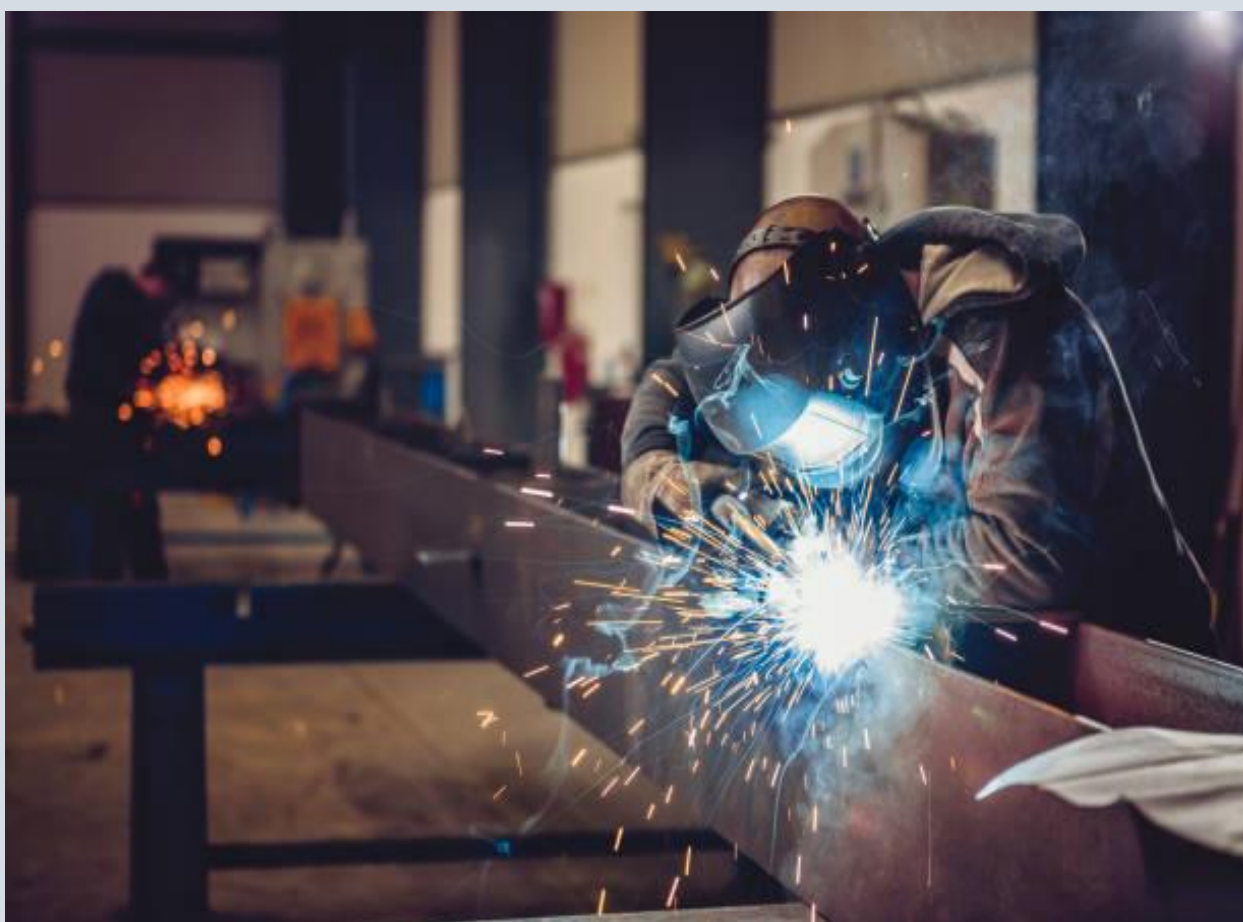


Учреждение образования «Пинский государственный колледж строителей»

«Теоретическое пособие по сварке»

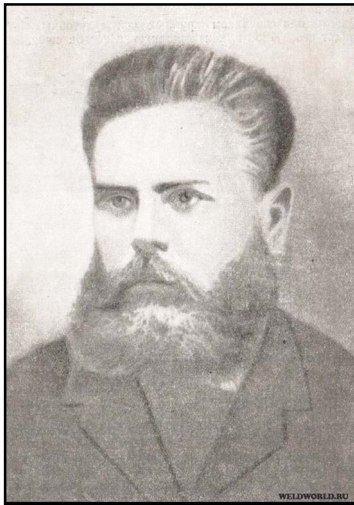


Пинск, 2023

История развития сварочного производства

В решение задач научно-технического прогресса важное место принадлежит сварке. Сварка является технологическим процессом, широко применяемая практически во всех отраслях народного хозяйства. С применением сварки создаются серийные и уникальные машины. Сварка внесла коренные изменения в конструкцию и технологию производства многих изделий. При изготовлении металлоконструкций, прокладке трубопроводов, установке технологического оборудования, на сварку приходится четвертая часть всех строительно-монтажных работ. Основным видом сварки является дуговая сварка.

Основоположниками сварки являются русские ученые и инженеры - В.В. Петров, Н.Н. Бенардос и Н.Г.Славянов. В 1802г. профессор физики Петров открыл и наблюдал дуговой разряд от построенного им мощного «вольтового столба». Этот столб или батарея был самым мощным источником электрического тока того времени. В то время электротехника только начинала создаваться, и открытие Петровым дугового разряда значительно опередило свой век.



Н.Н.Бенардос



В.В.Петров



Н.Г.Славянов

До практического применения дуги для целей сварки прошло 80 лет. Н.Н.Бенардос впервые применил электрическую дугу между угольным электродом и металлом для сварки. Он применил созданный им способ не только для сварки, но и для наплавки и резки металлов.

Другой русский изобретатель Славянов, разработал способ дуговой сварки металлическим электродом с защитой сварочной зоны слоем порошкообразного вещества, то есть флюса, и первый в мире механизм для полуавтоматической подачи электронного прутка в зону сварки. Способ сварки плавящимся металлическим электродом получил название «дуговая сварка по способу Славянова».

Изобретения Бенардоса и Славянова нашли заметное применение по тем временам, и в первую очередь на железных дорогах, а затем на нескольких крупных машиностроительных и металлургических заводах России.

Однако, несмотря на первоначальные успехи русских изобретателей в деле разработки и внедрения дуговой сварки, к началу XX века страны Европы опередили Россию.

Только после революции 1917г. сварка получила интенсивное развитие. В нашей стране тогда впервые в мире были разработаны новые высокопроизводительные виды сварки, это электрошлаковая, в углекислом газе, диффузная и другие. Фундаментальные исследования по разработке новых процессов и технологии сварки проводятся в ряде научно-исследовательских организациях, ВУЗах и крупных предприятиях судостроительной, авиационной, нефтехимической, атомной и других.

В настоящее время сваривают материалы толщиной от несколько микрон (в микроэлектронике) до нескольких метров (в тяжелом машиностроении). В настоящее время в промышленности свариваются практически все металлы. Широко внедряются механизированные способы, роботизированные комплексы.

Металлургия сварки

Каждый сварщик и даже любитель должен иметь некоторые знания в области металлургии, в идеале знания должны быть глубокими, ведь именно наука о металлах позволяет нам узнавать об уникальных свойствах каждого отдельного сварочного материала. К примеру, при сварке нержавеющей стали, которая включает в свой состав хром, который обеспечивает антикоррозионную устойчивость, и никель, который обеспечивает прочность стали, очень важно не выжечь хром, иначе она начнет ржаветь со временем. Кроме того, нержавеющая сталь может получить дефекты при неправильной подаче тепла при ее обработке, это лишь простые примеры, насколько важно знать и учитывать определенные свойства металлов. Многие непрофессионалы, да и профессиональные сварщики тоже часто считают, что чем больше и дольше варить, тем лучше. На самом деле соединение может получиться даже хуже, ведь дополнительное тепло может негативно повлиять на структуру и эксплуатационные качества деталей. Плюс к этому нужно добавить лишнее время, которое затрачивается на работу, увеличенный расход сварочных материалов, износ оборудования, проще говоря: худший результат за большие деньги. Изучение металлургии позволит значительно экономить финансовые средства и добиваться лучших результатов за меньшие деньги.



Металлургия в контексте сварки включает в себя химические, механические и физические свойства металлов.

Химические - наверно даже далекий от сварки человек не раз в своей жизни слышал и видел ржавчину на металле. Ржавчина является окислением металла, прямой результата воздействия кислорода на его поверхность. В сварочном деле особенно важным является момент блокирования сварочной ванны от попадания в нее кислорода.

Механические - изучают изменение и поведение металлов под напряжением и нагрузками. Здесь существует огромное множество критериев оценки свойства металла: хрупкость, твердость, пластичность, ковкость и так далее. Все эти факторы следует учитывать, к примеру, при выборе марки электродов.

Физические - свойства, связанные с воздействием тепла на металлы. Хороший сварщик должен непременно знать характеристики теплопроводности, температуру плавления металлов, которые он собирается сваривать, это позволит добиваться более высоких показателей качества его работы.

Одной из первых вещей, которую открыли в металлургии, была атомная структура металлов, именно из атомов составляется кристаллическая решетка материала. Только после изучения и понимания структуры материала можно начать понимать саму сущность процессов изменения металлов под воздействием высоких температур.

Обучение позволит узнать не только о материалах и процессах их обработки, но и о влиянии некоторых примесей на свойства металла. Например, при добавлении углерода в сталь, она становится прочнее, однако теряет пластичность, что делает ее более хрупкой. Существуют низко-, средне-, и высокоуглеродистые стали, для сварки актуален закон: чем больше углерода, тем сложнее сваривать.

Это лишь поверхность айсберга знаний под названием металлургия, изучение этой науке позволит всем и каждому выйти на новый профессиональный уровень, стать более ценным специалистом, делать работу эффективнее, чем раньше. Ученье свет!

Механические свойства металла

Во всех каталогах сварочных материалов мы видим механические характеристики наплавленного металла данным сварочным материалом – электродом, проволокой, комбинацией флюс-проволока, но знаем ли мы, что они означают? Попробуем разобраться.

Механические свойства характеризуют способность металлов и сплавов сопротивляться действию приложенных к ним нагрузок, а механические характеристики выражают эти свойства количественно.

К механическим свойствам металлов и сплавов относятся: прочность, упругость, пластичность, вязкость, твердость.

Прочность — способность металла или сплава сопротивляться разрушению под воздействием внешних сил.

Упругость — свойство металла или сплава восстанавливать свою первоначальную форму после прекращения действия внешних сил.

Пластичность — способность металла или сплава, не разрушаясь, изменять свою форму под воздействием внешних сил и сохранять измененную форму после прекращения их действия.

Вязкость — способность металла или сплава оказывать сопротивление быстро возрастающим (ударным) внешним силам.

Твердость — свойство металла или сплава сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела

Механические свойства металлов и сплавов определяются механическими испытаниями. Наиболее часто проводимые механические испытания металла можно разделить на следующие виды: испытание на растяжение для определения прочности, упругости, пластичности; испытание на ударную вязкость; испытание на твердость; кроме того, в отдельных случаях проводятся испытания на сжатие, изгиб, кручение, прочность при переменных нагрузках и истирание.

Основными характеристиками электродов являются механические свойства металла шва и сварного соединения: временное сопротивление разрыву, относительное удлинение, ударная вязкость, угол изгиба.

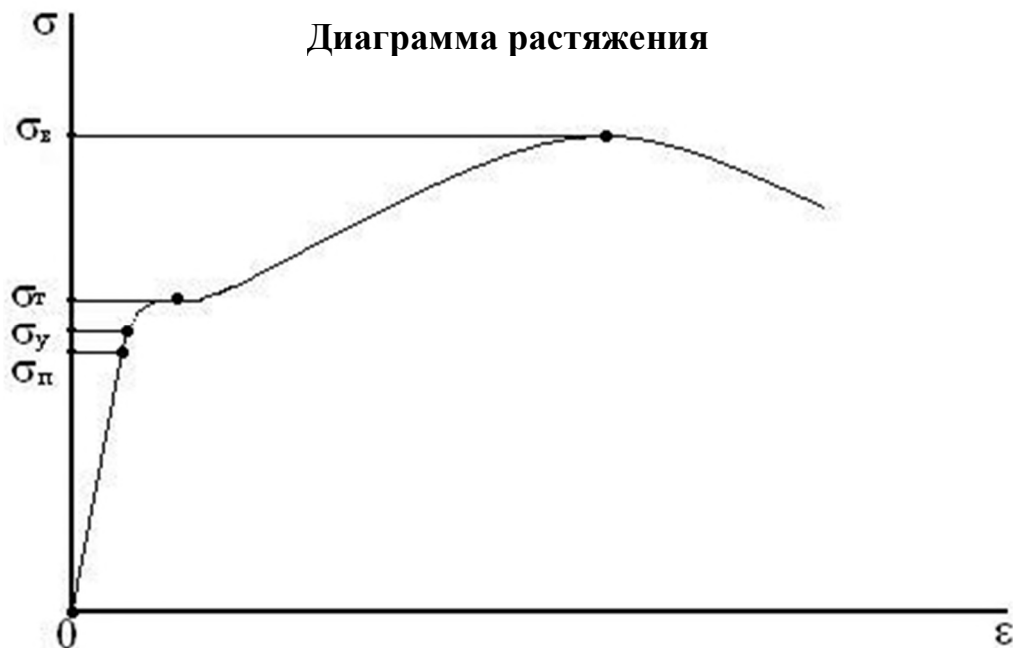
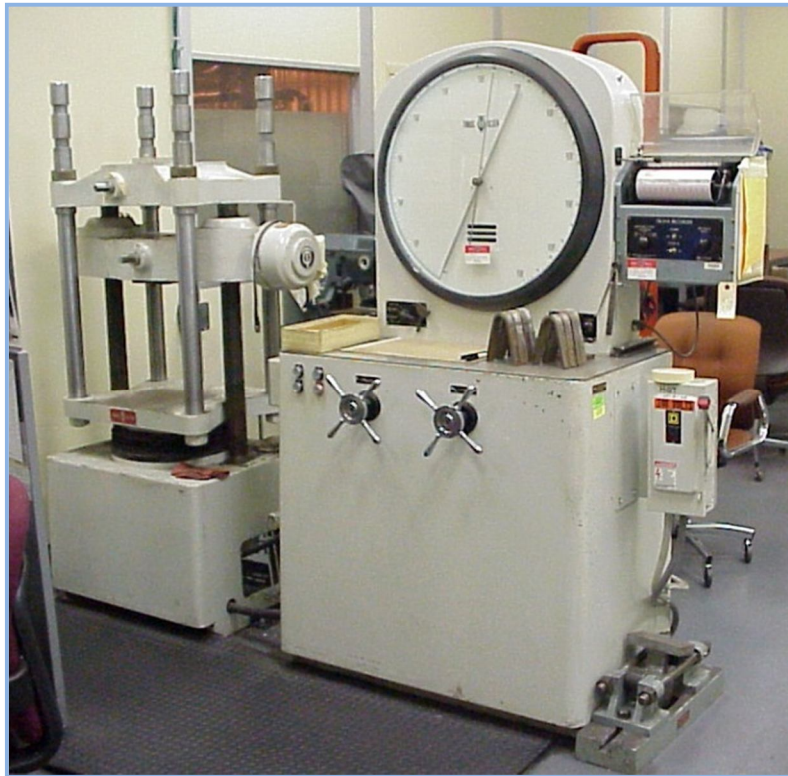
Диаграмма растяжения

Механические свойства материалов определяют на специальных образцах. В зависимости от условий приложения нагрузки различают статические и динамические испытания. При статических испытаниях нагрузка прилагается медленно и плавно возрастает. При динамических испытаниях ее приложение идет с высокой скоростью. Испытания могут выполняться при нормальной (комнатной) или повышенной температуре.

Предел прочности, предел текучести, относительное удлинение и сужение определяют при испытаниях на растяжение специальных образцов, которые выполняют на разрывных машинах. Образцы помещают в зажимы разрывной машины, затем растягивают до разрушения.



Машина для испытаний на растяжение



На диаграмме растяжения по вертикальной оси отложены величины нагрузок, а по горизонтальной - получаемые образцом удлинения. На диаграмме имеется несколько характерных точек, которым соответствуют различные напряжения.

σ_p - наибольшее напряжение, до которого материал следует закону Гука, называется пределом пропорциональности. До этой точки изменения длины образца пропорциональны нагрузкам, т. е. удлинение увеличивается во столько раз, во сколько раз увеличивается нагрузка.

Таким образом, пределом пропорциональности называется наибольшее напряжение, до которого сохраняется прямая пропорциональность между напряжением и деформацией.

Точка σ_u соответствует напряжению, называемому пределом упругости. Как видно из диаграммы, при дальнейшем увеличении нагрузки пропорциональность между напряжением и

удлинением нарушается, и прямая линия начинает отклоняться в сторону. Если довести образец до напряжения соответствующему пределу упругости и затем снять нагрузку, можно установить, что деформация полностью исчезает, т.е это наибольшее напряжение, до которого материал не получает остаточных деформаций

Пределом упругости называется наибольшее напряжение, при котором испытуемый образец еще сохраняет упругие свойства, т. е. возвращается к первоначальной форме после прекращения действия на него нагрузки.

Точки σ_p и $\sigma_{0.2}$ на диаграмме расположены очень близко друг к другу, поэтому практически предел упругости принимают равным пределу пропорциональности.

Точке $\sigma_{0.2}$ соответствует напряжение, называемое пределом текучести. Под пределом текучести понимается то напряжение, при котором происходит рост деформации без заметного увеличения нагрузки. В тех случаях, когда на диаграмме отсутствует явно выраженная площадка текучести, за предел текучести условно принимается величина напряжения, при котором остаточная деформация составляет 0,2%.

Точка $\sigma_{0.2}$ на диаграмме является началом горизонтальной площадки. В этот момент стрелка силомера испытательной машины останавливается, что указывает на удлинение образца без увеличения нагрузки. Горизонтальный участок на диаграмме, соответствующий удлинению образца при постоянной нагрузке, называется площадкой текучести.

Отношение максимальной силы, которую способен выдержать образец, к его начальной площади поперечного сечения носит название σ_{Bp} предела прочности или временного сопротивления. Предел прочности также является условной величиной.

Точке σ_{Bp} соответствует напряжение, отвечающее наибольшей нагрузке, предшествующей разрыву образца. Также σ_{Bp} называется временным сопротивлением разрыву.

Начиная с напряжения, отвечающего величине σ_{Bp} , деформация сосредоточивается в одном месте. На образце появляется местное сужение поперечного сечения, так называемая шейка. Дальнейшее удлинение образца может протекать при падении нагрузки, и в некоторый момент образец разрушается.



Кроме показателей прочности металла, которые фиксируются приборами испытательной машины путем замеров образца до испытания и после его разрыва, определяют пластические свойства металла, которые характеризуются относительным удлинением образца и относительным сужением площади его поперечного сечения.

Относительным удлинением называется отношение приращения длины образца после разрыва к его первоначальной расчетной длине, выраженное в процентах: $S = (L_1 - L_0 / L_0) * 100$ где,

L_0 - расчетная длина образца до разрыва в мм;

L_1 - длина образца между расчетными точками после разрыва в мм;

S - относительное удлинение в %.

У хрупких металлов и сплавов, которые разрушаются без пластической деформации, относительное удлинение близко к нулю. У сталей, применяемых для изготовления конструкций, относительное удлинение составляет 22—24%.

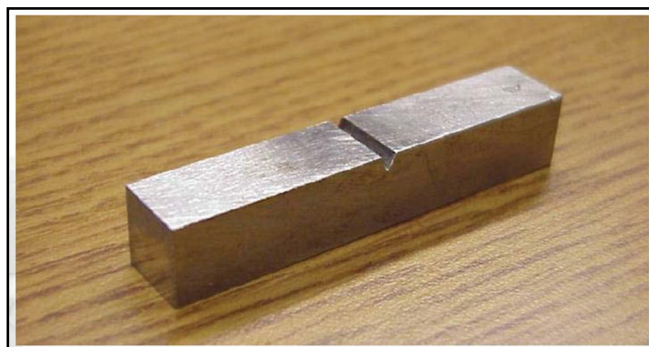
Ударная вязкость. Маятниковый копер

Испытание на ударную вязкость необходимо производить во всех случаях, когда металл предназначен для изготовления ответственных конструкций, которые в процессе эксплуатации подвергаются ударным воздействиям. Сопротивление стали ударным нагрузкам в большинстве случаев уменьшается с понижением ее температуры. Поэтому для стали, идущей на изготовление конструкций, работающих в условиях низких температур (подкрановые балки открытых эстакад, конструкции грузоподъемных кранов и др.), определение ударной вязкости является обязательным требованием.

Испытание металла на ударную вязкость выполняется на приборе, называемом маятниковым копром. Копер представляет собой станину с тяжелым маятником, шарнирно подвешенным к станине на штанге. У основания копра имеется площадка, на которую укладывают образец для испытания.

Из металла, который надо испытать, изготавливают образец (по ГОСТ 1524—42) в виде бруска длиной 55 мм и сечением 10×10 мм с поперечным надрезом посередине. Образец устанавливают на две опоры маятникового копра так, чтобы надрез его находился против места удара маятника.

Маятник поднимают и в поднятом положении закрепляют защелкой. В момент испытания освобождают защелку, маятник падает и ударяет по стороне образца, противоположной надрезу. В результате удара образец разрушается, а маятник по инерции проходит вперед, поднимаясь на высоту, меньшую первоначальной. Работа, затраченная на разрушение образца, будет равна: $A = G(h_1 - h_2)$, кгм, где G - вес маятника в кг; h_1 - высота, на которую первоначально был поднят маятник, в м; h_2 - высота, на которую маятник поднялся после разрушения образца, в м; A - работа, затраченная на излом образца, в кгм.



Разделив величину работы, затраченной на излом образца, на площадь сечения образца, выраженную в см², получим сопротивление образца удару, или ударную вязкость, которая выражается в килограммометрах на квадратный сантиметр площади сечения образца: $a_k \times (A/F)$, кгм/см² где F — площадь поперечного сечения образца в месте надреза в см²; A — работа, затраченная на излом образца, в кгм; a_k — величина ударной вязкости в кгм/см².

Ударная вязкость зависит от состава стали, наличия легирующих элементов и заметно меняется при изменении температуры. Так, у Ст3 ударная вязкость при +20°C составляет 0,5...1 МДж/м², а при -20°C - 0,3...0,5 МДж/м².

Проведение испытаний на ударную вязкость может иметь различное назначение:

1. Оценка поведения металла при динамических нагрузках, если детали или изделия из этого металла подвергаются в процессе эксплуатации таким нагрузкам, потому что, механические свойства при динамических нагрузках могут отличаться от тех, которые металл проявляет при статическом разрушении.

2. Контроль качества металла, поскольку динамические испытания более чувствительны к различным дефектам, возникающим в процессе производства и обработки (микротрещины, неметаллические включения, вредные примеси, неоднородность химического состава и структуры и т.д.)

3. Оценка склонности металла к хладноломкости, т.е. к переходу из вязкого состояния в хрупкое при понижении температуры. Статические испытания обычно не позволяют оценить склонность металла к переходу в хрупкое состояние и температуру этого перехода, т.к. при статических испытаниях образцы могут сохранять значительную пластичность при охлаждении до очень низких температур. Динамические испытания на изгиб образцов с надрезом являются наиболее жестким видом испытаний из всех стандартных испытаний механических свойств. Поэтому температура перехода в хрупкое состояние при динамических испытаниях выше, чем при статических, и поэтому она может быть определена при динамических испытаниях даже для таких материалов, которые при статических разрушаются вязко при самых низких температурах. Кроме того, проведение испытаний на ударную вязкость при низких температурах значительно проще, чем проведение статических испытаний.

Все это обуславливает то, что испытания на ударную вязкость, несмотря на указанные выше недостатки этой характеристики, являются основным способом оценки склонности металлов к хладноломкости.

Для исследования склонности металла к хладноломкости и определения температуры перехода в хрупкое состояние проводят серию испытаний на ударную вязкость при пониженных температурах. Температура резкого уменьшения ударной вязкости называется порогом хладноломкости. Часто переход из вязкого состояния в хрупкое, сопровождающийся значительным уменьшением ударной вязкости происходит в интервале температур. В таких случаях говорят о верхнем и нижнем пороге хладноломкости, т.е. о температуре начала и конца этого перехода. Иногда в таких случаях за критерий склонности металла к хладноломкости принимают условный порог хладноломкости, т.е. температуру при которой ударная вязкость получается не ниже определенной величины. Например по нормам Международного института сварки за критическую температуру принимают температуру, соответствующую ударной вязкости 3,5 кгм/см²; в США за критическую принимают температуру, соответствующую ударной вязкости от 2,1 до 4,1 кгм/см² (в зависимости от ответственности конструкций, для изготовления которых предназначается исследуемый металл).

Твёрдость металлов

Одной из наиболее распространенных характеристик, определяющих качество металлов и сплавов, возможность их применения в различных конструкциях и при различных условиях работы, является твердость. Испытания на твердость производятся чаще, чем определение других механических характеристик металлов: прочности, относительного удлинения и др.

Твёрдость металлов - сопротивление металлов вдавливанию. Твёрдость металлов характеризуется числом твёрдости. Наиболее часто для измерения твёрдость металлов пользуются методом вдавливания. При этом величина твёрдости равна нагрузке, отнесённой к поверхности отпечатка, или обратно пропорциональна глубине отпечатка при некоторой фиксированной нагрузке. Отпечаток обычно производят шариком из закалённой стали (методы Бринелля, Роквелла), алмазным конусом (метод Роквелла) или алмазной пирамидой (метод Виккерса, измерение микротвёрдости). Числа твёрдости указываются в единицах HB (метод Бринелля), HV (метод Виккерса), HR (метод Роквелла), где Н от английского hardness — твёрдость. Поскольку при определении твёрдости методом Роквелла пользуются как стальным шариком, так и алмазным конусом, часто вводятся дополнительные обозначения — В (шарик), С и А (конус, разные нагрузки). По специальным таблицам или диаграммам можно осуществлять пересчёт чисел твёрдости (например, число твёрдости по Роквеллу можно пересчитать на число твёрдости по Бринеллю). Выбор метода определения твёрдости зависит от исследуемого материала, размеров и формы образца или изделия и др. факторов.

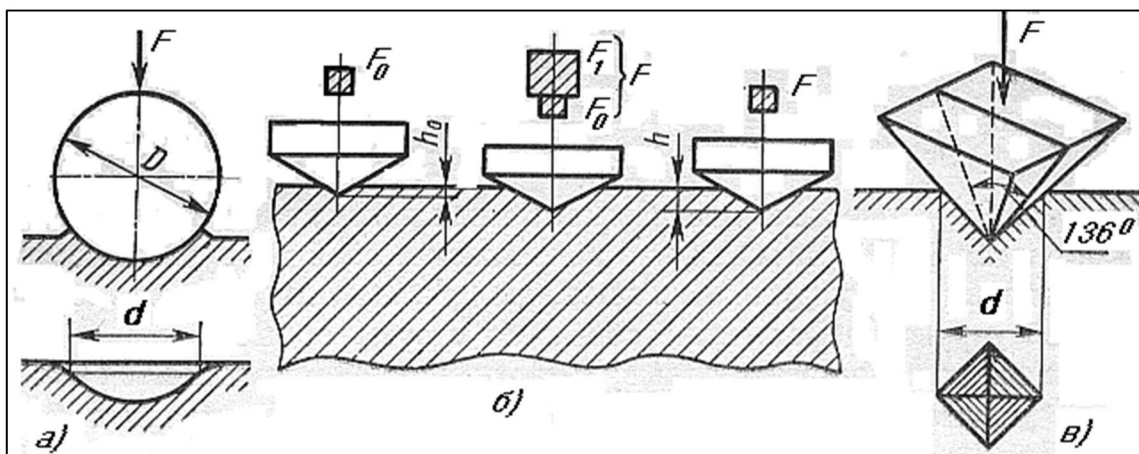


Схема определения твердости:
а) по Бринеллю; б) по Роквеллу; в) по Виккерсу

Твёрдость весьма чувствительна к изменению структуры металла. При изменении температуры или после различных термических и механических обработок величина твёрдости металлов и сплавов меняется в том же направлении, что и предел текучести; поэтому часто при контроле изменения механических свойств после различных обработок металл характеризуют твёрдостью, которая измеряется проще и быстрее.



Определение служебных характеристик металла шва и сварного соединения

Для обеспечения нормальной работы конструкции металл шва и сварного соединения должен обладать необходимой и достаточной прочностью и пластичностью, коррозионной стойкостью и другими свойствами. При современном уровне развития сварочной техники это условие удовлетворяется в подавляющем большинстве случаев.

Для определения прочности и пластичности металла шва и сварного соединения применяют комплекс испытаний, в том числе при статических и ударных нагрузках. Испытания механических свойств металла шва и сварного соединения при статических и ударных нагрузках (ГОСТ 6996-66) проводят при текущем контроле качества продукции и при исследовательских работах. Аналогичные испытания механических свойств сварных соединений проводят и в большинстве зарубежных стран.

Испытания, регламентированные ГОСТ 6996-66, предусматривают отбор образцов из реальных конструкций или из специальных образцов, сваренных в условиях, полностью повторяющих условия сварки реальной конструкции. Испытания обычно проводят при комнатной температуре. Однако по требованиям технических условий на данный вид продукции их можно проводить как при пониженных, так и при повышенных температурах. Выбор видов испытаний из числа предусмотренных стандартом, а также дополнительных, не вошедших в стандарт испытаний, устанавливается стандартами или техническими условиями на данный вид продукции. ГОСТ 6996-66 предусматривает:

- испытание металла шва на растяжение. Целью его является определение физического или условного предела текучести металла, его временного сопротивления при растяжении, относительного удлинения и сужения. Для исследования отдельных участков металла шва и околошовной зоны применяют не предусмотренные стандартом малые образцы с диаметром рабочей части 0,8; 1,0 или 1,2 мм. Испытания подобных образцов на растяжение проводят на специальных машинах с записью кривой усилие - деформация. Результаты испытаний малых образцов сравнивают с результатами испытаний аналогичных образцов, вырезанных из основного металла. Параллельно испытывают не менее двух образцов;

- испытание сварного соединения на растяжение. Целью его является определение прочности сварного соединения в целом или прочности металла шва в сварном соединении. Полученные при испытании результаты сравнивают с результатами испытания основного металла;

- испытание металла шва и металла отдельных участков околошовной зоны на ударный изгиб (на надрезанных образцах). Целью его является определение ударной вязкости испытуемого металла. Результаты, полученные при испытании, сравнивают со значением того же показателя для основного металла или с величиной, регламентированной стандартами или техническими условиями на данный вид продукции. Испытания, как правило, проводят при одной температуре и перед ними не ставится задача определения стойкости металла против перехода в хрупкое состояние. Они служат для текущего контроля правильности выбора технологии сварки и материалов. Для испытания применяют образец с полукруглым профилем надреза (надрез по Менаже) или с острым клиновидным надрезом (надрез по Изоду). Испытания образцов с надрезами различных типов дают несравнимые результаты.

Классификация и маркировка сталей.

Химический состав

Стаями принято называть сплавы железа с углеродом, содержащие до 2,14% углерода. В зависимости от химического состава различают стали **углеродистые и легированные**. Элементы, специально вводимые в сталь в определенных концентрациях с целью изменения ее строения и свойств, называются легирующими элементами, а стали – легированными.

В свою очередь углеродистые стали могут быть:

- **низкоуглеродистыми**, т. е. содержащими углерода менее 0,25%;

- **среднеуглеродистыми**, содержание углерода составляет 0,25-0,60%
- **высокоуглеродистыми**, в которых концентрация углерода превышает 0,60%

Легированные стали подразделяют на:

- **низколегированные** содержание легирующих элементов до 2,5%
- **среднелегированные**, в их состав входят от 2,5 до 10% легирующих элементов;
- **высоколегированные**, которые содержат свыше 10% легирующих элементов.

Назначение

Углеродистая сталь по назначению делится на конструкционную и инструментальную.

Легированная сталь по назначению делится на конструкционную и инструментальную и сталь с особыми физическими и химическими свойствами.

Конструкционные, предназначены для изготовления строительных и машиностроительных изделий. **Инструментальные**, из которых изготавливают режущий, мерительный, штамповый и прочие инструменты. Эти стали содержат более 0,65% углерода.

Стали с особыми физическими свойствами, например, с определенными магнитными характеристиками или малым коэффициентом линейного расширения: **электротехническая сталь, суперинвар**.

С особыми химическими свойствами, например, нержавеющие, жаростойкие или жаропрочные стали.

- **Жаростойкие (окалиностойкие) стали** – стали, обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности в газовых средах при температурах выше +550 0С и работающие в ненагруженном или слабонагруженном состоянии.

- **Жаропрочные стали** – стали, работающие в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной окалиностойкостью.

- **Хладостойкие стали** – стали, сохраняющие на протяжении неограниченно длительного времени под напряжением достаточные пластичность и вязкость при температурах от -100 до -269 0С и нечувствительные к концентраторам напряжений.

- **Коррозионностойкие (нержавеющие) стали** – стали, обладающие стойкостью против электрохимической, межкристаллитной, питтинговой, коррозии, коррозии под напряжением.

Качество

В зависимости от содержания вредных примесей: серы и фосфора-стали подразделяют на:

- Стали обыкновенного качества, содержание до 0,06% серы и до 0,07% фосфора.
- Качественные - до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно.
- Высококачественные - до 0,025% серы и фосфора.
- Особовысококачественные, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

Степень раскисления

По степени удаления кислорода из стали, т. е. по степени её раскисления, существуют:

- спокойные стали, т. е., полностью раскисленные, такие стали обозначаются буквами "сп" в конце марки (иногда буквы опускаются);
- кипящие стали - слабо раскисленные; маркируются буквами "кп";
- полуспокойные стали, занимающие промежуточное положение между двумя предыдущими; обозначаются буквами "пс".

Сталь обыкновенного качества подразделяется еще и по поставкам на 3 группы:

- сталь группы А поставляется потребителям по механическим свойствам (такая сталь может иметь повышенное содержание серы или фосфора);
- сталь группы Б - по химическому составу;

➤ сталь группы В - с гарантированными механическими свойствами и химическим составом. В зависимости от нормируемых показателей (предел прочности, относительное удлинение, предел текучести, изгиб в холодном состоянии) сталь каждой группы делится на категории, которые обозначаются арабскими цифрами.3

Конструкционные стали

Нелегированные конструкционные стали обыкновенного качества

Обозначают по ГОСТ 380-94 буквами "Ст" и условным номером марки (от 0 до 6) в зависимости от химического состава и механических свойств. Чем выше содержание углерода и прочностные свойства стали, тем больше её номер. Буква "Г" после номера марки указывает на повышенное содержание марганца в стали. Перед маркой указывают группу стали, причем группа "А" в обозначении марки стали не ставится. Для указания категории стали к обозначению марки добавляют номер в конце соответствующий категории, первую категорию обычно не указывают.

Например: Ст1кп2 - углеродистая сталь обыкновенного качества, кипящая, № марки 1, второй категории, поставляется потребителям по механическим свойствам (группа А); ВСт5Г - углеродистая сталь обыкновенного качества с повышенным содержанием марганца, спокойная, № марки 5, первой категории с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (группа В); Вст0 - углеродистая сталь обыкновенного качества, номер марки 0, группы Б, первой категории (стали марок Ст0 и Бст0 по степени раскисления не разделяют).

Обозначение стали	Содержание углерода
Ст0	< 0.23%,
Ст1	0.06 - 0.12%,
Ст2	0.09 - 0.15%,
Ст3	0.14 - 0.22%,
Ст4	0.18 - 0.27%,
Ст5	0.28 - 0.37%,
Ст6	0.38 - 0.49%.

Нелегированные конструкционные качественные стали

В соответствии с ГОСТ 1050-88 эти стали маркируются двухзначными числами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента: 05; 08; 10; 25; 40 и т.д. Так сталь с содержанием углерода 0.07 - 0.14% обозначается 10, сталь с содержанием углерода 0.42 - 0.50% - 45, а сталь с углеродом 0.57 - 0.65% - 60. При этом для сталей с $C < 0.2\%$, не подвергнутых полному раскислению, в обозначение добавляются буквы кп (для кипящей стали) и пс (для полуспокойной). Для спокойных сталей буквы в конце их наименований не добавляются. Например, 08кп, 10пс, 15, 18кп, 20 и т.д. Буква Г в марке стали указывает на повышенное содержание марганца. Например: 14Г, 18Г и т.д. Качественные стали с повышенными свойствами, используемые для производства котлов и сосудов высокого давления, обозначают по ГОСТ 5520-79 добавлением буквы К в конце наименования стали: 15К, 18К, 22К.

Конструкционные легированные стали

В соответствии с ГОСТ 4543-71 наименования таких сталей состоят из цифр и букв. Первые цифры марки обозначают среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента. Буквы указывают на основные легирующие элементы, включенные в сталь. Цифры после каждой буквы обозначают примерное процентное содержание соответствующего элемента, округленное до целого числа, при содержании легирующего элемента до 1.5% цифра за соответствующей буквой не указывается. Например, сталь состава С 0.09 - 0.15%, Cr 0.4 - 0.7%, Ni 0.5 - 0.8% называется 12ХН, а сталь состава С 0.27-0.34%, Cr 2.3-2.7%, Мо 0.2-0.3%, V 0.06-0.12% - 30Х3МФ. Для того, чтобы показать, что в стали ограничено содержание серы и фосфора ($S < 0.03\%$, $P <$

0.03%) и сталь относится к группе высококачественных в конце ее обозначения ставят букву А. Особовысококачественные стали, подвергнутые электрошлаковому переплаву, обеспечивающему эффективную очистку от сульфидов и оксидов, обозначают добавлением через тире в конце наименования стали буквы Ш. Например: 12Х2Н4А, 15Х2МА, 18ХГ-Ш, 20ХГНТР-Ш и др.

Литейные конструкционные стали

В соответствии с ГОСТ 977-88 обозначаются по тем же правилам, что и качественные и легированные стали. Отличие заключается лишь в том, что в конце наименований литейных сталей приводится буква Л, например, 15Л, 20Г1ФЛ, 35 ХГЛ и др. Строительные стали. Строительные стали по ГОСТ 27772-88 обозначаются буквой С (строительная) и цифрами, соответствующими минимальному пределу текучести стали. Буква К в конце наименования указывает на стали с повышенной коррозионной стойкостью, буква Т - на термоупрочненный прокат, а буква Д - на повышенное содержание меди. Например: С255, С345Т, С 390К, С440Д и т.д.

Шарикоподшипниковые стали

ГОСТ 801-78 маркируют буквами "ШХ", после которых указывают содержание хрома в десятых долях процента. Для сталей, подвергнутых электрошлаковому переплаву, буква Ш добавляется также и в конце их наименований через тире. Например: ШХ15, ШХ20СГ, ШХ4-Ш.

Автоматные стали

ГОСТ 1414-75 начинаются с буквы А (автоматная). Если сталь при этом легирована свинцом, то ее наименование начинается с букв АС. Для отражения содержания в сталях остальных элементов используются те же правила, что и для легированных конструкционных сталей. Например: А20, А40Г, АС14, АС38ХГМ

Инструментальные стали

Нелегированные углеродистые инструментальные стали

Данные стали в соответствии с ГОСТ 1435-90 делятся на качественные и высококачественные. Качественные стали обозначаются буквой У (углеродистая) и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в стали, в десятых долях процента. Так сталь У7 содержит 0.65 - 0.74% углерода, сталь У10 - 0.95 - 1.04%, а сталь У13 - 1.25 - 1.35%. В обозначениях высококачественных сталей добавляется буква А (У8А, У12А и т.д.). Кроме того, в обозначениях как качественных, так и высококачественных углеродистых инструментальных сталей может присутствовать буква Г, указывающая на повышенное содержание в стали марганца. Например: У8Г, У8ГА.

Инструментальные легированные стали

Правила обозначения инструментальных легированных сталей по ГОСТ 5950-73 в основном те же, что и для конструкционных легированных. Различие заключается лишь в цифрах, указывающих на массовую долю углерода в стали. Процентное содержание углерода также указывается в начале наименования стали, в десятых долях процента, а не в сотых, как для конструкционных легированных сталей. Если же в инструментальной легированной стали содержание углерода составляет около 1.0%, то соответствующую цифру в начале ее наименования обычно не указывают. Приведем примеры: сталь 4Х2В5МФ имеет содержание С 0.3 - 0.4%, Cr 2.2 - 3.0%, W 4.5 - 5.5%, Mo 0.6 - 0.9%, V 0.6 - 0.9%, а сталь ХВГ - С 0.9 - 1.05%, Cr 0.9 - 1.2%, W 1.2 - 1.6%, Mn 0.8 - 1.1%.

Быстрорежущие стали

Обозначают буквой "Р", следующая за ней цифра указывает на процентное содержание в ней вольфрама: В отличие от легированных сталей в наименованиях быстрорежущих сталей не указывается процентное содержание хрома, т.к. оно составляет около 4% во всех сталях, и углеро-

да (оно пропорционально содержанию ванадия). Буква Ф, показывающая наличие ванадия, указывается только в том случае, если содержание ванадия составляет более 2.5%. В соответствии с вышесказанным сталь Р6М5 имеет состав С 0.82 - 0.9%, Cr 3.8 - 4.4%, Мо 4.8 - 5.3%, V 1.7 - 2.1%, W 5.5 - 6.5%, а сталь состава С 0.95 - 1.05%, Cr 3.8 - 4.3%, Мо 4.8 - 5.3%, V 2.3 - 2.7%, N 0.05 - 0.1%, W 5.7 - 6.7% называется Р6АМ5Ф3

Нержавеющие стали

Обозначения стандартных нержавеющих сталей согласно ГОСТ 5632-72 состоят из букв и цифр и строятся по тем же принципам, что и обозначения конструкционных легированных сталей. В обозначения литейных нержавеющих сталей добавляется буква Л. Приведем примеры: нержавеющая сталь состава С < 0.08%, Cr 17.0 - 19.0%, Ni 9.0 - 11.0%, Ti 5*С - 0.7% обозначается 08Х18Н10Т, а литейная сталь 16Х18Н12С4ТЮЛ имеет состав С 0.13 - 0.19%, Cr 17.0 - 19.0%, Ni 11.0 - 13.0%, Si 3.8 - 4.5%, Ti 0.4 - 0.7%, Al 0.13 - 0.35%. В том случае, если стали получены методом электрошлакового переплава, к их наименованиям (также как и для легированных сталей) добавляется через тире буква Ш (06Х16Н15М3Б-Ш). Помимо этого к наименованиям указанных сталей через тире могут добавляться буквы, означающие следующее: ВД - вакуумно-дуговой переплав (09Х16Н4Б-ВД), ВИ - вакуумно-индукционная выплавка (03Х18Н10-ВИ), ЭЛ - электронно-лучевой переплав (03Н18К9М5Т-ЭЛ), ГР - газокислородное рафинирование (04Х15СТ-ГР), ИД - вакуумно-индукционная выплавка с последующим вакуумно-дуговым переплавом (ЭП14-ИД), ПД - плазменная выплавка с последующим вакуумно-дуговым переплавом (ХН45НВТЮБР-ПД), ИЛ - вакуумно-индукционная выплавка с последующим электронно-лучевым переплавом (ЭП989-ИЛ) и т.д.

Условные буквенные обозначения легирующих элементов в марках сталей

Элемент	Символ	Черные металлы	Элемент	Символ	Черные металлы
Алюминий	Al	Ю	Марганец	Mn	Г
Бериллий	Be	Л	Медь	Cu	Д
Бор	B	Р	Молибден	Mo	М
Ванадий	V	Ф	Никель	Ni	Н
Висмут	Bi	Ви	Ниобий	Nb	Б
Вольфрам	W	В	Селен	Se	Е
Галлий	Ga	Гл	Титан	Ti	Т
Иридий	Ir	И	Углерод	C	У
Кадмий	Cd	Кд	Фосфор	P	П
Кобальт	Co	К	Хром	Cr	Х
Кремний	Si	С	Цирконий	Zr	Ц
Магний	Mg	Ш			

Примеры расшифровки обозначения сталей:

12ХНЗА: содержание углерода - 0,12%, хрома - 1,0%, никеля - 3,0%, высокого качества;

30ХГСА: содержание углерода - 0,30%, хрома, марганца, кремния по одному проценту, буква "А" обозначает высокое качество;

19ХГН: содержание углерода - 0,19%, хрома, марганца, никеля по одному проценту;

15Х25Т: содержание углерода - 0,15%, хрома - до 25%, титана - до 1%;

08Х21Н6М2Т: содержание углерода - 0,08%, хрома - 21%, никеля - 6%, молибдена - 2%, титана - до 1 процента.

09Х16Н15М3Б: содержание углерода - 0,09%, хрома - 16%, никеля - 15%, молибдена - 3,0%, ниобия - до 1 процента

Характеристики электродов

Развитие научно-технического прогресса не отменило актуальности ручной дуговой сварки, которая по-прежнему широко применяется при изготовлении различных сварных конструкций. А, как известно, ручная дуговая сварка без использования штучных электродов невозможно. Большинство из наших современников прекрасно представляют себе, что сварные электроды выглядят как тонкий металлический стержень. Специалисты добавляют лишь то, что в зависимости от марки электрода на металлический стержень нанесено определенное покрытие. Свободный от покрытия конец стержня имеет длину около 30 мм. Это нужно для того, чтобы закреплять электрод в электрододержателе и обеспечить электрический контакт.



При плавлении любого электрода протекают кратковременные металлургические процессы между малыми объемами реагирующих веществ. Здесь используются высокие температуры в зоне сварки и интенсивное взаимодействие между металлом, шлаком и газом.

Сварочно-технологических свойств электродов.

Важнейшая характеристика электродов – это их сварочно-технологические свойства. На эти свойства сварочных материалов оказывает влияние следующие факторы:

- Состав покрытия стержня, его правильная, качественно подобранная рецептура
- Химический состав самого стержня.

Классификация электродов

Электроды, применяемые, для сварки и наплавки классифицируются

- по назначению (для сварки стали, чугуна, цветных металлов и для наплавочных работ).
- технологическим особенностям (для сварки в различных пространственных положениях, сварки с глубоким проплавлением)
- виду и толщине покрытия,
- химическому составу стержня и покрытия,
- характеру шлака,
- механическим свойствам металла шва
- способу нанесения покрытия (опресовка, окунание).

Основными требованиями для всех видов электродов являются:

- обеспечение стабильного горения дуги
- хорошее формирование шва;
- получение металла шва заданного химического состава,
- спокойное и равномерное расплавления электродного металла
- высокая производительность сварки,
- легкая отделимость шлака и достаточная прочность покрытий,
- сохранение физико-химических и технологических свойств электродов.

Самыми важными характеристиками электродов являются

- временное сопротивление разрыву,
- относительное удлинение,
- ударная вязкость,
- угол изгиба.

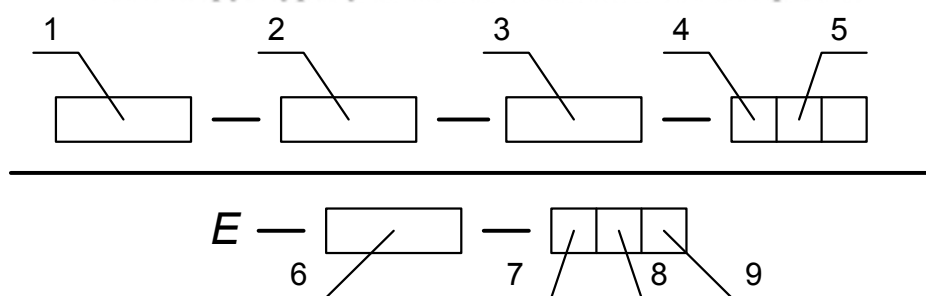
Условные обозначения электродов

Условные обозначения электродов, составлены в соответствии с требованиями стандартов на электроды:

1. ГОСТ 9466-75 "Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические требования"
2. ГОСТ 9467-75 "Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы."
3. ГОСТ 10051-75 "Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами. Типы."
4. ГОСТ 10052-75 "Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. Типы."

Условное обозначение электродов дает сведения об их основных характеристиках. Структура условного обозначения электродов, в соответствии с которой составлены обозначения, приводимые в каталоге, показана на схеме.

Схема структуры условного обозначения электродов:



- 1-тип;
- 2-марка;
- 3-диаметр, мм;
- 4-обозначение назначения электродов;
- 5-обозначение толщины покрытия ;
- 6-группа индексов указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва по ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 или ГОСТ 10052-75;
- 7-обозначение вида покрытия;
- 8-обозначение допустимых пространственных положений сварки или наплавки;
- 9-обозначение рода тока, полярности, номинального напряжения холостого хода источника переменного тока.

Рассмотрим все более подробно:

По типам электроды подразделяются по ГОСТ 9467, ГОСТ 10051 и ГОСТ 10052. При этом для сварки конструкционных сталей существует 14 типов, для сварки теплоустойчивых сталей - 9 типов, для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами - 49 типов и для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами - 44 типа электродов. Каждому типу электродов может соответствовать одна или несколько марок. Подразделение электродов на марки производится по стандартам или техническим условиям.

По ГОСТ 9467 электрод имеют следующие типы:

- Э38, Э42, Э46 и Э50 - для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа;
- Э42А, Э46А и Э50А - для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа, когда к металлу сварных швов предъявляют повышенные требования по пластичности и ударной вязкости;
- Э55 и Э60 - для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву от 500 до 600 МПа;
- Э70, Э85, Э100, Э125, Э150 - для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа.

Но электрод одного и того же типа, например Э42, можно получить с различными покрытиями, придающими электроду существенные технологические особенности, не отмеченные в ГОСТе. Поэтому сохраняется еще марка электродов, устанавливаемая изготовителем электродов и вносимая в паспорт электрода. Обозначения марок совершенно произвольны, и марка может отличаться, например, лишь количеством наносимого покрытия при том же составе.

Электроды изготавливаются по ГОСТ 9966-75 и подразделяются по назначению:

- **У** - для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа;
- **Л** - для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа, когда к металлу сварных швов предъявляют повышенные требования по пластичности и ударной вязкости;
- **Т** - для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву от 500 до 600 МПа;
- **В** - для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа;
- **Н** - для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами. Обозначение толщины покрытия 5;

По толщине покрытия электроды подразделяются на электроды с тонким, средним, толстым и особо толстым покрытием.

- **М** - с тонким покрытием, $D/d \leq 1,20$;
 - **С** - со средним покрытием, 1,20
 - **Д** - с толстым покрытием, 1,45
 - **Г** - с особо толстым покрытием, $D/d > 1,80$.
-

Характеристики наплавленного металла и металла шва углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву менее 600 МПа

Группа индексов	Минимальные значения показателей механических свойств наплавленного металла и металла шва при нормальной температуре		Минимальная температура Тх
	временное сопротивление разрыву Ов МПа	относительное удлинение	при KCV>34Дж/см ² , °С
370	370	При любом значении	При любом значении
410	410	<20	Нерегламентирована
411	410	20	+20
412	410	22	0
413	410	24	-20
414	410	24	-30
415	410	24	-40
416	410	24	-50
417	410	24	-60
430	430	<20	Не регламентирована
431	430	20	+20
432	430	22	0
433	430	24	-20
434	430	24	-30
435	430	24	-40
436	430	24	-50
437	430	24	-60
510	510	<18	Не регламентирована
511	510	18	+20
512	510	18	0
513	510	20	-20
514	510	20	-30
515	510	20	-40
516	510	20	-50
517	510	20	-60

По виду покрытия электроды подразделяются:

- с кислым покрытием – А
- с основным – Б
- с целлюлозным – Ц
- с рутиловым – Р
- смешанное – двумя буквами – АЦ, РБ и др.
- с прочими покрытиями – П.

Различают следующие виды покрытий: кислое, рутиловое, ильменитовое, основное, целлюлозное и смешанное.

Основу кислого покрытия электродов составляют оксиды железа, марганца и кремния. По механическим свойствам металла шва и сварного соединения электроды относятся к типам Э38 и Э42. Электроды с кислым покрытием не склонны к образованию пор при сварке металла, покрытого окалиной или ржавчиной, а также при удлинении дуги. Сварку можно выполнять постоянным и переменным током. Но при использовании таких электродов металл шва имеет повышенную склонность к образованию горячих трещин.

Рутиловые электроды обладают целым рядом преимуществ по сравнению с другими видами электродов. Они обеспечивают стабильное и мощное горение дуги при сварке переменным током, малые потери металла на разбрызгивание, легкую отделимость шлаковой корки, отлич-

ное формирование шва. Рутитовые электроды мало чувствительны к образованию пор при изменении длины дуги, при сварке влажного и ржавого металла и при сварке по окисленной поверхности.

В состав **ильменитового покрытия электродов** в качестве основного компонента входит ильменитовый концентрат (природный концентрат диоксида титана и железа). Такие электроды по свойствам занимают промежуточное положение между электродами с кислым и рутитовым покрытиями.

В **электроды с основным покрытием** входят карбонаты и фтористые соединения. Металл, наплавленный электродами с основным покрытием, по химическому составу соответствует спокойной стали. Благодаря низкому содержанию газов, неметаллических включений и вредных примесей, металл шва отличается высокими показателями пластичности и ударной вязкости при нормальной и пониженной температурах. Кроме того металл шва обладает повышенной стойкостью против образования горячих трещин. По механическим свойствам металла шва и сварных соединений электроды с основным покрытием относятся к электродам типа Э42А, Э46А, Э50А и Э60. Но по технологическим характеристикам электроды с основным покрытием уступают другим видам электродов. Их недостатки - высокая чувствительность к образованию пор при увлажнении покрытия и удлинении дуги. Сварка обычно ведется постоянным током обратной полярности. Перед сваркой электроды с основным покрытием требуют обязательной прокалки при температурах (250-420°С).

Целлюлозный тип покрытия содержит большое количество (до 50%) органических составляющих, как правило, целлюлозы. Металл, наплавленный целлюлозными электродами, по химическому составу соответствует полуспокойной или спокойной стали. По механическим свойствам металла шва и сварных соединений электроды с целлюлозным покрытием соответствуют электродам Э42, Э46 и Э50. Для целлюлозных электродов характерно образование равномерного обратного валика шва при односторонней сварке на весу, возможность сварки вертикальных швов способом сверху вниз. Но, в то же время металл шва содержит повышенное количество водорода.

В зависимости от пространственного положения сварки электроды подразделяются

- **1** - для всех положений;
- **2** - для всех положений, кроме вертикального сверху вниз;
- **3** - для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального сверху вниз;
- **4** - для нижнего и нижнего в лодочку.

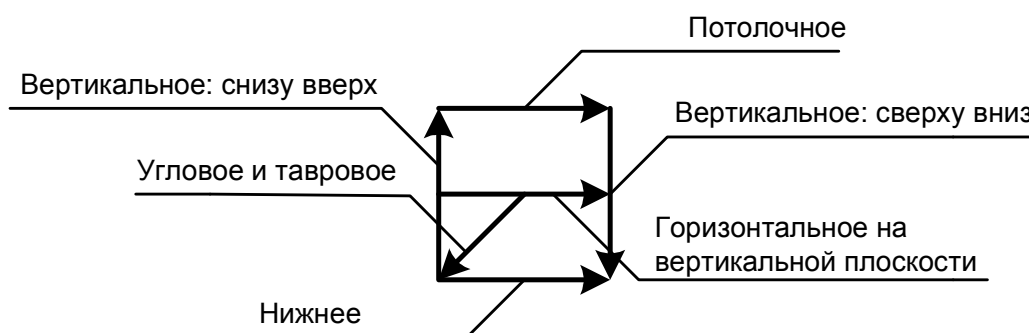
Электроды подразделяются по роду и полярности тока, а также по напряжению холостого хода.

- индекс **0** : полярность постоянного тока - обратная (+);
- **1**: полярность - любая (+/-), UXX трансформатора - 50В;
- **2**: прямая (-), 50В;
- **3**: обратная (+), 50В;
- **4**: любая (+/-), 70В;
- **5**: прямая (-), 70В;
- **6**: обратная (+), 70В;
- **7**: любая (+/-), 90В;
- **8**: прямая (-), 90В;
- **9**: обратная (+), 90В.

Пример обозначения электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву менее 600 МПа:

Электроды типа Э46А по ГОСТ 9467; марки УОНИИ-13/45, диаметром 3,0 мм; для сварки углеродистых и низколегированных сталей (У); с толстым покрытием (Д); с установленной по ГОСТ 9467 группой индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва - 432(5); с основным покрытием (Б); для сварки во всех пространственных положениях (1) на постоянном токе обратной полярности (0).

Условное обозначение положения сварки:



Обозначение электродов по международным стандартам

Обозначение электродов по международному стандарту ISO производится в зависимости от группы сталей, для сварки которых предназначен электрод.

ISO-2560 - электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей,

ISO-3580 – электроды для сварки высоколегированных сталей.

Пример обозначения электрода ОЗС-3 по ISO-2560:

	1	2	3	4	5	6
Е	43	2	RR	160	4	6

1. Обозначение предела прочности наплавленного металла:

- 43 - предел прочности σ_B от 430 до 510 МПа;
- 51 - предел прочности σ_B от 510 до 610 МПа.

2. Минимальное относительное удлинение:

- 0 - не регламентируется;
- 1 - 18-20%;
- 2 - 18-22%;
- 3 - 20-24%.

3. Тип покрытия:

- R - рутиловое,
- RR - рутиловое большой толщины,
- B - основное,
- C - целлюлозное,
- A - кислое,
- AR - рутилово-кислое;
- S - прочие.

4. Индекс, характеризующий производительность сварки (переход металла в шов). Изменяется от 100 до 200 %, обычно проставляется в электродах с железным порошком в покрытии и показывает процент повышения производительности.

5. Положение шва при сварке:

- 1 - все положения;
- 2 - все, кроме вертикального сверху вниз;
- 3 - нижнее, горизонтальное, вертикальное снизу вверх;
- 4 - нижнее;
- 5 - нижнее, горизонтальное вертикальное снизу вверх и сверху вниз.

В данном случае электрод ОЗС-3 содержит железный порошок в покрытии, поэтому положение сварки нижнее.

6. Индекс полярности и напряжения холостого хода источника питания:

- 0 - только обратная;
- 1 - любая, 50В;
- 2 - прямая, 50В;
- 3 - обратная, 50В;
- 4 - любая, 70В и т.д.

Пример обозначения электрода ЦЛ-17 по ISO-3580:

	1	2	3	4
E	5CrMoV	B	2	0

1. Химический состав наплавленного металла - 5% хрома, до 1% молибдена, до 1% ванадия.
2. Тип покрытия - то же, что в ISO-2560; B - основное и т.д.
3. Положение швов при сварке - то же, что в ISO-2560.
4. Индекс полярности и напряжения холостого хода источника питания - то же, что в ISO-2560.

Обозначение электрода по Европейскому стандарту EN-499. Пример обозначения электрода ОЗС-24М:

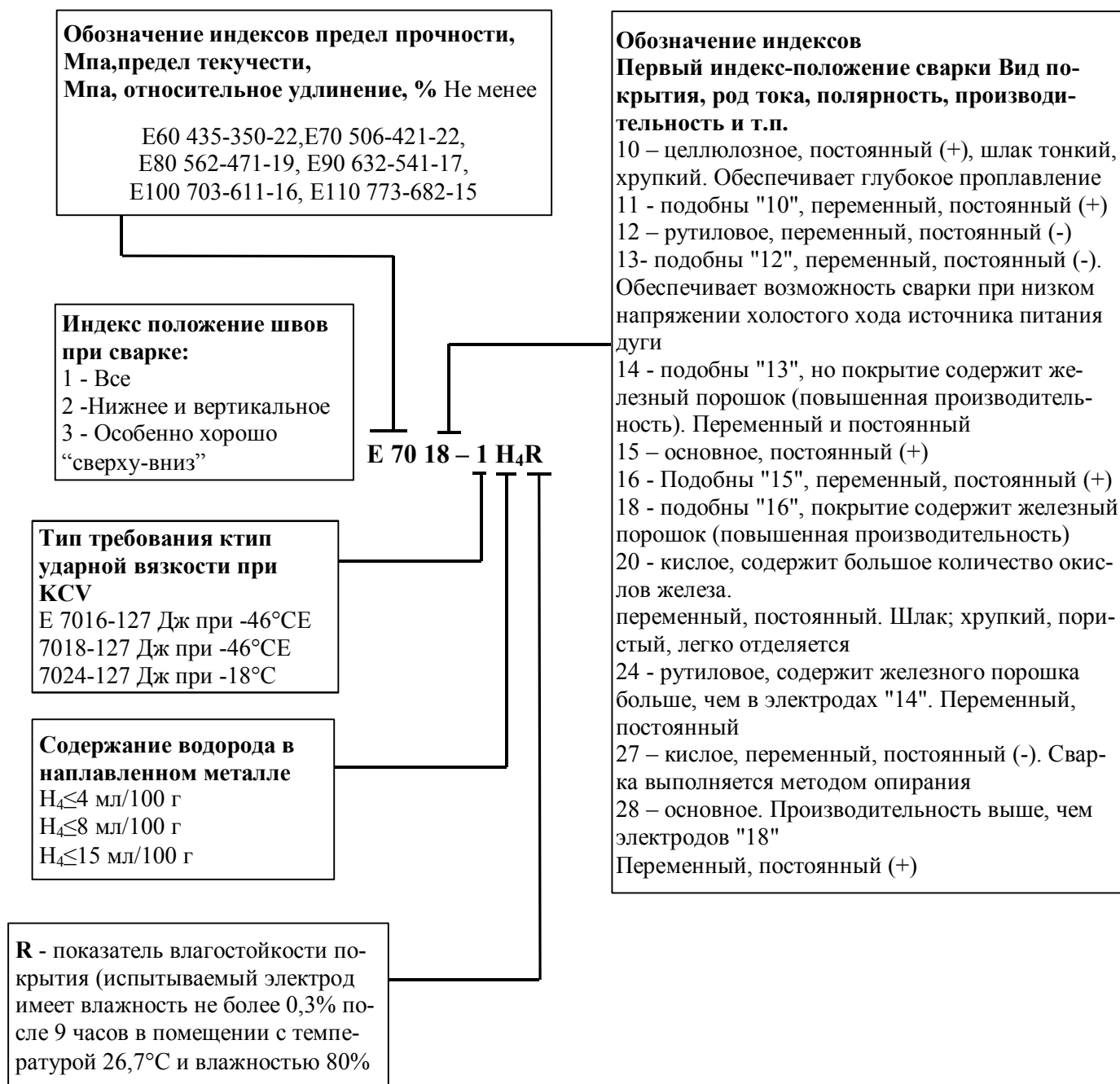
	1	2	3	4	5	6	7
E	50	6	3Ni	B	2	2	H10

1. Предел текучести наплавленного металла;
 - 35 – $\sigma_T=355$ МПа;
 - 38 – $\sigma_T=380$ МПа;
 - 50 – $\sigma_T=500$ МПа.
2. Обозначение пластичности. Минимальная температура эксплуатации, при которой обеспечивается ударная вязкость 47Дж/см²:
 - 1 - плюс 20°C;
 - 2 - минус 20°C;
 - 3 - минус 30°C;
 - 6 - минус 60°C.
3. Содержание легирующих элементов в наплавленном металле 3Ni - 3 % никеля.
4. Тип покрытия - обозначения те же, что в ISO-2560. B - основное.
5. Положение шва в пространстве - то же, что в ISO-2560; 2 - все положения, кроме вертикального сверху вниз.
6. Код производительности и рода тока:
 - 1 - производительность 105 %, ток постоянный и переменный;
 - 2 - производительность 105%, ток постоянный;
 - 3 - производительность 105-125 %, ток постоянный и переменный;
 - 5 - производительность 125-160 %, ток постоянный и переменный и т.д.;

➤ 8 - производительность больше 160 %, ток постоянный.

7. Обозначение содержания в наплавленном металле водорода H10 - максимальное содержание водорода 10мл на 100 г наплавленного металла

Классификация электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей в соответствии с AWSA5.1



Ниже приведены основные наиболее распространенные обозначения типов импортных сварочных материалов

E6013-6015 (AWS 5.1) - для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, с повышенными требованиями к пластичности и ударной вязкости при нормальных температурах. Аналог Э46А, Э50А, предел прочности до 520 МПа, удлинение 28-30%.

E7014-7015 (AWS 5.1) - для сварки ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, в том числе работающие при знакопеременных нагрузках и отрицательных температурах до -60°С. Сварка корневых швов трубопроводов. Аналог Э50, Э50А, предел прочности до 550 МПа, удлинение 26-30%.

E7016 (AWS 5.1) - для сварки односторонних труб и конструкций общего назначения, низкое содержание водорода, высокая степень проплавления для работы при отрицательных температурах до -50°C . Сварка корневых швов трубопроводов. Аналог Э50, Э50А, предел прочности до 540 МПа, удлинение 26-28%.

E7018 (AWS 5.1) - высокотехнологические электроды дающие качественный шов с высокой ударной вязкостью. Сварка тяжело нагруженных конструкций, судовых сталей. Аналог Э55, Э55А, предел прочности до 520 МПа, удлинение 28-30%.

Маркировка сварочной проволоки

Основным расходным материалом для процесса полуавтоматической и автоматической сварки является сварочная проволока. Автоматизированная сварка позволяет получить высококачественный сварной шов за счет непрерывности процесса, в котором расходующий электрод – проволока для сварки, постоянно подается в зону сварки со скоростью примерно равной скорости ее плавления, до момента завершения работы над швом.

Вообще марок сварочной проволоки существует 77 штук, и законодательно регулируется сварочная проволока ГОСТ 2246-70, желающие могут в нем найти подробные сведения о каждой марке. Мы же рассмотрим самые популярные марки и разберемся в расшифровке обозначений сварочной проволоки, которая позволит самостоятельно узнать состав и назначение любой сварочной проволоки по ее маркировке. Производство сварочной проволоки по ГОСТ 2246-70 осуществляется в трех классах:

- низколегированная сварочная проволока (6 марок),
- легированная сварочная проволока (30 марок),
- высоколегированная сварочная проволока (41 марка).

В легированной проволоке содержится от 2,5 до 10% легирующих элементов, в высоколегированной - более 10%. Проволока сварочная низколегированная содержит менее 2,5% легирующих элементов. По маркировке проволоки можно легко судить о ее химическом составе. Так условное обозначение Св-08Г2С может рассказать нам о следующем: две первые буквы Св указывают на то что данная проволока является сварочной, а следующие за ними буквы говорят о содержании различных элементов в металле проволоки: 08 - массовая доля углерода в сотых долях процента, в нашем случае 0,08% углерода. Из этого значения мы можем сделать вывод, что данная проволока низкоуглеродистая. Г - указывает на наличие в проволоке марганца, а цифра “2” обозначает двухпроцентное его содержание. С - говорит о наличии в составе кремния, а поскольку буквы цифра не указана, содержание данного элемента в сварочной проволоке менее 1%. По маркировке можно понять, что сварочная проволока Св08Г2С является легированной (суммарно более 2,5% кремния и марганца) низкоуглеродистой легированной проволокой.

Вот что обозначают другие буквы в маркировке сварочной проволоки: А - ставиться в конце маркировки, если проволока изготавливается из высококачественной стали с уменьшенным содержанием вредных примесей, таких как сера и фосфор. Две буквы в конце маркировки, стоящие подряд (АА) обозначают, что вредных примесей еще меньше и проволока изготовлена из металла высокой очистки. Буква “А” в самой маркировке обозначает наличие азота. С - как упоминалось выше - кремний. Х и Н - хром и никель соответственно, используются как легирующие добавки, когда изготавливается сварочная проволока для нержавеющей стали. В - вольфрам; Т - титан; Ю - алюминий; Ф - ванадий; Б - ниобий; Д - медь; М - молибден; С - кремний; Ц - цирконий;

Самые популярные марки сварочной проволоки

Следует сказать, что из 77 марок сварочной проволоки, предусмотренной ГОСТ 2246-70 в строительстве и производстве широко используются всего несколько, остальные являются специальными и применяются в машиностроении, энергетике, атомной промышленности и специальном строительстве, где к сварочной проволоке применяются особые требования. Если же говорить о рядовых нуждах, таких как общестроительные работы, сварка металлокон-

струкций из серийного черного или нержавеющей проката, кузовные работы - все предельно унифицировано.

Наиболее применяемая сварочная проволока для полуавтомата при работе с низколегированными сталями (к которым относятся 90% производимого металлопроката), является сварочная проволока 08Г2С и ее аналоги по международным классификациям, производимая на множестве заводов по всему миру, например UltramagSG3, GOLDG4Si1. В продажах сварочной проволоки для полуавтоматов Св08Г2С занимает до 98%, выпускается как в омедненном варианте (для защиты от коррозии), так и без защитного покрытия. Такая популярность объясняется широким спектром применения и высокой универсальностью, хорошими качествами сварного соединения и дешевизной производства Св08Г2С.

Проволока сварочная для газосварки и аргодуговой сварки поставляется в виде прутков длиной в 100 мм и представлена в основном марками СВ-08 и СВ08Г2А. Они хорошо подходят для сварки водопроводных труб, швеллеров и другого проката из низкоуглеродистых сталей. Сварочная проволока для нержавеющей стали в настоящее время фактически вся производится за рубежом, и такие марки как СВ06Х19Н9Т, СВ01Х18Н10 и СВ01Х19Н9 заменяют проволоки ER 308L Si и ER 316L Si.

Сварка алюминия и его сплавов.

Алюминий и его сплавы играют важную роль в современной промышленности. Это обусловлено тем, что большинство промышленных сплавов алюминия обладает рядом уникальных свойств: сочетание высоких механических свойств (высокая удельная прочность) и физических свойств (малая плотность, высокая теплопроводность, которая в 3-3.5 раза выше, чем у стали). Основными областями применения являются транспорт (авиационная промышленность, кораблестроение, вагоностроение), строительство (металлоконструкции общего назначения) и упаковочная промышленность.

Большинство промышленных сплавов представляют собой сложные металлургические системы. В качестве основных легирующих элементов для алюминия используют магний, марганец, медь, кремний, цинк, реже - никель, титан, бериллий, цирконий. Легирование алюминия марганцем или магнием способствует повышению его прочности. Суммарное содержание легирующих элементов, как правило, не превышает 15%. В зависимости от состава и количества легирующих элементов различают деформируемые и литейные сплавы алюминия. Наиболее распространены деформируемые алюминиевые сплавы.

В связи с тенденцией замены черных металлов алюминием и его сплавами во многих отраслях техники, строительства и транспорта эту замену следует осуществлять с учетом технико-экономических преимуществ того или иного сплава перед сталью. При использовании алюминиевых сплавов необходимо также учитывать их коррозионную стойкость и свариваемость.

Коррозионная стойкость алюминия и его сплавов определяется наличием на поверхности изделий плотной окисной пленки. Алюминий совершенно нетоксичен, чем определяется широкое применение его в пищевой промышленности. Он весьма стоек в окислительных средах. В связи с этим его используют в сосудах для транспортировки и получения азотной кислоты и т.п. Как правило, чем меньше примесей в техническом металле, тем выше его коррозионная стойкость. Алюминий и его сплавы совершенно непригодны для работы в щелочной среде.

Под свариваемостью понимают совокупность свойств, определяющих возможность получения сварных соединений определенного качества при данном способе сварки. Чем легче получаются качественные соединения, тем выше свариваемость сплава. Многогранное понятие «свариваемость» включает склонность сплавов к образованию трещин, пористости, механические свойства сварных соединений, коррозионную стойкость и пр. При сварке плавлением свариваемость зависит от химического состава сплава и его структуры, которая создается в результате металлургического передела слитка. Среди физико-химических характеристик металла наибольшее влияние на свариваемость оказывают наличие окисной пленки, химический состав, теплопроводность, температура плавления, плотность, коэффициенты теплопроводности и ли-

нейного расширения. Последнее приводит к тому, что уровень деформации алюминиевых сварных конструкций в 1.5-2 раза выше, чем у аналогичных стальных конструкций.

В настоящее время в России наиболее распространена аргонодуговая сварка неплавящимся электродом алюминия и его сплавов на переменном токе. Этот метод не является оптимальным для всех видов сварных соединений, т.к. имеет недостаточно высокую производительность. Механизированная сварка плавящимся электродом в среде аргона, например, обеспечивает в 4-5 раз большую производительность, но худшее удаление окисных пленок. Это должно отрицательно сказываться на механических свойствах сварных соединений. Механизированная импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом, которая пока мало применяется в России, устраняет этот недостаток

Особенности сварки алюминия и его сплавов

Технология сварки алюминия и его сплавов достаточно многообразна, виды сварки перечислены выше и имеют ряд особенностей. К числу основных особенностей сварки алюминия и его сплавов любым из перечисленных методов относятся: необходимость удаления окисной пленки с поверхности свариваемых изделий, тщательная подготовка под сварку, предварительный подогрев и др.

В естественных условиях производства и хранения алюминий покрывается слоем окиси, предохраняющим его от коррозии. На воздухе зачищенная поверхность сразу же покрывается новым слоем окиси, толщина которого восстанавливается практически в течение нескольких дней, надежно защищая металл от дальнейшего окисления.

Окисная пленка на поверхности алюминия и его сплавов затрудняет процесс сварки. Обладая высокой температурой плавления (2050°C) она не растворяется в жидком металле в процессе сварки. Попадая в ванну, она затрудняет сплавление между собой частиц металла и ухудшает формирование шва.

Материалы для сварки алюминия и его сплавов

Сварочная проволока. При дуговой сварке большинства соединений требуется проволока, металл которой заполняет зазоры, а также обеспечивает формирование шва в соответствии с размерами, установленными ГОСТ 14806-80. Кроме того, проволока позволяет изменять состав шва, что особенно важно при сварке различных алюминиевых сплавов. Требуемый для легирования состав проволоки выбирают с учетом химического состава свариваемых кромок и доли участия проволоки в образовании шва.

С введением легирующих элементов прочность металла шва повышается, а пластичность и коррозионная стойкость снижаются. Для большинства алюминиевых сплавов суммарное содержание в шве или зоне сплавления 5-8% легирующих элементов достаточно, чтобы по границам зерен образовался сплошной ободок из вторичных фаз. При такой структуре дальнейшее легирование не только не увеличивает, а даже несколько снижает прочность в результате концентрации напряжений по малопластичным вторичным фазам. Таким образом, для получения пластичных коррозионно-стойких соединений алюминиевые сплавы целесообразно сваривать менее легированными проволоками. Когда требуются сварные соединения повышенной прочности, наоборот, применяют более легированные проволоки с суммарным содержанием легирующих элементов не выше 6—7%.

Наличие максимума трещинообразования при сварке алюминиевых сплавов в каждой системе легирования определяет выбор проволоки, способной обеспечить соединениям повышенную стойкость против трещин. Чтобы повысить стойкость соединений против образования горячих трещин, при сварке сплавов менее легированных, чем сплав с максимальным показателем трещинообразования, применяют проволоку с пониженным содержанием легирующих элементов, тогда как более легированные сплавы сваривают проволоками с более высоким содержанием легирующих элементов.

В зависимости от предъявляемых к соединениям требований, для сварки каждого из алюминиевых сплавов обычно применяют несколько марок проволок. Наиболее простым подходом является применение универсальной проволоки, которая обеспечивает сварным соединениям достаточно высокие значения всех основных характеристик: стойкость против горячих трещин, прочность, пластичность и коррозионную стойкость. Остальные рекомендованные проволоки

обеспечивают соединениям повышенные значения одной из названных характеристик при удовлетворительных значениях всех остальных

Рекомендуемые марки проволок фирмы «Lincoln Electric» для сварки распространенных алюминиевых сплавов.

Свариваемый металл	Марка проволоки
Чистый алюминий А995	LNМ АL99.5 (состав проволоки А199,5)
Силумин, с содержанием Si до 7%	Superglase 4043(состав проволоки А199,5Ti)
Силумин, с содержанием Si до 7%	LNМ АLSi5 (состав проволоки А1S15)
Сплав АМг3 (до 3%Mg)	LNМ АlMg3 (состав проволоки АlMg3)
Сплав АМг5 (до 5%Mg)	LNМ АlMg3 (состав проволоки АlMg5)
Сплав АМг5 (до 5%Mg)	Superglase 5356 (состав проволоки АlMg5)
Сплавы АМг4, АМг5	LNМ АlMg4.5Mn (состав проволоки АlMg4,5Mn)
Сплавы АМг4, АМг5	Superglase 5183 (состав проволоки АlMg4,5Mn)

Защитные (инертные) газы. Для защиты расплавленного металла сварочной ванны и проволоки при сварке алюминия и его сплавов применяются инертные газы и их смеси: аргон высшего или первого сорта по ГОСТ 10157-79 и гелий особой или высокой чистоты по ГОСТ20461-75. Инертные газы аргон и гелий поставляются в баллонах.

Покрытые электроды. Для сварки алюминия и его сплавов применяют следующие наиболее распространенные марки покрытых электродов, производства России и других стран:

Электрод	Свариваемый сплав
ОЗА1	Технический алюминий Технический алюминий Литой сплав типа АЛ
АLSi5(«LE»)	Технический алюминий Технический алюминий Литой сплав типа АЛ
ОЗА2	Технический алюминий Технический алюминий Литой сплав типа АЛ
АLSi12 («LE»)	Технический алюминий Технический алюминий Литой сплав типа АЛ
АФ1	Технический алюминий Технический алюминий Литой сплав типа АЛ
ОК 96.20 («ESAB»)	Технический алюминий Технический алюминий Литой сплав типа АЛ
А1Ф	Технический алюминий Технический алюминий Литой сплав типа АЛ

Обзор наиболее распространенных способов сварки алюминия и его сплавов.

Для алюминия и его сплавов применяют практически все промышленные способы сварки плавлением. К основным методам сварки относятся: ручная дуговая сварка покрытыми электродами (ММА), аргонодуговая сварка неплавящимся вольфрамовым электродом с подачей присадочной проволоки (TIG), полуавтоматическая сварка в защитном газе. Другие виды сварки алюминия и его сплавов, такие как автоматическая сварка под слоем флюса и газовая сварка применяются значительно реже и рассматриваться не будут. Каждый способ сварки имеет свои особенности, которые необходимо учитывать для наиболее эффективного их использования при изготовлении изделий различного назначения

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами алюминия и его сплавов.

Ручную дуговую сварку покрытыми электродами применяют при изготовлении конструкций из технического алюминия, сплавов АМц и АМг, содержащих до 5 % магния, а также силумина. Толщина свариваемого металла лимитируется диаметром электрода. Минимальный диаметр электрода обычно составляет 4 мм, что вызвано трудностями сварки электродами малого сечения вследствие высокой скорости их плавления, но применяют электроды и меньшего диаметра. Алюминиевый электрод расплавляется в 2-3 раза быстрее стального. В связи с этим толщина свариваемого металла должна быть свыше 4 мм.

Наиболее приемлемым типом сварного соединения для алюминия является стыковое. Соединений внахлестку и тавровых избегают, так как возможно затекание шлака в зазоры, из ко-

торых его трудно удалить при промывке после сварки. Наличие шлака в зазоре может вызвать коррозию металла. Поэтому, этот метод сварки алюминия наиболее редко применяется в промышленности. Отличие от ручной дуговой сварки стальных металлоконструкций заключается в том, что алюминий имеет значительно более высокую теплопроводность, чем сталь. Это приводит к тому, что шлак при ручной дуговой сварке не успевает, в ряде случаев, удалиться из расплавленного металла сварного соединения ввиду малого времени нахождения сварочной ванны в расплавленном состоянии и остается в соединении в виде дефектов.

Сварку алюминия рекомендуется выполнять непрерывно в пределах одного электрода, так как при случайных обрывах дуги кратер покрывается пленкой шлака, препятствующей повторному зажиганию дуги. Такой же коркой покрывается конец электрода.

Для ручной дуговой сварки алюминия необходим подогрев (для металла средних толщин - до 250-300°C, для больших толщин - до 400°C), который позволяет получать требуемое проплавление при умеренных сварочных токах.

Обязательно прокаливание электродов перед сваркой. Например, для наиболее распространенных электродов, выпускаемых ОАО «Спецэлектрод» типов ОЗА-1, ОЗА-2 рекомендуется проковка при температуре 150-200°C в течение не менее 0,5 часа.

Сварку алюминия покрытыми электродами выполняют постоянным током обратной полярности. В качестве источников питания применяют достаточно специальные сварочные выпрямители с полого падающей внешней характеристикой и повышенным (более 80В) напряжением холостого хода. Указанные особенности выпрямителей, как следует из вышесказанного, соответствуют режимам сварки электродами с целлюлозным покрытием.

Аргонодуговая сварка неплавящимся вольфрамовым электродом с подачей присадочной проволоки (ТИГ).

Аргонодуговая сварка неплавящимся вольфрамовым электродом с подачей присадочной проволоки (ТИГ) наиболее распространенный способ сварки, применяющийся для изготовления сварных конструкций из алюминиевых сплавов ответственного назначения. Основным преимуществом процесса дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде защитного газа является отсутствие шлаковых включений, возможность работы на малых токах дуги (от 2А), возможность сварки тонких листов, включая фольгу, высокая устойчивость горения дуги во всем диапазоне токов, технологичность процесса.



Благодаря этому процесс широко используется при сварке алюминия и его сплавов. Сварка ведется на переменном токе

В качестве аргонодуговых горелок используют широкий спектр оборудования. Среди российских горелок наиболее распространены горелки северодвинской фирмы «Агни». Среди западных горелок наиболее распространены горелки фирмы «Abicor Binzel» (Германия). Как правило, до токов 250А выпускаются горелки с газовым охлаждением, а свыше 250 А — с водяным.

Сварка вольфрамовым электродом переменным симметричным током.

Электрическая дуга горит между изделием и неплавящимся вольфрамовым электродом. Для повышения стабильности горения электрической дуги рекомендуется тщательно затачивать конец вольфрамового электрода. Симметричность тока обеспечивает равную проплавляющую и очищающую способность электрической дуги. Это самый простой и распространенный способ аргонодуговой сварки. Максимальный сварочный ток выбирают в зависимости от диаметра вольфрамового электрода по уравнению:

$$I_{cb}=(60:65)d_{эл}, А$$

Вольфрамовый электрод следует располагать к изделию под углом 60-80. Угол между вольфрамовым электродом и присадочной проволокой обычно составляет 80-90. Расстояние от нижнего края торца сопла до изделия должно быть минимальным (5-10 мм), но достаточным для наблюдения за сварочной дугой и концом электрода. Увеличение этого расстояния приводит к ухудшению эффективности газовой защиты, требует повышенного расхода защитного газа. Надежность защиты в процессе сварки также определяется диаметром и формой сопла горелки. Рекомендуются следующие диаметры сопла горелки в зависимости от диаметра электрода:

Диаметр вольфрамового электрода, мм	2-3	4	5	6
Диаметр выходного отверстия сопла, мм	10-12	12-16	14-18	16-22

Сварка неплавящимся электродом диаметром 2-6 мм целесообразна для алюминия и его сплавов толщиной до 10 мм. В настоящее время большинство промышленных предприятий применяет вольфрамовые электроды немецкой фирмы «Abicor Binzel», которые имеют максимальный срок службы.

Сварка вольфрамовым электродом переменным асимметричным током.

По сравнению с аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом симметричным током, сварка асимметричным током алюминиевых сплавов расширяет технологические возможности за счет регулирования параметров тока прямой и обратной полярности. Как правило, регулировка асимметричности осуществляется в пределах 30% от амплитудного значения параметра. Преобладание составляющей тока прямой полярности приводит к увеличению глубины проплавления и скорости сварки, а также к повышению стойкости вольфрамового электрода. Преобладание тока обратной полярности улучшает очистку свариваемого металла от окисной пленки и улучшает качество формирования шва. Выбор правильного режима сварки в этом случае является задачей технолога.

Механизированная сварка плавящимся электродом непрерывным током

Механизированную сварку плавящимся электродом применяют для получения стыковых, тавровых, нахлесточных и других соединений алюминия и его сплавов толщиной 4-6 мм и более. Этот способ является самым производительным среди ручных видов сварки. За границей наиболее распространенный среди видов сварки алюминия.

Отличием механизированной сварки алюминия от традиционной механизированной сварки сталей является: использование аргона в качестве защитного газа, тефлоновых подающих каналов вместо стальных, специальной формы роликов в подающем механизме, специальных наконечников на горелках.

Электрическая дуга при этом способе сварки горит между изделием и плавящимся электродом (проволокой), который подается в зону дуги обычно с постоянной скоростью.

Надежное разрушение пленки окислов при механизированной сварке плавящимся электродом достигается лишь при питании дуги постоянным током обратной полярности. Механизм удаления окисной пленки в этом случае заключается в разрушении и распылении ее тяжелыми положительными ионами, бомбардирующими катод (эффект катодного распыления).

Недостатком способа сварки алюминия плавящимся электродом является некоторое снижение по сравнению со сваркой неплавящимся электродом показателей механических свойств. В частности, уменьшение прочности шва объясняется тем, что электродный металл, проходя через дуговой промежуток, перегревается в большей степени, чем присадочная проволока при сварке неплавящимся электродом. Также происходит худшее удаление окисной пленки, т.к. при аргонодуговой механизированной сварке непрерывным током сварочный процесс сопровождается короткими замыканиями, в момент которых катодное распыление отсутствует.

Для сварки, как правило, применяют проволоку диаметром 1.2-1.6 мм, так как из-за недостаточной жесткости сварка алюминиевой проволокой меньшего диаметра затруднена. Применение проволоки большего диаметра принципиально возможно, однако сварные соединения в этом случае получаются крупночешуйчатые, что ухудшает их внешний вид и механические свойства.

Наиболее применимы сварочные горелки немецкой фирмы «Abicor Binzel» с тефлоновым подающим каналом. Следует отметить, что в виду использования аргона, как защитного газа,

чаще всего применяют водоохлаждаемые модели горелок. Сопло горелки должно обеспечивать надежную защиту инертным газом жидкой сварочной ванны. Диаметр сопла горелки для механизированной сварки алюминия обычно 18-22 мм.

Механизированная импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом.

Повысить качество металла шва алюминиевых сплавов удастся применением техники управляемого переноса металла при импульсно-дуговой сварке.

Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом отличается от обычной тем, что на постоянный ток обратной полярности, получаемый от основного источника питания, накладываются кратковременные импульсы тока с определенной частотой. Импульсы генерируются импульсным устройством для получения мелкокапельного направленного переноса электродного металла через дугу при более низких значениях сварочного тока, чем это имеет место при естественном мелкокапельном переносе. Величину и длительность импульсов сварочного тока выбирают такими, чтобы можно было обеспечить управляемый перенос металла с торца электрода небольшими каплями в широком диапазоне токов. Как правило, в паузах между импульсами значение тока небольшое, но достаточное для поддержания горения сварочной дуги, при котором ввод теплоты в изделие уменьшается и отсутствует перенос металла.

Импульсно-дуговая сварка обеспечивает повышение механических свойств наплавленного металла и сварных соединений в целом, улучшает стабильность процесса, позволяет выполнять сварку в различных пространственных положениях с улучшенным формированием швов, существенно стабилизировать провар корня шва.

Общепринятое на территории стран СНГ мнение, что наиболее передовой метод сварки алюминия - это аргонодуговая сварка неплавящимся электродом на переменном токе - является не совсем правильным и вызвано несовершенством аппаратного оснащения других сварочных процессов. Современные полуавтоматы способны качественно сваривать алюминий, не хуже TIG методом, но стоимость такого оборудования не всегда доступна для покупателя. Метод аргонодуговой сварки на переменном токе целесообразно применять при сварке малых толщин (менее 1 мм) конструкций из алюминиевых сплавов или в труднодоступных местах. Этот метод уступает другим методам в 4-5 раз по производительности и по удельным энергозатратам процесса.

Материалы для сварки высоколегированной стали

Высоколегированные стали и сплавы являются важнейшими материалами, широко применяемыми в химическом, нефтяном, энергетическом машиностроении и других отраслях промышленности для изготовления конструкций, работающих в широком диапазоне температур. Благодаря высоким механическим свойствам при отрицательных температурах высоколегированные стали и сплавы применяют в ряде случаев и как хладостойкие.

Наибольшее распространение, в силу своих свойств, в машиностроении получили высоколегированные аустенитные стали. Высоколегированными аустенитными сталями считают сплавы на основе железа, легированные различными элементами в количестве до 55%, в которых содержание основных легирующих элементов — хрома и никеля обычно не ниже 18% и 8% соответственно. К аустенитным сплавам относят железоникелевые сплавы с содержанием железа и никеля более 65% при отношении никеля к железу 1:1,5 и никелевые сплавы с содержанием никеля не менее 55%. Соответствующий подбор легирующих элементов определяет свойства и основное служебное назначение этих сталей и сплавов.

Высоколегированные аустенитные стали и сплавы обладают комплексом положительных свойств. Поэтому одну и ту же марку стали иногда можно использовать для изготовления изделий различного назначения. В связи с этим и требования к свойствам сварных соединений будут различными. Это определяет и различную технологию сварки (сварочные материалы, режимы сварки, необходимость последующей термообработки и т.д.), направленную на получение

ние сварного соединения с необходимыми свойствами, определяемыми составом металла шва и его структурой.

Марки электродов для сварки высоколегированных сталей и сплавов.

Марка свариваемой стали	Марка электродов	Тип электрода по гост 10052 или тип наплавленного металла
08X18H10	ОЗЛ-8	Э-07X20H9
12X18H9	ОЗЛ-14А	Э-04X20H9
	ОЗЛ-36	Э-04X20H9
08X18H10Т 12X18H9Т 12X18H10Т 08X22H6Т 08X18H12Б 08X18H12Т 10X18H9ТЛ	ОЗЛ-14А	Э-04X20H9
	ОЗЛ-36	Э-04X20H9
	ОЗЛ-7	Э-08X20H9Г2Б
	ЦЛ-11	Э-08X20H9Г2Б
	ЦТ-15	Э-08X19H9Г2Б
	АНВ-23	Э-08X20H9Г2Б
03X18H11 03X19AG3H10	ОЗЛ-22	Э-02X21H10Г2
	АНВ-13	Э-02X19H9Б
03X13AG19 07X13AG20	ОЗЛ-8	Э-07X20H9
	ОЗЛ-14А	Э-04X20H9
	ОЗЛ-36	Э-04X20H9
	ОЗЛ-7	Э-08X20H9Г2Б
	ЦЛ-11	Э-08X20H9Г2Б
08X17H13M2Т 08X17H15M3Т	ОЗЛ-20	Э-02X20H14Г2M2
	АНВ-17	Э-02X19H18Г5AM3
10X17H13M2Т 10X17H13M3Т 08X21H6M2Т	Э400/10У	08X18H11M3Г2Ф
	НЖ-13	Э-09X19H10Г2M2Б
03X21H21M4ГБ	ОЗЛ-17У	03X23H27M3Д3Г2Б
	ОЗЛ-37-2	03X24H26M3Д3Г2Б
	АНВ-17	Э-02X19H18Г5AM3
06ХН28МДТ 03ХН28МДТ	АНВ-28	
10X23H18	ОЗЛ-6	Э-10X25H13Г2

Марки проволоки для сварки высоколегированных сталей и сплавов.

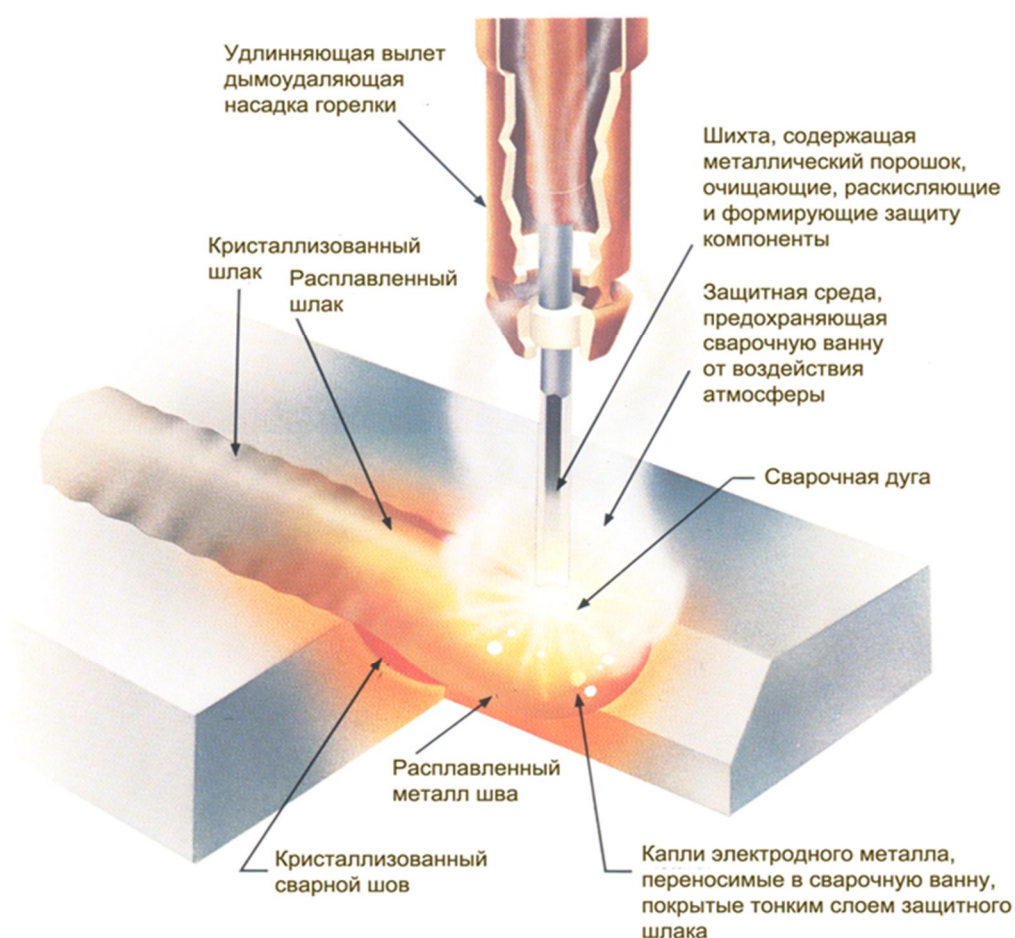
Марка свариваемой стали	Условия и требования эксплуатации изделий	Марка сварочной проволоки
03X18H11 03X18H12 03X18H10AG3 04X18H10 08X18H10Т 12X18H9Т 12X18H10Т 08X22H6Т 08X18H12Б 08X18H12Т 10X18H9ТЛ 10X17H12M2Т 0X17H13M3Т 08X21M2Т	Работа изделий в агрессивных средах типа азотной кислоты . Требования к металлу шва по стойкости к МКК, как в исходном состоянии, так и после кратковременной выдержки в интервале критических температур	СВ- 01X19H9
	Сварка разнородных сталей	СВ-07X25H13 СВ-07X19H10Б
	Сварка деталей емкостного и реакторного оборудования. Требования по стойкости металла шва к МКК не предъявляются	св-04X19H9, св-06X19H9Т св-04X19H9C2
	Температура рабочей среды выше 350оС. Требования по стойкости металла шва к МКК.	св-07X19H10Б св-05X20H9ФБС

Порошковые проволоки могут быть двух видов по способу применения и защиты от атмосферы - это порошковая газозащитная проволока и порошковая самозащитная проволока.

Виды порошковых проволок.

Порошковая газозащитная проволока.

Порошковая газозащитная проволока разработана для полуавтоматической и автоматической сварки углеродистых и низколегированных сталей в среде углекислого газа и его смесей с аргоном. Высокий уровень проплавления, характерный для этой проволоки, позволяет с успехом использовать её для выполнения угловых, стыковых и нахлесточных соединений в один или несколько проходов, как в полуавтоматическом, так и в автоматическом режимах. К характеристикам проволоки относятся - низкое разбрызгивание; легкая отделяемость шлаковой корки; стабильный струйный перенос; высокая сопротивляемость пористости и шлаковым включениям. Большинство типов проволоки позволяют осуществлять сварку во всех положениях. Химический состав выполненного этой проволокой шва соблюдается исключительно точно, как при использовании углекислого газа, так и при использовании аргоновых смесей.



Новые порошковые газозащитные проволоки позволяют достичь превосходной формы шва и очень низкого уровня разбрызгивания. Она сочетает в себе характеристики сплошной проволоки с преимуществами порошковой. Высокая скорость ведения шва, высокий коэффициент наплавки, малое дымление и низкое разбрызгивание отличают эту проволоку при использовании с защитными смесями с высоким содержанием аргона.

При сварке порошковой проволокой с дополнительной защитой углекислым газом по сравнению с применением монолитной проволоки диаметром 1,6—2,0 мм производительность повышается на 15—20%. Кроме того, повышенное разбрызгивание при сварке монолитной проволокой без защиты делает необходимым очистку поверхности соединения от брызг, на что ух-

дит 30—40% времени сварки. При сварке порошковой проволокой в углекислом газе, не требуется специальной операции по очистке от брызг.

При одинаковых катетах шва работоспособность сварных швов, выполненных порошковыми проволоками, является более высокой, чем при сварке электродами. Это объясняется лучшими механическими характеристиками металла шва — его большей прочностью при высокой пластичности, что дает возможность уменьшить катет швов, выполняемых порошковыми проволоками, на 25—30%. Это означает, что если при изготовлении 1 т металлоконструкций нужно, например, наплавить 20 кг покрытыми электродами, то порошковой проволоки только 15 кг.

Порошковая самозащитная проволока.

Порошковая самозащитная проволока позволяет отказаться от тяжелых и громоздких газовых баллонов, и всех связанных с ними хлопот - переаттестации, хранения, разрывов рукава, утечек газа, периодической заправки и т.п. Порошковая проволока осуществляет защиту сварочной ванны не потоком газа, как при обычной полуавтоматической сварке, а газовым пузырем, образующимся при испарении флюса, содержащегося внутри проволоки. От этой особенности следует и название “самозащитная проволока”. Порошковая проволока имеет еще одну важное качество - она позволяет работать при сильном ветре, который сдувает защитный газ со сварочной ванны при обычной полуавтоматической сварке в среде защитного газа. По технике выполнения сварка порошковой проволокой ничем не отличается от сварки сплошной проволокой.



Идея порошковой самозащитной проволоки - электрода, вывернутого наизнанку, — принадлежит инженерам компании Линкольн Электрик. Проволока с такими свойствами выпускается уже почти 50 лет. Проволока великолепно подходит для сварки на открытом воздухе, при ветре и экстремальных температурах. Сердечник содержит все защитные, шлакообразующие и деоксидирующие присадки. Тем самым отпадает необходимость в использовании какого бы то ни было внешнего защитного газа или флюса. К преимуществам этой проволоки также относятся:

- открытая дуга, позволяющая оператору аккуратно размещать наплавляемый металл и визуально следить за сварочной ванной;
- исключительно жёсткий контроль за химическим составом, позволяющий получать гарантированный состав шва;

- возможность сварки во всех положениях;
- отсутствие дополнительного оборудования для подачи флюса и газа, а, следовательно, компактность сварочного оборудования;
- проволока покрыта специальной смазкой и способна противостоять большому давлению подающих роликов.

Классификация проволок:

- проволоки для сварки в один проход при высокой скорости сварки;
- проволоки общего назначения;
- проволоки для сварки металлоконструкций;
- проволоки для сварки труб.

Ручная дуговая сварка.

MMA.



Ручная дуговая сварка MMA (Manual Metal Arc)

Ручная дуговая сварка (как разновидность электродуговой сварки) присутствует на большинстве производств России и мира. Ручная сварка (РДС) - это самый старый вид электросварки, который применяется достаточно часто – благодаря своей универсальности.

Общепринятые обозначения

РДС – ручная дуговая сварка (преимущественно в советской литературе);

MMA – Manual Metal Arc (Welding) – ручная металлическая дуговая сварка;

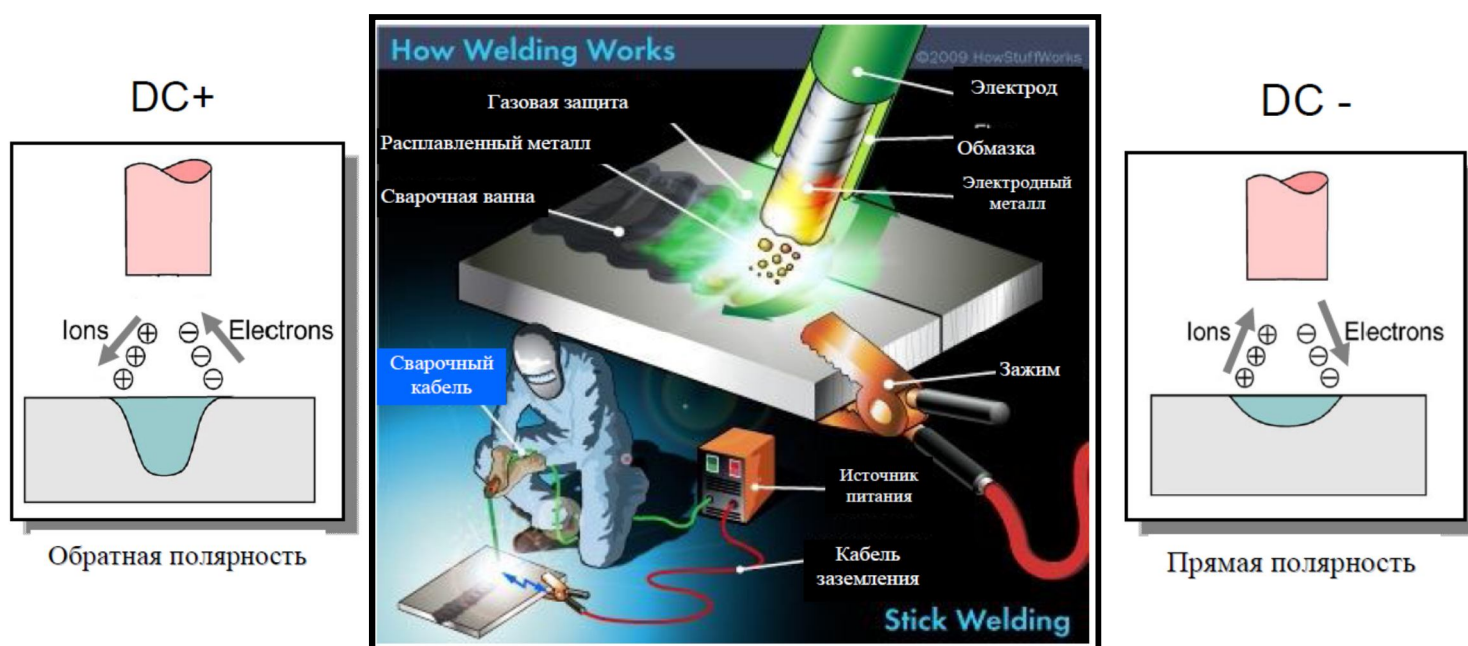
SMAW – Shielded Metal Arc Welding – металлическая дуговая сварка в защитной атмосфере;

E – международный символ ручной дуговой сварки.

Технология ручной дуговой сварки

Для образования и поддержания электрической дуги к электроду и свариваемому изделию (см. рисунок) от источника питания подводится сварочный ток (переменный или постоянный).

Если положительный полюс источника питания (анод) присоединен к изделию, говорят, что ручная дуговая сварка производится на прямой полярности. Если на изделии отрицательный полюс, то полярность обратная. При прямой полярности до 70% выделяемого тепла приходится на свариваемое изделие, при обратной полярности наоборот до 70% тепла концентрируется на электроде.



Под действием дуги расплавляются металлический стержень электрода (электродный металл), его покрытие и металл изделия (основной металл). Электродный металл в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну, где смешивается с основным металлом, а расплавленный шлак всплывает на поверхность.

Размеры сварочной ванны зависят от режимов и пространственного положения сварки, скорости перемещения дуги по поверхности изделия, конструкции сварного соединения, формы и размера разделки свариваемых кромок и т.д.

Длина дуги – расстояние от активного пятна на поверхности сварочной ванны до другого активного пятна на расплавленной поверхности электрода. В результате плавления покрытия электрода вокруг дуги и над сварочной ванной образуется газовая атмосфера, отесняющая воздух из зоны сварки для предотвращения его взаимодействия с расплавленным металлом. В

газовой атмосфере также присутствуют пары легирующих элементов, основного и электродного металлов.

Шлак, покрывая капли расплавленного электродного металла и поверхность сварочной ванны, препятствует их взаимодействию с воздухом, а также способствует очищению расплавленного металла от примесей.

По мере удаления дуги металл сварочной ванны кристаллизуется с образованием шва, соединяющего свариваемые детали. На поверхности шва образуется слой затвердевшего шлака.

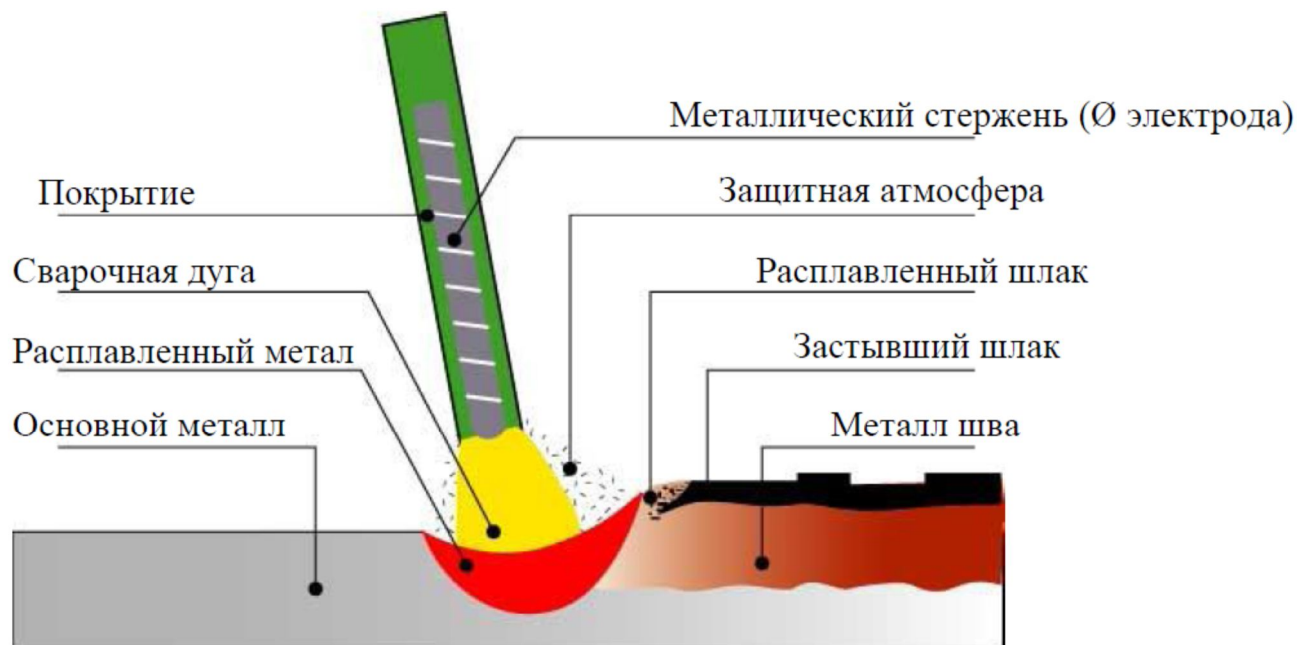


Рисунок. Ручная дуговая сварка

При Ручной дуговой сварке зажигание дуги, поддержание ее длины во время сварки, перемещение вдоль свариваемых кромок и подача электрода в зону горения дуги по мере его расплавления осуществляется сварщиком вручную. Качество сварки соединения во многом зависит от квалификации сварщика: умения быстро зажигать дугу, поддерживать необходимую ее длину, равномерно перемещать дугу вдоль свариваемых кромок, выполнять требуемые колебательные движения электрода при сварке, сваривать шов в разных пространственных положениях.

На данный момент существуют следующие основные виды сварочных аппаратов для дуговой сварки :

- **трансформаторы** (наиболее просты по устройству и эксплуатации);
- **генераторы** (автономные источники для сварочных аппаратов);
- **выпрямители** (более высокого уровня по сравнению с трансформаторами);
- **инвертор** (достижение в разработке сварочных аппаратов, уменьшение веса и энергозатрат);

Рассмотрим все типы сварочных источников подробнее

Сварочные трансформаторы



Сварочные трансформаторы

Трансформаторы сварочные (источники питания переменным током). Это самые простые, дешевые и распространенные аппараты из всех предназначенных для ручной электродуговой сварки. Предназначены для сварки и резки малоуглеродистых и низколегированных сталей, имеют наиболее простую конструкцию, неприхотливые в эксплуатации. Регулирование сварочного тока производится при помощи подвижного магнитного шунта. Сварка выполняется универсальными сварочными электродами марки АНО, ОЗС, МР.

Недостатки - дуга при использовании трансформаторов горит крайне неустойчиво, возбуждение дуги затруднено, а уровень разбрызгивания чрезвычайно высок. Получение сварочного шва достойного качества с хорошим внешним видом достаточно сложная задача, которая под силу только высококвалифицированным сварщикам.

Давно прошли времена, когда электросварщик таскал с собой на тележке неподъемный сварочный аппарат. Аппараты эти, впрочем, остались. При всех их недостатках в сравнении с современными (вес, габариты, сложность работы, значительное энергопотребление) сварочный трансформатор имеет два достоинства: он исключительно надежен в работе и относительно недорог. Для производств и предприятий это часто является решающим фактором. Однако оборудование такого класса уже доживает свой век.

Встречаются и такие экземпляры



Сварочные агрегаты (генераторы)

Сварочные генераторы представляют собой электромеханические устройства, состоящие из двигателя внутреннего сгорания, всех необходимых устройств для обслуживания двигателя, а так же мощного генератора и электронных устройств для его контроля. Думаю, многие уже поняли принцип работы такого сварочного аппарата: двигатель вращает вал, генератор преобразует эту механическую энергию в электричество, которое и зажигает сварочную дугу.

Преимущество такого аппарата очевидно - он способен работать в любых местах, даже там, где нет электричества, нужно только залить достаточное количество топлива. К сожалению, сварочные генераторы имеют два больших недостатка: вес и габариты, которые не позволяют использовать их в быту.

Сварочные агрегаты LINCOLN ELECTRIC

Сварочные агрегаты LINCOLN ELECTRIC - универсальные сварочный агрегаты/электростанции для ручной дуговой сварки штучными электродами, аргодуговой сварки, полуавтоматической сварки сплошной и порошковой проволокой в среде защитного газа, сварки самозащитной порошковой проволокой и электропитания, рассчитанный на постоянную ежедневную работу. Специальные режимы для сварки труб и аргодуговой сварки.

Реализовать процессы MIG/MAG, TIG можно при подключении к агрегату TIG-модуля и механизма подачи проволоки. В это случае агрегат служит источником тока.



Сварочные агрегаты Lincoln Electric

В основном сварочные агрегаты применяются в тех случаях, когда поблизости отсутствует сеть питания, к которой можно подключить сварочный источник. Обычно это полевые или монтажные условия. Однако сварочные агрегаты иногда используются и в заводских условиях, если также невозможно найти соответствующую сеть питания. Эти ситуации могут возникать и в ремонтных мастерских, и на крупных предприятиях.

Основные критерии при выборе сварочного агрегата:

- Область применения
- Сварочный процесс
- Тип двигателя
- Мобильность
- Вспомогательная сеть питания

Сварочный процесс

Сварочные агрегаты, применяемые при строительстве трубопроводов, имеют специальную вольтамперную характеристику для сварки труб, которая обеспечивает стабильное горение дуги. Эти специальные режимы имеются на следующих сварочных агрегатах: Ranger 250, 305G и 305D, Pipeliner 200G и 200D, Shield Arc SAE-400, серии Classic, Commander и Vantage.

Воздушная электродуговая строжка угольным электродом обычно ведется на токах 400 – 600А. При этом требуется подача сжатого воздуха в зону дуги. Некоторые сварочные агрегаты компании Lincoln Electric имеют встроенный компрессор (989 л/мин при 7 атм) для выполнения этих работ. Для строжки угольными электродами диаметром до 9,5 мм с помощью агрегатов Vantage 500 и Shield-Arc SAE-400 дополнительно требуется компрессор для подачи сжатого воздуха. Универсальный сварочный агрегат Air Vantage 500 уже имеет встроенный компрессор и позволяет выполнять все виды сварочных работ в монтажных условиях.

Для полуавтоматической сварки сплошной или порошковой проволокой необходимо, чтобы агрегат обладал жесткой вольтамперной характеристикой. В основном это проволока диаметром до 2,0 мм. Поэтому, сварочные агрегаты, обеспечивающие напряжение дуги - 30 В и сварочный ток – 300 А, широко применяется для этих целей. Кроме того, некоторые агрегаты компании Линкольн Электрик обладают отдельные ВАР для полуавтоматической сварки сплошной проволокой в защитном газе и самозащитной порошковой проволокой. Сварочные агрегаты серии Ranger, Vantage и Commander 300 являются универсальные и могут использоваться для полуавтоматической сварки.

Аргонодуговая сварка ведется на падающей характеристике. Сварку обычных и нержавеющей сталей ведут на постоянном токе. При сварке алюминия применяют переменный ток. В связи с этим, выбирается тот или иной сварочный агрегат. Для возбуждения дуги и ее поддержания в процессе сварки применяются специальные высокочастотные модули (TIG-модуль, HI-FREQ), которые подключаются к агрегатам. Некоторые сварочные агрегаты компании Линкольн Электрик в режиме аргонодуговой сварки имеют специальную функцию Torch-Start, позволяющую выполнять зажигание дуги без высокочастотного модуля. Другой вариант – использовать вспомогательную сеть питания сварочного агрегата, подключая к нему источник питания для аргонодуговой сварки (например, Precision TIG 185, Invertec V160-T, Invertec V205-T AC/DC). Для этого требуется сварочный агрегат с мощностью вспомогательной сети питания – 8 кВт. Сварочные агрегаты Ranger 10,000 и 3 Phase позволяют вести аргонодуговую сварку на постоянном и переменном токе, используя высокочастотный TIG-модуль. Не смотря на то, что агрегаты Ranger 305G и 305D, Commander 300 и серии Vantage выдают только постоянный сварочный ток, к их вспомогательным сетям питания можно подключить сварочные аппараты Precision TIG-185 или Invertec V205-T AC/DC и выполнять аргонодуговую сварку на переменном токе.

Плазменная резка также возможна с помощью сварочного агрегата, используя его вспомогательную сеть питания мощностью от 8 кВт и сжатый воздух встроенного в некоторые модели компрессора.

Тип двигателя

После того, как известна область применения и используемый сварочный процесс, необходимо выбрать тип двигателя: бензиновый, дизельный или работающий на сжиженном газе.

Дизельные двигатели более экономичны по потреблению топлива в отличие от бензиновых. В процессе их эксплуатации необходимо следить за чистотой дизельного топлива, заливаемого в бак. При выборе типа двигателя также учитывается стоимость топлива, возможность подвоза того или иного вида топлива к строящемуся объекту, температура эксплуатации сварочного агрегата, место проведения сварочных работ.

В условиях низких температур часто предпочитают использовать бензиновые двигатели, т.к. они легко запускаются без применения вспомогательных устройств. При низких температурах запуск дизельных двигателей может осуществляться с использованием эфирного старта и зимнего дизельного топлива. При более низких температурах может применяться смесь керосина и дизельного топлива или специальные добавки в зимнее дизельное топливо.

Если сварочный агрегат эксплуатируется в закрытых помещениях, где запрещен выброс выхлопных газов или трудно осуществить их вывод из рабочей зоны, необходимо использовать двигатель, работающий на сжиженном газе. Сварочный агрегат Ranger 250 LPG оборудованный двигателем Command CH20S LPG работает на сжиженном пропане и удовлетворяет этим требованиям.

При работе в огнеопасных зонах необходимо применять искрогаситель, который устанавливается на выхлопную трубу агрегата.

Мобильность

Иногда основным фактором при выборе сварочного агрегата играет его мобильность. Если требуется переносной и компактный агрегат для ручной дуговой сварки, то это может быть или Weldompower 125 – сварка на постоянном токе.



Вспомогательная сеть питания

Каждый сварочный генератор, установленный на агрегат, имеет отдельные обмотки статора для выработки вспомогательной электроэнергии. Данный контур используется для подключения различных электроприборов, необходимых при работе: шлифовальные машины, освещение и др. Потребляемая мощность этих устройств обычно около 3 кВт переменного тока. Сварочные агрегаты компании Линкольн Электрик позволяют подключать оборудование к однофазному напряжению на 120 В и 240 В. Некоторые из них имеют также выходное трехфазное напряжение - 240 В или 380 В. Если к вспомогательной сети агрегата подключается сварочный источник питания или источник плазменной резки, то требуется минимум 8кВт.

Сварочные выпрямители

Сварочные выпрямители - это устройства для преобразования переменного тока в постоянный в процессе сварки. Зачем это нужно? Потому, что сварка при постоянном токе отличается от сварки при переменном (с трансформатором) меньшим количеством брызг, а шов при такой сварке получается более тонким и лучшего качества. Также сварочные выпрямители используются для сварки разнообразных металлов и сплавов на постоянном токе любой полярности, штучными электродами различных видов. Сварка выполняется сварочными электродами постоянного тока марки УОНИ или универсальными электродами марки АНО, ОЗС, МР, а также специальными сварочными электродами.

Действие выпрямителя основано на том, что полупроводниковые элементы проводят ток только в одном направлении, в то время как в обратном направлении полупроводники электрический ток практически не пропускают. Сварочный выпрямитель состоит из двух основных частей: трансформатора с устройством для регулирования сварочного тока или напряжения и выпрямительного блока, собранного по трехфазной мостовой схеме.

При комплектации некоторых выпрямителей механизмом подачи сварочной проволоки, возможно их использование в качестве полуавтомата. Например механизм подачи ПДГ0-510 с выпрямителем ВДУ-506С используется для сварки порошковой и стальной проволокой изделий из стали при постоянном токе в среде защитных газов и имеет возможность ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Сварочные выпрямители подразделяются на две группы:

1. Однопостовые сварочные выпрямители, предназначены для работы одного сварочного поста

Однопостовые сварочные выпрямители



2. Многопостовые сварочные выпрямители (**ВДМ**) предназначены для одновременной работы двух и более сварщиков (например, ВДМ-6303 - до 4 постов, ВДМ-1201 - до 8 постов), и применяются в комплекте с балластными реостатами. **Реостаты балластные (РБ)** применяются для регулировки сварочного тока многопостовых сварочных выпрямителей.

Многопостовой сварочный выпрямитель с балластным реостатом



Уходящий век трансформаторов - инверторные выпрямители.

Итак, что же такое сварочный аппарат инвертор? Это не способ сварки, как некоторые думают, а всего лишь источник питания для сварочного оборудования. Придуман он был еще в конце 70-х прошлого века, так что, новым его никак не назовешь.

В современном мире лидирующие позиции в области сварки по праву занимают инверторные источники питания. Во всем цивилизованном обществе это наблюдается уже порядка 15 лет как минимум, к сожалению в России, учитывая сложившиеся экономические и культурно-менталитетные особенности этот процесс начался немного позже и только набирает обороты. Процесс перехода от морально устаревшего оборудования, а как следствие и от низкого качества продукции производимой при помощи данного оборудования к современным и высокотехнологичным устройствам имеет место быть. Это неоднократно подтверждают проходящие повсеместно специализируемые сварочные выставки, в том числе прошедшая в сентябре 2010 года выставка в Эссене (Германия), международная выставка Schweissen & Schneiden («Сварка и резка»), являющаяся крупнейшим мировым смотром сварочных технологий и оборудования.

Если на выставке 1997 года производители демонстрировали достижения в разработке инверторных источников, то последняя выставка показала, что 95% представленной сварочной техники было построено на основе инверторных выпрямителей.

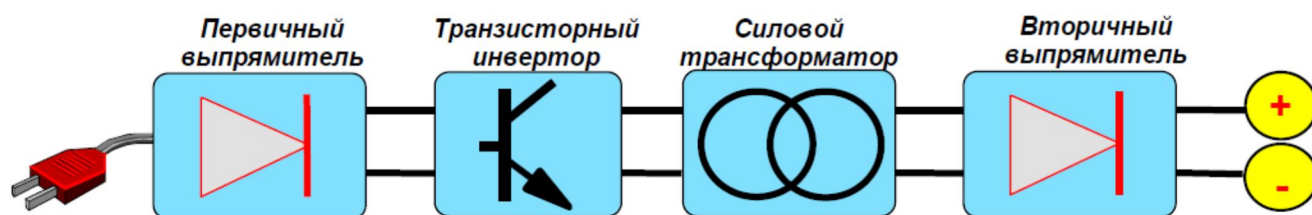
Большинство успешных промышленных предприятий в мире, на которых есть сварочное производство или применяется электродуговая сварка, используют сварочные инверторные аппараты. И это не случайно, если учесть, что сварка является одним из конечных технологических процессов в производстве машин, металлоконструкций, оборудования. Поэтому для успешного развития необходимо постоянное совершенствование сварочной технологии с целью достижения более высокого качества, увеличения производительности, снижения себестоимости продукции.

Принцип действия инверторного источника

В отличие от обычных выпрямителей, у которых трансформатор работает на частоте сетевого напряжения 50 Гц, в инверторных выпрямителях он стал работать на высоких частотах (килогерцы и десятки килогерц). Повышение частоты тока, протекающего через силовой трансформатор, позволило существенно уменьшить его массу и габариты. Если у обычных выпрямителей величина, характеризующая отношение сварочного тока к массе, равна 1–1,5 А/кг, то у инверторных выпрямителей, собранных на «скоростных» тиристорах, этот показатель вырос до 4–5 А/кг.

Основным принципом работы инверторного источника питания является многократное поэтапное преобразование электрической энергии. Обратившись к блок-схеме инверторного выпрямителя, можно выделить основные этапы преобразования:

- выпрямление сетевого переменного напряжения частотой 50 Гц первичным выпрямителем, собранном из силовых диодов по мостовой схеме;
- преобразование выпрямленного напряжения с повышенными пульсациями в переменное напряжение высокой частоты;
- понижение переменного напряжения высокой частоты импульсным высокочастотным трансформатором до значения, соответствующего напряжению сварки с формированием необходимого вида вольт-амперной характеристики;
- преобразование вторичным выпрямителем переменного напряжения высокой частоты, имеющего величину сварочного напряжения, в постоянное напряжение со сглаживанием пульсаций тока.



Гори, гори ясно...

Пожалуй, главные недостатки трансформаторов - плохая устойчивость дуги вместе с низкой стабильностью режима, сильно зависящего от колебаний сети. И здесь современные соперники – **инверторы** – не оставляют трансформаторам шансов. Так, инверторные источники обеспечивают стабилизированный постоянный сварочный ток, не зависящий от колебаний входного напряжения и обеспечивающий, таким образом, устойчивую дугу и малое разбрызгивание при сварке. Немаловажно также наличие плавной регулировки сварочного тока и наличие спецфункций управления сварочным током.

Так, например, у инверторов широко распространена функция *Hot-Start*, *Arc-Force*, *Anti-Sticking* о них мы поговорим ниже.

Энергосбережение!!!

Помимо всего прочего, инвертор потребляет гораздо меньше электроэнергии, что дает большие возможности работы от бытовой электросети и автономных источников питания (бензиновых и дизельных электрогенераторов). Для примера, электропотребление инвертора при работе электродом Ø3мм равносильно электропотреблению двух электрочайников, что вполне укладывается в бытовые нормы. При сварке электродом диаметром 3 мм обычный трансформатор потребляет не менее 6-7 кВт, а любой, даже самый простень-



кий инвертор не более 4 кВт. Чувствуете разницу?

В общем и целом, сваривать инвертором гораздо проще и приятнее, чем трансформатором.

Сколько вешать в граммах?

Немаловажное преимущество инверторов перед трансформаторами – малый вес и небольшие габариты. Это становится возможным благодаря повышению частоты напряжения: ведь при увеличении частоты в 1000 раз, размеры трансформатора уменьшаются в 10 раз. У некоторых моделей инверторов сам трансформатор имеет размеры со спичечный коробок; основную же массу занимает радиатор. Неудивительно, что такой инвертор можно легко повесить на плечо: при массе меньше 5-ти килограммов инверторы позволяют легко сваривать электродами диаметром Ø3, Ø4мм.

Правда, здесь надо оговориться: в наших российских условиях часто малый вес становится большим недостатком. Трансформатор здесь по-прежнему безусловный лидер: сорок килограммов под курткой не спрячешь. ☺



Инвертор Lincoln Electric - Invertec

Денежные вопросы

Трансформаторы по-прежнему в два и более раз дешевле инверторов. Да и ремонт трансформаторов обычно обходится дешевле. Тем, не менее, из опыта Восточной и Западной Европы: каждые 1000 Евро стоимости сварочных работ при ручной дуговой сварке могут быть разделены на следующие части:

- 35% стоимость электродов
- 35% оплата труда сварщиков
- 2% оборудование и принадлежности (стоимость св. аппарата, кабелей и пр.)
- 28% стоимость электроэнергии

Как видно, стоимость оборудования для сварки лишь незначительно влияет на общую стоимость сварочных работ. В связи с этим становится выгодно покупать оборудование, используя

ющее новейшие разработки: даже при большей стоимости инвертора уменьшение расходов на электроэнергию в перспективе даёт суммарную экономию общей стоимости сварочных работ на 5-8% процентов.

Итак, инверторный выпрямитель дает нам:

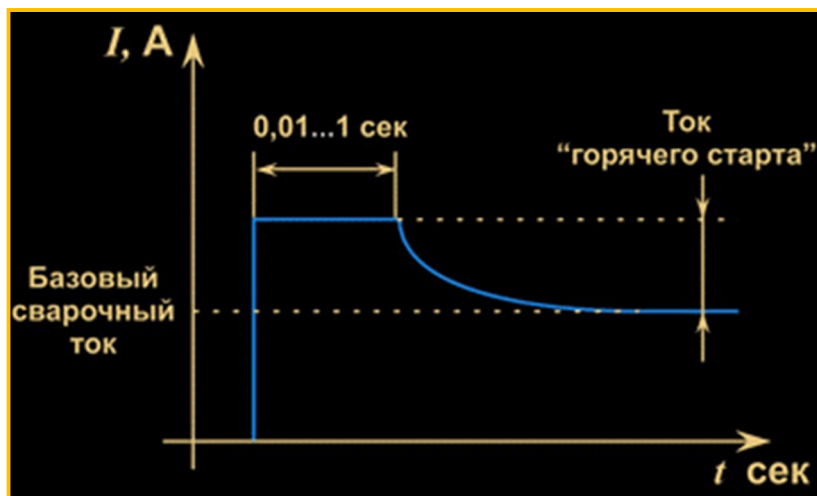
- высокое качество сварного шва за счет постоянных характеристик сварочного тока;
- легкий поджог, устойчивое горение и эластичность дуги;
- независимость параметров сварки от колебаний напряжения питающей сети;
- высокий коэффициент полезного действия (не менее 90%);
- автоматический контроль t° основных элементов выпрямителя и эффективное охлаждение;
- сварка любого типа металла, а также использование электродов любой марки;
- высокое энергосбережение;
- небольшой вес и габаритные размеры при отличных энергетических показателях;
- возможность работы от мобильных электрогенераторов соответствующей мощности

ММА функции

Для достижения максимального качества при сварке штучными электродами, в аппаратах инверторного типа предусмотрены следующие функции:

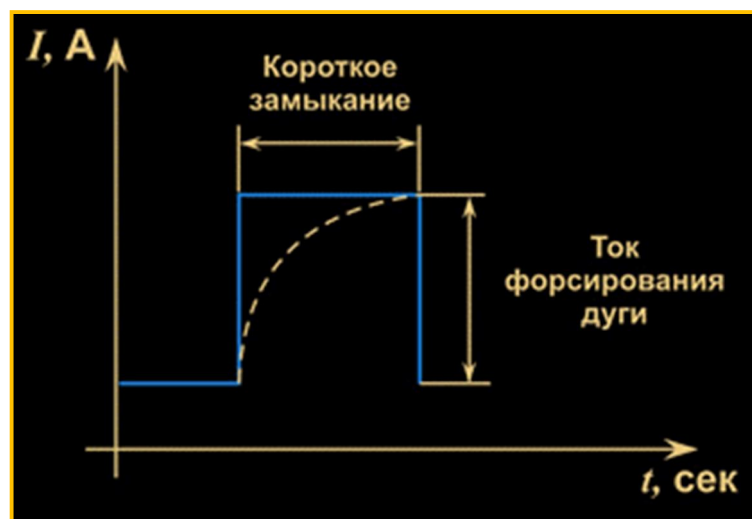
➤ “Горячий старт” (Hot start)

Эта функция предназначена для облегчения возбуждения дуги за счёт кратковременного (0,01..1 сек) увеличения тока по отношению к базовому на регулируемую оператором величину. При истечении установленного времени горение дуги стабилизируется и ток “горячего старта” плавно снижается до базового сварочного тока.



➤ “Форсирование дуги” (Arc force).

Принцип действия функции основан на дополнительном, кратковременном повышении тока в момент переключения каплей расплавленного металла дугового промежутка (короткого замыкания). В отличие от традиционных выпрямителей, где ток короткого замыкания определяется неуправляемой формой внешней характеристики в инверторных источниках, значение указанного тока может быть задано оператором. Импульс тока помогает капле оторваться от стержня электрода, делая тем самым процесс



переноса капель через дуговой промежуток управляемым и равномерным.

При оптимальном значении форсирования, шов получается плотным, с ровными чешуйками, а разбрызгивание практически отсутствует. Параметр функции регулируемый оператором, количество ампер нарастающих в миллисекунду (1...100 A/ms) и (или) значение тока форсирования дуги.

Уменьшение формирования снижает разбрызгивание, дуга становится более мягкой (SOFT) увеличение форсирования (дуга становится более жесткой HARD) уменьшает вероятность залипания электрода, увеличивает проплавление и давление дуги.

➤ “Антистик” (Antistick).

При начале сварки требуется произвести поджег дуги. Нередко это приводит к залипанию электрода на изделии. Инвертор, оснащенный функцией "ANTI STICK", производит автоматическое снижение сварочного тока при "залипании" электрода. В дальнейшем, после отрыва залипшего электрода, инвертор возобновляет установленные параметры сварки.

➤ “VRD” (voltage reduction device) снижает напряжение холостого хода до безопасного уровня.

Функция VRD: роскошь или необходимость?

Нельзя сказать, что наличие функции VRD сильно влияет на стоимость аппарата, однако производители сварочного оборудования все чаще внедряют блоки VRD в свои модели и презентуют это как несомненный плюс. Так ли нужна эта функция конечному потребителю? И что такое VRD?

VRD (Voltage Reduction Device) в переводе с английского означает "Устройство снижения напряжения". Суть работы данного устройства состоит в понижении напряжения холостого хода до безопасных для человека 9-12 вольт, т.е. снижается напряжение, когда аппарат включен, но сварка не производится. Как только начинается процесс сварки, устройство VRD восстанавливает рабочие параметры напряжения.

У большинства современных сварочных аппаратов параметр напряжения холостого хода "лежит" в области 60-80 вольт. В нормальных условиях, когда сварка производится в сухом помещении, аппарат исправен и правильно заземлен, а сварщик работает в специальной одежде и обуви, такие значения напряжения холостого хода можно считать достаточно безопасными. Но зачастую сварочные работы приходится производить в условиях отличных от нормальных. Сырость и повышенная влажность могут привести к поражению сварщика электрическим током, причем в зависимости от организма человека смертельным может оказаться даже казалось бы низкое значение напряжения в 24В. Но даже если самого страшного не произошло, при поражении электрическим током существует высокая вероятность повреждения внутренних органов человека. Также опасными считаются условия при проведении сварочных работ на "высоте" или в замкнутом пространстве. В первом случае присутствует риск падения с высоты, а во втором отсутствует возможность быстро отстраниться от источника тока. При проведении же сварочных работ в условиях загазованности, благодаря высокому значению напряжения холостого хода существует вероятность возникновения искры, которая может привести к мгновенному взрыву газа.

Как поется в одной старой песне, работа сварщика "и опасна и трудна". **Функция VRD - это прежде всего повышение уровня безопасности сварки.** Это простое и не дорогое техническое решение позволит избежать несчастных случаев на производстве, не говоря о том, что оно охраняет самое дорогое, что есть у человека - его жизнь.

Влияние полярности на процесс сварки

Полярность тока сварки существенным образом сказывается на характере протекания процесса сварки покрытыми электродами. Так при использовании обратной полярности («плюс» на электроде) процесс сварки характеризуется следующими особенностями:

- повышенный ввод тепла в изделие;
- более глубокое проплавление основного металла;
- меньшая скорость плавления электрода;
- более стабильный характер переноса металла.



В то время как при сварке на прямой полярности наблюдается:

- сниженный ввод тепла в изделие;
- менее глубокое проплавление;
- бóльшая скорость плавления электрода;
- более высокое разбрызгивание металла.

Различия свойств дуги при прямой и обратной полярности связано с различием выделения тепла дуги на катоде и аноде. Этим, а также большей концентрацией мощности, объясняется более глубокое проплавление основного металла на обратной полярности, более высокая скорость расплавления электрода на прямой полярности, а также наблюдаемый на прямой полярности неблагоприятный перенос металла, когда капля имеет тенденцию быть оттолкнутой в противоположную сторону от сварочной ванны.

Таким образом, сварка покрытыми электродами на обратной полярности имеет явные преимущества по отношению к сварке на прямой полярности.

Рекомендуемая полярность тока для конкретной марки электрода указывается на заводской этикетке на упаковке электродов.

Аксессуары и комплектующие для MMA сварки

Электрододержатели.

В настоящее время в продаже появилось множество видов электрододержателей. В профессиональной среде сварщиков электрододержатель называют "держак". В старые добрые советские времена сварщики обходились трезубцем, сваренным из прутков арматуры с изоляцией из ПВХ трубок, обмотанных изолентой. С большим трудом приходилось уговаривать сварщиков отказаться от самоделки и купить заводской, фирменный электрододержатель. Однако времена меняются и мы вместе с ними, как говорили латиняне. Сварщики поняли и приняли удобство и преимущества нового электрододержателя против старого держака - снижение потерь тока, достаточная защита и безопасность. Многие до сих пор ошибочно электрододержатель называют "электродержателем", однако пра-



вильное название - "ЭЛЕКТРОДОДЕРЖАТЕЛЬ". В сокращенном виде электрододержатель цифрами, обозначающими силу тока. Для каждого тока существует свой электрододержатель.

Например:

- 1) электрододержатель DE 2200 (Binzel) - 200А
- 2) электрододержатель DE 2300 (Binzel) - 300А
- 3) электрододержатель DE 2400 (Binzel) - 400А
- 4) электрододержатель DE 2500 (Binzel) - 500А

Заземляющие зажимы (клемма)

Зажим (клемма) заземления предназначена для соединения сварочного кабеля источника сварочного тока к свариваемой детали.

Например:

- 1) зажим заземления МК 150 (Binzel) – 150А
- 2) зажим заземления МК 200 (Binzel) – 200А
- 3) зажим заземления МК 400 (Binzel) – 400А
- 4) зажим заземления МК 600 (Binzel) – 600А



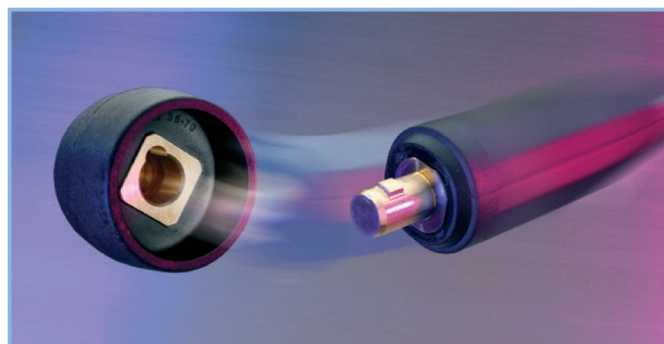
Зажим Binzel

Байонетные штекера и гнезда

Байонетные штекера и гнезда для сварки с фиксирующим устройством предназначены для надежного и безопасного присоединения кабелей друг с другом или к источнику питания.

Передача тока происходит, в зависимости от размеров, при помощи штекера и соответствующему его размеру гнезда.

При соединении разъёма и повороте на 90 градусов вправо, происходит контактное токовое соединение. Подключение подачи тока со стороны источника питания, производится с помощью клеммы на гнезде и со стороны штекера – креплением сварочного кабеля соответствующего сечения.



Байонетные соединения различаются в зависимости от силы тока на две группы:

- 1 - до 200 А
- 2 - до 700 А

Кабельный штекер и байонетное гнездо, могут поставляться в «зеркальном» исполнении (одинаковой конструкции)

Наименование	Ток (А)	Кабель (мм ²)	Ø устан.
ABI-СМ 10-25/ABI-IF 10-25 или ABI-CF 10-25/ABI-IM 10-25	125	до 10	20,5мм
ABI-СМ 10-25/ABI-IF 10-25 или ABI-CF 10-25/ABI-IM 10-25	150	10 – 16	20,5мм
ABI-СМ 10-25/ABI-IF 10-25 или ABI-CF 10-25/ABI-IM 10-25	200	16 – 25	20,5мм
ABI-СМ 35-50/ABI-IF 35-50 или ABI-CF 35-50/ABI-IM 35-50	250	25 – 35	30,5мм
ABI-СМ 35-50/ABI-IF 35-50 или ABI-CF 35-50/ABI-IM 35-50	300	35 – 50	30,5мм
ABI-СМ 50-70/ABI-IF 50-70 или ABI-CF 50-70/ABI-IM 50-70	400	50 – 70	30,5мм
ABI-СМ 70-95/ABI-IF 70-95 или ABI-CF 70-95/ABI-IM 70-95	500	70 – 95	30,5мм



Байонетный штекер + гнездо

Кабель сварочный

Кабель сварочный предназначен для присоединения электрододержателя и зажима заземления к источнику сварочного тока. Допустимые токовые нагрузки для кабелей с медными жилами на напряж 1 кВ:

Номинальное сечение жилы, мм ²	Допустимый сварочный ток, А
10	90
16	120-140
25	200
35	300
50	400



Вопрос – ответ.

Вот некоторые вопросы, ответы на которые нужно получить от заказчика:

1. Какая должна быть сеть питания источника – 220В либо 380В.
2. Какой диаметр электрода будет использовать заказчик.
3. Какой режим работы будет применяться - «сжѐг один-другой электрод, перерыв 5 минут» или «один за другим без остановки»?

Эти вопросы определяют сварочный ток и ПВ. Толщины до 5 миллиметров обычно свариваются электродами до 3мм, токи 90-120А. Всё что больше - в основном 4мм, токи 150-180А, с запасом - 200А. Электроды большего диаметра используются редко, обычно при монтаже конструкций более 10мм толщины и там, где нет возможности варить полуавтоматом.



Диаметр электрода	1.6	2.0	2.5	3.2	4.0	5.0	6.0
С рутиловым покрытием	30-55	40-70	50-100	80-130	120-170	150-250	220-370
С основным покрытием	50-75	60-100	70-120	110-150	140-200	190-260	250-320

Зная диаметр электрода (сварочный ток) и нагрузку на источник тока, мы сможем подобрать аппарат подходящий требованиям заказчика.

Полуавтоматическая сварка. MIG/MAG.



Принцип механизированной (полуавтоматической) сварки MIG/MAG

Широкое распространение полуавтоматической сварки в среде защитных газов из-за кажущейся простоты оборудования и средних требованиях к квалификации рабочих-сварщиков породило восприятие технологического процесса у обычных людей (руководители тоже люди) как очень простое, безотказное «склеивание» деталей между собой. Выглядит так просто: вот две железки, а вот щель между ними «замазали» сварным швом как пластилином или как зубной пастой из тюбика, а в результате получилось нечто, что очень прочно скреплено воедино.

Примерно такие аналогии образного мышления заставляют очень многих людей абсолютно серьезно говорить и требовать, например: «А давайте это сварим, и вдруг изделие не «поведет» от сварки?» В подобной ситуации специалист сварочного дела оказывается помимо его воли перед непростой морально-этической дилеммой: выполнить сварку изделия и получить гарантированный брак, или за пару минут объяснить то, что он изучал годами.

Дуговая сварка – это процесс, который существует за счет множества наук: физики, химии, металловедения, сопротивления материалов, геометрии, высшей математики и пр. В одно мгновение процесса сварки происходит множество превращений материалов, распределение энергий, перераспределение и переформирование структур и пр.

Ниже мы постараемся разобраться в сущности метода MIG/MAG сварки, основных параметрах сварки этим методом, оборудовании и комплектующих для MIG/MAG сварки

В зависимости от уровня механизации и автоматизации процесса различают сварку:

- **механизированную**, при которой перемещения горелки выполняются вручную, а подача проволоки механизирована;
- **автоматизированную**, при которой все перемещения горелки и подача проволоки механизированы, а управление процессом сварки выполняется оператором-сварщиком;
- **автоматическую (роботизированную)**, при которой управление процессом сварки выполняется без непосредственного участия оператора-сварщика.

Автоматизированная и автоматическая сварка не всегда осуществима и целесообразна. Она выгодна в массовом и серийном производстве изделий с достаточно длинными прямолинейными и круговыми швами. Огромное количество сварных изделий не удовлетворяет этим требованиям, и большой объем работ выполняется ручной сваркой.

MIG/MAG - MetallInert/ActiveGas - дуговая сварка плавящимся металлическим электродом (проволокой) в среде инертного/активного защитного газа с автоматической подачей присадочной проволоки.

Иногда этот метод сварки обозначают **GMA (GasMetalArc)**. Словосочетание «в углекислом газе», к которому привыкли многие специалисты, умышленно опущено, так как при этом методе все чаще используются многокомпонентные газовые смеси, в состав которых помимо углекислого газа могут входить аргон, кислород, гелий, азот и другие газы.



Дуговая сварка в среде защитных газов – инертных (MIG) или активных (MAG) является наиболее распространенным методом в Европе, США и Японии. Высокая производительность, присущая этому методу сварки, и простая возможность автоматизации процесса способствовали его популярности.

Основной принцип сварки MIG-MAG (рис.1) заключается в том, что металлическая проволока во время сварки подается автоматически в зону сварки через сварочную горелку и расплавляется теплом дуги. Шов образуется за счет проплавления основного металла и расплавления дополнительного металла - электродной проволоки. Проволока при этом методе играет двойную роль – она является и токопроводящим электродом, и служит присадочным материалом. Результат (качество) сварки MIG-MAG в значительной мере зависит от правильности выбора режимов работы сварочного аппарата (напряжение дуги, ток, скорость подачи проволоки, скорость сварки), а также от правильности выбора и расхода защитного газа (скорость подачи газа через сопло).

Сварка методом MIG/MAG в среде защитного газа

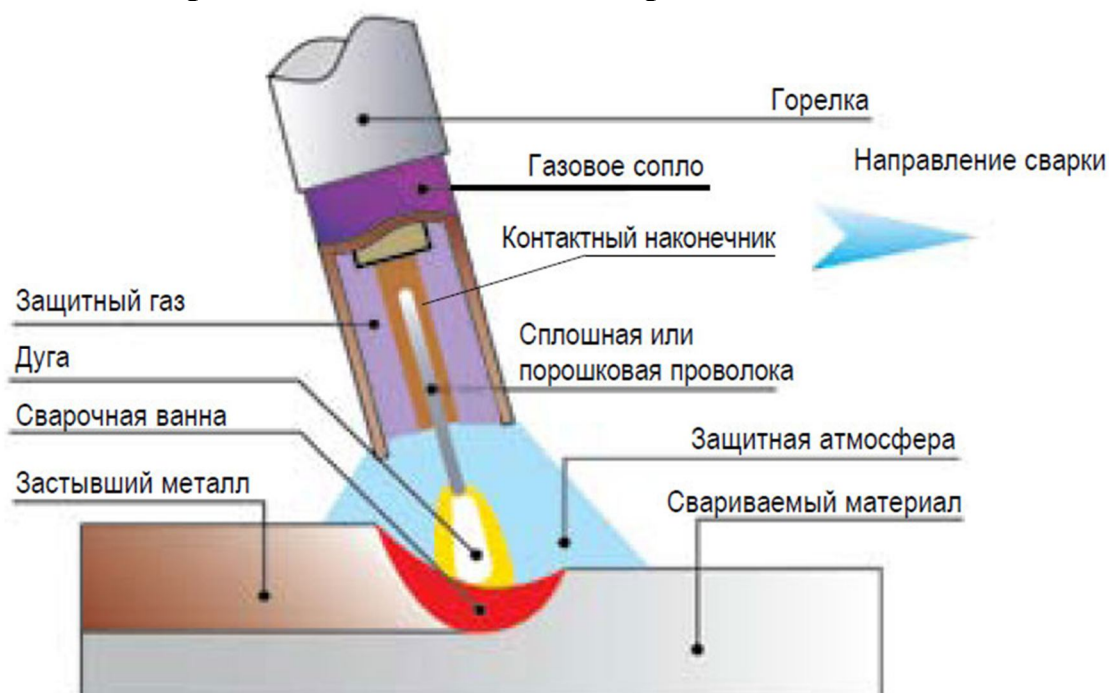


Рис.1

В силу физических особенностей стабильность дуги и ее технологические свойства выше при использовании **постоянного тока обратной полярности**. При использовании постоянного тока прямой полярности количество расплавляемого электродного металла увеличивается на 25 ... 30 %, но резко снижается стабильность дуги и повышаются потери металла на разбрызгивание. Применение переменного тока невозможно из-за нестабильного горения дуги.

Защитный газ, который подается в зону сварки через газовое сопло, защищает дугу и сварочную ванну с расплавленным металлом. Металл в расплавленном состоянии химически активен и может взаимодействовать с защитным газом. Инертный защитный газ, такой как аргон или гелий, химически не реагирует с металлом в сварочной ванне в процессе горения дуги.

Примером активного защитного газа является углекислота. До недавнего времени углекислота являлась наиболее распространенным видом защитного газа для полуавтоматической сварки.

Защитные газы

Для того чтобы защитить сварочную ванну от воздействия воздушной среды при дуговой сварке широко применяют инертные и химически активные защитные газы. Наиболее универсальными инертными защитными газами являются аргон и гелий. Аргон и гелий не образуют с другими элементами химических соединений, поэтому они считаются инертными. В большинстве металлов эти газы практически нерастворимы.

Аргон - газ без цвета и запаха, добывается из воздуха как побочный продукт при производстве кислорода. В воздухе содержится 0,932% аргона, он тяжелее воздуха в 1,4 раза. Поставляется аргон различных сортов (А, Б, В) по ГОСТ 10157-62. Аргон сорта А предназначен для сварки химически активных металлов (титана, циркония, ниобия), сплавов на их основе, а также для сварки алюминиевых сплавов плавящимся электродом.

Аргон сорта Б рекомендуется для сварки неплавящимся электродом сплавов алюминия и др., чувствительных к примесям кислорода и азота. Аргон сорта В рекомендуется для сварки нержавеющей сталей различных классов и некоторых других металлов.



Гелий относится к инертным газам, без цвета и запаха, плотностью $0,18 \text{ кг/м}^3$, т. е. в 10 раз легче аргона. Гелий сжижается труднее всех известных газов (при $-268,93^\circ\text{C}$). Объемное содержание гелия в воздухе - 0,00052%. Газ неядовит, хорошо диффундирует через твердые тела (гелиевые течеискатели используются при проверке плотности швов), значительно легче воздуха и аргона. Не образует химических соединений с большинством элементов

На земле гелия мало, в небольшом количестве содержится в воздухе и в земной коре, где он постоянно образуется при распаде урана и других радиоактивных элементов. Гелий для сварки применяют редко и обычно как добавку к аргону, в связи с его дефицитностью и высокой стоимостью. Гелий добывают из природных углеводородных газов путем их охлаждения в специальных установках. Особенно богаты гелием природные газы в США, что определяет широкое применение гелия для сварки в этой стране.

Стоимость гелия значительно выше, чем аргона, поэтому его применяют в основном при сварке химически чистых и активных материалов и сплавов, а также сплавов на основе алюминия и магния. Из-за способности обеспечивать повышение проплавления (благодаря высокому значению потенциала ионизации) гелий применяют иногда в тех случаях, когда требуется получить большую глубину проплавления или специальную форму шва.

Расход гелия на 1 м шва на 50% больше, чем аргона, при сварочном токе 300 А он составляет примерно от 200 до 900 л/ч, так как он в 10 раз легче аргона и быстро улетучивается из зоны сварки в атмосферу, поэтому для поддержания надежной защиты сварочной ванны необходимо увеличивать подачу (расход) гелия.

Активные газы. Активными защитными газами называют газы, способные защищать зону сварки от доступа воздуха и вместе с тем химически реагирующие со свариваемым металлом или физически растворяющиеся в нем. К активным газам относится углекислый газ, кислород, водород, азот. При дуговой сварке стали в качестве защитной среды применяют углекислый газ.

Углекислый газ (двуокись углерода) бесцветен, не ядовит, тяжелее воздуха. При давлении 760 мм рт. ст. и температуре 0°C плотность углекислого газа равна $1,97686 \text{ г/л}$, что в 1,5 раза больше плотности воздуха. Углекислый газ хорошо растворяется в воде. Жидкая углекислота — бесцветная жидкость, плотность которой сильно изменяется с изменением температуры.

Вследствие этого она поставляется по массе, а не по объему. При испарении 1 кг жидкой углекислоты в нормальных условиях (760 мм рт. ст., 0° С) образуется 509 л углекислого газа. В промышленном масштабе углекислоту получают в специальных установках путем извлечения ее из дымовых газов, образующихся при сжигании топлива, из газов брожения в спиртовой промышленности и газов, получающихся при обжиге известняка. В обычный стандартный баллон емкостью 40 л заливают 25 кг углекислоты, при испарении которой образуется 12 600 л газа.

Газовые смеси. Преимущества сварки в среде защитных газовых смесей

В чем преимущество, сварочных смесей по сравнению с углекислотой?

Сварка в защитных газах – это общее название разновидностей дуговой сварки, при которой через сопло горелки в зону горения дуги подается струя защитного газа. В качестве защитных газов сегодня стандартно применяют углекислоту, аргон, гелий, азот, а также смеси этих газов в разных пропорциях.

Сравнивая два способа защиты сварочной ванны (двуокись углерода и многокомпонентные газовые смеси), можно сделать выводы в пользу применения газовых смесей, так как только при этом способе защиты стало возможным:

- увеличение количества наплавленного металла за единицу времени;
- снижение потерь электродного металла на разбрызгивание;
- снижение количества прилипания брызг (набрызгивания) в районе сварного шва и, как следствие, уменьшение трудоемкости по их удалению;
- повышение пластичности наплавленного металла, особенно ударной вязкости;
- стабилизация процесса сварки и улучшение качества металла шва, а именно снижение пористости и неметаллических включений при условии равномерной подачи сварочной проволоки в зону сварки;

Рассматривая экономическую сторону вопроса, необходимо учитывать ряд дополнительных преимуществ смесей:

- повышенная скорость сварки и наплавки, в сравнении со сваркой в CO₂ значительно снижает трудозатраты на единицу длины сварного шва, уменьшает износ оборудования;
- практически исключается операция зачистки шва, так как разбрызгивание электродного металла и набрызгивание на основной металл минимально (на 70-80% меньше),
- уменьшаются расходы на сварочные материалы. Необходимо отметить также, что металлоёмкость отечественных сварных металлоконструкций во многих случаях выше, чем у их зарубежных аналогов, что вызвано в немалой степени отсутствием в технологическом процессе сварочных смесей.
- уменьшаются расходы на переделку брака.

При этом переход с применением чистых газов для сварки на смеси не требует значительных затрат, т.к. большинство современных аппаратов имеют несколько режимов работы, которые позволяют использовать как чистый газ, так и смеси. Помимо технологических и экономических преимуществ, важно отметить, что применение газовых смесей влияет и на снижение вредных для человеческого здоровья факторов сварочного производства. Так, основным компонентом сварочных смесей является химически нейтральный аргон, вредность которого для организма человека, по официальному заключению НИИ гигиены труда, отсутствует. Чего нельзя сказать об углекислоте, которая, распадаясь при сварке, образует угарный газ в рабочей зоне. В большинстве промышленно-развитых стран явно просматривается тенденция отказа от технологии проведения электросварочных работ в среде чистых газов, особенно двуокиси углерода. 97% таких работ производятся с применением многокомпонентных газовых смесей. Таким образом, внедрение в сварочное производство многокомпонентных сварочных смесей – это одно из перспективных направлений к повышению надежности, качества и конкурентоспособ-

ности продукции, снижению её стоимости, обеспечению соответствия международным стандартам.

Кто является потребителем газовых смесей?

Потребление газовых смесей увеличивается на 10-20% в год, что связано, во-первых, с ростом промышленного производства, а во-вторых, с постепенным переходом от использования чистых газов (аргон, углекислота) к газовым смесям, что особенно характерно для предприятий машиностроительного комплекса.

Какую смесь выбрать?

Выбор той или иной газовой сварочной смеси предопределяется толщиной свариваемого металла, маркой материала и требованиями к качеству сварного шва и сварного соединения в целом. Так, смеси, содержащие более 12% CO₂, не обеспечивают переход с капельного переноса электродного металла в струйный, что снижает диапазон применения подобных смесей для сварки толщин свыше 9мм, а использование смеси Ar + O₂ с процентным содержанием кислорода свыше 3% неприемлемо для полуавтоматической сварки плавящимся электродом углеродистых сталей (ввиду мощного теплового излучения и неэффективности защиты металла сварного шва, так как появляется пористость). Основываясь на опыте крупнейшего в мире газового концерна Linde, приведены рекомендации по применению смесей для различных видов сварки.

Газовые сварочные смеси и рекомендуемая область их применения.

Процентное содержание того или иного газа в смеси принимается исходя из толщины свариваемого металла, степени его легирования и требований, предъявляемых к сварным соединениям в зависимости от условий эксплуатации изделия. Области применения различных газовых смесей при сварке плавящимся электродом приведены в таблице 1, режимы сварки в таблицах 2 и 3. Данные смеси проверены практикой, что позволяет рекомендовать их применение для получения качественного сварного соединения.

Таблица 1 Газовые сварочные смеси и рекомендуемая область их применения

Состав газовой сварочной смеси	Свариваемые материалы	Область применения
80 ÷ 95% Ar + 5 ÷ 20% CO ₂	Углеродистые и легированные конструкционные стали	Капельный или струйный перенос электродного металла. Стабильность дуги. Сварка металлов широкого спектра толщин.
92% Ar + 6% CO ₂ + 2% O ₂	Углеродистые и легированные конструкционные стали	Капельный или струйный перенос электродного металла. Идеально подходит для сварки металлов малых толщин.
85% He + 13,5% Ar + 1,5% CO ₂	Легированные и углеродистые конструкционные стали	Сварка пульсирующей дугой. Дает великолепные чистые швы с гладким профилем с незначительным окислением поверхности. Идеален для тонких материалов, где высокая скорость сварки дает низкий уровень деформации материала.
43% Ar + 55% He + 2% CO ₂	Легированные и углеродистые конструкционные стали	Низкий уровень армирования металла шва и околошовной зоны. Подходит для сварки металлов широкого спектра толщин.
60% Ar + 38% He + 2% CO ₂	Легированные и углеродистые конструкционные стали	Капельный или струйный перенос электродного металла. Придает стабильность дуге, что обеспечивает низкий уровень разбрызгивания и снижает появление дефектов шва
70% Ar + 30% He	Цветные металлы и их сплавы. Средне и высоколегированные	Инертная газовая смесь. Дает более эффективный нагрев, чем чистый аргон. Увеличивает скорость

	ванные стали	сварки. Обеспечивает глубокий провар, низкую пористость и ровную поверхность сварного шва.
50% Ar + 50% He	Цветные металлы и их сплавы. Средне и высоколегированные стали	Инертная, наиболее универсальная газовая смесь для сварки материалов любой толщины.
30% Ar + 70% He	Цветные металлы и их сплавы. Средне и высоколегированные стали	Инертная смесь, используется для толстых материалов, что позволяет существенно увеличить скорость сварки, уменьшить пористость и снизить применение необходимости подогрева. Дает ровный сварной шов с более глубоким проплавлением и меньшими дефектами.

Таблица 2 Рекомендуемые защитные газовые смеси и режимы сварки в зависимости от типа и толщины материала (сварка плавящимся электродом).

Материал	Толщина, мм	Рекомендуемая смесь	Ø св. пр., мм	V сварки, мм/мин	Iсв, А	Уд, В	V подачи проволоки, м/мин	Расход газа, л/мин
Углеродистые конструкционные стали	1,0	92%Ar + 6%CO ₂ + 2%O ₂	0.8	350-600	45-65	14-15	3.5-4.0	12
	1,6	92%Ar + 6%CO ₂ + 2%O ₂	0.8	400-600	70-80	15-16	4.0-5.3	14
	3,0	92%Ar + 12%CO ₂ + 2%O ₂	1.0	280-520	120-160	17-19	4.0-5.2	15
	6,0	92%Ar + 12%CO ₂ + 2%O ₂	1.0	300-450	140-160	17-18	4.0-5.0	15
	6,0	92%Ar + 12%CO ₂ + 2%O ₂	1.2	420-530	250-270	26-28	6.6-7.3	16
	10,0	92%Ar + 12%CO ₂ + 2%O ₂	1.2	300-450	140-160	17-18	3.2-4.0	16
	10,0	82%Ar + 18%CO ₂	1,2	400-480	270-310	26-28	7.0-7.8	16
	> 10,0	82%Ar + 18%CO ₂	1,2	300-450	140-160	17-18	3.2-4.0	15
	> 10,0	92%Ar + 20%CO ₂ + 2%O ₂	1,2	370-440	290-330	28-31	10,0-12,0	17
Легированные стали	1,6	85%He + 13,5%Ar + 1,5%CO ₂	0,8	410-600	70-80	19-20	6.5-7.1	12
	3,0	55%He + 43%Ar + 2%CO ₂	1,0	400-600	100-125	16-19	5.0-6.0	13
	6,0	55%He + 43%Ar + 2%CO ₂	1,0	280-520	120-150	16-19	4.0-6.0	14
	6,0	55%He + 43%Ar + 2%CO ₂	1,2	500-650	220-250	25-29	7.0-9.0	14
	10,0	38%He + 60%Ar + 2%CO ₂	1,2	250-450	120-150	16-19	4.0-6.0	14
	10,0	38%He + 60%Ar + 2%CO ₂	1,2	450-600	260-280	26-30	8.0-9.5	14
	> 10,0	38%He + 60%Ar + 2%CO ₂	1,2	220-400	120-150	16-19	4.0-6.0	15
	> 10,0	38%He + 60%Ar + 2%CO ₂	1,2	400-600	270-310	28-31	9.0-10.5	15
Алюминий и его сплавы	1,6	30%He + 70%Ar	1,0	450-600	70-10	17-18	4.0-6.0	14
	3,0	30%He + 70%Ar	1,2	500-700	105-	17-20	5.0-7.0	14

					120			
	6,0	30%He + 70%Ar	1,2	450-600	120-140	20-24	6.5-8.5	14
	6,0	50%He + 50%Ar	1,2	550-800	160-200	27-30	8.0-10.0	14
	10,0	50%He + 50%Ar	1,2	450-600	120-140	20-24	6.5-8.5	16
	10,0	50%He + 50%Ar	1,6	500-700	240-300	29-32	7.0-9.0	16
	> 10,0	50%He + 50%Ar	1,2-1,6	400-500	200-400	20-26	6.5-8.0	18
	> 10,0	70%He + 30%Ar	1,2-1,6	450-700	300-500	32-40	9.0-14	18

Производство сварочных смесей

Защитные сварочные газовые смеси промышленно выпускаются на заводах по производству технических газов и поставляются в стандартных газовых баллонах различной емкости. Однако в последнее время некоторые потребители предпочитают самостоятельно производить сварочные смеси. Это связано или с тем, что стандартно выпускаемые газовые смеси не удовлетворяют их по своему качеству (большой разброс процентного соотношения компонентов смеси, высокое содержание влаги и различных примесей), или с необходимостью применения нестандартных смесей (например, многокомпонентных).

Существуют однопостовые смесители (рис.2), устанавливаемые непосредственно на газовые баллоны. Такие смесители позволяют отказаться от использования газовых регуляторов давления и могут быть рекомендованы для применения на небольших производствах. Принцип действия этих смесителей основан на инъекции углекислого газа в поток аргона через калиброванное отверстие, позволяющее точно дозировать пропорции компонентов смеси.



Рис.2

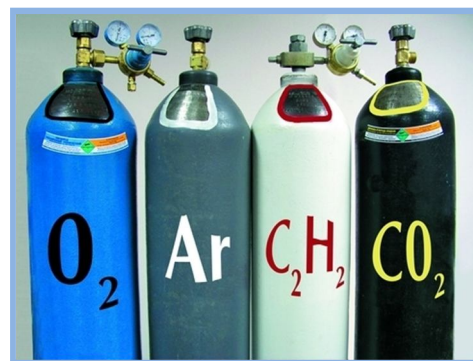
Баллоны для технических газов. Цвет окраски и цвета надписей.

Технические газы хранятся и транспортируются в специальных **баллонах** по ГОСТу 949-73 – до 12 литров (малый объем) и – от 20 до 50 литров (средний объем) с давлением рабочим до 19,6 Мпа (200 кгс/см.кв), изготовленных из труб бесшовных и предназначенных для эксплуатации при температурах от минус 50 до плюс 60С.

Применяются два типа баллонов:

- новые **баллоны для технических газов**;
- переаттестованные **баллоны для технических газов** - баллон ранее находился в эксплуатации не более 30-35 лет.

Газ	Цвет баллона	Цвет надписи	Пример
Азот	Чёрный	Жёлтый	Азот
Аргон чистый	Серый	Зелёный	Аргон чистый
Ацетилен	Белый	Красный	Ацетилен
Гелий	Коричневый	Белый	Гелий
Кислород	Голубой	Чёрный	Кислород
Углекислота	Чёрный	Жёлтый	Углекислота



Маркировка импортных газов различается, так как единого международного стандарта нет

Основные параметры сварки.

Влияние параметров режима сварки на форму и размеры шва

Режимы сварки в защитных газах имеют следующие параметры:

1. Сварочный ток I_c (~40...600 А);
2. Напряжение сварки U_c (~16...40 В);
3. Скорость сварки V_c (~4...20 мм/с), (-14.4...72 м/ч);
4. Диаметр электродной проволоки d_n (~0.8...2.5 мм);
5. Длина вылета электродной проволоки L_v (~8...25 мм);
6. Скорость подачи электродной проволоки V_n (~35...250 мм/с), (-126...960 м/ч);
7. Расход защитного газа q_g (~3...60 л/мин).

С повышением **сварочного тока** возрастает глубина провара, а ширина шва практически не изменяется.

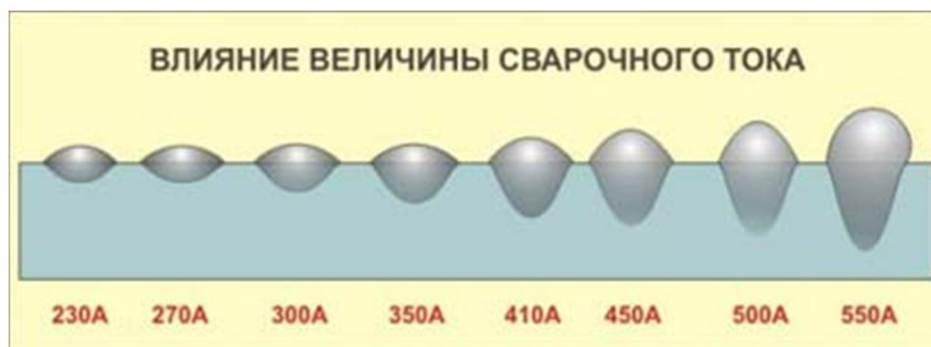


Рисунок. Влияние тока на форму и размеры сварного шва

С увеличением **напряжения дуги** ширина шва резко возрастает, глубина провара уменьшается. Также снижается и выпуклость (высота усиления) шва. При сварке на постоянном токе (в особенности обратной полярности) ширина шва будет гораздо больше, чем при сварке на переменном токе с таким же значением напряжения.

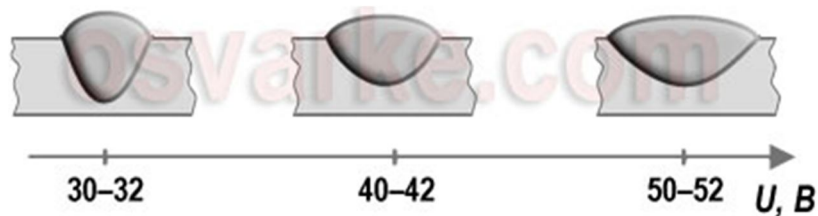


Рисунок. Влияние напряжения дуги на форму и размеры сварного шва

С возрастанием **скорости сварки** ширина шва уменьшается, а глубина провара сначала увеличивается (до скорости 40–50 м/ч), а затем понижается. При скорости сварки свыше 70–80 м/ч возможны подрезы по обеим сторонам шва из-за недостаточного прогрева основного металла.

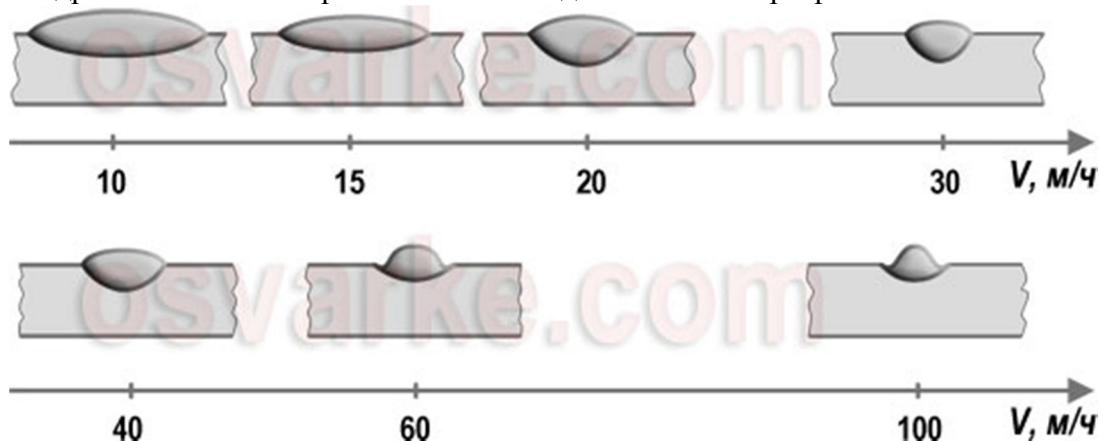


Рисунок. Влияние скорости сварки на форму и размеры шва

С уменьшением **диаметра проволоки** (при прочих равных условиях) возрастает плотность тока в электроде, что приводит к росту глубины провара и выпуклости шва, но при этом снижается ширина шва. Таким образом, при уменьшении диаметра проволоки можно получить более глубокий провар при неизменной силе тока или такой же провар при меньшей силе тока.

Плотность сварочного тока

Многие инженеры-сварщики заблуждаются - чем больше диаметр сварочной проволоки – тем выше скорость сварки и больше производительность.

Истоки этого мифа зародились в тот советский период, когда все боролись за перевыполнение плана любой ценой. В то время бурно развивались технологии и оборудование сварки под флюсом, в основном из-за сильного административного давления НИИ Патона. Но то, как нормальный технический подход к сварке под слоем флюса был перенесен на совершенно иную технологию сварки в среде защитных газов и закрепился в умах не только простых рабочих сварщиков, но и что гораздо хуже у инженеров-технологов по сварке и даже крупных руководителей предприятий до сих пор вызывает удивление.

Итак в чем же суть? В любой литературе по сварке вы всегда прочитаете, что за возможность формирования сварного соединения при дуговых методах сварки отвечают три регулируемых параметра:

- Ток сварки $I_{св}$
- Напряжение дуги $U_{дг}$.
- Скорость сварки $V_{св}$.

Каждый из параметров отвечает за свои характеристики сварочного процесса. Нас интересует в первую очередь сварочный ток. В те далекие времена регулировка сварочного тока производилась не напрямую, как в современных сварочных аппаратах, а посредством изменения скорости подачи сварочной проволоки через протяжное устройство. Поэтому еще одно заблужде-

ние в этом мифе это определение скорости сварки как скорость подачи сварочной проволоки. Конечно, если углубиться еще дальше в технику вопроса, то действительно и сегодня более половины всего выпускаемого оборудования обеспечивают заданный ток сварки именно регулированием скорости подачи проволоки, но в отличие от старых аппаратов информация выводится уже в виде сварочного тока, а не скорости подачи (что часто встречается в старых техпроцессах).

Любой сварщик знает что такое «форсаж», это когда сварочный ток значительно превышает оптимально допустимое значение. А дальше – больше: добавить к форсажу больший диаметр сварочной проволоки. Это кажется как ванну дома наполнить: открыл кран побольше, или трубу поставил пошире. Кажется вот оно – решение повышения производительности!

А теперь разберемся что же на самом деле. В действительности, для дуговых процессов сварки (в среде защитных газов, под слоем флюса, штучными электродами) определяющим является совсем не сварочный ток $I_{св}$, а плотность сварочного тока $j_{св}$ (А/мм²), которая есть ток протекающий через единицу сечения (в нашем случае сварочной проволоки).

$$j_{св} = I_{св} / S_{эл}$$

Именно плотность тока определяет скорость оплавления сварочной проволоки, глубину проплавления основного металла, производительность сварки. Для разных дуговых процессов сварки эта характеристика имеет совершенно разные значения и диапазоны. Так благодаря химико-термическим особенностям сварки под флюсом, этот метод характеризуется самым широким диапазоном рабочих значений плотности сварочного тока (обеспечивающих высокое качество сварных соединений)

$$j_{св} = 200 \div 600 \text{ А/мм}^2.$$

А для механизированной сварки в среде защитных газов этот показатель всего $j_{св} = 150 \div 250$ А/мм²

Путем несложных подсчетов мы получаем оптимальные режимы сварки для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в среде защитного газа по току:

дэл, мм	Sэл, мм ²	j min, А/мм ²	j max, А/мм ²	Imin, А	Imax, А
1,2	1,13	150	250	170	282
1,4	1,54	150	250	230	384
1,6	2,01	150	250	300	502
2	3,14	150	250	471	785

Как не трудно заметить, увеличение диаметра сварочной проволоки точно привязано к техническим характеристикам Источника сварочного тока.

Так например, рассмотрим уже классический ВДУ-505 с максимальным $I_{св} = 500$ А, при ПВ 60%, что означает что мы можем применять в производстве диаметры сварочной проволоки только до 1,6 мм. Причем даже $d_{эл} = 1,6$ мм на максимальном токе в 500А будет обеспечиваться режим работы ВДУ-505 с существенно большим износом и сократит ресурс его нормальной бесперебойной работы.

Да, возможно использование для работы и $d_{эл} = 2,0$ мм и на многих предприятиях по прежнему применяют такую сварочную проволоку, но для ВДУ-505 будет обеспечиваться минимальная плотность тока и ПВ, что означает, что сварка будет «холодной» без нормальных характеристик по производительности и глубине проплавления.

Именно поэтому большинство зарубежных компаний применяет в сварочном производстве сварочную проволоку $d_{эл} = 1,2$ мм, поскольку удастся максимально эффективно использовать Источники сварочного тока 300÷400 А, минимизируя энергозатраты на килограмм наплавленного металла. Кроме того, применение современных сварочных постов с импульсным переносом сварочного металла (без коротких замыканий), позволяет еще повысить $j_{св}$ без потери качества сварки и тем самым обеспечивая «управляемый форсированный режим» сварки.

Еще одним положительным эффектом применения сварочной проволоки оптимальной толщины является переход на технологию наложения сварочного шва тонкими валиками (многопроходная сварка). Несмотря на кажущееся увеличение трудоемкости (большая суммарная длина наложения шва), эта техника характеризуется более качественным сплавлением сварочного присадочного металла с основным (как мы уже знаем за счет повышенной плотности тока), меньшим суммарным термическим вложением в сварное соединение (а значит и меньшими сварочными деформациями) и обеспечивает эффект «самоотпуска» проходов.

Все вышеизложенное относится к сварочной науке, проверенной расчетами, опытами, удачными внедрениями в производствах всех направлений, но человек есть человек, особенно в России с его неизменным «авось». По человечески понять можно, все хотят как лучше, как дешевле, быстрее, но что в результате? Станины многотонных прессов, ковши разливки стали, поезда, корабли, мосты, высотные стальные здания и пр., что часто изготавливаются не по сварочной науке, а по вот таким «легендам и мифам».

Уважаемые коллеги, никогда не забывайте, что именно Вы – инженеры, отстаивайте свою точку зрения всегда в любых условиях, потому что только Вы отвечаете за жизни тех людей, которые будут пользоваться продукцией Ваших предприятий, сделанной под Вашим надзором и руководством.

Ориентировочные режимы полуавтоматической сварки в среде защитных газов стыковых соединений

Толщина свариваемого материала, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Расход газа, л/м	Вылет электрода, мм
1,5	0,8-1,0	95-125	19-20	220-300	6-7	8-10
1,5	1,2	130-150	20-21	150-200	6-7	10-13
2,0	0,8-1,0	120-150	20-21,5	250-400	6-8	9-11
2,0	1,2	130-170	21-21,5	150-250	6-8	10-13
2,0	1,0-1,2	180-200	22-23	280-400	8-9	9-13
3,0	1,2-1,4	200-220	22-23	380-420	8-9	10-13
3,0	1,2-1,4	290-300	23-25	460-490	10-11	10-13
4,0	1,2-1,4	300-350	25-30	490-680	11-12	10-13
5,0	1,2-2,0	250-300	28-30	--	14-16	12-20
6,0-8,0	1,2-2,0	280-300	28-30	--	16-18	14-20
8,0 и более	1,2-2,0	280-300	28-30	--	16-18	14-20

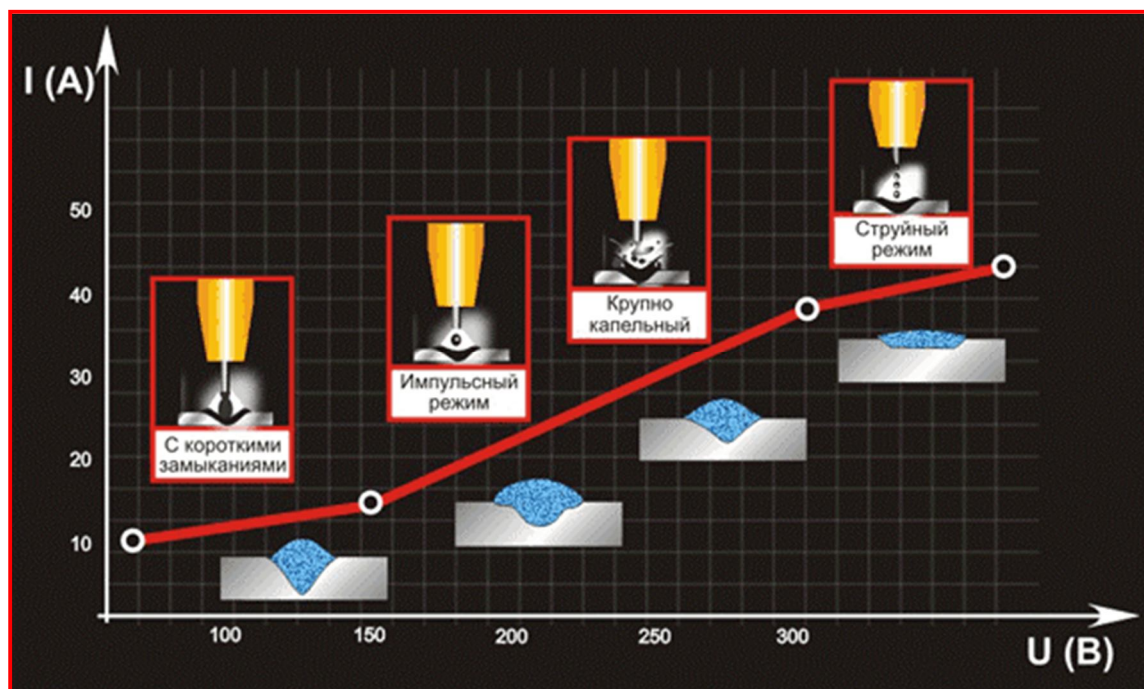
Перенос электродного металла

Основной проблемой при механизированной сварке является разбрызгивание, которое связано с особенностями движения капель расплавленного металла от электродной проволоки в сварочную ванну.

Различает несколько видов переноса металла через дугу, соответствующие разным диапазонам сварочных токов.

1. Сварка “короткой дугой” с периодическими короткими замыканиями дугового промежутка. Применяется при сварке малых толщин на низких токах. Перенос металла происходит следующим образом. На конце электродной проволоки под действием тепла развивается капля. При небольшом токе и малом зазоре между проволокой и изделием капля не успевает развиться до полного размера, происходит замыкание её на сварочную ванну. Под действием “пинч-

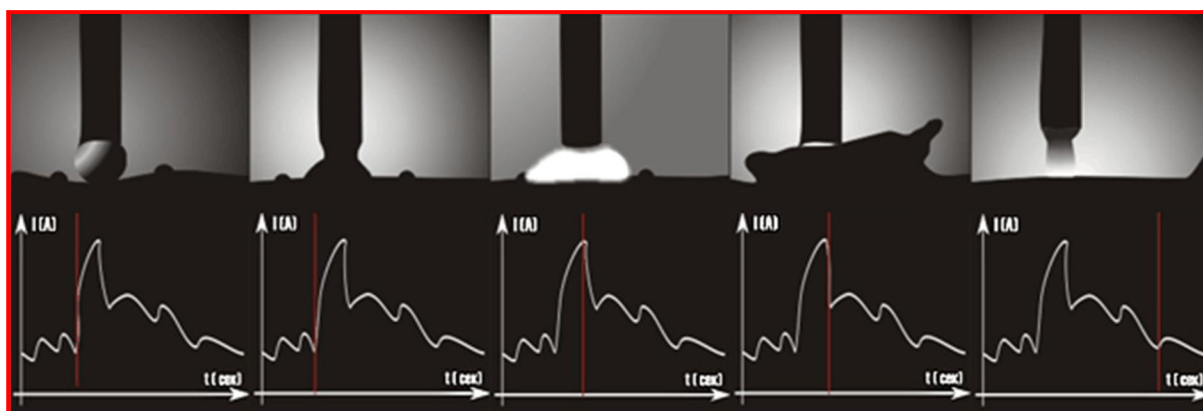
эффекта” образуется шейка (В), которая затем разрывается со взрывом (С). Этот момент и является основной причиной разбрызгивания при сварке короткой дугой. Решающую роль в стабилизации процесса разрыва “шейки” и формировании шва играют статистические и динамические свойства источника питания.



2) Импульсный режим - компенсация разбрызгивания при сварке “короткой дугой”. При сварке на низких токах, с периодическими короткими замыканиями дугового промежутка основной причиной разбрызгивания является разрыв шейки образующей капли. Причём, процесс отрыва капли напрямую зависит от динамики зарастания, а так же характера нарастания тока короткого замыкания.

Трансформаторный источник питания

При сварке на традиционных источниках питания этот процесс происходит с периодическими взрывами шейки, выплеском металла из сварочной машины и, в конечном итоге, с большей долей разбрызгивания. Это объясняется резким и хаотичным нарастанием тока короткого замыкания. Несмотря на введенные большие компенсационные дроссели, добиться достойного качества сварки во всех диапазонах режимов на таких источниках практически невозможно.

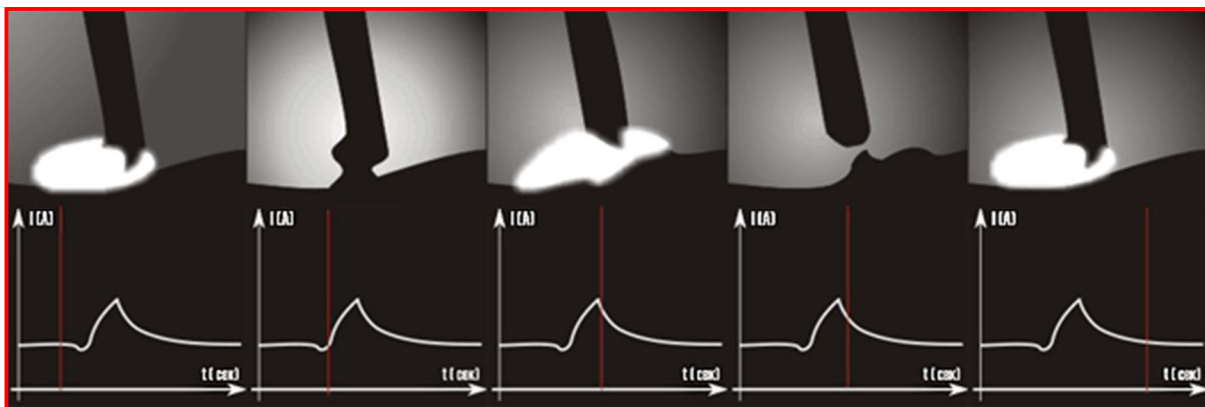


Инверторный источник питания

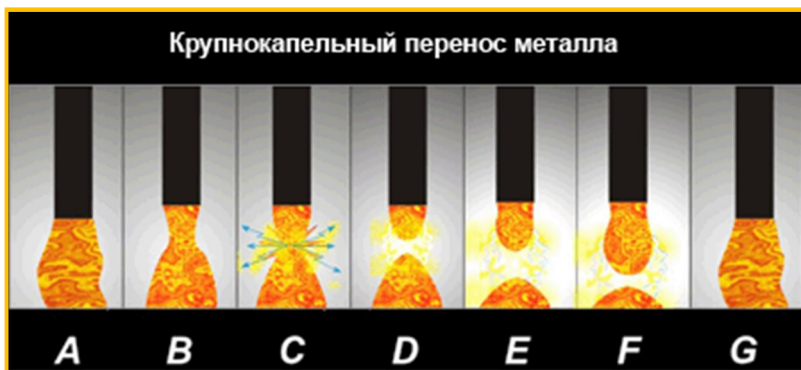
Совершенно иная картина наблюдается при сварке на инверторных источниках питания серии, в которых присутствует функция **Форсирование дуги (Arc Force)**. Принцип действия

функций основан на дополнительном, кратковременном управляемом повышении или понижении тока короткого замыкания в момент переключения капель расплавленного металла дугового промежутка.

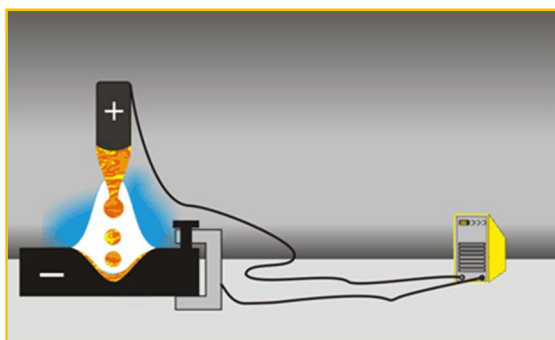
Импульс тока помогает капле оторваться от проволоки, делая тем самым процесс переноса капель через дуговой промежуток четким и равномерным. Шов получается плотным, с ровными чешуйками, а разбрызгивание практически отсутствует. Параметр функции, регулируемый оператором количество ампер, нарастающих в миллисекунду и (или) значение тока форсирования дуги. DPS контроллер ограничивает ток короткого замыкания, делая его минимально необходимым для плавного разрыва шейки и затем капля спокойно и без брызг отправляется в сварочную ванну.



3) Крупнокапельный перенос металла, при котором траектория движения и поведение капель с трудом поддается укрощению, а потому, получение качественного шва крайне затруднено, разбрызгивание максимально. Все технологические меры направлены на уменьшение величины капель.



4. Струйный перенос металла. Повышение силы сварочного тока при неизменном диаметре проволоки вызывает рост анодного пятна и оно переходит на боковую поверхность проволоки, благодаря чему её конец приобретает форму конуса и на его вершине начинают образовываться мелкие капли, процесс переноса металла переходит в струйный.



Некоторые функции сварочных полуавтоматов

Проблемы механизированной сварки в среде защитных газов диктуют очень жесткие требования к источникам питания дуги, к их статическим и динамическим свойствам. Традиционные трансформаторные выпрямители, обладая очень высокой степенью инертности, слишком ограничены в своих возможностях при достижении приемлемого качества сварных швов. Слишком сложные и громоздкие планы управления необходимы для того, чтобы реагировать на процессы, происходящие в дуге при сварке. Слишком велико время реакции на возмущение в дуге.

Последние достижения микроэлектроники дали мощный толчок в развитии сварочных аппаратов, в том числе и для механизированной сварки. IGBT модули, высокоскоростные процессоры позволили безгранично расширить возможности сварочной техники. Теперь процесс рождения, формирования каждой капли их размер, и переход в сварочную ванну находится под строгим контролем мощных, высокоскоростных процессоров.

Некоторые стандартные функции сварочных полуавтоматов серии Powertec:

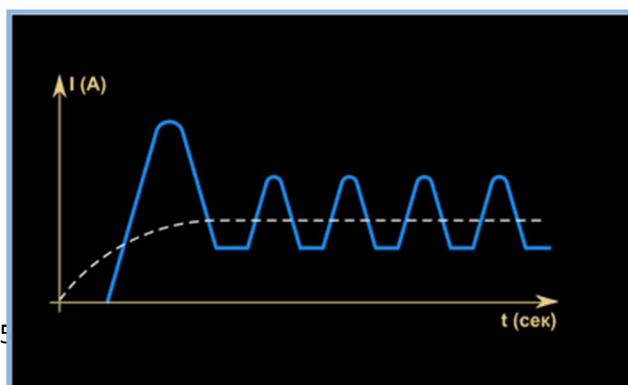
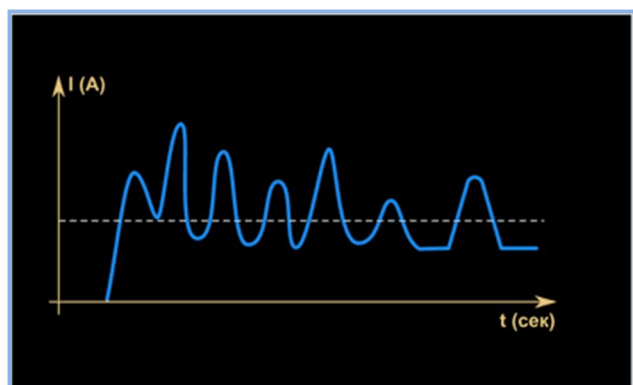
- **Времени дожигания электрода** – служит для получения нужной длины вылета электродной проволоки (т.е. проволоки, выступающей из наконечника горелки) по завершении сварки. Время дожигания проволоки регулируется в диапазоне от 8 до 250 мс.
- **Протяжка проволоки/Продув газа** – используется для холостой протяжки проволоки или продувки газа без подачи сварочного напряжения.
- **Сварка электрозаклепками/прихватками** – служит для изменения времени сварки в диапазоне значений от 0,2 до 10с

Некоторые функции инверторных сварочных полуавтоматов серии Powerwave:

- **RapidArc** для сварки стали, нержавеющей стали с большой скоростью и с контролируемым тепловложением.
- **Режим PowerMode** для сварки тонколистового металла из разных видов стали.
- **Функция Pulse-on-Pulse** (двойного импульса) обеспечивает хороший внешний вид шва и сварку тонколистового металла.

Рассмотрим более подробно функцию профессионального сварочного полуавтомата такую как «мягкий старт»

“Мягкий старт” (**Slow start ignition**) - высокий ток короткого замыкания, приходящийся на слишком, маленькую площадь поперечного сечения холодной сварочной проволоки, приводит при сварке на трансформаторных источниках питания к хаотичному, бесконтрольному возбуждению дуги, что является основной причиной дефектов в начале шва и в местах их перекрытия. В инверторных аппаратах процессор задерживает время нахождения источника питания в режиме короткого замыкания, давая тем самым проволоке нагреться, а затем плавно снижает ток до сварочного, обеспечивая “мягкий старт” и отсутствие дефектов в начале шва.



Оборудование для MIG/MAG сварки

В состав сварочного полуавтомата должны входить:

- источник сварочного тока,
- механизм подачи сварочной проволоки,
- сварочная горелка,
- кабель для подключения к сети,
- кабель сварочный с зажимом для соединения полюса источника сварочного тока и изделия,
- рукав для подключения к источнику защитного газа.



1) По подключению к электросети полуавтоматы делятся на однофазные (1 x 220/380 В) и трехфазные (3 x 380 В).

Преимущества однофазных аппаратов только в одном, что практически в любых условиях можно найти розетку на 220 В. На этом все преимущества заканчиваются.

И не в любую розетку можно воткнуть их вилку, т.к. сеть необходима силовая 16А/220В, а лучше 25А/220В и провод в проводке должен быть сечением не менее 2,5 мм² по меди.

Однофазный полуавтомат я бы сравнил с мотоциклом. Покататься можно, но много не увезёшь. В промышленности применяются в основном только трехфазные полуавтоматы.

2) Сварочные полуавтоматы делятся на:

- Компактные однокорпусные в которых источник сварочного тока, механизм подачи, система управления находятся в одном корпусе.
- Полуавтоматы разделенными на две составляющие - механизм подачи со сварочной горелкой и источник сварочного тока с системой управления.



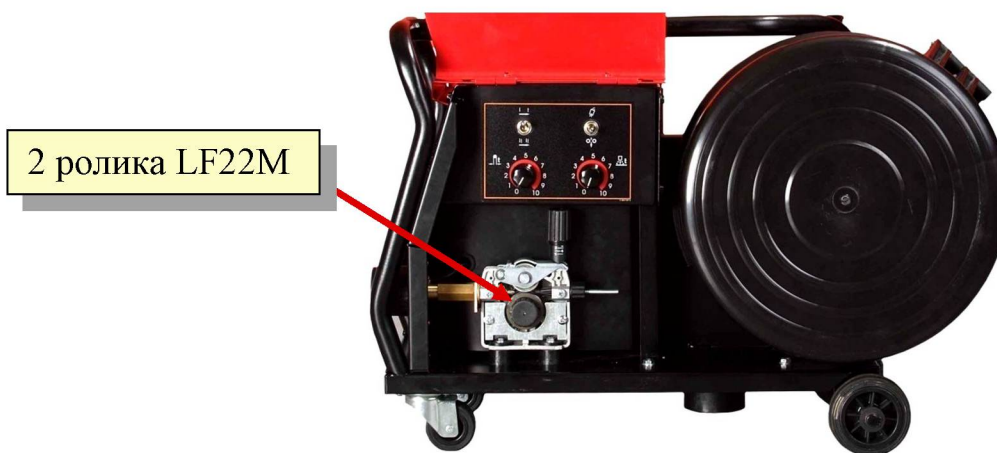
Однокорпусный полуавтоматы
серии Powertec



Полуавтоматы с выносным механизмом подачи проволоки серии Powertec

3) Механизмы подачи разделяются по количеству пар роликов (один подающий и один прижимной).

Механизмы с одной парой роликов получили наибольшее распространение при сварке горелками до 3 м.



Механизмы с двумя парами роликов нашли применение для сварки конструкций из легких сплавов и при сварке горелками более 3 м конструкций из сталей и чугунов.



При использовании двухроликового механизма подачи проволоки с 5-ти метровой сварочной горелкой возможно заклинивание сварочной проволоки в направляющем канале горелки. Иногда сварщику приходится перегибать рукав горелки чтобы получить доступ с месту сварки или намотать на руку рукав горелки для лучшей фиксации рукоятки горелки и в этих случаях возможно заклинивание проволоки из-за слабого редуктора механизма подачи.

4) Для связи источника сварочного тока и механизма подачи проволоки служит кабель управления. Длина кабеля управления может быть от 2.5м до 20м. Длинный кабель управления нужен для сварки длинномерных конструкций и передвигать источник тока затруднительно.



Горелки для MIG\MAG сварки

Бесперебойная работа горелки и высококачественная конструкция в сочетании с эргономичностью являются основными свойствами, обеспечивающими качественную сварку и удобство эксплуатации. Поэтому необходимо правильно выбрать тип горелки.



Функция горелки заключается в передаче сварочного тока, защитного газа и сварочной проволоки на свариваемую поверхность. Поэтому горелка входит в состав сварочного оборудования, которое располагается ближе всего к дуге и больше других компонентов подвергается воздействию тепла и брызг.

Кабель горелки соединяет сварочную горелку и сварочный аппарат. Этот кабель, как правило, является многофункциональным: через него на свариваемую поверхность поступает ток, необходимый для образования дуги, регулирующий ток, защитный газ, по мере необходимости охлаждающая жидкость и сварочная проволока, которая используется для сварки MIG/MAG.



Воздушное или жидкостное охлаждение?

Сварочная дуга и потери напряжения на горелке могут стать причиной ее значительного нагрева во время работы. Поэтому степень охлаждения горелки должна увеличиться пропорционально мощности сварки и температуре дуги. При выборе горелки необходимо учесть требования к охлаждению.

При сварке с низкой мощностью достаточно воздушного охлаждения. В этом случае значительная часть тепла горелки отводится в окружающий воздух. Кроме того, защитный газ, который подается через горелку, охлаждает ручку горелки и наконечник. Это удобный и экономичный способ охлаждения, не требующий дополнительного механизма охлаждения.

При сварке с более высокой мощностью рекомендуется использовать горелку с жидкостным охлаждением. В этом случае сварочное оборудование оснащается отдельным блоком охлаждения, который нагнетает охлаждающую жидкость в горелку через многофункциональный кабель. Другие преимущества жидкостного охлаждения - увеличенная охлаждающая способность и более легкий и гибкий сварочный кабель, что обеспечивается сокращенным поперечным сечением кабеля питания.

Однако следует учитывать, что чистую воду нельзя использовать как охлаждающую жидкость, поскольку она может замерзнуть и вывести из строя блок охлаждения раньше гарантированного срока эксплуатации. В качестве охлаждающей жидкости следует применять смесь с этанолом, указанную в руководстве по эксплуатации.

Достаточная охлаждающая способность сварочной горелки повышает удобство сварки и увеличивает срок службы расходуемых деталей горелки.

Технические данные горелки

В спецификациях сварочной горелки указываются некоторые электротехнические характеристики и функции. Ниже приводится разъяснение некоторых основных технических данных сварочной горелки.

➤ Рабочим циклом называется время, когда устройство непрерывно работает в течение десяти минут с определенной мощностью сварки. К примеру, рабочий цикл 60% означает, что устройство может непрерывно работать в течение 6 минут, после чего должно охлаждаться 4 минуты.

➤ Допустимой нагрузкой называется показатель, при котором достигается самый долгий рабочий цикл при данной величине сварочного тока. К примеру, маркировка 200А (60%) означает, что горелка обеспечивает 60-процентный рабочий цикл при мощности сварочного тока 200 ампер.

➤ Сваркой с 2-тактным режимом называется сварка, выполняемая в 2 операции; сварка начинается при нажатии на кнопку горелки и заканчивается, когда она отпускается.

➤ Сваркой с 4-тактным режимом называется сварка, выполняемая в 4 операции; защитный газ начинает поступать при нажатии переключателя горелки, а непосредственно сварка начинается, когда переключатель отпускается. При повторном нажатии переключателя сварка заканчивается. Защитный газ будет поступать до повторного отпускания переключателя.

➤ Дистанционным управлением называется функция горелки, позволяющая управлять сварочным аппаратом с помощью переключателя на горелке или пульта дистанционного управления, подключаемого к горелке.

➤ Разъем типа Euro - это удобный и простой в использовании тип разъема, предназначенный для подключения кабеля горелки к устройству подачи проволоки.

➤ Длиной горелки называется длина кабеля горелки. Длинный кабель позволяет увеличивать радиус действия,



однако вызывает потерю напряжения и затрудняет подачу проволоки.

Кабель и горелка имеют особое значение в аппаратах для синергетической сварки, в особенности для сварки с двойными импульсами, где скорость подачи присадочной проволоки изменяется в импульсном режиме. В таком режиме быстрое срабатывание функции подачи проволоки очень важно для качественной сварки.

Детали горелки MIG

1. Направляющий канал представляет собой трубку, которая, как правило, изготавливается из стальной спирали или пластмассы и располагается внутри многофункционального кабеля, через который присадочная проволока проходит от устройства подачи проволоки к горелке.

2. Газовое сопло - это наружное сопло наконечника горелки, равномерно распределяющее защитный газ по свариваемой области.

3. Газовый диффузор распыляет защитный газ в газовое сопло, в результате чего он подается плавно и без завихрения, защищая сварочную ванну. Кроме того, он изолирует токоведущие внутренние детали от внешних деталей, на которые не подается напряжение.

4. Контактный наконечник - это токоведущий элемент сопла, изготовленный из меди и располагающийся внутри газового сопла. Он служит для передачи присадочной проволоки в свариваемую область и тока - на присадочную проволоку. По диаметру отверстия контактного наконечника определяются присадочные проволоки, для которых подходит сопло.

5. Вставка под наконечник соединяет контактный наконечник с деталью шейки горелки, на которую поступает ток. Кроме того, он направляет устройство подачи проволоки к середине горелки.



Выбор сварочного полуавтомата.

Какое оборудование считать профессиональным?

Когда речь заходит о том, что называть профессиональным сварочным оборудованием, по каким критериям оценивать его принадлежность к тому или иному классу, нет единодушного мнения.

Ни у кого не вызывает сомнения существование хобби и профи линейки в сфере ручного инструмента, такого как, например, дрели. И практически каждый, кто хоть раз использовал их в своей работе, понимает и может объяснить разницу. Однако для сварочного оборудования граница между «профессиональное» и «любительское» как будто размывта. Не претендуя на последнюю инстанцию, попробуем разобраться.

Классы оборудования

В сфере сварочного оборудования можно условно выделить три сегмента:

- оборудование хобби класса,
- профессиональное оборудование,
- полупрофессиональное оборудование (или для мастеров).

С оборудованием хобби класса все более-менее понятно. Это преимущественно однофазные аппараты для ручной дуговой сварки мощностью до 200А, предназначенные для кратковременной работы в «домашних» условиях, например, в гараже или на даче. Наибольшая путаница возникает с тем, чем отличается профессиональное оборудование от полупрофессионального, и существует ли последнее как класс вообще.

Начнем с того, что, например, в Европе нет проблемы с идентификацией степени профессиональности сварочного аппарата, поскольку есть четкое разделение, по которому в данный разряд попадает оборудование **не более десяти ведущих производителей**. При этом никому и в голову не придет использовать сварочный источник, предназначенный для мастерских, а тем более для хобби в индустриальном секторе, тогда как в России такое происходит сплошь и рядом. Почему? Ответ на этот вопрос кроется в недостаточной информированности покупателей и в сознательном неправильном позиционировании зарубежными производителями своего оборудования на нашем рынке.

Практически все оборудование из-за рубежа именуется профессиональным, а названия моделей пестрят эпитетами Супер и Профи, вводя потребителя в заблуждение.

Между тем существует ряд атрибутов, по которым можно безошибочно установить, является ли стоящий перед вами аппарат профессиональным или его можно назвать таковым условно. Они следующие.

Продолжительность нагрузки и максимальный ток

Традиционно при оценке «профессиональности» сварочного оборудования используется такой показатель как цикл/период нагрузки, сокращенно ПН% (ПВ%, в некоторых источниках). Считается, что для ручной дуговой сварки на максимальном токе он должен быть не менее 60. Здесь следует оговориться, как измеряют этот ПН в РФ и Европе. ПН определяют исходя из временного интервала либо 5 минут (в РФ), либо 10 минут (в Европе). Соответственно 30% ПН означает, что при интервале 10 мин аппарат будет непрерывно работать на указанном максимальном токе 3 минуты, а остальные семь «остывать». При 5 минутном интервале результат будет соответственно в 2 раза меньше.

Особое внимание следует обратить на температуру, при которой происходило измерение ПН. Европейские нормативы предписывают указывать при 40⁰С и статической нагрузке. На большинстве псевдо профессиональных аппаратах указывается только ПН при 20-25⁰С и в реальном режиме сварки, который менее нагруженный. Неудивительно, что отдельные пользователи чувствуют, что аппарат слабее, чем указано на корпусе и искренне считают, что для проволоки Ø 1,6 мм обязательно нужен 500А полуавтомат, а Ø лучше на 600А, чтобы с запасом.

В той же Западной Европе, за исключением в составе автоматизированных систем, практически не используют полуавтоматы мощностью более 350А и проволоку более Ø1,2 мм, решая проблему проплавления, скорости и качества за счет использования газовой смеси, импульсных режимов и специальных процессов контроля дуги. Напротив, наши бывшие коллеги по соцлагерю, как и в России, тяготеют к большим токам про запас.

Класс нагревостойкости изоляции трансформатора

Класс нагревостойкости электротехнического изделия отражает максимальную рабочую температуру, свойственную ему при номинальной нагрузке и других условиях. Согласно существующим нормативам (в России ГОСТ 8865-93) выделяют 9 классов нагревостойкости изоляции электротехнических изделий. Для профессионального оборудования не применяется класс ниже Н (180⁰С), тогда как для хобби В – обычная практика. По сути класс нагревостойкости изоляции прямо влияет на ПН и может служить косвенным признаком, позволяющим распознать недостоверно указанные данные ПН, если производитель скупавил.

Класс защиты по IP

Характеризует степень защиты аппарата и условия его применения (на открытом воздухе, в укрытии, т. е. в помещении). Для профессиональных аппаратов обычно должен быть не ниже 21 S или 23 S.

Эргономика

Под этим термином понимается, что сварочный аппарат удобен и безопасен в использовании. В общем случае это означает отсутствие острых углов, удобство считывания информации с панели, разумный минимум рукояток регулировки и кнопок. В отношении вида дисплея при его наличии нет однозначных рекомендаций, допустимо использовать как светодиодный, так и жидкокристаллический, при этом последний наиболее оправдан для сложных аппаратов, подобных мультисистемам и аргонодуговым аппаратам для сварки алюминия, отличающимся обилием функций и настроек.

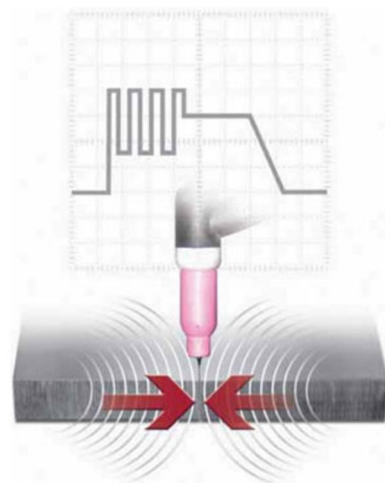
Внешние интерфейсы

Наличие в линейке производителя аппаратов с различными современными интерфейсами: возможность подключения к ПК, интеграции в автоматизированные системы, подключения цифровых горелок, программного обеспечения для управления с ПК и т.п. Кто-то может возразить, что во многих случаях эти примочки не требуются. Это справедливо, однако присутствие таких интерфейсов говорит об общем уровне развития технологии производителя, и как для современных компьютеров наличие разъема USB является практически стандартом, так и для отдельных типов сварочных аппаратов наличие внешних интерфейсов становится если не обязательным, то, по крайней мере, ожидаемым атрибутом.



Функциональность

Прежде всего, речь идет о минимальном наборе специальных сварочных функций, позволяющих управлять динамикой сварочной дуги, ее зажиганием и стабильностью, и облегчающих работу сварщика. Как правило, для ряда процессов, например, аргонодуговой сварки алюминия, существует джентльменский набор функций, вроде регулировки баланса и смешанного переменного/постоянного тока, который обязательно присутствует в оборудовании для профессионального и промышленного использования.



Синергетика

Умным словом синергетика называется наука о способности системы к самоорганизации. Сущность синергетики сводится к упрощенной процедуре настройки и оптимизации параметров режима сварки, в том числе относящихся к вспомогательным и микропроцессорного управления параметрами процесса по заданной программе.

Под синергетикой понимается набор сварочных программ (синергетических кривых), позволяющих облегчить настройку и работу аппарата. Наиболее часто синергетика применяется для полуавтоматической сварки в среде инертных/активных газов, когда путем нажатия одной-двух кнопок можно оп-

G3/4 Si1 Ø1.2mm Ar 18%CO ₂	
● G3/4 Si1 CO ₂	● 0.8
○ G3/4 Si1 Ar 18%CO ₂	● 1.0
● HardFacing Ar 18%CO ₂	○ 1.2
● AlSi Ar	● 1.6
● AlMg Ar	
● Al Ar	
● CuAl Ar	
● CuSi Ar	

↓

↶ ↑ ↓ ∅

тимально настроить все сварочные параметры. И если для стандартной сварки МИГ/МАГ выбор аппарата с ручной настройкой или синергетической зависит от предпочтения и квалификации сварщика, то для режима импульсной сварки и сварки на двойном импульсе наличие синергетики обязательно. Для полупрофессиональных аппаратов и даже для хобби также имеет место присутствие синергетики, однако, с небольшой, но ощутимой разницей. Основное отличие состоит в том, что синергетические кривые для профессионального оборудования автоматически корректируются, исходя из меняющихся условий процесса сварки (неоднородность защитного газа, положение горелки, пространственное положение, скачки напряжения в сети, вылет проволоки, чистота свариваемого материала и т. п.) посредством интерактивной обратной связи. Для неиндустриальных аппаратов кривые раз и навсегда жестко определены и применимы только для «идеальных» условий, в которых они были получены. Естественно в реальных условиях такие кривые могут давать далекие от оптимальных настройки и часто скорее мешают, чем помогают сварщику.

Оптимально настроить процесс без синергетики может только высококвалифицированный специалист, причем настройка необходима при каждом включении полуавтомата. Синергетическое управление снимает эту проблему и дает возможность оптимально подобрать параметры процесса даже не очень опытному персоналу. Часто приводят такую аналогию – синергетическое управление - это певец исполняющий песню под фонограмму, записанную супер исполнителем.

Цена

Для профессиональных сварочных аппаратов она не может быть низкой. И дело не в жадности производителя или торгующей организации. Просто для профессионального оборудования издержки не ограничиваются только затратами на производство. Для развития и выпуска новых моделей необходимо проведение НИОКР и инвестиции в эти работы, которые ложатся на серийно выпускаемые изделия, увеличивая их конечную цену.

Пара слов про сварочное оборудование из Китая.

Во-первых, людям, которые панически боятся Китая: практически все европейские фирмы (даже «самые-самые») используют компоненты из Китая, а подчас имеют и закупочный офис, и частичное полное производство.

Китайцы очень трудолюбивые. Они могут делать очень дешево и некачественно, либо дешево и хорошо, как например оборудование под маркой **Сварог**. Разница между первым и вторым, как правило, в уровне контроля качества на конкретном заводе.

И, наконец, китайцы очень быстро учатся. Еще несколько лет и они научатся делать оборудование средней технологичности почти так же хорошо, как Европа. Уже сейчас их инверторы для ручной дуговой сварки очень неплохо себя показывают, а по своей стоимости вне конкуренции. Компания Lincoln Electric уже производит в Китае инверторы для РДС. Тем не менее, по надежности лучшие китайские заводы отстают от ведущих европейских фирм. Пока...



Выводы

Подводя итоги, хотелось бы подчеркнуть, что несоответствие сварочного оборудования упомянутым критериям не означает, что вы получите некачественный шов, поскольку настоящий профессионал способен достичь результата и на посредственном аппарате. Однако в рамках промышленного производства правильный выбор класса оборудования позволит повысить производительность, надежность и качество при снижении требований к мастерству сварщика, что

особенно актуально в настоящее время в связи с повсеместным недостатком квалифицированных кадров.

Вопрос – ответ.

На сегодняшний день рынок сварочного оборудования предлагает огромный выбор полуавтоматов. При общении с заказчиком сварочного оборудования для правильного подбора полуавтомата необходимо получить максимум информации о целях и задачах, которые придется выполнять этим полуавтоматом.

Вот некоторые вопросы, ответы на которые нужно получить от заказчика:

1. Какая должна быть сеть питания источника. И хотя в 95% процентах случаев заказчик ответит, что она должна быть трехфазной, все-таки стоит уточнить этот вопрос.

2. Нужно поинтересоваться, что варит клиент, какие конструкции, какие требования предъявляются к качеству шва, внешнему виду, к производительности. Это нужно для того чтобы понять, какого класса оборудование стоит предложить. Если клиенту нужно решить задачу о минимальном тепловложении, задачу высокопроизводительной сварки нержавеющей стали, задачу сварки алюминия и т.д., тогда стоит рассматривать вопрос о закупке полуавтомата серии Invertes, Powerwave. Если это обычная полуавтоматическая сварка и нужен надежный, удобный в работе, в настройках аппарат, то это полуавтомат серии Powertec.

3. Какие толщины металла будут свариваться этим полуавтоматом либо на какой ток нужен полуавтомат. Исходя из этого можно подобрать нужную мощность по току. Если заказчик собирается эксплуатировать полуавтомат с рабочим током например 300А, то рекомендует подбирать полуавтомат с током 280-300А при ПВ-60%, хотя максимальный ток, который может выдать этот полуавтомат будет 350-370А, но ПВ при этом будет 35%. В полуавтоматах указывается диапазон сварочного тока и максимальное его значение как правило имеет невысокий показатель ПВ.

4. Какой режим работы будет применяться, т.е. односменный, двухсменный режим работы либо несколько часов в день. Если полуавтомат будет сильно загружен, необходимо подбирать источник с 10-15% запасом. Например, рабочий ток 300А (ток, при котором будет эксплуатироваться полуавтомат), двухсменный режим работы, значит выбираем источник с током 280-300А при ПВ 60% плюс 15%, получаем 320А при ПВ-60%. Этим характеристикам удовлетворяет полуавтомат Powertec 425C PRO либо Powertec 425S.

5. Какой диаметр сварочной проволоки использует заказчик. Иногда приходится слышать – нужен полуавтомат на 300А под проволоку 1.6мм либо нужен полуавтомат на 400А под проволоку 1.0мм. В первом случае тока 300А не достаточно для сварки проволокой 1.6мм (малая плотность тока, сварка холодная), а во втором случае ток завышен, и заказчик просто переплатит за мощность, которая ему не нужна. **Наша задача – продать, то что нужно клиенту, а не то, что он хочет.**

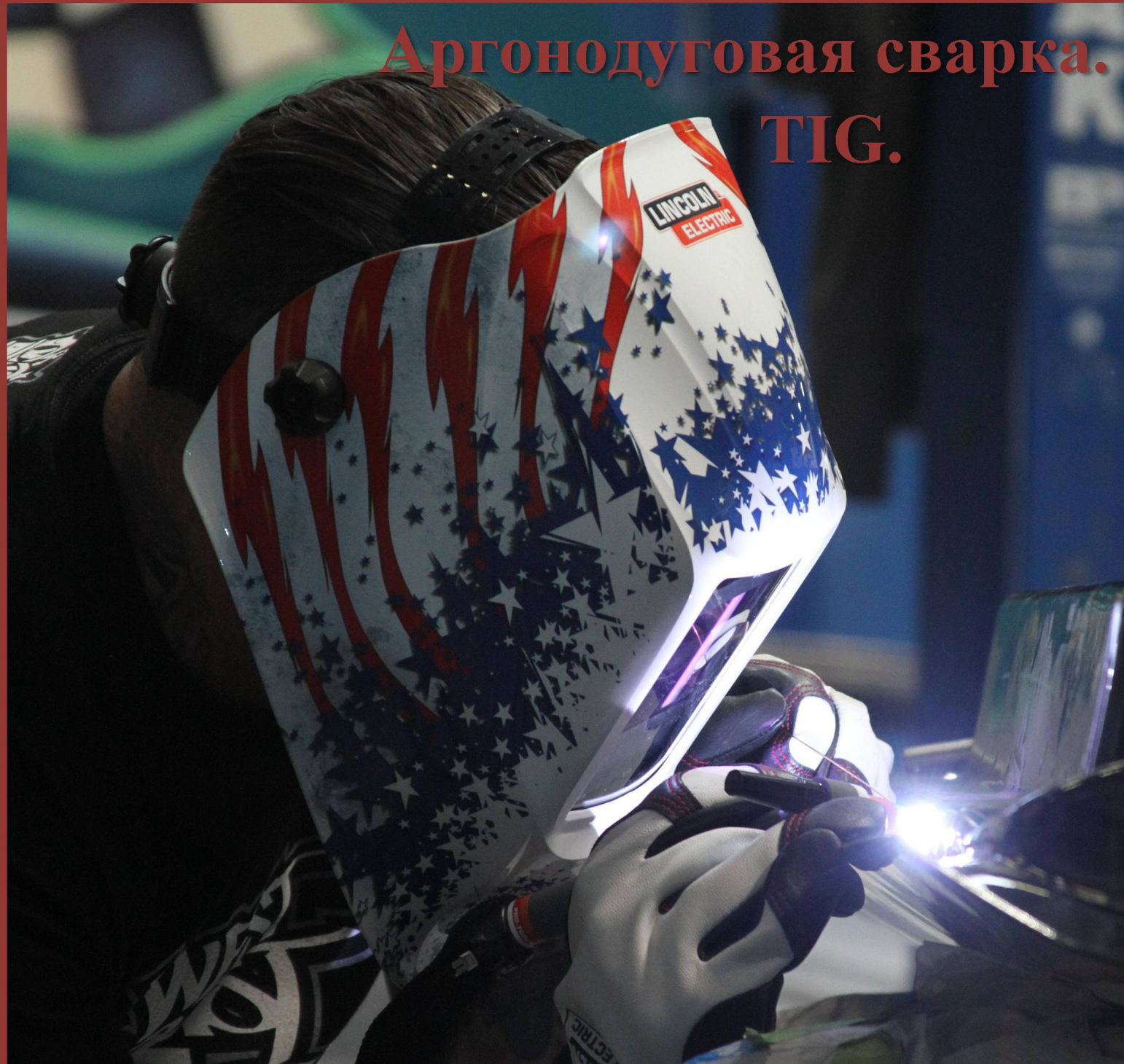
6. Какой должен быть механизм подачи проволоки – встроенный либо выносной.

7. Если выносной механизм, то какой длины должен быть кабель управления – 5м, 10м и т.д.

8. Какой длины нужна сварочная горелка 3-5м. Если клиент хочет 5-ти метровую горелку и при этом недорогой механизм подачи с двухроликовым механизмом, вы должны его предупредить о возможном заклинивании сварочной проволоки в направляющем канале горелки при излишнем перегибании шланга горелки.

Вы должны помнить – чем больше информации мы получим от заказчика, тем легче будет правильно подобрать сварочный полуавтомат.

Аргондуговая сварка. TIG.



LINCOLN[®]
ELECTRIC
THE WELDING EXPERTS[®]

I CHOOSE LINCOLN.[™]

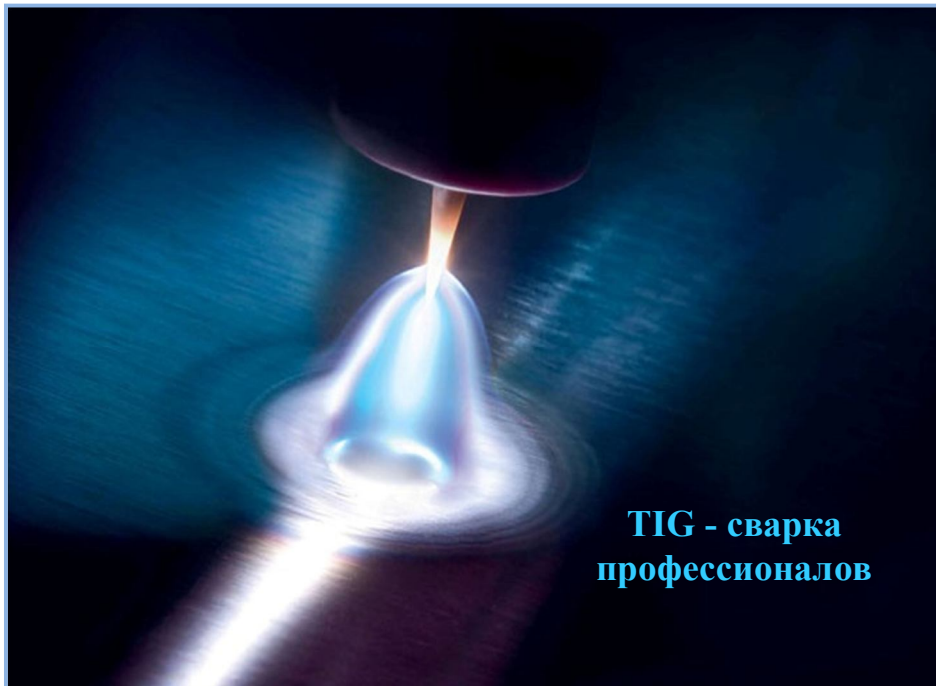
Jessi Combs
TV Host and Avid Welder

Аргонодуговая сварка TIG (Tungsten Inert Gas)

Аргонодуговая сварка это, если говорить образно, высшая лига сварочного дела. Само название говорит о применении в этой технологии инертного газа. При работе со многими видами металлов это практически единственно возможный способ. Кроме того аргонодуговая сварка обеспечивает очень высокое качество сварных швов, точность глубины проплавления, что является принципиально важным.

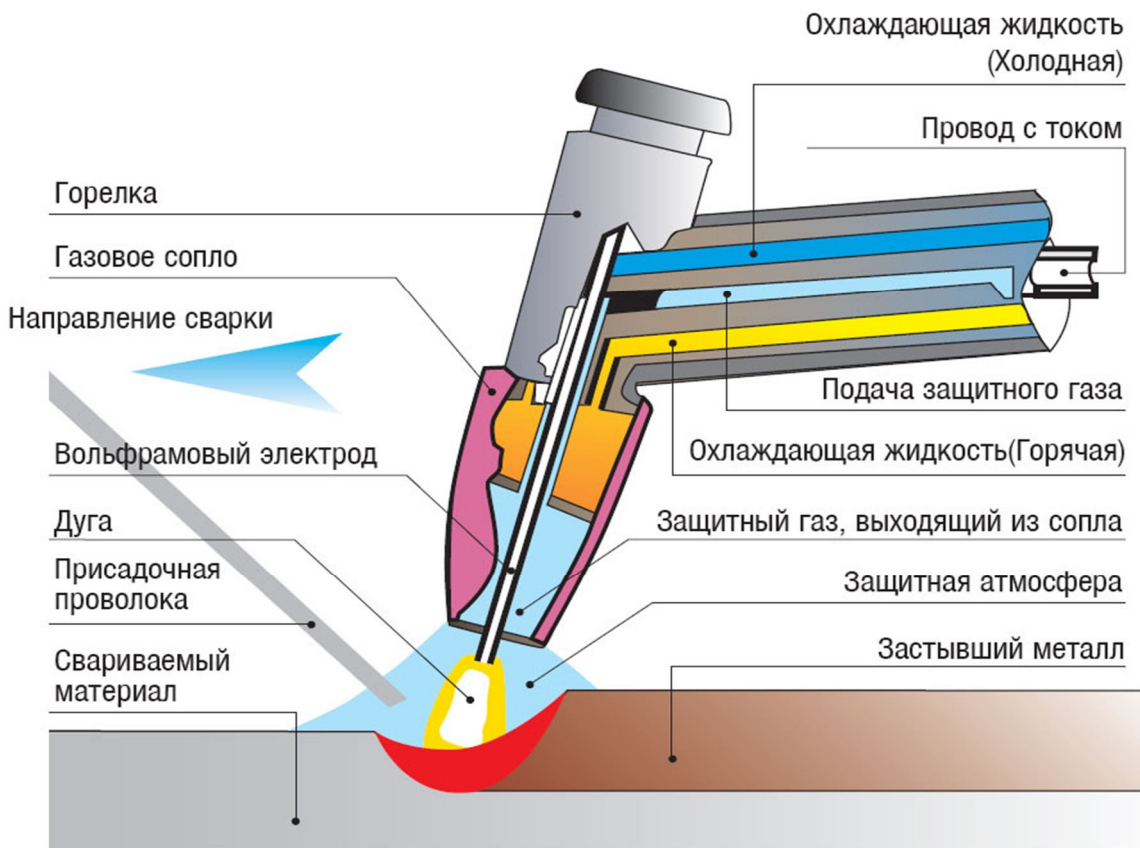
Сущность способа.

TIG - Tungsten Inert Gas - ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в среде инертного защитного газа. Поскольку чаще всего в качестве материала для неплавящихся электродов используется вольфрам, в немецкоязычной литературе используют сокращение WIG (Wolfram Inert Gas), иногда встречается обозначение GTA (Gas Tungsten Arc). Так как наиболее распространено применение в качестве защитного газа аргона, за этим методом закрепилось название «аргонодуговая сварка» или АДС. Следует, однако, заметить, что такое наименование не совсем правильно, потому что при сварке методом TIG в качестве защитного газа могут использоваться также гелий, азот или различные газовые смеси. Кроме того, сварка с использованием аргона в качестве защитного газа может вестись и с применением плавящегося электрода.



Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в защитном газе использует тепло, образующееся при горении электрической дуги между электродом и основным металлом. Температура в столбе дуги может достигать 19 500 °С.

Вольфрамовый электрод закрепляется в токопроводящем устройстве специальной горелки, к которой по шлангам подводится токоведущий провод и защитный инертный газ. Истекающая из сопла горелки струя аргона отесняет воздух и надежно защищает электрод, дугу, сварочную ванну и околошовную зону от окисления и азотирования. Таким образом, процесс осуществляется при струйной защите зоны сварки от контакта с воздухом.



Если возникает необходимость в добавочном (присадочном) металле для заполнения шва (получения сварочного валика), то в дугу подается присадочная проволока, как правило, того же или близкого состава, что и свариваемый металл. Сварщик вручную контролирует перемещение сварочной горелки и подачу проволоки, так же как при газовой сварке. Существует множество систем для подачи проволоки в зону горения дуги, пригодных для автоматизации процесса, об этом мы поговорим ниже.



Преимущества:

1. Преимущество TIG процесса заключается в том, что им можно сваривать значительно большее количество металлов и сплавов, чем любой другой сваркой. TIG сварка позволяет сваривать сталь, в том числе нержавеющую, никелевые сплавы (монель, инконель и др.), титан, алюминий, алюминиевые и магниевые сплавы, медь, бронзу и даже золото. Можно сваривать разнородные металлы, например медь с латунью и нержавеющую сталь с низкоуглеродистой сталью. Этим способом можно соединять вручную, полуавтоматически или автоматически в

различных пространственных положениях разнообразные металлы и сплавы толщиной от десятых долей до десятков миллиметров.

2. Концентрированный характер TIG дуги с контролируемым точечным тепловложением в изделие дает узкую околошовную зону. Высокая концентрация тепла - преимущество при сварке металлов с высокой теплопроводностью, например меди и алюминия. Узкая околошовная зона, в которой металл подвергся интенсивному нагреву и быстрому охлаждению, также является преимуществом, повышается прочность изделия.

3. При сварке TIG процессом нет шлака, следовательно, ничто не закрывает сварщику сварочную ванну. Завершенный валик сварного шва не имеет шлаковой корки, нет необходимости зачищать валики сварного шва при многопроходной сварке. Шлаковые включения в многослойной сварке бывают крайне редко.

4. При сварке TIG процессом отсутствует перенос расплавленного металла через дугу промежутков. Это в значительной мере облегчает условия горения дуги и обуславливает более высокую ее стабильность. Нет расплавленных капель металла и нет брызг: если свариваемый металл не загрязнен, то нет и искр.

5. Переход присадочного металла в сварочную ванну, минуя дугу промежутков, исключает его разбрызгивание. Сокращаются потери на испарение, и ограничивается взаимодействие расплавленного металла с газовой фазой столба дуги. При сварке неплавящимся электродом создаются благоприятные условия для защиты сварочной ванны и формирования шва.

6. При сварке на постоянном токе (кроме импульсного режима), в отличие от сварки покрытыми электродами и MIG/MAG процесса, TIG дуга горит в полной тишине, без треска, щелчков и жужжания.

Недостатки:

1. Основной недостаток TIG процесса - низкая производительность.

2. Другой недостаток - чтобы производить сварку, необходимо, что называется, «набить руку». Чтобы стать специалистом, необходима большая практика. Зачастую TIG сваркой выполняют «ювелирную», ответственную работу, не терпящую небрежности.

3. К недостаткам TIG процесса, по сравнению со сваркой покрытым электродом и GMAW процессом, относится необходимость применения дополнительных защитных мер против световой и тепловой радиации дуги. Из-за отсутствия дыма и более высокой температуры дуги излучение более сильное, имеющее сдвиг в ультрафиолетовую область, что, в свою очередь, вызывает образование озона и оксидов азота.

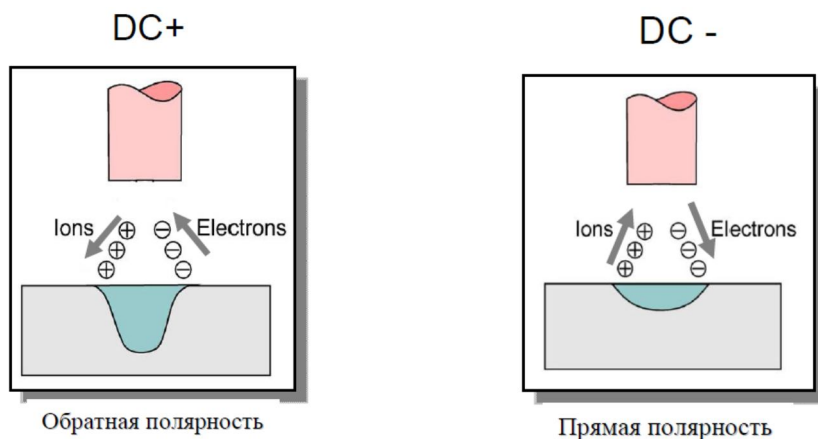
Выбор полярности

Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом производится **на прямой полярности (минус на электроде)**. При установившейся дуге электронный поток движется от отрицательного электрода горелки к положительному аноду (изделию), а поток положительно заряженных ионов - к электроду (катоде). При сварке на обратной полярности примерно 70% тепла сконцентрировано с положительной стороны дуги, и значительная часть этого тепла передается в зону сварки.

Прямая полярность позволяет получить узкую, сконцентрированную дугу, дающую глубокое проплавление и, соответственно, большую скорость сварки. Электрод получает меньшую часть тепловой энергии дуги и будет иметь меньшую температуру, чем при сварке на переменном токе или при сварке на обратной полярности, что, в свою очередь, позволяет уменьшить диаметр вольфрамового электрода и снизить расход защитного газа.

При обратной полярности поток электронов также движется от отрицательного электрода к положительному, но в данном случае от изделия к электроду. Следовательно, 70% тепла сконцентрировано в дуге около вольфрамового электрода. Поскольку электрод получает значительно больше тепла при сварке на обратной полярности, чем на прямой, для предотвращения перегрева и расплавления вольфрамового электрода приходится использовать электроды увеличенного диаметра и уменьшать сварочный ток. Свариваемое изделие при сварке на обратной по-

лярности получает меньше тепла и как результат - меньшая глубина проплавления. Другим недостатком при сварке на обратной полярности является блуждание дуги, возникающее иногда из-за магнитного дутья. Магнитное дутье может возникнуть и при сварке на прямой полярности, но сварка на обратной полярности более подвержена магнитному дутью. В общем **сварка на постоянном токе обратной полярности возможна, но очень редко используется**

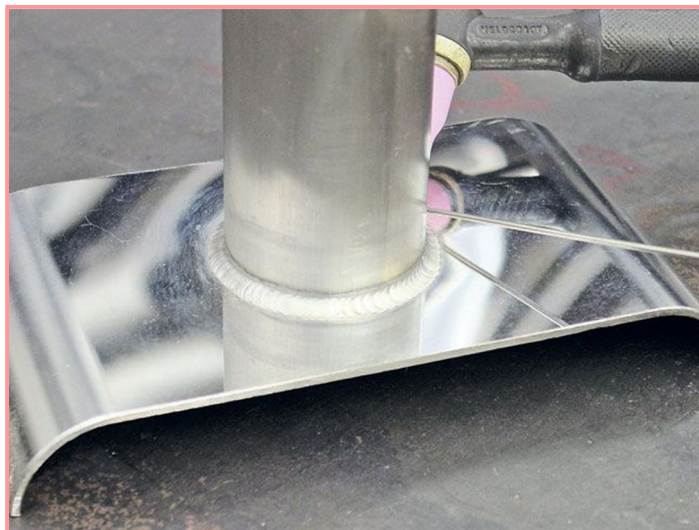


Тем, кто собирается варить алюминий на постоянном токе!!!

Некоторые цветные металлы, например алюминий и магний, быстро образуют на поверхности оксидную пленку. Прежде чем сваривать алюминий, необходимо удалить оксидную пленку, температура плавления которой значительно выше, чем основного металла. Удаление оксидной пленки может производиться механически, например щетками или химически - травлением, но, как только пленка удалена, металл тут же снова начинает окисляться, затрудняя сварку.

Оксидную пленку с поверхности металла во время сварки на **обратной полярности** может удалять сама дуга. Положительно заряженные ионы, которые двигались от основного металла изделия к электроду при сварке на прямой полярности, теперь двигаются от электрода к изделию. Ударяясь с достаточной силой о поверхность изделия, они дробят и расщепляют хрупкую оксидную пленку, производя тем самым очистку поверхности.

Очищающее действие дуги при сварке на обратной полярности, на первый взгляд, наилучшим образом подходит для сварки алюминия, магния и их сплавов. Тем не менее, этот способ сварки имеет существенный недостаток. Например, при сварочном токе в 100А необходимо использовать электрод (по условиям нагрева) диаметром 6 мм. Во-первых будет очень сложно найти электрод такого диаметра, а во-вторых этот большой электрод имеет, соответственно, большую сварочную ванну. Тепло дуги рассеяно на большой площади изделия, глубина проплавления недостаточная. При использовании электрода диаметром 2,5мм получаем более сконцентрированную дугу и удовлетворительное проплавление, но происходит перегрев электрода. Из-за недостаточного проплавления и необходимости использовать вольфрамовые электроды большого диаметра TIG сварка на обратной полярности используется редко, если не сказать не используется вообще.



Хорошее проплавление, достигаемое при сварке на прямой полярности, и очищающее действие дуги при сварке на обратной полярности - наилучшая комбинация для сварки алюминия. **Для получения преимущества обоих способов сварки используется сварка на переменном токе.**

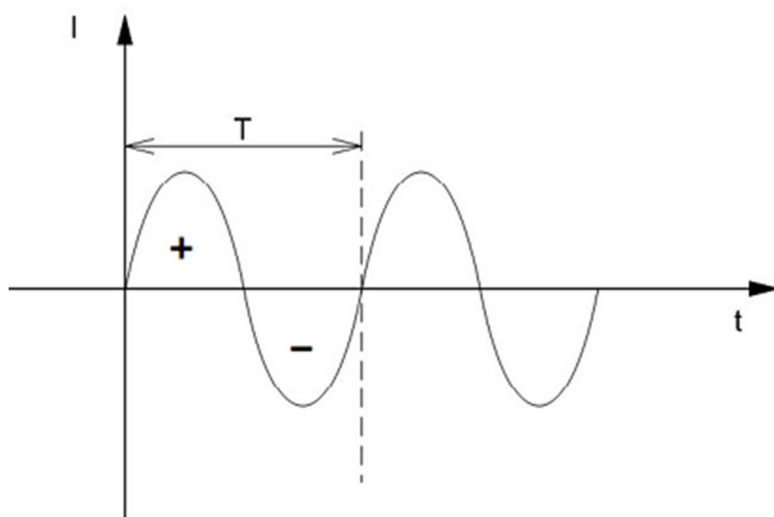
Влияние изменения продолжительности полуволны (баланса) на размер и форму шва при переменном токе.

Как мы уже знаем, электрический ток бывает постоянным и переменным.

Переменный ток, АС (alternating current - переменный ток) - электрический ток, который периодически изменяется по величине и направлению в отличие от тока постоянного, причем изменения эти происходят периодически, т. е. точно повторяются через равные промежутки времени, которые называются - период.

Переменный ток - это тот ток, который у нас в розетке. Он называется переменным, потому что направление движения электронов постоянно меняется. У переменного тока из розеток бывает разная частота и электрическое напряжение. Что это значит? В российских розетках частота 50 Герц (в США 60Гц) и напряжение 220 вольт. Получается, что за секунду поток электронов 50 раз меняет направление движения электронов и заряд с положительного на отрицательный.

Период зависимости напряжения от времени в розетке 50 Гц. Это значит, что через $1/50$ секунды ток снова течет в том же направлении (прошел полный период), т.е. за это время он уже успел поменять направление 2 раза (туда-обратно-туда). Итого при частоте 50 Гц ток меняет направление 100 раз в секунду.



В разделе «выбор полярности» мы выяснили, что используя постоянный ток, при подключении плюса к изделию (прямая полярность) достигается хорошее проплавление, а при подключении плюса к электроду (обратная полярность) достигается хорошее очищение (разрушение оксидной пленки).

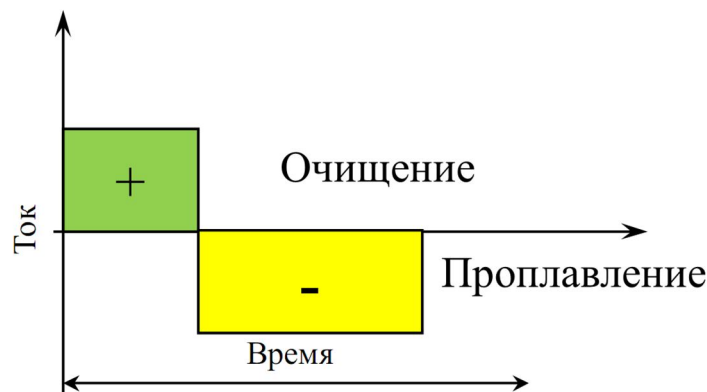
В настоящее время большинство установок для TIG сварки имеют регулировку продолжительности положительной (очищающей) полуволны и продолжительности отрицательной (проплавляющей) полуволны. Рассмотрим как будет изменяться форма шва и проплавление при различных вариантах продолжительности полуволн.

Различные модели установок имеют различный уровень регулирования. В установках переменного тока с прямоугольной формой импульсов (полупериодов) продолжительность отрицательного полупериода может находиться в пределах 45-68%. В улучшенных установках диапазон регулирования достигает 10-90%, т. е. +40%.

Вариант 1 - отрицательная полуволна больше.

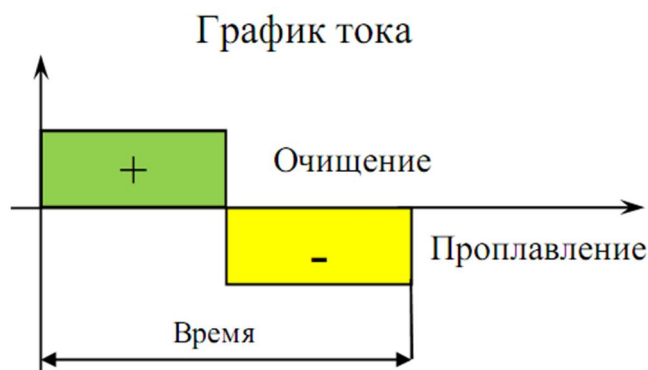
Максимальное проплавление при сварке на переменном токе достигается при максимальной продолжительности отрицательной полуволны (минус на электроде) и минимальной продолжительности положительной. При этом:

- можно использовать больший сварочный ток с меньшим электродом;
- увеличивается глубина проплавления при данной силе тока и скорости сварки;
- применяется меньшее сопло сварочной горелки и уменьшается расход защитного газа;
- околошовная зона получает меньше тепла, соответственно, меньше деформация.



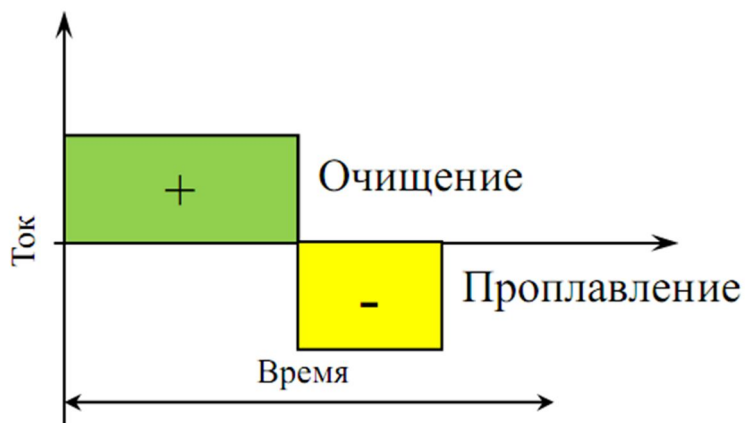
Вариант 2 - сбалансированная сварка

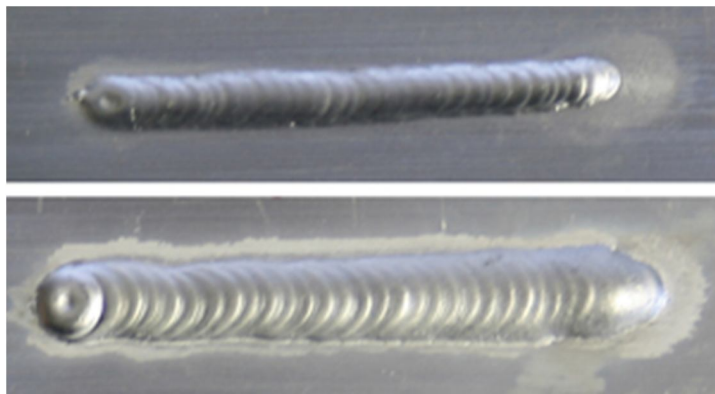
Сбалансированная сварка на переменном токе с прямоугольной формой импульсов достигается при равенстве отрицательного и положительного полупериодов, т. е. при частоте 50 Гц, $1/100$ с. Происходит сварка на прямой полярности и $1/100$ с. - на обратной полярности, при этом увеличивается очищающее действие дуги.



Вариант 3 - положительная полуволна больше.

Максимальное очищающее действие дуги наступает, когда положительная полуволна больше отрицательной, т. е. продолжительность сварки на обратной полярности больше, чем на прямой. Однако следует учитывать, что есть определенный предел увеличения продолжительности положительной полуволны, выше которого улучшение очистки уже не происходит. Снижается скорость сварки, уменьшается глубина проплавления и требуется увеличение диаметра вольфрамового электрода, иначе происходит его перегрев и разрушение.





Ток прямой полярности больше – нет визуальной очистки, увеличенная глубина проплавления

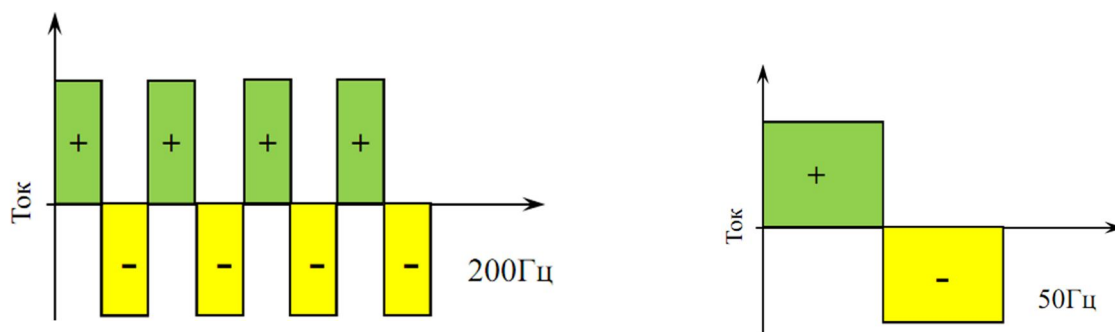
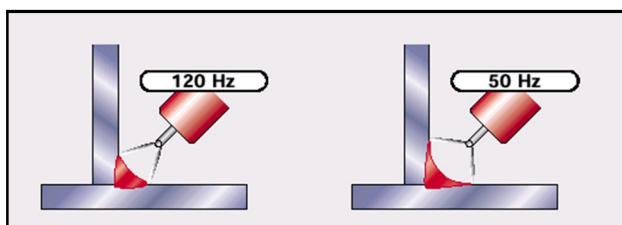
Ток обратной полярности больше – видна очистка, широкий валик, меньше глубина проплавления

Влияние изменения частоты сварочного тока на размер и форму шва

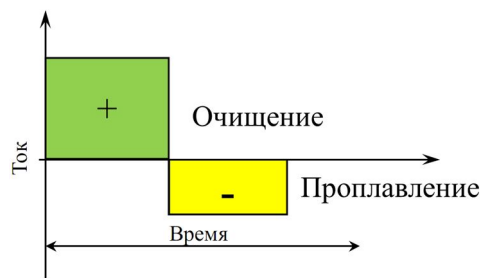
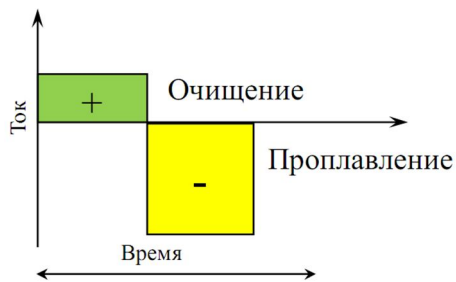
Выше было рассмотрено изменение баланса (соотношения положительной и отрицательной полуволн), при котором сварка производится с применением промышленной частотой 50 Гц (50 положительных и 50 отрицательных полупериодов). Современные инверторные установки для TIG сварки позволяют изменять частоту сварочного тока.

С повышением частоты увеличивается давление дуги на сварочную ванну, повышается стабильность горения дуги, и она значительно сужается. На рисунке показан характер изменения дуги при изменении частоты с 50 до 200 Гц. Изменение частоты в 4 раза привело к сужению конуса дуги и получению жесткой направленной дуги. При сварке повышенной частотой угловых или стыковых швов с разделкой устраняется отклонение дуги, дуга горит по оси электрода. Это повышает концентрацию энергии и увеличивает глубину проплавления.

Инверторные источники сварочного тока позволяют производить сварку в диапазоне частот от 20 до 400 Гц. Сварка на пониженной частоте применяется, когда для выполнения сварного соединения нужна мягкая, с меньшей энергией дуга, например в авиастроении, а также при сварке торцевых швов и когда требуется малая глубина проплавления.



Выпускаемые в настоящее время установки для TIG сварки с улучшенной характеристикой позволяют дополнительно к вышесказанному осуществлять независимую (раздельную) регулировку сварочного тока, как в отрицательной, так и в положительной полуволне, т. е. изменять ток сварки на обратной полярности, независимо от тока прямой полярности, и наоборот.



Итак:

Обобщая вышесказанное, установки для выполнения TIG сварки на переменном токе имеют четыре основные независимые регулировки:

- 1) баланс (процент времени отрицательной полярности электрода);
- 2) частота, Гц (число циклов в секунду);
- 3) величина сварочного тока при отрицательной полярности на электроде;
- 4) величина сварочного тока при положительной полярности на электроде.

Характеристика	Форма волны	Влияние на валик шва	Влияние на внешний вид
Балансировка переменного тока Регулирует очистку при дуговой сварке. Путем регулирования процента амперной нагрузки отрицательного электрода регуляторов формы волны переменного тока контролируется ширина проплавления сварного шва <i>Примечание: Настройте балансировку переменного тока для соответствующей очистки при дуговой сварке по бокам и впереди сварочной ванны. Уравнивание переменного тока должно быть точно отрегулировано в соответствии с тем, насколько тяжелые или толстые оксиды.</i>	Отр. электрод 51-99% 	Уменьшает каплеобразование и помогает сохранить острие Глубокое, узкое проникновение	Узкий валик без видимой очистки
	Отр. электрод 30-50% 	Увеличивает каплеобразование электрода Неглубокое проникновение	Широкий валик и очистка
Регулятор проплавления сварного шва Регулирует ширину конуса дуговой сварки. Увеличение частоты переменного тока обеспечивает более ориентированную дугу с повышенным управлением по направлению. <i>Примечание: Уменьшение частоты переменного тока смягчает дугу и расширяет сварочную ванну для более широкого сварного шва.</i>	60 Гц 	Широкий валик, хорошее проникновение - идеально для наплавки 	Широкий валик и очистка
	120 Гц 	Узкий валик для угловых сварных швов и автоматической сварки 	Широкий валик и очистка
Независимый регулятор нагрузки переменного тока Позволяет производить независимую настройку значения амперной нагрузки для положительного и отрицательного электродов. Регулирует отношение амперной нагрузки ПЭ и ОЭ ("+" и "-" электродов - обратная/прямая полярности) для точного контроля подводимой теплоты к детали и электроду. Амперная нагрузка отрицательного электрода регулирует степень проникновения, а амперная нагрузка положительного электрода существенно влияет на очистку при дуговой сварке вместе с балансировкой переменного тока.	Сила тока больше у отрицательного электрода: 	более глубокое проникновение и большая скорость прохода 	Узкий валик без видимой очистки
	Сила тока больше у положительного электрода: 	менее глубокое проникновение 	Широкий валик и очистка

Установки для TIG сварки с улучшенной характеристикой позволяют сварщику формировать дугу и регулировать валик сварного шва. Для достижения в каждом конкретном случае желаемой глубины проплавления и нужной характеристики шва сварщик может регулировать, отдельно или в комбинации длительность положительной и отрицательной полуволн, частоту, величину сварочного тока как в отрицательной, так и в положительной полуволне.

Способы возбуждения дуги при TIG сварке

При обычных условиях, когда газы состоят из нейтральных частиц, они не проводят электрический ток, являются изоляторами. Однако если в газовой среде окажутся носители электрических зарядов электроны и ионы, изоляционные свойства нарушаются и газы становятся проводниками электрического тока. Процесс образования в газовой среде электрически заряженных частиц называется **ионизацией**, а газ, содержащий такие частицы, **ионизированным**. Различают три вида ионизации в газах: соударением, облучением (фотоионизация) и нагревом (термическая ионизация). Суть ионизации независимо от ее вида заключается в том, что за счет энергии, полученной нейтральным атомом газа тем или иным образом, этот атом теряет электрон и становится положительно заряженным ионом. Количество энергии, которое необходимо затратить для отрыва электрона от ядра атома, называют **энергией ионизации**; ее измеряют в электронвольтах. Эта энергия численно равна потенциалу ионизации. Условия зажигания и горения дуги зависят от рода и полярности тока, химического состава электродов, состава и длины газового промежутка. Мы не будем углубляться в законы физики поэтому, говоря простым языком существуют следующие методы возбуждения дуги:

➤ **Контактное зажигание дуги (Contact Ignition)**. В данном случае, зажигание дуги происходит при касании детали электродом и быстром его отрыве от детали (Scratch start – зажигание дуги чирканьем электрода). Этот способ вызывает включения вольфрама в сварном шве и быстрый износ электрода.

➤ **Возбуждение дуги отрывом LIFT TIG** - контактное плавное поджигание сварочной дуги при отводе вольфрамового электрода вверх, исключает повреждение электрода при контакте со свариваемой поверхностью в процессе зажигания дуги.

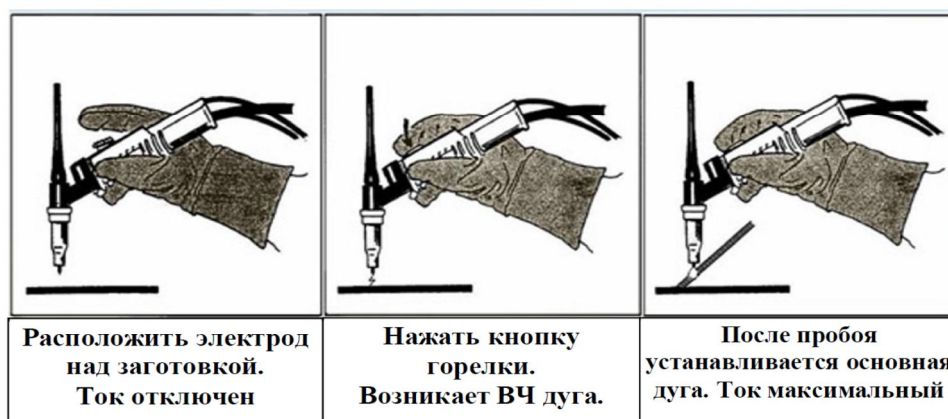
При контактном зажигании дуги электрод приближается к изделию в месте начала сварки и слегка, на 1-2 с, касается поверхности изделия, при этом происходит разогрев заостренного конца электрода. Затем электрод медленно приподымается вверх. Разогретый конец вольфрамового электрода является хорошим источником электронов (вольфрам обладает хорошей эмиссией электронов). Происходит ионизация дугового промежутка и возбуждение дуги. Дуга формируется, когда электрод поднят. При данном способе зажигания дуги износ электрода и включения вольфрама в сварочном шве значительно меньше, по сравнению с контактными зажиганием. Большинство источников тока Lincoln Electric для сварки MMA имеют дополнительную функцию – аргонодуговая сварка, как раз в этом случае применяется метод Lift TIG для зажигания дуги.

➤ **Высокочастотное возбуждение HF TIG** - бесконтактное поджигание сварочной дуги, с помощью разряда высокочастотных, высоковольтных затухающих по амплитуде импульсов. При аргонодуговой сварке неплавящимся электродом для зажигания дуги параллельно источнику питания подключается устройство, которое называется "осциллятор" (высокочастотный поджиг). Осциллятор для зажигания дуги подает на электрод высокочастотные высоковольтные импульсы, которые ионизируют дуговой промежуток и обеспечивают зажигание дуги после включения сварочного тока. При сварке на переменном токе осциллятор после зажигания дуги переходит в режим стабилизатора и подает импульсы на дугу в момент смены полярности, чтобы обеспечить устойчивое горение дуги.

LIFT TIG



HF TIG



Некоторые функции инверторов для TIG сварки

1. Предварительная продувка защитного газа. Необходима для исключения возможности окисления свариваемых кромок и вольфрамового электрода. На сварочных аппаратах основных производителей регулируется в различном диапазоне, в основном 0,1 ... 15 сек.

2. Стартовая величина свариваемого тока (**I нач**). Это сила тока, появляющаяся между электродом и свариваемым изделием немедленно после возбуждения дуги, или иными словами – та величина, от которой сварочный ток начнет нарастать до базового. Устанавливается в диапазоне 0 ... 100% по отношению к базовому току.

3. Плавное нарастание сварочного тока (**t1**). После поджига дуги процесс переходит в стадию нарастания тока от значения стартовой величины до базового тока сварки. Увеличение тока происходит по линейному закону. Варьируется от 0,1 до 10 сек.

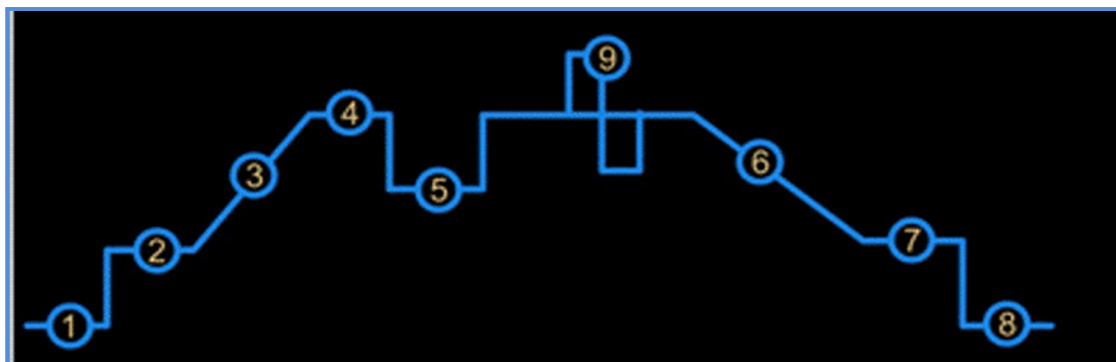
4. Базовый сварочный ток.

5. Снижение тока в процессе сварки. При использовании четырехтактного режима горелки функция понижения тока включается коротким нажатием кнопки. Функция чрезвычайно полезна при сварке алюминия, когда в начале процесса необходимо расплавить оксидную пленку (Al_2O_3 , $T_{пл}=2050^{\circ}C$), затем высокий ток не требуется ($T_{пл} Al - 660^{\circ}C$); или при сварке тонколистового металла, когда необходимо во время сварки резко уменьшать тепловложение в изделие для предотвращения его коробления. Величина снижения тока устанавливается в процентах от базового тока сварки (0-100%).

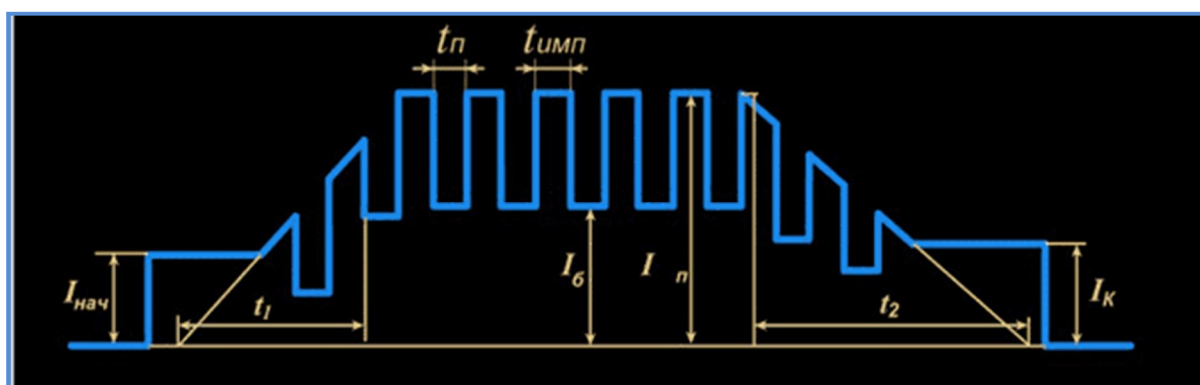
6. Спад тока (**t2**). При нажатии кнопки, для аккуратной заварки кратера, начинается процесс спада тока. Ток падает с базовой величины до значения конечной силы тока. Варьируется от 0,1 до 10 сек. (0-100%).

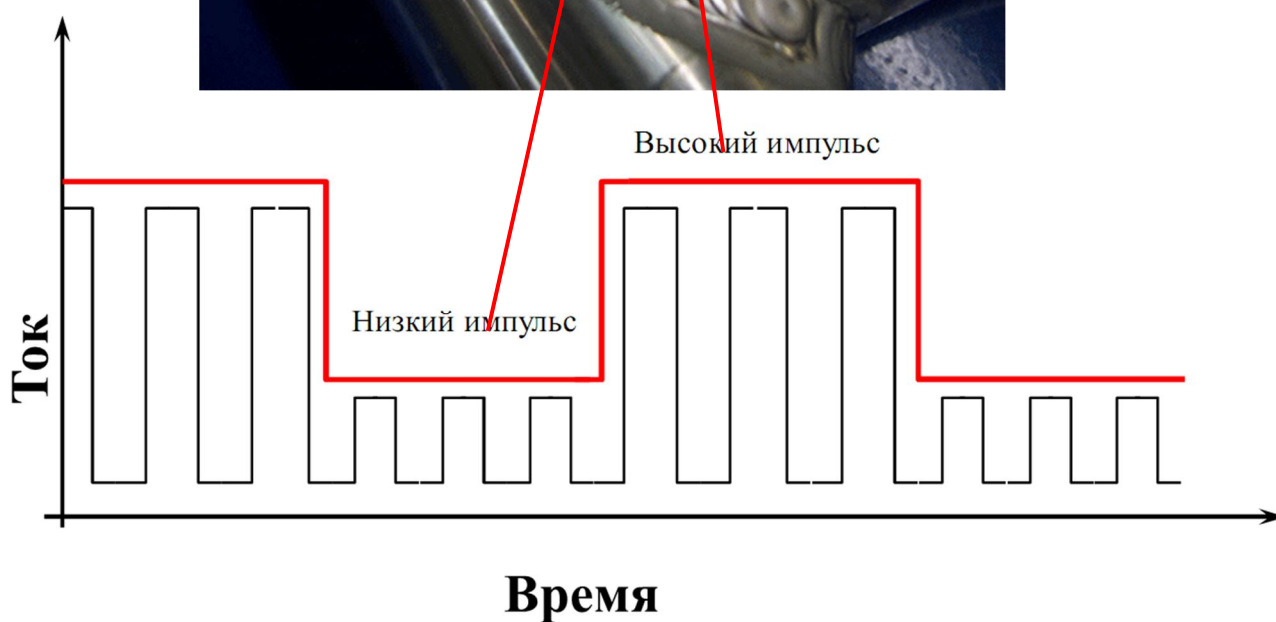
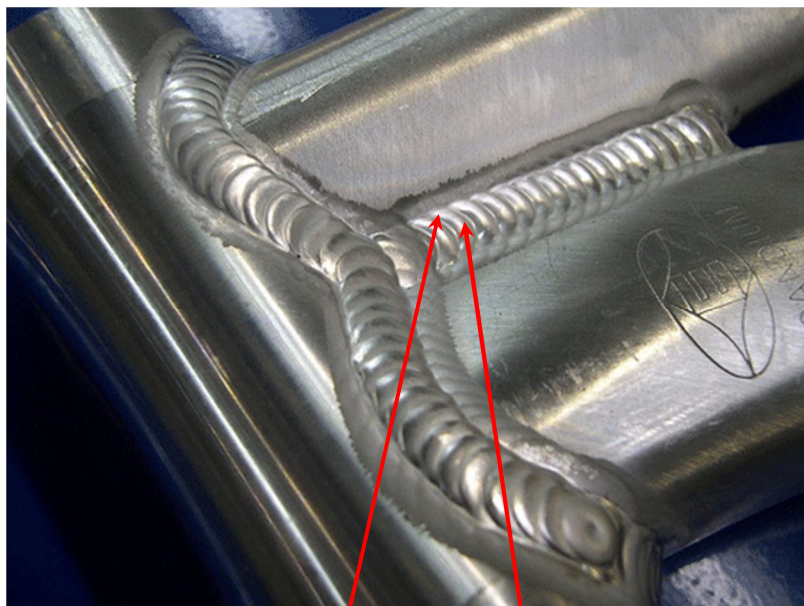
7. Конечная сила тока (**I к**). Спад тока завершается, когда тока достигает значения, установленного в данном параметре. Устанавливается в процентах от величины базового тока.

8. Продувка газа после сварки. Время продувки газа после гашения дуги для предотвращения окисления сварочной ванны на стадии её кристаллизации. На сварочных аппаратах основных производителей регулируется в различном диапазоне, в основном от 1 до 15 сек.



9. При импульсной аргодуговой сварке дуга пульсирует с постоянным, заданным оператором соотношением импульса и паузы. Сплошной шов получается за счет расплавления и кристаллизации отдельных точек с определенным перекрытием. Регулярность повторных возбуждений в начале каждого импульса, а также устойчивость дуги обеспечиваются благодаря горению в промежутках между импульсами и паузами маломощной дежурной дуги. Основное отличие импульсной сварки от способов сварки с постоянным горением дуги заключается в следующем. При сварке постоянной дугой сварочная ванна, находящаяся в расплавленном состоянии имеет достаточно большую протяженность, а при сварке импульсной дугой размер ванны определяется размером одной точки, которая во время паузы полностью или частично застывает. Форма ванны приближается к окружности. Следующая точка при застывании имеет надежную опору в виде предыдущей точки, а поскольку форма ванны близка к окружности, то и силы поверхностного натяжения достигают максимальной величины. Этим объясняется меньшая склонность при импульсной сварке к образованию таких дефектов, как прожег изделий и подрезы. По этой же причине при импульсно-дуговой сварке улучшаются условия формирования шва в различных пространственных положениях (вертикальном, горизонтальном, потолочном, а также при сварке неповоротных стыков труб). Повторно – кратковременным тепловым режимом расплавления и остывания металла при импульсно-дуговой сварке объясняется снижение склонности к образованию горячих трещин.





Импульсный режим незаменим для управления процессом тепловложения и кристаллизации сварочной ванны. Применение импульсного режима:

- облегчает работу сварщика при сварке деталей малых толщин,
- ведение сварки в различных пространственных положениях,
- снижает требования к квалификации сварщика, например при сварке вертикальных и потолочных швов.

10. Баланс полупериодов переменного тока. Эта функция позволяет регулировать время нахождения вольфрамового электрода в положительном или отрицательном полупериодах. Эту функцию мы рассматривали выше

11. Блок памяти. Для записи параметров режима сварки в установке предусмотрено несколько блоков памяти для режимов сварки, в которые оператор может внести наиболее часто используемые режимы, а затем вызывать их набором номера режима любое число раз.

Аксессуары и комплектующие для установок TIG сварки

Горелки TIG

Горелка TIG отличается от горелки MIG/MAG как по конструкции, так и по функциям. При сварке TIG сварной шов сваривается с помощью сварочной дуги либо дуги и присадочной проволоки. Сварочная горелка TIG служит держателем сварочного электрода, а также передает защитный газ в свариваемую область. В отличие от сварки MIG/MAG, при сварке TIG, как прави-

ло, не используется устройство подачи присадочной проволоки. Вместо этого проволока подается вручную. Поэтому направляющий канал не предусмотрен в горелке TIG и кабеле.



Однако в последнее время некоторые фирмы разработали устройства, которые автоматически подают присадочную проволоку в зону сварки, тем самым процесс автоматизировался и для него используются горелки с направляющим каналом



Комплектующие к горелкам TIG

Электрод передает сварочный ток дуге. Электрод - это металлический стержень, изготовленный из вольфрама или вольфрамового сплава с очень высокой температурой плавления. Корпус горелки - это главная деталь горелки TIG. Все другие детали горелки крепятся к нему.

Сварочный электрод вставляется через цангу и корпус цанги внутри корпуса горелки в колпачек, который поворачивается для закрепления электрода на месте.

Цанги, корпуса цанги и колпачки выпускаются в различных габаритах. Цангу и ее корпус следует заменять при использовании сварочных электродов различной толщины. Для различных сварочных операций предусмотрены колпачки разной длины. Использование длинных колпачков не всегда возможно в тесном пространстве.

В наконечнике горелки предусмотрено газовое сопло, через которое в свариваемую область поступает защитный газ. Газовое сопло горелки TIG, как правило, изготавливается из керамического материала.



Цанга



Корпус цанги

Кроме того, продаются корпуса цанки с газовой линзой. Защитный газ плавно и без завихрения поступает через линзу с сетчатой структурой, защищая сварочную ванну.

Изолирующее кольцо между газовым соплом и корпусом горелки изолирует токоведущие детали горелки от деталей, на которые не подается напряжение. Кроме того, оно защищает корпус горелки от перегрева.

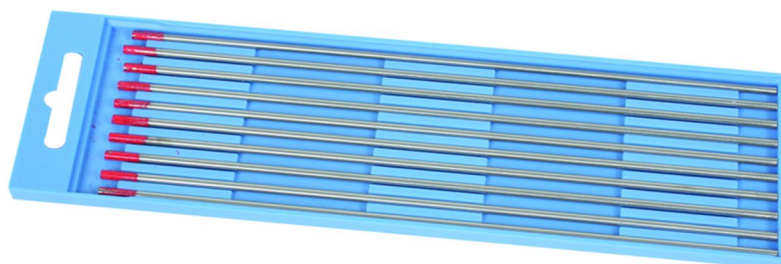


Выбор вольфрамового электрода

Важный фактор для оптимального результата сварки при аргонодуговой сварке (TIG) помимо горелки, источника и защитного газа, неплавящийся электрод является значимой предпосылкой для успешной работы.

При выборе вольфрамового электрода следует соблюдать следующие пункты:

- Вид вольфрамового электрода
- Диаметр электрода
- Качество шлифовки и шероховатость электрода
- Геометрия конца электрода



Электроды поставляются в пластмассовых коробках, каждая из которых содержит десять электродов.

Различают следующие виды вольфрамовых электродов:

- **WP** — Вольфрамовый электрод с содержанием вольфрама не менее 99,5 %. Электроды обеспечивают хорошую устойчивость дуги при сварке на переменном токе, сбалансированном или не сбалансированном с непрерывной высокочастотной стабилизацией (с осциллятором). Эти вольфрамовые электроды предпочтительны для сварки на переменном синусоидальном токе **алюминия, магния** и их сплавов, так как они обеспечивают хорошую устойчивость дуги как в аргоновой, так и в гелиевой среде. Из-за ограниченной тепловой нагрузки рабочий конец электрода из чистого вольфрама формируют в виде шарика.

- **WC-20** — Вольфрамовый электрод легированный 2 % оксида церия (церий - самый распространенный не радиоактивный редкоземельный элемент), который улучшает эмиссию электрода и начальный запуск дуги, так же увеличивается допустимый сварочный ток. Электроды WC-20 универсальные, ими можно сваривать на переменном токе и на токе прямой положительной полярности. По сравнению с чисто вольфрамовыми электродами, электроды с оксидом церия дают большую устойчивость дуги даже при малых значениях тока. Электроды применяются для орбитальной сварки труб, сварки трубопроводов и тонколистовой стали.

- **WL-15, WL-20** — Электроды из сплава вольфрама с оксидом лантана имеют очень легкий первоначальный запуск дуги, низкую склонность к прожигам, устойчивую дугу и отличную характеристику повторного зажигания дуги. Добавление 1-2 % оксида лантана увеличивает максимальный ток, износ электрода на 50 % меньше чем у чистого вольфрамового электрода. Лантановые электроды более долговечны и меньше загрязняют сварной шов. Оксид лантана равномерно распределен по длине электрода, что позволяет длительное время сохранять при сварке первоначальную заточку электрода. Это серьезное преимущество при сваре на постоянном (прямой полярности) или переменном токе от улучшенных источников сварочного тока, сталей и нержавеющей сталей. При сварке на переменном синусоидальном токе рабочий конец электрода должен иметь сферическую форму.

- **WT-20** — Наиболее распространенные вольфрамовые электроды, поскольку они первые показали существенные преимущества легированных электродов над чисто вольфрамовыми (WP) при сварке на постоянном токе. Тем не менее торий - радиоактивный металл низкого уровня, таким образом, пары и пыль, образующаяся при заточке электрода, могут влиять на здоровье сварщика и безопасность окружающей среды. Сравнительно небольшие выделения тория при эпизодической сварке, как показала практика, не являются фактором риска. Но, если сварка производится в ограниченных пространствах регулярно и в течение длительного времени или сварщик вынужден вдыхать пыль, образующуюся при заточке вольфрамового электрода, необходимо в целях безопасности оборудовать места производства работ местной вентиляцией. При сварке на переменном токе торец вольфрамового электрода не обрабатывают в форме сферы, как для чисто вольфрамовых (WP) и лантановых (WL-20) электродов, взамен этого делают небольшие выпуклости. При сварке на переменном синусоидальном токе, дуга перебегает с выступа на выступ, вызывая брожение дуги, что часто не желательно при выполнении некоторых работ. Применяется для сварки нержавеющей сталей на постоянном токе.

- **WZ-8** - Электроды с добавлением 0,8% оксида циркония предпочтительны для сварки на переменном токе, когда не допускается даже минимальное загрязнение сварочной ванны. Электроды дают чрезвычайно стабильную дугу. Допустимая токовая нагрузка на электрод несколько выше, чем на цериевые, лантановые и ториевые вольфрамовые электроды. Рабочий конец электрода при сварке на переменном токе обрабатывается в форме сферы. Предпочтительны для сварки алюминия и алюминиевых сплавов.

Выбор электродов в зависимости от силы тока

- Электрод 1,0 мм; постоянный ток 5-80 А, переменный ток 5-50 А
- Электрод 1,6 мм; постоянный ток 70-150 А, переменный ток 30-100 А

- Электрод 2,4 мм; постоянный ток 130-250 А, переменный ток 80-150 А
- Электрод 3,2 мм; постоянный ток 220-350 А, переменный ток 120-200 А
- Электрод 4,0 мм; постоянный ток 330-500 А, переменный ток 180-280 А

Заточка вольфрамовых электродов

Для получения повторяющихся качественных сварных соединений должное внимание должно быть уделено заточке вольфрамовых электродов.

Как известно форма дуги и ее свойства зависят от угла заточки вольфрамового электрода. Чем больше угол заточки, тем шире пятно дуги, тем больше вносится тепла в деталь и тем меньше глубина проплавления. На форму дуги так же влияет и расположение рисок при заточке вольфрамового электрода. Для стабильного горения дуги риски должны располагаться строго вдоль оси электрода, а их величина должна быть минимальна. Наилучшим вариантом является полировка электрода после его заточки. Так же на форму дуги, стабильность ее поджига и срок "жизни" вольфрамового электрода влияет его притупление. Диаметр притупления выбирается в зависимости от диаметра электрода, величины сварочного тока и толщины стенки свариваемых труб.

Можно затачивать электрод вручную, но это не безопасно, так как в этом случае сварщик вдыхает пыль, образующуюся при заточке.

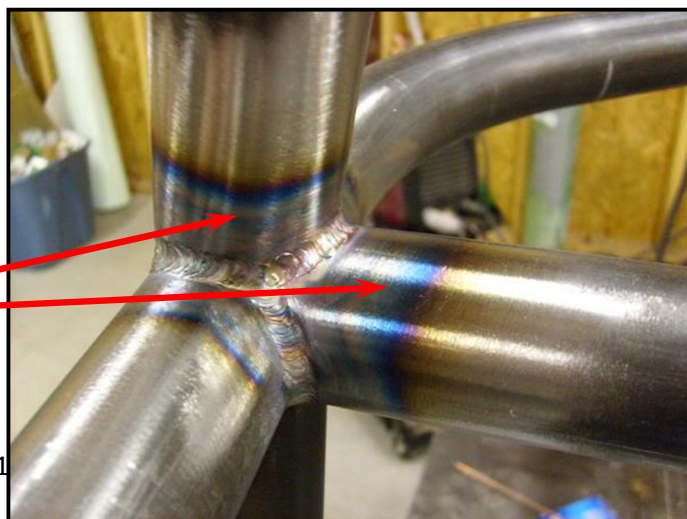
Альтернативой является приобретение специального комбинированного заточного, с помощью которого можно осуществлять повторяемую качественную заточку, притупление вольфрамовых электродов.



Удаление цветов побежалости

Цвета побежалости - радужные цвета, образующиеся на гладкой поверхности металла при сварке в результате формирования тонкой прозрачной поверхностной оксидной плёнки.

Цвета
побежалости



Существуют различные способы удаления цветов побежалости:

- механический, используя зачистные круги
- Электрохимический при помощи специальных устройств
- Химическим, используя травильную пасту, например MOST BLUE

Вопрос – ответ

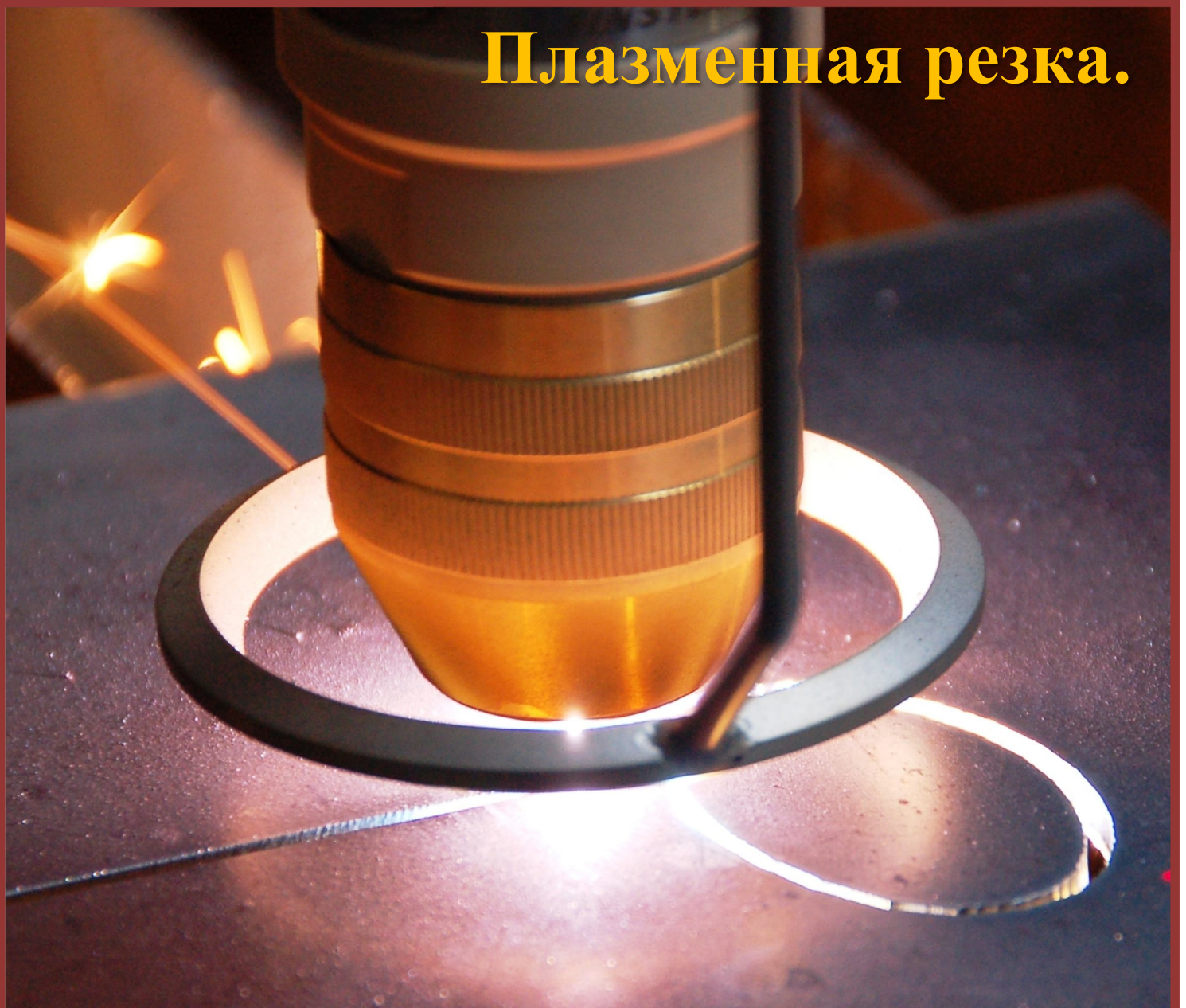
Основные вопросы, на которые надо ответить при выборе сварочного аппарата для аргодуговой сварки:

TIG

1. Какая должна быть сеть питания источника – 220В либо 380В
2. Будете ли сваривать алюминий? Если да, то нужны универсальные аргодуговые установки постоянного и переменного тока, тип TIG AC/DC, если нет то нужен источник DC
3. Будете ли сваривать небольшие толщины (менее 1.5 мм), тонкостенные конструкции, «видовые» швы, нержавейку с повышенной стойкостью к межкристаллитной коррозии? Если да, и заказчик предъявляет повышенные требования к внешнему виду шва, важно иметь импульсный режим и функцию регулировки баланса полувольт.
4. Какие толщины металла вы будете сваривать?
Толщины до 5–6 мм можно сваривать на установках до 150-200 А. Толщины металла 6 мм и выше, особенно алюминия, требуют установок на 250–300 А и выше.
5. Будете ли Вы сваривать в непрерывном режиме на токах свыше 180А? Горелки TIG различаются видом охлаждения (воздушное/жидкостное). Если вы свариваете в непрерывном режиме на токах свыше 180 А, понадобятся горелка жидкостного охлаждения и блок водяного охлаждения к ней.
6. Многие заказчики и не подозревают о том какой сварочный шов можно получить на современных сварочных аппаратах, например Lincoln PrecisionTig 275 или Invertec V205-T AC/DC. Расскажите о возможностях аппарата



Плазменная резка.



резка
водяной струёй



резка
лазером



резка
кислородом



резка
плазмой

Термическая резка.

Повсеместно используемый термин "термическая резка металлов" - это довольно емкое определение, объединяющее три независимых друг от друга подгруппы методов термической резки различных классов металлов. Автогенная резка металлов при помощи выжигания, резка металлов с применением лазерных технологий и плазменная обработка металлов - именно эти основные методы температурной резки, которые в наше время широко применяются в тех или иных сферах промышленности. Каждый из указанных методов терморезки обладает специфическими характеристиками термической резки и, конечно же, уровнем работ. Тем не менее, в XXI веке, насыщенном различными техническими нововведениями, наиболее экономически и технически эффективным достижением в области высокотемпературной обработки различных металлов продолжает оставаться воздушно-плазменное разделение металлов. В целом, суть указанного метода воздушно-плазменной обработки и резки металлических конструкций состоит в рациональном использовании потока энергии, который был образован в результате распада элементарных частиц и превращения их в ионы. Рассмотрим метод воздушно-плазменной резки подробнее.

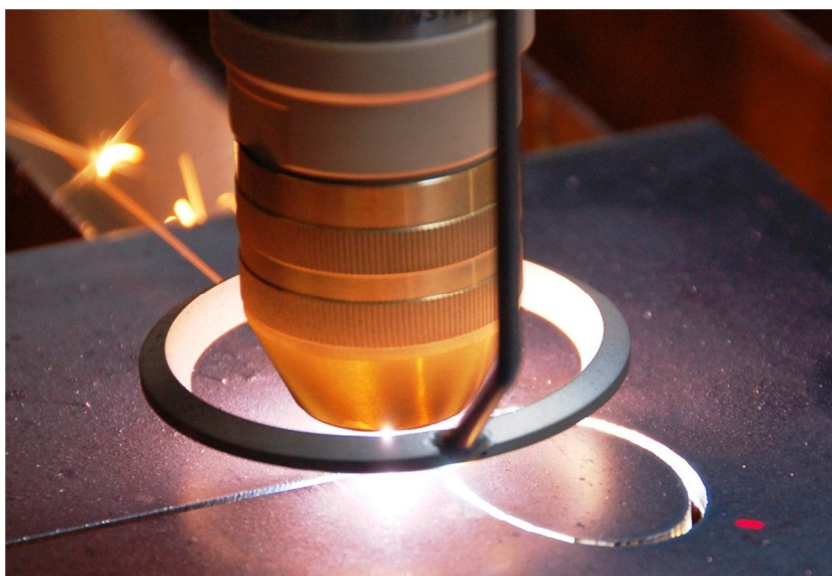


Плазменная резка

С момента изобретения новых технологий до начала их широкого применения в народном хозяйстве проходит достаточно много времени. Технология воздушно-плазменной резки металлов не стала исключением из этого правила.

Более 100 лет прошло с того времени, когда был изобретен первый плазматрон. Для многих сочетание слов "плазменная резка" до сих пор ассоциируется с научной фантастикой. Но ведь и электродуговая сварка в свое время тоже была в новинку, однако она давно уже прочно вошла в производственные циклы предприятий. Важно отметить, что сразу после появления оборудования для воздушно-плазменной резки металлов, оно получило широкое распространение на предприятиях ВПК, авиапрома, атомной энергетики и в других высокотехнологичных областях народного хозяйства.

Плазменная резка была разработана в конце 1950-х для обработки высоколегированных сталей и алюминия. Предполагалось, что она будет использоваться в тех случаях, когда металл из-за его химического состава не может быть разделён с помощью кислородной резки. Благодаря высоким скоростям резки (особенно при работе с тонким материалом), а также тому, что тепловому воздействию подвергается узкая зона, данный способ в наши дни используется для резки нелегированных и низколегированных сталей.



Воздушно-плазменная резка, также как и газокислородная, относится к одной группе термической резки металлов. Это обусловлено одним и тем же принципом действия: местный

нагрев с последующим выдуванием расплавленного металла из зоны резки. Отличие их в том, что при газокислородной резке источниками энергии являются горючее и окислитель, а при использовании воздушно-плазменной резки - энергия электрической дуги. Однако по сравнению с газокислородной, воздушно-плазменная резка имеет ряд существенных преимуществ.

Так как температура плазмы достигает десятков тысяч градусов, это позволяет резать любые металлы и их сплавы, в том числе углеродистую, нержавеющую и высоколегированную стали, чугун, медь, латунь, бронзу, алюминий, титан, а также многослойные металлы. Вследствие такой высокой температуры скорость резки в несколько раз выше, чем при газокислородной резке, а сам процесс начинается без предварительного разогрева металла. При этом металл не коробится и не деформируется, а в случае образования грата, последний легко удаляется, после чего остается ровная кромка. Кроме этого потери металла минимальны из-за малой ширины реза.

Для функционирования аппаратов воздушно-плазменной резки нужны только электроэнергия и сжатый воздух. По сравнению со сложностями, возникающими при использовании оборудования для газокислородной резки, такими как: заправка, переаттестация и доставка громоздких баллонов, взрывопожароопасность, использование присадок при работе с цветными металлами и сплавами, аппараты воздушно-плазменной резки требуют только замены расходных материалов (электродов и сопел), месячный запас которых легко умещается в дамской сумочке. Технология воздушно-плазменной резки металла более экологична за счет снижения количества вредных выбросов в атмосферу. Расчеты экономической эффективности применения технологии воздушно-плазменной резки металлов показывают снижение затрат на резку металла в 2,5-3 раза по сравнению с газокислородной резкой.

В настоящее время существует большое количество оборудования плазменной резки. Оно разделяется на ручные установки плазменной резки, портативные установки, стационарные портального типа с применением рабочего стола и стационарные портального типа промышленного назначения без рабочего стола.

➤ Ручные установки плазменной резки применяются в тех случаях когда нет необходимости в получении сложных контуров и требуемая точность обработки невысокая. Такие установки широко применяются в ЖКХ, на небольших производствах, где не требуется большая производительность.

На данном оборудовании можно обрабатывать заготовки до 50 мм толщиной, в зависимости от используемого источника питания.



➤ Портативные установки являются промежуточными между установками ручной резки и установками с рабочим столом. Установки характеризуются высокой степенью мобильности и хорошими показателями качества и скорости резки.

Малые портативные координатные машины термической и воздушно-плазменной резки металла представляют собой легкие обрабатывающие комплексы для раскроя листового металлопроката по заданным чертежам с использованием системы ЧПУ. Машины позволяют осуществлять вырезку заготовок сложной конфигурации с относительно высокой точностью. Машины состоят из продольной рамы с двумя направляющими и зубчатыми рейками, по которым движется каретка с установленной на ней поперечной траверсой и блоком числового программного управления с жидкокристаллическим экраном и клавиатурой.



➤ Стационарные установки портального типа с рабочим столом незаменимы при обработке металлических листов с толщиной до 50 мм. Такие установки могут обрабатывать листы стандартного размера 1250x2500 мм. Существует оборудование с большими размерами обрабатываемой зоны, но, как правило, изготовление установок плазменной резки с рабочим столом с размерами обработки больше 2000x4500 мм экономически невыгодно. В этом случае применяются порталные установки стационарного типа промышленного назначения без рабочего стола.



Что такое плазма?

Плазма - наиболее распространенное состояние вещества в природе.

В 1929 г. американские физики Ирвинг Лёнгмюр (1881-1957) и Леви Тонко (1897-1971) назвали плазмой ионизованный газ в газоразрядной трубке.

Английский физик Уильям Крукс (1832-1919), изучавший электрический разряд в трубках с разрежённым воздухом, писал: «Явления в откачанных трубках открывают для физической науки новый мир, в котором материя может существовать в четвёртом состоянии».



В зависимости от температуры любое вещество изменяет своё состояние. Так, вода при отрицательных (по Цельсию) температурах находится в твёрдом состоянии, в интервале от 0 до 100 °С - в жидком, выше 100 °С - в газообразном. Если температура продолжает расти, атомы и молекулы начинают терять свои электроны - ионизуются и газ превращается в плазму. Плазма - четвертое состояние вещества

При температурах более 1 000 000 °С плазма абсолютно ионизована - она состоит только из электронов и положительных ионов. Плазма - наиболее распространённое состояние вещества в природе, на неё приходится около 99 % массы Вселенной. Солнце, большинство звёзд, туманности - это полностью ионизованная плазма. Внешняя часть земной атмосферы (ионосфера) тоже плазма.

Ещё выше располагаются радиационные пояса, содержащие плазму. Полярные сияния, молнии, в том числе шаровые, - всё это различные виды плазмы, наблюдать которые можно в естественных условиях на Земле. И лишь ничтожную часть Вселенной составляет вещество в твёрдом состоянии - планеты, астероиды и пылевые туманности.



Под плазмой в физике понимают газ, состоящий из электрически заряженных и нейтральных частиц, в котором суммарный электрический заряд равен нулю, то есть, выполнено условие квазинейтральности. Термин «квазинейтральный» означает, что, несмотря на наличие свободных зарядов (электронов и ионов), суммарный электрический заряд плазмы приблизительно равен нулю.

Чтобы перевести газ в состояние плазмы, нужно оторвать хотя бы часть электронов от атомов, превратив эти атомы в ионы. Такой отрыв от атомов называют ионизацией.

Для того чтобы создать плазму для технических потребностей, газ либо сильно разогревается с помощью источника тепла, либо подвергается действию сильного электрического поля, так чтобы перевести его в ионизированное состояние.

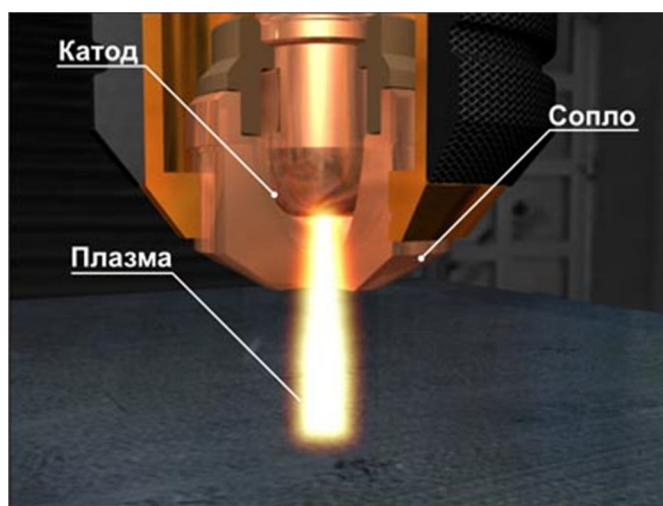
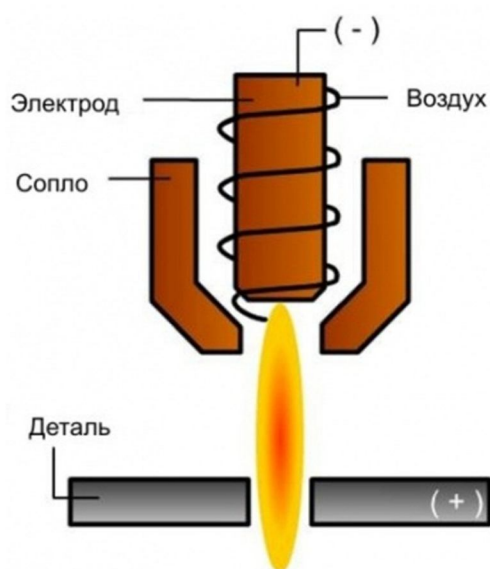
Сущность процесса плазменной резки

Температура столба электрической дуги зависит от многих факторов, в том числе и от интенсивности соударений частиц в ней. Чем их больше, тем выше температура. При сжатии дуги (а в практике плазменной резки это достигается за счет медных сопел) ток дуги и число электронов, проходящих по сечению столба дуги, не изменяется, но число соударений частиц увеличивается, вследствие значительного уменьшения площади поперечного сечения столба дуги. Температура столба дуги и степень ионизации возрастают. Плазма становится более высокотемпературной и в определенных условиях может достигать 20 000°C и выше. Удаление металла из зоны реза происходит за счет механического и теплового воздействия плазмы, собственной массы расплавленного металла и энергии сжатого воздуха.

Сущность процесса плазменной резки заключается в следующем.

Между электродом и разрезаемым металлом зажигается электрическая дуга. В сопло подается газ под давлением несколько атмосфер, превращаемый электрической дугой в струю плазмы с температурой от 5 000 до 30 000 градусов Цельсия и скоростью от 500 до 1500 м/с. Возможны три источника сжатого воздуха: баллоны сжатого воздуха, подключение к имеющейся на заводе системе сжатого воздуха или небольшой воздушный компрессор. Прежде чем загорится рабочая дуга, зажигается дежурная дуга.

Для возбуждения рабочей дуги (электрод - разрезаемый металл), с помощью осциллятора зажигается вспомогательная дуга между электродом и соплом - так называемая дежурная дуга. Эта низкоэнергетическая дежурная дуга подготавливает пространство между плазменным резаком и изделием, вызывая частичную ионизацию. Дежурная дуга выдувается из сопла воздухом в виде факела длиной 20-40 мм. Ток дежурной дуги 25-30 А. При касании факела дежурной дуги металла возникает режущая дуга - рабочая. Дежурная дуга при этом автоматически отключается.



Металлический материал плавится и частично испаряется благодаря тепловой энергии дуги и плазменного газа. Расплавленный металл выдувается из реза под действием кинетической энергии плазменного газа. В отличие от кислородной резки, при которой около 70% тепловой энергии вырабатывается благодаря сгоранию железа, в процессе плазменной резки энергия,

требуемая, для того чтобы расплавить материал в резе создаётся только под действием электричества

Комплектующие к источнику плазменной резки

Оборудование для ручной воздушно-плазменной резки включает в себя источник тока, ручной плазматрон, компрессор (при отсутствии стационарной воздушной магистрали).

Рабочий орган аппарата называется плазматрон. Под этим словом подразумевается плазменный резак с кабель-шланговым пакетом, подключаемый к аппарату. Иногда плазматроном ошибочно называют аппарат плазменной резки целиком. Разновидностей плазматронов достаточно много. Но наиболее распространены и более всего пригодны для резки металлов плазматроны постоянного тока прямой полярности.

Плазматроны в зависимости от мощности имеют воздушное или жидкостное охлаждение. Ручной плазматрон состоит из режущей головки и пластмассового корпуса с подходящими к нему воздухоподводом и проводами. На рукоятке размещена кнопка включения процесса. Плазматроны для ручной резки имеют воздушное охлаждение, при автоматической резке на токах выше 150 Ампер проточное жидкостное охлаждение.



Основными расходными элементами плазматрона являются специальный электрод и сопло.



Сопло - важнейший элемент, определяющий возможности плазматрона. Сопло обычно изготовлено из меди или из комбинации меди и керамических материалов. Оно формирует плазменную дугу, чему помогает в первую очередь устье сопла, которое сужает и заостряет ее. Диаметр и качество устья сопла определяют качество реза. Поэтому поврежденное устье сопла или отличие диаметра сопла от установленного производителем может стать причиной некачественной резки. Обычно ошибка случается при замене электрода, а сопло остается прежним, потому что визуально оно не вызывает необходимости замены. После нескольких зажиганий наступает полный износ отверстия сопла, которое отклонит дугу. В результате – электрод испорчен и угол резки неправильный.

Электрод

Основной функцией электрода является обеспечение стабильной плазменной дуги.

Электроды, как правило, состоят из двух частей: медного или серебряного корпуса и гафниевой или вольфрамовой вставки. Вставка является основным рабочим элементом электрода и показателем степени его изношенности.

Гафниевая вставка (Hf) используется в электродах для резки чёрных металлов с применением кислорода или воздуха как плазмообразующего газа. Вольфрамовая вставка (Wf) используется в электродах для резки нержавеющей стали, алюминия или меди. Плазмообразующими газами для электродов с Wf –вставкой являются азот, воздух, смеси Ar/H₂ или N₂/H₂. Для самого электрода важен правильный подбор параметров: силы тока, расхода плазмообразующего газа и достаточного охлаждения. Например, слишком большое количество газа увеличивает газовый поток, что приводит к эрозии гафния и является одной из ошибок, приводящей к износу электрода. Наоборот, крайне низкое количество плазменного газа может привести к затуханию плазменной дуги.



Еще одним важным параметром, влияющим на стойкость электрода, является чистота используемых газов. Особенно это актуально при резке воздухом. Он должен быть чистым, без примесей масла и влаги.

Также необходимо в процессе резки контролировать положение плазматрона относительно поверхности разрезаемого материала в момент старта. Слишком низкое или высокое положение может привести к повреждению электрода и снижению срока службы из-за быстрой эрозии вставки, вызванной повышением напряжения на плазменной дуге. Медные электроды могут иметь глубину выгорания вставки до 1,5 мм. Серебряные электроды выдерживают большую нагрузку и ресурс износа вставки до 2 мм.

Вихревое кольцо

Вихревое кольцо предназначено для подачи газа в плазменную камеру в пространство между электродом и соплом. Самая частая причина повреждения электрода – это засоренные каналы вихревого кольца, которые пропускают мало плазмообразующего газа для дуги. Поврежденное вихревое кольцо может стать причиной подачи слишком большого количества газа и тем самым причиной износа гафниевой или вольфрамовой вставки электрода.

Защитный колпак

Защитный колпак обеспечивает подачу защитного вторичного газа на выходе из сопла и определяет направление плазменной дуги. Защитный газ подается под большим давлением через колпак в зону резки, который выдувает расплавленный металл из зоны реза. Чаще всего деформируются отверстия, через которые подается защитный газ, что приводит к нестабильности подачи плазмообразующего газа.



Газы, используемые для плазменной резки.

Плазменный газ - это название относится ко всем газам и газовым смесям, которые могут быть использованы для создания плазмы, а также для самого процесса резки.

Обычно инертные и активные газы, а также их смеси подходят для использования в качестве плазменных газов. Соответствие газов для плазменной резки в отношении их обозначения, точности смешивания и чистоты устанавливается стандартом DIN EN 439.

В качестве плазменных газов можно использовать аргон, водород, азот, кислород, смеси этих газов и воздух. Что касается их преимуществ или недостатков, ни один из описанных ниже плазменных газов не является оптимальной плазменной средой. По этой причине в большинстве случаев используется смесь этих газов. Перед тем как использовать определённую смесь газов, следует проконсультироваться у производителя, подходит ли такая смесь для данной системы. Если смеси не подходят, то это может привести к уменьшению срока службы расходных деталей или к повреждению или поломке резака.

Все газовые смеси используются для автоматической портальной резки, для ручной воздушно-плазменной резки в большинстве случаев используют воздух. Он доступен и прост. Воздух показывает хорошие результаты на листах толщиной 25 мм. Отрицательной характеристикой применения воздуха является незначительное насыщение кромки реза оксидом азота (азотирование кромки). Если такие кромки реза далее не подвергаются механической обработке, в сварном шве могут создаваться поры.

Преимущества плазменной резки

До появления плазменной резки для разделки стали был очень популярен способ газовой резки. В настоящее время все больше отдается предпочтение плазменной резке, так как она имеет много преимуществ. Плазмой металл режется быстрее, чем кислородом (плазменная резка по скорости и эффективности превосходит газокислородную резку при работе с металлами толщиной до 50 мм.), не требуется предварительный подогрев металла, ширина разреза очень небольшая, а также, меньше зона термического влияния, поэтому разрезаемый металл не деформируется, не закаливается.

Способ плазменной резки можно использовать для большинства металлов (газовой резкой нельзя резать нержавеющую сталь, алюминий, медь). Кроме того, плазменная резка более чистый, дешевый и удобный способ резки металла, так как для плазменной резки используются в качестве исходных материалов воздух и электричество.

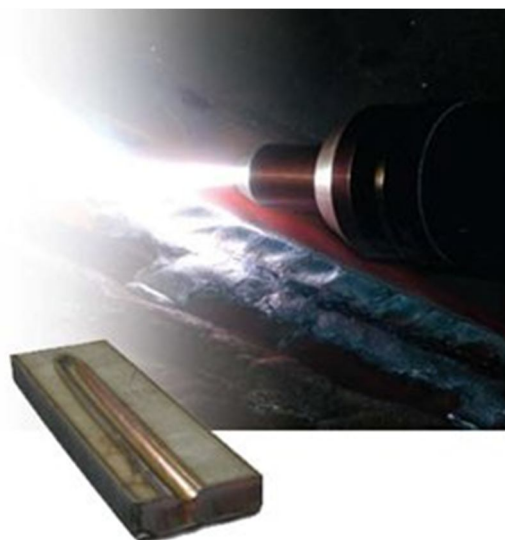
Правильно подключенное оборудование плазменной резки более безопасно, чем оборудование газовой резки, так как в этом случае в горелке не возникает опасность обратного удара пламени.

Способ плазменной резки превосходно подходит для проплавления отверстий, так как сжатая плазменная дуга концентрированно нагревает и плавит металл в месте разреза и в то же время интенсивно, благодаря воздействию скоростного потока газа, удаляет расплавленный металл. Кроме того, для плазменного проплавления отверстий не требуется предварительный прогрев металла, способом плазменной резки легче резать разнородные металлы.

Плазменно-дуговая Строжка

Плазменно-дуговая строжка - это способ удаления металла характеризующийся высокой производительностью, экономичностью и безопасностью для окружающей среды. По сравнению с традиционной воздушно дуговой строжкой угольным электродом, и механическими методами обработки плазменно-дуговая строжка обеспечивает:

- Высокую Производительность удаления материала
- Простоту в использовании
- Легкое освоение процесса оператором
- Хорошую видимость зоны строжки



- Уменьшение шумового воздействия на оператора и на персонал в зоне работ
- Уменьшение дымов в рабочей зоне

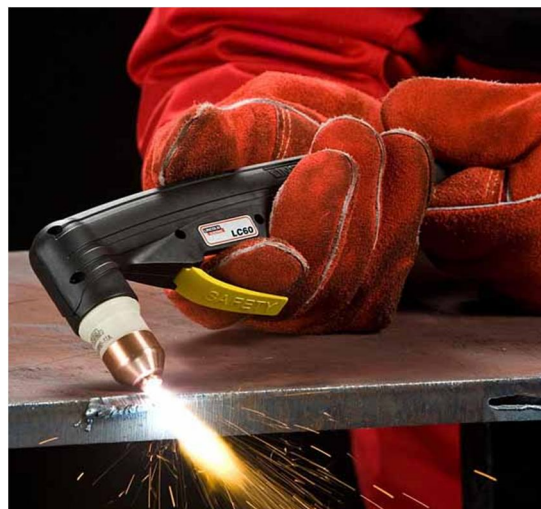
Плазменно-дуговая строжка используется при обработке большинства металлов, таких как: углеродистые стали, нержавеющие стали, чугуны, алюминий, латунь и бронзы.

Наиболее распространенные области применения плазменно-дуговой строжки:

- Ремонт железнодорожных вагонов – удаление частей ступиц колес, ремонт котлов и топок, подготовка изношенных колесных пар к наплавке
- Химические / нефтеперерабатывающие заводы – подготовка соединений на цветных металлах и оборудовании
- Ремонт дорожной техники – ремонт автоцистерн из стали, сплавов алюминия или из нержавеющей сталей
- Производство резервуаров – автоматическая или ручная строжка корня сварочного шва с внутренней стороны
- Ремонт продукции тяжелого машиностроения – удаление материала ивердосплавногопокрытия
- Пищевая и пивная промышленность – ремонт оборудования из нержавеющей стали
- Обслуживание электростанций – удаление кавитационныхпор и пустот с турбин, ремонт трубных решеток
- Литейное производство – удаление питателей, прибылей и дефектов литья

Техника процесса

Необходимо установить на плазменный резак наконечник для строжки, повернуть резак углом вперед по ходу движения на 35-45 градусов. Поддерживая постоянное расстояние от сопла до поверхности металла, оператор направляет поток плазмы который частично проникает в толщину металла и удаляет металл с поверхности, не производя сквозного прожога. Величина тока плазменной дуги, скорость перемещения резака, расстояние от сопла до поверхности металла, угол наклона резака, и размер наконечника определяют производительность удаления металла и профиль сечения производимой выемки.



Часто встречаемые ошибки при плазменной резке

Во время выполнения плазморезательных работ специалистами может допускаться ряд характерных ошибок, которые влияют на качество резки и повышают стоимость работ. Первая ошибка – слишком поздно или наоборот слишком рано осуществляется замена комплектующих плазматрона: сопел, электродов и пр. Использование изношенных комплектующих снижает качество резки и сокращает службу самого плазматрона. Если заменит детали ранее, то это приведет росту стоимости плазменной резки.

Вторая ошибка – использование неправильных режимов резки, которые также сокращают срок службы комплектующих плазматрона. Способствует раннему сбою в работе плазматрона небрежное к нему отношение. На плазматрон следует одевать защитный чехол, чистить от пыли и грязи, вовремя менять сопла и электроды, а также прочие комплектующие.

Третья - часто встречаемая ошибка при работе с плазматроном – отсутствие контроля расхода газа и охладителя. Несоответствие влажности, давления и замасленности этих веществ нормам приводит к электрическому пробую в плазматроне, а также к увеличению диаметра дуги, что изнашивает сопла, электроды и прочие комплектующие и ухудшает результат резки.

В режиме непрореза расплавленный металл попадает на плазматрон, к тому же плазматрон работает на повышенном токе, что сокращает срок службы его комплектующих.

Механическое повреждение плазмотрона – самая неприятная ошибка, допускаемая мастером. Могут повредиться сопло, электрод, сам механизм. Во избежание случайных контактов с листом используются стабилизаторы высоты.

Выбор аппарата плазменной резки

Прежде всего необходимо определиться, как обычно, с целями и задачами.

Первый параметр, без учета которого бесполезно учитывать остальные - это максимально допустимая толщина реза. Максимальным называется такое значение толщины разрезаемого металла, которая может быть разрезана, но скорости резки при этом низкие. Например, если основные рабочие толщины разрезаемого металла 30-40 мм, то следует выбирать аппараты, у которых максимальная толщина разрезаемого металла 50-60 мм. При этом нужно понимать, что источник питания, способный разрезать металл толщиной 50-60 мм может быть экономически более выгоден для резки металла, например, толщиной 10мм, чем источник питания, значение максимальной толщины которого составляет 20мм.



Мировые производители обычно указывают две толщины иногда три. Это чистовая – толщина, которая режется с хорошей скоростью и хорошим качеством, максимальная – толщина, которая режется с хорошим качеством и не достаточной скоростью и разделительная – плохое качество, низкая скорость.



Данные величины обычно приводятся для углеродистой стали, реже - для нержавеющей, еще реже - для алюминия и очень редко - для меди. Поскольку на максимально допустимую глубину реза сильно влияет теплопроводность материала, то для сплавов на основе меди этот показатель примерно на 30% ниже, чем для сплавов на основе железа. И если в технических характе-

ристиком аппарата заявлена максимально допустимая толщина реза стали в 10 мм, это будет означать, что максимальная глубина реза медных сплавов составит 7 мм.

Таким образом, вторым по важности показателем станет тип сплава, с которым предстоит работать.

Следующий фактор - планируемый режим эксплуатации. Как и в случае со сварочными аппаратами, он определяется параметром "ПВ" (продолжительность включения), который определяет отношение времени работы аппарата ко времени, необходимому для его охлаждения. В некоторых промышленных аппаратах ПВ может приближаться к 100%, для ручной же резки вполне достаточно 40-50%.

На практике это выглядит следующим образом. Если ПВ плазмореза составляет 50%, то в течение часа эксплуатации он должен 30 минут работать и 30 минут остывать. При ручной резке приходится время от времени перемещаться или перемещать изделие и периодически выключать кнопку поджига на плазматроне. Это время как раз и идет в зачет охлаждения, и поэтому работа кажется непрерывной. Такая формула дает сбой при работе с толстыми листами металла или при автоматической плазменной резке с ЧПУ, когда время реза может быть значительным. Дело в том, что параметр ПВ определяется для 10-минутного цикла, поэтому в начале смены, пока аппарат холодный, он будет отработать без перерыва и 15 минут даже при низком ПВ, а вот при циклической работе может отключиться и после 5 минут непрерывной резки.

Когда ключевые параметры, определяющие принципиальную возможность использования аппарата, определены, следует уделить внимание такому аспекту, как удобство использования. Тут первостепенное значение приобретает мобильность, точнее, радиус действия, на который можно свободно удалиться от малоподвижного аппарата, "прикованного" к своему месту компрессором.

Так, длина кабель-шлангового пакета плазматрона может варьироваться до десятков метров некоторые производители заявляют ее на уровне 30 м и более. Главный же минус длинного плазматрона в том (и производители об этом, как правило, умалчивают!), что при его длине свыше 20 метров наблюдается потеря мощности, причем довольно ощутимая. Поэтому разумнее всего выбирать плазматрон небольшой (6-12 м) длины.

Момент, не относящийся напрямую к плазматрону, но требующий обязательного учета - это система подачи воздуха. Если отбросить самые маломощные модели, оборудованные встроенным компрессором и воспринимаемые многими профессионалами как малополезные игрушки, то следует помнить, что для работы плазматрону нужен мощный компрессор. И не он один: при достаточно большом расходе воздуха (100-250 л/мин при 0,4-0,6 МПа) жесткие требования предъявляются и к его качеству, а значит не обойтись без вспомогательных устройств - таких как влаго и маслоотделители, фильтры. У известных производителей эти дополнительные устройства уже встроены в источник. Поступать в аппарат воздух должен равномерно, без пульсаций, поскольку они серьезно влияют на стойкость сопел и электродов, на стабильность поджига дуги и, как следствие, на качество реза.

Итак, для того чтобы правильно выбрать источник плазменной резки Вам нужно решить:

1. Какая у Вас сеть питания (220В, 380В)
2. Какой именно материал Вы будете резать;
3. Определите максимальную толщину резки;
4. Какая скорость резки была бы для Вас приемлемой.

Газовая сварка и резка



Газокислородная сварка и резка. История

Первые попытки применения для сварки и резки горючих газов в смеси с кислородом относятся к началу XX-го века. Созданию газовой сварки и резки способствовали исследования процессов горения газовых смесей французским ученым Анри Луи ЛеШателье. В 1895 г. он доложил французской академии наук о получении им высокотемпературного пламени (свыше 3000°C) при сжигании ацетилена и кислорода. Ацетилен был открыт еще в 1836г., а в 1863г. был синтезирован М. Бертелло. Однако доступным техническим продуктом стал лишь после того, как в первой половине 90-х годов XIX века химики Муассан во Франции и Вильсон в Америке нашли способ приготовления карбида кальция из известняка и угля.

Первую ацетилено-кислородную сварочную горелку сконструировали французские инженеры Эдмон Фуше и Шарль Пикар, которые получили на нее патент Германии в 1903 году. Предложенные ими конструкции газосварочных горелок принципиально почти не изменились до настоящего времени.



Промышленные предприятия начали применение ацетилено-кислородная сварки с 1906 года, когда появились достаточно надежные конструкции ацетиленовых генераторов. Хотя уже тогда была известна дуговая электросварка, разработанная русскими учеными Н.Н. Бенардосом и Н.Г. Славяновым, газовое пламя получила широкое распространение для сварки технологического оборудования, газопроводов и др. конструкций.

В 1904г. во Франции была обнаружена возможность использования ацетилено-кислородной горелки для резки металлов, а в 1908 – 1909гг. во Франции и в Германии были проведены первые успешные опыты по кислородной подводной резке. В последующие 5-9 лет было получено несколько патентов в этой области и разработаны промышленные конструкции резаков для подводной резки.

В 1917г. французское сварочное общество, после значительных усовершенствований резака для подводной кислородной резки, передало этот процесс для эксплуатации во флоте. Вскоре подводная кислородная резка стала применяться во флотах Америки и Англии.

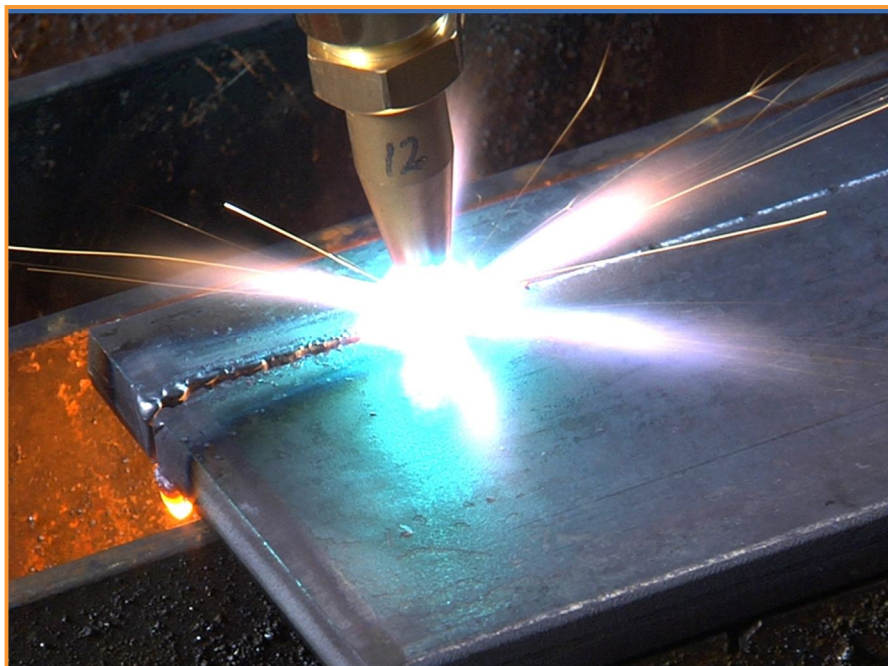
В России газовая сварка стала известна предположительно в 1905 году, в 1906г. она впервые демонстрировалась в Московском техническом училище, после чего, ввиду ее портативности и невысокой стоимости аппаратуры, интенсивно началось ее промышленное освоение, что привело к временному снижению интереса к электродуговой сварке. Однако небольшие объемы

производства кислорода, карбида кальция и газосварочной аппаратуры существенно тормозили применение газовой сварки и резки металлов в России.

В 20-е годы XX в. газовая сварка стала основным видом сварки. В 1929 г. был создан Комитет по автогенному делу, а в 1944 г. он был преобразован в Институт автогенного машиностроения - ВНИИАвтогенмаш. В настоящее время в связи с развитием других, более производительных и совершенных видов сварки газовая сварка в промышленности применяется в меньших объемах - до 15%, но есть определенные виды работ по сварке, пайке, наплавке, резке где газокислородное пламя бывает незаменимым или самым удобным и доступным за счет своих достоинств.

Условия разрезаемости металла.

Кислородная резка – это один из способов термической обработки металла путем воздействия чистого потока кислорода на горячий металл. Сгорая, смесь пропана (ацетилен или других газов) с кислородом, нагревает металл до высокой температуры, при которой происходит химическая реакция между кислородом и металлом обеспечивая высокую температуру для локального плавления. Металл сгорает в струе кислорода, а образовавшиеся оксиды выдуваются из участка разреза. Данный тип резки носит название - разделительная газовая резка металлопроката. Он предназначен для раскроя листов металлопроката, разделки кромок под сварку, вырезки заготовок различной формы и других работ, связанных с разрезанием металла на части. Резка газом может применяться и для разделки канавок, удаления поверхностного слоя металла и устранения поверхностных дефектов. В этом случае газовая резка называется поверхностной.



Газовой резке поддаются только те металлы, которые удовлетворяют следующим главным требованиям:

➤ Температура воспламенения металла (температура начала горения) должна быть ниже температуры его плавления. В этом случае металл горит в твёрдом состоянии; поверхность реза получается гладкой, верхние края кромки реза не подплавляются, продукты горения в виде шлака легко удаляются из полости реза кислородной струёй и форма реза остаётся постоянной. Этому условию отвечает железо и углеродистые стали. Технической железо горит в кислороде при температуре 1050 – 1360°C в зависимости от его состояния (прокат, порошок и др.), в то время как температура плавления железа равна 1539°C. Не поддаётся резке окислением алюминий и его сплавы. Температура воспламенения и плавления алюминия соответственно равна

900 и 660°С. Следовательно, алюминий может гореть только в жидком состоянии, поэтому получить постоянную форму реза невозможно.

➤ Температура плавления образующихся при сварке окислов и шлаков должна быть ниже температуры плавления металла. В этом случае они становятся жидкотекучими и беспрепятственно удаляются из области реза кислородной струёй. Окислы в виде FeO Fe₃O₄, образующиеся при окислении железа в процессе резки, имеют температуру плавления 1350 и 1400°С, т.е. ниже температуры плавления железа. Поэтому низкоуглеродистые стали поддаются резке окислением. Стали, содержащие более 0,65% углерода, имеют температуру плавления ниже температуры плавления окислов железа, и резка их окислением в обычных условиях затруднительна.

Некоторые металлы образуют окислы с высокими температурами плавления, например окислы алюминия - 2050°С, хрома - около 2270°С, никеля - 1985°С, меди – 1230°С. Эти окислы при резке хромистых и хромоникелевых сталей, меди и её сплавов, чугунов и других по сравнению с разрезаемым металлом являются тугоплавкими. Они при обычной окислительной резке не могут быть удалены из области реза, так как закрывают место окисления подогретого до температуры воспламенения металла от струи кислорода, и резка становится невозможной.

➤ Металлы должны обладать небольшой теплопроводностью, чтобы не было сильного теплоотвода от места резки, иначе процесс резки прервётся. Медь, алюминий и их сплавы обладают высокой теплопроводностью по сравнению с железом и сталью; практически не удаётся сконцентрировать нагрев этих металлов до температуры воспламенения подогревающим пламенем по всей толщине листа. Поэтому указанные металлы не поддаются обычной кислородной резке.

Разрезаемость сталей.

При кислородной резке так же, как и при сварке, вблизи места реза образуется зона термического влияния, что способствует образованию трещин при остывании кромок. При резке нержавеющей сталей возможна межкристаллизация коррозии (выпадение карбидов хрома из раствора) после резки и ржавление. Поэтому кромки этих сталей после резки кислородом часто фрезуют или строгают на глубину 0,5-3 мм при толщине до 100 мм. Для некоторых марок высоколегированной стали после резки кислородом применяют термическую обработку для восстановления структуры металла на кромках. Свойство стали разрезаться кислородом без образования закалённого участка вблизи места резки принято называть разрезаемостью. Оценка разрезаемости в зависимости от химического состава стали проводится по четырёхбалльной системе: 1) хорошо разрезающиеся, 2) удовлетворительно, 3) ограниченно, 4) плохо разрезающиеся стали

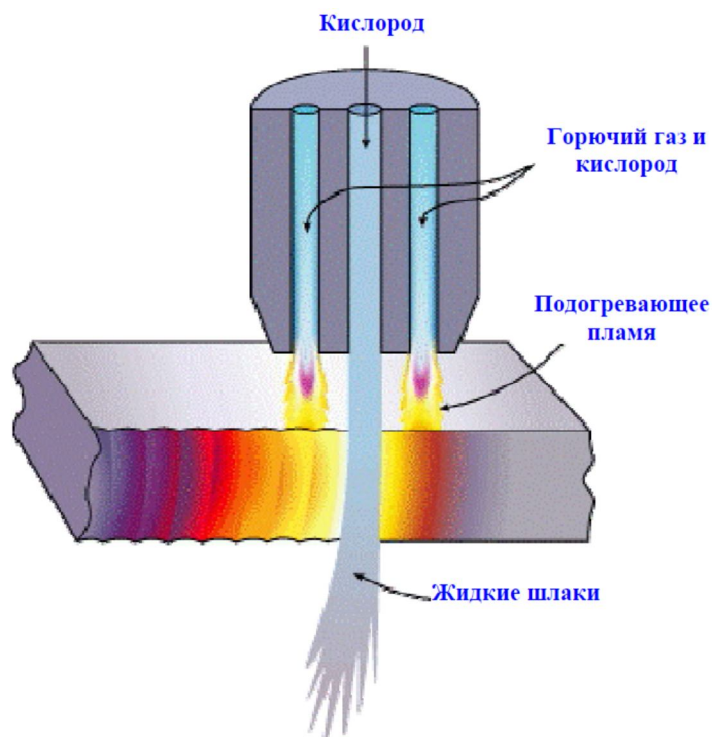
Группа разрезаемости	Наименование сталей	Содержание углерода %	Условия резки
1	Углеродистые стали Низколегированные стали	Менее 0,3 Менее 0,2	Разрезаются в любых производственных условиях без ограничений по толщине и температуре воздуха
2	Углеродистые стали Низколегированные стали	0,3 - 0,4 0,2 - 0,3	Разрезаются с ограничениями: в зимнее время (температура не менее -5°С) и при резке большой толщины (более 100 мм) с подогревом по линии реза до температуры не менее 120°С
3	Углеродистые стали Низколегированные стали	0,4 – 0,5 0,3 – 0,4	Требуется подогрев до 200 – 300 °С по линии реза
4	Углеродистые стали Низколегированные стали	Более 0,5 Более 0,4	Требуется подогрев до 300 – 450 °С

Сущность кислородной резки металлов

Сущность кислородной резки металлов заключается в том, что малоуглеродистая сталь, нагретая до температуры, близкой к температуре плавления, способна гореть в струе кислорода. При кислородной резке для нагрева металла применяется такое же пламя, как и при газовой сварке.

Сам процесс резки включает в себя стадию подогрева металла ацетиленовым (или другим заменителем) пламенем и непосредственную резку струей режущего кислорода.

Процесс кислородной резки представлен на рисунке



Смесь кислорода с горючим газом выходит из подогревательного мундштука резака и сгорает, образуя пламя, которое называют *подогревающим*. Основное назначение подогревающего пламени – нагреть начальный участок поверхности разрезаемого металла до температуры воспламенения железа в кислороде (для стали до 1000 – 1200°C) и ввести в зону реакции окисления железа дополнительное тепло, необходимое для компенсации теплоотвода в металл и окружающую среду. Когда металл нагревается до температуры начала горения, по осевому каналу режущего мундштука подаётся технически чистый кислород. Он попадает на нагретый металл и зажигает его. В процессе горения выделяется значительное количество кислоты. Нижележащие слои металла нагреваются, и горение быстро распространяется в глубину, прожигая сквозное отверстие, через которое режущая струя кислорода выходит, наружу пробивая металл. Если перемещать резак с определённой скоростью, то металл будет разрезаться.

Таким образом, кислородная резка состоит из нескольких процессов: подогрева металла, сжигания металла струёй кислорода, выдувания расплавленного шлака из полости реза. Подогревательное пламя обычно не тушат, и оно горит в течении всего процесса резки, так как теплоты, выделяющейся при сжигании железа в кислороде, недостаточно для возмещения всех потерь теплоты в зоне резки. Если подогревательное пламя потушить, то процесс резки быстро прекращается, металл охлаждается настолько, что кислород перестанет на него действовать, и реакция горения металла в кислороде останавливается.

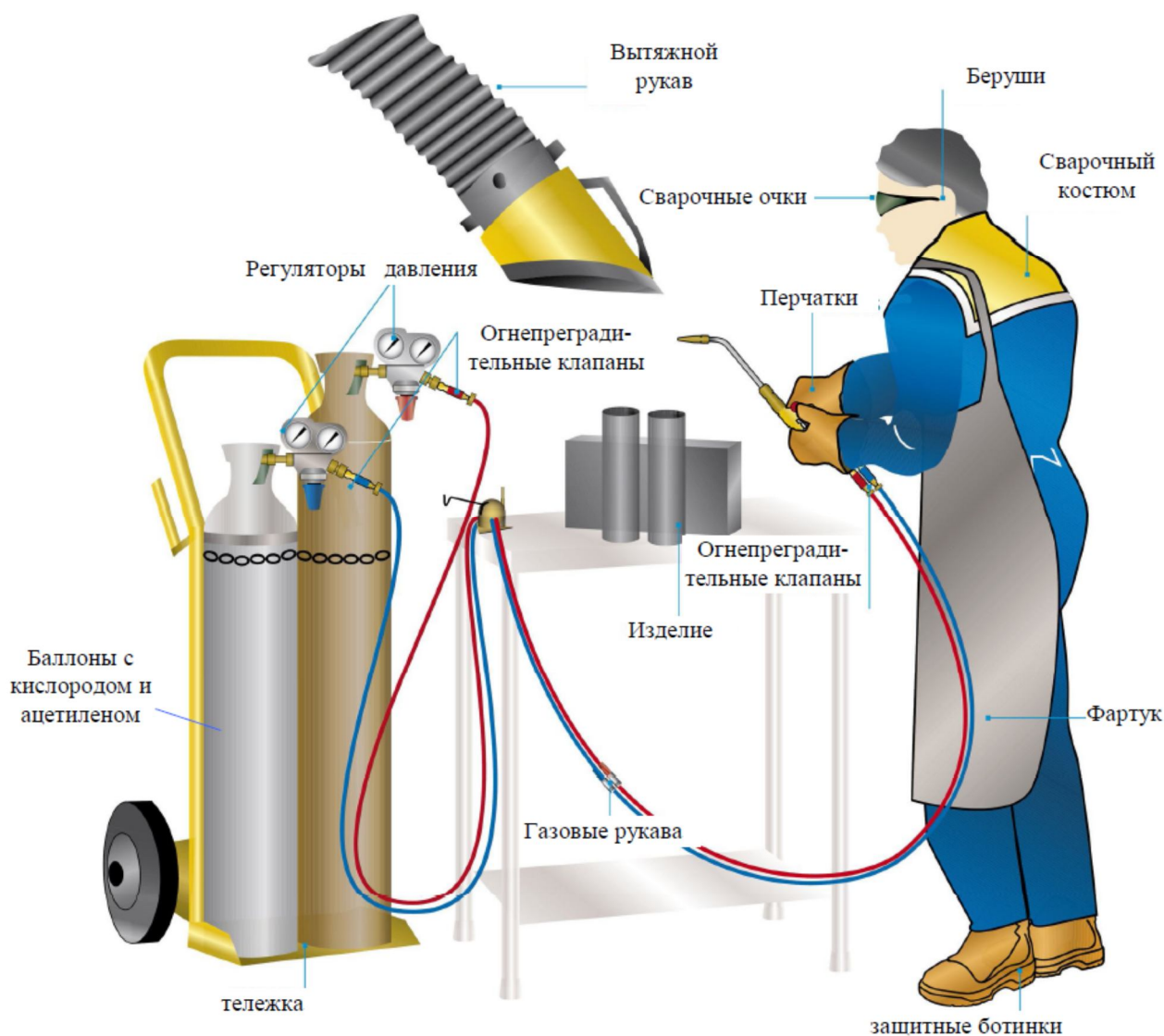
Роль подогревающего пламени в процессе резки меняется в зависимости от толщины разрезаемого металла. Так, при толщине металла до 5 мм подогревающее пламя занимает до 80% в общем количестве тепла, участвующего в процессе резки. С увеличением толщины металла роль подогревающего пламени в балансе температур падает, и при толщине 50 мм и более доля

подогревающего пламени падает до 10%. В результате взаимодействия расплавленного металла с кислородом образуются оксиды железа, которые вместе с расплавленным металлом удаляются из зоны реза кинетической энергией струи кислорода.

Оборудование для газовой резки

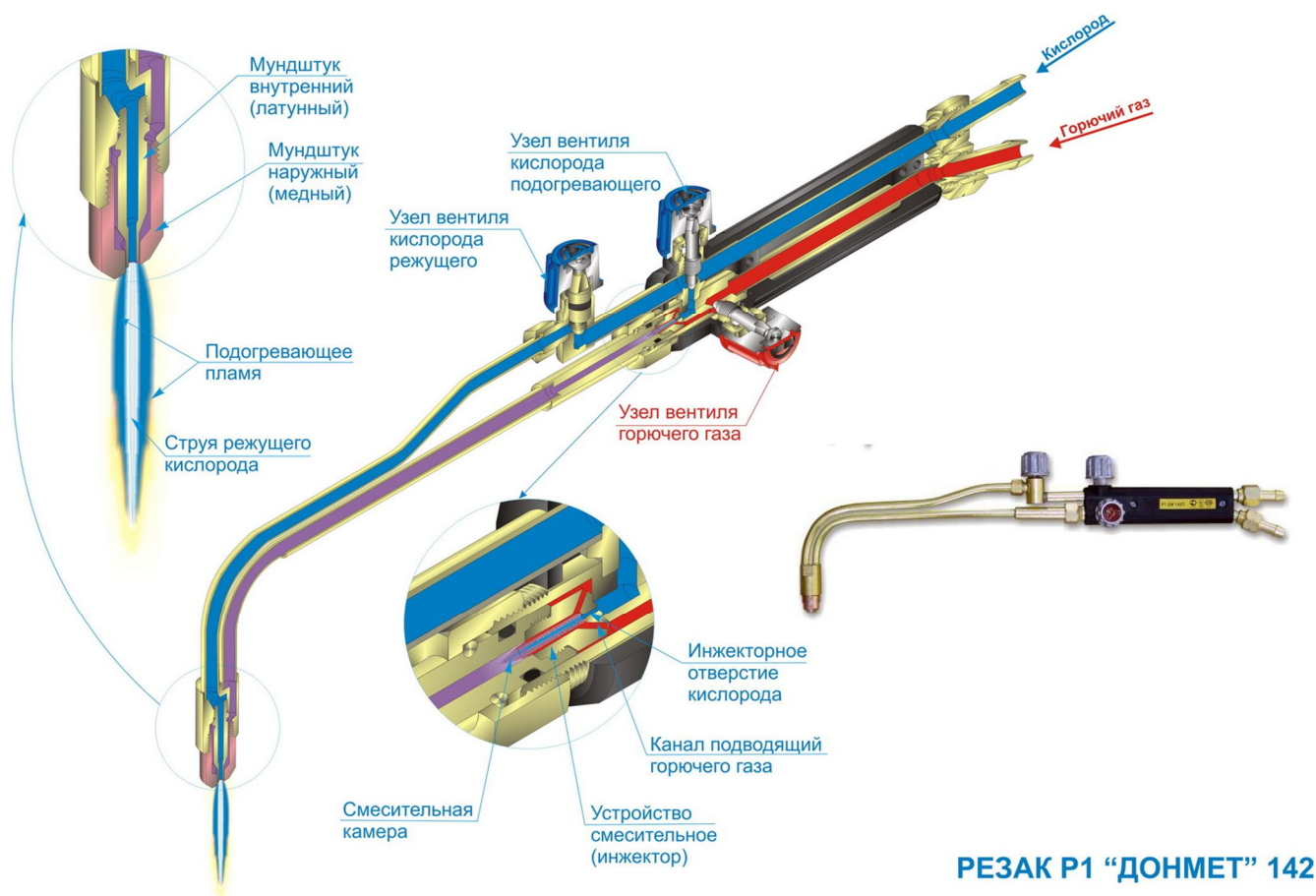
Для газовой сварки, резки необходимо иметь:

1. Газы - кислород и горючий газ (ацетилен или его заменители).
2. Присадочный материал - проволока, прутки.
3. Кислородный баллон - для работы и хранения запаса кислорода.
4. Кислородный редуктор для понижения давления и поддержания установленного давления кислорода, подаваемого из баллона в горелку или резак.
5. Ацетиленовый генератор для получения ацетилена из карбида кальция или ацетиленовый баллон, в котором ацетилен растворен в ацетоне и находится под давлением. В этом варианте необходим еще ацетиленовый редуктор для понижения давления ацетилена, подаваемого из баллона, до рабочего места. При пользовании горючими газами - заменителями ацетилена нужно иметь баллон или специальную емкость для жидкого горючего, или централизованный газопровод природного газа.
6. Сварочные горелки различного назначения с набором наконечников, а для резки - с комплектом мундштуков и приспособлением, упрощающих резку (циркули и т. д.)
7. Резиновые рукава (шланги) для подачи кислорода и горючего газа в горелку или резак.
8. Принадлежности для сварки, резки (очки, инструмент и т. д.)



Газовый резак

Кислородная резка проста, не требует сложного оборудования. Кислородную резку производят резаком - специальной сварочной горелкой с дополнительным устройством для подвода кислорода.



РЕЗАК Р1 "ДОНМЕТ" 142

Газокислородный инжекторный резак состоит из двух основных частей - ствола и наконечника. Ствол состоит из рукоятки с ниппелями для присоединения кислородного и газового рукавов, корпуса с регулировочными кислородным и газовым вентилями, инжектора, смесительной камеры, трубки, головки резака с внутренним мундштуком и наружным, трубки режущего кислорода с вентиляем. Ствол присоединяется к корпусу накидной гайкой.

Кислород из баллона через редуктор и рукав с ниппелями поступает в резак, в корпусе разветвляется по двум каналам. Часть газа, проходя через вентиль, направляется в инжектор. Выходя из инжектора с большой скоростью, струя кислорода создает разрежение и подсасывает горючий газ, образующий с кислородом в смесительной камере горючую смесь, которая проходя через зазор между наружными и внутренними мундштуками, сгорает, образуя подогревающее пламя.

Другая часть кислорода через вентиль поступает в трубку режущего кислорода, выходя через центральный канал внутреннего мундштука, образует струю режущего кислорода. Основной деталью резака является мундштук, который в процессе резки быстро изнашивается. Для получения качественного реза необходимо иметь правильные размеры и необходимую чистоту каналов мундштука.

Все резаки делятся на резаки малой, средней, большой мощности. Резаки малой мощности - для резки металла толщиной 3-100 мм, средней мощности - до 200 мм, и большой - до 300 мм. Резаки большой мощности используют только газы-заменители, и они отличаются относительно большими проходными каналами для газов.

В настоящее время существует более десятка различных конструкций кислородных резаков, но принципиальная основа их неизменна.

Горючие газы

К горючим газам относятся газы способные гореть в среде кислорода (воздуха или любого другого окислителя). Для газопламенных работ используют ацетилен, смеси на основе ацетилена, этилен, пропилен, водород, пропан и природный газ (метан). Самыми популярными газами, несомненно, являются ацетилен и пропан.

Все эти газы имеют различные физические свойства и поэтому способы их хранения различны: газовая фаза, жидкая фаза и газ, растворенный в жидкости (напр. в ацетоне). Из соображений безопасности горючие газы требуют к себе повышенных мер предосторожности при обращении, поэтому очень важно, чтобы персонал работающий с такого рода газами был внимательно ознакомлен с инструкциями по хранению и использованию каждого конкретного вида горючего газа.

Ацетилен (C₂H₂).

Ацетилен является одним из лучших, но не основных газов, применяемых для газовой сварки, пайки, резки металлов. Вообще, для газовой сварки температура пламени горелки должна быть примерно в два раза выше температуры плавления металла. Температура ацетиленового пламени в технически чистом кислороде при смеси стехиометрического состава - до 3200°C.

Ацетилен - это химическое соединение углерода и водорода. Технический ацетилен - бесцветный газ с резким специфическим чесночным запахом из-за примесей сероводорода, аммиака и др. Длительное вдыхание его вызывает тошноту, головокружение и даже отравление. Плотность ацетилена равна 1,09 кг/м³, т. е. он в 1,1 раза легче воздуха. При атмосферном давлении ацетилен сжижается при температуре (-82° C), а при (-85°C) переходит в твердое состояние.

Достаточно долго ацетилен для технических нужд получали примитивным и опасным способом – в спецгенераторах с помощью карбида кальция и воды. Наверное, многие в детстве развлекались, бросая кусочки карбида в лужу, тут же начиналось яростное шипение, карбид буквально «бурлил», исчезая на глазах, и в воздухе отчетливо пахло чем-то резким, «острым». Тот же принцип заложен в работу генератора – засыпаем карбид кальция, заливаем воду и получаем ацетилен. Сегодня же используют баллонный ацетилен, т. е. от специальных ацетиленовых баллонов. Ацетилен в баллонах находится растворенным в ацетоне.

Осуществляется также промышленное производство ацетилена из природного газа. Из общего объема производимого ацетилена лишь до 3% идет на нужды сварки. Из ацетилена получают этиловый (винный) спирт, волокна для тканей, уксусную кислоту, синтетический каучук и многие другие ценные продукты.

На сегодняшний день, это единственный газ, который используется на производстве, имеющий очень высокие риски самовозгорания и взрыва. Ацетилен может взорваться даже без контакта с кислородом и другим окислителем. Однако отказаться от использования ацетилена невозможно – этот газ при сгорании высвобождает очень много тепла. Поэтому газ, способный давать такие высокие температуры при сгорании очень востребован на различных производствах.

Ацетиленовые баллоны принято окрашивать в белый или серо-серебристый цвет и производить маркировку красной краской. Ацетиленовый газ в баллонах растворяется в ацетоне, а сам баллон для безопасности заполняется пористой массой. Для возгорания или взрыва ацетилена достаточно одной статической искры, поэтому к мерам безопасности надо относиться очень серьезно.

Ацетиленозаменители

В настоящее время, начиная с 1960 г., в промышленности для газовой сварки и резки широко применяются вместо ацетилена различные более дешевые и доступные газы: природный, пропан, пропан-бутановые смеси и др. Эти газы в 10-20 раз дешевле ацетилена. Сравнительная



простота аппаратуры при их использовании улучшает условия работы. Такие газы принято называть газами-заменителями ацетилена.

При выборе газа-заменителя учитывают еще температуру воспламенения, пределы взрываемости, возможности работы в любое время года на открытом воздухе, доступность газа и удобство в работе. Из всех газов-заменителей и горючих жидкостей самыми пригодными и удобными оказались пропан, пропан-бутановые смеси и природный газ, которые имеют широкое применение.

Пропан.

Пропан-бутановые смеси широко используются в качестве горючего газа при кислородной резке. Эффективная тепловая мощность пламени при сгорании пропан-бутана в кислороде даже выше, чем для ацетилена. Однако из-за значительно меньшей скорости распространения пламени для этих смесей длина конуса пламени резко увеличена и концентрация пламени ниже. Меньше и температура пламени при сгорании пропан-бутановых смесей по сравнению с ацетиленом.

Пропан технический - бесцветный газ с резким запахом (от добавления одорантов), состоящий из пропана C_3H_8 с примесью пропилена C_3H_6 , суммарное содержание которых 93%. Получают пропан как побочный продукт при переработке нефтепродуктов.

В промышленных масштабах получают в результате переработки нефти. Наиболее распространенный заменитель ацетилена. Особенно широкое применение пропан находит в газовой резке, пайке. Окислительные свойства пламени не позволяют применять этот газ при проведении сварочных работ. Температура горения пропана в чистом кислороде достигает 2800С.

Благодаря своим физическим свойствам пропан хранится под небольшим давлением (~7 bar) в сжиженном состоянии, что позволяет поставлять в баллонах большие объемы газа. Наибольшие неудобства при работе с пропаном возникают при отрицательных температурах окружающей среды, когда давление пропана в баллоне опускается и не позволяет получать из баллона газообразный пропан в необходимом количестве.

Отдельно стоит отметить применение пропана с использованием в качестве окислителя атмосферного воздуха. Пайка твердым припоем с температурой плавления до 800оС, пайка меди, устранение загрязнений и старых лакокрасочных покрытий, сушка и подогрев пламенем, кровельные работы. Для подобного рода работ применяется специальное оборудование.

Газ МАФ - шаг вперед в сварочном производстве

Желание повысить температуру пламени сварочного газа, обеспечить технологичность, безопасность, в т. ч. и экологическую, обеспечивало постоянный поиск альтернативы ацетилену. В конечном итоге обратили внимание на то, что при процессах синтеза выделяется газ с высокой температурой пламени. Из состава газов, получаемых при пиролизе, выделили составляющие, которые в смеси стабилизируют рабочее состояние газа и позволяют хранить его в обычных условиях, аналогичных пропану. Газ получил название Метилацетилен - Алленовая Фракция (МАФ).

Помните классическую формулу прохождения новации?

1. «Этого не может быть, потому, что не может быть!»
2. «В этом что-то есть...»
3. «Да кто этого не знает?!»

Именно строго по этой формуле проходило внедрение теперь уже достаточно широко известного газа МАФ. Хотя если быть точным, новация здесь была с достаточно большой «бородой». Ведь не зря говорят – «Новое – это хорошо забытое старое». И действительно, изданный еще в 1978 году четырехтомный справочник «Сварка в машиностроении» М.1978, дает достаточно пространное описание газа МАФ, как одного из заменителей ацетилена. Приводятся данные по температуре сгорания и теплотворной способности, потребности в кислороде и т.п. Имеется также ссылка, что, как принято у нас говорить, в странах Запада, этот газ известен как MAPP(лат.) и применяется даже в быту.

Приводимые ниже некоторые неоспоримые преимущества газа МАФ, позволяют уверенно говорить о его экономической целесообразности использования и конкурентноспособности. Если коротко говорить о преимуществах, то это:

- заправка газа в обычные пропановые баллоны по 50 литров, общие с пропаном требования к хранению, транспортировке и применению, в отличие от ацетилена;
- удобство при подготовке к работе, открыл вентиль – получил газ, не нужен ацетиленовый генератор, при этом в целом сварка МАФ-газом не отличается от сварки ацетиленом;
- применение простых и давно известных норм безопасности, обычных при работе с пропаном;
- значительная экономия средств и ресурсов при хранении, транспортировке и прочих накладных расходах; стандартный баллон общим весом 42 кг вмещает 20 кг газа МАФ, в то время, как стандартный ацетиленовый баллон общим весом 87 кг вмещает 6-7 кг ацетилена;
- имеет температуру эффективной зоны пламени близкой к температуре пламени ацетилена (3027°С против 3087°С), сохраняет передачу большого количества теплоты на нагреваемый металл на расстоянии 12 мм и более от самой точки пламени и обеспечивает высокую скорость сварки, и высокое качество сварочного шва, а имея более мягкое пламя, дает преимущества при работе с металлом малой толщины, цветными металлами, при контурной резке изделий;
- менее склонен к «обратному удару», гораздо безопаснее ацетилена, в т.ч. и экологически (нет сброса гидроксида кальция), по токсичности относится к 4 группе – малотоксичные газы.

При всей очевидной выигрешности применения газа МАФ (он давно применяется в мире, а, например, такие страны как Канада, Германия, США полностью отказались от использования ацетилена), у нас выжидательная позиция к его использованию. Понятно, сегодня многим не до вопросов, связанных с охраной окружающей среды, внедрением энергосберегающих технологий... Наши люди продолжают, невзирая ни на что, применять старые методы сварки ацетиленом и карбидом кальция, голословно, объясняя это тем, что старые дедовские методы лучше. Но чем они лучше, никто не может объяснить, а просто – это привычнее? Что это - стереотип? лень? А ведь только подумать – как может повлиять использование газа МАФ, например, на тарифы ЖКХ?

Технические характеристики

Показатели	МАФ	Ацетилен	Пропан
Безопасность, чувствительность к удару	Стабилен	Нестабилен	Стабилен
Предел взрываемости в кислороде, %	2,5 – 60	2,3 - 93	2,4 - 57
Предел взрываемости в воздухе, %	3,4 - 10,8	2,2 - 81	2,0 - 9,5
Скорость сгорания в кислороде, мм/с	4697	6097	3718
Склонность к обратному удару	Незначит.	Значит.	Незначит.
Токсичность	Незначит.	Незначит.	Незначит.
Реакции с обычными металлами	Избегать спл.со.бол. 65% меди	Избегать спл.со.бол. 70% меди	Незначит. ограничения
Температура пламени, о С	2927	3087	2526
Низшая тепл. сгор.газ. смеси при норм. условиях	21000	12600	21795
Общая тепл. сгорания(после испарения)	49000	50000	51000

Газовые рукава

Газосварочные рукава классифицируются согласно ГОСТ 9356-75. Это обозначение рукавов, предназначенных для газовой сварки. Данные изделия используются для перемещения газов, кислорода и жидкого топлива, используя давление непосредственно к приборам, предназначенным для проведения сварки и разрезания металлов и конструкций. Обозначаются рукава следующим образом: II класс, диаметр внутренний 9,0 мм, давление при работе 0,63 МПа.

Классы рукавов делятся по следующим параметрам: I — для ацетилена, газа, пропана, бутана; II — для жидкого топлива, керосина, бензина и т.д., III — для кислорода. Температурные условия работы в холодных климатических зонах — от -55 до 70°C, в умеренных — от -30 до 70°C.

Характеристики рукавов: давление изделий I и II классов составляет 0,63 МПа, III класса — 2,0 МПа; диаметр изделий — от 6,3 до 12 мм; в длину — от 40 до 70 метров; прочностной запас для I и II классов — четырехкратный, для III класса — трехкратный; показатель прочности соединения резинового слоя с внешней оплеткой — более 1,5 кгс/см; срок хранения и применения изделий по гарантии составляет два года, если рукав уже эксплуатировался, то один год.

На рукавах на протяжении всей длины либо с равными обозначенной длине рукава промежутками наносится маркировка изделия, в которой указываются товарный знак изготовителя, класс, внутренний диаметр, дата изготовления рукава (последние 2 цифры), уровень рабочего давления, обозначение стандарта, и для изделий высшего класса изображение государственного Знака Качества (для газосварочных рукавов с диаметром 6,3 мм есть возможность изображения данного Знака).



Изготавливаемые размеры:

Класс	Внутренний диаметр, мм	Давление, МПа	Наружный диаметр, мм	Рабочая среда	Цвет наружного слоя
I	6,3	0,63	13,0	ацетилен, городской газ, пропан и бутан	чёрный, красный
	8	0,63	16,0		
	9	0,63	18,0		
	10	0,63	19,0		
	12	0,63	22,0		
II	6,3	0,63	13,0	жидкое топливо, бензин А-72, уайт-спирит, керосин или их смеси	чёрный, желтый
	8	0,63	16,0		
	9	0,63	18,0		
	10	0,63	19,0		
	12	0,63	22,0		
III	6,3	2,0	13,0	кислород	чёрный, голубой
	8	2,0	16,0		
	9	2,0	18,0		
	10	2,0	19,0		
	12	2,0	22,0		
	16	2,0	27,0		

Газовые редукторы.

К вентилям баллонов крепятся газовые редукторы, которые предназначены для снижения давления газа, поступающего из баллона к горелке, и поддержания постоянства установленного давления во время работы. Газовые редукторы имеют обычно два манометра, один из которых измеряет давление газа на входе в редуктор, второй – на выходе из него. Редукторы для различных газов отличаются лишь устройством присоединительной части, которая соответствует устройству вентиля соответствующего баллона и исключает ошибочную установку, например, ацетиленового редуктора на кислородный баллон. Редукторы отличаются друг от друга цветом окраски корпуса и присоединительными устройствами для крепления их к баллону. Редукторы, за исключением ацетиленовых, присоединяются накидными гайками, резьба которых соответствует резьбе штуцера вентиля. Ацетиленовые редукторы крепятся к баллонам хомутом с упорным винтом. К сварочной горелке кислород и ацетилен от редукторов подаются через специальные резиновые шланги.



Несмотря на разнообразие редукторов, все они имеют общие принцип действия и схему устройства.

Газ из баллона поступает в штуцер редуктора. Давление газа на входе в редуктор указывается манометром. Далее газ проходит через клапан, преодолевая его сопротивление, вследствие чего давление газа понижается и он поступает в камеру низкого давления. Манометр указывает давление газа (рабочее давление) в камере низкого давления, идущего к горелке, резаку.

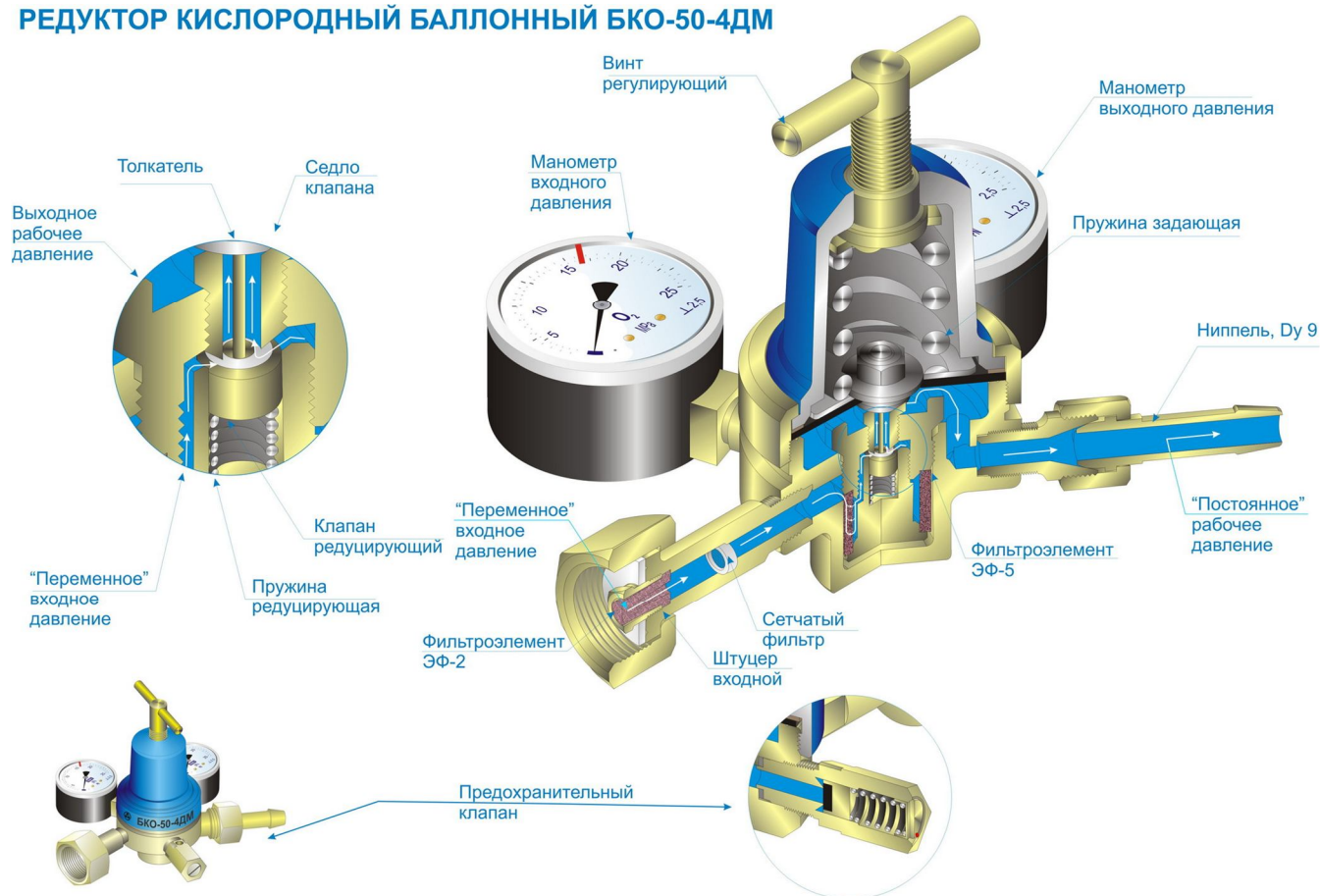
Величина рабочего давления на выходе из редуктора зависит от степени открытия клапана. Чем больше открыт клапан, тем меньшее сопротивление оказывает он потоку проходящего через него газа, тем выше давление газа после него и тем большее количество газа проходит через редуктор. Для изменения положения редуцирующего клапана служит мембрана (из прорезиненной ткани), регулирующей винт, а также пружины. При ввертывании винта пружины сжимаются, клапан открывается, и давление газа в камере повышается. При вывертывании винта, наоборот, клапан прикрывается, а давление газа в камере уменьшается.

Необходимое рабочее давление в редукторе автоматически поддерживается постоянным. При уменьшении отбора газа через расходный вентиль давление в камере низкого давления повышается, и газ начинает давить на мембрану, которая прогибается вниз и сжимает пружину. При этом клапан под действием пружины перекрывает седло клапана до тех пор, пока давление в камере не станет равным его первоначально установленной величине. Обратное явление будет происходить при увеличении отбора газа и понижении давления в камере низкого давления. Мембрана опять прогибается вверх - в сторону камеры высокого давления, и весь процесс работы редуктора повторяется. Камера низкого давления имеет клапан, предназначенный для сброса давления газа при повышении давления сверх установленного и защиты от разрыва мембраны в случае, если клапан начнет пропускать газ (самотек в редукторе).

Редуктор с одной камерой редуцирования называют однокамерным, а с двумя камерами - двухкамерным (двухступенчатым)

Схема баллонного кислородного одноступенчатого редуктора БКО-50-4ДМ

РЕДУКТОР КИСЛОРОДНЫЙ БАЛЛОННЫЙ БКО-50-4ДМ



Редуктор присоединяется к баллону накидной гайкой. Газ, пройдя фильтр, попадает в камеру высокого давления. При вращении регулировочного винта по часовой стрелке усилие нажимной пружины передается через нажимной диск, мембрану и толкатель на редуцирующий клапан, который, перемещаясь, открывает проход газу через образовавшийся зазор между клапаном и седлом в рабочую камеру. Редуцирующий узел, состоящий из седла, клапана, пружины и фильтра ЭФ-5, выполнен в виде самостоятельного узла. На корпусе редуктора рабочей камеры установлен предохранительный клапан, отрегулированный на ВЫПУСК газа при давлении в рабочей камере в интервале 16,5—25,0 кгс/см². Давление в баллоне контролируется манометром высокого (входного) давления, а в рабочей камере — манометром низкого (выходного) давления. Отбор газа осуществляется через ниппель, который присоединяется к редуктору гайкой с резьбой М16Х1,5. К ниппелю присоединяется рукав диаметром 9 или 6 мм, идущий к горелке или резаку.

Обратный удар

Обратным ударом называется воспламенение горючей смеси в каналах горелки или резака и распространение пламени по шлангу горючего. Обратный удар характеризуется резким хлопком и гашением пламени. Горячая смесь газов устремляется по каналу горелки или резака в шланг, а при отсутствии предохранительного затвора - в ацетиленовый генератор, что может привести к взрыву ацетиленового генератора и вызвать серьезные разрушения и травмы.

Сгорание ацетиленокислородной смеси происходит с определенной скоростью. Горючая смесь вытекает из отверстия мундштука горелки или резака также с определенной скоростью, которая всегда должна быть больше скорости сгорания. Если скорость истечения горючей смеси станет меньше скорости ее сгорания, то пламя проникает в канал мундштука и воспламенит

смесь в каналах горелки или резака, произойдет хлопок и возникнет обратный удар пламени. Обратный удар может произойти от перегрева и засорения канала мундштука горелки.

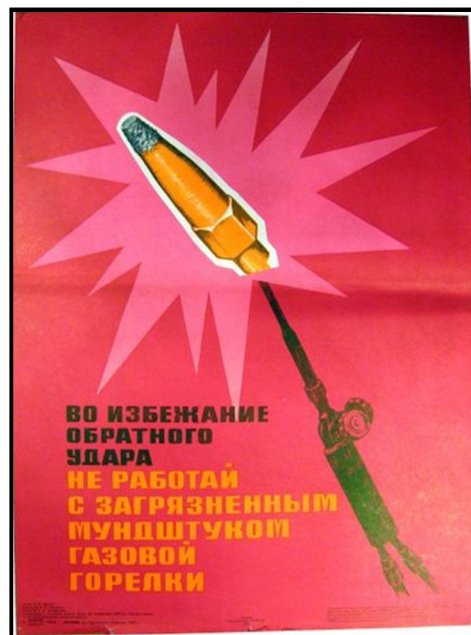
При зажжённой горелке пламя может попасть в шланг и он может взорваться а так же может взорваться баллон. Когда такое происходит слышен хлопок, но это ещё не взрыв а воспламенение газовой смеси в горелке - когда рванут шланги - это серьёзно. Обратный удар происходит и при загрязнённом мундштуке горелки.

Для защиты от обратного удара используют обратный клапан и огнепреградительный клапан.

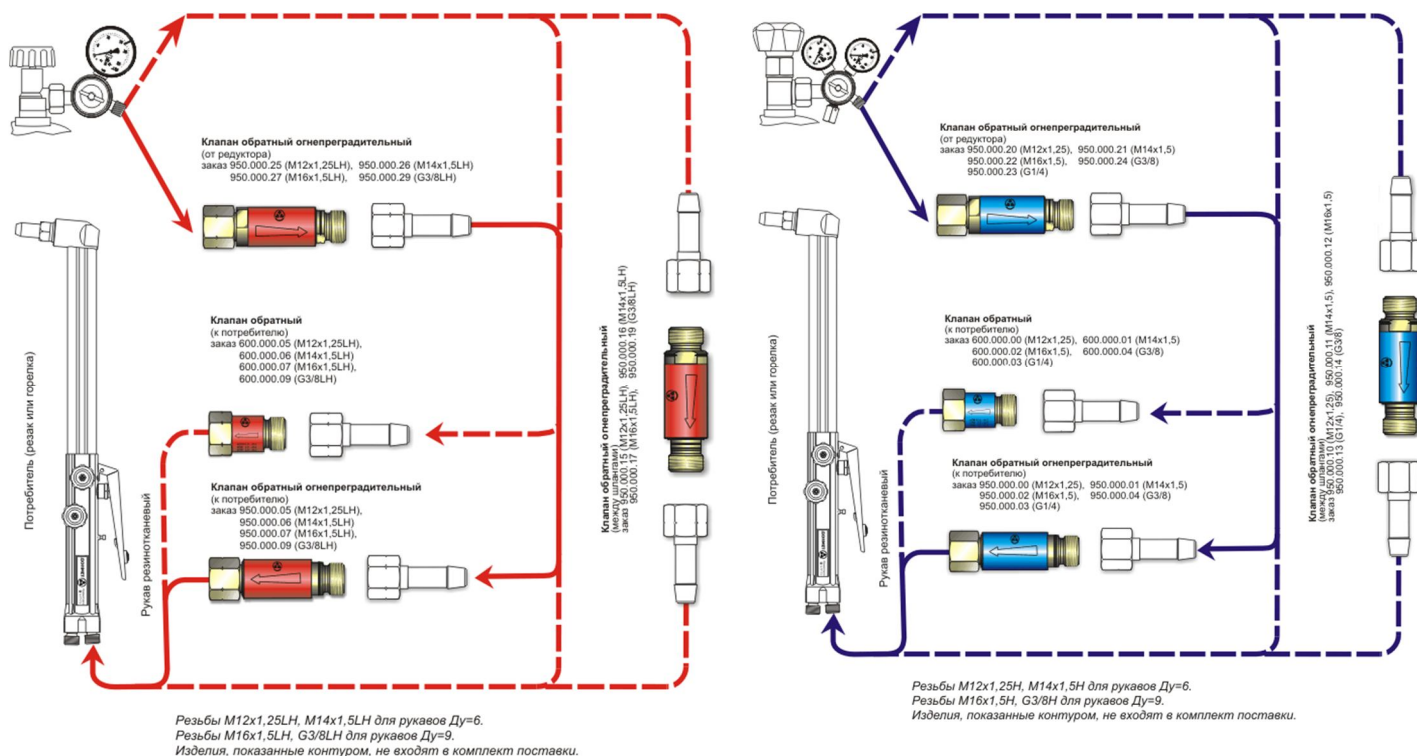
Обратный клапан представляет собой корпус, в который встроены подпружиненный золотник, пропускающий газ только в одну сторону. Кислород или горючий газ, поступающий из рукава под некоторым избыточным давлением, перемещает золотник, преодолевая усилие пружины, и через образовавшийся зазор между золотником и седлом направляется к резаку. При обратном ударе взрывная волна перемещает золотник к седлу и подача газа и кислорода мгновенно прекращается.

Экспериментально установлено, что при обратном ударе фронт пламени распространяется быстрее, чем ударная волна успевает прижать золотник к седлу, поэтому обратный клапан далеко не всегда защищает от проникновения пламени за его пределы. Средством защиты от обратного удара пламени является огнепреградительное устройство, предназначенное для предотвращения прохождения пламени, возникающего при обратном ударе, или разложении горючего газа (п. 3.3 ISO 5175-87) и, следовательно, защиты кислородных и газовых рукавов от разрывов и возгорания.

В качестве огнепреградительных устройств используют различные жидкие и сухие затворы. Выпускаемые заводом «ДОНМЕТ» огнепреградительные устройства со встроенным обратным клапаном получили название «огнепреградительный клапан». Огнепреградительный клапан отличается от обратного тем, что, кроме запирающего золотника, в него встроены пламегасящий элемент. При возникновении обратного удара фронт пламени проходит через пламегасящий элемент, где происходит его затухание, а ударная волна запирает золотниковое устройство, мгновенно прекращая подачу газа в горелку и выполняя, таким образом, одновременно и функции обратного клапана.



Огнепреградительные клапаны изготавливаются для установки в кислородную сеть (КОК) и в сеть горючего газа (КОГ). При этом в зависимости от места и способа установки, выпускается целый ряд модификаций огнепреградительных клапанов: для установки на резак или горелку; для установки на редуктор; для установки в разрыв резинотканевого рукава. Варианты применения присоединений огнепреградительных и обратных клапанов изображены на рисунках



Автоматическая газовая резка

Наиболее современным методом газовой резки является процесс числового программного управления - ЧПУ. Это наиболее точный из имеющихся в настоящее время методов управления, который позволяет резать детали с точностью до 0,5 мм. Этот метод основан на движении резака в соответствии с компьютерной программой. Станок, подключенный к компьютеру читает программу и движет резак в соответствии с чертежом с большой точностью. С ЧПУ, оператор имеет возможность точно выбирать скорость резки. Кроме того, устройства для программной резки, как правило, оснащены датчиком, который автоматически устанавливает расстояние факела от разрезаемого материала.

Газовая резка по сравнению с плазменной резкой имеет одно очень важное преимущество – резка больших толщин (до 2-х метров). Плазменная резка имеет неоспоримые преимущества по производительности, качеству при резке толщин до 50-60мм. При резке больших толщин требуется дорогостоящий источник плазменной резки применять который экономически не выгодно. При необходимости разрезать металл свыше 100мм у газовой резки на сегодняшний день нет конкурентов, самый мощный источник плазменной резки может разрезать max.120 мм



Чтобы значительно сократить объем ручного труда, улучшить качество резки, а также повысить ее производительность, используется машина кислородной резки. Их принято делить на два типа: переносные и стационарные. Они же, в свою очередь, разделяются еще на несколько видов. Таким образом, можно подобрать высококачественной оборудования для тех или иных условий эксплуатации.

Переносная машина кислородной резки с каждым годом становится все более популярной. Она представляет собой самоходную тележку, которая имеет электродвигатель (в качестве привода), газовую турбинку, пружинный механизм и машинный резак. Устанавливается подобное оборудование прямо на лист металла, который необходимо разрезать. Переносные машины представлены тремя типами:

- машины легкого типа: их масса достигает 15 кг, имеется один машинный резак;
- машины среднего типа: оснащены двумя (иногда одним) резаками, масса достигает порядка 20 кг;
- машины тяжелого типа: предусмотрена многорезаковая резка (штанговые суппорты, трехрезаковый блок), масса может достигать до 50 кг.

С помощью переносных машин как среднего, так и легкого типа можно выполнять криволинейную и прямолинейную резку. Возможна также вырезка фланцев и дисков. Что же касается машин тяжелого типа, то они в наше время применяются гораздо реже и то лишь для прямолинейной резки.

Существуют машины портальной резки совмещающие в себе преимущества плазменной и газовой резки, а именно, на одну консоль вешается плазменный и газовый резак и в зависимости от поставленных задач по резке оператор выбирает наиболее подходящий метод резки.

На фотографии изображены плазменный и газовый суппорта (резаки) установленные на станке плазменной и газовой резки металла с ЧПУ (числовым программным управлением).

