

дозволить підвищити продуктивність процесу наплавлення та зменшити глибину проплавлення до 30%, що дозволить зменшити витрати на наплавні матеріали.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рыжов Р.Н. Внешние электромагнитные воздействия в процессах дуговой сварки и наплавке (обзор) / Р.Н.Рыжов, В.Д.Кузнецов // Автоматическая сварка. – 2006. – № 10. – С.36-44.
2. Размышляев А.Д. Влияние продольного магнитного поля на производительность расплавления проволоки при электродуговой наплавке под флюсом / А.Д.Размышляев, А.А.Дели, М.В.Миронова // Автоматическая сварка. – 2007. – № 6. – С.31-35.
3. Носов Д.Г. К вопросу о повышении производительности дуговой наплавки посредством внешнего электромагнитного воздействия / Д.Г.Носов, Л.Алехина // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: VII Всероссийская науч.-практ. конф. с международным участием, 26-29 мая 2009 г.: сб. трудов. – Юрга, 2009. – С.21-25.
4. Рыжов Р.Н. Применение комбинированных электромагнитных воздействий для улучшения качества швов при сварке / Рыжов Р.Н. // Автоматическая сварка. – 2005 – №7. – С.159-161.
5. Измельчение структуры металла шва при сварке дугой, колеблющейся в поперечном магнитном поле / А.М.Болдырев, Ю.С.Ткаченко, Н.П.Толоконников [и др.] // Автоматическая сварка. – 1975. – № 7. – С.70-71.
6. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / Спиридонов А.А. – М.: Машиностроение, 1981. – 184с.

Надійшла до редколегії 30.11.2012.

УДК 621.791

ЧИНАХОВ Д.А., к.т.н., доцент
ЗУЕВ А.В., аспирант

Юргинский технологический институт
Национального исследовательского Томского политехнического университета
г. Юрга, Россия

ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СТРУИ ЗАЩИТНОГО ГАЗА НА ПЕРЕНОС КАПЕЛЬ ПРИ СВАРКЕ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ

Введение. Сварочные процессы быстро протекают по сложным физико-химическим законам при высокой температуре. Совокупность различных факторов и явлений определяет качество сварных соединений. Особенно сильно это влияние сказывается при сварке сталей, склонных к закалке. Формирование структуры и фазового состояния металла зависит от его химического состава и условий теплового воздействия, зависящих при прочих равных условиях от режима и условий сварки [1-12]. Основная роль при формировании свойств сварных соединений отводится процессам, протекающим в капле расплавленного электродного металла и в металле сварочной ванны [1, 2, 3, 13].

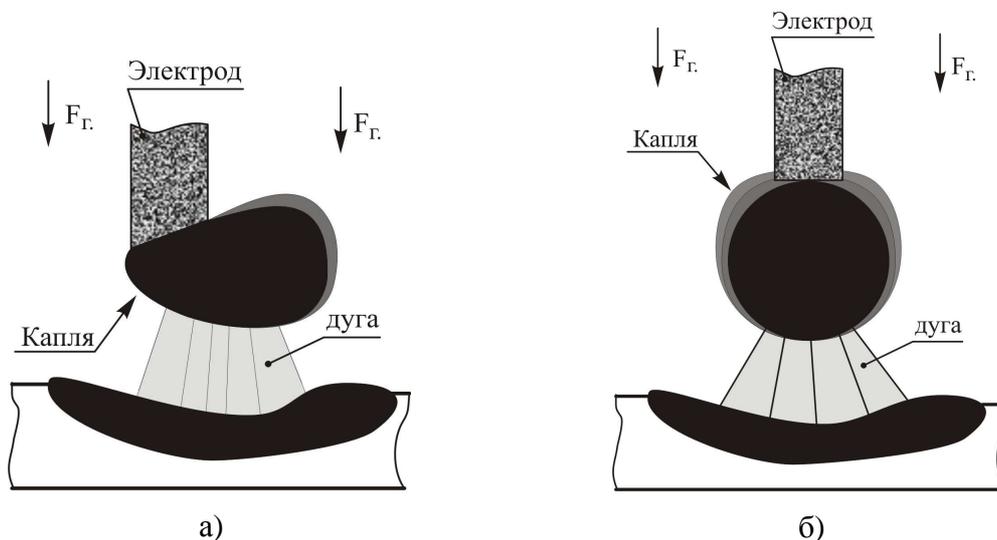
Постановка задачи. Перенос электродного металла зависит от различных факторов в зоне варки. Известно [1, 3, 11], что при сварке в защитных газах с традиционной одноструйной защитой на каплю электродного металла действуют следующие ос-

новные силы: сила давления потоков плазмы дуги, сила поверхностного натяжения, реактивная сила испаряющегося металла и выделения газа, сила тяжести, электродинамическая сила. Составляющие этих сил зависят от условий, в которых горит дуга, материала электродов, напряжения дуги, силы сварочного тока, скорости движения сварочной проволоки и капли. Большинство сил связано с размером капли электродного металла и местом расположения капли относительно сварочной ванны. Эти силы, в зависимости от их направления, либо препятствуют переносу электродного металла, либо способствуют ему.

При сварке плавящимся электродом в струйной газовой защите при определенных условиях, кроме основных сил, на каплю электродного металла существенное влияние оказывает сила действия струи защитного газа [2, 11, 12], которая зависит от способа и состава газовой защиты зоны сварки. Значительное влияние этой силы отмечено при двухструйной газовой защите в CO_2 [12].

Поэтому задачей работы является исследование газодинамического воздействия струи защитного газа на перенос капель при сварке плавящимся электродом.

Результаты работы. Сила действия струи защитного газа F_g направлена вдоль электрода к свариваемому изделию и способствует позиционированию капли вдоль оси электрода (рис.1, 2).



а) традиционная одноструйная газовая защита; б) двухструйная газовая защита

Рисунок 1 – Сила действия струи защитного газа на каплю

Для составления описания силы действия струи защитного газа на каплю электродного металла примем допущение, что давление на каплю равно давлению на срезе сварочного сопла.

Давление газа на срезе сопла рассчитали по формуле [14]:

$$P = \frac{bV^2}{2} P = \frac{bV^2}{2}, \quad (1)$$

где b – плотность газа, кг/м^3 , V – скорость истечения, м/с .

Скорость истечения рассчитали по формуле:

$$V = G/S, \quad (2)$$

где G – расход защитного газа, $\text{м}^3/\text{с}$; S – площадь сечения сопла, м^2 .

Силу действия струи защитного газа на каплю электродного металла определяли по формуле [12]:

$$F_{\Gamma} = P c_x 2\pi r_k \sqrt{r_k^2 - r_3^2}, \quad (3)$$

где P – давление защитного газа на поверхность капли в нормальных условиях, Па; r_k – радиус капли, м; r_3 – радиус сварочной проволоки, м; $c_x = 0,48$ – аэродинамический коэффициент сопротивления шара.

По предложенной методике определения силы действия струи защитного газа на каплю электродного металла провели сравнительный расчет для традиционной одноструйной и разработанной двухструйной защиты. Защитный газ – CO_2 , плотность газа $\rho = 1,97 \text{ кг/м}^3$, расход газа $Q = 20 \text{ л/мин}$, диаметр электродной проволоки 1,2 мм (Св-08Г2С), диаметр капли 3 мм (сварочный ток 200 А, напряжение 27 В) [2]; взятые из литературных источников данные размера капли подтверждаются результатами анализа кадров скоростной видеосъемки собственных экспериментальных исследований (рис.2).



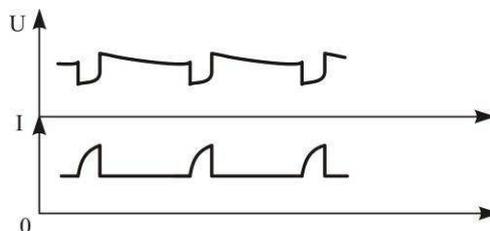
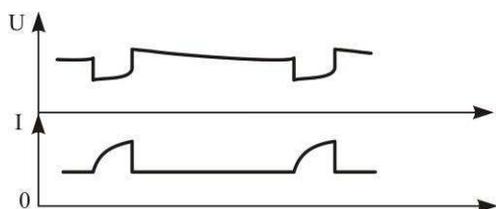
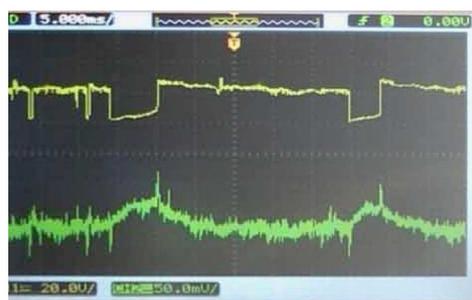
а) традиционная одноструйная газовая защита; б) двухструйная газовая защита

Рисунок 2 – Кадры скоростной видеосъемки (скорость 750 кад/с, камера «Видеоспринт»)

Определили величину силы действия струи защитного газа на каплю электродного металла. Для капли, расположенной соосно с электродом (рис.1, б), при традиционной одноструйной защите она составляет $8,33 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$, при двухструйной – $100,21 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$. В случае, если капля вытесняется на боковую поверхность электрода (рис.1, а) и ее поверхность при воздействии струи защитного газа увеличивается ($S_k = 2\pi r_k^2$), что является типичным при сварке в CO_2 на обратной полярности (рис. 1), то сила действия струи защитного газа на каплю электродного металла при одноструйной защите составляет $9,09 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$, при двухструйной – $109,34 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$.

Таким образом, сила действия струи защитного газа на каплю электродного металла при двухструйной газовой защите в 12 раз превышает силу воздействия при одноструйной газовой защите. С увеличением силы действия струи защитного газа на каплю электродного металла возрастает частота переноса капель с электрода в сварочную ванну и интенсивность протекания металлургических процессов на поверхности капли, уменьшается время перехода капли.

Результаты анализа кадров скоростной видеосъемки экспериментальных исследований (рис.3) показали, что время существования капли при сварке в CO_2 проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2мм ($I = 200\text{А}$, $U = 27\text{В}$, $Q = 20 \text{ л/мин}$, $l = 12 \text{ мм}$) при одноструйной газовой защите изменяется в пределах $t_k = 65\text{--}100 \cdot 10^{-3} \text{ с}$, а при двухструйной газовой защите составляет $t_k = 35\text{--}58 \cdot 10^{-3} \text{ с}$ [12].



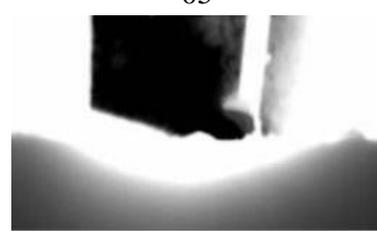
05



05



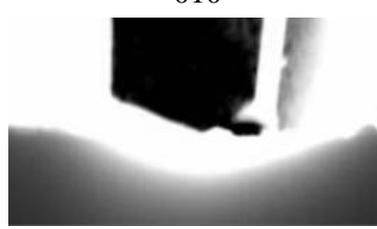
030



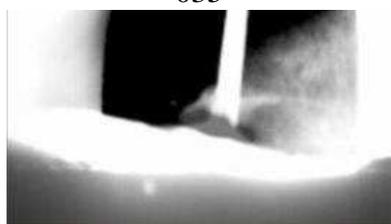
010



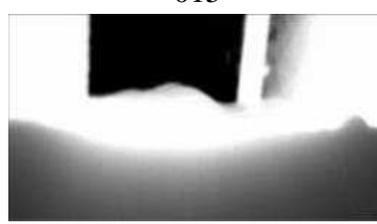
035



015



050



025

а)

б)

а) традиційна одноструйова газова захиста; б) двохструйова газова захиста

Рисунок 3 – Осцилограмми и кадры скоростной видеосъемки (скорость 750 кад/с, камера «Видеоспринт»)

Выводы. По результатам исследований установлено, что сила действия струи защитного газа на каплю электродного металла при двухструйной газовой защите в 12 раз больше по сравнению с одноструйной, направлена вдоль электрода к изделию и способствует стабильности переноса капель электродного металла в сварочную ванну. Установлена зависимость частоты переноса капель электродного металла в сварочную ванну от силы действия струи защитного газа на каплю. С увеличением силы действия струи защитного газа на каплю электродного металла при двухструйной газовой защите возрастает частота и стабильность перехода капель в сварочную ванну за счет придания капле соосного с электродом положения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. 1. Свариваемость материалов: справ. изд.; под ред. Э.Л.Макарова. – М.: Металлургия, 1991 – 528с.
2. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. – М.: Машиностроение, 1974. – 240с.
3. Ленивкин В.А. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах / Ленивкин В.А., Дюргеров Н.Г., Сагиров Х.Н. – М.: Машиностроение, 1989. – 264с.
4. Шоршоров М.Х. Металловедение сварки стали и сплавов титана / Шоршоров М.Х. – М.: Издательство «Наука», 1965. – 337с.
5. Лившиц Л.С. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений / Лившиц Л.С., Хакимов А.Н. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 339с.
6. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов / Лахтин Ю.М. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1983. – 359с.
7. Багрянский К.В. Теория сварочных процессов /Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. – К.: Издательское объединение «Вища школа», 1976. – 424с.
8. Фролов В.В. Теория сварочных процессов / Фролов В.В. – М.: Высш. шк., 1988. – 559с
9. Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке / Рыкалин Н.Н.. – М.: Машгиз, 1951. – 296с.
10. Березовский Б.М. Математические модели дуговой сварки: в 7 т. Том.4. Основы тепловых процессов в свариваемых изделиях / Березовский Б.М. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 547с.
11. Столбов В.И. Сварочная ванна: монография / Столбов В.И. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 147с.
12. Чинахов Д.А. Роль газодинамического воздействия струи защитного газа на процессы сварки плавящимся электродом: монография / Д.А. Чинахов; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 151с.
13. Новожилов М.Н. Основы металлургии дуговой сварки в газах / Новожилов М.Н. – М.: Машиностроение, 1979. – 231с.
14. Разработка новой технологии дуговой сварки в защитных газах на основе применения пульсаций газовых потоков и потенциалов ионизации / О.М.Новиков, Э.П.Радько, Е.Н.Иванов, Н.С.Иванов // Сварщик-профессионал. – 2006. – № 6. – С.10-13, 16.

Поступила в редколлегию 07.02.2013.