

УДК 621.791.763

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ MEMS-ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЭЛЕКТРОДОВ ПРИ МИКРОСВАРКЕ

К. И. Ермоленко, к. т. н. А. Ф. Бондаренко

Донбасский государственный технический университет
Украина, г. Алчевск
bondarenkoaf@gmail.com

С целью выбора наиболее подходящего типа датчиков для обеспечения точного контроля перемещений сварочных электродов установок контактной микросварки проведен анализ существующих современных датчиков для регистрации малых перемещений. Обоснован выбор микроэлектромеханического датчика (MEMS), обладающего высоким быстродействием и точностью измерения.

Ключевые слова: контактная микросварка, контроль перемещений сварочных электродов, MEMS-датчик, микроперемещения.

Контактная микросварка — эффективный способ соединения малогабаритных деталей, который получил широкое применение в электронной промышленности и приборостроении при производстве микросхем, схем на печатных платах, герметизации миниатюрных корпусов. Соединение осуществляется путем сжатия свариваемых деталей между электродами, через которые пропускается электрический ток, вследствие чего место контакта разогревается до температуры плавления и формируется сварная точка [1].

Установка контактной микросварки состоит из нескольких основных частей: источник тока, преобразовательный блок, механический блок, система управления (рис. 1) [2].

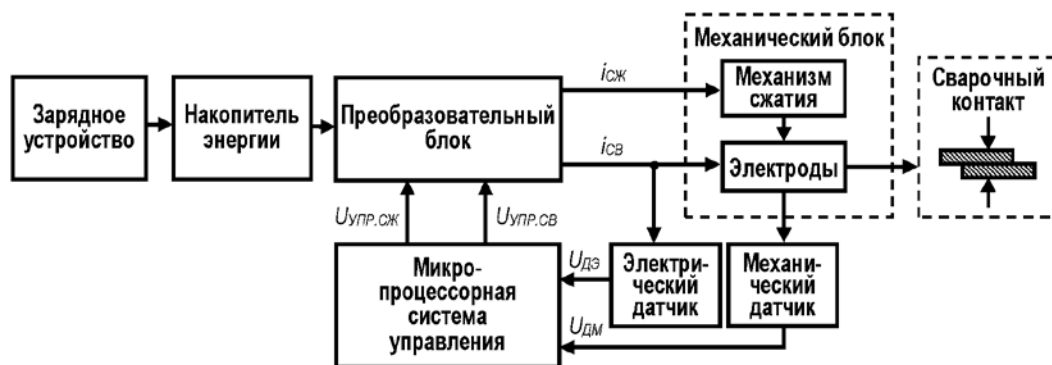


Рис. 1. Структура установки для контактной микросварки:

$i_{св}$ — сварочный ток; $i_{сж}$ — ток сжатия электродов; $U_{упр.св}$ — напряжение управления источником сварочного тока; $U_{упр.сж}$ — напряжение управления источником тока сжатия электродов; $U_{дэ}$ — напряжение с электрического датчика; $U_{дм}$ — напряжение с механического датчика

Для получения сварных соединений высокого качества существует необходимость точного регулирования сварочного тока и управления перемещениями, совершаемыми электродами в процессе сварки. Наилучших результатов при этом можно достичь при согласованном формировании закона изменения сварочного тока и закона изменения давления электродов. Сложность реализации согласованного управления заключается в том, что перемещения электродов составляют доли миллиметров, а длительность микросварки — единицы миллисекунд. Регистрация таких малых перемещений на протяжении малых временных интервалов требует применения высокоточных малоинерционных датчиков.

Целью данной работы является выбор типа датчиков, способных с достаточной точностью отслеживать микроперемещения сварочных электродов.

Анализ показал, что для достижения поставленной цели могут быть использованы датчики линейного ускорения (MEMS-акселерометры), датчики угловых скоростей (MEMS-гироскопы) либо их

комбинации. Как правило, конструкция таких датчиков состоит из двух ключевых элементов: MEMS кремниевого микромеханического емкостного сенсора, чувствительного к ускорению или повороту, и схемы обработки сигнала, преобразующей выходные сигналы этого сенсора в аналоговые или цифровые сигналы. Проведенные нами расчеты и предварительные эксперименты показали, что MEMS-акселерометры более предпочтительны для отслеживания микроперемещений сварочных электродов. Кроме того, их показания могут использоваться для управления и контроля процесса контактной сварки по математическим моделям [3].

Существующие MEMS-акселерометры отличаются следующими основными характеристиками: диапазон ускорений, количество осей, шум акселерометра, чувствительность, частотная характеристика, резонансная частота недемпфированного датчика, линейность акселерометра, разрешение (отношение сигнал/шум). С учетом этих характеристик, а также особенностей процесса микросварки был проведен анализ и сравнение датчиков, которые производятся фирмами STMicroelectronics, Analog Devices, Kionix, InvenSense, Freescale.

В качестве основных критериев выбора датчика для отслеживания микроперемещений сварочных электродов при микросварке были выделены следующие: возможность работы в малом диапазоне ускорений, малый уровень шума, широкая полоса пропускания, относительно невысокая стоимость. Перечисленным критериям в наибольшей степени удовлетворяют акселерометры STMicroelectronics. Были проведены экспериментальные исследования быстродействия MEMS-акселерометра LIS302DLH указанного производителя. На рис. 2 показан график сигнала перемещения, вычисленного путем двойного интегрирования. Необходимо отметить, что даже на этапе предварительных экспериментов удалось обеспечить регистрацию скорости перемещения электродов порядка 40 мкм/мс. В связи с тем, что обычно процесс микросварки занимает единицы миллисекунд, величина смещения электродов лежит в диапазоне десятков-сотен микрометров, а реальное значение регистрируемой скорости перемещения электродов выше полученной экспериментально, быстродействия MEMS-акселерометра LIS302DLH вполне достаточно для отслеживания микроперемещений сварочных электродов при микросварке.

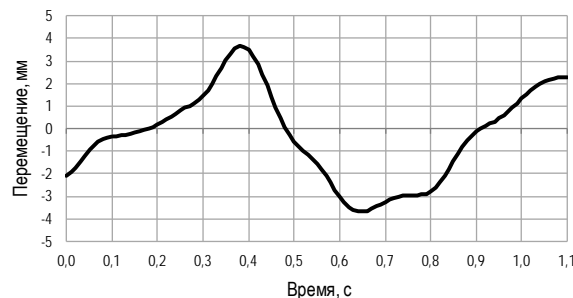


Рис. 2. Диаграмма перемещения, измеренного при помощи MEMS-акселерометра LIS302DLH

Таким образом, для отслеживания малых перемещений в течение малых временных интервалов могут быть использованы современные MEMS-акселерометры (LIS302DLH и подобные им), обладающие высоким быстродействием и чувствительностью, а также низким уровнем шума. Зарегистрированная с помощью MEMS-акселерометра данного типа скорость перемещения электродов и ее сопоставление с характеристиками процесса микросварки подтверждает эту возможность.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Атауш В. Е. Микросварка в приборостроении / В. Е. Атауш, В. П. Леонов, Э. Г. Москвин. — Рига: РТУ, 1996. — 332 с.
2. Oleksandr F. Bondarenko, Iuliia V. Bondarenko, Pavlo S. Safronov, Volodymyr M. Sydorets. Current and Force Control in Micro Resistance Welding Machines. Review and Development // 8th International Conference-Workshop «Compatibility and Power Electronics (CPE), 2013». — 2013. — Ljubljana, Slovenia. — P. 298-303.
3. Автоматизация сварочных процессов / Под ред. В. К. Лебедева, В. П. Черныша. — Киев: Вища шк., Головное изд-во, 1986. — 296 с.

К. Iermolenko, O. F. Bondarenko

The use of modern MEMS-sensors for measuring electrodes shifts in micro resistance welding.

The analysis of existing modern sensors for accurate measuring of small shifts of micro resistance welding machine electrodes is carried out to choose the most suitable sensor type. The choice of fast-acting and highly accurate microelectromechanical sensor (MEMS) is substantiated.

Keywords: *micro resistance welding, electrodes shifts control, MEMS-sensor, micro shifts.*