

Величина осевой силы определяется формулой:

$$P_o = 10^{-7} \cdot I_{ce} \cdot \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right);$$

где P_o – осевая сила, Н;

I_{ce} – сила тока, А;

r_1 и r_2 – радиусы электрода и столба дуги (активного пятна)

При сварке в CO_2 из-за диссоциации углекислого газа активное пятно сжимается, поэтому осевая сила пинч – эффекта направлена вверх и противодействует отрыву капли (рисунок 1,б) что и служит одной из основных причин хаотического переноса и повышенного разбрызгивания электродного металла. Так же противодействовать отрыву капли будут все вышеперечисленные силы, действующие на каплю, кроме силы тяжести. В тоже время при сварке в смеси ($Ar + 18\% CO_2$) характер переноса примерно такой же, как в чистом аргоне (см. рисунок 1,а), осевая сила пинч – эффекта направлена вниз и способствует отрыву капли, что объясняет отсутствие сильного разбрызгивания при дуговой сварке в данной смеси.

Таким образом, проведение анализа полученных результатов показало, что состав защитного газа при дуговой сварке плавящимся электродом низкоуглеродистых и низколегированных сталей оказывает влияние на производительность процесса сварки. При этом коэффициент наплавки при дуговой сварке в смеси ($Ar + 18\% CO_2$) имеет более высокое значение и составил $11,89 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$, а в CO_2 – $11,39 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$. В тоже время коэффициент потерь (ψ) при сварке в смеси составил $7,2\%$, при сварке в CO_2 – $10,7\%$, т.е. потери на угар и разбрызгивание электродного металла больше при сварке в углекислом газе, чем в смеси $Ar + 18\% CO_2$.

Список использованных источников

1. Новожилов, Н.М. Основы металлургии сварки в газах / Н.М. Новожилов. – М.: Машиностроение, 1979. – 231с.
2. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под редакцией академика Б.Е.Патона – М., машиностроение, 1974. – 768с.

УДК 621.791.763.1

Влияние технологических параметров на качество сварного соединения при контактной точечной сварке

Магистрант Киселевич Р.А.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

На качество сварного соединения при контактной сварке, наряду с размерами литого ядра точки оказывают влияние: отклонение геометрических параметров и состояние поверхности деталей, физико-механические характеристики материала (твердость, модули упругости и сдвига, предел текучести, электросопротивление); конструкция, геометрические параметры, состояние поверхности, интенсивность охлаждения электрода; тип нагрузочной характеристики, изменение сопротивления вторичного контура в процессе работы, колебания напряжения питающей цепи, изменения динамических характеристик механизма сжатия.

Возможность регулировки давления и тока при правильно выбранном типе нагрузочной характеристики позволяет значительно снизить брак, связанный с параметрами машины. Состояние поверхности (свойства материала, шероховатость, наличие оксидов) определяет требуемую степень деформации поверхности контакта. Чем тверже материал, выше его жесткость в зоне упругих деформаций, тем выше должно быть начальное давление. Локальная пластическая деформация, связанная с пределом текучести материала, приводит к смя-

тию выступов микрорельефа, выдавливанию материала из точек контакта и сопровождается увеличением, как площади пятна контакта, так и разрушением окисных пленок. Критическая деформация выступов может быть оценена выражением:

$$a_{кр} = 5,35 \cdot (1 - \mu^2) \cdot c^2 \cdot \left(\frac{\sigma_T}{E} \right)^2 \cdot r;$$

где E – модуль упругости;

σ_T – предел текучести;

c – коэффициент ($c=3$);

μ – коэффициент Пуассона

Зная величину критической деформации выступов, можно определить среднюю деформацию контактных поверхностей, достаточную для допустимого снижения контактного сопротивления. Однако отклонения геометрических параметров поверхности для партии деталей вызывает нестабильность величин начальных сопротивлений в зоне сварки. Это приводит к изменению выделяемого количества теплоты, диаметра литого ядра и в конечном итоге ведет к изменению прочности сварного соединения. Нестабильность выделения теплоты способствует образованию дефектов сварного соединения: непроварам, выплескам, раковинам, микротрещинам, изменениям структуры, появлениям остаточных напряжений.

Наиболее опасным дефектом является непровар, образование которого связано с уменьшением диаметра литого ядра точки ниже критического. Снижение величины сварочного тока и мощности, увеличение усилия сжатия, диаметра контактной поверхности, зазоров между свариваемыми поверхностями также способствуют возникновению непроваров. Явление выплеска расплава из зоны сварки обусловлено несоответствием скорости нагрева и деформации деталей в начальных локальных зонах контакта, геометрическими отклонениями свариваемых поверхностей. Выплески приводят к нестабильности размеров литого ядра и снижению прочности сварного соединения.

Причинами снижения прочности сварного соединения при контактной сварке также являются снижение сварочного усилия в конце процесса, неправильный выбор размеров и формы рабочей поверхности, условий работы электродов, времени приложения ковочного усилия, места расположения сварных точек.

В результате появления начальных и конечных выплесков в литой зоне точки могут образовываться раковины, поры, глубокие вмятины на поверхности свариваемых деталей. Перечисленные дефекты также отрицательно влияют на картину распределения остаточных напряжений и на несущую способность точечных соединений.

При выборе оптимальных параметров режима точечной сварки необходимо учитывать условия формирования структуры металла в процессе сварки. Интервал кристаллизации и температурный интервал хрупко вязкого перехода определяют склонность свариваемых металлов к образованию горячих трещин.

При контактной сварке листов без зазора увеличение площади контакта электрода и, соответственно, увеличение отвода тепла приводит к уменьшению диаметра (6,45 и 5,6 мм) и высоты ядра (1,6 и 1,2 мм), увеличению диаметра отпечатка (5,8 и 8,3 мм) и снижению высоты отпечатка (0,3 и 0,2 мм). Микротвердость литого ядра составляет порядка 267–269 HV, околошовной зоны – 195–204 HV, при микротвердости основного материала – 148 HV. Микроструктура литого ядра имеет более мелкие дендритные кристаллы. Интенсивный отвод тепла формирует грубые дендритные кристаллы более пластичной околошовной зоны. При увеличении пластической деформации диаметр вмятины увеличивается.

При контактной сварке листов без зазора увеличение площади контакта электрода и соответственно увеличение отвода тепла приводит к увеличению диаметра ядра (5,6 и 5,85 мм), высота ядра практически не изменилась – 1,35 мм, диаметр отпечатка уменьшился (7,25 и 6,5 мм), а высота отпечатка увеличилась (0,25 и 0,35 мм). Микротвердость литого ядра 242–258 HV, око-

лошовной зоны – 189–191 HV. При увеличении отвода тепла формируется более твердая околошовная зона, снижается пластичность материала, что приводит к снижению диаметра отпечатка.

Вследствие специфики термического и деформационного циклов сварки структура соединений в значительной степени отличается от структур металла, образующихся после литья или прокатки. Здесь превращение аустенита протекает при больших скоростях нагрева. При точечной сварке деталей малой толщины скорость нагрева достигает $200000^{\circ}\text{C}/\text{с}$. С увеличением скорости нагрева положение критических точек изменяется и расширяется температурный интервал превращений, что заметно влияет на кинетику распада аустенита. Аустенитизация происходит в условиях непрерывного нагрева и охлаждения металла, подвергающегося деформации. Это приводит к замедлению растворения карбидов, неполной гомогенизации и др.

Свойства сварных соединений определяются развитием диффузионных процессов на границе литой точки и околоточечной зоны, размером и направленностью кристаллитов и др. Указанные особенности формирования структур влияют на несущую способность точечных соединений.

УДК 621.791.03

Проблемы и перспективы развития оборудования для сварки плавлением

Студенты гр.10403116: Снитко Д.В., Разумович Е.Р., Назаров Д.А.
Научный руководитель – Гольцова М.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

За время, прошедшее с 1802 года, когда русский ученый Василий Владимирович Петров обнаружил, что при пропускании электрического тока через два угольных стержня между их концами возникает высокотемпературная электрическая дуга, и предложил использовать ее для расплавления металлов, сварочные технологии шагнули далеко вперед. В сварке плавлением новые технологии появлялись с открытием новых способов нагрева металла, и к сегодняшнему дню источники питания сварочной дуги классифицируются по разным признакам, от способа производства энергии до рода используемого электрического тока.

По некоторым оценкам, к началу XXI в. около 70% объема мирового рынка сварочной техники и услуг приходилось на сварочные материалы и около 30% – на сварочное оборудование. Развитие и усовершенствование оборудования происходит непрерывно, в направлении обеспечения гарантированного производства высококачественных сварных соединений.

В этом ракурсе на первое место выходит автоматизация процесса сварки. Она позволяет создавать принципиально новые технологические процессы, в которых для создания шва параметры тока изменяются по специальному алгоритму. Дополнительное преимущество автоматизации – возможность выполнения работ неквалифицированным исполнителем. Для осуществления автоматической сварки требуется целый комплекс разнообразных машин, механизмов и приспособлений, составляющих автоматическую установку для дуговой сварки.

Второе направление усовершенствования оборудования для сварки – обеспечение его портативности. Легкие и малогабаритные инверторы уже стали привычными аппаратами для сварки, а рынок производителей инверторов настолько широк, что можно подобрать инвертор «на любой кошелек».

Третье направление, реализуемое сегодня – это расширяющееся использование программируемых сварочных роботов. При всех достоинствах роботов, ограничение в их применении вызвано их высокой стоимостью, нехваткой специалистов, способных управлять роботизированными системами и сложностью задания определенных параметров. Поэтому, несмотря на острый интерес в сварочной робототехнике, бурными темпами вытеснить в ближайшее время традиционные виды сварки они не смогут.