

ООО «НЕВАФЛЕКС» — российская компания, специализирующаяся на производстве промышленного оборудования, деталей и комплектующих для трубопроводных систем и производственных установок.

Производим сильфонные компенсаторы, металлорукава высокого давления, фланцы и другие металлоизделия.

Компания располагает необходимым оборудованием для изготовления изделий любой сложности.

- слесарно-сварочная мастерская
- токарный участок для изготовления деталей
- система контроля качества производственного цикла
- склад сырья и материалов с запасом комплектующих

Соответствие ГОСТ/ISO и техническим регламентам

Возможно срочное изготовление заказов

Индивидуальный подход к проектам

Гибкая ценовая политика

Доставка по России

Тел. +7 (952) 287 61 19 +7 (953) 370 45 93

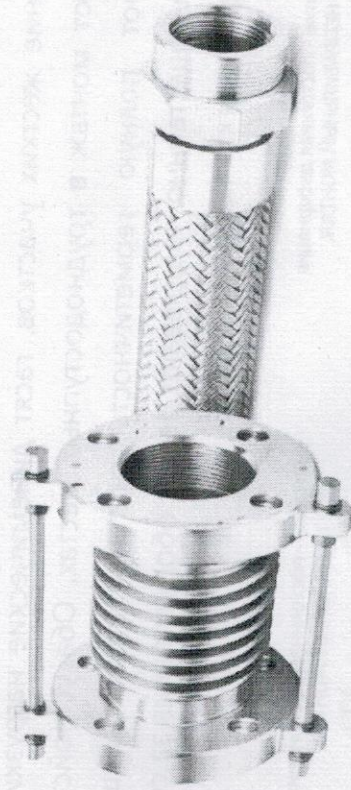
e-mail: nevaflex@yandex.ru office@nevafleks.space

сайт: <https://nevafleks.space/>

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

информационный справочник

Часть №1



Сильфонные компенсаторы Металлорукава

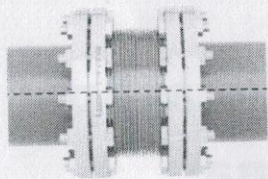
- монтаж и установка -
- инструменты и сварка -
- металл и станки -

Компания-производитель
ООО «НЕВАФЛЕКС»
2026

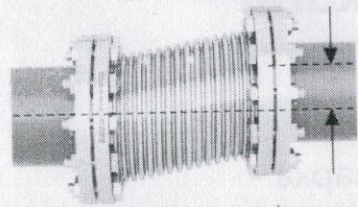
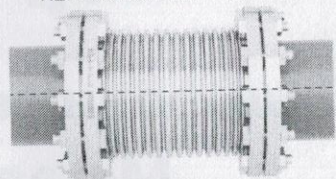
Сильфонные компенсаторы и предназначены для защиты трубопроводов и оборудования от разрушения. Их основная функция — компенсация температурных расширений, вибраций, гидроударов и сейсмических подвижек.

Металлорукава высокого давления обеспечивают гибкое соединение жестких участков, гасят динамические нагрузки и упрощают монтаж в труднодоступных местах. Оба устройства сохраняют полную герметичность системы, предотвращая утечки и существенно продлевают ресурс оборудования за счет снятия критических напряжений

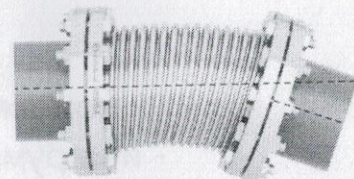
сжатие - постоянная деформация
НЕПРАВИЛЬНЫЙ МОНТАЖ



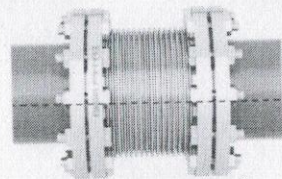
разжатие - постоянная деформация
НЕПРАВИЛЬНЫЙ МОНТАЖ



смещение - постоянная деформация
НЕПРАВИЛЬНЫЙ МОНТАЖ



изгиб - постоянная деформация
НЕПРАВИЛЬНЫЙ МОНТАЖ



Нет деформаций
ПРАВИЛЬНЫЙ МОНТАЖ

Особенности эксплуатации: чтобы станок служил долго

Как любой сложный механизм, станок требует регулярного ухода. Система технического обслуживания и ремонта (ТОиР) должна быть на предприятии четко регламентирована.

Основные правила:

Установка на фундамент — станок должен быть смонтирован строго по уровню на виброизолирующем основании, иначе геометрия обработки "уплывет". Постоянные проверки уровня масла, еженедельный контроль износа узлов и плановая смазка и зачистка.

Испытания — после ремонта или переноса станок обязательно проходит проверку на точность, жесткость и виброустойчивость.

Смазка — используйте только рекомендованные масла и не допускайте утечек. Стружка и грязь убивают направляющие быстрее, чем интенсивная работа.

Помните: своевременное обслуживание дешевле капитального ремонта.

Дополнительно:

токарные станки — для круглого
фрезерные — для сложного контура
гибочные — для листа

Выбирайте оборудование под конкретную номенклатуру деталей, и не экономьте на обслуживании. Только тогда станок станет не статьей расходов, а источником прибыли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Нормативные документы

1. ГОСТ ISO 3834-2-2023. Требования к качеству сварки плавлением металлических материалов. Часть 2. Всесторонние требования к качеству. – М.: Стандартинформ, 2023.
2. ГОСТ Р ИСО 15614-1-2009. Технические условия и аттестация технологий сварки металлических материалов. – М.: Стандарт информ, 2009.
3. ASME BPVC Section IX-2021. Welding, Brazing, and Fusing Qualifications. – New York: ASME, 2021.
4. РД 5-ВЭП. Руководящий документ по применению осевых сильфонных компенсаторов. – М.: ВНИПИэнергопром, 2003.

Учебная и справочная литература

5. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: учебник для вузов. – М.: Альянс, 2019.
6. Овчинников В.В. Дефектация сварных швов и контроль качества сварных соединений: учебник. – М.: Академия, 2015.
7. Чуманов И.В., Алексеев И.А. Перспективные стали и сплавы: учебное пособие. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2024.
8. Руководство по компенсаторам / пер. с нем. Ю.К. Рябовой; под ред. Д.Д. Таича. – Уфа: Витценманн-Россия, 2012.

Пособие предназначено для инженеров, монтажников и технических специалистов, обладающих базовой профессиональной подготовкой.

Материал информационного характера

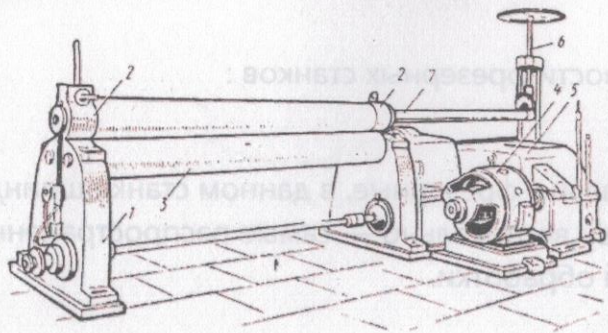
За выбор материалов, соблюдение технологий сварки и монтажа, а также за технику безопасности на объекте возлагается на руководителя работ и исполнителя.

Охрана труда

При выполнении любых видов работ, описанных в пособии (сварка, монтаж, испытания), строго соблюдайте действующие нормы охраны труда, пожарной безопасности и промышленной санитарии. Используйте средства индивидуальной защиты (СИЗ): маски сварщика, защитные очки, перчатки, спецобувь и другое.

Соответствие нормативам

Все рекомендации должны применяться с учетом актуальных ГОСТов, СНиПов и паспортных данных конкретного оборудования. При возникновении противоречий руководствуйтесь официальной документацией завода-изготовителя.



Гибочные станки: деформация металла

Гибочные станки (листогибы) предназначены для придания листовому металлу нужной формы без снятия стружки, методом холодной гибки. Это операция, от которой зависит точность геометрии готового изделия.

Основные типы :

1. Листогибочные прессы — работают по принципу пуансон-матрица: пуансон давит на лист сверху, вдавливая его в матрицу. Привод чаще гидравлический или электромеханический.
2. Листогибы с поворотной балкой — лист зажимается верхней балкой, а поворотная балка гнет его снизу вверх. Позволяют получать углы до 180° за два прохода.
3. Ручные гибочные станки — мобильные и недорогие (от 15 000 руб.), идеальны для стройплощадок и мелких мастерских (изготовление желобов, коробов, элементов кровли).

Важно! Для сложных коробов и профилей выбирайте сегментные (секционные) гибочные станки — они позволяют гнуть отдельные участки листа независимо.

Пошаговая инструкция монтажа компенсаторов

Шаг 1. Подготовительные работы

Перед началом монтажа необходимо убедиться в пригодности изделия к эксплуатации:

1. Визуальный осмотр: проверьте компенсатор на наличие вмятин, забоин на соединительных поверхностях и следов коррозии. Особое внимание уделите сильфонной части — на ней не должно быть вмятин и рисок.
2. Проверка чистоты: убедитесь, что внутренняя полость компенсатора и соединительные патрубки чисты. Наличие грязи, окалина или сварочного грата недопустимо.
3. Сверка характеристик: сравните паспортные данные (материал, рабочее давление, тип компенсатора, направление стрелки указателя среды) с проектными требованиями.

Шаг 2. Подготовка места установки

1. Подготовка труб: трубы в месте стыковки должны быть точно подогнаны по высоте и направлению. Оси труб должны быть идеально соосны. Несосоосность — главный враг компенсатора.
2. Проверка зазоров: необходимо обеспечить проектный монтажный зазор с учетом температуры окружающей среды и предполагаемого температурного расширения.
3. Подготовка опор (если требуется): проверьте наличие и правильность установки неподвижных опор. Именно они будут воспринимать нагрузки от давления и температурных расширений, разгружая компенсатор.

Шаг 3. Монтаж и центровка

1. Снятие транспортировочных приспособлений: перед установкой обязательно снимите транспортировочные фиксаторы. Монтаж в зафиксированном состоянии приведет к разрыву компенсатора при первом же нагреве.
2. Центровка: установите компенсатор между патрубками. Ось компенсатора должна строго совпадать с осью трубопровода. Перекосы, изгибы и скручивание сильфона недопустимы.
3. Фиксация: прихватите компенсатор сваркой или слегка наживите фланцевые соединения, убедившись в отсутствии натягов и перекосов.

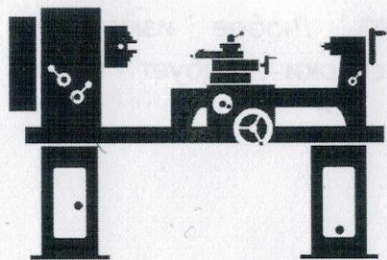
Шаг 4. Сварка и контроль качества

1. Защита сильфона: при проведении сварочных работ обязательно накройте гофрированную часть компенсатора асбестовым полотном или специальным экраном. Попадание брызг металла и окалины на сильфон категорически запрещено, так как это вызывает коррозию и концентрацию напряжений.
2. Выполнение сварки: сварку стыков производите в соответствии с аттестованной технологией (TIG, MMA). Особое внимание уделите качеству корневого шва.
3. Контроль: после сварки проверьте качество швов (визуально, измерительно, при необходимости — неразрушающими методами).

Разновидности фрезерных станков :

- ❖ Вертикально-фрезерные, в данном станке шпиндель расположен вертикально — самые распространенные для контурной обработки.
- ❖ Горизонтально-фрезерные — для тяжелых работ с длинными заготовками.
- ❖ Универсальные с поворотным столом — позволяют обрабатывать деталь под разным углом.
- ❖ Широкоуниверсальные — имеют дополнительные шпиндельные головки, могут работать как горизонтально, так и вертикально. Возможность движения станка по своей оси.
- ❖ Продольно-фрезерные — для крупногабаритных деталей (станины, корпуса).
- ❖ Современные фрезерные станки с ЧПУ и 5-осевой обработкой позволяют изготавливать детали сложнейшей геометрии за одну установку.

При фрезеровании жесткость системы станок—приспособление—инструмент—деталь критична. Любая вибрация — враг качества. Для станков с ЧПУ важна грамотная САМ-программа, оптимизирующая траектории.



Токарные станки и оборудование по металлу

Токарные станки предназначены для обработки деталей, имеющих форму тел вращения: валов, втулок, дисков, фланцев и других изделий.

Важно знать:

Современные токарные станки могут выполнять точение, растачивание, сверление, нарезание резьбы и даже фрезерование (на токарно-фрезерных обрабатывающих центрах).

Ключевые элементы: станина из высокопрочного чугуна (гасит вибрации), шпиндель (обеспечивает точность вращения), суппорт с резцедержателем.

По уровню автоматизации: от простых станков с ручным управлением (для ремонтных мастерских) до токарных автоматов с ЧПУ (для серийного производства).

Совет: При выборе токарного станка обращайте внимание на диаметр обработки над станиной и расстояние между центрами — эти параметры определяют максимальные размеры ваших деталей.

Фрезерные станки: сложные поверхности и точность

Фрезерные станки — это оборудование для обработки плоскостей, пазов, зубчатых колес и сложных 3D-поверхностей. Здесь главное движение — вращение фрезы, а заготовка закреплена на подвижном устройстве.

Шаг 5. Контроль моментов затяжки (для фланцевых соединений)

Это критически важный этап для фланцевых компенсаторов.

1. Правильная установка прокладок: используйте новые прокладки, рекомендованные производителем (паронит, фторопласт, спирально-навитые).
2. Последовательность затяжки: гайки затягивайте "крест-накрест" в несколько проходов (обычно 3-4 этапа) с равномерным усилием. Это предотвратит перекос фланца.
3. Контроль усилия: обязательно используйте динамометрический ключ. Момент затяжки должен строго соответствовать значению, указанному в паспорте или руководстве по монтажу.
4. Повторная подтяжка: для фланцев с неметаллическими прокладками (паронит, резина) обязательно выполните повторную подтяжку через 24 часа после запуска, так как прокладка дает усадку.

Шаг 6. Окончательный контроль и испытания

1. Проверка на смещение: убедитесь, что в процессе затяжки не произошло смещения осей.
2. Гидравлические испытания: проведите испытания системы давлением, превышающим рабочее. Убедитесь в отсутствии утечек по фланцам и сварным швам.
3. Проверка растяжек: проверьте, что все транспортировочные приспособления сняты.

Установка металлорукавов высокого давления (МРВД) требует не менее строгого соблюдения правил, чем монтаж компенсаторов. Ошибки на этом этапе приводят к разрушению оплетки, разгерметизации соединений и аварийным ситуациям.

Пошаговая инструкция монтажа металлорукавов высокого давления

Шаг 1. Подготовительные работы и входной контроль

Перед началом монтажа убедитесь в соответствии изделия условиям эксплуатации:

1. Проверка соответствия: убедитесь, что выбранный металлорукав подходит для рабочей среды, давления и температуры. Рабочее давление корректируется коэффициентом в зависимости от температуры (например, при 200°C коэффициент 0,82).
2. Визуальный осмотр: проверьте отсутствие вмятин, повреждений оплетки, следов коррозии и загрязнений внутренней полости.
3. Проверка длины: металлорукав не должен быть установлен в натяг или иметь избыточную длину, вызывающую провисание.

Шаг 2. Подготовка места установки и трассировка

1. Обеспечение свободного пространства: при максимальном растяжении в процессе работы рукав не должен контактировать со стенами, полом или соседними элементами конструкций.
2. Плоскость изгиба: рукав должен изгибаться и перемещаться строго в одной плоскости. Смещение от основной оси и перекручивание недопустимы.

3. Решение: Строго соблюдать требования стандартов (ГОСТ ISO 3834, ASME IX). Любое изменение существенных параметров сварки требует новой квалификации процедуры.

Заключение

Технология сварки — выбор способа сварки прописан в документации используемых материалом, условиями и требованиями к шву. Соответствие международным стандартам и следование технологическим картам — единственный способ избежать аварий и обеспечить долговечную работу металлоизделий в разных условиях.

Решение: Для MIG-сварки алюминия использовать тефлоновые каналы и U-образные подающие ролики. Для TIG — правильно подбирать присадку: AlSi (4043) для литых силуминов, AlMg (5356) для деформируемых сплавов.

Ошибка 4.

Игнорирование температурных условий

Причина: Сварка при отрицательных температурах без предварительного подогрева. По данным испытаний, при сварке без подогрева при -20°C до 60% швов могут дать трещины в течение недели. Для алюминия толщиной более 5 мм также требуется предварительный подогрев до $150-200^{\circ}\text{C}$.

Последствия: Образование горячих и холодных трещин в шве и околошовной зоне.

Решение: Применять предварительный, сопутствующий и последующий подогрев в соответствии с технологической документацией.

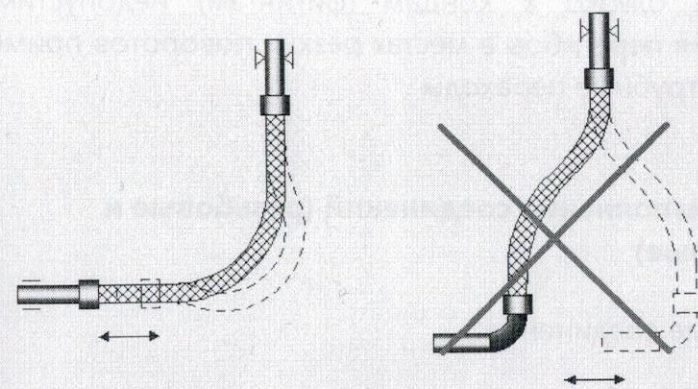
Ошибка 5.

Несоблюдение технологической дисциплины

Причина: Отклонение от аттестованных параметров процесса (тепловложения, скорость охлаждения) без проведения повторной квалификации. Использование непросушенных электродов (MMA).

Последствия: Невозможность гарантировать заявленные механические свойства соединения.

Защита от вибрации: в системах с пульсирующим потоком (после насосов) рекомендуется устанавливать демпфирующие устройства, так как вибрация резко снижает ресурс.



Шаг 3. Монтаж (основные правила)

2. Соблюдение радиуса изгиба: это критически важный параметр. Минимальный радиус изгиба зависит от давления. Также существуют индивидуальные требования и данные по расчётам изгиба.
3. Избегание скручивания: металлорукав монтируется свободным от скручивания. Скручивание приводит к образованию кольцевых трещин сальфона. При затяжке резьбовых соединений удерживайте рукав ключом за грани ниппеля, не допуская его проворачивания.
4. Установка креплений (опор):

Избегайте длинных незакрепленных участков. Для горизонтальных участков используйте подставки, лотки или хомуты.

Хомуты должны иметь эластичные прокладки (резина, фторопласт) и не пережимать рукав .

1. Предотвращение перегибов у арматуры: изгиб рукава слишком близко к концам (фитингам) недопустим. Для смягчения перегибов в местах резких поворотов применяйте жесткие трубные переходы .

Шаг 4. Выполнение соединений (резьбовые и фланцевые)

1. Резьбовые соединения:

Затяжку производите двумя ключами: одним удерживаете штуцер (ниппель) от проворачивания, вторым затягиваете гайку . Затягивайте ключами без применения удлинителей . Сначала накрутите гайку от руки до выбора зазора, затем произведите контрольную затяжку ключом .

2. Фланцевые соединения (с фторопластовыми прокладками):

Затяжку выполняйте попарно накрест . Обязательно выполните повторную подтяжку через 24 часа после сборки, так как прокладка дает усадку . Сварные соединения: при приварке металлорукава (если предусмотрена такая арматура) обеспечивается абсолютная герметичность, но требуется защита сильфонной части от брызг металла .

Шаг 5. Контроль и испытания

1. Проверка положения: после монтажа убедитесь, что рукав не имеет провисания или излишнего натяжения, находится в свободном состоянии .

Решение: Тщательная зачистка: обезжиривание ацетоном и удаление оксидов щеткой из нержавеющей стали (только для алюминия!), фрезой или шабером .

Ошибка 2.

Неверный выбор настроек оборудования и параметров

Причина: Слишком высокий или низкий ток, неправильная скорость сварки, неверный выбор полярности. Для TIG-сварки алюминия критически важно использовать переменный ток (AC), так как только он обеспечивает катодную очистку для разрушения оксидной пленки .

Последствия: Прожоги (избыток тепла), непровары (недостаток тепла), подрезы, грубая чешуйчатость шва.

Решение: Использовать аттестованные технологические карты (WPS). Для сварки алюминия MIG необходимы импульсные режимы (Pulse), которые позволяют контролировать тепловложение .

Ошибка 3.

Неправильный выбор расходных материалов

Причина: Использование стандартного стального канала подачи для мягкой алюминиевой проволоки, несоответствие марки присадки основному металлу (например, присадка AlSi для сплава AlMg) .

Последствия: Смятие и остановка подачи проволоки (MIG), трещины в шве из-за несоответствия химического состава.



Типичные ошибки и как их избежать

Нарушение технологии неизбежно ведет к браку. Сбор данных из производственной практики позволяет выделить пять ключевых ошибок:

Ошибка 1.

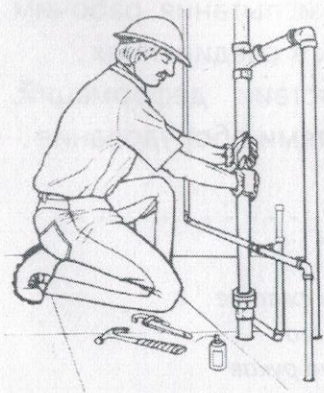
Плохая подготовка поверхности

Причина: Сварка по ржавчине, маслу, влаге или, в случае с алюминием, по тугоплавкой оксидной пленке .

Последствия: Поры и раковины в шве (из-за водорода), шлаковые включения, непровары. Для алюминия использование "болгарки" с абразивом запрещено — он втирает пленку и грязь в металл.

1. Проверка на герметичность: проведите испытания рабочим давлением, убедитесь в отсутствии утечек в соединениях .
2. Финальный осмотр: убедитесь в отсутствии деформаций, перегибов и контакта с подвижными частями оборудования .

-
- Чего категорически нельзя допускать:
 - Эксплуатацию на скручивание, растяжение или сжатие .
 - Изгиб радиусом меньше минимально допустимого .
 - Передачу веса присоединяемого оборудования на рукав



Типовые ошибки при монтаже

Сильфонные компенсаторы и металлорукава

Критически важны для безаварийной работы оборудования. Ошибки на этих этапах — основная причина преждевременных разрушений, утечек и дорогостоящих простоев. Рассмотрим

пять самых частых нарушений и способы их предотвращения.

Перетяжка крепежа и деформация уплотнений

Последствия: Применение чрезмерного усилия или удлинителей ключей приводит к срыву резьбы, смятию уплотнительных поверхностей или выдавливанию прокладок. Это разрушает герметичность соединения.

Профилактика: Затяжку гаек производить штатными ключами без удлинителей, удерживая штуцер от проворачивания. Фланцы с фторопластовыми прокладками затягивать попарно накрест, обязательно выполняя повторную подтяжку через 24-48 часов.

Несоблюдение минимального радиуса изгиба

Последствия: Изгиб металлорукава радиусом меньше допустимого (зависит от давления: от 5 до 12 Dy) вызывает критическое напряжение в оплетке и гофре, ведущее к их разрыву или залому, перекрывающему проходное сечение.

Профилактика: Строго соблюдать паспортные значения радиуса изгиба. При монтаже в стесненных условиях использовать угловые фитинги, чтобы избежать резких перегибов.

Соблюдение этих простых, но критически важных правил позволяет гарантировать заявленный производителем срок службы и предотвратить аварийные ситуации.

3834-2-2023) описывает всесторонние требования к качеству. Стандарт требует от производителя проанализировать контракт, подтвердить свои возможности, обеспечить наличие ресурсов и четкое планирование всех операций. Он введен в действие с декабря 2025 года.

Аттестация технологий: Стандарты серии ГОСТ Р ИСО 15614 (например, 15614-1 для дуговой и газовой сварки сталей) устанавливают, как именно проводить испытания процедуры сварки, чтобы аттестовать технологию. Они определяют условия испытаний, объем проверок (уровни 1 и 2) и область распространения аттестации.

Стандарты ASME

международное признание

Ключевой документ: ASME BPVC Section IX — это раздел Кодекса по котлам и сосудам давления, который устанавливает требования к сварке, квалификации сварщиков и сварочных процессов. Он критически важен для производства оборудования, работающего под высоким давлением.

Нововведения 2025-2026 гг.

1. **Аддитивные технологии:** Включены требования к квалификации процессов электронно-лучевого плавления (3D-печать металлом).
2. **Допуски:** Уточнено, что если допуски не указаны, допустимые отклонения могут определяться на основе инженерной практики, что дает больше гибкости.
3. **Цифровизация:** Внедрены требования к цифровому отслеживанию материалов через базу ASME MatDB, а также к мониторингу параметров сварки в реальном времени.

(обезжиривание, удаление оксидной пленки). Низкая скорость сварки и высокая стоимость оборудования .

Применение: Ответственные узлы (трубопроводы высокого давления, топливные баки), химическое и пищевое оборудование, авиация, сварка нержавеющей стали и алюминия .



Соответствие стандартам

Для обеспечения безопасности и качества сварочные работы в промышленности строго регламентируются. Две основные системы стандартов — российская (ГОСТ) и международная (ASME) — каждый регламент и правила имеют свою специфику.

Стандарты ГОСТ Россия и СНГ

ГОСТ ISO 3834 — это серия стандартов, устанавливающих требования к качеству сварки плавлением. Часть 2 (ГОСТ ISO

Отсутствие опор и креплений (провисание)

Последствия: Длинные незакрепленные участки под собственным весом провисают. Это создает зоны скопления жидкости (гидрозатворы), а под воздействием вибрации приводит к быстрому усталостному разрушению в местах провиса.

Профилактика: Для горизонтальных участков использовать подставки, лотки или хомуты с эластичными прокладками (резина, фторопласт). Максимальное расстояние между опорами — не более 2 метров (обычно 10–50 Dy). Хомуты не должны пережимать рукав .

Монтаж со скручиванием и осевыми нагрузками

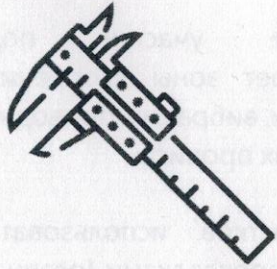
Последствия: Эксплуатация металлошлангов в скрученном состоянии, на растяжение или сжатие категорически запрещена. Это резко снижает ресурс, так как нагрузка распределяется неравномерно, разрушая оплетку и сильфон.

Профилактика: При монтаже рукав должен находиться в свободном ненапряженном состоянии. Присоединение вращать только гайкой, не допуская поворота самого рукава. Компенсаторы монтировать строго по оси перемещения, для которого они предназначены .

Игнорирование вибраций и пульсаций среды

Последствия: Работа в условиях вибрации или гидроударов без демпфирования вызывает резонанс гофров и быструю «усталость» металла. Особенно опасно превышение скорости потока (в зависимости от среды применения), что приводит к эрозионному износу .

Профилактика: В системах с пульсирующим потоком (после насосов) устанавливать демпфирующие устройства. Исключить работу в резонансном режиме, при необходимости усиливать крепления.



Инструменты при работе с компенсаторами и металлорукавами

Для фланцевых соединений

При установке изделий с фланцевым присоединением:

- Динамометрические ключи — для контролируемой затяжки гаек с требуемым усилием
- Набор рожковых и накидных ключей — для монтажа крепежных элементов (болтов и гаек). Два ключа одновременно — при затягивании резьбовых соединений один ключ удерживает трубу на месте, второй затягивает гайку, чтобы не перекручивать рукав.

Для сварных соединений

При монтаже изделий под приварку необходимы:

- Сварочный аппарат - для корневого и облицовочного швов.
- Прибор контроля температуры — контроль межслойной для предотвращения перегрева сильфона.
- Шлифмашинка\болгарка — для снятия фасок (15-30°) и зачистки поверхностей

Измерительные и контрольные инструменты

Для обеспечения точности монтажа применяются:

- Нивелир или лазерный уровень — для контроля патрубков и прямолинейности установки
- Штангенциркуль — для точных замеров диаметров и длин
- Рулетка — для измерения расстояний и проверки монтажной длины

Применение: Строительные конструкции, трубопроводы, ремонтные работы, сварка плотных заготовок из стали.

MIG/MAG (Metal Inert/Active Gas)

Полуавтоматическая сварка

В зону сварки автоматически подается плавящаяся электродная проволока и защитный газ. MIG использует инертный газ (аргон) для цветных металлов, MAG — активный (углекислый газ или смеси) для сталей.

Преимущества: Высокая производительность и скорость сварки. Шов получается аккуратным и не требует зачистки шлака. Идеален для тонких металлов и работы в мастерских.

Недостатки: Громоздкость оборудования (баллоны, шланги), чувствительность к ветру (выдувание газа), что ограничивает применение на улице. Более высокая стоимость оснастки.

Применение: Автомобилестроение, кузовной ремонт, производство металлоконструкций, сварка алюминия.

TIG (Tungsten Inert Gas)

Аргонодуговая сварка неплавящимся электродом

Дуга горит между вольфрамовым (неплавящимся) электродом и деталью в среде инертного газа (аргона или гелия). Присадочный металл подается отдельно руками сварщика.

Преимущества: Эталонное качество и эстетика шва, минимальное разбрызгивание. Позволяет варить практически любые металлы, включая алюминий, нержавейку, титан, медь, причем самой малой толщины. Полный контроль над сварочной ванной.

Недостатки: Самый сложный для освоения метод. Требуется высокой квалификации и тщательной подготовки деталей



Методы сварки

Каждый из методов разработан для решения конкретных задач и имеет свою специфику процесса.

MMA (Manual Metal Arc)

Ручная дуговая сварка покрытым электродом

Электрическая дуга горит между покрытым электродом и основным металлом. Покрытие электрода плавится, создавая газовую защиту и шлак, который защищает сварочную ванну от воздуха.

Преимущества: Аппараты просты, дешевы и компактны. Не требует баллонов с газом, что идеально для работы на открытом воздухе, в полевых условиях и при ремонтных работах. Возможность варить в любых пространственных положениях.

Недостатки: Относительно низкая производительность, необходимость очистки шва от шлака, ограничения по сварке тонких металлов и цветных сплавов. Качество шва сильно зависит от квалификации сварщика.

Применение: Строительные конструкции, трубопроводы, ремонтные работы, сварка плотных заготовок из стали.

Крепежные и фиксирующие приспособления

Для фиксации рукавов:

- Хомуты, кронштейны, клипсы — для крепления металлорукавов к поверхностям
- Монтажные планки — для надежной фиксации трассы
- Антивибрационные держатели — для подвижных механизмов и мест с вибрацией

Специальные монтажные приспособления

- Монтажное приспособление (стяжки) — для растяжки компенсатора до нужной длины и фиксации перед сваркой
- Транспортные стяжки — демонтируются только после завершения сварки и контроля швов
- Ограничители поворота — для универсальных и угловых компенсаторов

Инструменты для подготовки и вспомогательные работы

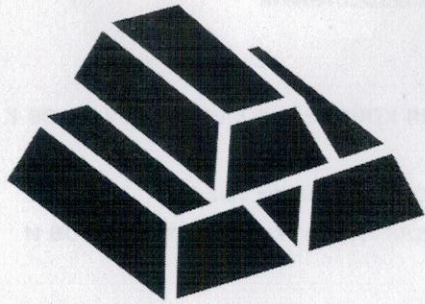
Подготовительные:

- Щетки по металлу, ветошь — для очистки поверхностей от грязи, ржавчины
- Средства для обезжиривания — подготовка поверхностей под сварку
- Такелажные (для крупногабаритных изделий)
- Стропы текстильные или тросовые — для подъема и позиционирования тяжелых компенсаторов
- Крановое оборудование — при работе с изделиями большого диаметра

Инструменты для проверки и испытаний

После завершения монтажа проводятся испытания с использованием:

- Насосное оборудование для опрессовки — создание давления 1,25 от рабочего для проверки герметичности
- Манометры — контроль давления при испытаниях
- Дефектоскопы (при необходимости) — для контроля качества сварных швов



Сталь и металл виды сплавов

Углеродистые стали **Ст3, 20, 09Г2С**

Это основа промышленных трубопроводов общего назначения. Их главные козыри — доступная цена и хорошая технологичность. Свойства: Прочные, просты в сварке. Однако их главный враг — коррозия.

Температура: Рабочий диапазон обычно ограничен значениями от - 40°C до + 425°C. При низких температурах обычная углеродистая сталь становится хрупкой, поэтому в северных широтах используют низколегированные (09Г2С), которые выдерживают низкие температуры.

Применение: Водопроводы, теплотрассы, системы отопления, магистральные нефтепроводы (с ингибиторами коррозии).

Нержавеющие коррозионно стойкие

Здесь в игру вступает легирование хромом (Cr) и никелем (Ni). Именно хром образует на поверхности защитную пленку.

Аустенитные стали (12Х18Н10Т, AISI 304, 316): Самый популярный класс. Сталь 316 (с молибденом) обладает повышенной стойкостью к кислотам и хлоридам. Рабочие температуры: от -196°C (криоген) до +600°C и для кратковременных нагрузок — до 650 °C

серной кислоты средней концентрации хорошо работает сталь 12Х18Н10Т.

Для сыпучих смесей (цемент, песок, гранулы)

Главная проблема — абразивный износ. Материал должен быть твердым. Используют толстостенные трубы из углеродистой стали или, для ответственных участков (повороты, пересыпы), футерованные изнутри керамикой или базальтом. Нержавейка здесь нужна редко, если только сыпучая среда химически активна.

Рекомендация

Помните: экономия на материале в химическом производстве почти всегда оборачивается аварией. Всегда оставляйте небольшой запас по коррозии (толщина стенки) для непредвиденных отклонений состава среды.

Участки с сероводородом (H_2S): Здесь углеродистая сталь разрушается от сульфидного растрескивания. Требуются специальные стали, стойкие к H_2S (с контролируемым содержанием неметаллических включений) или нержавеющие сплавы. Узлы врезки специальных приборов, гибкие соединения (металлорукава): Нержавейка AISI 304, 316, 321 так как она выдержит вибрацию.

Для газов (природный газ, азот, кислород)

Сухие газы: Можно использовать углеродистую сталь. Главная опасность — утечки, поэтому важна герметичность материала.

ВАЖНО! Влажные газы: Образуют конденсат, насыщенный кислотами. Нужна нержавеющая сталь.

Кислород: Особый случай. Трубопроводы должны быть тщательно обезжирены, а материал должен быть совместим с кислородом (нержавейка или медь), так как углеродистая сталь может гореть в среде кислорода под давлением.



Для агрессивных среды (химия и щелочи)

Здесь правит бал нержавейка и высоколегированные сплавы. Для соляной кислоты обычная нержавейка не подойдет — потребуются никель-молибденовые сплавы (хастеллой). Для

Применение: Химическая промышленность (агрессивные среды), пищевое производство (гигиена), фармацевтика.

Жаростойкие стали (20X23H18): Сохраняют прочность и не окаливаются при температурах до $+1000^{\circ}C$ и для кратковременных нагрузок — до $1100^{\circ}C$. Используются в печах и системах выхлопа газов.

Сплавы цветных металлов

Латунь и бронза: Медь в основе. Обладают отличной коррозионной стойкостью в воде и масле, но боятся аммиака. Применяются в системах смазки, гидравлике, теплообменниках.

Титан и его сплавы: Элитный материал для экстремально агрессивных сред (царская водка, хлор). Максимально легкий и прочный, но очень дорогой. Используется в аэрокосмической отрасли и специальной химии.

Как выбрать материал

Разные участки трубопровода

среда применения – давление – температура -

Рассмотрим типовые случаи:

Для воды (технической, питьевой) и пара

Вода — электрохимический агрессор. Обычные черные трубы быстро ржавеют. Для питьевой воды оптимальны - AISI 304.

Для горячей воды и пара высокого давления применяют углеродистые стали (с антикоррозионным покрытием снаружи) или жаропрочные нержавейки.

