М324308

На правах рукописи

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного
Знамени высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

НОВОСЕЛЬСКИЙ Альберт Геннадьевич

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА КОНДЕНСАТОРНОЙ ГРУППОВОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ МАЛОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

(на примере производства электромеханических фильтров радиочастот)

(Специальность 05.04.05 – Технология и машины сварочного производства)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва 1978

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного
Знамени высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

НОВОСЕЛЬСКИЙ Альберт Геннадьевич

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА КОНДЕНСАТОРНОЙ ГРУППОВОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ МАЛОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

(на примере производства электромеханических фильтров радиочастот)

(Специальность 05.04.05 – Технология и машины сварочного производства)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

№324308

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1324308
Новосельский А.Г. Исследов

Москва 1978

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель – к.т.н.доцент Каганов Н.Л.

Официальные оппоненты: д.т.н.,с.н.с.Красулин Ю.Л.
к.т.н.,доцент Андреев Н.Х.

Ведущее предприятие указано в решении Ученого Совета.

Защита диссертации состоится " "_____1978 г. на заседании специализированного Совета К053.I5.03 по технологии и машинам сварочного производства Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища имени Н.Э.Баумана по адресу: Москва, I07005, 2-я Бауманская ул., дом 5.

Ваши отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просьба высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им.Н.Э. Баумана.

Автореферат разослан " "_____1978 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета
д.т.н., доцент Ямпольский В.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В современной технике, в частности, в электронике и точном приборостроении применяется большое количество изделий, основой которых служат трудоемкие в изготовлении малогабаритные прецизионные сварные конструкции (узлы электровакуумных приборов, миниатюрных электромагнитных реле, электромеханических фильтров радиочастот и т.п.), насчитывающие десятки и сотни соединений круглых деталей с плоскими, Т-образных, крестообразных и других соединений открытых типов, каждое из которых нередко ответственно за работоспособность всего изделия. В большинстве случаев такие конструкции изготавливаются последовательной точечной сваркой, что обусловливает значительную трудоемкость производства и в ряде случаев не обеспечивает необходимую стабильность качества сварки. Технологичность изготовления изделий электроники и приборостроения можно существенно повысить при одновременной конденсаторной сварке группы деталей от одного трансформатора, однако широкое применение такого способа сдерживается из-за сложности получения гарантированного качества соединений. Поэтому актуальной проблемой контактной сварки является увеличение эффективности применения групповой рельефной сварки при обеспечении высокого и однородного качества всех одновременно свариваемых соединений. Решение этой проблемы позволит значительно снизить трудоемкость и повысить качество изготовления различных дорогостоящих приборов. Работа выполнялась по заданию промышленности.

Целью настоящей работы является изыскание путей и разработка средств повышения однородности качества сварных соединений при конденсаторной групповой рельефной сварке малогабаритных деталей от одного трансформатора.

Методы исследования. Основные задачи работы решались экспериментальным и расчетным путем с использованием математических методов планирования эксперимента, статистических методов обработки результатов опытов, осциллографирования электрических и механических параметров процесса сварки, прочностных испытаний соединений на срез и отрыв, а также металлографических исследований. Были разработаны методики, приме-

нение которых позволило оценивать качество соединений без их разрушения, изучать изменения в контактах междуэлектродной области и распределение тока по параллельным сварочным ветвям.

Научная новизна работы заключается в экспериментально-расчетном обосновании разработанных принципов построения процесса групповой рельефной сварки, обеспечивающих получение высокого и однородного качества одновременно свариваемых соединений.

Для устранения естественного разброса сопротивлений в контактах "деталь – электрод", являющегося основным дестабилизирующим фактором качества, предложен новый подход, при котором свариваемые контакты не претерпевают значительных изменений. На основе разработанных принципов построен двухстадийный процесс сварки с предварительным "жестким" импульсом тока малой мощности и основным сварочным импульсом, которые обеспечивают выравнивание контактных сопротивлений и получение соединений однородного качества. Для ликвидации опасности выплеска на первой стадии процесса и обеспечения на второй стадии равномерного и концентрированного нагрева в зоне сварки выявлена программа изменения скорости осадки деталей, способствующая получению высокого качества соединений.

Практическая ценность. На основании результатов исследования разработан способ получения высокого и однородного качества 10–15 и более одновременно свариваемых соединений при групповой рельефной сварке малогабаритных деталей. Создано оригинальное оборудование, применение которого позволило заменить последовательную точечную сварку при производстве базового изделия на высокоэффективную групповую рельефную сварку. Внедрение разработанной технологии и оборудования в производство дисковых фильтров снизило брак по сварке с 10% до 2%, повысило производительность процесса сварки в 5 раз и уменьшило трудоемкость настройки приборов в 1,5 раза. Годовая экономическая эффективность от внедрения составила 41500 руб.

Апробация работы. По основным разделам работы сделаны доклады:

– на Всесоюзном семинаре "Сварка и пайка в радиоэлект-

ронной промышленности и приборостроении" в ЛДНТП, сентябрь 1976;

– на научном семинаре кафедры "Машины и автоматизация сварочных процессов" в МВТУ им.Н.Э.Баумана, апрель , 1977;

– на УI конференции НТО Машпром в Калужском филиале МВТУ им.Н.Э.Баумана, декабрь 1977.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и выводов по работе. Содержит 16 таблиц, 69 рисунков, приложения и 125 наименований использованных литературных источников, изложена на 134 страницах машинописного текста.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена объекту исследования, постановке цели и задач работы. Базовым изделием являлся дисковый электромеханический фильтр (ЭМФ), предназначенный для селекции сигналов радиочастотного диапазона. При габаритах фильтра не более 40–50 мм, его сварная конструкция содержит до 150 одинаковых соединений, обычно получаемых при последовательной точечной сварке 10–15 дисков из сплава элинвар (ϕ 8,5х1,85 мм) с никелевыми проволоками–связями высокой точности ϕ 0,2–0,4мм.

К сварным соединениям в ЭМФ предъявляются повышенные требования по стабильности размеров точек и осадке свариваемых деталей, т.к. неудовлетворительное качество одного из соединений крайне неблагоприятно сказывается на эксплуатационных характеристиках приборов. Анализ технологии изготовления ЭМФ на базовом предприятии показал, что в ряде случаев эти требования не выполняются из–за шунтирования сварочного тока, вызванного близким расположением точек друг от друга. Вследствие этого при большой трудоемкости последовательной точечной конденсаторной сварки годовые потери от ее брака, составляют только по одному предприятию около 40000 рублей.

Для устранения указанных недостатков автором было предложено изменить конструкцию сварного соединения и сваривать проволоку–связь одновременно со всеми дисками по всей ширине каждого из них. Предварительные эксперименты показали целесообразность перехода на групповую рельефную сварку. Однако в отдельных случаях наблюдался недопустимый разброс качества

соединений. Как показали дальнейшие исследования, это объясняется естественным различием контактных сопротивлений в параллельных сварочных ветвях и неравномерным распределением тока. Обзор работ различных исследователей (А.С.Гельман, В.А.Гиллевич, Р.Б.Рудзит, P.Knowlson, G.Phipps, M.Lipa) позволил установить, что рассматриваемая проблема получения однородного качества соединений при групповой рельефной сварке еще далека от окончательного решения.

Анализ существующих способов стабилизации качества позволил установить, что в этом случае автоматическое регулирование процесса по обобщающим параметрам качества не может дать его существенного повышения. В работе показано, что наиболее эффективной может быть стабилизация начальных условий и самого процесса сварки. Поскольку этот метод практически не реализован при групповом способе сварки соединений открытого типа, многие вопросы, связанные с его экспериментально-теоретической разработкой, потребовали детальных исследований.

Для нахождения путей и разработки средств повышения однородности качества соединений при групповой рельефной сварке малогабаритных деталей необходимо было решить следующие задачи: разработать методики проведения исследований и выявить факторы, в наибольшей степени влияющие на качество; сформулировать условия получения однородного качества соединений; произвести анализ и экспериментальную оценку известных методов стабилизации качества; определить рациональную схему процесса сварки и требования к геометрии импульса тока; установить оптимальные параметры режима сварки; разработать механизм сжатия для реализации процесса сварки и оценить эффективность разработанного способа. Результаты исследований должны быть доведены до промышленного применения.

Вторая глава отражает результаты экспериментально-теоретических исследований группового способа рельефной конденсаторной сварки. Эксперименты осуществлялись на разработанной конденсаторной машине, отличительными особенностями которой являются: оригинальный пружинный механизм сжатия, обеспечивающий равномерное распределение давления на каждое сварное соединение и независимое перемещение подвижных электродов; дозатор энергии, позволяющий поддерживать с требуемой точностью

напряжение на батарее конденсаторов и формировать двухимпульсный цикл сварки с широким регулированием геометрии кривой тока.

Для проведения исследований процесса сварки были разработаны методики изучения:

- распределения тока по параллельным сварочным ветвям;
- электрических и механических параметров процесса сварки;
- кинетики изменений в контактах междуэлектродной области, их вольтамперных характеристик, динамических и статических сопротивлений.

С помощью выполненных расчетов и экспериментальных данных показано, что при сварке открытых соединений перемещение подвижного электрода может служить обобщающим параметром качества, так как прочность и геометрические размеры соединения являются функцией осадки свариваемых деталей. Установлено, что между величиной сварочного тока, проходящего через соединение круглой детали с ограниченной плоской деталью, и перемещением подвижного электрода существует аналитическая зависимость $I_m = 450\, h_э^{0,24}$, А, где $h_э$ – перемещение подвижного электрода в мкМ. Такая зависимость позволила по осадке деталей количественно судить о распределении тока по параллельным сварочным ветвям, а также решать обратную задачу.

При анализе возможного дестабилизирующего фактора качества сварки с помощью разработанных методик определено, что контактные сопротивления в параллельных ветвях междуэлектродной области имеют разброс, при котором экстремальные значения сопротивлений в 3–4 раза отличаются от средних значений. Это явление объясняется высоким классом чистоты обработки свариваемых деталей (К.А.Кочергин, С.И.Науйокайтис), необходимостью применения малых усилий сжатия и наличием в контактах окисных пленок. Наибольший разброс сопротивлений наблюдается в локальных свариваемых контактах ($R_{дд}$) и в контактах деталей с неподвижным электродом ($R_{дэ}$), значительно превышающих по своим размерам свариваемые контакты. Исключение составляют сопротивления в контактах подвижных электродов с привариваемой никелевой проволокой ($R_{эд}$), что, вероятно, связано с ее высокой пластичностью и низким сопротивлением поверхностных

пленок.

Было проведено детальное исследование влияния контактных сопротивлений $R_{дд}$ и $R_{дэ}$ на качество соединений. По данным В.К.Лебедева и Б.Е.Патона степень влияния сопротивлений $R_{дд}$ возрастает с уменьшением толщины деталей, однако исследования показали, что при рельефной сварке трех соединений разброс этих сопротивлений, исходно отличившихся в 5–7 раз, практически пропадает за половину времени нарастания импульса тока (t = I мС), что подтверждает положение об исчезновении сопротивления "деталь – деталь" на начальной стадии нагрева (А.С.Гельман, Б.Д.Орлов, Н.М.Соколов). Осциллографирование распределения тока в параллельных ветвях показало, что кривые токов, незначительно отличившиеся крутизной фронта нарастания, полностью совпали по амплитудному значению. При этом осадки деталей отличаются не более, чем на I0–I2%, а усилия среза соединений находятся в пределах 280–300 Н.

В работе установлено, что наибольшее отрицательное влияние на качество соединений оказывает разброс сопротивлений электродных контактов $R_{дэ}$. При пропускании импульса сварочного тока их разброс уменьшается незначительно, что предопределяет неравномерное распределение тока, недопустимый разброс осадки и прочности соединений. Дестабилизирующее влияние сопротивлений возрастает с увеличением общего числа свариваемых соединений, при этом осадка деталей и ток в ветви с повышенным значением $R_{дэ}$ уменьшаются. С определенными допущениями сварочная цепь на участке "электрод – электрод" при групповой сварке была заменена линейной электрической цепью с 2 узлами и параллельными ветвями, что позволило представить ток в одной из сварочных ветвей в виде:

$$I_j = \frac{I_\Sigma R_н \prod_{i=1}^{n} k_j}{R_j\left[\sum_{i=1}^{n} n_i \prod_{j\neq i}^{n} k_j + (n-\sum_{i=1}^{n} n_i)\prod_{j=1}^{n} k_j\right]}$$

где

I_Σ – общий сварочный ток;

$R_н$ – номинальное сопротивление ;

$k_j = R_j / R_н$ – степень отклонения сопротивления ;

n_j – число ветвей с отличающимися сопротивлениями;
R_j – сопротивление $R_{дэ}$ в исследуемой ветви;
n – общее число ветвей.

Полученная расчетная зависимость подтверждает экспериментальные данные по влиянию сопротивлений электродных контактов и позволяет с определенной достоверностью прогнозировать ожидаемое распределение тока и качество соединений при сварке от одного источника тока.

В результате проведенных экспериментально-теоретических исследований в данной главе сформулированы условия равномерного распределения сварочного тока: при равенстве усилий сжатия рельефов перед пропусканием тока разброс сопротивлений электродных контактов необходимо снизить до уровня, при котором отношение экстремальных значений сопротивлений не превышает величины I,3.

Третья глава посвящена разработке способа получения однородного качества соединений при групповой рельефной сварке и исследованию его эффективности. Для рационального использования опыта в этом вопросе оценивались известные способы, направленные на снижение разброса и стабилизацию контактных сопротивлений непосредственно в электродах сварочной машины. Показано, что механический способ стабилизации сопротивлений, основанный на разрушении поверхностных пленок в контактах повышенным усилием сжатия, неприменим к рельефной сварке малогабаритных деталей, т.к. приводит к смятию рельефа и устранению его роли как концентратора тепловыделения. Среди электрических способов стабилизации представляет интерес пробой поверхностных пленок повышенным напряжением при U_{xx} = 5–I0 в (Н.М.Соколов, М.С.Михалев) и предварительный подогрев свариваемых деталей электрическим током (В.Э.Моравский, Н.Л.Каганов, Д.С.Ворона). Однако при групповом способе сварки весьма сложно осуществить пробой пленок повышенным напряжением, т.к. в этом случае потребуется применение источника с жесткой вольтамперной характеристикой. Экспериментами по оценке подогрева при конденсаторной групповой сварке установлено: рекомендуемые предварительные импульсы тока при двухимпульсном цикле сварки с $I_{под}$ = (0,4–0,8) I св. при $t_{под} = t_{св}$ и $I_{под}$ = (0,6–0,7) I св. при $t_{под}$ = (2–3) $t_{св}$, а также

подогревающая часть комбинированного импульса с $I_{под}$ = (0,2–0,5) Iсв, $t_{под}$ = (0,5–4) $t_{св}$ снижают общий уровень контактных сопротивлений, но не уменьшают их разброса, что вызывает неодинаковую осадку деталей в процессе сварки. При большой длительности подогревающей части комбинированного импульса ($t_{под} = 5\,t_{св}$) возможно выравнивание сопротивлений, но возникающее при этом различие в осадках не исправляется сварочной частью импульса. Анализ проведенных исследований показал низкую эффективность известных способов стабилизации качества и позволил сформулировать принципы построения процесса групповой рельефной сварки: получение соединений высокого и однородного качества должно осуществляться по двухимпульсному циклу, при котором предварительный импульс тока снижает сопротивления $R_{дэ}$ до одинакового уровня, не вызывая при этом значительной по величине и разбросу осадки, а основной импульс тока сваривает детали между собой. Была выдвинута гипотеза о том, что выполнить противоречивые, на первый взгляд, требования к действию предварительного импульса тока можно при высокоскоростном импульсном нагреве контактов. Такой нагрев осуществим при повышении "жесткости" импульса тока, т.е. увеличении крутизны фронта нарастания и уменьшении его длительности. Экспериментальная проверка полностью подтвердила гипотезу и показала, что с увеличением скорости нарастания импульса при его незначительной мощности возрастает эффективность выравнивания сопротивлений в электродных контактах при уменьшении разброса и величины осадки деталей в свариваемых контактах.

Для определения оптимальных параметров процесса выравнивания контактных сопротивлений был использован известный математический метод планирования эксперимента (метод "крутого восхождения"). Параметром оптимизации была выбрана степень снижения сопротивлений электродных контактов, характеризующаяся отношением максимального и номинального сопротивлений после прохождения исследуемого импульса тока. При сварке 3 соединений изучалось влияние следующих пяти факторов: исходного отношения сопротивлений $x_1 = k_R = R_{макс}/R_н$; емкости батареи конденсаторов $x_2 = C_p$; напряжения ее зарядки $x_3 = U_з$; усилия сжатия $x_4 = P_{сж}$ и полярности им-

пульса тока $X_5 = \pm П$. Их уровни и интервалы варьирования выбирались на основании предварительных экспериментов. Была составлена матрица планирования дробной реплики 2^{5-2} . Проверка адекватности полученной модели показала, что модель адекватна, но последние два коэффициента при факторах $P_{сж}$ и $\pm П$ незначимы. Поэтому для следующей серии опытов был поставлен полный факторный эксперимент 2^3 . Уравнение регрессии построено с учетом парного взаимодействия факторов и имеет вид:

$$y = 1{,}279 + 0{,}218X_1 - 0{,}153X_2 - 0{,}169X_3 - 0{,}134X_1X_2 - 0{,}149X_1X_3 + 0{,}0177X_2X_3$$

движение по градиенту к области оптимума и серия "мысленных" опытов позволили определить оптимальные параметры импульса тока. При встречающемся на практике разбросе ($k_R \leq 4{,}5$), выравнивание сопротивлений электродных контактов обеспечивается "жестким" импульсом тока со следующими параметрами: длительность фронта нарастания импульса $t_н = (0{,}8\text{–}1{,}2)\cdot10^{-3}$с, длительность импульса $t_и = (3\text{–}4)\cdot10^{-3}$с, амплитуда I_m = 1500–1700 А, скорость нарастания $V_н = (22\text{–}30)\cdot10^5$ А/с. С помощью разработанных расчетно-экспериментальных методик раскрыта физическая сущность процесса выравнивания контактных сопротивлений. Показано, что при действии "жесткого" импульса малой мощности разрушение, диссоциация и растворение окисных пленок в контактах "деталь–электрод", имеющих большую контурную площадь, происходит за счет усилия сжатия, фриттинга пленок и значительного локального нагрева (T = 1300–1500°С) в отдельных микроконтактах деталей с электродами. Указанные явления не происходят при действии обычного сварочного импульса с $V_н = (4\text{–}6)\cdot10^5$ А/с и $t_н = (10\text{–}12)\cdot10^{-3}$с, который генерирует в электродных контактах температуру T = 100–150°С. Дальнейшие исследования позволили установить оптимальную структуру двухимпульсного цикла сварки, определить полярность импульсов и паузу между ними, способствующую равномерному распределению энергии основного импульса в свариваемых контактах.

Для устранения опасности выплеска на первой стадии процесса и создания равномерного и концентрированного нагрева в развитых свариваемых контактах на второй стадии была выявлена оптимальная программа изменения скорости осадки $V_{ос}$ сва-

риваемых деталей. Экспериментально установлено, что отсутствие выплеска гарантируется при V_{oc} = (10–14)·10^{-3} м/с, а высокое качество соединений при пропускании импульса сварочного тока обеспечивается при V_{oc} = (4–5)·10^{-3} м/с. Для реализации двухстадийной осадки деталей разработан и создан оригинальный пружинный механизм сжатия, позволяющий равномерно распределять усилие сжатия на каждое соединение и изменять по заданной программе скорость осадки свариваемых деталей.

Универсальность разработанного способа оценивалась при сварке металлов с различными теплофизическими свойствами. Установлено, что "жесткий" импульс тока в наибольшей степени эффективен при сварке окисленной малоуглеродистой стали, никелевых сплавов, латуни, где он снижает сопротивления электродных контактов от $R_{дэ}=(4-8)R_н$ до уровня сопротивлений свежезачищенных контактов. В меньшей степени удается выравнять контактные сопротивления при сварке алюминиевых сплавов, что вызвано, вероятно, высокой температурой разрушения и прочностью окиси алюминия.

Анализ эффективности разработанного способа при сварке базового изделия показал, что при разбросе сопротивлений электродных контактов до k_R = 5–6 обеспечивается получение практически одинакового качества сварных соединений. При этом максимальное отклонение осадки деталей от среднего значения составляет 10–15%, а усилие среза сварных соединений колеблется от 260 Ндо 310 Н. При анализе качества фильтров, сваренных в производственных условиях двумя способами: последовательной точечной сваркой и разработанным способом групповой сварки, с применением методов математической статистики на выборке в 100 соединений определено, что среднеарифметическое значение прочности $\bar{X}$ возросло с 81,1Н до 287,2Н при уменьшении среднеквадратического отклонения σ с 16,9Н до 11,2Н и коэффициента вариации V с 24,2% до 3,92%.

Четвертая глава отражает результаты промышленного применения настоящего исследования. Для групповой рельефной сварки колебательных систем дисковых электромеханических фильтров радиочастот была разработана и внедрена в производство двухпозиционная сварочная машина типа К-60 с конденсаторным источником питания. Машина позволяет одновременно по-

лучать до I5 сварных соединений с высоким и однородным качеством.

Разработанная технология и оборудование позволили заменить последовательную точечную сварку на высокоэффективный способ групповой рельефной сварки, что значительно повысило производительность и качество сварки. Результаты внедрения отражены в основных выводах.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

I. При конденсаторной групповой рельефной сварке одной из важнейших причин нестабильности качества одновременно свариваемых соединений является разброс сопротивлений тех контактов "деталь-электрод", которые по размерам контурной площади более чем в I5-20 раз превышают свариваемые контакты "деталь-деталь".

2. Отрицательное влияние электродных контактов "деталь-электрод" на стабильность качества сварки возрастает с увеличением степени разброса их сопротивлений и общего числа одновременно свариваемых деталей.

3. Необходимым условием получения высокого и однородного качества сварных соединений является снижение разброса сопротивлений электродных контактов до уровня, при котором отношение экстремальных значений сопротивлений не превышает величины I,3.

4. Эффективным средством достижения стабильного качества при групповой рельефной сварке является применение: во-первых, двухимпульсного цикла сварки с оптимальными параметрами процесса, во-вторых, двухстадийной программы изменения скорости осадки свариваемых деталей.

5. Оптимальными параметрами разработанного двухстадийного процесса сварки применительно к электромеханическим фильтрам радиочастот и ему подобным изделиям являются:

- для основного импульса тока:
  - длительность импульса $t_{сб}$ =(I5-20)·I0^{-3}с;
  - длительность фронта нарастания $t_{нсб}$=(2-3)·I0^{-3}с;
  - амплитуда тока $I_{mсб}=iSn$, А, где

i = (3300-3500), $\frac{А}{мм^2}$ - допустимая плотность тока, S ,

$мм^2$ – требуемая площадь сварного соединения, n – число одновременно свариваемых соединений;

– для предварительного импульса тока:

– длительность $t_{пр} = (0{,}15–0{,}20)\, t_{св}$;

– длительность фронта нарастания $t_{нпр} = (0{,}3–0{,}5)\, t_{св}$;

– амплитуда тока $I_{mпр} = (1{,}2–1{,}4)\, I_{mсв}$;

– для осадки свариваемых деталей:

– на первой стадии $V'_{ос} = (10–14)\cdot 10^{-3}$ м/с

– на второй стадии $V''_{ос} = (4–5)\cdot 10^{-3}$ м/с

При этом пауза между импульсами тока должна быть не менее $t_п = (0{,}15–0{,}25)\, t_{св}$, а полярность предварительного импульса – обратна полярности основного импульса, положительно использующего термоэлектрические эффекты в зоне сварки.

6. Применение указанных параметров предварительного "жесткого" импульса тока малой мощности позволило выравнять сопротивления электродных контактов, избежать чрезмерной осадки рельефов и обеспечить равномерное распределение сварочного тока по всем соединениям.

7. Использование полученных величин параметров двухстадийной осадки дало возможность избежать появления выплесков, возникающих при действии предварительного импульса тока, и способствовало достижению провара по всей длине каждого соединения.

8. На основе результатов проведенного исследования при сварке ЭМФ предложено заменить:

– двухточечное соединение проволоки-связи с резонаторами-дисками на сплошную приварку связи по всей толщине каждого диска;

– последовательную точечную сварку на групповую рельефную сварку.

9. Для реализации этих предложений разработана, создана и доведена до промышленного применения двухпозиционная конденсаторная сварочная машина с комбинированным механизмом сжатия.

10. Внедрение разработанной технологии и оборудования позволило снизить брак фильтров по сварке с 10% до 2%, повысить производительность процесса сварки в 5 раз и снизить

трудоемкость настройки сваренных приборов в I,5 раза. Полученная при этом годовая экономическая эффективность от внедрения составила 4I,5 тыс.рублей.

Содержание диссертации отражено в работах:

I. Каганов Н.Л., Новосельский А.Г., Столяр П.С. Исследование и разработка способа контактной сварки электромеханических фильтров радиочастот. В сб. "Сварка и пайка в радиоэлектронной промышленности и приборостроении", Л.,ЛДНТП, I976, с.34-37.

2. Каганов Н.Л., Новосельский А.Г. Получение одинакового качества при групповой рельефной сварке. Известия вузов. Машиностроение, I977, № II, с.II4-II8.

3. Каганов Н.Л., Новосельский А.Г., Эпштейн Д.Л. Усовершенствование технологии контактной сварки ЭМФ. В сб."Электросварка", вып. 5 (38), Информэлектро, I976, с.6-7.

4. Каганов Н.Л., Юдин Д.И., Новосельский А.Г. Новая сварочная головка для конденсаторной сварки миниатюрных электромеханических фильтров. В сб. "Тезисы докладов У конференции НТО Машпром, посвященные 60-летию Октября", Калуга, I977, с. I0I-I03.

Тип.МВТУ им.Н.Э.Баумана, тир.I00 экз. объем I п.л.
Зак. 403.Л-7I584 Подп. к печати I7.04. I978 г.