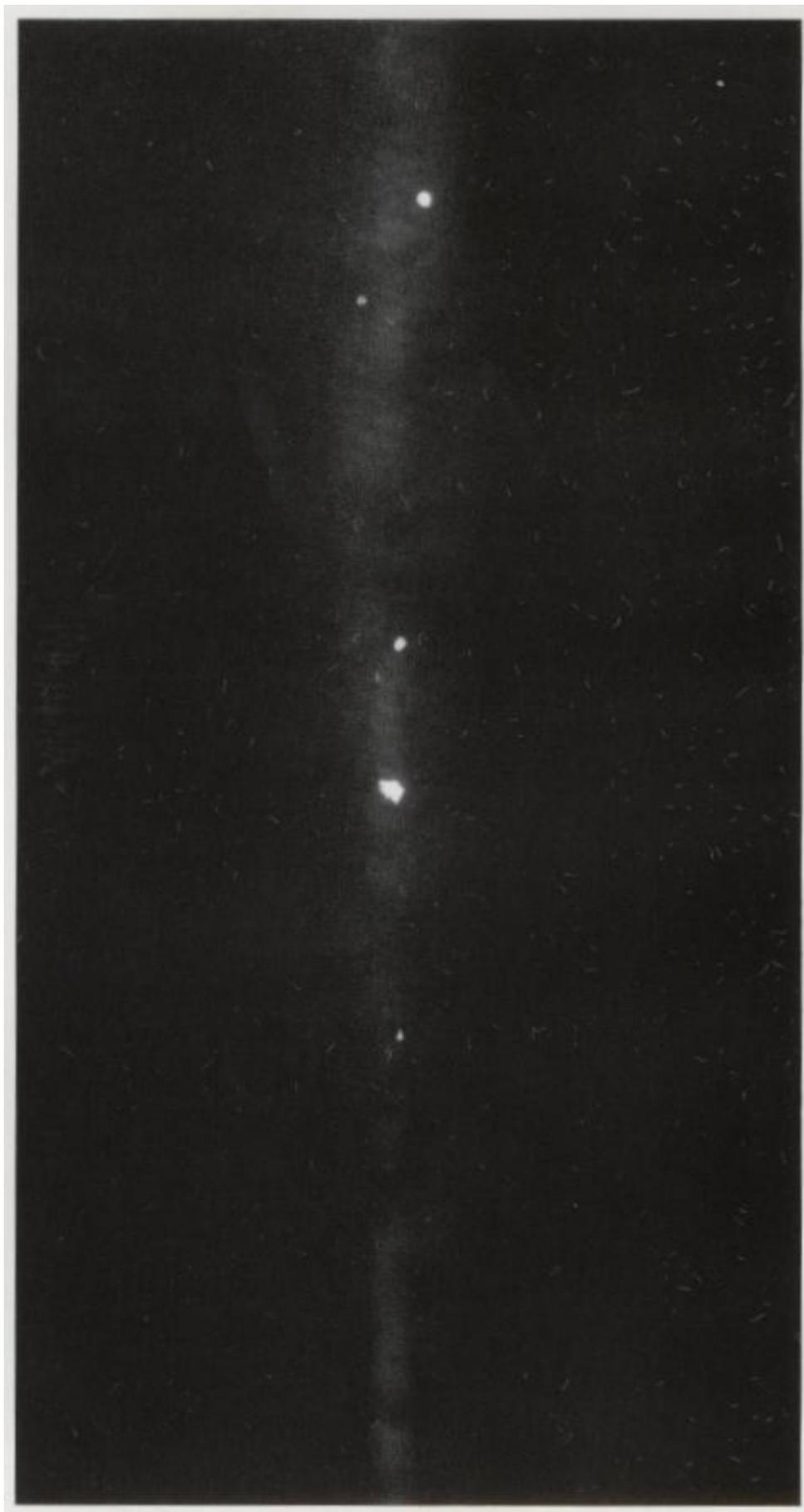


Рисунок 3.21 – Вольфрамовые включения



Рисунок 3.22 – Шлаковые скопления

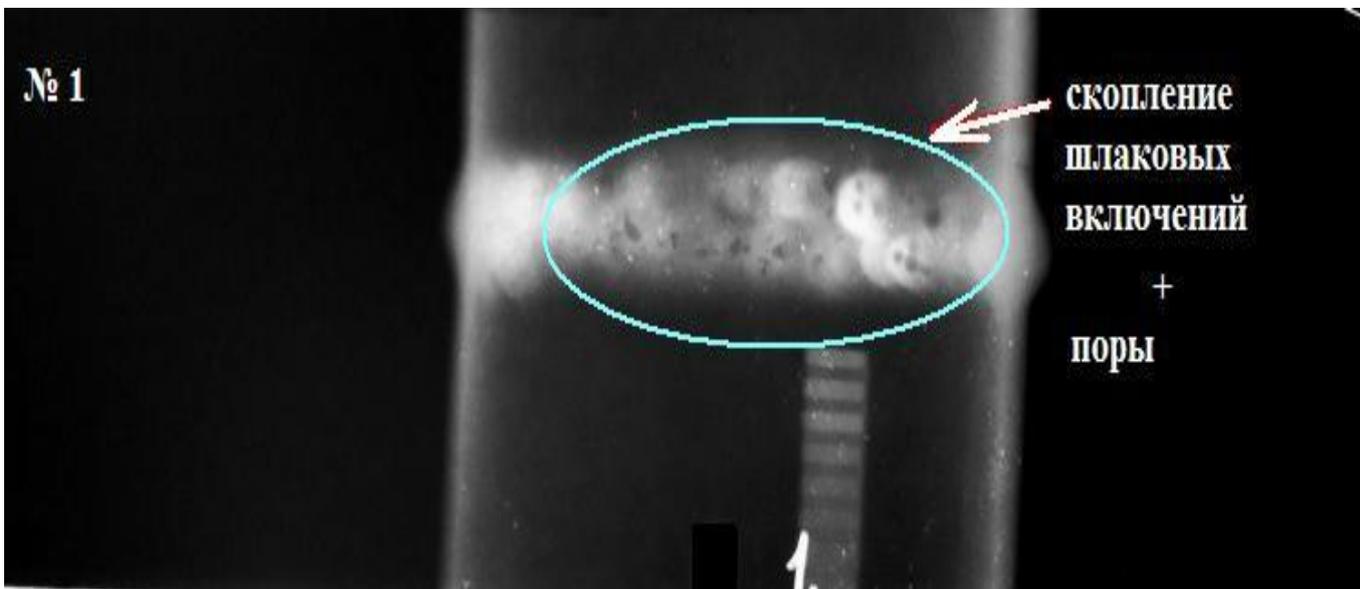


Рисунок 3.23 – Скопление шлаковых включений и поры

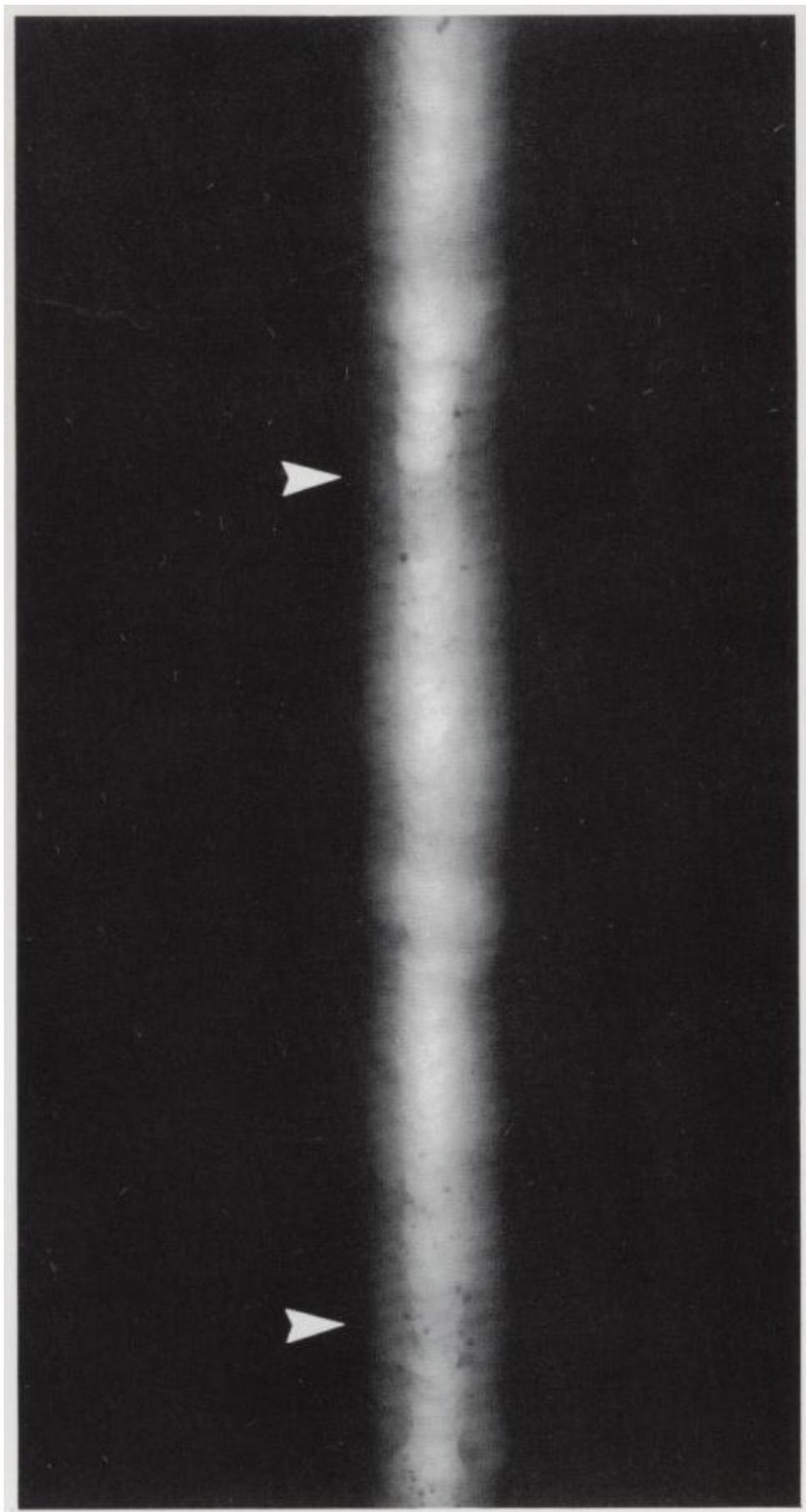


Рисунок 3.24 – Одиночные поры

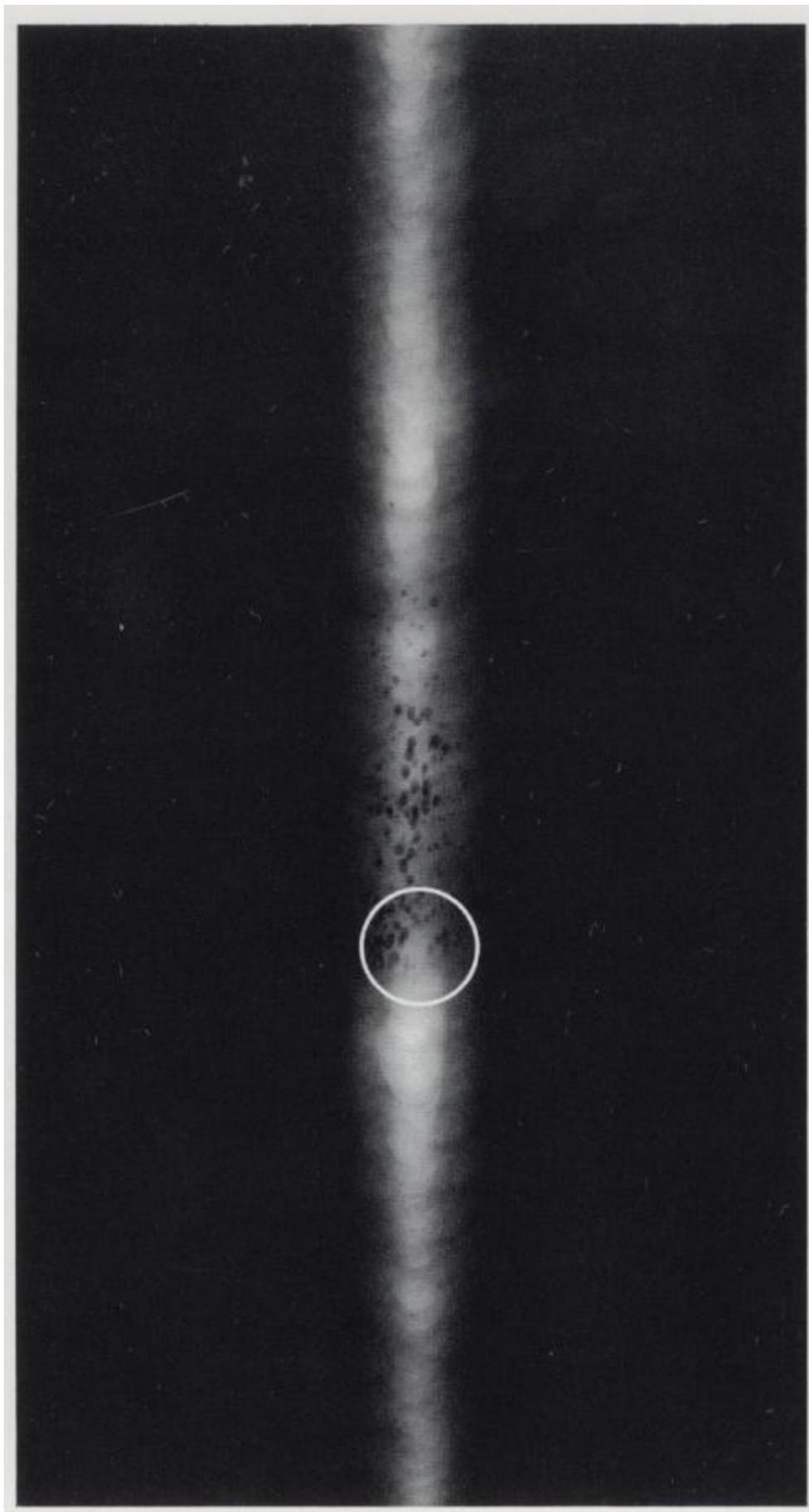


Рисунок 3.25 – Скопление пор

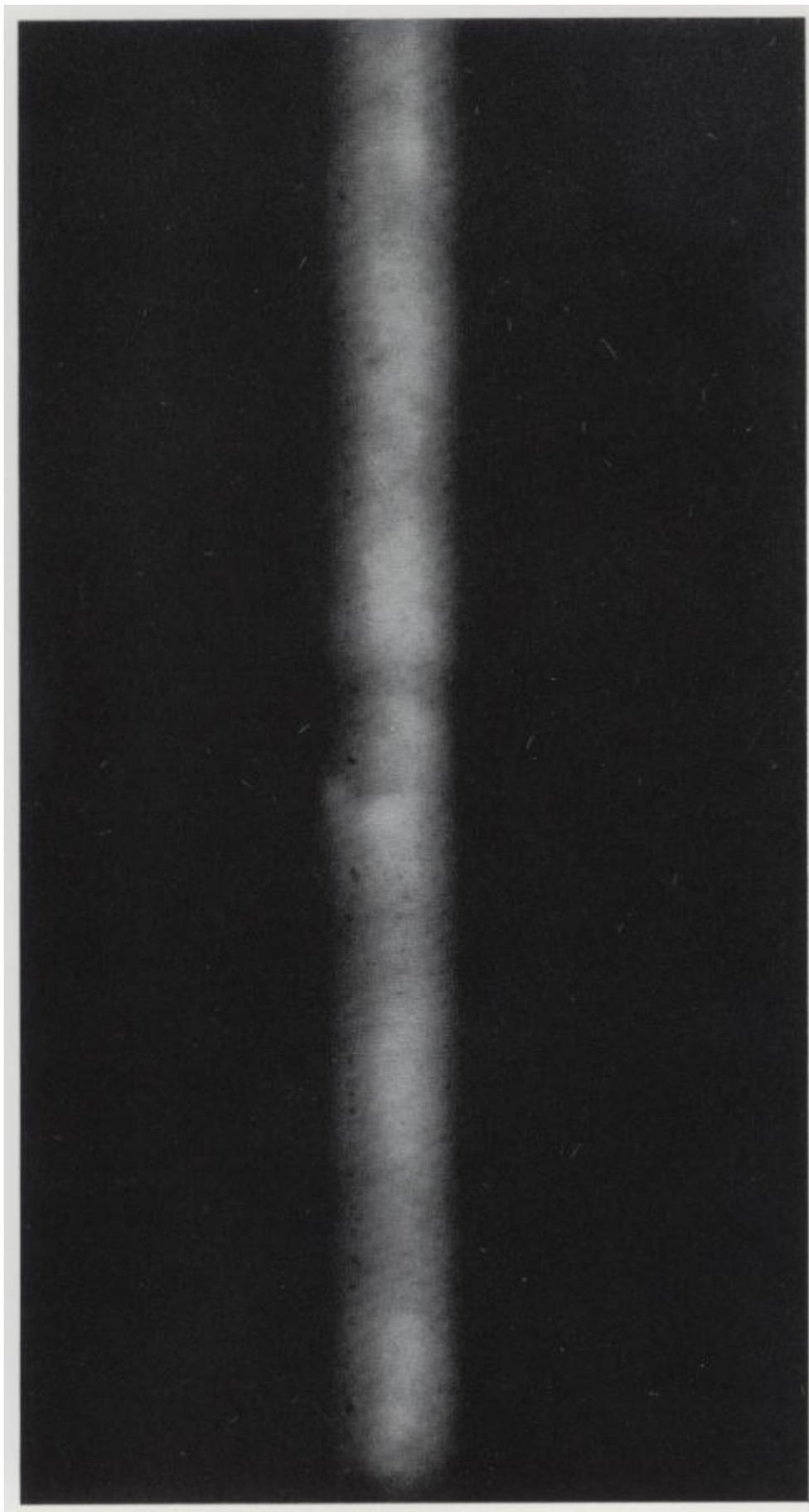


Рисунок 3.26 – Цепочка пор

Непровар в корне шва - дефект, который выражается в несплавлении наплавленного и основного металла в корне сварного соединения. Непровар резко уменьшает прочность шва, и соединение оказывается не слишком надежным. В месте непровара концентрируются напряжения, понижающие сопротивляемость сварного соединения внешним нагрузкам(в особенности ударным).

Влияние непроваров в стыковых сварных соединениях, которые подвергаются действию постоянных нагрузок, начинает сказываться при глубине, которая составляет от 10% и больше от толщины основного металла. При непроваре, который составляет 20—30% толщины металла, в 2-4 раза снижается пластичность. Поэтому в стыковых соединениях при действии на них постоянных нагрузок глубина непровара должна быть не выше 10% толщины свариваемого материала. При динамических нагрузках в изделиях особо ответственного назначения наличие непроваров категорически не допускается.

Причинами непровара могут являться: малый ток или недостаточная мощность горелки; слишком резкое и быстрое перемещение электрода или горелки; плохая зачистка кромок; попадание в сварное соединение пленки окислов или слоя шлака. Непровар появляется тогда, когда металл плохо прогревается в корне шва из-за кромок, которые скошены под малым углом или из-за большого притупления кромок. Кроме того, непровар появится, если будет отсутствовать зазор между кромками. Если по техническим условиям изделие обязано не иметь непровар, то места, где он имеется, вырезают и заново сваривают.

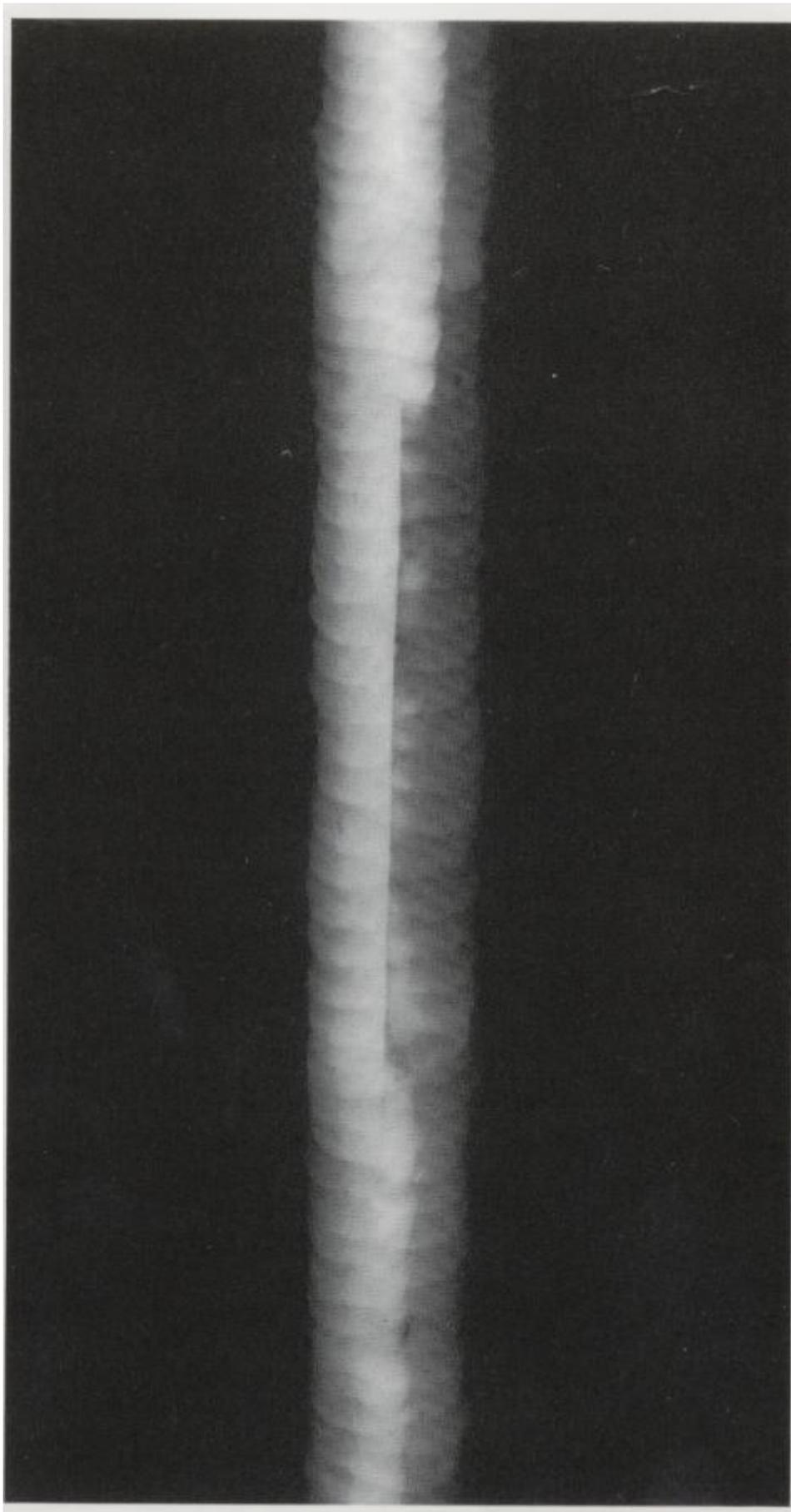


Рисунок 3.27– Непровар в корне шва

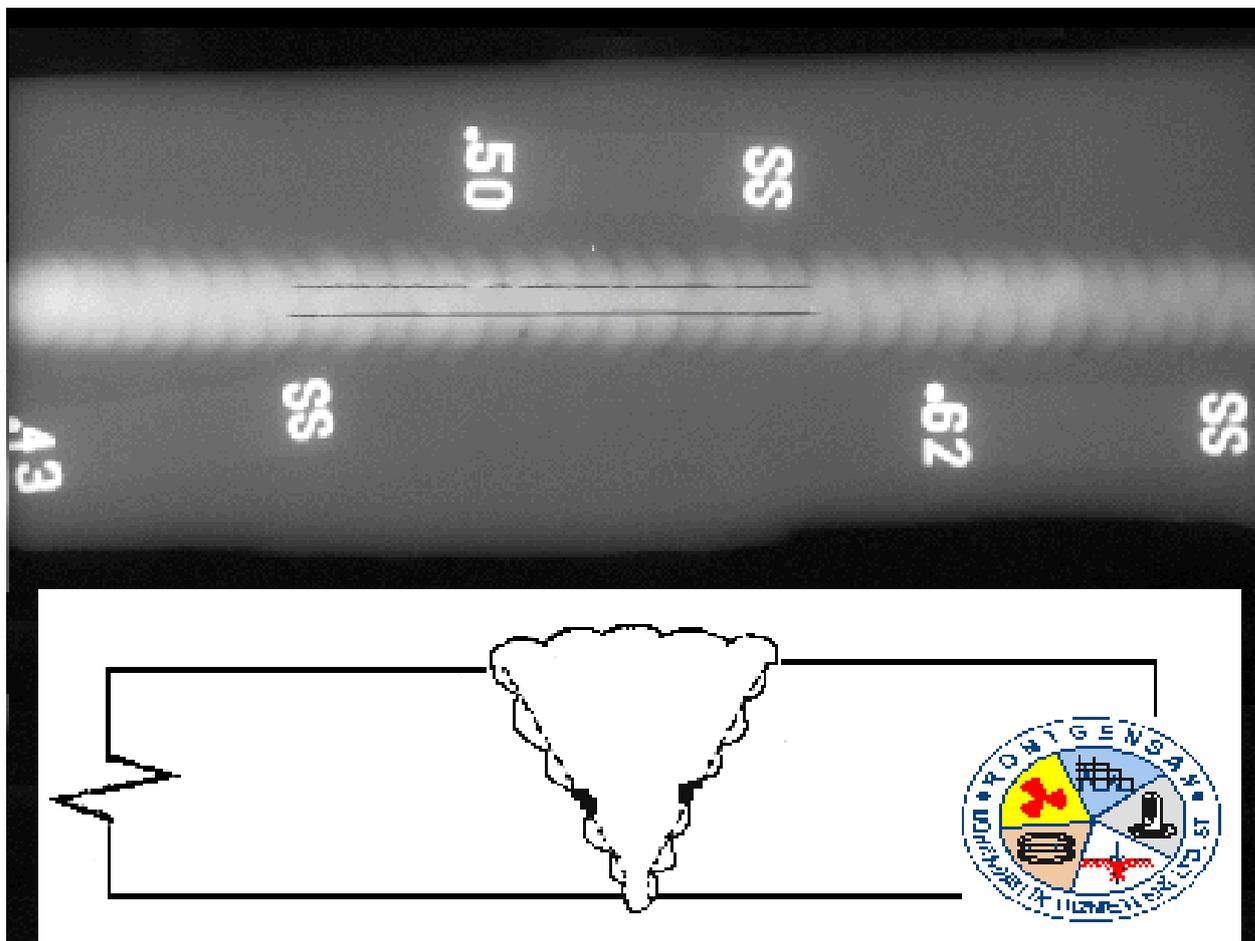


Рисунок 3.28 – Непровар по разделке кромок

Непровар кромки образуется в результате сварки током недостаточной мощности или пламенем малой величины. Кроме того, непровар может образоваться при быстром перемещении пламени или электрода вдоль свариваемого металла. В данных случаях, на нерасплавленную поверхность основного металла попадает наплавленный металл, поэтому сила сцепления между основным и наплавленным металлом будет настолько маленькой, что валик шва может просто отделиться от кромки.

В изломе непровар всегда виден, поскольку он проходит темной полосой на границе между основным и наплавленным металлом. Обнаружение непровара кромки возможно просвечиванием сварного шва рентгеновскими или гамма-лучами. Дефектный участок сварного шва удаляют и заваривают вновь.

Пережог означает, что в структуре металла шва имеются окисленные зерна, которые обладают малым взаимным сцеплением. Пережженный металл

-очень хрупкий, и его уже нельзя исправить. Он возникает, когда в пламени происходит переизбыток кислорода. Пережженные участки сварного шва полностью удаляют поверхностной резкой и снова заваривают.

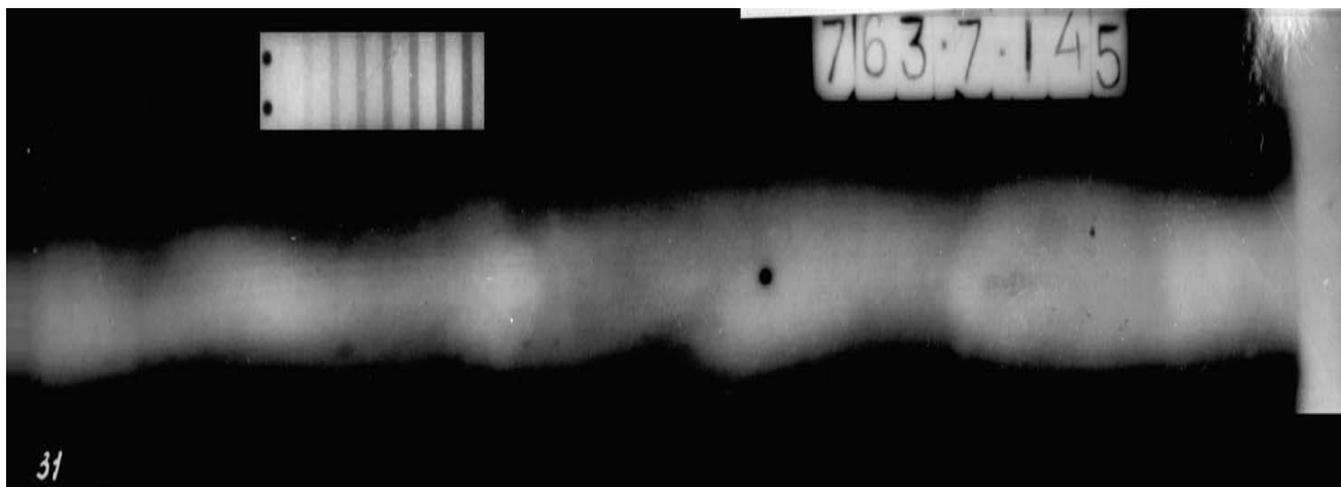


Рисунок 3.29 – Свищ

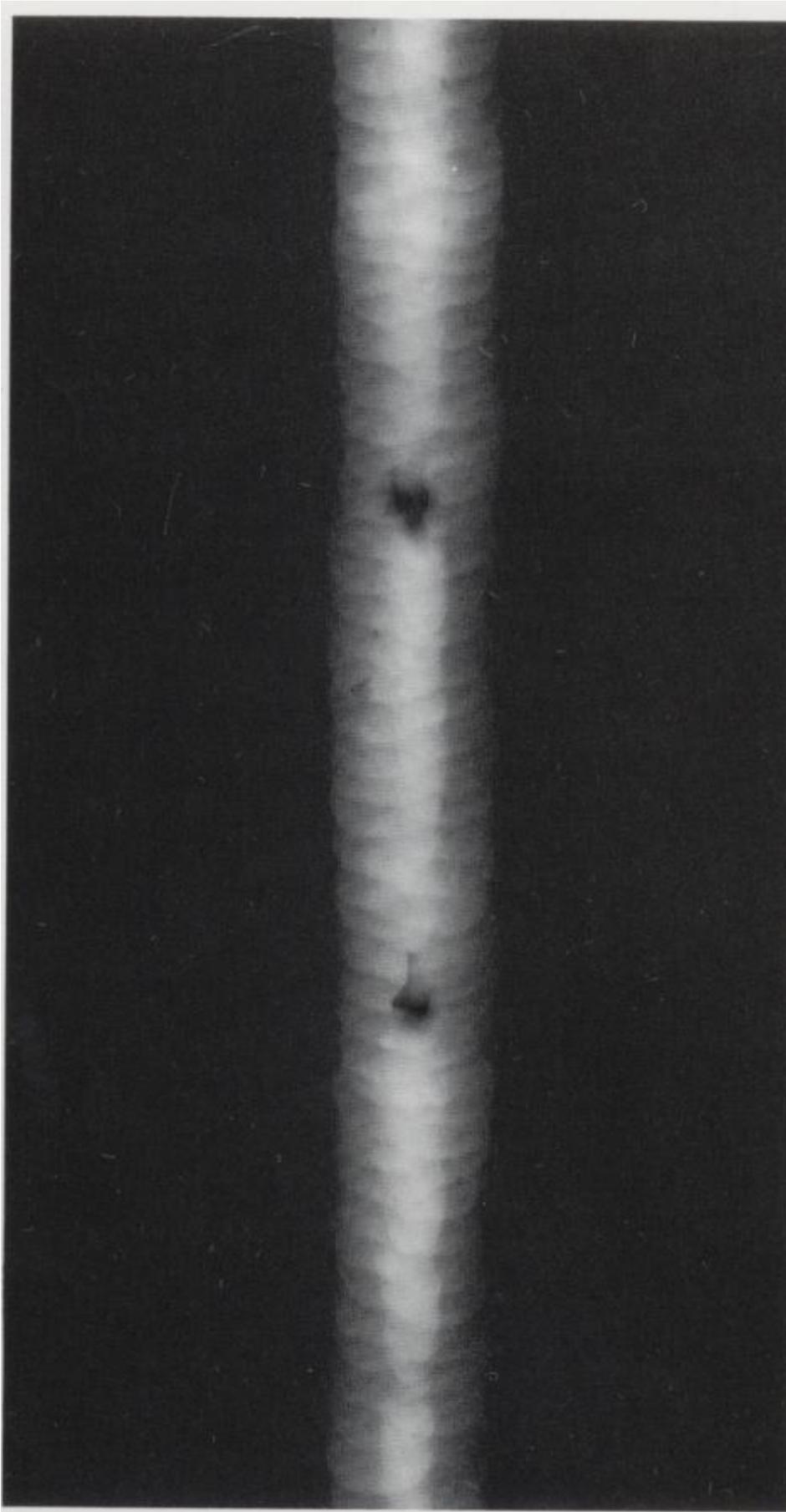


Рисунок 3.30 – Прожоги

4 Разработка рекомендаций, снижающих вероятность образования дефектов при сварке.

4.1 Требования к квалификации сварщиков и ИТР

Сварка трубопроводов [26] обязана проводиться только теми сварщиками, которые уже имеют удостоверения на право проведения соответствующих сварочных работ, которые выдавались им согласно требованиям «Правил аттестации сварщиков», которые были утверждены Госгортехнадзором России.

К сварке трубопровода из сталей 12X18H10T и 10X17H13M2T допускаются только те сварщики, у которых есть удостоверение на право работ по сварке этих сталей.

К механизированным способам сварки допускаются сварщики-операторы, которые прошли курс практической и теоретической подготовки и которые сдали все экзамены на право производства этих работ.

Сварщики разных квалификаций и специальностей обязаны пройти аттестацию на 2-ю квалификационную группу по электробезопасности. Кроме того, каждый сварщик обязаны пройти технику безопасности по противопожарным мероприятиям.

Сварщик, который первый раз приступил к сварке в любой организации, обязан сварить пробные (допускные) образцы перед тем, как допустить к работе независимо от того, есть ли у него удостоверение на право производства этих работ. Сварка пробных образцов обязана проходить в таких же или похожих условиях, в которых будет проходить работа сварки трубопроводов.

Количество допускных образцов должен устанавливать руководитель сварочных работ, в зависимости от квалификации сварщика и типов производственных сварных соединений. Качество допускных сварных стыков должно определяться в результате визуально-измерительного

контроля, после которого можно сделать вывод о формировании шва и его сплошности. При надобности (все зависит от руководителя сварочных работ) - имеет смысл провести другие неразрушающие физические методы контроля.

Качество допусковых сварных стыков нужно оценивать по общим нормам, предусмотренным для точно таких же сварных соединений. Пробные образцы должны быть одинаковыми или однотипными по отношению к тем сварным соединениям, сваренные проверяемым сварщиком. В «Правилах аттестации сварщиков» дана характеристика идентичных сварных соединений.

Любой сварщик допускается только к видам работ, указанным в его удостоверении. В нем должны быть перечислены те марки сталей или группы марок сталей, к которым сварщик допускается. Все должно быть в соответствии с «Правилами аттестации сварщиков».

"Для сварки при температуре ниже минус 30 °С сварщик должен предварительно сварить пробные стыковые образцы при температуре, не выше указанной. При удовлетворительных результатах механических испытаний пробных образцов сварщик может быть допущен к сварке при температуре на 10 °С ниже температуры сварки пробных образцов." [26]

Лицо, которое должно руководить сварочными работами, должно иметь специальный документ об образовании или подготовке в области сварки.

К руководству работами по сварке, контролю сварных соединений и операционному контролю допускаются инженерно-технические работники (ИТР), которые изучили настоящий руководящий документ (РД), соответствующие строительные нормы и правила (СНиП), производственно-технологическую документацию (ПТД) по сварке, рабочие чертежи изделий и методические инструкции по контролю. Знания инженерно-технического работника вместе с их профессиональной подготовкой по сварочному производству обязана проверить комиссия, которая назначается приказом

руководителя предприятия. Знания инженерно-технического работа должно проверяться, как минимум, раз в три года.

К выполнению работ по контролю качества сварных соединений допускается персонал, который прошел специальную программу практического и теоретического обучения и получили удостоверение для возможности проведения работ по дефектоскопии сварных соединений определенным методом контроля. Контролеры по физическим методам контроля обязаны аттестовываться в соответствии с правилами, которые были утверждены Госгортехнадзором России.

Подготовку контролеров обязаны проводить учебные заведения или подразделения, предназначенные для профессиональной подготовки предприятий, которые выполняют определенные работы по контролю качества сварных соединений и которые имеют аттестацию для проведения таких работ.

Подготовка контролеров должна быть разбита по специальным методам контроля (ультразвуковая дефектоскопия, радиационная дефектоскопия и др.). При необходимости в удостоверениях должна быть указана классификация по типам сварных соединений. Любой контролер допускается только в том случае, если данные методы контроля указаны в удостоверении. Контролер, который не работал по своему виду контроля более 6 месяцев, обязан заново сдавать экзамены в полном объеме.

4.2 Основные положения организации сварочных работ

При разработке проекта производства работ (ППР) по монтажу трубопроводов очень важно, чтобы были отражены и учтены условия сборки трубопроводов под сварку, сварку и контроль качества сварных соединений. В проекте производства работ должен быть заложен самая прогрессивная технология сборочно-сварочных работ с оптимальным уровнем механизации.

Во время организации и выполнении работ по контролю качества, сварке и сборке сварных соединений нужно создать все условия для того, чтобы соблюдать и ни в коем случае не нарушать правила пожарной безопасности и правила техники безопасности в соответствии с требованиями нормативных документов:

СНиП III-4-80. Техника безопасности в строительстве;

ГОСТ 12.3.003. Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные. Требования безопасности;

«Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей»;

«Правил пожарной безопасности при проведении сварочных и других огневых работ на объектах народного хозяйства»;

«Санитарных правил при проведении рентгеновской дефектоскопии», № 2191-80;

«Санитарных правил при радиоизотопной дефектоскопии», № 1171-74;

«Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей»;

«Правил устройства электроустановок»;

«Санитарных правил по сварке, наплавке и резке металлов», № 1009-73;

«Правил пожарной безопасности при производстве строительного-монтажных работ. ППБ 05- 86».

Организация, ответственная за выполнение сборочно-сварочных работ, обязана обеспечить хорошее качество сварных соединений с помощью:

использования исправного оборудования;

использования сварочных материалов хорошего качества, которые прошли нужный контроль;

выполнения контроля процессов сварки и сборки сварных соединений;

выполнения требований по сборке и сварке изделий, которые регламентированы в ПТД;

выполнения контроля качества сварных соединений своевременно.

Применение сварочных материалов (сварочной проволоки, флюсов и электродов) и основных материалов (профильного проката, листов), которые отличаются от указанных в ПТД, может быть разрешено только совместным решением между организацией, которая разработала производственно-технологическую документацию, специализированной отраслевой организацией и организацией, которая занимается производственными работами.

Порядок укрупнения и сборки монтажных блоков и последовательность работ обязаны обеспечивать возможность применять самые новые способы и методы сварки. Для того, чтобы обеспечить хорошее качество сварных стыков и повысить производительности труда, когда выполняются процесс сборки и сварки трубопроводов, а также контроль качества сварных соединений, нужно руководствоваться положениями, которые изложены в настоящем разделе.

Способ сварки трубопроводов на разных этапах их монтажа и укрепления должен быть согласован и определен проектом производства работ (ППР).

Перед тем, как выбрать способ сварки, нужно иметь в виду:

- насколько целесообразно применение именно этих способов сварки. При выборе нужно подтверждаться технико-экономическим расчетом;
- полуавтоматическая (механизированная) сварка с самозащитной порошковой проволокой применяется для того, чтобы укрупнить и монтировать трубопроводы для сварки швов в вертикальном, наклонном и нижнем положениях;
- полуавтоматическую сварку в среде углекислого газа можно использовать для монтажной и укрупнительной сварки трубопроводов в любом положении шва при условии, что место сварки будет защищено от ветра.

В случаях, где нецелесообразно или нет возможности использовать автоматическую или полуавтоматическую сварку, обязана применяться ручная дуговая сварка.

Численность ИТР по сварке и наладчиков оборудования для полуавтоматической сварки на монтажно-строительной площадке чаще всего зависит от того, какой предстоит объем сварочных работ и сколько работающих сварщиков. Численность сварщиков должна устанавливаться в соответствии с положением о службе сварки строительного-монтажной организации.

Снабжение строительного-монтажной площадки и территории реконструируемого или монтируемого здания электропитанием сварочно необходимо выполнять при помощи разводов сварочного тока на каждый участок строительного-монтажной площадки и реконструируемого здания.

«Сечение провода для присоединения источника питания для сварки к сети следует подбирать по данным табл. 4.1. При ручной дуговой сварке электрододержатель присоединяют к сварочной цепи гибким медным проводом с резиновой изоляцией, сечение которого необходимо выбирать в зависимости от сварочного тока: при токе до 100 А - не менее 16 мм², при 250 А - 25 мм², при 300 А - 50 мм². Длина гибкого провода должна быть не менее 5 м» [26].

Таблица 4.1 - Сечение провода для подсоединения к сети источников сварочного тока

Максимальный сварочный ток источника питания, А	Сечение медного* провода, мм ² , при напряжении сети, В	
	220	380
300	16	10
500	35	16
1000	70	50
2000	-	120
4000	-	240

* Сечение алюминиевого провода должно быть в 1,5 раза больше.

При огромном объеме сборочных и сварочных работ снабжение сборочных площадок и сооружаемого здания кислородом и горючим газом для резки следует осуществлять централизованным путем при помощи разводов от центра питания к постам резки. Целесообразность применения централизованной системы питания должна подтверждаться расчетом.

Разведение горючего газа и кислорода по всему зданию крупного промышленного трубопровода нужно предусматривать в проекте заранее, как постоянную систему газоснабжения, которая остается и тогда, когда строительство заканчивается для того, чтобы было возможно проведение ремонтных работ во время эксплуатации трубопровода.

Природный горючий газ, пропан-бутан или ацетилен используются для резки в качестве горючего газа. Все зависит от местных условий. Обычно для резки используются природный горючий газ или пропан-бутан. Ацетилен используется лишь в тех случаях, когда нет возможности или экономически не выгодно использовать другие горючие газы.

Снабжение сжиженным пропан-бутаном обязано осуществляться при помощи специальных автомобильных цистерн завода-поставщика. На строительном-монтажных участках сооружаются специальные подземные резервуары, в которых и будет храниться пропан-бутан. Более того, из этих же резервуаров пропан-бутан и будет подаваться ко всем местам его потребления.

Снабжение строительном-монтажных участков кислородом осуществляется либо от собственных кислородных установок, либо от специальных станций, где жидкий кислород, который доставляется на объект в автомобильных или даже железнодорожных цистернах или бочках, откуда направляется по газопроводу к рабочим местам. Так же, как и с горючим газом, снабжение кислородом должно быть экономически выгодно и подходить местным условиям.

Свариваемые поверхности сварных соединений, конструкции и то место, где работает сварщик нужно оградить от непредвиденного климата: ветра, дождя, сквозняков и снега.

Если температура окружающего воздуха опускается ниже минус 10 °С, то, в первую очередь, нужно, чтобы рядом с рабочим местом сварщика находился помещение, где он бы мог согреться. Если температура опускается ниже, чем минус 40 °С, то в этом случае сварка может продолжаться только в обогреваемом месте, где температура выше 0 °С.

На каждом строительно-монтажном участке должен быть оборудован склад для сварочного материала (проволока, электрод) при условии, что это должно быть в теплом помещении при температуре не ниже 15 градусов, а относительная влажность должна составлять не более 50 процентов.

Сварочные материалы обязаны храниться отдельно. Более того, они должны храниться по партиям, маркам, и диаметрам при условии, что они будут защищены от излишнего увлажнения и каких-либо повреждений. Сварочный флюс должен храниться в закрытой коробке.

На складе нужно иметь печи для того, чтобы прокалывать электроды, флюс и другие сварочные материалы. Кроме того, должны быть сушильные шкафы с температурой не более 150 градусов для обеспечения суточной потребности участка в проволоке и электродах.

Прокаленные электроды и порошковую проволоку нужно выдавать на одно рабочее место в таком количестве, которое необходимо для того, чтобы сварщику его хватило на целую рабочую смену.

Транспортировка и хранение прокаленных сварочных материалов нужно производить в закрытых ящиках (коробках, тарах). Каждый сварочный материал должен храниться в своей таре: электроды должны храниться в металлических пеналах, герметизированной оболочке из полиэтиленовой пленки или в упаковке из водонепроницаемой бумаги, порошковая проволока - в закрытых жестяных банках.

Намотка и очистка проволоки в кассеты для полуавтоматических способов сварки обязана производиться строго на специально выделенном рабочем месте. Все кассеты, которые остались с намотанной проволокой, обязаны иметь этикетки, на которых должны быть написаны диаметр и марка сварочной проволоки.

Для допуска к работе электросварщик обязан на своем рабочем месте иметь следующий набор инвентаря и инструмента: сварочную маску, рукавицы, молоток, очки с прозрачными стеклами, зубило, стальную щетку, крейцмессель для отбивки шлака, личное клеймо и тару для электродов с отдельным карманом для электродных огарков. Помимо этого, он должен иметь определенные шаблоны для того, чтобы проверить геометрию шва. Рабочее место электросварщика заранее должно быть подготовлено, а именно, освещено и очищено от посторонних предметов.

Сварку деталей из сталей 12Х18Н10Т и 10Х17Н13М2Т нужно выполнять без перерыва до того момента, пока хотя бы половина толщины шва не заполнится. При вынужденных остановках в работе следует медленно и равномерно охлаждать стык. Для этого подойдет любой доступный способ, к примеру, обкладывать стык листовым асбестом. Как только сварщик будет готов продолжать работу, стык необходимо нагреть до температуры примерно 120-160 градусов.

Во время сварки категорически не допускается никаких силовых нагрузок на стык.

Зачищенный и сваренный шов обязательно должен быть обозначен клеймом сварщика. У сварщика есть свой номер или свое клеймо. Он должен поставить свое клеймо на расстоянии примерно 50 мм от границы сварного соединения, которое он выполнил. Если варил один сварщик, то достаточно клейма в одном месте. Если один стык варили несколько сварщиков, то клейма должны стоять в начале и конце шва. Вместо клейма можно составлять исполнительных схем с подписями сварщиков, которые варили эти стыки.

При обнаружении в сварных соединениях в процессе сварки каких-либо недопустимых дефектов, сварщик обязан прекратить проведение работ на этом стыке и рассказать о случившемся мастеру по сварке.

Сварку стыка можно продолжать только тогда, когда пройдет приемка прорабом по монтажу собранных стыков или мастером по сварке. После этого делается отметка в журнале сварочных работ.

Заключение

1. Установлено, что при сварке труб из высоколегированных сталей 12X18H10T и 10X17H13M2T в среде аргона вольфрамовым электродом наиболее характерными дефектами являются непровар в корне шва, смещение кромок, вольфрамовые включения и поры.
2. При анализе стыков, сваренных в течение двух лет на химических предприятиях города Тольятти, установлено, что 88% стыковых соединений обеспечивают требованиям качества, а остальные подлежат исправлению.
3. В результате проведенного анализа работы сварщиков установлено, что при работе на химических предприятиях привлекаются специалисты с высокой квалификацией.
4. Установлено, что при сварке в труднодоступных местах процент брака возрастает, независимо от квалификации сварщика.
5. При увеличении диаметра трубопровода от 108 мм до 325 мм количество дефектов увеличивается из-за недостаточного опыта сварщиков.
6. На основе проведенных исследований статистических данных были установлены основные причины, приводящие к браку. Таковыми являются отсутствие защиты при работе на открытом воздухе, отклонение параметров сборки и сварки, несоблюдение условий хранения и подготовки сварочных материалов.
7. Предложены рекомендации по снижению вероятности образования дефектов при сварке за счет соблюдения технологических требований по сборке и сварке трубопроводов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трубопровод. [Электронный ресурс]:[официальный сайт]. – URL: <http://www.mining-enc.ru/t/truboprovod/>. Свободный. – Загл. с экрана.
2. ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов». [Электронный ресурс] : [официальный сайт]. – URL: https://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/39/39420/. Свободный. – Загл. с экрана.
3. Сталь марки 12X18H10T. [Электронный ресурс] : [официальный сайт]. – URL: http://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/12X18H10T. Свободный. – Загл. с экрана.
4. Сталь марки 10X17H13M2T. [Электронный ресурс] : [официальный сайт]. – URL: http://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stn/10X17H13M2T. Свободный. – Загл. с экрана.
5. Сталь 10X17H13M2T. [Электронный ресурс] : [официальный Сайт]. – URL: <http://www.lasmet.ru/steel/mark.php?s=33>. Свободный. – Загл. с экрана.
6. Контроль качества сварных швов. [Электронный ресурс] : [официальный сайт]. – URL: <http://shkval-antikor.ru/mess650.htm>. Свободный. – Загл. с экрана.
7. Дефекты и контроль качества сварных соединений. [Электронный ресурс] : [официальный сайт]. – URL: <http://www.shtorm-its.ru/defektyi-i-kontrol-kachestva-svarnyih-soedineniy>. Свободный. – Загл. с экрана.
8. ГОСТ 30242-97 «Дефекты соединений при сварке металлов плавлением. Классификация, обозначение и определения». [Электронный ресурс] : [официальный сайт]. – URL: <http://www.gosthelp.ru/text/GOST3024297Defektysoedine.html>. Свободный. – Загл. с экрана.
9. Контроль сварных соединений. [Электронный ресурс] : [официальный Сайт]. – URL: <http://tool-land.ru/kontrol-svarnykh-shvov.php>. Свободный. – Загл. с экрана.

10. Зенин В. В. Дистанционный метод контроля трещин в материалах и сварных швах./ Зенин В. В., Бокарев Д. И., Козинцев О. Г. Журнал «Сварочное производство». №867. Февраль 2007г.
11. Казаков Ю.В. Преддипломная практика/ Сост– Тольятти: ТГУ, 2007-13 с.
12. Егоров, А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич пособие по выполнению дипломного проекта[Текст] /А.Г. Егоров, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова.- Тольятти.: ТГУ, 2011.- с.8-87
13. Акулов, А.И. Сварка в машиностроении: справочник: в 4 т. Т. 2 / под ред. А.И. Акулова. - М.: Машиностроение, 1978. - 461 с. - с. 454-462
14. Овчинников В. В. Контроль качества сварных соединений: учебник / В. В. Овчинников – М.: Academia, 2014. – 208 с.
15. Щербинский В. Г. Технология ультразвукового контроля сварных соединений. / В. Г. Щербинский, Н. П. Алешин, А. К. Гурвич, И. Н. Ермолов – М.: Тиссо, 2005. – 326 с.
16. Алешин Н. П. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий: учебник / Н. П. Алешин, В. Г. Щербинский – М.: Высш. Шк., 1991. – 271 с.
17. Клюев В. В. Неразрушающий контроль: справочник в 7 т. Т. 4 / под ред. В. В. Клюева – М.: Машиностроение, 2004. – 736 с.
18. Ханпетов В. В. Сварка и резка металлов: учебник / В. В. Ханпетов – М.: Стройиздат., 1980. – 232 с.
19. Особенности сварки некоторых видов конструкций. [Электронный ресурс] : [офиц. сайт]. – URL: <http://osvarke.info/468-svarka-trub.html>. Свободный. – Загл. с экрана.
20. Сонин Г. И., Лебедев В. А. Область применения радиометрических установок // В мире НК. 2002. № 1 (15). С. 24—27.
21. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / Под общ. ред. В. В. Клюева. М.: Машиностроение, 1995
22. Зуев В. М., Удралов Ю. И., Табакман Р. Л. Радиографический контроль

- сварных соединений. СПб.: Энергоатомиздат, 2001.
23. Журнал “В мире неразрушающего контроля” 2[36] статья “Вихретоковый контроль с использованием матричных датчиков” С. Eddie, J. Bittner, В. Lepage, А. Lammare.
24. Федосенко Ю. К. Вихретоковый контроль: учеб. пособие / Ю. К. Федосенко, П. Н. Шкатов, А. Г. Ефимов, В. В. Клюев – М.: Спектр, 2011. – 223 с.
25. Герасимова А. Г. Контроль и диагностика тепломеханического оборудования ТЭС и АЭС. Лабораторный практикум: учебное пособие / А. Г. Герасимова – Минск.: Вышш. Шк., 2013 – 222с.: ил.
26. ГОСТ 32569-2013 «Трубопроводы технологические стальные». [Электронный ресурс] : [офиц. сайт]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111138>. Свободный. – Загл. с экрана.
27. Carpenter Stainless Steel "Blue Book": Fabrication.
28. Saif Ghazy Faisal Ibrahim; Hussam K. Abdul Ameer; Nabeel K. Abid Al-Sahib / AL Khwarizmi college of engineering / Department Mechatronics Engineering Department.
29. Klimpel, A. Lisiecki, A. Laser welding of butt joints of austenitic stainless steel AISI 321 [Text] / A. Klimpel, A. Lisiecki //Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering: Welding Department, Silesian University of Technology, 2007.-PP. 63-66.
30. Edson Vasques Moreira, José Maurício Barbosa Rabello, Marcelo dos Santos Pereira, Ricardo Tadeu Lopes, Uwe Zscherpel. Digital Radiography Using Digital Detector Arrays Fulfills Critical Applications for Offshore Pipelines.