

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ ТРЕХФАЗНОЙ ДУГОЙ КОСВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Щедова И.А.,

Научный руководитель ст. преподаватель Безруких А.А.

Сибирский Федеральный Университет

Политехнический Институт

Условия работы различных технических систем требуют производства узлов и деталей со специфическими свойствами рабочих поверхностей, таких как жаростойкость и жаропрочность, износостойкость, коррозионная стойкость и т. д. При этом необходимо экономное использование дорогостоящих материалов. Данная проблема решается путем использования наплавочных процессов. Однако, широко распространенный одnodуговой способ наплавки покрытыми электродами имеет серьезные недостатки, которыми являются низкая производительность и необходимость нанесения 4—5 слоев для получения требуемого состава наплавленного металла.

Преимуществами трехфазной дуги являются высокая производительность процесса, достигаемая за счет одновременного плавления сразу трех электродов; значительное снижение глубины проплавления из-за отсутствия тока в наплавляемой детали; интенсивное перемешивание жидкого металла в сварочной ванне, обеспечивающее однородную структуру валиков. Отличительной особенностью способа является то, что наплавляемое изделие в цепь не включается, а трехфазная дуга находится между тремя стержнями, т. е. одновременно горят три однофазных дуги в одном общем факеле, взаимно влияя друг на друга и на электроды. Такое взаимодействие значительно увеличивает производительность наплавочных работ, уменьшает удельный расход электроэнергии и усиливает ионизацию дугового промежутка. При этом проплавление основного металла значительно уменьшается по сравнению с однофазными процессами наплавки. Оно происходит только за счет теплового воздействия трехфазной дуги и расплавленного электродного металла.

Однако в литературных источниках практически нет сведений о применении наплавки трехфазной дугой косвенного действия (независимой трехфазной дугой) между тремя электродами. В связи с этим были проведены исследования по трехфазной наплавке покрытыми электродами с целью обеспечения формирования валиков при минимальной доле участия основного металла в наплавленном путем оптимизации параметров процесса.

Для проведения экспериментов по трехфазным процессам была собрана специальная установка. Схема наплавки представлена на рис. 1. К покрытию электродов для наплавки трехфазной дугой предъявляются, помимо стандартных, требования ограниченной электропроводности и вязкости шлака. Электроды с тремя стержнями в общей обматке промышленностью не выпускаются. Их сборка ведется в лабораторных условиях из обычных электродов диаметром 1,6 — 3 мм марок МР-3, ОЗС-12 и др. Одинаковое расстояние t между стержнями (рис. 1) обеспечивает им равные электрические параметры режимов, что способствует их равномерному плавлению. Собранный пучок фиксировался в электрододержателе с тремя взаимно изолированными медными пластинами.

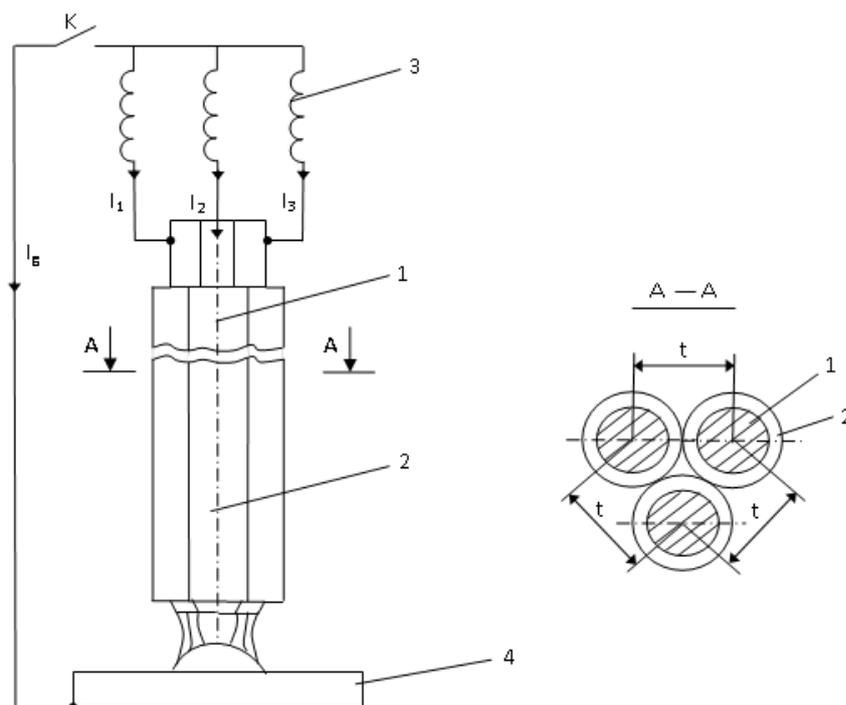


Рис. 1. Наплавка независимой трехфазной дугой : 1-стержень электрода; 2 – покрытие на электроде; 3 – вторичные обмотки трехфазного трансформатора; 4 – деталь; I_1, I_2, I_3 – токи в электродах; I_d – ток в нулевом проводе; К – контакт отключения нулевого провода; t - расстояние между электродами.

В отличие от однодуговой сварки напряжение дуг в данном случае изменять в процессе наплавки невозможно. Напряжение на дугах зависит от расстояния между электродами и толщины их покрытия.

К наиболее важным показателям устойчивости горения трехфазной дуги косвенного действия следует отнести одновременное зажигание трех дуг, равномерность плавления трех электродов, потери на угар и разбрызгивание, стабильность по глубине проплавления и формированию валика, расстояние от независимой трехфазной дуги до детали, отсутствие оплавления трех электродов при перерывах в горении дуги.

Коэффициент наплавки Q_n (г/(А ч)) в экспериментах можно определить следующим образом:

$$Q_n = G_n 3600 / (3It),$$

где G - масса наплавленного металла, г; t - время горения дуги, с; I - линейный ток в электродах, А.

Процент потерь на угар и разбрызгивание (ψ) определяется по формуле:

$$\psi = (G_{бр} / G_n) \cdot 100\%,$$

где $G_{бр}$ — масса брызг, г.

Наплавка производилась на зачищенные до металлического блеска пластины из низкоуглеродистой стали толщиной 3 — 5мм при следующих параметрах: $I = 55 — 60$ А; $U_d = 30 — 32$ В; $U_{xx} = 80$ В. Коэффициент наплавки составил 6,23 — 6,37 г/(а час), потери на угар и разбрызгивание— 10-12%. Таким образом, эффективность данного

процесса выше, чем при однофазной наплавке, поскольку энергия затрачивается только на плавление электродного пучка.

При сравнении с традиционным однодуговым процессом наплавка трехфазной дугой косвенного действия отличается значительно большей производительностью. Более того, как показали эксперименты, на одинаковых режимах по току три электрода при наплавке независимой трехфазной дугой плавятся на 20 % быстрее, чем один электрод при обычной однодуговой наплавке. Высокая эффективность достигается также за счет уменьшения проплавления основного металла. При наплавке одним электродом величина доли участия основного металла в наплавленном обычно составляет 30~40%. В результате большая часть наплавляемого металла уходит в основной, а чистый наплавленный металл возможно получить только в 4 — 5 слое. При наплавке исследуемым способом были получены образцы с долей участия основного металла в наплавленном менее 10%. Доля участия основного металла в наплавленном определялась с помощью цифровых фотоснимков по формуле:

$$\lambda = (F_{\text{пр}}/F_{\text{п}}) \cdot 100\% ;$$

где $F_{\text{п}}$ - общая площадь поперечного сечения валика (рис. 2).

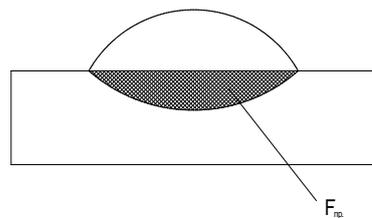


Рис. 2. Поперечное сечение валика

Установлено, что проплавление основного металла минимальное, доля участия основного металла в наплавленном доходила до 10%. Очевидно, что способ трехфазной наплавки независимой дугой позволяет решить проблему проплавления основного металла. Получение чистого наплавленного металла без примесей основно возможно с первого-второго слоя, что недостижимо при обычных однодуговых способах наплавки.

Хорошие результаты показала также наплавка на углеродистую сталь электродами аустенитного класса. Для наплавки использовались электроды ОК 61.30 фирмы «ESAB» диаметром 2,5 мм. Минимальное проплавление основного металла было получено на следующих режимах: $I_{\text{эл}} = 50 \text{ A}$; $U_{\text{д}} = 32 — 34 \text{ В}$; $U_{\text{хх}} = 75 \text{ В}$. Доля участия основного металла в наплавленном не превышает 5 % (рис. 3).

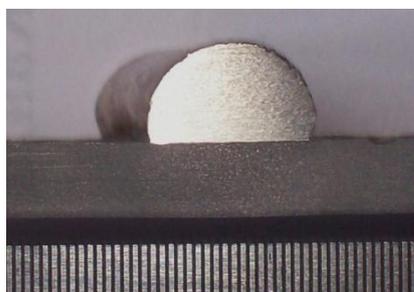


Рис. 3. Внешний вид образца в поперечном сечении, наплавленного электродами аустенитного класса.

Из образцов наплавки электродами МР-3 изготовлены металлографические шлифы для выявления характера микроструктуры. Для травления шлифов способом втирания использовался реактив следующего става: HCl -60 см^3 , CuSO_4 — 12 г, H_2O -60 см^3 . Исследование проводилось под микроскопом МЕТАМ ЛВ-31 при увеличениях $\times 50$ и $\times 100$.

Анализ микрошлифов выявил слоистость структуры наплавленного валика (рис. 4), связанную, очевидно, со спецификой электродного пучка. Хорошо визуализируется характерное для процессов плавления металла дендритное строение. Граница между основным и наплавленным металлом — четкая.

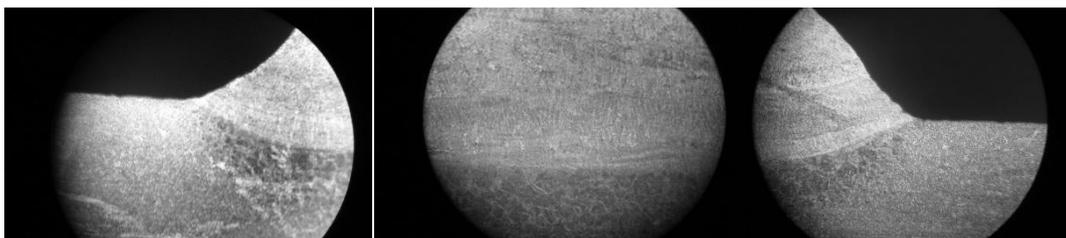


Рис. 4. Общий вид микроструктуры в зоне наплавленного металла.

Переходная зона (рис. 5), от которой происходит рост столбчатых кристаллитных блоков, состоит из основного и наплавленного металла. Околошовная зона имеет крупнозернистую структуру, как результат перегрева основного металла при наплавке. Это свидетельствует о высокой эффективности теплового источника.

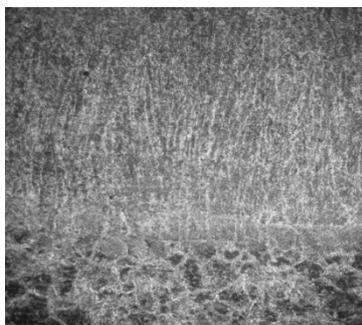


Рис. 5. Переходная зона $\times 100$.

Выводы:

1. Минимальный ток устойчивого горения независимой трехфазной дуги при диаметре электродов 2 мм составляет 50 - 55 А, а при пониженных значениях зажигания дуги становится затруднительным.

Оптимальный интервал токов составляет 60 — 70 А. Превышение этих значений приводит к чрезмерной глубине проплавления основного металла.

В ходе исследований, были получены образцы наплавки трехфазной дугой косвенного действия, в которых, доля участия основного металла в наплавленном составляет менее 10%. Подтверждена высокая производительность технологического процесса наплавки независимой трехфазной дугой покрытыми электродами.

Металлографическим способом были выявлены слоистость наплавленного валика, связанная с конструкцией электродного пучка, а также дендритное строение структуры. Граница между основным и наплавленным металлом — четкая, что связано, вероятно, со сниженным влиянием независимой дуги на основной металл.