

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ С ПОМОЩЬЮ НАКЛАДНОГО ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

А.О. Воробьев, С.В. Болотов

Цель работы – на основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований напряжения вихретокового преобразователя в процессе контактной точечной сварки разработана методика контроля диаметра литого ядра точек. Спроектирована автоматическая установка для реализации разработанного способа контроля на производстве.

Ключевые слова: контроль качества сварки, вихретоковый преобразователь

На сегодняшний день существует ряд способов позволяющих осуществлять активный контроль точечных соединений, таких как контроль параметров процесса сварки, контроль физических процессов при сварке и др., однако они имеют свои недостатки, затрудняющие их применение на практике [1]. Нами предложен способ контроля, в котором в качестве чувствительного элемента используется вихретоковый преобразователь, надеваемый на электрод контактной машины [2].

Суть данного метода состоит в том, что катушка питается переменным током частоты (от 1 кГц до 5 кГц, в зависимости от толщины и марки стали). Магнитная проницаемость металла под электродами и её удельная электрическая проводимость будут изменяться под влиянием теплового поля при сварке, что будет вызывать изменение вносимого сопротивления накладного преобразователя. При включении катушки индуктивности в колебательный контур, напряжение на преобразователе будет отражать характер протекания тепловых процессов при сварке, что позволит оценивать размеры литого ядра – основного параметра, характеризующего качество соединения.

Используя программное приложение, написанное в среде VBA, установлены зависимости полосы пропускания, напряженности магнитного поля, активного сопротивления, индуктивности и диаметра накладного преобразователя для машины МТ604У4 при изменении его числа витков от 100 до 1000, для диаметров провода 0,2, 0,4 и 0,6 мм. При этом длина соленоида ограничена 10 мм, минимальный диаметр 12 мм, технические возможности генератора не позволяют работать при нагрузке ниже 5 Ом.

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод о том, что для обмоточного провода 0,4 мм наиболее оптимальное число витков 500, для провода 0,3 мм – 400 и для провода 0,2 мм - 300. При этом полоса пропускания составляет соответственно 740, 2300 и 8300 Гц при диаметре катушки 23, 17 и 14 мм.

На основе метода конечных элементов созданы модели и разработана методика, позволяющие осуществлять тепловой и электромагнитный расчёт в среде COSMOS/M при намагничивании зоны контактной точечной сварки. Произведено моделирование нарушений параметров режима сварки, приводящих к уменьшению зоны проплавления свариваемых деталей. На *рисунке 1* представлены картины распределения магнитной индукции при непроваре и качественной сварной точке. Адекватность модели подтверждается результатами экспериментальных исследований.

В результате электромагнитных расчётов установлена динамика изменения индуктивности намагничивающего контура в процессе сварки деталей разной толщины при различных размерах преобразователя, что позволило с помощью разработанной модели

в Electronics Workbench исследовать характер изменения напряжения преобразователя в процессе формирования соединения.

В ходе экспериментальных исследований получены резонансные кривые (рисунк 2) для вихретоковых преобразователей с различными параметрами, что позволило определить оптимальные режимы контроля (напряжение и частоту питающего генератора). Установлена связь между размерами сварной точки и изменением уровня напряжения преобразователя для деталей толщиной 1-3 мм из стали Ст.3 и 08 пс с коэффициентами корреляции не ниже 0.8.

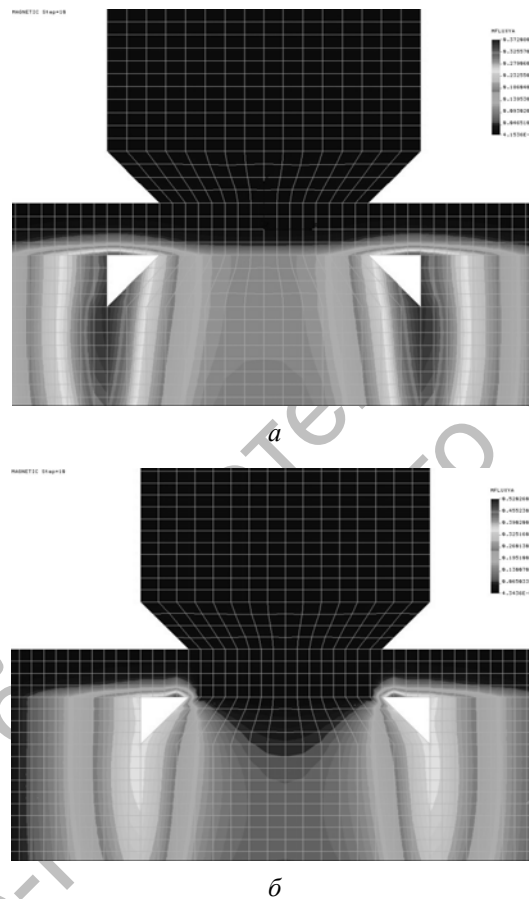


Рис.1. Распределение нормальной составляющей остаточной индукции:  
а- при непроваре, б- качественная сварная точка

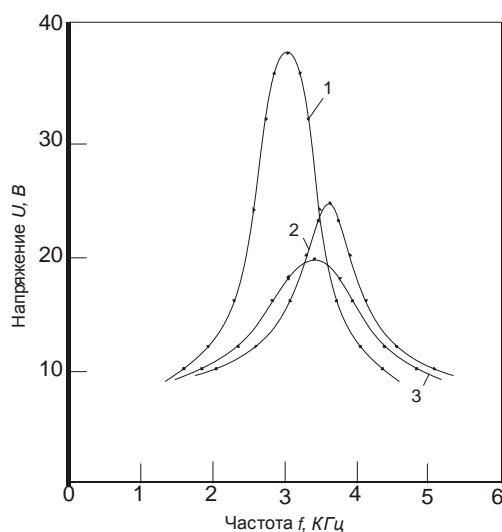


Рис.2. Резонансные кривые

Резонансная кривая 1- преобразователь в воздухе, кривая 2- непровар, кривая 3- качественное соединение.

Для реализации предложенного активного метода контроля качества контактной точечной сварки разработана специальная установка (рисунок 3). В её функции входит: регистрация величины напряжения преобразователя и передача сигнала на ЭВМ через аналого-цифровой преобразователь, подача импульса управления на отключение регулятора цикла сварки при достижении диаметра литого ядра номинального значения.

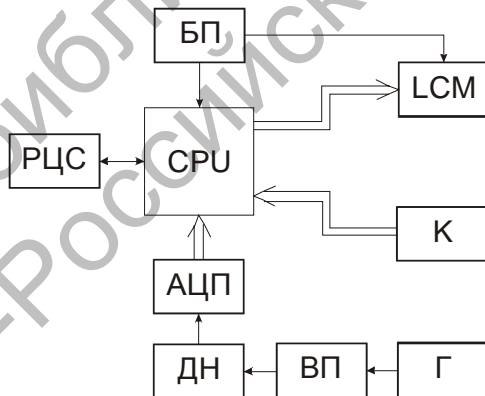


Рис.3. Функциональная схема установки

Основным элементом установки является центральный процессор CPU, связанный с регулятором цикла сварки. Принимая от РЦС сигнал, он фиксирует начальный уровень напряжения преобразователя, значение которого поступают с датчика напряжения ДН. Сигнал с датчика напряжения поступает на АЦП. АЦП, связанная с CPU, принимает сигнал и обрабатывает его. При достижении значения напряжения преобразователя нужной величины происходит отключение сварочного тока с помощью РЦС. Ввод/вывод информации осуществляется с помощью клавиатуры К и жидкокристаллического модуля LCM. Питание CPU и LCM производится с помощью блока питания БП.

На рисунке 4 представлены пороговые значения относительного изменения напряжения преобразователя, соответствующие требуемому диаметру литого ядра, для толщин свариваемых деталей 1+1, 2+2, 3+3 мм из стали Ст.3.

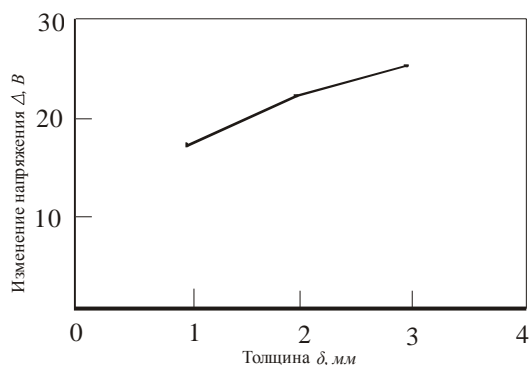


Рис.4. Зависимость порога напряжения на преобразователе от толщины свариваемых деталей

Разработанная автоматическая установка позволяет за счёт управления временем сварки обеспечить формирование литого ядра точек требуемых размеров, что позволяет повысить качество соединений, выполняемых контактной точечной сваркой.

#### Литература

1. Неразрушающий контроль: В 5 кн. Кн. 3. Электромагнитный контроль: Практик. пособие / В. Г. Герасимов, А. Д. Покровский, В. В. Сухоруков; Под ред. В. В. Сухорукова.- М.: Высш. шк., 1992.-312с.: ил.
2. Воробьев А.О. Способ активного контроля качества контактной сварки по магнитным характеристикам металла в зоне соединения/ А.О. Воробьев, А.И. Молчанов // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы республиканской научно-технической конференции магистрантов, аспирантов и студентов.- Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2006.- С.381.

#### Воробьев Алексей Олегович

Магистрант машиностроительного факультета  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(222) 22-19-20  
E-mail: [wisheye@gmail.com](mailto:wisheye@gmail.com)

#### Болотов Сергей Владимирович

Зав. кафедрой «Электротехника и электроника», к-т технич. наук  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(222) 48-35-11  
E-mail: [f.v.bolotov@mail.ru](mailto:f.v.bolotov@mail.ru)