
УДК 621.791.927

УПРАВЛЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЕМ СОСТАВА И СВОЙСТВ МЕТАЛЛА ПРИ НАПЛАВКЕ СОСТАВНЫМ ЛЕНТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

Матвиенко В. Н., Лещинский Л. К.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь,
Украина

***Аннотация:** Представлены результаты исследований и разработки перспективного пути изготовления и восстановления изделий машиностроения путём наплавки композиционных слоёв, высокая трещиностойкость и служебные характеристики которых обеспечивают увеличение ресурса эксплуатации изделий. Показано, что получить контрастный переход между отдельными слоями многослойной композиции, отличающейся высокой энергоёмкостью процесса разрушения, позволяет применение наплавки составным ленточным электродом, образуемым средней и двумя боковыми лентами, химический состав, взаимное расположение и скорость подачи которых регулируются автономно. С использованием математической модели установлено влияние зазора между лентами на очертания изотермы плавления основного металла (форму и размеры сварочной ванны), условия формирования макроразнородной композиции в каждом слое и от слоя к слою.*

***Ключевые слова:** наплавка, составной ленточный электрод, слоистая композиция, макроразнородность, математическая модель.*

Перспективы применения наплавки – одного из прогрессивных технологических процессов изготовления и восстановления изделий машиностроения во многом зависят от возможности получения композиционных наплавленных слоёв с заданным распределением структуры и свойств. Благодаря возникающему сочетанию повышенной трещиностойкости и улучшенных функциональных характеристик, возрастает ресурс наплавленных изделий. Реализация такой технологии связана с разработкой способа наплавки, обеспечивающего отсутствие дефектов формирования валика за счёт высокой стабильности параметров процесса наплавки. Вместе с тем, технология получения слоистых композиций требует

обеспечения контрастности на границах слоёв, возможной лишь при малом проникновении каждого последующего слоя в предыдущий. Перечисленным требованиям в значительной мере отвечает способ широкослойной наплавки составным ленточным электродом, образуемым средней и двумя боковыми лентами, химический состав, скорость подачи и взаимное расположение которых регулируются автономно (рис. 1). Преимущества процесса наплавки составным ленточным электродом связаны с возможностью изменения положения боковых лент относительно средней, регулирования соотношения массовых (линейных) скоростей подачи лент, а также зазора между ними. Это позволяет управлять распределением вводимого тепла по ширине сварочной ванны, плавлением ленточных электродов, условиями теплопередачи основному металлу, определяет условия образования и размеры сварочной ванны, форму валика, геометрию зоны проплавления. Благодаря влиянию на характер процесса наплавки под флюсом (доля тока шунтирования дуги расплавленным шлаком может составлять от 30...35 до 50...55 % общего тока), в значительной мере изменяются условия расплавления лент составного электрода, эффективность и равномерность проплавления изделия. Кроме того, изменение вектора скорости перемещения дуги по торцу лент составного электрода влияет на степень взаимодействия дуги с расплавом ванны и интенсивность воздействия на движение расплавленного металла. Реализация преимуществ процесса наплавки составным ленточным электродом во многом зависит от оптимальности выбора его геометрических размеров. Такой выбор целесообразно осуществлять путём математического моделирования, что определяется точностью расчёта размеров зоны проплавления (положения изотермы плавления), его соответствия экспериментальным данным. Методика расчёта основана на решении методом конечных элементов нелинейного трёхмерного дифференциального уравнения теплопроводности, в котором учитывается зависимость от температуры теплофизических свойств основного металла.

Условия получения макроразнородного состава и структуры в пределах одинарного наплавленного валика (рис. 2) зависят от угла поворота α боковых лент к средней ленте и соотношения массовых скоростей их подачи, но, главным образом, от зазора e между лентами. Математическое моделирование позволило выявить, что для составного электрода со средней лентой Св-20Х13 сечением $50 \times 0,5$ мм и боковыми лентами Св-08кп сечением $25 \times 0,7$ мм ($\alpha = 120^\circ$), с ростом зазора e между лентами до 6...8 мм расчётная форма ванны (рис. 3, а) изменяется незначительно, хотя увеличивается её ширина. С дальнейшим ростом зазора e (до 10...12 мм) в очертаниях изотермы плавления появляются признаки разделения общей ванны (рис. 3, б), а на поперечном сечении валика в зоне зазора уменьшается глубина проплавления. Увеличение зазора e до 15 мм сопровождается нарушением формирования и разделением общей ванны (рис. 3, в). Из-за недостатка расплавленного металла исчезают перемычки между отдельными частями и образуются три отдельных ванны.

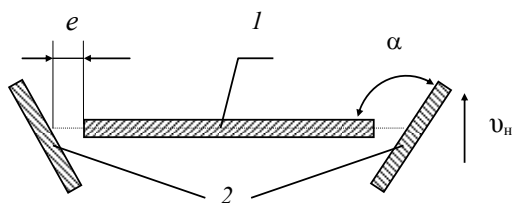


Рис. 1. Поперечное сечение составного ленточного электрода с зазором e между средней 1 и боковыми 2 лентами: α – угол поворота боковых лент

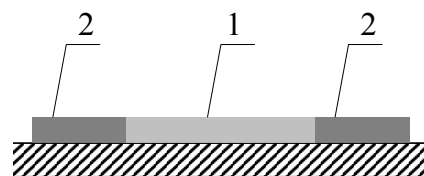


Рис. 2. Схема макроразнородной структуры валика, наплавленного составным ленточным электродом: $1, 2$ – наплавленный металл в зоне средней и боковых лент

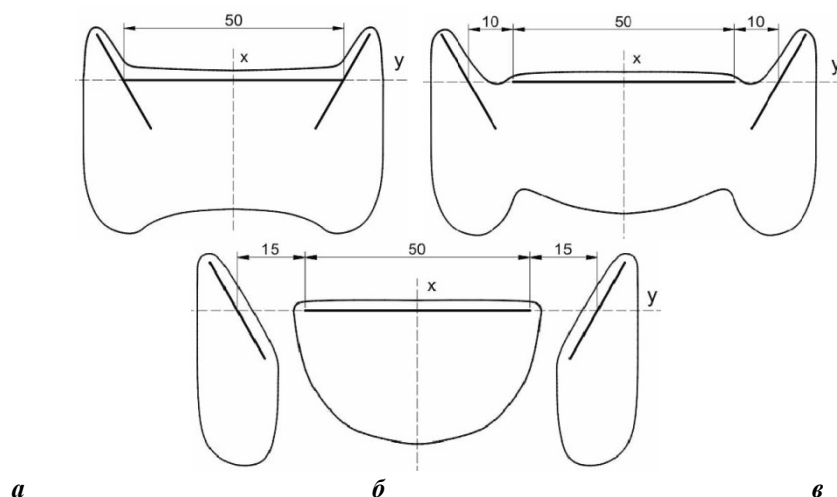


Рис. 3. Расчётная форма ванны при наплавке составным ленточным электродом:
a – без зазора между средней и боковыми лентами; *б* – зазор 10 мм; *в* – 15 мм

Ширина сварочной ванны, при зазоре 5 мм между основной и боковыми лентами, возрастает за счёт теплопередачи жидким металлом, поступающим на периферию ванны при плавлении расположенных под углом боковых лент. Вместе с тем, ослабевает интенсивность поперечного потока в направлении от края к середине, прежде всего, в верхних слоях расплава ванны. Это ослабление сопровождается движением расплава стали 20X13, 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 составного электрода) приводит к повышенному теплоотводу и более высокой скорости охлаждения расплавленного металла. Вследствие снижения жидкотекучести и интенсивности потоков расплавленного металла, затрудняется перемешивание расплава сталей 20X13 и 08кп. В средней части поперечного сечения валика (в зоне, образованной при плавлении ленты Св-20X13) формируется структура высокохромистого металла высокой твёрдости (380...390 НВ), которая снижается до 150...160 НВ на краях (в зоне плавления лент Св-08кп). В отличие от однослойной, наплавленная многослойная композиция позволяет сочетать высокую энергоёмкость разрушения со специфическими свойствами каждого слоя (прочностью, пластичностью, износостойкостью).