

## ИМПУЛЬСНО-ДУГОВАЯ СВАРКА НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ ЛЕГКИХ СПЛАВОВ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

Б. К. ПАНИБРАТЦЕВ, А. Ф. КНЯЗЬКОВ, С. Г. ВАРФАЛОМЕЕВ

(Представлена научно-техническим семинаром  
отдела статических преобразователей НИИ АЭМ при ТПИ)

Применение импульсов энергии для аргоно-дуговой сварки тонколистовых металлов известно с 1953 года. Импульсно-дуговая сварка неплавящимся электродом в защитных газах на постоянном токе сталей, меди, титана, никеля и т. д. нашла широкое применение в промышленности.

Известно, что при сварке легких сплавов использование эффекта катодного распыления окисных пленок облегчает сплавление кромок. Импульсная дуга постоянного тока обратной полярности, создавая катодное распыление, не нашла применения для сварки алюминия и магния из-за оплавления вольфрамового стержня уже на токах 10—15 ампер.

Применение переменного тока для сварки неплавящимся электродом алюминия, магния и сплавов на их основе является наиболее целесообразным. Благодаря тому, что в полупериод, когда на изделии минус происходит катодное распыление окисных пленок и значительное выделение тепла на аноде—вольфраме, а в следующий полупериод, соответствующий прямой полярности, происходит некоторое остывание вольфрамового электрода, удается использовать вольфрамовые стержни диаметром 1—1,5 мм, сваривая изделия толщиной 1 мм на токах 30—40 ампер.

Однако аргоно-дуговая сварка на переменном токе тонколистовых конструкций из легких металлов представляет большие трудности. Использование существующих источников питания и технологии аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом легких сплавов толщиной менее 1 мм практически невозможно из-за прожогов и несплавлений. Снижение величины сварочного тока до 10—20 ампер приводит к нестабильному горению дуги и нарушению процесса.

Дуга становится пространственно неустойчивой, катодное пятно возникает то на одной, то на другой кромке свариваемых деталей. Кромки оплавляются, стремясь занять минимальную поверхность, а толщина окисной пленки с нагревом еще больше возрастает. Уменьшение величины дугового промежутка, с целью повышения устойчивости и стабильности горения дуги, не дает эффекта и приводит к частым коротким замыканиям и загрязняет шов.

Использование теплоотводящих подкладок приводит к большим технологическим трудностям, однако и эта мера не дает стабильного качества и возможности сваривать тонкостенные конструкции.

Так как устойчивость катодного пятна нарушается, то нарушается и

стабильность катодного распыления, что приводит к несплавлению кромок свариваемых деталей. Нарушение устойчивости процесса объясняется как различием теплофизических свойств материала электродов, приводящим к появлению постоянной составляющей, так и изолирующими свойствами окисной пленки на поверхности алюминия. Известно, что при 20°C окись алюминия имеет сопротивление  $4 \cdot 10^{15} \text{ ом/см}$  (для сравнения сопротивление у фарфора составляет  $3 \cdot 10^{14} \text{ ом/см}$ ), причем с ростом температуры сопротивление уменьшается мало, по сравнению с другими изоляторами. Поэтому, вероятно, в полупериоды обратной полярности из-за большой скорости охлаждения тонколистового алюминия и большой температурной прочности окисной пленки мощности дуги на токах 10—12 ампер недостаточно для полного разрушения окисной пленки и возникновения устойчивого катодного пятна. На осциллограмме, представленной на рис. 1, видны перерывы тока дуги в полупериоды, соответствующие обратной полярности. Только при увеличении действующего значения переменного тока до 20 ампер дуга горела сравнительно устойчиво.

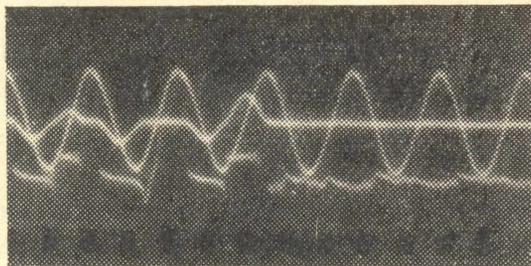


Рис. 1. Отсутствие тока дуги в полупериоды обратной полярности. Ток дуги 10а

В НИИ автоматики и электромеханики при Томском политехническом институте разработан способ импульсно-дуговой сварки легких металлов и их сплавов на переменном токе неплавящимся электродом в защитных газах с катодным распылением окисных пленок. Разработанный способ позволяет сваривать на весу без прижимов и подкладок тонкостенные конструкции толщиной 0,5—1,5 мм. На рис. 2 приведены осциллограммы процесса импульсно-дуговой сварки на переменном токе. Импульсы представляют собой группу синусоид. Увеличивая или уменьшая число периодов, а также меняя амплитуду синусоид, можно регулировать тепловую мощность импульса, причем разработанный источник питания для импульсной сварки позволяет менять параметры импульса непосредственно в процессе сварки. Использование импульсов для сварки позволяет поднять ток до величины, при которой дуга горит устойчиво, т. е. до 20 ампер. Благодаря дискретности процесса тепловложения прожоги не образуются и значительно уменьшается коробление.

Характерной особенностью импульсно-дуговой сварки на переменном токе легких металлов и их сплавов является возможность управления процессом плавления и кристаллизации металла, что позволяет заваривать кратер, осуществлять начало и окончание сварки с полным проплавлением и без заходных планок. Значительно упрощается техника ведения ручной сварки, что снижает стоимость производства конструкций.

При импульсном вводе тепла расплавленная ванночка кристаллизуется в виде круга. Длительность паузы выбирается такой, чтобы рас-



Рис. 2. Оциллограмма процесса импульсно-дуговой сварки на переменном токе

плавленный объем металла успел закристаллизоваться на 80%. Частоту следования импульсов и скорость сварки выбирают такими, чтобы расплавленные за время импульса ванночки перекрывались на  $\frac{2}{3}$ .

Раплавляемые и кристаллизирующиеся в течение одного цикла  $T_{\text{ц}} = T_{\text{и}} + T_{\text{п}}$  объемы металла образуют своеобразные перемиčky, значительно снижающие провисание обратной стороны шва при сварке со сквозным проплавлением. Кроме того, этому способствует прочность окисной пленки, которая нагревается значительно меньше, по сравнению с непрерывным режимом сварки.

Снижение зоны термического влияния в результате концентрированного ввода тепла в течение импульса  $q_{\text{и}} = 0,24 U I t_{\text{и}} \cdot \eta$  повышает механические свойства шва на 4—8%.

Тонкостенные конструкции толщиной 0,5—1 мм свариваются в стык без присадки и отбортовки кромок, что значительно повышает циклическую прочность шва, так как в данном случае отсутствуют несплавления в корне шва. Применяя отбортовку кромок и присадочную проволоку, можно сваривать элементы с толщиной стенки 0,2 мм.

Структура швов, выполненных импульсной дугой, плотная, зона рекристаллизации значительно уже, чем при обычной аргоно-дуговой сварке.

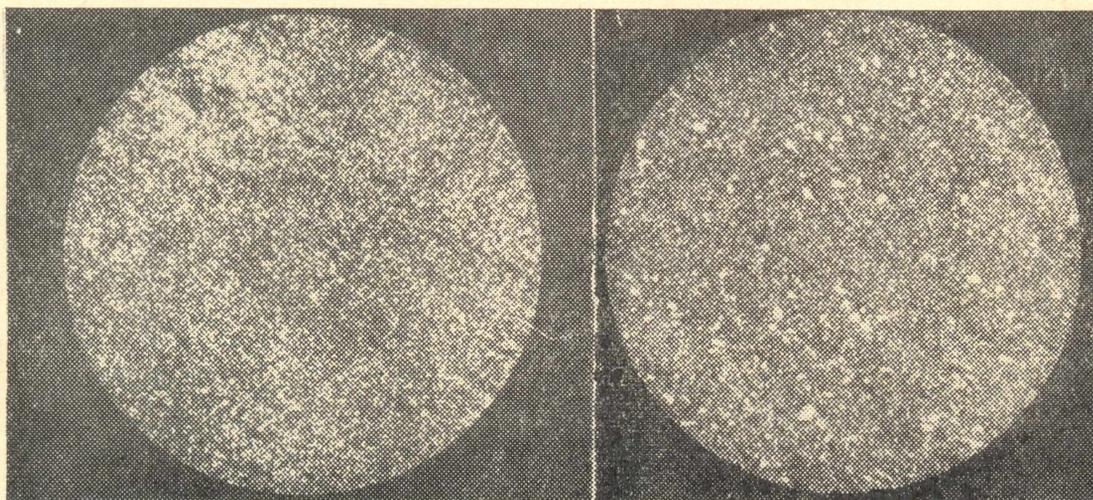


Рис. 3. Фотографии микроструктур. Сплав АМГ-6: а) основной металл; б) шов;  $\times 600$

Микроструктура характеризуется равномерным распылением  $\beta$ -фазы в твердом растворе, причем выделения интерметаллических соединений мельче. На рис. 3 представлены фотографии микроструктур основного металла и шва. Результаты, полученные при импульсно-дуговой сварке

на переменном токе различного типа тонкостенных изделий из сплавов алюминия, свидетельствуют о высокой надежности способа и преимуществе по сравнению с другими дуговыми способами. Импульсно-дуговая сварка успешно внедрена на производстве. Применение импульсно-дуговой сварки открывает широкие возможности для создания принципиально новых тонкостенных изделий из легких сплавов (алюминия, магния и сплавов на их основе) в аппаратостроении, приборостроении, радиотехнической, машиностроительной и других отраслях промышленности.

---