

УДК 621. 791.G21.73

Власов А. Ф. , Куций А. М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ЭКЗОТЕРМИЧЕСКОЙ СМЕСЬЮ В ПОКРЫТИИ

Применяемые в настоящее время в промышленности электроды для наплавки характеризуются низкой производительностью (коэффициент наплавки не превышает 8,5–9,5 г/А·ч). Повышение производительности ручной дуговой наплавки и изыскание новых видов сырья для их изготовления является одной из главных задач, стоящих перед разработчиками наплавочных материалов.

Одним из основных путей увеличения производительности ручной дуговой наплавки является введение в состав покрытия электродов железного порошка. При содержании в электродах железного порошка в пределах значений 15–25 % улучшаются их сварочно-технологические свойства без существенного изменения коэффициента наплавки. Наибольшая производительность достигается при содержании в покрытии электродов 60–70 % железного порошка при коэффициенте массы покрытия в пределах 100–200 %. Однако удельный вес применяемых в нашей стране «высокопроизводительных» электродов (вследствие необходимости использования в этом случае источников питания с напряжением холостого хода величиной 80 В, дефицитности железного порошка, сложности обеспечения качественного их изготовления в поточных линиях «электродный пресс – конвейерная прокаточная печь» очень мал. Дальнейший рост производства прогрессивных марок электродов также ограничивается дефицитом (как на мировом рынке, так и в нашей стране) ряда сырьевых материалов, таких как железный порошок, рутиловый концентрат и др.

Целью данной работы является исследование влияния количества экзотермической смеси и толщины покрытия электродов на производительность их расплавления.

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 выплавляемого металла. Исследования [1, 2] показали, что окалина, являющаяся отходом кузнечно-прессового производства на машиностроительных заводах, содержит: 58–63% FeO, 31–36% (Fe₂O₃+Fe₃O₄) и позволяет эффективно использовать эффекты экзотермических реакций.

Легирующие элементы: никель, хром, кремний, молибден, вольфрам сосредотачиваются в 3-м слое окалины, примыкающему к неокисленному железу и могут переходить в наплавленный металл в неокисленном виде. Примеси Cr, W, Mn и Si содержатся в окалине в виде оксидов, никель – в металлическом состоянии. Следовательно, наиболее перспективно использование окалины из легированных сталей в покрытиях электродов для выполнения наплавочных работ.

Тепловой эффект от 1 г экзотерической смеси (алюминия и закиси железа) составит:

$$q^{Al} = \frac{881000}{269,51} = 3268 \text{ Дж/г}, \quad (4)$$

где 269,51 – сумма молекулярных масс исходных веществ, г.

Рассчитанные аналогичным образом тепловые эффекты на 1 г экзотермической смеси для реакций титана, кремния и марганца с закисью железа составят:

$$q^{Ti} = 2171,1 \text{ Дж/г}, \quad q^{Si} = 2224,7 \text{ Дж/г}, \quad q^{Mn} = 950,8 \text{ Дж/г} \quad (5)$$

Следовательно, с целью повышения скорости плавления (производительности) электродов более эффективным является введение в состав покрытия электродов экзотермической смеси в виде окалины и алюминиевого порошка. Однако, при необходимости, интен-

сивность протекания экзотермической реакции можно регулировать за счёт введения в покрытие электродов соответствующих количеств более слабых элементов-раскислителей.

Проведенными исследованиями [2] установлено, что при изменении содержания в покрытии электродов экзотермической смеси, состоящей из окалины и алюминиевого порошка, от 35 до 64% прирост температуры составил 1280°C и является достаточным для полного расплавления ферросплавов.

Однако до настоящего времени данные о влиянии экзотермической смеси на показатели плавления электродов и распределение тепла, выделяемого при экзотермической реакции, проходящей между электродом и изделием, ограничены [3, 4].

Скорость или производительность плавления электрода, оцениваемая в основном изменением длины или массы расплавленного стержня электрода в единицу времени, является важной характеристикой сварочного процесса и зависит от многих факторов, главными из которых являются: сила сварочного тока, состав покрытия, род и полярность тока.

При введении в покрытие электродов экзотермической смеси выделяется дополнительное количество тепла за счет химической реакции между оксидами железа и элементами-раскислителями. Наибольшее количество тепла выделяется при взаимодействии алюминия с закисью железа, а наименьшее – при взаимодействии марганца с закисью железа.

Для исследований влияния количества экзотермической смеси на технологические характеристики плавления электродов изготавливались электроды с диаметром стержня 5,0 мм и коэффициентом массы покрытия 0,6. Расплавление электродов выполнялось при одинаковых значениях силы (290 А) и плотности ($24,8 \text{ А/мм}^2$) сварочного тока и напряжении холостого хода источника питания 60 В [5–7].

Технологические характеристики плавления электродов $\alpha_n, \alpha_{p.cm}, V_{пл}, V_{пок}$ рассчитывались по нижеприведенным формулам:

$$\alpha_{p.cm} = \frac{G_{cm} \cdot 3600}{I_n \cdot t}, \quad (6)$$

где $\alpha_{p.cm}$ – коэффициент расплавления электрода, г/А·ч;

G_{cm} – масса расплавленного электродного стержня, г;

I_n – величина тока наплавки, А;

t – время горения электрода, с.

$$V_{пл} = L_э / t, \quad (7)$$

где $V_{пл}$ – линейная скорость плавления электрода, мм/с;

$L_э$ – длина расплавившегося электрода, мм.

$$V_{пок} = G_{p.пок} / t, \quad (8)$$

где $V_{пок}$ – массовая скорость плавления покрытия электрода, г/с;

$G_{p.пок}$ – масса расплавленного покрытия, г.

$$\alpha_n = \frac{G_{n.m} \cdot 3600}{I_n \cdot t}, \quad (9)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч;

$G_{n.m}$ – масса наплавленного металла, г.

Рассчитанные по приведенным формулам (1–4) показатели плавления электродов в зависимости от количества экзотермической смеси в покрытии (рис. 1) показывают, что введение в электродные покрытия экзотермической смеси до 53,4 % приводит к увеличению коэффициентов: расплавления стержня ($\alpha_{p.cm} = 8,7\text{--}11,4 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$), наплавки ($\alpha_n = 8,0\text{--}12,5 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$), скорости плавления электродов (17–23 мм/ч) и расплавления покрытия электродов (0,4–0,6 г/с).

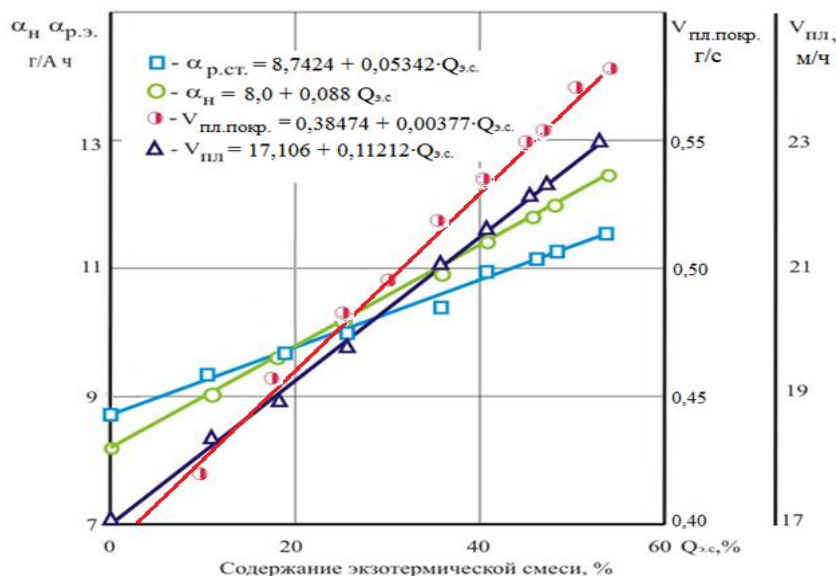


Рис. 1. Показатели плавления электродов в зависимости от количества в покрытии экзотермической смеси $Q_{э.с}$

Для определения влияния толщины покрытия электродов с экзотермической смесью на технологические характеристики их плавления изготавливались электроды с диаметром стержня 5,0 мм и толщиной покрытия 0,5...2,6 мм, что соответствовало изменению коэффициента массы покрытия от 0,17 до 1,14. Количество экзотермической смеси в исследуемых электродах составляло 44,4 % от массы покрытия.

Повышение толщины покрытия электродов (рис. 2) приводит к увеличению количества экзотермической смеси (3,9–27,4 г), восстановленного железа (0,05–0,28 г/с), коэффициентов наплавки ($\alpha_{н} = 10,4–13,4$ г/А·ч), к снижению коэффициентов расплавляемого стержня ($\alpha_{р.ст} = 12,8–10,5$ г/А·ч).

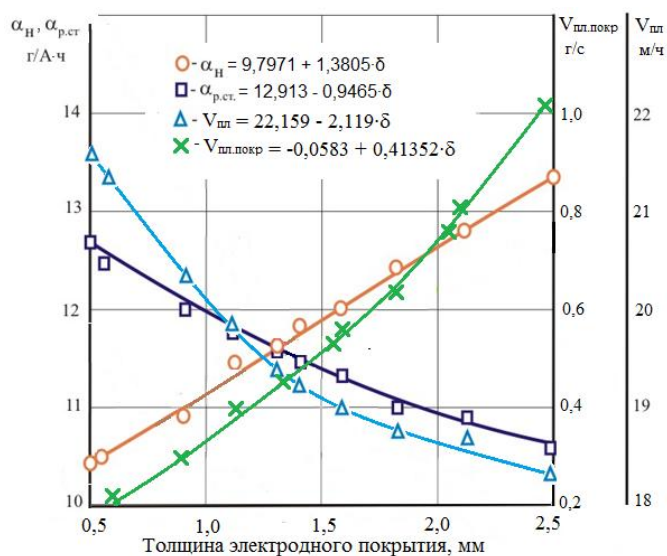


Рис. 2. Показатели плавления электродов в зависимости

Несмотря на снижение количества расплавляемого стержня, с увеличением толщины покрытия электродов, количество наплавленного металла увеличивается, что возможно только при условии интенсивного восстановления железа из его оксида. Уменьшение же $\alpha_{р.ст.}$ с увеличением толщины покрытия говорит о том, что теплота, образующаяся при про-

текании экзотермической реакции, расходуется в основном на плавление покрытия, увеличивая его массовую скорость плавления (0,18–1,03 г/с). Кроме того, часть тепла покрытию передается от стержня, вследствие чего снижается нагрев стержня и его скорость плавления. В связи с тем, что во всех исследованных составах электродов процентное содержание экзотермической смеси было одинаково, а изменялось её только массовое количество, то происходило лишь увеличение восстанавливаемого железа из его оксидов и повышение производительности расплавления покрытия электродов.

Из приведенного следует, что электроды с экзотермической смесью в покрытии наиболее целесообразно использовать при наплавке. Коэффициент наплавки электродов, содержащих в покрытии 44,4% экзотермической смеси составляет 11,8–12,5 г/А·ч; скорость плавления – 21,5–25 м/ч; оптимальная сила сварочного тока, из-за повышенной скорости плавления и отсутствия перегрева в процессе наплавки, для электродов диаметром 5,0мм составляет 280–300 А.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально установлено, что введение в покрытие электродов экзотермической смеси до 53,4% приводит к увеличению коэффициентов: расплавления стержня ($\alpha_{p,ст} = 8,7\text{--}11,4$ г/А·ч), наплавки ($\alpha_n = 8,0\text{--}12,5$ г/А·ч), скорости плавления электродов (17–23 м/ч) и расплавления покрытия электродов (0,4–0,6 г/с).

2. Экспериментально установлено, что повышение толщины покрытия электродов, содержащих 44,4% экзотермической смеси, от 0,5 до 2,6 мм (изменение K_n от 0,17 до 1,14) приводит: к увеличению количества экзотермической смеси (3,9–27,4 г) и коэффициента наплавки (10,4–13,4 г/А·ч), к снижению значения коэффициента расплавления стержня (12,8–10,5 г/А·ч), увеличению массовой скорости плавления покрытия (0,18–1,03 г/с).

3. Введение в покрытие электродов экзотермической смеси повышает скорость расплавления электродов за счет: тепла, выделяющегося при протекании экзотермической реакции (0–11,5 %); снижения затрат на плавление газшлакообразующей части покрытия и улучшения технологических характеристик дуги.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физико-химические свойства окалины как компонента экзотермической смеси в сварочных материалах / А. Ф. Власов [и др.] // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. Збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2006. – №3(5). – С.158–163.
2. Власов А.Ф. Экспериментальное определение экзотермического процесса, протекающего при нагреве и плавлении электродов / А.Ф. Власов, В.М. Карпенко, А.И. Лещенко // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. Збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2006. – №2(4). – С. 65–68.
3. Иоффе И. С. Влияние титанотермитной смеси, входящей в электродное покрытие, на повышение производительности сварки / И. С. Иоффе, О. М. Кузнецов, В. М. Питерский // Сварочное производство. – 1980. – № 3. – С. 26–28.
- 4 Карпенко В. М. Показатели плавления сварочных электродов с экзотермической смесью в покрытии / В. М. Карпенко, А. Ф. Власов, Г. Б. Билык // Сварочное производство. – 1980. – № 9. – С.23–25.
5. Власов А. Ф. Нагрев и плавление электродов с экзотермической смесью в покрытии / А.Ф. Власов, Н. А. Макаренко, А.М. Куций // Автоматическая сварка. – Киев, 2014. – №6–7. – С.151–154.
6. Власов А. Ф. Нагрев и плавление электродов при наличии экзотермической смеси в покрытии / А. Ф. Власов, Н. А. Макаренко. – Сборник научных трудов НУК. – Николаев, 2014. – С.84–88.
7. Власов А. Ф. Технологические характеристики электродов с экзотермической смесью в покрытии для наплавки инструментальных сталей / А.Ф. Власов, А. М. Куций // Сварочное производство. – 2011. – №4. – С.10–15.