



// **КАРМАННЫЙ СПРАВОЧНИК**

Справочник сварщика

Режимы MMA/MIG/TIG, сварные соединения по ГОСТ 5264-80 и 14771-76, классификация электродов и проволоки, защитные газы, дефекты и контроль качества, формулы и справочные таблицы. Всё, что нужно технологю — на стене у поста или в кармане.

ИЗДАНИЕ v1.0 · Май 2026

ИСТОЧНИКИ Действующие ГОСТы и ISO, ВСН 416-81, каталоги производителей оборудования

КОНТАКТ sales@weldingpoint.ru
8 (800) 500-50-50

// Содержание

Содержание

01	Виды дуговой сварки	ММА, MIG/MAG, TIG, плазма, флюс
02	Сварные соединения	ГОСТ 5264-80, 14771-76, типы и обозначения
03	Подготовка кромок	Геометрия скоса, зазоры, форма разделки
04	Электроды покрытые	ГОСТ 9466-75, классификация, марки
05	Сварочная проволока	ГОСТ 2246-70, ER-маркировка
06	Защитные газы	CO ₂ , Ar, He, смеси (ГОСТ ISO 14175)
07	Режимы ММА	Ток, диаметр, положение шва
08	Режимы MIG/MAG	Ток, U, скорость подачи, газ
09	Режимы TIG	Сталь, нержа, алюминий, медь
10	Сварка по материалам	Углерод, нержа, Al, Cu, Ti, чугун
11	Расход материалов	Формулы по ВСН 416-81
12	Дефекты сварных швов	ГОСТ 30242-97, классификация
13	Контроль качества	ВИК, УЗК, РК, ПВК, МК — методы НК
14	Техника безопасности	СИЗ, требования, нормативы
15	Формулы и расчёты	Площадь, масса, время, мощность

-
- | | | |
|-----------|-------------------------------|----------------------------------|
| 16 | Справочные
таблицы | Плотности, T плавления, переводы |
| 17 | Список ГОСТ и ISO | Действующая нормативная база |
-

// Глава 01

Виды дуговой сварки

Дуговая сварка плавлением — самый распространённый способ соединения металлов в промышленности и ремонте. Расплавление основного металла и присадки происходит за счёт тепловой энергии электрической дуги между электродом и заготовкой. Дальше — четыре основных процесса, которые применяются на 95% сварочных постов России.

ММА — ручная дуговая (РДС)

Process 111 по ISO 4063. Сварка плавящимся покрытым электродом — стержнем с обмазкой, который при горении дуги одновременно плавится в шов и выделяет защитные газы из покрытия. Самый «полевой» способ: нужен только источник тока, провода и электроды. Работает в любых погодных условиях, на монтаже, в труднодоступных местах. Производительность ниже полуавтоматической сварки, требует частой замены электрода.

MIG/MAG — полуавтоматическая в среде газа

Process 131 (MIG, в инертном газе) и 135 (MAG, в активном газе) по ISO 4063. Электродом служит непрерывно подающаяся проволока, защита дуги — поток газа из сопла горелки. MIG — в чистом аргоне или гелии, для алюминия и цветных металлов. MAG — в активной среде (CO_2 или $\text{Ar}+\text{CO}_2$) для углеродистых и низколегированных сталей. Самая высокая производительность из ручных методов, чистый шов, удобство автоматизации. Основной способ в машиностроении и металлоконструкциях.

TIG — аргонодуговая (WIG)

Process 141 по ISO 4063. Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в среде инертного газа (аргон или его смеси). Присадка подаётся вручную прутком или через отдельный механизм. Самое чистое и точное соединение — для нержавеющей стали, алюминия, титана, тонколистовых материалов, корневых проходов трубопроводов. Производительность ниже MIG/MAG, но качество шва на порядок выше.

SAW — автоматическая под флюсом

Process 12 по ISO 4063. Дуга горит под слоем гранулированного флюса, что обеспечивает идеальную защиту, отсутствие брызг и максимальный КПД. Применяется в массовом производстве крупногабаритных конструкций: судостроение, котлостроение, изготовление труб большого диаметра, балки и колонны. Только в нижнем положении на стационарных постах.

Плазменная резка (CUT)

Не сварка, но традиционно идёт в одной линейке оборудования. Сжатый воздух или газ через дугу высокой плотности превращается в плазму ~20 000 °С, которая прорезает металл толщиной до 40 мм (бытовые) и до 150 мм (промышленные установки). Заменяет газокислородную резку для нержавеющей стали и алюминия, где O₂ непригоден.

Сравнение способов — что выбрать

СПОСОБ	ПРОИЗВОД-С ТЬ	УНИВЕРСАЛ-С ТЬ	КАЧЕСТВО	БЮДЖЕТ
MMA	Низкая	★★★★★	★★★☆☆	★★★★★

СПОСОБ	ПРОИЗВОД-СТВА	УНИВЕРСАЛ-СТЬ	КАЧЕСТВО	БЮДЖЕТ
MIG/MAG	Высокая	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆
TIG	Низкая	★★★★★	★★★★★	★★☆☆☆
SAW	Макс.	★★☆☆☆	★★★★☆	★★☆☆☆

// Глава 02

Сварные соединения

Типы сварных соединений и их обозначения регламентируют четыре основных стандарта. Каждое соединение обозначается буквой типа + цифрой. Например, «С17» по ГОСТ 5264-80 — стыковое со скосом двух кромок, односторонний шов.

Основные стандарты

ГОСТ	СПОСОБ СВАРКИ	ДИАПАЗОН №
ГОСТ 5264-80	РДС (ручная дуговая)	С1-С40, У1-У10, Т1-Т9, Н1-Н2
ГОСТ 14771-76	В защитном газе (MIG/MAG/TIG)	С1-С27, У1-У10, Т1-Т10, Н1-Н4
ГОСТ 8713-79	Под флюсом (SAW)	С1-С28, У1-У8, Т1-Т6, Н1-Н2
ГОСТ 14806-80	Алюминий и сплавы	все типы
ГОСТ 16037-80	Трубопроводы стальные	С1-С53
ГОСТ 2.312-72	Условные обозначения	на чертежах (ЕСКД)

Типы соединений (буквы)

Различают четыре основных типа соединений:

С — стыковое (butt)

Свариваемые элементы расположены в одной плоскости, торцы примыкают друг к другу. Самое распространённое

соединение — для листового металла, трубопроводов, балок. Высокая прочность шва, эстетичный внешний вид, требует точной подгонки кромок.

У — угловое (corner)

Свариваемые элементы расположены под углом друг к другу и соединяются по торцам. Угол может быть 90° или другим. Применяется в каркасах, рамах, корпусных конструкциях.

Т — тавровое (tee)

Один элемент торцом примыкает к боковой поверхности другого под прямым или другим углом, образуя букву «Т». Самое прочное соединение для несущих конструкций — балок, ферм, опор.

Н — нахлёсточное (lap)

Свариваемые элементы расположены параллельно и частично перекрывают друг друга. Не требует точной подгонки, прост в исполнении. Применяется в тонколистовых конструкциях, где допустима асимметрия.

// Глава 03

Подготовка кромок

Геометрия кромок определяет, как ляжет шов и какое будет тепловложение. Без скоса варят тонкий металл (до 6 мм для одностороннего шва). При больших толщинах делают разделку кромок — скос, который позволяет проварить корень шва на всю глубину.

Типы разделки по толщине

ТОЛЩИНА, мм	РАЗДЕЛКА	ТИП ШВА	УГЛЫ СКОСА
до 4	Без скоса	C2, C7	—
4-8	Без скоса (двусторонняя)	C7, C2	—
8-16	V-образный (одност.)	C17, C25	$60^\circ \pm 5^\circ$
16-30	V с подрезом	C17	$50^\circ \pm 5^\circ$
16-60	X-образный (двуст.)	C25	50-60°
более 30	U-образный	C21	R = 6-10 мм

Параметры разделки

Угол скоса α — суммарный угол раскрытия кромок. Для V-образной разделки стандарт 60° (по 30° на каждую кромку). Меньше угол → меньше расход проволоки, но сложнее провар корня; больше угол → проще варить, но выше тепловложение и деформации.

Притупление с — нескошенная часть кромки в корне шва. Обычно 1–2 мм. Слишком малое притупление → прожог при сварке; слишком большое → непровар корня.

Зазор b — расстояние между кромками в корне. Для РДС: 0–2 мм для толщины до 6 мм, 2–4 мм для толщин больше. Для MIG/MAG: обычно 0–1 мм при сварке в среде CO₂. Зазор позволяет хорошо проварить корень и компенсирует усадку.

Усиление шва — выступ металла над основной поверхностью. По ГОСТ 5264-80 нормирован в зависимости от толщины: 0.5–2.5 мм для толщин до 30 мм. Чрезмерное усиление снижает усталостную прочность.

// Глава 04

Электроды покрытые

Покрытый электрод — металлический стержень с обмазкой, выполняющей сразу несколько функций: образование защитной газовой среды, шлаковая защита расплавленного металла, легирование шва, стабилизация дуги. Классификация — по ГОСТ 9466-75 и ГОСТ Р ИСО 2560-2023.

Типы покрытия

ПОКРЫТИЕ	ОБОЗН.	ПРИМЕНЕНИЕ	ПРИМЕР
Рутиловое	Р / R	Универсальное, новички, бытовая сварка	АНО-21, МР-3, ОЗС-12
Основное	Б / В	Ответственные швы, низкие Т, прочн. стали	УОНИ-13/55, УОНИ-13/65
Целлюлозное	Ц / С	Трубопроводы, корневые проходы	ЛВ-52U, ОЗС-29
Кислое	А / А	Углеродистые стали, разделочные швы	ОММ-5, СМ-11
Смешанное	РЦ, РБ	Гибридные свойства, спец. задачи	АНО-4, ОЗС-3

Маркировка по ГОСТ 9466-75

Маркировка содержит до 12 параметров. Пример: **Э50А-УОНИ-13/55-3,0-УДЗ** расшифровывается как:

Э50А — тип электрода (Э = сварочный, 50 = σ временное в кгс/мм², А = с гарантированным КСV)

УОНИ-13/55 — марка электрода (производственное обозначение)

3,0 — диаметр стержня в мм

УД — назначение (У = углеродистые и низколег. стали, Д = глубокий провар)

3 — группа толстопокрывых (Е430(3) — для верт./потолочных швов)

Популярные марки в РФ

МАРКА	ПОКРЫТИЕ	ПРИМЕНЕНИЕ	ТОК
АНО-21	Рутил	Универс. для СтЗ, 09Г2С	AC/DC
МР-3	Рутил	Бытовая, лёгкие конструкции	AC/DC
ОЗС-12	Рутил	Углерод. стали до 14 мм	AC/DC
УОНИ-13/4 5	Основное	Низкоуглерод. в любом положении	DC обр.
УОНИ-13/5 5	Основное	Ответственные швы $\sigma=500$ МПа	DC обр.
УОНИ-13/6 5	Основное	Высокопрочные стали $\sigma=600$ МПа	DC обр.
ЦЛ-11	Основное	Нержавейка 12Х18Н10Т	DC обр.
ОЗЛ-8	Основное	Жаропрочные аустенитные	DC обр.
ОЗЧ-2	Основное	Чугун (холодная сварка)	DC прям.

// КРИТИЧНО

Электроды с основным покрытием перед сваркой **обязательно прокаливают** при 350–400 °С в течение 1 часа, иначе влага из покрытия попадёт в шов и образует поры. Рутитовые электроды прокалки не требуют (но желательна 100–150 °С при сырости).

// Глава 05

Сварочная проволока

Сварочная проволока — основной расходный материал MIG/MAG-сварки и присадка для TIG. Российские стандарты: ГОСТ 2246-70 для стальной, ГОСТ 7871-75 для алюминиевой, ГОСТ 16130-90 для медных сплавов. Международная классификация — AWS (American Welding Society): ER70S-6, ER308L, ER4043 и т. д.

Стальная проволока ГОСТ 2246-70

МАРКА	ПРИМЕНЕНИЕ	AWS-АНАЛОГ
Св-08А	Конструкц. стали (Ст3, Ст5)	ER70S-3
Св-08Г2С	Универс. для MIG/MAG, низколег.	ER70S-6
Св-08ХГСМА	Низколегиров. ВКС	ER80S-G
Св-04Х19Н11М3	Нержавейка типа 12Х18Н10	ER316L
Св-06Х19Н9Т	Аустенит. 12Х18Н10Т	ER308L
Св-АМг5	Алюминий АМг5, АМг6	ER5356
Св-АК5	Алюминий АК5М7	ER4043

Диаметр и упаковка

Сварочная проволока для MIG/MAG выпускается в катушках D200 (5 кг — бытовая) и D300 (15 кг — производственная). Бочки 250 кг для роботизированных постов. Стандартные диаметры: 0,6 / 0,8 / 1,0 / 1,2 / 1,6 / 2,0 мм. На каждый мм толщины свариваемого металла — приблизительно 0,2 мм

проволоки.

ТОЛЩИНА, ММ	Ø ПРОВОЛОКИ, ММ	ТИПОВОЙ ТОК
до 1,5	0,6 — 0,8	60-100 А
1,5 — 3	0,8 — 1,0	100-180 А
3 — 6	1,0 — 1,2	180-250 А
6 — 12	1,2 — 1,6	250-350 А
более 12	1,6 — 2,0	350-500 А

Порошковая проволока

Альтернатива сплошной проволоке — порошковая (cored wire), с сердечником из шлаковой и газообразующей шихты. Обозначение по ISO/AWS начинается с букв E или T (например, E71T-1). Самозащитная (FCAW-S) работает без газа — удобно на ветру. Газозащитная (FCAW-G) — в стандартном защитном газе, даёт более чистый шов. Главное преимущество — высокая производительность наплавки и хорошее заполнение разделки в потолочном и вертикальном положениях.

// Глава 06

Защитные газы

Защитный газ выполняет три функции: оттесняет атмосферный кислород и азот от дуги, обеспечивает стабильное горение, влияет на форму и глубину провара. Классификация международная — ISO 14175:2008 и российская — ГОСТ ISO 14175-2010.

Группы газов по ISO 14175

Группа	Состав	Применение
I1	Ar 100%	Универс. инерт., TIG, MIG алюминия и цвет.
I2	He 100%	Толстые цвет. металлы, увелич. провар
I3	Ar + He	Алюминий толщ. >6 мм, нержа толстая
M11	Ar + ≤5% CO ₂	MIG нержавейка, импульсная сварка
M21	Ar + 5-25% CO ₂	MAG универсальный (наиб. распростр.)
M22	Ar + ≤3% O ₂	MAG нержа, тонкий лист
M23	Ar + O ₂ + CO ₂	Тройные смеси, лучшее формирование шва
C1	CO ₂ 100%	MAG углерод. сталей (бюджет)

Расход газа

Базовое значение по ВСН 416-81 для CO₂ — 6 л/мин. На практике для MIG/MAG расход 8-18 л/мин в зависимости от тока, диаметра сопла и условий. Для TIG — 5-12 л/мин (ГОСТ ISO 9692-1-2016), для алюминия 8-13 л/мин из-за активной окисляемости. При повышении расхода применяются поправочные коэффициенты K_y:

РАСХОД CO ₂ , Л/МИН	6	8	10	12
K_y к нормам	1,00	1,33	1,67	2,00

Свойства газов

ГАЗ	ПЛОТНОСТЬ, КГ/М ³	Т КИП., °С	ЦЕНА ₽/М ³ *
Аргон Ar	1,78	-186	600-800
Гелий He	0,178	-269	3500+
Углекислый CO₂	1,98	-78,5	350-450
Кислород O₂	1,43	-183	400-500
Ar+CO₂ (82/18)	1,82	—	550-700

* ориентировочные цены 2026 г., в баллонах 40 л; в м³ при нормальных условиях.

// Глава 07

Режимы ММА-сварки

При ручной дуговой сварке регулируется только сила тока — напряжение зависит от длины дуги, которую держит сварщик. Базовая зависимость по диаметру электрода: $I = (20+6d) \times d$ для $d \geq 3$ мм; $I = 30d$ для $d < 3$ мм. Или практическое правило — 20–30 А на каждый мм диаметра электрода.

Стандартная таблица тока

Ø ЭЛЕКТРОДА, ММ	ТОК, А (НИЖН.)	ТОЛЩИНА, ММ
1,6	30–50	1,0 — 2,0
2,0	50–80	1,5 — 3,0
2,5	70–110	2,0 — 4,0
3,0	80–140	3,0 — 6,0
4,0	120–200	5,0 — 10,0
5,0	170–250	8,0 — 14,0
6,0	250–300	12 — 20

Корректировка тока по положению шва

ПОЛОЖЕНИЕ	ПОПРАВКА ТОКА	МАКС. Ø ЭЛЕКТР.
Нижнее (РА)	базовое значение	6,0 мм
Горизонтальное (РВ)	–5 %	5,0 мм
Вертикальное (РФ/РГ)	–10...–15 %	4,0 мм

ПОЛОЖЕНИЕ	ПОПРАВКА ТОКА	МАКС. Ø ЭЛЕКТР.
Потолочное (PE)	-15...-20 %	4,0 мм

Полярность и род тока

Большая часть электродов работает на постоянном токе обратной полярности (электрод «+», заготовка «-»). Это даёт большой нагрев электрода, что обеспечивает стабильное плавление и тонкий равномерный шов. Прямая полярность (электрод «-») увеличивает нагрев заготовки и применяется для глубокого провара толстого металла. Переменный ток допустим только для специальных электродов (АНО-21, МР-3) — он даёт менее стабильную дугу.

Длина дуги

Оптимальная длина дуги — приблизительно равна диаметру электрода. Для рутиловых электродов — короткая дуга ($\leq d$), для основных — нормальная ($d...d+2$ мм). Слишком длинная дуга → разбрызгивание, плохая защита, поры. Слишком короткая → залипание электрода, неравномерный шов.

// Глава 08

Режимы MIG/MAG-сварки

Полуавтоматическая сварка требует согласования четырёх параметров: ток, напряжение, скорость подачи проволоки, расход газа. Связаны они формулами и общей физикой процесса. Базовая зависимость напряжения от тока для CO₂: $U = 14 + 0,05 \times I$. Для смесей Ar+CO₂ напряжение на 1-2 В выше при том же токе.

Базовые режимы для углеродистой стали

ТОЛЩИНА, ММ	Ø ПРОВ., ММ	ТОК, А	U, В	ГАЗ	РАСХОД, Л/МИН
0,8 — 1,5	0,6 — 0,8	60-100	17-19	CO ₂ или Ar+CO ₂	8-10
1,5 — 3	0,8 — 1,0	90-150	18-21	CO ₂	10-12
3 — 4	1,0 — 1,2	150-200	20-23	CO ₂	12-14
4 — 6	1,2	180-250	22-25	CO ₂ или M21	12-16
6 — 10	1,2 — 1,6	250-320	24-28	M21	14-18
10 — 16	1,6	300-400	26-32	M21	16-20
более 16	1,6 — 2,0	350-500	28-35	M21	18-22

Скорость подачи проволоки

Связана с током через формулу расплавления: $V_{пп} = (4 \times \alpha_r \times I) / (\pi \times d^2 \times \gamma \times 60)$, где α_r — коэффициент расплавления (≈ 11 г/А·ч для стали), I — ток, d — диаметр проволоки, γ — плотность металла ($7,85$ г/см³). На практике 1,2 мм проволока при 200 А подаётся со скоростью около 6 м/мин, 1,6 мм при 300 А — около 8 м/мин.

Формы переноса металла

ПЕРЕНОС	ТОК / U	ПРИМЕНЕНИЕ
Короткие замыкания	низкие	Тонкий лист, корень шва, верт./потолок
Капельный	средние	Универс. для толщин 3–8 мм
Струйный	высокие	Толстый металл, нижнее положение
Импульсный	программный	Тонколист, алюминий, нержа

Вылет электрода

Расстояние от наконечника горелки до конца проволоки (sticky-out). Чем больше вылет, тем сильнее нагрев электрода за счёт сопротивления, что увеличивает производительность плавления, но снижает стабильность и провар. Стандарт: **10-15 мм** для тонкого металла, **15-25 мм** для толстого. При работе с проволокой 1,2 мм вылет 15 мм оптимален.

// Глава 09

Режимы TIG-сварки

TIG (Tungsten Inert Gas) — самый требовательный и точный из ручных способов. Сварщик контролирует одновременно горелку, присадку и (часто) педаль тока. Базовое правило для тока: $\approx 30\text{--}40$ А на каждый мм толщины металла.

Вольфрамовые электроды (ГОСТ 23949-80, EN ISO 6848)

МАРКИРОВКА А	ЦВЕТ	СОСТАВ	ПРИМЕНЕНИЕ
WP	зелёный	Чистый W \geq 99,5%	AC для алюминия (формирует шарик)
WC-20	серый	W + 2% CeO ₂	Универс. для DC и AC, тонкий лист
WL-15	золотой	W + 1,5% La ₂ O ₃	Лучший выбор для DC, нержа
WL-20	небесный	W + 2% La ₂ O ₃	Универс. для DC, долгий ресурс
WT-20	красный	W + 2% ThO ₂	Устаревший (радиоактивный)
WZ-8	белый	W + 0,8% ZrO ₂	AC для алюминия высокий ток

Подбор диаметра вольфрама

ТОЛЩИНА МЕТАЛЛА	∅ ВОЛЬФРАМА	ТИПОВОЙ ТОК
до 1,5 мм	1,6 мм	20–80 А
1,5 — 3 мм	2,0 мм	60–130 А
3 — 6 мм	2,4 мм	120–200 А
6 — 10 мм	3,2 мм	180–280 А
более 10 мм	4,0 мм	250–400 А

Настройка TIG-аппарата (типовая)

Предпродувка газа (Pre-gas) — 0,3–0,5 с. Защищает зону сварки до зажигания дуги.

Ток поджига — $\approx 25\%$ от рабочего. Старт дуги бесконтактным HF или Lift-зажиганием.

Время нарастания (Up-slope) — 0,2–1,0 с. Плавный выход на рабочий ток предотвращает тепловой шок и микротрещины.

Время затухания (Down-slope) — 1,5–4,0 с. Заварка кратера в конце шва.

Постпродувка газа (Post-gas) — 5–8 с для углеродистой стали, **10–20 с** для нержавеющей и алюминия. Защищает остывающий шов от окисления.

Присадочные прутки для TIG

МАТЕРИАЛ	ПРИСАДКА (AWS/ГОСТ)	ЗАМЕТКИ
Углерод. сталь	ER70S-6 / Св-08Г2С	Универсал для Ст3, 09Г2С
Нержавейка 304	ER308L / Св-04Х19Н9	Под 12Х18Н10Т

МАТЕРИАЛ	ПРИСАДКА (AWS/ГОСТ)	ЗАМЕТКИ
Нержавейка 316	ER316L / Св-04X19H11M3	С молибденом
Разнородная	ER309L	Сварка нержа+углерод. сталь
Алюминий АМг	ER5356 / Св-АМг5	Для АМг3, АМг5, АМг6
Алюминий АК	ER4043 / Св-АК5	Литейные сплавы Al-Si
Медь	Бр.КМц3-1	Кремнистая бронза
Титан	BT1-00 / Grade 2	Особо чистый, защита снизу

// Глава 10

Особенности сварки разных металлов

Низкоуглеродистая сталь

$C \leq 0,25\%$. Ст3, 09Г2С, 17Г1С, 20. Свариваются без особых проблем любым способом. Подогрев не нужен до толщин 25–30 мм. Применяются стандартные электроды АНО, МР, УОНИ; проволока Св-08Г2С. Это самый простой и распространённый материал в строительстве и машиностроении.

Среднеуглеродистая и легированная сталь

$C = 0,25...0,6\%$. Стали 35, 45, 30ХГСА, 40Х. Высокая склонность к закалке зоны термического влияния → риск холодных трещин. Обязательны: основные электроды (УОНИ), предварительный подогрев 150–300 °С, медленное охлаждение, иногда отпуск шва. Сварка только постоянным током.

Высоколегированная нержавеющая сталь

12Х18Н10Т, 08Х18Н10, 10Х17Н13М2Т. Низкая теплопроводность → тепло концентрируется, высокий риск перегрева и межкристаллитной коррозии. Ток ниже на 15–20% от углеродистой стали. Газ для MIG — только смеси (никогда чистый CO_2). Для TIG — Ar или Ar+H₂. Зачистка только нержавеющей щёткой.

Алюминий и сплавы

АМг, АД, АК-серии. Оксидная плёнка Al_2O_3 плавится при 2050 °С (тогда как сам металл 660 °С). Для TIG обязателен переменный ток (AC), для MIG — обратная полярность DC с катодной очисткой или импульсный режим. Газ — только чистый аргон или Ar+He. Подача проволоки через Push-Pull горелку. Зачистка непосредственно перед сваркой и обезжиривание ацетоном.

Медь и сплавы

M1, M2, M1p, бронзы и латуни. Самая высокая теплопроводность из конструкционных металлов — тепло мгновенно рассасывается. Без предварительного подогрева до 200–600 °С (в зависимости от толщины) свариваться не будет. Лучший способ — TIG с гелиевой добавкой к аргону или MIG с импульсом. Кислород-содержащая медь не сваривается — образуется водородная хрупкость, нужна раскисленная медь M1p, M2p.

Титан и сплавы

BT1-0, BT1-00, BT6 (Grade 5). Самый требовательный к чистоте газа металл — даже след кислорода или азота → охрупчивание. Только TIG в среде особо чистого аргона (99,99%) с защитой и снизу шва (root protection). Поверхность тщательно очищается, обезжиривается. Послесварочные цвета побежалости от соломенного до синего допустимы; серый или фиолетовый — брак.

Чугун

СЧ (серый), ВЧ (высокопрочный), КЧ (ковкий). Высокое содержание углерода (2,5–4%) → практически не сваривается

обычными способами. Применяются специальные никелевые электроды (ОЗЧ-2, ОЗЖН-1) холодной сваркой короткими валиками с проковкой каждого после остывания. Для ответственных изделий — горячая сварка с подогревом до 600–700 °С и медленным охлаждением в горне.

// Глава 11

Расход материалов и расчёт

Производственные нормы расхода сварочных материалов в РФ устанавливает ВСН 416-81 «Общие производственные нормы расхода материалов в строительстве». В этом сборнике для каждого типа соединения по ГОСТам 5264-80, 14771-76, 8713-79 приведены конкретные значения расхода на 1 метр шва.

Базовая формула расхода проволоки/электрода

// ФОРМУЛА

N = G × K, где:

N — расход проволоки/электрода на 1 м шва (кг/м)

G — масса наплавленного металла на 1 м (кг/м)

K — коэффициент перехода металла (учитывает потери)

G = F × ρ × L / 10⁶, где:

F — площадь сечения шва (мм²)

ρ — плотность металла (для стали 7850 кг/м³)

L — длина шва (м)

Коэффициенты перехода K

СПОСОБ СВАРКИ	ТИП МАТЕРИАЛА	КОЭФ. K
MIG/MAG	сплошная проволока	1,05 —
		1,10

СПОСОБ СВАРКИ	ТИП МАТЕРИАЛА	КОЭФ. К
MIG/MAG	порошковая проволока	1,20 —
		1,30
TIG	с присадкой	1,05 —
		1,15
MMA	покрытые электроды (потери)	1,60 —
		1,70
SAW	под флюсом	1,02 —
		1,05

Для MMA коэффициент включает огарки (несгоревшие концы электрода), разбрызгивание и шлак.

Площадь сечения F по типу шва

ТИП ШВА	ФОРМУЛА F	ПРИМЕР (S=5 мм)
C1 (без скоса, односторонний)	$F \approx s \times 1,1$	5,5 мм ² /м
C7 (без скоса, двусторонний)	$F \approx s^2 \times 1,0$	25 мм ² /м
C17 (V-образный 60°)	$F \approx 0,5 \times s^2 \times \text{tg}30^\circ + 2c$	~8 мм ² (для 5 мм)
C25 (X-образный)	$F \approx s^2 \times \text{tg}30^\circ$	~14 мм ² (для 5 мм)
У/Г (угловой, катет К)	$F \approx 0,5 \times K^2 \times 1,1$	~14 мм ² (для К=5)

Расход защитного газа

Базовая норма расхода CO₂ для MAG-сварки по ВСН 416-81 — 6 л/мин. Для TIG в стандартных условиях по ГОСТ ISO

9692-1-2016 — 5-12 л/мин. Расход на 1 метр шва зависит от времени дуги, которое в свою очередь зависит от тока, диаметра проволоки и скорости сварки. Практическое правило: на каждые 100 А тока — 1 л/мин расхода газа дополнительно от базы.

Время дуги и общее время

// ВРЕМЯ ДУГИ

$$T_{\text{дуги}} = G / (\alpha_p \times I)$$

где α_p — коэффициент расплавления г/(А·ч):

- MMA: 9-10
- MIG/MAG: 11-12
- TIG: 4-5 (медленный процесс)

$T_{\text{общ}} = T_{\text{дуги}} / k_i$, где k_i — коэф. использования времени дуги: 0,6 в серийном производстве, 0,45 на сборочном участке, 0,25 на сложном монтаже.

// Глава 12

Дефекты сварных соединений

Классификация дефектов сварных швов установлена ГОСТ 30242-97 (идентичен ISO 6520-1). Все дефекты делятся на шесть групп по природе и расположению.

Группа 1 — Трещины (100)

Самый опасный класс дефектов. Делятся на горячие (образуются при кристаллизации шва, температура $\sim T_{\text{солидус}}$) и холодные (возникают после остывания, обычно из-за водорода или закалки). Холодные характерны для среднеуглеродистых и легированных сталей. Профилактика: основные электроды с прокалкой, предварительный подогрев, медленное охлаждение.

Группа 2 — Поры и пустоты (200)

Газовые включения в металле шва. Причины: влага в покрытии электрода, влажный газ, ржавчина и масло на кромках, недостаточный расход защитного газа, сквозняк в зоне сварки. Видимые поры — крупные на поверхности шва. Скрытые — внутри, выявляются УЗК или РК. Норматив: одиночные поры в пределах ГОСТ 23055-78 допустимы.

Группа 3 — Твёрдые включения (300)

Шлаковые (часто при многопроходной сварке без зачистки между слоями), оксидные (в TIG нержавеющей стали или алюминия при плохой защите), вольфрамовые (при касании электрода о ванну в TIG). Все приводят к концентрации напряжений и снижению прочности шва.

Группа 4 — Несплавления и непровар (400)

Несплавление — отсутствие связи между наплавкой и основным металлом или между слоями. Непровар —

недостаточное проплавление корня шва. Причины: малый ток, большая скорость сварки, малый угол разделки, плохая подготовка кромок. Один из самых распространённых дефектов и в то же время самых критичных для несущих швов.

Группа 5 — Нарушение формы (500)

Подрезы (углубления по краям шва, образуются при высоком токе и быстрой сварке), натёки (свисание металла на горизонтальном шве), вогнутость корня (при недостатке наплавки), смещение кромок, перекосы. Снижают усталостную прочность.

Группа 6 — Прочие дефекты (600)

Прожог (сквозное проплавление с вытеканием металла — при слабой подкладке или большом токе), брызги металла, частые касания вольфрама в TIG (поверхность шва), случайная дуга вне зоны сварки.

// Глава 13

Контроль качества сварных швов

Различают разрушающий и неразрушающий контроль. Разрушающий (механические испытания, металлографические исследования) применяется на образцах. Неразрушающий контроль (НК) — на готовых изделиях. Виды НК — по ГОСТ Р ИСО 17637-2024 и связанным стандартам.

Методы неразрушающего контроля

МЕТОД	АББР	ВЫЯВЛЯЕТ	ПРИМЕНЕНИЕ
Визуально-измерительный	ВИК	Внешние дефекты, формы	Обязательный первичный
Капиллярный	ПВК	Поверхностные трещины	Нержа, цветные, ответств.
Магнитопорошковый	МК	Поверхностные и подпов. трещины	Ферромагнитные стали
Ультразвуковой	УЗК	Внутренние дефекты	Толстый металл, трубы
Радиографический	РК	Все внутренние	Трубопроводы, ОПО
Вихретоковый	ВТК	Поверхностн. дефекты	Авиационные сплавы
Акустическая эмиссия	АЭ	Развивающиеся дефекты	Резервуары под давл.

Уровни качества по ISO 5817

УРОВЕНЬ	УСЛОВИЕ	ПРИМЕНЕНИЕ
B (high)	Высочайшие требования	Атомная, авиа, медицина
C (medium)	Средние требования	Машиностроение, трансп.
D (low)	Допустимые требования	Бытовое, второстепенное

Аттестация по НАКС

Для сварочных работ на объектах, подконтрольных Ростехнадзору (АЭС, нефтегазовые трубопроводы, мосты, сосуды под давлением, грузоподъёмные краны), требуется аттестация по системе НАКС — Национального Агентства Контроля Сварки. Аттестуются: персонал (НАКС-1), технологии (НАКС-2), материалы (НАКС-3), оборудование (НАКС-4). Свидетельства имеют срок действия и периодически продлеваются.

// Глава 14

Техника безопасности

Сварка относится к работам повышенной опасности. Базовые требования регламентируют ГОСТ 12.3.003-86 «Работы электросварочные», СНиП 12-04-2002, Правила охраны труда при работе на сварочных постах. Соблюдение СИЗ — обязательное.

Опасные факторы

Поражение электрическим током. Напряжение холостого хода сварочного аппарата 50–80 В, в импульсе TIG-HF до 8 кВ. При влажных перчатках или обуви опасно. Применяется функция VRD (Voltage Reduction Device) — снижение напряжения до 12 В после прерывания дуги.

УФ и ИК-излучение дуги. Сильнее, чем солнечное. Без защиты — ожог сетчатки («сварочный зайчик»), катаракта, ожог кожи. Маска DIN 9–13 обязательна.

Аэрозоли сварочные. Содержат оксиды металлов, фториды, озон. Особо токсичны при сварке нержавеющей стали (хром в шестивалентной форме). Местная вытяжка обязательна.

Разбрызгивание металла. Капли расплавленного металла до 1500 °С. Спецовка из брезента/спилка, краги, штаны без отворотов.

Шум от плазменной резки. До 100 дБА на удалении 1 м — выше предельно-допустимого. Беруши или наушники.

Обязательный комплект СИЗ

СИЗ	НОРМАТИВ	ЗАЩИТА
Маска-хамелеон	ГОСТ Р EN 379	Глаза, лицо, шея
Костюм брезентовый	ГОСТ 12.4.045	Тело от искр и капель
Краги сварщика	ГОСТ 12.4.183	Руки до локтя
Ботинки кожаные	ГОСТ 12.4.137	Ноги, диэл. подошва
Подшлемник негорючий	—	Голова, шея
Респиратор	ГОСТ 12.4.041	Органы дыхания

// ВАЖНО

При сварке внутри ёмкостей, резервуаров, колодцев — обязательны: **принудительная вентиляция, наблюдатель снаружи, сниженное напряжение холостого хода аппарата (≤ 12 В через VRD)**. Без этих мер — категорически нельзя.

// Глава 15

Полезные формулы

Ток ММА по диаметру электрода

$$I = (20 + 6d) \times d \text{ (для } d \geq 3 \text{ мм)}$$

$$I = 30 \times d \text{ (для } d < 3 \text{ мм)}$$

Практическое правило: 20–30 А на мм диаметра

Корректировка тока по положению

- Горизонтальное: $I \times 0,95$
- Вертикальное: $I \times 0,85 \dots 0,90$
- Потолочное: $I \times 0,80 \dots 0,85$

Напряжение дуги MIG (для CO₂)

$$U = 14 + 0,05 \times I \text{ [В]}$$

Для смесей Ar+CO₂: $U + (1 \dots 2 \text{ В})$

Скорость подачи проволоки

$$V_{\text{пп}} = (4 \times \alpha_p \times I) / (\pi \times d^2 \times \gamma \times 60) \text{ [м/мин]}$$

где $\alpha_p \approx 11 \text{ г/(А}\cdot\text{ч)}$ для стали MIG

Масса наплавленного металла

$$G = F \times \rho \times L / 10^6 \text{ [кг]}$$

F – мм², ρ – кг/м³, L – м

Расход проволоки/электрода

$$N = G \times K$$

$K = 1,05 \text{ (MIG)}, 1,1 \text{ (TIG)}, 1,6 \text{ (MMA)}$

Время дуги

$$T_{\text{дуги}} = G \times 1000 / (\alpha_p \times I) \times 60 \text{ [мин]}$$

α_p : MMA 9,5; MIG 11; TIG 4,5

Общее время с накладными

$$T_{\text{общ}} = T_{\text{дуги}} / k_{\text{и}}$$

$k_{\text{и}}$: 0,6 серия; 0,45 цех; 0,25 монтаж

Расход электроэнергии

$$W = U \times I \times \eta \times T_{\text{дуги}} / 1000 \text{ [кВт}\cdot\text{ч]}$$

$\eta \approx 0,85$ для инверторов

Глубина провара

$h \approx k \times \sqrt{(I/v)}$, где v – скор. сварки
Для углерод. стали $k \approx 0,0156$

// Глава 16

Справочные таблицы

Свойства основных металлов

МЕТАЛЛ	ρ , КГ/М ³	$T_{пл}$, °С	λ ВТ/(М·К)
Углеродистая сталь	7850	1450-1530	46
Нержавеющая сталь	7900-8000	1400-1450	15
Алюминий чистый	2700	660	237
АМг5	2660	600	125
Медь чистая	8960	1083	401
Латунь Л63	8500	900	109
Титан ВТ1-0	4500	1668	21
Чугун СЧ	7000-7300	1150-1250	50

Перевод единиц

ИСХОДНАЯ	В СИ	КОЭФ.
кгс/мм ²	МПа	× 9,81
кгс/см ²	МПа	× 0,0981
атм (физ.)	бар	× 1,01325
ккал	кДж	× 4,1868
л.с.	кВт	× 0,7355

ИСХОДНАЯ	В СИ	КОЭФ.
1 °С/мин	°С/с	× 0,01667

Цветовая маркировка вольфрама

ЦВЕТ	МАРКИРОВКА	ТИП
Зелёный	WP	Чистый вольфрам
Серый	WC-20	+2% CeO ₂
Золотой	WL-15	+1,5% La ₂ O ₃
Небесно-голубой	WL-20	+2% La ₂ O ₃
Красный	WT-20	+2% ThO ₂ (устар.)
Белый	WZ-8	+0,8% ZrO ₂

Расход материалов на 1 м шва (углерод. сталь)

ТИП ШВА	S ММ	ЭЛЕКТРОД. (ММА)	ПРОВОЛОКА (MIG)	АРГОН (TIG)
C2 (стык, без скоса)	4	0,090 кг	0,038 кг	90 л
C2	6	0,200 кг	0,082 кг	180 л
C17 (V-образный)	10	0,540 кг	0,225 кг	460 л
C25 (X-образный)	20	1,40 кг	0,580 кг	950 л

ТИП ШВА	S MM	ЭЛЕКТРОД. (ММА)	ПРОВОЛОКА (MIG)	АРГОН (TIG)
T1 (тавровый K=5)	—	0,180 кг	0,072 кг	155 л
T3 (тавровый K=8)	—	0,520 кг	0,210 кг	420 л

По ВСН 416-81, для нижнего положения шва. Для верт./потолочного применять коэф. 1,1-1,2.

// Глава 17

Действующая нормативная база

Список основных действующих стандартов, регламентирующих сварочное производство в РФ. Перед применением проверить актуальность по реестру Росстандарта.

Сварные соединения и швы

ГОСТ 5264-80 — Ручная дуговая сварка. Соединения сварные.

Основные типы

ГОСТ 14771-76 — Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные

ГОСТ 8713-79 — Сварка под флюсом. Соединения сварные

ГОСТ 14806-80 — Дуговая сварка алюминия. Соединения сварные

ГОСТ 16037-80 — Сварные соединения стальных трубопроводов

ГОСТ 2.312-72 — ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов

ГОСТ 11534-75 — РДС. Соединения под острыми и тупыми углами

ГОСТ 11533-75 — Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом

Материалы и электроды

ГОСТ 9466-75 — Электроды покрытые. Классификация и общие требования

ГОСТ 9467-75 — Электроды для сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей

- ГОСТ Р ИСО 2560-2023** — Электроды для дуговой сварки нелегированных сталей
- ГОСТ 2246-70** — Проволока стальная сварочная
- ГОСТ 7871-75** — Проволока сварочная из алюминия и сплавов
- ГОСТ 16130-90** — Проволока медная сварочная
- ГОСТ 23949-80** — Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся
- ГОСТ ISO 14175-2010** — Газы и газовые смеси для сварки и резки

Контроль качества

- ГОСТ 30242-97** — Дефекты соединений при сварке металлов плавлением
- ГОСТ Р ИСО 17637-2024** — НК сварных швов. Визуальный контроль
- ГОСТ 14782-86** — Соединения сварные. Ультразвуковой метод
- ГОСТ 7512-82** — Контроль радиографический
- ГОСТ 6996-66** — Сварные соединения. Методы определения механ. свойств
- ГОСТ ISO 5817-2022** — Сварка. Уровни качества для соединений плавлением

Производство и безопасность

- ГОСТ 12.3.003-86** — ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности
- ГОСТ 12.4.041-2001** — Средства индивидуальной защиты органов дыхания
- ГОСТ 12.4.045-87** — Костюмы сварщиков. Технические условия
- ГОСТ Р EN 379-2014** — СИЗ глаз. Фильтры автозатемнения для сварки
- ВСН 416-81** — Общие производственные нормы расхода материалов

ПБ 03-273-99 — Правила аттестации сварщиков (НАКС)

// Связь

Welding Point

Этот справочник — бесплатное приложение Welding Point к нашему каталогу 10 брендов сварочного оборудования с поставкой по всей России. КЕДР, СВАРОГ, ПТК, FoxWeld, StartWeld, Grovers, Triton, Aurora, TCC, Blueweld — наличие на складе в Москве, выезд на испытания, документы под 44-ФЗ и 223-ФЗ, гарантия до 5 лет.

// СВЯЗАТЬСЯ С НАМИ

Сайт: weldingpoint.ru

Телефон: 8 (800) 500-50-50

Email: sales@weldingpoint.ru

Telegram: [@weldingpoint](https://t.me/weldingpoint)

Москва, склад в Подольске. Отгрузка по РФ.

Другие наши бесплатные инструменты

- **Калькулятор стоимости сварного шва** — apps.weldingpoint.ru/calculator
- **Подбор режима сварки** — apps.weldingpoint.ru/modes
- **Этот справочник в свежей редакции** — apps.weldingpoint.ru/handbook.pdf

Welding Point · Москва · 2026. Информация носит справочный характер. Перед применением для ответственных конструкций уточните технологические режимы у производителя оборудования и проверьте по актуальной редакции ГОСТов. Не предоставляет рекомендаций по сварке

ядерно-опасных объектов и трубопроводов высокого давления — для таких задач необходима утверждённая ПТД и НАКС-аттестация.