

УДК 621.791.793.74

Макаренко Н. А., Пресняков В. А., Богуцкий А. А., Грановская Н. А.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА МИКРОИМПУЛЬСНОЙ СВАРКИ

Сварка тонколистового металла, тонкостенных труб в ручном и автоматическом режимах применяется в приборостроении, энергетике, а также в других отраслях современного высокотехнологичного производства. В тоже время, вследствие низкой пространственной устойчивости малоамперной дуги и значительных размеров пятна нагрева, аргонодуговая сварка неплавящимся (вольфрамовым) электродом не позволяет получать сварные соединения высокого качества.

Разработанный в ИЭС им. Е. О. Патона процесс микроплазменной сварки не имеет данных недостатков [1]. Однако сложность и высокая стоимость оборудования для этого способа сварки, необходимость применения плазмотронов жидкостного охлаждения ограничивают применение микроплазменной сварки (особенно в случае возникновения производственной необходимости применения ручного режима сварки [2], например, при проведении ремонтных и монтажных работ).

В связи с этим актуальной является задача разработки способа сварки, позволяющего выполнять сварочные работы на тонком металле в ручном режиме, что требует создания оборудования, не имеющего (в необходимом комплекте) наличия громоздкого плазмотрона жидкостного охлаждения.

Цель работы – разработка способа и оборудования для аргонодуговой сварки, обеспечивающего высокую концентрацию тепла в пятне нагрева и высокую пространственную стабильность дуги, то есть способа, сочетающего в себе достоинства аргонодуговой и микроплазменной сварки.

Для решения поставленной задачи является целесообразным применение режима горения дуги (горящей в аргоне), позволяющего максимально использовать ее динамические характеристики [3].

Известно [3, 4], что при резком изменении напряжения на дуге ток дуги достигает величины, соответствующей этому напряжению (с незначительным запозданием). Обычно считается, что скорость нарастания тока, при которой проявляются такие явления, должна составлять величину, превышающую значение, равное $1,7 \times 10^6$ А/с [5].

В тоже время Э. М. Эсбиян, исследуя малоамперную дугу, горящую в аргоне, с применением процесса сварки неплавящимся вольфрамовым электродом, установил, что при резком увеличении тока, а также при его резком снижении переходные процессы в ней протекают за время на 2–3 порядка большее [6], чем в сильноточной дуге (что объясняется малыми размерами активных пятен на электродах при малом токе дуги) [5, 6].

Таким образом, при использовании малоамперной дуги при резком увеличении тока дуги (в течении некоторого времени, соответствующего длительности протекания переходных процессов в дуге) плотность тока в столбе дуги и в активных пятнах оказывается намного выше, чем при стационарной дуге, горящей на том же токе, что приводит к более высокой плотности энергии как в активном пятне дуги, так и в ее столбе (в данном случае дуга во время протекания переходного процесса по своим свойствам приближается к микроплазменной). В связи с этим является необходимым проведение работ по исследованию переходных процессов в дуге, в частности по их длительности в зависимости от технологических режимов сварки, что и является основной задачей исследований.

Для решения поставленной задачи собрана лабораторная установка на основе выпрямителя ВС-300Б. Для регулировки силы тока импульса использовался балластный реостат РБ-302. Для регулировки тока паузы был изготовлен балластный реостат, позволяющий производить регулировку тока в пределах 0,5–12 А с дискретностью 0,5 А. В качестве генератора импульсов применялся электронный ключ на основе IGBT транзистора, рассчитанного на ток 200 А.

Во избежание влияния индуктивности на скорость нарастания тока в момент прохождения импульса дроссель выпрямителя ВС-300Б был из схемы исключен, а параллельно выпрямителю включена батарея электролитических конденсаторов общей емкостью 80 тыс. мкФ (рис. 1). С этой же целью (после возбуждения дуги) возбудитель исключался из сварочной цепи контактами магнитного пускателя К.

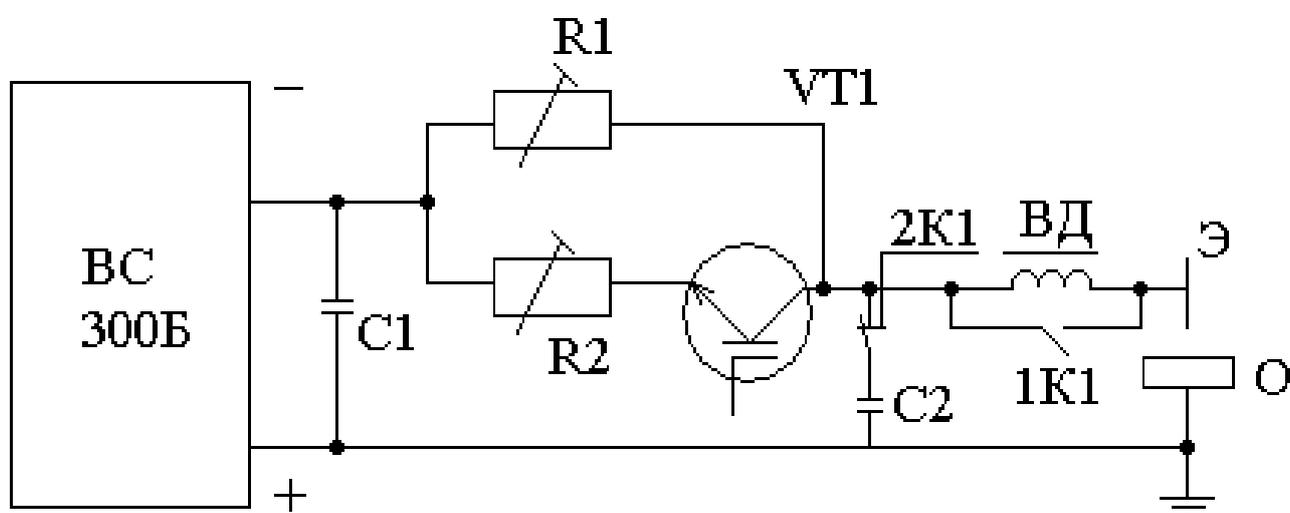


Рис. 1. Упрощенная принципиальная схема опытной установки:

R1 – балластный реостат; R2 – балластный реостат тока импульса; VT – силовой транзистор, С1 – конденсаторная батарея; С2 – защитный конденсатор; ВД – возбудитель дуги (УПД1); 1К1 – 2К1 – контакты контактора отключения

Все соединения выполнены кабелем КГ25 (при минимально возможной его длине) в качестве образца применялась труба из стали 12Х18Н10Т (диаметром 58 мм, толщиной стенки 3 мм).

После каждого опыта труба перемещалась так, чтобы последующий опыт производился на новом ее участке. Напряжение на выходе выпрямителя составляло 43 В. Длина дугового промежутка – 3 мм. В качестве наплавляющего электрода применялся вольфрамовый электрод марки ВЛ20 диаметром 1,0 мм с углом заточки 30°. Электрод перетачивался после каждого эксперимента защитного газа (аргона) высшего сорта – расход 8 л/мин.

Длительность протекания переходных процессов определялась с помощью электроно-лучевого осциллографа.

Исследовали влияние величины тока импульса на длительность переходного процесса нарастания тока дуги при постоянном значении тока дежурной дуги – 0,5 А.

Полученные результаты, приведенные на рис. 2, показывают, что с увеличением тока импульса длительность переходного процесса увеличивается, при этом наибольшая скорость возрастания длительности переходного процесса наблюдается в области тока импульса,

равного по величине 40–65 А, а при дальнейшем увеличении тока импульса увеличение длительности переходного процесса происходит более замедленно (что объясняется наиболее значительным нагреванием вольфрамового электрода) [4].

Исследовалось влияние тока дежурной дуги на длительность переходного процесса во время нарастания тока дуги в момент прохождения импульса тока. Установлено (рис. 3), что с ростом тока дежурной дуги длительность переходного процесса уменьшается, при этом наиболее эффективное сокращение длительности переходного процесса происходит в диапазоне токов дежурной дуги 3,5–7,5 А.

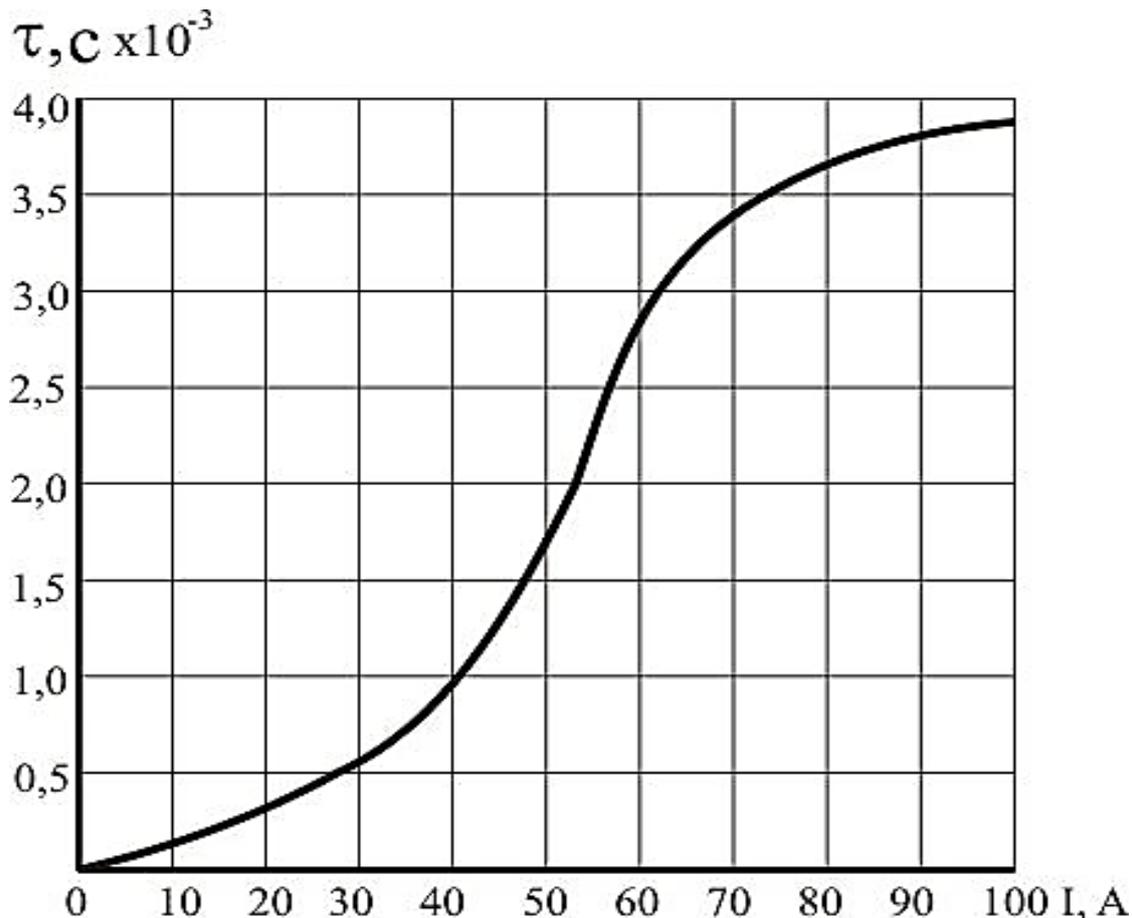


Рис. 2. Зависимость длительности переходного процесса нарастания тока дуги от величины импульса

Аналогичные результаты получены и для переходных процессов в момент спада тока (при окончании импульса).

Предполагая равенство времени длительностей импульса и паузы, можно считать, что диапазон частот, при котором дуга будет гореть в режимах, соответствующих динамическим характеристикам, составит от 125 до 10000 Гц, что является вполне приемлемым значением для процессов сварки (учитывая небольшую длину шлангового пакета аргонодуговой горелки (3 м) и длину обратного кабеля, индуктивность которых на этих частотах не окажет существенного влияния на переходные процессы в сварочной дуге).

Считаем целесообразным продолжить дальнейшие исследования в направлении определения влияния других параметров режима сварки (в том числе – длительности импульсов и пауз, расхода газа и его состава, длины дуги и т. д.) на переходные процессы в сварочной дуге.

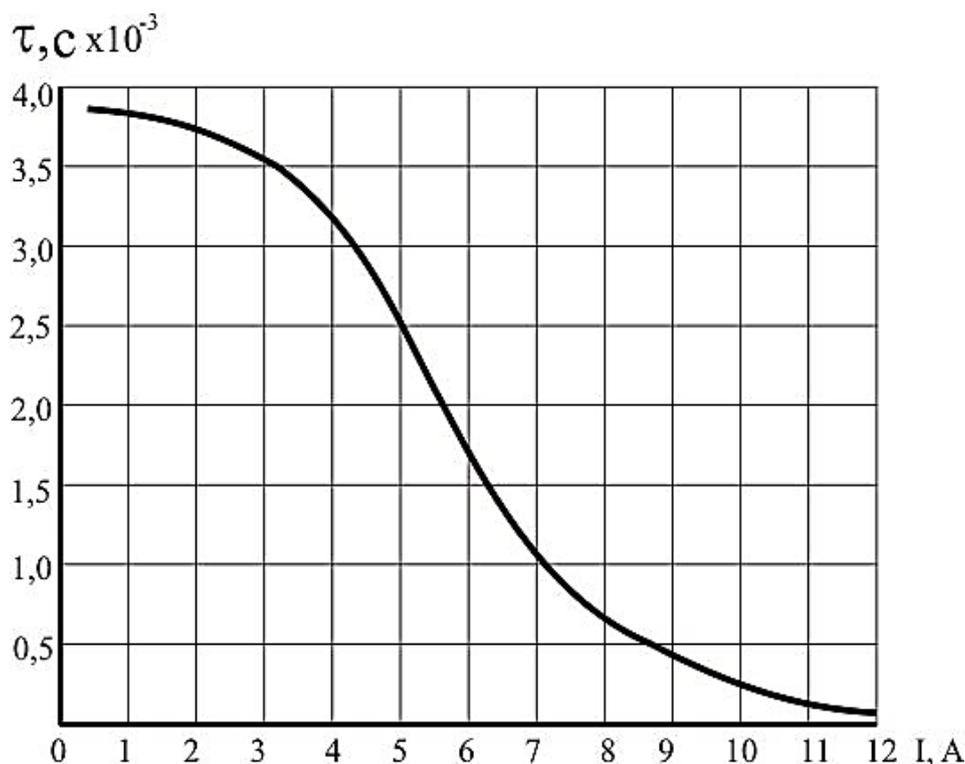


Рис. 3. Залежність тривалості переходного процесу наростання струму від величини струму дежурної дуги при тоці імпульса $I_H = 100$ А

ВИВОДИ

Установлено, що збільшення значення величини струму імпульсу дуги приводить до збільшенню тривалості протікання переходних процесів в ній при аргонодугової сварки вольфрамовим електродом.

Доказано, що збільшення струму дежурної дуги приводить до скороченню тривалості переходних процесів.

Дослідження показали, що при однаковій величині тривалості пауз і імпульсів струму дуга горить в режимі динамічних характеристик в діапазоні частот 125–10000 Гц (в залежності від режиму).

Дослідження показали, що для досягнення режимів, відповідних динамічним характеристикам, цілесообразно застосовувати потужний IGBT транзистор в якості ключового елемента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Технология электрической сварки металлов и сплавов / под ред. Б. Е. Патона. – М. : Машиностроение, 1994. – 768 с.*
2. Патон Б. Е. *Микроплазменная сварка / Б. Е. Патон, В. С. Гвоздецкий, Д. А. Дудко. – К. : Наукова думка, 2001. – 248 с.*
3. *Ленивкин В. А. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах / В. А. Ленивкин, Н. Г. Дюргеров, Х. Н. Сагиров. – М. : Машиностроение, 1998. – 264 с.*
4. *Лесков Г. И. Электрическая сварочная дуга / Г. И. Лесков. – М. : Машиностроение, 2001. – 335 с.*
5. *Дюргеров Н. Г. Оборудование для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом / Н. Г. Дюргеров, Х. Н. Сагиров, В. А. Ленивкин. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 80 с.*
6. *Эсибян Э. М. Тепловой баланс сварки импульсной малоамперной дугой / Э. М. Эсибян, Б. И. Шнайдер // Автоматическая сварка. – 1967. – № 4. – С. 16–19.*