

**Исследование производительности процесса при дуговой сварке в защитных газах
(CO₂ и его смеси с аргоном) плавящимся электродом низкоуглеродистых
и низколегированных сталей**

Студенты гр.10403116: Лобанова М.А., Климович В.С., Фесенко Н.В.,
Казак И.И., Заболоцкий А.С.
Научный руководитель – Урбанович Н.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

На производительность процесса дуговой сварки влияют следующие факторы: сварочный ток ($I_{св}$); коэффициент расплавления электрода (α_p); коэффициент наплавки (α_n) и т.д. Любой процесс дуговой сварки неизбежно сопровождается более или менее значительными потерями металла на угар и разбрызгивание. Угар – испарившаяся или окислившаяся часть расплавленного металла электрода и сварочной ванны, не попавшая в сварочную ванну. Разбрызгивание – разбрасывание мелких и крупных капель расплавленного металла электрода и сварочной ванны. Часть этих капель выбрасывается за пределы свариваемой детали, а часть прилипает к ее поверхности вдоль шва.

Разбрызгивание металла – нежелательное явление, сопутствующее процессу переноса. В результате разбрызгивания снижается производительность процесса сварки, увеличиваются затраты на зачистку сварных соединений от брызг; расход сварочных материалов, электроэнергии. Разбрызгивание при сварке в защитных газах зависит от рода защитного газа, вида процесса сварки и переноса электродного металла, диаметра электрода и техники сварки, состава и типа электродной проволоки, наличия загрязнений на проволоке и свариваемом металле, качества защиты зоны сварки и свойств источника питания током.

Целью данной работы являлось проведение анализа показателей производительности при дуговой сварке в углекислом газе и смеси с аргоном плавящимся электродом низкоуглеродистой и низколегированной стали.

Для проведения экспериментов использовали полуавтомат TransPulsSynergic 4000 фирмы Fronius в защитном газе проволокой сплошного сечения диаметром 1,0 мм марки Св-08Г2С. На пластины (один валик-одна пластина) размером 180×100×6 наплавляли валики в CO₂ и смеси (Ar + 18% CO₂) без перерыва при включенном секундомере в нижнем положении, фиксируя при этом показания сварочного тока, напряжения, время сварки и скорость подачи проволоки. Наплавку проводили на следующих режимах: сила сварочного тока ($I_{св}$) – 130А; напряжение дуги (U_d) – 21,2В; полярность – обратная; скорость подачи проволоки ($V_{п.п.}$) – 180м/ч; расход газа – 13л/мин; вылет проволоки – 5 мм.

Наплавку осуществляли на три пластины с применением каждого из защитных газов. Перед наплавкой и после пластины взвешивали. С целью определения массы расплавленной проволоки взвесили также один метр сварочной проволоки, масса которой составила 8,6 г.

Для определения коэффициента расплавления, коэффициента наплавки и коэффициента потерь металла на угар и разбрызгивание использовали следующие расчетные формулы:

$$\alpha_p = \frac{m_p}{I_{св} t_0}; \alpha_n = \frac{m_n}{I_{св} t_0}; \psi = \left(\frac{m_p - m_n}{m_p} \right) \cdot 100\%,$$

где α_p – коэффициент расплавления, г/(А·ч);

α_n – коэффициент наплавки, г/(А·ч);

ψ – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание, %;

m_p – масса расплавленной во время горения дуги электродной проволоки, г;

m_n – масса наплавленной электродной проволоки, г;

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

t_0 – время горения дуги, ч

Средние значения, полученных данных в результате проведенных экспериментов, занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты проведенных исследований

Защитный газ	Коэффициент расплавления, α_p , г/(А·ч)	Коэффициент наплавки, α_n , г/(А·ч)	Коэффициент потерь, ψ , %
CO ₂	12,76	11,39	10,7
Ar + 18% CO ₂	12,81	12,81	7,2

Анализ, полученных результатов исследования, показал, что почти при равных значениях коэффициента расплавления электродной проволоки, значения коэффициента наплавки выше при дуговой сварке плавящимся электродом в смеси (Ar + 18% CO₂), чем в CO₂, а коэффициент, характеризующий потери электродного металла на угар и разбрызгивание, ниже при сварке в смеси (Ar + 18% CO₂).

На потери значительное влияние оказывает характер переноса электродного металла в сварочной дуге. Из литературы известно [1,2], что характер переноса электродного металла зависит от соотношения сил, действующих на каплю металла на торце электрода. Основные из них: сила тяжести, сила поверхностного натяжения, электродинамические силы пинч-эффекта, реактивная сила давления паров и газов, сила давления газовых (плазменных) потоков.

Величины отдельных сил и направление их равнодействующей зависят от режима сварки, полярности тока, состава электродного металла, состояния поверхности проволоки и её диаметра, а также газовой среды. Следует отметить, что значительное влияние на перенос металла оказывает электродинамическая сила пинч-эффекта.

При протекании тока через проводник, каковыми являются капля жидкого металла и столб дуги, возникают силы, которые стремятся деформировать проводник в радиальном направлении. Величина силы сжатия пропорциональна квадрату силы тока. Если сечение проводника переменное (в случае сварки плавящимся электродом, включающее электрод – каплю – активное пятно – столб дуги), то возникает осевая составляющая электродинамической силы, направленная от меньшего сечения к большему. Если размеры активного пятна меньше, чем диаметр электрода (шейки), то осевая сила будет препятствовать переносу, и наоборот. На рисунке 1 показано направление осевой силы (P_0) в зависимости от соотношения площадей активного пятна на поверхности капли и сечения шейки.

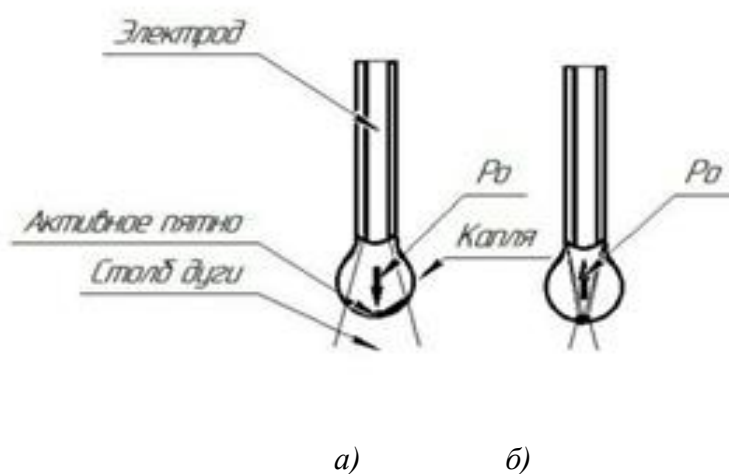


Рисунок 1 – Направление осевой составляющей электродинамической силы пинч – эффекта в проводниках переменного сечения:

- а* – направление P_0 , свойственное для атомарных газов;
- б* – направление P_0 , свойственное для молекулярных газов

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 ($\text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$) 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 ($\text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$) 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 $\text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$.

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-