

СИСТЕМЫ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ

Е.Л. ТКАЧЁВА, С.В. БОЛОТОВ, И.В. КУРЛОВИЧ

A mathematical model of resistance spot welding process using finite elemental package MSC Marc has been developed. Welding conditions to provide desired diameter of a weld nugget for cold-rolled low-carbon steels with thickness of 1...6 mm were recommended. A hardware-software system for resistance spot welding process control of a capacitive discharge welding machine МТК-1601 in respect of small scale sheet metal components has been developed. A method of programmed control by the resistance spot welding process on single-phase alternating current machine using Joule energy level in the contact zone is proposed

Ключевые слова: контактная сварка, управление, установка

Контактная точечная сварка является широко известным и распространённым в промышленности способом создания неразъёмных соединений. Данный способ обладает рядом важнейших преимуществ, таких как высокие показатели производительности, незначительные остаточные деформации, высокий уровень механизации и автоматизации, отсутствие присадочных материалов, высокая культура производства, гигиеничность и благоприятные условия труда [1].

Образование сварного соединения при контактной точечной сварке представляет собой сложный электротермодеформационный процесс, обуславливающий параметры плавления, кристаллизации, пластического деформирования металла зоны сварного соединения, что определяет основные технологические и эксплуатационные свойства готового изделия. Вместе с тем, зона сварки может оказаться под воздействием дестабилизирующих факторов, результатом неблагоприятного влияния которых является недопустимое отклонение качества сварного изделия [2]. В связи с этим, разработка эффективных методов контроля и создание на их основе высокоточной аппаратуры, позволяющей гарантировать соответствие размеров литого ядра сварной точки требованиям стандартов, является актуальной.

Нами предложены методики контроля и программного управления процессом контактной точечной сварки, позволяющие обеспечить автоматический контроль основных параметров режима и воздействовать на исполнительные органы сварочной машины для получения качественного сварного соединения.

Для решения поставленных в работе задач были проведены теоретические исследования, и, на основе метода конечных элементов, разработана математическая модель процесса контактной точечной сварки в программном пакете MSC Marc. Предложен алгоритм пошагово-совмещенного электротермодеформационного цикла сварки. Адекватность моделей подтверждается результатами экспериментальных исследований. Сравнение размеров полученной сварной точки с размерами проплавления металлов в зоне сварки, полученными в результате моделирования, показывает, что общая ошибка расчета, вносимая колебаниями исходного состояния образцов и параметров режима сварки, по глубине проплавления составляет 6...8 %, а по диаметру литой ядра – 7...9 % [3].

На основании моделирования процесса контактной точечной сварки холоднокатаных низкоуглеродистых сталей толщиной 1...6 мм рекомендованы параметры режимов, обеспечивающих формирование требуемого диаметра литого ядра [4].

Разработана экспериментальная установка для исследования процесса контактной точечной сварки на однофазной машине переменного тока, обеспечивающая сбор, сохранение и анализ поступающих данных, используемых для оценки качества соединения, а также управления в режиме реального времени параметрами режима сварки [5].

В результате экспериментальных исследований установлено, что в качестве информативных параметров, характеризующих качество соединений, выполняемых контактной точечной сваркой, могут использоваться: напряжение электромагнитного преобразователя и энергия, выделяемая в зоне контакта. При появлении такого опасного дефекта, как выплеск расплавленного металла, происходит резкое падение напряжения электромагнитного преобразователя, что требует корректировки параметров режима сварки. Установлена корреляционная связь между энергией Q и диаметром литого ядра $d_{\text{я}}$, позволяющая определить пороговые значения энергии для различных толщин свариваемых деталей. Регрессионная зависимость с коэффициентом корреляции 0,98 имеет вид:

$$Q = 382,2 + 65,8 \cdot d_{\text{я}}^2, \quad (1)$$

Предложена методика программного управления процессом контактной точечной сварки по величине энергии, выделяемой в зоне контакта [6]. Максимальная ошибка в определении диаметра литого ядра точек по данной методике не превышает 0,5 мм при диаметре точек 6–7 мм, что составляет около 7 – 8%.

Разработана и внедрена в учебный процесс кафедры «Оборудование и технология сварочного производства» установка для контроля диаметра литого ядра сварной точки по параметрам процесса контактной точечной сварки [6].

Основным элементом установки является ЭВМ со средой графического программирования LabVIEW компании National Instruments, связанная с системой сбора данных NI USB-6251. Система имеет 8 каналов аналоговых входов, 2 канала аналоговых выходов, частоту оцифровки 1,2 МГц, максимальное входное напряжение ± 10 В. NI USB-6251 присоединяется к компьютеру посредством интерфейса full-speed USB. Сигналы с датчика тока ДТПХ-32000, работающего на эффекте Холла и расположенного на электроде контактной машины МТ-3201, а также датчика напряжения между электродами поступают на систему сбора данных, которая преобразовывает полученный сигнал в цифровой код и далее передает на ЭВМ, где происходит обработка сигналов. Система сбора данных воздействует на регулятор цикла сварки РКС-801, через специальный разъем, связанный с блоком изменения сварочного тока и блоком прекращения сварочного цикла.

Разработан и внедрен в учебный процесс программно-аппаратный комплекс для управления машиной конденсаторной сварки МТК-1601, предназначенный для программной реализации гибкой системы управления процессом сварки деталей малых толщин на конденсаторной машине и задания циклограммы ее работы [7; 8].

Разработанные методики программного управления процессом контактной сварки и оборудование для их реализации позволяют значительно повысить качество соединений, что снижает затраты на исправление брака, повышает надежность конструкций.

Литература

1. Технология и оборудование контактной сварки / М.Д. Банов – 2-е изд., испр. - М. : Изд. центр "Академия", 2006. – 224 с.
2. Гладков Э.А. Управление процессами и оборудованием при сварке.- М.: ИЦ Академия, 2006.- 432 с.
3. Бансюкова Е.Л. Математическое моделирование процесса контактной точечной сварки// Сб. трудов 9-ой международной научно - технической конференции студентов и аспирантов. – Смоленск, – 2012. – С.166-168.
4. Бансюкова Е.Л. Выбор параметров режима контактной точечной сварки по результатам моделирования//Материалы 47-ой студенческой международной научно - технической конференции Белорусско-Российского университета. – Могилев, – 2011. – С.11.
5. Болотов С.В., Воробьев А.О., Бансюкова Е.Л. Программно-аппаратный комплекс для экспериментальных исследований контактной точечной сварки//Вестник Белорусско-Российского университета. – Могилев, – 2011. – N 3 (32). – С.17-23.

6. *Болотов С.В., Курлович И.В., Бансюкова Е.Л.* Программное управление контактной точечной сваркой//Материалы пятого Международного научно-технического семинара «Технологии контактной, дуговой и специализированных видов сварки в современной промышленности». – Санкт-Петербург, – 2012. – С.47-49.
7. *Курлович И.В., Бансюкова Е.Л.* Разработка программных средств управления процессом контактной точечной сварки на конденсаторной машине //Сб. трудов 10-ой международной научно - технической конференции студентов и аспирантов "Информационные технологии, энергетика и экономика". – Смоленск, – 2013. – С.232-235.
8. *Ткачева Е.Л.* Виртуальный прибор среды LabVIEW для управления машиной конденсаторной сварки МТК-1601//Материалы 49-ой студенческой научно - технической конференции Белорусско-Российского университета. – Могилев, – 2013. – С.205-207.