

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Любинецкий Максим Михайлович

студент НИУ «МЭИ», РФ, г. Москва

Для улучшения качества шва и повышения производительности процесса ЭЛС разработано и применяется большое количество технологических приемов. Эти приемы целесообразно разделить на три группы. К первой отнесены наиболее изученные и апробированные приемы: формирование шва с обязательным полным проплавлением; развертка и наклон пучка; модуляция тока пучка; подача присадочного материала; применение подкладок; сварка смещенным и «расщепленным» пучком; выполнение прихваток и предварительных проходов. Вторая группа включает достаточно изученные и обоснованные приемы, но не получившие широкого применения: тандемная сварка и сварка в узкую разделку. К третьей группе относятся приемы, целесообразность или возможность реализации которых либо не обоснованы, в том числе экспериментально, либо обоснованы недостаточно: осцилляция уровня фокусировки пучка; применения флюсов; сварка с широкой переходной вставкой и с дополнительным теплоотводом, двусторонняя сварка. Рассмотрим наиболее освоенные приемы [1].

Полное проплавление свариваемого стыка – это наиболее надежный и простой способ, позволяющий исключить корневые дефекты, свести к минимуму угловые деформации, уменьшить вероятность образования пор и раковин благодаря улучшению условий дегазации металла сварочной ванны. При сварке в нижнем положении данный прием применяется для соединения металлов толщиной меньше 40 мм, а при сварке горизонтальным пучком – с толщиной менее 400 мм. В последнем случае для предотвращения вытекания жидкого металла из сварочной ванны иногда устанавливается ограничительная планка вдоль нижней кромки стыка [1].

Развертка электронного луча – чрезвычайно широко используются следующие развертки пучка: продольная, поперечная, X – образная, по окружности, эллипсу или дуге. Эффект от развертки проявляется в изменении мгновенного и усредненного по периоду распределения плотности мощности электронного пучка. Соответственно меняются характер гидродинамических процессов и конфигурация сварочной ванны. Благодаря этому при сварке металлов больших толщин удается резко расширить диаметр и повысить устойчивость канала в сварочной ванне, что благоприятно сказывается на стабильности формирования швов: уменьшается разбрызгивание расплавленного металла, предотвращается вытекание расплава из ванны при сварке горизонтальным пучком. Вследствие изменения формы шва уменьшается склонность к образованию трещин, корневых дефектов и протяженных полостей.

При круговой развертке усредненное распределение плотности мощности пучка имеет провал в приосевой части. Диаметр этого провала (фактически диаметр окружности, описываемой осью сканирующего пучка) и определяет ширину корневой части шва. При радиусе корня 1 – 1,5 мм вероятность появления корневых дефектов минимальна. Заслуживает внимания гипотеза о появлении вращательного движения жидкого металла при круговом сканировании пучка с оптимальной частотой. Возникающие при этом центробежные силы препятствуют развитию волновых возмущений сварочной ванны. Очевидно, что необходимо обеспечить, прежде всего регулярность движения металла на фронте плавления, так как именно там зарождаются основные возмущения ванны. Отсюда частота сканирования пучка при глубине проплавления, например 60 – 100 мм должна быть близка или кратна 120 – 170 Гц для стали и 30 – 60 Гц для алюминия. Однако именно в этом диапазоне частот разверток наиболее

существенно проявляется модуляция плотности мощности пучка вдоль траектории развертки пульсациями ускоряющего напряжения и тока пучка. Пока частоты пульсаций и развертки близки, колебания плотности мощности пучка приблизительно гармонические и амплитуда колебаний медленно меняется также по гармоническому закону. На траектории развертки пучка имеют место несколько точечных участков со значительно большей, чем в среднем, плотностью мощности. Существование этих участков, очевидно, нарушает регулярность движения расплавленного металла, что и затрудняет экспериментальное выявление оптимального диапазона частот развертки. При сравнительно больших частотах развертки (1000 – 2000 Гц) мощность пучка распределяется вдоль траектории развертки практически равномерно. Поэтому на практике обычно используются такие частоты разверток. Двойное преломление пучка при его развертке позволяет значительно (до 10 раз) увеличить угол отклонения пучка относительно оси по сравнению с однократным преломлением при одной и той же ширине шва в его верхней части. Благодаря этому удается эффективно расширять корневую часть шва, что необходимо для подавления корневых дефектов. Этот прием является одним из наиболее перспективных для предотвращения корневых дефектов швов с несквозным проплавлением [1].

Для сварки металлов большой толщины рекомендуется применять *наклонный электронный пучок* – постоянное отклонение которого происходит в направлении его перемещения по изделию [1]. При этом удается избежать S – образной формы фронта кристаллизации, улучшить условия дегазации расплавленного металла при сварке в нижнем положении и обеспечить отток жидкости металла из глубины ванны при сварке на подъем. В последнем случае создаются практически одинаковые условия кристаллизации расплава по всей глубине сварочной ванны. Экспериментально установлено, что угол отклонения пучка должен составлять 5 – 7°. Такой прием позволяет уменьшить количество пор и несплошностей [1].

Сварка с присадкой – этот прием применяется иногда для легирования металла шва или восстановления необходимой концентрации легко испаряемых элементов в шве и достаточно широко – для предотвращения больших зазоров в стыке и исправлении дефектов шва. Для непрерывной подачи в процессе сварки используют в качестве присадочного материала прутки, ленты, сплошная или рубленая проволока, гранулы и порошок. Наибольшее промышленное применение получила сварка с подачей присадочной проволоки диаметром 0,8 – 1,6 мм, особенно для ремонта швов. Обычно проволоку вводят в сварочную ванну позади электронного пучка под углом 15 – 45° к его продольной оси [1]. При этом режим подачи выбирается так, чтобы часть проволоки расплавлялась в жидком металле ванны, а часть – непосредственно электронным пучком.

Возможна подача присадочного материала и спереди электронного пучка. При этом присадочный материал может подаваться как непосредственно в сварочную ванну, так и укладываться на стык перед зоной сварки. Подача присадки спереди пучка затруднена или вообще исключает работу систем слежения за стыком [1].

Зачастую между стыкуемыми поверхностями деталей помещается тонкий слой другого, переходного материала в виде ленты, гранул или порошка, предназначенных для легирования металла шва. Толщина слоя переходного материала в виде вставки должна быть равна диаметру электронного пучка, а в случае наплавки может достигать 10 мм. Такая разновидность приема позволяет осуществить наиболее однородное легирование металла шва и, очевидно, в дальнейшем найдет широкое применение при сварке металлов больших толщин [1].

Предварительные проходы – этот прием используется для проверки позиционирования пучка относительно стыка, предварительного прогрева и очистки свариваемых кромок без их оплавления, выполнения сварки с глубиной меньшей, чем требуется. Может выполняться несколько предварительных сварочных проходов с последовательным возрастанием глубины проплавления. Данный прием позволяет осуществлять существенную дегазацию металла, частичное удаление неметаллических примесей в области будущего сварного соединения и предварительный подогрев.

Осцилляция уровня фокусировки – этот прием предложено применять для получения более равномерного распределения плотности мощности пучка в его продольном направлении для

уменьшения корневых дефектов и вероятности образования протяженных полостей. С этой же целью предлагается синхронно с осцилляцией уровня фокусировки осуществлять неглубокую модуляцию тока электронного пучка [1].

Список литературы:

1. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х т./Редкол.: С24 Г.А. Николаев (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1978 - Т.1/Под ред. Н.А. Ольшанского, 1978, 504 с., ил..