

УДК 621.791.927

Матвиенко В. Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ МАКРОРАЗНОРОДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПРИ ШИРОКОСЛОЙНОЙ НАПЛАВКЕ

Формирование в процессе наплавки макроразнородного состава и структуры позволяет повысить работоспособность наплавленных изделий [1–3]. Получение макроразнородных композиций возможно с использованием составных ленточных электродов, в которых содержание легирующих элементов в средней ленте отличается от их содержания в боковых лентах [4]. Это позволяет, изменяя схему расположения лент составного электрода, управлять формированием состава и распределением легирующих элементов в сварочной ванне.

Цель данной работы – исследование влияния взаимного расположения лент составного электрода на форму и размеры сварочной ванны при широкослойной наплавке, формирование разнородного по поперечному сечению валика состава металла, особенности получения макроразнородных композиций.

Условия получения макроразнородного состава и структуры в пределах одинарного наплавленного валика (рис. 1) зависят от угла поворота α боковых лент к средней (основной) ленте и соотношения массовых скоростей их подачи, но, главным образом, от зазора e между лентами (рис. 2).

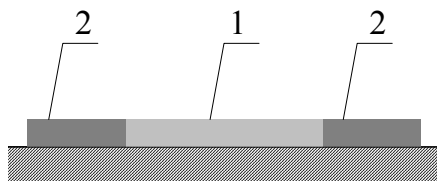


Рис. 1. Схема макроразнородной структуры валика, наплавленного составным ленточным электродом:

1, 2 – металл, наплавленный средней и боковыми лентами, соответственно

Исследовано влияние зазора между средней и боковыми лентами составного ленточного электрода на положение изотермы $T = T_{пл}$, изменение формы и размеров сварочной ванны с использованием математической модели процесса распространения тепла в основном металле [5]. Математическое моделирование позволило выявить, что для составного электрода со средней лентой сечением $50 \times 0,5$ мм и боковыми лентами $25 \times 0,7$ мм ($\alpha = 120^\circ$) с ростом зазора e между лентами до 6–8 мм, расчётная форма ванны изменяется незначительно, хотя увеличивается её ширина (табл. 1). Проплавление основного металла становится более равномерным за счёт уменьшения эффекта локального ввода тепла на краях. С дальнейшим ростом зазора e (до 10–12 мм) в очертаниях изотермы плавления появляются признаки разделения общей ванны, образованной плавлением трёх лент (рис. 3, б), а на поперечном сечении валика в месте расположения зазора наблюдается уменьшение глубины проплавления основного металла.

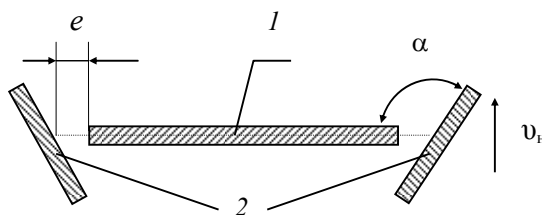


Рис. 2. Поперечное сечение составного ленточного электрода с зазором e между средней 1 и боковыми 2 лентами, α – угол поворота боковых лент

Таблиця 1

Влияние зазора между основной и боковыми лентами на ширину сварочной ванны

	Ширина ванны при зазоре между лентами, мм				
	0	5	8	11	15
расчётная	75	85	91	97	–
экспериментальная	82	90	95	100	–

В результате математического моделирования выявлено, что увеличение зазора до 15 мм сопровождается нарушением формирования и разделением общей ванны (рис. 3, в). Из-за недостатка расплавленного металла исчезают перемишки между её отдельными частями и в зоне плавления каждой ленты образуется отдельная ванна.

Экспериментальные исследования формирования макроразнородных композиций проводились для процесса наплавки под флюсом составным ленточным электродом (средняя лента – Св-20Х13 сечением 50×0,5 мм, боковые ленты – Св-08кп сечением 25×0,7 мм, флюс АН-60). Режим наплавки на пластины из стали Ст.3 толщиной 40 мм: ток постоянный обратной полярности $I_H = 950\text{--}1000$ А, $U = 30\text{--}32$ В, $v_H = 14$ м/ч, вылет ленточных электродов 40 мм.

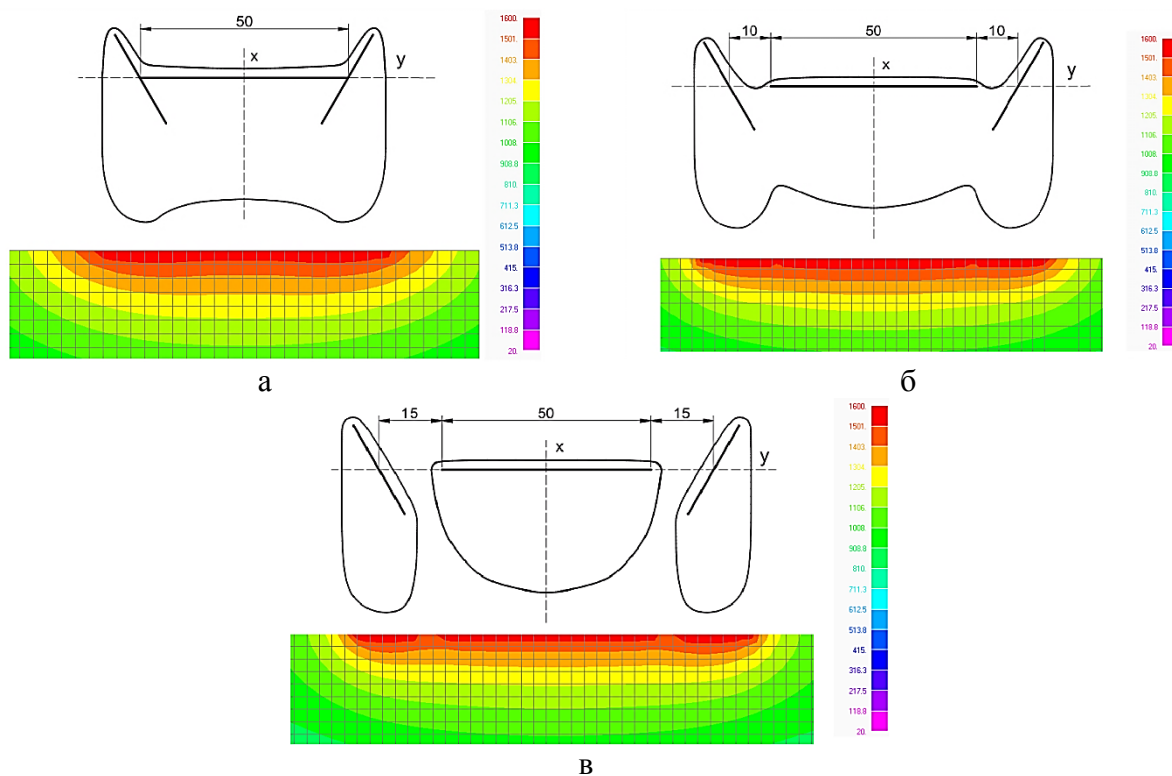


Рис. 3. Расчётная форма ванны и поперечного сечения зоны проплавления при наплавке составным ленточным электродом:

а – без зазора между средней и боковыми лентами; б – зазор 10 мм; в – 15 мм

Полученные результаты математического моделирования и проведения экспериментов позволили оценить влияние величины зазора между лентами на интенсивность перемешивания расплава сварочной ванны. Направление и интенсивность потоков в ванне зависит не только от соотношения дуговой и шлаковой составляющей, но и от расположения зон их преимущественного влияния в процессе наплавки составным ленточным электродом под флюсом. Дуговой процесс, преобладающий на участках боковых лент, «опережающих» среднюю ленту (рис. 2), способствует образованию потоков, направленных от краёв к середине

ванны. В отсутствии зазора между средней и боковыми лентами, поперечные краевые потоки, особенно в донной части сварочной ванны, препятствуют проникновению к краям расплавленного металла средней ленты Св-20Х13 и его перемешиванию с расплавленным металлом боковых лент Св-08кп. На формирующуюся при этом макроразнородную структуру металла (рис. 4, а) влияют также участки боковых лент, «отстающие» от средней ленты.

Ширина сварочной ванны, при зазоре между основной и боковыми лентами, составляющем 5 мм, возрастает за счёт теплопередачи жидким металлом, поступающим на периферию ванны при плавлении расположенных под углом боковых лент (табл. 1). Вместе с тем, ослабевает интенсивность поперечного потока в направлении от края к середине. Это ослабление, прежде всего, наблюдается в верхних слоях ванны и сопровождается движением расплава стали 20Х13, направленным от середины к краям ванны.

При увеличении зазора между лентами до 8–10 мм значительный рост ширины и площади зеркала сварочной ванны (при неизменном значении погонной энергии и массовой скорости плавления электрода) приводит к повышенному теплоотводу и более высокой скорости охлаждения расплавленного металла. Вследствие снижения жидкотекучести и интенсивности потоков расплавленного металла затрудняется перемешивание расплава сталей 20Х13 и 08кп (рис. 4, б). В средней части поперечного сечения валика (в зоне, образованной при плавлении ленты Св-20Х13) формируется структура высокохромистого металла высокой твёрдости (380–390 НВ), которая снижается до 150–160 НВ на краях (в зоне плавления лент Св-08кп) (рис. 5).

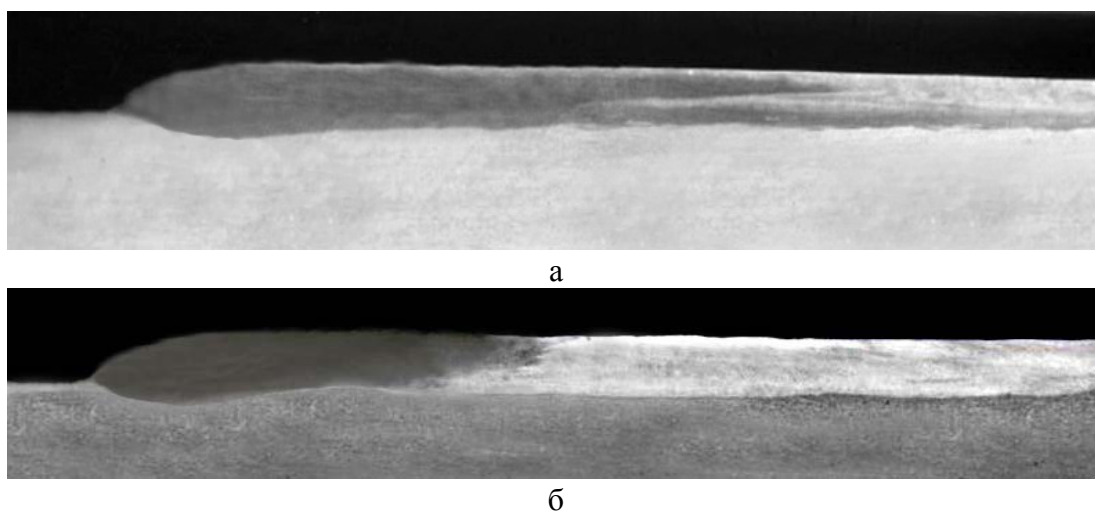


Рис. 4. Макроструктура поперечного сечения валиков, наплавленных составным ленточным электродом ($\times 2,5$):

а – без зазора между лентами; б – зазор – 8 мм

При дальнейшем увеличении зазора между лентами (до 15 мм), когда общей ванны не образуется, части поперечного сечения валика, наплавленные лентами Св-20Х13 и Св-08кп, отделены друг от друга (рис. 3, в). Состав этих отдельных частей валика определяется содержанием легирующих элементов в каждой из лент, а также разбавлением основным металлом, проплавление которого заметно возрастает в зонах плавления боковых лент.

В отличие от однослойной, наплавленная многослойная композиция позволяет сочетать высокую энергоёмкость разрушения со специфическими свойствами каждого слоя (прочностью, пластичностью, износостойкостью). В слоистой композиции с пластичным промежуточным слоем торможение трещины, перпендикулярной границе слоёв, достигается за счёт образования расслоений на границе с пластичным слоем, который разрушается по энергоёмкому микровязкому механизму.

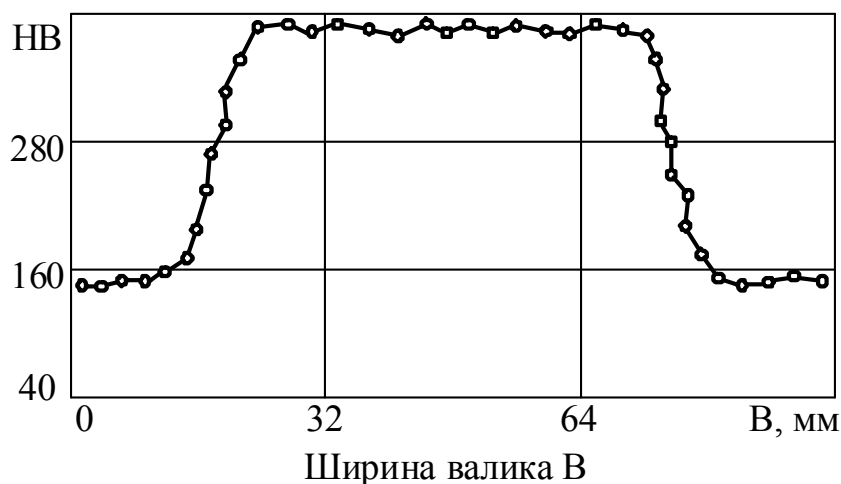


Рис. 5. Характер распределения твёрдости в поперечном сечении одинарного наплавленного валика (составной электрод – средняя лента Св-20Х13 (50×0,5 мм), боковые – Св-08кп (25×0,7 мм), зазор 8 мм)

Использование составного ленточного электрода с отличающимися составами средней и боковых лент позволяет сочетать высокую ударную вязкость слоистой композиции с большими возможностями регулирования макронеоднородности в каждом слое [6]. За счёт этого снижается уровень остаточных напряжений в наплавленной композиции, что способствует повышению трещиностойкости. Это особенно важно в тех случаях, когда основной причиной выхода из строя наплавленных изделий служит растрескивание поверхностного слоя.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены закономерности влияния зазора между средней и боковыми лентами составного электрода на изменение формы и размеров сварочной ванны.
2. При оптимальной величине зазора и менее интенсивном перемешивании в ванне расплавленного металла основной и боковых лент, составы которых различаются, создаются условия для формирования макроразнородности в поперечном сечении наплавленного одинарного валика.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дуговая наплавка под флюсом прокатных валков слоями с гетерогенной макроструктурой / Л. К. Лецинский, В. П. Лаврик, К. К. Степнов, С. С. Самотугин [и др.] // Автоматическая сварка. – 1989. – № 12. – С. 49–53.
2. Лецинский Л. К. Повышение ресурса работы наплавленных роликовых направляющих машин непрерывного литья заготовок / Л. К. Лецинский – Сварочное производство. – 1991. – № 1. – С. 9 – 11.
3. Гулаков С. В. Наплавка рабочего слоя с регламентированным распределением свойств / С. В. Гулаков, Б. И. Носовский. – Мариуполь : Издательство ПГТУ, 2005. – 170 с.
4. А. с. 1561348 СССР, МКИ В23К 9/04. Способ наплавки расщепленным ленточным электродом / В. Н. Матвиенко, Л. К. Лецинский [и др.] – № 4488183/25-27; заявл. 28.09.88; опубл. 03.01.90, Бюл. № 16.
5. Самотугин С. С. Расчёт режимов плазменной поверхностной модификации инструмента / Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика. Часть 1. / С. С. Самотугин, В. А. Мазур, Е. В. Кудинова. – Санкт-Петербург : Изд-во Политехнического университета, 2012. – С. 349 – 355.
6. Матвиенко В. Н. Получение многослойного композиционного покрытия наплавкой ленточными электродами / В. Н. Матвиенко, В. П. Иванов, К. К. Степнов – Вестник Приазовского государственного технического университета. – 1998. – Вып. – № 6. – С. 201 – 204.