

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ  
СВАРКИ ЭЛЕМЕНТОВ КАРТРИДЖА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

В.Н. Хмелёв (к.т.н.), А.Н. Сливин, С.В. Левин

Бийский технологический институт АлтГТУ

[vnh@u-sonic.ru](mailto:vnh@u-sonic.ru), [alex@u-sonic.ru](mailto:alex@u-sonic.ru)

**Аннотация.** В статье представлены результаты работы по созданию технологии ультразвуковой сварки картриджей для очистки воды. Проведенные исследования позволили установить оптимальные технологические параметры для практической реализации, предложенной технологии. В результате работы предложено и разработано оборудование для автоматической ультразвуковой сварки крышки и корпуса картриджа для очистки воды, обеспечивающее выполнение серийного производства картриджей.

В последние годы, в промышленности и бытовых условиях все большее распространение получают различные системы очистки воды. Основу всех систем очистки составляют специальные элементы, выполненные из фильтрующих материалов или заполненные специальными составами, обеспечивающими наряду с механической очисткой, химическую очистку воды.

Наиболее простыми и доступными устройствами очистки воды, являются устройства, монтируемые непосредственно на водопроводный кран или выполненные в виде специальных кувшинов. Именно такие устройства наиболее широко используются в бытовых условиях.

Основным элементом таких устройств очистки являются пластмассовые цилиндрические объемы – картриджи, заполненные специальным активированным угольным порошком. Внешний вид одного из наиболее широко используемых картриджей представлен на рис.1.

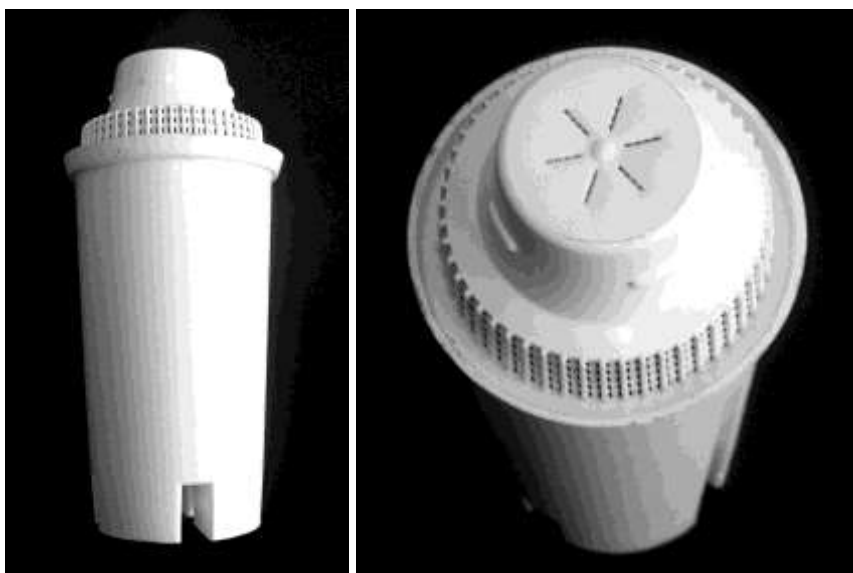


Рисунок 1 Картридж в сборе.

Ресурс работы картриджей ограничен и поэтому возникает необходимость в создании многомиллионных автоматизированных производств, способных удовлетворить постоянно растущие потребности населения.

Одной из наиболее трудоемких и ответственных операций при производстве картриджей является операция герметичного соединения крышки с заполненным корпусом картриджа (рис. 2).

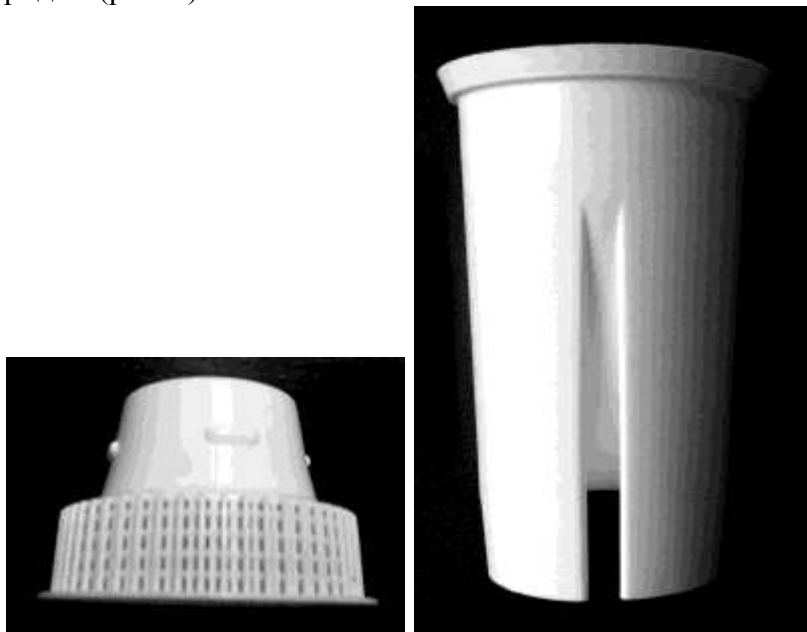


Рисунок 2 Крышка и корпус.

В настоящее время, в промышленном производстве картриджей для очистки воды используются различные способы соединения крышки с корпусом. Наиболее простым является способ термического соединения, поскольку элементы картриджа изготавливаются из термопластичных материалов.

Однако конструкция картриджа такова, что возникает необходимость использования специальных рабочих нагревательных инструментов для герметичной сварки крышки и корпуса картриджа.

Инструмент должен обеспечить равномерный нагрев, по сварному шву в виде кольца. Однако, при реализации термического способа сварки для получения качественного соединения необходимо длительное время нагрева и охлаждения нагревательного сварочного инструмента, длительное время, необходимое для равномерного прогрева двух соединяемых материалов (при одностороннем доступе), периодическая очистка инструмента.

В зарубежной практике наибольшее распространение получил вариант термической сварки, при реализации которого повышение температуры на соединяемых поверхностях достигается за счет трения соединяемых поверхностей между собой. Крышка картриджа вращается относительно корпуса с трением, соединяемые поверхности разогреваются до заданной температуры, затем осуществляется остановка крышки, и под давлением элементы соединяются. Такой вариант термической сварки требует больших энергозатрат, времени, непрерывного контроля параметров и практически реализуем только на изделиях, не имеющих геометрических отклонений по толщине, загрязнений на соединяемых поверхностях и только при использовании специальных дорогостоящих полимерных материалов.

В связи с этим возникла необходимость в создании простой и эффективной технологии, способной обеспечить качественное соединение крышки с корпусом картриджа и разработать специализированное оборудование для практической реализации новой технологии.

Проведенный анализ функциональных возможностей различных способов сварки применительно к материалам и конструкции фильтрующего картриджа позволил предложить в качестве способа, способного решить поставленную задачу – способ ультразвуковой низкотемпературной сварки [1].

К достоинствам ультразвукового способа сварки термопластичных материалов относятся:

- достаточность доступа рабочим инструментом к поверхности только одной из соединяемых деталей с возможностью выделения максимальной энергии на границе соединения этой детали с другой;

- возможность сварки без предварительной подготовки соединяемых поверхностей (шлифовка, удаление различных жидких и твердых загрязнений) и выполнения специальных конструктивных элементов, выполняющих роль присадочного материала;

- соединение при температурах, ниже температуры плавления и разложения материалов деталей картриджа;

- время получения качественного сварного соединения не превышает 4-6 секунд.

В результате проведенных исследований была разработана следующая схема технологического процесса. Свариваемые детали устанавливаются в специальный, упорный стакан, после чего с помощью электрического привода-подъемника производится перемещение упорного стакана с деталями картриджа к излучающей поверхности ультразвуковой колебательной системы до соприкосновения деталей с излучающей поверхностью и сжатие деталей. После того, как детали окажутся сжатыми между упорным стаканом и колебательной системой, включается ультразвуковой генератор и производится ввод ультразвуковых колебаний в зону сварки. В процессе ввода ультразвуковых колебаний происходит переход материала в вязкопластичное состояние, перераспределение материала в зоне сварки, что приводит к уменьшению его толщины. Для того, чтобы сохранить необходимое усилие сжатия, необходимое для эффективного ввода ультразвуковых колебаний в материал, производится автоматическая компенсация зазора. По истечении времени, необходимого для сварки, генератор выключается, производится освобождение изделия из зоны сварки (перемещение упорного стакана в направлении от ультразвуковой колебательной системы). В некоторых случаях наблюдается прилипание изделия к ультразвуковой колебательной системе. Поэтому, после освобождения изделия производится кратковременное включение ультразвукового генератора, что вызывает гарантированное отделение изделия от колебательной системы.

Таким образом, для практической реализации предложенного технологического процесса и решения поставленной задачи было необходимо:

1. Разработать и изготовить механическое устройство привод-подъемник для автоматического перемещения, сжатия свариваемых деталей, поддержания необходимого усилия сжатия и возврата сваренных деталей в исходное состояние.

2. Разработать и изготовить блок автоматического управления выполняемыми операциями механического устройства привода-подъемника.

3. Разработать и изготовить специальную конструкцию ультразвуковой колебательной системы, обеспечивающей сварку элементов картриджа по заданному контуру.

4. Разработать и изготовить ультразвуковой генератор для питания ультразвуковой колебательной системы.

5. Исследовать технологический процесс сварки, произвести выбор и установить оптимальные режимы и параметры сварки.

Для автоматического перемещения, сжатия свариваемых деталей, поддержания необходимого усилия сжатия и возврата в исходное положение после сварки, была разработана и изготовлена специализированная установка, конструктивная схема которой представлена на рис. 3.

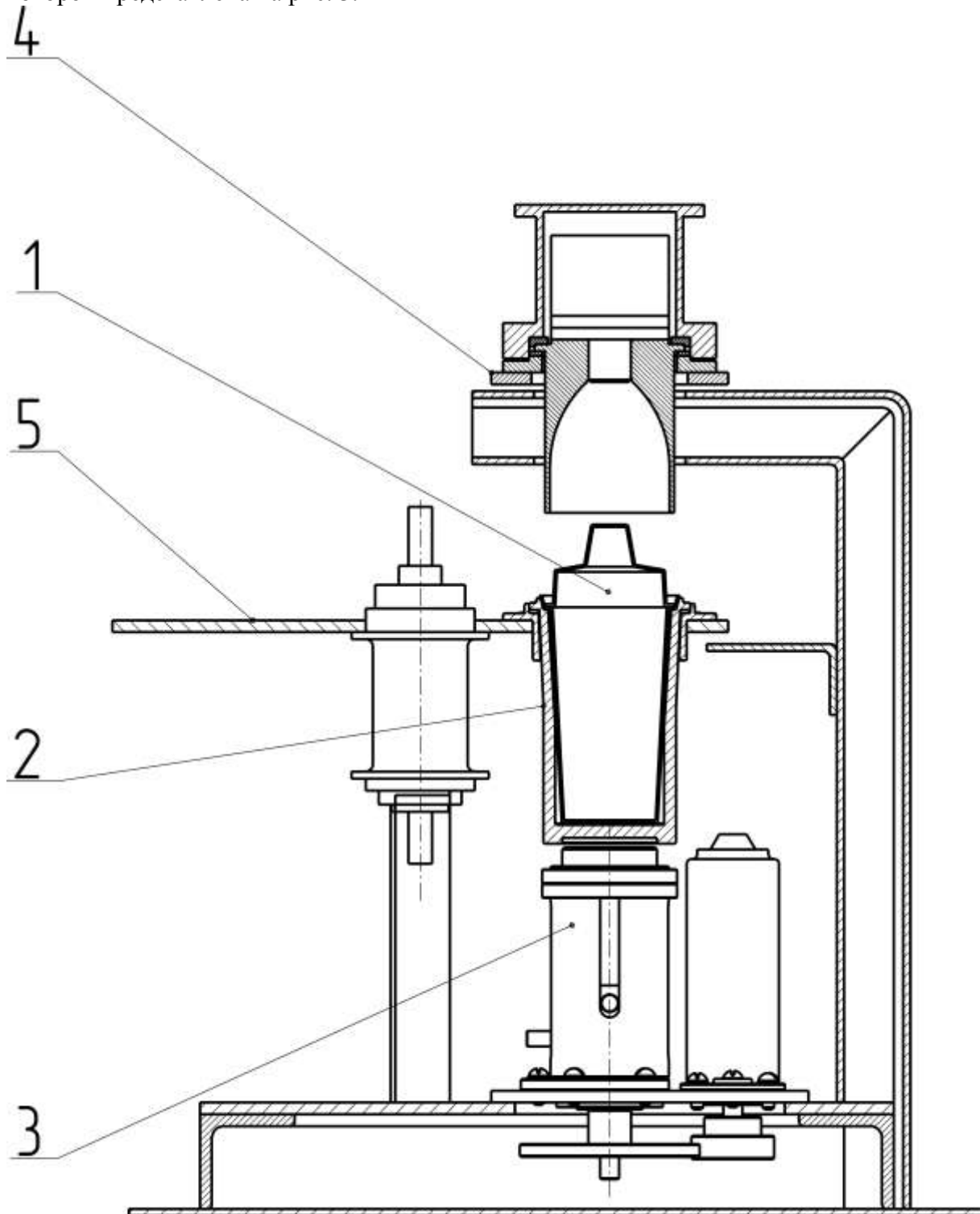


Рисунок 3 Установка для сварки элементов картриджа.

В состав установки входит упорный стакан для свариваемых элементов 2, механический привод-подъемник 3, ультразвуковая колебательная система 4,

вращаемый ротор 5, штатив и корпус 6. Свариваемые элементы картриджа представлены на поз.1.

Механический привод-подъемник должен обеспечивать перемещение упорного стакана, сжатие деталей изделия с необходимым усилием, поддержание усилия сжатия в процессе сварки. Привод выполнен по схеме винтового подъемника с электрическим приводом.

Для автоматизации процесса ультразвуковой сварки разработан и изготовлен электронный блок автоматического управления выполняемыми операциями механического устройства привода-подъемника, обеспечивающий автоматическую работу всех элементов механического привода установки в необходимых режимах.

Блок схема электронной части установки представлена на рис.4. Основу электронного блока установки составляет микроконтроллер AT90S44338PI, задающий требуемые режимы работы отдельных элементов и всей установки в целом. Контактные датчики позиционирования ротора 1 и крайних, верхнего 2 и нижнего 3 положений упорного стакана необходимы для определения времени включения и выключения ультразвукового генератора.

В качестве датчиков были выбраны стандартные герконы. Генератор ультразвуковых колебаний, согласующий колебательный контур и ультразвуковая колебательная система предназначены для генерации, преобразования и передачи ультразвуковых механических колебаний в зону герметизации элементов картриджа.

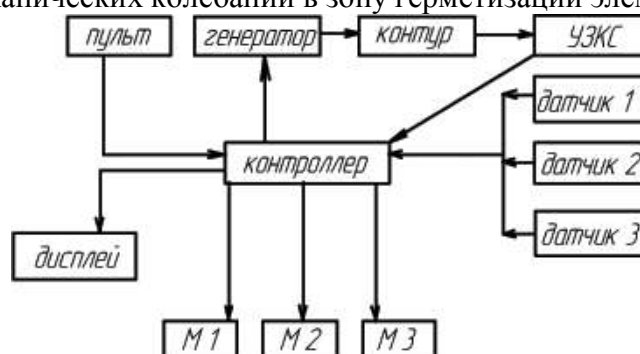


Рисунок 4 Блок схема электронной части установки.

Пульт управления установки и дисплей служат для выбора и визуального отображения режимов работы установки- времени сварки и номинальной мощности.

Мотор М1 служит для перемещения привода подъемника в двух направлениях. Моторы М2 и М3 служат для воздушного принудительного охлаждения ультразвуковой колебательной системы и зоны сварки в свариваемых элементах картриджа.

Разработанная схема обеспечивает следующие режимы работы установки:

1. Точное позиционирование крышки и корпуса картриджа под рабочий сварочный инструмент ультразвуковой колебательной системы.
2. Автоматический подъем и прижим свариваемых элементов картриджа к рабочему сварочному инструменту.
3. Автоматическое включение ультразвукового генератора установки при наличии свариваемых элементов.
4. Ручная установка необходимых параметров и режимов работы установки: выходной мощности (амплитуду колебаний), времени сварки (таймер).
5. Автоматическое поддержание установленной мощности и автоматическое поддержание частоты генератора при изменениях собственной частоты колебательной системы.

6. Автоматическое выключение ультразвукового аппарата по истечении установленного времени сварки.

7. Автоматический сброс сваренных элементов картриджа при их возможном заклинивании или залипании с рабочим сварочным инструментом ультразвуковой колебательной системы.

8. Автоматическое возвращение сваренного картриджа в исходное положение.

Для получения сварного шва в виде кольца шириной 2мм была разработана и изготовлена специализированная полуволновая ультразвуковая колебательная система с рабочим инструментом, объединённым с концентратором экспоненциального типа (рис.5).

В состав ультразвуковой колебательной системы входят пьезоэлектрические элементы, которые обеспечивают преобразование электрических колебаний в механические ультразвуковой частоты.



Рисунок 5 Ультразвуковая колебательная система.

Рабочий инструмент колебательной системы выполнен, в виде полого цилиндра, имеющего внутреннюю экспоненциальную поверхность. Это обеспечивает усиление амплитуды механических ультразвуковых колебаний и их передачу в область получения сварного соединения. При этом обеспечивается качественный сварной шов в виде замкнутого кольца. Проведённые исследования показали, что разработанная и изготовленная колебательная система создаёт концентрацию и равномерное распределение ультразвуковых колебаний по всей площади кольца рабочего сварочного инструмента. Рабочая частота разработанной ультразвуковой колебательной системы равна  $22 \pm 1,6$  КГц. Коэффициент усиления колебательной системы равен 10. Амплитуда колебаний изменяется от 0 до 50 мкм при изменении выходной мощности аппарата от 0 до 100%.

Для питания ультразвуковой колебательной системы был разработан электронный генератор ультразвуковых колебаний [2]. В состав электронного генератора был введён управляемый тиристорный регулятор мощности, обеспечивающий автоматическую подстройку и поддержание выводимой мощности на установленном на дисплее уровне от 0 до 150 Вт.

В процессе отработки технологии и настройки оборудования были установлены оптимальные режимы и параметры работы установки в автоматическом режиме. При этом были выявлены параметры оптимального усилия сжатия свариваемых элементов картриджа для обеспечения качественной герметичной сварки, время сварки элементов

картриджа при оптимальном уровне акустической мощности и амплитуды колебаний, выводимых в зону сварки.



Рисунок 6 Установка сварки элементов картриджа.

На рис.6 представлен внешний вид разработанного аппарата, получившего название «Гиминей».

Созданный аппарат для сварки элементов картриджа имеет следующие технические характеристики:

Время подъема и прижима 3 сек.

Время сварки 4-6 сек.

Время удержания 1 сек.

Время возврата 2 сек.

Общее время операции 10 – 12 сек.

Усилие прижима 15 кг.

Пределы регулирования мощности 0 – 100 %.

Амплитуда колебаний 0 – 50 мкм

Акустическая мощность 0 – 150 Вт

Потребляемая электрическая мощность 280 Вт.

Заключение:

1. Разработанный и изготовленный аппарат “Гиминей” обеспечивает выполнение сварки элементов картриджа для очистки воды в соответствии с требованиями конструкторской документации.

2. Аппарат удобен в эксплуатации, легко может быть смонтирован и адаптирован на любую производственную линию.

3. Ручная установка и регулировка режимов работы аппарата позволяют легко осуществлять его перенастройку для сварки различных материалов и изделий.

4. В настоящее время разработанный аппарат эксплуатируется в составе линии на производстве сменных картриджей для фильтров, на одном из предприятий г. Москва.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.**

1. Холопов Ю.В. Ультразвуковая сварка пластмасс и металлов Л.: Машиностроение. 1988 г.
2. Донской А.В., Келлер О.К., Кратыш Г.С. Ультразвуковые электротехнические установки Л.: Энергоатомиздат 1982.