

УДК 621.791.763

СТАБИЛИЗАЦИЯ КОНТАКТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПРИ ТОЧЕЧНОЙ МИКРОСВАРКЕ

С.Ф. Гнусов, А.С. Киселев, М.С. Слободян, Б.Ф. Советченко

Томский политехнический университет

E-mail: s.m.s@ngs.ru

Оценено влияние закона изменения подогревающего импульса тока при точечной микросварке на стабилизацию контактных сопротивлений. Определены оптимальные амплитудно-временные параметры импульса при производстве дистанционирующих решеток толщиной 0,25 мм из сплава Э110.

Стабильность формирования соединений при точечной контактной сварке зависит от множества факторов, и, прежде всего, от сопротивления участка электрод-электрод $R_{\text{эз}}$ в момент включения тока, которое складывается из собственных сопротивлений свариваемых деталей ($R_{\text{д1}}$ и $R_{\text{д2}}$), контак-

тных сопротивлений: деталь-деталь ($R_{\text{дд}}$) и электрод-деталь ($R_{\text{эд1}}$ и $R_{\text{эд2}}$) [1, 2]. Наибольшее влияние на стабильность $R_{\text{эз}}$ оказывают контактные сопротивления, величина которых в значительной степени определяется состоянием поверхностей (окисные пленки, шероховатость, волнистость и т.д.) [3, 4].

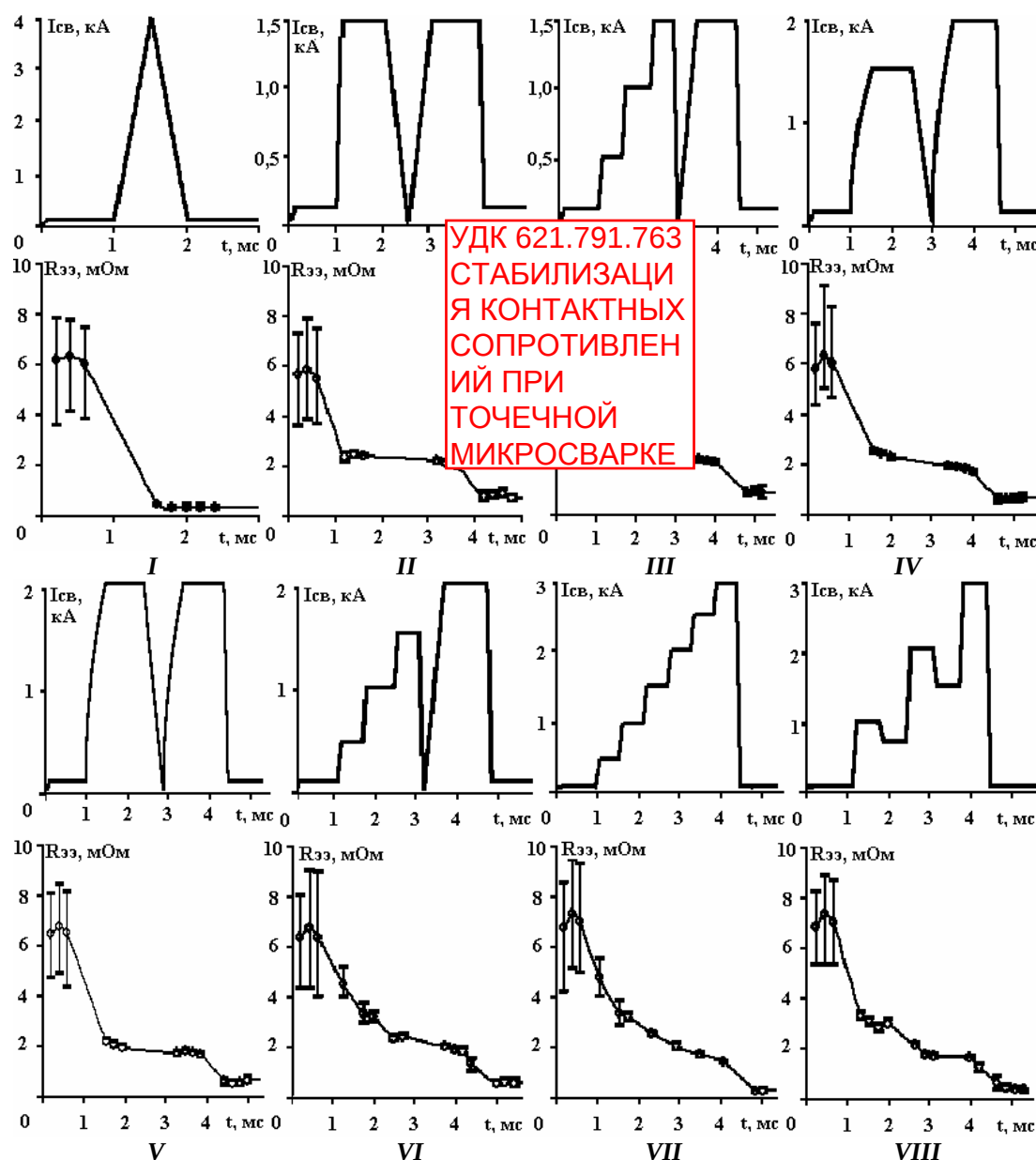


Рис. 1. Временные диаграммы подогревающих импульсов тока и соответствующие им изменения $R_{\text{эз}}$

Одним из путей стабилизации контактных сопротивлений является применение подогревающего импульса тока [5]. В литературных источниках отсутствуют рекомендации по выбору амплитудно-временных параметров подогревающего импульса тока, что не позволяет в полной мере реализовать возможности современных источников питания с программным управлением для точечной микросварки [6–8]. В связи с этим возникает необходимость исследования влияния закона изменения тока подогревающего импульса на стабилизацию контактных сопротивлений.

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований влияния амплитудно-временных параметров подогревающего импульса тока на характер изменения сопротивления R_{Σ} .

Исследования проводили с использованием специализированного сварочного комплекса [7, 8]. В качестве образцов использовали ячейки дистанционирующих решеток (ДР) твэлов из сплава Э110 толщиной 0,25 мм двух партий поставки. Параметры шероховатости поверхностей ячеек ДР, измеренных с использованием профилографа-профилометра Talysurf-5, для первой партии поставки со-

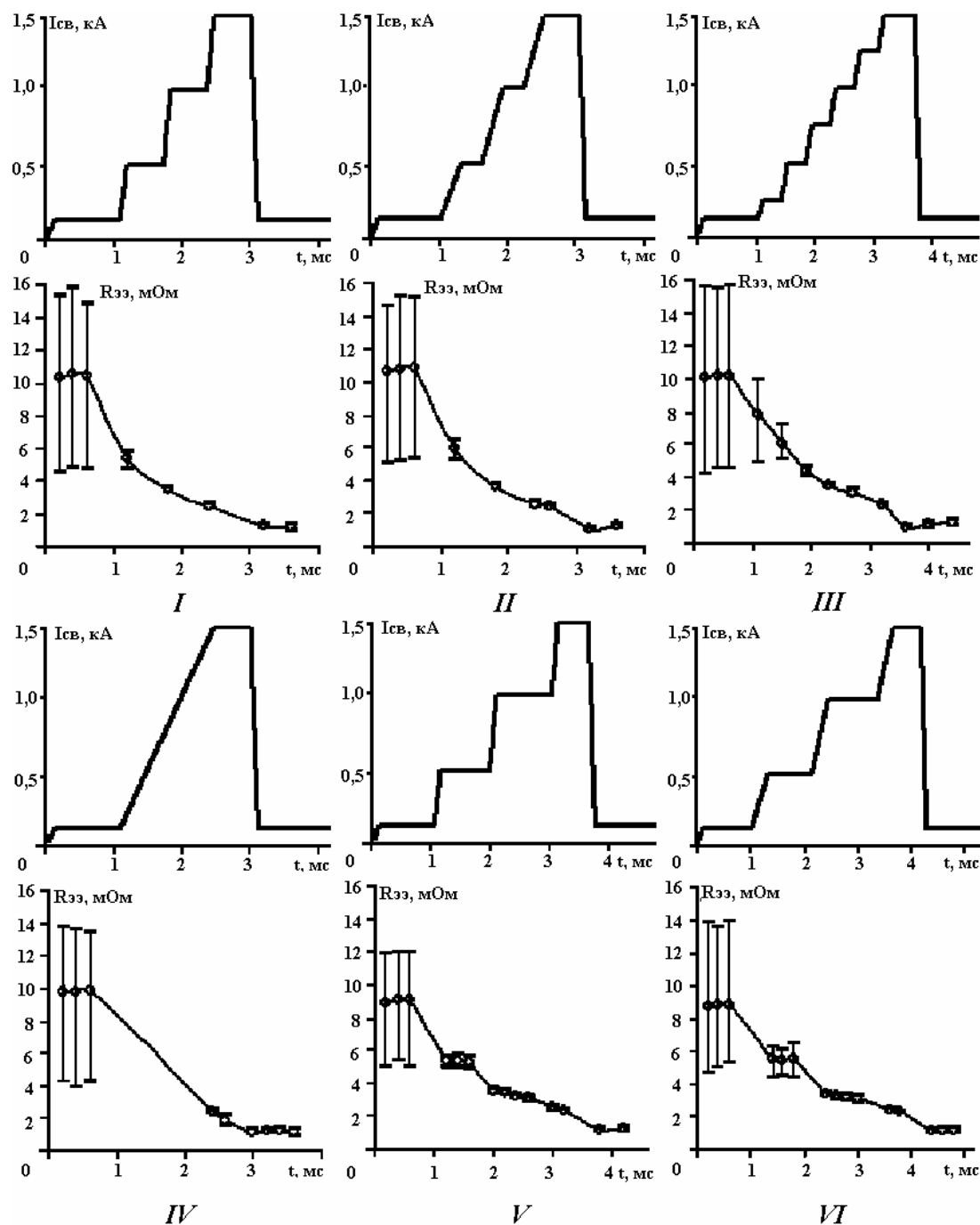


Рис. 2. Временные диаграммы подогревающих импульсов тока и соответствующие им изменения R_{Σ}

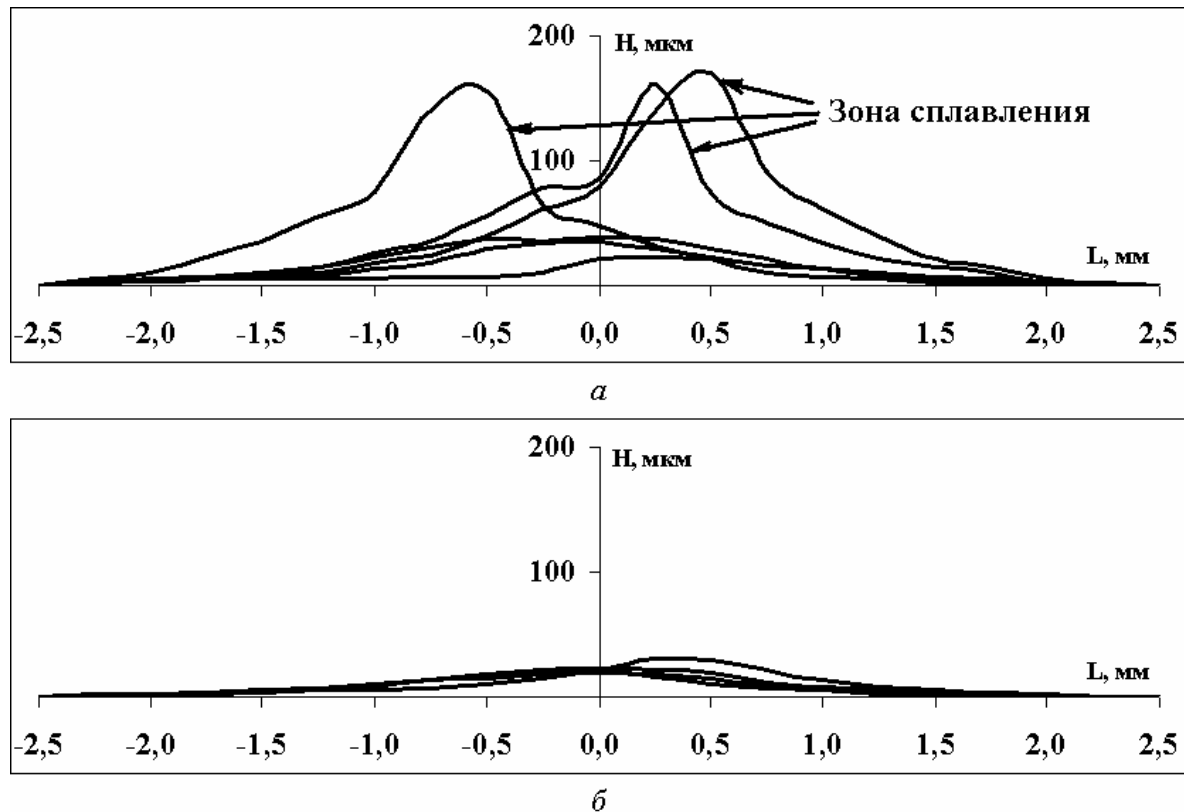


Рис. 3. Профилограммы контактирующих поверхностей деталей после подогрева импульсами тока: а) режим I, рис. 1; б) режим I, рис. 2

ставили: $R_a=0,092$, $R_{\max}=2,955$, для второй – $R_a=0,123$, $R_{\max}=1,207$. Волнистость на длине ячеек 20 мм в обоих случаях составляла $2 \cdot 10^{-2}$ мм. Применяли электроды из бронзы Бр.ХЦр со сферической рабочей поверхностью радиусом 4 мм. Усилие сжатия электродов F_z задавали 300^{+40} Н.

Первоначально исследовали влияние амплитудно-временных параметров подогревающих импульсов на характер изменения $R_{\text{с}}$ (рис. 1). Начальное значение $R_{\text{с}}$ определяли при протекании тока минимальной величины (125 А) в течение 1 мс. С целью выяснения влияния параметров подогревающего импульса тока на состояние контактирующих поверхностей проводили их профилографию после прохождения соответствующего импульса тока.

На рис. 1 показан характер зависимостей изменения $R_{\text{с}}$ в процессе подогрева деталей. Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод, что при исследованных режимах наиболее благоприятные условия для стабилизации $R_{\text{с}}$ создаются при дискретном (500 А) повышении тока до 1,0...1,5 кА в течение 1,5...2,0 мс (режимы III, VI, VII, рис. 1). Такую закономерность можно объяснить равномерным распределением тепла в контакте деталь-деталь, что приводит к увеличению фактической площади контактирования. Увеличение длительности протекания тока свыше 1,5...2,0 мс нецелесообразно, т.к. абсолютные значения $R_{\text{с}}$ уменьшаются, вследствие чего контакт деталь-деталь перестает являться концентратором

тепловыделения. Также нецелесообразно увеличение скорости нарастания тока (режимы II, IV, V, VII, рис. 1), т.к. это приводит к резкому уменьшению сопротивления $R_{\text{с}}$, и, соответственно, $R_{\text{в}}$. Этот вывод подтверждают результаты при использовании кратковременного импульса тока большой амплитуды (режим I, рис. 1). В этом случае происходит резкое уменьшение $R_{\text{с}}$ до значений $\approx 0,3$ мОм. Причиной этого, наиболее вероятно, является сплавление выступающих микронеровностей поверхностей в местах их контактирования, что создает шунтирование сварочного тока. Об этом можно судить по профилограммам после прохождения импульса тока (рис. 3, а). Следует отметить, что при такой форме импульса тока наблюдается нестабильность процесса, т.к. сплавление контакта произошло только в 50 % исследованных случаев (профилограммы 1, 5 и 6).

С целью оптимизации параметров подогревающего импульса был проведен дополнительный эксперимент по изложенной выше методике. Временные диаграммы подогревающих импульсов тока и соответствующие им изменения сопротивлений $R_{\text{с}}$ представлены на рис. 2. Эксперимент проводили на ячейках ДР из другой партии поставки после замены электродов.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что средние значения и разброс первоначальных $R_{\text{с}}$ существенно различаются и определяются состоянием поверхностей деталей и рабочих по-

верхностей электродов. Однако после прохождения подогревающего импульса тока средние значения и разброс R_{Σ} коррелируют между собой. При этом поверхность деталей в местах их контактирования прогревается равномерно, о чем можно судить по профилограммам, представленным на

рис. 3, б (отсутствуют локальные сплавления контакта). Анализ зависимостей, представленных на рис. 2, позволяет сделать вывод, что наиболее оптимальным для исследованных режимов является дискретное (500 А) повышение тока до 1 кА в течение 1 мс (режимы I, II, рис. 2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моравский В.Э., Ворона Д.С. Технология и оборудование для точечной и рельефной конденсаторной сварки. – Киев: Наукова думка, 1985. – 272 с.
2. Кочергин К.А. Контактная сварка. – Л.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
3. Бумбиерис Э.В. Начальный контакт деталей и стабильность процесса точечной микросварки // Сварочное производство. – 1993. – № 1. – С. 27–29.
4. Демкин Н.Б. Контактное соединение шероховатых поверхностей. – М.: Наука, 1970. – 227 с.
5. Соколов Н.М. Микросварка в массовом производстве радиоламп. – Саратов: Приволжское кн. изд-во, 1971. – 176 с.
6. Атауш В.Е. Управляемые источники питания для контактной сварки // Сварочное производство. – 1995. – № 6. – С. 29–30.
7. Гнусов С.Ф., Киселев А.С., Слободян М.С. и др. Управление параметрами режима при точечной микросварке // Компьютерные технологии в соединении материалов: Тез. докл. 4-й Всерос. научно-технической конф. – Тула, 2003. – С. 111–113.
8. Гнусов С.Ф., Киселев А.С., Слободян М.С. и др. Формирование соединения при точечной микросварке // Сварочное производство. – 2005. – № 4. – С. 37–41.

УДК 621.791.03

МОДУЛЯЦИЯ СВАРОЧНОЙ ВАННЫ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЕЕ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ

В.Т. Федько, О.Г. Брунов, А.В. Крюков, В.В. Седнев

Юргинский технологический институт ТПУ

E-mail: yumz@bk.ru

Рассмотрена возможность модуляции сварочной ванны в зависимости от величины ее критического объема. Получено уравнение для определения критического объема ванны от режимов сварки и пространственного положения и оптимизированы значения временных параметров модуляции.

В процессе сварки плавлением при достижении критической величины массы расплавленного металла сварочная ванна может деформироваться под действием силы тяжести, что осложняет процесс сварки в различных пространственных положениях. В этом случае при ручной дуговой сварке плавящимся электродом и механизированной сварке неплавящимся электродом применяется низкочастотная модуляция сварочного тока. Это позволяет за время импульса образовать сварочную ванну (точку) определенного объема, а за время паузы провести ее кристаллизацию. При механизированной сварке в защитной среде CO_2 применяется повторно-кратковременный режим работы, при котором металл сварочной ванны периодически кристаллизуется во время отключения подачи сварочной проволоки. Но если в первом случае время импульса и паузы задается блоком управления цикла, то при механизированной сварке плавящимся электродом в среде CO_2 эти параметры контролируются самим сварщиком [1–3]. Это может привести к снижению производительности процесса за счет увеличения времени паузы и ухудшению качества и внешнего вида сварного шва за счет возрастания времени сварки.

Исходя из вышесказанного, для сварочной ванны необходимо определить:

- критический объем;
- временные характеристики модуляции.

Известно уравнение равновесия сварочной ванны [1, 2]:

$$G(1 - \cos \alpha) + P_d = P_n, \quad (1)$$

где G – вес ванны; α – угол пространственного положения; P_d – сила давления дуги; P_n – сила поверхностного натяжения.

Из ур. (1) следует, что при достижении критического значения объема сварочной ванны произойдет вытекание расплавленного металла.

Во время периода сварки электрод не перемещается вдоль стыка, и в период паузы металл подогревается дежурной дугой, что способствует более равномерному распределению температур в месте, где будет формироваться следующая точка. В силу этого можно принять объем точки в виде суммы двух объемов сферических сегментов, рис. 1.

$$V = V_{np} + V_n. \quad (2)$$