

УДК 621.791.754

ТЕПЛОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ДУГИ НА ВЯЗКОСТЬ И ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В РАЗЛИЧНОМ АГРЕГАТНОМ СОСТОЯНИИ, ПРИ СВАРКЕ В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ

Е.А. Зернин, В.Т. Федько, С.Б. Сапожков
Филиал Томского политехнического университета, г. Юрга

Сварка в углекислом газе – высокопроизводительный способ, однако, как известно, имеет существенный недостаток – повышенное разбрызгивание металла и связанное с ним набрызгивание поверхности свариваемых деталей.

В последние годы проводятся обширные исследования покрытий для защиты поверхности свариваемого изделия от брызг расплавленного металла: на термостойкость и на смачивание покрытиями поверхности свариваемых изделий; разрабатываются методики нормирования расхода покрытий, определения оптимальной толщины покрытия при нанесении на изделие; определяются технико-экономические, санитарно-гигиенические показатели защитных покрытий и т.д.

В целом защитные покрытия представляют собой смесь компонентов: наполнителя и связующего. В качестве наполнителя используются различные вещества, которые и определяют защитные свойства покрытия. В качестве связующего используют воду, жидкое стекло, различные кремы, масла и растворители.

Мало изученной областью является исследование реологических свойств защитных покрытий.

Одним из важных реологических свойств защитных покрытий является влияние температуры поверхности свариваемого изделия в процессе сварки на вязкость и физико-механические свойства покрытия, которые являются критерием прочного сцепления данных покрытий с поверхностью свариваемого изделия.

Вязкость защитных покрытий существенно зависит от скорости сдвига, времени, объёмной концентрации наполнителя и, что особенно важно, от температуры поверхности свариваемых деталей.

В ходе сварки околошовная зона, защищаемая покрытием, нагревается. Процесс распространения теплоты в свариваемых изделиях с поверхностной теплоотдачей выражается уравнением [1]:

$$\Delta T = \frac{Q / \delta}{c \rho (4 \pi a t)} e^{-r^2 / (4 a t) - b t}, \quad (1)$$

где ΔT – приращение температуры; Q – введённая теплота; δ – толщина изделия; $c\rho$ – теплоёмкость; a – коэффициент температуропроводности; t – время, отсчитываемое с момента введения теплоты; b – коэффициент теплоотдачи.

В реальных условиях производства процесс сварки зачастую производится сразу после нанесения защитного покрытия.

В результате теплового воздействия сварочной дуги температура защитных покрытий возрастает, а вязкость, как следствие, резко снижается. Из-за снижения вязкости уменьшается предельное напряжение сдвига – напряжение, ниже которого материал ведёт себя подобно твёрдому телу.

Покрyтия, нанесённые на вертикальные или наклонные поверхности, начинают стекать. Это приводит к тому, что толщина защитных покрyтий перестаёт соответствовать требованию, описываемому следующим уравнением [2]:

$$\delta_p = \sqrt{4a_1 t \ln \left(\frac{2q}{c_1 \rho_1} \frac{e^{\left(\frac{-r^2}{4a(t_1+t_0)} \right)}}{4\pi a_1 (t_1+t_0) \sqrt{4\pi a t} T} \right)}, \quad (2)$$

где δ_p – расчётная толщина слоя защитного покрyтия; q – количество тепла, содержащегося в капле расплавленного металла в момент контакта её с поверхностью свариваемого изделия; $c_1 \rho_1$ – объёмная теплоёмкость защитного покрyтия; r – радиус капли; t_0 – время, с которого начинается распространение теплоты в глубину изделия, равное $1/(4ak)$, a_1 – коэффициент температуропроводности защитного покрyтия, равный $\lambda/c_1 \rho_1$ (λ – коэффициент теплопроводности покрyтия), k – коэффициент сосредоточенности теплового потока капли, равный $3,46/D$ (D – плотность покрyтия); t_1 – время, прошедшее с момента контакта капли с защитным покрyтием; T – температура капли в момент контакта.

В ходе исследований сварка производилась проволокой Св08Г2С диаметром 1,6 мм пластин толщиной 5 мм, ток сварки 200 А, напряжение 22 В. Поверхность пластин в состоянии поставки. Поверхность свариваемых пластин покрывалась покрyтием В13 [3].

На снимках отображены соединения, сваренные после высыхания покрyтия и сразу после нанесения покрyтия – в дальнейшем случае 1 и 2 соответственно (рис.1).

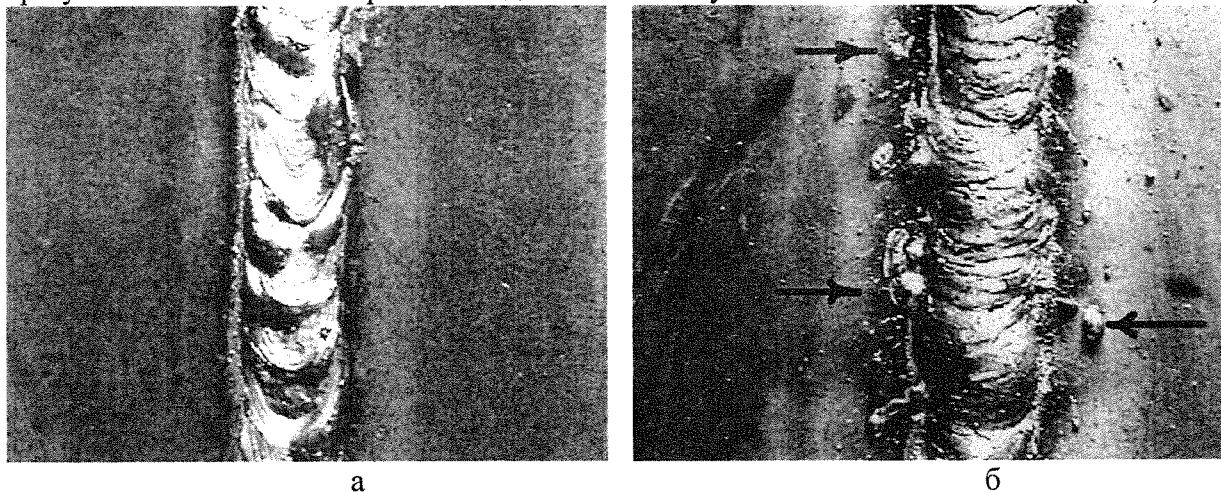


Рис.1. Вид швов, выполненных с применением защитного покрyтия: а – покрyтие высохло перед сваркой; б – сварка произведена сразу после нанесения покрyтия.

Стекая, покрyтия попадают на поверхность разделки кромок. В результате повышается разбрызгивание металла. При сварке вертикальных швов небольшие брызги разлетаются, почти не попадая на поверхность изделия. На рис.2 представлена околошовная зона, на которую попадают брызги различной величины. Крупные брызги, образовавшиеся в результате газо-гидродинамического удара при разрушении перемычки между электродом и переходящей в ванну капель, налипают на поверхность возле шва (указаны на рис. 1б стрелками). При попадании покрyтия в зону сварки в жидком состоянии образуются поры и необходимо дополнительное переплавление одного

места сварного шва. В результате этого увеличиваются: расход проволоки, время сварки, нагрев изделия (из-за увеличения тепловложения в зону сварки). Особенно это отмечается в начале процесса сварки.

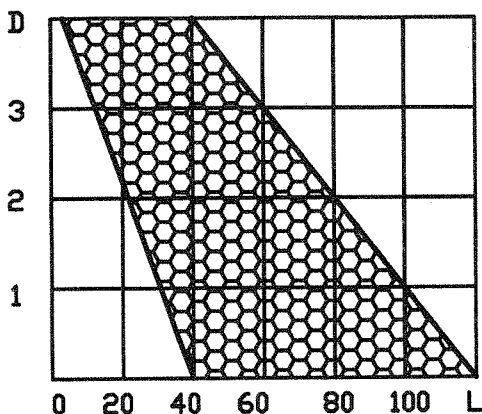


Рис.2 Зависимость диаметра D капель расплавленного металла от расстояния её полёта до места её контакта с поверхностью свариваемого изделия.

На рис.3 изображены тепловые поля при двух случаях сварки. В расчётах принимался точечный источник теплоты, движущийся с определённой скоростью. Эффективную мощность источника теплоты находили из выражения:

$$Q = \eta UI, \quad (3)$$

где η – к.п.д. источника теплоты; U – напряжение дуги; I – ток сварки.

Распределение теплоты в свариваемых пластинах рассчитывали по уравнению (1). Коэффициенты уравнения (1) выбирались соответственно методике, приведённой в работе [1]. Из графиков видно, что пластины во 2-ом случае нагреваются интенсивнее.

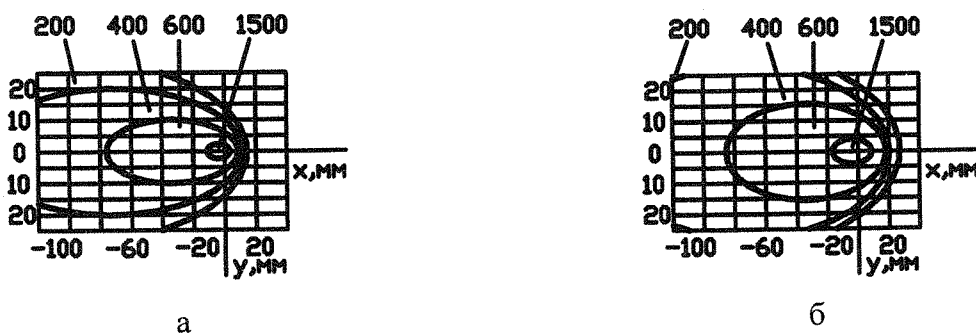


Рис.3 Распространение температуры по поверхности свариваемого изделия: а – покрытие высохло перед сваркой; б – сварка произведена сразу после нанесения покрытия.

В ходе сварки тепловое воздействие сварочной дуги способствует высыханию покрытий. Тем не менее, при мгновенной скорости высыхания связующее испаряется и покрытия становятся малопрочными твердообразными структурами и из-за деформации поверхности легко осыпаются. На рис. 4 представлены графики распределения толщины покрытия в перпендикулярном сечении шва после сварки. Толщина покрытия в случае 2 значительно ниже, чем рассчитанная по уравнению (2).

Из-за уменьшения толщины покрытий ухудшается защита поверхности свариваемых деталей от брызг расплавленного металла, что впоследствии значительно

увеличивает трудоёмкость зачистки поверхностей и, как следствие, приводит к увеличению себестоимости изготовления сварных конструкций.

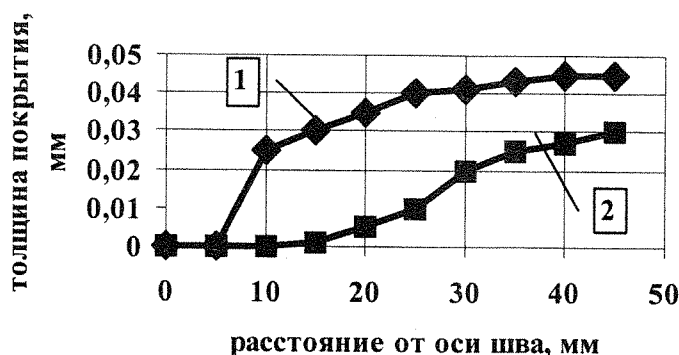


Рис.4 Толщина покрытий после сварки: 1 – покрытие высохло перед сваркой; 2 – сварка произведена сразу после нанесения покрытия.

При полном высыхании покрытия, трудноудаляемые брызги отсутствуют при сварке вертикальных швов. Покрытие стабильно удерживается на поверхности изделия и не влияет на процесс сварки.

Вывод

Для обеспечения надёжной защиты поверхности свариваемых изделий от брызг расплавленного металла при сварке вертикальных и наклонных швов необходимо полное высыхание покрытий до начала процесса сварки. При сварке сразу после нанесения покрытия защита поверхности свариваемых изделий от брызг расплавленного металла резко ухудшается.

Литература:

1. Теория сварочных процессов. / Под ред. В.В. Фролова– М.: Высш. шк., 1988.
2. Федыко В.Т. Теория, технология и средства снижения набрызгивания и трудоёмкости при сварке в углекислом газе. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 1999.
3. Федыко В.Т., Томас К.И., Сапожков С.Б. Патент 2117562 (РФ). Покрытие для защиты поверхности от налипания брызг расплавленного металла.