

УДК 621. 791.75

Власов А. Ф., Пресняков В. А., Куций А. М.

## ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ НА НОВОМ СВЯЗУЮЩЕМ ДЛЯ НАПЛАВКИ УГЛЕРОДИСТЫХ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

В наше время вместе с повышенным объемом применения автоматической сварки ручная дуговая сварка занимает (из-за своей простоты и универсальности) значительный объем (по трудоемкости) выпускаемой продукции и составляет на некоторых предприятиях до 50% объема сварочных работ. Повышенный объем применения низко- и среднеуглеродистых сталей при изготовлении металлоконструкций, для сварки которых применяются в основном электроды с фтористо-кальциевым покрытием (например, УОНИ-13/55, УОНИ-13/45 и др.). Эти электроды обеспечивают получение повышенных механических свойств металла шва и сварного соединения и значительно снижают содержание газов в наплавленном металле. Однако вместе с положительными качествами электроды этого типа имеют и некоторые недостатки: сложность изготовления на прессах среднего и повышенного давления, выделение вредных фтористых соединений во время сварки из-за наличия в покрытии значительного количества  $CaF_2$  (в некоторых марках электродов до 25 %). При изготовлении возникает ряд технологических трудностей, связанных в основном с недостаточной пластичностью обмазочных масс, а также взаимодействием составляющих покрытия в процессе сушки [1].

Повышение производительности процессов и изыскание новых видов сырья для их изготовления является одной из главных задач, состоящих перед разработчиками сварочных и наплавочных материалов. Одним из направлений решения данной задачи является использование эффекта экзотермических реакций путём введения в состав используемых материалов экзотермических смесей в виде соответствующих окислителей (окалины, гематита, марганцевой руды и др.) и раскислителей (ферротитана, ферросилиция, алюминиевого порошка и др.), при нагреве и плавлении которых протекает экзотермический процесс. При недостаточном для образования экзотермической смеси в покрытии электродов количестве окислов железа и элементов-раскислителей экзотермический процесс протекает на стадии формирования и переноса капли [2].

Целью данной работы является разработка высокопроизводительных электродов с применением нового связующего для наплавки углеродистых легированных сталей.

Основной составляющей экзотермических смесей, применяемых в сварочном и металлургическом производстве, является окалина, которая обычно составляет 70–80 массовых процентов экзотермической смеси и от её физико-химических свойств зависит, в конечном счете, качество металла шва или наплавленного металла. В связи с наличием в окалине оксидов железа с различными физико-химическими свойствами целесообразно определение наиболее благоприятного состава окалины с точки зрения применимости её в сварочных материалах. На машиностроительных и металлургических заводах окалина является отходом кузнечно-прессового и прокатного производства. Окалина кузнечно-прессового производства состоит из смеси 3-х оксидов железа, соотношение между которыми зависит в основном от условий её получения: от технологического процессаковки, марки проковываемой стали, температуры и времени образования [3, 4].

Легирующие элементы: никель, хром, кремний, молибден, вольфрам сосредоточиваются в 3-м слое окалины, примыкающему к неокисленному железу и повышают устойчивость стали против окисления при высоких температурах. Примеси Cr, W, Mn и Si содержатся в окалине в виде оксидов, никель – в металлическом состоянии, а количество образующейся окалины уменьшается с увеличением содержания углерода в стали из-за её обезуглероживания и установления у поверхности восстановительной атмосферы, препятствующей образованию оксидов железа.

Исследования показали, что для изготовления электродов для сварки и наплавки с экзотермической смесью в покрытии может быть использована окалина от любой проковываемой низколегированной конструкционной стали, прошедшая через сито с 567 отв/см<sup>2</sup> и оставшаяся на сите с 3460 отв/см<sup>2</sup> без дополнительной проковки.

Экспериментально было установлено [1], что при изменении содержания в покрытии электродов экзотермической смеси, состоящей из окалины и алюминиевого порошка, от 35 до 64 % прирост температуры составил 1280 °С и является достаточным для полного расплавления ферросплавов.

Введение в покрытие электродов экзотермической смеси при одном и том же коэффициенте массы покрытия увеличивает количество расплавляемого стержня (от 14,0 до 19,0 г) и покрытия (от 8,5 до 11,4 г) в основном за счёт теплоты, выделяющейся при протекании экзотермической реакции, и снижения затрат теплоты на плавление покрытия из-за соответствующего уменьшения содержания газшлакообразующей части покрытия и увеличения металлической составляющей.

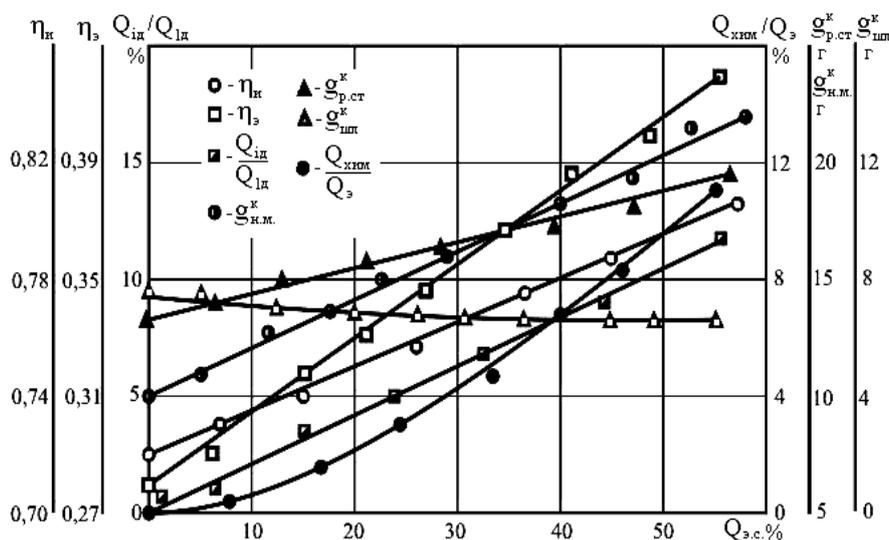


Рис. 1. Влияние количества экзотермической смеси в покрытии электродов ( $Q_{э.с.}$ ) на тепловые и другие характеристики их плавления

Введение в состав покрытия электродов экзотермической смеси до 53,4 % изменяет эффективный КПД нагрева образца (от 0,71 до 0,815) и электрода (от 0,28 до 0,415); при этом, изменение носит прямо пропорциональный характер. С изменением толщины покрытия электродов от 0,5 до 2,6 мм (рис. 2): повышается содержание экзотермической смеси; увеличивается количество теплоты ( $Q_{хим} / Q_э$  от 8 до 17 %) и восстановленного железа при протекании экзотермической реакции; количество наплавленного металла и шлака на основном металле при калориметрировании повысилось соответственно с 17,5 до 21,0 и от 2,0 до 13,0 г, что привело к изменению  $\eta_u$  от 0,74 до 0,84; пропорциональное повышение  $\eta_э$  от 0,31 до 0,47, несмотря на снижение их скорости плавления, происходит из-за увеличения тепловой мощности дуги и удельных затрат теплоты на плавление электрода.

Электроды с повышенной толщиной покрытия с экзотермической смесью наиболее эффективно могут быть использованы при наплавочных работах, при выполнении которых необходим предварительный и сопутствующий подогрев и замедленное охлаждение.

В сварочной практике неоднократно делались попытки разработать малоокислительные покрытия и флюсы. Все электродные покрытия при этом использовали жидкое стекло, причем, окислительная способность покрытия варьировалась, главным образом, плотностью жидкого стекла и количеством вводимого в них мрамора, являющегося источником кислорода. Замена мрамора другим шлакообразующим компонентом не представляет затруднений, но

заменить стекло другим связующим гораздо труднее. Дело в том, что в силу ряда преимуществ, натриевый и калиевый силикаты (жидкое стекло) считаются почти единственным связующим материалом, применяемым в процессе производства электродов.

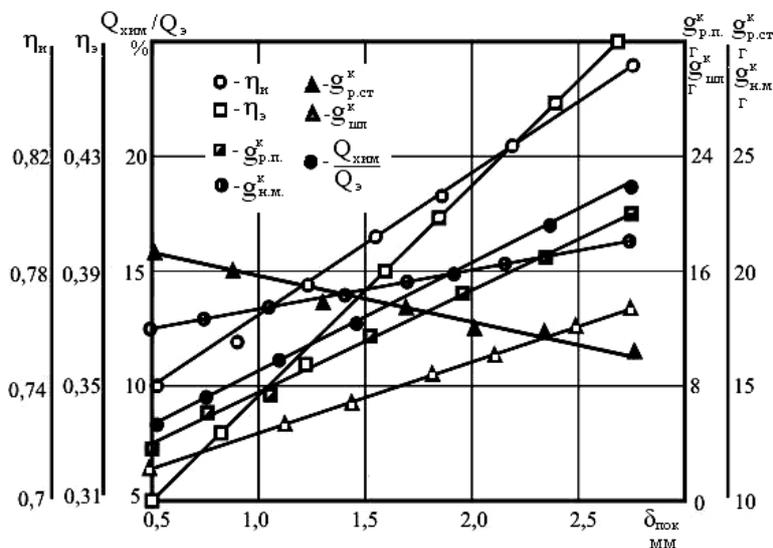


Рис. 2. Влияние толщины покрытия электродов ( $\delta_{пок}$ ) на технологические характеристики их плавления

Кроме жидкого стекла, при производстве электродов иногда применяются другие связующие – органического и неорганического происхождения. К первым относятся: декатрин, крахмал, различные модификации целлюлозы, бакелитовые лаки и др. Но связующие этой группы имеют некоторые общие недостатки:

1) выгорание связующего при температуре прокалики электродов, связанное с образованием обуглившихся органических веществ, вызывает повышенное содержание углерода в наплавленном металле;

2) водород органических веществ повышает содержание газов в сварочной ванне и может привести к появлению пор.

В связи с выгоранием при прокаливании связующего, снижается также механическая прочность сцепления покрытия с электродным стержнем.

К связующим неорганического происхождения можно отнести хлористые соли натрия и калия, алюминат натрия и др. Следует отметить, что хлористые соли характеризуются низкой прочностью сцепления покрытия со стержнем электрода.

Как показывают исследования и практика изготовления электродов, алюминат натрия обладает удовлетворительными связующими свойствами и его можно использовать вместо жидкого стекла. Однако и в этом случае наблюдается недостаточная механическая прочность покрытия. Кроме того, покрытие с алюминатом натрия является гигроскопичным и способно со временем поглощать влагу из атмосферы, что приводит к снижению его прочности.

Использование алюминатов при изготовлении электродов УОНИ, АНО, а также электродов, содержащих в покрытии железный порошок или окалину, обуславливает неудовлетворительные пластические свойства обмазочной массы. Так, замена жидкого натрового стекла на алюминат натрия, при изготовлении электродов с окалиной в покрытии приводит к тому, что давление при опрессовке возрастает, в головке пресса после опрессовки остается до 70 % обмазочной массы. Прочность покрытия после прокалики незначительна, наблюдается осыпание покрытий после транспортировки электродов [5, 6].

Однако, при изготовлении электродов, содержащих в покрытии окалину, использование указанного связующего ухудшает процесс их изготовления в сравнении со случаем использования жидкого стекла.

Для устранения указанных недостатков процесса изготовления электродов с окалиной в покрытии в данной работе в состав последнего вводится хлормagneзиальный цемент, который может применяться как самостоятельное связующее электродных покрытий. Процесс затвердевания масс с указанным цементом происходит благодаря образованию разветвленных оксихлоридных связей, упрочняющих структуру. В отличие от других известных цементов, хлормagneзиальный сохраняет прочность до температуры 1500 °С.

В шихту добавляется окись магния, сухая смесь перемешивается в смесителе и после введения связующего затворяется раствором  $MgCl_2$ . При добавлении раствора  $MgCl_2$ , имеющего кислую реакцию, часть связующего коагулирует, приводя к образованию некоторого количества свободной щелочи, способной вступать в экзотермическую реакцию с ферросплавами шихты. Так, использование 6,5 %  $MgO$  к весу шихты при изготовлении электродов с окалиной в покрытиях приводит, при сохранении определенного соотношения между окисью магния, двуххлористым магнием и водой, к возникновению экзотермической реакции между связующим и ферромарганцем шихты после 30–40 минут после затворения. Благодаря протеканию реакции, длящейся 10–12 минут, покрытие разогревается до 80–90 °С и затвердевает. Электроды, помещенные в нагретую до 300 °С печь сразу же после окончания указанной реакции, подвергаются прокаливанию при упомянутой температуре в течение 1 часа.

Учитывая малую окислительную способность нового связующего, в состав покрытия электродов вводилось уменьшенное отношения окислы к алюминиевому порошку и повышенное содержания ферросплавов в покрытиях электродов.

Однако, при этом, возникли сложности при изготовлении электродов из-за протекания реакций между компонентами обмазки в процессе ее изготовления. Во избежание вспухания покрытия, пришлось ввести дополнительное количество хромпика и принять другие меры, что, привело к ожидаемому результату.

## ВЫВОДЫ

Эффективным способом повышения производительности ручной дуговой сварки и наплавки является введение в состав покрытия электродов экзотермической смеси (окалины, ферросплавов и алюминиевого порошка в количествах, достаточных для её образования).

Для изготовления электродов для наплавки в качестве компонента экзотермической смеси целесообразно использование окислы от легированных сталей, являющейся отходом кузнечно-прессового производства.

Электроды с экзотермической смесью в покрытиях для наплавки обеспечивают повышение производительности ручной дуговой наплавки по сравнению с существующими электродами аналогичного назначения в 1,3 ... 1,7 раза.

Доказано, что при изготовлении электродов с использованием алюмината натрия в качестве связующего, полученного при добавлении хлормagneзиального цемента, обеспечиваются удовлетворительные условия изготовления покрытий и требуемые механические свойства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенко В. М. Показатели плавления сварочных электродов с экзотермической смесью в покрытиях / В. М. Карпенко, А. Ф. Власов, Г. Б. Билык // Сварочное производство. – 1980. – № 9. – С. 23–25.
2. Иоффе И. С. Влияние титанотермитной смеси, входящей в электродное покрытие, на повышение производительности сварки / И. С. Иоффе [и др.] // Сварочное производство. – 1980. – № 3. – С. 26–28.
3. Зареченский А. В. Особенности плавления порошковых лент с термитными смесями / А. В. Зареченский [и др.] // Сварочное производство. – 1985. – № 8. – С. 39–41.
4. Чигарев В. В. Особенности плавления порошковых лент с экзотермическими смесями в наполнителе / В. В. Чигарев, Д. А. Зареченский, А. Г. Белик // Автоматическая сварка. – 2007. – № 2. – С. 53–55.
5. Сулима В. В. Обеспечение стабильного уровня качества сварочных электродов / В. В. Сулима, М. И. Кучерова // Автоматическая сварка. – 2002. – № 11. – С. 38–41.
6. Марченко А. Е. Проблемы качества жидкого стекла в производстве сварочных электродов / А. Е. Марченко, Н. В. Скорина // Сварщик. – 2003. – № 3. – С. 31–33.