М-374854

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

М о с к о в с к о е

ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

Лапинский Леонид Феликсович

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОДОВ МНОГОТОЧЕЧНЫХ КОНТАКТНЫХ МАШИН

(Специальность 05.04.05 – Технология и машины сварочного производства)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва 1981

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

Московское

ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1374854
Лапинский Л.Ф.Исследование

На правах рукописи

Лапинский Леонид Феликсович

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОДОВ МНОГОТОЧЕЧНЫХ КОНТАКТНЫХ МАШИН

(Специальность 05.04.05 – Технология и машины сварочного производства)

№ 374857

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук

Москва 1981

МВТУ им. Н.Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

Работа выполнена в Ростовском-на-Дону научно-исследовательском институте технологии машиностроения

Научный руководитель : кандидат технических наук,
ст.научн.сотр. Высоковский Е.С.

Официальные оппоненты : доктор технических наук,
профессор Сагалевич В.М.
кандидат технических наук,
доцент Чакалев А.А.

Ведущее предприятие – ПО "Красный Аксай"

Защита диссертации состоится " " 1981 г.
на заседании Совета К053.15.03 по технологии и машинам сварочного производства
Московского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища имени Н.Э.Баумана по адресу:
Москва, 107005, 2-ая Бауманская ул.,дом 5.

Ваши отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно познакомиться в библиотеке МВТУ имени Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан " " 1981г.

Учёный секретарь Совета
доктор технических наук,
доцент АМПОЛЬСКИЙ В.М.

Л – 85925 от 10/III-81 г. Объем 1 п.л. Зак. 291. Тир. 105 экз.
Типография МВТУ им. Н.Э. Баумана

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время около 70% сварных конструкций из листовых малоуглеродистых сталей в автомобильном, тракторном и сельскохозяйственном машиностроении выполняется на поточно-механизированных и автоматических сварочных линиях из многоточечных контактных электросварочных машин (МКЭМ). Однако эффективность последних часто оказывается невысокой в связи с простоями и снижением качества сварных соединений из-за отказов быстроизнашивающегося сменного рабочего инструмента-электродов. Так, простои МКЭМ от отказов электродов составляют до 15% действительного фонда времени работы, а количество некачественных точек достигает 30% их общего числа.

Современная тенденция концентрации электродов на одной МКЭМ, имеющая целью повышение производительности, снижение трудоёмкости и станкоёмкости сварочных операций одновременно выдвигает весьма актуальную проблему обеспечения надёжности электродов - свойства выполнять ими сварку, сохраняя заданный уровень производительности и качества сварных соединений.

Целью настоящей работы является увеличение производительности МКЭМ и улучшение качества сварных соединений созданием методов и средств повышения надёжности электродов.

Методы исследования. Основные задачи работы решались экспериментальными и расчётно-аналитическими методами путём осциллографирования параметров процесса сварки и температур, прочностных испытаний сварных соединений, металлографических исследований, фотопирометрического определения распределения температур в контакте "электрод-деталь" с помощью спектрозональной плёнки и др. с применением современного математического аппарата теории надёжности изделий, корреляционно-регрессионного анализа и теории планирования экспериментов и др.

Научная новизна. Получены зависимости, дающие описание вероятностных закономерностей процесса изнашивания электродов и изменения качества сварных точек при эксплуатации МКЭМ, и установлены законы распределения наработок до отказа электродов по критериям износа и прочности сварных точек на срез как основа количественной оценки и управления надёжностью электродов.

Фотопирометрическим методом определено фактическое распределение температуры в зоне контакта "электрод-деталь" и установлены локальные зоны нагрева с температурой до 900°С, интенсифицирующие процесс изнашивания электродов; определены закономерности нагрева и охлаждения электрода, а также изменения его средней температуры от параметров режима сварки.

Обоснован метод и определена область динамического регулирования режима сварки при изнашивании электродов, описанная уравнениями регрессии в зависимости от допускаемых значений прочности точки на срез, глубины вмятины от электрода и наличия выплесков, и получены зависимости регулирования тока для двусторонней одноточечной, односторонней и двусторонней двухточечной сварки базовой $\left[(1+1)\times10^{-3}\text{м}\right]$ и других толщин малоуглеродистой стали.

Изучено влияние основных конструктивных и технологических факторов (свойств материала, геометрии рабочей части электрода, охлаждения, режимов сварки и др.) на надёжность электродов и представлена система количественной оценки и управления надёжностью электродов .

Практическая ценность. Разработаны и внедрены методы и средства повышения надёжности электродов: динамическое регулирование тока на весь комплект электродов в процессе их изнашивания, планово-предупредительное восстановление электродов с оптимизацией периодичности по целевым функциям "надёжность-производительность-себестоимость", устройства для коррекции режима сварки и выдачи команд на заточку (замену) электродов, новые конструкции электрода и электрододержателя, а также специального заточного устройства. Экономический эффект от внедрения составил 71,7 тыс.руб в год. Намечается дальнейшее расширение внедрения результатов работы путём организации централизованного производства электродов и устройств для коррекции режима сварки для предприятий отрасли (получено 120 заявок с заводов) со сроком освоения в 1983-1984гг.

Апробация работы. По основным разделам работы сделаны доклады на 2-й Всесоюзной конференции по сильноточным контактам и электродам в г.Каневе(май 1971г.), на семинаре"Повышение эффективности исследований в сварочной науке и технике путём применения математических методов" в г.Киеве(июнь 1973г.), на областной научно-технической конференции "Новые способы и прогрессивная технология контактной сварки" в г.Таганроге (июнь 1973), на Всесоюзной конференции"Пути повышения эффективности контактной сварки" в г.Таганроге (октябрь 1980г.), на научных семинарах кафедры "Машины и автоматизация сварочных процессов" в МВТУ им.Н.Э.Баумана (ноябрь 1976г. и сентябрь 1979г.).

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и выводов по работе. Содержит 21 таблицу, 101 рисунок, приложения и 199 наименований использованных литературных источников, изложена на 136 страницах машинописного текста.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава содержит анализ потерь производительности МКЭМ, а также анализ литературных данных по стойкости электродов, прочности сварных точек, режимам сварки и регулированию процесса точечной сварки и постановку цели и задач работы.

Установлено, что простои МКЭМ и снижение качества сварных соединений обусловлены отказами электродов вследствие их низкой стойкости и, главным образом, её большого рассеивания.

Вопросам оценки и повышения стойкости электродов посвящён ряд исследований МВТУ им. Н.Э.Баумана, ВНИИЭСО, ИЭС им.Е.О.Патона, института стали и сплавов, Гипроцветметобработки (работы Н.Л.Каганова, В.П.Якушкина, С.К.Слиозберга, М.В.Захарова, Ю.Б.Малевского, Э.М.Михайловой, А.К.Николаева и др.), а также зарубежных авторов (Р.Симмонс, К.Зитте, И.Ханг, Р.Момент и др.). Однако до настоящего времени условия работы и стойкость электродов на МКЭМ, в особенности при применении односторонней и двухсторонней двухточечной сварки, ещё изучены не достаточно. При этом процесс изнашивания электродов обычно представляли как детерминированный, оценивая их стойкость только по средним значениям, в то время как процесс изнашивания их является случайным, а все изменения контактной поверхности являются стохастическими.

Анализ работ Г.А.Николаева, В.А.Винокурова, С.А.Куркина, Б.М. Сагалевича, В.Н. Волченко и др указывает, что значения прочности точек на срез имеют вероятностный характер. Поэтому следует ожидать, что с увеличением рассеивания стойкости электродов на МКЭМ рассеивание прочности сварных точек будет в ещё большей степени увеличиваться.

Применение приборов для автоматического регулирования параметров режима точечной сварки (работы Б.Е.Патона, Ю.Н.Ланкина, Н.В. Подолы, П.Л.Чулошникова, Б.Д.Орлова, Р.Нитцше, Ф.Гановского, Г.Обермайера и др.) положительно влияет на стабилизацию прочности сварных соединений. Однако существующие приборы предназначены только для одноточечных машин, а применение их на МКЭМ затруднено из-за сложности съёма и обработки параметров режима сварки и управления ими по каждой паре электродов.

Поэтому наряду с рассмотренными выше традиционными подходами в решении проблемы повышения надежности электродов и улучшения ка-

чества сварных соединений необходимо изучение причинно-следственной связи физических процессов, протекающих при точечной сварке на МКЭМ, с вероятностными закономерностями утраты работоспособности электродов. В этой связи в работе нашли применение и дальнейшее развитие вероятностно-статические методы оценки надёжности (работы Б.В.Гнеденко, А.С.Проникова, В.Н.Волченко, Я.Б.Шора, Г.В. Дружинина, Л.И. Волчкевича и др.) применительно к обеспечению качества сварных соединений.

В соответствии с поставленной целью определены основные задачи работы:

– изучить вероятностные закономерности процесса изнашивания электродов и связанного с ним изменения качества сварных точек и оценить надёжность электродов по критериям износа и прочности сварных точек ;

– исследовать температурный режим работы электродов и деформацию рабочей части, приводящие к рассеиванию их стойкости при развитии отказов ;

– определить область оптимального регулирования режима сварки в процессе изнашивания электродов и установить зависимости регулирования тока при сварке базовой и других толщин малоуглеродистой стали для двусторонней одноточечной, односторонней и двусторонней двухточечной сварки ;

– изучить влияние конструктивных и технологических факторов (материала, конструкции электродов, охлаждения, режимов сварки и др.) на надёжность электродов МКЭМ и определить оптимальную периодичность их заточки или замены ,

– разработать методы и средства повышения надёжности электродов на основании проведенных исследований и внедрить их в производство.

Вторая глава посвящена экспериментально-теоретическому исследованию и оценке надёжности электродов МКЭМ по критериям износа и качества сварных соединений путём изучения поведения случайных функций изменения диаметра контактной поверхности и прочности сварных точек в процессе эксплуатации МКЭМ. При этом электрод находился в работоспособном состоянии пока его диаметр контактной поверхности не достигал критической величины ($d_э \leq 1{,}25\,d_{нач}$), а прочность точек, образованных каждым электродом, не достигала допускаемой величины ($P \geq P_{доп}$). Моменты достижения диаметром и прочностью точек указанных критериев являются случайными величинами,

распределения которых характеризуют безотказность электродов.

Исследования проводили на прямых штампованных электродах по ГОСТ 14111-77 из сплавов БрХ и БрХЦр при сварке узлов комбайна в условиях завода "Ростсельмаш", а также в лаборатории на специальном стенде.

Установлено, что развитие отказов электродов состоит в монотонном изменении величин контактной поверхности, в общем случае, характеризуемом линейным случайным процессом со случайным или не случайным (полюсным) начальным значением диаметра контактной поверхности и интенсивностью изнашивания, распределённой по нормальному закону. В этом случае вероятность безотказной работы электродов при $d_{кр} = (1{,}2\text{-}1{,}25)\,d$ нач описывается функцией дисперсионного распределения Бернштейна (рис.1)

$$P(t) = F_0\left[\frac{1 - t/T_{50}}{\sqrt{a(t/T_{50})^2 + b}}\right],$$

где a – показатель интенсивности изнашивания ;

b – показатель вариации начального значения d н ;

T_{50} – пятидесятипроцентная наработка, шт.,

и, в частном случае, при веерном процессе – " α " – распределения

$$P(t) = F_0\left[\frac{T_{50} - t}{t\sqrt{a}}\right].$$

Результаты исследования изменения прочности сварных точек при изнашивании электродов позволили установить, что между прочностью точек и значениями наработок электродов существует линейная регрессия (рис.2), дающая оценку технологического критерия износа электродов и определяющая количество некачественных точек от наработки. При этом вероятность безотказной работы электродов по критерию прочности точек удовлетворяет нормальному закону распределения. Сравнением двух полученных оценок надёжности электродов установлено, что наиболее "жёстким" для оценки надёжности электродов является критерий износа, который следует применять при изготовлении ответственных сварных конструкций. Для оценки надёжности электродов применены разработанные методики обработки и анализа статистической информации на ЭВМ.

Третья глава посвящена исследованию физических закономерностей процесса изнашивания электродов МКМ, обусловленных деформацией микрорельефа, изменением сопротивления контакта, температурным режимом работы, деформацией рабочей части и явлениями массопе-

реноса в контакте и приводящих к рассеиванию стойкости и отказам электродов.

Исследования влияния износа электродов на изменение контактных поверхностей электродов и деталей показали, что при первоначальной нагрузке без тока относительная деформация микрорельефа на электродах составляет до 12%, а на деталях до 20%. При последующих нагрузках она увеличивается до 7% на электродах, а на деталях до 15%. Под влиянием давления и температуры относительная деформация микрорельефа электродов достигает 60% и после сварки 200 точек практически не увеличивается. В то же время микрорельеф поверхности детали под электродом после сварки претерпевает относительную деформацию до 75%, приближаясь к микрогеометрии поверхности электрода, а площадь их фактического контакта растёт по зависимости близкой к линейной, достигая к моменту образования точечного соединения до 70% от контурной площади контактной поверхности. При этом установлено, что пластическая деформация микрорельефа контактной поверхности существенно влияет на продолжительность периода приработки каждого электрода и тем самым на рассеивание стойкости всего комплекта. Эксперименты показали, что приработка комплекта электродов в течение наработки 150 точек с последующей заточкой наружной части рабочего конуса до исходного диаметра контактной поверхности позволяет уменьшить рассеивание стойкости в 1,2 раза.

Исследования показали, что с увеличением наработки на контактных поверхностях электродов образуется неравномерный слой окалины толщиной до 70×10^{-8} м и более, который приводит к неоднородности значений сопротивлений контакта "электрод-деталь" R эд. Экспериментально установлено поле рассеивания значений сопротивлений междуэлектродной области при изнашивании контактной поверхности электрода. Установлено, что при односторонней и двусторонней двухточечной сварке износ электродов приводит к снижению контактных сопротивлений R эд, R дд, R д и сопротивлений шунтирования верхней детали R шс сопровождающимся увеличением разброса сопротивлений R эд и R дд, что ухудшает температурный режим электродов. Исследования температуры электродов фотопирометрическим методом с применением спектрозональной плёнки СН6М и методом термопар позволили определить ее действительное распределение в электродах и деталях, а также в контакте "электрод-деталь" в процессе изнашивания (рис.3). В области значений наработок от 500 до 1000 точек вследствие разброса сопротивлений в контакте "электрод-деталь" образу-

ются локальные зоны нагрева с температурой от 450 до 900°С, интенсифицирующие процесс изнашивания и рассеивание стойкости электродов. Для стабилизации стойкости комплекта электродов следует проводить зачистку контактных поверхностей после достижения указанных наработок. Оценка полученных результатов осциллографирования изменений температуры электродов при сварке с помощью термопар при одновременном фиксировании мгновенных значений её фотопирометрическим методом позволила определить характер зависимостей нагрева и охлаждения контактной поверхности электрода, а также его рабочей части. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ показала, что изменение температуры при нагреве контактной поверхности электрода описывается линейной, а при охлаждении – дробнорациональной функциями.

Например при сварке малоуглеродистой стали $(I+I)\times10^{-3}$м (J св=7,8кА, t св=0,16с, Рэ=200даН) изменение температуры на контактной поверхности при нагреве описывается функцией $Tн=1875t+105$, а при охлаждении

$$To = \frac{I}{0,00004t^2 + 0,0056t + 0,0035},$$

где t – время нагрева (охлаждения) электрода.

По результатам исследований получены максимальные и минимальные значения установившихся температур по оси электрода, а также получены зависимости средней температуры контактной поверхности электрода от сварочного тока, времени сварки, времени проковки и охлаждения. Показано, что оптимальным параметром регулирования процесса при изнашивании электродов является сварочный ток.

Исследование деформации торца электрода методом делительных сеток показали, что разупрочнение электродного материала приводит к развитию пластической деформации на глубину до $1,0\times10^{-3}$м от контактной поверхности и верхний слой металла, под действием напряжений соизмеримых с пределом текучести электродного материала в интервале рабочих температур, перемещается от центральной части к периферии и поперечная деформация в средней части составляет до 82%. Последняя определяет увеличение диаметра контактной поверхности электрода МКЭМ.

Явления массопереноса, происходящие в результате разрушения окисных плёнок и образования металлических связей в контакте "электрод-деталь" (Б.Д.Орлов, М.Д.Серёгин), были обнаружены на стадиях приработки и катастрофического износа электродов. Установлено, что эти явления при сварке малоуглеродистой стали не оказывают сущест-

венного влияния на развитие отказов электродов и устраняются путём приработки электродов на величине тока вдвое меньшей сварочного.

Четвёртая глава содержит результаты оценки влияния конструктивных и технологических факторов (свойств материала, конструкции электрода, охлаждения, способов заточки, режимов сварки и др.) на надёжность электродов МКЭМ, выполненной по функциям безотказности сравнением значений 50-процентных и 95-процентных наработок. Исследования проводили по данным исследовательских и эксплуатационных испытаний, по результатам которых установлено, что электроды из сплава БрХЦр при односторонней и двусторонней сварке обладают надёжностью в два раза большей, чем электроды из сплава БрХ. При этом применение двухимпульсного режима сварки с продолжительностью первого импульса 0,02-0,04с повышает надёжность комплекта на 10%. Результаты испытаний показали, что среди параметров режима сварки наибольшее влияние на надёжность комплекта электродов оказывает темп и время сварки. При этом с увеличением толщины свариваемого материала надёжность комплекта электродов снижается и минимально допустимый наружный диаметр электрода зависит от толщины свариваемого материала δ

$D_н = [10-6,28(\delta - 0,5)] \times 10^{-3}$м.

Установлено, что применение угла заточки рабочего конуса 140^0 по сравнению со 120^0, рекомендованного ГОСТ 14111-77, повышает надёжность комплекта в 1,3 раза, применение комбинированных конструкций электродов с вставками-наконечниками сокращает расход износостойких сплавов в 2 + 3 раза. Получена зависимость между длиной рабочей части электродов и наработкой для приближённой оценки ресурса комплекта электродов МКЭМ. По результатам исследований предложена система и величина показателей для количественной оценки влияния эксплуатационных факторов на надёжность электродов.

Пятая глава содержит результаты исследований и описание разработки методов и средств повышения надёжности электродов, а также сведения о внедрении их в производство. Рассматривается метод динамического регулирования режима сварки на весь комплект одинаковых и одинаково работающих электродов в процессе их изнашивания. Область регулирования режима сварки базовой толщины $(1+1)\times10^{-3}$м определялась методами математического планирования эксперимента (центральное композиционное ортогональное планирование и полный факторный эксперимент 3^2) и описана уравнениями регрессии в зависимости от допускаемой прочности сварной точки на срез $y^1 = 450$дан$=536,2+186,8X_1+48,2X_2-41,8X_3-121,2X_1^2-35,7X_2^2-17,4X_3^2-28X_1X_2+65,3X_1X_3-20,2X_2X_3-25,4X_1X_2X_3$.

допускаемой глубины вмятины от электрода $y^{II} = \frac{\Delta\delta}{\delta} = 0{,}25 = 0{,}08 + 0{,}15X_1 + 0{,}03X_2 - 0{,}16X_3 - 0{,}047X_1^2 + 0{,}11X_3^2 - 0{,}11X_1X_2 - 0{,}04X_2X_3$ и наличия выплесков $y = J_{св\,max} = 11{,}1 + 0{,}51X_1 - 0{,}15X_2 - 0{,}282X_1^2$ (рис.4). При этом установлено, что оптимальные зависимости регулирования тока для конкретных времён сварки апроксимируются линейной функцией

$$J_{св} = a(d_{эi} - d_н) + J_o ,$$

где a – базовый коэффициент; J_o – ток из области на рис.4.

На основании теории подобия применительно к тепловым процессам, пластическим деформациям, геометрическим размерам соединения и электрическим процессам при точечной сварке (В.К.Лебедев, Ю.Д.Яворский, И.Н.Колоницкий, В.Калаканджиев) определены зависимости регулирования тока при изнашивании электродов для других толщин свариваемого материала при двусторонней одноточечной $J(d) = J_o\sqrt{\frac{\delta_x}{\delta_o}} + a_o \Delta d_i \cdot \frac{\delta_x}{\delta_o}$,
а также при односторонней и двусторонней двухточечной сварке

$$J(d) = J_o\sqrt{\frac{\delta_x}{\delta_o}} + J_ш + a_o \Delta d_i \frac{\delta_x}{\delta_o} \cdot K ,$$

где δ_o, δ_x – соответственно базовая и свариваемая толщина металла, м;
$J_ш$ – ток шунтирования деталей, кА ; Δd_i – приращение диаметра контактной поверхности ; K=1,05 + 1,09 – коэффициент, учитывающий шунтирование от увеличения диаметра контактной поверхности.

Установлено, что регулирование тока по полученным зависимостям увеличивает наработку до отказа электродов в 2-3 раза при сохранении прочности соединений. Другим разработанным методом повышения надёжности электродов является планово-предупредительное их восстановление с детерминированной периодичностью, которая в зависимости от конкретных условий и требований удовлетворяет максимуму безотказности, максимуму производительности или минимуму себестоимости сварочной операции.

По результатам исследований создано устройство для автоматической коррекции режима сварки и выдачи команд на планово-предупредительную заточку или замену электродов; разработаны новые конструкции электрода и электрододержателя, а также специального заточного устройства, и представлена система управления надёжностью электродов МКЭМ, позволяющая оценить эффективность применения разработанных и исследованных методов и средств повышения надёжности электродов как в комплексе, так и в различных их комбинациях. Результаты работы внедрены на 8 предприятиях страны (заводы "Ростсельмаш", Белоцерковский сельскохозяйственного машиностроения им. I Мая, "Кургансельмаш", сельхозмашиностроения им. М.Ф.Фрунзе в г.Фрунзе и др.). Результаты внедрения отражены в общих выводах.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

I. При сварке малоуглеродистой стали на МКЭМ вероятностный характер процесса изнашивания и связанное с ним рассеивание стойкости электродов и прочности сварных точек обусловлены явлениями: смятия микрорельефа контактной поверхности, роста и удаления окалины, массопереноса в контакте "электрод-деталь", объёмной пластической деформации рабочей части и др., циклически возникающими под влиянием температуры и давления и происходящими со случайной интенсивностью, последовательностью и сочетаниями.

2. Процесс изнашивания электродов МКЭМ протекает по закону линейной случайной функции, которая при критерии утраты работоспособности-увеличению контактной поверхности электрода до I,2-I,25 исходного диаметра-приводит к дисперсионному распределению Бернштейна наработок до отказа и, в частном случае, при веерном (полюсном) процессе-к „α"-распределению.

3. Между значениями наработки электродов и нормально распределённой прочностью точек на срез существует линейная регрессия, определяющая связь между достигнутым значением износа и числом некачественных точек. При этом вероятность безотказной работы электродов по критерию качества сварных соединений-допускаемой прочности точек на срез-удовлетворяет нормальному закону. Полученные законы распределения наработок до отказа электродов по критерию износа и качества сварных соединений являются основой количественной оценки и управления надёжностью электродов МКЭМ.

4. Фотопирометрическим методом установлено, что с увеличением наработки в контакте "электрод-деталь", вследствие образования на контактной поверхности электрода неравномерного слоя окалины, приводящего к рассеиванию значений сопротивлений контакта, образуются локальные зоны нагрева с температурой от 450°до 900°С, интенсифицирующие изнашивание и приближение электродов к отказам. Ликвидация зон нагрева достигается зачисткой контактных поверхностей электродов после наработки 500+800 точек.

5. Определен характер изменения температуры в электродах МКЭМ и получены зависимости средней температуры электрода от параметров режима сварки. При этом установлено, что средняя установившаяся температура контактной поверхности электрода при нагреве изменяется по линейному закону, а при охлаждении - по закону дробно-рациональной функции, и оптимальным параметром режима для регулирования процесса при изнашивании электродов является сварочный ток.

6. Пластическая деформация микрорельефа контактной поверхности существенно влияет на продолжительность периода приработки и рассеивание стойкости электродов МКЭМ. Однако после достижения величиной деформации предельного значения доминирующее влияние на развитие отказа электрода оказывает объёмная пластическая деформация рабочей части. Явления массопереноса в контакте "электрод-деталь" наблюдаются преимущественно в периоде приработки, а также катастрофического износа, не оказывая, однако, существенного влияния на процесс развития отказов электродов. Установлено, что для уменьшения влияния этих факторов на рассеивание стойкости необходимо производить приработку электродов при значениях тока вдвое меньше сварочного в течение наработки от 50 до 100 точек, а также вводить под электроды плёнку из машинных масел.

7. Предложен и разработан метод динамического регулирования режима сварки при изнашивании электродов МКЭМ. Установлено, что область регулирования тока при изнашивании электродов описывается уравнениями регрессии в зависимости от допускаемых значений прочности точки на срез, глубины вмятины от электрода и наличия выплесков, и получены зависимости регулирования тока для двусторонней одноточечной, односторонней и двусторонней двухточечной сварки базовой (I+I)х х10^{-3}м и других толщин малоуглеродистой стали. Применение этого метода увеличивает наработку электродов до отказа в 2-3 раза.

8. Разработаны методы планово-предупредительной заточки (замены) электродов с детерминированной периодичностью, определяемой оптимизацией целевых функций "надёжность-производительность-себестоимость".

В числе других методов повышения надёжности электродов целесообразно расширение применения на МКЭМ электродов из сплава БрХЦр взамен БрХ, внедрение углов заточки рабочей части до 140^{0}, механизированных устройств для заточки электродов, а также электродов с улучшенным охлаждением и комбинированными конструкциями с вставками-наконечниками, обеспечивающими снижение расхода дорогостоящих износостойких сплавов в 2-3 раза.

9. Для реализации разработанных методов повышения надёжности электродов МКЭМ разработано и внедрено устройство для коррекции режима сварки и выдачи команд на заточку или замену электродов с заданной периодичностью.

10. Оценки эффективности применения разработанных и исследованных методов и средств повышения надёжности электродов как в

комплексе, так и в различных их комбинациях могут обеспечить в среднем повышение наработки до отказа комплекта электродов до 9,8 раза, повышение производительности оборудования до 10%, снижение затрат на восстановление электродов до 30% при существенном улучшении качества сварных соединений.

II. Результаты работы внедрены на предприятиях страны с экономическим эффектом 71,7 тыс.рубл., а также использованы в разработке отраслевой руководящей нормативной документации "Инструкции по нормированию расхода материалов в сварочном производстве ИН 105-03-004-75".

Результаты выполненных исследований и разработок реализуются в 1983-1984 г. организацией в отрасли специализированного производства электродов и устройств для регулирования режима сварки.

Содержание диссертации отражено в работах:

1. Высоковский Е.С., Лапинский Л.Ф. Экспериментальное исследование безотказности электродов точечных контактных машин.-Сварочное производство, 1971, №10, с.1-3.

2. Высоковский Е.С., Лапинский Л.Ф. Профилактика восстановления электродов многоточечных контактных машин.-Электротехн.пром.-сть. Сер. Электросварка/Информэлектро, 1972, вып.4-5, с.16-17.

3. Лапинский Л.Ф., Высоковский Е.С. и др. Цифровой прибор для планово-предупредительной коррекции режима сварки при износе электродов контактных машин.-В кн.: Сварочное производство, вып.2/ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш.-М., 1974, с.22-25.

4. Лапинский Л.Ф., Высоковский Е.С. и др. Определение области оптимального регулирования режима контактной точечной сварки при износе электродов.-Сварочное производство, 1975 №1, с.4-6.

5. Высоковский Е.С., Лапинский Л.Ф. Влияние угла заточки на стойкость электродов точечных контактных машин.-Сварочное производство, 1973, №1, с.30.

6. Высоковский Е.С., Лапинский Л.Ф и др. Автоматическая предупредительная коррекция режима контактной точечной сварки при износе электродов.-Сварочное производство, 1975, №5, с.29-31.

7. Лапинский Л.Ф., Абросимов К.И. Выбор оптимальных режимов контактной точечной сварки малоуглеродистой стали.- В кн.: Прогрессивная технология и оборудование для сварки деталей и узлов тракторов и сельхозмашин. Вып.17.-Ростов-на-Дону.: Ростовский университет, 1973, с.36-39.

8. Высоковский Е.С.,Лапинский Л.Ф. Оценка надёжности электродов контактных точечных машин. В кн.:Прогрессивная технология и оборудование для сварки деталей и узлов тракторов и сельхозмашин. Вып.17.–Ростов–на–Дону.:Ростовский университет,1973,с.40–46.

9. Высоковский Е.С.,Лапинский Л.Ф.,Зотова О.Н. Определение оптимальных периодов восстановления электродов машин для многоточечной сварки. В кн.:Прогрессивная технология и оборудование для сварки деталей и узлов тракторов и сельхозмашин. Вып.17.–Ростов–на–Дону. Ростовский университет,1973,с.54–58.

10. Лапинский Л.Ф.,Шорина Л.И.,Абросимов К.И.,Высоковский Е.С. Исследование оптимального режима точечной сварки малоуглеродистой стали для проведения планово–предупредительного регулирования процесса по мере износа электродов. В кн.:Новые способы и технология контактной сварки: Тез.докл. на обл.научн.–техн.конф.–Ростов–на–Дону,1973,с.80–87.

11. Высоковский Е.С.,Лапинский Л.Ф. Надёжность электродов контактных точечных машин и пути её повышения при сварке малоуглеродистой стали.–В кн.:Новые способы и прогрессивная технология контактной сварки.Тез.докл.на обл.научн.–техн.конф.–Ростов–на–Дону, 1973,с.80–86.

12. А.с.369993 (СССР).Электрод для контактной точечной сварки/ Л.Ф.Лапинский, Е.С.Высоковский.–Опубл. в Б.И.,1973,№11.

13. А.С. 485840 (СССР),Электрододержатель для контактной точечной сварки / Л.Ф.Лапинский, Е.С.Высоковский,В.Г.Комаров,К.И.Абросимов.–Опубл. в Б.И.,1975,№36.

14. А.С.457874 (СССР).Устройство для подналадки сменного инструмента /Л.Ф.Лапинский, Е.С.Высоковский, И.Л.Каган и др.–Опубл. в Б.И., 1975,№3.

15. А.С. 597524 (СССР).Заправник для обработки рабочей поверхности электродов контактных точечных машин /В.Г.Комаров, Л.Ф.Лапинский, Ю.С.Карягин.– Опубл. в Б.И.,1978,№10.

16. ИН 105–03–004–75. Методика и нормативы для определения норм расхода материалов в сварочно–наплавочном производстве. Инструкция. Отраслевая система технологической подготовки производства /НИИТМ.– М.,1975,–266с./Авт.:Г.М.Бугаян,К.Г.Глова,Л.Ф.Лапинский и др.

17. Лапинский Л.Ф. Опыт исследования и повышения надёжности электродов контактных точечных машин. В кн.:Новое в технологии производства машиностроения для животноводства и кормопроизводства. Вып.18/Под ред.к.т.н. Л.А.Журавлёва.–Ростов–на–Дону,1975,с.99–104.

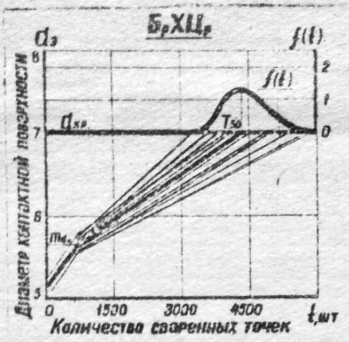


Рис.1. К оценке надежности электродов по критерию износа

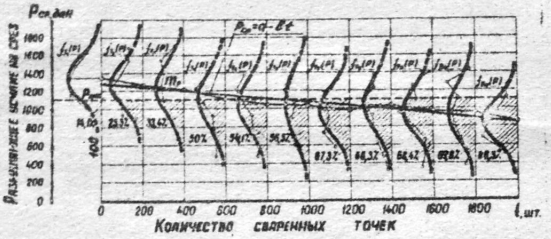


Рис.2 К оценке надёжности электродов по критерию прочности точек на срез

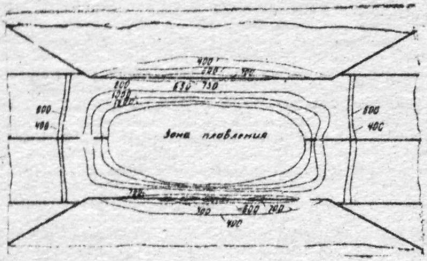


Рис.3 Распределение температуры в электродах и деталях при изнашивании электродов

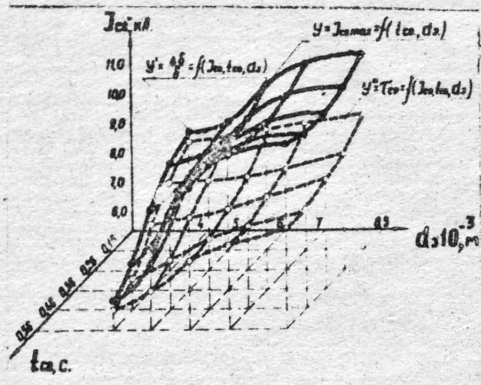


Рис.4 Область оптимального регулирования режима сварки при изнашивании электродов [(1+1)x10⁻³м]

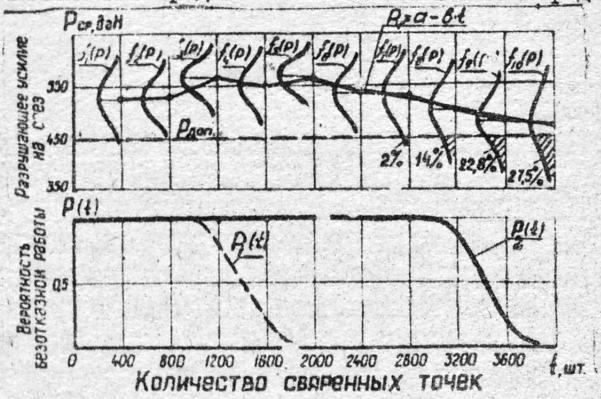


Рис.5 Влияние регулирования тока при изнашивании электродов на прочность точек и безотказность электродов P(t) (-- без регулирования)