

Автоматизация Процесса Ультразвуковой Сварки Термопластичных Материалов

Владимир Н. Хмелев¹, *Senior Member*, IEEE, Дмитрий В. Генне¹, Денис С. Абраменко¹, Сергей С. Хмелев¹.

Центр ультразвуковых технологий, Бийск, Россия

Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, Бийск, Россия

Аннотация – В статье рассматривается концепция автоматизации процесса ультразвуковой сварки.

Ключевые слова – Сварка, ультразвук, автоматизация.

I. ВВЕДЕНИЕ

ПОПУЛЯРНОСТЬ термопластичных материалов с каждым годом увеличивается. Это связано с легкостью их обработки, формовки, склеивания и т.п. Вместе с тем производство изделий из таких материалов как правило является массовым и требует применения автоматизированных средств их сборки и обработки. Одним из популярных способов соединения элементов изделий из термопластичных материалов является ультразвуковая сварка.

II. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ ИЗДЕЛИЙ

На результирующее качество сварного шва влияет множество факторов, определяемых свойствами материала из которого изготовлены свариваемые детали, толщиной свариваемых деталей и количеством вводимой в зону сварки ультразвуковой энергии. Вместе с тем регулируемые параметрами при осуществлении сварочного процесса являются амплитуда механических колебаний, сила прижима сварочного инструмента к свариваемым деталям, и время ультразвукового воздействия.

III. ОБЩАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СВАРОЧНОЙ ЛИНИЕЙ

Рассмотрим общую структурную схему управления процессом автоматизированной сварки, схематично показанную на рис. 1.

Основными составляющими автоматизированной сварочной линии являются:

- Блок индикации, отвечающий за связь с оператором, обеспечивающий ввод управляющей информации, вывод информационных сообщений и т.п.
- Одного или нескольких ультразвуковых генераторов.
- Системы управления приводами, обеспечивающие управление системой перемещения заготовок и готовых

изделий и включающей в себя сами приводы (шаговые двигатели или сервоприводы), механику системы перемещения и набор датчиков, контролирующих положение системы перемещения.

- Системы прижима, обеспечивающей сжатие свариваемого изделия между сварочными инструментами и опорами. Система прижима состоит, как правило, из превоцилиндров с механическими направляющими, обеспечивающими линейное перемещение сварочного инструмента или опоры, управляющего элемента (клапана), регулятора усилия прижима (с ручным или электронным управлением), а также датчиков для отслеживания положения системы прижима и наличия свариваемых изделий.

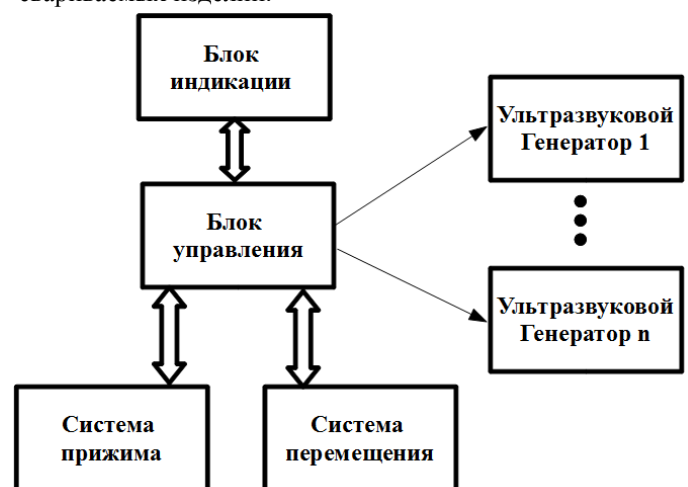


Рис. 1. Общая структурная схема автоматизированной сварочной линии/

Далее будем рассматривать только блоки, связанные непосредственно с автоматизацией процесса перемещения и сварки изделий.

A. Ультразвуковой генератор сварочной машины

К ультразвуковым генераторам, используемым в автоматизированных сварочных линиях предъявляются особые требования. Это обусловлено необходимостью передачи информации в управляющие блоки о состоянии ультразвукового генератора (ошибки, режимы работы, и т.д.), а также требованиями к динамическим

характеристикам генераторов для увеличения производительности ультразвуковой сварки.

Для обеспечения временных характеристик процесса сварки необходимо обеспечить высокую скорость нарастания амплитуды механических колебаний, а также её стабильность во время воздействия.

Типичная структурная схема ультразвукового генератора представлена на рис. 2.

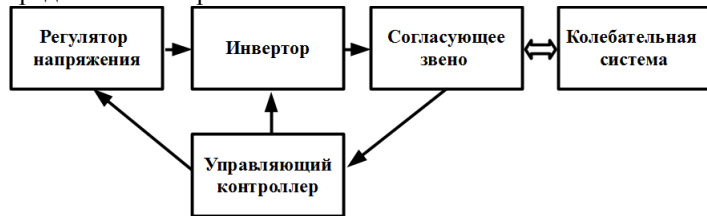


Рис. 2. Структурная схема ультразвукового генератора.

Одним из основных блоков генератора, влияющих на скорость нарастания амплитуды колебаний, а также на точность её поддержания в процессе сварки является регулятор напряжения, задающий напряжение питания выходного инвертора.

В. Тиристорный регулятор напряжения

Схема простейшего тиристорного регулятора напряжения представлена на рис. 3. На тиристор с диодного моста поступает выпрямленное сетевое напряжение. В зависимости от момента открытия тиристора длительность времени действия напряжения (части полуволны), заряжающего конденсатор C изменяется. Тиристор автоматически закрывается при уменьшении напряжения до нуля. Таким образом, управляющий сигнал тиристора должен быть синхронизирован с началом полуволны сетевого напряжения. При таком методе управления на выходе схемы неизбежно возникают пульсации. Для подавления этих пульсаций возникает необходимость увеличения емкости выходного конденсатора C . Приемлемая амплитуда пульсаций достигается при емкости выходного конденсатора порядка сотен микрофард (100 – 500 мкФ) [1].

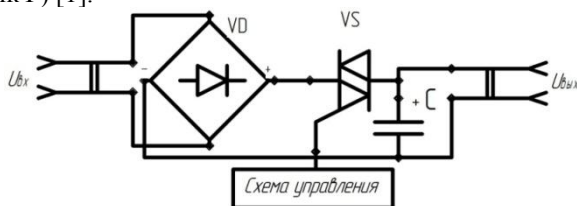


Рис. 3. Схема тиристорного регулятора.

Представленная схема используемого на практике тиристорного регулятора имеет ряд существенных недостатков, основной из которых – низкая скорость изменения выходного напряжения. Ограничивающий фактор – возникновение больших импульсных токов при ускоренной зарядке конденсатора C максимальным напряжением. Второй недостаток – невозможность управления скоростью убывания напряжения на выходе схемы. При этом скорость управления определяется постоянной времени разрядки конденсатора C и величиной акустической нагрузки. Так как емкость используемого

конденсатора достаточно велика (100 – 500 мкФ), скорость убывания выходного напряжения мала.

С. Чопперный регулятор напряжения.

Чопперный регулятор, схематично представленный на рис. 4 в гораздо меньшей степени подвержен недостаткам традиционного тиристорного регулятора. При его работе скорость также зависит от выходной емкости, но поскольку чопперный регулятор работает на более высокой частоте (десятки кГц) в сравнении с тиристорным (100 Гц) эта емкость необходимого конденсатора имеет намного меньший номинал (как показывает практика, для аппарата мощностью 150 Вт достаточно электрической емкости конденсатора не более 5 – 10 мкФ). [1,2]

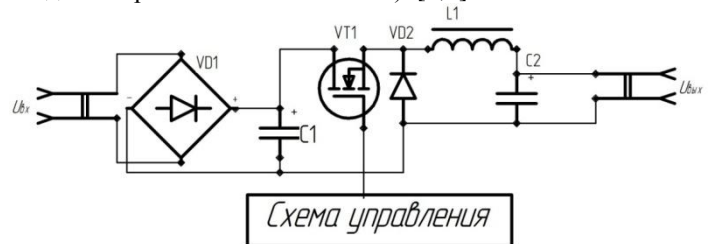


Рис. 4. Схема чопперного регулятора.

Для качественной работы чопперного регулятора желательно на его вход подавать стабильное постоянное напряжение. Поэтому, для улучшения эксплуатационных характеристик ультразвукового генератора, обычный выпрямитель желательно заменить на электронный корректор коэффициента (ККМ) мощности, что позволит избежать пульсаций потребляемого тока, уменьшить уровень электромагнитных помех в электрическую сеть, а также стабилизировать напряжение питания чопперного регулятора.

Д. Система позиционирования

Для формирования качественного сварного шва необходимо равномерное распределение УЗ энергии по площади всего формируемого шва. Это может быть обеспечено только при равномерном и стабильном прижиме. Для обеспечения стабильного и равномерного прижима необходимо точное позиционирование свариваемого изделия на опоре, это обеспечивается за счет системы позиционирования.

Для обеспечения транспортировки заготовок в зону сварки, а также для вывод готовых изделий из зоны сварки используются различные механизмы перемещения. Это могут быть различного рода конвейеры или роторы. В небольших установках, как правило, применяются шаговые двигатели, позволяющие формировать системы без обратной связи, что упрощает и удешевляет конструкцию в целом.

Не смотря на применение шаговых двигателей в системе перемещения, для точного позиционирование изделий в сварочной зоне применяются дополнительные датчики. Это позволяет скомпенсировать неточности в изготовлении транспортирующего механизма. На рис. 5 представлена блок-схема системы управления приводом.

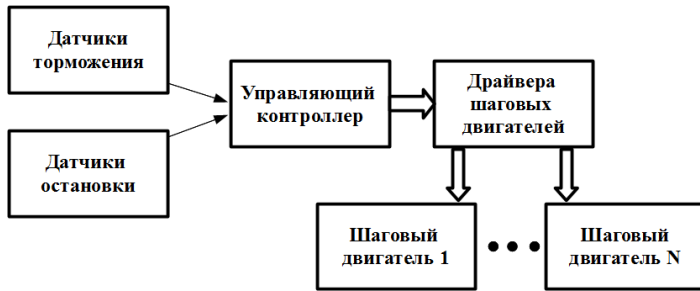


Рис. 5. Структурная схема блока управления приводами.

Как следует из структурной схемы - блок управления приводами состоит из управляющего микроконтроллера, драйверов шаговых двигателей и соответствующих им датчиков, определяющих положение системы перемещения. Датчики торможения сообщают о приближении заготовки к зоне сварки, при этом начинается плавное снижение скорости перемещения для повышения точности позиционирования изделия при остановке.

Е. Система прижима.

Для обеспечения эффективного ввода УЗ колебаний в свариваемый материал, и получения качественного сварного соединения необходимо обеспечивать хороший акустический контакт между свариваемым изделием и рабочим инструментом излучателя УЗ колебаний. Для этого необходимо обеспечивать нормированное усилие прижима рабочего инструмента к свариваемому изделию. Требованиям, способным обеспечить такие условия отвечает пневматическое оборудование, позволяющее создавать не только равномерный и стабильный прижим, но и характеризующееся достаточно простой регулировкой этого усилия.

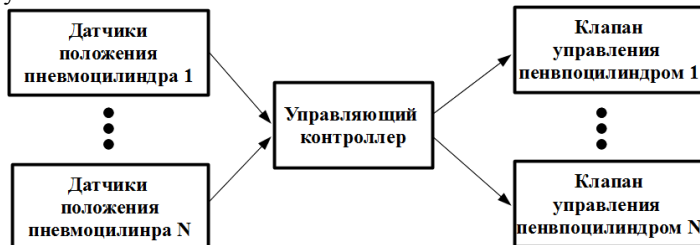


Рис. 6. Структурная схема блока управления системой прижима

Блок управления системой прижима (рис. 6) состоит из управляющего микроконтроллера, клапанов управления пневмоцилиндрами и датчиков положения пневмоцилиндров. Информации, полученная с датчиков положения пневмоцилиндров используется для определения наличия свариваемых изделий, определения ошибочных ситуаций, и как сигнал перехода к следующей операции.

Ф. Алгоритм управления сварочной линией

Процесс выполнения сварного соединения в автоматизированных сварочных линиях состоит из следующих основных этапов:

- Установка заготовок свариваемого изделия.
- Транспортировка заготовок в зону сварки.
- Прижим заготовок.
- УЗ воздействие.

- Выдержка времени стабилизации сваренного шва.
- Транспортировка сваренного изделия в зону сброса готовых изделий.

IV. ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ СВАРОЧНЫХ ЛИНИЙ

С учетом рассмотренной выше концепции были разработаны и реализованы несколько сварочных линий, предназначенных для сваривания различных изделий из термопластичных материалов.

На рис. 7 представлен внешний вид линии для соединении двух полусфер из термопластичных материалов диаметром от 10 мм до 50 мм методом ультразвуковой низкотемпературной сварки.



Рис. 7. Линия для соединения двух полусфер

Представленная линия имеет в своем составе механизм перемещения и прижима [3.4.5] (с двумя параллельными транспортными потоками), два комплекта ультразвукового сварочного оборудования (генератор и УЗКС), а также блок управления, осуществляющий контроль всего процесса формирования сварного соединения. Особенностью созданной линии является система перемещения конвейерного типа транспортирование свариваемых изделий реализуемая посредством штырей установленных на транспортирующих цепях.

На рисунке 8 представлена линия для соединении двух полусфер из термопластичных материалов одинакового диаметра (Ø38 мм, Ø30 мм, Ø25 мм) методом ультразвуковой сварки.



Рис. 8. Линия для соединения двух полусфер из термопластичных материалов.

Представленная линия состоит из транспортирующего роторного механизма с захватами для свариваемых заготовок, механизма прижима и двух сварочных ультразвуковых комплектов. Особенностью такой линии является возможность сваривания заготовок, захватываемых в процессе установки, перемещения и подачи в зону сварки за внешнюю поверхность изделия.

На рис. 9 представлен еще один тип разработанной сварочной линии. В этой линии не происходит перемещение свариваемых заготовок, а перемещается сварочный инструмент, выполняющий шовно-шаговую сварку заготовки по контуру.

Созданная сварочная линия для упаковки (блистеров) различных продуктов и изделий состоит из сварочной опоры (стол) с выборкой под нижнюю часть свариваемой заготовки, системы перемещения сварочного инструмента, обеспечивающую позиционирование сварных точек по контуру свариваемого изделия, системы прижима, и одного комплекта сварочного оборудования.



Рис. 9. Линия для шовно-шаговой сварки по контуру

V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная в статье концепция построения автоматизированных линий позволила разрабатывать и реализовать автоматизированные линии для сварки различных по форме и размерам изделий из различных по свойствам термопластичных материалов с производительностью до 2500 штук изделий в час.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Барсуков, Р. В., Е. В. Ильченко, Д. С. Абраменко Повышение качества работы УЗ технологических аппаратов на примере процесса сварки тонких листовых материалов XII Международная конференция - семинар молодых специалистов по микро- и нанотехнологиям и электронным устройствам EDM' 2011
- [2] Семенов. Б. Ю. Силовая электроникаЖ от простого к сложному. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008, -- 416.с.:ил.
- [3] Хмелев В.Н., Хмелев С.С., Генне Д.В., Абраменко Д.С., Абрамов А.Д., Хмелев М.В. Устройство конвейерного типа для ультразвуковой сварки изделий из термопластичных материалов // Южно-сибирский научный вестник –2013. – № 1(3). – С. 95-98.
- [4] Хмелев В.Н., Хмелев С.С., Генне Д.В., Абраменко Д.С., Абрамов А.Д., Хмелев М.В. Устройство конвейерного типа для ультразвуковой сварки изделий из термопластичных материалов // Патент РФ ПМ № 132370, 2013.
- [5] Khmelev V.N., Khmelev S.S., Khmelev M.V., Genne D.V., Abramenko D.S., Abramov A.D. Conveyor Machine for Ultrasonic Welding of the Wares Made of Thermoplastic Materials // 14th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2013: Novosibirsk, NSTU, 2013. – P 139-142