ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ

ДУГОВАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ КОНСТРУКЦИОННЫХ, НЕРЖАВЕЮЩИХ И ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

ПИ 1.4.75-2000

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор ОАО "НИАТ"
_____О.С. Сироткин
"____"_____2000 г.

ИЗВЕЩЕНИЕ № И 1.4.4325–2000 ОБ ИЗМЕНЕНИИ ПИ 75–88

"ДУГОВАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ КОНСТРУКЦИОННЫХ, НЕРЖАВЕЮЩИХ И ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ"

Дата введения 01.01.2001

Изм.	Содержание изменения	Листов
		1

ПИ 75–88 отменить.

Заместитель генерального директора — В.Н. Мацнев

Руководитель разработки — М.М. Штрикман

Начальник сектора стандартизации — В.И. Пчелов

Причина изменения: Выпуск ПИ 1.4.75–2000

Указание о внедрении: ——

Приложения: Без приложений

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ОАО НИАТ

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ

ДУГОВАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ КОНСТРУКЦИОННЫХ, НЕРЖАВЕЮЩИХ И ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

ПИ 1.4.75-2000

2000

Содержание Стр.

1 Общие указания 5
2 Способы сварки и области их применения 6
2.1 Способы сварки в среде защитных газов 6
2.2 Выбор способа 8
3 Материалы для сварки 10
3.1 Газы 10
3.2 Рекомендации по расчету расхода защитных газов и получению смеси газов 13
3.3 Электроды 15
3.4 Сварочная проволока 15
4 Оборудование, аппаратура. Требования к организации сварочного поста 16
5 Подготовка под дуговую сварку в среде защитных газов деталей и заготовок 19
6 Техника и технология дуговой сварки в среде защитных газов 27
6.1 Общие указания 27
6.2 Технология сварки плавящимся электродом 33
6.3 Технология сварки неплавящимся электродом 33
6.4 Технология сварки пульсирующей (импульсной) дугой 34
6.5 Техника и технология аргонодуговой точечной сварки 35
6.6 Сварка криволинейных соединений листовых конструкций. 37
7 Сварка углеродистых, среднелегированных сталей средней и высокой прочности 39
7.1 Общие указания 39
7.2 Технология сварки 41
8 Сварка жаропрочных и нержавеющих сталей и сплавов 44
8.1 Общие указания 44
8.2 Требования к технике и технологии сварки 52
8.3 Термообработка 53
9 Сварка теплостойких нержавеющих сталей 58
9.1 Краткая характеристика сталей 58
9.2 Техника и технология сварки 59
9.3 Методы повышения механических свойств сварных соединений 70
10 Контроль и исправление дефектов сварных соединений 71
10.1 Общие указания 71
10.2 Дефекты сварных соединений, определения, причины образования, способы обнаружения 73
10.3 Требования к параметрам сварных соединений по результатам металлографического контроля 77
10.4 Требования к формированию сварных соединений 79
10.5 Допустимые дефекты сварных швов 79
10.6 Исправление дефектов 93
10.7 Требования по обеспечению качества сварных

соединений 96
11 Метрологическое обеспечение 97
12 Требования безопасности 97
12.1 Общие требования 97
12.2 Требования к технологическим процессам 98
12.3 Требования к производственным помещениям 99
12.4 Требования к материалам, заготовкам, полуфабрикатам, их хранению и транспортировке 100
12.5 Требования к размещению производственного оборудования и организации рабочих мест 100
12.6 Требования к персоналу, допускаемому к выполнению сварочных работ 100
12.7 Требования к применению средств индивидуальной защиты работающих 101
12.8 Контроль выполнения требований безопасности 101
Приложение 1 - Вредные и взрывоопасные вещества, выделяющиеся при дуговой сварке и их краткая характеристика. 102
Приложение 2 - Средства индивидуальной защиты при дуговой сварке 103
Приложение 3 - Ориентировочные механические характеристики сварных соединений 104

Настоящая инструкция распространяется на ручную, механизированную и автоматическую дуговую сварку конструкционных, нержавеющих теплостойких и жаропрочных сталей и сплавов в среде защитных газов.

В инструкции описаны способы, даны рекомендации рационального применения того или иного вида сварки, а также техника и технология выполнения сварных соединений различными способами. Инструкция регламентирует порядок построения технологического процесса сварки, включая контроль, исправление дефектов и приемку сварных деталей.

Настоящая инструкция предназначена для технологов сварочного производства, конструкторов сварных узлов и работников ОТК. Она является основным документом для предприятий отрасли по сварке в среде защитных газов конструкционных, нержавеющих теплостойких и жаропрочных сталей и сплавов.

1 Общие указания

1.1 По уровню требований к сварным соединениям, в зависимости от особенностей конструкции узла (агрегата, изделия), условий работы соединения, возможности применения того или иного метода контроля и т. п., сварные соединения разделяются (в порядке снижения требований) на три категории: I, II и III .

1.2 Принадлежность сварного соединения к соответствующей категории устанавливается ОКБ совместно с отделом Главного сварщика (ОГС) или другой службой, ответственной за сварку на предприятии, при участии специалистов по неразрушающим методам контроля.

Категория соединения указывается в чертежах, а при необходимости в ТУ на изделие (ОСТ 1.02617-87).

Примечание - При назначении категории конструктор учитывает степень ответственности соединения:

I категория - при разрушении соединения разрушается конструкция изделия при рабочих нагрузках;

II категория - при разрушении соединения возможно разрушение отдельного узла изделия, не влекущее к аварии;

III категория - соединение не влияет на работоспособность изделия.

1.3 Категория обуславливает вид и объем контроля соединения и нормы допустимых дефектов.

Примечание - Завышение категорий приводит к необоснованному увеличению объема, усложнению контрольных операций, удлинению цикла изготовления и повышению себестоимости узла (агрегата, изделия в целом).

1.4 К I категории должны относиться сварные соединения, для подтверждения работоспособности которых в заданных условиях

необходимо выявление характера и количества внутренних дефектов (к этой категории могут быть отнесены сварные соединения, на которых обеспечена возможность проведения указанного контроля).

К соединениям II категории должны относится соединения, в которых для подтверждения работоспособности достаточно выявить поверхностные дефекты специальными методами контроля (капиллярным, магнитными и т. д.). Если это невозможно по каким-либо причинам, то сварные соединения следует подвергнуть контролю радиографическими методами (периодический радиографический контроль осуществляется независимо от применяемого специального метода контроля).

К соединениям III категории должны относится соединения, в которых обнаружение внутренних и наружных дефектов специальными методами не требуется, кроме обнаружения дефектов визуальным осмотром.

2 Способы сварки и области их применения

2.1 Способы сварки в среде защитных газов

2.1.1 Дуговая сварка в среде защитных газов может быть осуществлена неплавящимся (вольфрамовым) и плавящимся электродами (ГОСТ 2601-84) в соответствии со схемой на рисунке 1.

2.1.2 Дуговая сварка неплавящимся электродом может осуществляться при непрерывной и импульсной подаче энергии. При импульсной подаче энергии производятся точечная сварка пульсирующей дугой.

2.1.3 При точечной сварке для возбуждения дуги при постановке каждой сварной точки подается дозированный импульс энергии.

2.1.4 При сварке импульсной дугой ток подается отдельными импульсами. При пропускании импульса тока определенной длительности на свариваемом материале получается сварная точка. Сварной шов образуется расплавлением отдельных точек с заданным перекрытием.

Для повышения стабильности повторных возбуждений дуги и получения сварных точек одинаковых размеров между вольфрамовым электродом и изделием постоянно горит маломощная дежурная дуга. Ток дежурной дуги составляет ~ 10-20% от тока дуги в импульсе и устанавливается в зависимости от толщины свариваемого металла. Дежурная дуга стабилизирует горячее катодное пятно, поддерживает в ионизированном состоянии дуговой промежуток и устраняет блуждание сварочной дуги.

2.1.5 В целях увеличения проплавляющей способности сварочной дуги, повышения плотности металла шва и его стабильности могут быть использованы различные технологические способы воздействия на энергетику (ПИ 1.4.1632-86, ТР 1.4.1671-86), физико-химические

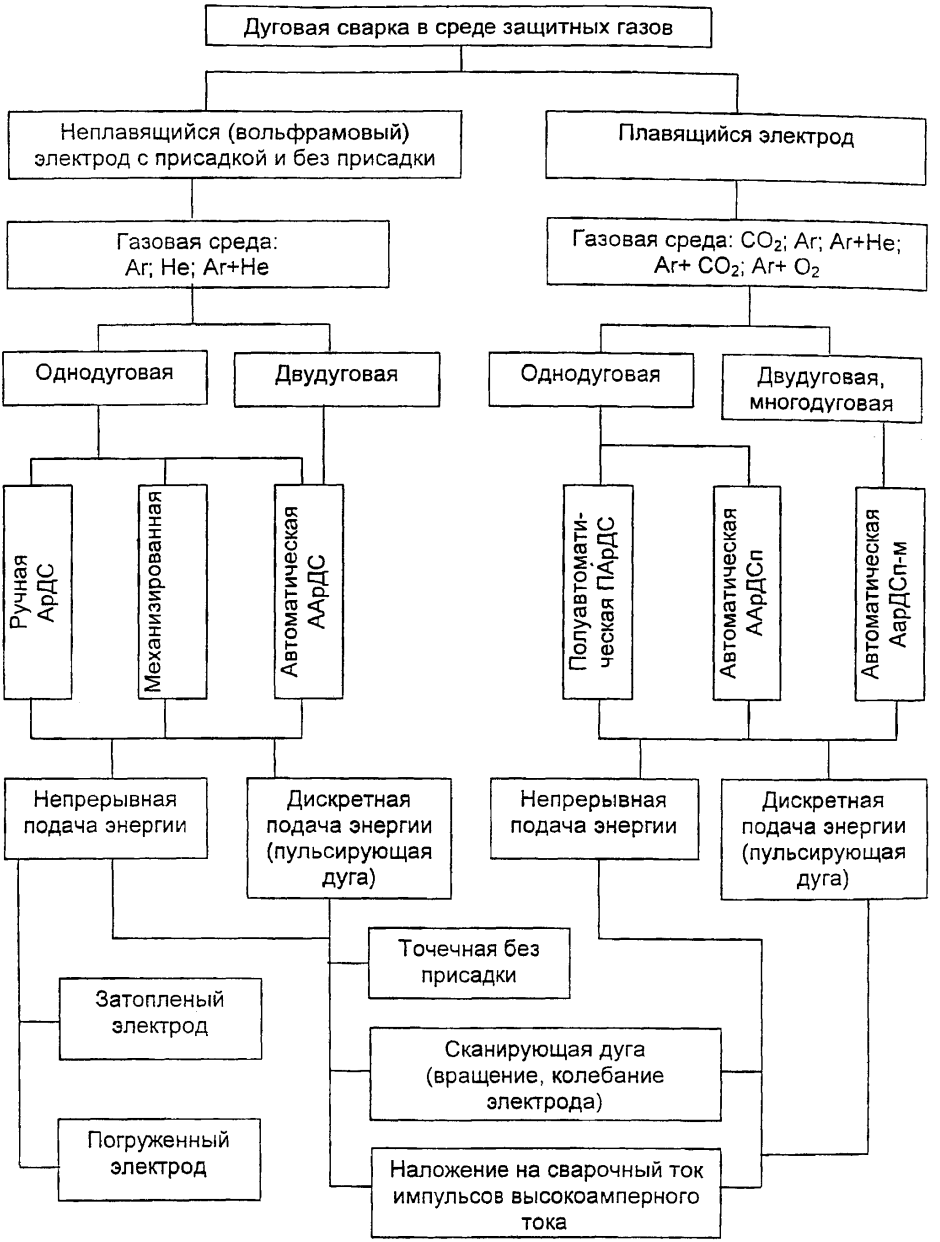


Рисунок 1 – Способы дуговой сварки в среде защитных газов

процессы и кинетику формирования структуры шва, такие как низкочастотная модуляция тока; сварка по активирующему флюсу; различные низкочастотные перемещения (сканирования) сварочной дуги (поперечные, продольные, вертикальные, вращательные и др.); сварка в среде различных смесей газов; воздействие дополнительных потоков защитного газа, направленных в зону сварочной ванны; дискретно-попеременное изменение состава защитного газа, подаваемого в зону сварки и другие методы и средства.

2.1.6 Сварка неплавящимся и плавящимся электродом в зависимости от уровня механизации подразделяется на ручную (вручную направляется горелка по стыку и подается присадочный материал), механизированную, выполняемую сварочными полуавтоматами, пистолетами для точечной сварки и т.п. (с помощью механизмов выполняется подача плавящегося электрода или присадочного металла или перемещение дуги относительно изделия) и автоматическую (подача плавящегося электрода или присадочного металла, перемещение дуги и изделия относительно друг друга осуществляется исполнительными механизмами по программе или при дистанционном управлении процессом и слежении оператором за его протеканием).

2.2 Выбор способа

2.2.1 Дуговую сварку в среде защитных газов применяют при изготовлении изделий из конструкционных, нержавеющих, теплостойких и жаропрочных сталей и сплавов. Этим способом можно сваривать также разнородные металлы: конструкционную и нержавеющую стали, конструкционные стали различные марок с жаропрочными сплавами, нержавеющие жаропрочные стали с жаропрочными сплавами.

2.2.2 При разработке технологии сварки следует отдавать предпочтение автоматическим и механизированным процессам, обеспечивающим наилучшее качество и высокую производительность на прямолинейных, круговых и кольцевых швах при использовании универсального и специализированного оборудования и на криволинейных швах - при использовании станков и установок с ЧПУ (ПИ 1.4.1799-87) или ЭВМ.

2.2.3 При выборе способа дуговой сварки в среде защитных газов следует иметь в виду, что:

- неплавящимся (вольфрамовым) электродом рекомендуется сваривать изделия из материала толщиной 0,5 мм и более (ручную сварку применять при толщине 0,8 мм и более).

Сварку пульсирующей дугой рекомендуется применять:

- при сварке встык или в отбортовку материалов толщиной 0,5-2 мм;

- при изготовлении конструкций, не допускающих значительных

деформаций в зоне шва;

- при сварке соединений, вызывающих при других способах сварки трудности проплавления корня шва (замковые соединения, собранные на прихватках, и др.);

- при сварке тонкостенных деталей с массивными деталями (сильфоны, датчики, фланцы с обшивкой и др.);

- при сварке нахлесточных соединений;

- при исправлении дефектов;

- при сварке в различных пространственных положениях.

Сварку неплавящимся электродом по активирующему флюсу рекомендуется применять при выполнении:

- стыковых соединений материалов толщиной 2,5-6 мм без разделки кромок;

- соединений, вызывающих трудности в обеспечении стабильного проплавления корни шва;

- сварки на весу;

- нахлесточных и других соединений методом проплавления;

- соединений с ограничением по выступанию проплава в корне шва (особенно эффективно при сварке кольцевых соединений в потолочном и полу потолочном положениях).

Процесс точечной аргонодуговой сварки применять при одностороннем подходе к месту соединений деталей.

Процесс сварки плавящимся электродом можно применять при изготовлении изделий из материалов толщиной 1 мм и более.

2.2.4 Сварку плавящимся электродом рекомендуется производить на постоянном токе обратной полярности.

2.2.5 При сварке неплавящимся электродом может применяться как постоянный ток прямой полярности (обратной полярности - при ограничении сварочного тока ~ 100 А), так и переменный. Переменный ток целесообразен при сварке соединений, выполняемых на весу.

2.2.6 Параметры низкочастотной модуляции тока, сварки пульсирующей дугой, такие как жесткость режима сварки (отношение времени паузы ко времени горения дуги), глубина пульсации (максимальный ток сварки), формы кривых нарастания тока (переднего фронта сварки) и спада его перед паузой; длительность, частота и амплитуда накладываемого на сварочный ток высокоамперных кратковременных (<0,01с) импульсов тока (от специального источника ИМИ-2) и другие параметры устанавливаются опытным путем и вводятся в программу процесса. Они могут корректироваться в процессе сварки.

2.2.7 Автоматическую сварку неплавящимся электродом криволинейных швов листовых пространственных конструкций осуществлять, используя технологическую схему процесса с вертикальной (к поверхности детали) подачей присадочной проволоки и вращением (или без вращения) вокруг нее сварочной дуги. Возможность автоматизации обеспечивается благодаря симметричной схеме

процесса сварки, безразличной к направлению сварки; при этом не требуется разворота сварочной головки на криволинейном участке шва.

2.2.8 С целью увеличения глубины проплавления в зависимости от толщины свариваемых деталей можно применять сварку затопленной дугой (когда сварочную дугу погружают ниже поверхности деталей, не погружая электрод) или сварку погруженным электродом (когда электрод со сварочной дугой погружают ниже поверхности деталей). Стабильность процесса обеспечивается системой автоматического регулирования энергетических параметров - напряжения на дуге или силы сварочного тока - при изменении длины дуги.

2.2.9 В целях улучшения качества соединений, повышения производительности сварки и т.д. рекомендуется использовать технологию, включающую комбинацию разных способов или разновидностей одного способа сварки. Например, для улучшения формирования обратной стороны шва корневые проходы выполняются неплавящимся электродом, а последующие - плавящимся в среде защитных газов, под слоем флюса, штучными электродами и т.д.

2.2.10 Способ сварки устанавливается рабочей технологией, утвержденной Главным сварщиком (Главным металлургом) предприятия и оговаривается в чертеже.

3 Материалы для сварки

3.1 Газы

3.1.1 В качестве защитной среды для дуговой сварки плавящимся и неплавящимся электродами применяют аргон высшего, I и II сорта по ГОСТ 10157-79, гелий высокой чистоты и высокой чистоты марок "А" и "Б" по ТУ 51-940-80 и смеси газов согласно таблице 1.

3.1.2 Наряду с инертными газами в качестве защитной среды при сварке плавящимся электродом для конструкционных и других сталей и сплавов применяют углекислый газ сварочный I и II сорта по ГОСТ 8050-85, допускается углекислота пищевая по указанному ГОСТу с обязательным осушением ее в соответствии с п. 3.1.4.

Новый баллон углекислоты II-го сорта перевернуть, дать отстояться газу не менее 10 часов, выпустить часть углекислоты, содержащую влагу, после чего проверить точку росы, которая должна соответствовать углекислоте 1-го сорта по ГОСТ 8050-85.

3.1.3 Во избежание замерзания редуктора рекомендуется подогреть углекислый газ, выходящий из баллона. При расходе газа более 18 л/мин установки следует питать газом от двух параллельно соединенных баллонов. Углекислый газ рекомендуется подогревать электрическими подогревателями (п. 4.5).

3.1.4 Для уменьшения содержания влаги в зоне сварки углекислый газ должен пропускаться через специальный осушитель, наполненный влагопоглощающим порошком: силикагелем марок КСМ и ШСМ по ГОСТ

3956-76. Порошок предварительно должен быть прокален. Бывший в употреблении порошок заменяют или прокаливают один раз в 10-15 дней в зависимости от интенсивности загрузки сварочного автомата или полуавтомата. При работе с силикагелем-осушителем руководствоваться инструкцией ВИАМ ПИ 1.2. 229-83.

Таблица 1- Рекомендуемые смеси газов

Способ сварки	Рекомендуемая смесь	Цель применения рекомендуемой смеси	Стали и сплавы, для которых рекомендуется смесь
Неплавящимся электродом	Аргон+25% гелия	Для улучшения формирования шва и увеличения проплавляющей способности по сравнению со сваркой в чистом аргоне	Все марки сталей и сплавов
	Аргон +0,3-1% кислорода	Для улучшения стабильности горения дуги на переменном токе	Группа конструкционных сталей
	Аргон+10% водорода	Для улучшения проплавляющей способности и уменьшения выгорания легирующих элементов по сравнению со сваркой в чистом аргоне	Нержавеющие теплостойкие и жаропрочные стали и сплавы
Плавящимся электродом	Аргон+5% углекислого газа	Для улучшения стабильности горения дуги и переноса металла	Нержавеющие теплостойкие и жаропрочные стали и сплавы
	Аргон+5-10% углекислого газа	Для улучшения стабильности горения дуги и переноса металла; применяется преимущественно при сварке материалов малых толщин (до 3 мм)	Все марки сталей и сплавов*
	Аргон+10-30% углекислого газа	Для улучшения проплавляющей способности и формирования шва при сварке материала толщиной 3-5 мм	То же
	Аргон+30-50% углекислого газа	Для улучшения проплавляющей способности и формирования шва при сварке материала толщиной 5-8 мм	,,
	Аргон+2-3% кислорода	Для улучшения стабильности горения дуги и переноса металла; применяется преимущественно при сварке материалов малых толщин	,,

* Возможность применения углекислого газа и смеси его в количестве свыше 5% с инертными газами и смеси инертных газов с кислородом при сварке нержавеющих, кислотостойких и жаропрочных сталей и сплавов определяется на основании результатов испытаний сварных соединений на жаростойкость, коррозионную стойкость и пр. в зависимости от условий эксплуатации изделия.

3.1.5 Для улучшения формирования шва, стабильности процесса горения дуги и переноса металла, улучшения проплавляющей способности и снижения разбрызгивания в качестве защитной атмосферы рекомендуется применять смеси газов согласно таблице 1.

3.1.6 Требуемые смеси приготовляются непосредственно на рабочем месте. Для смешивания газов можно применять газовую горелку или специальный смеситель (емкость цилиндрической формы с тремя отводами; объем 500-700 $см^3$, для лучшего смешения газов смеситель заполняют витой стружкой из нержавеющей стали).

3.1.7 Для получения смеси газов необходимо установить по ротаметру с помощью редукторов соответствующие расходы смешиваемых газов (раздел 3.2).

3.1.8 Для отбора газов из баллонов, измерения рабочего давления и расхода газа применяют приборы согласно разделу 4 данной инструкции.

3.1.9 Аргон, гелий, углекислый газ, кислород и водород поставляют в стальных цельнотянутых баллонах типа 150 по ГОСТ 949-86.

Баллон вмещает 6 $м^3$ газа при давлении 101325 Па (760 мм рт. ст.) и температуре 20° С.

Баллоны должны быть снабжены вентилями, задвижками и колпаками. Баллоны с водородом требуют применения специальных редукторов, так как они снабжены вентилем с левой резьбой.

3.1.10 Каждый баллон в зависимости от содержания того или иного газа окрашен по ГОСТ 949-86 в определенный цвет и имеет в верхней части соответствующую надпись. Баллон с чистым аргоном окрашен в серый цвет, соответствующая надпись на нем зеленого цвета; баллон с кислородом голубого цвета, надпись черного цвета; баллон с углекислым газом черного цвета, надпись желтого цвета; баллон с водородом темно-зеленого цвета, надпись красного цвета.

К баллонам, наполненным аргоном, гелием и углекислых газом, должен быть приложен паспорт с указанием содержания примесей. Состав инертных газов для сварки приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Состав инертных газов для сварки

Инертные газы / Наименование газов и примесей	Содержание газов и примесей в газообразном аргоне и гелии, объемная доля, %				
	Аргон, сорт		Гелий		
	Высший	1-й	Особой чистоты	Высокой чистоты	Технический
Аргон. Не менее	99,992	99,986	-	-	-
Гелий. Не менее	-	-	99,995	99,985	99,8
Кислород. Не более	0,0007	0,002	-	0,002	0,005
Водород. Не более	-	-	0,0001	0,0025	0,06
Азот. Не более	0,006	0,01	0,0005	0,005	0,12
Углеродосодержащие соединения; в пересчете на CO_2. Не более	0,0005	0,001	0,002	0,001	0,005

Окончание таблицы 2

Углеводороды. Не более	-	-	0,0001	0,001	0,005
Массовая концентрация водяного пара при 20°С и давлении 101кПа (760мм рт. ст.), г/м^3. Не более	0,007	0,01	-	-	-

3.1.11 При большом объеме использования аргона рекомендуется пользоваться жидким аргоном, транспортируемым в специальной таре по 8 и 30 т. С помощью газификационной установки и системы трубопроводов газ подается на рабочие места. Аргон, полученный таким образом, обладает минимальными примесями и является высококачественным.

3.2 Рекомендации по расчету расхода защитных газов и получению смеси газов

3.2.1 Состав газовой смеси, подаваемый в сварочную горелку, регулируется путем изменения расхода в единицу времени газов, входящих в смесь. Расход каждого газа регулируется соответствующим вентилем и измеряется ротаметром типа РС-3, РС-5 или РМ-II, РМ-III; для малых расходов - РС-3 А и РМ-I.

3.2.2 Расход газа измеряется в литрах в минуту. Каждый ротаметр должен быть снабжен графиком, по оси абсцисс которого отложены деления шкалы ротаметра, а по оси ординат - соответствующий расход того или иного газа при заданном давлении (рисунки 2,3).

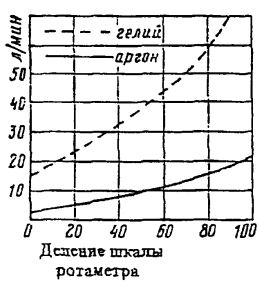


Рисунок 2 - Расход гелия и аргона по ротаметру типа РС-5

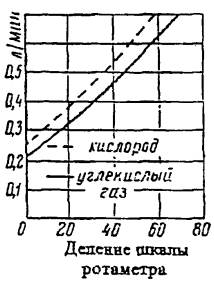


Рисунок 3 - Расход углекислого газа и кислорода по ротаметру типа РС-3А

3.2.3 Графики строятся для каждого ротаметра путем пересчета характеристики ротаметра, определяемой заводом-изготовителем применительно к воздуху при 20°С (п. 3.2.4) по формуле

$$Q_1 = Q_0 \sqrt{\frac{P_1}{P}} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma_1}} \quad ,$$

где Q_1 - расход искомого (используемого) газа, л/мин;

Q_0 - расход воздуха при 0 ати для данного ротаметра (берется по паспорту для каждого деления используемого ротаметра), л/мин;

P_1- рабочее давление (заданное), ата;

P - давление воздуха, равное 1 ата (давление при тарировании ротаметра);

γ - плотность воздуха при 20°С, кг/м^3;

γ_1 - плотность используемого газа, кг/м^3.

Значение $\sqrt{\frac{P_1}{P}}$

при P_1= 0,116 МПа (1,15 ат) - 1,072;
при P_1= 0,121 МПа (1,2 ат) - 1,095;
при P_1= 0,126 МПа (1,25 ат) - 1,113;
при P_1= 0,131 МПа (1,3 ат)- 1,140 и т. д.

Примечание - При P<0,115 МПа и малых расходах газа значение $\sqrt{\frac{P_1}{P}}$ может не учитываться в расчетах.

Примеры построения графиков расхода некоторых газов при использовании определенных ротаметров представлены на рисунках 2 и 3. Например, для получения смеси защитного газа (Ar +5% CO_2) при общей скорости истечения (расхода) защитного газа 20 л/мин ротаметр для углекислого газа устанавливается на деление, соответствующее расходу 1 л/мин, а ротаметр для аргона - на деление, соответствующее расходу 19 л/мин; а для получения смеси газов (40% Ar + 60% He) при общем расходе газа 30 л/мин ротаметры устанавливают на деления, соответствующие расходу аргона 12 л/мин и расходу гелия 18 л/мин.

3.2.4 Соотношение плотности $\sqrt{\frac{\gamma}{\gamma_1}}$ при 20°С различных газов составляет:

для аргона	0,862
для гелия	2,7
для кислорода	0,951
для углекислого газа	0,808

3.2.5 Укрупненный расчет требуемого количества аргона для сварки производится в соответствии с нормами расхода аргона по ОСТ 1.42326-86 при сварке плавящимся электродом и при сварке неплавящимся электродом.

3.3 Электроды

3.3.1 В качестве электродов для ручной и автоматической сварки неплавящимся электродом на постоянном токе применяют вольфрамовые прутки по ТУ 48-19-39-85, ОСТ 1.41710-83, лантанированные вольфрамовые прутки по ТУ 48-19-27-88, иттрированные вольфрамовые прутки по ТУ IICУ 0.021.099-77 (для электродов диаметром 6-10 мм) и ТУ 48-19-221-83 (для электродов диаметров 4 мм); допускается использование торированных вольфрамовых прутков по ТУ IIЯЕ0.021.056-77.

3.3.2 Диаметр вольфрамового электрода выбирают в зависимости от применяемой величины сварочного тока (таблица 3).

Таблица 3 - Выбор диаметра вольфрамового электрода

Газ	Род тока	Допустимая величина тока, А, при диаметре вольфрамового электрода, мм				
		1-2	3	4	5	6
Аргон	Переменный	20-100	100-160	140-220	200-280	250-360
Аргон	Постоянный, прямой	до 180	150-250	200-340	300-400	350-450
Гелий	полярности	до 50	50-150	150-300	250-350	300-400
Аргон	Постоянный, обратной	до 30	20-40	30-50	40-80	60-100
Гелий	полярности	до 20	15-30	20-40	30-70	40-80

3.3.3 Укрупненный расчет расхода вольфрамовых прутков при сварке производить в соответствии с ОСТ 1.41710-83.

3.3.4 На каждой упаковке прутков должен быть указан паспорт-сертификат с указанием изготовителя, наименования, марки прутка, номер партии, номинальный диаметр, химический состав, дата выпуска, номер, подпись и штамп контролера ОТК предприятия-изготовителя.

3.4 Сварочная проволока

3.4.1 Сварочная (присадочная) проволока по химическому составу и свойствам должна соответствовать ТУ и стандарту (см. таблицы 9, 14, 15, 16 и 22).

3.4.2 Проволока не должна иметь следов грязи и жира, а также перегибов, грубых вмятин, закатов и других дефектов.

Поверхность проволоки подготавливать под сварку, руководствуясь указаниями ПИ 1.2.053-78, ГОСТ 2246-70 и ОСТ 1.41712-85.

3.4.3 Подготовленные в соответствие с нормативной документацией бухты проволоки хранить в герметичных контейнерах или в специальных полиэтиленовых упаковках.

3.4.4 Проволоку не следует наматывать на кассету диаметром менее 150 диаметров проволоки, т. к. при этом затруднено ее

выпрямление. Это снижает точность направления ее в зону дуги и равномерность ее подачи. Проволоку можно править на станке типа СПНП-4 или другом, обеспечивающем прямолинейность проволоки без искривлений. Радиус кривизны проволоки для вертикальной ее подачи не должен превышать 1 м (в свободном ее состоянии). Контроль кривизны проволоки производить на участке ее длиной не менее 3 м.

Примечание - Разрешается правка отрезка проволоки статическим растяжением с усилием 500...600 Н (~50...60 кГс).

3.4.5 Непосредственно перед сваркой поверхность проволоки протирать чистыми белыми салфетками, смоченными ацетоном или бензином с последующей протиркой спиртом. Протирку производить до исчезновения пятен на салфетке. При наличии следов грязи на салфетке проволока подлежит повторной подготовке.

4 Оборудование, аппаратура. Требования к организации сварочного поста

4.1 Рабочий пост ручной, полуавтоматической и автоматической сварки должен быть снабжен оборудованием, приборами для контроля параметров режима сварки (напряжения и тока) и расхода газов, инструментом и оснасткой.

4.2 Оборудование для сварки выбирается в зависимости от требуемых характеристик по справочным материалам (Сварочное оборудование. Справочный материал на 1986-95 г.г. НИАТ, 1986).

Допускается использование оборудования, спроектированного и изготовленного силами предприятия.

4.3 В качестве источников питания сварочной дуги постоянного тока в среде защитных газов использовать выпрямительные и генераторные установки, указанные в таблице 4. Для сварки неплавящимся электродом, на переменном токе рекомендуется использовать источники питания типа ИСВУ.

Таблица 4 – Источники питания для сварки неплавящимся электродом

Тип	Сварочный ток, А	Напряжение холостого хода, В	Назначение
1	2	3	4
ВСВУ-40	1-50	55	Автоматическая и полуавтоматическая сварка в пульсирующем и непрерывном режимах неплавящимся электродом
ВСВУ-80	2-90	55	
ВСВУ-160	3-180	60	
ВСВУ-315	30-350	45	
ВСВУ-630	10-700	60	
ВСВУ-400 с управлением от ЭВМ	5-400	до 100	

Окончание таблицы 4

1	2	3	4
ВСВ-1000	100-1000	60	Сварка нагруженным электродом
ВСВ-2000	100-2000	60	
ТИР-125	2-125	до 150	Сварка неплавящимся электродом прямой полярности и пульсирующем режиме
ТИР-300ДМ	до 300	65	Сварка на постоянном и переменном токе
ВСП-315	50-350	14-40	Сварка плавящимся электродом
ВСП-630	80-700	16-50	
ВСП-1000	150-1100	16-60	
ВДГ-301	40-300	-	Тоже
ВДГ-302	50-315	-	
ВД-502	50-500	80	Механизированная сварка
ВДУ-504	100-500		
ПС-300М-1	80-380	50-76	Сварка неплавящимся электродом
ПС-500	120-600	60-90	
ПСО-120 ПСО-300-3	30-120 75-320	48-65 30	
ПСГ-500-1	60-500	16-40	Сварка плавящимся электродом
ПСМ-1000-11	1000	60	

4.4 Сварочное оборудование, на котором ведется сварка, должно быть паспортизировано. В процессе эксплуатации осуществляется периодическая проверка технического состояния оборудования в соответствии с графиком ППР.

4.5 В качестве газовых приборов рекомендуется использовать редукторы типа ДКП-1-65, ротаметры типа РС или РМ с расходами (таблица 5) в сочетании с манометрами низкого давления, а также смесители типа УКП, АКУП.

Рекомендуется пользоваться редукторами типа А, АР с расходомерами. Например, редуктор АР-40 имеет наиболее приемлемый диапазон расхода газа - от 5 до 40 л/мин. Для углекислого газа наиболее удобен редуктор с подогревателем У-30.

Таблица 5 - Примерные пределы расходов газов при использовании ротаметров

л/мин

	Тип ротаметра			
	РС-3А, РМ-1 (РМ-0,063 ГУЗ)	РС-3 с алюминиевым поплавком РМ-11 (РМ-0 063 ГУЗ)	РС-3 со стальным поплавком РМ-111 (РМ-1 ГУЗ)	РС-5, РМ-IV (РМ-4,0 ГУЗ)
по воздуху	0,1-1,0	0,7-10,5	3,3-16,7	10,5-66,7
по аргону	0,085-0,85	1,4-8,9	2,8-14,2	8,9-56,6
по гелию	0,27-2,69	4,5-28,2	8,9-44,8	28,8-179,2
по кислороду	0,095-0,95	1,54-9,97	3,1-15,86	-
по углекислому газу	0,080-0,80	1,36-8,4	2,64-13,4	-

4.6 Электросварочные цехи и участки должны иметь отопление, обеспечивающее температуру не ниже +12°С (для конструкционных и закаливающихся сталей не ниже 15°С).

4.7 В помещениях, где ведется сварка, не допускается выполнение работ, связанных с образованием пыли, дыма и копоти (газовая резка, зачистка абразивными кругами и т.п.). Предупредить возможность появления сквозняков. Скорость движения воздуха в зоне сварки не должна превышать 0,5 м/с. При необходимости установить перегородки, кабины.

4.8 Помещение сварочных участков должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией с очисткой от пыли приточного воздуха и устройствами местных отсосов

4.9 Рекомендуется предусматривать расположение сварочных участков в едином заводском корпусе с помещениями для

- химической обработки заготовок под сварку;
- термической обработки до и после операции сварки;
- рентгеновского и других методов контроля и испытания сварных соединений;
- слесарных и других работ, связанных с подготовкой свариваемых узлов и деталей и обработкой после сварки.

4.10 Не допускается размещение в одном производственном помещении сварочных участков и участков для выполнения работ, связанных с образованием пыли, дыма, влаги и др. (газовая резка, электродуговая сварка покрытым электродом, зачистка абразивными кругами).

4.11 Уровень влажности воздуха в помещении для сварки должен быть в пределах 40-75%, температура 18-30°С, запыленность допускается - не более 0,5 мг/м^3. Движение воздушных масс в зоне сварки не должно превышать скорости 0,3 м/сек.

4.12 Перед началом работы необходимо:

- проверить правильность подключения оборудования и электроприборов (контакты всех электрических соединений должны быть плотными во избежание нарушения стабильного горения дуги и потери мощности на нагрев, оборудование должно быть заземлено);
- проверить плотность соединений в газовых и водяных коммуникациях;
- если пост не работает в течение суток и более продуть газопровод инертным газом, оставляя для этой цели вентиль горелки открытым в течение 1-2 мин;
- проверить работу электрической и механической частей сварочного оборудования в соответствии с инструкциями по уходу и наладке;
- установить электрооборудование и аппаратуру на заданный технологический режим; правильность установленного режима проверить по контрольным приборам (амперметрам, вольтметрам, ротаметрам) при пробной сварке.

5 Подготовка под дуговую сварку в среде защитных газов деталей и заготовок

5.1 Дуговой сваркой в среде защитных газов можно выполнять соединения в соответствии с таблицей 6 (условное обозначение выполнено в соответствии с ОСТ 102617-87.

Примечание - Соединения, не вошедшие в настоящую инструкцию, должны выполняться по соответствующим РТМ и ТР. При необходимости форма разделки может быть изменена Главным сварщиком (Главным металлургом) с ведома конструктора и отражена в чертеже и в технологии.

5.2 Листовой материал, поковки, прутки и другие полуфабрикаты, поступающие для изготовления заготовок под сварку, снабженные сертификатами принимаются контролером ОТК при входном контроле. Поступающие полуфабрикаты должны иметь клеймо, указывающее марку стали в соответствии с ОСТ 1.41026-83 или соответствующую окраску согласно ТУ на полуфабрикаты.

5.3 Подготовку поверхности свариваемых кромок и присадочных материалов под сварку производить в соответствии с ОСТ 1.41712-85. С ведома Главного сварщика или металлурга разрешается хранить изделие с очищенной поверхностью трое суток до сварки.

5.4 Заготовки в зависимости от марки материала, вида полуфабриката, назначения и других требований могут поступать на сварку как термически обработанными, так и без термической обработки в состоянии поставки. Режимы термической обработки для заготовок устанавливать согласно инструкции разработчика данного материала.

5.5 В зависимости от формы и размеров детали (узла) и вида полуфабриката обработка поверхности под сварку осуществляется либо по всей детали, либо по свариваемым кромкам.

Кромки свариваемых деталей (узлов, полуфабрикатов) должны обрабатываться по торцам и прилегающим к ним поверхностям на расстоянии не менее 15—20 мм. Подготовка поверхности осуществляется на каждой из свариваемых деталей отдельно до сборки их под сварку.

5.6 Шероховатость поверхности обработанных торцов и прилегающей к ним поверхности для нержавеющих сталей (при изготовлении деталей из поковок и других заготовок) должна не превышать значения Ra=6,3 мкм по ГОСТ 2789-73, для материалов с $\sigma_в$ >1176 МПа (120 кгс/мм^2) должна не превышать значения Ra=3,2 мкм. Особенно тщательно необходимо следить за состоянием поверхности соединений жестких узлов и вблизи концентраторов напряжений (в сопряжениях галтелей угловых, тавровых и т. п. соединений). Рекомендуется располагать сварные швы не ближе, чем на 30 мм от концентратора напряжений. В литых заготовках кромки деталей обязательно подвергаются механической обработке.

После подготовки кромки деталей (полуфабрикатов) должны иметь поверхность без пор, раковин, забоин, заусенцев, рисок и вмятин.

Контроль проводить визуальным осмотром, при необходимости сравнением с эталонной поверхностью.

5.7 Подготовка кромок заготовок должна обеспечивать возможность тщательной стыковки последних для сварки по всей длине шва с минимальным зазором. Допускаемый и регламентируемый зазор в стыке не должен превышать допусков, указанных в таблице 6. В ряде случаев в зависимости от способа сварки и конфигурации деталей возможны некоторые отклонения от рекомендуемых допусков на зазоры. Такие отклонения не должны приводить к снижению качества соединения. Возможность изменения допуска решается службой Главного сварщика в каждом конкретном случае. Отклонения величины зазора от указанных в таблице 6 при серийном изготовлении деталей должны быть отражены в заводской инструкции или в сварочной технологии на данное изделие.

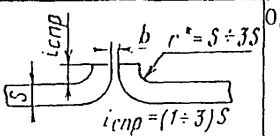
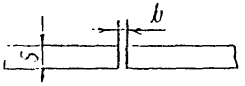
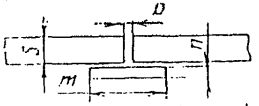
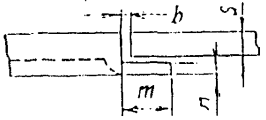
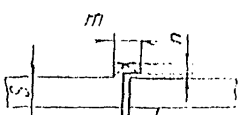
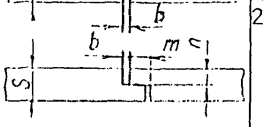
5.8 Сборку заготовок под сварку рекомендуется производить с помощью зажимных приспособлений без прихватки. Сборочно-сварочные приспособления должны обеспечивать точность сборки изделий под сварку и надежный прижим свариваемых кромок к подкладке.

5.9 При отсутствии приспособлений следует производить прихватку ручной аргонодуговой сваркой. Прихватки в виде точек должны быть минимальных размеров, иметь минимальное усиление и располагаться по длине шва на расстоянии 15-100 мм в зависимости от толщины свариваемого материала. Прихватку рекомендуется производить в нижнем положении. Усиление прихватки рекомендуется зачистить заподлицо. Необходимо помнить, что некачественная защита при выполнении прихваток, а также каменная пыль и крошка, попавшая в стык при зачистке прихваток, приводят к дефектам в швах в виде раковин и пор. При прихватке использовать те же присадочные проволоки, что и при сварке. Допускается использование и менее легированных проволок из числа рекомендованных для этих материалов (см. разделы 7, 8 и 9).

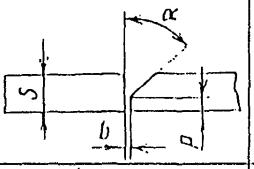
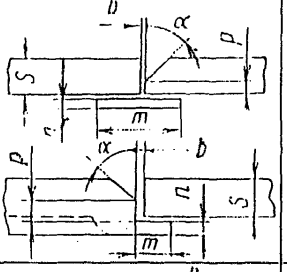
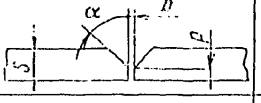
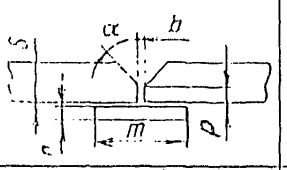
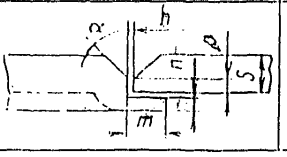
5.10 При сборке допускается смещение кромок в зависимости от категории соединения. При подготовке под сварку соединений первой категории допускается смещение кромок на отдельных участках величиной не более 15% от толщины свариваемого металла, но не более 1,5 мм, суммарной протяженностью до 20% от длины шва. Для соединений второй категории - смещение кромок не более 20% от толщины свариваемого металла, но не более 2,0 мм, суммарной протяженностью до 20% от длины шва. Для соединений третьей категории - смещение кромок не более 30% от толщины свариваемого металла, но не более 2,0 мм, суммарной протяженностью до 20% от длины шва.

Независимо от категории по всей длине шва допускается

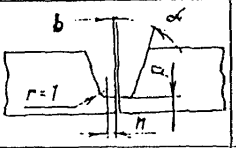
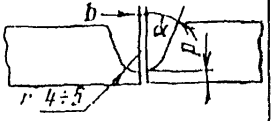
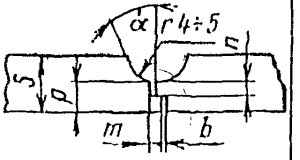
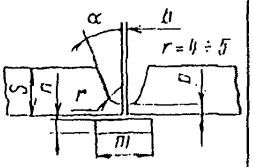
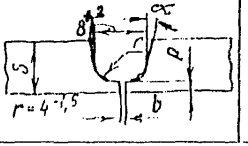
Таблица 6 – форма кромок, подготовленных под сварку

Условное обозначение соединения	Форма свариваемых кромок	Размеры, мм					
		S	b	n	m	p	α
1	2	3	4	5	6	7	8
С01011		0,5-2,0	$0^{+0,2}$	-	-	-	-
С00001 С00002		0,5-0.9 1,0-1,9 2,0-3,9 4,0-6,0	$0^{+0,2}$ $0^{+0,3}$ $0^{+0,5}$ $0^{+0,6}$	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
С00003		0,8-3,0	$0,5s^{\pm 0,1S}$	$s^{-0,5}$	6-12	-	-
С00111		1,0-3,0	$0,5s^{\pm 0,1S}$	$s^{-0,5}$	6,0-12,0	-	-
С00031		0,8-4,0	$0^{+0,2S}$	1,0	1,5-2,0	-	-
С11111 С11112		2,0-4,0	$0^{+0,5}$	0,5s	0,8-1,5	-	-

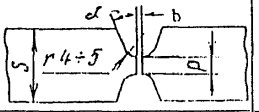
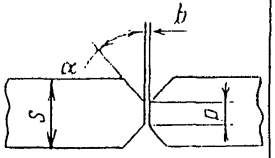
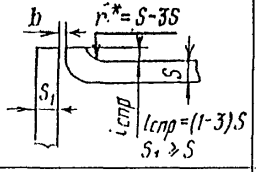
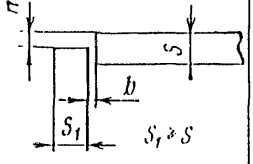
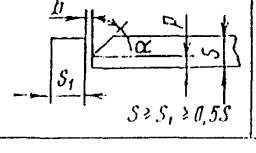
Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
С00051 С00052		2,5-4,0 4,1-6.0	$0^{+0,3}$ $0^{+0,5}$	- -	- -	1,0-2,0 1,5-2,5	50-60 50-60
С00053 С00131		2,5-6.0	1,5±0,5	2,0-3,0	8.0-15,0	1,0	50-60
С05051 С05052		2,0 - 5,9 6,0-10,0	1,0±0,5 $1,5^{+1,0}$	-	-	1.0-1,5 1,0-1,5	35-45 35
С05053		2,5-5,9 6,0-12,0	$0,5^{+1,0}$ $1.5^{+1,0}$	2.0-3,0 3.0-4,0	6,0-15,0 8,0 -20,0	1,0-1,5 1,0-1,5	35-45 35
С05131		2,5-5,9 6,0-12,0	$0^{+0,1S}$ $0^{+0,1S}$	2,0-3,0 3.0-4,0	6,0-15,0 8,0 -20,0	1,0-1,5 1,0-1,5	35-45 35

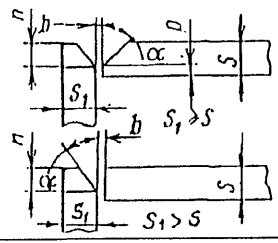
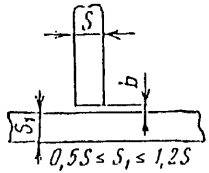
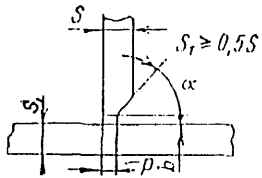
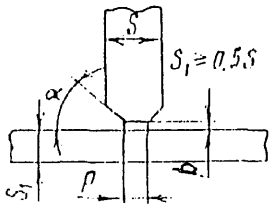
Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
С14141		6,0-20,0	$0^{+0,3}$	2,0-4,0	-	2,0-3,0	20
С06061		6,0-9,9 10,0-20,0	$1,5^{\pm0,5}$ $1,5^{+1,0}$	- -	- -	1,5-2,0 2,0-2.5	12-20 20
С21800		6,0-20,0	$0^{+0,5}$	0,5р	1,0-1,5	3,0-4,0	12-20
С06062		6,0-20,0	$1,5^{\pm1,0}$	1,5-4,0	12,0-15,0	1,5	12-20
С13130		10,0-40,0	$0^{+0,5}$	- -	- -	2,0-3.5	1,5-2,5

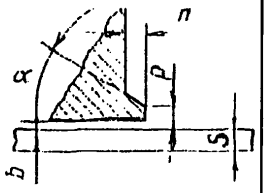
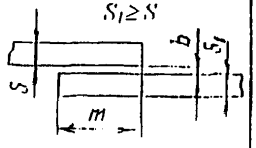
Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
С61612		10,0-20,0	$1^{\pm 0,5}$	-	-	2,0-4.0	12-20
С60602		8,0-20,0	$0^{+1,0}$	-	-	1,5-5,0	25-40
У00011		0,5-2,0	$0^{+0,3}$	-	-	-	-
У00001 У00002 У00006		0,8-1,9 2,0-2,9 3,0-4,0	$0^{+0,5}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$	0,5s-s 0,5s-s 0,5s-s	- - -	- - -	- - -
У00051 У00052 У00056		3,0-4,9 5,0-10,0	$1,0^{\pm 0,5}$ $1,5^{\pm 0,5}$	- -	- -	1,0 1,0	50-55 50-55

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
У05051 У05052 У05056 У00052 У00056		3,0-4,9 5,0-10,0	$0^{+0,1s}$ $0^{+0,1s}$	2,0 2,0	- -	1,0-2,0 2,0-3,0	40-50 40-50
Т00002		0,5-1,9 2,0-3,0	$0^{+0,5s}$ $1,5^{\pm0,5}$	-	-	-	-
		0,8-2,9 3,0-10,0	$0^{+0,3}$ $0^{+0,1s}$	-	-	-	-
Т00052		3,0-4,9 5,0-10,0	$1,0^{\pm0,5}$ $1,5^{\pm0,5}$	-	-	1,0 1,0	55 55
Т00602		3,0-5,9 6,0-10,0	$0^{+0,1s}$ $0^{+0,1s}$	-	-	1,0-2,0 2,0-3,0	45-55 45-55

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
Т00286		2,0-6,0	$0^{+0,1s}$	3,0-5,0	-	1,0-2,0	30
Н00000		0,8-2,5 2,6-5,0	$0^{+0,2}$ $0^{+0,1s}$	-	Не менее 12	-	-

* r- величина, зависящая от штампуемости материала. На одном материале величина r не должна изменяться.

Примечания

1 При сварке деталей неодинаковой толщины по типу стыковых соединений разница толщин не должна превышать 0,4 мм при сварке деталей толщиной до 1,5 мм, при больших толщинах - не более 10% от толщины тонкой детали, а при ручной сварке ~ 20%. При большей разнице в толщине соединяемых элементов на большей толщине должен быть сделан скос с одной или двух сторон в зависимости от требований конструкции и способа сварки таким образом, чтобы обеспечить в месте стыка одинаковую толщину соединяемых элементов. Скос должен производиться под углом 15±2° к плоскости листа.

2 Размеры n, m, p и a выполнять по 3-му классу точности. При невозможности выдержать заданную точность отклонения от номинала согласовываются с Главным сварщиком (главным металлургом).

смещение кромок не более 10% от толщины свариваемой детали. При сборке деталей толщиной 0,5...0,8 мм, у которых свариваемый стык имеет пространственную кривизну, допускаются местные смещения кромок до 0,5 s на участках суммарной протяженностью не более 20% от длины шва.

5.11 При автоматической сварке прямолинейных швов рекомендуется по концам соединения прихватывать встык технологические планки, одна из которых служит для возбуждения дуги, другая - для вывода кратера по окончании сварки.

5.12 Сборку под сварку проверяют с помощью мерительного инструмента, а также контрольных шаблонов.

5.13 При проектировании изделий следует избегать использования типов сварного соединения, содержащих концентраторы напряжений (замковые, нахлесточные, угловые и т. п.). Конструкция должна быть максимально свободна от пересечений швов и близкого расположения швов друг к другу (с перекрытием зон термического влияния).

6 Техника и технология дуговой сварки в среде защитных газов

6.1 Общие указания

6.1.1 Изделия из сталей и сплавов (в зависимости от марки материала) можно сваривать

- из термически необработанных, отожженных или нормализованных элементов и заготовок с термической обработкой изделия после сварки;
- из термически обработанных (до необходимых механических и других свойств) или термически необработанных элементов и заготовок до сварки без последующей термообработки изделия после сварки.

При изготовлении конструкции из термически обработанных элементов прочность сварного соединения понижается по сравнению с термически обработанными после сварки; прочность сварной конструкции зависит от прочности основного материала в зоне теплового влияния, присадочного материала и характера работы сварного соединения. Термически обработанные узлы конструкции сваривают, если нельзя после сварки произвести термообработку из-за большой деформации, габаритных размеров и т. д.

6.1.2 При сварке изделия с большим числом сварных швов порядок наложения швов определяется условием предупреждения трещин (горячих и холодных) и возможностью термической обработки после сварки.

6.1.3 Сварка может производиться на весу, на съемной или остающейся подкладке.

6.1.4 При сварке в зажимном приспособлении клавишного типа усилие, создаваемое приспособлением, должно быть 50-100 кгс/пог. см

шва.

Расстояние между прижимами и свариваемым стыком при толщине свариваемого материала 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 мм и более должно быть соответственно не более 4; 5; 6; 6-8; 8-10; 10-12; 15-30 мм.

6.1.5 Сварку продольных прямолинейных стыков из материалов толщиной менее 0,8 мм рекомендуется выполнять в пневмо-шланговом прижимном приспособлении клавишного типа с плоскостным (см. рисунок 4) прижатием свариваемых кромок к подкладке.

Давление клавиш на свариваемый материал должно быть равномерным по длине.

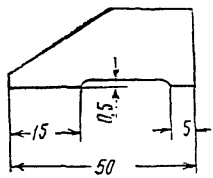


Рисунок 4 -Форма опорной поверхности прижимов клавишного типа

6.1.6 Для прижатия свариваемых кромок к подкладке можно применять подвижные устройства для локального прижима с нажимными роликами, жестко связанными со сварочной горелкой и катящимися вместе с нею по кромкам или с медным соплом-ползуном, перемещающимся по кромкам с регулируемым усилием опоры на них.

Примечание - Применение опорного медного сопла имеет ряд преимуществ (эффективные теплоотвод и газовая защита зоны сварки, сжатие дуги и повышение проплавляющей способности дуги) и недостатков (на поверхности кромок могут оставаться следы материала сопла).

6.1.7 Для образования, равномерного и стабильного провара в сварочных приспособлениях применяют поддерживающие и формирующие подкладки, плотно прилегающие к свариваемым кромкам. Подкладки изготовляют из меди или стали, они имеют продольную канавку под свариваемым стыком следующих размеров (таблица 7).

Таблица 7

Параметры канавки	Толщина листа, мм					
	0,5-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-3,0 и более
ширина	2,5-4,0	4,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0	8,0-10,0	10,0-12,0
глубина	0,2-0,4	0,3-0,5	0,3-0,7	0,3-1,0	0,5-1,0	0,5-1,2

6.1.8 В процессе сварки обратную сторону шва можно защитить от

окисления:

- медными или стальными подкладками, плотно прилегающими к свариваемым листам (подкладки имеют продольные канавки под свариваемым стыком);

- остающимися технологическими подкладками из материала той же марки, что и свариваемый лист. Зазор между подкладкой и свариваемыми листами не должен превышать 0,2 мм;

- подачей защитного газа с обратной стороны свариваемого соединения при сварке на весу. Расход защитного газа при поддуве должен составлять приблизительно 1/3-1/4 часть расхода газа для защиты лицевой стороны шва;

Примечание - При изготовлении приспособления для подачи защитного газа с обратной стороны шва не допускать местных интенсивных потоков аргона у поверхности шва, так как это приводит к окислению металла шва.

- специальными флюсами по ОСТ 1.41174-86, которые наносят тонким слоем на свариваемые кромки с обратной стороны шва.

Рекомендуется применять флюс Н-20А, Н20У или НЖ-8 для жаропрочных, нержавеющих и конструкционных средне- и высоколегированных сталей.

6.1.9 Режимы сварки неплавящимся и плавящимся электродами выбираются по таблицам в соответствии с группами материала, выделенными в зависимости от химического состава, теплопроводности и восприимчивости к термообработке (см. разделы 7,8, 9).

Приведенные режимы требуют уточнения и корректировки в производственных условиях с учетом формы, конфигурации, размеров изделия и мощности сварочного оборудования.

6.1.10 Марка присадочной проволоки для сварки плавящимся и неплавящимся электродами выбирается по таблицам в соответствии с маркой свариваемого материала и указанием в чертеже (см. разделы 7,8,9).

6.1.11 Диаметр присадочной проволоки для сварки вольфрамовым электродом и электродной проволоки для сварки плавящимся электродом выбирать в соответствии с толщиной свариваемого материала (таблица 8).

6.1.12 Для обеспечения эффективной газовой защиты при сварке плавящимся и неплавящимся электродами не допускается удаление сопла горелки от поверхности изделия более чем на 12 мм.

Примечание - Расход защитного газа при ручной и механизированной сварке устанавливается в зависимости от марки стали и режима сварки (см. таблицы режимов в соответствующих разделах).

Таблица 8

Толщина свариваемого материала, мм	Диаметр присадочной проволоки для сварки, мм		
	неплавящимся электродом		плавящимся электродом
	ручной	автомати-ческой	механизированной и автоматической
0,5-0,6	1,0	0,5	-
0,6-0,8	1,0	0,5-0,8	0,5
0,8-1,0	1,0-1,2	0,8-1,2	0,8
1,0-1,5	1,2-1,6	1,2-1,6	0,8-1,2
1,5-2,0	1,6-2,0	1,2-1,6	1,2-1,6
Свыше 2,0	2,0-2,5	1,6-2,0	1,6

6.1.13 Наиболее желательна сварка в нижнем положении, за исключением сварки кольцевых соединений без разделки кромок, в которых ограничено выступание проплава. В этом случае целесообразно производить сварку в потолочном и полупотолочном положениях по ПИ 1.4.1632-86 и ТР 1.4.1671-86 и в соответствии с п. 2.1.5 и п. 2.2.3 настоящей инструкции.

Для улучшения формирования лицевой поверхности шва, особенно при сварке кольцевых соединений малого диаметра, рекомендуется смещать горелку с зенита в сторону, противоположную вращению, на угол 10-15° (рисунок 5). Для повышения стабильности проплавления при сварке на весу горелку можно смещать в направлении вращения.

При вынужденной остановке (для замены присадочного прутка и т. п.) и по окончании сварки неплавящимся и плавящимся электродами кольцевых швов необходимо перекрывать участок шва перед остановкой и начальный участок шва соответственно на 10-30 мм.

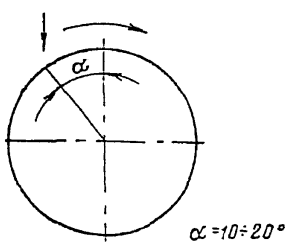


Рисунок 5 - Смещение горелки при сварке кольцевых швов

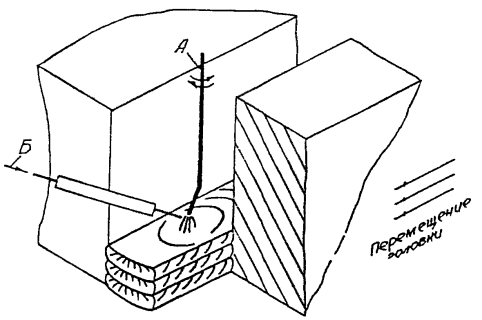
6.1.14 Для уменьшения остаточной деформации рекомендуется применять оснастку с устройствами для растяжения свариваемых элементов в процессе сварки с регулируемым усилием по ПИ 1.4.1799-87.

6.1.15 Сварку деталей средней толщины (4-10 мм) и толстостенных (более 10 мм) узлов со швами большой протяженности (более 0,5 м)

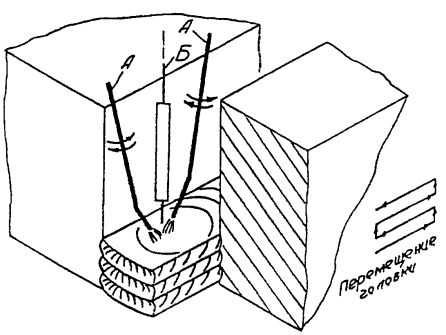
эффективно производить плавящимся электродом с низкочастотным поперечным перемещением (сканированием) его относительно оси шва. Это позволяет улучшить формирование шва и структуру металла соединения.

6.1.16 Для соединений 1-й категории малой и средней протяженности (до 0,5 м) деталей с толщиной свариваемых кромок более 10 мм целесообразно применять процесс сварки в щелевую разделку сканирующими одним (рисунок *6а)* или двумя (рисунок 6б) неплавящимися электродами (РТМ 1.4.1049-82).

6.1.17 По окончании сварки неплавящимся электродом и в случае перерыва резкий обрыв дуги не рекомендуется. При ручной сварке кратер рекомендуется заделывать, не прекращая подачи присадочной проволоки, плавным гашением дуги. Для этого в источнике питания предусмотрен блок заварки кратера.



а



б

А-электрод; Б-присадка

Рисунок 6 - Схема сварки в щелевую разделку

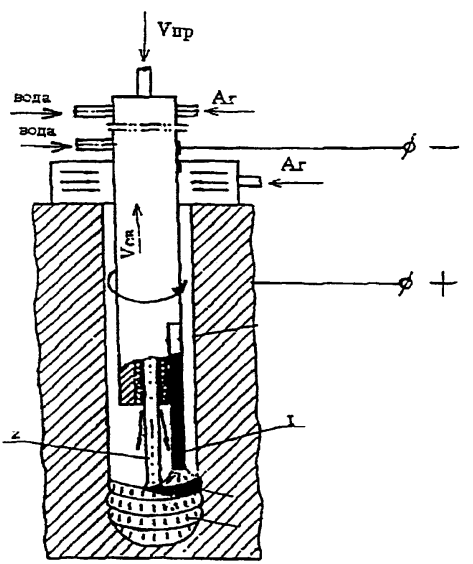
6.1.18 Подачу газа выключать через 5-10 с после прекращения горения дуги для обеспечения защиты металла от окисления при

остывании.

6.1.19 Для соединения коротких (5,0...100 мм) стыков 1-й категории применять автоматическую сварку вертикальным швом сканирующим неплавящимся электродом ("метод зондирования") (ТР 1.4.1073-82).

Технологическая схема процесса (рисунок 7) обеспечивает повышенную плотность металла шва, высокий уровень механических свойств ($\sigma_{соед}/\sigma_{осн.м} \geq 0,9$) при незначительной сварочной деформации.

Примечание - Процесс сварки "методом зондирования" можно эффективно использовать для автоматической сварки стыков ребер (ТР 1.4.1407-85) и других элементов высотой до 100 мм и более, пакета листовых деталей с толщиной верхней детали до 100 мм, для наплавки на тонкий лист ($\geq$1,0 мм) и на другие детали усилений под крепеж и других усилений, а также для автоматической заварки глубоких (до 100 мм и более) отверстий малого диаметра (14-20 мм) в целях технологических и ремонтных (после выборки сверлением глубокозалегающих дефектов).



1 - вольфрамовый электрод; 2-присадочная проволока

Рисунок 7 - Схема процесса сварки вертикальным швом сканирующим неплавящимся электродом (СВН)

6.1.20 Подготовка свариваемых материалов, сварочных материалов, техника и режимы сварки "методом зондирования" - в соответствии с указаниями в ТР 1.4.1073-82 и ТР 1.4.1407-85.

6.2 Технология сварки плавящимся электродом

6.2.1 Автоматическую и механизированную сварку плавящимся электродом производить на постоянном токе обратной полярности.

6.2.2 Сварку плавящимся электродом производить от источника тока с жесткой или полого падающей внешней характеристикой.

6.2.3 Вылет электродной проволоки устанавливается в зависимости от ее диаметра:

Диаметр электродной проволоки, мм	0,5	0,8	1,0	1,6	2,0
Величина вылета, мм	5-7	7-9	8-10	10-12	12-14

6.2.4 Для улучшения условий возбуждения дуги и повышения ее стабильности при сварке плавящимся электродом тонколистовых материалов рекомендуется:

- сварку производить проволокой минимального диаметра;
- в процессе сварки поддерживать минимальный вылет электрода;
- возбуждать дугу при неподвижной горелке или при пониженной скорости ее перемещения.

6.2.5 Для обеспечения хорошего формирования швов, особенно при сварке вертикально расположенных швов, сварочной горелке рекомендуется придавать поперечные колебания. Амплитуда колебаний устанавливается в зависимости от ширины разделки кромок под сварку; частота колебаний 60-150 в минуту при условии перекрытия ранее наплавленного металла (минимальная частота) и при условии устойчивости горения дуги (максимальная частота).

6.2.6 Сварку плавящимся электродом можно производить в среде инертных газов аргона и гелия, в среде углекислого газа и в смеси газов (см. таблицу 1).

6.2.7 Малоуглеродистые, низко- и среднелегированные стали рекомендуется сваривать в углекислом газе.

Нержавеющие стали можно сваривать в углекислом газе и в смеси углекислого газа с другими газами, если получаемые при этом соединения удовлетворяют требованиям коррозионной стойкости при заданных условиях работы изделия.

6.3 Технология сварки неплавящимся электродом

6.3.1 Ручную, механизированную и автоматическую сварку неплавящимся электродом нержавеющих, жаропрочных и конструкционных сталей производят на постоянном (прямой полярности) или переменном токе с присадкой и без присадки.

6.3.2 Вольфрамовый электрод располагается к изделию под углом 60-80° при ручной сварке и 80-90° при автоматической. Угол между вольфрамовым электродом и присадочной проволокой (прутком) в

процессе ручной сварки сохранять равным 90°.

6.3.3 Длина выступающего из сопла конца вольфрамового электрода должна составлять 6-12 мм.

6.3.4 Конец вольфрамового электрода при автоматической сварке постоянным током затачивается на конус с углом 20-30° и притуплением ~0,5 мм. При эрозии конца электрода его форма должна быть восстановлена.

6.3.5 Длина дугового промежутка при автоматической сварке устанавливается до сварки с помощью щупа или шаблона по результатам предварительной отработки режима в пределах 1,0-3,0 мм. При сварке материалов толщиной 0,5-0,6 мм отклонение длины дуги от установленной не должно превышать ±0,15 мм.

При сварке материалов толщиной 0,6-2,0 мм допустимо отклонение длины дуги от установленной ±0,25 мм.

6.3.6 При сварке на автоматах, снабженных устройствами для поддержания постоянства длины дуги, устанавливается и контролируется требуемое напряжение, соответствующее необходимой длине дуги.

6.4.Технология сварки пульсирующей (импульсной) дугой

6.4.1 Сварка пульсирующей дугой вольфрамовым электродом нержавеющих, жаропрочных и конструкционных сталей выполняется на постоянном токе прямой полярности. Дежурная дуга также питается постоянным током прямой полярности.

6.4.2 К основным параметрам режима сварки относятся величина тока импульса, длительность импульса $t_и$, длительность паузы $t_п$, длина дуги и скорость сварки ($t_и + t_п$ составляют цикл).

6.4.3 При постоянной энергии импульса и постоянном цикле проплавляющая способность дуги характеризуется отношением $\frac{t_п}{t_и} = G$, называемым жесткостью режима.

6.4.4 При равных погонных энергиях и скорости сварки тонколистовых материалов (0,3-2,0 мм) проплавляющая способность импульсной дуги в зависимости от режима может быть как выше, так и ниже проплавляющей способности постоянно горящей дуги. С увеличением толщины материала область режимов, обеспечивающих максимальную проплавляющую способность дуги, сдвигается в сторону большей длительности цикла $T_и$ и меньшей жесткости режима G.

6.4.5 Средняя тепловая мощность импульсной дуги обусловливается расчетным током, величина которого равна:

$$I_Р = \frac{I_а}{G} \quad ,$$

где $I_а$ - ток амплитудный, А;

G- жесткость режима.

6.4.6 Кратеры в точках устраняются путем подбора тока дежурной

дуги и скорости спада тока в импульсе.

С увеличением амплитудного значения сварочного тока ток дежурной дуги должен быть увеличен. Кратер также устраняется путем увеличения перекрытия точек.

6.4.7 Перекрытие точки должно быть не менее четверти диаметра. С увеличением перекрытия (более половины диаметра точки) возрастают сварочные деформации и снижается скорость сварки.

6.4.8 Ориентировочные режимы сварки в среде защитных газов при сварке импульсной дугой приведены в разделах 8 и 9.

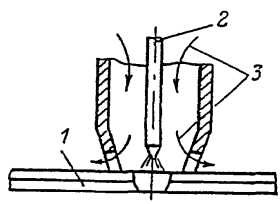
6.4.9 Техника сварки импульсной дугой как с присадочным, так и без присадочного материала не отличается от техники сварки постоянно горящей дугой вольфрамовым электродом.

6.5 Техника и технология аргонодуговой точечной сварки

6.5.1 Аргонодуговая точечная сварка применяется при одностороннем подходе к месту сварки в труднодоступных для ТЭС местах. Этот вид сварки не рекомендуется использовать для швов I и II категории.

6.5.2 Точечные соединения осуществляются посредством сквозного проплавления верхнего свариваемого элемента (без отверстия или с предварительно просверленным отверстием) теплом неподвижной электрической дуги, возбуждаемой между вольфрамовым электродом и металлом изделия. Электрод, дуга и ванна расплавленного металла защищены струёй аргона (рисунок 8).

Тонкую деталь необходимо располагать со стороны, доступной для подхода сварочного пистолета.



1-изделие; 2-вольфрамовый электрод; 3-аргон

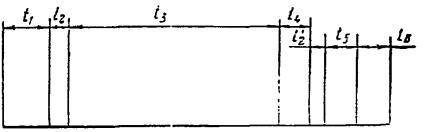
Рисунок 8 - Принципиальная схема аргонодуговой точечной сварки

6.5.3 Аргонодуговую точечную сварку производить на постоянном токе прямой полярности.

6.5.4 Одиночный цикл аргонодуговой точечной сварки должен соответствовать составляющим времени, приведенным на рисунке 9.

6.5.5 Аппаратура за одиночный цикл сварки включается последовательно автоматически электронным регулятором времени установки АДТС-7. Каждая составляющая времени регулируется потенциометрами регулятора. Процесс сварки начинается с момента нажатия кнопки на горелке- пистолете.

6.5.6 Изделие сваривать в приспособлениях, обеспечивающих плотное прилегание соединяемых поверхностей при давлении в месте постановки точек 50-100 Н.



t_1-продувка аргоном зоны сварки для удаления воздуха; t_2, t'_2- возбуждение дуги между вольфрамовым электродом и изделием (дуга возбуждается без короткого замыкания благодаря наложению тока высокой частоты); t_3- время горения сварочной дуги, в течение которого происходит проплавление изделия на заданную глубину и диаметр; t_4- промежуточное охлаждение в струе аргона для предохранения расплавленного металла от окисления; t_5-дополнительный импульс сварочной дуги; вторичное кратковременное горение дуги при одновременном включении сварочного тока и осциллятора, которое выравнивает поверхность сварной точки, предупреждает появление рыхлости, пор, трещин; t_6-полное охлаждение в струе аргона расплавленного металла.

Рисунок 9 - Цикл точечной сварки на установке АДТС-6

6.5.7 Рабочий конец вольфрамового электрода затачивать на конус под углом 60-90°.

6.5.8 При двустороннем подходе для получения сварных точек с более гладкой внешней поверхностью и для предупреждения сквозного проплавления нижнего свариваемого элемента рекомендуется применять гладкие металлические подкладки. Изделие должно быть плотно прижато к подкладке.

6.5.9 Для предупреждения окисления нержавеющих и жаропрочных сталей и сплавов с обратной стороны, если невозможно подвести подкладки, использовать поддув газа и флюсы (см. п. 6.1.8).

6.5.10 Для получения заданного шага между точками применять шаблоны или механизировать процесс сварки.

6.5.11 Поверхности мест сварки зачищать согласно разметке. Подгонка поверхности должна быть плотной. Местные зазоры допускаются до 0,2 мм.

6.5.12 Режимы устанавливать экспериментально в соответствии с требуемыми размерами литого ядра, выявленными на технологических образцах.

Диаметр литого ядра сварочной точки в зависимости от толщины тонкой детали в соединении составляет:

Толщина тонкой детали, мм	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8
Диаметр литого ядра сварочной точки, мм	$2,7^{+1,0}$	$3,0^{+1,0}$	$3,2^{+1,0}$	$3,5^{+1,0}$	$4,0^{\pm1,0}$	$5,0^{+1,0}$	$6,0^{+1,0}$	$6,5^{+1,0}$

Ориентировочные режимы сварки и механические характеристики сварных точечных соединений приведены в приложении 3.

6.5.13 Минимальная величина нахлестки в зависимости от толщины тонкой детали в соединении должна соответствовать следующим значениям:

Толщина тонкой детали, мм	0,4	0.5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0
Минимальная величина нахлестки, мм	9	10	12	14	15	16	18	20	20

6.5.14 Диаметр вольфрамового электрода, длина дуги и расход газа выбираются в зависимости от величины сварочного тока:

	Сварочный ток, А		
	25-50	50-100	100-200
Диаметр вольфрамового электрода, мм	2-3	3	4-5
Расход аргона, л/мин	5-6	6-8	8-12
Длина дуги, мм	1,5-2,5	2-3	2-3

6.5.15 При сварке конструкций необходимо следить за правильностью установленного режима. Формирование сварных точек на изделии должно соответствовать эталонным образцам, имеющим нужный диаметр литого ядра и необходимую прочность.

6.5.16 Если при сварке обнаружится несоответствие формирования литого ядра эталону, сварку изделия следует прекратить и проверить все параметры заданного режима на образцах.

6.6 Сварка криволинейных соединений листовых конструкций

6.6.1 Сварка криволинейных соединений пространственных листовых конструкций может быть автоматизирована на основе интеграции технологических операций механической обработки под сварку, сварки и других, выполняемых по единой (согласованной) программе по ТР 1.4.1542-85 и ПИ 1.4.1799-87.

6.6.2 Комплексно автоматизированные технологические процессы (механическая обработка кромок, сварка и другие) можно выполнять на стандартных фрезерных станках типа ФП7, ФП9, ФП17, ВФ3-М8 и т. п., и

на специализированных многофункциональных установках типа УПСФ с ЧПУ. Для охвата широкой номенклатуры изделий создан габаритно-типажный ряд 5-координатных установок: УПСФ2, УПСФ2-1, УПСФ2-2, УПСФ3-1, УПСФ3-2, УПСФ4.

6.6.3 Комплексная автоматизация операций обработки и сварки на станках и установках с ЧПУ (или ЭВМ) обеспечивает станочную точность (~0,1 мм) подготовки и сборки под сварку и перемещения дуги по криволинейному контуру соединения пространственной конструкции. При необходимости, в качестве 6-й координаты автоматической системы управления может использоваться программируемый сварочный манипулятор, в котором фиксируется свариваемая конструкция.

6.6.4 Автоматическую сварку по криволинейному контуру производить по специальной технологической схеме процесса, представленной на рисунке 10. Использовать специализированные сварочные головки типа ГСВ-2 ЧПУ (для сварки без подачи присадочной проволоки) или типа ГСВ-3 ЧПУ (для сварки с вертикальной подачей присадочной проволоки) с возможностью вращения вольфрамового электрода при сварке.

6.6.5 Вращение дуги позволяет снизить требования к точности сборки узлов под сварку, а также к точности перемещения сварочной головки по свариваемому контуру. Отклонение сварочной горелки от свариваемого контура на величину, не превышающую 0,5 радиуса вращения дуги, не снижает качества сварного соединения.

6.6.6 Технологическая схема процесса сварки с вертикальной подачей присадочной проволоки по каналу, расположенному в осевой зоне сварочной горелки (см. рисунок 10), является осесимметричной, при которой формирование шва практически не зависит от направления сварки; корректирующего разворота головки при этом не требуется.

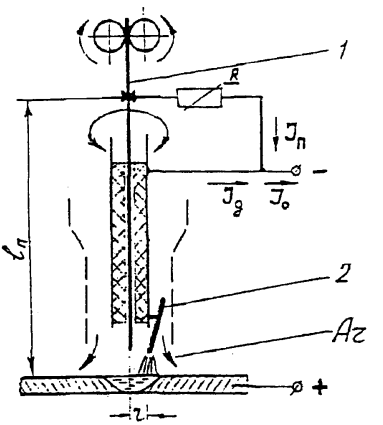
Присадка переносится в сварочную ванну либо при непрерывном контакте с нею, либо при периодическом касании поверхности ванны. Недопустимо образование крупных капель на конце присадочной проволоки.

6.6.7 При назначении процесса сварки с вращением дуги следует учитывать увеличении размеров (ширины) шва, зависящее от радиуса вращения электрода.

Для получения ширины шва в пределах норм настоящей инструкции можно использовать процесс автоматической аргонодуговой сварки без вращения вольфрамового электрода с вертикальной подачей присадочной проволоки, дополнительно подогреваемой током либо от отдельного источника, либо шунтированием ею дуги неплавящегося электрода. При этом в разных участках криволинейного замкнутого шва проволока подается в разные зоны сварочной ванны - головную, боковую, хвостовую.

6.6.8 Данная интегрированная технология рекомендуется для вварки пространственных тонкостенных узлов типа панелей, карточек, диафрагм, различных арматурных деталей в проемы каркаса, корпуса и

т. п. Использование многофункционального оборудования, состоящего из сменных модулей позволяет также обеспечить его переналадку, необходимую для гибких производств при изготовлении единичных или мелкосерийных изделий.



1 - присадочная проволока; 2 - электрод

Рисунок 10 - Технологическая схема процесса сварки с вертикальной подачей подогреваемой присадочной проволоки с возможностью вращения дуги

7 Сварка углеродистых, среднелегированных сталей средней и высокой прочности *

7.1 Общие указания

7.1.1 Особенностью сварки указанных сталей является их повышенная склонность к холодным сварочным трещинам. По степени увеличения склонности к образованию трещин среднелегированные стали располагаются в следующем порядке: ЭИ712, ЭИ659, 25ХГСА, 30ХГСА, 30ХГСН2А, 30ХГСНМА. Вероятность образования холодных сварочных трещин определяется жесткостью конструкций и технологией сварки.

7.1.2 Увеличение сопротивляемости сварных соединений образованию холодных трещин достигается применением высокого

* К этой группе относятся углеродистые стали: сталь 10,20,25, Ст.3сп, низколегированная сталь 09Г2С и ряд среднелегированных сталей средней прочности: 25ХГСА, 30ХГСА, 12Х2НВФА (ЭИ712), 23ХНВФА (ЭИ659) и высокой прочности: 30ХГСН2А и 30ХГСНМА. Среднелегированные стали применяют, как правило, в закаленном состоянии после сварки, обеспечивая прочность 880-1180 МПа (90-120 кгс/мм^2), и высокопрочные - 1320-1500 МПа (135-160 кгс/мм^2).

отпуска после сварки при температуре 650°С в течение 0,5-1,5 ч (см. инструкцию ВИАМ ПИ 1.2.352-87). Для кольцевых соединений из стали 30ХГСА и ЭИ659 целесообразно применять индукционный нагрев непосредственно после сварки. Время между окончанием сварки и отпуском при печном нагреве не должно превышать 6 ч., для высокопрочных сталей - 3 ч. При сварке жестких конструкций или обнаружении склонности к образованию трещин это время следует сократить. При проведении промежуточного низкого отпуска при температуре ~300°С допускается увеличение времени между сваркой и высоким отпуском до 12-20 ч.

Для снижения склонности к образованию холодных трещин допускается проведение предварительного нагрева до температуры 200-250°С (не более 300°С). С той же целью можно применять технологию двупроходной сварки (в том числе и для варианта сварки без присадки).

Возможность использования указанных приемов для снижения склонности к образованию трещин должна быть подтверждена положительными данными рентгеновского контроля или рентгеновского и магнитного контроля головной партии изделий. В этом случае на сварных узлах из сталей ЭИ712, ЭИ659, 25ХГСА, 30ХГСА разрешается по усмотрению Главного сварщика (Главного металлурга) увеличить разрыв во времени между сваркой и высоким отпуском, а также в отдельных случаях - не производить высокий отпуск перед закалкой.

7.1.3 Прочность сварных соединений из конструкционных сталей при общей упрочняющей термообработке составляют 0,9-0,95 от прочности основного металла. При сварке закаленного металла прочность сварного соединения может составлять менее 0,8 прочности основного металла. Она определяется в каждом случае отдельно.

7.1.4 В целях снижения концентрации напряжений в местах перехода от шва к основному металлу, заглаживания проплава, уменьшения смещения кромок и улучшения механических характеристик соединений рекомендуется производить прокатку сварных швов на металле толщиной 1,0—5,0 мм. Прокатка проводится после высокого отпуска сварных соединений и до операции упрочняющей термообработки.

При разработке технологии прокатки сварных соединений следует использовать общие положения РТМ 1166-81.

7.1.5 Для получения стабильного качества сварных соединений на узлах из сталей 30ХГСН2А и 30ХГСНМА рекомендуется применять основной металл вакуумно-дугового или вакуумно-индукционного переплава.

7.1.6 Сварка высокопрочных сталей 30ХГСН2А и 30ХГСНМА выполняется до проведения упрочняющей термообработки. Допускается сварка сталей между собой, а также в сочетании со сталями 12Х2НВФА (ЭИ712М), ст. 20 и 30ХГСА (за исключением силовых стыковых соединений). При этом необходимо применять марку присадочной

проволоки и режим последующей термической обработки, рекомендуемые для стали 30ХГСН2А.

При сварке сталей 30ХГСА и ЭИ712 наряду с присадочной проволокой св.12Х2НМА-ВИ по ТУ 14-1-4177-86 разрешается использование проволоки св. 12Х2НМА по ТУ 14-130-257-94.

7.2 Технология сварки

7.2.1 Среднелегированные стали средней прочности могут свариваться плавящимся и неплавящимся электродами, высокой прочности - только неплавящимся электродом; углеродистые стали - плавящимся электродом в среде CO_2. Допускается сварка стали 20 неплавящимся электродом.

7.2.2 При сварке плавящимся электродом рекомендуется применять в качестве защитной атмосферы углекислый газ и смеси аргона с углекислым газом (см. раздел 3).

7.2.3 Съемные подкладки, применяемые при сварке листового металла для снижения склонности к образованию холодных трещин, разрешается изготавливать из нержавеющей или другой стали. Возможно использование медных подкладок или удаляемых механической обработкой технологических подкладок из материала детали (для высокопрочных сталей материал подкладки - сталь 20А). При качественной сборке стыка (для соединений типа С 21800) целесообразна сварка на весу.

7.2.4 Сварка неплавящимся электродом на постоянном токе для улучшения формирования и стабильного проплавления рекомендуется в два прохода; для сварки материала толщиной до 2,5 мм - без разделки кромок, больше 2,5 мм - с разделкой кромок. При сварке стыковых соединений с разделкой и без разделки кромок первый проход рекомендуется осуществлять без присадки. Если проплав имеет вогнутую поверхность, то следует увеличить притупление. При свободном доступе к шву со стороны проплава целесообразна сварка с двух сторон без присадки.

7.2.5 При механизированной аргонодуговой сварке без разделки кромок для увеличения проплавляющей способности дуги можно применять активирующий флюс по ПИ 1.4.1632-86 или флюс ВС-2 к по ТУ ИЭС им. Е.О. Патона НАН, Украина.

7.2.6 Присадочные и электродные проволоки необходимо применять в зависимости от марки основного металла и толщины свариваемых кромок в соответствии с таблицей 9.

7.2.7 При сварке (подварке) закаленных элементов и закаленных с незакаленными из углеродистых, низко- и среднелегированных сталей и при сварке низко- и среднелегированных сталей с нержавеющими типа Х18Н9Т необходимо применять присадочные проволоки аустенитного класса: св. 10Х16Н25АМ6 (ЭИ395), св. Х20Н78Т (ЭИ435) и св. Х20Н80 (ЭИ334). Допускается сварка сталей 30ХГСН2А и 30ХГСНМА в

закаленном состоянии с применением указанных проволок. При этом для увеличения доли участия присадочной проволоки необходима разделка кромок. Доля участия присадочной проволоки в формировании соединения всех указанных сталей не должна быть ниже 60%.

Таблица 9 - Выбор присадочного материала

Марка основного металла, состояние до сварки	Толщина свариваемого металла, мм	Марка присадочной проволоки	ГОСТ или ТУ на проволоку
30ХГСА ** 25ХГСА 23Х2НВФА	Не более 3,0	св. 08Г2С* св. 08ХГ2С* св. 12ГС* св. О8ГС*	ГОСТ 2246-70
12Х2НВФА ** ***			
Стали 10-25 *** 09Г2С 10ХСНД	Все толщины		
30ХГСА ** 25ХГСА	Не более 10,0	св. 18ХМА-ВИ	ТУ 14-1-4292-87
		св. 18ХМА св. 18ХГС*	ГОСТ 2246-70
	Все толщины	св.12Х2НМА-ВИ	ТУ 14-1-4177-86
		св. 12Х2НМА	ТУ 14-130-257-94
12Х2НВФА ** ***	Не более 10,0	св. 18ХМА-ВИ св. 18ХМА	ТУ 14-1-4292-87
	Все толщины	св.12Х2НМА-ВИ	ТУ 14-1-4177-86
		св. 12Х2НМА	
30ХГСН2А ** (30ХГСНМА)	Не более 15,0	св. 18Х4ГМА-ВИ	ТУ 14-1-4292-87
	Все толщины	св.20Х2Г2 СНВМ (ЭП331У) св.20Х2Г2СНВМ-ВИ (ЭП331У-ВИ)	ТУ 14-1-4292-87
25ХГСА *** 30ХГСА 23Х2НВФА 12Х2НВФА 30ХГСН2А 30ХГСНМА	Все толщины	св. 10Х16Н25АМ6 (ЭИ395)	ГОСТ 2246-70
		ХН78Т (ЭИ435) ХН8О (ЭИ334)	ТУ 14-1-997-74

Примечание - Детали толщиной 10,0 мм и более сваривать по РТМ 1.4.1049-82.

*- Рекомендуется для сварки в среде CO_2 и в смеси CO_2 с Ar. Допускается сварка неплавящимся электродом, если она рекомендована для данной марки стали. Разрешается проволока этих марок Ø 1,0 и 1,2 мм дробеструить, металлоструить, пескоструить, протирать белой салфеткой и хранить в закрытых деревянных ящиках или мешках из полимерной пленки.

** - Для соединений с упрочняющей термообработкой после сварки.

*** - Для соединений без упрочняющей термообработки после сварки.

Нагрев сварного узла после сварки в указанных случаях необходим по режиму низкотемпературного отпуска для закаленного свариваемого элемента (см. инструкцию ВИАМ ПИ 1.2.352-87. Время между сваркой и отпуском выдерживать в соответствии с п. 7.1.2. При этом обеспечивается прочность соединения не менее 540 МПа (55 кгс/мм^2). Для сварки узлов из стали 30ХГСА без последующей термообработки разрешается применение проволок св. 18ХГС, 09Г2С и 18ХМА с последующим отпуском по решению и технологии, согласованным с Главным металлургом.

7.2.8 Нагружение сварных соединений на низко- и среднелегированных сталях, не подвергающихся отпуску (например, соединения среднелегированных сталей со сталью типа 1Х18Н9Т), разрешается не ранее чем через трое суток после сварки из-за временной пониженной сопротивляемости соединений образованию разрушений под действием постоянной нагрузки.

7.2.9 Кольцевые швы цилиндрических деталей гидроцилиндров, стоек, подкосов и т.п. из сталей 30ХГСА, 30ХГСН2А. 30ХГСНМА диаметром от 40 до 300 мм и толщиной стенки 3 мм и более рекомендуется выполнять механизированной сваркой по активирующему флюсу. Флюс наносится на наружную поверхность стыка, подготовленного под сварку по типу С11111 без прихваток. При сварке других типов соединения (С00001, С14141) допускается прихватка без присадки. В этих случаях можно наносить флюс на кромки, предварительно сваренные по всему периметру с минимальным проплавлением.

Первый проход по слою флюса выполнять с полным проплавлением и качественным формированием корня шва. В зависимости от толщины свариваемых кромок может производить в нижнем, потолочном и полупотолочном положениях.

Второй и последующие проходы (до заполнения разделки) производить с поперечным колебанием дуги (или без него) аргонодуговой сваркой в щелевую разделку по РТМ 1.4.1049-82, а также сваркой под флюсом по ПИ 1.4.1816-87 или электродами по ПИ 1.4.1834-88.

7.2.10 В целях увеличения сил поверхностного натяжения, удерживающих расплавленный металл ванны от утопания его при сварке в потолочном и полу потолочном положениях, в канавку подкладного кольца (или внутреннюю полость цилиндра) подается углекислый газ. После продувки внутренней полости давление углекислого газа не должно превышать атмосферное.

7.2.1 Шлаки, образовавшиеся после первого прохода, необходимо удалить металлической щеткой. Второй проход (без присадки) целесообразно выполнять в том же положении, в каком выполнялся первый проход Сварку с присадкой выполнять в нижнем положении.

7.2.12 Разрыв времени между окончанием сварки первого прохода и началом второго не рекомендуется увеличивать более, чем до 30 мин

для стали 30ХГСА, 10 мин - для сталей 30ХГСН2А, 30ХГСНМА. При больших интервалах времени шов подвергать отпуску. Остатки флюса на деталях удаляются последующей термической и дробеструйной обработкой. Специальной обработки по удалению остатков флюса не требуется.

7.2.13 Режимы сварки конструкционных сталей неплавящимся и плавящимся электродами в среде инертных газов даны соответственно в таблицах 10 и 11, режимы автоматической и полуавтоматической сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа - в таблицах 12 и 13.

8. Сварка жаропрочных и нержавеющих сталей и сплавов

8.1 Общие указания

8.1.1 Рассматриваемые материалы и их сочетания по своим технологическим особенностям разделяются на три группы:

- жаропрочные, хромоникелевые, стабильно-аустенитные гомогенные стали и сплавы (не упрочняемые термообработкой) и их сочетания с другими материалами (таблица 14);
- жаропрочные, хромоникелевые, гетерогенные сплавы и стали, упрочняемые дисперсионным твердением, благодаря выделению метастабильных упрочняющих фаз при воздействии температур старения, сочетания указанных материалов с другими материалами (таблица 15);
- нержавеющие стали и их сочетания с другими материалами (таблица 16).

8.1.2 При изготовлении сварных деталей и узлов из жаропрочных хромоникелевых сталей и сплавов и нержавеющих сталей необходимо учитывать:

- повышенную чувствительность к окислению металла шва и околошовной зоны в процессе сварки и склонность металла к насыщению газами. Особенно высокой чувствительностью к окислению обладают гетерогенные стали и сплавы с высоким содержанием алюминия и титана;
- наличие тугоплавкой окисной пленки, образующейся в процессе термообработки на сплавах и сталях, легированных большим количеством алюминия (ЭП199, ЭП99, ЭП202, ВЖ102 и др.). Сварку таких соединений можно производить только после удаления пленки (травлением, гидропескоструйной и механообработкой);
- склонность к образованию горячих трещин в металле шва. Наиболее высокой склонностью к образованию трещин в металле шва обладают сталь ЭИ696А и разноименные соединения жаропрочных хромоникелевых сплавов со сталями типа 18-8. В ответственных сварных конструкциях сочетания хромоникелевых сплавов со сталями

типа 18-8 не допускаются;

- повышенную склонность к образованию горячих трещин в околошовной зоне дисперсионно-твердеющих сплавов и сталей (ЭИ437Б, ЭП202, ВЖ102, ЭИ696А, ЭП718 и т. п.) и стали ЭИ835 после воздействия на нее деформаций растяжения (формообразование деталей методом холодной штамповки и на растягивающих прессах). Эта склонность возрастает при наличии в свариваемых деталях крупнозернистой структуры;

- склонность дисперсионно-упрочняемых сплавов с высоким содержанием алюминия и титана (ЭП199, ЭП99, ЭП708, ЭП693 и т. п.) к термическому растрескиванию металла околошовной зоны под воздействием повторных нагревов в интервале температур старения, при которых их пластичность резко снижается. Для предотвращения растрескивания в сварных соединениях необходим рациональный выбор присадочного материала и термической обработки до и после сварки (см. таблицы 15 и 21);

- повышенную чувствительность металла околошовной зоны к растрескиванию и снижению усталостной прочности соединения в интервале рабочих температур при сварке металла с крупнозернистой структурой. Детали из жаропрочных сталей и сплавов с зерном крупнее 3-го балла ГОСТ 5639-65 к сварке не допускаются;

- повышенную чувствительность жаропрочных хромоникелевых сплавов - к наклепу, вызывающему разупрочнение металла при температурах рекристаллизации и понижение температуры рекристаллизации. Сварку сплавов, упрочняемых дисперсионным твердением (ЭП99, ЭП199, ЭП693, ЭП708 и т. п.) в сильно нагартованном состоянии и прокатку сварных швов с усилением проводить не разрешается, если их последующая термообработка и рабочая температура узлов находятся в интервале температур рекристаллизации;

- склонность к охрупчиванию и пониженную пластичность, при нормальных температурах после длительной наработки в интервале температур 650-900° С;

- высокую чувствительность сварных соединений к концентраторам напряжений. Грубая зачистка сварных швов с наличием рисок в металле околошовной зоны не допускается;

- эффект подкалки околошовной зоны и повышенную склонность к образованию холодных трещин при сварке хромистых нержавеющих сталей ЭИ961, ЭИ962, ЭИ268, ЭП609 и т.п., что вызывает необходимость обязательного снятия напряжений после сварки.

Таблица 10 - Ориентировочные режимы сварки (встык)

Способ сварки	Толщина основного металла, мм	С присадкой						Без присадки					
		Ток, А		Скорость, м/ч		Расход газа, л /мин		Ток, А		Скорость, м/ч		Расход газа, л/мин	
		аргон	гелий	аргон	гелий	аргон	гелий	аргон	гелий	аргон	гелий	аргон	гелий
Автоматическая	0,5	30-45	-	20-35	-	4-5	-	-	-	-	-	-	-
	1,0	60-100	40-60	15-20	15-20	4,0	5.5	50-80	35-50	15-20	15-20	4,0	5,5
	1,5	80-120	60-80	15-20	15-20	5-6	*6-8*	60-90	40-65	15-20	15-20	5-6	6-8
	2,5	100-150	70-100	10-25	15-20	6-7	8-9	90-140	60-80	15-20	15-20	6-7	8-9
	4,0	160-200	110-170	до 10	8-10	7-8	9-10	140-200	80-140	8-10	8-10	7-8	9-10
Ручная	0,8	20-50	15-30			3-4	5-5,5						
	1,0	30-60	30-45	-	-	3,5-4	5-5,5	-	-	-	-	-	-
	1,5	45-70	40-55	-	-	4-5	5-7,0	-	-	-	-	-	-
	2,0	70-120	50-80	-	-	5-6	7-8,0	-	-	-	-	-	-
	3,0	110-150	75-100	-	-	6-7	8-9,0	-	-	-	-	-	-

Примечание - Напряжение на дуге в аргоне — 8-12 В, в гелии - 12-17 В

Таблица 11 - Ориентировочные режимы сварки плавящимся электродом конструкционных сталей

Способ сварки	Подготовка кромок и вид соединения	Толщина свариваемого материала, мм.	Ток, А	Скорость сварки, м/ч	Число слоев	Расход газа, л/мин	Ток, А	Скорость сварки, м/ч	Число слоев	Расход газа, л/мин	Диаметр электродной проволоки, мм
			в среде аргона +5-10% углекислого газа				в среде гелия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Автоматическая	Стыковое без разделки	1,0	90-110	35-55	1	6-8	-	-	-	-	1,0-1,2
		1,5	110-130	20-40	1	6-8	-	-	-	-	1,0-1,2
		2,5	190-270	20-40	1	6-8	140-200	20-40	1	8-11	1,6-2
		3,0	240-330	20-40	1	6-8	190-270	20-40	1	9-11	1,6-2
	Стыковое с V-образной разделкой	4	220-300	20-40	1	7-9	210-270	20-40	1		2-2,5
		6	300-390	15-30	1-2	9-12	240-360	15-30	1-2	11-14	2-2,5
		8	350-430	15-30	2	11-15	270-340	15-30	2	13-18	2-3
		10	360-400	15-30	2	12-17	290-340	15-30	2	15-20	2-3
Полуавтоматическая	Стыковое без разделки	1	35-55	-	1	4-6	-	-	-	-	0,5-0,7
		1,5	70-90	-	1	5-7	-	-	-	-	0,8-1,0
		2	110-130	-	1	6-8	-	-	-	-	1,0-1,2
		2,5	140-180	-	1	6-8	90-120	-	1	8-10	1,0-1,2
		3	160-200	-	1	6-8	100-180	-	1	8-10	1,0-1,6
	Стыковое с V-образной разделкой	4	180-300	-	1	7-9	120-200	-	1	9-11	1,0-1,6
		6	240-340	-	1-2	9-12	180-260	-	1-2	11-14	1,6-2,0
		8	300-320	-	2	11-15	200-300	-	2	13-18	1,6-2,0
		10	390-420	-	2	12-17	240-380	-	2	15-20	2,0

Окончание таблицы 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Полу-автомати-ческая	Нахлесточное	1,0	55-75	-	1	4-6	-	-	-	-	0,5-0,8
		1,5	80-100	-	1	5-7	-	-	-	-	0,8-1,0
		2,0	115-135	-	1	6-8	-	-	-	-	1,0-1,2
		3,0	165-200	-	1	6-8	-	-	-	-	1,0-1,6
		1,5+8,0	105-125	-	1	6-8					1,0-1,2
		2,0+8,0	115-135	-	1	6-8	-	-	-	-	1,0-1,6
	Тавровое	1,0	40-60	-	1	4-6	-	-	-	-	0,5-0,8
		1,5	65-85	-	1	5-7	-	-	-	-	0,8-1,0
		2,0	100-120	-	1	6-8	-	-	-	-	1,0-1,2
		3,0	150-170	-	1	6-8	-	-	-	-	1,0-1,6

Примечания

1 Напряжение на дуге при сварке в аргоне 11-15 В, при сварке в гелии - 16-22 В.

2 Длину дуги поддерживать равной 1-1,5 мм.

3 Скорость подачи присадочной проволоки выбирать в соответствии с заданным сечением сварного шва.

4 Диаметр присадочной проволоки выбирать в соответствии с толщиной основного металла.

5 Напряжение на дуге при сварке плавящимся электродом в аргоне с добавкой углекислого газа 20-30 В, в гелии – 26-39 В.

Таблица 12 - Ориентировочные режимы автоматической сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа (при расходе газа 10-15 л/мин)

Тип соединения	Толщина материала, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч
Стыковое	1,0	0,8-1,0	45-70	17-19	30-50
	1,5	1,0-1,2	80-100	20-22	20-40
	2,0	1,2-1,6	140-200	20-22	20-40
	5,0	1,6	280-300	26-28	15-30
	10,0	1,6-2,0	280-340	26-28	15-30
Нахлесточное	1,5	0,8-1,0	70-90	19-21	20-22
	3,0	1,0-1,2	100-120	19-21	15-20

Примечания

1 Материал толщиной 10 мм сваривается в два-три слоя.

2 Вылет электрода диаметром 0,8-1,2 мм - 6-15 мм; диаметром 1,6-2,0 мм - 13-20 мм.

Таблица 13 - Ориентировочные режимы механизированной сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа

Тип соединения	Толщина материала	Диаметр электродной проволоки, мм	Ток, А	Напряжение на дуге, В	Расход газа, л/мин
Стыковое	0,8	0,5-0,7	40-60	16,5-18,5	6-8
	1,0	0,5-0,7	45-55	18-19	6-8
	1,5	0,8-1,0	65-85	19-20	6-8
	2,0	1,0-1,2	110-125	21-23	7-9
	3,0	1,0-1,6	140-170	22-24	8-10
	5,0	1,6-2,0	260-300	26-28	8-10
	10,0	1,6-2,0	280-300	26-28	8-10
Нахлесточное	1,0	0,5-0,8	50-70	18-19	5-7
	1,5	0,8-1,0	80-100	19-21	6-8
	2,0	1,0-1,2	110-130	21-23	7-9
	3,0	1,0-1,6	145-175	22-24	8-10
	1,5+8,0	1,0-1,2	100-120	21-22	7-9
	2,0+8,0	1,0+1,6	110-130	21-23	7-9
Тавровое	1,0	0,5-0,8	35-55	18-19	5-7
	1,5	0,8-1,0	60-80	19-20	6-8
	2,0	1,0-1,2	75-115	21-23	7-9
	3,0	1,0-1,6	140-160	22-24	8-10
	5,0	1,6-2,0	160-200	24-26	8-10

Примечания –

1 Материал толщиной 10 мм сваривается в два слоя.

2 Режим сварки может корректироваться в соответствии с инструкцией по эксплуатации применяемого полуавтомата.

Таблица 14 - Присадочные материалы для сварки жаропрочных хромоникелевых сплавов и сталей, не упрочняемых термообработкой (гомогенных), их сочетаний между собой и с другими материалами

Марка свариваемых материалов	Марки присадочных проволок	ГОСТ или ТУ на присадочную. проволоку
ХН78Т (ЭИ435)	св. ХН78Т (ЭИ435)	ТУ 14-1-997-74
ХН75МБТЮ (ЭИ602)	св. ХН75МБТЮ (ЭИ602)	,,
ХН60В (ЭИ868, ВЖ98)	св.ХН60ВТ (ЭИ868, ВЖ98) св. ХН75МБТЮ (ЭИ602)	,,
ХН38ВТ(ЭИ703)	св..ХН38ВТ(ЭИ703)	,,
Х25Н16Г7АР(ЭИ835)	св.12Х25Н16Г7АР(ЭИ835) св. 08Х21 Н10Г6	,, ГОСТ 2246-70
Х21Н28В5М3БАР (ЭП126, ВЖ100)	св.ХН28ВМАБ(ЭП126) св. ХН60ВТ (ЭИ868)	ТУ 14-1-997-74
ЭИ435+ЭИ602	св. ХН75МБТЮ (ЭИ602), св. ХН60ВТ (ВЖ98)	,,
ЭИ868+ЭИ602	,,	,,
ЭИ868+ЭИ435	,,	,,
ЭИ868+ЭИ703	св. ХН60ВТ (ЭИ868)	,,
ЭИ602+ЭИ703	св.08Х21 Н10Г6 св.06Х15Н60М15(ЭП367)	ГОСТ 2246-70
ЭИ868+ЭП126 (ВЖ100)	св. ХН60ВТ (ЭИ868) св.ХН28ВМАБ(ЭП126)	ТУ 14-1-997-74 ГОСТ 2246-70
ЭИ703 ВЖ100 ЭИ435 ЭИ602 ЭИ868 } +12Х18Н10Т	св. 06Х15Н60М15 (ЭП367) св. 10Х16Н25АМ6 (ЭИ395)	ГОСТ 2246-70
ХН38ВТ+ сталь 20	,,	,,

Примечания

1 Сочетания сплавов ЭИ435, ЭИ602 и ЭИ868 со сталью 12Х18Н10Т допускаются только на неответственных соединениях.

2 Проволоку ЭП367 рекомендуется также использовать для подварки дефектов в сварных соединениях, указанных в таблице марок материалов.

Таблица 15 - Присадочные материалы для сварки хромоникелевых жаропрочных сплавов и сталей, упрочняемых дисперсионным твердением (гетерогенных), и их сочетаний с другими материалами

Марка свариваемых материалов	Марки присадочных проволок	ГОСТ или ТУ на присадочную проволоку
ХН77ТЮР (ЭИ437Б)	св. ХН77ТЮ (ЭИ437А) св. 08Х20Н57М8В8Т3Р-ИД (ЭП533-ИД) св. 06Х15Н60М15 (ЭП367)*	ТУ 14-1-997-74 ТУ 14-1-2048-77 ГОСТ 2246-70
ХН50МВКТЮР (ЭП99)	св. 08Х20Н57М8В8Т3Р-ИД (ЭП533-ИД)	ТУ 14-1-2048-77
ХН56ВМТЮ (ЭП199, ВЖ101)	,,	,,
ХН68ВМТЮК (ЭП693)	,,	,,
ХН62ВМТЮ (ЭП708)	,,	,,
ХН50ВМТЮБ (ЭП648)	св. ХН50ВМТЮБ-ВИ (ЭП648-ВИ)	ТУ 14-1-2234-77
ХН67МВТЮ (ЭП202)	св. 08Х20Н57М8В8Т3Р-ИД (ЭП533-ИД)	ТУ 14-1-2048-77
10Х11Н20Т2Р (ЭИ696А)	,, св. ХН23МТЮР (ЭП260)	,, ТУ 14-1-997-74
Х15Н45М5В3ТЮБР (ЭП718. ВЖ105)	св. 08Х20Н57М8В8Т3Р (ЭП533-ИД)	ТУ 14-1-2048-77
Х15Н3ОВМТ (ВЖ102)	,, св. Х15Н3ОВМТ (ВЖ102)	,, ТУ 14-1-1004-74
ХН65ВМБЮ (ЭП914, ВЖ131)	св.ХН65ВМБЮ-ВИ (ЭП914-ВИ, ВЖ131-ВИ) св. 08Х20Н57М8В8Т3Р-ИД (ЭП533-ИД)**	ТУ 14-1-3552-83 ТУ 14-1-2048-77
ЭИ437Б + ЭИ696А	,,	,,
ЭИ696А +ЭИ868 (ВЖ98)	св. ХН60ВТ (ЭИ868, ВЖ98)	ТУ 14-1-997-74
ЭП199 (ВЖ101)+ЭИ868 (ВЖ98)	св. 08Х20Н57М8В8Т3Р-ИД (ЭП533-ИД)***	ТУ 14-1-2048-77
ЭП693+ЭИ868 (ВЖ98)	,,	,,
ЭП99+ЭП693	св. 08Х20Н57М8В8Т3Р-ИД (ЭП533-ИД)***	ТУ 14-1-2048-77
ЭП693 + ЭП487РЛ	св. 08Х20Н57М8В8Т3Р-ИД, (ЭП533-ИД)****	ТУ 14-1-2048-77

*Проволоку из сплава ЭП367 рекомендуется использовать при подварке дефектов всех соединений, указанных в таблице.

** Проволока из сплава ЭП533 дает меньшую по сравнению с проволокой ВЖ131 значения технологической прочности (на 25-30%), длительной прочности (на 20%), кратковременной прочности (на 15%) сварного соединения.

*** Допускается применение проволоки св. ХН60ВТ.

**** Сопротивляемость соединения трещинообразованию может быть повышена использованием проволоки из сплава ЭП683, разработанной ИЭС им. Е.О. Патона. Механические характеристики при этом практически не изменяются.

Таблица 16 - Присадочные материалы для сварки нержавеющих сталей и их сочетаний с другими сталями.

Марка свариваемых материалов	Марка присадочной проволоки	ГОСТ или ТУ присадочной проволоки
12Х18Н10Т (Я1Т)	св.06Х19Н9Т	ГОСТ 2246-70
12Х17Г9АН4 (ЭИ878)	св. 04Х19Н9, св. 06Х19Н9Т	«
12Х21Н5Т (ЭИ811)	св. 08Х20Н9Г7Т	ГОСТ 2246-70
15Х18Н12С4ТЮ (ЭИ654)	св. 15Х18Н12С4ТЮ (ЭИ654)	ТУ 14-1-997-74
1Х12Н2ВМФ (ЭИ961) 11Х11Н2В2МФ (ЭИ962) 16Х11Н2В2МФ (ЭИ962А)	св. 10Х11 НВМФ св, 10Х11Н2В2МФ (ЭИ962)	ГОСТ 2246-70 ТУ 14-1-997-74
12Х18Н10Т+11Х11Н2В2МФ	св.06Х19Н9Т	ГОСТ 2246-70
Х12НМБФ (ЭП609)	св. 07Х12НМБФ-Ш	ТУ 14-1-2458-78
12Х18Н10Т+Х25Н16Г7АР (ЭИ835)	св. 08Х20Н9Г7Т	ГОСТ 2246-70
14Х17Н2 (ЭИ268) 1Х17Н2 (ЭИ268Л)	св. 10Х17Т св.06Х19Н9Т* св.04Х19Н11М3* св. 10Х16Н25АМ6 (ЭИ395)*	ГОСТ 2246-70 « ТУ-1-2034-77 ГОСТ 2246-70 «

* Применяется в случае упрочняющей термообработки до сварки и низкого отпуска после сварки.

Примечание - Допускается с ведома конструктора использование в качестве присадки проволока св. 04Х19Н9 для сварки стали 12Х18Н10Т и этой стали со сталями 10Х18Н10ТЛ, Х15Н5Д2Т, 12Х17Г9АН4, 14Х17Н2.

8.2 Требования к технике и технологии сварки

8.2.1 Проводить контроль микроструктуры деталей из жаропрочных сталей и сплавов (лист, поковка, штамповка). Объем и периодичность контроля устанавливаются отделом Главного сварщика. Детали с неоднородностью структуры и зерном крупнее 3-го балла по ГОСТ 5639-65 к сварке не допускаются.

8.2.2 Перед сваркой тщательно удалять со свариваемых кромок (травлением, гидропескоструйной обработкой, механической обработкой) тугоплавкую окисную пленку, образующуюся на деталях в процессе термообработки и хранения.

8.2.3 Сварку производить на режимах, обеспечивающих минимальные размеры шва, стабильное проплавление по всему периметру шва и плавные переходы от основного металла к сварному шву.

8.2.4 Марку присадочной проволоки при сварке неплавящимся электродом с присадкой или плавящимся электродом выбирать в соответствии с таблицах 14, 15, 16.

8.2.5 В стыковых соединениях на материалах толщиной более 2,5-3,0 мм применять разделку кромок и многослойную сварку узкими

швами.

8.2.6 Сварку производить возможно более короткой дугой и с надежной защитой аргоном металла сварного соединения с лицевой стороны и при сварке на весу со стороны корня шва. При сварке на весу допускается также применение флюсов марок Н-20 и НЖ8 (ОСТ 1.41174-86, остатки которых после сварки необходимо удалять.

8.2.7 При выборе режимов сварки, кроме данных таблиц 17, 18, 19, 20, руководствоваться следующими указаниями:

- сварку постоянно горящей дугой для снижения склонности металла шва и околошовных зон к горячим трещинам производить на малых токах, обеспечивающих стабильный проплав по всему контуру шва;
- при сварке вольфрамовым электродом не рекомендуется использовать присадочную проволоку диаметром D >1,6 мм;
- сварку плавящимся электродом производить тонкими проволоками (диаметром ≤ 1,0 мм), обеспечивающими высокую плотность тока сварки и стабильность протекания процесса сварки;
- сварку импульсной дугой (см. таблицу 20) выполнять на режиме А, если нет опасности образования околошовных горячих трещин; этот режим обеспечивает наилучший внешний вид шва и стабильность формирования проплава;
- при высокой склонности сварного соединения к околошовным горячим трещинам (главным образом, стали и сплавы, упрочняемые дисперсионным твердением, в особенности с крупнозернистой структурой) импульсную сварку следует проводить по режиму В (см. табл. 20); режим Б по основным параметрам занимает промежуточное положение между режимами А и В.

8.2.8 При сварке хромоникелевых сплавов с аустенитными сталями необходимо смещать электрод от стыка в сторону аустенитной стали на величину, составляющую для материалов толщиной 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм соответственно 0; 0-0,2; 0,5-0,7; 0,7-1, 0,7-1,0; 0,7-1,0мм.

8.2.9 При необходимости использования в несиловых, неответственных конструкциях соединения (III-ей категории) хромоникелевых сплавов с нержавеющими сталями типа 18-8 их сварку производить с присадочными проволоками, легированными молибденом (ЭП367, ЭИ395), ограничивающими склонность к образованию трещин в металле шва.

8.3 Термообработка

8.3.1 Рациональный выбор технологии термической обработки свариваемых деталей до сварки и сварных узлов после сварки (таблица 21) позволяет получать высокие технологические и эксплуатационные характеристики сварных соединений.

Таблица 17 - Ориентировочные режимы сварки жаропрочных гомогенных хромоникелевых сплавов и сталей и их сочетаний с другими материалами

Способ сварки	Толщина свариваемого материала, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки*, м/ч	Диаметр присадочной проволоки, мм	Расход аргона, л /мин. для	
						защиты	поддува
Механизированная вольфрамовым электродом без присадки на медной подкладке	0,8	35-100	8-10	8-35	-	6-8	2-4
	1,0	40-100	8-10	8-35	-	6-8	2-4
	1,5	45-140	10-12	8-30	-	9-10	2-4
	2,0	60-160	12-15	6-25	-	9-12	2-4
Механизированная вольфрамовым электродом с присадкой	1,0	50-110	10-12	8-30	1,2	8-10	2-4
	1,5	60-150	11-15	8-25	1,2-1,6	9-10	2-4
	2,0	80-180	12-15	6-25	1,2-1,6	9-12	2-4
	3,0	100-220	14-15	6-15	1,6	10-14	2-4
Ручная на весу с защитой обратной стороны аргоном или флюсом	1,0	40-80	10-12	-	1,2	5-8	-
	1,5	60-100	10-13	-	1,2-1,6	5-8	-
	2,0	70-120	10-13	-	1,6	8-10	-
	3,0	100-140	10-13	-	1,6	10-12	-
Механизированная плавящимся электродом на медной подкладке	1,0	60-90	15-16	25-40	0,6-0,8	15-16	4-6
	1,2	70-100	16-18	20-35	0,6-0,8	15-17	4-6
	1,5	80-110	16-20	18-30	0,8-1,0	16-18	5-8
	2,0	100-130	17-20	18-30	0,8-1,0	17-18	5-8
	2,5	120-160	19-25	18-25	0,8-1,2	18-19	5-8
	3,0	140-180	20-25	15-20	0,8-1,2	18-20	5-8
	5,0	170-220	21-27	15-20	1,0-1,6	18-20	5-8
Механизированная плавящимся электродом с ведением дуги вручную (полуавтоматическая сварка)	1,0	40-65	18-20		0,6-0,8	12-15	3-4
	1,5	60-90	19-22		0,6-1,0	12-15	3-4
	2,0	75-100	20-25		0,8-1,0	12-15	3-4
	3,0	80-110	20-27		0,8-1,2	13-15	3-4
* При склонности металла шва к образованию трещин сварку производить на минимальных скоростях и токах.							

Таблица 18 - Ориентировочные режимы сварки жаропрочных сплавов, упрочняемых дисперсионным твердением и их сочетаний с другими материалами

Способ сварки	Толщина свариваемого материала, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки*, м/ч	Диаметр присадочной проволоки, мм	Расход аргона, л/мин, для	
						защиты	поддува
Механизированная вольфрамовым электродом без присадки на медной подкладке	0,8	35-95	8-10	6-30	-	8-10	2-4
	1,0	40-100	8-10	6-30	-	8-10	2-4
	1,5	45-130	10-12	6-25	-	9-12	2-4
	2,0	60-150	12-15	6-20	-	9-12	2-4
Механизированная вольфрамовым электродом с присадкой	1,0	50-100	10-12	6-30	1,2	8-11	2-4
	1,5	60-140	11-15	6-25	1,2-1,6	9-12	2-4
	2,0	70-170	12-15	6-20	1,2-1,6	10-12	2-4
	3,0	100-200	14-15	6-15	1,6	12-14	2-4
Ручная на весу с защитой обратной стороны аргоном или флюсом	1,0	40-70	10-12		1,2	5-8	
	1,5	60-90	10-13		1,2-1,6	5-8	
	2,0	70-100	10-13		1,6	8-10	
	3,0	90-130	10-13		1,6	10-12	
Механизированная плавящимся электродом на медной подкладке	1,0	60-80	15-16	25-35	0,6-0,8	15-16	4-6
	1,5	65-100	16-22	20-30	0,8-1,0	15-18	5-8
	2,0	90-120	18-22	18-30	0,8-1,0	16-20	5-8
	3,0	110-150	21-25	15-20	0,8-1,2	18-20	5-8
Механизированная плавящимся электродом с ведением дуги вручную (полуавтоматическая сварка)	1,0	40--60	18-20	~15	0,6-0,8	12-15	3-4
	1,5	50-80	19-22	12-15	0,8-1,0	12-15	3-4
	2,0	70-95	20-25	~10	0,8-1,0	12-15	3-4
	3,0	75-100	20-27	8-10	0,8-1,2	14-15	3-4

* При склонности соединений к образованию трещин в металле шва и околошовных трещин необходимо производить сварку на минимальных скоростях и токах.

Таблица 19 – Ориентировочные режимы сварки нержавеющих сталей и их сочетаний с другими сталями

Способ сварки	Толщина свариваемого материала, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге В	Скорость сварки, м/ч	Диаметр присадочной проволоки, мм	Расход аргона для защиты, л/мин
Механизированная вольфрамовым электродом без присадки на медной подкладке	0,5	30-60	7-8	25-40	-	6-8
	0,8	40-80	7-8	20-35	-	7-8
	1,0	50-90	10-12	20-35	-	7-8
	1,5	60-100	10-12	15-30	-	7-8
	2,0	90-140	10-12	15-25	-	7-8
Механизированная вольфрамовым электродом с присадкой на медной подкладке.	1,5	80-130	10-12	15-25	1,2-1,6	7-8
	2,0	100-150	12-15	15-25	1,2-1,6	8-9
	3,0	140-180	12-15	12-20	1,6	8-9
	>3,0	160-220	12-15	12-15	1,6	8-10
Ручная на весу с защитой обратной стороны флюсом	1,0	50-70	10-11	-	1,2-1,6	6-7
	1,5	60-80	12-13	-	1,2-1,6	6-7
	2,0	80-100	12-14	-	1,6	7-8
Механизированная плавящимся электродом на медной подкладке	1,0	80-110	16-18	25-50	0,8	9-10
	1,5	100-130	18-20	25-50	0,8-1,0	10-12
	2,0	120-150	19-22	20-40	0,8-1,0	12-14
	3,0	150-200	20-25	20-30	1,0-1,2	15-17
Механизированная плавящимся электродом на медной подкладке с ведением дуги вручную (полуавтоматическая сварка)	1,0	40-60	18-20	-	0,6-0,8	9-10
	1,5	50-80	19-22	-	0,8-1,0	10-12
	2,0	70-95	20-25	-	0,8-1,0	12-14
	3,0	75-100	20-27	-	0,8-1,2	15-17

Таблица 20 – Ориентировочные режимы механизированной сварки встык неплавящимся электродом импульсной дугой нержавеющих и жаропрочных сталей и сплавов

Шифр режима	$t_{имп.}$, с	$t_п$, с	G**	U, В	V, м/ч	I, А*** для толщин, мм			
						0,8+0,8	1,2+1,2	1,5+1,5	1,8+1,8
А*	0,16-0,20	0,16-0,20	0,8-1,0	9-12	17-19	80-100	140-160	-	-
Б*	0,36-0,40	0,36-0,40	0,8-1,0	8-12	9-11	40-60	60-90	90-120	120-150
В*	0,70-0,90	0,10-0,20	0,10-0,30	8-11	8-9	30-50	50-80	80-110	110-140

* Дополнительные указания по выбору режимов см. в п. 8.2.7.

** Жесткость G не является независимым параметром режима и приводится для справки.

*** Сварочный ток I указан ориентировочно, при сварке допускаются отступления от этих значений при условии, что все остальные параметры находятся в пределах, указанных в таблице.

8.3.2 Сварку жаропрочных сталей и сплавов рекомендуется производить, как правило, в закаленном (гомогенном) состоянии или в состоянии поставки, если на заводе-поставщике металл после металлургического передела подвергался операции закалки. Состояние поставки может отличаться от закаленного состояния неполной гомогенизацией структуры и наличием следов наклепа.

Отдельные сплавы (см. таблицу 21) рекомендуется сваривать в перестаренном состоянии.

Допускается сварка дисперсионно-твердеющих сплавов в состаренном состоянии; при этом следует учитывать, что свариваемость сплавов ухудшается, а характеристики прочности снижаются до уровня несостаренного (закаленного) состояния металла.

8.3.3 Режимы термообработки дисперсионно-упрочняемых сплавов и сталей до сварки назначать в зависимости от предшествующих технологических операций, руководствуясь таблицей 21.

8.3.4 Для сварных соединений жаропрочных сталей и сплавов, упрочняемых дисперсионным твердением, особенно для деталей и узлов, предназначенных для работы в интервале температур старения, рекомендуется назначать полный цикл термообработки (закалка + старение) по режимам, рекомендованным ВИАМ. В этом случае повышаются стойкость сварных соединений против термического растрескивания в условиях их эксплуатации, а также уровень и стабильность прочностных характеристик (см. таблицы 3-6 в приложении к инструкции) и характеристик работоспособности.

8.3.5 Сварные соединения на хромистых сталях (ЭП268, ЭП609, ЭИ962, ЭИ961 и др.) в течение 4-6 ч после сварки необходимо подвергать высокотемпературному отпуску (по ПИ 1.2.352-87) независимо от применяемых марок присадочных проволок.

Допускается локальная термообработка сварных соединений методом индукционного нагрева.

При обнаружении склонности сварных соединений хромистых сталей к холодным трещинам следует сокращать промежуток времени между сваркой и термообработкой. В этом случае разрыв времени между сваркой и термообработкой устанавливается после проведения экспериментальной проверки и производственного опыта для каждого конкретного изделия.

9 Сварка теплостойких нержавеющих сталей

9.1 Краткая характеристика сталей

9.1.1 Группа теплостойких коррозионно-стойких сталей включает стали разных классов:

- мартенситные и мартенситностареющие среднеуглеродистые стали: 08Х15Н5Д2Т (ВНС-2, ЭП410 и ЭП410у), 06Х14Н6Д2МБТ (ЭП817), 08Х15Н5МВФБ (ВНС-16), 06Х14Н7МВФБ (ВНС-16-1), 07Х12НМБФ

(ЭП609); низкоуглеродистые стали: 03Х12Н8М2С2Б (ВНС-41), 03Х11Н10М2Т (ВНС-17, ЭП678), стали криогенного назначения 03Х12Н10МТ (ВНС-25, ЭП810) и 03Х9Н9К5М3 (ВНС-49) и другие;

- аустенитно-мартенситные стали 13Х15Н4АМ3 (ВНС-5, ЭП310), 18Х14Н4АМ3 (ВНС-43), 07Х16Н9 (СН-2А, ЭП288) и 07Х16Н6М, 08Х17Н5М3 (СН-3, ЭИ925), 08Х15Н7ЮМА (СН-4, ЭП35);

- аустенитные и аустенитно-ферритные стали 12Х17Г9АН4 (ЭИ878), 15Х17Н13С4ТЮ (ЭИ654) и другие.

9.1.2 Стали аустенитно-мартенситного класса в нормализованном состоянии пластичны (σ_s=30-50 кгс/мм^2), а после соответствующей термической обработки имеют высокие механические свойства ($\sigma_в$ до 135 - 150 кгс/мм^2 и выше; σ_s до 130 кгс/мм^2 и выше), которые сохраняются при повышенной температуре (до 350-500°С).

9.1.3 Стареющие нержавеющие стали мартенситного класса в отличие от сталей аустенитно-мартенситного класса при нормализации закаливаются на мартенсит. Благодаря этому обеспечивается высокая прочность металла в сварном соединении. Сталь ВНС-2 используется в сварных конструкциях в виде листа (ЭП410) и поковки (ЭП410у), сталь ЭП817 в виде поковки (ЭП817Ш), прутка и листа.

9.2 Техника и технология сварки

9.2.1 Нержавеющие теплостойкие стали указанной группы весьма чувствительны к загрязнениям сварочных материалов (поверхности проволок и кромок, защитного газа), к воздействию атмосферы при сварочном нагреве, поэтому необходимо тщательно соблюдать указания разделов 4, 5, 6. При сварке со скоростью более 35 м/ч рекомендуется применять сопло с козырьком или другим устройством, обеспечивающим более длительную защиту сварочной ванны. При сварке и прихватке узлов из теплостойких нержавеющих сталей необходимо защищать лицевую и обратную стороны шва от воздействия воздуха в соответствии с пп.6.1.8; 6.1.12; 6.1.18 настоящей инструкции.

Свариваемые кромки и поверхность деталей на расстоянии 10-15 мм от кромок не должны иметь следов легкоплавких металлов и соединений (например, меди).

9.2.2 Сварку стыков деталей толщиной свыше 5 мм производить обратноступенчатым способом, при этом необходимо стремиться к минимальному разогреву зоны сварного соединения. С уменьшением сечения валиков, несмотря на увеличение их количества в многослойном шве , улучшаются условия кристаллизации, повышается ударная вязкость металла шва (например, в 1,5 раза при переходе от 2-3-слойного к 4-5-слойному шву на стали ВНС-2 толщиной 7,0 мм).

Использование при сварке охладительно-прижимной оснастки способствует улучшению структуры металла, механических и коррозионных свойств соединения.

Таблица 21 – Рекомендуемая термообработка свариваемых деталей до сварки и сварных узлов после сварки

Марка свариваемого материала	Исходное состояние	Операции, предшествующие сварке	Термообработка	
			до сварки	после сварки
1	2	3	4	5
ХН50ВМКТЮР (ЭП99)	Листы в состоянии поставки или в состоянии после закалки по ПИ 1.2.101-78 Прутки, поковки, кольца и т.п. в состоянии после закалки по ПИ 1.2.101-78	Холодная обработка давлением и другие, вызывающие развитие наклепа во всей детали или в значительных ее объемах	Термообработка для снятия наклепа по ПИ 1.2.101-78	Термообработка для снятия сварочных напряжений и последующего дисперсионного твердения по ПИ 1.2 101-78
		Рубка, токарная обработка, фрезерование и прочие на режимах, не вызывающих значительного развития наклепа	Без термообработки	
ХН56ВМТЮ (ЭП199,ВЖ101)	Листы в состоянии поставки или в состоянии после закалки с 1140 - 1180°С Прутки, поковки, кольца и т.п. в состоянии после закалки с 1140-1180°С	Холодная обработка давлением и другие, вызывающие развитие наклепа во всей детали или в значительных ее объемах	Термообработка для снятия наклепа и последующего перестаривания по ТР1.2.222-81	Термообработка для снятия сварочных напряжений и последующего перестаривания по ТР 1.2.222-81
		Рубка, токарная обработка, фрезерование и прочие на режимах, не вызывающих значительного развития наклепа	Перестаривание по ТР 1.2.222-81; перед сваркой продольных швов допускается отсутствие термообработки	

Продолжение таблицы 21

1	2	3	4	5
ХН68ВМТЮК (ЭП693)	Листы в состоянии поставки или в состоянии после закалки с 1060-1100°С	Холодная обработка давлением и другие, вызывающие развитие наклепа во всей детали или в значительных ее объемах	Термообработка для снятия наклепа по ТР 1.36-1243	Термообработка для снятия сварочных напряжений и последующего дисперсного твердения по ТР 36-1243
	Прутки, поковки, кольца и т.п. в состоянии после закалки с 1060-1100°С	Рубка, токарная обработка, фрезерование и прочие на режимах, не вызывающих значительного развития наклепа	Без термообработки	
ХН62ВМЮТ (ЭП708)	Листы в состоянии поставки или в состоянии после закалки с 1100-1150°С	Холодная обработка давлением и другие , вызывающие развитие наклепа во всей детали или в значительных ее объемах	Термообработка для снятия наклепа по ТР 1.2.222-81	Термообработка для снятия напряжений и последующего дисперсионного твердения по ТР 1.2.222-81
	Прутки, поковки, кольца и т.п. в состоянии после закалки с 1130-1150°С	Рубка, токарная обработка, фрезерование и прочие на режимах, не вызывающих значительного развития наклепа	Без термообработки	
ХН50ВМТЮБ (ЭП648)	Листы в состоянии поставки или в состоянии после закалки с 1130-1150°С.	Холодная обработка давлением и другие, вызывающие развитие наклепа во всей детали или в значительных ее объемах	Термообработка для снятия наклепа по ТР 1.2.363-83	Термообработка для снятия сварочных напряжений и последующего дисперсионного твердения по ТР 1.2.363-83
	Прутки, поковки, кольца и т.п. в состоянии после закалки с 1130-1150°С	Рубка, токарная обработка, фрезерование и прочие на режимах, не вызывающих значительного развития наклепа	Без термообработки	

Продолжение таблицы 21

1	2	3	4	5
ХН77ТЮР (ЭИ437Б)	Листы в состоянии поставки или в состоянии после закалки с 1070-1090°С	Холодная обработка давлением и другие, вызывающие развитие наклепа во всей детали или в значительных ее объемах	Термообработка для снятия наклепа по ТР 1.2.363-83	Термообработка для снятия напряжений - выдержка при 950°С с охлаждением на воздухе с последующим старением по ТУ 14-1-223-72**
	Прутки, поковки, кольца и т.п. в состоянии после закалки с 1070-1090°С	Рубка, токарная обработка, фрезерование и прочие на режимах, не вызывающих значительного развития наклепа	Без термообработки	
10Х11Н20Т2Р (ЭП696А)	Листы в состоянии поставки или в состоянии после закалки с 1000-1030°С	Холодная обработка давлением и другие, вызывающие развитие наклепа во всей детали или в значительных ее объемах	Термообработка для снятия наклепа по ПИ 1.2.047-78	Термообработка для дисперсионного твердения по ПИ 1.2.047-78
	Прутки, поковки, кольца и т.п. в состоянии после закалки с 1130-1150°С	Рубка, токарная обработка, фрезерование и прочие на режимах, не вызывающих значительного развития наклепа	Без термообработки	
Х15Н3ОВМТ (ЭП437, ВЖ102)	Листы в состоянии поставки или в состоянии после закалки с 1120-1140°С	Холодная обработка давлением и другие, вызывающие развитие наклепа во всей детали или в значительных ее объемах	Закалка с 1120-1140°С	Закалка с 1120-1140°С с последующим старением при 730°С ~16ч.
	Прутки, поковки, кольца и т.п. в состоянии после закалки с 1120-1140°С	Рубка, токарная обработка, фрезерование и прочие на режимах, не вызывающих значительного развития наклепа	Без термообработки	

Окончание таблицы 21

1	2	3	4	5
ХН45МВТЮБР (ЭП718, ВЖ105)	Листы в состоянии поставки или в состоянии после закалки с 1060-1080°С Прутки, поковки, кольца и т.п. в состоянии после закалки с 1060-1080°С	Холодная обработка давлением и другие, вызывающие развитие наклепа во всей детали или в значительных ее объемах	Термообработка для снятия наклепа по ПИ 1.2.274-85	Термообработка для снятия напряжений и последующего дисперсионного твердения по ПИ 1.2.274-85
		Рубка, токарная обработка, фрезерование и прочие на режимах, не вызывающих значительного развития наклепа	Без термообработки	
ХН65ВМБЮ (ЭП914, ВЖ131)	Листы в состоянии поставки или в состоянии после закалки с 1050-1100°С Прутки, поковки, кольца и т.п. в состоянии после закалки с 1050- 1100°С	Холодная обработка давлением и другие, вызывающие развитие наклепа во всей детали или в значительных ее объемах	Термообработка для снятия наклепа по ПИ 1.2.356-87	Термообработка для дисперсионного твердения по ПИ 1.2.356-87
		Рубка, токарная обработка, фрезерование и прочие на режимах, не вызывающих значительного развития наклепа	Без термообработки	

9.2.3 Перед сваркой деталей сложной конфигурации из сталей типа ВНС-2 допускается подогрев их до температуры не более 300°С для предотвращения трещин. Для особо ответственных сварных узлов из стали типа ВНС-2 целесообразно проводить обезводораживающий длительный (30-50 ч) отпуск при 280-300°С свариваемых деталей до сварки.

9.2.4 Стали могут свариваться в различном состоянии (таблица 22) Кроме указанных в таблице 22 вариантов обработки, сталь может подвергаться перед сваркой прокатке, растяжке и другим видам обработки.

9.2.5 В качестве плавящегося электрода, а также присадочного материала при сварке неплавящимся электродом применять сварочную проволоку в соответствии с требованиями таблицы 22, подготовленную согласно указаниям раздела 5.

Таблица 22 - Присадочные материалы для сварки теплостойких нержавеющих сталей

Марка свариваемой стали	Некоторые варианты термической обработки свариваемых сталей*	Термическая обработка сварного соединения	Марка присадочного материала
1	2	3	4
07Х16Н6 (СН-2А, ЭП288)	З О	З+Х+С	св. 07Х36Н6
	З+Х+С	Без термообработки	св. 08Х21Н10Г6, св. 07Х16 Н6
0817Н5М3 (СН-3, ЭИ925)	З О	З+Х+С	св.07Х16Н6
	З+Х+С	Без термообработки	св.08Х21Н10Г6
08Х15Н7ХЮМ2 (СН-4, ЭП35)	З З+Х+С	Без термообработки	св. 07Х16Н6 св. 08Х21 Н10Г6
13Х15Н4АМ3 (ВНС-5,ЭП310)	З О	З+Х+С	св. ВНС-5 ЭП659А
	З+Х+С	Без термообработки	св.08Х21Н10Г6
Х20Н6МД2Т (ВНС-4,ЭП309)	З З+С	Без термообработки	св.08Х21Н10Г6
08Х15Н5Д2Т (ВНС-2, ЭП410 лист)	З	Без термообработки	ЭП659А (03Х12Н9М2С), ЭП410у
	З+С нагартовка+С	З+С	св.08Х21Н10Г6
			ЭП659А св.08Х21Н10Г6
08Х15Н5Д2Т (ВНС-2, ЭП410у поковка, пруток)	З З+С О+З+С	З+С -	ЭП659А св. 08Х21Н10Г6 ЭП410у
06Х14Н6Д2МБТ (ЭП817)	З+Х+С З+С	-	ЭП659А св.08Х21Н10Г6
18Х14Н6АМ3	З	З+Х+О	ЭП659А
	З+Х+О	-	св. 08Х21Н10Г6
03Х11Н10М2Т (ВНС-17)	З+деформация+С	-	ЭП659А
03Х12Н8МС2Б (ВНС-41)	З+С	-	ЭП659А

Окончание таблицы 22

1	2	3	4
08Х15Н5МВФБ (ВНС-16)	3+О 3Х+О	-	ЭП659А
Сочетание разноименных сталей (см. таблицу 7 приложения)	В зависимости от марок свариваемых сталей	-	св.08Х21Н10Г6

*Режимы термической обработки и другие параметры, связанные с материалами, назначать по инструкции ВИАМ № 824-71 и более поздним указаниям ВИАМ (Изменение № 2 к инструкции 824-71 от 18.12.78 г.).

Проволока сварочная ЭП659А поставляется вакуумно-индукционной выплавки (ВИ). Для многослойной сварки особо ответственных стыков рекомендуется использовать проволоку ЭП659А-ВИ (серебрянку) со специально подготовленной поверхностью по ТУ-14-1-1-26-74. Проволока св. ВНС-5 по ТУ-14-1-997-74.

Проволоку ЭП410у разрешается применять для сварки деталей толщиной не более 5 мм.

Допускается вместо проволоки из стали св. 08Х21Н10Г6 применять проволоку из стали св. 10Х16Н25АМ6

Условные обозначения: З- закалка; О -отжиг; Х- обработка холодом (-70°С, 2ч или -52°С 4 ч); С - старение.

9.2.6 Ориентировочные режимы дуговой сварки неплавящимся и плавящимся электродами и импульсной сварки приведены в табл. 23-28.

Примечание - При назначении процесса и режима сварки следует иметь в виду, что процесс и режим, обеспечивающие меньшую погонную энергию, позволяют улучшить качество металла шва и зон термического влияния.

9.2.7 Для сварки с аустенитной присадкой (св. 08Х21Н10Г6) заготовок из сталей мартенситного и переходного (аустенитно-мартенситного) классов толщиной свыше 6 мм в целях получения более равномерного фазового состава по высоте шва обеспечивать разделку кромок с наименьшим углом раскрытия и наибольшим зазором в стыке (см. таблицу 6). В этом случае целесообразна сварка без разделки кромок или в щелевую разделку.

При односторонней разделке рекомендуется удалять корневой слой и производить подварку с присадкой св. 08Х21Н10Г6 или наплавлять с обратной стороны шва 2-3 слоя.

9.2.8 При сварке с аустенитной присадкой св. 08Х21Н10Г6 для остающейся подкладки применять сталь типа Х18Н9Т.

9.2.9 Сварку с аустенитной присадочной проволокой св. 08Х21Н10Г6 допускается производить в минимальное число проходов в отличие от сварки с присадкой типа св. ВНС-5 или ЭП659А (п. 9.2.2).

Таблица 23 - Ориентировочные режимы автоматической аргонодуговой сварки без присадки соединений встык теплостойких нержавеющих сталей

Толщина свариваемого материала, мм	Род тока	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Расход аргона, л/мин
0,5	Постоянный	30-50	7-9	20-30	1,0-2,0	6-8
0,6		40-60	7-9	20-30	1,0-2,0	6-8
0,8		50-70	8-10	15-30	1,0-2,0	7-10
1,0		70-90	8-10	15-30	1,0-2,0	8-10
1,2		80-100	10-12	15-30	1,5-2,5	8-10
1,5		100-130	10-12	15-25	1,5-2,5	9-11
2,0		120-150	11-13	10-20	2,0-2,5	10-12
0,6+0,8		50-70	8-10	15-30	1,5-2,0	6-8
0,6+1,0		55-70	8-10	15-30	1,5-2,0	7-10
0,5	Переменный	35-55	10-13	15-35	1,0-1,5	6-8
0,6		50-70	12-14	15-35	1,0-2,0	6-8
0,8		60-80	12-14	15-25	1,0-2,0	6-8
1,0		70-90	12-14	15-25	1,5-2,5	8-10
1,2		80-100	13-15	15-25	1,5-2,5	8-10

Таблица 24 - Ориентировочные режимы автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом с присадкой соединений встык теплостойких нержавеющих сталей

Толщина свариваемого материала, мм	Род тока	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Расход аргона л /мин.
0,5	Постоянный	30-50	8-10	20-30	1,0-2,0	0,6-0,8	6-8
0,6		40-70	9-12	20-30	1,0-2,0	0,6-0,8	6-8
0,8		60-90	9-12	15-30	1,0-2,0	0,8-1,0	7-10
1,0		80-110	9-12	15-25	1,0-2,0	0,8-1,2	8-10
1,2		90-120	9-12	15-25	1,5-2,5	1,0-1,6	8-10
1,5		100-140	10-12	15-25	1,5-2,5	1,2-1,6	9-11
2,0		120-180	12-14	10-20	2,5-4,0	1,6-2,0	10-12
3,0		160-200	12-15	10-20	2,5-4,0	1,6-2,0	11-14
1,0	Переменный	80-110	11-13	20-35	1,0-2,5	0,8-1,2	8-10
1,2		150-180	12-15	15-30	1,3-3,0	1,6-2,0	10-12

Примечания

1 Толщину 3-5 мм рационально сваривать при У-образной разделке кромок с выполнением первого слоя без присадки.

2 При большей толщине свариваемых деталей (≥10 мм) рекомендуется процесс в соответствии с РТМ 1.4.1049-82.

Таблица 25 - Ориентировочные режимы автоматической аргонодуговой сварки теплостойких нержавеющих сталей плавящимся электродом при постоянном токе обратной полярности

Толщина свариваемого материала, мм	Число проходов	Сварочный ток, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость сварки, м/ч	Расход газа, л/мин	
					Ar	CO_2
1,5	1	120-160	1,0-1,2	15-30	8-10	0,8-1,0
3	1	150-200	1,2-1,6	12-25	8-12	
5	1-2	150-250	1,2-1,6	15-25	8-12	
10	3-5	150-260	1,2-1,6	20-35	8-12	
15	6-9	180-280	1,2-1,6	15-30	9-15	
20 и более	>8	220-320	1,6-2,0	15-30	9-15	
Примечание - Напряжение на дуге 20-25 В						

Таблица 26 - Ориентировочные режимы механизированной аргонодуговой сварки теплостойких нержавеющих сталей плавящимся электродом при постоянном токе обратной полярности

Толщина свариваемого материала, мм	Число проходов	Сварочный ток, А	Напряжение В	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость сварки, м/ч	Расход газа, л/мин	
						Ar	CO_2
1,5	1	80-120	14-16	0,8-1,0	10-15	10-12	0,5-1,0
3	1	100-130	14-17	1,0-1,2	8-14		
10	3-5	110-150	15-18	1,0-1,2	8-14		
15	5-8	110-150	15-18	1,0-1,2	8-14		
Примечание – Возможен также процесс сварки толстой проволокой Ø 1,6-2,0 мм							

Таблица 27 – Ориентировочные режимы ручной дуговой сварки в среде инертных газов теплостойких нержавеющих сталей при постоянном токе

Толщина свариваемого материала, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сварочный ток, А при сварке в среде		Расход газа, л/мин	
		Ar	He	Ar	He
0,6	1,0-1,2	15-20	-	6-8	-
0,8	1,0-1,2	20-25	10-20	6-8	8-10
1,0	1,2-1,6	25-35	20-30	8-10	9-11
1,2	1,2-1,6	40-60	25-35	8-10	10-12
1,5	1,6-2.0	50-80	30-45	8-10	10-12
2,0	1,6-2,0	80-110	55-75	9-11	12-14
3,0	2,0	100-140	80-100	9-11	12-14
10	2,0-2,5	120-180	-	10-12	-
20 и более	2,0-3,0	120-200	-	10-12	-
Примечание – Напряжение на дуге – 9-13 В					

Таблица 28 – Ориентировочные режимы сварки пульсирующей дугой с присадочной проволокой узлов из теплостойких нержавеющих сталей

Тип соединения	Толщина материала, мм	Количество проходов	Длина дуги, мм	Сварочный ток в импульсе, А	Диаметр проволоки, мм	Расход аргона, л/мин
Встык с остающейся стальной подкладкой	1,0+1,0	2	2,0 1,2	150-170 180-200	1,2 -	8-10 8-10
	1,0+1,2	2	2,0 1,2	160-175 185-195	1,6 -	10-12 10-12
	1,0+1,2	1	2,0	190-200	1,6	10-12
	1,0+1,5	2	2,0 1,2	170-180 195-210	1,6 -	10-12 10-12
В замок	1,0+1,5 1,2+1,5	1 2	2,0 2,0 1,2	200-210 180-190 200-210	1,6 1,6 -	10-12 10-12 10-12
	1,2+1,5 1,0+2,0	1 2	2,0 2,0 1,2	200-210 165-175 210-230	1,6 1,2 -	10-12 10-12 10-12
	1,0+2,0 1,2+2,0 1,2+2,0	1 2 1	2,0 2,0 1,2 2,0	220-230 180-190 210-230 210-230	1,2 1,2 - 1,2	10-12 10-12 10-12 10-12

Примечания

1 Режимы даны для сварки монтажных стыков, собранных на прихватках.

2 Диаметр вольфрамового электрода равен 2-3 мм; ток дежурной дуги 6-10 А; скорость сварки 14-17 м/ч.

3 Длительность цикла 0,4-0,6 с; жесткость режима 1-2.

9.3 Методы повышения механических свойств сварных соединений.

9.3.1 Упрочнение сварного соединения можно производить термической обработкой изделия (см. таблицу 22). Структурное состояние металла до сварки практически не влияет на механические свойства сварных соединений (см. табл. 6-7 приложения),

9.3.2 Температура старения, обеспечивающая максимальную прочность сварного соединения, дает наименьшую ударную вязкость и пластичность металла шва, поэтому некоторое снижение или повышение температуры старения (на 50-100°С) повышает пластичность материала сварного соединения, несколько уменьшая его прочность.

9.3.3 Присадки мартенситного класса (типа ЭП410у, ЭП659А) и переходного класса (типа св. ВНС-5) по сравнению с присадкой аустенитного класса (типа 08Х21Н10Г6) обеспечивают получение значительно меньших остаточных напряжений и деформаций, особенно при сварке с жестким закреплением.

9.3.4 В целях уменьшения сварочных деформаций тонколистовой конструкции рекомендуется производить прокатку шва (в сварных соединениях из сталей аустенитного и переходного классов) или околошовных зон (в сварных соединениях из сталей мартенситного класса).

Усилие прокатки, устраняющей сварочные деформации, подсчитывается по формуле

$$p_0 = b\sqrt{\frac{10{,}1dh\sigma_T^3}{E}},$$

где d, b и h - соответственно диаметр и ширина стального прокатного ролика и толщина сваренного листа, мм;

σ_T и E - предел текучести и модуль упругости сваренного материала, кгс/мм^2.

9.3.5 Усилие прокатки, выполняемой в целях упрочнения, не более 30-40 кН при значениях h = 1 мм; d = 100-150 мм и b = 10-12 мм. Более высокие усилия прокатки увеличивают коробление конструкции без заметного повышения прочности соединения.

9.3.6 Проведение после прокатки старения при 450-480°С в течение 1 ч дополнительно упрочняет сварное соединение (см. таблицу 6 приложения), однако несколько снижает его пластические и коррозионные свойства.

Прокатка и старение повышают на 30-50% предел прочности сварного соединения сталей переходного (аустенитно-мартенситного) класса при комнатной и повышенной температурах.

Сварные соединения стали ВНС-2 упрочняются значительно меньше (предел прочности повышается лишь на 10-15%), однако при этом в 1,5 раза увеличивается предел усталости при растяжении.

9.3.7 Обработка холодом после прокатки не рекомендуется, так как

она не повышает прочности сварного соединения, снижая его пластичность.

9.3.8 Количество проходов при прокатке мало влияет на механические свойства сварного соединения. Следует учитывать, что прокатка по шву соединений, сваренных с присадкой, дает больший эффект упрочнения, чем прокатка соединений, сваренных без присадки.

Размеры швов после прокатки должны быть в пределах норм, указанных в таблице 30, за исключением нижнего предела усиления *h,* который может изменяться до 0. Плавные переходы необходимы.

9.3.9 Прокатку соединений на раскатных машинах производить, с закреплением деталей (листов) в приспособлении, ограничивающем возможность их деформации.

9.3.10 При выполнении нескольких швов узла каждый последующий шов сваривают после прокатки ранее сваренных соединений.

9.3.11 Оба прокатных ролика должны быть приводными. Ролики не должны иметь острых краев и сферической поверхности рабочих поясков. Материал роликов - закаленная сталь (HRC > 60).

10 Контроль и исправление дефектов сварных соединений

10.1 Общие указания

10.1.1 Для обеспечения требуемого качества сварных изделий необходимо осуществлять пооперационный и окончательный контроль:

- подготовки под сварку (см. раздел 5);
- сварки (см. разделы 6, 7, 8, 9);
- послесварочной термической обработки (см. разделы 7,8,9);
- размеров сварных швов с помощью мерительных инструментов и шаблонов (см. раздел 10.4);
- наружных и внутренних дефектов с помощью неразрушающих методов контроля (см. раздел 10.5);
- герметичности и прочности в соответствии с чертежами и ТУ на изделие;
- размеров сварных соединений по результатам металлографического контроля на технологических образцах (и изделиях, разрушаемых от партии) для нахлесточных, тавровых и угловых соединений (см. раздел 10.3);
- механических характеристик образцов - свидетелей (если такие заложены в чертежах или ТУ на изделие) по ГОСТ 6996-66.

10.1.2 Назначением категории (см. п. 1.1-1.3) регламентируется вид и объем контроля и нормы наружных и внутренних дефектов, допускаемых без исправления.

10.1.3 Сварные соединения I категории после визуального контроля подлежат 100%-ному радиографическому контролю.

Дополнительно сварные швы I категории могут быть подвергнуты другим методам контроля для более полного выявления возможных дефектов. Таким методом является метод обнаружения дефектов, выходящих на поверхность (магнитный, люминесцентный и т. д.), и метод обнаружения внутренних дефектов независимо от их ориентации - ультразвуковой.

10.1.4 Сварные соединения II категории, кроме визуального, подвергаются одному или нескольким специальным методам контроля: магнитному, люминесцентному, ультразвуковому, контролю методом красок при условии проведения выборочного или периодического радиографического контроля (не менее 20% протяженности швов или 20% изделий от партии).

Нормы допускаемых внутренних и наружных (вскрытых механической обработкой металла шва) дефектов приведены в таблице 31. Процент контролируемых деталей и периодичность контроля устанавливаются ОКБ и службой ОГС при участии специалиста по неразрушающим методам контроля. При плохой выявляемости дефектов в нахлесточных, тавровых и угловых соединениях радиографическими методами указанный вид контроля для этих соединений не является обязательным.

Сварные соединения II категории могут быть подвергнуты 100%-ному рентгеновскому просвечиванию, при этом применение специальных методов контроля не является обязательным. Дефекты, обнаруженные специальными методами контроля, не допускаются за исключением наружных дефектов, оговоренных в разделе 10.5 или допущенных в соответствии с п. 10.1.12.

10.1.5 Сварные соединения III категории не подлежат рентгеновскому или другому виду контроля, кроме визуального.

10.1.6 В отдельных случаях в зависимости от конструкции узла допускается изменение установленных для сварных соединений II категории методов контроля на основании совместного решения ОКБ и ОГС.

10.1.7 Методы контроля сварного соединения должны быть указаны в чертежах или ТУ.

10.1.8 В дополнение к требованиям, определяемым категорией, сварные соединения могут быть подвергнуты в зависимости от конкретных условий эксплуатации испытанию на прочность и герметичность. Указания о необходимости таких испытаний заносятся в чертежи. В отдельных случаях в зависимости от особенностей конструкции и условий эксплуатации сварные соединения II категории могут быть подвергнуты испытаниям на прочность и герметичность как специальному методу контроля. О методике таких испытаний должны быть указаны в чертежах и ТУ на изделие.

10.1.9 Нахлесточные, тавровые и угловые соединения независимо от категории (II и III) подлежат периодическому, выборочному металлографическому контролю (см. раздел 10.3). Так как указанные

соединения нельзя подвергнуть эффективному неразрушающему контролю, то эти соединения не могут быть отнесены к I категории.

10.1.10 В особых случаях (при тяжелых условиях работы соединения и невозможности полной проверки его качества, в основном, из-за послесварочной упрочняющей термообработки), могут быть назначены образцы-свидетели, выполняемые на материале и по технологии, максимально приближенной к технологии изготовления узла.

10.1.11 Контроль дефектов сварных соединений, выполненных комбинацией способов сварки (см. п. 2.2.5), осуществляется в соответствии с инструкцией на способ сварки, с помощью которого производится заполнение разделки

Формирование сварных соединений в этих случаях может отличаться от указанного в инструкции (см. п. 10.4.2).

10.1.12 В отдельных узлах в зависимости от их конструкции, условий эксплуатации и материала возможно изменение норм дефектов, допускаемых без исправления. Изменению норм должны предшествовать испытания в соответствии с программой, согласованной с конструкторским отделом и ОГС. Эти нормы должны быть внесены в ТУ на изделие, чертежи или в заводскую производственную инструкцию, согласованную и утвержденную в соответствии с существующим порядком.

10.2 Дефекты сварных соединений, способы обнаружения, причины образования

10.2.1 Выявление наружных и внутренних дефектов соединения осуществляется по результатам одного или нескольких методов и видов контроля.

Неразрушающие методы контроля:

- визуальный - для выявления наружных дефектов;
- магнитопорошковый (МГ) - для выявления наружных дефектов и дефектов, близко расположенных к поверхности (руководствоваться ГОСТ 21105-87);
- капиллярная дефектоскопия (КД) - люминесцентная и цветная - для выявления дефектов, выходящих на поверхность при шероховатости не грубее Hz = 3,2 мкм (по инструкциям ПИ 971-70, ПИ 1.4.412-69 и ГОСТ 18353-79);
- ультразвуковой *(УЗД)* - для выявление внутренних дефектов (по ГОСТ 14782-86);
- радиографический (Р) - для выявления наружных и внутренних дефектов (по ГОСТ 20426-82, ГОСТ 7512-82 и ПИ 1.4.415-85). Назначение того или иного метода контроля в каждом конкретном случае согласовывается со специалистом по неразрушающим методам контроля.

Методы контроля с разрушением узла:

- испытание узла до разрушения в соответствии с ТУ или чертежом;

- металлографический контроль (МК) — для определения размеров соединения и внутренних дефектов при разрезке соединений (по ГОСТ 3242-69 и в соответствии с разделом 10.3 настоящей инструкции).

10.2.2 При анализе дефектов сварных соединений использовать ГОСТ 2601-84 и следующие разъяснения:

- обратить особое внимание на непровары, не выходящие на поверхность (рисунок 11 а). Они обнаруживаются УЗД и частично Р. В тавровых и угловых соединениях с углом раскрытия $\alpha \leq 90°$ при односторонней сварке непровар неизбежен (рисунки 11б, 11в и 12). При двусторонней сварке тавровых соединений наличие непровара зависит от толщины ребра и соотношения толщины ребра и соотношения толщин ребра и полки (см. рисунок 12б). Непровар при односторонней сварке в стыковых соединениях обнаруживается визуально, Р, МГ, КД, УЗД, в угловых и тавровых - визуально. При двусторонней сварке в стыковых соединениях обнаруживается Р, УЗД и МК, в угловых и тавровых соединениях - только МК. Непровар угла в тавровых, угловых и нахлесточных соединениях вызывается отсутствием расплавления одной из кромок в месте пересечения оплавляемых поверхностей (рисунок 13). Обнаруживается МК при разрезке, в некоторых случаях с помощью Р:

- отдельные поры, скопления пор и включения выявляются с помощью Р;

- раковины и свищи обнаруживаются в зависимости от места их расположения визуально или с помощью Р, МГ, УЗД, КД;

- включения (частицы вольфрама, шлака, окисные плены). Вольфрам и шлак выявляются с помощью Р, окисные плены - МК;

- трещины могут располагаться в шве и зоне влияния в направлении вдоль шва и поперек. Обнаруживаются Р и УЗД, в отдельных случаях МК. Трещины, выходящие на поверхность обнаруживаются с помощью указанных видов дефектоскопии, а также МГ, КД, в отдельных случаях визуально;

- кратер - углубление в металле шва, связанное с усадкой металла при обрыве дуги без специально принятых мер по постепенному снижению тока. Обнаруживается кратер Р, МГ, КД, УЗД и визуально;

- смещение сваренных кромок в стыковых соединениях - подъем или опускание поверхности одной из кромок относительно другой в нарушение указаний чертежа;

- проплав - результат выхода расплавленного металла с обратной стороны при сквозном проплавлении свариваемых элементов. Обнаруживается визуально;

- подрезы обнаруживаются визуально, Р, МК;

-наплыв может располагаться с лицевой и обратной стороны шва. Обнаруживается визуально.

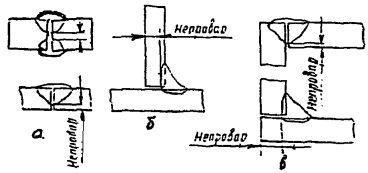
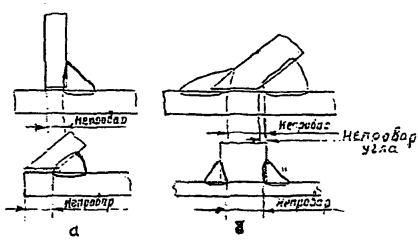
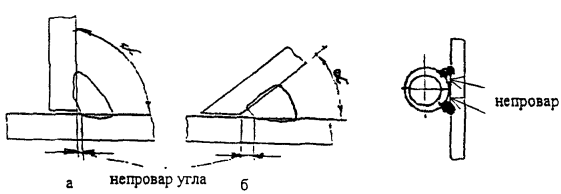


Рисунок 11 - Примеры непроваров в стыковых (а), тавровых *(б)* и угловых *(в)* соединениях



а - односторонняя сварка; б - двусторонняя сварка
Рисунок 12 - Непровары в тавровых и угловых соединениях



Сварка со стороны *а)* угла 80-100°; б) угла 40<α<80°
Рисунок 13 - Непровар угла в тавровом и угловом соединениях

10.2.3 Для предупреждения возникновения дефектов необходимо установить причины их образования. Один и тот же дефект может возникать вследствие различных причин (таблица 29).

Таблица 29 - Основные причины образования дефектов сварных швов

Дефекты	Причины образования
1	2
Непровар и прожог на одном режиме сварки	Чрезмерно увеличена скорость сварки Неудовлетворительная подготовка и сборка изделия под сварку (переменный зазор) Неравномерный теплоотвод от свариваемых кромок в подкладку; неравномерное движение тележки автомата. Отклонение дуги от линии стыка.
Поры и раковины	Недостаточная газовая защита. Прихватки выполнены с плохой защитой. Загрязнение поверхности основного металла и сварочной проволоки.
Подрезы	Завышена скорость сварки. Неправильное положение электрода относительно свариваемых деталей. Завышен ток при сварке в наклонном и вертикальном положениях
Трещины в сварном шве и переходной зоне	Повышенная склонность основного и присадочного металла к трещинообразованию. Горячие трещины - завышен режим сварки, увеличена скорость, движение кромок в процессе сварки (слабое закрепление). Холодные и горячие трещины - неправильное расположение и порядок наложения швов, что вызывает высокую концентрацию напряжений. Усиленный теплоотвод. Холодные трещины - несвоевременный отпуск сварных швов, усиленный теплоотвод в медную подкладку, увеличена скорость сварки. Термическое растрескивание (при повторных нагревах) - неправильно выбраны структурное состояние перед сваркой и термическая обработка.
Вольфрамовые включения	Загрязненность основного и присадочного металла. Низкое качество электрода. Плохая защита или большое содержание кислорода в защитном газе. Перегрев (оплавление) вольфрамового электрода при повышенной плотности тока. Соприкосновение вольфрамового электрода со сварочной ванной. Нарушение формы электрода.
Нестабильное формирование сварного шва	Нарушение формы электрода. Велик диаметр присадочной проволоки Неравномерные подача присадочной проволоки, движения тележки. Неправильно выбран режим сварки (увеличена скорость, напряжение на дуге и т. д.)
Смещение кромок	Плохая сборка, недостаточный прижим свариваемых кромок, большое расстояние между прижимами или прихватками.
Наплывы	Завышен ток при сварке в вертикальном или наклонном положениях. Наплывы в корне шва - слишком широкая канавка в съемной подкладке
Вогнутость корня	Малая величина притупления кромок при сварке, стыковых швов с V-образной разделкой. Чрезмерное давление газа защиты корня шва. Непригодность V-образной разделки (необходимость U-образной) при сварке стыковых соединений.

Окончание таблицы 29

1	2
Непровар	Отклонение дуги от линии стыка. Наличие окисных включений на поверхности промежуточных слоев при двух и более проходной сварке.
Кратер	Недостаточно плавное уменьшение тока при выключении питания дуги. Завышен ток при сварке
Проплавы (отклонения от формы и размеров в корне шва - см. таблицу 30)	Отсутствие теплоотвода с обратной стороны соединения (тавры, нахлестки и др.). Завышен сварочный ток.

10.3 Требования к параметрам сварных соединений по результатам металлографического контроля

10.3.1 Металлографический метод контроля применяется в целях выявления:

- непроваров угла в тавровых, угловых и нахлесточных соединениях (см. рисунок 13);
- непроваров в тавровых и угловых соединениях при двусторонней сварке (см. рисунок 12, б),
- глубины проникновения расплавленного металла в основном в тавровых, нахлесточных и угловых (рисунок 14) соединениях.

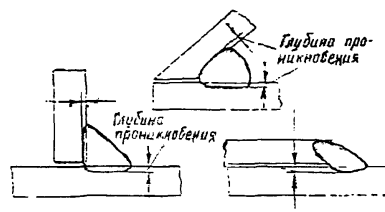


Рисунок 14 - Глубина проникновения металла в угловом, тавровом нахлесточном соединениях

10.3.2 Металлографический метод контроля следует применять при освоении сварки новых изделий и при периодическом контроле на макрошлифах, вырезанных после испытания изделия до разрушения (или без разрушения в соответствии с ТУ) при выборочном контроле в серийном производстве. При разрезке должно быть приготовлено не менее 10 шлифов соединения (5 резов), для соединений длиной менее 100 мм - 4 шлифа (2 реза). Количество шлифов может быть изменено Главным сварщиком с ведома конструктора.

Перечень сварных швов, подлежащих металлографическому контролю, и периодичность металлографических исследований определяются конструкторским отделом и ОГС совместно с технологическим бюро.

10.3.3 Количество шлифов с непроваром угла в тавровых и

угловых соединениях с углом раскрытия 80-90° и нахлесточных соединениях, должно быть меньше или равно 50% всех рассмотренных шлифов.

Нормы на процент шлифов с непроваром угла для тавровых и угловых двусторонних соединений с углом раскрытия <80° устанавливаются при необходимости после дополнительной проверки.

10.3.4 Непровар угла в нахлесточных, тавровых и угловых соединениях с углом раскрытия 80-100° не должен превышать 0,5 мм для соединений элементов толщиной до 5,0 мм и быть не более 10% для элементов больших толщин (см. рисунок 13а). Для тавровых и угловых односторонних соединений с углом раскрытия ≤ 80°, а также тавровых со скосом кромок величина непровара угла контролю не подлежит. Протяженность линии сплавления должна быть не менее величины катета, указанного в чертеже (см. рисунок 13б).

10.3.5 Минимально допустимая глубина проникновения расплавленного металла в основной в тавровых, нахлесточных и угловых соединениях (см. п. 14.3.1) должна составлять при толщине свариваемого материала до 5 мм включительно не менее 15%, при толщине от 5 до 15 мм включительно - не менее 10%, при толщине свыше 15 мм - не менее 1,5 мм.

При сварке материалов неравных толщин глубина проникновения должна составлять на тонкой и толстой деталях, входящих в соединение; не менее 10%.

10.3.6 При проведении металлографического контроля в исследуемом сечении фиксируются дефекты в виде пор, скоплений пор и включений, раковин и трещин. Размеры пор и раковин не должны превышать нормы, установленные для рентгеновского контроля (если рентгеноконтроль не производится, то берутся нормы II категории). Количество пор и включений, располагающихся в сечении, учету не подлежит. При обнаружении в исследуемом сечении трещин необходимо проведение на всей партии 100%-ного рентгеновского или другого эффективного контроля для выявления этих дефектов (за исключением тех случаев, когда трещины могут быть допущены по условиям работы).

10.3.7 При необходимости металлографическим методом проверяется качество провара замковых соединений и стыковых соединений с остающейся подкладкой. К таким соединениям предъявляются требования 100%-ного провара кромок. Внедрение расплавленного металла в подкладку допускается, но не является обязательным.

10.3.8 В случае обнаружения при периодическом контроле сварных соединений дефектов, превышающих установленные нормы, контролю подвергается удвоенное количество шлифов, вырезанное из этого же узла или нового узла той же партии (или имитатора).

Получение отрицательных результатов является основанием для составления мероприятий по улучшению технологии и конструкции.

10.4 Требования к формированию сварных соединений

10.4.1 Размеры основных видов соединений, выполненных сваркой в среде защитных газов по разделкам, указанным в таблице 6, должны соответствовать данным таблицы 30. При ручной сварке отклонения от указанных размеров не должны превышать 50%. Размеры швов, сваренных по активирующему флюсу, должны соответствовать ПИ 1.4.1632-86.

10.4.2 Сварные соединения, выполненные по разделкам не указанным в таблице 6, комбинированным способом сварки (см. п. 2.2.9) или какой-либо разновидностью сварки в среде защитных газов, не указанной в инструкции, могут иметь размеры, отличные от указанных в таблице 30. Требования к размерам таких швов согласовываются с Главным сварщиком, а при необходимости - с конструкторским отделом и на основании опытных данных вносятся в заводскую производственную инструкцию или в чертёж (в чертежах обозначаются как нестандартные).

10.4.3 Работоспособность сварных соединений во многом определяется их формированием. Применяемые режимы сварки, а при необходимости операции последующей обработки сварных швов должны обеспечить плавный переход от металла шва к основному металлу как с лицевой стороны, так и со стороны корня. Следует стремиться режимами сварки обеспечить минимальное усиление шва и минимальное выступание проплава в пределах значений, допустимых таблицей 30.

Примечание - В целях повышения прочностных характеристик соединения за счет формирования шва следует руководствоваться ТР 1074-74.

10.5 Допустимые дефекты сварных соединений

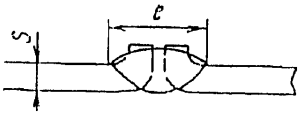
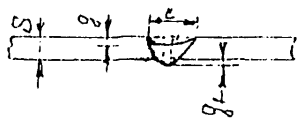
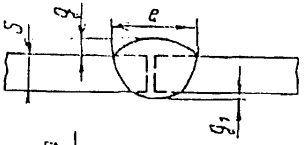
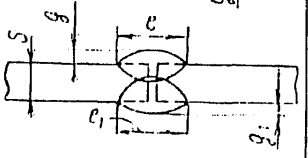
10.5.1 Допускаются в сварных соединениях без исправления отдельные поры, шлаковые включения, вольфрамовые включения и скопления мелких пор и включений, обнаруженные рентгеновским просвечиванием, суммарная длина которых не превышает норм, установленных в зависимости от прочности стали, и указанных в таблице 31.

За размеры сферических пор и включений принимаются диаметр, а для удлиненных - размер между наиболее удаленными краями дефекта, протяженность которого не должна превышать допустимого максимального диаметра при круглой форме дефекта.

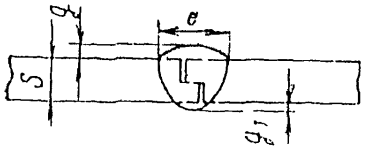
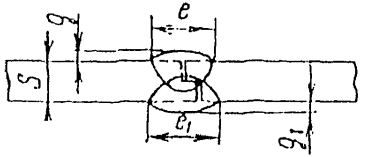
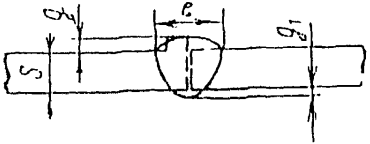
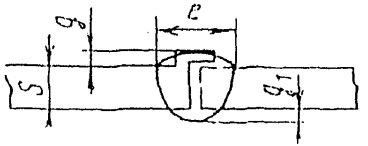
Два и более включения или поры при расстоянии между ними не более их размера рассматривать как один дефект размером, определяемым по наиболее удаленным краям дефектов.

Расстояние между отдельными крупными порами и включениями (0,7 и более от максимально допустимого диаметра по таблице 31)

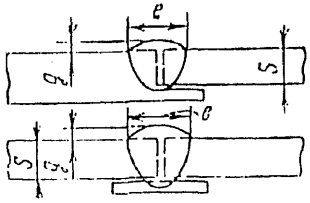
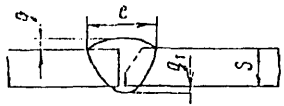
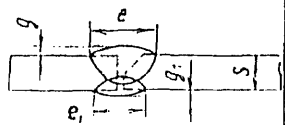
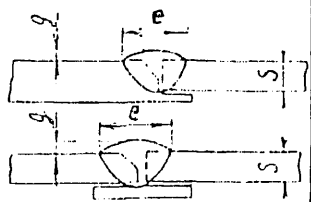
Таблица 30 - Размеры соединений, выполненных в среде защитных газов при подготовке кромок, указанных в таблице 6

Условное обозначение соединения	Поперечные сечения соединения	Способ сварки	Размеры в мм				
			s	e, не более	g	g_1	e_1, не более
1	2	3	4	5	6	7	8
С01011		Механизированная неплавящимся электродом на съемной подкладке	0,5-2,0	3_S+1,5	-	Необходимо наличие проплавления	-
С00001		Неплавящимся электродом без присадки	3,0-4,0	2_S+1,0	до 0,8	$0^{+1,0}$	-
		Механизированная неплавящимся и плавящимся электродом на съемной площадке	0,5-0,9 1,0-1,4 1,5-1,9 2,0-2,9 3,0-4,0	4,5 5,5 6,5 7,5 8,0	0(+0,5;-0,1) 0(+0,5;-0,1) 0,5(+0,5;-0,5) 1,0(+0,5;-1,0) 1,0(+0,5;-1,0)	$0^{+0,3}$ $0^{+0,5}$ $0^{+0,8}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$	- - - - -
С00002		Ручная и механизированная неплавящимся электродом с присадкой на весу	3,0-3,9 4,0-6,0	6,0 9,0	$0^{+0,5}$ $0^{+0,8}$	$0^{+0,3}$ $0^{+0,3}$	< e

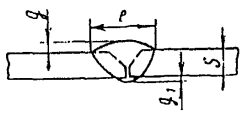
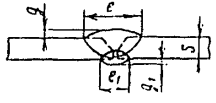
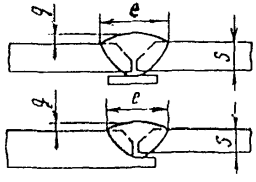
Продолжение таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7	8
С11111		Механизированная с присадкой неплавящимся электродом на весу или на съемной подкладке	0,5-0,9 1,0-1,4 1,5-1,9 2,0-2,9 3,0-4,0	4,5 5,0 5,5 6,5 8,0	0(+0,5;-0,1) 0(+0,5;-0,1) 0,5(+0,5;-0,5) 1,0(+0,5;-1,0) 1,0(+0,5;-1,0)	$0^{+1,0}$ $0^{+1,2}$ $0^{+1,8}$ $0^{+2,0}$ $0^{+2,0}$	- - - - -
С11112							v e
С11121		Механизированная неплавящимся электродом без присадочной проволоки на весу или сборочной съемной подкладке	0,5-0,9 1,0-1,4 1,5-1,9 2,0-2,9 3,0-4,0	3,5 4,5 5,0 6,0 7,0	0(+0,3;-0,1) 0(+0,3;-0,2) 0(+0,3;-0,2) 0(+0,3;-0,2) 0(+0,3;-0,2)	$0^{+0,3}$ $0^{+0,5}$ $0^{+0,5}$ $0^{+0,8}$ $0^{+0,8}$	- - - - -
С00031		Двусторонняя ручная и механизированная неплавящимся электродом	3,0-4,0 4,1-6,1	6,0 9,0	$0^{+0,5}$ $0^{+0,8}$	$0^{+0,3}$ $0^{+0,3}$	

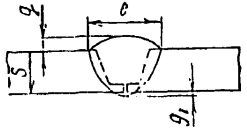
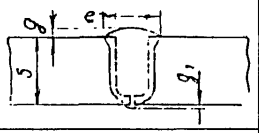
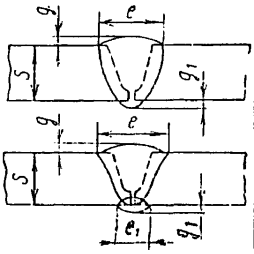
Продолжение таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7	8
С00111 С00003		Механизированная неплавящимся электродом; автоматическая и полуавтоматическая сварка плавящимся электродом	1,0-1,9 2,0-3,0	6,5 8,0	0,5±0,5 1,0±0,5	- -	- -
С00051		Механизированная неплавящимся и плавящимся электродами на съемной подкладке или на весу с разваркой корня шва неплавящимся электродом	2,5-3,5 3,6-4,5 4,6-6,0	6,5 8,0 12,0	0,5±0,5 1,0(+0,5;-1,0) 1,0±0,5	$0^{+0,8}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$	- - -
С00052			2,5-3,5 3,6-4,5 4,6-6,0	6,5 8,0 12,0	0,5±0,3 1,0±0,5 1,0±0,5	0(+2,0;-0,2) 0(+2,0;-0,3) 0(+2,0;-0,4)	< e
С00131 С00053		Механизированная, неплавящимся и плавящимся электродом	2,5-3,5 3,6-4,5 4,6-6,0	6,5 8,0 12,0	0±0,5 1,0±0,5 1,0±0,5	- - -	- - -

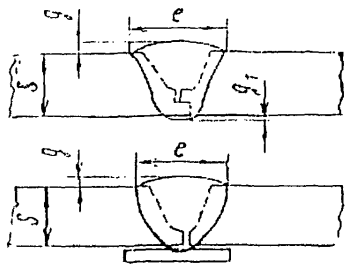
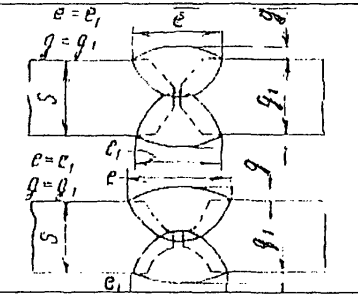
Продолжение таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7	8
С05051		Механизированная, неплавящимся и плавящимся электродами на съемной подкладке или на весу с разваркой корня шва неплавящимся электродом	2,5-3,5 3,6-4,5 4,6-6,0 6,1-8,0 8,1-12,0	6,5 8,0 12,0 15,0 22,0	0,5±0,5 1,0±0,5 1,0±0,5 1,0±0,5 1,0±0,5	$0^{+0,8}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$ 0(+1,0;-0,5) 0(+1,5;-0,6)	- - - - -
С05052		Ручная сварка на весу	2,5-3,5 3,6-4,5 4,6-6,0 6,1-8,0 8,1-12,0	6,5 8,0 12,0 15,0 22,0	0,5±0,5 1,0(+0,5;-1,0) 1,0±0,5 1,0±0,5 1,0 ±0,5	0(+2,0;-0,2) 0(+2,0;-0,3) 0(+2,0;-0,4) 0(+2,5;-0,5) 0(+2,5;-0,6)	< e
С05053 С05131		Механизированная, неплавящимся и плавящимся электродами	2,5-3,5 3,6-4,5 4,6-6,0	6,5 8,0 12,0	0,5±0,5 1,0(+0,5;-1,0) 1,0±0,5	- - -	- - -

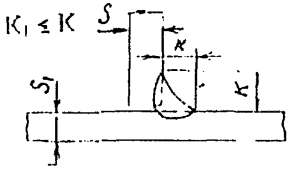
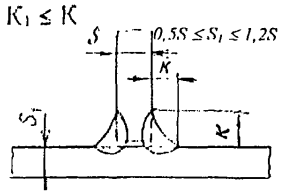
Продолжение таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7	8
С14141		Механизированная, неплавящимся электродом; комбинированная: корень шва неплавящимся электродом, затем автоматическая или полуавтоматическая плавящимся электродом	6,0-7,9 8,0-9,9 10,0-11,9 12,0-13,9 14,0-15,9 16,0-20,0	11,0 12,0 14,0 16,0 18,0 20,0	1,0(+0,5;-1,0) 1,0(+1,0;-1,0) 1,5(+1,0;-1,5) 1,5(+1,0;-1,5) 1,5(+1,0;-1,5) 2,0(+1,0;-2,0)	$0^{+0,8}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$	- - - - - -
С13130		Автоматическая неплавящимся электродом «в щелевую разделку»	10,0-50,0	16,0	1,0(+0,5;-1,0)	$0^{+1,0}$	-
С06061 С06062		Механизированная, неплавящимся электродом на весу или на съемной подкладке, плавящимся электродом на съемной подкладке или с разваркой корня шва неплавящимся электродом	4,0-5,9 6,0-7,9 8,0-9,9 10,0-11,9 12,0-13,9 14,0-15,9 16,0-17,9 18,0-20,0	9,0 11,0 12,0 14,0 16,0 18,0 19,0 20,0	0,5±0,5 1,0(+0,5;-1,0) 1,0±1,0 1,5(+1,0;-1,5) 1,5(+1,0;-1,5) 1,5(+1,0;-1,5) 2,0(+1,0;-2,0) 2,0(+1,0;-2,0)	$0^{+0,8}$ $0^{+0,8}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,5}$ $0^{+1,5}$ $0^{+2,0}$ $0^{+2,0}$	5,0 6,0 10,0 10,0 10,0 10,0 10,0 10,0

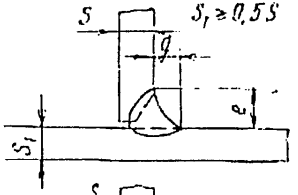
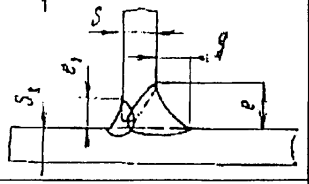
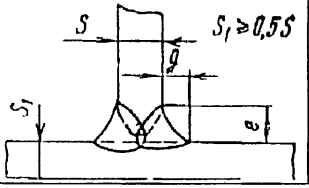
Продолжение таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7	8
С22661 С06063		Механизированная, неплавящимся электродом; комбинированная; корень шва - неплавящимся электродом, затем плавящимся электродом	6,0-7,9 8,0-9,9 10,0-12,0 до 20,0	11,0 12,0 14,0 16,0-20,0	1,0(+0,5;-1,0) 1,0±1,0 1,5(+1,0;-1,5) 2,0(+1,0;-2,0)	$0^{+0,8}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$ $0^{+2,0}$	- - - -
С61612 С60602		Механизированная, неплавящимся и плавящимся электродом	10,0-11,9 12,0-13,9 14,0-15,9 16,0-17,9 18,0-20,0	11,0 12,0 14,0 15,0 16,0	1,0(+0,5;-1,0) 1,0(+0,5;-1,0) 1,0(+1,0;-1,0) 1,0(+1,0;-1,0) 1,0(+1,0;-1,0)	- - - - -	- - - - -

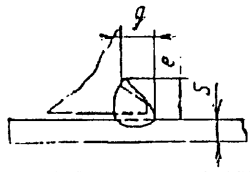
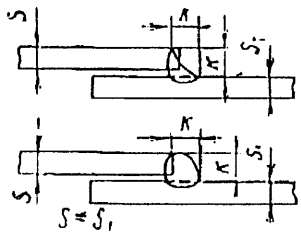
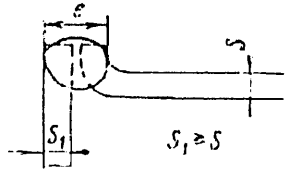
Продолжение таблицы 30

Условное обозначение соединения	Поперечное сечение соединения	Способ сварки	Размеры в мм				
			s	e, не более	g	g_1	K
1	2	3	4	5	6	7	8
T00006		Механизированная , неплавящимся электродом	0,5-3,0	-	-	-	3,0(+1,0; -0,5)
T00007		Значение катета К может быть изменено по требованию конструктора и согласованию с Главным сварщиком	3,1-10,0	-	-	-	1,2s (+1,5; -0,5) (при $s<s_1$) $1,2s_1$ (при $s> s_1$)

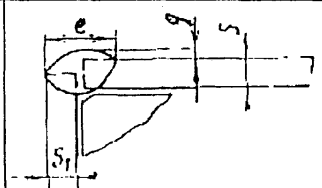
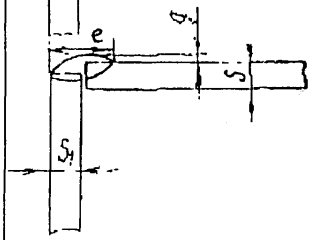
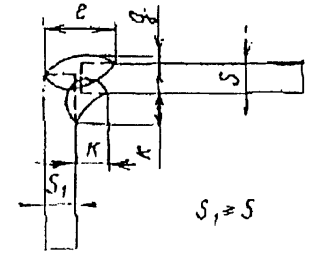
Продолжение таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7	8
Т00056		Механизированная, неплавящимся и плавящимся электродом	3,0-4,9	5,0±2,0	(0,25-1,5)s	-	-
			5,0-6,9	7,0±2,0	(0,25-1,5)s	-	-
			7,0-10,0	9,0±2,0	(0,25-1,5)s	-	-
Т00052							
Т00602		Механизированная, неплавящимся и плавящимся электродом	3,0-4,9	5,0±2,0	(0,25-1,5)s	-	-
			5,0-6,9	7,0±2,0	(0,25-1,5)s	-	-
			7,0-10,0	9,0±2,0	(0,25-1,5)s	-	-

Продолжение таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7	8
Т00286		Механизированная, неплавящимся и плавящимся электродом	2,0-6,0	Не менее 3,0	Не менее 3,0	-	-
Н00000		Механизированная, неплавящимся и плавящимся электродом	0,8-1,5 1,6-3,0 3,1-5,0	-	0-1,0 0-1,0 0-1,0	≥S ≥S ≥S	3,0-6,0 3,0-8,0 5,0-12
У00011		Механизированная, неплавящимся электродом	0,5-2,0	2s+1,5	-	Необходимо наличие проплавления	-

Продолжение таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7	8
У00001		Механизированная, сварка неплавящимся и плавящимся электродом на съемной подкладке, на весу	0,8-1,9 2,0-2,9 3,0-5,0	не более 5,0 8,0 10,0	$0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$	Необходимо наличие проплавления	- - -
У00006			0,8-1,9 2,0-2,9 3,0-5,0	≤5,0 8,0 10,0	$0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$	- - -	- - -
У00002			0,8-1,9 2,0-2,9 3,0-5,0	≤5,0 8,0 10,0	$0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$ $0^{+1,0}$	- - -	не менее 3,0 3,0 3,0

Окончание таблицы 30

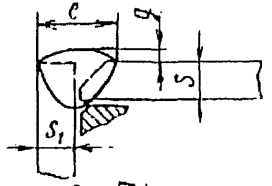
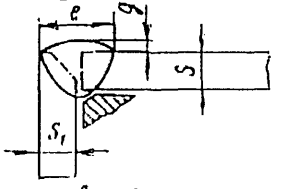
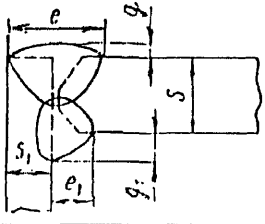
1	2	3	4	5	6	7	8
У00051 У05051	 	Ручная и автоматическая неплавящимся электродом; автоматическая и полуавтоматическая плавящимся электродом на съемной подкладке	3,0-4,9 5,0-6,9 7,0-10,0	10,0 16,0 20,0	1,0±1,0 1,0±1,0 1,0±1,0	Необходимо наличие проплавления	-
	 	Ручная и автоматическая неплавящимся электродом; автоматическая: и полуавтоматическая плавящимся электродом на весу	3,0-4,9 5,0-6,9 7,0-10,0	10,0 16,0 20,0	1,0±1,0 1,0±1,0 1,0±1,0	- - -	- - -
У00602	 	Механизированная, неплавящимся и плавящимся электродом на съемной подкладке, на весу, с подварочным швом	3,0-4,9 5,0-6,9 7,0-10,0	10,0 16,0 20,0	1,0±1,0 1,0±1,0 1,0±1,0	1,0±1,0 1,0±1,0 1,0±1,0	e_1= 6 e_1= 7 e_1= 8

Таблица 31 - Допустимые без исправления внутренние поры и включения, обнаруженные рентгеновским просвечиванием, а также наружные поры и включения, вскрытые механической обработкой* (на длине шва 100, мм**)

Толщина свариваемого материала, мм	Максимальный диаметр единичной поры или включения, мм		Суммарная длина всех внутренних пор и включений, обнаруженных рентгеноконтролем, мм		Суммарная длина всех внутренних пор и включений, вскрытых механической обработкой, мм	
	Категория свариваемого соединения					
	I	II	I	II	I	II
Стали с $\sigma_в$ ≤1176 МПа (120 кгс/мм^2)						
0,5-1,0	0,25	0,3	6	8	3	4
1,0-1,5	0,4	0,5	7	9	3,5	4,5
1,5-2,0	0,6	0,7	8	10	4	5
2,0-3,0	0,8	1,0	10	12	5	6
3,0-5,0	1,2	1,5	12	15	6	7,5
5,0 -8,0	1,5	2,0	15	20	7,5	10
8,0-11,0	2,0	2,5	20	25	10	12,5
11,0-14,0	2,5	2,7	25	30	12,5	15
14,0-20,0	2,5	2,7	25	30	12,5	15
Св. 20,0	2,5	3,0	25	30	12,5	15
Стали с $\sigma_в$ > 1176 МПа (120 кгс/мм^2)						
0,5-1,0	0,2	0,25	4	6	2	3
1,0-1,5	0,4	0,5	4,5	7	2,5	3,5
1,5-2,0	0,5	0,6	5	8	2,5	4
2,0-3,0	0,7	0,8	6	10	3	5
3,0-5,0	0,8	1,2	8	12	4	6
5,0-8,0	1,0	1,5	10	15	5	7,5
8,0-11,0	1,2	2,0	12	20	6	10
11,0-14,0	1,5	2,5	15	25	7,5	12,5
14,0-20,0	2,0	2,5	20	25	10	12,5
Св. 20,0	2,5	2,5	20	25	10	12,5

* Максимальный диаметр единичной поры или включения, вскрытых после механической обработки, соответствует допускаемому максимальному диаметру внутренней поры или включения для данной толщины. Если из-за требований прочности в чертежах или ТУ введены ограничения по наличию на поверхности швов вскрытых пор или включений, то соответственно должны быть изменены нормы на допустимые поры и включения по рентгеновскому контролю.

** Для швов протяженностью менее 100 мм суммарная длина допустимых пор и включений уменьшается пропорционально длине шва. Размер допустимой единичной поры или единичного включения остается постоянным.

Примечание - Глубина поверхностных дефектов должна быть не более половины диаметра (размера) вскрытой поры или включения. Разрешается глубину не замерять, если она определяется при рентгеноконтроле сварных швов. Острые кромки на срезе дефекта устранять.

должно быть не менее 10 мм. Три и более мелких поры или включений (менее 0,7 от максимально допустимого диаметра), расположенных беспорядочно с расстоянием между ближайшими из них в пределах 1 - 3 максимальных диаметра этих дефектов, считать скоплением. Размером скопления пор, шлаковых или вольфрамовых включений считать длину, измеряемую по наиболее удаленным друг от друга краям этих дефектов. Допускается на 100 мм шва одно скопление - не более 10 пор на 1 $см^2$ поверхности шва для I категории и не более 15 пор на 1 $см^2$ шва - для II категории. Допускается цепочка мелкой пористости длиной не более 25 мм для швов II категории с расстоянием более трех диаметров наибольшей из двух ближайших друг к другу пор в цепочке.

За суммарную длину пор и включений принимается сумма диаметров (длин) отдельных пор, раковин, шлаковых, окисных или вольфрамовых включений плюс сумма размеров скоплений этих дефектов на длине шва 100 мм.

При разной толщине свариваемых элементов максимально допустимый размер и суммарную длину пор и включений выбирать по меньшей толщине.

10.5.2 Радиографическому и ультразвуковому контролю сварные соединения I и II категорий подвергаются после визуального контроля и исправления выявленных наружных дефектов. Поры и включения, обнаруженные другими видами контроля (ультразвуковым, магнитопорошковым), не допускаются за исключением специально оговоренных в ТУ на изделие и чертежом.

В случае проведения упрочняющей термообработки (или другой высокотемпературной обработки) после сварки радиографический или другой контроль на определение наружных и внутренних дефектов проводится и после указанной термообработки.

10.5.3 .Допускаются без исправления наружные отклонения в зависимости от категории сварного соединения (табл. 32).

Допускается к использованию без исправления поры, вскрытые при механической обработке, для швов I и II категории в соответствии с нормами, указанными в таблице 31 для стали с $\sigma_в \leq 1176$ МПа.

Поры, вскрытые механической обработкой, в швах III категории допускаются в соответствии с нормами для швов II категории.

Если в сварных швах после механической обработки поры, выходящие на поверхность, не допускаются или ограничиваются, например, при гальванических покрытиях, то нормы таких дефектов, должны быть ужесточены (касается в первую очередь соединений, подвергаемых термической обработке после сварки) и согласованы с соответствующими службами.

10.5.4 Если при проведении выборочного радиографического контроля обнаруживаются отклонения, превышающие допустимые нормы, то просвечиванию подвергаются контролируемые швы по всей протяженности на изделиях всей партии.

Таблица 32 - Нормы допустимых наружных отклонений

Вид дефекта	Для швов категорий		
	I	II	III
Смещение кромок в стыковом соединении	До 15% от толщины материала (но не более 1,5 мм) суммарной протяженностью до 20% от длины шва или на всей длине шва на величину до 10% от толщины	До 20% от толщины (но не более 2 мм) суммарной протяженностью до 20% от длины шва или по всей длине на величину 10% от толщины	До 30% от толщины (но не более 2 мм) суммарной протяженностью до 20% от длины шва или по всей длине на величину 10% от толщины
Непровар в односторонних соединениях угловых с углом раскрытия $\alpha \geq 90°$ при сварке на весу	Не допускается	Не допускается	Прерывистый непровар n протяженностью не более 3s (s- толщина свариваемого металла) на каждом отдельном участке, суммарной протяженностью не более 20% от длины шва
Непровар в односторонних соединениях угловых с углом раскрытия $\alpha \leq 90°$		Допускается по всей длине шва	
Подрезы	Если они не являются острыми и если глубина их не более 10% от толщины материала, но не более 0,5 мм, суммарная протяженность их от длины шва не более:		
	10%	20%	30%
Проплав в тавровых, нахлесточных и замковых соединениях	Допускаются проплавы (если они не имеют наружных дефектов и не мешают работе конструкции) при толщине проплавленного элемента ≤2,0 мм высотой не более 0,5 толщины проплавленного элемента или проплавы с образованием утяжки глубиной не более 0,2 мм.		

10.6 Исправление дефектов

10.6.1 К исправлению допускаются следующие дефекты сварки швов всех категорий:

- непровары - устраняют повторной сваркой, подваркой без присадки, с присадкой; также с обратной стороны;

- внутренние и внешние раковины, поры, вольфрамовые включения - устраняют выборкой дефектов и последующей заваркой;

- внутренние глубокозалегающие локальные дефекты или цепочка пор или включений в соединении толстостенных конструкций или массивных деталях (литье, поковка и др.) - устранять выборкой дефектов сверлением и последующей заваркой отверстий

автоматической аргонодуговой сваркой вертикальным швом сканирующим электродом (методом "зондирования" по ТР 1.4.1174-86. Этим методом целесообразно устранять локальные дефекты и дефекты протяженностью до 100 мм (цепочки пор, включений, несплошности и т. п.) (см. п.6.1.19);

- наружные дефекты - устраняют зачисткой или подваркой* с обеспечением плавных переходов в месте зачистки (подварки);

- трещины в сварных швах и на линии сплавления, если их единичная или суммарная протяженность не превышает 10% от длины шва - устраняют механической выборкой дефекта и последующей заваркой;

- подрезы, превышающие допустимые без исправления нормы, и резкие переходы от основного металла к шву - устраняют повторной сваркой*;

- чрезмерное усиление, проплавы, наплывы и другие наружные дефекты шва - устраняют механической обработкой или оплавлением*;

- прожоги, не превышающие максимально допустимую ширину шва и по длине не более 1,5 ширины шва, для материала толщиной 2 мм и менее. Для деталей толщиной 0,8 мм и менее допускается к исправлению два прожога на 500 мм шва, для деталей большей толщины - не более одного прожога на 500 мм шва.

*- кроме деталей, прошедших упрочняющую термообработку.

10.6.2 Перед заваркой видимых пороков места дефектов следует зачистить. При исправлении внутренних пороков необходимо полностью выбрать дефектный металл механическим путем. После разделки участок шва с дефектом рекомендуется подвергнуть повторному рентгеновскому или другому виду контроля. Разделку мест дефектов при толщине материала от 1,5 до 10 мм производить с V-образным скосом. При разделке мест со сквозными трещинами оставлять толщину менее 1 мм и подваривать место дефекта на всю толщину.

10.6.3 При устранении дефектов подваркой и механической обработкой обеспечить плавные переходы от подваренного места к основному металлу. Усиление подварочного шва не должно превышать нормы, указанные в таблице 30. Местное утонение при механической зачистке допускается не более 5% от толщины свариваемых элементов, но не более 0,5 мм, на длине не более 5% протяженности шва. Ширина подварочного шва не должна превышать нормы (см. таблицу 30) более,чем на 50%.

10.6.4 Подварку производить автоматической, механизированной или ручной сваркой в среде защитных газов.

10.6.5 В качестве присадочной проволоки (электродной) при заварке дефектов применять проволоку той же марки, что и при сварке изделия. Допускается изменение марки присадочной проволоки при подварке (из числа рекомендованных), если это приводит к повышению технологической прочности.

При подварке изделия после упрочняющей или другой

высокотемпературной обработки необходимо изменить марку присадочной проволоки в соответствии с рекомендациями ВИАМа или применять марки, рекомендованные настоящей инструкцией (если на этот случай термообработки имеются указания по сварке).

10.6.6 При исправлении дефектов соблюдать указания инструкции относительно режимов защиты, термообработки и т. д. для соответствующих сталей и сплавов. Места подварок после сварки подлежат обязательному контролю на отсутствие трещин независимо от категории соединения.

10.6.7 Допускается подварка дефектов на готовых изделиях как термически обработанных, так и не обработанных. Дефектные места на изделиях, подлежащих после сварки упрочняющей термической обработке, заваривать до термической обработки.

На деталях, изготовляемых из низко- и среднелегированных сталей, упрочняемых термообработкой, свариваемых в незакаленном состоянии, допускается подваривать дефекты суммарной длиной не более 20% от общей длины шва для соединений I категории, 30% - для соединений II и 50% -для соединений III категории. После подварки узлы должны подвергаться термообработке для снятия напряжений в соответствии с п. 7.1.2.

10.6.8 Подварку на изделиях после термической обработки производить в пределах не свыше 5% от длины шва I категории и 10% от длины шва II и III категорий в соответствии с указаниями по сварке данной стали в упрочненом состоянии. Подварку осуществляют в зависимости от характера дефекта и места его расположения и с разрешения Главного сварщика или в соответствии с заводской инструкцией, согласованной и утвержденной в установленном порядке.

10.6.9 Независимо от исправляемого дефекта общая длина дефектных участков не должна превышать 20% от длины шва для соединений I категории, 30% для соединений II и 50% - для соединений III категории. Одноразовые подварки, сделанные без разделки дефектного места и без присадки, в общей длине подварок не учитывают (для деталей, подвергающихся после сварки и подварки упрочняющей термообработке, за исключением деталей из жаропрочных дисперсионно-твердеющих сплавов и сталей ЭИ437Б, ЭИ696А, ЭП718 и других нержавеющих сталей).

10.6.10 Подварка одного и того же дефектного участка допускается не более трех раз, для швов I категории - не более двух раз.

10.6.11 К исправлению дефектов допускаются сварщики, имеющие квалификацию не ниже 4-го разряда и свидетельство о допуске к сварочным работам и навыки по сварке данного изделия. Целесообразно привлекать к исправлению дефектов сварщиков, выполнявших сварку изделия. В случае несоответствия квалификации сварщика для операции подварки окончательное решение о допуске к подварке принимает Главный сварщик.

10.6.12 Если обнаруженные внутренние дефекты превышают

допускаемые нормы (см. таблицу 31), а исправление дефектов представляет большие сложности или ведет к снижению качества узла, то по решению КБ и ОГС нормы допустимых дефектов могут быть изменены (при условии обеспечения требуемой работоспособности).

10.6.13 Отдельные отступления в технологии от положений инструкции, например, в части изменения разрыва времени между сваркой и отпуском, в длине подварок, в формировании шва и т. д. допускаются с разрешения Главного сварщика, в отношении норм допустимых дефектов - с разрешения конструкторского отдела и Главного сварщика (Главного металлурга).

10.7 Требования по обеспечению качества сварных соединений

10.7.1 Требуемое качество сварного соединения обеспечивается при соблюдении указаний настоящей инструкции и другой нормативно-технической документации, на которую даны ссылки.

10.7.2 Технологические и энергетические параметры процесса сварки должны контролироваться в процессе сварки и фиксироваться с помощью контрольно-измерительной аппаратуры, проходящей плановую тарировку. Для особо ответственных соединений данные контроля и измерений (задаются чертежом) записывать и сохранять в течение рабочего ресурса изделия.

10.7.3 Максимально использовать автоматизированные методы сварки и оборудования, позволяющие соблюдать стабильные значения заданных технологических и энергетических параметров процесса и обеспечивать высокую воспроизводимость качества и эксплуатационных характеристик сварного соединения.

10.7.4 Особо эффективным средством совершенствования системы обеспечения качества сварных изделий служит сертификация их производства. Сертификация должна удостоверить, что проводимый на предприятии технологический процесс сварки от приемки свариваемых материалов до контроля качества сварки воспроизводим, организован на системной основе и соответствует требованиям конкретного нормативного документа (государственного стандарта, ТУ на изделие, чертежу и др.)

Сварные соединения и узлы, не отвечающие указанным требованиям, должны отбраковываться (или ремонтироваться на стадии производства), а причины несоответствия устраняться.

10.7.5 Система управления качеством должна содержать информационную базу, включающую данные,

- имеющиеся в нормативно-технической документации;
- входного контроля на испытания материалов, поступающих на сварку;
- измерений технологических и энергетических параметров процесса сварки;

- о параметрах сварочного оборудования, оснастки, инструмента и контрольно-измерительной аппаратуры;
- о конструкторско-технологических параметрах изделий;
- по перечню особо нагруженных и ответственных сварных соединений;
- о заявленных эксплуатационных характеристиках соединений и др.

11 Метрологическое обеспечение

11.1 При разработке технологического процесса сварки электроизмерительными приборами контролировать параметры режима сварки:

- сварочный ток - амперметрами постоянного тока до 300 А с классом точности не ниже 2,5 по ГОСТ 8731-78;
- напряжение на дуге - вольтметрами постоянного тока с диапазоном измерения 0-50 В с классом точности 1,5 по ГОСТ 8711-78;
- расход аргона (л/мин) - ротаметрами типа РМ-Ш с погрешностью ±4% по ГОСТ 13045-81.

11.2 Определение зазоров между свариваемыми кромками производить с помощью набора щупов по ТУ 2-034-225-873 с интервалом 0,1 мм.

11.3 Смещение кромок измерять с допустимой погрешностью ±0,2 мм с использованием индикаторных головок по ГОСТ 577-68. При измерении базироваться на одну из кромок. При толщине кромок менее 2,0 мм смещение измерять с погрешностью ±0,01 мм.

11.4 Геометрические параметры сварных швов измерять штангенциркулем марки ШЦ-1-125-0,1 по ГОСТ 166-89.

11.5 Температуру окружающего воздуха при сварке определять по показанию настенного комнатного термометра, имеющего шкалу в интервале от +5 до +40° С.

12 Требования безопасности

12.1 Общие положения

12.1.1 При организации и проведении технологического процесса аргонодуговой сварки руководствоваться требованиями безопасности труда при электросварочных работах, изложенными в ГОСТ 12.3.003-86 и в санитарных правилах СП при сварке № 1009-73, а также правилами по безопасности труда при электросварочных работах по ЦП-23 от 16.01.90 г.; при решении общих вопросов требований безопасности руководствоваться требованиями, изложенными в настоящей производственной инструкции.

12.1.2 При дуговой сварке имеют место следующие опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ):

а) физические:

- движущие механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки;
- повышенная загазованность воздуха рабочей зоны,
-повышенная температура поверхности свариваемых материалов (при сварке с предварительным подогревом);
- опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- повышенный уровень инфракрасной радиации;

б) химические факторы (сварочные аэрозоли, содержащие оксиды хрома, никеля и другие вредные вещества);

в) психофизиологические факторы: физические, нервно-психические перегрузки.

12.1.3 Производственное оборудование должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91 (ст. СЭВ 1085-78), ССБТ, ГОСТ 12.2.049-79, ГОСТ 12.2.007.8-75 ССБТ и настоящей производственной инструкции,

12.1.4 Содержание вредных веществ, в воздухе рабочей зоны и параметры микроклимата должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005-88, ССБТ и перечней предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны, утвержденных Минздравом СССР (см. приложение 1, обязательное).

12.1.5 Параметры микроклимата на рабочих местах, интенсивность теплового облучения работающих не должна превышать санитарных норм микроклимата производственных помещений, утвержденных зам. главного государственного санитарного врача СССР СН № 4088-86 от 31 марта 1986 г.

12.1.6 Электромагнитные поля радиочастот - по ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ.

12.1.7 Электробезопасность при выполнении работ должна обеспечиваться в соответствии с ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ, ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ, ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.

12.1.8 Пожаро- и взрывобезопасность при выполнении работ должна обеспечиваться в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ с «Правилами пожарной безопасности», утвержденными Министерством (ЦП-5 эт 03.01.1986 г.) и правилами пожарной безопасности в Российской Федерации, ППБ-01-93.

12.2 Требования к технологическим процессам

12.2.1 При разработке и внедрении технологического процесса сварки рекомендуется руководствоваться требованиями безопасности ГОСТ 12.3.002-75 (ст. СЭВ 1728-79 ССБТ), ГОСТ 12.3.003-86 и настоящей производственной инструкции.

12.2.2 Требования безопасности при подготовке поверхности основных и сварочных материалов с применением ЛВЖ должны удовлетворять требованиям, изложенным в "Правилах пожарной

безопасности", утвержденных Министерством (ЦП-5 от 03.01.1986 г.).

12.2.3 Системы управления процессами сварки по возможности должны быть механизированы и автоматизированы, снабжены пускорегулирующей контрольной и защитной аппаратурой, обеспечивать безопасность обслуживания в случае выхода оборудования на аварийный режим.

12.2.4 Для процесса аргонодуговой сварки следует предусмотреть удаление вредных выделений с помощью местных щелевых воздухоприемников, обеспечивающих объем удаляемого воздуха 100-150 $м^3$/ч. При этом скорость во всасывающем спектре должна быть не более 0,3-0,5 м/с.

Воздухоприемники должны быть подсоединены к высоко вакуумным системам. Могут быть использованы также воздухо-струйные эжекторы или индивидуальные фильтро-вентиляционные агрегаты. Остаточная концентрация аэрозоля за фильтром не должна превышать 30% от его предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны.

12.2.5 Местные щелевые воздухоприемники должны располагаться в противоположной стороне или ниже места сварки.

12.3 Требования к производственным помещениям

12.3.1 Планировка производственного помещения должна обеспечивать поточность технологического процесса и механизацию сварочных работ, удовлетворять требованиям строительных и санитарных норм, ведомственных норм технологического проектирования слесарно-сварочных цехов трубопроводов заводов 1, VI, VIB подотраслей и норм технологического проектирования слесарно-сварочных и механо-сварочных цехов заводов, а также противопожарных норм проектирования зданий и сооружений.

12.3.2 Требования к помещениям, предназначенным для дуговой сварки, должны удовлетворять ГОСТ 12. 3.003-86, ОСТ 1.42095-80 ССБТ и положения настоящей производственной инструкции.

12.3.3 Требования по обеспечению пожарной безопасности должны удовлетворять ГОСТ 12.1.004-85.

Помещение, в котором выполняются сварочные работы с выделением лучистого тепла, относится к категории Г в соответствии с требованиями Гипроавиапрома ("Категории производств, классы зон помещений по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности. Средства противопожарной защиты", 1983, Р-2618).

12.3.4 В отделениях помещения, где имеются предварительный подогрев, отпуск после сварки, обезжиривание, электропроводка оборудования, следует применять негорючие материалы вместо пожароопасных.

12.4 Требования к материалам, заготовкам, полуфабрикатам, их хранению и транспортировке

12.4.1 Требования к материалам, заготовкам, полуфабрикатам и их хранению и транспортировке должны удовлетворять ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ и положениям настоящей производственной инструкции.

12.4.2 Свариваемые и сварочные материалы, применяемые для дуговой сварки, должны соответствовать технической документации на их поставку и пройти оценку в соответствии с методическими указаниями по гигиенической оценке сварочных материалов и способов сварки и резки металлов.

12.4.3 Эксплуатация баллонов со сжиженным газом должна осуществляться в соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, утвержденными Госгортехнадзором РФ.

Баллоны с инертным газом имеют давление 150 атм и при неправильном обращении могут быть взрывоопасны. Баллоны следует предохранять от толчков и ударов.

Баллоны укреплять в вертикальном положении хомутом или цепью в специальной стойке на расстоянии не менее 1 м от радиаторов отопления.

Хранить запасные баллоны у рабочего места не разрешается.

12.4.4 ЛВЖ, применяемые для обезжиривания кромок перед сваркой, способы их хранения и транспортировки должны удовлетворять требованиям, изложенным в "Правилах пожарной безопасности", утвержденных Министерством (ЦП-5 от 03.01.1986 г.).

12.5 Требования к размещению производственного оборудования и организации рабочих мест

12.5.1 Размещение производственного оборудования и организация рабочих мест для дуговой сварки должны отвечать требованиям ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.2. О61-81 (ст. СЭВ 2695-80) ССБТ, ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ.

12.5.2 Сварочные стенды должны быть оборудованы местными вытяжными устройствами для улавливания и удаления сварочного аэрозоля.

12.6 Требования к персоналу, допускаемому к выполнению сварочных работ

К выполнению сварочных работ допускаются лица в возрасте не моложе 18 лет, имеющие соответствующую специальность и квалификацию, прошедшие медицинский осмотр. Обучение по технике безопасности и производственной санитарии в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ и ОСТ 1.42159-83.

12.7 Требования к применению средств индивидуальной защиты работающих

12.7.1 Администрация предприятия должна обеспечивать персонал, занятый в производстве дуговой сварки, средствами индивидуальной защиты в соответствии с «Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи работникам специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты».

12.7.2 Применяемые средства индивидуальной зашиты должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Перечень средств индивидуальной защиты приведен в приложении 2.

12.8 Контроль выполнения требований безопасности

Контроль за выполнением требований безопасности должен производиться в соответствии с ГОСТ 12.3.002-86 ССБТ и действующими нормативными документами.

Приложение 1
(Обязательное)

Вредные и взрывопожароопасные вещества, выделяющиеся при дуговой сварке, и их краткая характеристика

Вещество	Агрегатное состояние	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	Токсикологическая характеристика	ПДВК, % объемн. или г/м^3
Окись марганца	Аэрозоль конденсации (кристаллическая)	В пересчете на МП 0,2- при содержании в аэрозоли до 20%	2	Сильный яд, действующий на центральную нервную систему	
Хроматы, бихроматы	Аэрозоль	0,01 в пересчете на CrOз	1	Поражает легкие, органы пищеварения, вызывает хромовые дерматиты, оказывает канцерогенное действие на органы дыхания	
Оксид никеля	Тоже	0,05 в пересчете на Ni	1	Канцерогенное действие на дыхательные пути и желудок	
Двуокись кремния	Аэрозоль	3	1	Накапливается в легких и лимфатических узлах, вызывает силикоз, пневмосклероз	
Ацетон	Пары	200	4	Наркотик, поражает центральную нервную систему	2,2-13
Озон	Пары	0,1	1		

Приложение 2
(Обязательное)

Средства индивидуальной защиты при дуговой сварке

Наименование средств индивидуальной защиты	ГОСТ, ТУ
Комбинезон из хлопчатобумажной ткани мужской женский	 ГОСТ 12.4.009-80 ГОСТ 12.4.100-80
Перчатки хлопчатобумажные	ГОСТ 12.3.003-86
Рукавицы брезентовые	ГОСТ 12.4.010-75
Перчатки резиновые диэлектрические	ТУ 38-105504-72
Галоши мужские женские	ГОСТ 13385-78 арт. 4110 арт.4310
Светофильтры стеклянные	ОСТ 21-6-8 7

Приложение 3
(Справочное)
Ориентировочные механические характеристики сварных соединений

Таблица 1 - Прочность точечных сварных соединений, выполненных аргонодуговой сваркой (без подкладки)

Свариваемый материал	Толщина свариваемых материалов, мм	Диаметр ядра, мм	Минимальное разрушающее усилие на срез, Н
Ст. 1Х18Н0Т	0,4+0,4	3,0-3,5	1472
	0,8+0,8	4,0-5,0	2452
	0,8+1,0	5,0-6,0	3924
	0,8-1,2	5,0-7,0	3924
	1,0+1,0	5,0-7,0	3924
	1,0+1,5	6,5-7,5	4905
	1,5+1,5	7,0-8,0	6867
	1,5+2,0	8,0-9,5	7848
	1,5+2,5	8,0-10,0	8829
	2,0+2,5	9,0-12,0	11772
Ст. 30ХГСА	0,5+0,5	3,0-4,0	2452
	0,5+1,0	4,0-5,0	3924
	1,0+1,0	5,0-7,0	6867
	1,0+1,2	6,0-8,0	7847
	1,5+ 1,5	7,0-9,0	8829
	1,5+2,0	7,0-10,0	11772

Таблица 2 - Прочностные характеристики сварных соединений жаропрочных гомогенных хромоникелевых сталей и сплавов и их сочетаний с другими материалами толщиной 1,5-2,0 мм (Автоматическая аргонодуговая сварка, состояние перед испытанием -состояние поставки)

Марка		Кратковременная прочность, МПа (<ув) при температуре испытания, °С					Длительная прочность σ_{100}, МПа при температуре испытаний, °С	
материалов	присадочной проволоки	20	600	700	800	900	800	900
ЭИ435+ЭИ435	ЭИ435	706-736	441-490	373-402	226-265	127-147	29	-
ЭИ602+ЭИ602	ЭИ602	765-795	480-510	441-481	275-314	137-157	69-78	-
ЭИ868 (ВЖ98)+ ЭИ868 ВЖ98)	ЭИ868 (ВЖ98)	765-814	529-549	549-589	373-402	255-295	88-98	29-34
ЭИ703+ЭИ703	ЭИ703	569-667	431-461	383-432	255-294	-	59	-
ЭИ835+ЭИ835	ЭИ835 св. 08Х21Н10Г6	819-878	348-412	-	235-275	-	88	-
ЭП126 (ВЖ100)+ ЭП126 (ВЖ100)	ЭП126 ЗИ868	696-765	412-490	-	309-334	-	49-59	-
ЭИ435+ЭИ602	ЭИ602	706-731	441-500	373-412	235-284	137-147	-	-
ВЖ98+ЭИ602	ЭИ602 ВЖ98	736-785	461-490	422-451	235-294	157-196	-	-
ВЖ98+ЭИ435	ВЖ98	706-746	441-510	383-422	235-275	157-177	-	-
ВЖ98+ЭИ703	ВЖ98	569-628	451-490	392-451	265-314	-	-	-
ЭИ602+ЭИ703	св. 08Х21Н10Г6	560-589	480-520	392-490	235-314	167-177	-	-
ЭИ435 ЭИ602 ВЖ98 ЭИ703 ВЖ010	ЭП367	613-647	407-441	284-324	119-167	-	-	-
	ЭИ395	431-539	363-392	250-265	100-118	-	-	-

Таблица 3 - Прочностные характеристики сварных соединений некоторых жаропрочных гетерогенных хромоникелевых сплавов и их сочетаний с другими материалами толщиной 1,5-2,0 мм (Автоматическая аргонодуговая сварка)

Марка		Состояние перед испытанием*	Кратковременная прочность $\sigma_в$, кгс/мм^2, при температуре испытания, °С						Длительная прочность, σ_{100}, кгс/мм^2, при температуре испытания, °С				
материала	присадочной проволоки		20	600	700	800	850	900	600	700	800	850	900
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ЭИ447Б+ ЭИ437Б	ЭИ437А	Поставка+ сварка + старение 750°С - 8 ч	883-942	-	-	432-441	-	-	-	-	-	-	-
ЭП99ВД+ ЭП99ВД	св. 08Х20Н57 М8В8Т3Р(ИД)	Поставка + сварка	-	-	765-804	677-726	-	471-510	-	-	255	-	-
ВЖ101 + ВЖ101 (ЭП199+ ЭП199)	ЭП533ИД	1150°С+950°С+ +сварка	-	765-804	795-834	736-755	-	569-598	-	-	226	137	-
		1150°С+950°С - 5 ч +сварка + 950°С - 5 ч	-	-	-	-	-	-	-		275	235	98
		Поставка +сварка	795-873		540-638	383-402	343-392	206-255	-		-	-	34
ВЖ101 + ВЖ98	То же ЭП367	Поставка + сварка +950°С - 5 ч	804-834	-	618-638	431-456	294-363	226-245	-	-	-	-	39
		Поставка + сварка	755-804	-	540-579	383-432	299	216-245	-		-	-	-

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ЭП693ВД+ ВЖ98	ЭП367 ЭП533ИД	Поставка + +сварка То же	782-804 795-814	- -	- (750°С) 618-638	- -	- 569-628	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ЭП199+ ЭП693ВД (ВЖ101)	ЭП533ИД	Поставка + сварка + +1080°С+ 900°С-5 ч	520-549	-	814-863	559-697	373-441	392-451	-	-	-	-	-
ЭП202+ ЭП56	«	ЭП202 до сварки закален и состарен; ЭП56-нормализована и отпущена после сварки без т/о	790-932	(500°С) 505-589	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ЭП693ВД+ +ЭП487РЛ	ЭП683	-	814	-	(750°С) 549-647	-	-	-	-	-	-	-	-
ВЖ102+ +ВЖ102	ЭП533ИД	Поставка + +1120°С + сварка	-	548	546	516	-	-	-	-	245-275	(750 °С) 98-108	-
	ЭП595	Поставка + +750°С-1бч Поставка + сварка + +780°С-5 ч+ + 650°С-10ч	1030-1079 1236-1275	903-952	804-873 1118	(750°С) 638-687 589-834	-	-	-	-	- 412	- 216	-

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ЭП718 + +ЭП718	ЭП533ИД	Поставка + сварка + +1050^{0}С-10 мин +780°С-5 ч + 650°С-10ч	-	-	1010-1030	736-765	-	-	-	451	275	-	-
ЭИ437Б+ ЭИ696А	«	Поставка + сварка + +750°С-8 ч	888-917	668-746	520-589	324-363	-	-	-	-	-	-	-
ЭИ696А+ +ВЖ98	«	Поставка + сварка + +850°С-2 ч+700°С-8 ч	873-888	687-706	569-628	206-235	-	-	-	226 - 235	-	-	-
ЭП693ВД+ ЭП693ВД	«	Поставка+1080°С+ +сварка +800°С-8 ч	981-1079	-	785-883	589-687	-	-	-	-	255	177	-
ЭП708ВД+ +ЭП708ВД	«	Поставка+1140°С +сварка+800°С-15ч	1050-1079	834-932	883-932	775-814	618-687	471-510	-	-	255	177	78
ЭП648ВИ + +ЭП648ВИ	ЭП648В	Поставка+1140°С+ +900°С-16ч +сварка	882	-	668	664	-	338	-	-	-	-	49
		Поставка+1140°С +сварка+900°С-16ч	834	-	662	552	-	286	-	-	-	-	-

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ЭП202+ ЭП202	ЭП533ИД	Поставка + сварка + +850°С-5 ч	942-1010	-	-	618-677	-	392-432	-	-	-	-	-
ЭИ696А+ ЭИ696А	ЭП533ИД	Поставка + сварка + +850°С-2 ч+ +700°С-8 ч	873-888	682-706	569-628	206-235	-	-	451	275	-	-	-
ВЖ131 + ВЖ131	ВЖ131	Поставка + сварка + +800°С-15ч	961-1020	-	844-961	726-814	-	-	-	-	196	-	-

* Обозначение состояния перед испытанием, например, "Поставка+1140°С+900°С-16 ч" означает состояние поставки + закалка с температуры 1140°С+старение при 900°С в течение 16 ч.

Таблица 4 - Кратковременная прочность сварных соединений некоторых нержавеющих аустенитных и хромистых сталей (аргонодуговая механизированная сварка материалов толщиной 1,0-3,0 мм)

Свариваемые материалы	Марка присадочной проволоки	Состояние перед испытанием	Предел прочности $\sigma_в$, МПа, при Т, °С					
			-196	-60-70	+20	+400	+500	+600
12Х18Н10Т+ 12Х18Н10Т	св. 06Х19Н9Т	Состояние поставки +сварка. После сварки без термообработки	-	-	530-589	-	-	383-412
12Х17Г9АН4+ 12Х17Г9АН4	св. 06Х19Н9Т	Состояние поставки (закалка с 1075°С+сварка). После сварки без термообработки	-	-	736-785	-	461-481	432-451
ЭИ654+ЭИ654	св. ЭИ654	Нагартованные	1177-1275	883-981	687-765	540-589	-	-
		Мягкие (закалка с 1020°С-1050°С)	981-1030	785-834	589-687	-	441-491	-
ЭИ962+ЭИ962	Без присадки	Закалка 965°С-30 мин, отпуск 475°С-2ч	1707-1854		-	1285-1305	-	-
	св.10Х11НВМФ	То же	1275-1765	1177-1521	1261-1393	1246-1315		
ЭИ961Ф+ ЭИ961Ф	св. 10Х12НВМФ	После сварки отпуск 700°С-2 ч	-	-	-	697-726	608-667	392-451
ЭИ268+ ЭИ268	ЭИ268	Без термообработки после сварки	-	-	834	697	618	324

Таблица 5 - Усталостная прочность сварных соединений жаропрочных хромоникелевых сплавов и сталей

Свариваемые материалы	Присадочная проволока	Состояние перед испытанием	Усталостная прочность, МПа, при Т, °С								
			$\sigma_в$ на базе 10^7						σ_{-1} на базе 10^7		
			20	600	700	750	800	900	20	600	900
ЭИ703+ ЭИ703	ЭИ703А	Состояние поставки + сварка, после сварки без термообработки	-	-	-	-	-	-	196	353	0
ЭИ835+ ЭИ83	св. 08Х20Н9Г7Т	Состояние поставки + сварка, после сварки без термообработки	-	-	-	-	147	-	-	-	-
ВЖ98+ВЖ98	св. ВЖ98	Состояние поставки + +закалка 1180°С+ сварка, после сварки без термообработки	-	-	-	-	-	-	255	363	88-98
ЭИ696А+ ЭИ696А	ЭИ696	Состояние поставки + +сварка + отжиг 850°С -2 ч + старение 700°С -8ч	-	-	-	-	-	-	235	461	118
ЭИ437Б + ЭИ437Б	ЭИ437А	Состояние поставки + +сварка +старение 750°С - 8ч	-	-	-	-	-	-	235	470	118
ВЖ102+ ВЖ102	ЭП533	Состояние поставки + +закалка 1120°С+ сварка + старение 750°С -16 ч	-	-	265-275	235	-	-	-	-	-
ВЖ101 + ВЖ101	ЭП533	Состояние поставки + +закалка 1150°С+ старение 950°С -5 ч + сварка + старение 950°С -5 ч	235	353	334-343	-	275	177	-	-	-

Таблица 6 - Механические свойства сварных соединений теплостойких нержавеющих сталей (минимальные значения, полученные на стандартных образцах)

Марка свариваемого материала	Толщина материала, мм	Марка присадки	Обработка после сварки	Предел прочности, МПа, при Т,°С			Угол загиба, град	Ударная вязкость металла шва, кДж/м^3
1	2	3	4	5	6	7	8	9
СН-2А	До 3,0	св. 08Х21Н10Г6	-	687	-	470	180	
		св. 07Х16Н6	$З_{1000}$+Х+$С_{400}$	1230	-	980	120	
	20	СВ.08Х21Н10Г6	-	638	-	440		1600
		св. 07Х16Н6	$З_{1000}$+Х+ $С_{400}$	1177	-	980		700
СН-3	1,0	-	Прокатка (ρ=30000Н)+ $С_{450}$	1177	980	-	80	-
	До 3,0	-	-	834	589	-	180	-
			$З_{950}$+Х+ $С_{450}$	1177	1030	-	80	-
	15	св. 08Х21Н10Г6	-	736	540	440		1600
		св. 07Х16Н6	$З_{950}$+Х+ $С_{360}$	1128	-	-	-	700
СН-4	До 1,5		-	785	-	490	180	-
	До 3,0	св. 08Х21Н10Г6	-	736	-	-	-	-
ВНС-5	До 20,0	св. ВНС5	$З_{1070}$+Х+ $С_{350}$	1158	1079	-	-	500
	До 6,0	св. 08Х21Н10Г6	-	785	540	-	-	-
	6,0-12,0	То же	-	687	540	-	-	1600
	12.0-20,0	То же	-	638	490	-	-	1600
ВНС-4	До 3,0	-	-	736	-	-	160	-
			$З_{1050}$+Х+ $С_{500,2}$	834	-	-	120	-
		св. 08Х21Н10Г6	$З_{1050}$+Х+ $С_{500,2}$	765	-	-	150	-

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ВНС-2	До 2,0	-	-	1128	980	-	80	-
			$С_{450}$	1177	1080	-	70	-
			$З_{950}$+ $С_{450}$	1230	1160	-	90	-
	1,5-3,0	ЭП659А-ВИ ЭП410У	-	1100	980	-	60	-
			$З_{950}$+ $С_{450}$	1230	1128	-	80	-
	До 20,0	ЭП659А-ВИ	-	1035	980	-	-	1600
			$З_{1050}$+ $С_{425}$	1177	1025	-	-	700
		св. 08Х21Н10Г6	-	765*	540	-	-	1600
ЭП817	До 40,0	ЭП659А-ВИ	-	1010	912	-	-	1200
ВНС-43	До 20,0	ЭП659А-ВИ	$З_{1090}$+ $С_{800}$	1600	-	-	-	-
ВНС-41	3,0	ЭП659А-ВИ	$З_{960}$+ $С_{500}$	1500	-	-	-	-
ВНС-16	До 3,0	ЭП659А-ВИ	-	1450	-	-	-	-
$\sigma_в$ шва=626 МПа								

Примечание - З - закалка, в индексе указана температура нагрева в °С;
Х-обработка холодом при –70°С, 2 ч (или -55°С, 4 ч);
С - старение (отпуск), в индексе указаны температура в °С, время в часах; если отсутствует указание времени, то подразумевается 1ч.

Таблица 7 - Ориентировочные механические свойства сварных соединений разнородных сталей (ААрДЭС)

Марка стали	ВНС-5						ВНС-2						СН-3					
	$\sigma_в$, МПа				Угол загиба, град.		$\sigma_в$, МПа				Угол загиба, град.		$\sigma_в$, МПа				Угол загиба, град.	
	20°С		300°С				20°С		300°С				20°С		300°С			
	Наименьший	Средний	Наименьший	Средний	Наименьший	Средний	Наименьший	Средний	Наименьший	Средний	Наименьший	Средний	Наименьший	Средний	Наименьший	Средний	Наименьший	Средний
ВНС-5	-	-	-	-	-	-	834	873	500	530	140	150	912	932	587	598	160	170
ВНС-2	834	873	500	530	140	160	-	-	-	-	-	-	1109	1158	628	687	108	135
ВНС-4	746	765	520	530	180	180	775	804	-	-	135	150	697	716	490	510	165	170
1Х18Н9Т	-	-	-	-	-	-	667	697	480	491	170	174	667	687	-	-	140	158
ЭИ654	824	844	-	-	120	140	765	775	-	-	110	130	835	853	-	-	125	150
СН-2А	-	-	-	-	-	-	1020	1040	-	-	150	170	824	834	-	-	150	170
ЭИ712	1128	1216	-	-	52	61	-	-	-	-	-	-	1150	1177	-	-	59	60
ЭИ878	720	750	550	600	-	-	700	750	530	580	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечания

1 Толщина материала 2,0 мм.

2. Соединения выполнены без присадки.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Номер листа (страницы)				Номер документа	Подпись	Дата внесения изм.	Дата введения изм.
	измененного	замененного	нового	аннулированного				

gost.e-ecolog.ru