

Основы сварки самозащитными порошковыми проволоками | Lincoln Electric

Основы сварки самозащитными порошковыми проволоками: высокая скорость, отсутствие необходимости в газовых баллонах

Процессом сварки самозащитной проволокой редко овладевают в начале карьеры. Тем не менее, это один из самых эффективных методов дуговой сварки.

Авторы: Том Майерс (Tom Myers) и Фрэнк Драголич Мл. (Frank Dragovich, Jr.)

Сварка порошковой самозащитной проволокой (FCAW-S) – это самый универсальный процесс в отрасли дуговой сварки. Такая проволока самостоятельно выделяет защитный газ, удаляет загрязняющие вещества на стали, образует отвечающее всем нормативным требованиям наплавление и быстрозастывающий шлак.

Метод FCAW-S скорее напоминает ручную руговую сварку штучными электродами (SMAW), чем сварку газозащитными порошковыми проволоками. Сварщики с большим опытом ручной дуговой сварки обычно очень быстро овладевают процессом FCAW-S, в то время как тем, кто знаком только с процессом газозащитной сварки контролируемые короткими замыканиями (GMAW), на это приходится потратить чуть больше времени.

Как и РДС, FCAW-S не требует использования внешнего источника защитного газа, поэтому этот процесс хорошо подходит для сварки под открытым небом (см. **Рисунки 1 и 2**). Тем не менее, в отличие от РДС, процесс сварки самозащитной порошковой проволокой имеет намного более высокую производительность наплавки. Она аналогична, а в некоторых случаях даже превышает производительность сварки газозащитной проволокой. В случае штучных электродов марки E6010 и E6013 производительность наплавки составляет 1-1,5 кг металла в час. Для E7018 этот показатель составляет 2-2,5 кг. Что касается процесса FCAW-S, то в его случае сварщик может наплавить до 4 кг металла при вертикальной сварке и более 6 кг при сварке в горизонтальном и нижнем положении, в зависимости от используемой проволоки. Кроме того, производительность можно увеличить до более 10 кг металла в час с помощью процедур с увеличенным вылетом электрода.



Рисунок 1: Самозащитная порошковая проволока часто используется для сварки в неудобных пространственных положениях.



Рисунок 2: Благодаря отсутствию необходимости в газовых баллонах процесс FCAW-S часто используется для сварки в монтажных условиях или под открытым небом как более эффективная альтернатива РДС.

Основные сведения о процессе

Для GMAW (MIG) и сварки газозащитной порошковой проволокой (FCAW-G) лучше всего подходит постоянный ток обратной полярности (DC+). Однако для самозащитной проволоки рекомендуемая полярность зависит от состава сердечника (стабилизаторов дуги) конкретной марки проволоки. Большая часть проволок FCAW-S лучше всего себя показывает на постоянном токе прямой полярности (DC-), но некоторые из них больше подходят для работы на токе обратной полярности.

В случае GMAW сцепление для бесперебойной подачи проволоки обеспечивается гладкой V-образной насечкой на приводных роликах механизма подачи. К сожалению, такая насечка может повредить порошковые проволоки. Для того, чтобы обеспечить такое же толкающее усилие без сильного сжатия проволоки, в случае FCAW-S используются приводные ролики с V-образным гофрированием, которое захватывает оболочку проволоки и обеспечивает ее плавную подачу без деформаций.

Обратите внимание: если после сварки порошковой проволокой Вы возвращаетесь к режиму GMAW, не забудьте заменить приводные ролики на ролики с гладкой V-образной насечкой. Ролики с гофрированием могут повредить медное покрытие сплошных проволок и привести к его расслоению. Сейчас эта проблема не так актуальна, как раньше, но о ней все равно не стоит забывать.

Напряжение

Все самозащитные порошковые проволоки очень чувствительны к колебаниям напряжения и поэтому требуют применения источника питания с режимом сварки на жесткой вольтамперной характеристике (CV). В некоторых случаях сварка газозащитной проволокой имеет более широкий диапазон допустимого напряжения. В случае FCAW-S Вы должны точно придерживаться необходимого напряжения.

При сварке самозащитной проволокой во время работы дуги между расплавленным металлом наплавки и окружающим воздухом нет ничего, кроме шлака и выделенного самой проволокой газа. Повышенное напряжение приводит к увеличению длины дуги, что, в свою очередь, увеличивает ширину конуса дуги. Соответственно, дуга большой длины и ширины более подвержена воздействию атмосферы. Из-за этого длина дуги имеет крайне большое значение, а источники питания на жесткой ВАХ позволяют сохранять ее на постоянном уровне.

Обратите внимание, что, если расплавленный металл вступит контакт с окружающим воздухом (который содержит 79% азота, 20% кислорода и 1% процент других элементов), он начнет поглощать азот и кислород. Если этому никак не помешать, после застывания металла часть этих газов улетучится и оставит после себя отверстия (т. е. пористость). Оставшиеся внутри газы приведут к образованию очень ломкого металла с низкими механическими характеристиками. Поэтому расплавленный металл нужно защищать от контакта с воздухом, пока он не застынет. Это относится ко всем процессам сварки.

Теперь представьте, как от самозащитной проволоки отделяется расплавленная капля. Практически сразу же вокруг нее образуется тонкий слой шлака. Материал проволоки включает определенные элементы, которые вступают в химическую реакцию с азотом и кислородом (т. е. денитрификаторы или восстановители) и затягивают их в шлак, тем самым не давая им попасть в металл наплавки. Также при этом образуются другие побочные продукты реакций в дуге, например, двуокись углерода, которая замещает собой воздух. Эти две

особенности защищают расплавленную каплю металла во время ее перемещения к сварочной ванне.

Но чем больше длина дуги, тем большее расстояние должны пройти капли металла и тем сильнее становится воздействие азота, кислорода и других составляющих воздуха. Если оно становится слишком большим, системы защиты проволоки с ним не справятся и газ окажется поглотен металлом наплавления. Эти примеси скажутся на механических свойствах наплавления, в том числе ударной вязкости. Для ее измерения проводится тест по Шарпи с V-образным надрезом. Когда содержание примесей достигает определенного порогового значения, в металле возникает пористость. Слишком низкое напряжение, напротив, приводит к чрезмерному укорачиванию дуги. В таком случае проволока втыкается в пластину, что приводит к образованию неровного сварного шва.

В случае FCAW-S после завершения сварки над кончиком проволоки образуется маленький шарик шлака, который выступает в роли изолятора и мешает зажиганию дуги при возобновлении сварки. Поэтому для упрощения зажигания дуги кончик проволоки нужно аккуратно отломить или отрезать кусачками.

Также проверьте расстояние, на которое выступает проволока от контактного наконечника. Для стандартных процедур сварки эта величина обычно составляет 19-25 мм, иногда до 95 мм в случае высокопроизводительной сварки на спуск. Вылет электрода так же важен, как и длина дуги. Для сохранения стабильности дуги его колебания не должны превышать ± 3 мм. Слишком большой вылет электрода приведет к короткой, нестабильной дуге и сильному разбрызгиванию, слишком маленький – избыточной длине дуги и большому риску загрязнения расплавленного металла окружающим воздухом.

Также никогда не ведите сварку с упреждающим наклоном горелки. Это не сварка GMAW короткими замыканиями. При сварке самозащитной проволокой используется шлак, поэтому Вы можете использовать старый принцип: удерживайте шлак, направляя на него поток газа. Если горелку расположить под небольшим углом на отставание, она будет удерживать шлак позади дуги. Если направить горелку вперед, она будет подталкивать расплавленный шлак перед сварочной ванной. Из-за этого возникнет риск того, что он окажется погружен под слоем металла.

Особенности сварки в сложных пространственных положениях

Производительность наплавки и общие сварочно-технологические характеристики зависят от использованной проволоки. Проволоки класса AWS E71T-8–которые подходят для сварки в любых пространственных положениях на постоянном токе прямой полярности–имеют схожий металлургический состав, но при этом каждая из них имеет свои особенности.

Самое большое влияние оказывает система шлакообразования проволоки. Она представляет

собой вещества, которые вступают в реакцию с другими химическими элементами, застывают быстрее металла наплавления и всплывают к поверхности соединения, чтобы защитить его от атмосферного воздуха (см. **Рисунок 3**). Некоторые проволоки имеют щелочную систему шлакообразования на основе фторидов, аналогичных использованных в электродах марки E7018. В других используется более кислая система, которая вступает в реакцию и застывает быстрее. Именно она помогает сварщикам достигнуть упомянутой производительности 4 кг/час (чтобы узнать о системах шлакообразования подробнее, см. **Техническое письмо: Обзор составов шлака** ниже).

Техническое письмо: Обзор составов шлака

При сварке самозащитной порошковой используются другие системы шлакообразования. Большей частью они основаны на восстановлении алюминия и магния и деазотировании системы. Эти элементы попадают в сварочную ванну и образуют оксид алюминия и оксид магния, которые имеют высокие температуры плавления. Если к этому добавить элементы шлака с низкими температурами плавления, можно получить эффективную систему шлакообразования. Элементы шлака—оксид алюминия и оксид магния—быстро плавятся и всплывают к поверхности сварочной ванны, защищая наплавление от атмосферного воздуха.

Процесс FCAW-S имеет очень высокую устойчивую к азоту именно благодаря системам шлакообразования. Молекулы алюминия и магния привлекают к себе атомы кислорода и азота, в результате образуются оксиды алюминия и магния. Эти легкие вещества с высокой температурой плавления (т. е. быстрозастывающие) быстро поднимаются на поверхность сварочной ванны. По сути, система шлакообразования превращает азот и кислород—потенциальные загрязняющие вещества—в химические соединения, которые защищают наплавление.

Во многих проволоках FCAW-S используется одна из двух систем шлакообразования – основная или кислотная. В основных системах фторид кальция вместе с соединениями алюминия и магния образует систему, которая немного напоминает шлак, образующийся при сварке штучными электродами, например, класса E7018. В кислотных системах вместо фторида кальция используется оксид железа.

Основные системы имеют хорошие характеристики очистки. Они больше подходят для сварки конструкций ответственного назначения, имеют высокую ударную вязкость при низких температурах и другие прочностные характеристики. Кислотные системы отличаются плавным и быстрым процессом сварки.

Это связано с тем, как кислотные и основные элементы вступают в реакцию с другими элементами в металле наплавления. Это сводится к тому, как быстро происходят химические реакции. Во время сварки молекулы ионизируются, что заставляет атомы покидать одни молекулы и присоединяться к другим. В разных системах шлакообразования для этого требуется разная температура. Во фторидных системах на разделение молекул требуется очень много тепла. Для разделения кислотных, железооксидных молекул, напротив, нужна

меньшая температура. Быстрая химическая реакция в таком случае приводит к более быстрому застыванию шлака и, в конечном итоге, большей производительности наплавки.

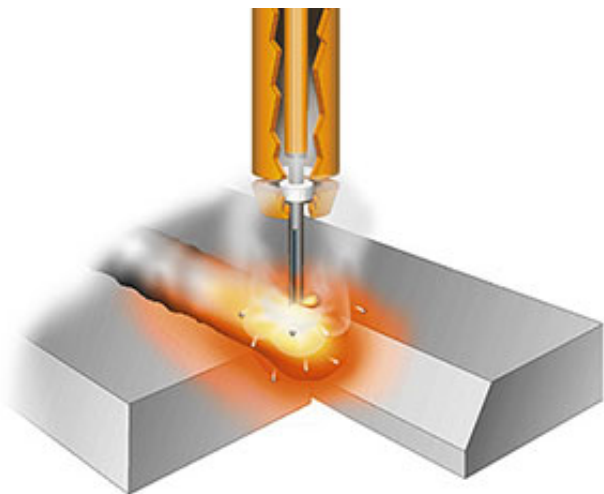


Рисунок 3: Самозащитная проволока FCAW имеет внешнюю оболочку, которая защищает сердечник из флюсообразующих веществ. Она немного похожа на вывернутый наизнанку штучный электрод.

Техника сварки зависит от рекомендаций производителя, обратитесь к нему за более подробными инструкциями. Техника также зависит от основного металла и поставленной задачи, но при этом у всех проволок есть некоторые общие свойства.

Возьмем, например, две проволоки класса E71T-8 – Innershield® NR-203MP и NR-203 Nickel (1%), в которых используется основная (некислотная) система шлакообразования. Проволоки NR-203 напоминают электроды марки E7018, за исключением более высокой производительности наплавки и, разумеется, отсутствия необходимости в смене электродов. Проволоки можно использовать в любых пространственных положениях, проводить сварку по открытому зазору и создавать соединения с очень высокой ударной вязкостью при низких температурах. Кроме того, они позволяют проводить сварку на спуск.

При сварке V-образных или угловых соединений проволокой NR-203 нужно использовать технику поперечных колебаний. Направьте проволоку на кромку лицевой поверхности шва и сделайте небольшую паузу—это обеспечит большую глубину проплавления и даст шлаку время подняться к поверхности—и затем быстро переместитесь на другую сторону шва и опять сделайте паузу. Будьте внимательны: если слишком задержитесь в центре шва, Вы можете наплавить слишком много металла и создать шов выпуклой формы, который не только ухудшит механические характеристики, но и сделает соединение более уязвимым к таким дефектам, как подрезание.

Всегда старайтесь точно сфокусировать дугу на сварочной ванне. Такое волнообразное движение—паузы у кромок шва и затем быстрое перемещение на другую сторону—позволяет металлу наплавления поступать с обеих сторон. Кроме этого, небольшая пауза у одной кромки шва позволяет застыть шлаку с другой. Если сравнивать с другими самозащитными проволоками, NR-203 образует довольно тонкий слой флюса, который может удерживать лишь

ограниченный объем металла. Поэтому производительность наплавки составляет всего 2,5-3 кг/час—больше, чем при ручной сварке, но меньше, чем у остальных самозащитных проволок,

например, NR-232 и NR-233. Эти проволоки имеют кислотную систему шлакообразования, которая очень быстро вступает в реакцию в металле наплавления и образует более тяжелый шлак, что делает возможной сварку с производительностью 3,5-4 кг/час даже в неудобных пространственных положениях.

В отличие от сварки проволокой NR-203, когда Вы следите за сварочной ванной, с NR-232 и NR-233 нужно обратить внимание на образующую позади переднего края дуги линии шлака. Вместо традиционного метода воспользуйтесь сваркой узкими валиками с небольшими колебаниями. Если линия шлака получается неровной, Вы сможете быстро сделать исправление. Например, если линия шлака с левой стороны оказалась ниже, Вы должны немного сдвинуть горелку влево, выровнять ее и затем продолжить сварку узкими валиками. При вертикальной сварке на подъем представьте, что Вы создаете "полку" с наплавленным металлом и штабелируете валики друг на друга.

Скорость штабелирования определяет скорость сварки. Если Вы будете это делать слишком быстро и расположите дугу немного выше сварочной ванны, проволока может проникнуть в пластину и даже привести к прожиганию.

Также нельзя забывать о контроле тепловложения. Для этого можно регулировать вылет электрода – такая техника сварки используется не только при сварке FCAW-S, но и любых других процессах на жесткой ВАХ. Если Вы, например, ведете вертикальную сварку на подъем, опираясь на "полку" из расплавленного металла наплавления NR-232, Вы можете почувствовать, что ванна становится слишком горячей, а дуга проникает внутрь пластины. В таком случае Вы можете немного увеличить вылет электрода – это приведет к падению силы тока и немного охладит сварочную ванну. И наоборот, если температура слишком мала и у Вас не получается обеспечить нужную глубину проплавления, вылет электрода можно немного уменьшить – это увеличит силу сварочного тока и глубину проплавления.

Гибкие, мобильные и эффективные

Процесс сварки FCAW-S завоевал большую популярность в США – стране, которая постоянно работает над улучшением инфраструктуры. Он сочетает мобильность, способность противостоять тяжелым погодным условиям, эффективность сварки проволокой и гибкость РДС. Процессом сварки самозащитной проволокой редко овладевают в начале карьеры. Тем не менее, это один из самых эффективных методов сварки.

Том Майерс – это старший технический специалист, а Фрэнк Драголич Мл. – техник компании Lincoln Electric Co., 22801 St. Clair Ave., Cleveland, OH 44117, 216-481-8100. Технические данные предоставлены компанией Lincoln Electric

Продукция