

# Устройство Конвейерного Типа для Ультразвуковой Сварки Изделий из Термопластичных Материалов

Владимир Н. Хмелев, Сергей С. Хмелев, Дмитрий В. Генне, Денис С. Абраменко, Алексей Д. Абрамов

Центр ультразвуковых технологий, Бийск, Россия

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

**Аннотация** – Статья посвящена разработке и созданию автоматизированной линии конвейерного типа для ультразвуковой сварки изделий из термопластичных материалов. Созданная автоматизированная линия предназначена для ультразвуковой сварки по кольцевому шву двух заготовок сферических изделий из термопластичных материалов.

**Ключевые слова** – Автоматизированная линия, колебательная система, ультразвуковая сварка.

## I. ВВЕДЕНИЕ

САМОЙ НУЖНОЙ и традиционной игрушкой для младенца была и остается погремушка. Погремушка это не только средство успокоения младенца, но и настоящая развивающая игрушка.

В настоящее время для производства погремушек используются самые разнообразные материалы и их комбинации. В первую очередь, это погремушки, изготовленные из пластмассы в виде разноцветных шариков, нанизанных на общую нить. Использование пластмассы различных цветов и прозрачности при производстве погремушек существенно упрощает процесс их изготовления. Кроме того, пластмассовые погремушки гигиеничны и просты в уходе – их легко мыть и они быстро сохнут.

Очень часто внутри шариков погремушки помещают разнообразное наполнение в виде пересыпающихся шариков и вращающихся фигурок. Это обуславливает необходимость при производстве погремушек использовать не только высококачественные пластмассы, но и надежные способы соединения деталей погремушки для исключения их разъединения и высыпания наполнителя.

Соединение половинок шарика погремушки должно быть с одной стороны прочным и герметичным, с другой стороны не нарушать внешний вид изделия. Кроме того, очень актуальным является необходимость автоматизации процесса соединения элементов шарика в единое целое.

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В настоящее время отечественные и зарубежные производители для соединения пластмассовых половинок шарика

погремушки в единое целое используют четыре способа: склеивание, термическая, фрикционная и ультразвуковая сварка.

Склеивание является самым простым способом соединения пластмасс, который можно достаточно просто автоматизировать. Существенными недостатками склеивания являются низкая производительность, необходимость использования специальных нетоксичных клеев и тщательной очистки соединяемых поверхностей от жиров, масел и других загрязнений, поскольку даже незначительные загрязнения на склеиваемых поверхностях существенно снижают прочность соединения.

Термическая сварка требует продолжительного времени, приводит к термическому разрушению большинства полимеров и выделению вредных веществ [3]. Соединение, полученное термической сваркой, обладает высокой прочностью, но имеет, как правило, плохой внешний вид из-за вытесненного расплавленного материала из зоны соединения. Это требует дополнительной обработки места соединения, что затрудняет автоматизацию процесса.

При сварке трением повышение температуры на соединяемых поверхностях элементов шарика достигается за счет их трения между собой [1,6]. Одна часть изделия вращается относительно другой с трением, соединяемые поверхности разогреваются до заданной температуры, затем осуществляется остановка и под давлением элементы соединяются. Такой вариант соединения требует больших энергозатрат, продолжительного времени сварки (5...25 сек) и непрерывного контроля параметров.

Таким образом, склеиванием, фрикционной и термической сваркой трудно реализовать автоматизированный процесс получения качественного соединения элементов шарика в единое целое за короткий промежуток времени [1].

Анализ возможностей ультразвукового способа сварки применительно к решению проблемы соединения элементов шарика в единое целое позволил выявить его несомненные достоинства [2,7]:

- возможность получения качественного сварного шва за время, не превышающее долей секунды;

- возможность получение надежного герметичного шва при температуре, меньшей температуры термического разложения материала;

- возможность сварки элементов шарика, заполненных разнообразными наполнителями;
- возможность сварки по загрязненным поверхностям как жидкими, так и сыпучими материалами;
- возможность контроля ультразвуковой сварки позволяет управлять процессом и реализовывать его на автоматизированных линиях;

Таким образом, ультразвуковая сварка является наиболее эффективным и надежным способом герметичного соединения элементов шарика для детских погремушек. Однако такая сварка не реализована, поскольку отсутствует единый подход к проектированию и изготовлению ультразвуковой колебательной системы, способной обеспечить формирование герметичных кольцевых сварных швов при производстве шариков различного диаметра.

Кроме того, необходимо максимально упростить труд оператора за счет автоматизации подачи не сваренных шариков в зону сварки и выгрузки сваренных шариков.

В связи с этим возникает необходимость разработки и создания автоматизированной линии для ультразвуковой сварки шариков разного размера, где требуется формирование герметичных кольцевых сварных швов.

При проектировании создания автоматизированной линии необходимо:

- провести анализ эффективности возможных подходов для повышения степени автоматизации процесса ультразвуковой сварки сферических изделий, состоящих из двух соединяемых заготовок;
- предложить и реализовать способ автоматизации транспортирования элементов шарика в зону ввода акустической энергии;
- спроектировать и изготовить пьезоэлектрическую ультразвуковую колебательную систему (УЗКС), способную обеспечить равномерный ввод акустической энергии в зону сварки шариков различных типоразмеров;
- разработать узел прижима ультразвуковой колебательной системы к свариваемому изделию.

Решению поставленных задач посвящена представленная статья.

### III. ТЕОРИЯ

#### *А. Обзор транспортировочных конвейерных устройств*

В массовом производстве, для изготовления одинаковых деталей применяются транспортировочные конвейерные устройства, позволяющие перемещать в зону энергетического воздействия исходные изделия, состоящие из нескольких отдельных, подлежащих сварке, деталей. Эти же устройства обеспечивают формирование сварных соединений и последующий сброс соединенных изделий с узла перемещения для дальнейших производственных операций.

Используемые на практике устройства [1, 2] конвейерного типа для соединения изделий из термопластичных материалов представляют собой замкнутую конвейерную ленту, огибающую на концах устройства приводные и натяжные механизмы, на которой размещены устройства для установки собираемых деталей, с последующим их сбросом. Конвейерные устройства для установки собираемых деталей размещены непосредственно на конвейерной ленте.

Реализовать на таком устройстве соединение изделий из термопластичных материалов при помощи ультразвуковых колебаний практически очень сложно. Поэтому ультразвуковая сварка используется только при соединении отдельных изделий, устанавливаемых вручную в зону сварки.

Примерами подобного оборудования являются устройства конвейерного типа для ультразвуковой сварки изделий из термопластичных материалов, содержащие источник ультразвука, узел перемещения изделий для подвода заготовок изделий в зону сварки, узел прижима источника ультразвука к свариваемому изделию.

В процессе работы такого устройства поворотный стол подводит свариваемое изделие вместе с опорой в зону сварки, система прижима зажимает свариваемое изделие между источником ультразвука и пассивной опорой. В момент зажатия включается источник ультразвука и производится сварка изделия. После соединения деталей, стол поворачивается, а изделие выталкивается из опоры при помощи специальных толкателей.

Основным недостатком существующих устройств, работающих по подобному принципу, является то, что установка и снятие исходных деталей для их последующего соединения производится вручную, в промежуток времени между циклами соединения, поскольку перемещаемая опора используется в качестве сварочной, что значительно снижает производительность процесса. При этом переход на другой тип изделия требует замены всех пассивных опор в механизме перемещения.

Использование перемещаемых опор в качестве сварочных выдвигает дополнительные требования к точности их остановки в зоне сварки и размещения относительно источника ультразвука, т.е. приводит к применению дополнительных устройств фиксации, контроля местоположения изделия.

#### *В. Разработка узла перемещения*

При разработке автоматизированной линии была поставлена задача устранить недостатки существующих устройств и обеспечить возможность массового производства изделий из термопластичных материалов различных конфигураций, состоящих из отдельных деталей с их соединением при помощи ультразвуковой сварки.

Результатом разработки стало создание нового типа устройства конвейерного типа, отличающегося от известных использованием узла перемещения, снабженного подвижными системами перемещения. Эти системы позволяют устанавливать, перемещать и снимать с них изделия. Они осуществляют подвод свариваемых изделий к одной стационарной опоре, на которой осуществляется процесс сварки. При этом линия снабжена источником ультразвука, со специальным рабочим инструментом, который обеспечивает фиксацию, центровку и сварку получаемых изделий.

Сущность предложенного технического решения поясняется на Рис.1 и Рис.2.

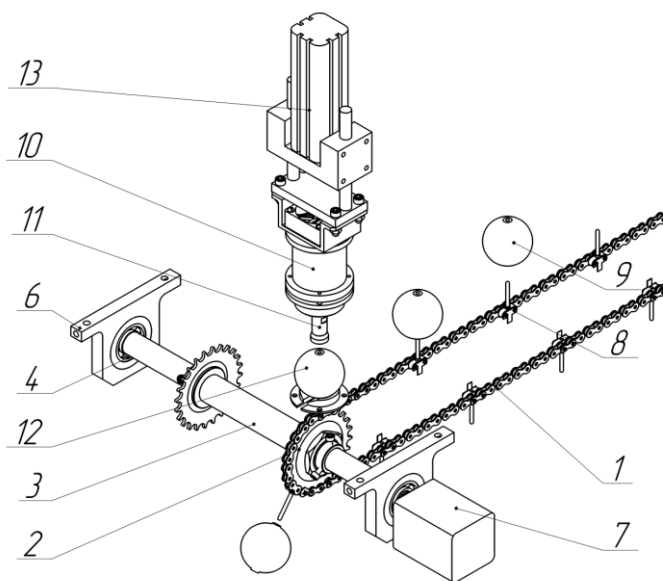


Рис. 1

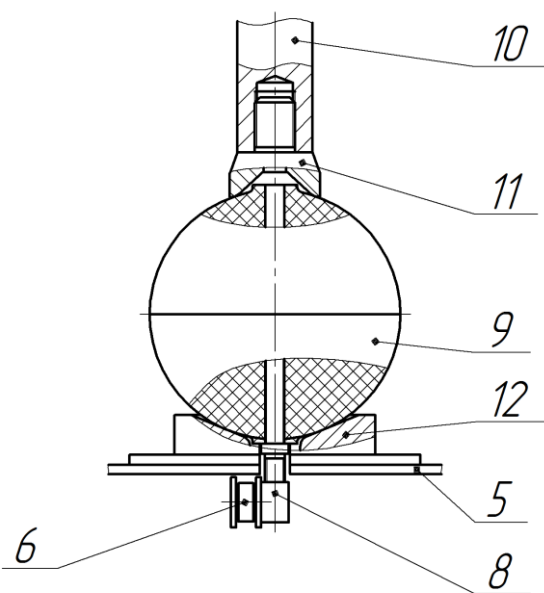


Рис. 2

На Рис.1 схематично показано устройство конвейерного типа для ультразвуковой сварки термопластичных материалов. Несущим и тяговым органом конвейерного устройства является цепь 1, огибающая на концах устройства приводную и натяжную шестерни 2. Передача движения цепи осуществляется через приводной вал 3, вращающийся в подшипниковом узле 4. Подшипниковый узел крепится к силовой раме конвейерного устройства 5, при помощи натяжного устройства 6, создающего необходимое первоначальное натяжение цепи. Вращение приводного вала осуществляется при помощи шагового двигателя 7.

Конвейерное устройство содержит узел перемещения 8, закрепляемый на несущем органе устройства, позволяющий устанавливать, перемещать и снимать свариваемые изделия.

### С. Разработка источника ультразвука

Для функционирования создаваемой линии был разработан источник ультразвука, представляющий собой полуволновую пьезоэлектрическую ультразвуковую колебательную систему (УЗКС). Конструктивно УЗКС выполнена в виде последовательно установленных, и акустически связанных пьезоэлектрического преобразователя, концентратора и рабочего инструмента 11, рабочая поверхность которого имеет внутреннюю полость, повторяющую форму верхнего участка свариваемого изделия, а внешний диаметр инструмента не превышает половины размера изделия.

Использование подобного типа рабочего инструмента позволило осуществлять сварку изделий различного диаметра (от 25 до 50 мм) без смены источника ультразвука.

### Д. Разработка узла прижима

Установка заготовок изделия на устройство перемещения производится либо при помощи специальных автоматических устройств, либо вручную.

При подводе изделий в зону сварки, нижняя часть изделия помещается в неподвижную опору 12, имеющую сквозной канал для прохождения устройств, закрепленную на силовой раме конвейерного устройства 10 и происходит остановка тягового органа. Источник ультразвука при помощи пневматических перемещающих устройств 13 прижимается к свариваемому изделию. После соединения изделия источник ультразвука поднимается, включается тяговый орган и сваренные изделия сбрасываются с устройства перемещения.

Увеличение производительности устройства достигается за счет увеличения количества тяговых органов, закрепленных на приводном валу, и источников ультразвука.

## IV. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Внешний вид разработанной автоматизированной линии для сварки изделий из термопластичных материалов показан на Рис. 3.



Рис. 3

Основные технические характеристики представлены в Табл. I.

ТАБЛИЦА I  
ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мощность, ВА, не более, (без учета компрессора)	600
Питание от сети переменного тока напряжением, В	220±22
Амплитуда колебаний рабочего инструмента, мкм, не менее	40
Время непрерывной работы, ч	8
Габаритные размеры электронного блока, мм	700x540x270
Масса электронного блока, кг, не более	25
Габаритные размеры механического блока, мм	910x620x550
Масса механического блока, кг, не более	50
Производительность, изделий/ч, не менее	2400
Рабочее давление, МПа, не более	0,7
Расход воздуха, л/мин, не менее	150

Предложенное устройство было разработано и испытано в производственных условиях предприятия ООО «Центр ультразвуковых технологий». В производственных условиях была обеспечена производительность не менее 3000 шт. изделий/час при работе линии с двумя источниками ультразвука.

## V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований разработана и изготовлена автоматизированная линия для ультразвуковой сварки пластиковых шариков разного размера, обеспечивающая герметичное соединение по кольцевому шву. При создании автоматизированной линии решены следующие технические задачи:

- проведенный анализ позволил выявить наиболее эффективные способы повышения степени автоматизации процесса ультразвуковой сварки;
- предложен и реализован способ автоматизации транспортирования элементов шарика в зону ввода акустической энергии;
- спроектирована и изготовлена пьезоэлектрическая ультразвуковая колебательная система (УЗКС), обеспечивающая равномерный ввод акустической энергии в зону сварки шариков различных типоразмеров;
- разработан узел прижима ультразвуковой колебательной системы к свариваемому изделию.

Проведенные исследования показали, что разработанная автоматизированная линия обеспечивает высокое качество сварного соединения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Транспортирующее устройство с поднимающимся/опускающимся столом, несущим транспортируемые объекты [Текст] / пат. 2337843 Рос. Федерация: МПК5 В61В13/12 / Накамура Д., Хаяси Н., Сатоу М. опубликовано: 10.11.2008.
- [2] Конвейерное устройство несущего типа [Текст] / пат. 2359893 Рос. Федерация: МПК5 В65G35/06 / Хаяси Н., опубликовано: 27.06.2009.
- [3] Волков С.С. Сварка и склеивание пластмасс [Текст] / С.С. Волков, Ю.Н. Орлов, Р.Н. Астахова. – Издательство «Машиностроение», 1972.