

## Отчет по ультразвуковой сварке крышки и изделия из ПВД

Ультразвуковая сварка – одна из самых распространенных и эффективных технологий, основанных на интенсификации процессов под действием ультразвуковых колебаний высокой интенсивности. В основе ультразвуковой сварки лежит перевод полимерных материалов в вязкопластичное состояние и многократное ускорение диффузионных процессов, происходящих на границе раздела материалов. Ультразвуковая сварка, в большинстве практических производств, успешно заменила термические, высокочастотные, фрикционные и другие известные методы сварки. Это позволило, в условиях современных производств, решить многие проблемы, связанные с обеспечением качественного, герметичного соединения любых термопластичных материалов и деталей сложных изделий.

Широкое распространение ультразвуковой сварки объясняется тем, что при выборе оптимальной технологии и необходимого оборудования разработчики и технологи основываются на широко известных достоинствах и преимуществах ультразвуковой сварки:

- возможности соединения любых термопластичных материалов при температуре, ниже температуры их плавления, без термического разложения и газовыделения в механизированном или автоматизированном режимах;
- формировании качественного герметизирующего шва при наличии любых видов загрязнений (порошкообразных, жидких и др.) на поверхностях соединяемых материалов и деталей;
- возможности выполнения сложных по форме швов при одностороннем доступе к участку формирования шва и даже, при дистанционном воздействии.

Перечисленные преимущества ультразвуковой сварки привели к тому, что сегодня, при создании новых материалов и изделий уже не возникает вопроса о выборе метода их сварки. При этом, основная проблема заключается в правильном выборе оптимального варианта (способа) реализации ультразвуковой сварки и применении существующего или создании нового специализированного оборудования.

Эти проблемы обусловлены множеством влияющих факторов, без выявления и учета которых невозможно решить проблем ультразвуковой сварки конкретных изделий, например таких, как были представлены для исследований.

### **Постановка задач исследований.**

Метод ультразвуковой сварки заключается в преобразовании электрической энергии промышленной сети в энергию электрических колебаний ультразвуковой частоты, преобразовании этой энергии при помощи пьезоэлектрической колебательной системы в механические колебания излучающей поверхности, контактирующей со свариваемым изделием. За счет поглощения ультразвуковой энергии в полимерных материалах и трения на границе соединения происходит повышение температуры зоны контакта и перевод материалов в вязкопластичное состояние. При наличии статического давления и создании акустического контакта свариваемых поверхностей, за счет интенсификации процесса диффузии, формируется сварной шов, прочность материала которого составляет не менее 70% от прочности соединяемых материалов.

Однако, в каждом отдельном случае проблема практического применения ультразвуковой сварки решается путем последовательного решения следующих задач:

1. Анализа конструктивных особенностей свариваемого изделия, формы и размеров участка формирования шва. Выбора, на основе анализа и с учетом коэффициента затухания ультразвуковых колебаний в свариваемых

материалах, технологической схемы ультразвуковой сварки, т.е. способа передачи энергии к свариваемым поверхностям.

Выбор обычно осуществляется из двух вариантов – контактного (непосредственно в зону контакта свариваемых поверхностей через материал одной из соединяемых деталей) или передаточного (из удаленного от зоны сварки участка, но удобного для обеспечения акустического контакта с излучающей поверхностью колебательной системы);

2. Определения необходимого и достаточного, для формирования заданного шва, количества энергии ультразвуковых колебаний, вводимых в зону сварки. Количество этой энергии зависит от условий ввода, отражений и затухания при распространении, но, при наличии достаточной для формирования шва энергии, определяется условиями дозирования этой энергии.

### **Состав ультразвукового и дополнительного оборудования для обеспечения сварки.**

Технологическое оборудование для ультразвуковой сварки, независимо от физико-механических свойств свариваемых материалов, имеет одну структуру и состоит из электронного, механического блоков и дополнительного оборудования (рисунок 1.).



Рисунок 1.

Электронный блок состоит из генератора ультразвуковых колебаний, мощностью 400 Вт с возможностью регулировки выходной мощности 5-100 %. Генератор имеет встроенное устройство автоматической подстройки частоты и автоматического поддержания выходной мощности на установленном уровне, необходимые органы управления, кнопки пуск/стоп и выбор режимов, цифровой индикатор мощности и времени работы.

Механический блок состоит из пьезоэлектрической ультразвуковой колебательной системы, устройства крепления, штатива, предназначенного для подачи и прижима ультразвуковой колебательной системы к свариваемым материалам.

Пьезоэлектрическая ультразвуковая колебательная система служит для преобразования электрических ультразвуковых колебаний в механические ультразвуковые колебания, усиления механических колебаний и передачи их в зону сварки с помощью рабочего сварочного инструмента для получения сварного соединения необходимой конфигурации.

Рабочий сварочный инструмент является элементом, посредством которого осуществляется отбор мощности, поглощаемой в зоне сварки. Так как сварочный инструмент внедряется в свариваемые полимерные материалы, то он является согласующим элементом между нагрузкой и колебательной системой.

Дополнительное оборудование имеет в своем составе устройство центровки и фиксации свариваемых изделий для исключения сдвига под действием ультразвуковых колебаний, а также многослойную упругую подложку, предназначенную для обеспечения параллельности поверхностей свариваемых материалов и поверхности рабочего сварочного инструмента.

### **Технология ультразвуковой сварки изделий**

На рисунке 2. схематически представлен процесс осуществления прижима УЗКС к свариваемым поверхностям.

При помощи штатива обеспечивается прижим сменного рабочего инструмента 1 ультразвуковой колебательной системы 2 к месту формирования сварного шва с усилием 20-30 кг. Прижим УЗКС должен быть произведен по всей излучающей поверхности УЗКС, то есть должна быть обеспечена параллельность плоскостей поверхностей свариваемых материалов крышки 3, изделия 4 и излучающей поверхности рабочего инструмента 1 для обеспечения равномерного сварного шва.

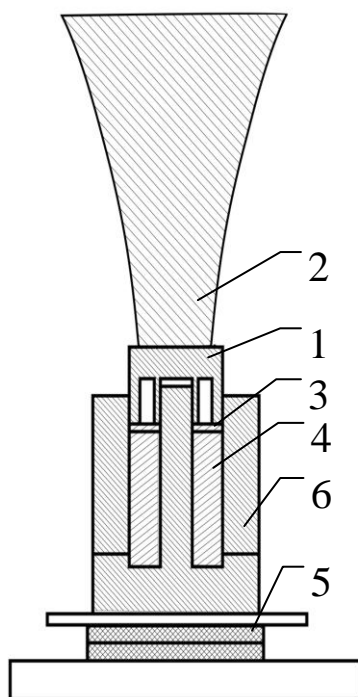


Рисунок 2. Схема процесса УЗ сварки изделия

Для решения этой задачи и обеспечения параллельности поверхностей свариваемых материалов была изготовлена многослойная упругая подложка 5. В состав устройства прижима входит специальная форма 6 для сжатия и фиксации свариваемых поверхностей, для центровки крышки и изделия из ПВД и исключения возможности их сдвига под воздействием ультразвуковых колебаний.

При проведении операции ультразвуковой сварки крышки и изделия из ПВД были произведены следующие операции и выбраны следующие оптимальные режимы и условия сварки:

1. Обеспечено сжатие и фиксация крышки и изделия в специальной форме, для исключения возможности их сдвига под воздействием ультразвуковых колебаний.

2. Для обеспечения параллельности плоскостей поверхностей свариваемых материалов и излучающей поверхности УЗКС, а также для обеспечения равномерного по всей длине сварного шва прижим производился через многослойную упругую подложку.

3. При помощи устройства прижима УЗКС обеспечивался прижим рабочей поверхности инструмента ультразвуковой колебательной системы к месту формирования сварного шва с усилием не менее 20 кг для обеспечения наилучшего акустического контакта, и не более 30 кг, для исключения демпфирования ультразвуковой колебательной системы.

4. На панели управления устанавливалось время воздействия ультразвуковых колебаний, т.е. время срабатывания таймера ультразвукового генератора. Оптимальное время для обеспечения наилучшего качества – 3.5 сек.

5. На панели управления был установлен оптимальный уровень выходной мощности, равный  $P=80\%$ , соответствующий амплитуде колебаний рабочего инструмента УЗКС 40-45 мкм.

6. В процессе и по окончании ультразвуковой сварки, для стабилизации сварного шва, обеспечивалось дополнительное, воздушное охлаждение (дополнительный вентилятор) производительностью не менее 1-2 м<sup>3</sup>/мин рабочей поверхности УЗКС и зоны сварки, с дальнейшим удержанием в сжатом состоянии в течение 2-3 сек.

### **Результат:**

По окончании ультразвуковой сварки крышки и изделия из ПВД были проведены исследования качества сварного соединения изделий. В 50% от числа проведенных сварок крышки и изделий из ПВД произошло более раннее размягчение и переход в вязкопластичное состояние изделия. При этом материал крышки не перешел в вязкопластичное состояние под

действием ультразвуковых колебаний. При этом, качество сварного соединения не удовлетворительно.

### **Вывод:**

В связи с тем, что свариваемые изделия имеют различную, значительно отличающуюся, толщину, изготовлены из одного материала, происходит меньшее поглощение ультразвуковой энергии в свариваемом изделии меньшей толщины. При этом происходит нежелательный переход в вязкопластичное состояние изделия большей толщины.

### **Рекомендации:**

Для решения этой проблемы необходимо провести исследования в двух направлениях.

1. Предлагается увеличить амплитуду колебаний рабочего инструмента УЗКС до 60-70 мкм, значительно уменьшив время ультразвукового воздействия, и увеличить внешнее охлаждение. Это замедлит переход изделия большей толщины в термопластичное состояние, но ускорит переход более тонкого материала крышки в термопластичное состояние.

2. Провести исследования по выбору и смене материала изделия на материал, с большей температурой плавления. Например, температура плавления материала ПВД составляет 108-115 °С, температура плавления ПНД 125-132 °С полипропилена 160-170 °С, которая характеризует момент перехода материала в термопластичное состояние. То есть, необходимо провести исследования по выбору материала изделия и материала крышки, обеспечив выбор материала изделия с большей температурой плавления, для исключения раннего перехода в термопластичное состояние изделия.