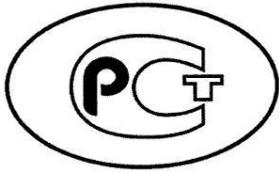


---

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

---



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ГОСТ Р  
XXXXX —  
2025**

---

**СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ**

**Технические требования к  
лазерно-дуговой гибридной сварке металлических  
материалов  
(ИСО 23493:2020, MOD)**

**Москва  
2025**

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «ВПГ Лазеруан» (ООО «ВПГ Лазеруан»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 364 «Сварка и родственные процессы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от №

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ISO 23493:2020 «Сварка и родственные процессы. Технические требования к процессу лазерно-дуговой гибридной сварки металлических материалов» («Welding and allied processes. Process specification for laser-arc hybrid welding for metallic materials») путем включения дополнительных положений, фраз, слов, ссылок, показателей, их значений и/или внесения изменений по отношению к тексту применяемого международного стандарта, которые выделены полужирным курсивом, а также не включения отдельных структурных элементов, ссылок и/или дополнительных элементов. Объяснения причин внесения этих технических отклонений, а также оригинальный текст не включенных структурных элементов международного стандарта приведены в дополнительном приложении ДА

При применении настоящего стандарта рекомендуется вместо ссылочных международных стандартов использовать соответствующие им национальные и действующие в этом качестве межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДЕ

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены*

**ГОСТ Р XXXXX–2025 (ИСО 23493:2020)**  
**(Проект, окончательная редакция)**

*настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет ([www.rst.gov.ru](http://www.rst.gov.ru))*

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1	Область применения.....
2	Нормативные ссылки .....
3	Термины и определения.....
4	Безопасность .....
5	Квалификация оператора .....
6	Оборудование для лазерно-дуговой гибридной сварки .....
7	Защитный газ .....
8	Подготовка и конструкция соединения .....
9	Выбор сварочной проволоки .....
10	Подготовка перед сваркой .....
10.1	Подготовка заготовки.....
10.2	Сборка и фиксация.....
10.3	Проверка состояния оборудования.....
11	Конструкция горелки.....
12	Технические требования к процедуре сварки и аттестации.....
13	Параметры сварки.....
14	Контроль качества и приемка сварных швов.....
15	Определение и оценка свойств сварного шва.....
Приложение ДА (справочное) Перечень технических отклонений, внесенных в содержание национального стандарта при его модификации по отношению к примененному международному стандарту ИСО 23493-2020 .....	
Приложение ДБ (рекомендуемое) Основные положения сварочного инструмента для лазерно-дуговой гибридной сварки сталей .....	
Приложение ДВ (рекомендуемое) Подготовка соединений для лазерно-дуговой гибридной сварки сталей .....	
Приложение ДГ (рекомендуемое) Рекомендуемые сварочные параметры для лазерно-дуговой гибридной сварки сталей .....	
Приложение ДЕ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте .....	

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

**СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ**

**Технические требования к лазерно-дуговой гибридной  
сварке металлических материалов**

Welding and allied processes. Process specification for laser-arc hybrid  
welding for metallic materials

---

Дата введения — 202X — XX — XX

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к оборудованию и квалификации сварщика-оператора, необходимой для выполнения гибридной лазерно-дуговой сварки. Даны рекомендации по подготовке стыковых, угловых, **тавровых и нахлесточных соединений**, а также **указаны положения при сварке** и требования к сварочным материалам, используемым в данном процессе.

Настоящий стандарт содержит рекомендации по настройке оборудования, разработке технических требований к процедуре сварки, подготовке заготовок перед сваркой, а также контролю и испытаниям сварных швов.

Настоящий стандарт распространяется на лазерно-дуговую гибридную сварку сталей, алюминия и его сплавов.

Настоящий стандарт не применяется для гибридных процессов, в которых лазерная сварка сочетается с другими процессами сварки, не использующими электрическую дугу в качестве источника тепла.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие национальные и действующие в этом качестве межгосударственные стандарты:

**ГОСТ ISO 12932 Сварка. Гибридная лазерно-дуговая сварка сталей, никеля и никелевых сплавов. Уровни качества для дефектов**

**ГОСТ ISO 13849-1 Безопасность оборудования. Элементы систем управления, связанные с безопасностью. Часть 1. Общие принципы конструирования**

**ГОСТ ISO 14341 Материалы сварочные. Проволоки и наплавленный металл дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе нелегированных и мелкозернистых сталей. Классификация**

**ГОСТ ISO 15609-6 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 6. Лазерно-дуговая гибридная сварка**

**ГОСТ IEC 60825-1 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования и требования**

**ГОСТ IEC 60825-4 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 4. Средства защиты от лазерного излучения**

**ГОСТ ISO 9692-1 Сварка и родственные процессы. Типы подготовки соединений. Часть 1. Сварка ручная дуговая плавящимся электродом, сварка дуговая плавящимся электродом в защитном газе, сварка газовая, сварка дуговая вольфрамовым электродом в инертном газе и сварка лучевая сталей**

**ГОСТ ISO 9692-3 Сварка и родственные процессы. Типы подготовки соединений. Часть 3. Сварка дуговая в инертном газе плавящимся и вольфрамовым электродом алюминия и его сплавов**

**ГОСТ 2246 Проволока стальная сварочная. Технические условия**

**ГОСТ Р ИСО 14175 Материалы сварочные. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов**

**ГОСТ Р ИСО 14732 Персонал, выполняющий сварку. Аттестационные испытания сварщиков-операторов и наладчиков для полностью механизированной и автоматической сварки металлических материалов**

**ГОСТ Р ИСО 15607 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Общие правила**

**ГОСТ Р ИСО 15613 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Аттестация, основанная на пред производственном испытании сварки**

**ГОСТ Р ИСО 2553 Сварка и родственные процессы. Условные обозначения на чертежах. Сварные соединения**

**ГОСТ Р ИСО 4063 Сварка, пайка высоко- и низкотемпературная, резка. Перечень и условные номера процессов**

**ГОСТ Р МЭК 62061 Безопасность оборудования. Функциональная безопасность систем управления электрических, электронных и программируемых электронных, связанных с безопасностью**

**ГОСТ Р ИСО 6947 Сварка и родственные процессы. Положения при сварке  
ГОСТ Р ИСО 11553-1 Безопасность машин и механизмов. Лазерные  
обрабатывающие станки. Часть 1. Общие требования безопасности при  
работе с лазерами**

**ГОСТ Р 71028 Оптика и фотоника. Оборудование на базе волоконных  
лазеров. Требования лазерной безопасности**

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

### **3 Термины и определения**

Для целей настоящего стандарта применяются термины и определения по **ГОСТ Р ИСО 15607** и *стандартах серии ИСО 15614*.

### **4 Требования безопасности**

Условия окружающей среды, требования по обеспечению безопасной эксплуатации оборудования и средств защиты при лазерно-дуговой гибридной сварке должны соответствовать требованиям соответствующих стандартов (таких как **ГОСТ Р ИСО 11553-1, ГОСТ Р ИСО 13849-1, ГОСТ Р МЭК 62061, ГОСТ IEC 60825-1, ГОСТ IEC 60825-4, ГОСТ Р 71028**).

### **5 Квалификация оператора**

Сварщик-оператор должен пройти необходимое обучение и иметь образование, быть компетентным в своей работе. Оператор автоматизированного процесса лазерно-

дуговой гибридной сварки должен быть аттестован по одному из методов, указанных в разделе 4 **ГОСТ Р ИСО 14732**, относящихся к автоматической сварке, а именно:

- a) аттестация, основанная на испытании процедуры сварки в соответствии с **требуемой частью стандартов серии ИСО 15614**;
- b) аттестация, основанная на предпроизводственном испытании сварки в соответствии с ГОСТ Р ИСО 15613, ГОСТ ISO 15609-6;
- c) аттестация, основанная на производственном испытании или испытании производственного образца.

Кроме того, любой способ аттестации должен быть дополнен проверкой функциональных знаний сварочной системы в соответствии с **ГОСТ Р ИСО 14732**, приложение А.

Кроме того, любой метод аттестации может быть дополнен проверкой знаний сварщика-оператора, касающихся технологий сварки в соответствии с **ГОСТ Р ИСО 14732**, приложение В.

## **6 Оборудование для лазерно-дуговой гибридной сварки**

Оборудование для лазерно-дуговой гибридной сварки в основном включает в себя: источник лазерного излучения, систему доставки излучения, источник питания дуговой сварки и сварочную головку для лазерно-дуговой гибридной сварки, высокоточный манипулятор, высокоточное зажимное устройство, устройство слежения за швом, механизм подачи проволоки и т.д.

Оборудование, необходимое для выполнения лазерно-дуговой гибридной сварки, также может включать следующее:

- a) защитный кожух от лазерного излучения;
- b) источник лазерного излучения;
- c) система охлаждения источника лазерного излучения **и сварочной лазерной головки**;
- d) источник сварочного тока;
- e) система доставки излучения (например, оптическое волокно);
- f) механизм подачи сварочной проволоки (при использовании присадочной проволоки);

g) оптическое устройство для фокусировки пучка, а также защитное стекло оптической линзы (с соответствующим антибликовым покрытием), устройство подачи поперечной струи для защиты оптических элементов (**см. п. 6.4**);

h) сварочная горелка;

i) система охлаждения горелки (при необходимости);

j) сварочный кабель (**кабель с клеммой заземления**), **соединительные шланги/кабеля**;

k) оборудование для установки соответствующих положений оптики для фокусировки лазерного пучка и горелки для дуговой сварки (например, кронштейны и крепежи для горелки);

l) система подачи защитного газа к сварочной ванне (обычно через систему подачи проволоки к горелке для дуговой сварки) и, в случае сварки с полным проплавлением, к корню шва;

m) автоматическое устройство для манипулирования, например, робот;

n) устройства управления оборудованием/системой (опционально: устройства отслеживания шва и/или контроля шва, и/или контроля, и/или управления процессом сварки).

Необходимо проведение регулярного планового технического обслуживания и настройки всего оборудования, независимо от любого другого контроля до, вовремя или после сварки, проводимое в целях обеспечения или контроля качества.

Оборудование должно эксплуатироваться в соответствии с рекомендациями производителя.

**6.1 В зависимости от конструктивного исполнения оборудования и характеристик взаимодействия лазерного пучка и электрической дуги, различают следующие разновидности лазерно-дуговой гибридной сварки:**

**a) лазерно-дуговая гибридная сварка (ЛДГС) – сварка, при которой в одной сварочной ванне используются одновременно лазерный пучок и электрическая дуга (см. рис. ДБ.1-ДБ.3);**

*Примечание – В соответствии с ГОСТ Р ИСО 4063 номер процесса 52+13.*

**b) лазерно-дуговая гибридная сварка двухсторонняя (ЛДГС 2х) – лазерно-дуговая гибридная сварка, которая выполняется с двух сторон изделия (см. рис. ДБ.4-ДБ.5);**

**c) лазерно-дуговая гибридная сварка с дополнительной электрической дугой (ЛДГС+Д) – лазерно-дуговая гибридная сварка, при которой в одной сварочной ванне используются одновременно лазерный пучок и две**

*электрических дуги, одна из которых на обратной стороне сварного соединения (см. рис. ДБ.6);*

*Примечание – Применяется для формирования сквозного сварного соединения.*

*d) лазерно-дуговая гибридная сварка тандемом (ЛДГС Тд) – лазерно-дуговая гибридная сварка, при которой в одной сварочной ванне используются одновременно две электрических дуги по обе стороны от лазерного пучка (см. рис. ДБ.7);*

*е) лазерно-дуговая гибридная сварка тандемом двухсторонняя (ЛДГС Тд 2х) – лазерно-дуговая гибридная сварка тандемом, которая выполняется одновременно с двух сторон изделия (см. рис. ДБ.8).*

*6.2 Основные параметры взаимного расположения лазерного пучка и электрической дуги при применении различных видов лазерно-дуговой гибридной сварки сталей приведены на рисунках ДБ.1–ДБ.8 (Приложение ДБ).*

*6.3 ЛДГС Тд предполагает использование двух независимых сварочных источников питания, каждый из которых оснащен механизмом подачи проволоки. Два плавящихся электрода независимо друг от друга подаются в одну сварочную ванну посредством двух отдельных сварочных горелок или одной общей сварочной горелки с подачей двух изолированных проволок (горелки тандем). Оборудование для ЛДГС Тд состоит из:*

- источник питания дуги – 2 шт.;*
- устройство охлаждения сварочной горелки — 2 шт.;*
- шланг-пакет – 2 шт.;*
- механизм подачи проволоки – 2 шт.;*
- сварочная горелка тандем – 1 шт. или сварочная горелка стандартная – 2 шт.;*
- источник лазерного излучения – 1 шт.;*
- устройство охлаждения лазера и сварочной лазерной головки — 1шт.;*
- сварочная лазерная головка с выбранной оптической схемой – 1 шт.*

*6.4 Деформация и загрязнение оптических линз может привести к смещению фокуса относительно шва, что может вызвать уменьшение глубины проплавления и снижение качества шва. Для предотвращения воздействия последствий сварочного процесса (искр, паров и брызг) на защитные стекла оптических линз необходимо обеспечить воздушную*

защиту поперечной струей воздуха или газа. Для это должны использоваться два типа устройств:

а) «кросс-джет» верхний (верхний воздушный нож) – устройство, расположенное в лазерной головке и обеспечивающее высокоскоростной воздушный барьер, предотвращающий попадание продуктов горения и брызг на защитное стекло оптической линзы, что снижает вероятность деформации и загрязнения линз;

б) «кросс-джет» нижний (нижний воздушный нож) – устройство, расположенное на расстоянии от сварочной ванны, и обеспечивающее высокоскоростной воздушный барьер для сдува параплазменного факела, что способствует увеличению глубины проплавления и качества шва.

## 7 Защитный газ

Защитный газ, используемый для лазерно-дуговой гибридной сварки, должен соответствовать **ГОСТ Р ИСО 14175**. Рекомендуемые компоненты и расход защитного газа приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Рекомендации по выбору и расходу защитного газа

Основной металл	Защитный газ	Расход газа, л/мин
Углеродистая сталь	M20, M21, M22, M26	От 12 до 30
Коррозионностойкая сталь	M12, M13, M22, R1	
Алюминиевый сплав	I1, I2, I3	
Примечание — При использовании CO <sub>2</sub> -лазера аргон частично заменяется гелием при следующих условиях: если $P < 4$ кВт, тогда 30 % He; если $4 \text{ кВт} \leq P \leq 6 \text{ кВт}$ , тогда 50 % He; если $P > 6 \text{ кВт}$ , тогда 70 % He.		

## 8 Конструкция и подготовка соединения

Как правило, глубина проплавления сварного соединения, выполненного за один проход лазерно-дуговой гибридной сваркой, значительно превосходит аналогичный показатель при применении только дуговой сварки. Это зависит от таких факторов, как примененных параметров лазерного излучения, скорость сварки, пространственное положение при сварке и т.д. Вместе с тем, допуск величины зазоров для лазерно-дуговой гибридной сварки меньше, чем для дуговой сварки. В связи с этим, при проектировании разделки кромок и величины зазора для этого процесса необходимо учитывать, как способность лазерного излучения к глубокому проплавлению, так и его ограниченную способность к сплавлению кромок при зазоре.

Например, для сварки стыковых соединений следует использовать разделку кромок со значительно более широким притуплением, однако в этом случае требуется точная подготовка с плотным прилеганием и без скоса кромок.

Специальные типы подготовки кромок показали свою эффективность в практическом применении.

Типы подготовки соединений должны соответствовать требованиям **ГОСТ ISO 9692-1** для сталей и **ГОСТ ISO 9692-3** для алюминия и алюминиевых сплавов. Для стальных конструкций целесообразно использовать присадочные материалы с меньшей прочностью, учитывая высокую скорость охлаждения и уменьшенную ширину сварного шва, характерные для лазерно-дуговой гибридной сварки.

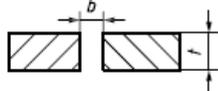
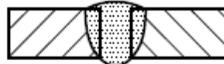
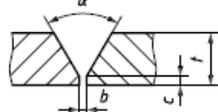
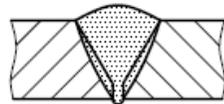
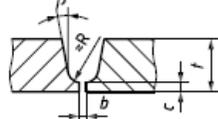
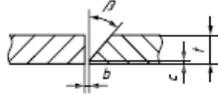
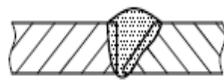
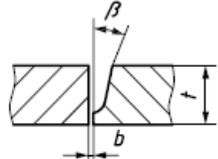
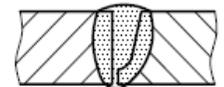
Подготовка стыковых соединений для лазерно-дуговой гибридной сварки приведена в таблице 2 (для односторонней сварки) и в таблице 3 (для двусторонней сварки). Подготовка угловых и фланцевых соединений для лазерно-дуговой гибридной сварки приведена в таблице 4. **Применимость и требования по подготовке соединений для лазерно-дуговой гибридной сварки сталей приведены в приложении ДВ.**

Подготовку кромок для стыковых соединений следует выполнять механическим способом (механическая обработка) или высокоточными методами резки (например, лазерной, гидроабразивной **или плазменной**), при условии обеспечения необходимой точности размеров по длине и углу реза, соответствующей допуску величины зазоров при лазерно-дуговом гибридной сварке. Ориентировочно рекомендуемый максимальный допуск величины зазора в стыковом соединении составляет порядка 5–10 % толщины материала (или, в случае более толстых материалов, 5–10 % высоты притупления кромок), в зависимости от типа свариваемого материала, пространственного положения сварки и требуемого качества шва.

**Примечание – Максимальный допуск величины зазора в стыковом соединении при сварке материала толщиной от 12 мм должен составлять до 3 % толщины материала, так как при сквозном проплавлении, сварочная ванна вытекает или образуются крупные провисания металла.**

**Линейное смещение свариваемых кромок стыковых соединений допускается до 0,1 % толщины материала, но не более 1 мм.**

Таблица 2 — Подготовка стыковых соединений для односторонней сварки

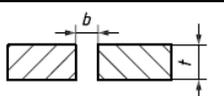
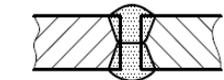
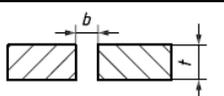
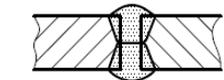
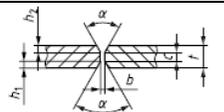
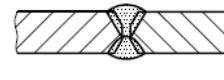
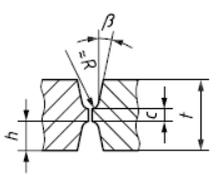
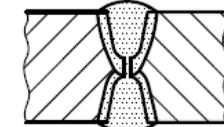
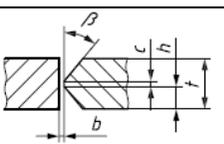
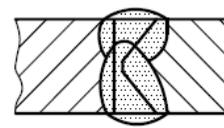
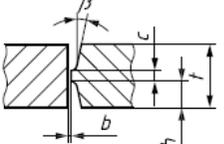
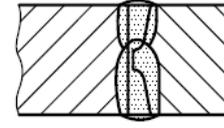
№	Толщина материала $t$ , мм	Обозначение в соответствии с ГОСТ Р ИСО 2553	Поперечное сечение	Размеры			Изображение сварного шва
				Угол	Зазор в корне	Размер притупления	
	$\alpha$ или $\beta$			$b$ , мм	$c$ , мм		
1	$1 < t \leq 5$			—	$0 \leq b \leq 0,3$	—	
2	$5 < t \leq 10$			—	$0 \leq b \leq 0,3$	—	
3	$10 < t \leq 16$			—	$0 \leq b \leq 0,3$	—	
4	$16 < t \leq 20$			—	$2 \leq b \leq 3$	—	
5	$5 < t \leq 15$	V		$3^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	$0 \leq b \leq 0,3$	$2 \leq c \leq 8$	
6	$t > 16$			$30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$2 \leq c \leq 8$	
7	$16 < t \leq 25$			$30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$10 \leq c \leq 16$	
8	$t > 25$			$45^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	
9	$t > 15$	Y		$8^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$2 \leq c \leq 8$	
10	$t > 25$			$2 \text{ мм} \leq R \leq 4 \text{ мм}$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	
11	$5 < t \leq 12$	/		$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$2 \leq c \leq 8$	
12	$t > 12$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$2 \leq c \leq 8$	
13	$16 < t \leq 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	
14	$t > 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	
15	$5 < t \leq 12$	U		$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$2 \leq c \leq 8$	
16	$t > 12$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$2 \leq c \leq 8$	
17	$16 < t \leq 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	
18	$t > 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	

Примечание 1 — все соединения подходят для однопроходной и многопроходной сварки.

Примечание 2 — соединения 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 17 и 18 подвергаются воздействию лазерного излучения высокой мощности.

Примечание 3 — соединение 4 заполняется предварительно уложенной резаной проволокой (куски проволоки длиной несколько мм), поэтому требуется подложка.

Таблица 3 — Подготовка стыковых соединений для двухсторонней сварки

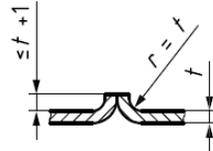
№	Толщина материала $t$ , мм	Обозначение в соответствии с <b>ГОСТ Р ИСО 2553</b>	Поперечное сечение 	Размеры			Изображение сварного шва 
				Угол	Зазор в корне	Размер притупления	
	$\alpha$ или $\beta$			$b$ , мм	$c$ , мм		
1	$t \leq 25$			—	$0 \leq b \leq 0,5$	—	
2	$8 < t \leq 25$	Y		$30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$	
3	$t > 25$			$45^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$	
4	$t > 25$			$0 \leq b \leq 0,5$	$15 \leq c \leq 20$		
5	$8 < t \leq 25$	U		$8^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$ $2 \text{ мм} \leq R \leq 6$ мм	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$	
6	$t > 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$ $2 \text{ мм} \leq R \leq 6$ мм	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$	
7	$t > 25$			$0 \leq b \leq 0,5$	$15 \leq c \leq 20$		
8	$8 < t \leq 25$	K		$30^\circ \leq \beta \leq 45^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$	
9	$t > 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$	
10				$0 \leq b \leq 0,5$	$15 \leq c \leq 20$		
11	$8 < t \leq 25$	J		$30^\circ \leq \beta \leq 45^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$	
12	$t > 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$	
13				$0 \leq b \leq 0,5$	$15 \leq c \leq 20$		

Примечание — соединения 4, 7, 10 и 13 подвергаются воздействию лазерного излучения высокой мощности.

Таблица 4 — Подготовка угловых и фланцевых соединений для сварки

№	Толщина материала	Обозначение в соответствии с ГОСТ Р ИСО 2553	Поперечное сечение	Размеры		Изображение сварного шва
	$t$ , мм			Угол	Зазор в корне	
				$\alpha$ или $\beta$	$b$ , мм	
1	$t_1 > 2$ $t_2 > 2$			$70^\circ \leq \alpha \leq 100^\circ$	$b \leq 1$	
2	$t_1 > 10$ $t_2 > 10$					
3	$t_1 > 2$ $t_2 > 2$			—	$b \leq 1$	
4	$t_1 > 2$ $t_2 > 2$			$60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$	$b \leq 0,3$	
5	$t_1 > 3$ $t_2 > 3$			$70^\circ \leq \alpha \leq 100^\circ$	$b \leq 0,3$	
6	$t_1 > 2$ $t_2 > 5$			$60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$	—	
7	$2 \leq t_1 \leq 4$ $2 \leq t_2 \leq 4$			—	$b \leq 1$	
8	$10 \leq t_1 \leq 20$ $10 \leq t_2 \leq 20$					

Окончание таблицы 4

№	Толщина материала	Обозначение в соответствии с <b>ГОСТ Р ИСО 2553</b>	Поперечное сечение	Размеры		Изображение сварного шва
	$t$ , мм			Угол	Зазор в корне	
				$\alpha$ или $\beta$	$b$ , мм	
9	$t \leq 2$			—	—	
Примечание — соединения 2 и 8 подвергаются воздействию лазерного излучения высокой мощности.						

## **9 Выбор сварочной проволоки**

Сварочная проволока должна выбираться в соответствии с **физико-механическими свойствами** основного металла, и соответствовать требованиям действующих стандартов, таких как **ГОСТ 2246, ГОСТ ISO 14341 или другим нормативным документам на сварочные материалы.**

## **10 Подготовка перед сваркой**

### **10.1 Подготовка заготовки**

#### **10.1.1. Контроль состояния заготовки**

Перед сборкой должны быть проведены необходимые проверки состояния заготовок, включая выявление возможных дефектов материала, несоответствий подготовки кромок, а также недопустимых отклонений в подготовке поверхностей — таких как заусенцы, повышенная шероховатость или царапины на стыкуемых поверхностях.

Если перед сваркой требуется выполнить предварительный подогрев заготовок, необходимо убедиться, что он выполнен согласно техническим требованиям к процедуре сварки (WPS).

#### **10.1.2. Очистка перед сваркой**

Для предотвращения образования дефектов сварного шва, таких как пористость и неметаллические включения, необходимо провести очистку зоны сварки и прилегающих участков (как указано в WPS), обеспечив удаление ржавчины, оксидной пленки или окалины, загрязнений от масел, технологических жидкостей и других органических веществ, а также заусенцев, образовавшихся в процессе подготовки.

Очистка перед сваркой имеет большое значение для алюминия и его сплавов, поскольку она помогает предотвратить образование недопустимого уровня пористости металла шва. Оксидная пленка на кромках и вблизи нее должна быть удалена в сухих условиях, а заготовки после очистки должны храниться в сухом и чистом состоянии до начала сварки, которая должна быть проведена в течение 24 часов.

Также необходимо проверить и при необходимости очистить поверхности других материалов, используемых в процессе сварки (сварочная проволока, расходная подложка и т.д.).

## 10.2 Сборка и фиксация

Необходимо поместить свариваемые заготовки в крепление и обеспечить достаточный захват для надежной фиксации заготовок в требуемом положении и предотвращения их перемещения во время сварки. Проверить качество сборки стыка (величину зазора и линейное смещение свариваемых кромок), чтобы убедиться в соответствии установленным требованиям WPS. При необходимости выполнить дополнительную очистку зоны стыка заготовок.

## 10.3 Проверка состояния оборудования

Перед началом сварки необходимо проверить оборудование, указанное в разделе 6, чтобы убедиться в его готовности к работе и соответствии настройки требованиям для каждого конкретного элемента оборудования, установленным в WPS. Особое внимание следует уделить следующим параметрам:

- настройки лазерного источника: рекомендуется проводить отдельные, независимые измерения выходной мощности лазерного излучения до начала, периодически в процессе и после завершения сварки;
- настройки источника питания дуги: настройки механизма подачи проволоки (если используется), а также положение и наклон проволоки **и сварочной горелки** по отношению к положению лазерного пучка, положению свариваемого соединения, заготовкам и направлению сварки;
- настройки механизмов перемещения: состояние защитного стекла оптической линзы лазерной головки.

Также следует проверить:

- положение фокуса лазерного пучка относительно стыка, а также угол его наклона относительно заготовок и направления сварки;
- состояние сварочной горелки, системы охлаждения (при наличии), правильность подключения обратного токового провода (токоотвода);
- состояние и настройки системы подачи защитного газа в сварочную ванну и (при необходимости) на корень шва (дополнительно: отслеживание шва и/или контроль процесса сварки и/или настройки устройства управления, если используются);
- **давление и поток защитного газа;**
- **состояние оптического волокна, наличие повреждений в местах подключения к лазерной головке;**

- **настройки автоматического или роботизированного оборудования;**

- **давление в воздушной системе очистки защитных стекол оптических линз (кросс-джет верхний и нижний).**

Приступайте к сварке только после подтверждения надлежащего состояния оборудования, как указано выше.

## **11 Конструкция горелки**

Для лазерно-дуговой гибридной сварки следует использовать сварочную горелку параксиального типа.

Конструкция сварочной горелки должна учитывать оптические параметры лазерного излучения (положение фокуса, используемое во время сварки, фокусное расстояние фокусирующей линзы и т. д.), конструктивные размеры и параметры горелки для дуговой сварки (размер, используемый вылет электрода, водоохлаждаемое сопло и т. д.), взаимное расположение и наклон лазерного пучка и горелки для дуговой сварки относительно друг друга, требования к защите дуги и сварочной ванны, а также дополнительные требования к подаче защитного газа, предназначенного для подавления плазмы или факела, возникающего над сварной ванной во время лазерной сварки.

***Допускается сделать треугольный вырез в юбке газового сопла дуговой горелки для уменьшения расстояния между лазерным пучком и сварочной проволокой.***

Ниже приведены примеры наиболее важных параметров процесса сварки:

Примеры\* –

1. Расстояние между лазером и дугой: это расстояние от центра лазерного пятна на поверхности заготовки до центра точки, где проволока касалась бы этой поверхности, если бы она не была расплавлена. Расстояние может быть, как регулируемым, так и фиксированным, в соответствии с необходимыми требованиями.

2. Фокусное расстояние: это расстояние вдоль оси пучка от центра фокусирующей линзы лазерного пучка до точки, в которой пучок проходит через положение минимального диаметра пучка (диаметр перетяжки пучка). Для лазерно-дуговой гибридной сварки следует использовать фокусирующие линзы с большим фокусным расстоянием (например, более 300 мм) во избежание быстрого загрязнения защитного стекла оптической линзы парами и брызгами металла.

---

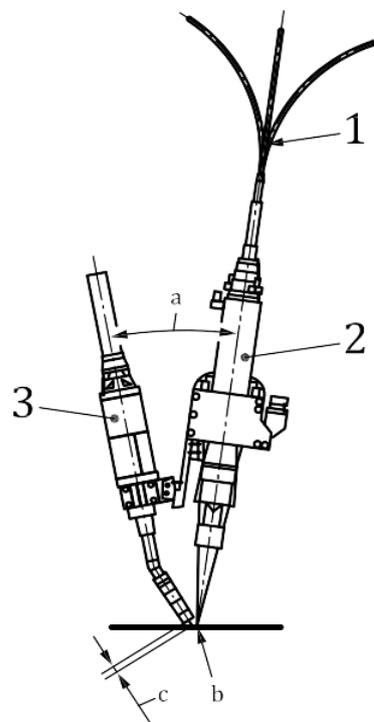
\* В данных примерах не использован курсив в связи с целесообразностью идентификации идентичного текста международного стандарта.

3. Угол между лазерным пучком и осью сварочной горелки является важным конструктивным фактором и обычно устанавливается в диапазоне от  $30^\circ$  до  $45^\circ$ , в зависимости от требований к процессу сварки.

4. Вылет проволоки определяется как расстояние вдоль оси проволоки от места выхода проволоки из контактного наконечника до места ее касания поверхности заготовки, если бы дуга не расплавляла ее. При лазерно-дуговой гибридной сварке расстояние вылета проволоки обычно устанавливается в диапазоне от 12 до 22 мм.

5. Для подавления плазменного облака или факела, образующегося над ключевой дырой, следует использовать дополнительную подачу вспомогательного газа через боковое сопло (на рисунке 1 не показано).

6. Сварочная ванна и формируемый шов защищаются от окисления с помощью потока газа, подаваемого через горелку для дуговой сварки, и/или через дополнительные параллельные устройства воздушной защиты.



1 – оптическое волокно;

2 – сварочная лазерная головка;

3 – горелка для дуговой сварки;

а – угол между лазерным пучком и сварочной горелкой;

б – расстояние между лазерным пучком и дугой;

с – вылет проволоки.

Рисунок 1 – Устройство сварочного инструмента (схематичное представление)

## **12 Технические требования к процедуре сварки и аттестации**

Параметры лазерно-дуговой гибридной сварки должны соответствовать требованиям **ГОСТ ISO 15609-6** и аттестованы в соответствии с требованиями **соответствующей части стандартов серии ИСО 15614**.

## **13 Параметры сварки**

Основными параметрами лазерно-дуговой гибридной сварки являются: положение фокуса лазерного пучка относительно поверхности заготовки, скорость сварки, мощность лазерного излучения, сварочный ток, напряжение дуги, режим переноса капли сварочной проволоки в дуге (**постоянная или импульсная**), расход защитного газа и т.д.

Лазерный пучок необязательно фокусируется именно на поверхности заготовки, так как это может значительно увеличить количество брызг. Используются небольшие расфокусировки, отрицательные (внутри заготовки) или положительные (над заготовкой) смещения положения фокуса пучка, в зависимости от специфики выполняемой сварки. Эти смещения составляют до половины толщины пластины и зависят от глубины фокуса лазерного пучка, фокусного расстояния фокусирующей линзы и параметра качества пучка.

Рекомендуемые параметры лазерно-дуговой гибридной сварки сталей и алюминиевых сплавов приведены в таблицах 5-8. **Дополнительные параметры для лазерно-дуговой гибридной сварки сталей приведены в приложении ДГ**. Мощность лазерного излучения следует определять в зависимости от номинальной мощности используемого лазерного оборудования, толщины заготовки, типа подготовки соединения, величины расфокусировки и скорости сварки. Сварочный ток и напряжение дуги должны быть выбраны в зависимости от глубины проплавления, заполняемости разделки и усиления шва.

Пример технических требований к лазерно-дуговой гибридной сварке (WPS) приведен в **ГОСТ ISO 15609-6, приложение А**.

Требования к подводимому теплу для разных материалов различаются. Соответственно, необходимо регулировать такие параметры, как мощность лазерного излучения, скорость сварки, сварочный ток и напряжение дуги.

Таблица 5 — Рекомендуемые параметры для сварки стыковых соединений лазерно-дуговой гибридной сварки (сталь, один проход)

Толщина основного материала	Тип подготовки соединения	Угол разделки кромок	Размер притупления кромки	Мощность лазера	Сварочный ток	Напряжение дуги	Скорость сварки
мм		°	мм	кВт	А	В	м/мин
2 <sup>a</sup>	I-образная разделка	—	—	от 3 до 3,5	от 60 до 80	от 17 до 18	от 2 до 3
от 3 до 4 <sup>a</sup>				от 4 до 4,5	от 80 до 100	от 19 до 20	от 2 до 2,5
5 <sup>a</sup>				от 4,5 до 5	от 80 до 120	от 19 до 20	от 1,5 до 2
10 <sup>b</sup>				от 8 до 12	от 280 до 350	от 26 до 32	от 1,5 до 2,5
12 <sup>b</sup>				от 10 до 12	от 300 до 350	от 28 до 32	от 2 до 2,5
16 <sup>b</sup>				от 16 до 18	от 320 до 360	от 30 до 34	от 2 до 2,5
20 <sup>b,c</sup>				от 12 до 16	от 350 до 380	от 33 до 36	от 0,5 до 1,5
25 <sup>b,c</sup>				от 19 до 20	от 350 до 380	от 33 до 36	от 0,8 до 1
3 <sup>a</sup>	V-образная разделка	30	2	от 2,5 до 3	от 160 до 180	от 21 до 22	от 1,5 до 2
4 <sup>a</sup>			2	от 2,5 до 3	от 260 до 280	от 26 до 27	от 1,5 до 2
5 <sup>a</sup>			от 2 до 3	от 3 до 3,5	от 260 до 280	от 26 до 27	от 1 до 1,5
6 <sup>a</sup>			от 3 до 4	от 4,5 до 5	от 260 до 280	от 26 до 27	от 0,8 до 1,2
12 <sup>b</sup>		60	8	от 8 до 10	от 350 до 380	от 32 до 36	от 2 до 2,5
16 <sup>b</sup>			12	от 12 до 16	от 350 до 380	от 32 до 36	от 2 до 2,5
20 <sup>b</sup>			16	от 19 до 20	от 360 до 400	от 34 до 38	от 1,8 до 2,3
20 <sup>b,d</sup>		30	12	от 14 до 16	от 110 до 140 от 2 x 400 до 440	от 21 до 23 от 2 x 28 до 30	от 1 до 3

Примечание –

<sup>a</sup> Фокусное расстояние 300 мм, диаметр сердцевины волокна - 400 мкм, положение фокуса - 3 мм на поверхности заготовки.

<sup>b</sup> Фокусное расстояние 350 мм, диаметр сердцевины волокна - 200 мкм, положение фокуса - на 4 мм ниже верхней точки притупления кромки, а расстояние между лазерным пучком и дугой - 3 мм.

<sup>c</sup> При сварке в положении PA(1G) требуется подкладка в виде керамической опорной пластины или бесконтактной электромагнитной системы поддержки.

<sup>d</sup> Сварка толщин 25 мм **процессом ЛДГС Тд**. Расстояние от лазерного пучка до дуги **горелки тандем** составляет около 60 мм.

**Таблица 6 — Рекомендуемые параметры для сварки стыковых соединений лазерно-дуговой гибридной сварки (сталь, многопроходная<sup>а</sup>)**

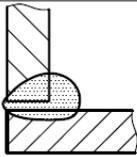
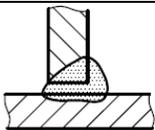
Тип подготовки соединения	Угол разделки кромок	Толщина основного материала	Положение сварки	Мощность лазера	Сварочный ток	Сварочное напряжение	Скорость сварки
	°	мм		кВт	А	В	м/мин
Односторонняя V и U-образная разделка	от 30 до 45	от 2 до 4	Подкладка	от 3,0 до 4,0	от 200 до 220	от 18 до 20	от 0,5 до 0,8
			Заполняющий слой	от 0,8 до 1,5	от 260 до 280	от 26 до 27	
Двусторонняя V и U-образная разделка	от 30 до 45	от 5 до 8	Подкладка	от 5,5 до 6,0	от 200 до 220	от 18 до 20	от 0,5 до 0,8
			Подварочный шов	от 1,0 до 2,0	от 200 до 220	от 18 до 20	
			Заполняющий слой	от 0,8 до 1,5	от 260 до 280	от 26 до 27	

Примечание –  
<sup>а</sup> Для многопроходной сварки рекомендуется использовать пониженные значения сварочного тока и напряжения при выполнении подварочного (корневого) прохода.

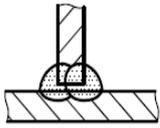
**Таблица 7 — Рекомендуемые параметры для сварки стыковых соединений лазерно-дуговой гибридной сварки (алюминиевый сплав)**

Толщина основного материала	Тип подготовки соединения	Угол разделки кромок	Размер притупления кромки	Количество проходов	Мощность лазера	Сварочный ток	Сварочное напряжение	Скорость сварки
мм		°	мм		кВт	А	В	м/мин
от 3 до 4	Односторонняя с V-образной разделкой	30	от 1 до 2	1	от 4,0 до 5,0	от 180 до 210	от 20 до 21	от 1,8 до 2,0
от 8 до 12	Односторонняя с V-образной разделкой	50	от 1 до 2	< 4	от 1,5 до 2,0	от 210 до 260	от 22 до 24	от 0,8 до 1,0

**Таблица 8 — Рекомендуемые параметры для сварки угловых и фланцевых соединений сталей**

Толщина основного материала	Тип подготовки соединения	Зазор в корне	Мощность лазера	Сварочный ток	Напряжение дуги	Скорость сварки
мм		мм	кВт	А	В	м/мин
от 3 до 3		от 0 до 3	от 4 до 5	от 240 до 260	от 16 до 17	от 1,2 до 1,5
от 5 до 5		от 0 до 5	от 5 до 6,5	от 240 до 260	от 16 до 17	от 0,6 до 0,8

Окончание таблицы 8

Толщина основного материала	Тип подготовки соединения	Зазор в корне	Мощность лазера	Сварочный ток	Напряжени е дуги	Скорость сварки
мм		мм	кВт	А	В	м/мин
от 5 до 5		от 0 до 5	от 3,5 до 4	от 240 до 260	от 16 до 17	от 1,2 до 1,5
от 2 до 2		от 0 до 2	от 2 до 3	от 240 до 260	от 16 до 17	от 1,2 до 1,5

#### 14 Контроль качества и приемка сварных швов

Контроль качества сварного шва должен проводиться с помощью методов неразрушающего контроля, а затем должны быть проведены испытания разрушающими методами, **в соответствии с требуемой частью стандартов серии ИСО 15614**. Минимальные критерии приемки для установленных испытаний приведены **в соответствующей части стандартов серии ИСО 15614**, в соответствии с **ГОСТ ISO 12932**.

#### 15 Определение и оценка свойств сварного шва

Свойства сварного шва должны определяться разрушающими методами, как минимум, как описанными в **соответствующей части стандартов серии ИСО 15614**. Минимальные критерии приемки для установленных испытаний свойств сварного шва приведены в **соответствующей части стандартов серии ИСО 15614**.

**Приложение ДА**  
**(справочное)**

**Перечень технических отклонений, внесенных в содержание  
национального стандарта при его модификации по отношению  
к примененному международному стандарту ИСО 23493-2020**

Таблица ДА.1 — Перечень технических отклонений от международного стандарта

Структурный элемент настоящего стандарта	Структурный элемент примененного международного стандарта	Характеристика технических отклонений и причины их внесения
1. Область применения	1	Добавлена область распространения на тавровые и нахлесточные соединения, а также указание положений при сварке в соответствии с приложениями ДБ, ДВ и ДГ.
2. Нормативные ссылки	2	<p>Добавление нормативных ссылок направлено на целесообразность использования ссылочных межгосударственных и национальных стандартов при применении настоящего стандарта на территории РФ.</p> <p>Удалена ссылка ISO 15614-14 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — welding procedure test — Part 14: Laser-arc hybrid welding of steels, nickel and nickel alloys.</p> <p>Вместо нее по тексту стандарта указано о применении требуемой части стандартов серии ИСО 15614. В случае утверждения национального стандарта, гармонизированного с ISO 15614-14, введенное указание будет применимо и не затруднит пользование стандартом.</p> <p>(Замена нормативной ссылки не являются приемлемой в силу объективных причин в соответствии с п. 7.6.5 ГОСТ 1.3).</p>
3. Термины и определения	3	<p>Удалено «ИСО и ИЕС поддерживают терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:</p> <p>— Платформа для просмотра ISO Online: доступна по адресу: <a href="https://www.iso.org/obp">https:// www .iso .org/ obp</a>;</p> <p>— ИЕС Electropedia: доступна по адресу <a href="http://www.electropedia.org/">http:// www .electropedia .org/</a>».</p> <p>В связи с тем что указанные электронные ресурсы не поддерживаются в РФ.</p>
4. Требования безопасности	4	Добавлена ссылка на национальный стандарт ГОСТ Р 71028, который распространяется на требования безопасности, но не является гармонизированным с международными стандартами.
5. Квалификация оператора	5	Ссылка на международный стандарт ISO 15614-14 заменена на «в соответствии с требуемой частью стандартов серии ИСО 15614».

Структурный элемент настоящего стандарта	Структурный элемент примененного международного стандарта	Характеристика технических отклонений и причины их внесения
6. Оборудование для лазерно-дуговой гибридной сварки	6	Добавлены пояснения к перечню для конкретизации оборудования для лазерно-дуговой гибридной сварки, применяемого на территории РФ.
6.1	–	Определены разновидности лазерно-дуговой гибридной сварки в зависимости от конструктивного исполнения оборудования и характеристик взаимодействия лазерного пучка и электрической дуги.
6.2	–	Дана ссылка на Приложение ДВ, в котором приведены основные положения лазерного пучка и электрической дуги при использовании различных видов лазерно-дуговой гибридной сварки сталей.
6.3	–	Даны требования к оборудованию для лазерно-дуговой гибридной сварки тандемом.
6.4	–	Введено требование к обеспечению оборудования воздушной защитой поперечной струей воздуха или газа для предотвращения воздействия последствий сварочного процесса (искр, паров и брызг) на защитные стекла оптических линз.
8. Подготовка и конструкция соединения	8	<p>Добавлена ссылка на приложение ДБ.</p> <p>Добавлено «плазменный», как распространенный способ резки на отечественных предприятиях.</p> <p>Добавлено примечание, что максимальный допуск на перекрытие зазора в стыковом соединении (до 3% толщины материала) для толщин от 12 мм, т.к. при сквозном проплаве, сварочная ванна вытекает или образуются крупные провисания металла. В горизонтальном положении – сварочная ванна удерживается, но при большой толщине материала и малой скорости сварки, желательно сварочную ванну удерживать водоохлаждаемыми медными ползунами.</p> <p>Добавлено ограничение на смещение свариваемых стыковых соединений при сборке, это необходимо для обеспечения надежности и качества сварного соединения.</p>
9. Выбор сварочной проволоки	9	<p>Добавлено уточнение, что физико-механические свойства сварочной проволоки и основного материала должны соответствовать друг другу.</p> <p>Добавлена ссылка на ГОСТ 2246.</p> <p>Удалены ссылки на ISO 14343, ISO 16834 и ISO 18273. Вместо них дано указание на применение других</p>

Структурный элемент настоящего стандарта	Структурный элемент примененного международного стандарта	Характеристика технических отклонений и причины их внесения
сварки		
14. Контроль и приемка сварных швов	14	Ссылка на международный стандарт ISO 15614-14 заменена на «в соответствии с требуемой частью стандартов серии ИСО 15614».
15. Определение и оценка свойств сварного шва	15	Ссылка на международный стандарт ISO 15614-14 заменена на «в соответствии с требуемой частью стандартов серии ИСО 15614».
–	Библиография	Раздел исключен в соответствии с п. 7.6.6 ГОСТ 1.3
Приложение ДБ. Основные положения сварочного инструмента для лазерно-дуговой гибридной сварки сталей	–	Добавлено приложение ДБ. Визуальное представление расположения сварочного инструмента для различных видов лазерно-дуговой гибридной сварки.
Приложение ДВ. Подготовка соединений для лазерно-дуговой гибридной сварки сталей	–	Добавлено приложение ДВ. В разделе 8 оригинального стандарта «Подготовка и конструкция соединения» были обнаружены следующие существенные замечания: Таблица 2 (пункт 2) – в приложение ДВ для разных пространственных положений угловых соединений указываются различные зазоры, толщина притупления, которая сказывается на качественном формировании корневого шва. Например, для углового соединения в горизонтальном положении зазор увеличен, т.к. металл из сварочной ванны не будет стекать вниз как при вертикальном расположении кромок углового соединения или стыкового соединения в положении РА. Таблица 4 (пункты 4,5,6) - применяется только для дуговых процессов, т.к. для лазерно-дуговой гибридной сварки применение таких соединений нецелесообразно в виду отсутствия проплавляемой стенки. Таблица 4 (пункт 9) – Применимо только для дуговых процессов при толщинах до 2 мм, для лазерно-дуговой гибридной сварки нецелесообразно, так как возможно проплавление с формированием лицевого и корневого шва без загибов материала. Таблица 2 (пункт 9,10,11-18) и 3 (пункт 5-13) –

**ГОСТ Р XXXXX–202\_(ИСО 23493:2020)**  
**(Проект, окончательная редакция)**

Структурный элемент настоящего стандарта	Структурный элемент примененного международного стандарта	Характеристика технических отклонений и причины их внесения
		нормативным документам на сварочные материалы. Выбор сварочной проволоки по ГОСТ 2246 является ключевым фактором для обеспечения качества сварки и надежности получаемых швов.
10.3 Проверка состояния оборудования	10.3	Добавлены пункты, касающиеся проверки состояния компонентов лазерной и дуговой части оборудования (в том числе оптических элементов, защитных систем и механизмов подачи). Проверка оборудования по добавленным пунктам значительным образом влияет на точность и безопасность сварки, предотвращая возможные ошибки и повреждение оборудования. Регулярная проверка настройки автоматического и роботизированного оборудования, а также внешний осмотр оптического волокна и защитных стекол, предотвращает повреждение чувствительных оптических компонентов. Проверка настройки датчиков слежения и их защитных стекол, в свою очередь, обеспечивает точное позиционирование лазерного пучка и предотвращает возможные ошибки в процессе сварки.
11. Конструкция горелки	11	Добавлена информация о треугольном вырезе в юбке газового сопла. Треугольный вырез в юбке сопла, предусматривает максимальное приближение сварочной проволоки к лазерному лучу, поскольку при большем наклоне сварочной горелки от вертикали, глубина проплавления и стабильность процесса уменьшаются, а вероятность возникновения брызг при отраженном движении капель переноса металла сварочной проволоки от зеркальной поверхности сварочной ванны увеличивается. Обеспечивается свободный выход параплазменного факела из зоны сварки. Рекомендуется применять сдвоенные горелки «Тандем» для процесса тандем лазерно-дуговой гибридной сварки.
12. Технические требования к процедуре сварки и аттестации	12	Ссылка на международный стандарт ISO 15614-14 заменена на «в соответствии с требуемой частью стандартов серии ИСО 15614».
13. Параметры	13	Добавлена ссылка на приложение ДГ.

**ГОСТ Р XXXXX–202\_ (ИСО 23493:2020)**  
**(Проект, окончательная редакция)**

Структурный элемент настоящего стандарта	Структурный элемент примененного международного стандарта	Характеристика технических отклонений и причины их внесения
		<p>разделка с односторонним скосом кромок не применима для лазерно-дугового гибридного процесса.</p> <p>Рекомендуется для лазерно-дуговой гибридной сварки сталей использовать приложение ДВ.</p>
<p>Приложение ДГ. Рекомендуемые сварочные параметры лазерно-дуговой гибридной сварки сталей</p>	<p>–</p>	<p>Добавлено приложение ДГ.</p> <p>Приведенные сварочные параметры определялись в процессе разработки гибридных технологий с проведением неразрушающего и разрушающего контроля сварных соединений и соответствующей оценки качества сварных соединений.</p> <p>Сварка с использованием лазерного излучения производится на высоких скоростях с формированием качественного лицевого и корневого шва.</p> <p>Приведенные в оригинальном тексте стандарта рекомендуемые параметры для сварки стыковых соединений лазерно-дуговой гибридной сварки для алюминия и его сплавов и их применимость на практике вызывает сомнения. Приведенные параметры подготовки кромок относятся исключительно к дуговым процессам, и не могут быть применимы к лазерно-дуговым гибридным процессам.</p> <p>Для эффективного применения лазерно-дуговой гибридной сварки сталей рекомендуется использовать приложение ДГ настоящего стандарта.</p>

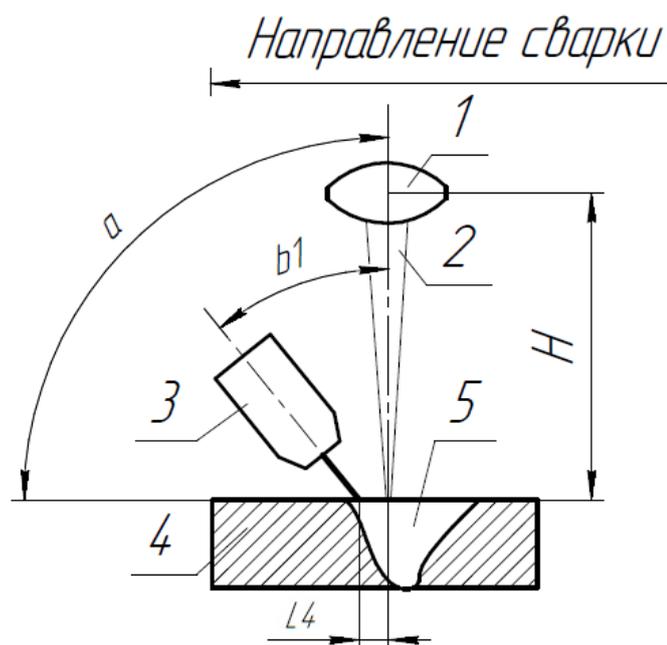
**Приложение ДБ**  
**(рекомендуемое)**

**Основные положения сварочного инструмента для лазерно-  
дуговой гибридной сварки сталей**

Примеры положений при сварке стыковых, тавровых и угловых соединений приведены на рисунках ДБ.1–ДБ.8.

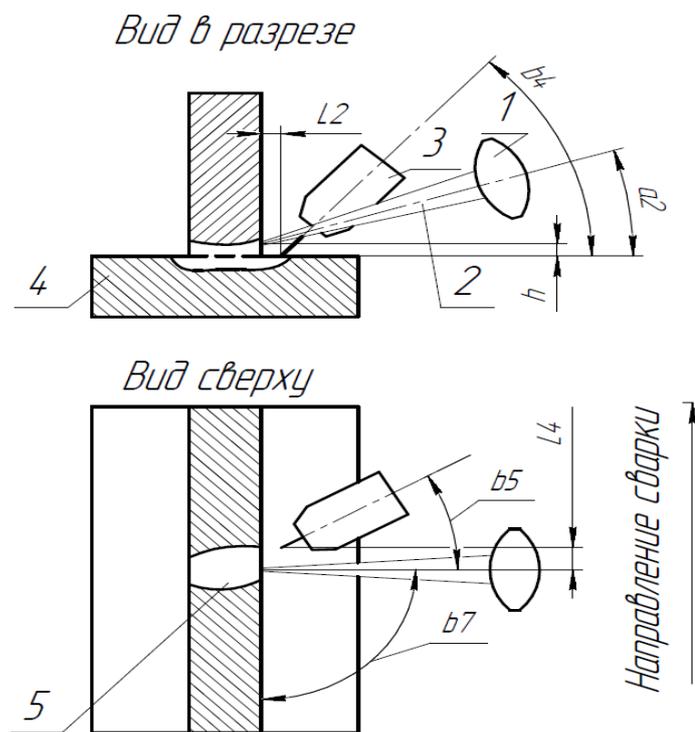
Примечание – Положения при сварке даны в соответствии с ГОСТ Р ИСО 6947.

**1. Лазерно-дуговая гибридная сварка**



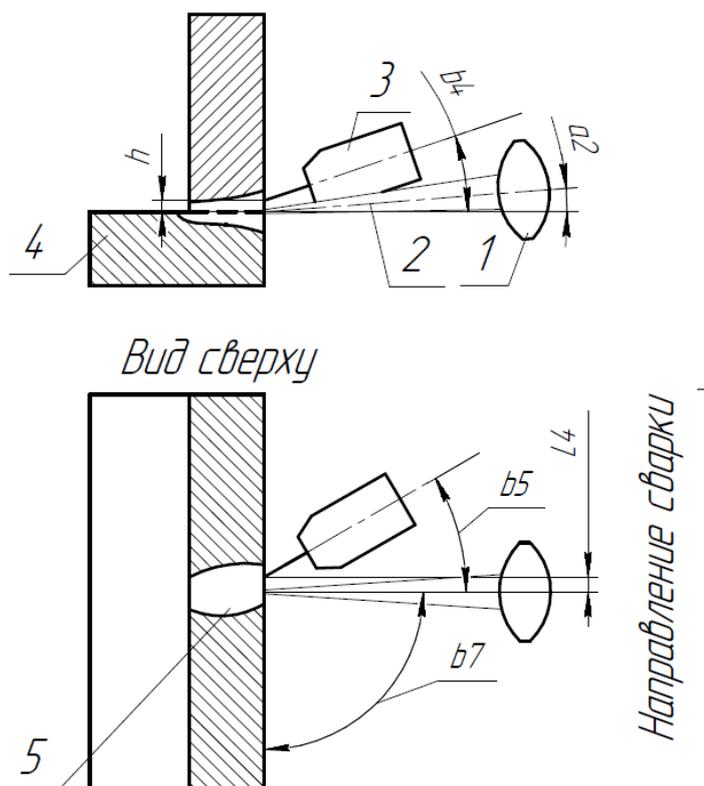
1 – фокусирующая линза, 2 – лазерный пучок, 3 – дуговая горелка MIG-MAG, 4 – свариваемое изделие, 5 – сварочная ванна, а – угол между горизонтальной поверхностью и лазерным лучом, b1 – угол между лазерным лучом и сварочной горелкой, L4 – расстояние между местами пересечений осей сварочной проволоки и лазерного пучка в горизонтальной плоскости, H – фокусное расстояние.

**Рисунок ДБ.1 – Положение РА при ЛДГС стыкового соединения**



1 – фокусирующая линза, 2 – лазерный пучок, 3 - дуговая горелка MIG-MAG, 4 – свариваемое изделие, 5 – сварочная ванна,  $a_2$  - угол между горизонтальной поверхностью и лазерным лучом,  $b_4$  – угол между горизонтальной поверхностью и сварочной горелкой,  $L_2$  - расстояние сварочной проволоки от вертикальной поверхности,  $L_4$  – расстояние между местами пересечений осей сварочной проволоки и лазерного пучка в горизонтальной плоскости,  $b_7$  – угол между вертикальной поверхностью и лазерным лучом,  $h$  – расположение фокусного пятна по высоте от нижнего пояса.

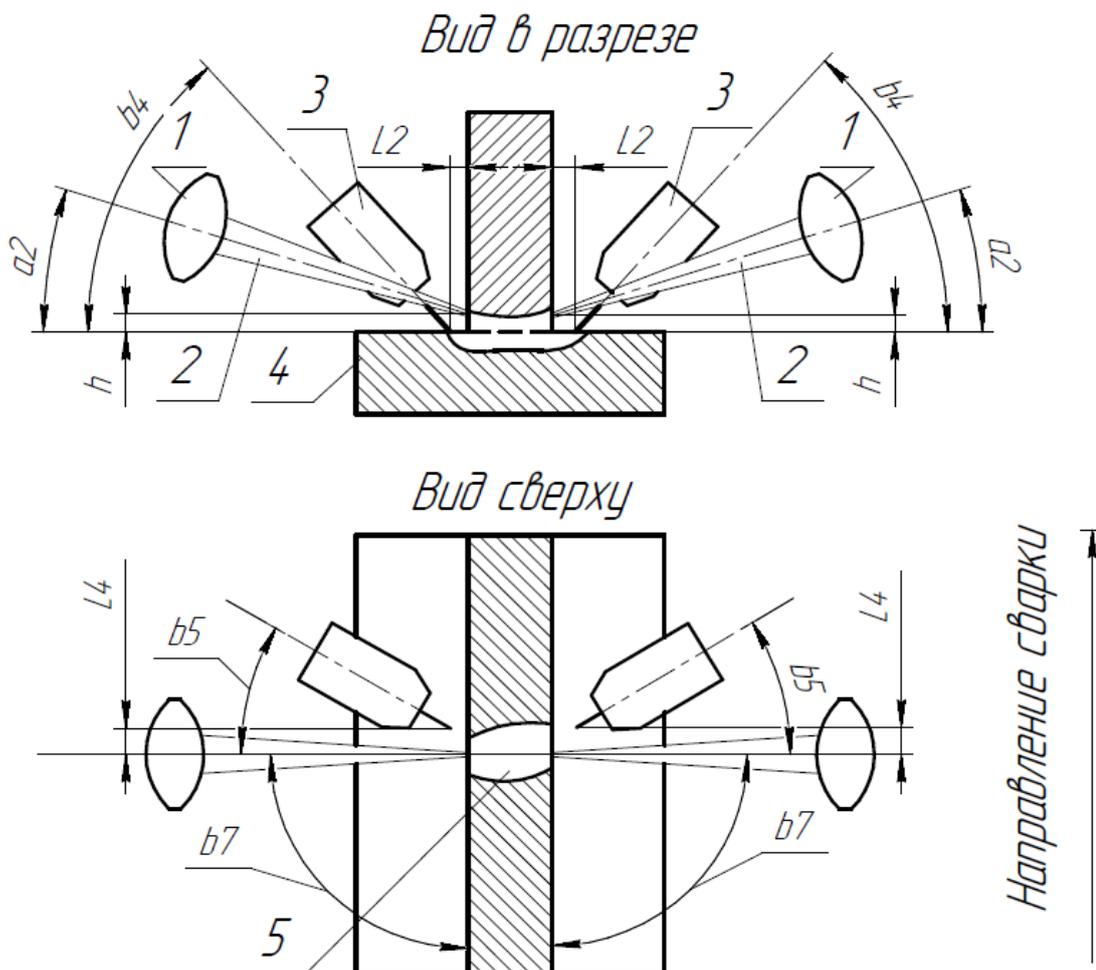
Рисунок ДБ.2 – Положение РВ при ЛДГС таврового соединения



1 – фокусирующая линза, 2 – лазерный пучок, 3 – дуговая горелка MIG-MAG, 4 – свариваемое изделие, 5 – сварочная ванна,  $a_2$  – угол между горизонтальной поверхностью и лазерным лучом,  $b_4$  – угол между горизонтальной поверхностью и сварочной горелкой,  $L_4$  – расстояние между местами пересечений осей сварочной проволоки и лазерного пучка в горизонтальной плоскости,  $b_7$  – угол между вертикальной поверхностью и лазерным лучом,  $h$  – расположение фокусного пятна по высоте от нижнего пояса.

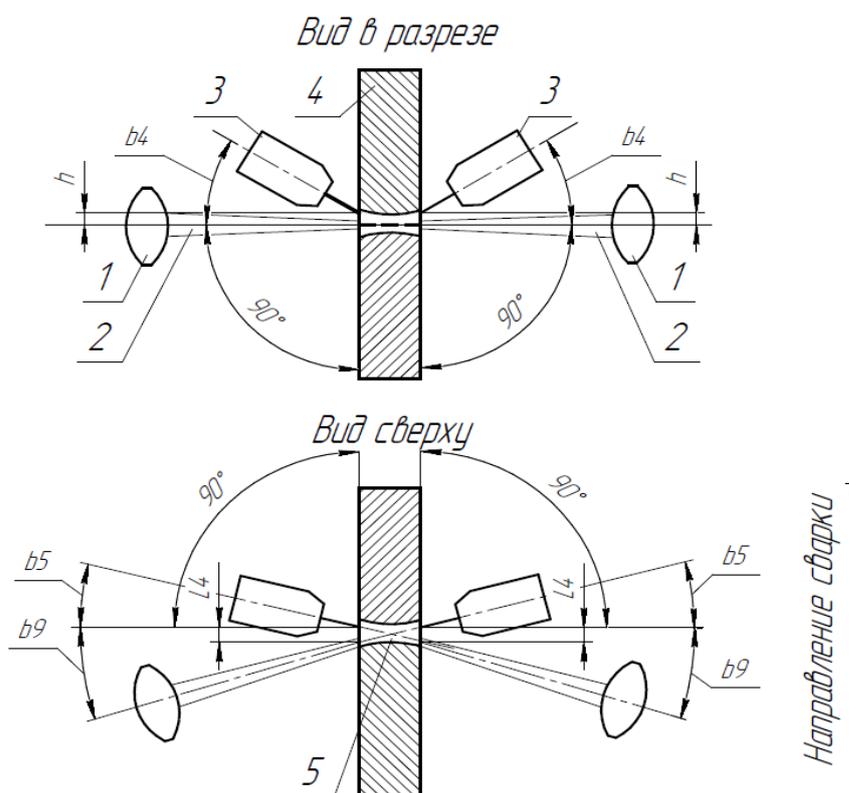
**Рисунок ДБ.3 – Положение РС при ЛДГС  
углового соединения**

## 2. Лазерно-дуговая гибридная сварка двусторонняя



1 – фокусирующая линза, 2 – лазерный пучок, 3 – дуговая горелка MIG-MAG, 4 – свариваемое изделие, 5 – сварочная ванна,  $a_2$  – угол между горизонтальной поверхностью и лазерным лучом,  $b_4$  – угол между горизонтальной поверхностью и сварочной горелкой,  $L_2$  – расстояние сварочной проволоки от вертикальной поверхности,  $L_4$  – расстояние между местами пересечений осей сварочной проволоки и лазерного пучка в горизонтальной плоскости,  $b_5$  – угол наклона горелки относительно лазерного пучка,  $b_7$  – угол между вертикальной поверхностью и лазерным лучом,  $h$  – расположение фокусного пятна по высоте от нижнего пояса.

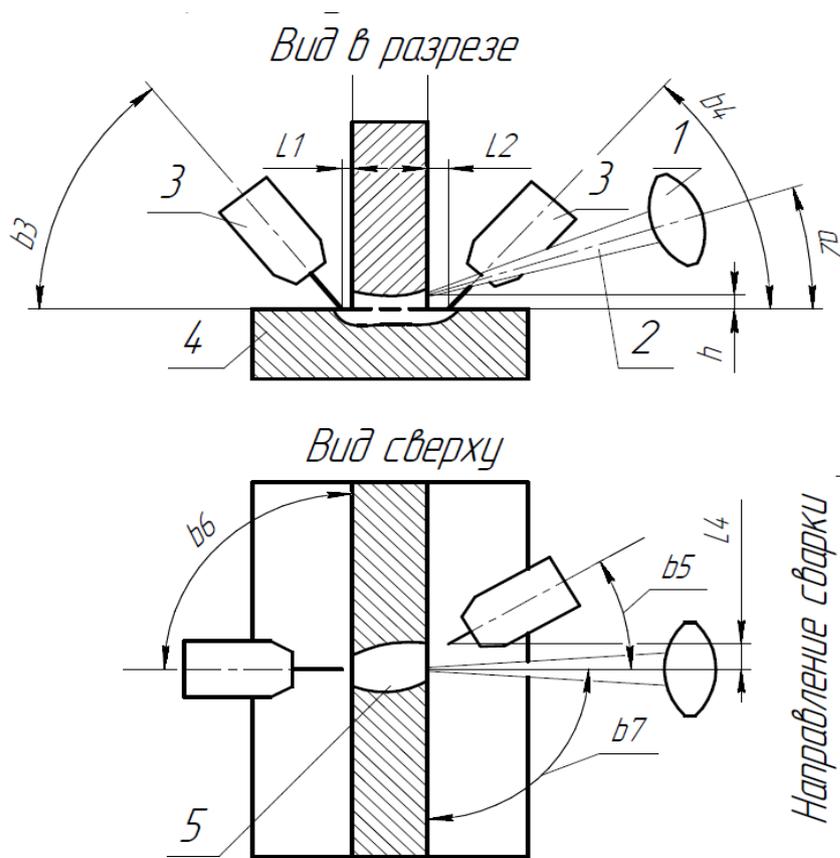
Рисунок ДБ.4 – Положение РВ при ЛДГС 2х таврового соединения



1 – фокусирующая линза, 2 – лазерный пучок, 3 – дуговая горелка MIG-MAG, 4 – свариваемое изделие, 5 – сварочная ванна,  $b_4$  – угол между горизонтальной поверхностью (лазерный пучок) и сварочной горелкой,  $h$  – высота расположения сварочной проволоки от лазерного пучка,  $L_4$  – расстояние между местами пересечений осей сварочной проволоки и лазерного пучка в горизонтальной плоскости,  $b_5$  – угол наклона горелок относительно перпендикуляра к вертикальной поверхности,  $b_9$  – угол наклона лазерного пучка относительно перпендикуляра к вертикальной поверхности.

Рисунок ДБ.5 – Положение РС при ЛДГС 2х стыкового соединения

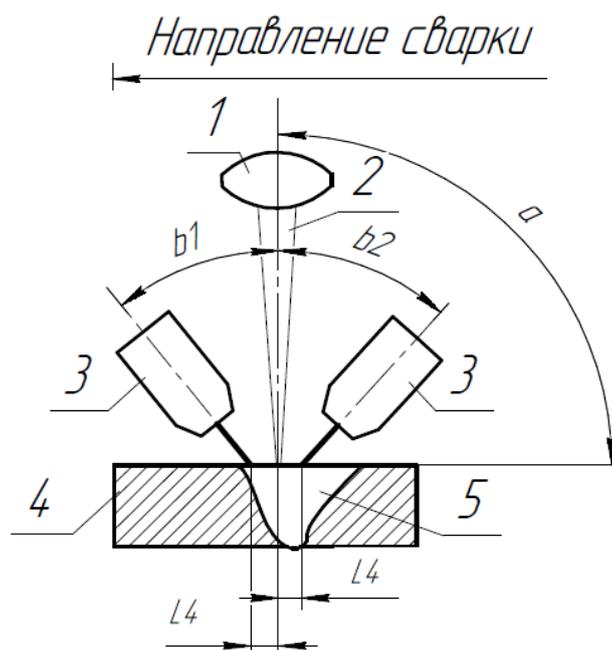
3. Лазерно-дуговая гибридная сварка с дополнительной дугой



1 – фокусирующая линза, 2 – лазерный пучок, 3 – дуговая горелка MIG-MAG, 4 – свариваемое изделие, 5 – сварочная ванна,  $\alpha_2$  – угол между горизонтальной поверхностью и лазерным лучом,  $\alpha_4$  – угол между горизонтальной поверхностью и сварочной горелкой;  $L_1$ ,  $L_2$  – расстояние сварочной проволоки от вертикальной поверхности,  $L_4$  – расстояние между местами пересечений осей сварочной проволоки и лазерного пучка в горизонтальной плоскости,  $\alpha_3$  – угол наклона горелки относительно горизонтальной поверхности,  $\alpha_6$  – угол наклона сварочной горелки относительно вертикальной стенки,  $\alpha_7$  – угол между вертикальной поверхностью и лазерным лучом,  $h$  – расположение фокусного пятна по высоте от нижнего пояса.

Рисунок ДБ.6 – Положение РВ при ЛДГС+Д таврового соединения с дополнительной дугой

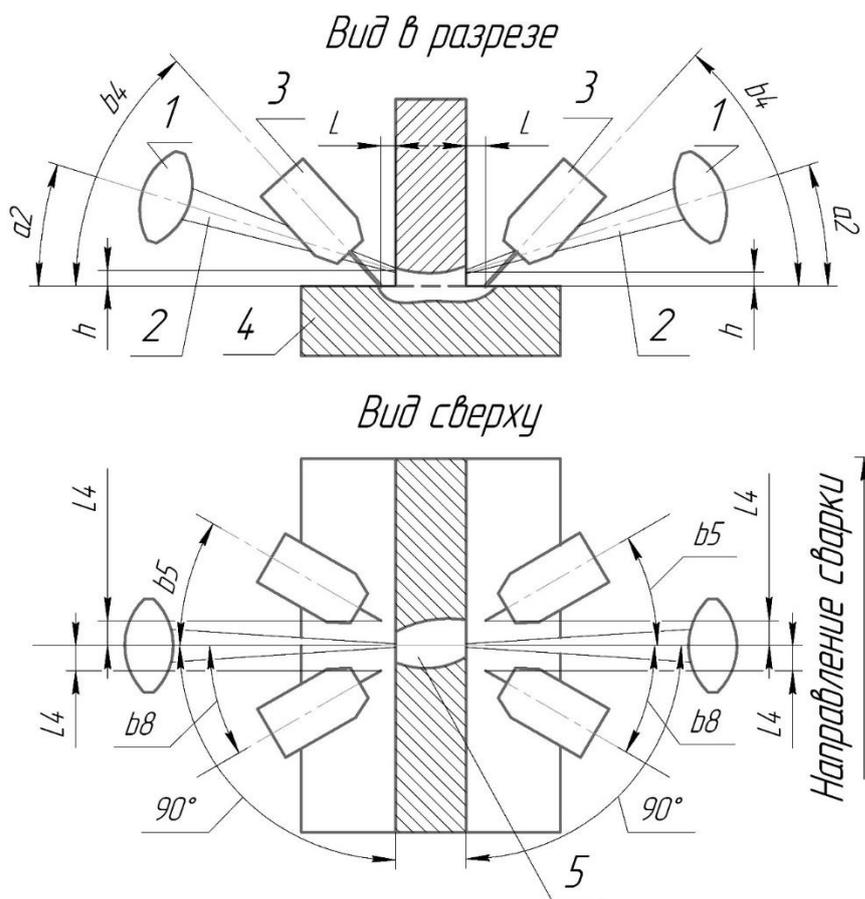
#### 4. Лазерно-дуговая гибридная сварка тандемом



1 – фокусирующая линза, 2 – лазерный пучок, 3 – дуговая горелка MIG-MAG, 4 – свариваемое изделие, 5 – сварочная ванна,  $a$  – угол между горизонтальной поверхностью и лазерным лучом;  $b_1$ ,  $b_2$  – угол между лазерным лучом и сварочной горелкой;  $L_4$  – расстояние между местами пересечений осей сварочной проволоки и лазерного пучка в горизонтальной плоскости.

Рисунок ДБ.7 – Положение РА при ЛДГС Тд стыкового соединения

5. Лазерно-дуговая гибридная сварка тандемом с двух сторон



1 – фокусирующая линза, 2 – лазерный пучок, 3 – дуговая горелка MIG-MAG,  
4 – свариваемое изделие, 5 – сварочная ванна,  $a_2$  - угол между  
горизонтальной поверхностью и лазерным лучом,  $b_4$  – угол между  
горизонтальной поверхностью и сварочной горелкой,  $L_2$  – расстояние  
сварочной проволоки от вертикальной поверхности,  $L_4$  - расстояние  
между местами пересечений осей 1й сварочной проволоки и лазерного  
пучка в горизонтальной плоскости,  $L_5$  – расстояние между местами  
пересечений осей 2й сварочной проволоки и лазерного пучка в  
горизонтальной плоскости,  $b_5$  – угол наклона 1й горелки относительно  
лазерного пучка,  $b_8$  – угол наклона 2й горелки относительно лазерного  
пучка,  $h$  – расположение фокусного пятна по высоте от нижнего пояса.

Рисунок ДБ.8 – Положение РВ при ЛДГС Тд 2х таврового соединения

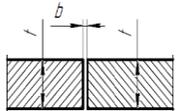
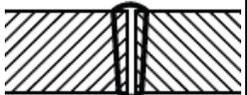
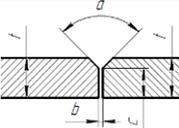
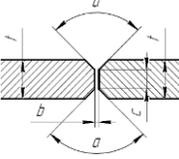
Таблица ДБ.1 – Углы и расстояния при позиционировании сварочного инструмента к сварным соединениям

Обозначения	Размерность, мм	Размерность, ° град
<i>a2</i>	–	<i>90° ± 20°</i> в положении <i>РА</i> <i>4°– 15°</i> в положении <i>РВ</i> <i>180°</i> в положении <i>РС</i>
<i>b1, b2</i>	–	<i>35°– 45°</i> в положении <i>РА</i>
<i>b3</i>	–	<i>45° ± 15°</i> в положении <i>РВ</i>
<i>b4</i>	–	<i>45° ± 15°</i> в положении <i>РВ</i> <i>0° ± 3°</i> в положении <i>РС</i>
<i>b5, b8</i>	–	<i>35°– 45°</i>
<i>b6</i>	–	<i>90° ± 30°</i>
<i>b7</i>	–	<i>90° ± 20°</i>
<i>b9</i>	–	<i>0°–20°</i>
<i>h</i>	<i>1–1,5 мм</i> в положении <i>РВ</i> <i>0 ± 1 мм</i> в положении <i>РС</i>	–
<i>L1</i>	<i>0–3 мм</i> в положении <i>РА</i>	–
<i>L2</i>	<i>0–3 мм</i> в положении <i>РА</i>	–
<i>L3</i>	<i>± 5 мм</i> в положении <i>РА</i>	–
<i>L4</i>	<i>2–4 мм</i>	–

**Приложение ДВ**  
**(рекомендуемое)**

**Подготовка соединений для лазерно-дуговой гибридной сварки сталей**

**Таблица ДВ.1 – Подготовка стыковых соединений и применимость лазерно-дуговой гибридной сварки**

Обозначение соединения	Толщина, мм	Поперечное сечение	Вид разделки	Угол разделки кромок, $\alpha$	Зазор (b), мм	Притупление (c), мм	Применимость сварки				Изображение сварного шва
							ЛДГС	ЛДГС+Д	ЛДГС Тд	ЛДГС 2х	
ЛС 1	$3 < t < 6$			-	$0 \leq b \leq 1,0$	-	+	-	-	-	
	$6 < t < 12$				$0 \leq b \leq 0,5$		+	-	+	-	
	$< 16$				$0 \leq b \leq 0,3$		+	-	+	-	
ЛС 3	$12 < t < 20$		Y	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$0 \leq b \leq 0,3$	$8 \leq c \leq 12$	+	-	+	-	
ЛС 4	$20 < t < 32$		Y	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$0 \leq b \leq 0,3$	$8 \leq c \leq 12$	+	+	+	-	
	$32 < t < 50$			$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$0 \leq b \leq 0,3$	$8 \leq c \leq 12$	+	+	+	-	

Соединения ЛС 1 и ЛС 3 - сварку стыковых соединений с толщиной металла более 10 мм допускается выполнять с использованием флюсовой и медно-флюсовой подкладок (Рисунок ДВ.1 (а)).

Для стыковых соединений без разделки кромок (ЛС 1), в целях повышения качества функционирования триангуляционного лазерного датчика слежения, допускается выполнять скос кромок малой величины (рисунок ДВ.1 (б)).

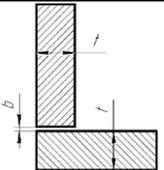
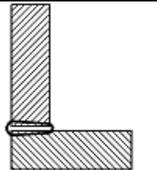
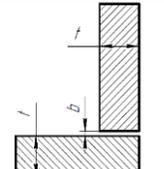
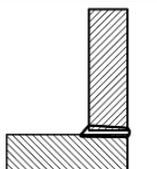
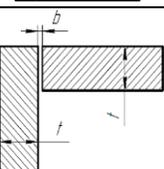
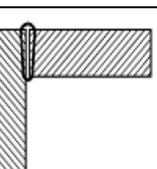
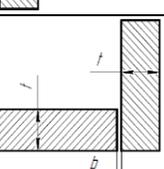
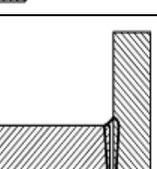


Рисунок ДВ.1 – Подготовка сварных соединений и применимость ЛДГС для стыковых соединений

а) использование флюсовой и медно-флюсовой подкладки;

б) специальный скос для датчика слежения на разделке без скоса кромок

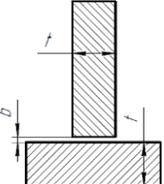
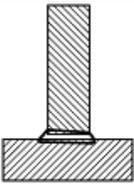
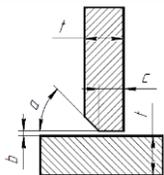
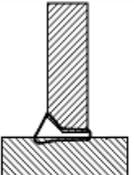
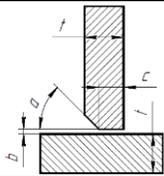
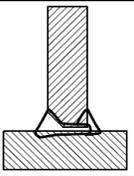
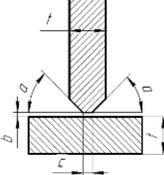
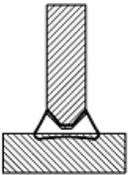
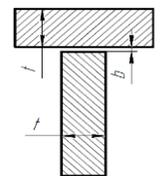
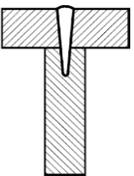
Таблица ДВ.2 – Подготовка угловых соединений и применимость лазерно-дуговой гибридной сварки

Обозначение соединения	Толщина, мм	Поперечное сечение	Вид разделки	Угол раскрытия кромок, α	Зазор (b), мм	Толщина притупления (c), мм	Применимость сварки				
							ЛДГС	ЛДГС+Д	ЛДГС Тδ	ЛДГС 2х	Изображение сварного шва
ЛУ 1	3 < t < 6			-	0 ≤ b ≤ 1,0	-	+	-	-	-	
	6 < t < 12				0 ≤ b ≤ 1,2		+	-	+	-	
	< 16				0 ≤ b ≤ 1,2		+	-	+	-	
ЛУ 2	3 < t < 6			-	0 ≤ b ≤ 1,0	-	+	-	-	-	
	6 < t < 12				0 ≤ b ≤ 1,2		+	-	+	-	
	< 16				0 ≤ b ≤ 1,2		+	-	+	-	
ЛУ 3	3 < t < 6			-	0 ≤ b ≤ 1,0	-	+	-	-	-	
	6 < t < 12				0 ≤ b ≤ 0,5		+	-	+	-	
	< 16				0 ≤ b ≤ 0,3		+	-	+	-	
ЛУ 4	3 < t < 6			-	0 ≤ b ≤ 1,0	-	+	-	-	-	
	6 < t < 12				0 ≤ b ≤ 0,5		+	-	+	-	
	< 16				0 ≤ b ≤ 0,3		+	-	+	-	

Окончание таблицы ДВ.2

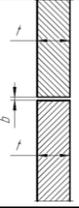
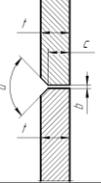
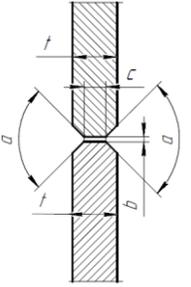
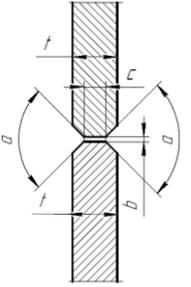
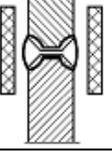
Обозначение соединения	Толщина, мм	Поперечное сечение	Вид разделки	Угол раскрытия кромок, $\alpha$	Зазор (b), мм	Толщина притупления (c), мм	Применимость сварки				Изображение сварного шва	
							ЛДГС	ЛДГС+Д	ЛДГС Тд	ЛДГС 2х		
ЛУ5	$12 < t < 16$			$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$0 \leq b \leq 1,2$	$6 \leq c \leq 10$	+	+	+	+		
	$16 < t < 26$				$0 \leq b \leq 1,2$	$8 \leq c \leq 12$	+	+	+	+		
	$26 < t < 32$				$0 \leq b \leq 1,2$	$16 \leq c \leq 20$	+	+	+	+		
	$32 < t < 50$				$0 \leq b \leq 1,2$	$16 \leq c \leq 20$	+	+	+	+		
ЛУ6	$16 < t < 26$			$15^\circ < \alpha < 45^\circ$	$0 \leq b \leq 1,0$	$8 \leq c \leq 12$	+	+	+	-		
	$25 < t < 32$				$0 \leq b \leq 1,2$	$8 \leq c \leq 12$	+	+	+	+		-
	$32 < t < 50$				$0 \leq b \leq 1,2$	$12 \leq c \leq 16$	+	+	+	+		-
ЛУ7	$16 < t < 26$			$15^\circ < \alpha < 45^\circ$	$0 \leq b \leq 1,0$	$10 \leq c \leq 16$	+	+	+	+		
	$26 < t < 32$				$0 \leq b \leq 1,2$	$c \leq 20$	+	+	+	+		+
	$32 < t < 50$				$0 \leq b \leq 1,2$	$c \leq 25$	+	+	+	+		+
ЛУ8	$16 < t < 26$			$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$0 \leq b \leq 0,3$	$8 \leq c \leq 12$	+	-	+	-		
	$26 < t < 32$				$0 \leq b \leq 0,3$	$8 \leq c \leq 12$	+	-	+	-		
	$32 < t < 50$				$0 \leq b \leq 0,3$	$8 \leq c \leq 12$	+	-	+	-		

Таблица ДВ.3 – Подготовка тавровых соединений и применимость лазерно-дуговой гибридной сварки

Обозначение соединения	Толщина, мм	Поперечное сечение	Вид разделки	Угол раскрытия кромок, α	Зазор (b), мм	Толщина притупления (c), мм	Применимость сварки				Изображение сварного шва
							ЛДГС	ЛДГС+Д	ЛДГС Тд	ЛДГС 2х	
ЛТ 1	3 < t < 6			-	0 ≤ b ≤ 1,0	-	+	-	+	-	
	0 ≤ b ≤ 1,2				+		-	+	-		
	0 ≤ b ≤ 1,2				+		-	+	+		
ЛТ 2	12 < t < 26			15° ≤ α ≤ 45°	0 ≤ b ≤ 1,2	6 ≤ c ≤ 12	+	+	+	-	
ЛТ 3	12 < t < 16			15° ≤ α ≤ 45°	0 ≤ b ≤ 1,2	6 ≤ c ≤ 10	+	+	+	-	
	0 ≤ b ≤ 1,2				8 ≤ c ≤ 12	+	+	+	+		
	0 ≤ b ≤ 1,2				8 ≤ c ≤ 16	+	+	+	+		
	0 ≤ b ≤ 1,2				8 ≤ c ≤ 16	+	+	+	+		
ЛТ 4	16 < t < 26			15° ≤ α ≤ 45°	0 ≤ b ≤ 1,2	10 ≤ c ≤ 16	+	+	+	+	
	0 ≤ b ≤ 1,2				c ≤ 20	+	+	+	+		
	0 ≤ b ≤ 1,2				c ≤ 25	+	+	+	+		
ЛТ 5	3 < t < 12			-	0 ≤ b < 0,3	-	+	-	-	-	

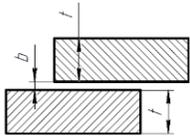
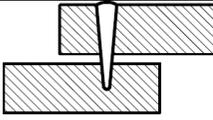
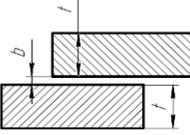
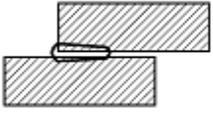
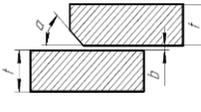
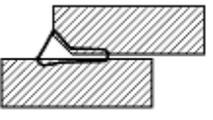
Примечание – Соединение ЛТ 4 также применимо для ЛДГС Тд 2х

Таблица ДВ.4 – Подготовка стыковых соединений в горизонтальном положении и применимость лазерно-дуговой гибридной сварки

Обозначение соединения	Толщина, мм	Поперечное сечение	Вид разделки	Угол раскрытия кромок, α	Зазор (b), мм	Толщина притупления (c), мм	Применимость сварки				
							ЛДГС	ЛДГС+Д	ЛДГС Тд	ЛДГС 2х	Изображение сварного шва
ЛГ 1	3 < t < 6		$\text{Гор}$	-	0 ≤ b ≤ 0,5	-	+	-	-	-	
	0 ≤ b ≤ 1,0				+		-	+	-		
	0 ≤ b ≤ 1,0				+		-	+	-		
ЛГ 2	10 < t < 16		$\text{Гор}$	30° ≤ α ≤ 60°	0 ≤ b ≤ 0,5	8 ≤ c ≤ 12	+	-	+	-	
	0 ≤ b ≤ 1,0				8 ≤ c ≤ 12	+	-	+	-		
	0 ≤ b ≤ 1,2				8 ≤ c ≤ 16	+	-	+	-		
ЛГ 3	16 < t < 26		$\text{Гор}$	30° ≤ α ≤ 60°	0 ≤ b ≤ 1,0	c ≤ 20	+	+	+	+	
	26 < t < 50				0 ≤ b ≤ 1,0	c ≤ 30	+	+	+	+	
ЛГ 4	26 < t < 50		$\text{Гор}$	30° ≤ α ≤ 60°	0 ≤ b ≤ 1,2	c ≤ 30	+	+	+	+	

Примечание – Соединения ЛГ 3 и ЛГ 4 применимы для ЛДГС Тд 2х

Таблица ДВ.5 – Подготовка нахлесточных соединений и применимость лазерно-дуговой гибридной сварки

Обозначение соединения	Толщина, мм	Поперечное сечение	Вид разделки	Угол раскрытия кромок, α	Зазор (b), мм	Толщина притупления (с), мм	Применимость сварки				
							ЛДГС	ЛДГС +Д	ЛДГС Тд	ЛДГС 2х	Изображение сварного шва
ЛН 1	$3 < t < 12$			-	$0 \leq b \leq 0,3$	-	+	-	+	-	
ЛН 2	$16 < t < 20$			-	$0 \leq b \leq 1,2$	-	+	+	+	-	
	$26 < t < 50$										
ЛН 4	$16 < t < 20$			$15^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$0 \leq b \leq 1,2$	-	+	+	+	-	
	$26 < t < 50$										

**Приложение ДГ**  
**(рекомендуемое)**

**Рекомендуемые сварочные параметры лазерно-дуговой  
гибридной сварки сталей**

**Таблица ДГ.1 – Рекомендуемые параметры для сварки стыковых  
соединений**

Обозначение соединения	Толщина основного материала	Мощность лазера	Сварочный ток	Напряжение дуги	Скорость сварки	Фокусное расстояние
	мм					
ЛС 1	$3 < t < 6$	от 2 до 7	от 80 до 250	от 19 до 36	от 0,6 до 3,0	от -9 до +12
	$6 < t < 12$	от 7 до 15	от 250 до 350			
	$< 16$	до 20	от 250 до 350			
ЛС 3	$12 < t < 20$	до 30	от 250 до 400	от до 36	от 0,9 до 2,4	от -9 до -3
ЛС 4	$20 < t < 32$	до 30	от 350 до 440		до 2,4	от -9 до -3
	$32 < t < 50$	до 30	от 350 до 440		до 2,4	от -9 до -3

**Примечание 1** – Соединение ЛС 1 и ЛС 3 – при сварке в положении РА (1G) допускается применять флюсовую и медно-флюсовую подкладку (подушку) или бесконтактную электромагнитную систему поддержки.

**Примечание 2** – Соединение ЛС 4 – лазерно-дуговая гибридная сварка выполняется по стыковому соединению первым проходом или по выполненному технологическому шву с последующим заполнением разделки с лицевой или обратной стороны дугowymi процессами.

**Таблица ДГ.2 – Рекомендуемые параметры для сварки угловых соединений**

Обозначение соединения	Толщина основного материала	Мощность лазера	Сварочный ток	Напряженные дуги	Скорость сварки	Фокусное расстояние
	мм					
ЛУ 1	$3 < t < 6$	от 2 до 20	от 80 до 350	от 19 до 32	от 0,6 до 3,0	от +6 до -3
	$6 < t < 12$					
	$< 16$					
ЛУ 2	$12 < t < 20$	от 10 до 30	от 250 до 440	от 24 до 36	от 0,9 до 1,8	от -3 до -9
	$20 < t < 32$					
	$32 < t < 50$					
ЛУ 3	$3 < t < 6$	от 2 до 20	от 190 до 350	от 19 до 32	от 0,9 до 2,4	от +12 до -9
	$6 < t < 12$					
	$< 16$					
ЛУ 4	$3 < t < 6$	от 2 до 20	от 190 до 350	от 19 до 32	от 0,9 до 2,4	от +12 до -9
	$6 < t < 12$					
	$< 16$					
ЛУ 5	$12 < t < 16$	от 15 до 30	от 250 до 440	от 24 до 36	от 0,9 до 1,5	от -3 до -9
	$16 < t < 26$					
	$26 < t < 32$					
	$32 < t < 50$					
ЛУ 6	$16 < t < 26$	от 20 до 30	от 250 до 440	от 24 до 36	от 0,9 до 1,5	от -3 до -9
	$25 < t < 32$					
	$32 < t < 50$					
ЛУ 7	$16 < t < 26$	от 20 до 30	от 250 до 440	от 24 до 36	от 0,9 до 1,5	от -3 до -9
	$26 < t < 32$					
	$32 < t < 50$					
ЛУ 8	$16 < t < 26$	от 20 до 30	от 250 до 440	от 24 до 36	от 0,9 до 1,5	от -3 до -9
	$26 < t < 32$					
	$32 < t < 50$					

**Примечание – Соединения ЛУ 5, ЛУ 6, ЛУ 7, ЛУ 8 – лазерно-дуговая гибридная сварка выполняется по угловому соединению с последующим заполнением разделки с лицевой или обратной стороны дуговыми процессами.**

**Таблица ДГ.3 – Рекомендуемые параметры для сварки тавровых соединений**

Обозначение соединения	Толщина основного материала	Мощность лазера	Сварочный ток	Напряжение дуги	Скорость сварки	Фокусное расстояние
	мм					
ЛТ 1	$3 < t < 6$	от 2 до 20	от 80 до 350	от 19 до 32	от 0,6 до 2,4	от +12 до -9
	$6 < t < 12$					
	$< 16$					
ЛТ 2	$12 < t < 20$	от 10 до 30	от 250 до 440	от 19 до 34	от 0,9 до 1,5	от -3 до -9
	$20 < t < 32$					
	$32 < t < 50$					
ЛТ 3	$3 < t < 6$	от 2 до 20	от 190 до 350	от 19 до 32	от 0,9 до 2,4	от +12 до -9
	$6 < t < 12$					
	$< 16$					
ЛТ 4	$3 < t < 6$	от 2 до 20	от 190 до 440	от 19 до 32	от 0,9 до 2,4	от +12 до -9
	$6 < t < 12$					
	$< 16$					
ЛТ 5	$12 < t < 16$	от 10 до 30	от 250 до 440	от 19 до 38	от 0,9 до 1,5	от -3 до -9
	$16 < t < 26$					
	$26 < t < 32$					
	$32 < t < 50$					
	$26 < t < 32$					
	$32 < t < 50$					
Примечание – Соединения ЛТ 3, ЛТ 4 – лазерно-дуговая гибридная сварка выполняется по тавровому соединению с последующим заполнением разделки с лицевой или обратной стороны дуговыми процессами.						

**Таблица ДГ.4 – Рекомендуемые параметры для сварки горизонтальных соединений**

Обозначение соединения	Толщина основного материала	Мощность лазера	Сварочный ток	Напряжение дуги	Скорость сварки	Фокусное расстояние
	мм					
ЛГ 1	$3 < t < 6$	от 2 до 20	от 80 до 350	от 19 до 32	от 0,6 до 3,0	от +12 до -9
	$6 < t < 12$					
	$< 16$					
ЛГ 2	$12 < t < 26$	от 10 до 30	от 250 до 350	от 19 до 34	от 0,9 до 1,5	от -3 до -9
ЛГ 3	$3 < t < 6$	от 2 до 20	от 190 до 350	от 19 до 32	от 0,9 до 1,5	от +12 до -9
	$6 < t < 12$					
	$< 16$					
ЛГ 4	$26 < t < 50$	до 30	от 190 до 380	от 24 до 36	от 0,9 до 1,5	от +12 до -9

Примечание – Соединения ЛГ 2, ЛГ 4 – лазерно-дуговая гибридная сварка выполняется по стыковому соединению с последующим заполнением разделки с лицевой и обратной стороны, дуговыми процессами.

**Таблица ДГ.5 – Рекомендуемые параметры для сварки нахлесточных соединений**

Обозначение соединения	Толщина основного материала	Мощность лазера	Сварочный ток	Напряжение дуги	Скорость сварки	Фокусное расстояние
	мм					
ЛН 1	$3 < t < 12$	от 2 до 20	от 80 до 350	от 19 до 32	от 0,9 до 2,4	от +12 до -9
ЛН 2	$16 < t < 20$	от 10 до 30	от 250 до 440	от 19 до 34	от 0,6 до 2,4	от -3 до -9
	$26 < t < 50$					
ЛН 4	$16 < t < 20$	до 30	от 250 до 440	от 19 до 34	от 0,6 до 2,4	от -3 до -9
	$26 < t < 50$					

Приложение ДЕ  
(справочное)

**Сведения о соответствии ссылочных национальных и действующие в этом качестве межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте**

Таблица ДЕ.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение ссылочного международного стандарта
ГОСТ Р ИСО 14175-2010	IDT	ISO 14175:2008 Материалы сварочные. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов
ГОСТ Р ИСО 14732-2022	IDT	ISO 14732:2013 Персонал, выполняющий сварку. Аттестационные испытания сварщиков-операторов и наладчиков для полностью механизированной и автоматической сварки металлических материалов
ГОСТ Р ИСО 15607-2009	IDT	ISO 15607:2003 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Общие правила
*	–	ISO 15614-14 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Испытание процедур сварки. Часть 14: Лазерно-дуговая гибридная сварка сталей, никеля и никелевых сплавов
ГОСТ 2246	–	**
ГОСТ Р ИСО 4063-2025	IDT	ISO 4063:2023 Сварка, пайка высоко- и низкотемпературная, резка. Перечень и условные номера процессов
ГОСТ ISO 13849-1-2014	IDT	ISO 13849-1:2006/Cor.1:2009 Безопасность оборудования. Элементы систем управления, связанные с безопасностью. Часть 1. Общие принципы конструирования
ГОСТ Р МЭК 62061-2015	IDT	IEC 62061:2005+A1:2012 Безопасность оборудования. Функциональная безопасность систем управления электрических, электронных и программируемых электронных, связанных с безопасностью
ГОСТ IEC 60825-1-2023	IDT	IEC 60825-1:2014 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования и требования

**ГОСТ Р ХХХХХ–202 (ИСО 23493:2020)**  
**(Проект, окончательная редакция)**

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение ссылочного международного стандарта
ГОСТ ИЕС 60825-4-2014	IDT	ЕС 60825-4:2011 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 4. Средства защиты от лазерного излучения
ГОСТ Р ИСО 15613-2009	IDT	ISO 15613:2004 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Аттестация, основанная на предпроизводственном испытании сварки
ГОСТ ISO 15609-6-2016	IDT	ISO 15609-6:2013 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure specification - Part 6: Laser-arc hybrid welding (Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 6. Лазерно-дуговая гибридная сварка)
ГОСТ ISO 9692-1-2016	IDT	ISO 9692-1:2013 Сварка и родственные процессы. Типы подготовки соединений. Часть 1. Сварка ручная дуговая плавящимся электродом, сварка дуговая плавящимся электродом в защитном газе, сварка газовая, сварка дуговая вольфрамовым электродом в инертном газе и сварка лучевая сталей
ГОСТ ISO 9692-3-2020	IDT	ISO 9692-3:2016 Сварка и родственные процессы. Типы подготовки соединений. Часть 3. Сварка дуговая в инертном газе плавящимся и вольфрамовым электродом алюминия и его сплавов
ГОСТ Р ИСО 2553-2022	IDT	ISO 2553:2019 Сварка и родственные процессы. Условные обозначения на чертежах. Сварные соединения)
ГОСТ ISO 14341-2020	IDT	ISO 14341:2010 Материалы сварочные. Проволоки и наплавленный металл дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе нелегированных и мелкозернистых сталей. Классификация
ГОСТ ISO 12932-2017	IDT	ISO 12932:2013 Сварка. Лазерно-дуговая гибридная сварка сталей, никеля и никелевых сплавов. Уровни качества для дефектов
ГОСТ Р ИСО 6947-2022	IDT	ISO 6947:2019 Сварка и родственные процессы. Положения при сварке

\* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Официальный перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде стандартов.

\*\* Соответствующий международный стандарт отсутствует.

Примечание – В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта:

- IDT – идентичный стандарт.

УДК 621.791:006.354

ОКС 25.160.10

MOD

Ключевые слова: сварка, родственные сварке процессы, технические требования, лазерно-дуговая гибридная сварка, сварка металлических материалов, лазерная сварка, гибридный процесс

Генеральный директор  
ООО «ВПГ Лазеруан»



Н.Н. Евтихийев

Руководитель разработки:  
Начальник отдела сертификации,  
аттестации и стандартизации  
ООО «ВПГ Лазеруан»

О.А. Крючина