

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЭЛЕКТРОДНОЙ ЛЕНТЫ НА ПРОПЛАВЛЕНИЕ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА

В. Н. МАТВИЕНКО, Л. К. ЛЕЩИНСКИЙ, В. А. МАЗУР

ГВУЗ «Приазовский гос. техн. ун-т». 87500, г. Мариуполь, ул. Университетская, 7.
E-mail: matviyenkovn@mail.ru

Приведены результаты исследования влияния состава и теплофизических свойств расплавленного металла сварочной ванны на эффективность проплавления при наплавке ленточным электродом под флюсом. В результате обработки и анализа полученных экспериментальных и расчетных данных показано, что в условиях формирования состава сварочной ванны, близкого к составу ленточного электрода, уменьшение площади проплавления коррелирует с понижением энтальпии расплава при замене ленты Св-08кп лентой Св-12Х18Н10. Библиогр. 8, табл. 1, рис. 4.

Ключевые слова: плавление металла, сварочная ванна, теплофизические свойства, энтальпия, температура плавления, наплавка, ленточный электрод, площадь проплавления

Решение задачи повышения эффективности и улучшения технико-экономических характеристик дуговой сварки и наплавки предусматривает в качестве одного из направлений изучение процесса нагрева металла и образования сварочной ванны с учетом теплофизических свойств сварочных материалов. При наплавке ленточным электродом состав и свойства расплавленного металла сварочной ванны определяются намного большей долей электродного металла и значительно меньшей долей основного [1, 2]. В то же время, при сохранении неизменными сечения ленточного электрода и линейной (отнесенной к ширине ленты) плотности тока доля электродного металла в расплаве ванны определяется степенью распределенности источника теплоты и, как следует из экспериментальных данных (рис. 1), зависит от

геометрии ленты. Это согласуется с исследованиями макрошлифов поперечного сечения наплавленных валиков (рис. 2), а также с расчетной формой и размерами зоны проплавления при ширине ленты от 30 до 60 мм (рис. 3). Расчетные данные получены с использованием математической модели процесса нагрева основного металла, основанной на решении нелинейного дифференциального уравнения теплопроводности с учетом температурной зависимости теплофизических свойств материала [3].

При наплавке на сталь Ст.3 ленточным электродом Св-12Х18Н10 сечением 60×0,5 мм доля

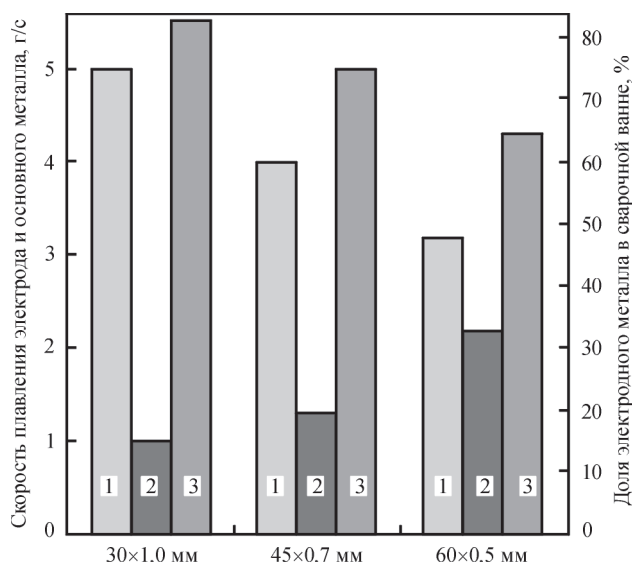


Рис. 1. Массовая скорость плавления (г/с) электродного (1) и основного (2) металла, доля электродного металла в составе сварочной ванны (3) при наплавке ленточными электродами разных сечений

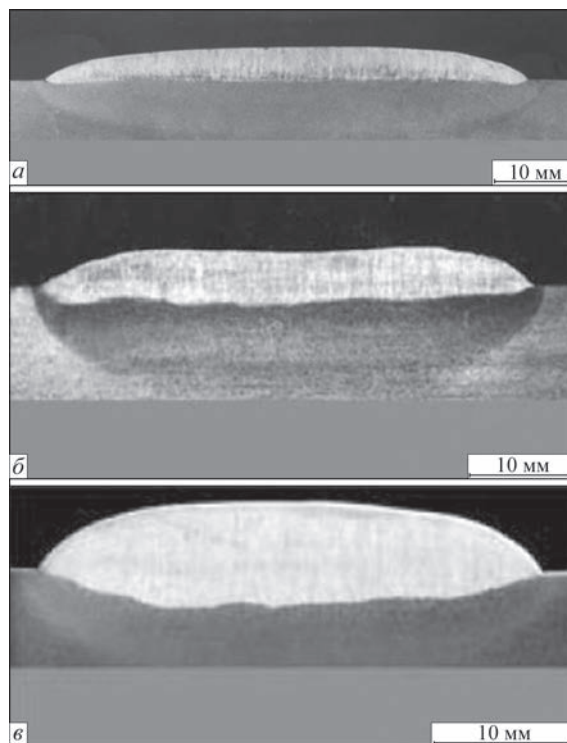


Рис. 2. Макроструктура поперечного сечения валиков при наплавке ленточными электродами сечениями 60×0,5 мм (а), 45×0,7 мм (б), 30×1,0 мм (в) из стали 12Х18Н10

Влияние состава и теплофизических свойств расплава ванны на относительную величину площади проплавления

| При наплавке лентой | $T_{пл}, ^\circ\text{C}$ | $T_{пл}^i / T_{пл}^{ст}$ | $\Delta H, \text{Дж/г}$ | $\Delta H^i / \Delta H^{ст}$ | $\Delta H, \text{Дж/г}$ | $\Delta H^i / \Delta H^{ст}$ | Изменение площади проплавления |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| | | | расчетные данные | | экспериментальные | | |
| Св-08кп | 1530 | 1,0 | 1130 | 1,0 | 1450 | 1,0 | 1,0 |
| Св-12Х18Н10 | 1420 | 0,93 | 930 | 0,82 | 1200 | 0,82 | 0,80/0,82 |
| 70Cu–30Ni | 1240 | 0,81 | 710 | 0,62 | – | – | –/0,60 |

Примечания. 1. $T_{пл}^i / T_{пл}^{ст}$, $\Delta H^i / \Delta H^{ст}$ – отношение температуры плавления и энтальпии расплава данного материала к температуре плавления и энтальпии стали 08кп. 2. Перед косой – определение площади проплавления по макрошлифам (рис. 4), после – результаты обработки данных работы [7].

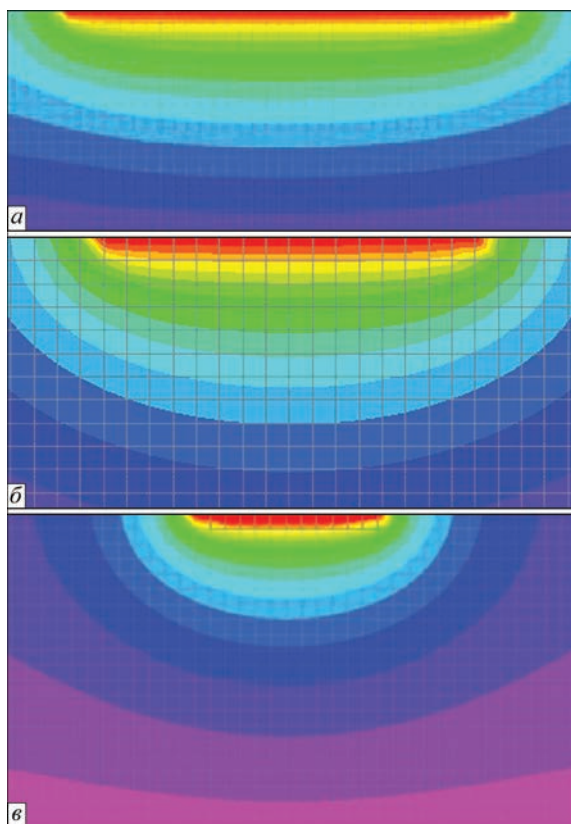


Рис. 3. Модели теплового поля в плоскости, перпендикулярной наплавляемой поверхности, для тех же ленточных электродов, что и на рис. 2

электродного металла в ванне достигает 83...85 % (см. рис. 1). Столь высокая доля электродного металла дает основание предположить, что состав расплава сварочной ванны близок к составу ленточного электрода. В то же время проведенные исследования показали, что при неизменном режиме наплавки площадь проплавления при использовании ленточного электрода Св-12Х18Н10 уменьша-

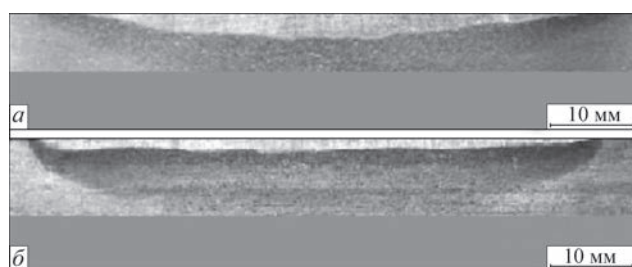


Рис. 4. Макрошлифы поперечного сечения зоны проплавления при наплавке ленточными электродами сечением 60×0,5 мм из сталей 08кп (а) и 12Х18Н10 (б)

ется по сравнению с наплавкой ленточным электродом Св-08кп. Такое влияние состава сварочной ванны на геометрию зоны проплавления связано с теплопередачей конвекцией [4]. Математическое моделирование и экспериментальные исследования позволяют оценить влияние конвективных потоков расплавленного металла в ванне на форму и размеры зоны проплавления. При этом в качестве переменного фактора рассматриваются свойства металла [5]. Количественная оценка доли конвективной теплопередачи в общем балансе тепла, введенного в изделие, подтверждает ее значимость [6].

Теплопередача конвекцией зависит от теплофизических свойств расплавленного металла ванны и прежде всего от энтальпии ΔH , а также от температуры, определяющей текучесть расплава ванны. Для оценки влияния энтальпии расплава на эффективность проплавления основного металла при наплавке ленточным электродом анализировали значения ΔH (полученные как экспериментальным [4], так и расчетным путем [7, 8]), характеризующие свойства расплавленного металла в широком диапазоне — от температуры сварочной ванны (1550...1750 °С) до температуры капельного переноса (1900...2300 °С).

Проведенный анализ показал (таблица), что несмотря на отличие абсолютных значений соотношение энтальпии сталей 12Х18Н10 и 08кп изменяется в небольших пределах. В то же время, при определении площади проплавления по макрошлифам (рис. 4), а также по результатам обработки данных, полученных в работе [7], установлено, что в случае применения ленточного электрода Св-12Х18Н10 вместо Св-08кп степень уменьшения площади проплавления коррелирует со снижением энтальпии ΔH . При использовании ленточного электрода из медно-никелевого сплава 70Cu–30Ni (как показала обработка данных) доля электродного металла в ванне достигает 92...94 %, а энтальпия расплава ванны значительно ниже, чем для стали 12Х18Н10, тем более по сравнению со сталью 08кп. При этом степень снижения энтальпии сплава 70Cu–30Ni по сравнению с ее значением для стали 08кп ($\Delta H^i / \Delta H^{ст}$) также коррелирует с уменьшением площади проплавления.

Вывод

При разработке технологии наплавки ленточным электродом, когда состав сварочной ванны в основном определяется составом применяемой ленты, необходимо учитывать влияние теплофизических свойств расплавленного металла ванны на эффективность проплавления.

1. Рябцев И. А. Высокопроизводительная широкослойная наплавка электродными проволоками и лентами / И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2005. – № 6. – С. 36–41.
2. Каленский В. К. Особенности и некоторые технологические характеристики процесса электрошлаковой наплавки одной электродной лентой / В. К. Каленский // Автоматическая сварка. – 1999. – № 3. – С. 16–21.
3. Матвиенко В. Н. Оценка формы и размеров сварочной ванны при наплавке комбинированным ленточным электродом / В. Н. Матвиенко, В. А. Мазур, Л. К. Лещинский // Автоматическая сварка. – 2015. – № 9. – С. 30–33.

4. Лаврик В. П. Влияние теплофизических свойств расплава ленточного электрода на характер проплавления металла при широкослойной наплавке / В. П. Лаврик, Л. К. Лещинский, И. И. Пирч // Сварочное производство. – 1985. – № 3. – С. 34–35.
5. Bahrami A. Modeling of transport phenomena in dissimilar welding of 2205 duplex stainless steel to 1018 carbon steel / A. Bahrami, D. K. Aidun // Trends in Welding Research 2012: Pros. of the 9th International conference. – ASM International, Chicago. – P. 916–921.
6. Дмитрик В. В. К эффективности использования расплава сварочной ванны / В. В. Дмитрик, В. В. Шевченко // Автоматическая сварка. – 2001. – № 4. – С. 25–27.
7. Oh Y. K. Low-Dilution Electroslag Cladding for Shipbuilding / Y. K. Oh, J. H. Davletian, S. J. Chen // Welding Journal. – 1990. – № 8. – P. 37–44.
8. Soderstrom E. J. Calorimetric Measurement of Droplet Temperature in GMAW / E. J. Soderstrom, K. M. Scott, P. F. Mendez // Welding Journal. – 2011. – № 4. – P. 77–84.

Поступила в редакцию 28.04.2016

**ВОСЬМАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Математическое моделирование и
информационные технологии в сварке
и родственных процессах»**



Украина, Одесса, отель «Курортный» (www.inkurort.com)
19 – 23 сентября 2016 г.

Национальная академия наук Украины
Институт электросварки им. Е.О. Патона НАНУ
Международная ассоциация «Сварка»

Тематика конференции

Математическое моделирование:

- ♦ процессов переноса энергии, импульса, массы и заряда в сварочных дугах;
- ♦ тепловых, электромагнитных, гидродинамических и массообменных процессов, протекающих при сварке, наплавке и нанесении покрытий;
- ♦ напряженно-деформированного состояния сварных конструкций;
- ♦ кинетики твердофазных превращений в зоне термического влияния;
- ♦ кристаллизации металла сварного шва и образования химической неоднородности;
- ♦ формирования сварного шва, нагрева, плавления и переноса электродного металла;
- ♦ взаимодействия высококонцентрированных источников энергии со свариваемым металлом;

- ♦ влияния внешних воздействий (магнитного поля, модуляции тока, активирующих факторов и др.) на процесс сварки;
- ♦ идентификации дефектов при неразрушающих методах контроля сварных соединений.

Информационные технологии в сварке, наплавке и нанесении покрытий.

- ♦ банки данных «состав – микроструктура – свойства» в зоне термического влияния сварного соединения;
- ♦ базы данных свойств конструкционных материалов и защитных газов;
- ♦ информационно-расчетные системы для выбора сварочных материалов и параметров режимов сварки, наплавки, нанесения покрытий и других родственных процессов.

♦ Рабочие языки конференции — украинский, русский, английский.

♦ Для участия в конференции необходимо заполнить регистрационную карточку и направить ее в Оргкомитет до 24 июня 2016 г. К началу конференции будут изданы тезисы докладов.

Контрольные даты

| | |
|--|------------------|
| Подача заявок на участие и тезисов докладов | до 24.06.2016 г. |
| Рассылка второго информационного сообщения и подтверждение участия | до 12.07.2016 г. |
| Оплата регистрационного взноса | до 20.09.2016 г. |

Оргкомитет

Украина, 03680, г. Киев, ул. Казимира Малевича 11,
Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины
Тел./факс: (38044) 200-82-77
E-mail: journal@paton.kiev.ua, romanova@paton.kiev.ua
<http://pwi-scientists.com/rus/mmi2016>
www.patonpublishinghouse.com

Тезисы докладов высылаются на электронный адрес:
romanova@paton.kiev.ua или journal@paton.kiev.ua