

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»  
ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к проведению лабораторных работ по дисциплине вариативной части  
по выбору вуза профессионального цикла**

## **МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

**(часть 1)**

**для студентов всех форм обучения  
направления подготовки 15.04.02  
«Технологические машины и оборудование»**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ  
МЕТАЛЛУРГИИ» ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к проведению лабораторных работ по дисциплине вариативной части**

**по выбору вуза профессионального цикла**

## **МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

**(часть 1)**

**для студентов всех форм обучения**

**направления подготовки 15.04.02**

**«Технологические машины и оборудование»**

Рассмотрены на заседании  
кафедры «Механическое оборудование  
заводов черной металлургии»  
им. проф. Седуша В.Я.  
Протокол № 11 от 03.04.2017 г.

Утверждены на заседании  
учебно-издательского совета ДОННТУ  
Протокол № \_\_\_\_ от \_\_.\_\_. 20\_\_ г.

**Донецк  
ДОННТУ  
2017**

Методические указания к проведению лабораторных работ по дисциплине вариативной части по выбору вуза профессионального цикла «Методы неразрушающего контроля (часть 1)» для студентов всех форм обучения направления подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» / сост.: В. А. Сидоров. – Донецк: ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2017. – 14 с.

Отражены цели и задачи лабораторного практикума по дисциплине «Методы неразрушающего контроля (часть 1)» для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование». Описаны структура лабораторных работ, порядок подготовки к ним, последовательность операций и действий, направленных на выполнение поставленных задач, указаны форма представления результатов работы и порядок защиты отчетов по выполненным заданиям, даны рекомендации по использованию теоретического материала.

*Составители:* Сидоров В.А., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии» им. проф. Седуша В.Я.

*Рецензенты:* д.т.н., профессор А.П. Кононенко  
к.т.н., доцент Е.В. Ошовская

Ответственный за выпуск:

д. т. н., профессор А. Л. Сотников

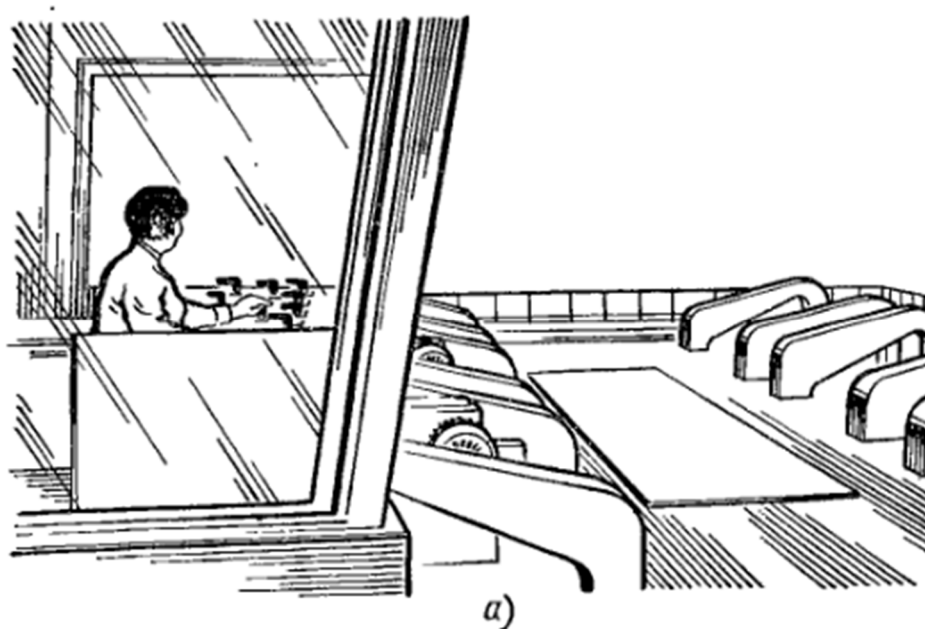
## Контроль проката

**Задача.** Контроль качества готовой продукции прокатного производства с помощью средств неразрушающего контроля.

**Решение.** Прокат изготавливают поточными способами, поэтому крайне желательно повышение производительности контроля. Контроль обычно ведут автоматическими установками, механизированными средствами. Для сохранения акустического контакта при быстром движении применяют иммерсионный или щелевой контакт. Дефекты обычно вытянуты вдоль направления прокатки.

Прокат, как правило, имеет мелкозернистую структуру. Возможно появление текстуры, т.е. различия свойств (например, скорости звука) вдоль и поперек направления прокатки.

**Листы и плиты** (ГОСТ 22727-88) толщиной 3 мм и более контролируют продольными волнами в направлении толщины. На автоматических установках с иммерсионным контактом контроль ведут эхо-, эхосквозными и (более тонкие листы) теневыми методами (рис. 1). Листы толщиной 2 мм и менее контролируют эхометодами с помощью волн Лэмба. Иммерсионный или щелевой контакт при этом предусматривают лишь в зоне расположения преобразователей, остальную поверхность листа делают свободной. При ручном контроле применяют эхометод. Для уменьшения объема работы довольно широко используют контроль вдоль линий или в узлах сетки  $100 \times 100 \dots 200 \times 200$  мм. Кроме листов пол сварку контролируют в полном объеме, так как дефекты кромки при сварке могут развиваться и перейти в наплавленный металл.



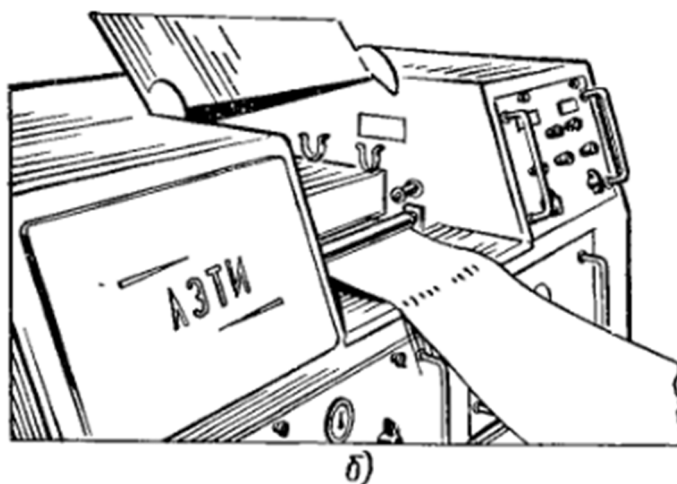


Рис. 1 Установки типа ДУЭТ-4 для контроля листов:

а – погружение листов в ванну; б – аппаратура с записью результатов контроля.

Применяют частоты 2...5 МГц. Уровень фиксации при контроле эхометодом устанавливают  $3\text{мм}^2$  и более. При контроле другими методами стремятся добиться эквивалентной чувствительности, однако это не означает, что чувствительность должна обеспечивать выявление тонкого диска такого же диаметра, как при эхометодом. Наиболее распространенный реальный дефект стальных листов – полупрозрачное расслоение, обычно содержащее включения из оксида кремния и марганца.

**Прутки и заготовки** круглого и квадратного сечения (ГОСТ 21120-75) контролируют эхометодом прямым, а иногда также наклонным преобразователем. Для уменьшения мертвой зоны используют раздельно-совмещенный преобразователь. Применяют частоты 2...5 МГц. Уровень фиксации  $3...7\text{мм}^2$ , иногда его настраивают по боковому отверстию диаметром 2...3 мм, просверленному вдоль оси прутка.

Применяют автоматические установки со щелевыми или иммерсионным контактом. Основная часть дефектов прутка или заготовки (остатки усадочной раковины, трещины) располагается в его центральной части. Для надежного выявления дефектов независимо от ориентации два или более преобразователя располагают вокруг прутка или заготовки так, чтобы их оси сходились в центре.

Угол между осями  $30...90^\circ$ . Пруток или заготовки при этом движутся поступательно, поверхность не сканирует (рис. 2). Для сокращения мертвой зоны применяют РС фокусирующие преобразователи. Поверхностные дефекты выявляют волнами Рэлея или применяют электромагнитные методы контроля.

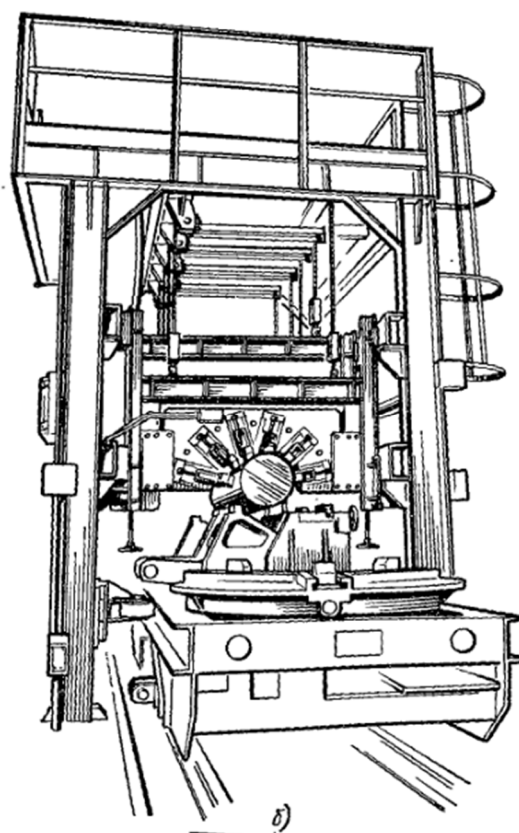
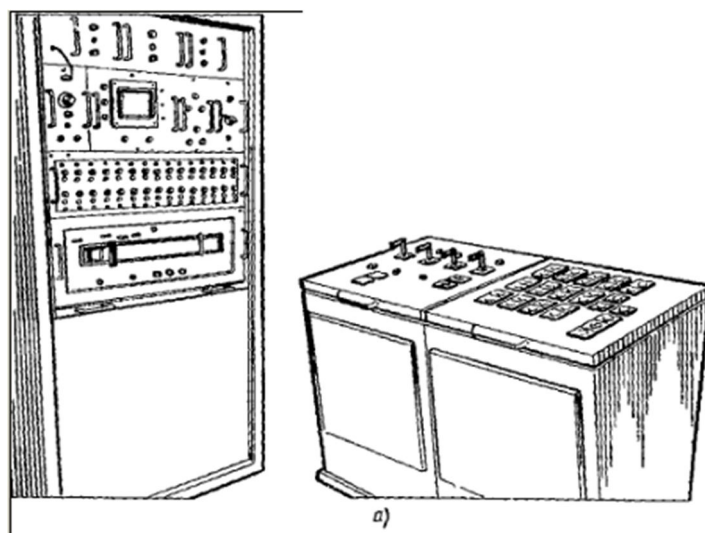


Рис. 2 Пятнадцатиканальная установка для контроля заготовок (а).  
Контроль ведут шестью преобразователями щелевым способом (б)

**Бесшовные трубы** (ГОСТ 17410-78) контролируют эхометодом. Для контроля применяются автоматические иммерсионные установки (рис. 3). Труба обычно проходит через локальную ванну с сальниками, предотвращающими вытекание воды, где в нее вводят ультразвуковые колебания. При контроле труб диаметром 50...100 мм и менее обычно применяют фокусирующие преобразователи.

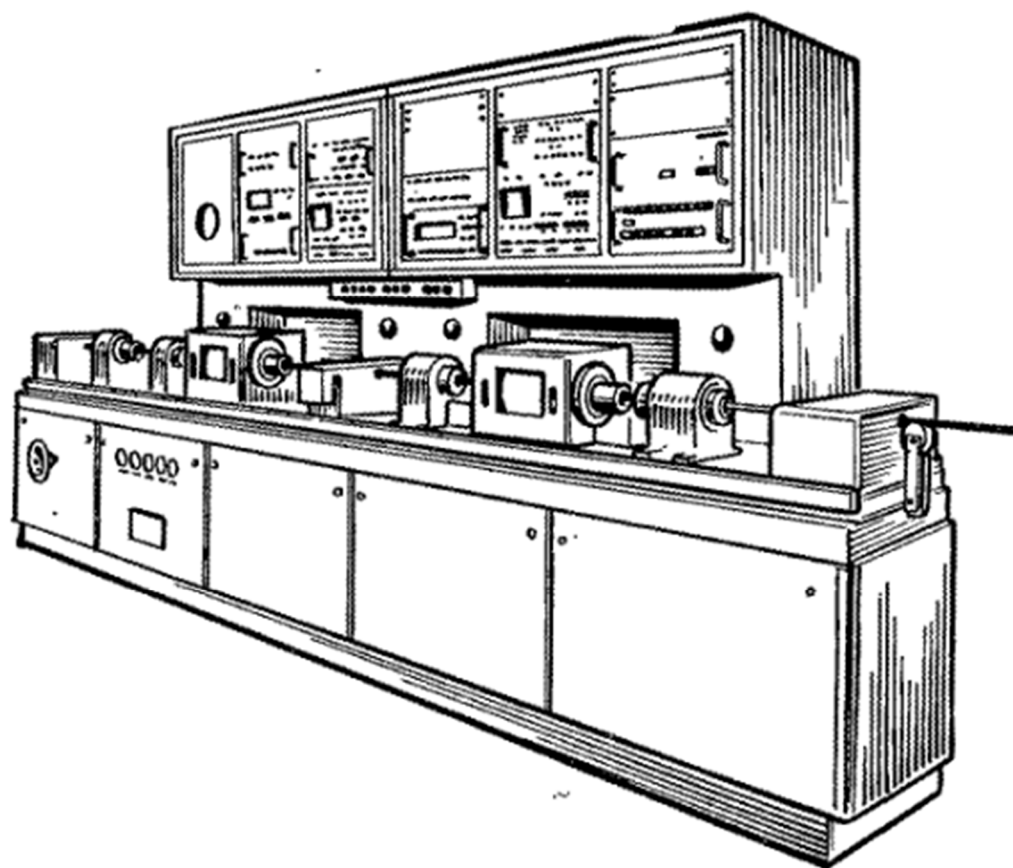


Рис. 3 Установка типа «Рота», для дефектоскопии и измерения толщины стенок труб

Основная схема контроля рассчитана на выявление часто встречающихся продольных дефектов (рис. 4,а). Трубы наиболее ответственного назначения контролируют также на поперечные дефекты (рис. 4,б). Контроль по схемам а и б выполняют наклонными лучами, распространяющимися в двух встречных направлениях, чтобы надежно обнаруживать дефекты, ориентированные наклонно к поверхности. Применяют поперечные волны или волны Лэмба. При толщине стенки трубы 10 мм и более контролируют также на дефекты типа расслоение (рис. 4,в).

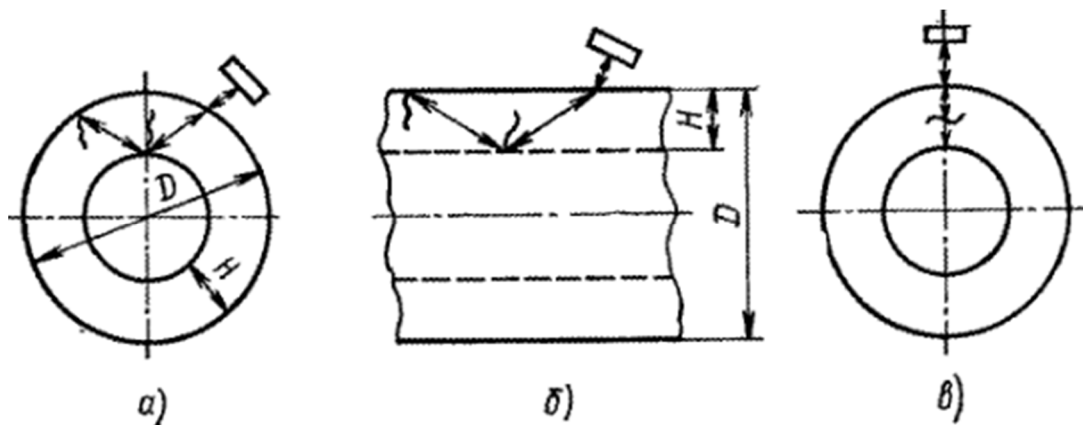


Рис. 4 Схема дефектоскопии труб

Углы ввода выбирают экспериментально, они соответствуют наилучшей выявляемости искусственных дефектов на внутренней или наружной поверхности. В качестве последних используют риски прямоугольного или треугольного сечения. В зависимости от технических требований к качеству труб, глубина рисков составляет 3...15% от толщины стенки трубы, а длина - 10...50 мм. Браковочным признаком служит превышение дефектным сигналом сигнала от риски, по которой настраивается аппаратура.

Ультразвуковой метод надежно выявляет практически все дефекты труб (трещины, риски, закаты, расслоения и т.д.) на внутренней и наружной поверхностях и в толще стенки. Чувствительность к внутренним дефектам падает, только если отношение толщины стенки к диаметру превосходит 0,2. Это объясняется тем, что в толстостенных трубах преломленные лучи поперечных волн не касаются внутренней поверхности.

Для проверки всего металла трубы необходимо обеспечить взаимное перемещение преобразователя и трубы по винтовой линии. Более производителен способ, при котором преобразователи вращаются вокруг поступательно движущейся трубы. Установки, в которых труба совершает одновременно вращательное и поступательное движение, менее производительны, но позволяют контролировать более широкий диапазон диаметров труб.

**Рельсы** (ГОСТ 18576-85) контролируют как в процессе производства так и при эксплуатации. Наиболее распространенные внутренние дефекты рельсов расположены в шейке 2 (рис. 5) и вблизи ее перехода в головку 1 и подошву 3. Они представляют собой расслоения, трещины, сосредоточенные ликвидации, ориентированные вертикально 4. В головке рельса встречаются газовые пузыри, усталостные трещины, изломы и флокены 5.

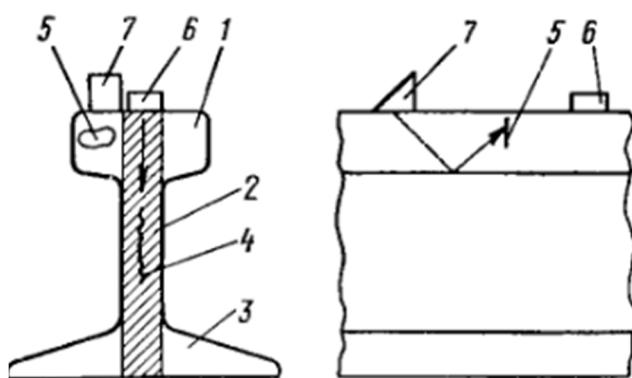


Рис. 5 Схема контроля рельсов

На металлургических заводах рельсы проверяют в зоне прямоугольника, ограниченного шириной шейки и высотой рельса зеркально теневым способом. Возбуждают и принимают волны с помощью ЭМА-преобразователя 6. Контроль ведут в технологическом потоке со скоростью движения рельса 2...2,5 м/с. Рабочая частота — 2 МГц.



Признак дефекта – ослабление первого донного сигнала более чем на 8...10 Дб. Отмеченные по этому признаку места контролируют вручную продольными волнами и по отношению амплитуд 1-го и 2-го донных сигналов. Недопустимыми считаются дефекты, вызывающие ослабление второго донного сигнала на 9 Дб и более относительно первого.

При эксплуатационном контроле используют съемные с рельсов тележки, на которых размещена аппаратура (рис. 6) и вагоны – дефектоскопы. Основная схема контроля – прямым преобразователем 6, как при производственном контроле (см. рис. 5). При ручном контроле применяют продольные волны, возбуждаемые контактным пьезопреобразователем, а при автоматическом (вагоном-дефектоскопом) – поперечные, возбуждаемые ЭМА-преобразователем.

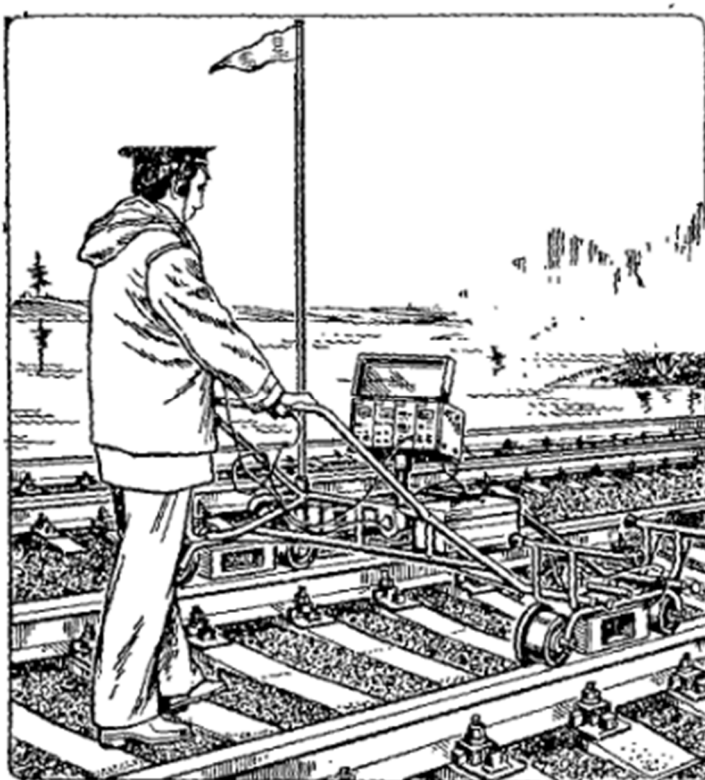


Рис. 6 Съемная тележка для дефектоскопии рельсов в пути

При эксплуатационном контроле предусмотрена также методика обнаружения дефектов типа 5 в головке. Для этого используют наклонный преобразователь 7, развернутый на 30...37° к осевой плоскости рельса. Разработана методики выявления этих дефектов с помощью волн квазистержневого типа. Низкочастотную (100 кГц) волну возбуждают в головке рельса как в стержне с помощью наклонного преобразователя с углом ввода 44° и размером пьезоэлемента около 60 мм. Волна распространяется вдоль рельса на значительное расстояние (8...17 м) и позволяет контролировать дефекты головки по всей длине рельса из одной или двух позиций преобразователя, избегая тем самым необходимости непрерывного сканирования рельса.

## **Действующие установки автоматического УЗК листового и полосового проката серии «Север»**

Ни одна фирма мира не обладает таким богатым и успешным опытом разработки, производства, внедрения и сервиса установок автоматического контроля листового проката, как компания «Нординкрафт».

В период с 1997 по 2007 год коллектив компании разработал, изготовил и внедрил в промышленную эксплуатацию пятнадцать установок автоматического УЗК листового проката.

Эти установки успешно эксплуатируются в листопрокатных цехах металлургических предприятий ОАО «Северсталь», ОАО «Волжский трубный завод», ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ОАО «Уральская сталь», ОАО «Амурметалл», ОАО «Алчевский металлургический комбинат».



Рис. 7 Установка УЗК «Север-10-3000» - ЛПЦ-1, ОАО «Северсталь», г. Череповец (Россия)





контроля. Визуальный контроль во многих случаях достаточно информативен и является наиболее дешевым и оперативным методом контроля.

### **Решение. Наблюдение за процессом сварки.**

На этом этапе сварщик помимо контроля режимов сварки (тока, напряжения, скорости сварки и т. п.) и стабильности горения дуги следит за правильностью выполнения валиков в многослойных швах. Особенно важным на этом этапе является тщательный осмотр первого слоя при любом количестве слоев. Качество сварки первого слоя оценивают при необходимости с помощью лупы.



Рис. 1 Дефект сварочного шва

### **Контроль заготовки и сборки.**

Внешнему осмотру подвергают свариваемые материалы для выявления (определения отсутствия) вмятин, заусенцев, окалины, ржавчины и т. п. Проверяют качество подготовки кромок под сварку и сборку заготовок. К основным контролируемым размерам собранных под сварку деталей (изделий) относят зазор между кромками и притупление кромок — для стыковых соединений без разделки кромок; зазор между кромками, притупление кромок и угол их разделки — для соединений с разделкой кромок; ширину нахлестки и зазор между листами — для нахлесточных соединений; зазор между листом и кромкой, угол между свариваемыми элементами, а также притупление и угол скоса кромок - для тавровых соединений; зазор между свариваемыми элементами и угол между ними — для угловых соединений. Детали, узлы или изделия, собранные под сварку с отклонением от технических условий или установленного технологического процесса, бракуют.



Рис. Контроль заготовки

### **Осмотр готовых изделий.**

Внешним осмотром невооруженным глазом или с помощью лупы выявляют прежде всего дефекты швов в виде трещин, подрезов, пор, свищей, прожогов, наплывов, непроваров в нижней части швов. Многие из этих дефектов, как правило, недопустимы и подлежат исправлению. При осмотре выявляют также дефекты формы швов, распределение чешуек и общий характер распределения металла в усилении шва. Внешний вид поверхности шва характерен для каждого способа сварки, а также для пространственного положения, в котором выполнялась сварка. Равномерность чешуек характеризует работу сварщика, его умение поддерживать постоянную длину дуги и равномерную скорость сварки. Неравномерность чешуек, разная ширина и высота шва указывают на колебание мощности дуги, частые обрывы и неустойчивость горения дуги в процессе сварки.

В таком шве возможны непровары, поры, шлаки и другие дефекты. При сварке в вертикальном и потолочном положениях сварные швы имеют резко выраженную неравномерность чешуек, бугры, седловины и наплывы. Сварные швы часто сравнивают по внешнему виду со специальными эталонами. Геометрические параметры швов измеряют с помощью шаблонов или измерительных инструментов.



Рис. 3 Осмотр готовых изделий

### **Тщательный внешний осмотр**

Тщательный внешний осмотр — обычно весьма простая операция, тем не менее может служить высокоэффективным средством предупреждения и обнаружения дефектов. Только после проведения визуального контроля и исправления недопустимых дефектов сварные соединения подвергают контролю другими физическими методами ([рентгеновский контроль](#), [ультразвуковой контроль](#), [капиллярный контроль](#)) для выявления внутренних и поверхностных дефектов.

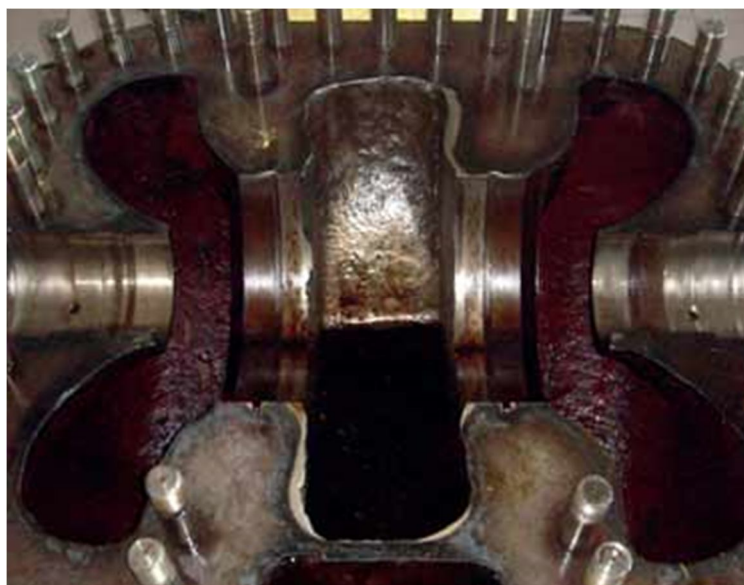


Рис. 4 Внешний осмотр детали