



ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОДОВ

И. Н. ВОРНОВИЦКИЙ, канд. техн. наук (ЗАО «Электродсервис», г. Москва, РФ)

Обсуждены технико-экономические и технологические показатели качества отечественных и зарубежных электродов. Выделены основные факторы, влияющие на показатели плавления электродов и их стабильность.

Ключевые слова: покрытые электроды, функциональные характеристики, сварочно-технологические свойства, показатели качества

В настоящее время в странах СНГ изготавливают электроды, большая часть которых была разработана еще в бывшем СССР. Не будем останавливаться на уровне разработки (учитывая возраст последней). При сравнении качества электродов, изготовленных на предприятиях СНГ и лучших зарубежных фирмах и предлагаемых современному потребителю, последние имеют следующие основные достоинства:

возможность сварки на постоянном и переменном токе и регулирования формы и размеров шва в зависимости от вида тока при сварке швов различного типа — угловых, стыковых в разделку и т. д.;

легкое зажигание дуги, в том числе повторное; незначительное, как правило, не более 3 %, разбрызгивание электродного металла, для отдельных марок электродов допускаются потери не более 5 %; легкая отделимость шлаковой корки (в электродах многих марок происходит самопроизвольно, даже в случае сварки швов, выполненных в разделку);

высокая технологическая маневренность при сварке, которая достигается за счет изменения диаметра электродов, регулирования физико-химических характеристик шлака, энергии взаимодействия шлака и расплавленного металла и т. д., а также узкой специализации (назначении) электродов;

пригодность электродов для сварки конструкций, работающих в широком диапазоне отрицательных температур или в условиях, когда содержание водорода в наплавленном металле должно существенно ограничиваться;

более высокая производительность плавления.

Выше перечислены основные достоинства, касающиеся функциональных характеристик зарубежных электродов, многие из которых поддаются регулированию и управлению как на стадии разработки, так и изготовления. Вопросы о качестве электродов, их виде и состоянии упаковки, здесь не рассматриваются.

Качество продукции (в нашем случае — качество электродов) — это совокупность свойств, удовлетворяющих определенным потребностям в соответствии с назначением продукции. Качество электродов в начале назначается, а затем определяется при совокупной оценке технических, эк-

сплуатационных, технологических параметров, норм надежности и долговечности, показателей качества изготовления и технико-экономической эффективности потребления электродов, в том числе их стоимости и издержек при потреблении. Показатели качества электродов определяются объективными (количественными) и органолептическими методами.

В соответствии с понятием «качество продукции» в каталогах отечественных и зарубежных фирм с некоторыми вариациями ниже приводятся основные показатели качества электродов.

Назначение электродов. Этот показатель проектируется на стадии разработки электродов в зависимости от потребительского спроса или технического задания. При этом обычно задаются марки и классы свариваемых сталей, типы сварных конструкций (листовых, трубных, котельных и др.). Условиями эксплуатации конструкций определяются химический состав и механические свойства электродного металла, а также его служебные характеристики (допускаемая температура эксплуатации, длительная прочность, жаропрочность, стойкость к межкристаллитной коррозии, ферритная фаза и т. д.).

Признаками качества в показателе «назначение электродов» являются следующие: регламентируемое положение шва при сварке; вид и полярность тока, особенно в зависимости от пространственного положения шва и конструкции сварного соединения; форма шва — выпуклость или вогнутость, особенно при сварке угловых швов; отделимость шлаковой корки, особенно при сварке в разделку; содержание водорода в наплавленном металле; одобрение (признание) электродов органами надзора разных стран с учетом уровня прочности, температуры эксплуатации и других характеристик сталей; легкость повторного зажигания дуги.

Показатели технико-экономической эффективности электродов или сварочно-технологические свойства электродов. В каталогах лучших зарубежных фирм, производителей электродов, приводятся следующие показатели качества, характеризующие технико-экономическую эффективность потребления электродов: длительность плавления электрода (определенного диаметра и известной длины при максимальном токе, вид и полярность которого известны); затраты энергии на расплавление одного электрода; производительность плавления электродов определенного диаметра; масса наплавленного металла (в килограммах) при расплавлении 1000 электродов; количество элек-

Таблица 1. Техно-экономические показатели электродов марки «Gonia» с рутиловым покрытием

Размер электрода, мм	Сварочный ток, А	Длительность плавления электрода, с*	Расход электрической мощности при плавлении электрода, кДж	Производительность проплавления при максимальном токе, кг/ч	Масса 1000 электродов, кг	Расход электродов (шт.) для получения 1 кг наплавленного металла**
Ø 3,2; 450	130...150	76	319	1,6	55,8	31
Ø 4,0; 450	170...190	89	457	1,9	76,3	22
Ø 5,0; 450	250...280	90	706	2,9	114,1	14
Ø 6,3; 450	350...375	100	1088	4,3	182,2	9

* Длина огарка электрода 35 мм.
 ** Расход электродов для получения 1 кг шва составлял 1,67 кг.

родов, необходимое для получения 1 кг наплавленного металла; расход электродов (в килограммах) на получение 1 кг наплавленного металла.

Например, в табл. 1 содержится информация об электродах марки «Gonia» с рутиловым покрытием, изготавливаемых американской фирмой «Lincoln» (данные получены при сварке на переменном токе). Информативность этих данных можно назвать безупречной и очень полезной для потребителя.

Количественные показатели качества электродов несут двойную нагрузку. Например, длительность плавления электрода и производительность этого процесса позволяют оперативно определить соответствие фактических значений нормативным требованиям, приведенным в каталоге; показатели расхода электродов на 1 кг наплавленного металла или массы электродов, получаемой при расплавлении 10...20 шт. электродов, определяют решение практической задачи выдачи определенного количества электродов сварщику для выполнения конкретного объема работ и т. д.

В то же время эти показатели необходимы потребителю для контроля их соответствия информации поставщика. Важнейшим показателем качества электродов, принятым в зарубежных фирмах, является переход металла электрода в металл шва. Для обычных электродов, не содержащих железный порошок в покрытии, этот показатель составляет не менее 95 %. Он характеризует потери электродного металла на разбрызгивание. У электродов лучших зарубежных фирм коэффициент разбрызгивания составляет не более 3 %.

К другим показателям качества изготовления электродов, оказывающим существенное влияние на функциональное и технологическое поведение электродов в процессе их плавления, относятся такие, как формирование шва, отделимость шлаковой корки и образование пор, особенно при выполнении вертикальных и потолочных швов. Сюда же относится прочность сцепления покрытия со стержнем, определяемая обычно при свободном падении электрода на гладкую стальную плиту, и глубина «втулочки» из покрытия, образующаяся при плавлении электрода. В настоящем сообщении не говорится о таком показателе, как разнотолщинность покрытия, поскольку в последние 20 лет автор статьи много писал об этом и данный вопрос достаточно хорошо освещен в литературе.

Основными количественными показателями качества технико-экономической эффективности

электродов (или, как принято в практике отечественных специалистов электродного и сварочного производства, сварочно-технологических свойств электродов) являются коэффициенты расплавления, наплавки и потерь электродного металла, производительность расплавления и наплавки, а также скорость плавления электродов. Эти показатели связаны между собой постоянными и известными зависимостями, но в то же время специалисты давно заметили, что даже в пределах одной партии указанные показатели характеризуются некоторой, иногда значительной нестабильностью. При анализе этого явления был сделан вывод, что причины нестабильности во многих случаях связаны с технологией изготовления электродов. Если это положение справедливо, то изготовитель приобретает инструмент управления, регулирования и стабилизации качества электродов.

Выделим из группы основных показателей качества изготовления электродов коэффициенты расплавления и наплавки, а также разбрызгивания, как наиболее репрезентативные.

В ходе опытов была установлена зависимость нестабильности показателей расплавления (α_p , α_n и ψ) от длины обмазочной камеры в головке электрообмазочного пресса, т. е. зазора между торцом свечи и фильеры. Указанные в табл. 2 значения показателей плавления были получены для электродов УОНИ-13/55 диаметром 4 мм.

Приведенные данные свидетельствуют о значительной нестабильности показателей плавления электродов, изготовленных в обмазочной камере большой длины; особенно заметно проявляется влияние длины камеры на коэффициент разбрызгивания. Так, при опрессовке в камере длиной 3,5...4,5 мм разбрызгивание составляет 4,0...32,5 % (при среднем значении 15,6 %), а при опрессовке в камере длиной 2,0...3,0 мм этот показатель равен 1...5 % (в среднем 3 %), что соответствует требованиям, сфор-

Таблица 2. Влияние длины обмазочной камеры на показатели расплавления

Длина обмазочной камеры, мм	α_p , г/(А·ч)	α_n , г/(А·ч)	ψ , %
3,5...4,5	7,7...10,0 (8,5)	6,2...7,8 (7,1)	4,0...32,5 (15,6)
2,0...3,0	8,9...9,6 (9,3)	8,5...9,4 (9,0)	1,0...5,0 (3,1)

Примечания. 1. α_p — коэффициент расплавления; α_n — коэффициент наплавки; ψ — потери при расплавлении. 2. В скобках приведены средние значения показателей.



мировавшимся практикой лучших зарубежных фирм.

Изложенная тенденция влияния длины обмазочной камеры на показатели плавления подтвердилась при изготовлении электродов в прессах различной конструкции.

На основании литературных данных, результатов опытов и анализа информации зарубежных фирм можно сделать вывод, что основными параметрами влияния на показатели плавления электродов, и особенно их стабильность и потери электродного металла, являются следующие:

конструкция головки пресса, особенно обмазочной камеры и сопряженного с ней объема, взаимодействие которых при работе пресса должно обеспечить порядок истечения обмазочной массы с некоторыми устойчивыми технологическими свойствами;

зерновой состав материалов электродных покрытий;

тщательное выполнение операций сушки – прокалки электродов.

Однако можно утверждать, что основным параметром стабилизации показателей плавления электродов при прочих равных условиях является конструкция головки пресса. Например, поверхность головки пресса фирмы ESAB, прилегающая к обмазочной камере, имеет множество неглубоких спиралевидных каналов, направляющих обмазочную массу в объем обмазочной камеры строго и по определенной траектории. В прессах фирмы «Эрликон» в зонах, прилегающих к обмазочной камере, в результате их постепенного сужения происходит гомогенизация консистенции обмазочной массы, что обеспечивает стабильное обволакивание стержней массой. В других прессах конструкция головки ограничивает длительность присутствия обмазочной массы и полного выдавливания в обмазочную камеру и обволакивания стержня за счет формы и объема зоны, прилегающей к обмазочной камере.

Неупорядоченное и нестабильное истечение обмазочной массы, в частности при встрече со стержнем в обмазочной камере, обуславливает нестабильность термодинамической активности взаимодействующих материалов — покрытия и стержня — в течение всего процесса плавления электрода, а также расплавленного металла и шлака в сварочной ванне. Именно нестабильностью термодинамической активности покрытия и стержня можно объяснить причины разбрызгивания электродного металла при сварке электродами одной партии или десятка одновременно изготовленных электродов, взятых из одной упаковки. Поэтому основным кри-

терием качества электродов следует признать коэффициент разбрызгивания, который должен составлять в среднем не более 3 %, но никак не более 5 %.

Два других показателя качества электродов — прочность сцепления покрытия со стержнем и глубина втулки из покрытия в процессе плавления электродов — также поддаются регулированию при изготовлении электродов. Так, при опрессовке электродов с производительностью 300...400 шт./мин скорость перемещения стержней (при их длине, например, 450 мм) равна 2000...3000 мм/с. Таким образом, в обмазочной камере длиной 2...3 мм длительность взаимодействия обмазочной массы со стержнем составляет 0,001...0,0015 с. Можно утверждать, что именно длительность взаимодействия этой массы со стержнем в камере следует рассматривать как основной параметр процесса опрессовки. Главная функция камеры — доставить к стержню обмазочную массу, предварительно структурированную и гомогенизованную в объемах головки пресса, из которых она нагнетается в обмазочную камеру. Если конструкция головки не обеспечивает надежной гомогенизации обмазочной массы или конкретная партия этой массы не поддается гомогенизации по ряду причин (неудовлетворительное перемешивание, ошибочный выбор жидкого стекла и др.), то сам процесс обволакивания стержня такой массой в течение тысячной доли секунды не изменит ее качество и свойства.

Наблюдения показали, что неудовлетворительное сцепление обмазочной массы (покрытия) со стержнем проявляется, в частности, при сбрасывании электродов на стальную плиту. При этом покрытие разрушается на одном конце электрода или на обоих его концах. Причин для появления такого дефекта может быть несколько: неполная гомогенизация массы, несогласованная подача обмазочной массы и стержней в головку пресса, неоптимальное количество жидкого стекла и др. В условиях любого производства эти причины можно устранить, если их выявить в ходе методически организованных опытов. Если покрытие разрушается и в средней части электрода, то это свидетельствует о более сложных нарушениях в технологическом процессе. Эти же причины часто вызывают нестабильное формирование втулки из покрытия при плавлении электрода.

Следует отметить, что в условиях любого электродного производства реально получение информации, статистическая обработка которой позволит найти пути регулирования сварочно-технологических свойств электродов.

Technical-economic and technological indicators of quality of domestic and foreign electrodes are considered. Basic factors affecting behaviour of the electrodes in melting and their stability are highlighted.

Поступила в редакцию 19.08.2002