

М 316643

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ

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

ЛАСТОВИРЯ Вячеслав Николаевич

На правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДАТЧИКА
КРАЕВОГО ЭФФЕКТА В СИСТЕМАХ ОРИЕНТАЦИИ ЭЛЕКТРОДА
ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКЕ

(Специальность 05.04.05 - Технология и машины
сварочного производства)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ

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

ЛАСТОВИРЯ Вячеслав Николаевич

На правах рукописи

Шарков
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДАТЧИКА
КРАЕВОГО ЭФФЕКТА В СИСТЕМАХ ОРИЕНТАЦИИ ЭЛЕКТРОДА
ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКЕ

МЗ 6642
(Специальность 05.04.05 - Технология и машины
сварочного производства)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

1977

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1316643

Ластовирия В. Н. Исследования

Работа выполнена в Московском высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель - доктор техн.наук, профессор
АКУЛОВ А.И.

Научный консультант - кандидат техн.наук, доцент
ГЛАДКОВ Э.А.

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор ШКЛЯРСКИЙ Л.Ф.

Кандидат технических наук КРЮКОВСКИЙ В.Н.

Ведущее предприятие - НИИТ

Защита диссертации состоится " " _____ 1977г.
на заседании специализированного Совета К058.15.03 по
технологии и машинам сварочного производства Московского
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшего
технического училища имени Н.Э.Баумана по адресу:
107005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5.

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

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

Автореферат разослан " " _____ 1977г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
специализированного Совета

доктор технических наук,
доцент ЯМПОЛЬСКИЙ В.М.

Л 75798 подп.к печ. I/УП - 77г.Объем I п.л. тип. МВТУ
Зак.1193 Тир.100

● ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

М В Т У
им. Н. Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Актуальность работы. Автоматизация направления электрода по стыку — составная часть задачи комплексной автоматизации сварочных процессов. Она вытекает из необходимости интенсификации сварочного производства, повышения производительности и качества сварки протяженных швов, улучшения условий труда сварщиков.

Проведенные в этом направлении работы позволили решить эту задачу для некоторых технологических процессов. Особенности и недостатки, присущие предложенным способам направления сварочной горелки, ограничивают их возможности и не позволяют их использовать на различных вариантах сварки. Кроме того, при переходе в реальные условия сварочного производства некоторые устройства, довольно часто, становятся нероботоспособными.

В связи с этим актуальной является задача дальнейшего развития достигнутых успехов в автоматизации направления сварочного электрода по стыку, совершенствование и доведение до широкого промышленного применения систем ориентации на различных технологических процессах сварочного производства.

В настоящее время перспективным является электромагнитный способ определения положения стыка. Лучшие результаты при эксплуатации в условиях производства среди электромагнитных датчиков показывает датчик краевого эффекта, который разработан в МВТУ им. Баумана. В связи с этим исключение присущих ему недостатков и расширение области возможного применения создает предпосылки к широкому использованию датчика в производстве.

Целью данной работы является расширение технологических возможностей датчика краевого эффекта в системах ориентации при автоматической сварке путем изучения его возможностей и создания более совершенной и универсальной конструкции, что дает возможность широкого использования устройства на различных сварочных процессах.

Методы исследований. Работа выполнена путем теоретического анализа с последующим экспериментальным исследо-

ванием, основными методами которого являлись: методы исследования электромагнитного поля, методы анализа спектров электромагнитных сигналов, осциллографирование, фотосъемка и др.

Научная новизна состоит в предлагаемой модели построения электромагнитных датчиков положения стыка, сущность которой заключается в использовании комбинированного взаимодействия основных потоков и потоков рассеяния П-образного электромагнита с размагничивающим потоком вихревых токов, возникающих в металлических кромках. Это позволяет создать датчик, работоспособный на ферромагнитных и немагнитных металлах, малочувствительный к превышению кромок, изменению зазора в стыке и расстояния до изделия. При этом датчик обладает большей помехозащищенностью и чувствительностью, меньшими габаритами и большими возможностями по сравнению с датчиком краевого эффекта.

Практическая ценность работы заключается в создании новой конструкции датчика краевого эффекта, которая совмещает в себе лучшие качества датчика краевого эффекта, индуктивных и индукционных датчиков. Разработаны способы помехозащитности систем ориентации с электромагнитными датчиками при наличии мультипликативной помехи. Определена область технологических процессов, где возможно применение датчика. Разработана структура системы ориентации, включающая оператора-сварщика и контур управления сварочной горелкой. Показано существенное влияние люфта механических узлов сварочных автоматов на работу систем ориентации.

Апробация работы. Основные положения работы доложены:

1) На IY научно-технической конференции молодых специалистов ЗИЛа и НИИАВТОПРОМА 12 февраля 1976 г.

2) На научно-технической конференции "Результаты научных разработок и опыт применения сварки на московских предприятиях" в МДНТП им. Дзержинского 24 июня 1976 г.

3) На научном семинаре кафедры "Машины и автоматизация сварочных процессов" в МВТУ им. Баумана 20 декабря 1976 г.

Объем работы. Диссертация состоит из пяти глав, содержит 120 страниц машинописного текста, 79 рисунков и 2 таблицы. В списке используемой литературы 112 наименований.

Глава первая содержит анализ технологических возможностей существующих способов ориентации электрода и используемых в них датчиков положения стыка на основании литературных источников.

Контактный способ направления электрода использует для получения информации механические датчики (ролики, щупы и т.п.). Первая группа устройств - устройства непосредственного копирования стыка, использующие для этих целей элементы стыка. Вторая группа устройств использует специальные копиры, повторяющие кривизну стыка. Впервые устройства с механическими датчиками применялись в тракторах и самоходных головках ЦНИИТМАШ, ИЭС им. Патона, иностранных фирм UPU и SVAB. В силу своих недостатков: чувствительность к геометрии стыка, неровностям, местным выхватам, прихваткам, брызгам и т.д., механические датчики не получили широкого распространения, но могут применяться на отдельных технологических процессах.

Логическим продолжением копирных систем являются системы программного управления, которые обладают широкими возможностями для комплексной автоматизации сверочных процессов. Большая работа проводится в этом направлении за рубежом и в ИЭС им. Патона.

Оптический метод ориентации электрода использует датчики, получающие информацию о смещении стыка за счет восприятия светового потока, отраженного от оптически контрастной линии. К ним относятся фотодатчики (фотоэлемент, фотосопротивление и т.п.) и теледатчики (телевизионная передающая камера). Фотодатчики бесконтактны, что повышает их надежность, универсальны к виду материала, нечувствительны к превышению кромок, колебаниям зазора, прихваткам. Но необходимость нанесения программной контрастной линии делает этот способ трудно применимым. Теледатчики при тех же достоинствах не нуждаются в программной линии, используя

непосредственно сам стык, и обладают большой точностью. Однако слабая помехозащищенность и сложность оборудования затрудняют применение таких устройств в условиях сварочных цехов.

Основополагающие работы в этом направлении принадлежат Бринбергу И.Л., Вайнеру Ш.А., Львову Н.С., Широковскому Р.М., Демченко К.М., Никифорову Д.Д. и другим авторам.

Электромагнитный метод ориентации электрода является наиболее перспективным. Индуктивный, индукционный датчики и датчики краевого эффекта получают информацию непосредственно от стыка, бесконтактны, конструктивно просты и надежны в работе. Индуктивные и индукционные датчики чувствительны к изменению расстояния до изделия, величины зазора в стыке, к превращению кромок. В некоторых датчиках конструктивными или схемными решениями удается огладить эти недостатки, заложенные в самом принципе построения датчиков. Лучшие результаты в этом плане дает датчик краевого эффекта. Всем электромагнитным датчикам присущ один общий недостаток - это подверженность влиянию посторонних электромагнитных полей.

Разработкой электромагнитных датчиков в СССР занимаются: ИЭС им. Патона (Широковский Р.И., Паченцев Ю.А.), МВТУ им. Баумана (Львов Н.С., Акулов А.И., Гладков Э.А.). За рубежом: Центральный институт сварки ГДР, фирмы США и Японии. В этом направлении достигнут определенный успех.

Ряд других способов: ионизационный, ультразвуковой, пневматический, тепловой, наложения высокочастотных колебаний на сварочную дугу и др. находятся в стадии лабораторно-промышленного изучения.

Выбирая в качестве объекта исследования систему ориентации с датчиком краевого эффекта, можно сформулировать следующие задачи:

1. Разработать способы помехозащищенности сигнала датчика, обеспечивающей работу системы ориентации в условиях сильных электромагнитных помех в зоне стыка.
2. Исследовать электромагнитное поле датчика на

повышенных частотах и создать вариант датчика работоспособного на немагнитных металлах, нечувствительного к превышению кромок, изменению расстояния до изделия и зазора в стыке.

3. Определить область технологических возможностей созданного датчика.

4. Разработать принципы построения и методику расчета динамики систем ориентации с учетом нелинейностей и оператором-сварщиком в контуре управления.

Глава вторая посвящена обеспечению помехозащищенности систем с электромагнитными датчиками.

В условиях сварочного производства в зоне стыка могут присутствовать электромагнитные помехи различных частот. Наиболее интенсивны среди них помехи токов промышленной частоты и помехи от дуги. Наличие помех может вызывать сбои в работе систем ориентации с электромагнитными датчиками. В местах пережата стыка происходит шунтирование поля датчика, что приводит к резкому уменьшению уровня полезного сигнала на фоне помех.

Экспериментально доказано, что подобные помехи носят мультипликативный характер по отношению к несущей полезного сигнала. Это приводит к образованию сильно коррелированных по частоте гармоник с суммарными и разностными частотами. С одной стороны - несущей и полезного сигнала, с другой стороны - несущей и помехи.

Представляются два пути борьбы с помехой: повышение соотношения "сигнал-шум" выходного сигнала датчика за счет изменения его конструкции и фильтрации помех в усилительном тракте системы ориентации.

В первом случае исследовалось распределение индукции магнитного поля датчика краевого эффекта с помощью опытной катушки содержащей 100 витков ПЭЛ-0,05. Было построено распределение вектора магнитной индукции на различной высоте. Исследования показали:

1) максимальный уровень вектора магнитной индукции находится в плоскости поперечной симметрии магнитопровода;

2) максимальное значение градиента вектора магнитной индукции также находится в плоскости поперечной симметрии магнитопровода.

На основании этого можно утверждать, что максимальная помехозащищенность и чувствительность датчика достигается при расположении осей индикаторных катушек индуктивности в плоскости поперечной симметрии магнитопровода. Данное положение нашло экспериментальное подтверждение при изготовлении датчика. Смещение индикаторных катушек от плоскости симметрии магнитопровода на 30 мм ведет к уменьшению помехозащищенности в 25 раз; чувствительности - в 5 раз.

Во втором случае на базе теоретического анализа прохождения полезного сигнала с мультипликативной помехой в тракте системы ориентации с использованием методов спектрального анализа предложены способы фильтрации помех непосредственно в системе. Первый способ заключается в выборе частоты модуляции сигнала, два других - в применении узкополосных кварцевых фильтров на частоту задающего генератора или опорную частоту модулятора. Применение фильтров типа ПФ2Г по одному из способов позволяет снизить уровень помехи на 40 дБ.

С помощью анализатора спектра были исследованы электромагнитные спектры дуги на различных режимах при сварке плавящимся и неплавящимся электродом. Из анализа полученных спектров в области частот от 20 Гц до 20 кГц следует, что наибольшую опасность для работы датчика представляют режимы сварки с короткими замыканиями дугового промежутка. Колебания тока в этом случае приводят к большому уровню низкочастотных составляющих электромагнитного поля.

Третья глава посвящена исследованию электромагнитного поля датчика краевого эффекта на повышенных частотах с целью создания варианта датчика, работоспособного на немагнитных металлах.

Чтобы обеспечить работу датчика на стыках немагнитных металлов, необходимо отказаться от использования поля выпучивания в вазоре, что характерно для датчика краевого

эффекта. Поле выпучивания возникает только в ферромагнитных металлах. Общим же свойством металлов является возникновение в них вихревых токов под действием электромагнитного поля.

Анализ поля П-образного электромагнита показал, что в плоскости поперечной симметрии магнитопровода поле можно представить в виде двух зависимых магнитных потоков: основного потока с торцев и наружных граней, который замыкается по полному контуру и наводит в свариваемых кромках вихревые токи и потока рассеяния с внутренних граней, который замыкается по неполному контуру и при отсутствии превышения кромок не вызывает появления вихревых токов. Величина вихревых токов, а следовательно, и их размагничивающее действие, является функцией смещения металлической кромки (стыка), расположенной под полюсом.

В результате проведенного анализа была предложена новая модель построения электромагнитных датчиков положения стыка, использующих потоки рассеяния с полюсов. Использование комбинированного взаимодействия основного потока и потока рассеяния с полюсов П-образного электромагнита с размагничивающим потоком вихревых токов, возникающих в свариваемых кромках, позволяет создать датчик работоспособный на равномерных металлах, нечувствительный к превышению кромок, к изменению расстояния до изделия и зазора в стыке.

Экспериментальное исследование зависимости указанных выше магнитных потоков от смещения стыка и превышения кромок подтвердили качественную картину получения информации, построенную на основании проведенного анализа. Исследование проводилось с использованием немагнитных (Al_7 -6 и X18NiOT) и ферромагнитных (Ст.3) металлов. Смещение стыка магнитных и немагнитных металлов ведет к изменению величины вихревых токов в стыкуемых кромках и, как следствие, к перераспределению размагничивающего потока между кромками стыка, что сказывается на величине основного потока и потока рассеяния с полюса, причем указанное действие смещения на потоки различно по знаку. Превышение кромки немагнитных металлов ведет: а) к увеличению размагничивающего действия с поверх-

ности превышающей пластины на основной поток; б) к увеличению размагничивающего действия с торца превышающей пластины на поток рассеяния с полюса, расположенного над противоположной превышаемой пластиной. В случае превышения кромки ферромагнитных пластин наблюдается обратное изменение указанных потоков, что объясняется преобладающим влиянием на них уменьшающегося магнитного сопротивления.

При прочих равных условиях, уровень размагничивающего потока с пластин в первом приближении пропорционален удельной электропроводности металла, а приращение размагничивающего потока при смещении кромки, чем определяется чувствительность, находится в обратной зависимости от удельной электропроводности.

На основании полученных экспериментальных зависимостей магнитных потоков датчика от смещения стыка и превышения кромок было показано, что использование дифференциальных сигналов э.д.с. от основных потоков с наружных граней и потоков рассеяния с внутренних граней магнитопровода позволяет формировать сигнал датчика малочувствительный к превышению кромок пластин как ферромагнитных, так и немагнитных металлов. Формируется сигнал датчика измерительной схемой, которая осуществляет встречное включение указанных дифференциальных сигналов. Нечувствительность к превышению кромок обеспечивается при выполнении условия $K e_{\Sigma}^{\Delta h} = e_n^{\Delta h}$, где $e_{\Sigma}^{\Delta h}$; $e_n^{\Delta h}$ — составляющие сигналов, зависящие от превышения кромок, K — коэффициент компенсации.

Разработанная инженерная методика расчета датчика включает в себя выбор магнитопровода и расчет задающей обмотки датчика при условии ее минимальных габаритов. Размеры магнитопровода датчика определяются технологией сварки, а его материал должен обладать:

- а) высоким удельным электросопротивлением;
- б) точкой Кюри, которая должна быть выше предполагаемой температуры нагрева;
- в) малой коэрцитивной силой.

Расположение индикаторных катушек индуктивности но-

вой модели датчика у боковых граней полюсов с их внутренней и наружной стороны так, чтобы оси катушек были перпендикулярны граням и лежали в плоскости поперечной симметрии магнитопровода, в соответствии с результатами главы II, обеспечивает максимальные чувствительность, помехозащищенность и минимальные габариты датчика при данных параметрах магнитопровода (Рис. I).

Исходя из полученных результатов были изготовлены и опробованы несколько вариантов датчика. В первом из них в качестве магнитопровода использовался П-образный ферритовый сердечник 1124х15х15 марки Ф-600. Задающая катушка содержала 50 витков ПЭЛ-0,66. Четыре одинаковые индикаторные катушки $\varnothing$ 18 мм содержали 3000 витков провода ПЭЛ-0,05.

В отличие от датчика краевого эффекта новая модель датчика работоспособна на разнородных материалах. При частоте питания задающей катушки 10 кГц чувствительность соответственно составила на стыках из АМ_Г-6 - 36 мВ/мм, из Х18Н10Т - 79 мВ/мм и из Ст.3 - 65 мВ/мм. Превышение кромок до 6 мм для пластин из Ст.3 дает ошибку не более 0,3 мм, для немагнитных металлов превышение в 4 мм дает ошибку в положении не более 0,1 мм. Линейная зона характеристики датчика по смещению составляет $\pm$ 8 мм.

Глава четвертая включает исследование области технологических возможностей созданного датчика.

Учитывая зависимость чувствительности датчика от частоты питания была определена оптимальная частота с точки зрения чувствительности датчика и точности компенсации превышения кромок. Оптимальными оказались: для Ст.3 - частота 30 кГц, для АМ_Г-6 и Х18Н10Т - 15 кГц. При частоте питания 10 кГц наблюдается незначительное понижение рассматриваемых характеристик.

Датчик способен отслеживать стык при сварке в щелевой зазор от 0 до 15 мм как с разделкой, так и без разделки кромок. Изменение зазора в указанном диапазоне приводит только к изменению чувствительности датчика для Ст.3 и Х18Н10Т на 20%, для АМ_Г-6 на 45%. Максимум чувствительности

соответствует средней величине указанного изменения зазора, что объясняется максимальной плотностью вихревых токов в кромках в этом случае для данных размеров магнитопровода датчика. Указанное изменение чувствительности не может существенно сказываться на работе системы ориентации.

Датчик реагирует также на смещение расположенной под ним кромки одной металлической пластины. При этом деформируется характеристика датчика; уменьшается линейная зона, появляется неравноплечность на $10 \pm 20\%$. Несмотря на это, характеристика позволяет автоматизировать направление электрода по кромке (сварка спиральношовных труб, сварка внахлестку), а также по ребру тавра, угольника и т.п.

На основании анализа магнитных свойств шва с последующей экспериментальной проверкой было показано, что ферромагнитный шов на фоне однородного металла изделия представляет собой контрастную линию по магнитным свойствам (магнитная проницаемость). Контраст магнитных свойств определяется отличием металла шва по структуре, содержанию химических элементов и наличию остаточных сварочных напряжений. Это позволяет использовать новую модель датчика краевого эффекта для определения смещения ферромагнитного шва, например, при непрерывном контроле качества сварных швов.

Учитывая данное свойство датчика и рассматривая прихватку как короткий шов, были исследованы свойства датчика при прохождении прихватки. Прихватки выполнялись длиной 20, 40 и 60 мм на стыках с зазором 3 мм. При прохождении датчика над прихваткой возникает ошибка переменного знака за счет зон перехода с зазора на прихватку и с прихватки на зазор. Величина ошибки в положении датчика зависит от длины прихватки, высоты наплавляемого валика и смещения оси прихватки относительно оси зазора. Так, например, при прохождении датчиком прихватки длиной 20 мм с высотой наплавленного валика 3,5 мм диапазон изменения ошибки составляет 0,4 мм, что вполне допустимо при сварке стыков собранных на прихватках.

Аналогично шву, риска на металлической пластине является контрастной линией по магнитным (на ферромагнитном металле)

свойствам, и может служить опорной линией для работы датчика. Причем, потеря контрастности за счет загрязнений не влияет на работу датчика, что имеет место при использовании фотоэлектрического датчика. Датчик работоспособен на рисках в ферромагнитных материалах различной глубины и ширины и имеет переменную чувствительность при изменении этих параметров. Чем уже риска, тем больше чувствительность датчика. Минимально возможная глубина риски для Ст.3 равна 0,2 мм.

Глава пятая содержит некоторые принципы построения структуры, исследование и конструкцию систем автоматической ориентации электрода по стыку.

Включение оператора-сварщика в контур управления и обеспечение инвариантности к ряду медленноменяющихся технологических возмущений осуществляется введением в структуру системы устройства настройки уставки по уровню возмущающего воздействия, представляющего собой маломощную быстродействующую следящую систему.

Показано, что пренебрежение реально существующими нелинейностями в системах ориентации, как-то: насыщение усилителя мощности, люфт механических узлов и расчет устойчивости систем как линейного устройства ведет к неточным результатам, не имеющим практической ценности. Получена в общем виде система уравнений, которая описывает динамику подобных систем с учетом нелинейностей. В области основных параметров системы: коэффициента передачи, коэффициента обратной связи и люфта механического узла с использованием ЭВМ была построена область устойчивости системы. Наибольшее влияние на точность и устойчивость систем ориентации оказывает величина люфта механических узлов сварочных автоматов.

Описаны конструкции изготовленных систем с усилением на переменном и постоянном токе, последняя выполнена с использованием интегральных микросхем типа УТ401Б. Приведены схемы устройств. Экспериментальное исследование работы системы ориентации на специально созданной установке показало, что она является устройством, малочувствительным к технологическим возмущениям.

Система ориентации на постоянном токе принята к внедрению в судостроительной промышленности, Электростальским заводом тяжелого машиностроения и Уралмашзаводом. Суммарный ожидаемый экономический эффект составляет 135 тыс.руб.

В ы в о д ы

1. Наиболее перспективными с точки зрения применения в условиях производства на различных технологических вариантах сварочного процесса, являются фотоэлектрические, электромагнитные и телевизионные датчики.

Среди электромагнитных датчиков, как действительно бесконтактный и нечувствительный к геометрии стыка, можно выделить датчик краевого эффекта, разработанный в ИВТУ им.Н.Э.Баумана. Распространение его работоспособности на стыки немагнитных металлов, повышение чувствительности и помехозащищенности, а также уменьшение габаритных размеров, значительно расширяет сферу использования датчика в производственных условиях.

2. Наличие в зоне стыка интенсивных помехонесущих полей и помех от дуги, влияют на точность работы системы ориентации с электромагнитными датчиками. Экспериментально обнаружено, что подобные помехи носят мультипликативный характер по отношению к несущей полезного сигнала. На основании теоретического анализа прохождения сигнала с мультипликативной помехой в тракте системы с использованием методов спектрального анализа можно утверждать, что неискаженную информацию о смещении стыка возможно получить, используя в измерительном тракте системы фильтры на частоту несущей с полосой пропускания $\Delta f = f_n/2$, где f_n - частота сигнала помехи.

3. Проведенный на основе теории электромагнитного поля и теории магнитных цепей анализ поля П-образного электромагнита показал, что потоки рассеяния с полюсов магнитопровода являются функцией размагничивающего действия вихревых токов, которое в свою очередь зависит от смещения металлической кромки (стыка). Это явление позволяет построить

новую модель электромагнитного датчика положения стыка магнитных и немагнитных металлов, который практически нечувствителен к превышению кромок, изменениям расстояния до изделия и зазора в стыке.

4. Экспериментальное исследование на модели влияния вихревых токов различных металлов на магнитные потоки с граней и анализ зависимостей указанных потоков от смещения стыка и превышения кромок, позволили создать конструкцию датчика, которая при данных параметрах магнитопровода обеспечивает: максимальные чувствительность и помехозащищенность, минимальные габариты датчика. Это достигается расположением индикаторных катушек индуктивности у боковых граней полюсов с их внешней и внутренней стороны.

5. Высокочувствительный малогабаритный датчик краевого эффекта работоспособен на разнородных материалах при слежении за кромкой, стыком с изменением зазора от 0 до 15 мм; стыками собранными на прихватках различной длины, внахлестку и с отбортовкой кромок, с разделкой и без разделки кромок. Кроме этого на ферромагнитных металлах датчик обеспечивает слежение за риской глубиной не менее 0,2 мм и за ранее проваренным швом.

6. С использованием нелинейной теории автоматического регулирования показано, что пренебрежение реально существующими нелинейностями в системах ориентации электрода приводит к грубым ошибкам при расчете точности и динамической устойчивости. Существенное влияние при этом оказывает величина люфта механических узлов сварочного оборудования, на котором используется система ориентации.

7. Применение в структуре системы ориентации блока настройки уставки по уровню возмущения позволяет включить в контур управления положением электрода оператора-сварщика, что упрощает работу с системой, делает управление гибким и позволяет вмешиваться в работу системы непосредственно в процессе автоматической ориентации электрода.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Акулов А.И., Гладков Э.А., Ластовири В.Н.
Способы фильтрации помех в системах ориентации электрода по стыку. ИВУЗ "Машиностроение" 1975, № 12, с.117-121.

2. Акулов А.И., Гладков Э.А., Ластовири В.Н.
Дифференциальный электромагнитный датчик. Положительное решение по заявке № 2335491/25-27 (034925) с приоритетом от 18 марта 1976 г.

3. Гладков Э.А., Ластовири В.Н. Система ориентации электрода по стыку с автоматической настройкой установки по уровню возмущения. Сб.Тезисы докладов научно-технической конференции молодых специалистов ЗИЛ - НИИАВТОПРОМ, 12 февраля 1976 г., стр.213-214.

4. Гладков Э.А., Ластовири В.Н. Помехозащищенная система автоматической ориентации электрода по стыку. ГОСИНИТИ, информационный листок № 544-77.

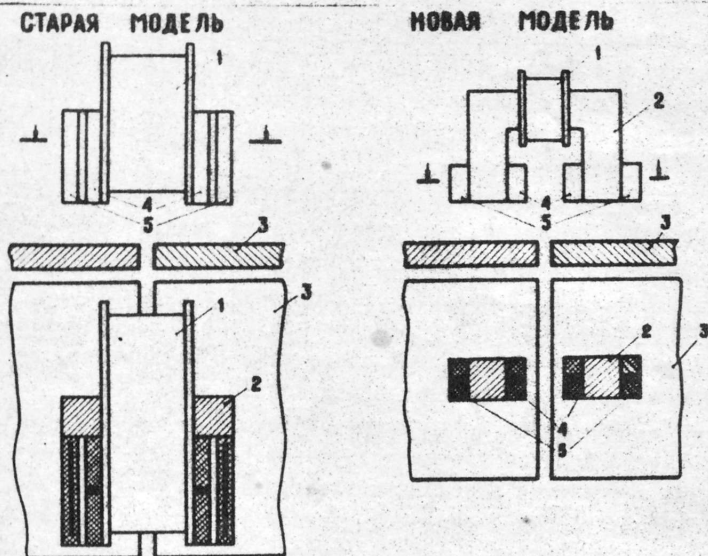


Рис.1. Конструкция датчиков краевого эффекта.
1 - задающая катушка; 2 - магнитопровод;
3 - свариваемые кройки; 4 - внутренние катушки;
5 - наружные катушки.