



ГБПОУ «Пермский политехнический колледж имени  
Н.Г. Славянова»

**Методические указания**  
для обучающихся по выполнению практических занятий  
по дисциплине

**МДК.01.03 «Подготовительные и  
сборочные операции перед сваркой»**

профессии

**15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки  
(наплавки)**

Рассмотрено на заседании  
предметной цикловой комиссии  
«Выпускающая студентов на  
государственную итоговую  
аттестацию»

протокол № 6

«24» января 2024г.

Председатель ПЦК

 /Вепрева С.В./

**Автор:**

преподаватель

ГБПОУ «ППК им. Н.Г. Славянова»

Смирнова Елена Владимировна



## СОДЕРЖАНИЕ

1	Пояснительная записка	3
2	Содержание практических занятий	
	Практическая работа №1 Выполнение эскизов форм разделки кромок деталей разной толщины.	5
	Практическая работа № 2 Описание технологической последовательности сборки- сварки двутавровых и коробчатых балок.	10
	Практическая работа № 3. Изучение видов термообработки сварных конструкций.	16
3	Список источников и литературы	19

## Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических занятий обучающимися по «МДК 01.03. Подготовительные и сборочные операции перед сваркой» предназначены для обучающихся по профессии 15.01.05 *Сварщик (ручной и частично механизированной сварки(наплавки)*,

Цель методических указаний: оказание помощи обучающимся в выполнении практических работ по дисциплине «МДК 01.03. Подготовительные и сборочные операции перед сваркой»

Настоящие методические указания содержат работы, которые позволят обучающимся закрепить теоретические знания, сформировать необходимые умения и навыки деятельности по профессии 15.01.05 *Сварщик (ручной и частично механизированной сварки(наплавки)*, направлены на формирование следующих компетенций:

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ПК 1.1. Проводить сборочные операции перед сваркой с использованием конструкторской, производственно-технологической и нормативной документации.

ПК 1.2. Выбирать пространственное положение сварного шва для сварки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей).

ПК1.3. Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку.

ПК 1.4. Проводить подготовку элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку, зачистку сварных швов и удаление поверхностных дефектов после сварки с использованием ручного и механизированного инструмента.

В результате выполнения практических занятий по профессии 15.01.05 *Сварщик (ручной и частично механизированной сварки наплавки ) по «МДК 01.03. Подготовительные и сборочные операции перед сваркой» обучающиеся должны:*

*иметь практический опыт (для МДК):*

Выполнение подготовки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку, зачистку сварных швов и удаление поверхностных дефектов после сварки с использованием ручного и механизированного инструмента.

Выполнение контроля собранных элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке.

- знать:

- типовые слесарные операции
- классификацию и общие представления о методах и способах сварки
- основные типы, конструктивные элементы, размеры сварных соединений и обозначение их на чертежах
- основные типы, конструктивные элементы, разделки кромок
- основные правила чтения технологической документации
- методы контроля
- правила контроля сварных соединений

уметь:

- проводить контроль подготовки элементов конструкции под сварку
  - • контролировать качество выполняемых работ.
  - • пользоваться производственно-технологической и нормативной документацией для выполнения трудовых функций.

Описание каждого практического занятия содержит: раздел, тему, количество часов, цели работы, что должен знать и уметь обучающийся, теоретическую часть, порядок выполнения работы, контрольные вопросы, учебно-методическое и информационное обеспечение.

На выполнение практических занятий по «МДК 01.03 Контроль качества сварных соединений» отводится 6 часов.

**Содержание практических занятий**  
**Практическая работа №1 Выполнение эскизов форм разделки кромок деталей**  
**разной толщины**

**Тема 3.1. Подготовка металла под сварку**

**Количество часов: 2**

**Цель работы:**

1. Изучить технологию определения конструктивных элементов разделки кромки.
2. Упражнение в определении конструктивных элементов разделки кромки.
3. Научиться по данному заданию обработки детали выбрать необходимый слесарный инструмент.

**Задание и методические рекомендации**

1. Изучить основные теоретические положения и кратко их изложить по предложенной форме.

**Содержание отчета**

1. Наименование и цель работы.
2. Оборудование и материалы, используемые в работе.
3. Основные положения по теоретическому материалу (кратко).
4. Описание экспериментальной части работы и полученные результаты с необходимым графическим материалом, анализом, выводами.
5. Обоснованное решение указанной преподавателем задачи.

**ЗАДАНИЕ** к практической работе №1: На формате А4 выполните разметку кромок деталей под сварку толщиной 4мм., 8мм., 16мм. разных типов сварных соединений с указанием геометрических размеров швов.

**Теоретический материал**

Скос кромки. Притупление кромки

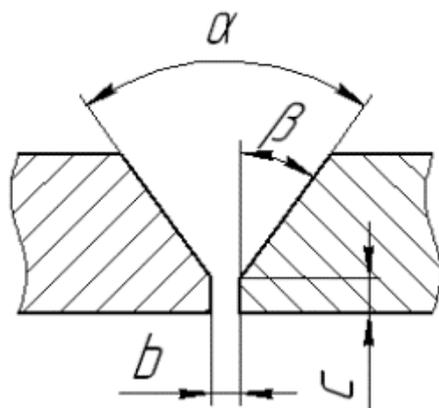


Скос кромки - прямолинейный наклонный срез кромки, подлежащей [сварке](#).



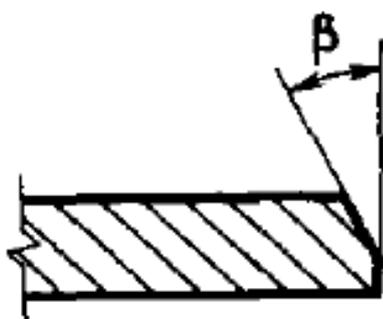
Притупление кромки - несошенная часть торца кромки, подлежащей [сварке](#).

## Конструктивные элементы разделки кромок

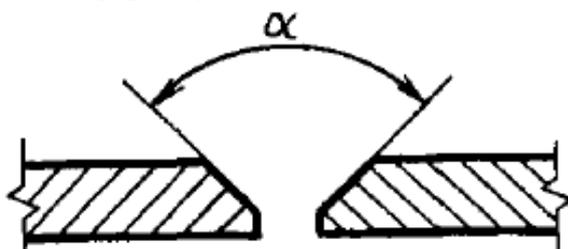


- $\beta$  - [угол скоса кромки](#)
- $\alpha$  - [угол разделки кромок](#)
- $c$  - [притупление кромки](#)
- $b$  - [зазор](#)

Угол разделки кромок. Угол скоса кромки



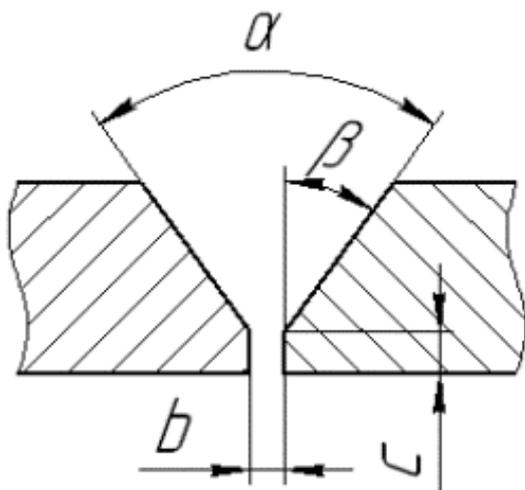
Угол скоса кромки - острый угол между плоскостью [скоса кромки](#) и плоскостью торца. Краткая форма: угол скоса.



Угол разделки кромок

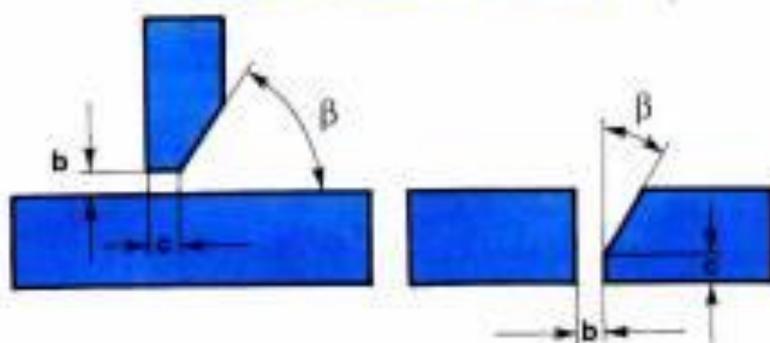
- угол между скошенными кромками свариваемых частей.  
Краткая форма: угол разделки.

## Конструктивные элементы разделки кромок



- $\beta$  - угол [скоса кромки](#)
- $\alpha$  - угол [разделки кромок](#)
- $c$  - [притупление кромки](#)
- $b$  - [зазор](#)

## РАЗДЕЛКА ОДНОЙ КРОМКИ

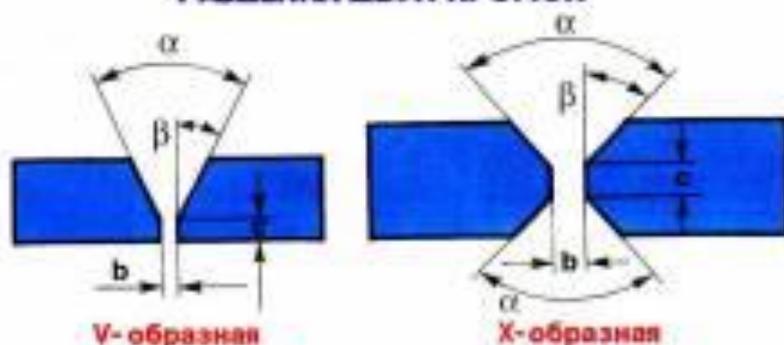


$\alpha$  - угол разделки кромок (60-90°)

$\beta$  - угол скоса кромки (30-50°)

$b$  - зазор (1-4 мм) в зависимости от толщины свариваемого металла

## РАЗДЕЛКА ДВУХ КРОМОК

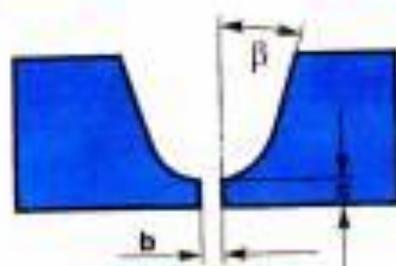


V-образная

X-образная

При сварке плавящимся электродом зазор  $b$  обычно составляет 0-5 мм. Чем больше зазор, тем глубже проплавление металла

$c$  - притупление кромок (1-3 мм) в зависимости от толщины свариваемого металла



U-образная

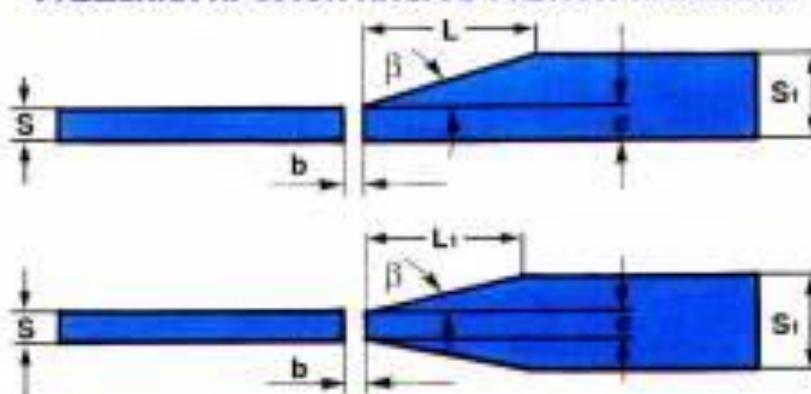
X-образная разделка кромок по сравнению с V-образной позволяет уменьшить объем наплавленного металла в 1,6 - 1,7 раза

## СМЕЩЕНИЕ СВАРИВАЕМЫХ КРОМОК



$\Delta$  - смещение свариваемых кромок одна относительно другой.

## РАЗДЕЛКА КРОМОК ЛИСТОВ РАЗНОЙ ТОЛЩИНЫ



Толщина металла, мм	Наибольшее допустимое $\Delta$ , мм
До 4	0,5
4 - 10	1,0
10 - 100	0,1S, но не более 3 мм
Свыше 100	0,01S + 2, но не более 4 мм

$$L = 5(S_1 - S)$$

$$L_1 = 2,5(S_1 - S)$$

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назовите виды разделки кромок металла и от чего они зависят.
2. Зарисуйте их
3. При каких толщинах металла применяются разделки, которые вы описали?
4. Какие контрольно- измерительные инструменты будем использовать для разделки кромок?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. Описание технологической последовательности сборки- сварки двутавровых и коробчатых балок.**

### **Тема 3.2 Способы сборки элементов конструкции**

**Количество часов: 2**

#### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

1 Формирование способности и готовности использовать теоретические знания для описания технологической последовательности сборки- сварки двутавровых и коробчатых балок.

**ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ:** Раздаточный материал.

#### **ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ:**

В местах концентрации напряжений суммарная величина их может превысить временное сопротивление разрыву наплавленного металла, что вызовет начало разрушения сварного шва. А в отдельных случаях приводит к разрушению сварной конструкции в целом. Причинами возникновения напряжений и деформаций при сварке являются: неравномерное нагревание металла, литейная усадка расплавленного металла, структурные превращения в металле.

Для борьбы с деформациями принимаются следующие меры.

Мероприятия, выполняемые до сварки.

*Рациональное конструирование сварных изделий.* В процессе конструирования необходимо: ограничивать количество наплавленного металла уменьшением катетов швов или угла скоса кромок; не допускать пересечения большого количества швов; не располагать сварные швы там, где действуют максимальные напряжения от внешних нагрузок, и размещать их симметрично; применять преимущественно стыковые швы и т. п.

*Правильная сборка деталей с учетом возможных деформаций.* При этом наиболее часто применяют метод обратных деформаций (рис. 1). Зная, что шов после охлаждения всегда сокращается в размерах, можно заранее предугадать характер возможных напряжений и деформаций и произвести предварительный выгиб свариваемых деталей и противоположную сторону. Величина обратного выгиба определяется расчетным или опытным путем.

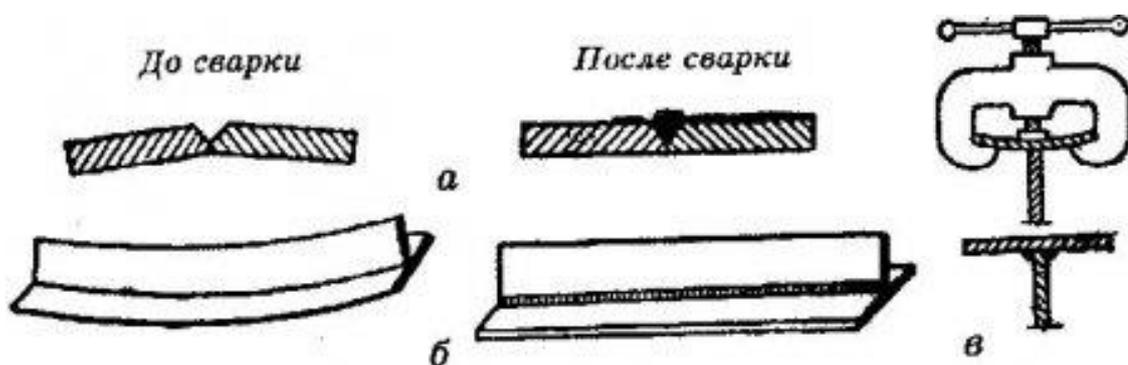


Рис. 1. Обратные деформации и положения элементов изделия после сварки:  
 а - стыковое соединение двух пластин; б - тавровая балка; в - полка таврового соединения

При сборке деталей следует избегать прихваток, которые создают жесткое закрепление деталей и способствуют возникновению значительных остаточных напряжений. Лучше применять сборочные приспособления, допускающие некоторое перемещение деталей при усадке металла

Мероприятия, выполняемые в процессе сварки.

*Рациональная последовательность наложения сварных швов.* Сварные конструкции следует изготовлять так, чтобы замыкающие швы, создающие жесткий контур, заваривались в последнюю очередь. Сварку нужно вести от середины конструкции к ее краям, как бы сгоняя при этом внутренние напряжения наружу. Каждый последующий шов при многослойной сварке рекомендуется накладывать в направлении, обратном направлению предыдущего шва.

*При сварке полотниц* из отдельных листов (рис. 2, а) в первую очередь нужно выполнять поперечные швы отдельных поясов, чтобы обеспечить их свободную усадку, а затем сваривать пояса между собой продольными швами. В противном случае возможно образование трещин в местах пересечения поперечных и продольных швов.

*При сварке двутавровых балок* (рис. 2, б) в первую очередь выполняют стыковые соединения стенок и полок, а затем - угловые поясные швы.

*При сварке цилиндрических сосудов* из нескольких обечаек (рис. 2, в) сначала выполняют продольные швы обечаек, а затем обечайки сваривают между собой кольцевыми швами. При ручной и механизированной сварке швы большой протяженности рекомендуется накладывать в обратноступенчатом порядке.

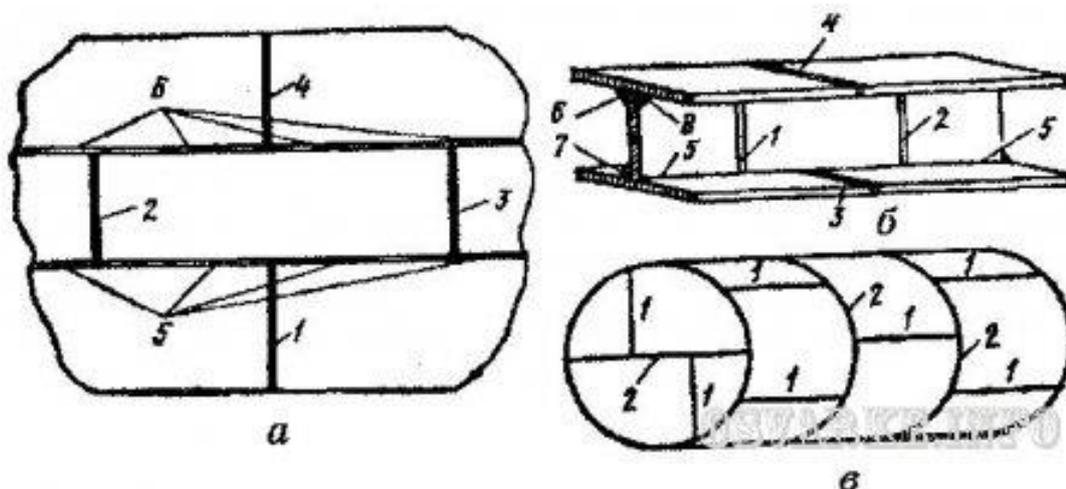


Рис. 2. Последовательность наложения швов (1-8) при сварке: а - полотна из отдельных листов; б - двутавровой балки; в - цилиндрического сосуда

*Уравновешивание деформаций.* В этом случае (рис. 3) швы выполняют в такой последовательности, при которой последующий шов вызывает деформации обратного направления по сравнению с деформациями от предыдущего шва. Этот способ может быть использован при симметричном расположении швов.

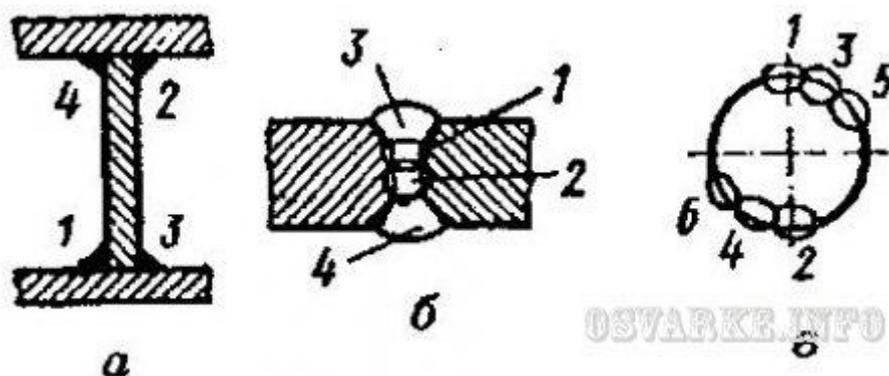


Рис.3. Уравновешивание деформации:

а - при изготовлении сварной двутавровой балки; б - при выполнении сварного стыкового многослойного шва; в - при наплавке валика продольными швами: 1-6 - последовательность наложения швов.

*Жесткое закрепление деталей при сварке.* В этом случае детали закрепляют в сборочно-сварочных приспособлениях, обладающих значительной жесткостью. После сварки в таких приспособлениях короблений деталей почти не будет, но в сварных швах возрастут внутренние напряжения.

Балки коробчатого сечения сложнее в изготовлении, чем двутавровые. Но они имеют большую жесткость на кручение и поэтому широко применяются в конструкциях крановых мостов и подкрановых балках. При большой длине таких балок полки и стенки сваривают встык из нескольких листов.

Сборка коробчатых балок проводится:

- на стеллажах с применением переносных сборочных устройств;
- в кондукторах;
- на стенде с самоходным порталом.

Сборка на стеллажах осуществляется в следующем порядке

а) на стеллажах укладывают верхний пояс (верхнюю полку). На ней размечают места установки диафрагм. С помощью крана выставляют диафрагмы по угольнику, прихватывают и приваривают.

б) краном выставляют на полку обе стенки и с помощью переносных сборочных устройств прижимают к диафрагмам. Стенки прихватывают к полкам диафрагмам. После этого зажимные устройства снимают.

в) собранную полку балки кантуют на  $90^{\circ}$  и приваривают диафрагмы к одной стенке, а после кантовки на  $180^{\circ}$  – к другой.

г) после окончательной приварки диафрагм балку устанавливают в первоначальное положение. Краном устанавливают 2-ую (нижнюю) полку, прихватывают и балку передают на сварку.

Прихватки и сварку диафрагм осуществляют РДС или механизированной сваркой в  $\text{CO}_2$ , а поясные швы варят АДС под флюсом.

Сборка в кондукторе. Общая последовательность сборки и сварки в кондукторе такая же, как и на стеллажах. А прижатие стенок к диафрагмам, полки к стенкам в кондукторе производится пневмо или гидроприжимами. Кантовка балки и приварка стенок к диафрагмам производится за пределами кондуктора.

Сборка на стенде с передвижным порталом применяется для изготовления балок большой длины в условиях заводов металлоконструкций и машиностроительных заводов. Портал состоит из рамы, вертикального и горизонтального прижимов с пневмоцилиндрами, захватов и ходовой части. Захваты и вертикальный прижим образуют замкнутую силовую систему, разгружающую раму и ходовую часть портала от вертикального усилия.

Предварительно производится сборка-сварка пояса с диафрагмами. С помощью крана на полку устанавливаются стенки и удерживаются вертикально специальными ручными стяжками. Портал устанавливается против места прихватки (начиная с конца балки), включаются прижимы и производится прихватка боковых стенок.

После этого прижимы отводят, портал передвигают вдоль балки к месту следующих прихваток, и цикл повторяется. После прихватки стенок устанавливается нижний пояс и последовательно прижимается и прихватывается к стенкам по всей длине балки.

Передвижные порталы с пневмоцилиндрами применяют для балок с размерами:

–высота ~ до 1,5м;

–ширина ~ до 1м;

–толщина стенок ~ до 6мм;

–толщина пояса ~ 14мм.

усилие вертикального прижима до 4т (40кН), а горизонтального – по 1т (10кН).

Скорость передвижения – 30м/мин.

Для балок с небольшими размерами порталы выполняются самоходными. Для сборки крупных коробчатых балок высотой до 3м, длиной до 10м, с толщиной стенки до 16мм и пояса до 60мм применяют самоходные порталы с гидроприжимами: вертикальные до 21т, горизонтальные до 2,3т. Сварку поясных швов под слоем флюса ведут наклонным электродом, а возможный подрез менее опасен, чем у двутавра, т.к. нагрузка передается с полки на стенку через диафрагмы.

Монтажные стыки балок.

При монтаже конструкций нередко возникает необходимость стыковки балок. Применяют 3 типа стыков двутавровых балок. Раздвинутый стык применяют как технологический, а обычно – совмещенный стык, выполняемый РДС или полуавтоматом в  $\text{CO}_2$ . Последовательность выполнения стыковых швов поясов и стенки назначают из следующих соображений:

Если в 1-ю очередь сваривать стыки поясов, то стык стенки придется варить в условиях жесткого закрепления. Поэтому после выполнения шва в стенке возникают больше растягивающие напряжения, что может вызвать трещины.

Если сначала варить стык стенки, а потом стыки полок, то в швах полки вследствие их поперечной усадки возникают большие остаточные напряжения растяжения. В худшем положении при действии рабочих нагрузок будет шов нижнего пояса.

На практике поясные швы иногда не доваривают на заводе на величину отпуска  $L$ . На монтаже варят стыки по 1-му или 2-му варианту, а затем доваривают поясные швы. Назначение отпуска – дать возможность при заварке стыка стенки полностью деформироваться, что снижает уровень остаточных напряжений. Но при этом может быть коробление полки.

Поэтому в каждом конкретном случае в зависимости от условий работы стыков балки, размеров сечений и т.д. оптимальная технология может быть различной.

Для стыков, работающих под статической нагрузкой, часто применяют соединение с накладками. Они менее прочны, но технологически проще, хотя требуют дополнительного расхода металла. Для вибрационных нагрузок такие соединения непригодны.

### **Технология изготовления рам.**

Рамные конструкции представляют собой систему жестко соединенных балок или профильных элементов. Рамы входят в состав различных транспортных устройств (вагонов, автомобилей, мостовых кранов), приводов, металлоформ и т.д.

Сборка рамы заключается в придании её элементам проектного положения. При этом большое значение имеет последовательность сборочно-сварочных операций. Возможны следующие варианты:

- сварка после полного завершения сборки;
- попеременно сборка и сварка;
- поузловая сборка-сварка.

Для рам рекомендуется узловая, с последующей общей сборкой и сваркой. Например, конструкция мостового крана, состоящая из 2-х пролетных балок и 2-х концевых.

Если рама не разбивается на самостоятельные узлы, то применяют последовательную сборку-сварку. При этом в 1-ю очередь собирают и прихватывают наиболее жесткую часть рамы, а затем к ней прихватывают остальные части.

Попеременная сборка-сварка применяется, когда полная сборка конструкции затрудняет доступ к сварным швам.

- Сборка рам проводится:
- на стеллажах по разметке;
  - на стендах с передвижными порталами и стеллажами или плитами;
  - в кондукторах.

Стенды с порталами применяют в серийном производстве для сборки плоских рам, детали которых прижимают к основанию или другим деталям вертикальными прижимами порталы.

Применение УСП позволяет перестраивать на другие типоразмеры рам и отказаться от передвижного портала. Кондукторы используют в серийном и массовом производстве для сборки одного или нескольких типоразмеров рам. Для сварки рам применяют полуавтоматы для сварки в защитных газах и РДС. Кантовка рам производится двухстоечными, книжными, кольцевыми и домкратными кантователями, а также кантователями с поворотной рамой.

### **ЗАДАНИЕ:**

1. *Опишите технологическую последовательность сборки- сварки двутавровой балки. Размеры заготовок:  
Лист 6 150x1000мм. - 2шт.  
Лист 10 200x1000мм. -1шт.*
2. *Опишите технологическую последовательность сборки- сварки коробчатых коробчатого сечения. Размеры заготовок: из стали (0,9 Г2С)  
Размеры заготовок: 16 L=1000 мм. - 6шт.*

### **Контрольные вопросы:**

1. Назовите: часть машины, которую можно изготовить без сборочных операций
2. Определите, название процесса, при котором с поверхности заготовки режущим инструментом срезается слой металла в виде стружки для получения необходимой геометрической формы: ?
3. Назовите соединения позволяющие разъединять детали без их повреждения:
4. Определите, название передачи состоящей из ведущей и ведомой звездочек, связанных друг с другом приводной цепью
5. Назовите, какая категория не относится к сварным конструкциям
6. Определите, уменьшение длины изделия на один погонный метр шва при усадке продольных швов, толщина свариваемого металла ..... мм
7. Определите поперечные перемещения (усадку) на один стык при толщине свариваемого металла 6...8 мм: ?
8. Назовите, как действует при сварке двутавровой балки определенная последовательность выполнения сварных швов: 7
9. Назовите, как называется процесс изготовления изделия одного наименования?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3.

### « ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВ ТЕРМООБРАБОТКИ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ»

#### Тема 3.2 Способы сборки элементов конструкции

Количество часов: 2

#### Цель работы:

- Изучить : способы устранения дефектов сварных швов;
- порядок проведения работ по предварительному, сопутствующему (межслойному) подогреву металла;

**ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ:** Раздаточный материал, режимы термообработки

#### **.ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ:**

- 1.Внимательно прочитайте основные сведения по теме.
2. В зависимости от химических свойств стали, толщины металла и от размеров конструкции, назначить вид термообработки и определить параметры.
3. Дать описание выбранному виду термообработки (таблица,)
4. Записать параметры режима термообработки.

Результаты работы занести в таблицу:

Марка стали, толщина	Характеристика основного металла	Температура предварительного подогрева	Вид термообработки после сварки, характеристика вида т.о	Свойства основного металла после т.о
Ст3				
Сталь10				
15ХМ				
50Х				

Ответить на контрольные вопросы.

### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

#### Виды термообработки

**Термическая обработка (термообработка) стали, цветных металлов** — процесс изменения структуры стали, цветных металлов, сплавов при нагревании и последующем охлаждении с определенной скоростью. Термическая обработка (термообработка) приводит к существенным изменениям свойств стали, цветных металлов, сплавов. Химический состав металла не изменяется.

#### **Виды термической обработки стали**

**Отжиг** — термическая обработка (термообработка) металла, при которой производится нагревание металла, а затем медленное охлаждение. Эта термообработка (т. е. отжиг) бывает разных видов (вид отжига зависит от температуры нагрева, скорости охлаждения металла).

*Закалка* — термическая обработка (термообработка) стали, сплавов, основанная на перекристаллизации стали (сплавов) при нагреве до температуры выше критической; после достаточной выдержки при критической температуре для завершения термической обработки следует быстрое охлаждение. Закаленная сталь (сплав) имеет неравновесную структуру, поэтому применим другой вид термообработки — отпуск.

*Отпуск* — термическая обработка (термообработка) стали, сплавов, проводимая после закалки для уменьшения или снятия остаточных напряжений в стали и сплавах, повышающая вязкость, уменьшающая твердость и хрупкость металла.

*Нормализация* — термическая обработка (термообработка), схожая с отжигом. Различия этих термообработок (нормализации и отжига) состоит в том, что при нормализации сталь охлаждается на воздухе (при отжиге — в печи).

Низкоуглеродистые стали хорошо свариваются всеми способами сварки плавлением. В тех случаях, когда сварная конструкция имеет большую жёсткость, или она изготовлена из толстолистного металла, назначают термическую обработку для снятия сварочных напряжений. Как правило, это нормализация при температуре 900...940°C или высокий отпуск при температуре 650...700°C.

Среднеуглеродистые стали при сварке имеют низкую стойкость металла шва против трещин и склонны к образованию закалочных структур в шве околошовной зоне. Для сварки такого рода сталей применяют предварительный общий подогрев изделия до температуры 250...300°C. После сварки обычно производят закалку и высокий отпуск стали для выравнивания свойств и снятия сварочных напряжений. В зависимости от размеров сварочной конструкции и наличия оборудования для термической обработки сварные соединения из среднелегированных сталей могут, как подвергаться, так и не подвергаться термической обработке.

После термической обработки (закалка + высокий отпуск) сварные соединения становятся равноценными основному металлу по всем физико-химическим свойствам, при условии одинаковости химического состава металла шва и основного металла. В ряде случаев механические свойства шва выше, чем у основного металла из-за благоприятной первичной кристаллизации и большой химической однородности металла шва.

Грубозернистая структура участка перегрева околошовной зоны полностью ликвидируется после термической обработки.

Иногда для повышения механических свойств и снятия сварочных напряжений применяют высокий отпуск (нагрев до 600...650°C) или низкий отпуск (200...300°C). Высокий отпуск для таких сталей более эффективен, так как обеспечивает полное снятие сварочных напряжений и частично устраняет закалку металла шва и околошовной зоны. При этом прочность немного понижается, пластичность, и ударная вязкость существенно возрастает. Однако высокий отпуск не обеспечивает перекристаллизации металла и не может полностью устранить структуру закалки.

Низкоуглеродистые хромистые ферритные и мартенситные стали толщиной до 10 мм можно сваривать без предварительного подогрева, не опасаясь появления холодных трещин. Если сварку проводят электродами из хромистой мартенситной или ферритно-мартенситной стали, то сразу же после сварки, во избежание появления холодных трещин и для повышения пластичности сварного соединения, необходимо провести отпуск при температуре 700...750°C. При сварке аустенитными электродами отпуск может проводиться не сразу после сварки.

Низкоуглеродистые хромистые стали толщиной свыше 10 мм желательно сваривать с предварительным подогревом до 150...180°C.

Высокоуглеродистые хромистые стали необходимо сваривать с подогревом независимо от толщины изделия.

В зависимости от размеров сварной конструкции и наличия оборудования для термической обработки сварные соединения из среднелегированных сталей могут как подвергаться, так и не подвергаться термической обработке.

В случае проведения закалки с высоким отпуском сварные соединения становятся равноценными основному металлу по всем физико-химическим свойствам, при условии одинаковости химического состава металла шва и основного металла. В ряде случаев механические свойства шва выше, чем у основного металла из-за благоприятной первичной кристаллизации и большой химической однородности металла шва.

Иногда для повышения механических свойств и снятия сварочных напряжений в сварных соединениях из среднелегированных сталей применяют высокий (600...650°C) или низкий (200...300°C) отпуск.

Высокий отпуск более эффективен, так как обеспечивает полное снятие сварочных напряжений и частично устраняет закалку металла шва и околошовной зоны. При этом прочность немного снижается, пластичность и ударная вязкость существенно возрастает. Однако высокий отпуск не обеспечивает перекристаллизации металла и не может полностью устранить структуру закалки. Поэтому при сварке нужно применять меры по измельчению структуры металла шва.

При сварке хромистых жаропрочных сталей, склонных к резкой закалке, возможно образование холодных трещин в шве и околошовной зоне. Поэтому при сварке сталей такой группы обязательным условием является предварительный и сопутствующий подогрев металла до температуры не менее 250...300°C с последующим отпуском после сварки.

Режим предварительного подогрева сталей перед сваркой Таблица 1

Сталь	Температура подогрева, °C
Низкоуглеродистая	120...150 (при многослойной сварке)
Среднеуглеродистая	150...300
Высокоуглеродистая	300...450
Низколегированная	200...250
Легированная конструкция	До 400
Теплоустойчивая	250...400
Жаропрочная аустенитенитная	Без подогрева

Если сварные соединения из жаропрочной стали выполняют электрошлаковой сварки, то предварительный подогрев металла не обязателен, но необходимо незамедлительная термообработка сварного соединения.

Виды и режимы термообработки сталей после сварки Таблица 2.

Сталь	Виды и режимы термообработки
Углеродистая	Отпуск при температуре 650...670°C, иногда нормализация при температуре 920...940°C с последующим отпуском
Низколегированная	Отпуск при температуре 670...700°C
Легированная конструкция	Отпуск или закалка в зависимости от требований к сварной конструкции
Теплоустойчивая	Отпуск при температуре 720...740°C при толщине до 10 мм и при температуре 700...730°C при толщине свыше 10 мм

Жаропрочная мартенситного  
или ферритного классов

Отпуск при температуре 700...800°C

Режимы предварительного подогрева сталей перед сваркой приведены в табл. 3.1. рекомендуемые виды и режимы термообработки сварных соединений из сталей после сварки приведены в табл.3.2.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие параметры выбирают при проведении термической обработки металлов?
2. Какие нагревательные устройства применяют при термической обработке металлов?
3. Какие устройства применяют для измерения температуры при термической обработке металлов?
4. С какой целью производят предварительный подогрев деталей перед сваркой?

### Критерии оценки за практическую работу:

Основными критериями оценки лабораторных и практических работ являются:

1. Выполнение работы в полном объеме и в отведенное время.
2. Аккуратность и соблюдение режима.
3. Умение пользоваться всем инвентарем и оборудованием, используемым при проведении работы.
4. Самостоятельность и активность при выполнении работы.
5. Техническая грамотность в оформлении работы.
6. Правильные ответы на контрольные вопросы.

### Критерии оценки:

оценка «5» , если работа выполнена на 90-100%

оценка «4» выставляется, если работа выполнена на 70-89%

оценка «3» выставляется, если работа выполнена на 50-69%

оценка «2» выставляется, если работа выполнена меньше, чем на 50%.

### Учебно-методическое и информационное обеспечение:

1. Дефектация сварных швов и контроль качества сварных соединений : учебник / Р. А. Латыпов, А. А. Черепяхин, Г. Р. Латыпова [и др.] ; под ред. Р. А. Латыпова. — Москва : КноРус, 2023. — 201 с. — ISBN 978-5-406-11592-3. — URL: <https://book.ru/book/949432>— Текст : электронный.
2. Подготовительные и сборочные операции перед сваркой : учебник / В. В. Овчинников. — Москва : КноРус, 2024. — 170 с. — ISBN 978-5-406-12889-3. — URL: <https://book.ru/book/952910>— Текст : электронный.
3. Подготовительные сварочные работы : учебник / А. А. Черепяхин, Р. А. Латыпов, Л. П. Андреева [и др.] ; под ред. А. А. Черепяхина, Р. А. Латыпова. — Москва : КноРус, 2023. — 180 с. — ISBN 978-5-406-11574-9. — URL: <https://book.ru/book/949273>— Текст : электронный.
4. Чумаченко, Ю. Т., Материаловедение и слесарное дело : учебник / Ю. Т. Чумаченко, Г. В. Чумаченко. — Москва : КноРус, 2023. — 293 с. — ISBN 978-5-406-11761-3. — URL: <https://book.ru/book/949615>— Текст : электронный.

**Дополнительные источники:**

1. Справочник сварщика : справочное издание / В. В. Овчинников. — Москва : КноРус, 2024. — 271 с. — ISBN 978-5-406-12301-0. — URL: <https://book.ru/book/950678> — Текст : электронный.

**Информационно-справочные и поисковые системы**

1. <http://www.gazosvarka.ru/>
2. <http://www.svarka.com/>
3. [http://www.uzim.ru/instrument\\_svarka/](http://www.uzim.ru/instrument_svarka/)
4. <http://www.osvarke.com/defekt.htm/>

**Список источников и литературы (для преподавателя)**

**Основные источники:**

1. Основы технологии сварки и сварочное оборудование : учебник / В. В. Овчинников. — Москва : КноРус, 2024. — 258 с. — ISBN 978-5-406-12298-3. — URL: <https://book.ru/book/951080>— Текст : электронный.
2. Подготовительные и сборочные операции перед сваркой : учебник / В. В. Овчинников. — Москва : КноРус, 2024. — 170 с. — ISBN 978-5-406-12889-3. — URL: <https://book.ru/book/952910>— Текст : электронный.
3. Подготовительные сварочные работы : учебник / А. А. Черепяхин, Р. А. Латыпов, Л. П. Андреева [и др.] ; под ред. А. А. Черепяхина, Р. А. Латыпова. — Москва : КноРус, 2023. — 180 с. — ISBN 978-5-406-11574-9. — URL: <https://book.ru/book/949273>— Текст : электронный.
4. Чумаченко, Ю. Т., Материаловедение и слесарное дело : учебник / Ю. Т. Чумаченко, Г. В. Чумаченко. — Москва : КноРус, 2023. — 293 с. — ISBN 978-5-406-11761-3. — URL: <https://book.ru/book/949615>— Текст : электронный.

**Дополнительные источники:**

1. Справочник сварщика : справочное издание / В. В. Овчинников. — Москва : КноРус, 2024. — 271 с. — ISBN 978-5-406-12301-0. — URL: <https://book.ru/book/950678> — Текст : электронный.
2. Дефектация сварных швов и контроль качества сварных соединений : учебник / Р. А. Латыпов, А. А. Черепяхин, Г. Р. Латыпова [и др.] ; под ред. Р. А. Латыпова. — Москва : КноРус, 2023. — 201 с. — ISBN 978-5-406-11592-3. — URL: <https://book.ru/book/949432>— Текст : электронный.